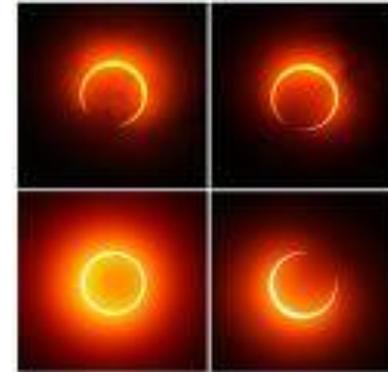


# LES PHENOMENES OPTIQUES



# LES INSTRUMENTS OPTIQUES



# INTRODUCTION A L'OPTIQUE

L'optique est l'étude la fraction de l'énergie rayonnante sensible à la rétine, c'est-à-dire la "lumière"

## 1. Photométrie

Définit les grandeurs relatives aux propriétés énergétiques des ondes électromagnétiques relativement à la sensibilité visuelle.

## 2. Optique ondulatoire

Traite les phénomènes lumineux en tenant compte de la nature de la lumière. Celle-ci est considérée comme une onde électromagnétique d'une longueur d'onde donnée définissant sa couleur.

## 3. Optique géométrique :

Décrit la propagation de la lumière dans les milieux transparents sans faire intervenir la nature même de la lumière. Il s'agit d'une partie de la physique présentant l'avantage de ne pas demander d'outils mathématiques compliqués, mais de beaucoup de bon sens géométrique...



# SOURCES ET OMBRES

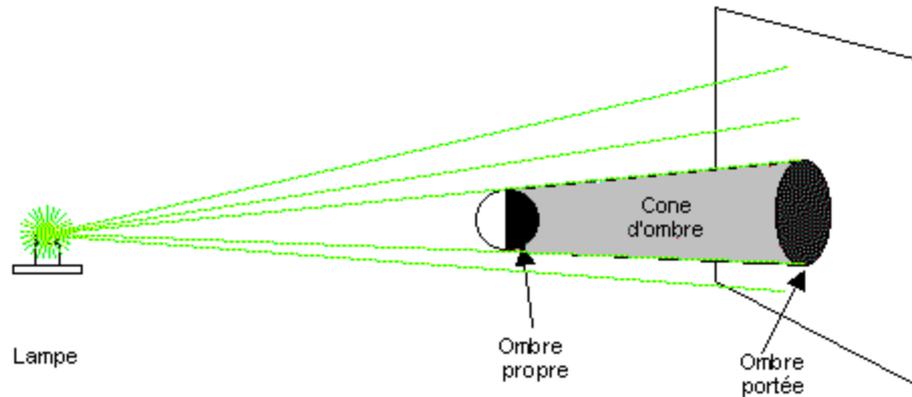
Dans un milieu homogène et transparent la lumière se propage en ligne droite.  
La lumière provient toujours de **sources lumineuses** : Soleil, flammes etc...

On distingue:

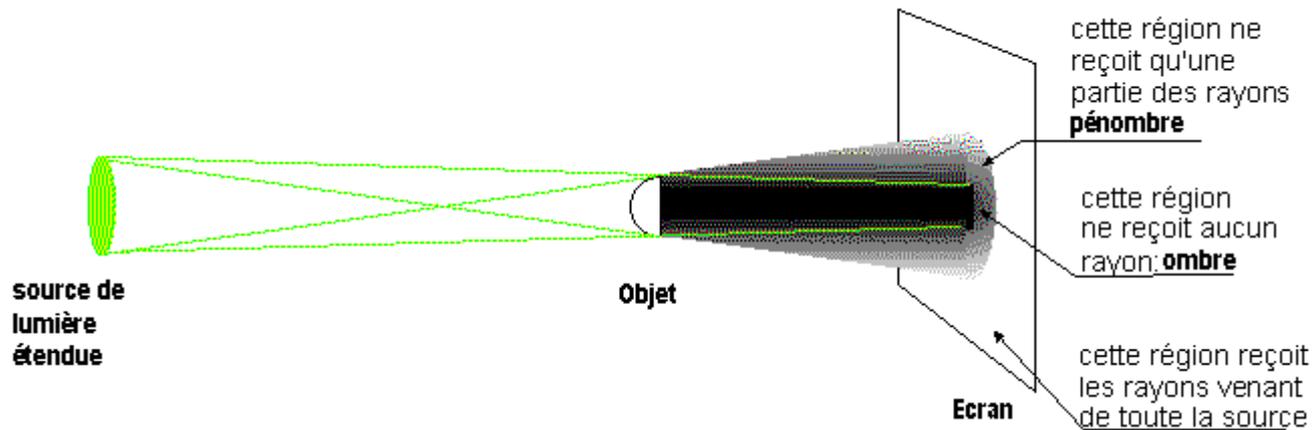
- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Source ponctuelle</b> :    | Un seul " <b>point lumineux</b> "  |
| <b>Source étendue</b> :       | Ensemble de sources ponctuelles  |
| <b>Rayon lumineux</b> :       | Toute droite suivant laquelle se propage la lumière  |
| <b>Faisceau lumineux</b> :    | Ensemble de rayons lumineux  |
| <b>Diamètre apparent</b> :    | Angle, généralement petit, sous lequel nous voyons une des dimensions de l'objet (angle exprimé en radians). |
| <b>Milieux homogènes</b> :    | Tous ses éléments de volume possèdent les mêmes propriétés   |
| <b>Milieux transparents</b> : | Laissent passer la lumière: lame de verre, de mica, de cellophane, l'eau, l'alcool, prisme etc...            |
| <b>Corps opaques</b> :        | Corps ne se laissent pas traverser par la lumière.   |

## Remarques importantes :

- ✓ La lumière traverse le vide sans subir d'altération.
- ✓ Aucune substance n'est parfaitement transparente et la propagation dans un milieu transparent s'accompagne toujours d'un affaiblissement. Ce phénomène d'absorption dépend de la nature du milieu et augmente avec l'épaisseur de substance traversée.



## Source ponctuelle: Ombre



## Source étendue: Pénombre

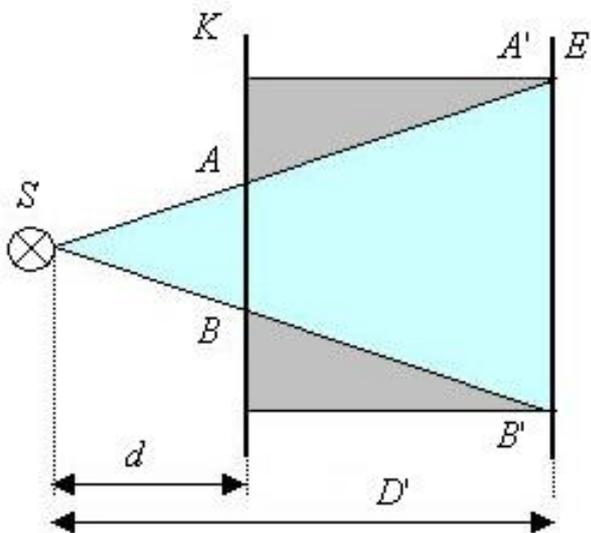
# Théorème de Thalès

Soit **S** une source ponctuelle de lumière (très petites dimensions).

**K** Un diaphragme se situant dans la trajectoire de la lumière à la distance **d** avec une ouverture circulaire de diamètre **AB**.

**E** un écran placé à la distance **D** de **S**.

La partie éclairée est **A'B'**.



$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{D}{d}$$

Dans un milieu transparent homogène la lumière se propage suivant des lignes droites. Ces droites sont appelées des "**rayons lumineux**".

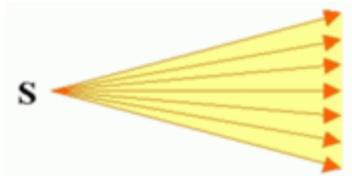
## On définit:

### ➤ Un faisceau lumineux:

L'ensemble des rayons lumineux contenus dans le cône défini par la source **S** et le diaphragme **K**.

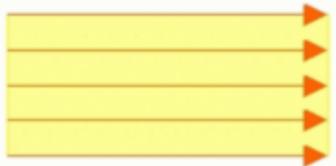
### ➤ Un faisceau divergent:

La lumière se propage à partir de la source ponctuelle **S**.



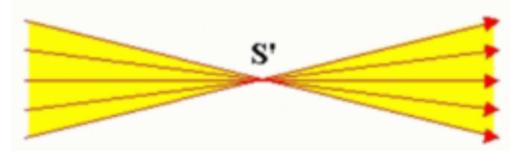
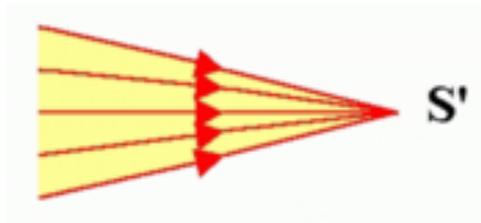
### ➤ Un faisceaux parallèle (cylindrique):

La source ponctuelle **S** est à l'infini (càd très éloignée comme le soleil), les rayons sont parallèles.



➤ **Un faisceau convergent:**

A l'aide d'une loupe il est possible de changer les directions de rayons issus d'une source  $S$  ponctuelle et de les faire concourir en un point  $S'$  .



➤ **Un pinceau lumineux:**

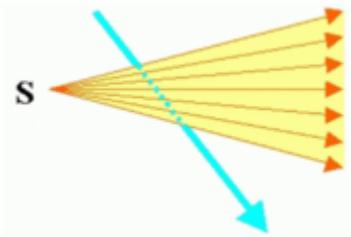
Un faisceau lumineux très étroit

# Principe d'indépendance des rayons lumineux

Dans un milieu transparent les rayons lumineux issus d'une même source ou de plusieurs sources se propagent de façon indépendante.

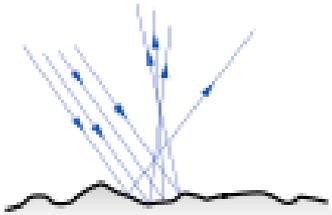
## Exemple:

Un très faible pinceau lumineux peut traverser un faisceau intense sans être modifié en quoi que ce soit.

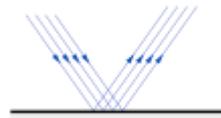


# COMPORTEMENT DE LA LUMIERE AVEC LES MILIEUX TRANSPARENTS

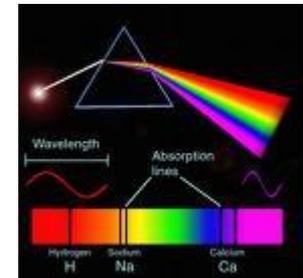
## Diffusion



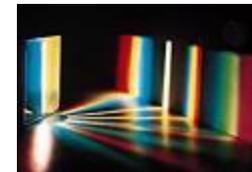
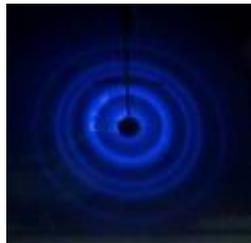
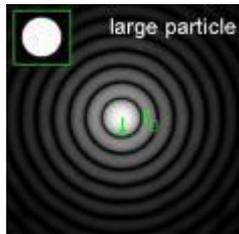
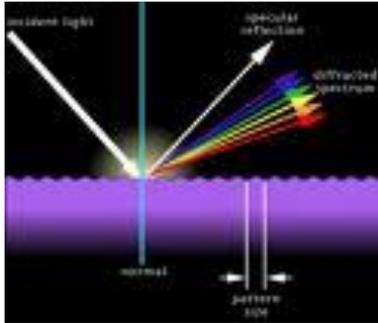
## Réflexion



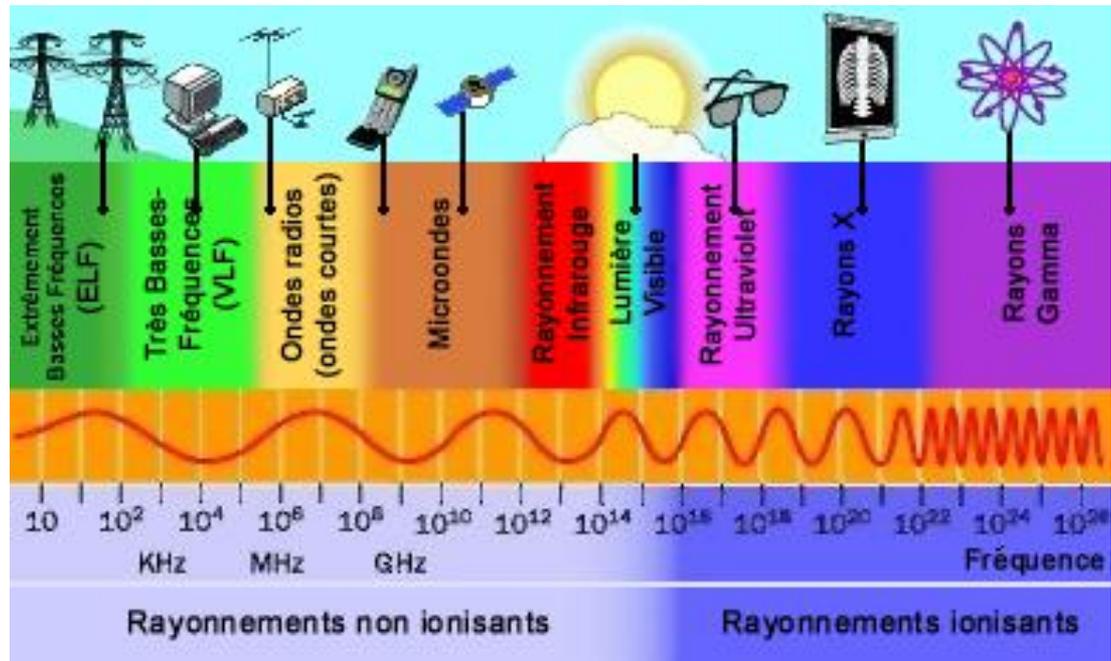
## Dispersion

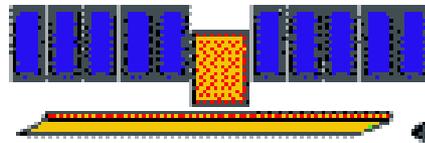


# Diffraction

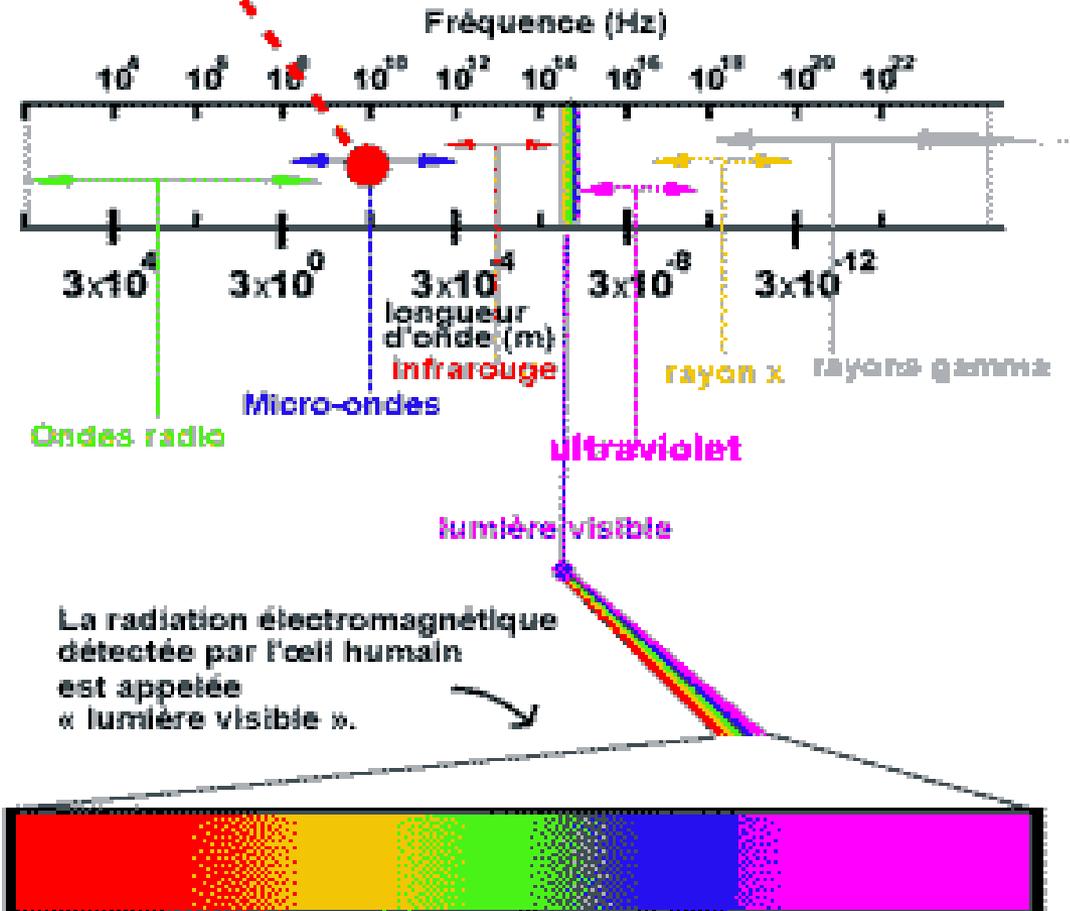


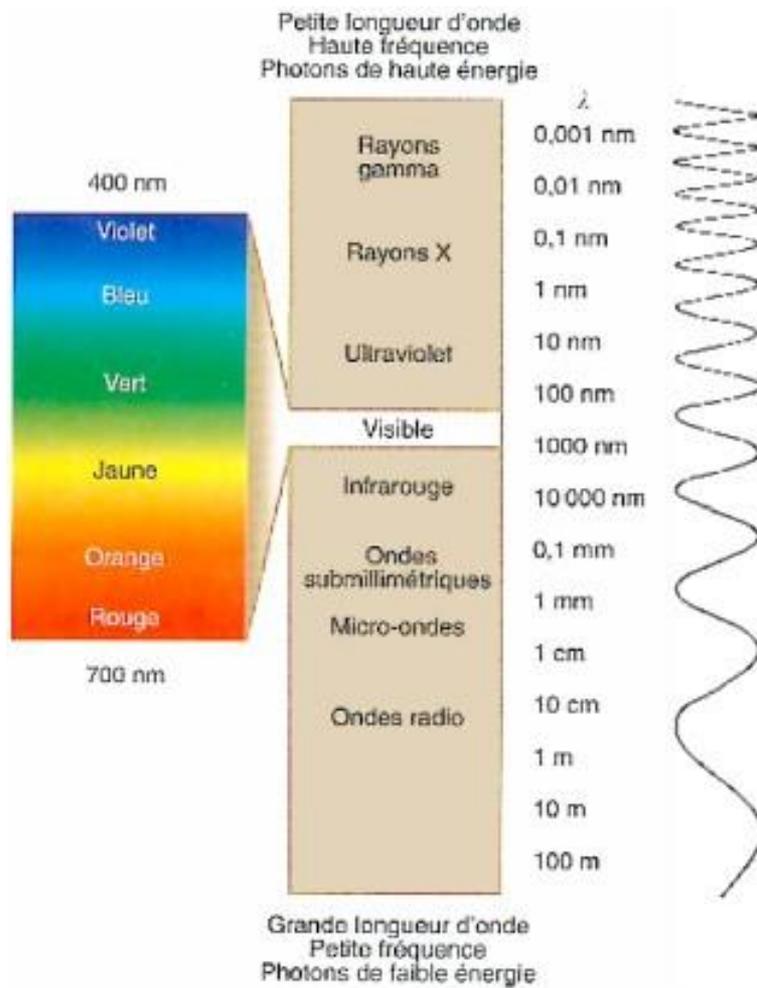
# SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE





RADARSAT est pour ainsi dire aveugle et peut seulement « voir » dans une très étroite partie du spectre d'hyperfréquences.





# COULEUR

## Définition:

Suite à un processus neurophotochimique une excitation lumineuse d'une ou plusieurs fréquences est perçue par l'œil comme étant une couleur.

## Remarque:

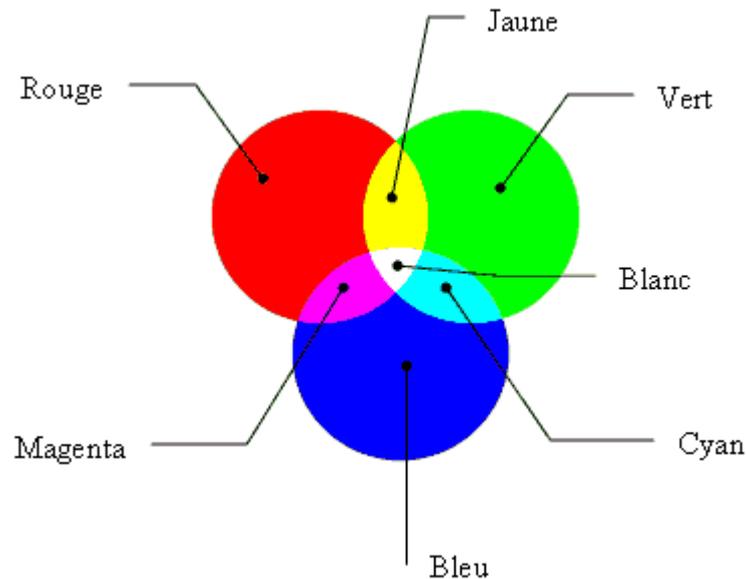
Ne jamais confondre la couleur est une notion perceptive, avec la longueur d'onde est une notion physique.

L'oeil humain est incapable de distinguer un jaune monochromatique théorique (une seule longueur d'onde) d'une composition correspondante de vert et de rouge. Cette illusion permet d'afficher du jaune sur nos écrans d'ordinateur, et, plus généralement n'importe quelle couleur

Couleur	Longueur d'onde [nm]	Fréquence [THz]
rouge	~ 625-740	~ 480-405
orange	~ 590-625	~ 510-480
jaune	~ 565-590	~ 530-510
vert	~ 520-565	~ 580-530
cyan	~ 500-520	~ 600-580
bleu	~ 446-500	~ 690-600
violet	~ 380-446	~ 790-690

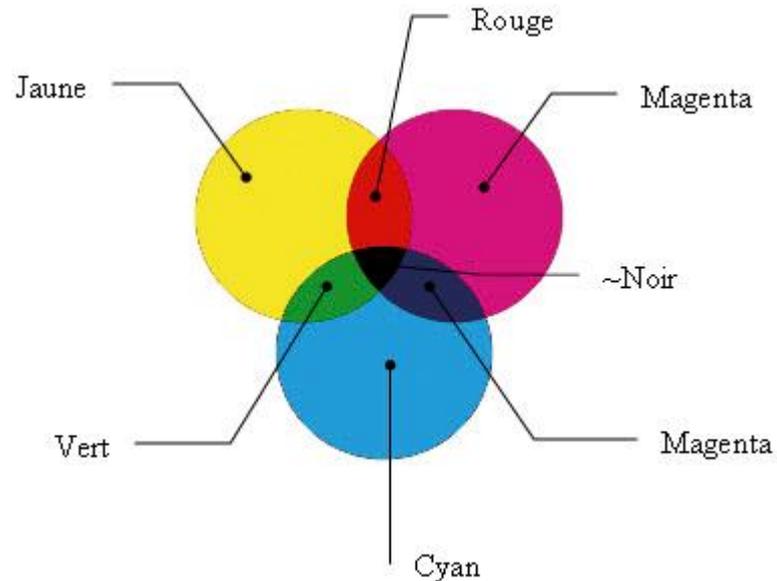
# Synthèse additive

On peut créer n'importe quelle couleur en additionnant les trois couleurs de base (rouge vert bleue) appelées "**couleurs fondamentales additives**" (ou "**couleurs primaires additives**"). Cela s'appelle la "**synthèse additive**" des couleurs.



# Synthèse soustractive

La **synthèse soustractive des couleurs** consiste à enlever de la couleur à une couleur de base. C'est par exemple le cas de l'encre ou des filtres colorés (dans le sens où il y a un support de base dont il faut traiter la couleur).



Rouge	(620-700 nm)
Orange	(592-620 nm)
Jaune	(578-592 nm)
Vert	(500-578 nm)
Bleu	(446-500 nm)
Violet	(400-446 nm)

L'onde lumineuse (et aussi non lumineuse) est dite quantifiée: la lumière est constituée "grains de lumière" appelés : *Photons*.

Deux aspects coexistent toujours et définissent lumière : Aspect ondulatoire et aspect corpusculaire.

L'élaboration d'une théorie géométrique de la propagation des ondes lumineuses :

*L'optique géométrique* dans le cas où de la lumière rencontre des objets d'échelle macroscopique. C'est-à-dire que la grandeur  $L$  des objets rencontrés est telle que :

$L > 1 \text{ cm}$ . Alors que  $\lambda$  est de l'ordre de  $10^{-7} \text{ cm}$ .



## II Principes de l'optique géométrique.

Toute courbe (trajet, chemin) suivant laquelle se propage la lumière s'appelle *rayon lumineux*.

Les rayons lumineux sont des *droites*.

Un ensemble de rayons lumineux constitue un *faisceau lumineux*.

Pour le moment on n'a besoin ni de se pencher sur l'aspect ondulatoire ni sur l'aspect corpusculaire de la lumière. On peut expliquer et comprendre un grand nombre de phénomènes lumineux en se basant uniquement sur les principes suivants :

**Principe.1.** Il existe des *rayons lumineux* qui restent indépendants les uns des autres (pas d'interaction entre eux).

**Principe.2.** Les rayons lumineux sont des *lignes droites* dans un milieu *homogène, transparent* et *isotrope*.

**Principe.3.** Quand les rayons lumineux rencontrent une surface de séparation de deux milieux, ils obéissent aux lois de **Snell-Descartes**.

## ATTENTION ATTENTION

La description géométrique de la lumière sous forme de rayons de lumière ne révèle pas la nature corpusculaire de celle-ci. *Les rayons de lumière ne sont pas les trajectoires des photons*. En fait un photon n'est pas localisable et ne possède pas de trajectoire comme c'est le cas d'un point matériel en mécanique classique!



# Les trois types de faisceaux lumineux

Tous les phénomènes lumineux : la *réflexion* et la *réfraction* qui décrivent comment se comportent les rayons lumineux à la surface de séparation de deux milieux peuvent être étudiés par les lois de *Snell-Descartes*

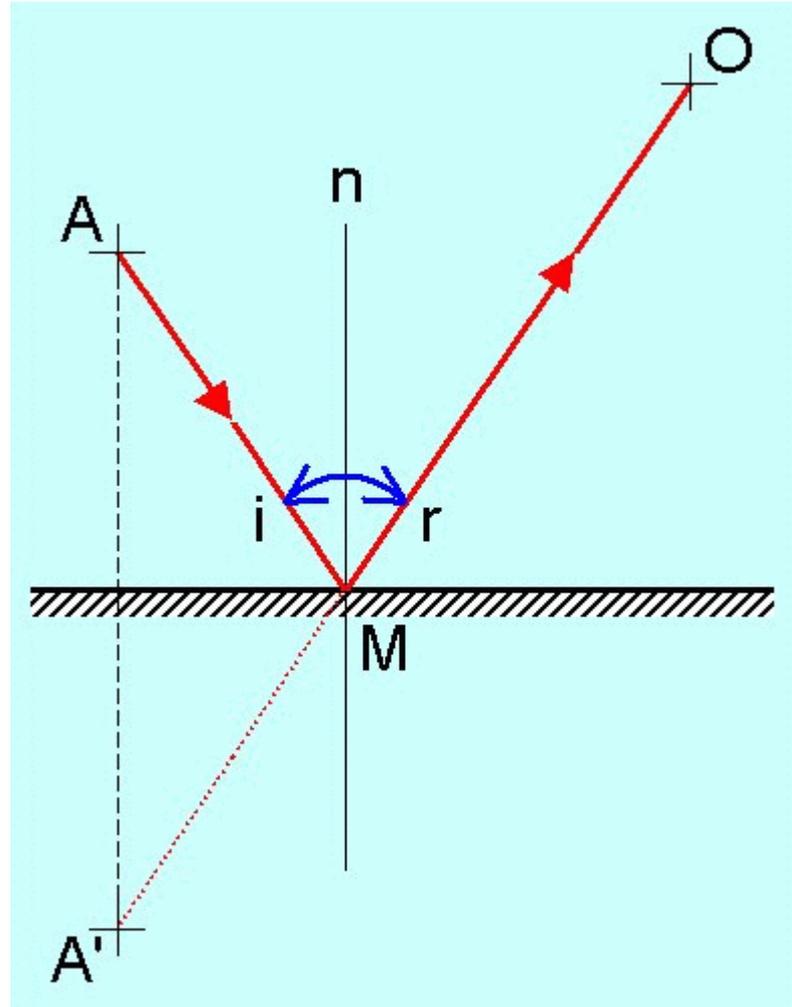
## 1 - Principe de Fermat

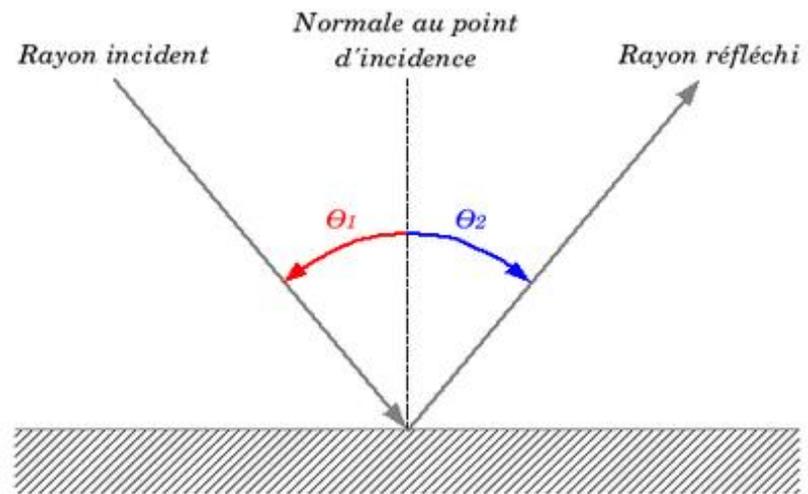
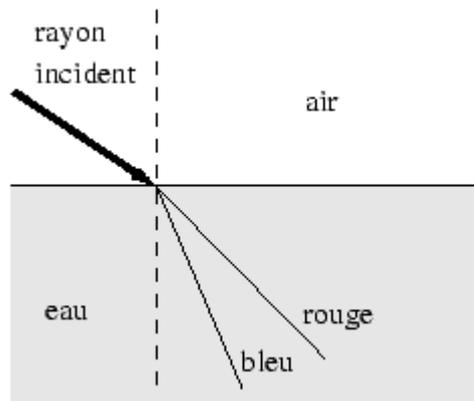
- Pour aller d'un point A à un point B, la lumière emprunte un chemin tel que le trajet AB soit de durée stationnaire.

## 2 - Conséquences

- propagation rectiligne de la lumière :
  - **le plus court chemin entre deux points est la ligne droite.**
- principe de retour inverse :
  - **le chemin suivi est indépendant du sens de parcours.**

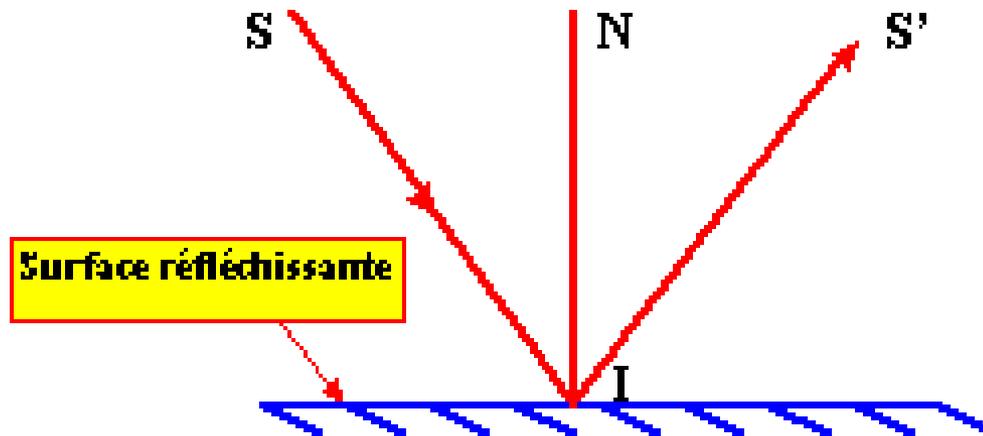
On admettra l'indépendance des rayons lumineux





## II. 1 Lois de Snell-Descartes

- pour la réflexion

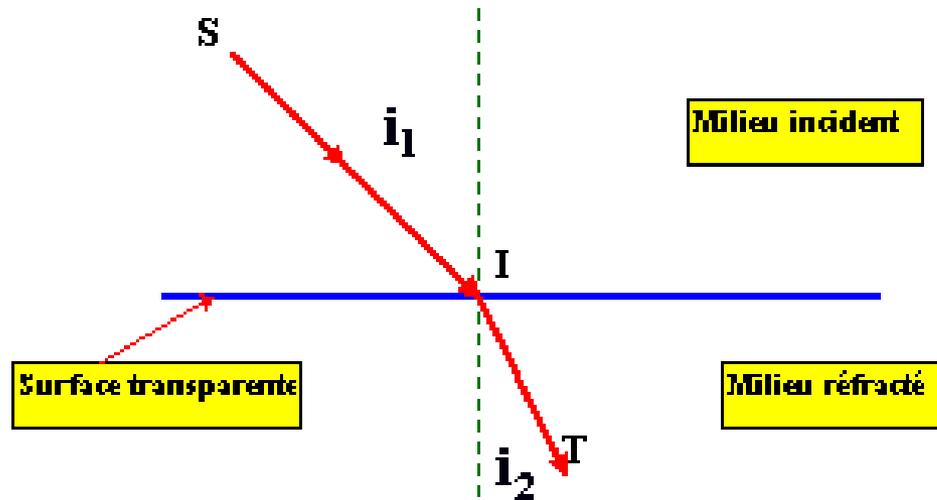


## Enoncé de la loi

1. Le rayon réfléchi se trouve dans le plan d'incidence.
2. L'angle de réflexion  $r$  est égal à l'angle d'incidence  $i$ .

$$i = r$$

pour la réfraction

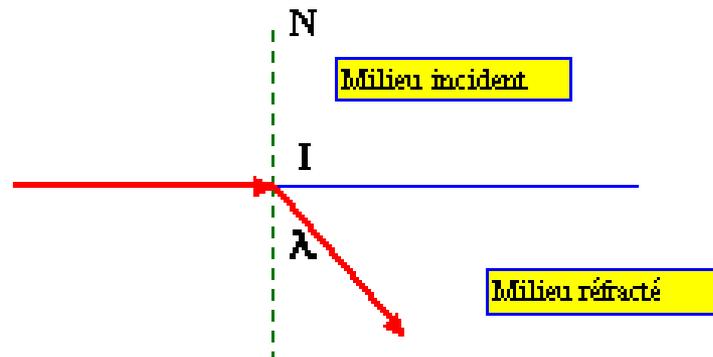


\* Rayon incident **SI** et rayon transmis **IT** sont dans un même plan.

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

## Remarques :

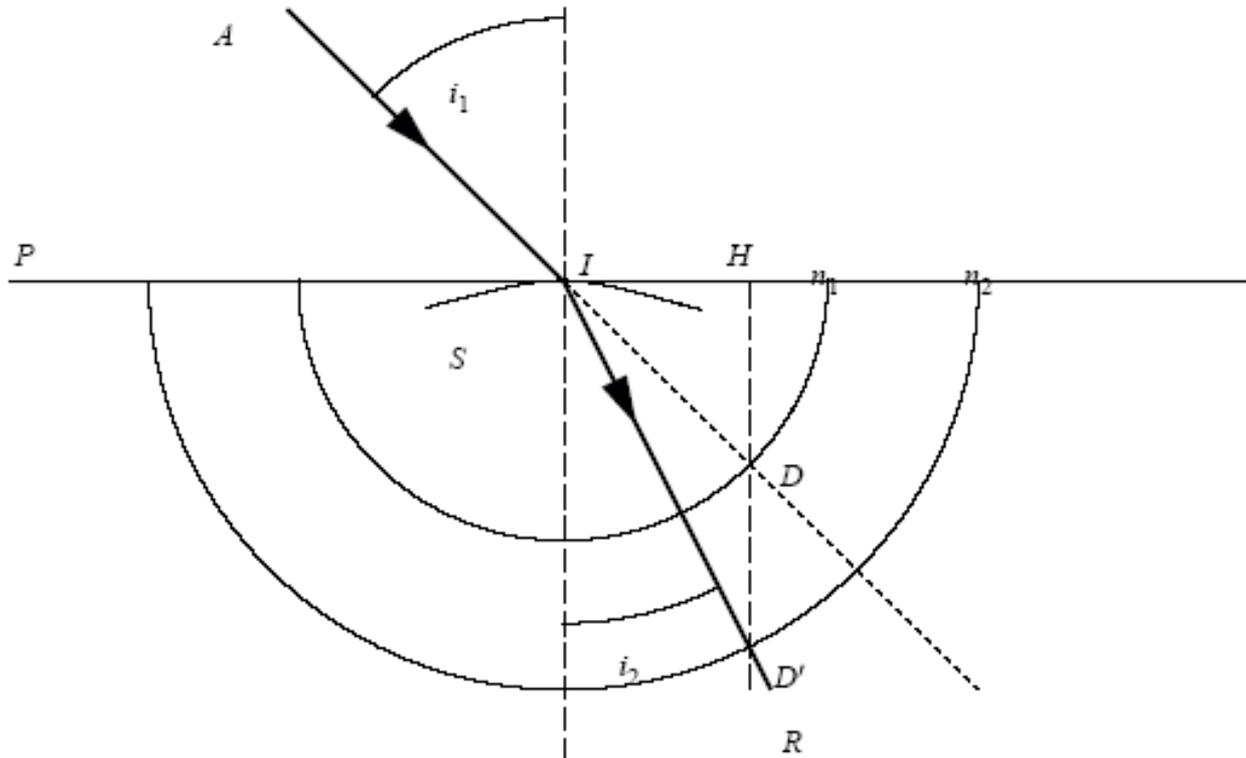
- $n_1 < n_2$ , le second milieu est plus réfringent, le rayon lumineux **se rapproche de la normale**.
- Si l'angle d'incidence est égal à  $\pi/2$ , alors l'angle de réfraction correspondant est l'angle de réfraction limite.



principe de retour inverse : si le milieu incident est **plus réfringent** que le second milieu et l'angle d'incidence supérieur à l'angle de réfraction limite, le phénomène de **réflexion totale** se produit.

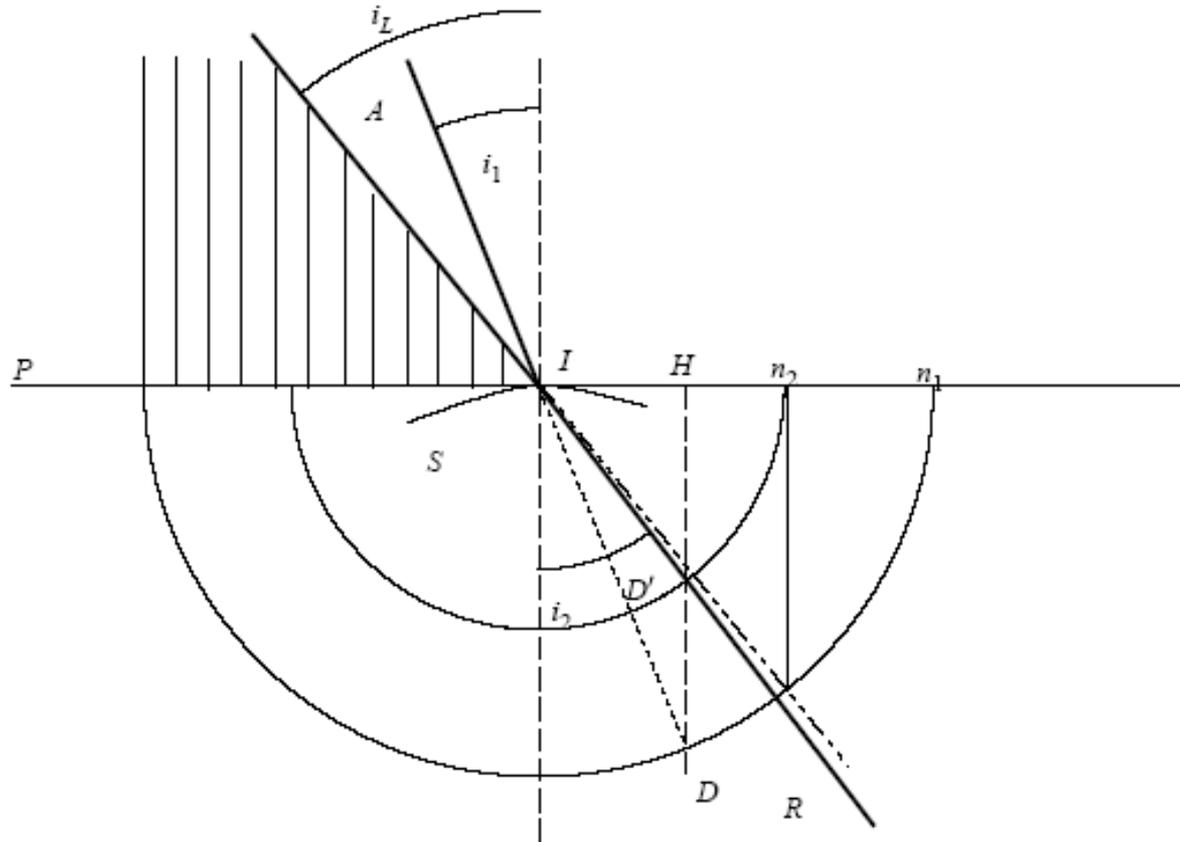
## II-2 Construction du rayon réfléchi et du rayon réfracté

a- Cas où  $n_2 > n_1$



Construction du rayon réfracté  $n_2 > n_1$

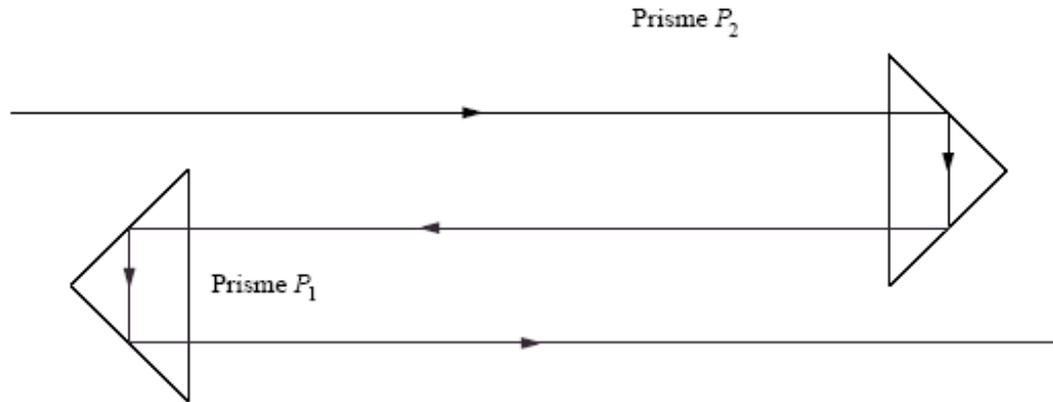
b- Cas où  $n_2 < n_1$



Construction du rayon réfracté  $n_2 < n_1$

**Domaines d'application :**

Certains appareils d'optique tels que les jumelles. Réduction de l'encombrement de l'appareil).



## La couleur des objets

### Informations à l'usage de l'enseignant concernant la couleur des objets

Toutes les choses visibles émettent de la lumière, mais certaines produisent de la lumière d'autre la réfléchissent.

( Une ampoule produit de la lumière grâce à l'échauffement de son filament, mais le mur sur lequel arrive cette lumière se contente de la réfléchir)

Les objets sont colorés par soustraction.

(Quand la lumière blanche arrive sur un objet, celui-ci absorbe certaines couleurs et en réfléchit d'autres, qui lui donnent sa « couleur »

Ex: Les feuilles sont vertes parce qu'elles absorbent presque toutes les couleurs, sauf le vert)

*Fabriquer du magenta*

*Ce carré absorbe le vert de la lumière blanche et réfléchit le bleu et le rouge qui lui donnent sa couleur Magenta*

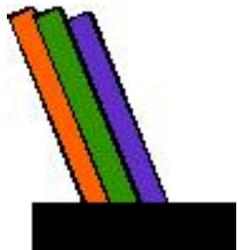
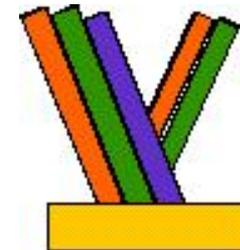


*Fabriquer du Cyan*

*Ce carré absorbe le rouge de la lumière blanche et réfléchit le bleu et le vert qui lui donnent sa couleur Cyan*

*Fabriquer du jaune*

*Ce carré absorbe le bleu de la lumière blanche et réfléchit le rouge et le vert qui lui donnent sa couleur jaune*



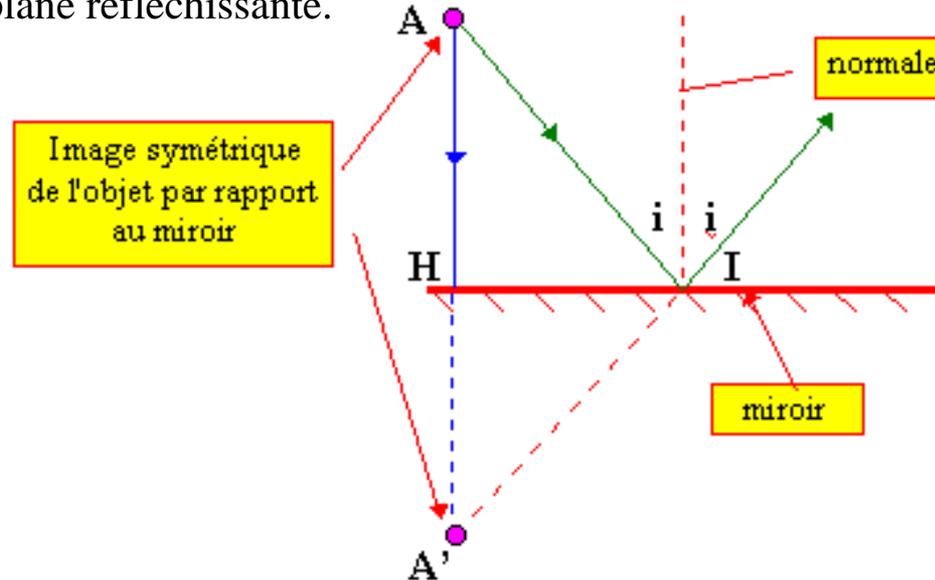
*Fabriquer du noir*

*Ce carré absorbe le vert, le rouge, le bleu de la lumière blanche et ne renvoie aucune lumière, ce qui lui donne sa couleur noire*

# III Systèmes planaires

## III-1 Miroirs plans

**Définition :** c'est une surface plane réfléchissante.



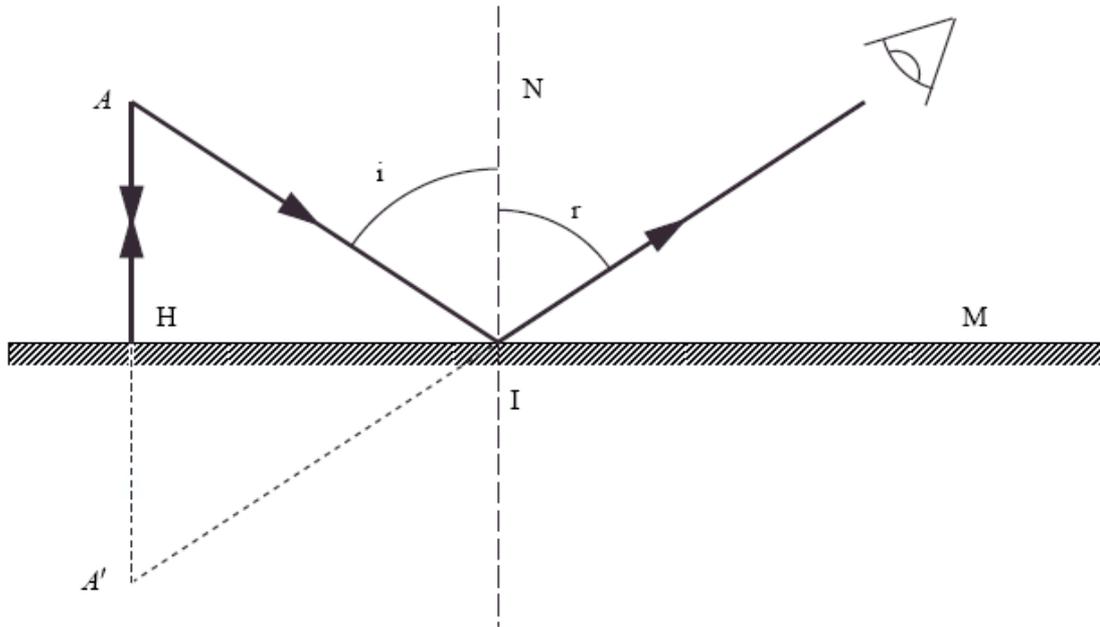
**Remarque importante :**

Une réflexion sur une surface polie est toujours accompagnée d'une perte de lumière (absorption, diffusion, ou réfraction). Si la réfraction n'est pas observée alors il y a réflexion totale

# Image d'un point

## Relation de conjugaison objet - image.

- Objet et image sont **symétriques** par rapport au miroir :  $IA = IA'$  quel que soit le rayon lumineux utilisé pour la construction de l'image.
- Si l'objet est réel, l'image est virtuelle et inversement.



*Miroir plan*

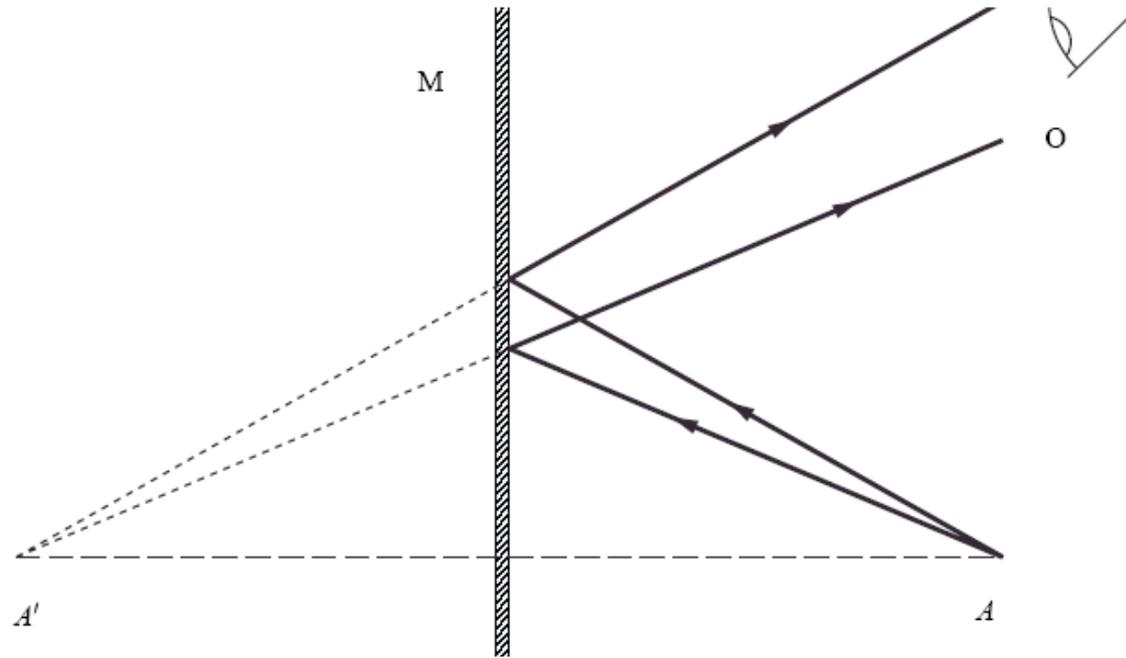
## Propriété

Un miroir plan donne d'un point  $A$  une image  $A''$  symétrique par rapport au plan du miroir : le miroir plan est dit **stigmatique**, car l'image de tout point de l'espace est un point.

**Remarque.** C'est le *seul* système optique qui possède cette propriété.

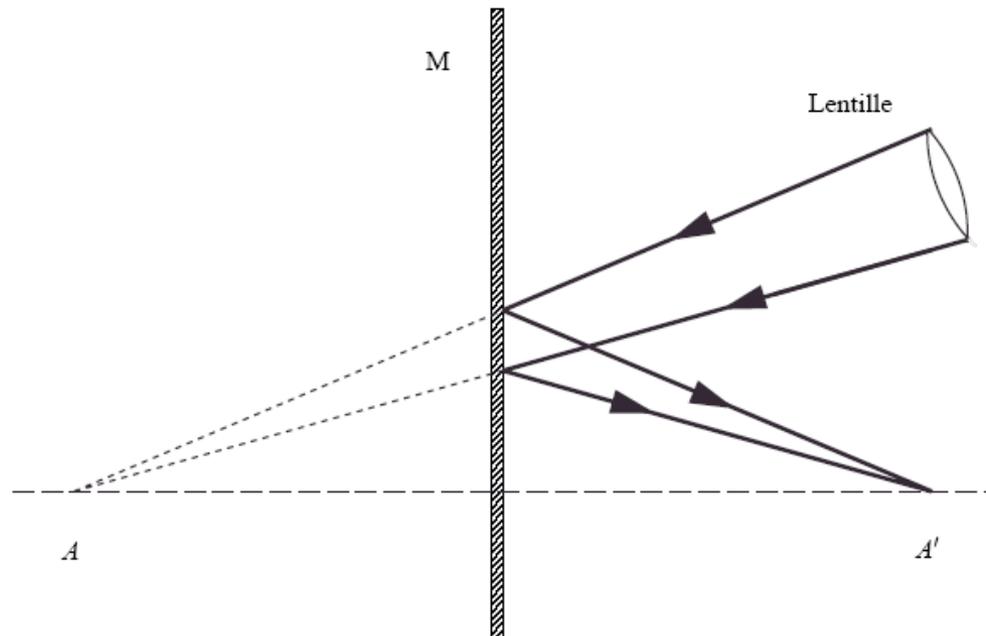
## b- Images et objets réels et virtuels.

La source lumineuse est placée en  $A$ , pour un observateur en  $O$ , il a l'impression que les rayons lumineux proviennent de  $A'$ , image de  $A$ . Aucun signal lumineux ne peut être détecté en  $A'$ . Donc  $A'$  est dite image virtuelle de  $A$ .



**Objet réel image virtuelle**

On place un miroir sur le chemin d'un faisceau conique de sommet  $A$ . On observe la formation d'une image lumineuse  $A'$ . L'énergie lumineuse se concentre réellement en  $A'$  donc c'est une image réelle de  $A$ . par contre aucune signal ne peut être détecté en  $A$ . c'est un objet virtuel.



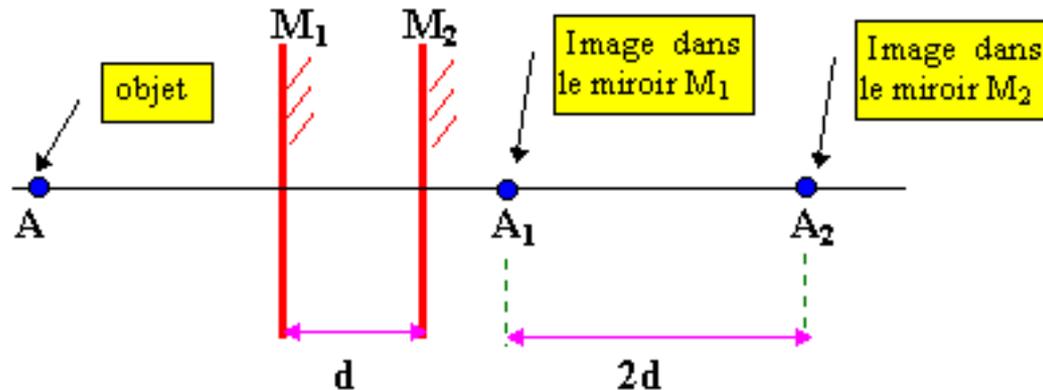
**Objet virtuelle image réel**

## En résumé :

- Si l'objet est réel, l'image est virtuelle.
- Si l'objet est virtuel, l'image est réelle.
- L'objet et son image dans un miroir ne sont donc pas superposables.

## Déplacement du miroir

**Translation:** Lorsque le miroir se déplace de  $d$ , l'image correspondante se déplace de  $2d$ .



**Rotation:** Le miroir tourne d'un angle  $\theta$ , le rayon réfléchi correspondant tourne de  $2\theta$ .

## III-2 dioptré plan (lumière monochromatique)

### Définition

Un *dioptré plan* est une surface plane qui sépare deux milieux transparents, homogènes, d'indices différents.

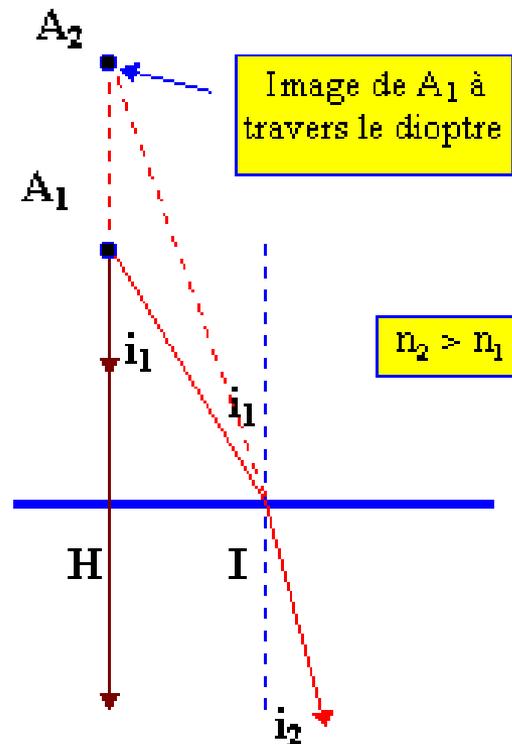
$$\tan i_1 = HI/HA_1 \text{ et}$$

$$\tan i_2 = HI/HA_2$$

d'où :

$$n_1 / HA_1 = n_2 / HA_2$$

Le dioptré plan donne une image dans les conditions de stigmatisme approché (observation au voisinage de la normale)

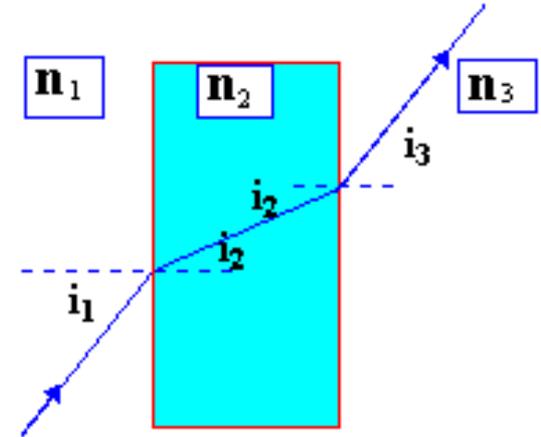


### III-3 lame à face parallèle

#### Définition

Milieu d'indice  $n$  limité par deux plans parallèles.

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 = n_3 \sin i_3$$

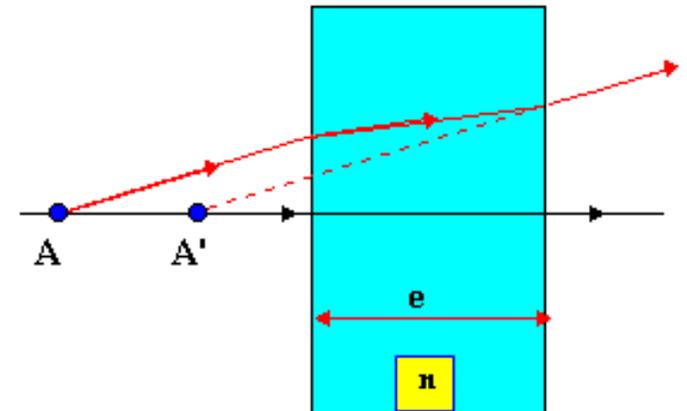


La direction du rayon émergent est indépendante de l'indice de la lame.

le rayon incident et le rayon émergent sont **parallèles** si les milieux extrêmes sont identiques

#### Image d'un point objet A

$$A A' = e(1 - 1/n)$$



## III-4 Prisme

### Définition

Milieu transparent d'indice  $n$  limité par deux plans non parallèles.

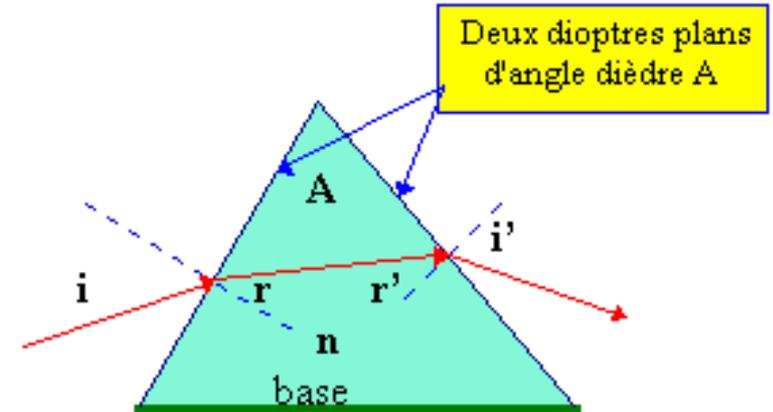
### Relations du prisme

$$\sin i = n \sin r$$

$$\sin i' = n \sin r'$$

$$r + r' = A$$

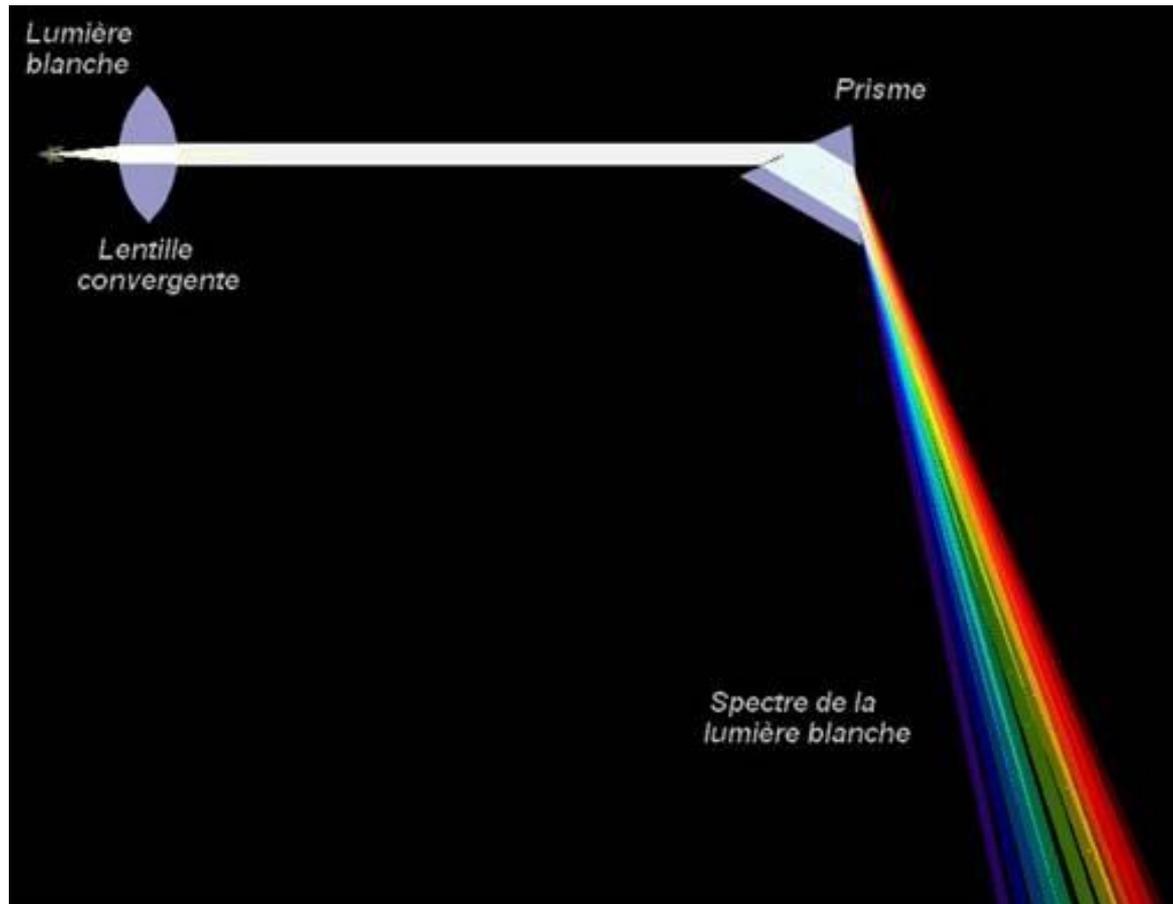
$$D = i + i' - A$$

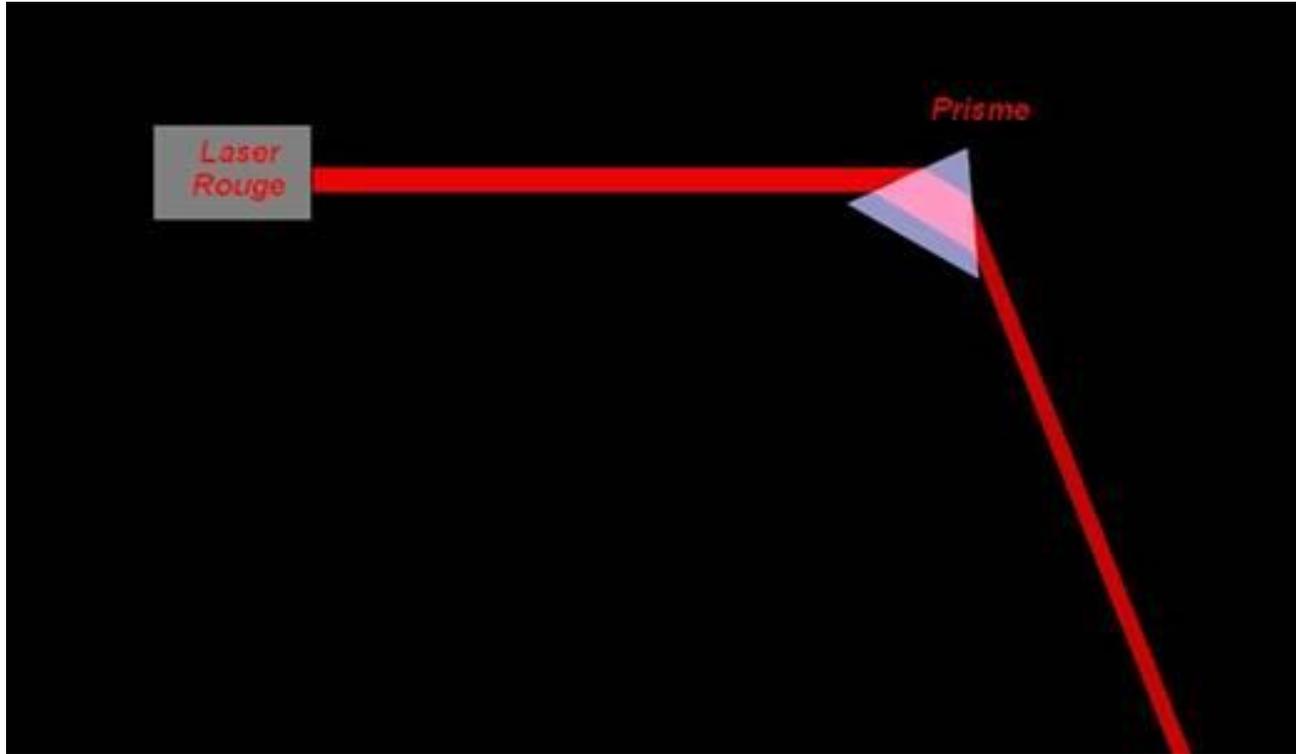


### Condition d'émergence

- L'angle de réfraction à l'intérieur du prisme doit être inférieur à l'angle de réfraction limite  $\lambda$
- L'émergence n'a lieu que si :  $\pi/2 > i > i_0$  ;  $\sin i_0 = n \sin (A - \lambda)$ .

$i_0$  est l'angle d'incidence limite.





## Etude de la déviation

- La déviation dépend de  $A$ ,  $n$  et  $i$  :  $D = f(A, i, n)$ .
- $D$  croît avec  $A$  et passe par un minimum quand  $i$  varie de  $i_0$  à  $p/2$ .
- Au minimum de déviation :

$$i = i'$$

$$r = r' = A/2$$

$$D_m = 2 i_m - A$$

$$n = \sin[(A + D_m)/2] / \sin(A/2)$$

$D$  varie avec la longueur d'onde de la lumière incidente

L'indice d'un matériau varie avec  $\lambda$  selon la Loi de Cauchy :  $n = P + Q/\lambda^2$ .

La dispersion de la lumière par le prisme (Voir TD)

## Dispersion de la lumière par la pluie (Arc en ciel)

