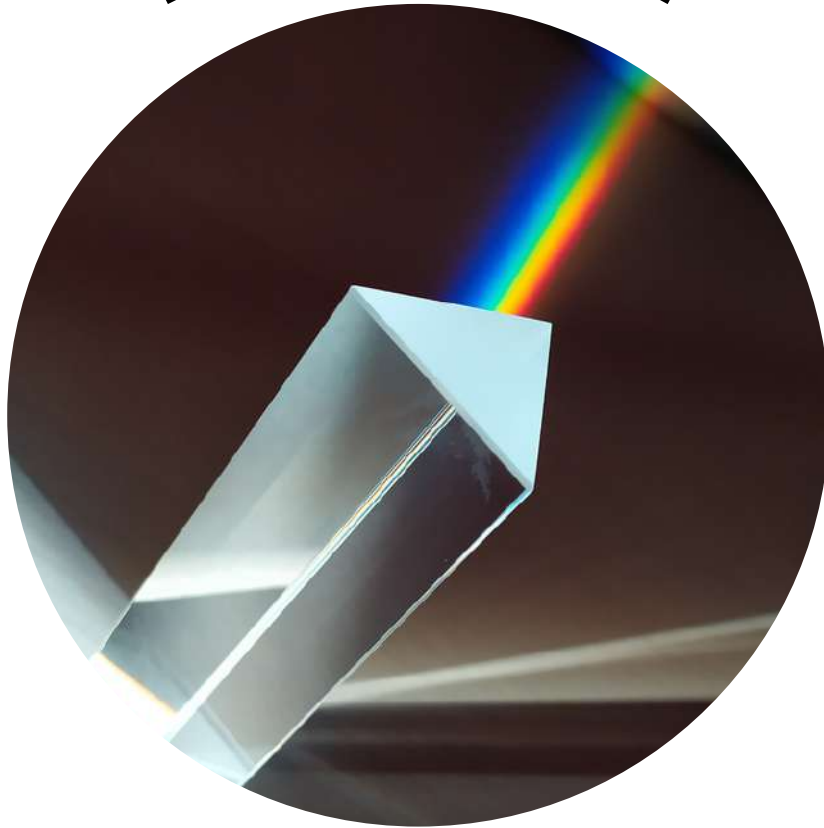


# physique I



- OPTIQUE
- PHYSIQUE NUCLÉAIRE
- THERMODYNAMIQUE



## Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



## Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

# Lois fondamentaux de l'optique géométrique

## **I – Introduction**

- I-1- Généralités
- I-2- Optique géométrique et optique physique

## **II - Nature de la lumière**

- II-1- Lumière blanche
- II-2- Vitesse de propagation
- II-3- Indice de réfraction

## **III - Théories de la lumière**

- III-1- Théorie ondulatoire
- III-2- Théorie corpusculaire

## **IV - Principes et lois de l'optique géométrique**

- IV-1- Le rayon lumineux
- IV-2- Rayon lumineux dans l'expérience
- IV-3- Observations et hypothèses
- IV-4- Principes de l'optique géométrique
- IV-5- Les lois de Snell-Descartes
  - IV-5-1- Réflexion
  - IV-5-2- Réfraction
  - IV-5-3- Les Limites de réfraction

## Objectifs :

- Découvrir comment se répand la lumière à partir d'une source ponctuelle.
- Comprendre les lois de Descartes.
- Observer la réflexion interne totale et découvrir dans quelles conditions elle a lieu.

## Bref aperçu :

✚ Notre capacité à observer les objets qui nous entourent dépend du parcours de la lumière entre l'objet et nos yeux. Newton a été le premier à penser que la lumière est formée de particules et peut être décrite par des rayons lumineux rectilignes dans la direction de déplacement de celle-ci. Il ne concevait pas la lumière comme des ondes. Au 19<sup>ème</sup> siècle, de nombreuses observations d'interférences lumineuses montrent, de manière irréfutable, que la lumière se propage dans l'espace sous forme d'ondes.

✚ Curieusement, la théorie de l'effet photoélectrique d'Einstein au début du 20<sup>ème</sup> siècle, établit à nouveau que la lumière peut être considérée comme un ensemble de particules appelées photons. Nous savons de nos jours que la lumière peut être considérée, selon les deux points de vue, comme étant formée de particules ou d'ondes.

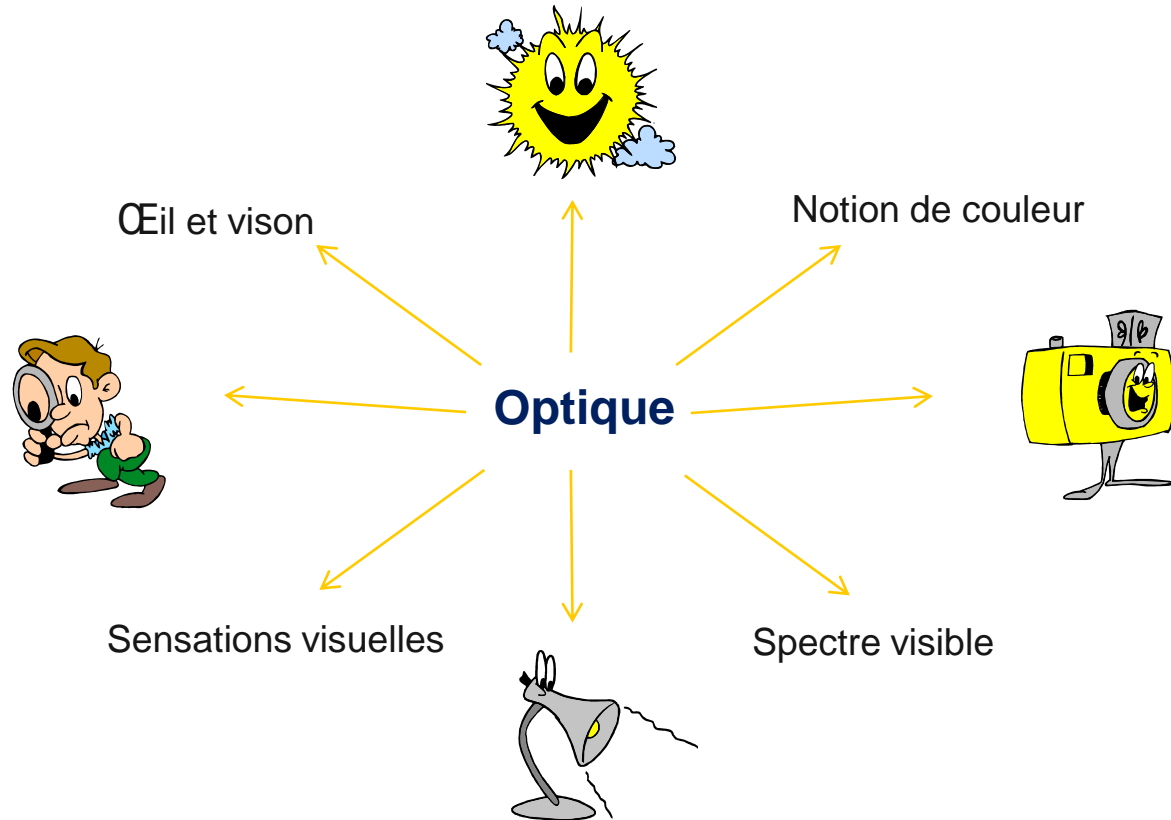
➤ Lorsqu'une lumière interagit avec des objets de dimensions bien plus grandes que sa longueur d'onde, elle peut être décrite soit par des ondes soit par des rayons lumineux rectilignes. Quand elle interagit avec des objets de faibles dimensions - de l'ordre de grandeur de sa longueur d'onde  $\lambda$  - un modèle ondulatoire est alors nécessaire pour décrire correctement les interactions.

➤ Etant donné que les éléments optiques tels que les lentilles, les miroirs et les prismes sont généralement de dimensions bien supérieures à celles des longueurs d'ondes lumineuses (de l'ordre du millionième du mètre) le modèle de rayon - usuellement appelé *rayons lumineux* ou *optique géométrique* – est bien adapté.

**Ce module d'Optique géométrique s'intéressera  
uniquement à de telles situations**

# I – Introduction

## I-1- Généralités

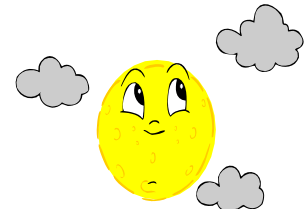


L'optique :

Partie de la physique qui s'intéresse à l'étude des phénomènes lumineux perçus par l'œil

## Source de lumière :

Objet qui émet un rayonnement : soleil, étoiles, lampes etc...



## Milieux :

Espaces situés entre un objet lumineux et un récepteur «Œil» : milieux transparents, opaques et translucides

## Indice de réfraction :

Caractérisant un milieu transparent à la lumière. L'indice absolu  $n$  se définit du fait d'une interaction entre la matière et la lumière la traversant :  $n = c/v$

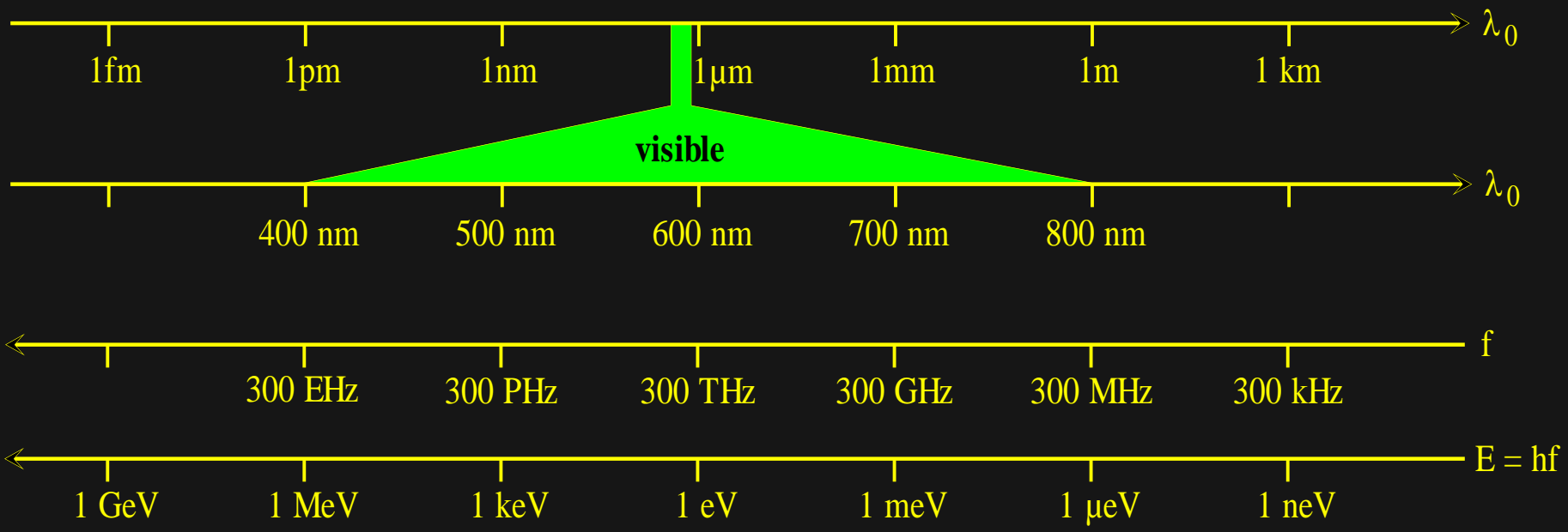
## Rayon lumineux :

Peut être défini comme une ligne droite éclairée

## Lumière visible :

Partie du spectre électromagnétique visible à l'œil nu. Elle est comprise entre l'Ultra violet et l'Infra rouge tel que :

$$0,39 \mu m < \lambda < 0,76 \mu m$$



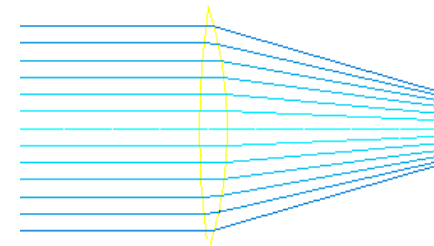


## I-2- Optique géométrique - Optique physique

### a) L'optique géométrique :

Etudie les effets macroscopiques de l'optique tel que :

- La propagation rectiligne
- La réflexion de la lumière
- La réfraction de la lumière



Propagation de la lumière

### b) L'optique physique :

Etudie la relation entre la lumière et la matière. On l'interprète par des phénomènes tels que :

- La diffraction de la lumière
- Phénomène d'interférence
- Emission et absorption

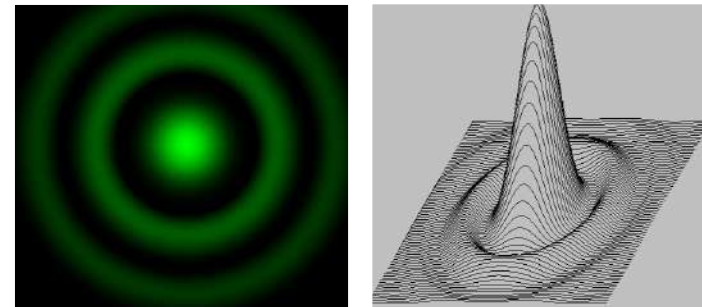


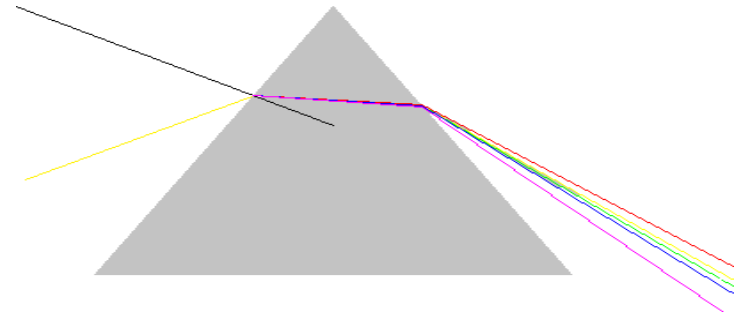
Figure de diffraction

## II – Notions sur la lumière

### II-1- Lumière blanche

La lumière blanche fournie par le soleil ou une lampe à incandescence peut être décomposée par un prisme.

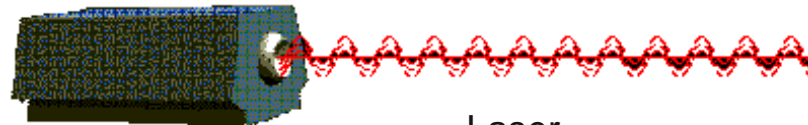
La radiation obtenue est monochromatique.



Prisme

### II-2- Lumière monochromatique

La lumière monochromatique est composée d'une seule couleur correspondant à une longueur d'onde  $\lambda$  bien définie.



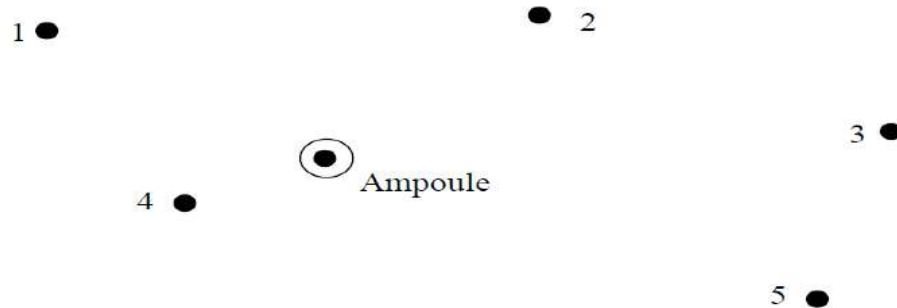
Laser

## Rayons lumineux parallèles et divergents :

En optique géométrique, la lumière qui se propage dans l'espace est représentée par des lignes droites appelés *rayons*, dessinés dans la direction de propagation des ondes lumineuses. Les *fronts d'onde* sont toujours perpendiculaires aux rayons.

Voyons maintenant comment les rayons lumineux provenant d'une source ponctuelle peuvent être utilisés pour représenter la propagation de la lumière dans l'espace.

1. Sur la figure ci-dessous, tracer 5 rayons lumineux partant du filament de la source et passant par les points 1 à 5.



**Question :** Décrire ces rayons en quelques mots. Comment sont-ils représentés au fur et à mesure que la distance à la source augmente ?

Maintenant observez la lumière provenant d'un laser à travers la salle. Il peut être utile d'envoyer, sur le chemin du laser, un peu de poussière de craie provenant d'un chiffon pour tableau.

**Question :** Pouvez-vous voir clairement le faisceau laser sans la poussière de craie dans l'air ? Pourquoi la poussière de craie rend-elle le faisceau laser plus visible ? Etes-vous effectivement entrain d'observer la lumière provenant directement du laser, ou bien observez-vous un autre phénomène ?



**Question :** Vous attendez vous à trouver des rayons lumineux passant par les points 1, 2 et 3 ? En quoi les rayons lumineux que vous avez dessinés sont-ils différents de ceux dessinés dans le cas de la source ponctuelle en (1) ?

**Commentaire :** Les rayons lumineux provenant d'une source ponctuelle s'étendent radialement à partir de la source. Ces rayons sont appelés *rayons divergents* et la lumière est dite composée d'*ondes sphériques divergentes* (les fronts d'onde sont des surfaces sphériques). Les rayons provenant d'un laser sont essentiellement parallèles - ils divergent difficilement. Ils sont appelés rayons *parallèles* et la lumière est dite composée d'*ondes planes* (les fronts d'onde sont des plans). Y'a-t-il d'autres situations où la lumière provenant d'une source peut être représentée par des rayons parallèles - ou presque parallèles ?

### II-3- Vitesse de propagation

La lumière se propage dans certains milieux transparents de façon presque instantanée

Dans le vide, la mesure de la vitesse de la lumière faite par **Roener** en 1676 a donné  $c = 3.10^8$  m/s

Dans un milieu transparent, la vitesse  $v$  de la lumière dépend de l'indice de ce milieu

### II-4- Indice de réfraction

La théorie ondulatoire de la lumière permet de montrer que l'indice absolu  $n$  d'un milieu est tel que :  $n = c/v$

L'indice relatif  $n_{2/1}$  d'un milieu 2 par rapport à un milieu 1 est le rapport

$$n_{2/1} = v_1/v_2$$

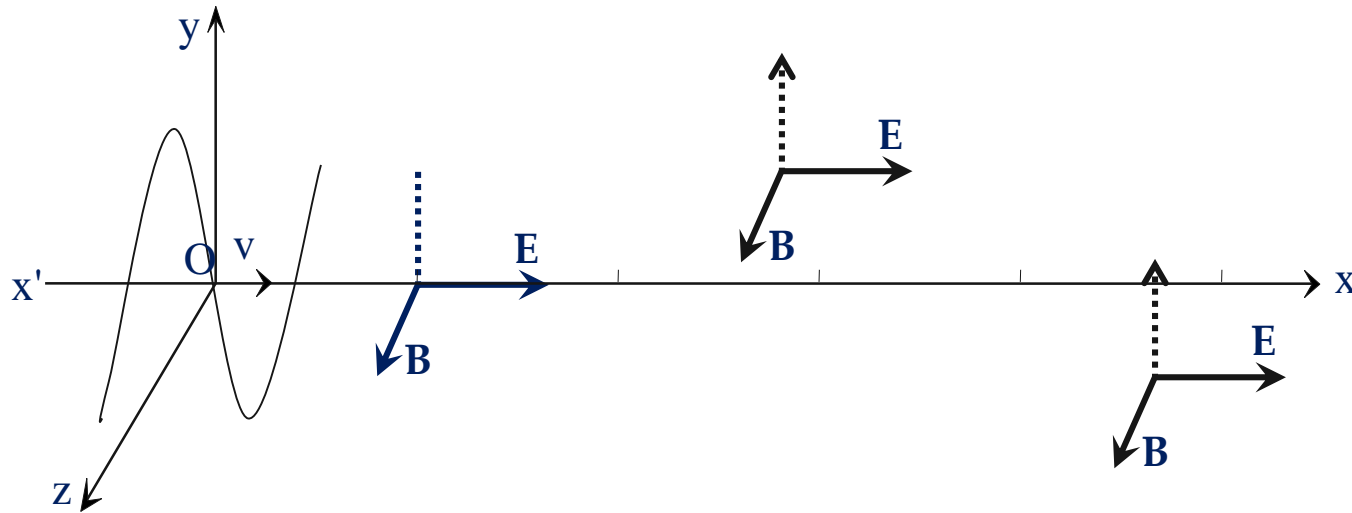
#### Exemples :

Elément	Verre	Diamant	NaCl	Eau	Ethanol	Air	CO <sub>2</sub>
Indice	1.50	2.41	1.54	1.33	1.36	1.0002	1.0004

## III - Théories de la lumière

### III-1- Théorie ondulatoire

Les interférences, diffraction confirment que la lumière est une vibration que Maxwell identifia en 1867 aux ondes électromagnétiques, c'est-à-dire la superposition d'un champ électrique  $E$  et d'une induction magnétique  $B$ .



$$\text{Si } \vec{E}(O,t) = \vec{E}_0 \cos \omega t, \text{ on a donc } \vec{E}(M,t) = \vec{E}(O,t - \theta) = \vec{E}_0 \cos \omega(t - \theta) = \vec{E}_0 \cos \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{v} \right)$$

**Relation entre  $\lambda$ ,  $n$ ,  $v$  et  $v$**

$$\lambda = v.T = \frac{c.T}{n} = \frac{\lambda_0}{n} < \lambda_0$$

$$v = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda}$$

$$n = \frac{c}{v} > 1$$



## III-2- Théorie corpusculaire


Expériences d'effet photoélectrique, effet Compton...

- Echanges d'énergie lumière-matière
- Energie lumineuse quantifiée
- $E = h \cdot \nu$  ( $h$  cte de Planck =  $6,63 \cdot 10^{-34}$  Js)

  $\nu$  particule appelée photon

### Interprétation :

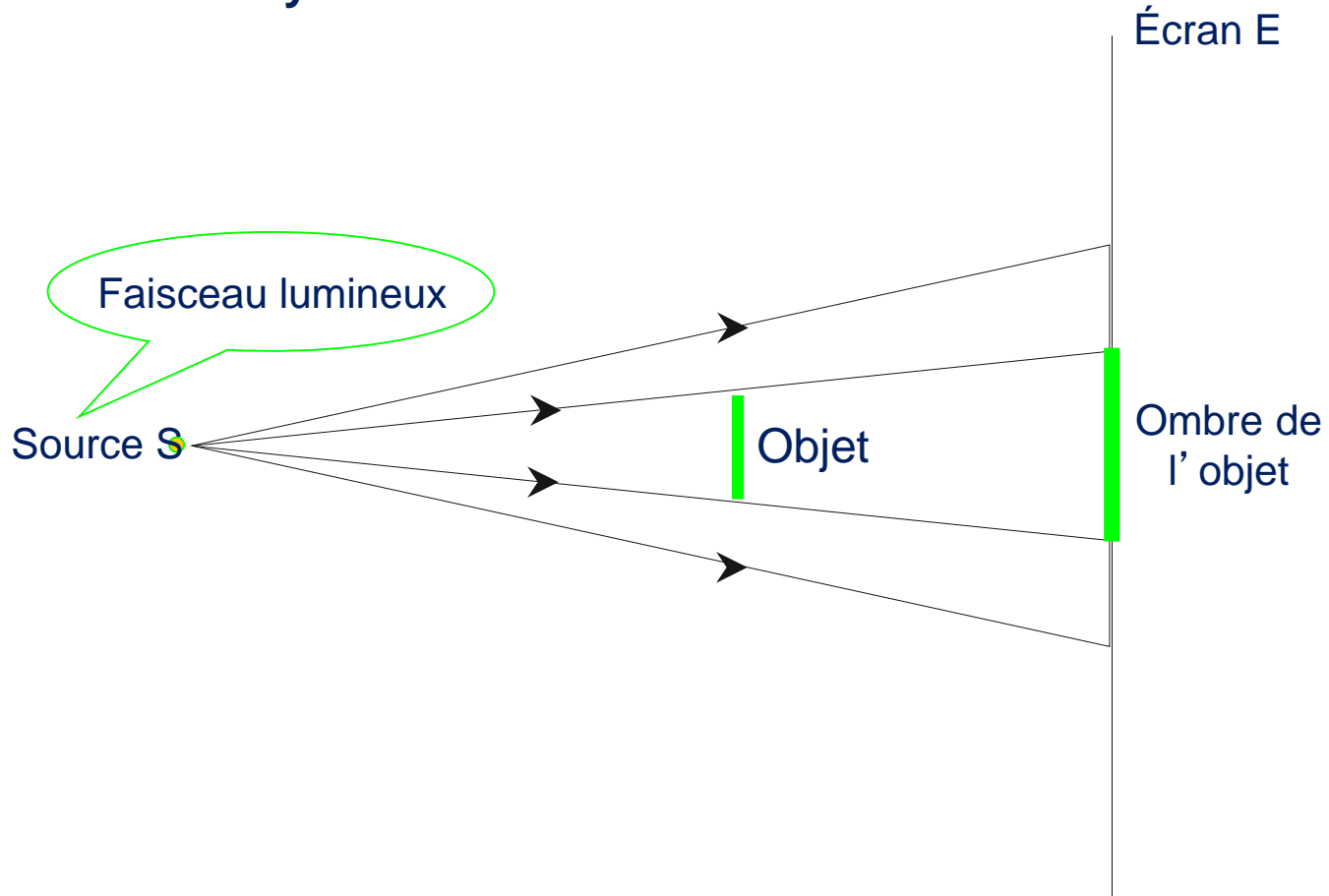
- Interactions matière-rayonnement
- Le photon est un corpuscule sans masse
- Sa vitesse est  $c$  et transportant la Quantité de mvt  $P$

  $P = E/c = h \cdot \nu/c = h/\lambda_0$

Pour l'optique géométrique, cet aspect corpusculaire  
est sans utilité

# IV - Principes et lois de l'optique géométrique

## IV-1- Le rayon lumineux



### Hypothèse :

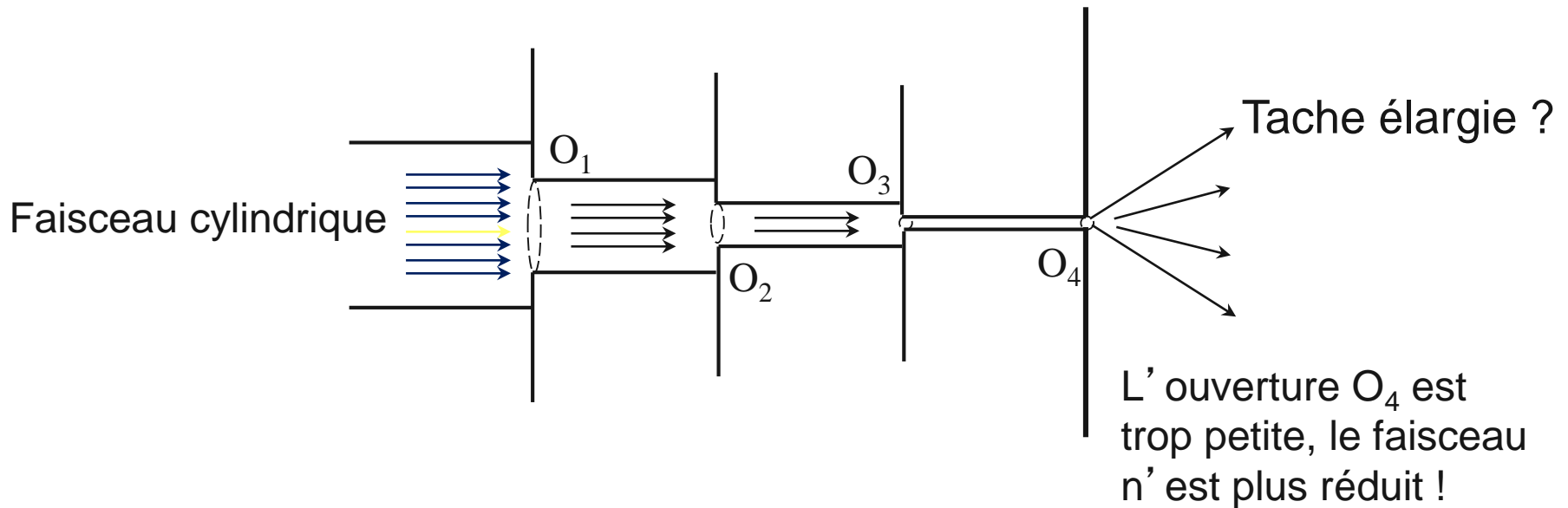
L'ombre portée sur E de l'objet est homothétique à l'objet, ce qui suggère que le faisceau lumineux issu de S soit constitué par des supports rectilignes.



Rayons lumineux

## IV-2- Le rayon lumineux dans l'expérience

Expérience pour isoler un rayon lumineux :

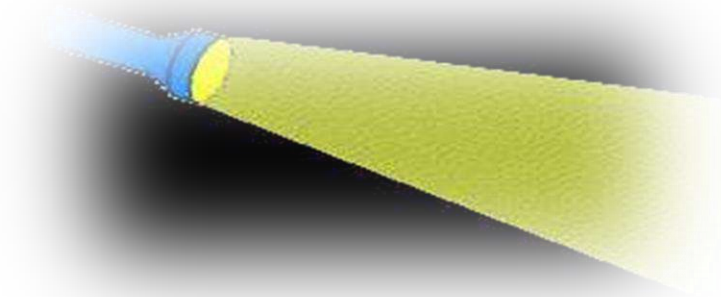


### Conclusion :

On ne peut pas isoler un rayon lumineux, cependant l'O.G étudie la marche des rayons lumineux dans les milieux transparents. Pour pouvoir déterminer la marche d'un rayon on doit énoncer les principes et lois qui régissent son comportement tel qu'il a été défini.

### IV-3- Observations et hypothèses

- ❑ Gouttelettes d'eau microscopiques constituant la brume
- ❑ Ombre d'un objet
- ❑ Fumée de tabac dans un environnement lumineux
- ❑ Eclipses de la lune etc.



La lumière se propage en ligne droite

## IV-4- Principes de l'optique géométrique

### **a) Indépendance des rayons lumineux**

Dans un milieu homogène et transparent, les rayons lumineux se propagent de manière indépendante dans une même région de l'espace.

### **b) Retour inverse**

Le trajet suivi par la lumière est indépendant du sens de propagation.

### **c) Principe de Fermat**

Le trajet suivi par les rayons lumineux pour aller d'un point  $M_1$  vers un point  $M_2$  est celui pour lequel le chemin optique est extremum «  $dL=0$  »

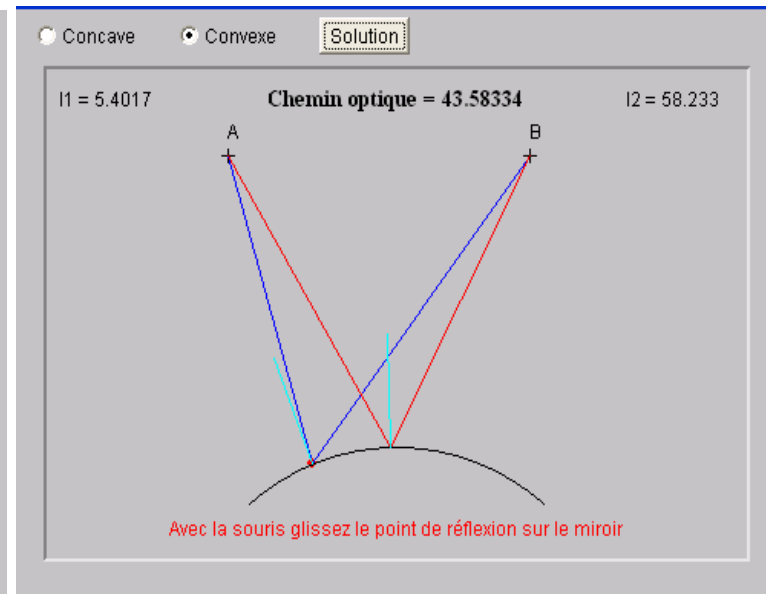
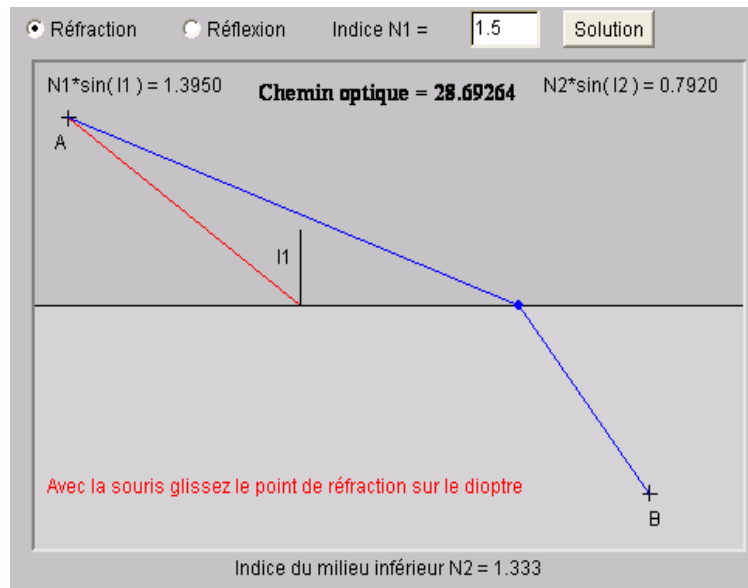
### Chemin optique

Entre deux points  $M_1$  et  $M_2$ , appartenant à 2 surfaces d'ondes par :

$$L = (M_1M_2) = \int n \cdot dl$$

(si le milieu est homogène,  $n$  est constant et  $L = n \cdot M_1M_2$ )

## Principe de Fermat par image



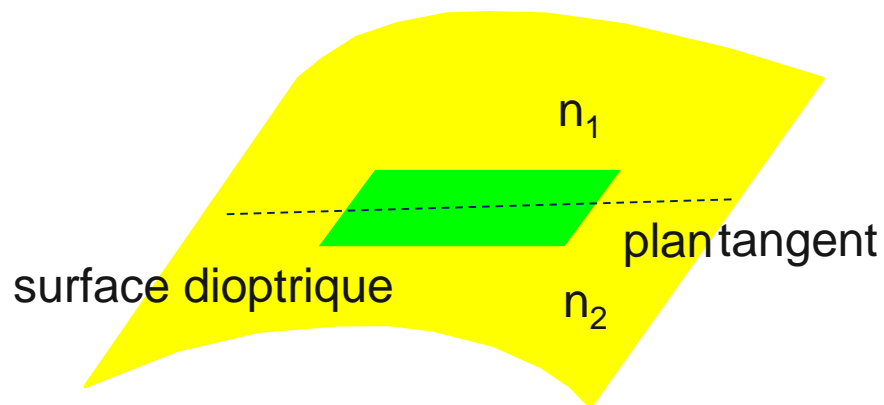
**Animation, cliquez !**

## IV-5- Les Lois de Descartes

Elles constituent les principales lois liant les angles d' incidences et de réflexions ou de réfractions en fonction des indices des milieux trouvés.

### IV-5-1- Réfraction

Soient 2 milieux homogènes transparents et isotropes d' indices différents et séparés par une surface  $S$  (on suppose que  $n_1 < n_2$ ).

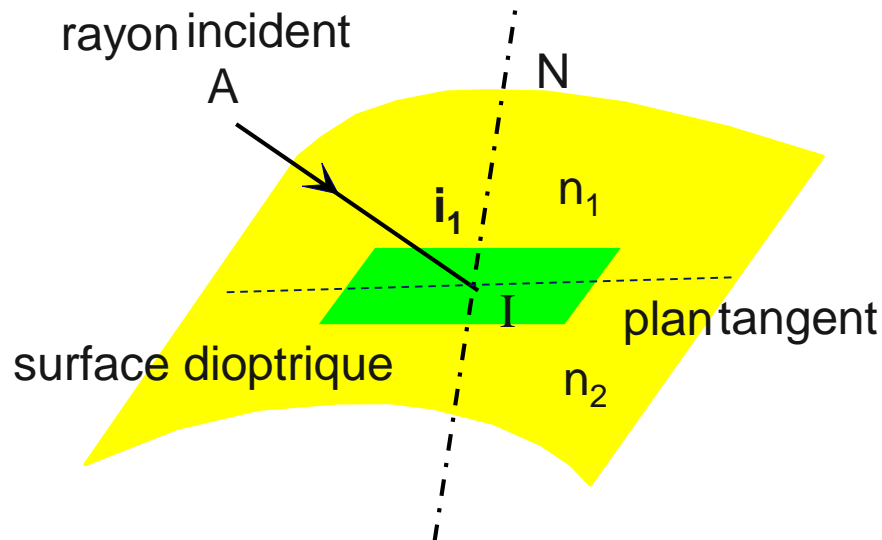


## IV-5- Les Lois de Descartes

Elles constituent les principales lois liant les angles d' incidences et de réflexions ou de réfractions en fonction des indices des milieux trouvés.

### IV-5-1- Réfraction

Soient 2 milieux homogènes transparents et isotropes d' indices différents et séparés par une surface  $S$  (on suppose que  $n_1 < n_2$ ).



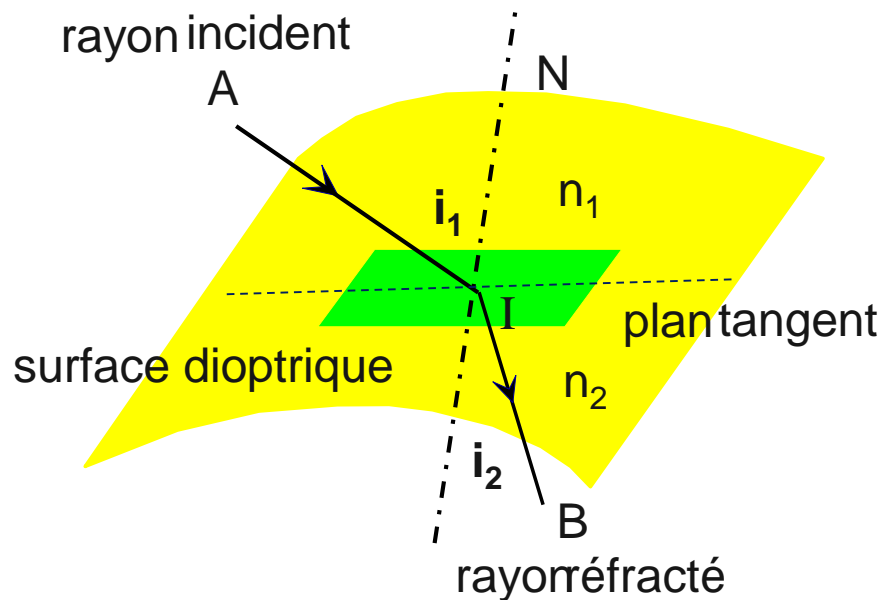


## IV-5- Les Lois de Descartes

Elles constituent les principales lois liant les angles d' incidences et de réflexions ou de réfractions en fonction des indices des milieux trouvés.

### IV-5-1- Réfraction

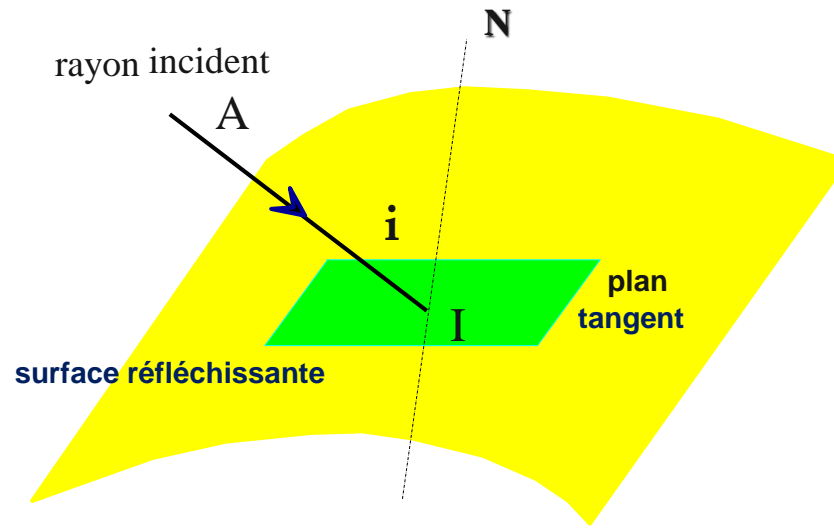
Soient 2 milieux homogènes transparents et isotropes d' indices différents et séparés par une surface  $S$  (on suppose que  $n_1 < n_2$ ).



- i) AI et IB sont contenus dans un même plan d' incidence (AIB)
- ii)  $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$

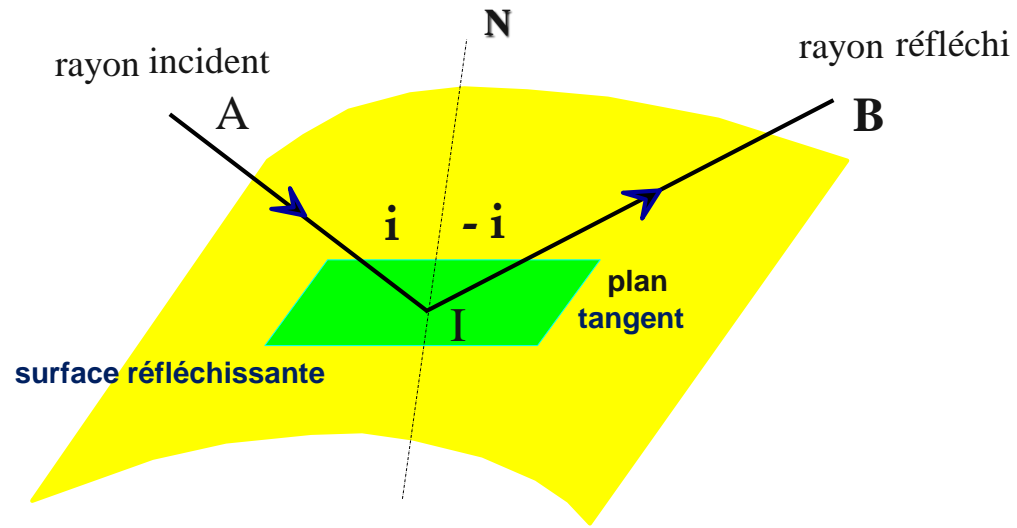
## IV-5-2- Réflexion

Sur une surface parfaitement réfléchissante, un rayon lumineux (AI) issue d'un milieu quelconque, subit une réflexion dans le même milieu.



## IV-5-2- Réflexion

Sur une surface parfaitement réfléchissante, un rayon lumineux (AI) issue d'un milieu quelconque, subit une réflexion dans le même milieu.

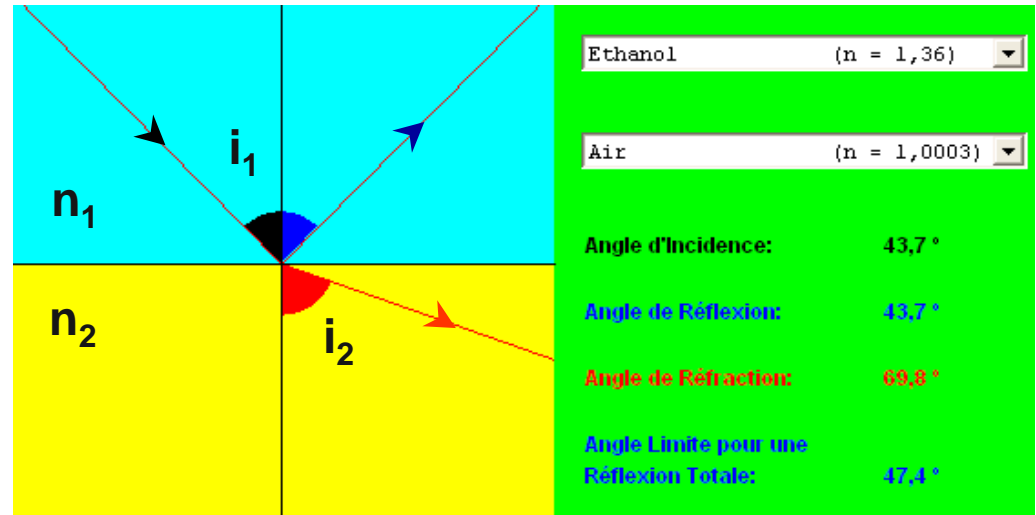


- i) AI et IB sont contenus dans un même plan d'incidence (AIB)
- ii) L'angle d'incidence est égale à l'angle de réflexion :  $i = -i$

## IV-5-3- Les limites de réfraction

- Analyser les lois de Descartes mathématiquement
- Un milieu 1 d'indice  $n_1$  est dit plus réfringent qu'un milieu 2 d'indice  $n_2$  quand  $n_1$  est supérieur à  $n_2$  ( $n_1 > n_2$ )

Animation, cliquez !



### Réflexion totale :

Deux milieux 1 et 2 transparents tel que  $n_1 > n_2$

$$\begin{aligned}n_1 \cdot \sin i_1 &= n_2 \cdot \sin i_2 \\ n_1 / n_2 &= \sin i_2 / \sin i_1 > 1 \\ i_2 &> i_1\end{aligned}$$

## Réflexion totale :

Deux milieux 1 et 2 transparents tel que  $n_1 > n_2$

$$\begin{aligned}n_1 \cdot \sin i_1 &= n_2 \cdot \sin i_2 \\n_1 / n_2 &= \sin i_2 / \sin i_1 > 1 \\i_2 &> i_1\end{aligned}$$

- Pour un angle  $i_2 = \pi/2$  max nous avons un angle  $i_1$  limite
- $i_1$  est l'angle de réflexion totale  $i_1 = \text{Arcsin}(n_2/n_1)$

## Réfraction limite :

On effectue l'opération inverse, c'est à dire la lumière passe d'un milieu moins réfringent 1 vers un milieu plus réfringent 2 ( $n_2 > n_1$ )

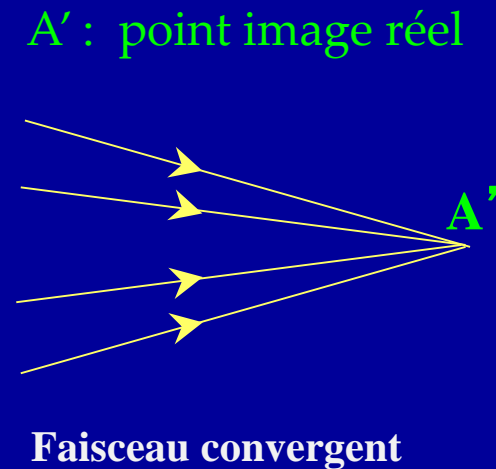
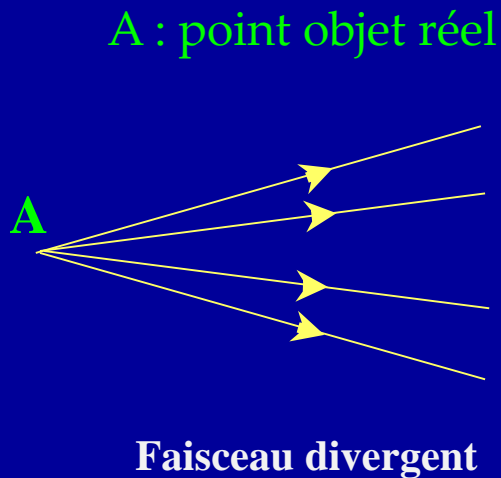
$$\begin{aligned}n_1 \cdot \sin i_1 &= n_2 \cdot \sin i_2 \\n_1 / n_2 &= \sin i_2 / \sin i_1 < 1 \\i_2 &< i_1\end{aligned}$$

- Pour un angle  $i_1 = \pi/2$  'max' nous avons un angle  $i_2$  limite
- $i_2$  est l'angle de réfraction limite  $i_2 = \text{Arcsin}(n_1/n_2)$

# Formation d'image - Stigmatisme

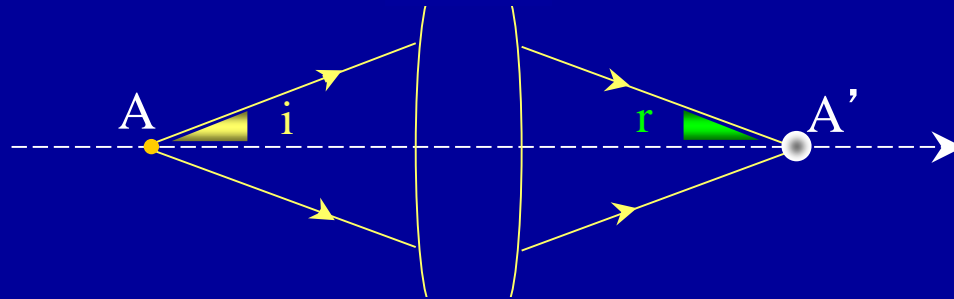
## Généralités

- Un Système optique est un ensemble de milieux transparents séparés par des surfaces polies
- L'image formée à travers un système optique peut être réelle, virtuelle, droite, renversée, petite ou grande etc..
- Nous conviendrons de choisir que la lumière se propage de la gauche vers la droite



## Image d'un point lumineux

Un objet lumineux  $A$  envoie des rayons lumineux sur un système optique  $S$ . On suppose que ces rayons lumineux se trouvent réfractés (ou réfléchis) à travers  $S$  et arrivent en un point  $A'$  ou plutôt sur une petit volume centré en  $A'$ .



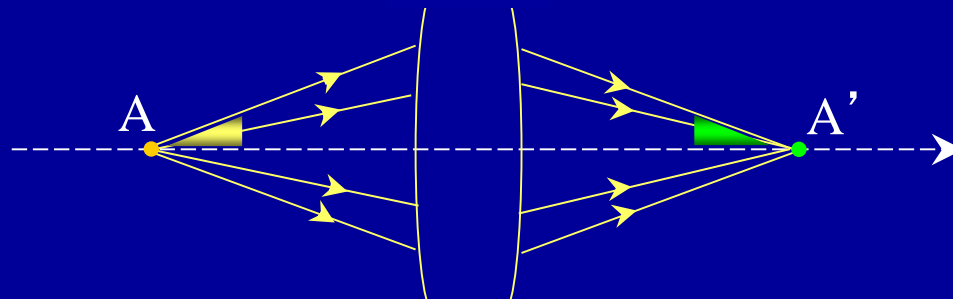
$A'$  est appelé image de  $A$  à travers le système  $S$

### Exemples :

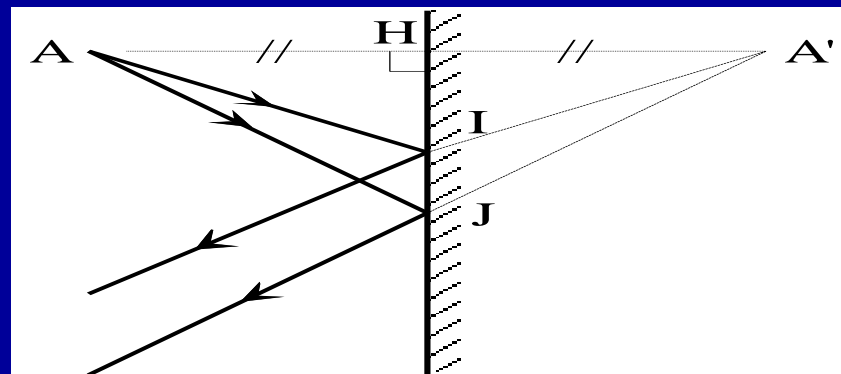
- L'observation d'une pièce de monnaie au fond d'une piscine
- Agrandissement d'un objet à travers une loupe
- La lecture (images formées à travers l'œil)

## Stigmatisme rigoureux

Deux points  $A$  (objet) et  $A'$  (image) sont dit points conjugués rigoureusement stigmatique pour le système optique  $S$ , si tous les rayons issus de l'objet  $A$  convergent, après la traversée de  $S$  au même point image  $A'$ .



Le miroir plan est rigoureusement stigmatique pour tous les couples de points

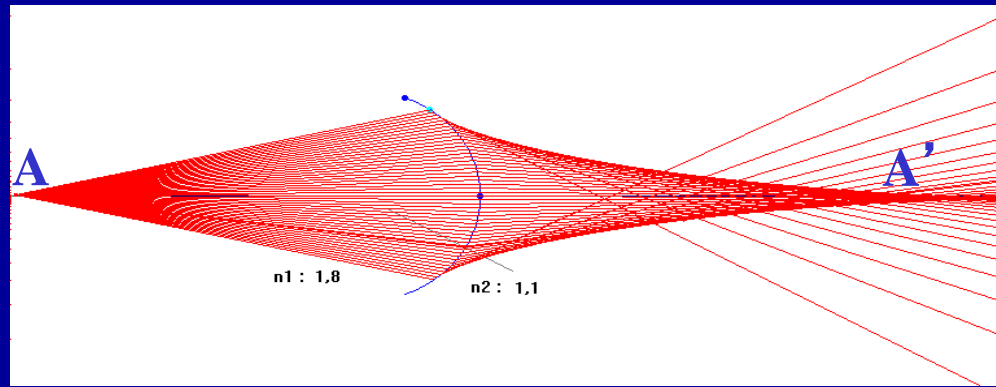




# Approximation de Gauss

## Stigmatisme approché

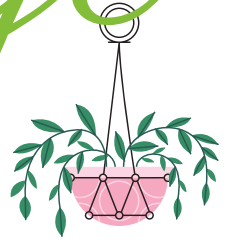
Un objet lumineux A envoie des rayons lumineux sur un système optique S. On parlera de stigmatisme approché pour S si tous les rayons issus de A ont leur image autour d'une position A' image de A à travers S.



## Conditions d'approximation de Gauss

- Objet plan, de petites dimensions et perpendiculaire à l'axe principale
- Chaque point objet n'envoie que des rayons de faible incidence
- Système optique de faible ouverture

# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

