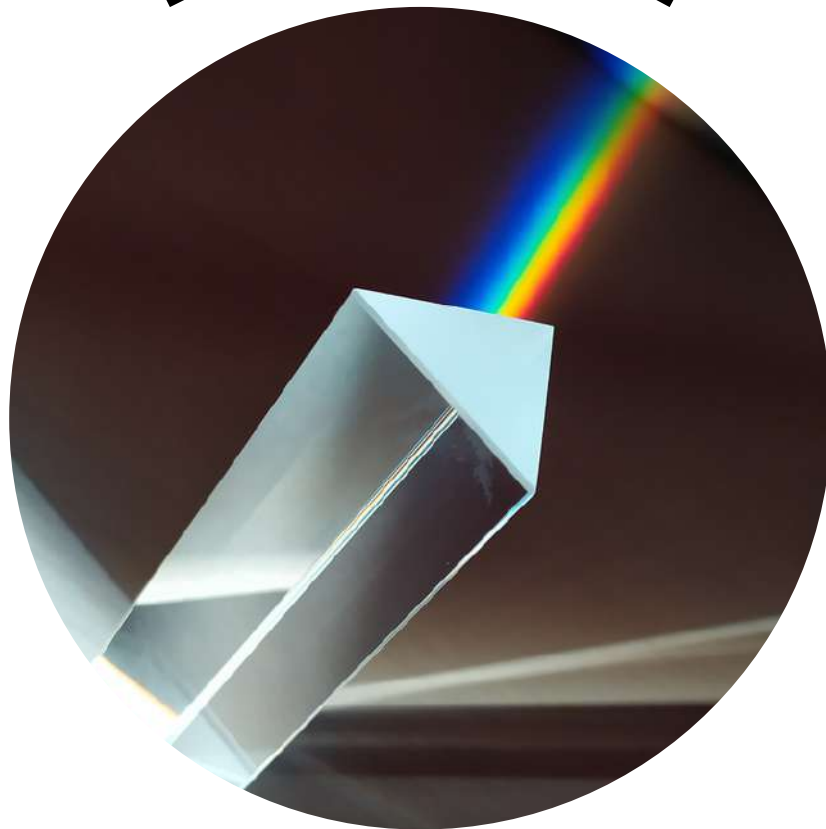


# physique I



- 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.

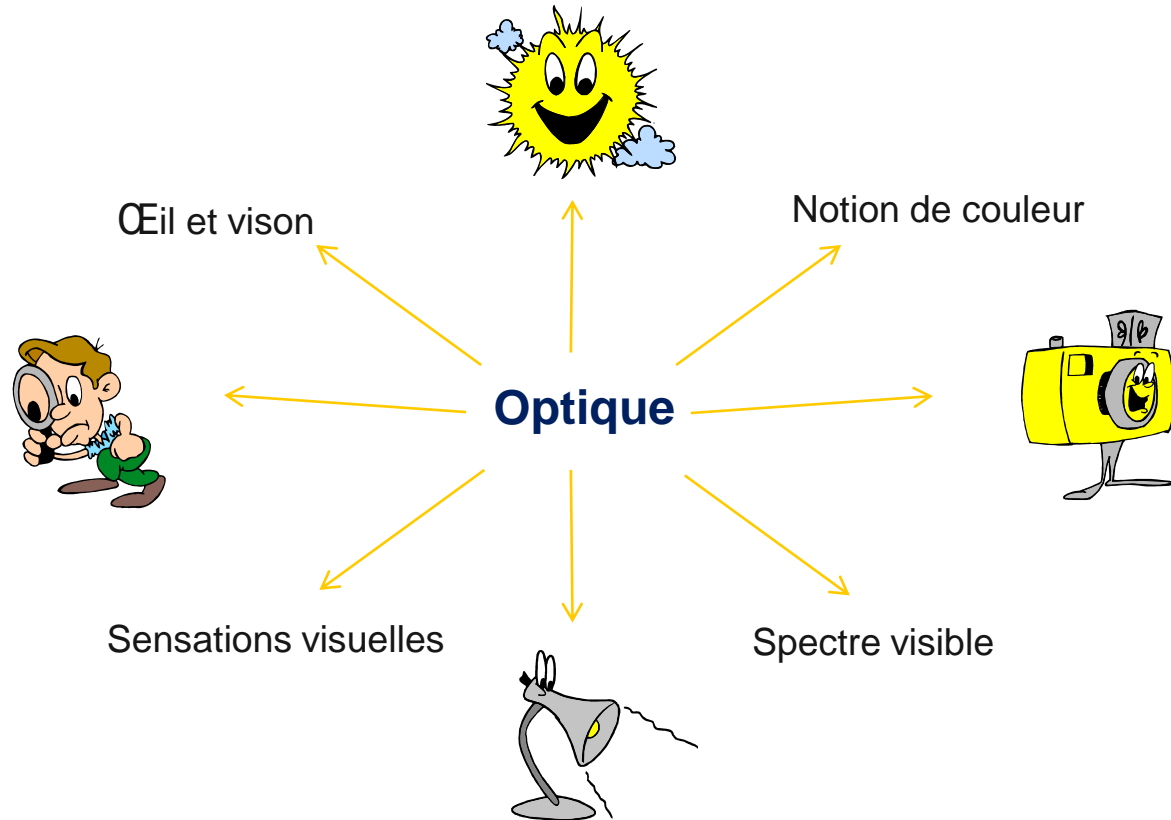
➤ Lorsqu'une lumière interagit avec des objets de dimensions bien plus grandes que sa longueur d'onde, elle peut être décrite soit par des ondes soit par des rayons lumineux rectilignes. Quand elle interagit avec des objets de faibles dimensions - de l'ordre de grandeur de sa longueur d'onde  $\lambda$  - 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

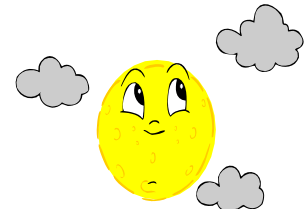


L'optique :

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 :  $n = c/v$

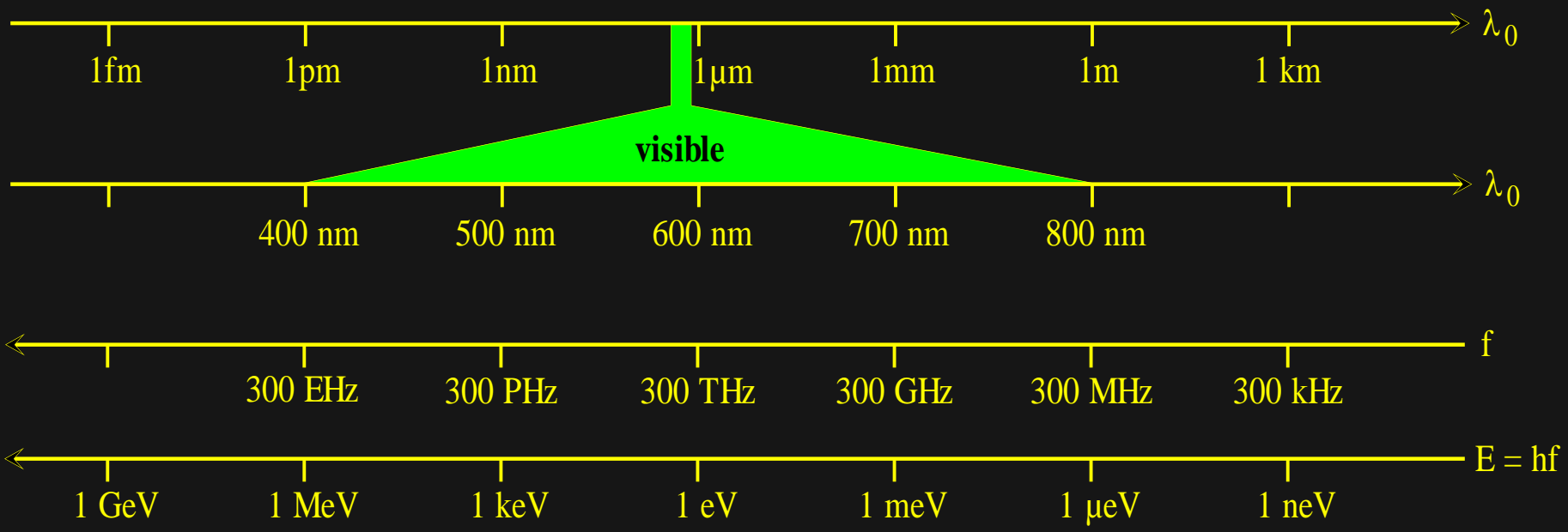
## Rayon lumineux :

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 :

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



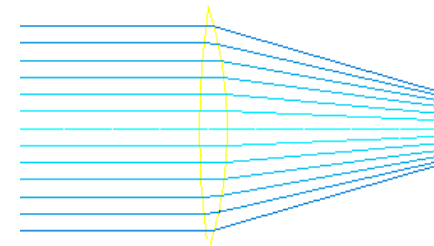


## I-2- Optique géométrique - Optique physique

### 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

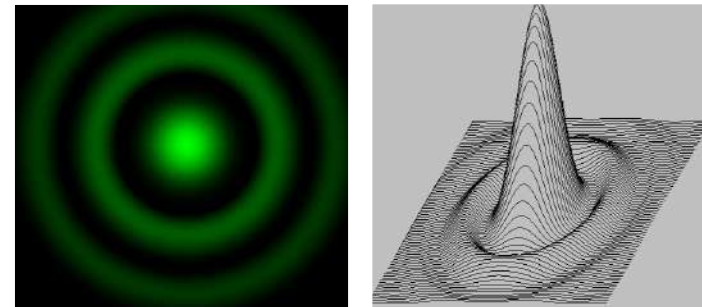


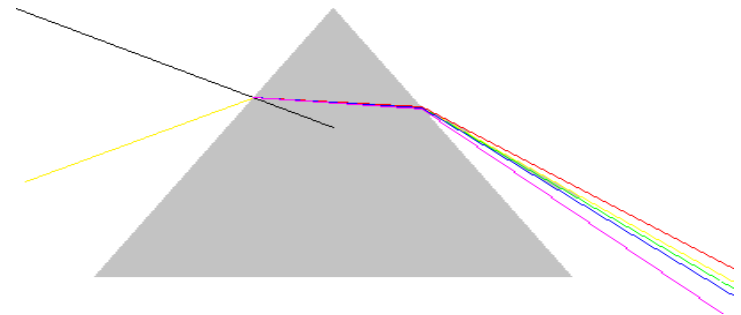
Figure de diffraction

## 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.

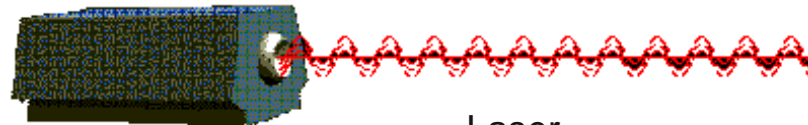
La radiation obtenue est monochromatique.



Prisme

### II-2- Lumière monochromatique

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



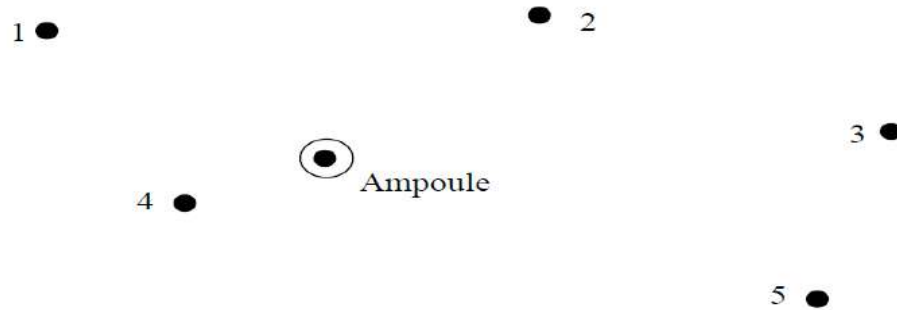
Laser

## 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

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

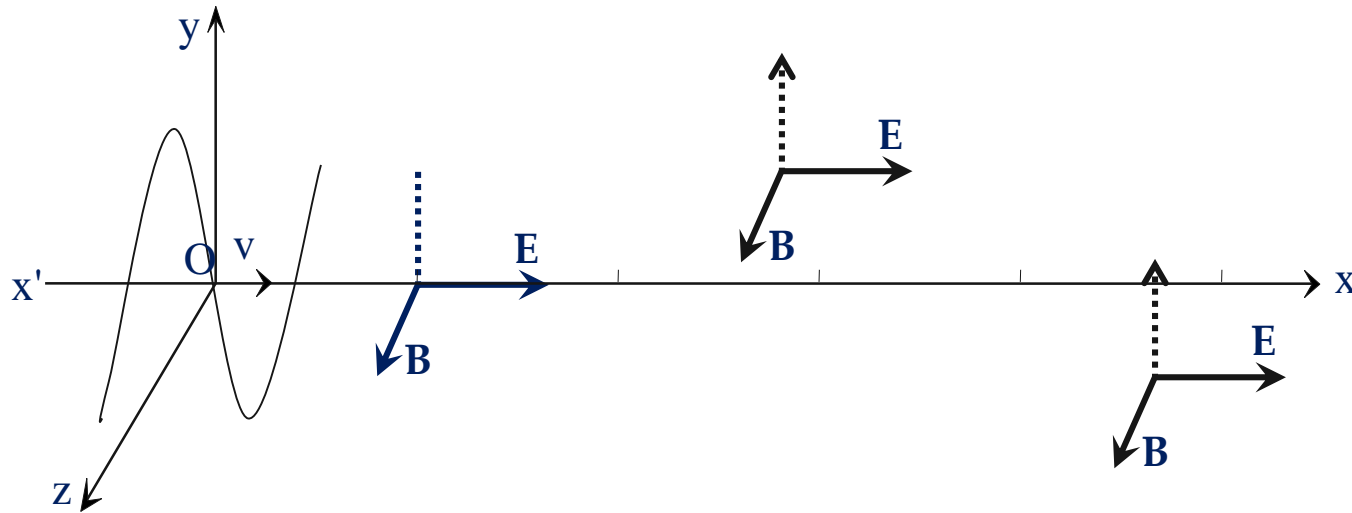
#### Exemples :

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 :

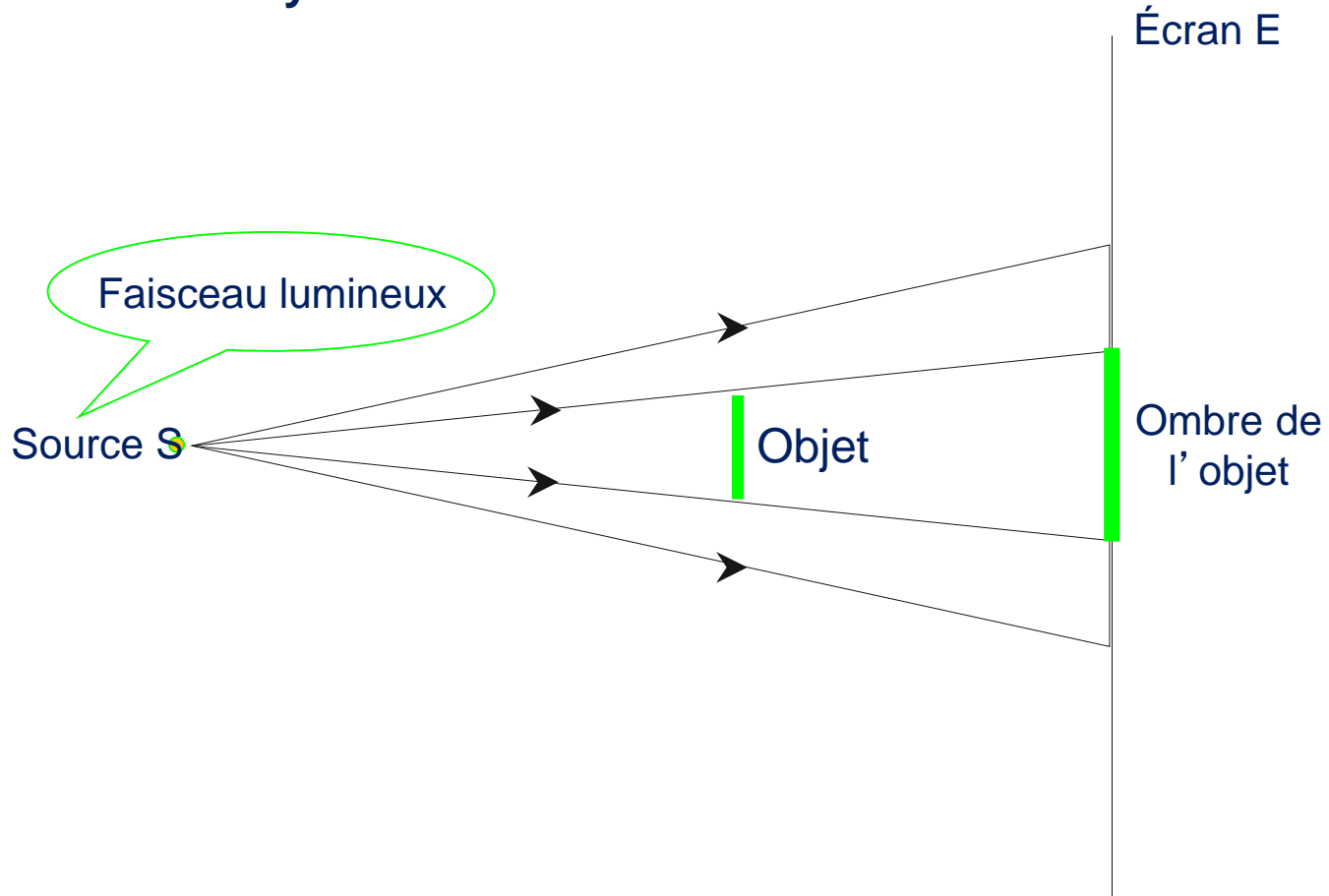
- Interactions matière-rayonnement
- Le photon est un corpuscule sans masse
- Sa vitesse est  $c$  et transportant la Quantité de mvt  $P$

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

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

# IV - Principes et lois de l'optique géométrique

## IV-1- Le rayon lumineux



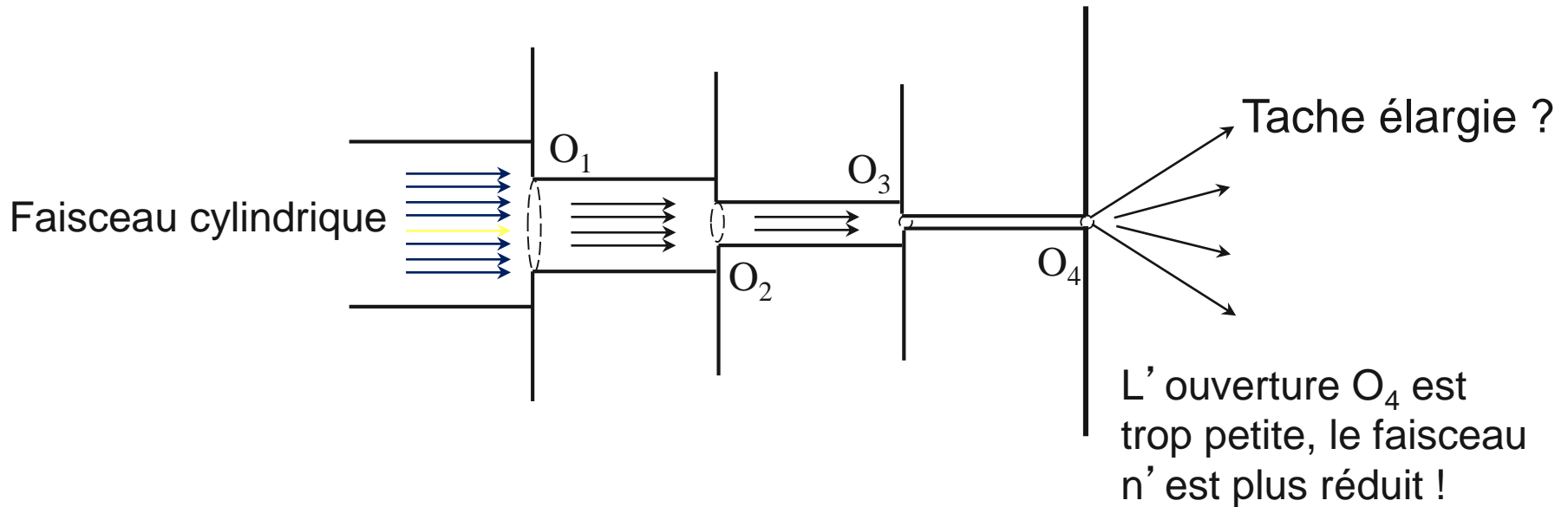
### Hypothèse :

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 :

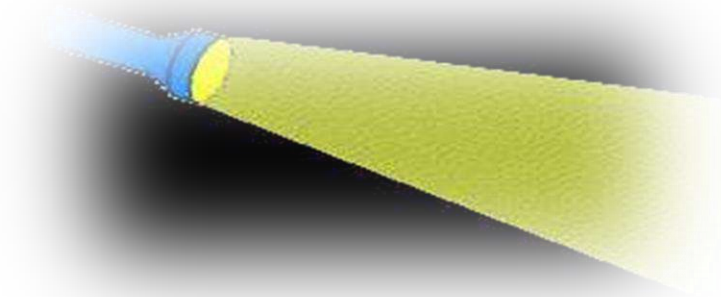


### Conclusion :

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 «  $dL=0$  »

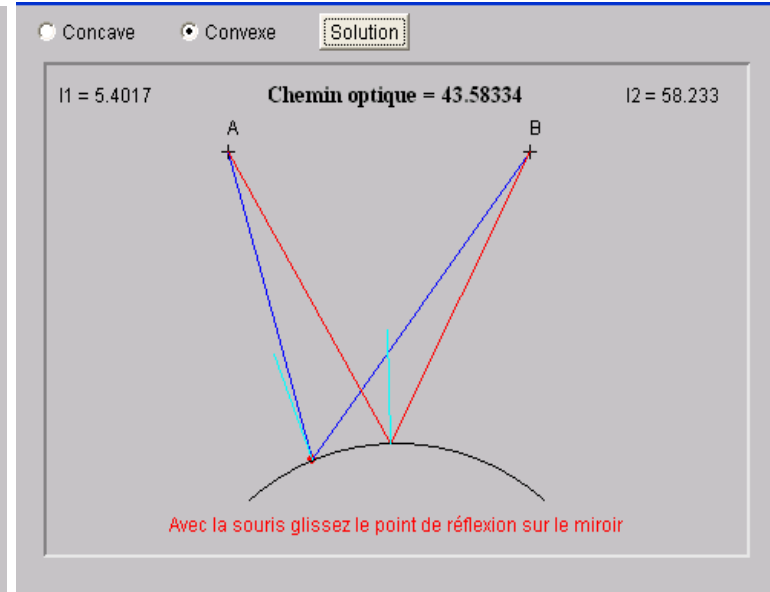
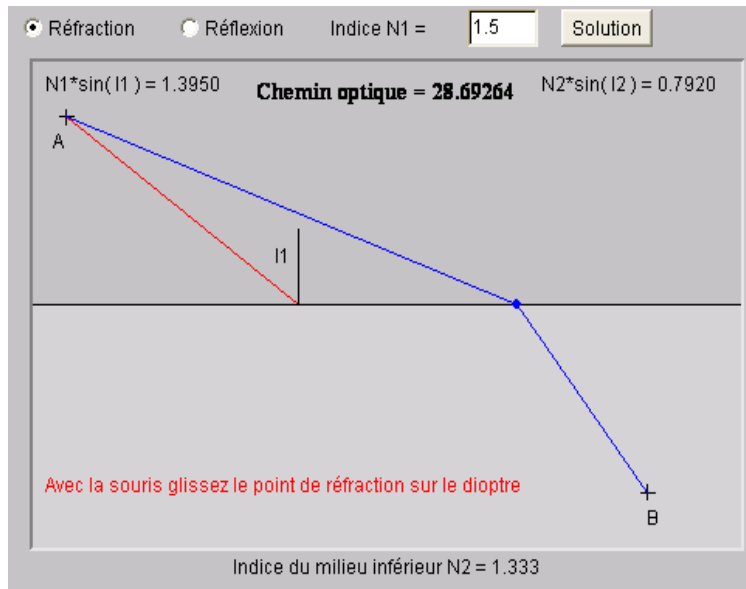
### Chemin optique

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



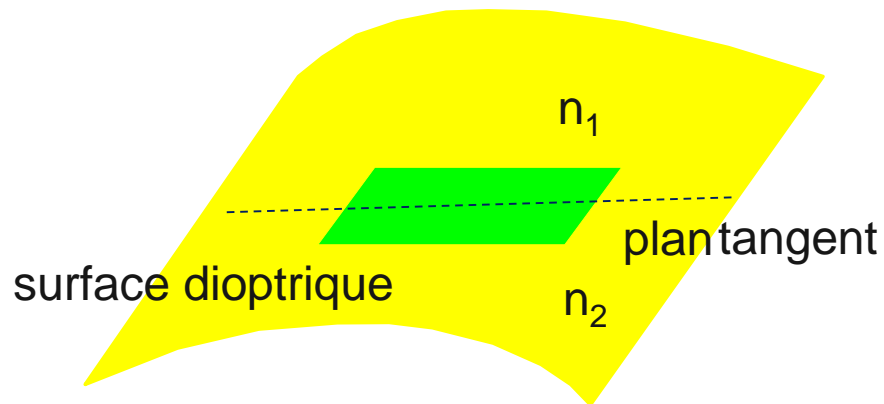
**Animation, cliquez !**

## 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  $n_1 < n_2$ ).

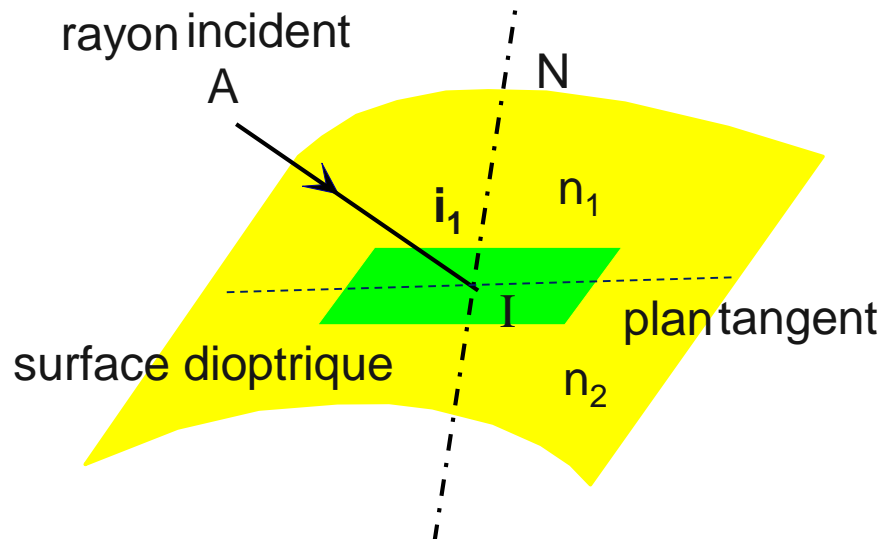


## IV-5- Les Lois de Descartes

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  $n_1 < n_2$ ).



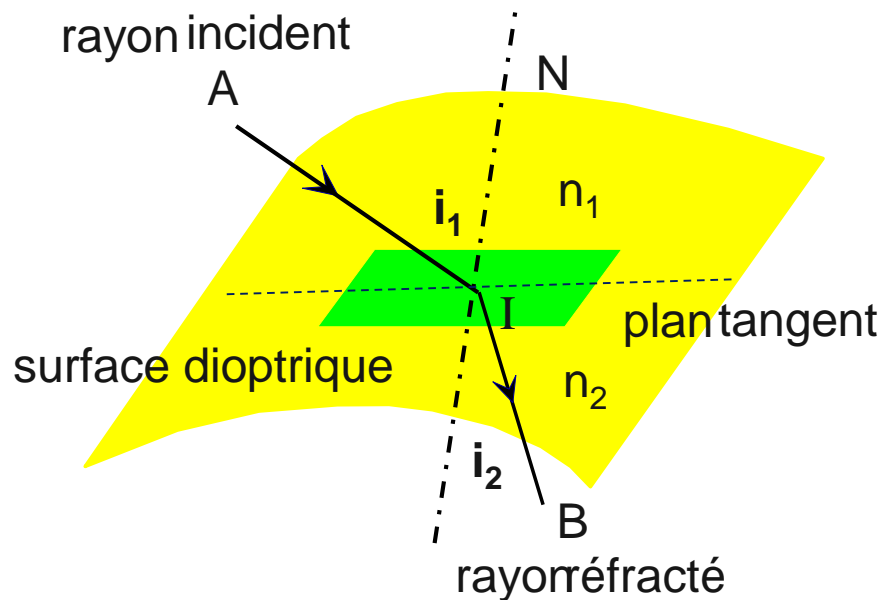


## IV-5- Les Lois de Descartes

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

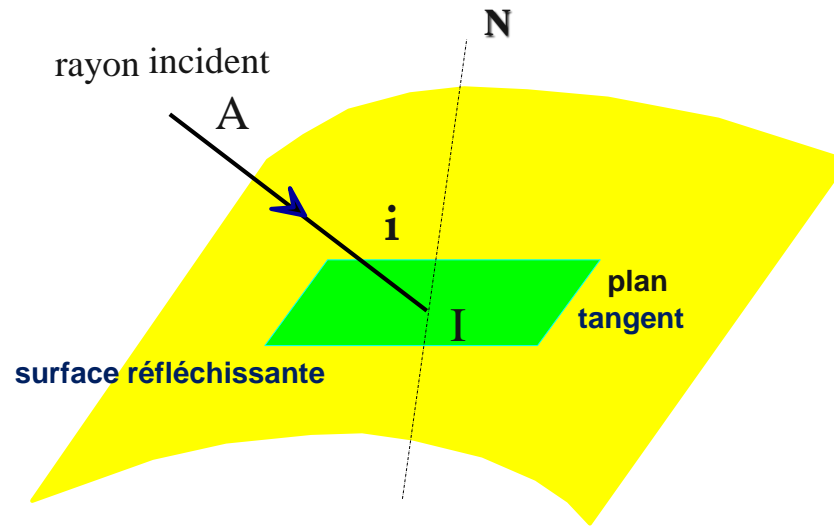
Soient 2 milieux homogènes transparents et isotropes d' indices différents et séparés par une surface  $S$  (on suppose que  $n_1 < n_2$ ).



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

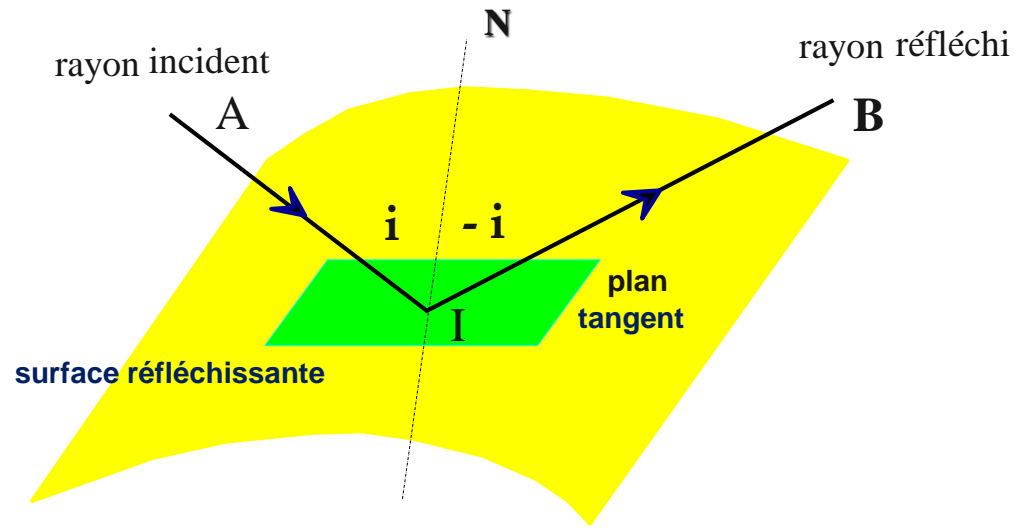
## IV-5-2- Réflexion

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.

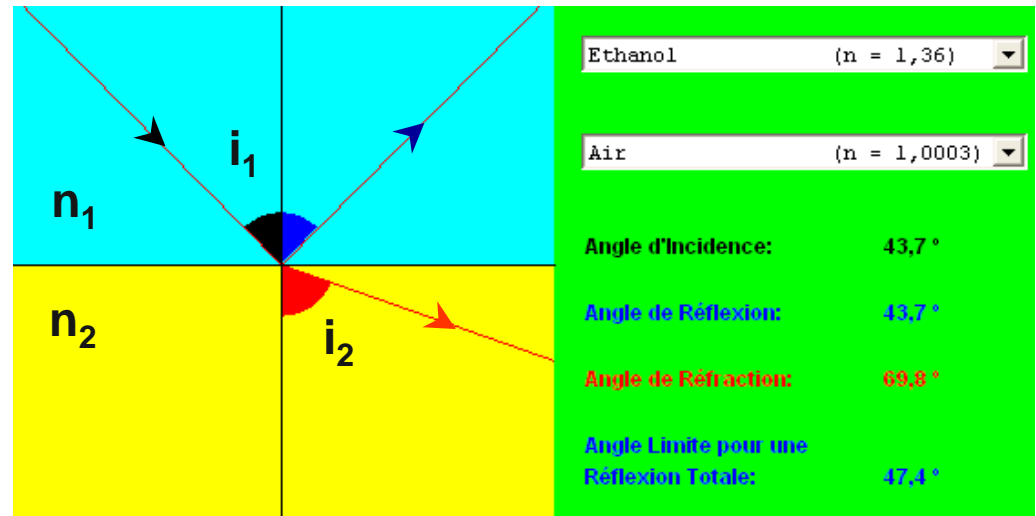


- i) AI et IB sont contenus dans un même plan d'incidence (AIB)
- ii) L'angle d'incidence est égale à l'angle de réflexion :  $i = -i$

## 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 ( $n_2 > n_1$ )

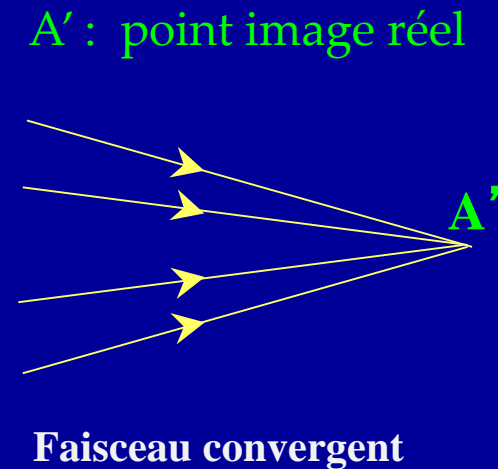
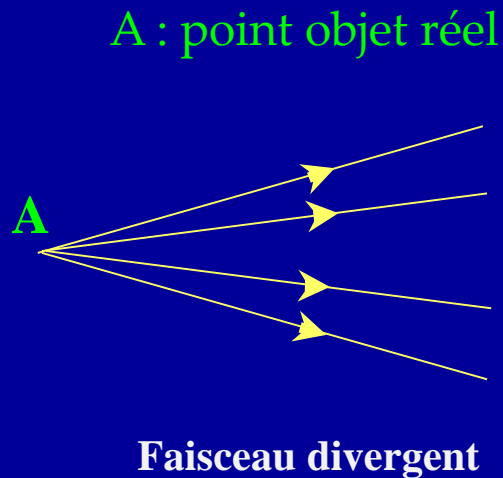
$$\begin{aligned}n_1 \cdot \sin i_1 &= n_2 \cdot \sin i_2 \\n_1 / n_2 &= \sin i_2 / \sin i_1 < 1 \\i_2 &< i_1\end{aligned}$$

- 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

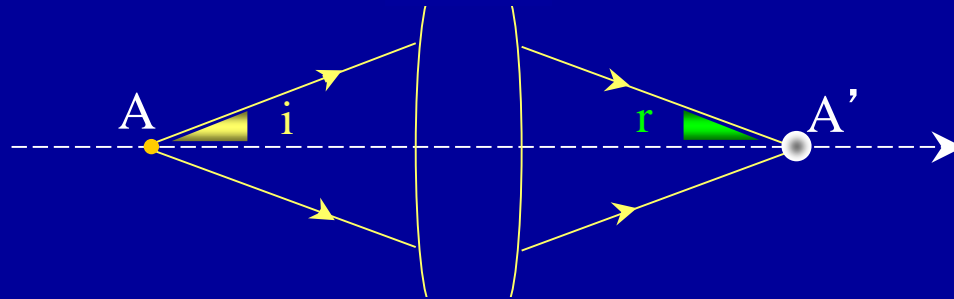
## Généralités

- 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  $A'$ .



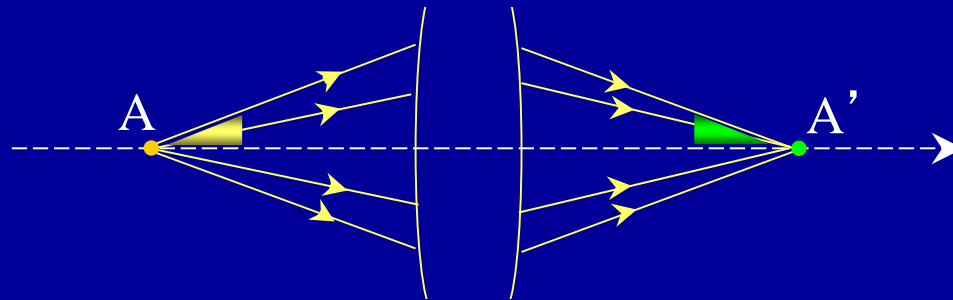
$A'$  est appelé image de  $A$  à travers le système  $S$

### Exemples :

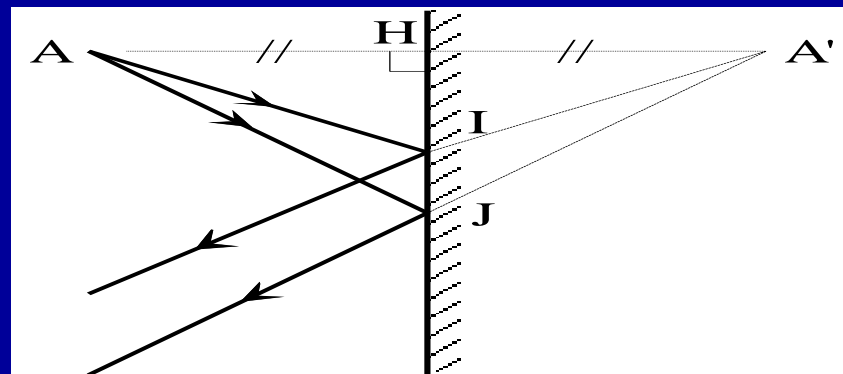
- L'observation d'une pièce de monnaie au fond d'une piscine
- Agrandissement d'un objet à travers une loupe
- La lecture (images formées à travers l'œil)

## 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

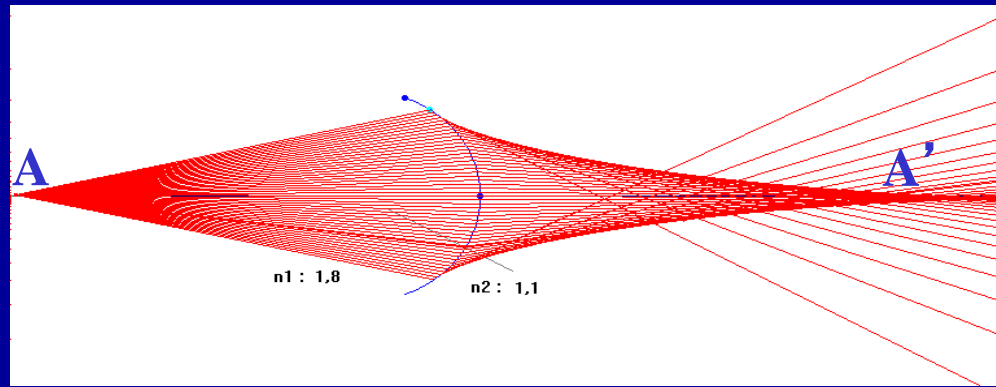




# Approximation de Gauss

## 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

## **Chap 2**

# **Applications des Lois de Snell-Descartes aux surfaces planes**

**I- Miroir plan**

**II- Dioptre plan**

**III- Applications**

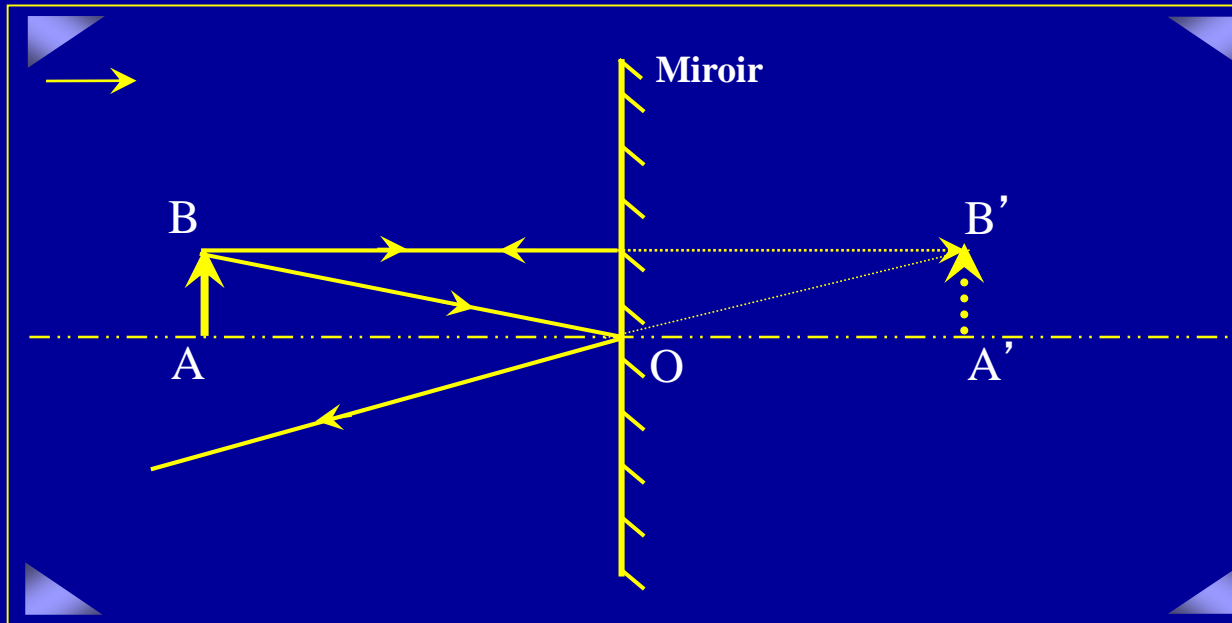
# I- Miroir plan

## 1-Définition

Un miroir plan est une surface plane capable de réfléchir la lumière presque en totalité. Le miroir plan est rigoureusement stigmatique.

## 2-Construction géométrique

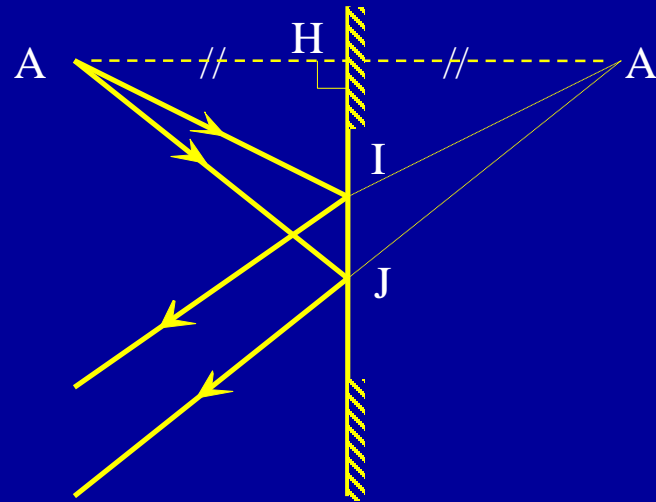
### Objet réel



i-  $\overline{AO} = \overline{OA'}$

ii-  $A'B'$  est une image virtuelle. Pour le miroir plan l'objet et l'image sont toujours de nature opposée.

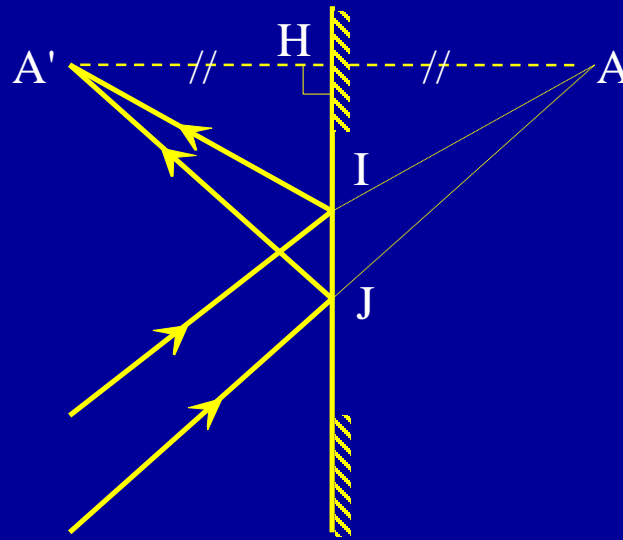
## Objet réel



Quand les rayons arrivant sur un système optique divergent à partir d'un point, existant réellement ou non, ce point joue le rôle d'objet réel pour le système optique.

Tous les rayons réfléchis forment donc un faisceau divergent et semblent provenir du symétrique  $A'$  de  $A$  par rapport au miroir.

## Objet virtuel



Quand les rayons arrivant sur un système optique convergent vers un point, ce point joue le rôle d'objet virtuel pour le système.

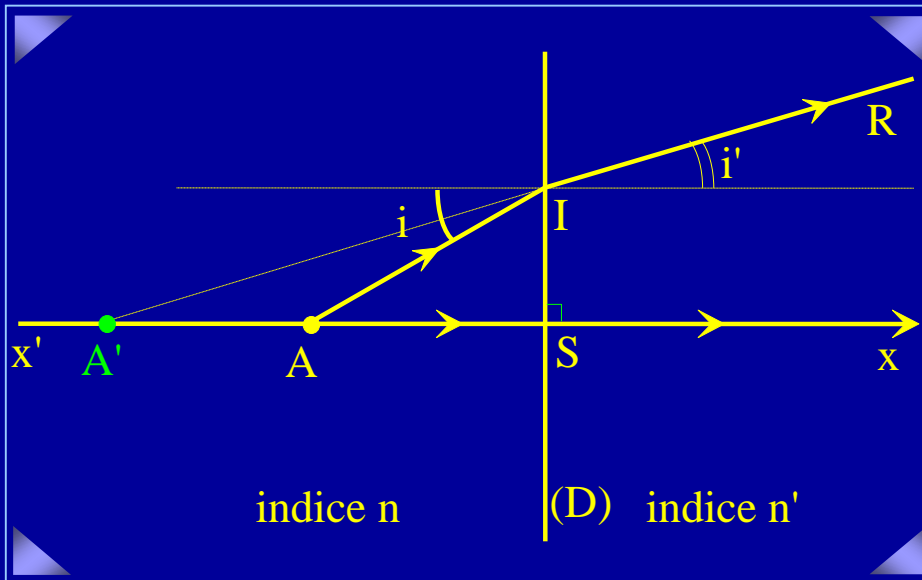
Tous les rayons réfléchis convergent vers le point  $A'$  symétrique de  $A$  par rapport au miroir :  $A'$  est l'image réelle de  $A$ .

Remarque: Un miroir plan est rigoureusement stigmatique .

## II- Dioptre plan

Déf. Un dioptre plan est une surface plane séparant deux milieux homogènes transparents d'indice différents

### 1-Construction géométrique



- Soit (D) la surface de séparation de deux milieux homogènes et isotropes, d'indices respectifs  $n$  et  $n'$ .

- Soient A un point lumineux situé dans le premier milieu et  $x'x$  la normale à (D) passant par A et S.

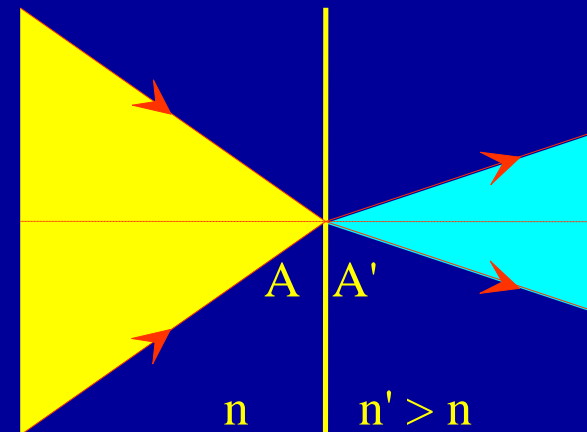
- Un rayon incident quelconque AI donne un rayon réfracté IR dans le plan d'incidence (I,  $x'x$ ) dont la position est définie par l'angle  $i'$  tel que :

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

## Cas particuliers:

### a) A est sur la surface du dioptre

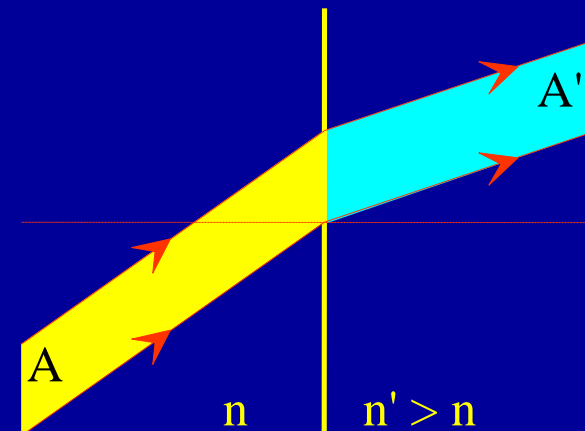
- Si  $SA = 0$ ,  $SA' = 0$ : tout point de la surface réfractante est à lui-même son image



### b) A est à l'infini

- Tous les rayons incidents provenant d'un point A à l'infini sont parallèles et donnent des rayons réfléchis également parallèles entre eux

- L'image A' est aussi à l'infini



## 2- Relation de conjugaison des dioptries plans

Il y a stigmatisme approché pour tout point à distance finie qui n'envoie sur la surface du dioptre qu'un faisceau de rayons peu inclinés par rapport à la normale (stigmatisme approché)

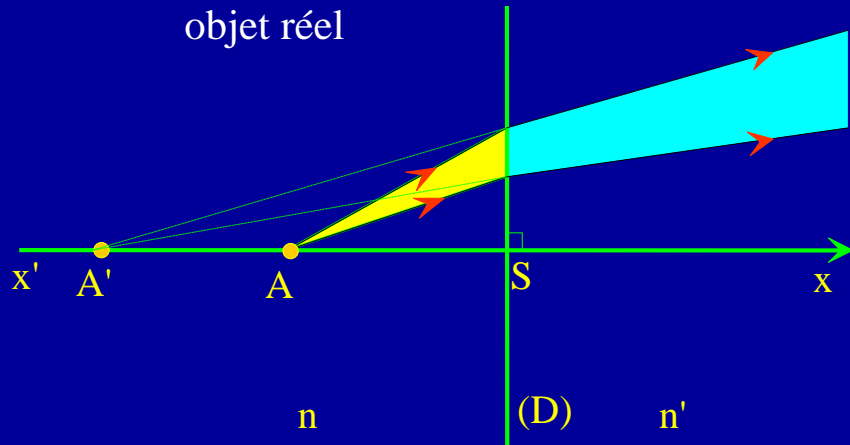
Relation de conjugaison des dioptries plans dans les conditions d'approximation de Gauss

$$\frac{\overline{SA'}}{n'} = \frac{\overline{SA}}{n}$$

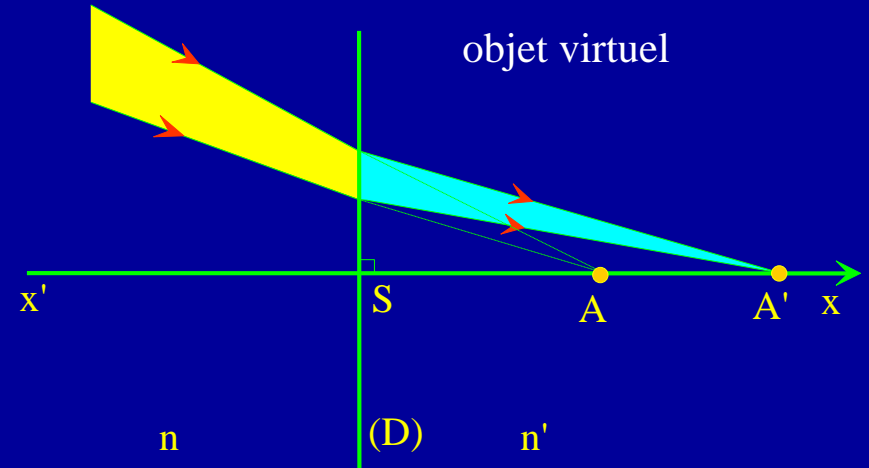


### 3-Nature des images

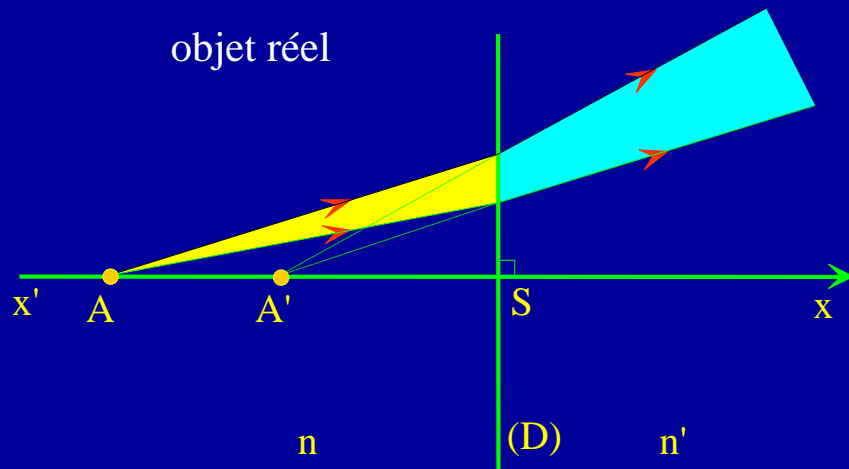
a) Image d'un point objet :



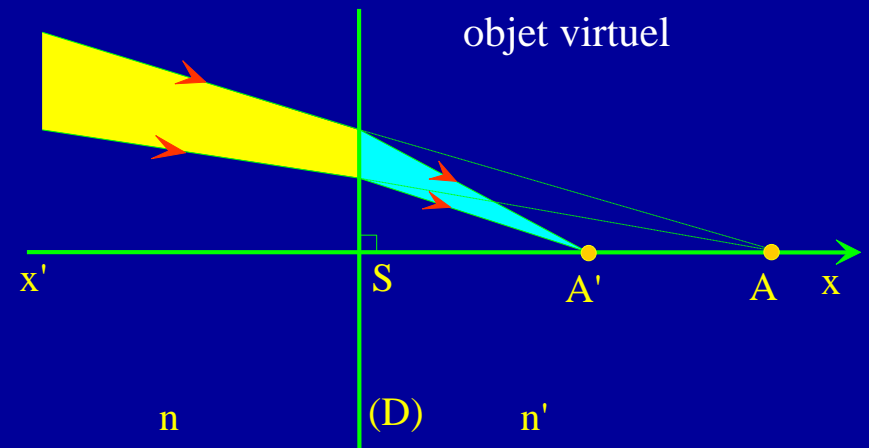
L'image A' est virtuelle,  $SA' > SA$



L'image A' est réelle,  $SA' > SA$ .

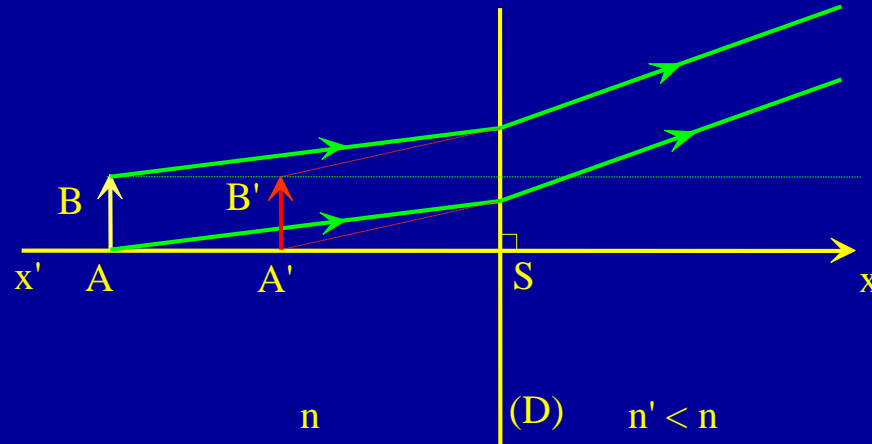


L'image A' est virtuelle,  $SA' < SA$



L'image A' est réelle,  $SA' < SA$ .

b) Image d'un objet // au dioptre :



- Les points  $A$  et  $B$  étant à la même distance du dioptre, leurs images  $A'$  et  $B'$  le sont également
- L'image  $A'B'$  a même orientation que l'objet  $AB$  et même dimension :

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

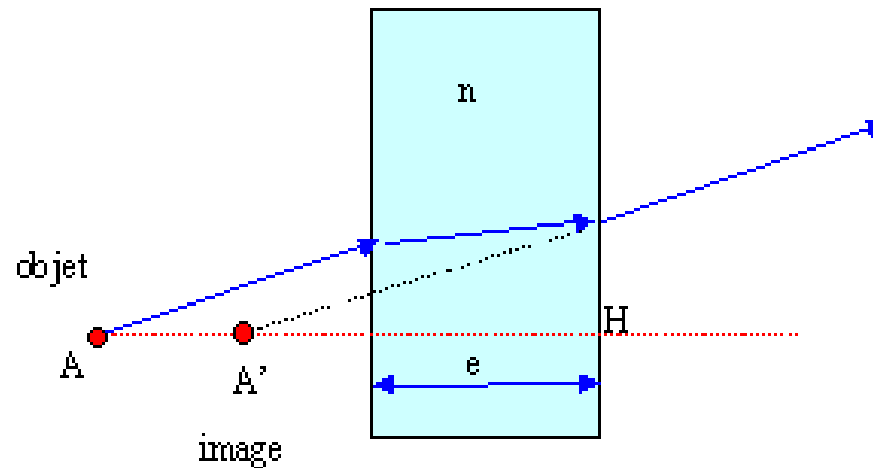
Le grandissement transversal  $G_t$  défini par

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

est donc égal à 1

### III- Applications

#### 1- lame à faces parallèles d'indice $n$ dans l'air

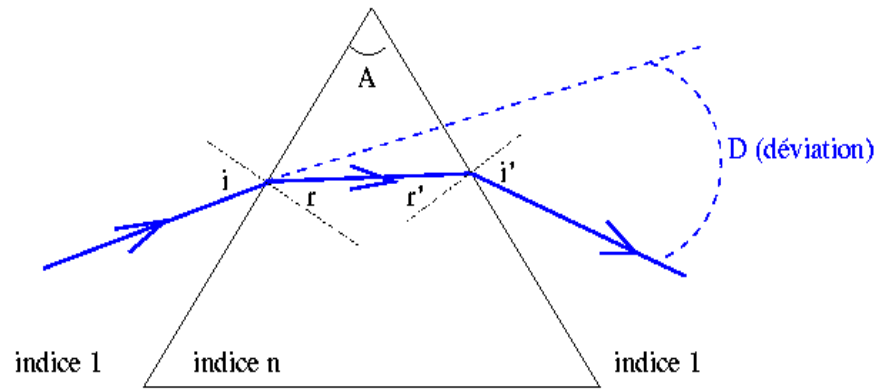
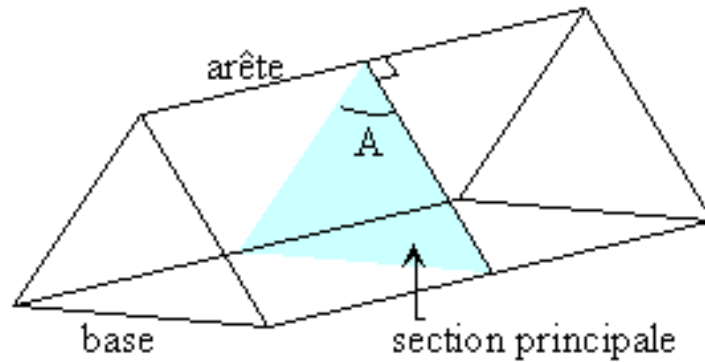


Le déplacement de l'image par rapport à l'objet est :  $AA' = e(1 - 1/n)$

La direction du rayon émergent est indépendante de l'indice de la lame; rayon incident et émergent sont parallèles si les milieux d'entrée et de sortie sont identiques.

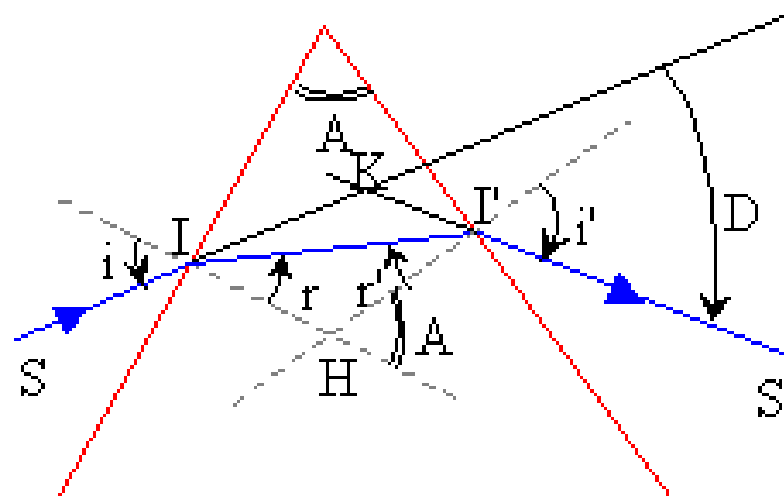
## 2- Prisme

C'est un milieu transparent d'indice  $n$  limité par deux plans non parallèles



**Emergence et marche d'un rayon lumineux**

- Les 4 formules du prisme :



$$n.\sin(r) = \sin(i)$$

$$n.\sin(r') = \sin(i')$$

$$A = (r) + (r')$$

$$D = (i-r) + (i'-r') = i+i'-A$$

les 4 formules du prisme :

# **Applications des Lois de Snell-Descartes aux surfaces sphériques**

**La réfraction sphérique : dioptr sphérique**

**La réflexion sphérique : miroir sphérique**

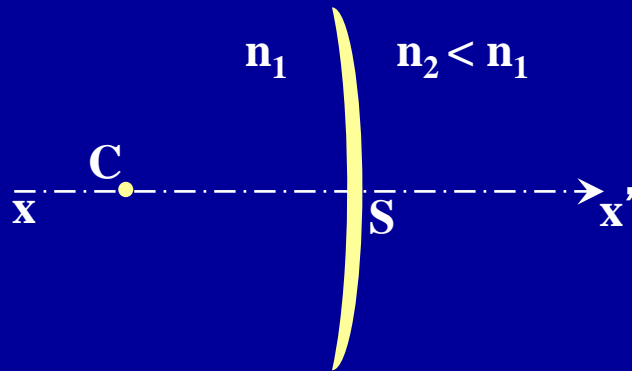
# Le dioptre sphérique

## Généralités

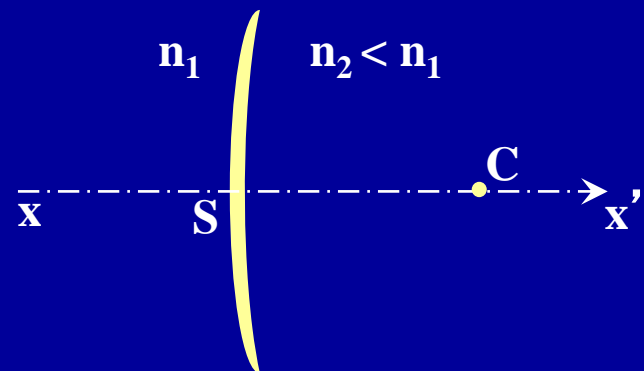
- Un dioptre sphérique est constitué par l'association de deux milieux transparents et homogènes d'indices différents telle que la surface de séparation est sphérique.
- Un dioptre sphérique est caractérisé par un centre  $C$ , un sommet  $S$ , un rayon  $R = SC$  et un axe principal porté par l'axe  $(SC)$ .

On distingue :

- Dioptre sphérique **convergent**, caractérisé par un centre  $C$  se trouvant dans le milieu le **plus réfringent** ( $n$  le plus élevé)
- Dioptre sphérique **divergent**, caractérisé par un centre  $C$  se trouvant dans le milieu le **moins réfringent** ( $n$  le moins élevé)



a) Dioptre convergent



b) Dioptre divergent

$$\frac{n}{\overline{SA}} - \frac{n'}{\overline{SA'}} = \frac{(n - n')}{\overline{SC}}$$

**Relation de conjugaison des dioptries sphériques dans les conditions d'approximation de Gauss avec origine au sommet S.**



$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{n}{n'} \frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} \qquad \gamma = \frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}}$$

ou

## Points et plans focaux

### a) foyers objet et image

**Le foyer objet F est un point de l'axe optique dont l'image est à l'infini. A partir de la relation de conjugaison définie plus haut on peut écrire :**

$$A'(\infty) \Rightarrow \overline{SA'} \rightarrow \infty \qquad \frac{n}{\overline{SF}} = \frac{n - n'}{\overline{SC}} \qquad \overline{SF} = \frac{n}{(n - n')} \overline{SC} = f$$

**Le foyer image F' est un point de l'axe optique qui est l'image d'un point à l'infini. A partir de la relation de conjugaison définie plus haut on peut écrire :**

$$A(\infty) \Rightarrow \overline{SA} \rightarrow \infty \qquad -\frac{n'}{\overline{SF'}} = \frac{n - n'}{\overline{SC}} \qquad \overline{SF'} = \frac{n'}{(n' - n)} \overline{SC} = f'$$

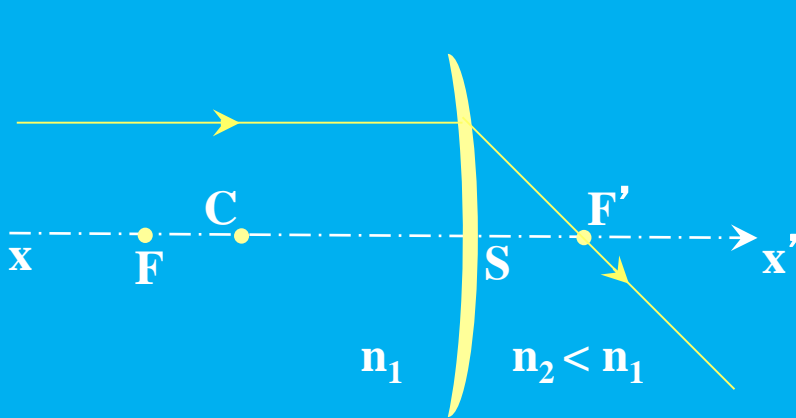
En éliminant SC entre les deux relations nous pouvons déduire :

$$\frac{f}{f'} = -\frac{n}{n'}$$

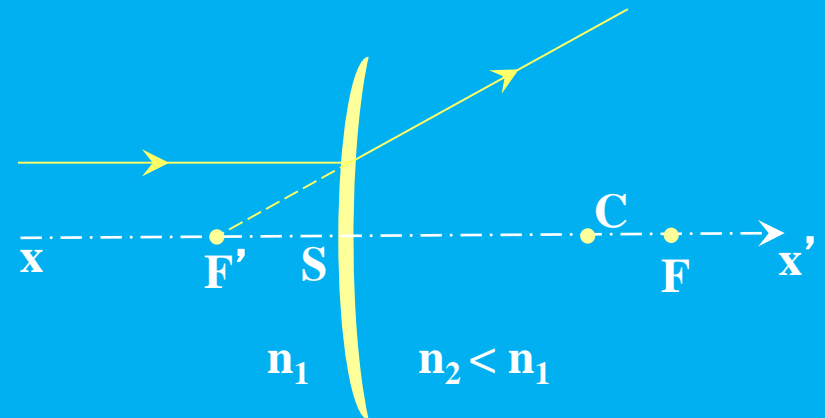
Nous avons  $n$  et  $n'$  sont  $> 0$  alors  $f$  et  $f'$  sont toujours de signes contraires. Les foyers objet et image sont toujours de part et d'autre du sommet S du dioptre.

**Remarques :**

- Un dioptre sphérique est dit **convergent** si sa distance focale image  $f'$  est **positive**.
- Un dioptre sphérique est dit **divergent** si sa distance focale image  $f'$  est **négative**.



**a) Dioptre convergent**



**b) Dioptre divergent**

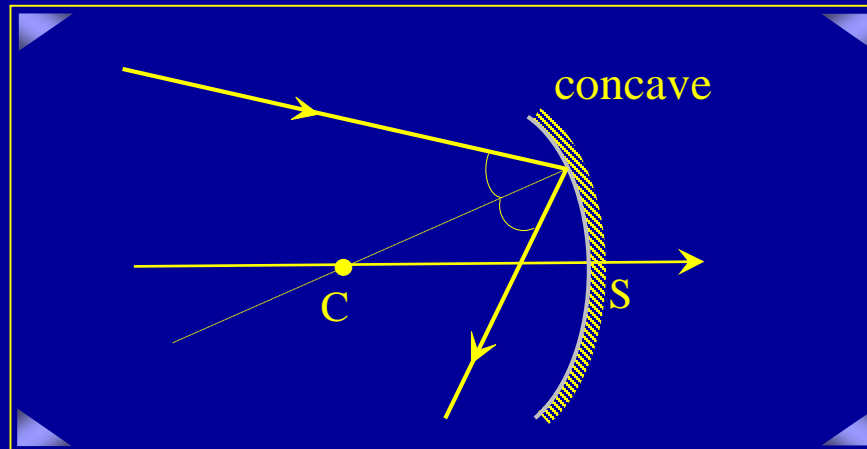
# Le miroir sphérique

## Définition

Un miroir sphérique est une portion de sphère dont l'une des faces est réfléchissante. En général c'est une calotte sphérique de sommet S dont le rayon du cercle de base est le rayon d'ouverture du miroir.

L'axe principale du miroir est perpendiculaire au plan tangent au sommet de base et rencontre le miroir M au point S.

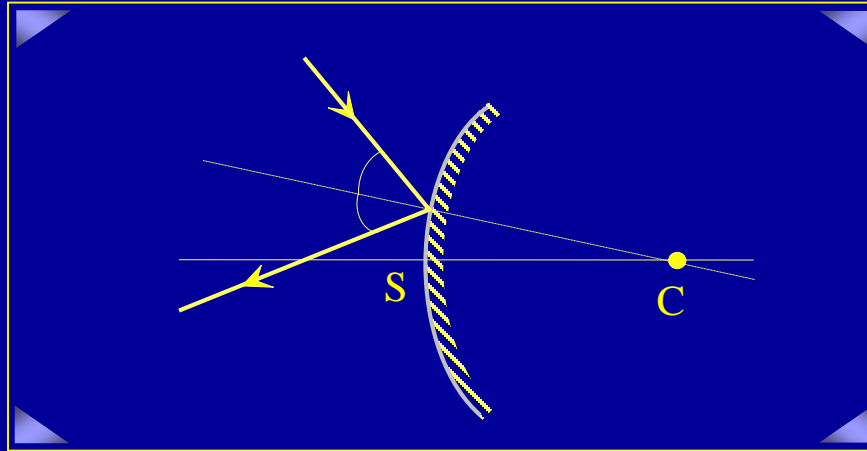
On distingue le miroir sphérique concave et le miroir sphérique convexe



Animation, cliquez !

Un miroir sphérique concave, caractérisé par une face réfléchissante se trouvant du même côté du centre C de M.

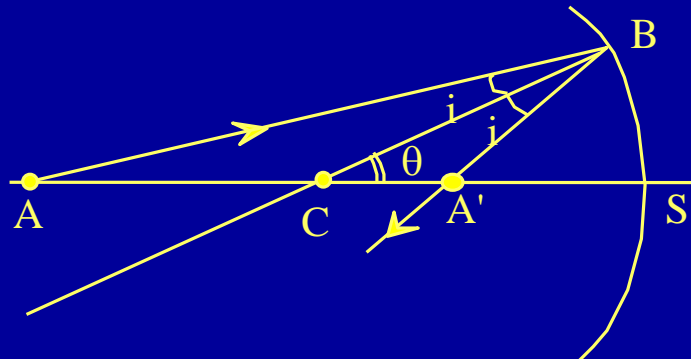
Un miroir sphérique convexe, caractérisé par une face réfléchissante se trouvant de l'autre côté du centre  $C$  de  $M$ .



Animation, cliquez !

### Construction géométrique :

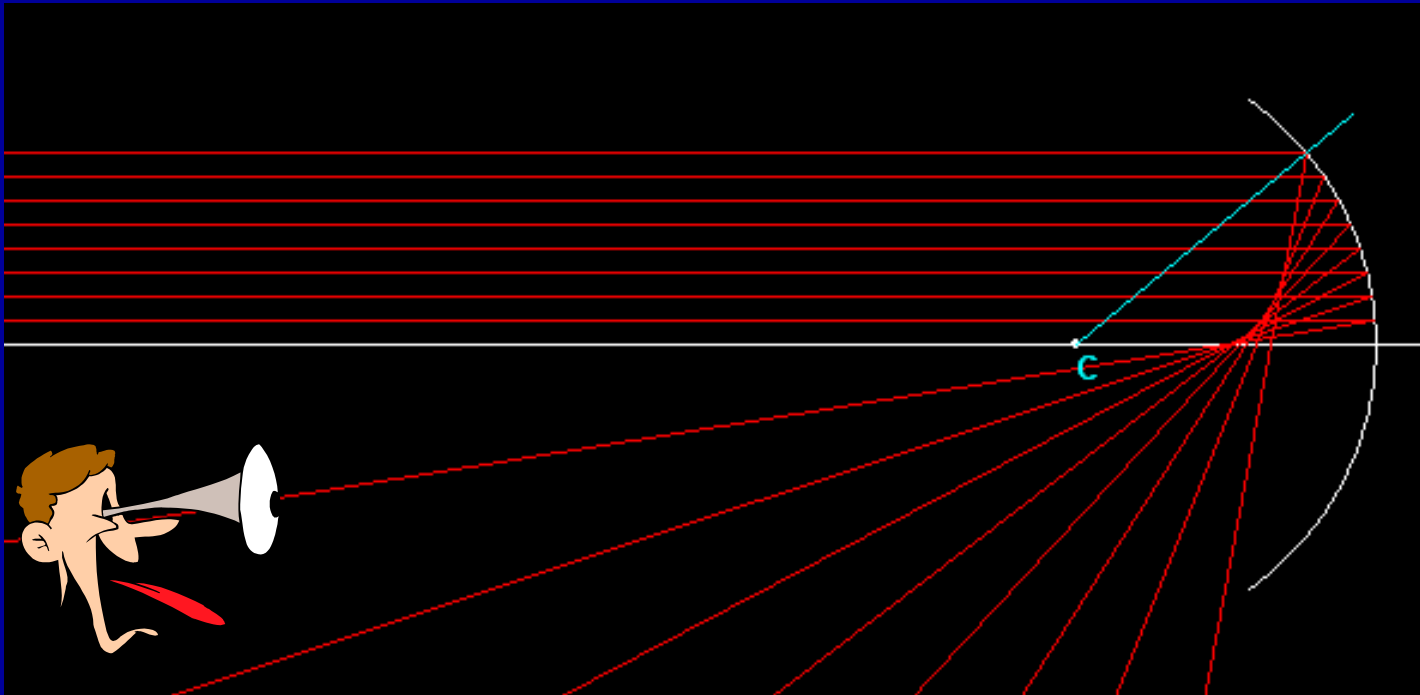
Un objet  $A$  lumineux est placé sur l'axe principale du miroir  $M$  sphérique devant la face réfléchissante.  $A$  envoie un rayon lumineux  $AB$  sur le miroir  $M$  selon une incidence  $i$  par rapport à la normale  $N$  support de  $(CB)$ . Le rayon réfléchi passe par  $A'$  se trouvant sur l'axe du miroir.



## Stigmatisme du miroir sphérique

Si on envoie maintenant un autre rayon lumineux suivant une autre incidence autre que  $i$  alors l' image obtenue ne sera plus au même endroit, et on ne peut pas parler de stigmatisme rigoureux pour le miroir sphérique.

Alors que pour le centre  $C$  du miroir le stigmatisme parfait est réalisé ainsi que pour tous les points de la surface réfléchissante du miroir  $M$ .

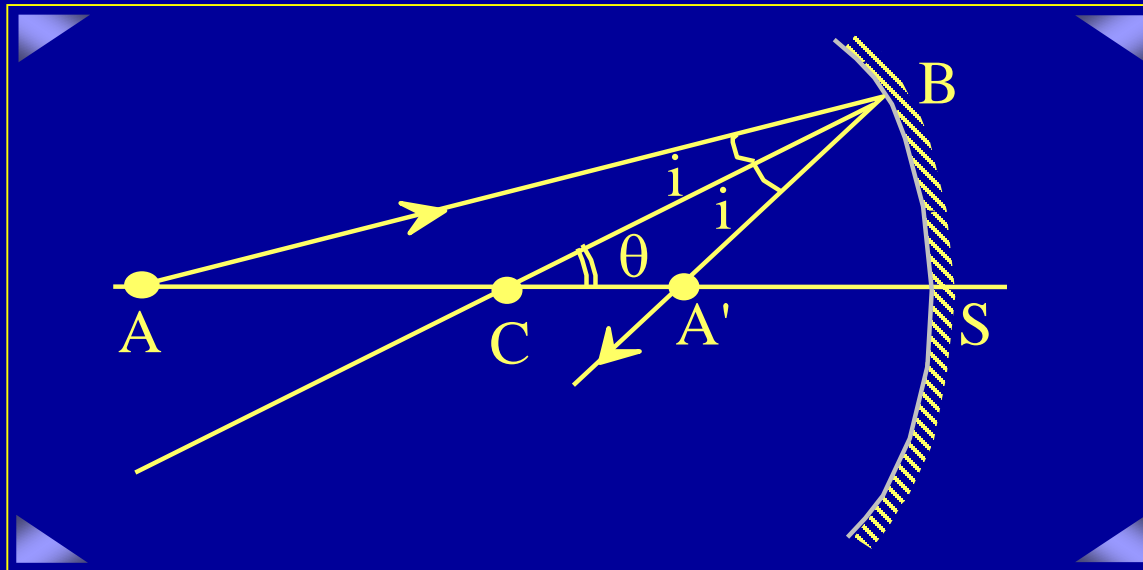


## Formules de conjugaison

Dans les conditions de stigmatisme approché et particulièrement dans les conditions d'approximation de Gauss (rayons paraxiaux et angles très petits), nous pouvons établir la formule de conjugaison d'un miroir sphérique.

On considère les triangles  $(ABC)$  et  $(BA'C)$ .

On écrit alors :



$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

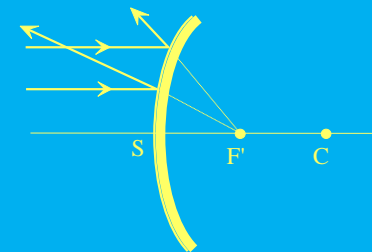
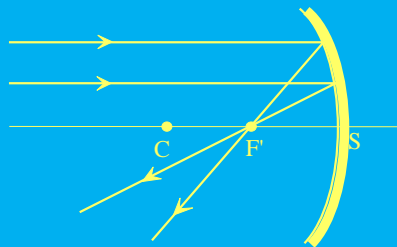
C' est la formule de conjugaison d' un miroir sphérique convexe ou concave, avec origine au sommet S, dans les conditions d' approximation de Gauss. On peut facilement montrer une autre formule avec origine au centre C donnée par :

$$\frac{1}{\overline{CA}} + \frac{1}{\overline{CA'}} = \frac{2}{\overline{CS}}$$

### Points et plans focaux

Un points focal image F' est définit comme l' image d' un point objet situé à l' infini, c' est à dire pour A (infini) lui correspond F' = A' ce qui se traduit par :

$$\overline{SF'} = f' = \frac{\overline{SC}}{2}$$



Un point focal objet F est défini comme l'objet d'une image située à l'infini. C'est à dire  $F = A$  pour  $A' \rightarrow \infty$  ce qui se traduit, dans la formule de conjugaison par :

$$\overline{SF} = f = \frac{\overline{SC}}{2}$$

On remarque que pour un miroir sphérique, F et F' sont confondus. Pour le plan focal objet et le plan focal image, ce sont deux plans perpendiculaires à l'axe (SC) et passant par F et F' (ils sont confondus).

### Agrandissement $\Gamma$

Si on considère un objet AB réel, placé sur l'axe principal d'un miroir sphérique M. Le grandissement  $\Gamma$  d'un miroir sphérique est donné par :

$$\Gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}}$$

$$\Gamma = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} = -\frac{f}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}$$

$$f \cdot f' - \overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = 0 \quad \text{Formule de Newton}$$

### Miroir convergent et miroir divergent

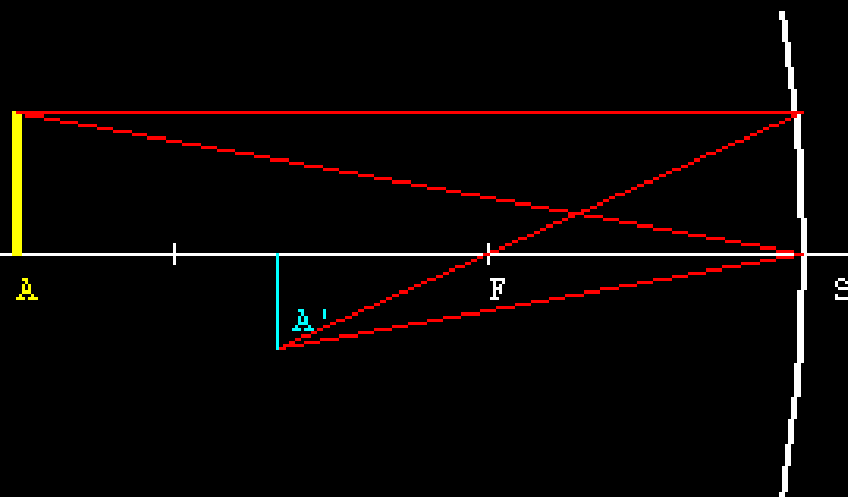
Un miroir sphérique concave est un miroir convergent

Un miroir sphérique convexe est un miroir divergent



Objet réel  $SA = -25.0 \text{ cm}$

Image réelle  $SA' = -16.6 \text{ cm}$



Glisser l'objet avec la souris

# Les lentilles

## Les lentilles

Définitions

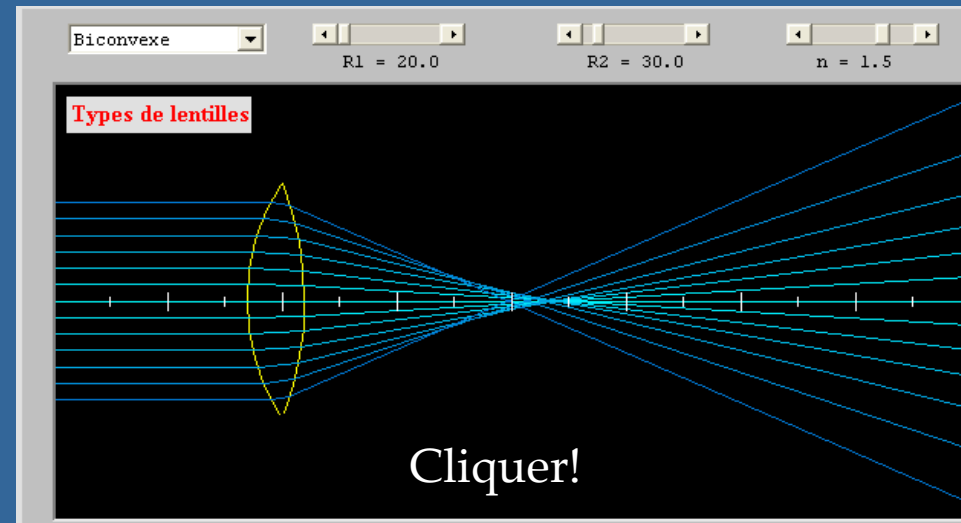
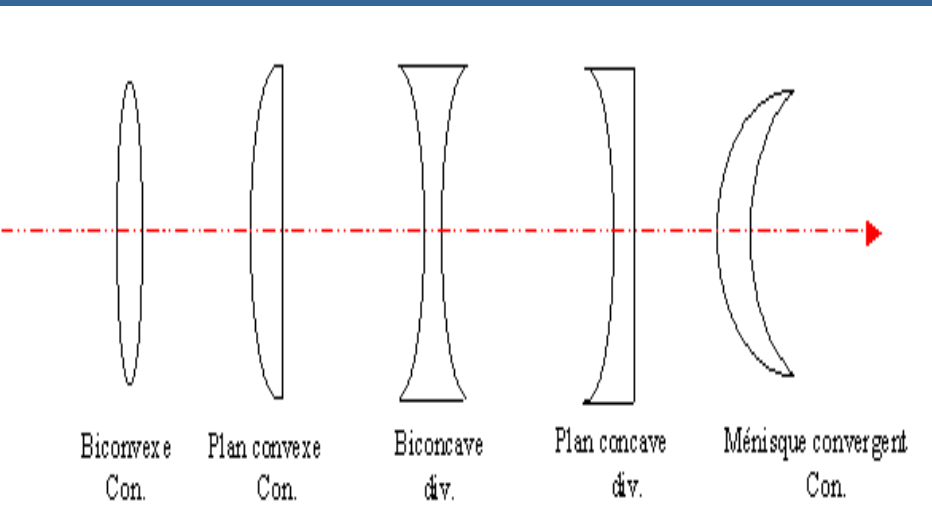
Lentilles minces

# Les lentilles :

## Les lentilles :

### a) Définition :

Une lentille est un système formé par l'association de deux dioptries dont l'un au moins est sphérique. C'est un système centré d'axe la droite joignant les deux centres de ces deux dioptries. Plusieurs formes de lentilles sont possibles.

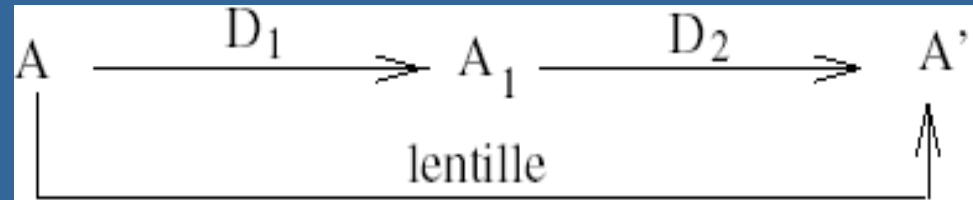
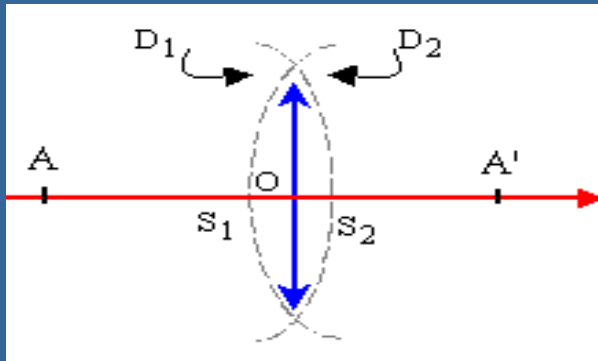


La distance  $e = S_1S_2$  est appelée **épaisseur** de la lentille.

$R_1=S_1C_1$  et  $R_2=S_2C_2$  sont **les rayons de courbure** des deux dioptries qui forment la lentille.

## b- formule de conjugaison d' une lentille mince

Considérons une lentille mince comme étant l' association de deux dioptries sphériques  $D_1$  et  $D_2$ , et un point ponctuel  $A$  réel sur l' axe principal. On peut donc écrire:



soit, en utilisant les relations de conjugaison des dioptries sphériques:

$$D_1 : \frac{1}{S_1A} - \frac{n}{S_1A_1} = \frac{1-n}{S_1C_1} \quad (1)$$

$$D_2 : \frac{n}{S_2A_1} - \frac{1}{S_2A'} = \frac{n-1}{S_2C_2} \quad (2)$$

La lentille étant mince  $c' \equiv c \equiv O$  (centre optique), donc :

(1)+(2) donne 
$$\frac{1}{\overline{OA}} - \frac{1}{\overline{OA'}} = (1-n) \left( \frac{1}{\overline{S_1 C_1}} - \frac{1}{\overline{S_2 C_2}} \right) = \frac{1}{f}$$

ou bien

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = (n-1) \left( \frac{1}{\overline{S_1 C_1}} - \frac{1}{\overline{S_2 C_2}} \right) = \frac{1}{f'}$$

Si on considère maintenant la lentille mince comme un système centré baignant dans un milieu d'indice  $n$  (soit  $n' = n$ ) alors on peut écrire:

$$\frac{f}{f'} = -\frac{n}{n'} \quad \Rightarrow \quad f = -f'$$

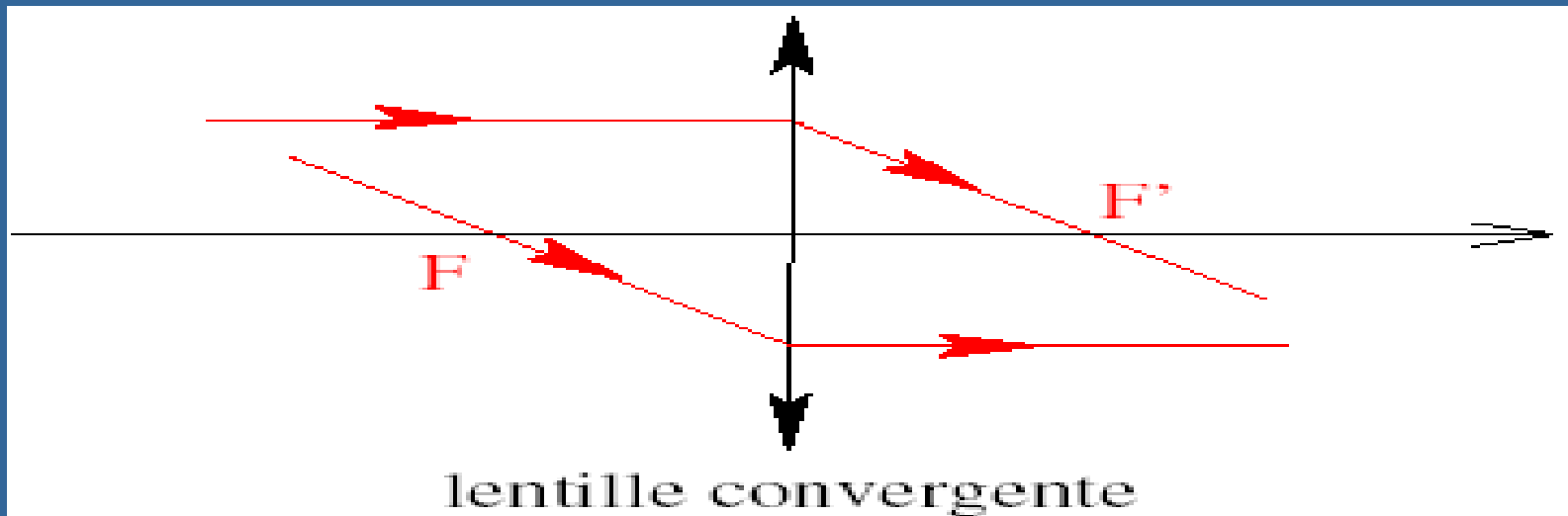
et puisque:  $S_1 \equiv S_2 \equiv O$  et  $H \equiv H' \equiv O$ , alors la relation de conjugaison d'un S.C donne:

$$\frac{1}{\overline{OA}} - \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

On appelle convergence d'une lentille mince, le rapport  $C=1/f$  en dioptries.

- si  $C > 0$  alors  $f' > 0$  : la lentille est convergente
- si  $C < 0$  alors  $f' < 0$  : la lentille est divergente

Représentation:



Remarque:

pour les lentille minces, les propriétés des foyers secondaires objet et image des systèmes centrés, restent valables.

c- grandissement linéaire:

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

# Les instruments d'optique

Introduction

L'œil, défauts et correction

Qualités d'un instrument optique

La loupe

Le microscope



## **Généralités sur les instruments d'optique :**

Un instrument d'optique est une association de plusieurs systèmes ayant pour intérêt l'amélioration de la vision des objets. On distingue deux catégories d'instruments d'optiques :

### ➤ **Les instrument subjectif (ou oculaire):**

Ce sont des instruments associés à l'œil qui examine l'image virtuelle obtenue à travers cet instrument.

exemple: la Loupe – le microscope – les lunette astronomique etc....

- Si l'objet est proche, l'instrument est du genre microscope.
- Si l'objet est à l'infini, l'instrument est du genre télescope.

### ➤ **Instrument objectif ( ou de projection):**

Ce sont des instruments qui donnent une image réelle reçue sur un écran de projection.

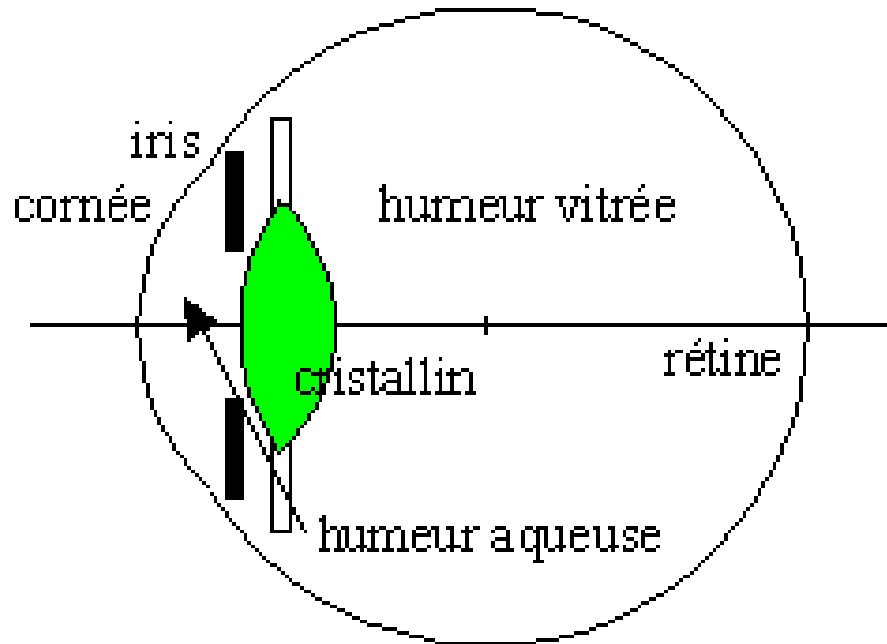
exemple : Rétroprojecteur, Appareil Photographique.

## Remarque:

Les instruments d'optiques sont associés à l'œil, il est donc important d'étudier les qualités et les défauts de l'œil.

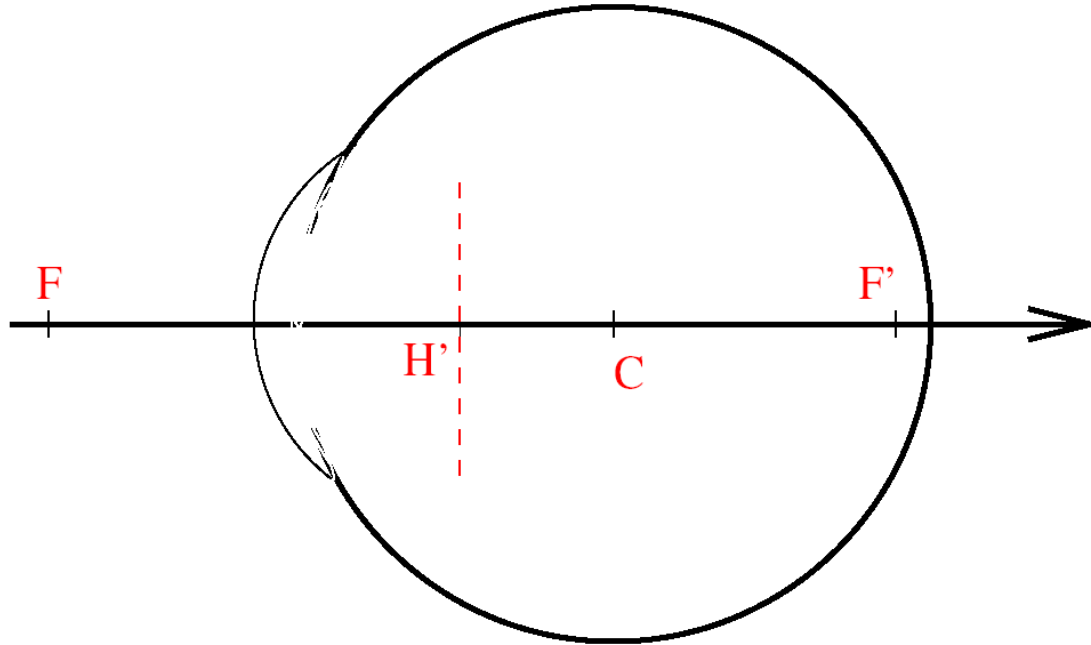
## L'œil et ses défauts :

### Constitution de l'œil :

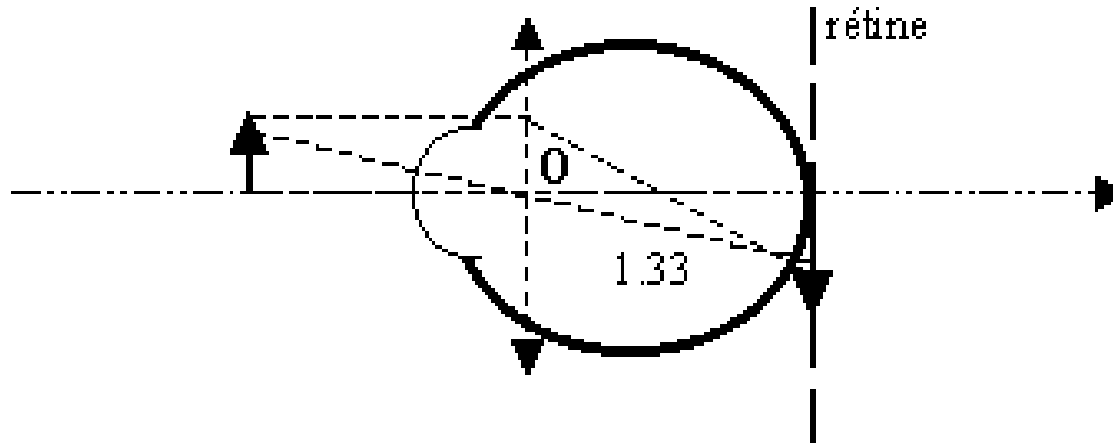


Système équivalent d' un œil :

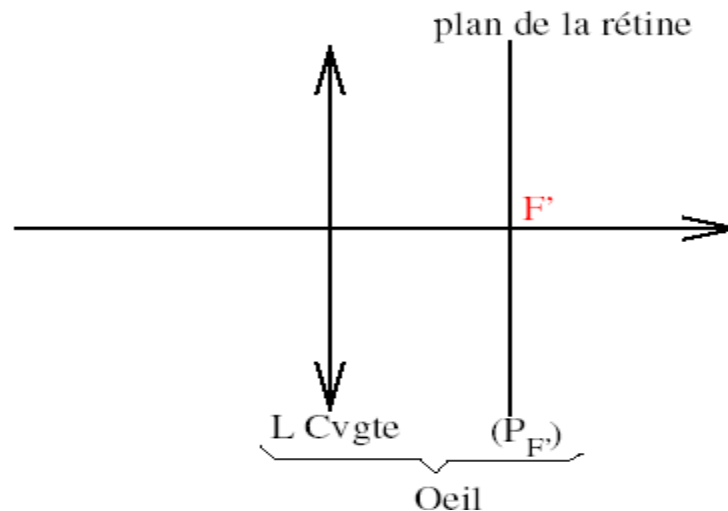
L' œil peut être assimilé à un dioptre sphérique dont le foyer image  $F'$  est sur la rétine, quand l' œil est normal et au repos, à environ 1.7 cm de son centre optique " supposé sur le cristallin ". Il est souvent assimilé à une lentille convergente de distance focale  $f' = 15$  mm.



L'œil réduit :



Cet ensemble composé par la rétine jouant le rôle d'un écran et le cristallin constitue l'œil réduit.

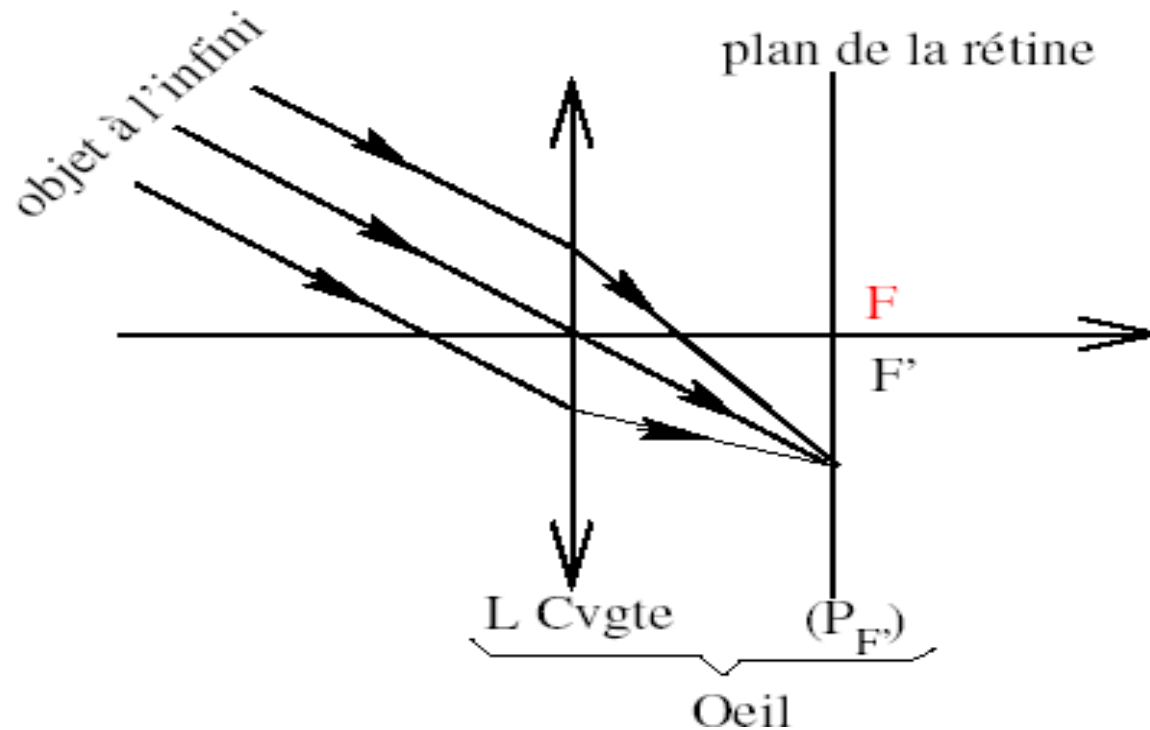


Représentation géométrique:

Nous allons réaliser deux types d'expériences :

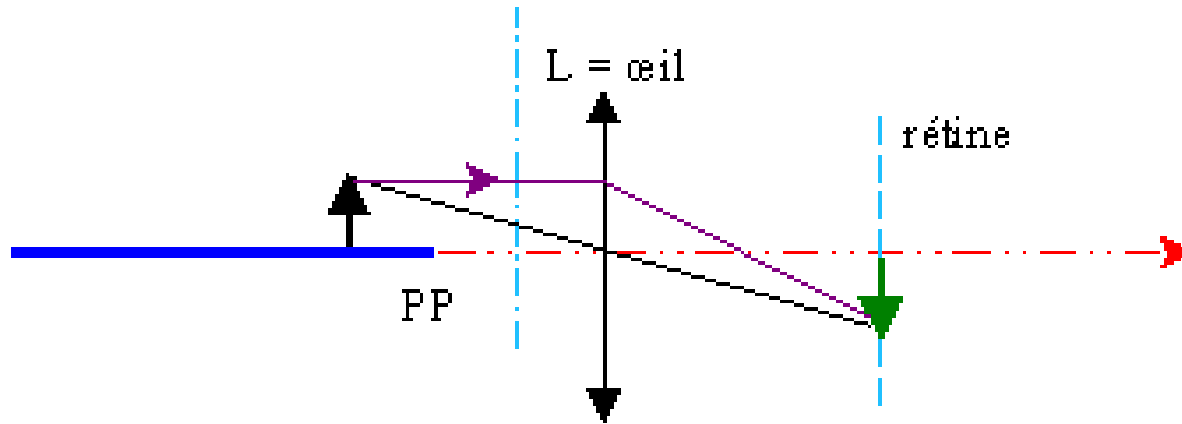
1<sup>ère</sup> expérience :

Si on place des objets à observer à l'infini, l'œil sera considéré au repos et les images vont se former sur la rétine, qui sera confondue avec le plan focal image de l'œil réduit.



2<sup>ème</sup> expérience :

Les objets situés à quelques centimètres de nos yeux, paraissent flous. Pour les voir nettement nous devons les déplacer un peu vers l'avant afin que l'œil puisse accommoder et ramener l'image sur la rétine.



Accommodation de l'œil :

L'accommodation est la faculté d'accroître la convergence du cristallin que possède un observateur.

Un œil normal au repos (qui n'accommode pas) voit nettement les objets si leurs images se forment sur la rétine. La distance maximale de vision distincte  $D$  correspond sur l'axe optique à un point  $R$  appelé Punctum Remetum (PR).

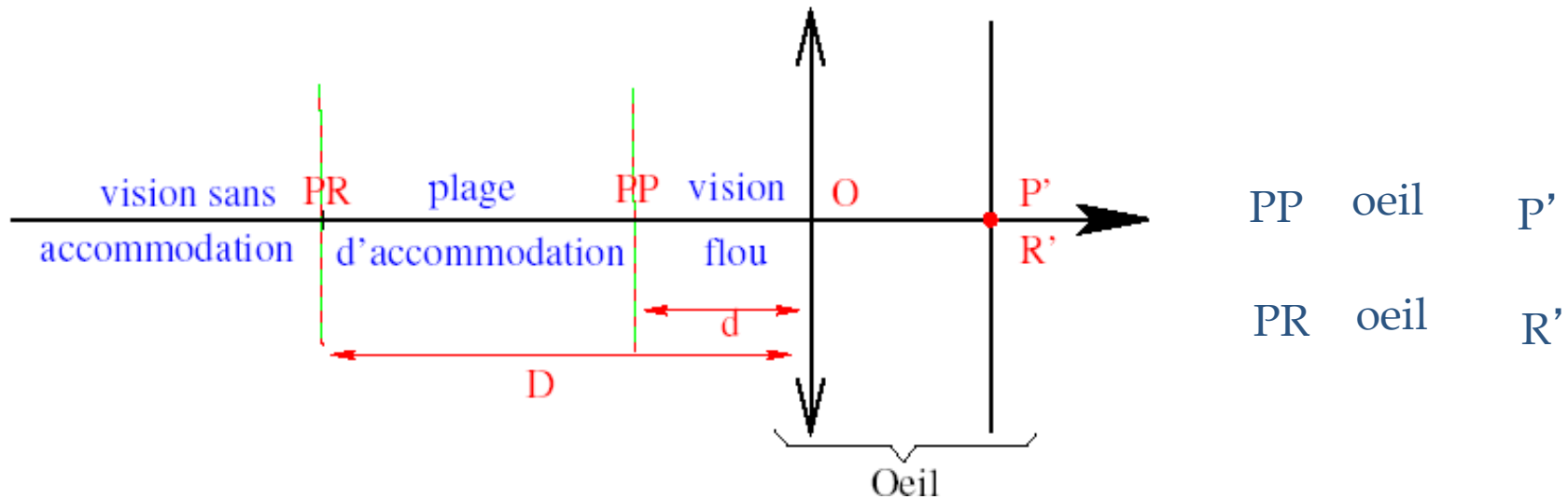
Quand un observateur accommode au maximum la convergence de son oeil augmente.  
 la distance minimale de vision distincte correspond à un point P appelé  
 Punctum Proximum (PP).

Pour un observateur ayant une vision normale:

le PR est situé à l' infini.

le PP est à une distance  $d=25$  cm du centre optique de l' oeil.

On peut représenter les deux zones ou l' oeil peut accommoder par le schéma suivant :



Les objets sont vus nettement s' ils sont placés entre le PP et le PR

Les distances  $d$  et  $D$  dépendent de l'âge des personnes:

si l'âge augmente:  $D$  diminue et  $d$  augmente

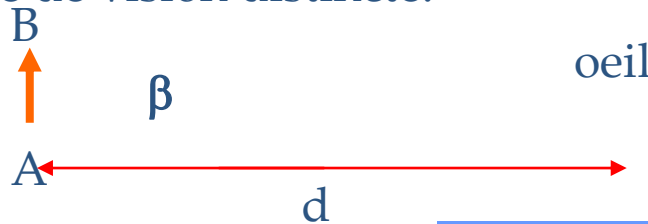
On définit par la suite:

$\frac{1}{d}$  et  $\frac{1}{D}$ : les distances dioptriques d'accommodation

$A = \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right)$ : l'amplitude dioptrique de vision nette (dioptries)

Acuité visuelle:

$C'$  est l'angle sous lequel l'œil peut voir nettement le plus petit objet possible à la distance minimale de vision distincte.



$$\operatorname{tg}\beta = \frac{AB}{d}$$

$AB$  est petit

$$\operatorname{tg}\beta \approx \beta = \frac{AB}{d}$$



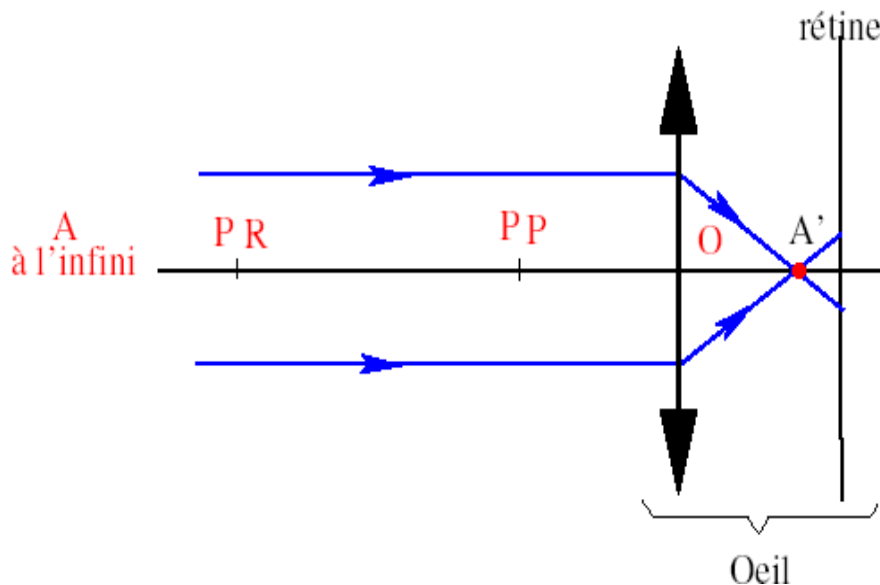
## Défauts de l'œil et leurs corrections

Un œil peut présenter des anomalies et ses capacités d'accommodation se trouvent modifiées. On traitera ici les défauts tels que : la myopie, l'hypermétropie et la presbytie

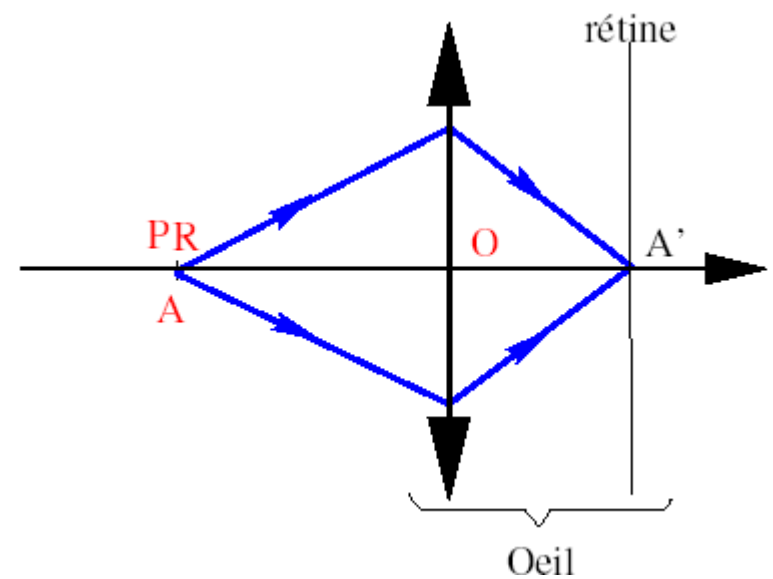
Myopie:

L'œil (cristallin) est **trop convergent**, même quand il est repos. L'image d'un point à l'infini se forme sur son plan focal image  $F'$  qui se situe en avant de la rétine. Le PP est plus proche de l'œil ( $d < 15$  cm) et le PR est réel est à distance finie

Vision à l'infini

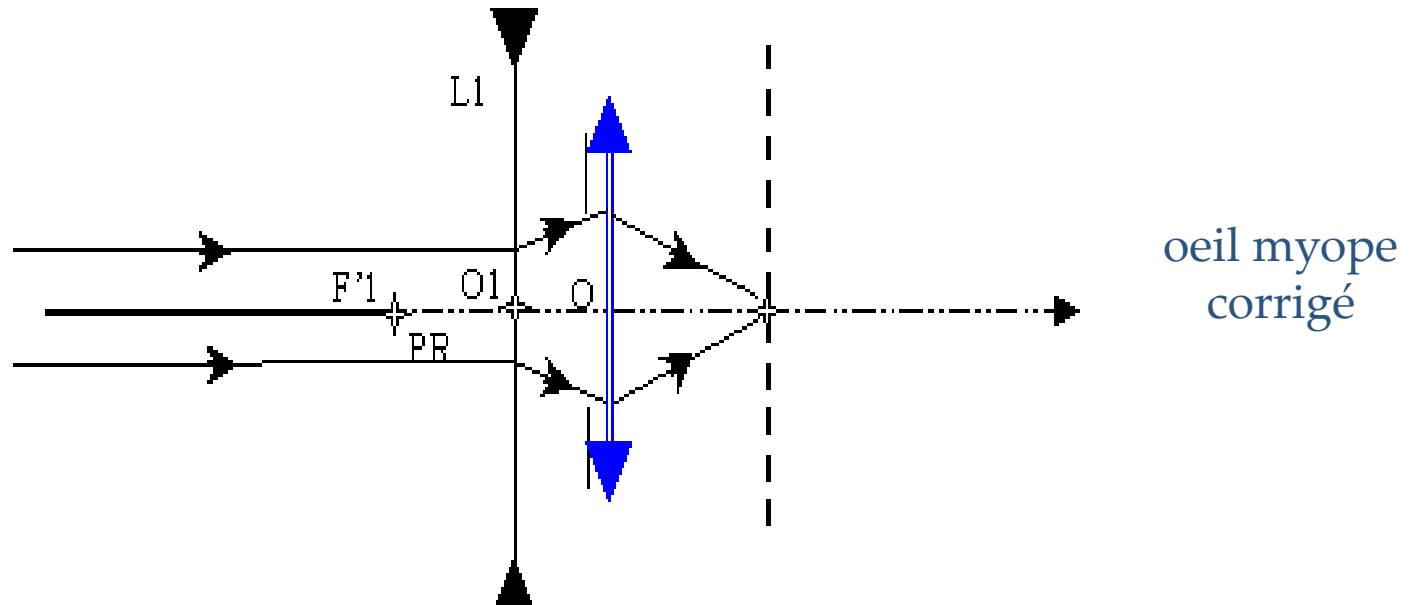


Point sur le PR



Maximum de convergence

Correction: on place devant l'œil une lentille divergente qui donne d'un point situé à l'infini une image située sur le PR, c'est-à-dire de telle sorte que le PR soit confondu avec le foyer image de lentille correctrice.

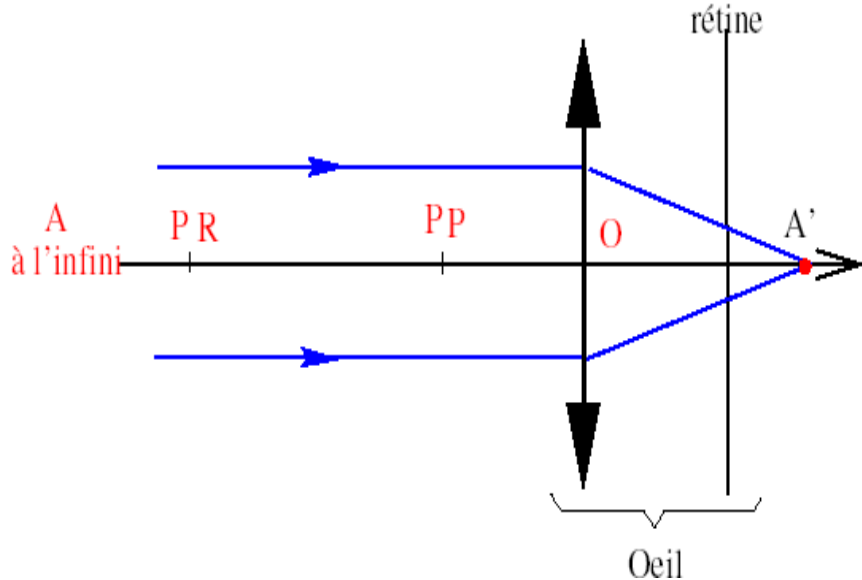


Pour un objet situé à l'infini et avec une lentille divergente  $L1$ , l'image est à nouveau sur la rétine.

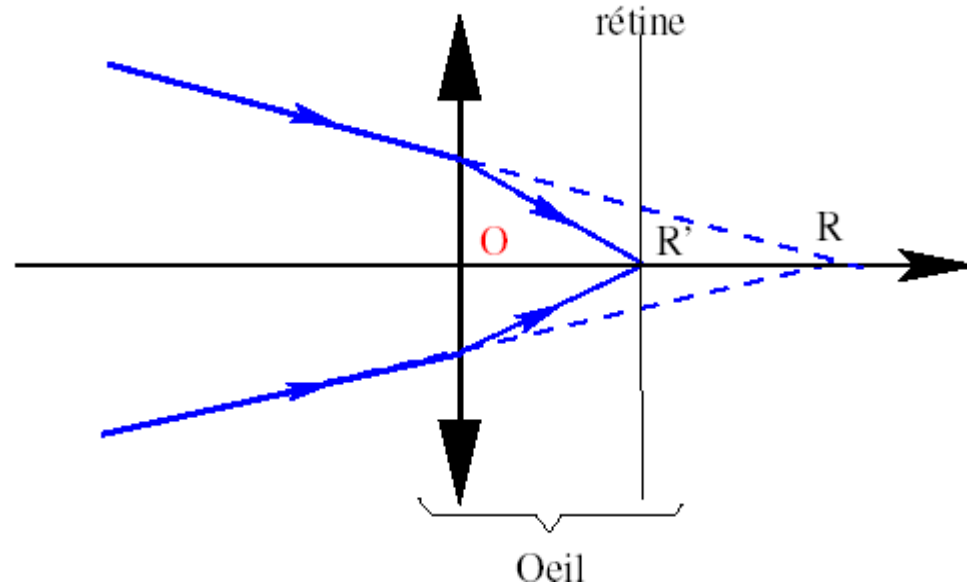
## L' hypermétropie

L' œil (cristallin) n' est **pas assez convergent**. L' image d' un point à l' infini se forme sur son plan focal image  $F'$  qui se situe en arrière de la rétine. L' œil doit accommoder pour voir des objets à l' infini. Le PR est donc virtuel et le PP est peu éloigné que celui d' un œil normal.

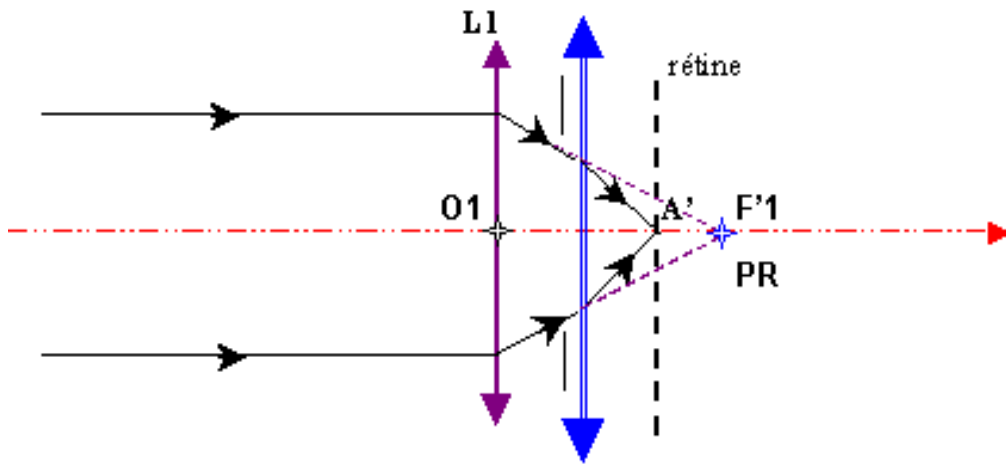
Vision à l' infini



Point sur le PR



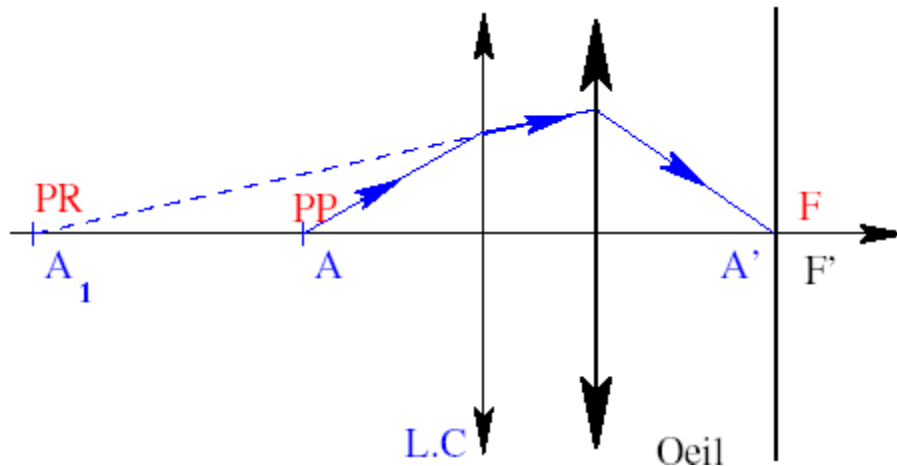
Correction: On place devant l' œil une lentille convergente qui permet de voir sans accommodation et qui donne d' un point à l' infini une image au PR. La lentille est placé de telle sorte que son foyer image le PR.



Pour un objet situé à l'infini et avec une lentille convergente L1, l'image est à nouveau sur la rétine.

La presbytie:

Elle se définit comme la baisse de la faculté d'accommodation d'un œil. Elle est due au vieillissement de l'œil et peut affecter des yeux normaux, myopes ou hypermétropes. Cette anomalie se traduit par un éloignement du PP qui se rapproche du PR. Un œil presbyte voit nettement des objets éloignés et doit pouvoir compenser l'insuffisance de l'accommodation par l'emploi de lentilles convergentes.



La lentille correctrice donne du PP une image  $A_1$  qui sera vue par l'œil presbyte.

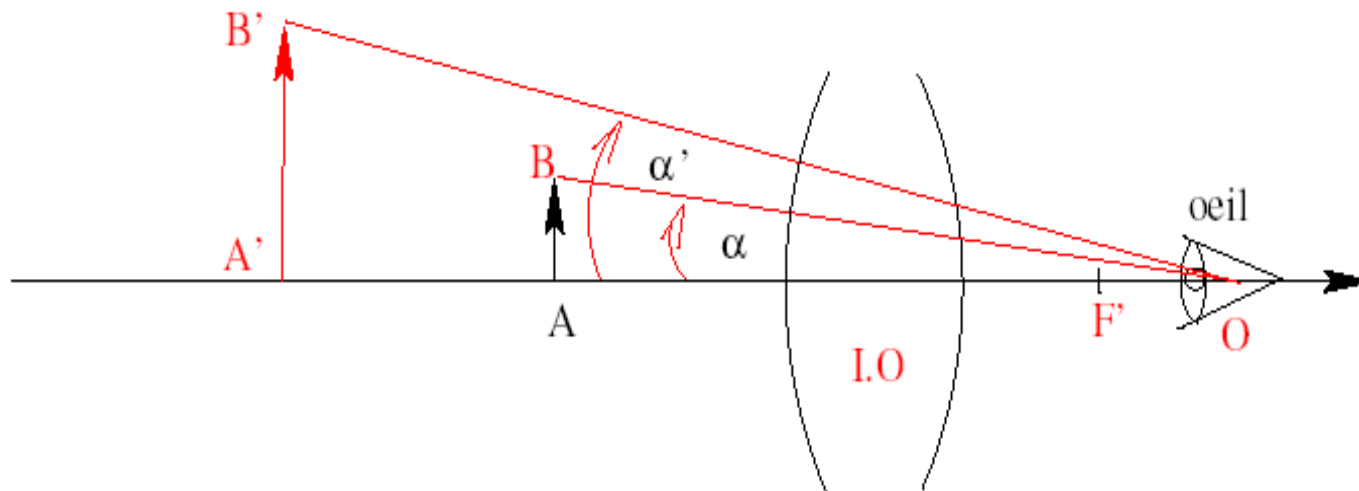
## Instrument subjectif

pour cet instrument d'optique, l'image est virtuelle et l'œil ne sera sensible qu'au diamètre apparent  $\alpha'$  de ce qu'il voit. On distingue deux cas:

➤ Objet proche (genre Microscope, Loupe)

la longueur de l'objet a un sens. L'instrument optique sera caractérisé par sa puissance  $P$ :

$$P = \frac{\alpha'}{AB} \quad \text{en dioptries}$$



Calcul de la puissance P:

soient  $f'$  la distance focale image de l'I.O,  $F'$  son foyer image et O le centre optique de l'œil qui examine l'image (supposé normal).

$$\operatorname{tg} \alpha' \approx \alpha' = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A'O}} \quad P = \frac{\alpha'}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \frac{1}{\overline{A'O}}$$

avec  $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \gamma$  grandissement linéaire de l'I.O

on a  $P = \frac{\gamma}{\overline{A'O}}$

or pour un système centré  $\gamma = \frac{\overline{A'F'}}{f'} = \frac{\overline{A'O} + \overline{OF'}}{f'}$

d'où  $P = \frac{1}{f'} \left( 1 - \frac{\overline{OF'}}{\overline{OA'}} \right)$

C'est l'expression de la puissance d'un Instrument optique dans le cas général.

$$(F' \equiv O)$$

(A' O tend vers l' infini)

Dans les deux cas on dit que la puissance est intrinsèque est vaut:

$$P_i = \frac{1}{f'} \text{ dioptries}$$

➤ Objet éloigné (genre Télescope)

l' objet ne peut être caractérisé que par le diamètre apparent  $\alpha$  sous lequel il sera vu à l'oeil nu. Dans ce cas l'instrument optique sera caractérisé par le rapport

$G = \alpha' / \alpha$  appelé grossissement de l' instrument.

$$\text{or } \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha = \frac{\overline{AB}}{\overline{AO}} \qquad G = \alpha' \frac{\overline{AO}}{\overline{AB}}$$

si l'objet est à distance finie (distance minimale de vision distincte d) alors:

$$\alpha = \frac{\overline{AB}}{\overline{AO}} \qquad G = \alpha' \frac{d}{AB}$$

or

$$P = \frac{\alpha'}{AB} \qquad G = \alpha' \frac{d}{AB} = P \cdot d$$

le grossissement est dit commercial si la puissance P est intrinsèque et  $d=0,25$  m soit:

$$G_C = P_i \cdot 0,25 = \frac{P_i}{4} = \frac{1}{4f'}$$

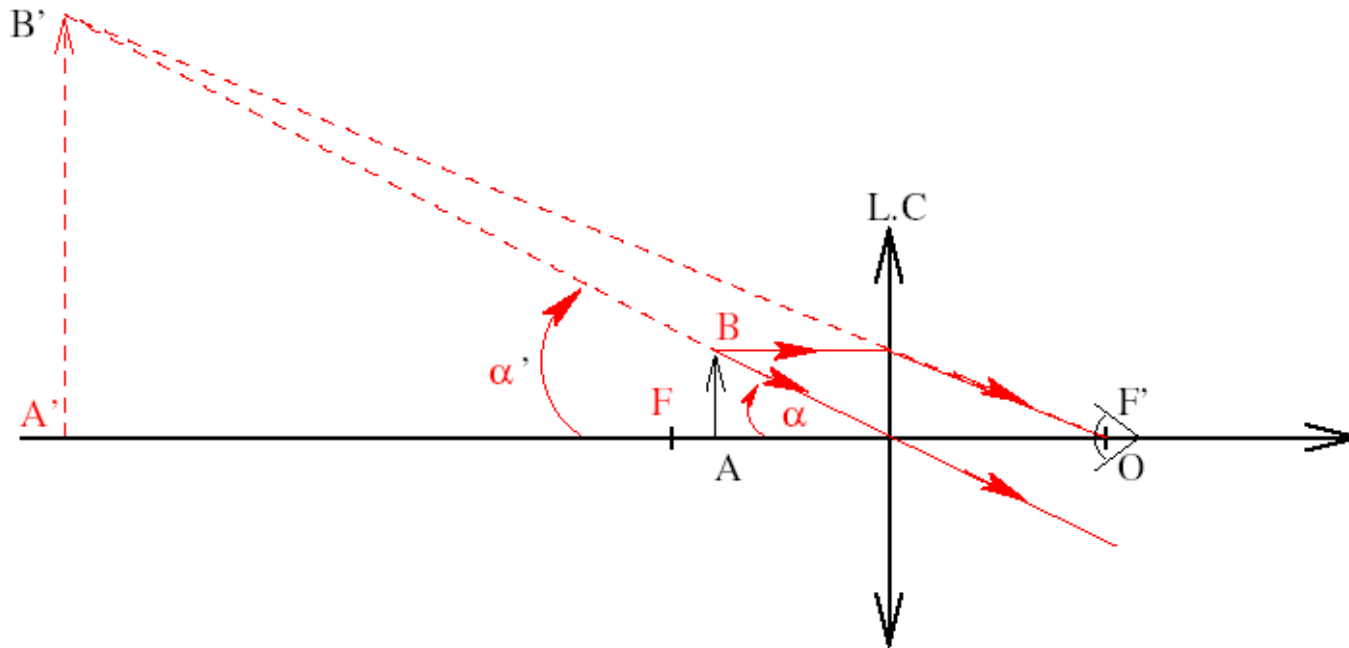


## La loupe:

La loupe est un instrument subjectif constitué d'une lentille mince ou épaisse convergente destinée à examiner des objets proches et petits qui ne sont pas visibles à l'œil nu.

Son rôle consiste à augmenter le diamètre apparent de l'objet à examiner par l'œil. L'objet à examiner doit être placé entre le centre optique de la lentille et son plan focal objet ( $P_F$ ) et proche du foyer objet  $F$ .

On schématise une loupe par :



La loupe donne d' un objet réel, placé à côté du foyer objet, une image virtuelle droite agrandie.

Caractéristiques:

a- Mise au point

La mise au point se fait en déplaçant l' objet par rapport à la loupe qui reste fixe.

La latitude de mise au point ou profondeur de champs est donné par:

$$\ell = \overline{A_r A_p} = f'^2 \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) = f'^2 \cdot A$$

$f'$  : est la distance focale image de la lentille (loupe).  $1 \leq f' \leq 10 \text{ cm}$

b- Puissance

Par définition, la puissance d' une loupe est donné par le rapport:

$$P = \frac{\alpha'}{AB} \quad \text{dioptries}$$

$\alpha'$  angle sous lequel l' observateur voit l' image  $A' B'$  de l' objet  $AB$  à travers la loupe. (en radians)

D'après § IV-2 on a: 
$$P = \frac{1}{f'} \left( 1 - \frac{\overline{OF'}}{OA'} \right)$$

la puissance intrinsèque est:

$$P_i = \frac{1}{f'} \text{ dioptries}$$

c- Grossissement

Le grossissement d' une loupe est donné par le rapport: 
$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

d'après § IV-2 on a: 
$$G = \frac{1}{f'} \left( 1 - \frac{\overline{OF'}}{OA'} \right) \times d$$

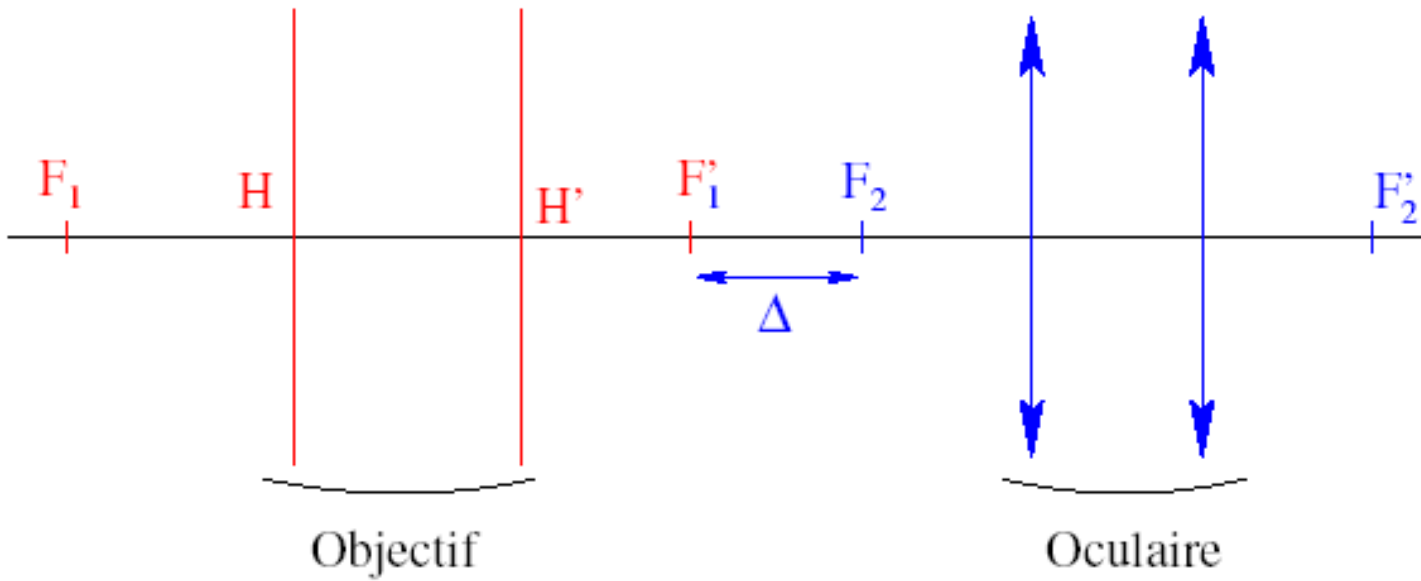
la grossissement commercial est: 
$$G_C = P_i \cdot 0,25 = \frac{P_i}{4} = \frac{1}{4f'}$$

## Le microscope :

### Description :

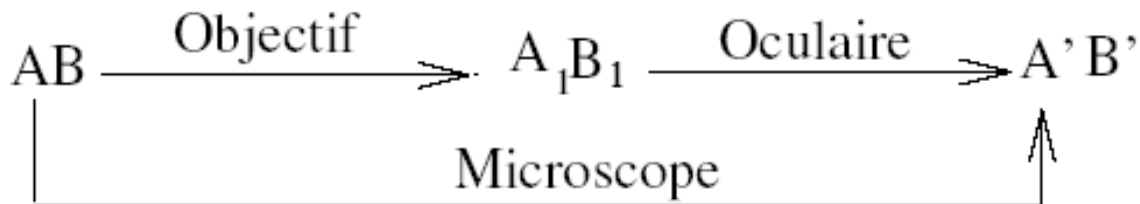
Le microscope est un instrument d'optique subjectif très grossissant. Il est construit pour l'observation d'objets dont les dimensions sont trop petites situés à distance finie et invisible à l'œil nu. Il a le même rôle que la loupe. Il comprend deux systèmes optiques :

- Un objectif : Système placé près de l'objet, très épais convergent, constitué de plusieurs lentilles et qui donne de l'objet  $AB$  une image réelle  $A_1B_1$  fortement agrandie et d'une grande netteté. Sa distance focale est de quelques millimètres.
- Un oculaire : Système derrière lequel se place l'œil (joue le rôle d'une loupe) et donne de l'image  $A_1B_1$  donné par l'objectif, une image virtuelle définitive  $A'B'$ . Il comprend au moins deux lentilles et ayant pour distance focale quelques centimètres. La distance objectif-oculaire se repère par l'intervalle optique  $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$ . Il est d'environ 18 cm.



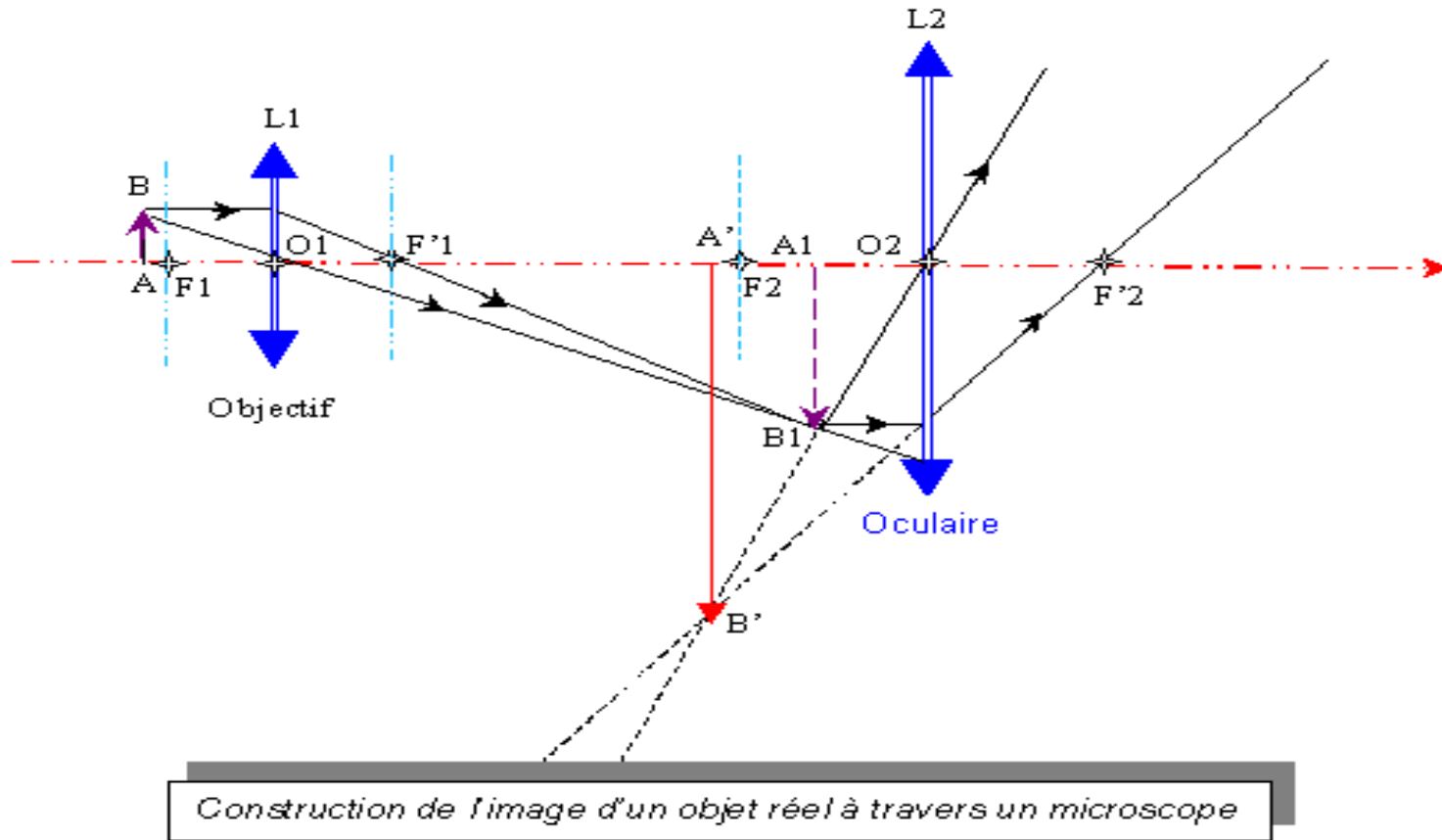
Objectif: système centré

Oculaire: doublet = système centré



Construction de l' image :

Un microscope est une association de deux systèmes centrés qui sont un oculaire et un objectif. Un schéma simplifié d' un tel microscope est le suivant :



L' objet est généralement placé en avant du foyer objet de l' objectif.  $A_1B_1$  est une image réelle renversée beaucoup plus grande que AB.  $A'B'$  est l' image finale renversée, virtuelle et sera perçue par l' œil.

Le microscope étant un système centré (association de deux systèmes centrés), on peut alors déterminer ces éléments cardinaux en utilisant les formules de l'association des systèmes centrés.

Les foyers principaux objet et image:

$$\overline{F_1F} = \frac{f_1 \cdot f_1'}{\Delta} \quad \overline{F_2'F'} = -\frac{f_2 \cdot f_2'}{\Delta}$$

Les distances focales objet et images:

$$f = \overline{HF} = \frac{f_1 \cdot f_2}{\Delta} \quad f' = \overline{H'F'} = -\frac{f_1' \cdot f_2'}{\Delta}$$

$f_1, f_1'$  et  $f_2, f_2'$  sont les distances focales objets et images respectivement de l'objectif et de l'oculaire.

$f'$  est petite est négative ce qui implique que le microscope est un système divergent.

a- Mise au point :

Pour un microscope, l'œil observe à travers l'oculaire et l'image formée doit être située entre le PP et PR de cet œil. Cette condition impose à l'objet un déplacement dans un intervalle  $A_r A_p$ , appelé latitude de mise au point et qui est généralement très faible.

$$\ell = \overline{A_r A_p} = -f \cdot f' \left( \frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) = -f \cdot f' \cdot A \approx 2 \mu\text{m}$$

$f, f'$  sont les distances focales du microscope

b- Puissance:

Par définition: 
$$P = \frac{\alpha'}{AB} \qquad P = \frac{\alpha'}{A_1 B_1} \times \frac{\overline{A_1 B_1}}{AB}$$

soit 
$$P_{\text{mic}} = P_{\text{oc}} \cdot \gamma_{\text{obj}}$$

La puissance d'un microscope est égale au produit de la puissance de son oculaire par le grandissement linéaire de son objectif.



si la puissance de l'oculaire est intrinsèque, alors:

$$P_{\text{mic}} = \frac{1}{f'_{\text{oc}}} \cdot \gamma_{\text{obj}}$$

Autre expression de  $P_{\text{mic}}$ :

si on considère le microscope comme étant un Instrument Optique, alors sa puissance est:

$$P_{\text{mic}} = \frac{1}{f'} \left( 1 - \frac{\overline{\text{OF}'}}{\overline{\text{OA}'}} \right)$$

$f'$  : distance focale image du microscope et  $F'$  son foyer

Si l'œil est placé au foyer image du microscope alors:

$$P_{\text{mic}} = \frac{1}{|f'|} \quad \text{soit} \quad P_{\text{mic}} = \frac{\Delta}{f'_1 \cdot f'_2}$$

Remarque: on prend la valeur absolue de  $f'$  car la puissance  $P$  est  $>0$

c- Grossissement:

$$\text{Par définition: } G_{\text{mic}} = \frac{\alpha'}{\alpha} = P_{\text{mic}} \cdot d$$

si la puissance du microscope est intrinsèque et  $d=0,25$  m, alors:

$$G_{\text{Cmic}} = P_i \cdot 0,25 = \frac{P_i}{4} \quad \text{soit} \quad G_{\text{Cmic}} = \frac{P_{\text{oc}} \cdot \gamma_{\text{obj}}}{4} = G_{\text{oc}} \cdot \gamma_{\text{obj}}$$

Le grossissement commercial du microscope est le produit du grossissement commercial de l'oculaire par le grandissement linéaire de son objectif.

d- Grandissement linéaire:

$$\gamma_{\text{mic}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} \times \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$$

$$\text{soit } \gamma_{\text{mic}} = \gamma_{\text{oc}} \cdot \gamma_{\text{obj}}$$

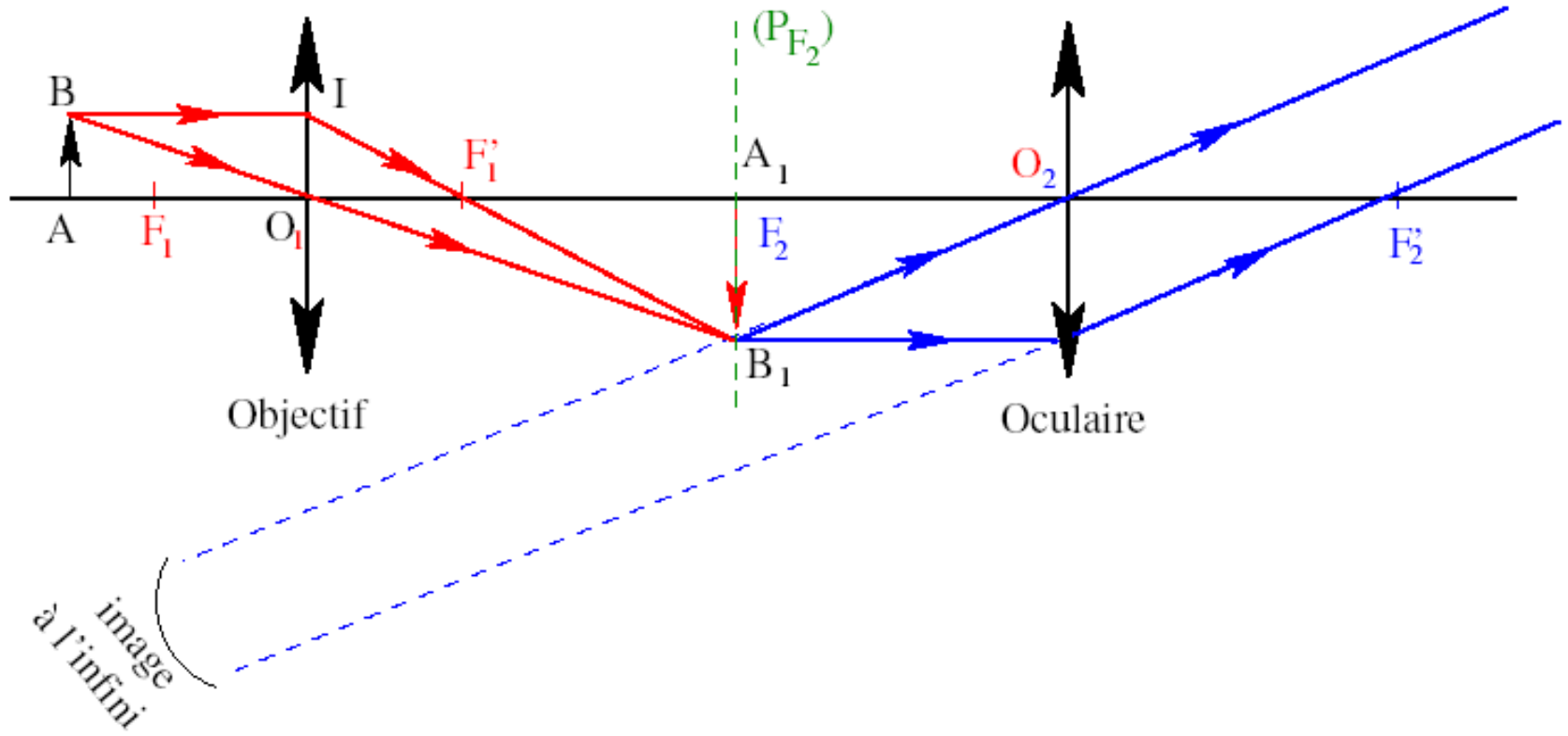
Cas particulier: la vision à l' 'infini :

Pour un œil normal, la vision à l' 'infini évite la fatigue due à l' accommodation.

Pour le microscope la vision à l' 'infini se présente lorsque l' image intermédiaire  $A_1B_1$  donnée par l' objectif est située sur le plan focale objet de l' oculaire  $P_{F2}$ . Dans ce cas l' image définitive  $A'B'$  se trouve rejetée à l' 'infini et pour l' œil, cette image sera reçue sans effort ni accommodation.

Une bonne construction géométrique permet de déterminer la position de l' objet  $AB$ , qui normalement devra être situé au voisinage avant du foyer objet de l' objectif tel que  $|O_1A| > |O_1F_{ob}|$ .

On reprend, dans ce cas de vision à l' 'infini, toutes les formules établies qui s' avèrent les plus utilisées pour un microscope en prenant  $A_1B_1$  situé dans le plan focal objet ( $P_{F2}$ ) de l' oculaire.



Les triangles  $(IO_1F'_1)$  et  $(F'_1A_1B_1)$  sont semblables avec  $A_1 \equiv F_2$  ( $A_1B_1$  est située sur le plan focal objet de l'oculaire  $P_{F_2}$ ). On peut écrire :

$$\frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{O_1I}} = \frac{\overline{F'_1F_2}}{\overline{F'_1O_1}} \qquad \gamma_{\text{obj}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\Delta}{-f'_{\text{obj}}}$$

la puissance de l'oculaire est:  $P_{oc} = \frac{1}{f'_{oc}}$

donc la puissance intrinsèque du microscope est:

$$P_{mic} = P_{oc} \cdot \gamma_{obj} = \frac{1}{f'_{oc}} \times \left( -\frac{\Delta}{f'_{obj}} \right)$$

soit 
$$P_{mic} = -\frac{\Delta}{f'_{oc} \cdot f'_{obj}} = \frac{1}{f'_{mic}}$$

On remarque que la puissance d'un microscope dans le cas de vision à l'infini est réduite à l'inverse de  $f'_{mic}$  qui représente la puissance intrinsèque  $P_i$  de cet instrument.  $C'$  est une grandeur qui ne dépend que des caractéristiques du microscope et non de l'œil.

On montre aussi montrer que :

$$G_{mic} = \frac{\alpha'}{\alpha} = P_{mic} \cdot d = P_{oc} \cdot \gamma_{obj} \cdot d$$

or 
$$P_{oc} = \frac{1}{f'_{oc}} \text{ et } \gamma_{obj} = -\frac{\Delta}{f'_{obj}}$$

donc 
$$G_{mic} = -\frac{\Delta}{f'_{oc} \cdot f'_{obj}} \cdot d = \frac{d}{f'_{mic}}$$

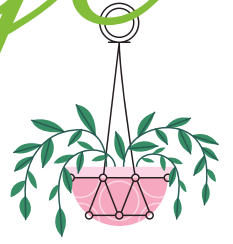
Grandissement: 
$$\gamma_{mic} = \gamma_{oc} \cdot \gamma_{obj}$$

avec 
$$\gamma_{obj} = \frac{\Delta}{-f'_{obj}} \text{ et } \gamma_{oc} = \frac{\overline{A'B'}}{A_1B_1} = \frac{\overline{A'O_2}}{A_1O_2} = \frac{\overline{A'O_2}}{F_2O_2} = \frac{d}{f'_{oc}}$$

donc 
$$\gamma_{mic} = \frac{\Delta \cdot d}{f'_{obj} \cdot f'_{oc}} = \frac{d}{f'_{mic}} \qquad \gamma_{mic} = G_{mic}$$

dans le cas de la vision infinie, le grandissement linéaire et le grossissement commercial d'un microscope sont égaux.

# 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

