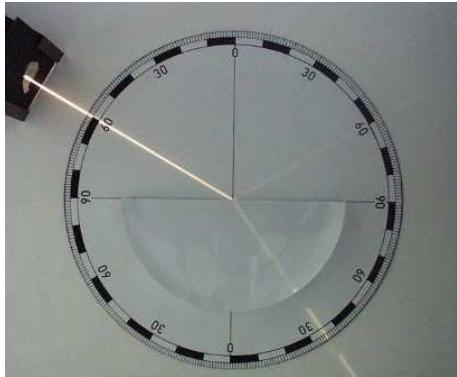


Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

# La réfraction et Les lentilles

## 1. Réfraction de la lumière



On appelle **réfraction de la lumière, le changement de direction** que la lumière subit lorsqu'elle traverse la surface séparant deux milieux transparents différents. Cette surface de séparation est appelée **le dioptre**.

Chaque milieu transparent est caractérisé par son **indice de réfraction  $n$** , nombre sans unité, égal ou supérieur à 1, tel que :

$$n = c/v$$

$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ , vitesse de la lumière dans le vide  
 $v(\text{m.s}^{-1})$  : vitesse de la lumière dans le milieu transparent.

**Exemples** : verre, plexiglas :  $n = 1,50$  ; diamant :  $n = 2,42$  ; eau :  $n = 1,33$  ; cristal :  $n = 1,60$

Dans l'air la vitesse de la lumière est  $v = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  son indice de réfraction vaut :  
 $n(\text{air}) = c/v = (3,00 \times 10^8) / (3,00 \times 10^8) = 1,00$

### A RETENIR :

- Plus l'indice d'un milieu est grand plus le rayon lumineux se rapproche de la normale quand il le traverse
- L'angle de réfraction est celui entre la normale au dioptre et la direction du rayon réfracté
- L'angle d'incidence est celui entre la normale au dioptre et la direction du rayon incident
- L'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde de la radiation

## les lois de Descartes

- Première loi :

Le rayon réfracté et le rayon incident sont dans le même plan

- seconde loi:

L'angle d'incidence  $i_1$  et l'angle de réfraction  $i_2$  sont liés par la relation suivante :

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

$n_1$  : indice de réfraction du milieu d'incidence

$n_2$  : indice de réfraction du milieu de réfraction

## Comprendre le comportement du prisme vis-à-vis de la lumière blanche

En passant à travers le prisme, la lumière blanche est déviée et dispersée en ses différentes radiations colorées. On dit que le prisme décompose la lumière blanche. Ce phénomène est appelé la dispersion.

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

Le prisme est constitué de deux surfaces de séparation. La première est la surface air-verre, appelée face d'entrée du prisme et la seconde est la surface verre-air, appelée face de sortie. Le rayon lumineux incident subit une première réfraction sur la face d'entrée et une deuxième réfraction sur la face de sortie.

La lumière incidente est blanche elle est constituée d'une somme de radiations lumineuses .

Toutes les radiations arrivent avec le même angle d'incidence  $i_1$ . et le même indice de réfraction dans l'air  $n_1 = 1,0$  (toutes les radiations lumineuses vont à la même vitesse dans l'air).

D'après L'expérience chaque radiation possède un angle de réfraction  $i_2$  différent car chaque radiation est déviée différemment.

On considère 2 radiations rouge et bleue d'après la seconde loi de Descartes

$$n_1 \sin i_1 = n_2(\text{rouge}) \sin i_2(\text{rouge})$$

$$n_1 \sin i_1 = n_2(\text{bleu}) \sin i_2(\text{bleu})$$

comme  $i_2(\text{rouge})$  est différent de  $i_2(\text{bleu})$  alors  $n_2(\text{rouge})$  est différent  $n_2(\text{bleu})$

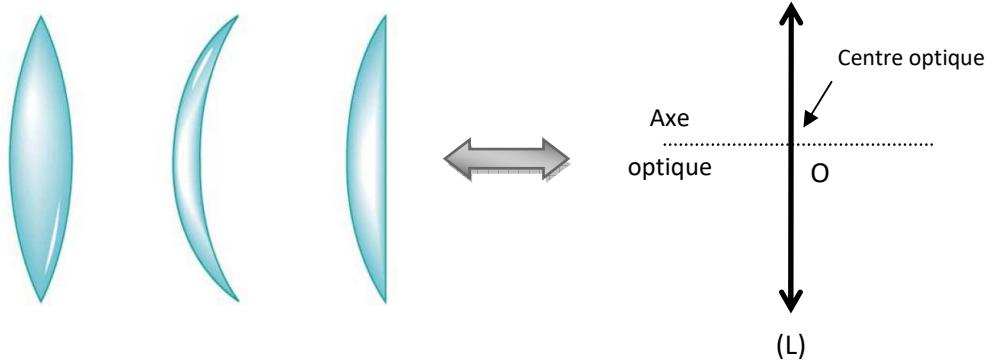
On en déduit que l'indice  $n$  du verre constituant le prisme dépend de la longueur d'onde.

## 2. Les lentilles

### Définition :

Une lentille convergente est un bloc de matière transparente et homogène (verre, eau, certains plastiques,...) à bords minces et centre épais, qui concentre les rayons lumineux issus d'une source de lumière lointaine et grossit les objets proches.

### 2.1. Schématisation

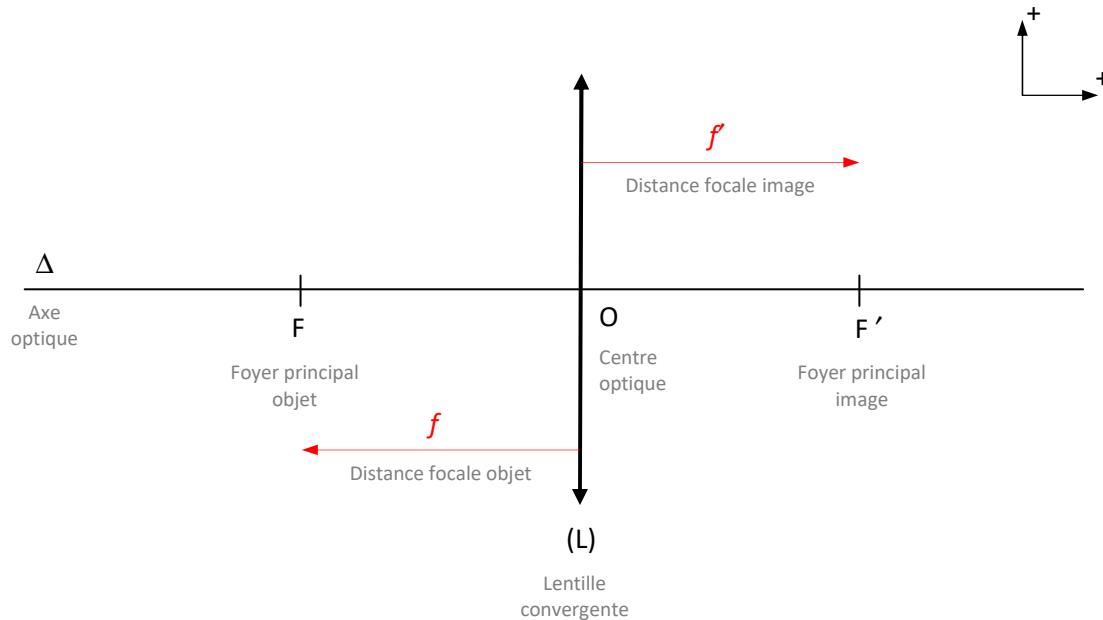


### 2.2. Caractéristiques

#### Définitions :

- **Le foyer principal image  $F'$**  d'une lentille est le point de l'axe optique où se concentre l'énergie d'un faisceau de rayons lumineux incident parallèles (issus d'une source lointaine) ;
- **Le foyer principal objet  $F$**  d'une lentille est le symétrique, sur l'axe optique, du foyer image par rapport à la lentille.

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde



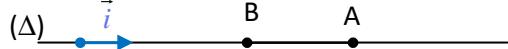
#### Convention d'orientation :

⇒ En optique géométrique, le sens positif correspond au sens de propagation de la lumière.

#### Rappel sur la mesure algébrique :

On considère un axe orienté ( $\Delta, \vec{i}$ ) ; A et B sont deux points de l'axe  $\Delta$ . Par définition, la mesure algébrique de  $\overrightarrow{AB}$ , notée  $\overline{AB}$ , est l'unique réel tel que :

$$\overrightarrow{AB} = \overline{AB} \times \vec{i}$$

( $\Delta$ ) 
 $\overline{AB} > 0$ 
( $\Delta$ ) 
 $\overline{AB} < 0$

#### Définitions :

- La **distance focale (image ou objet)** représente la distance entre le centre O de la lentille et l'un des foyers (F ou F'). Elle s'exprime en mètre (symbole : m) :
 
$$\left. \begin{array}{l} f = \overline{OF} \text{ (distance focale objet)} \\ f' = \overline{OF'} \text{ (distance focale image)} \end{array} \right\} f = -f'$$
- [Hors programme] Il est fréquent (chez l'opticien) de caractériser une lentille par sa **vergence C**, qui est l'inverse de la distance focale et s'exprime en dioptrie (symbole :  $\delta$ ) :
 
$$C = \frac{1}{f} \quad \left\{ \begin{array}{l} f' \text{ en mètre (m)} \\ C \text{ en dioptrie (\delta)} \end{array} \right. \quad \text{Pour une lentille convergente : } C > 0$$

Remarque : Pour une lentille convergente, la vergence  $C > 0$ .

#### Exercice :

- Calculer la vergence d'une lentille convergente de distance focale  $f' = 200$  mm.

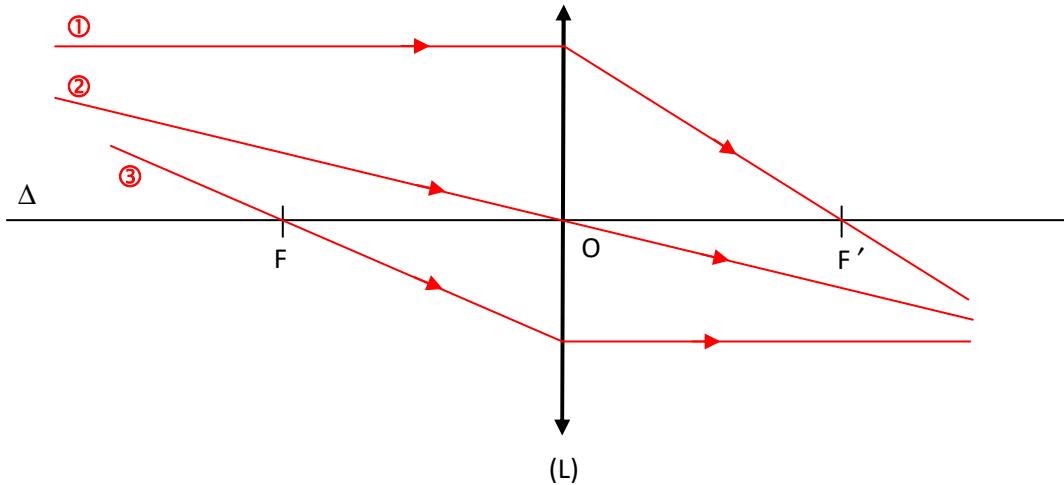
Réponse :  $C = 5 \delta$ .

- Calculer la distance focale d'une lentille convergente de vergence  $8,0 \delta$ .

Réponse :  $f' = 125$  mm.

#### 2.3. Les rayons caractéristiques

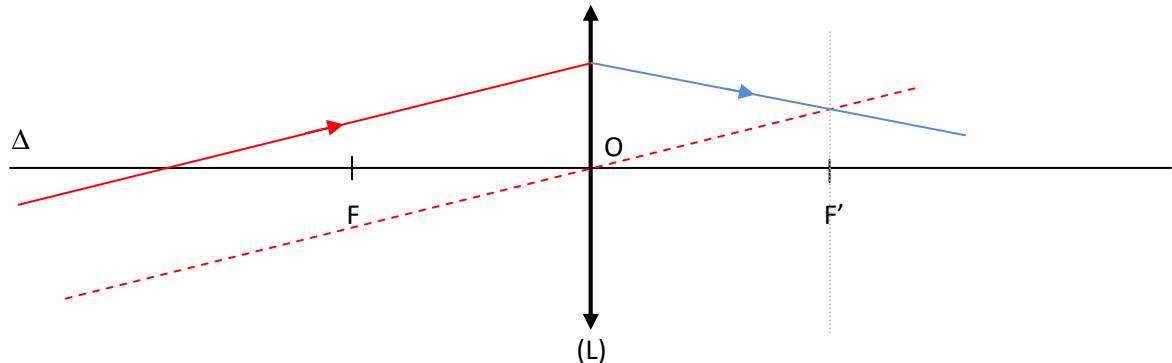
Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde



#### A RETENIR :

- Tout rayon incident parallèle à l'axe optique d'une **lentille convergente** émerge en passant par le **foyer principal image  $F'$**  ;
- Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille mince ne subit aucune déviation ;
- Tout rayon incident passant par le **foyer principal objet  $F$**  d'une **lentille convergente** émerge parallèlement à l'axe optique de cette lentille.

Remarque : construction d'un rayon quelconque

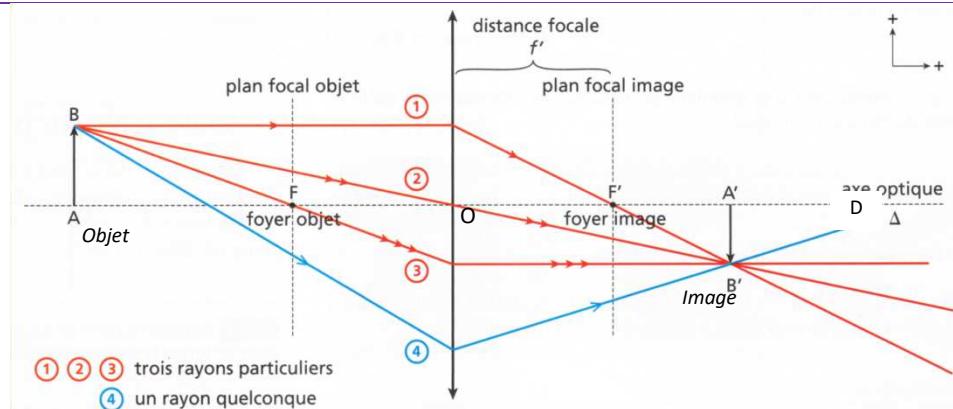


#### Formation d'une image à travers une lentille convergente

##### Image d'un objet à travers une lentille convergente

#### Définitions :

- **Un objet** est l'objet lumineux qui envoie ses rayons sur la lentille;
- **Une image** est la représentation lumineuse de l'objet sur un écran (après la lentille).



Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

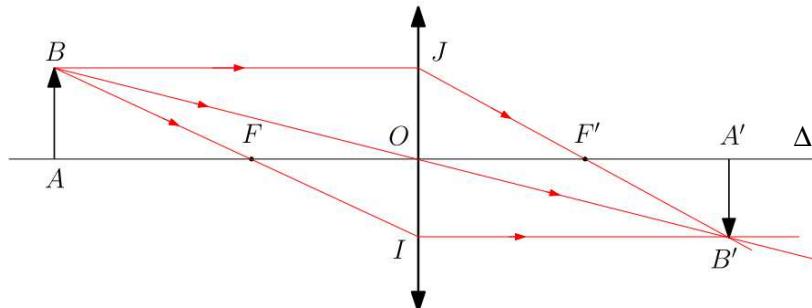
### Convention d'orientation : (Voir §1.2)

Les positions de l'objet  $AB$  et de son image  $A'B'$  ( $A$  et  $A'$  étant sur l'axe optique) sont repérées par les valeurs algébriques  $\overline{OA}$  et  $\overline{OA'}$  des distances  $OA$  et  $OA'$  (voir figure ci-dessus).

- $\overline{OA} < 0$  si le point  $A$  est placé avant la lentille ;
- $\overline{OA'} > 0$  si le point  $A'$  est placé après la lentille ;
- $\overline{OA'} < 0$  si le point  $A'$  est placé avant la lentille.

### 2.4. Construction graphique de l'image d'un objet

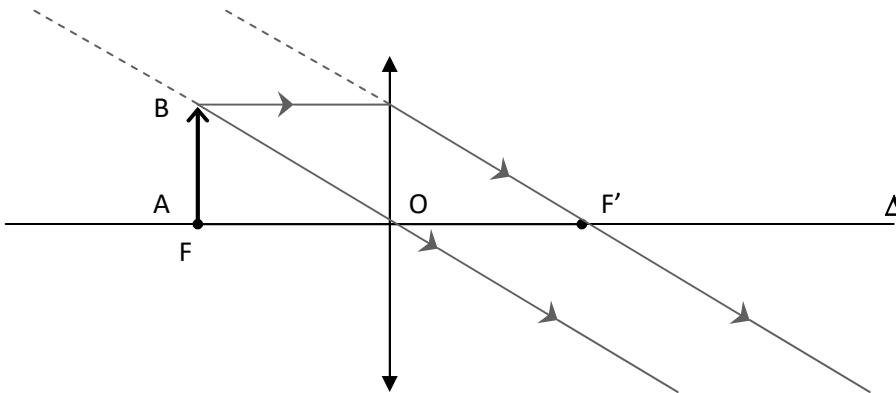
#### **1 Objet placé avant le foyer principal objet $F$ : $\overline{AO} > f'$**



( $\Delta$ ) : axe optique  
 AB : objet réel  
 F : foyer principal objet  
 A'B' : image réelle renversée  
 F' : foyer principal image

Exemple : objectif photographique

#### **2 Objet placé au foyer principal objet $F$ de la lentille : $\overline{AO} = f'$**



( $\Delta$ ) : axe optique  
 AB : objet réel  
 F : foyer principal objet  
 A'B' : image à l'infini  
 F' : foyer principal image

Exemple : le phare (maritime)

### Grandissement

Il existe une relation entre la grandeur de l'objet et celle de l'image, appelée **grandissement** :

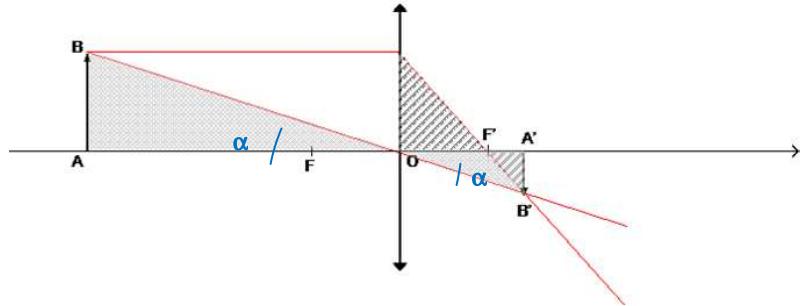
$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

Remarque : le grandissement n'ayant pas d'unité,  $\overline{OA}$  et  $\overline{OA'}$  doivent être exprimées dans la même unité.

Signe de $\gamma$	$\gamma < 0$	$\gamma > 0$	Valeur de $\gamma$	$\gamma < -1$ ou $\gamma > 1$	$-1 < \gamma < 1$
Sens de l'image	Image et objet sont de sens contraire	Image et objet sont de même sens	Taille de l'image	Plus grande que l'objet	Plus petite que l'objet

Démonstration :

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde



En appliquant le théorème de Thales dans les triangles grisés, on obtient :

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

Ou

$$\tan \alpha = \frac{\overline{AB}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{OA'}} \Leftrightarrow \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

#### Exercice :

L'image d'un objet situé à une distance  $\overline{OA} = -15,0$  cm d'une lentille est formée à une distance  $\overline{OA'} = 30,0$  cm. Calculez le grossissement de la lentille.

#### Réponse :

Par définition :  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

A.N. :  $\gamma = -2 \Rightarrow$  l'image est donc renversée ( $\gamma < 0$ ) et plus grande que l'objet ( $|\gamma| > 1$ ).

### 3. Le modèle de l'œil

#### L'œil et sa modélisation

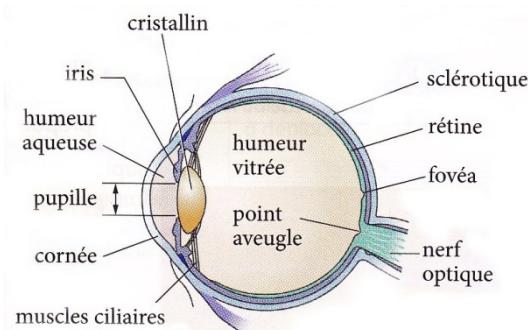


Fig. 1 : Anatomie de l'œil

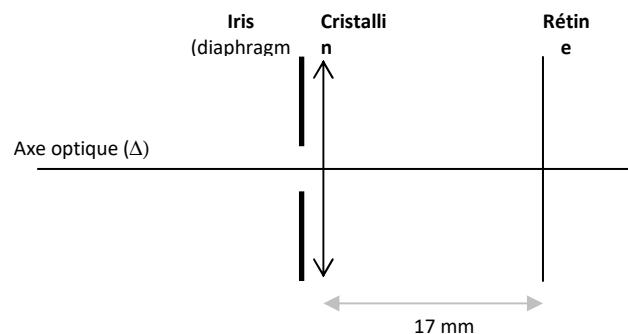


Fig. 2 : Modèle optique de l'œil (œil réduit)

Fonction	Elément de l'œil réel	Elément de l'œil réduit
Régulation de la quantité de lumière	Iris (et pupille)	Diaphragme
Formation de l'image	Cornée, humeur aqueuse et cristallin	Lentille convergente
Réception de la lumière	Rétine	Ecran

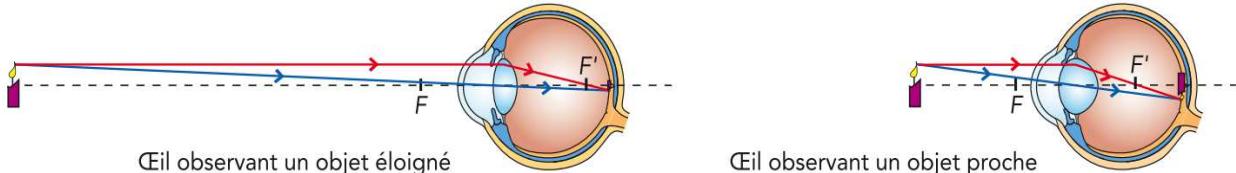
Remarque : la distance cristallin (lentille) – rétine (écran) est fixe.

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

#### 4. A RETENIR :

- Pour voir un objet, la lumière pénètre dans l'œil et traverse des milieux transparents formés par la **cornée**, **l'humeur aqueuse** et le **cristallin** ;
- L'image se forme, à l'envers, sur la rétine qui transmet les informations au cerveau.

##### 4.1. L'accommodation

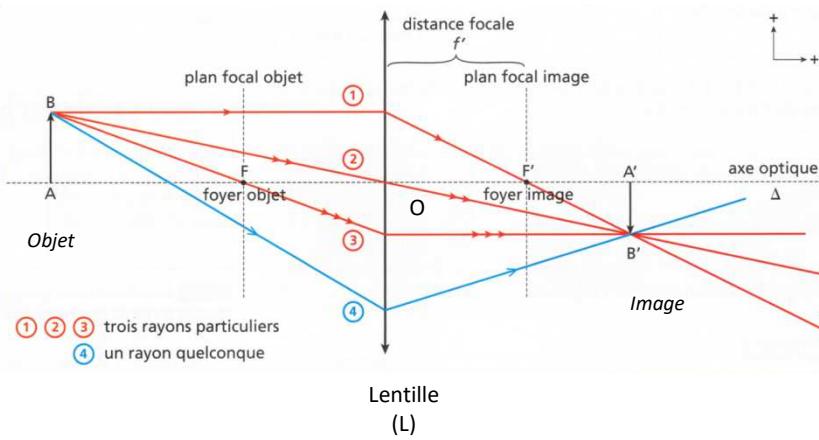


Lorsqu'un objet se rapproche de l'œil, la cristallin se déforme pour modifier (ici diminuer) sa distance focale afin que l'image se forme sur la rétine. C'est l'accommodation.

#### A RETENIR

Pour avoir une image nette sur la rétine, la distance focale de l'œil peut varier sous l'action de muscles qui déforment le cristallin : c'est le phénomène d'**accommodation**.

##### Les lentilles convergentes



##### Conventions :

- $\overline{OA} < 0$  si le point A est placé avant la lentille ;
  - $\overline{OA'} > 0$  si le point A' est placé après la lentille ;
  - $\overline{OA'} < 0$  si le point A' est placé avant la lentille.
- ⇒ En optique géométrique, le sens positif correspond au sens de propagation de la lumière.

- La **distance entre O et F'** représente la **distance focale (image)**  $f'$ , elle s'exprime en mètre (symbole : m) :

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

- La **vergence V** de la lentille s'exprime en dioptrie (symbole :  $\delta$ ) :

$$C = \frac{1}{f'} \quad \begin{cases} f' \text{ en mètre (m)} \\ C \text{ en dioptrie (\delta)} \end{cases}$$

- Le sens, la taille et la position de l'image donnée par la lentille dépendent de l'objet :

Grandissement

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

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

Image réelle renversée :

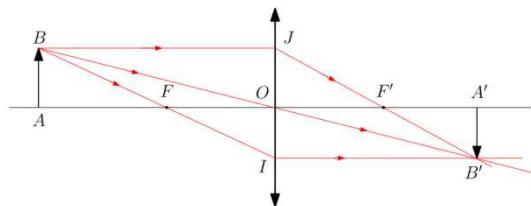
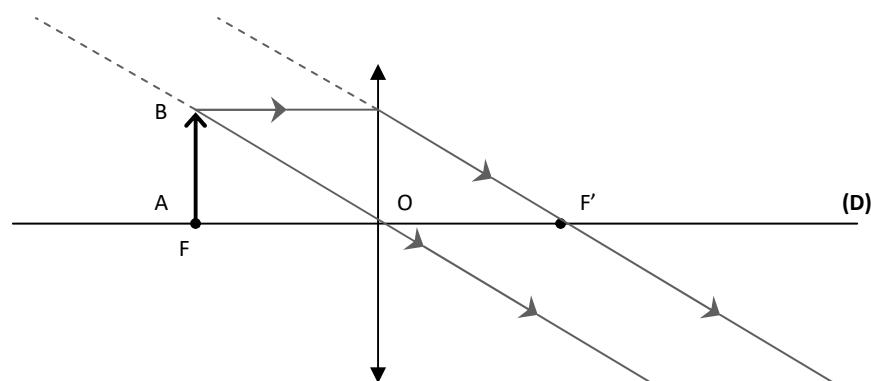
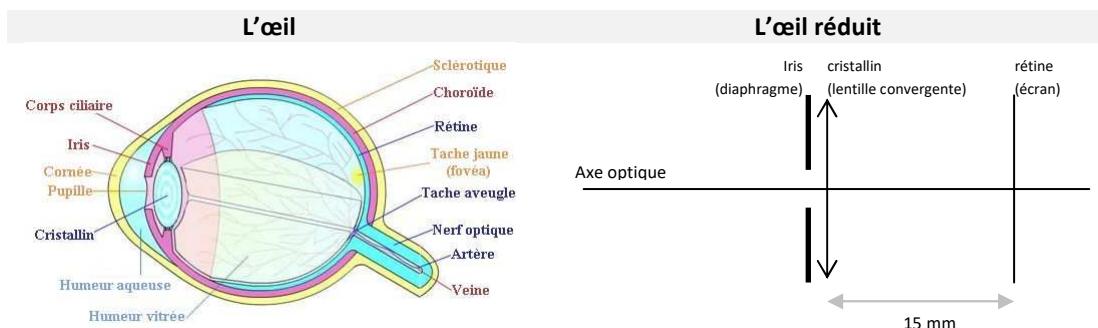


Image située à l'infini :

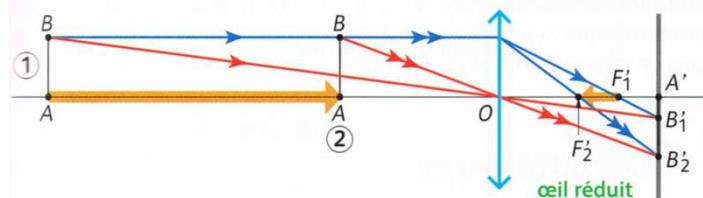


L'œil



Fonction	Elément de l'œil réel	Elément de l'œil réduit
Régulation de la quantité de lumière	Iris (et pupille)	Diaphragme
Formation de l'image	Cornée, humeur aqueuse et cristallin	Lentille convergente
Réception de la lumière	Rétine	Ecran

L'accommodation



Pour avoir une image nette sur la rétine, la distance focale de l'œil peut varier sous l'action de muscles qui déforment le cristallin : c'est le phénomène d'**accommodation**.

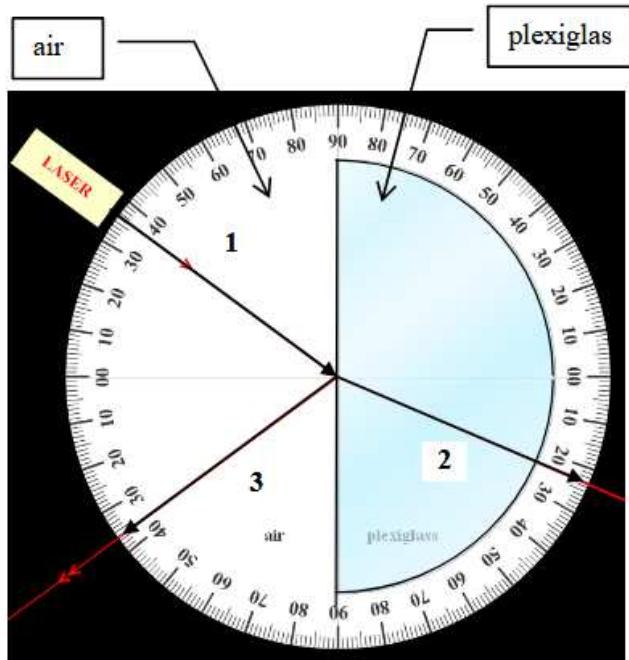
Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

### Application 1

- Un rayon de lumière rouge (en noir sur le schéma) issu d'une source laser et se propageant dans l'air, arrive sur la face plane d'un demi-cylindre de plexiglas.

#### 1. Répondre à l'aide du schéma ci-dessous

- 1.1. Comment se nomme le rayon noté 1 ? .....
- 1.2. Comment se nomme le rayon noté 2 ? .....
- 1.3. Comment se nomme le rayon noté 3 ? .....
- 1.4. Quel est le rayon caractéristique de la réfraction ? .....
- 1.5. Quel est le rayon caractéristique de la réflexion ? .....
- 1.6. Indiquer sur le schéma, par un trait vert, la ligne (ou surface) de séparation entre l'air et le plexiglas.
- 1.7. Indiquer, par un trait bleu, sur le schéma la normale à la ligne (ou surface) de séparation
- 1.8. Repérer sur le schéma l'angle d'incidence noté  $i_1$ . Donner sa valeur  $i_1$  au degré près :  $i_1 =$  .....
- 1.9. Repérer sur le schéma l'angle de réfraction noté  $i_2$ . Donner sa valeur  $i_2$  au degré près :  $i_2 =$  .....



L'indice de réfraction d'un milieu transparent dépend de la vitesse dans le milieu selon la relation :  $n_{\text{milieu}} = \frac{c}{v}$  avec  $v$  vitesse de la lumière dans le milieu et  $c$  vitesse de la lumière dans le vide.

- **Données** : vitesse de la lumière **dans le vide ou dans l'air** :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

- 2.1. Calculer la valeur de l'indice de l'air  $n_{\text{air}}$ . Justifier votre réponse.

- 2.2. Si l'indice du milieu est  $n_{\text{milieu}} = 1,33$ , quelle est la vitesse  $v$  de la lumière dans ce milieu ?

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

Cocher la relation mathématique correspondant à l'expression de la 3<sup>ème</sup> loi de Descartes dans ce cas de figure.

$n_{\text{air}} \times \sin(54^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(67^\circ)$

$n_{\text{air}} \times \sin(36^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(23^\circ)$

$n_{\text{air}} \times \sin(23^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(36^\circ)$

$n_{\text{air}} \times \sin(67^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(54^\circ)$

**3.1.** Déterminer l'indice de réfraction  $n_{\text{plexi}}$  du plexiglas. Détailler votre calcul.

- On fait maintenant tourner le disque gradué de façon à ce que le rayon arrive sur la face plane du demi-cylindre avec un angle d'incidence de  $54^\circ$ .

**3.2.** Utiliser la 3<sup>ème</sup> loi de Descartes pour calculer l'angle de réfraction (à  $1^\circ$  près). Détailler votre raisonnement et vos calculs. (Si vous n'avez pas la valeur de l'indice de réfraction  $n_{\text{plexi}}$  du plexiglas, prendre  $n_{\text{plexi}} = 1,33$ ).

### Correction

Le rayon noté 1 est le **rayon incident** (0.5 point)

Le rayon noté 2 est le **rayon réfracté** (0.5 point)

Le rayon noté 3 est le **rayon réfléchi** (0.5 point)

Le rayon caractéristique de la réfraction est le **rayon 2** (0.5 point)

Le rayon caractéristique de la réflexion est le **rayon 3** (0.5 point)

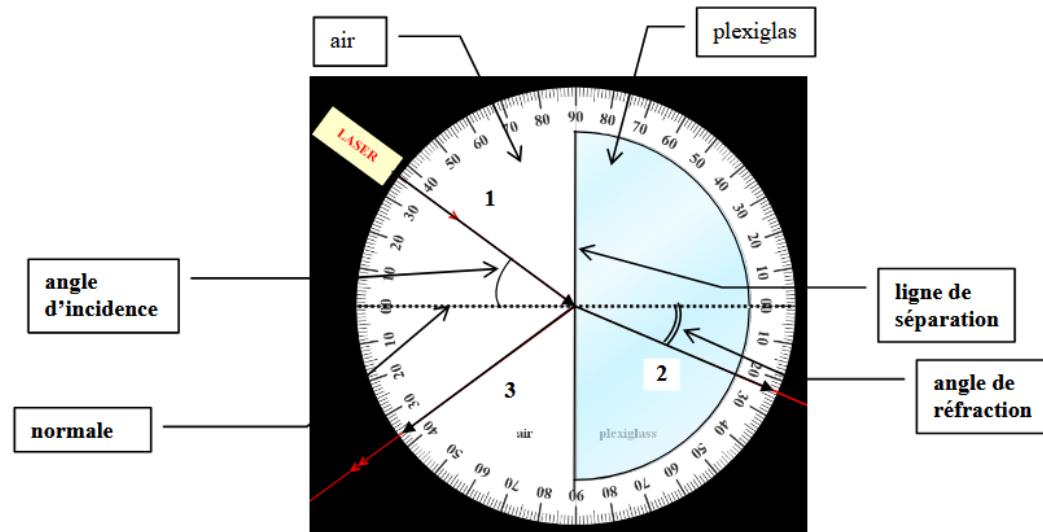
Indiquer sur le schéma, par un trait vert ou bleu, la ligne (ou surface) de séparation entre l'air et le plexiglas. (0.5 point)

Indiquer, par un trait vert ou bleu, sur le schéma la normale à la ligne (ou surface) de séparation (0.5 point)

Repérer sur le schéma l'angle d'incidence noté  $i_1$ . Donner sa valeur  $i_1$  au degré près :  $i_1 = 36^\circ$  (1 point)

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

Repérer sur le schéma l'angle de réfraction noté  $i_2$ . Donner sa valeur  $i_2$  au degré près :  $i_2 = 23^\circ$  (1 point)



### Indice de réfraction

La vitesse de la lumière dans l'air est la même que celle dans le vide donc  $n_{\text{air}} = \frac{c}{c} = 1,0$  (1 point)

$$n_{\text{milieu}} = \frac{c}{v} \text{ donc } v = \frac{c}{n_{\text{milieu}}} \text{ soit } v = \frac{3,00 \times 10^8}{1,33} = 2,26 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} \text{ (1 point)}$$

### 3<sup>ème</sup> loi de Snell-Descartes

la 3<sup>ème</sup> loi de Descartes dans ce cas de figure est  $\boxed{n_{\text{air}} \times \sin(36^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(23^\circ)}$  (1 point)

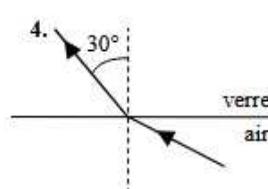
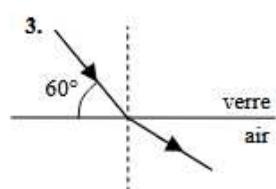
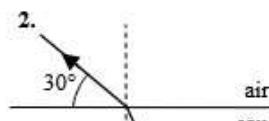
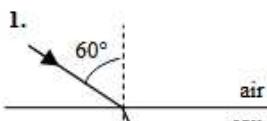
$$n_{\text{air}} \times \sin(36^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(23^\circ) \text{ d'où } n_{\text{plexi}} = \frac{n_{\text{air}} \times \sin(36^\circ)}{\sin(23^\circ)} = \frac{1,0 \times 0,59}{0,39} = 1,5 \text{ (0,5 point)}$$

$$n_{\text{air}} \times \sin(54^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(i_2) \text{ soit } \sin(i_2) = \frac{n_{\text{air}} \times \sin(54^\circ)}{n_{\text{plexi}}} ; \sin(i_2) = \frac{1,0 \times 0,81}{1,5} = 0,54 \text{ soit } i_2 = 33^\circ \text{ (0,5 point)}$$

$$\text{Si } n_{\text{plexi}} = 1,33 \text{ alors } \sin(i_2) = \frac{1,0 \times 0,81}{1,33} = 0,61 \text{ soit } i_2 = 38^\circ \text{ (0,5 point)}$$

### Application 2

1. Noter sur les schémas ci-dessous les angles  $i$  et  $r$ .



On donne :  $n_{\text{air}} = 1,00$  ;  $n_{\text{eau}} = 1,33$  ;  $n_{\text{verre}} = 1,51$ .

2. Reporter dans le tableau ci-après toutes les valeurs trouvées dans l'énoncé et sur les schémas.

schéma	$i$	$r$	nom et indice du milieu 1	nom et indice du milieu 2
n°1				
n°2				
n°3				
n°4				

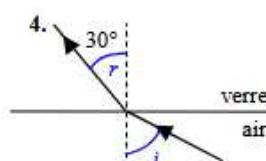
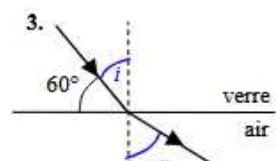
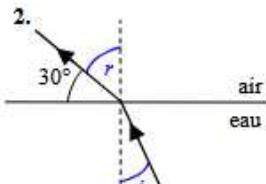
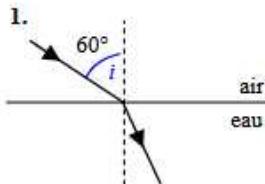
3. Compléter le tableau en faisant les calculs nécessaires.

4. Dans quels cas le rayon réfracté se rapproche-t-il de la normale ?

### Correction

Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

### 1. Angles $i$ et $r$



On donne :  $n_{\text{air}} = 1,00$  ;  $n_{\text{eau}} = 1,33$  ;  $n_{\text{verre}} = 1,51$ .

### 2. Tableau des valeurs trouvées dans l'énoncé et sur les schémas.

schéma	$i$	$r$	nom et indice du milieu 1	nom et indice du milieu 2
n°1	$60^\circ$	?	air ; $n_1 = 1,00$	eau ; $n_2 = 1,33$
n°2	?	$60^\circ$	eau ; $n_1 = 1,33$	air ; $n_2 = 1,00$
n°3	$30^\circ$	?	verre ; $n_1 = 1,51$	air ; $n_2 = 1,00$
n°4	?	$30^\circ$	air ; $n_1 = 1,00$	verre ; $n_2 = 1,51$

### 3. Loi de Descartes : $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$

$$\text{n}^{\circ}1 : 1,00 \cdot \sin 60^\circ = 1,33 \cdot \sin r \rightarrow \sin r = \frac{\sin 60^\circ}{1,33} = 0,651 \rightarrow r = 40,6^\circ$$

$$\text{n}^{\circ}2 : 1,33 \cdot \sin i = 1,00 \cdot \sin 60^\circ \rightarrow \sin i = \frac{\sin 60^\circ}{1,33} = 0,651 \rightarrow i = 40,6^\circ$$

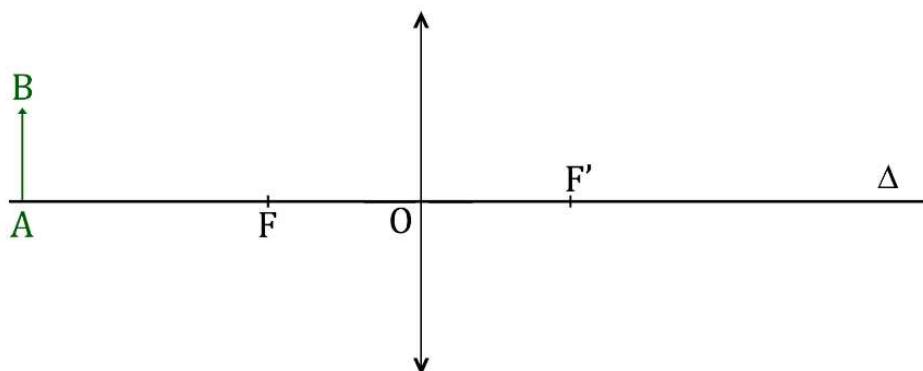
$$\text{n}^{\circ}1 : 1,51 \cdot \sin 30^\circ = 1,00 \cdot \sin r \rightarrow \sin r = 1,51 \cdot \sin 30^\circ = 0,755 \rightarrow r = 49,0^\circ$$

$$\text{n}^{\circ}1 : 1,00 \cdot \sin i = 1,33 \cdot \sin 30^\circ \rightarrow \sin i = 1,33 \cdot \sin 30^\circ = 0,755 \rightarrow i = 40,6^\circ$$

4. Le rayon réfracté se rapproche de la normale lorsque la lumière passe d'un milieu d'indice faible à un milieu d'indice plus élevé.

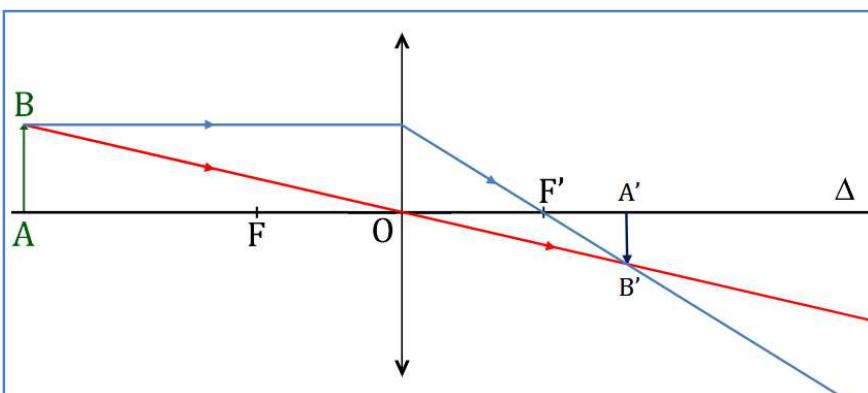
### Application 3

Dans cet exercice, 1cm sur le papier correspond à 5cm en taille réelle.



- 1) Mesurer la distance focale de la lentille. (Pensez à prendre en compte l'échelle).
- 2) Construire l'image A'B' de l'objet AB.
- 3) Calculer le grandissement. Votre résultat sera présenté avec un seul chiffre après la virgule.
- 4) Donner les caractéristiques de l'image obtenue.

### Correction



Professeur	Bahloul Khalid (+212) 622-17-65-52
Chapitre	La réfraction et les lentilles (l'essentiel du cours + applications)
Niveaux	Seconde

La distance focale correspond à la distance  $OF'$  entre le centre optique et le foyer image. On mesure 3cm sur le schéma. La distance  $OF' = 3 \times 5 = 15\text{cm}$

On trace 2 ou 3 rayons particuliers.

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} \text{ ou } \gamma = \frac{OA'}{OA} \text{ AN : } \gamma = \frac{6}{9.5} \text{ ou } \gamma = \frac{24.5}{39.5} \approx 0,6$$

L'image est réelle, renversée et plus petite que l'objet.

NB (l'image est réelle si elle est du côté du foyer image  $F'$  à droite de la lentille