

# Chapitre 16 : Propagation des ondes lumineuses

## À maîtriser pour commencer

- › Connaître les propriétés de la propagation de la lumière
- › Le modèle du rayon lumineux

### Numérique

Connectez-vous sur [lelivrescolaire.fr](http://lelivrescolaire.fr) pour tester vos connaissances sur le quiz en ligne ! [LLS.fr/PC2P287](http://LLS.fr/PC2P287)

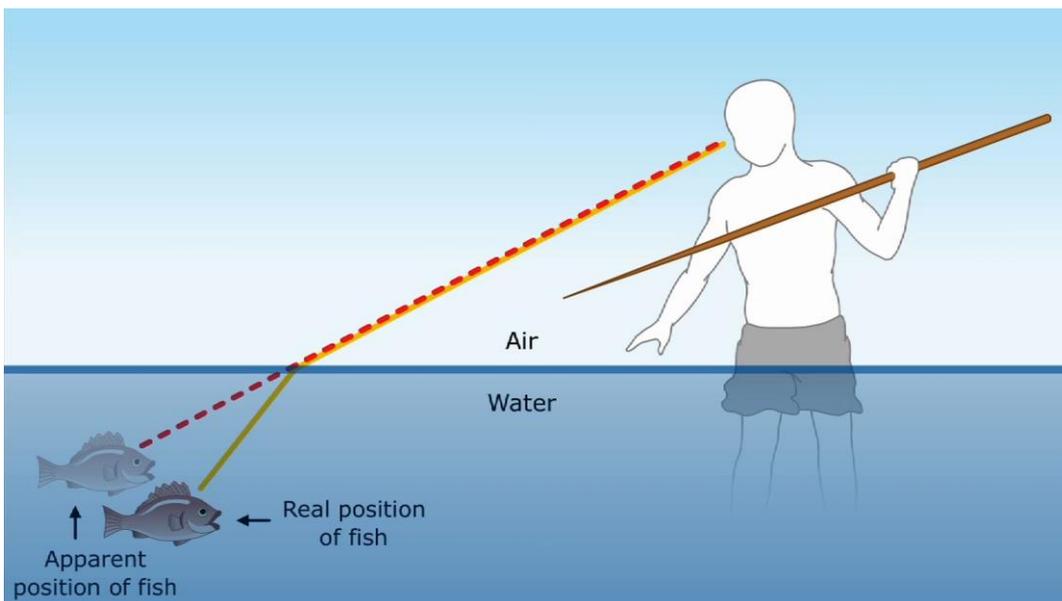
## Objectifs du chapitre

- ▣ Connaître et exploiter les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction
- ▣ Savoir décrire et expliquer qualitativement le phénomène de dispersion de la lumière par un prisme
- ▣ Savoir déterminer graphiquement l'image réelle d'un objet par une lentille convergente

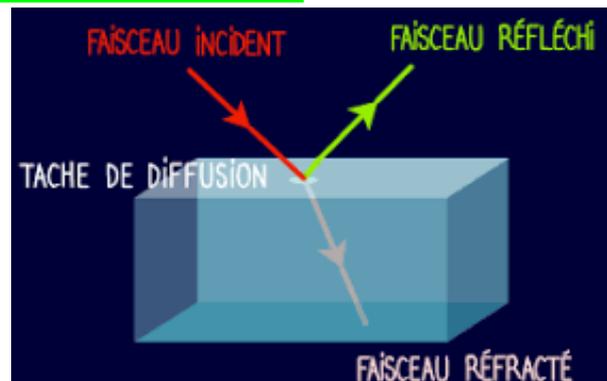
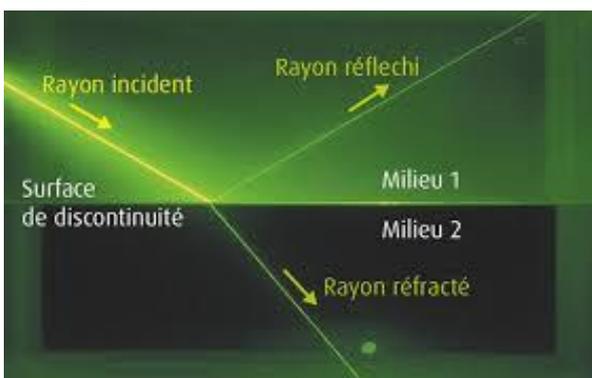
## 1) Réfraction et réflexion de la lumière blanche

### 1.1) Propagation de la lumière

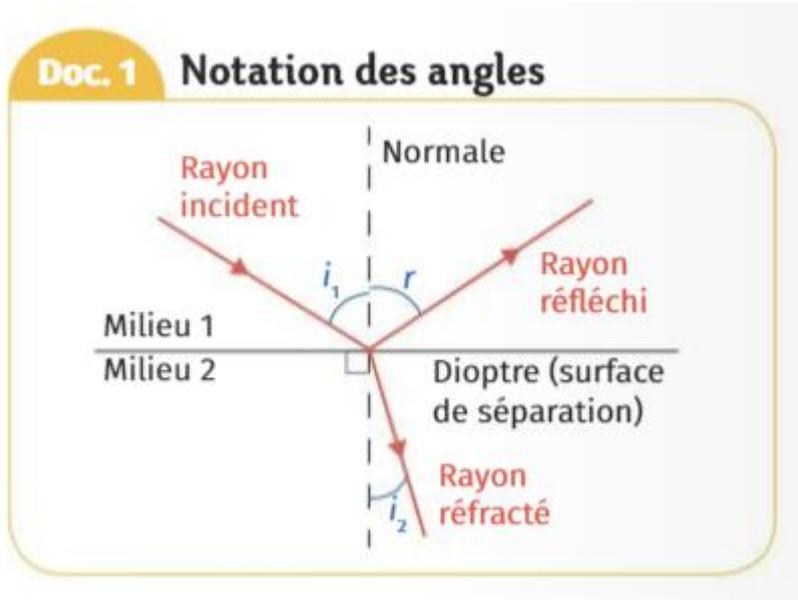
- Dans un milieu transparent et homogène, la lumière se propage en **LIGNE DROITE**
- Chaque faisceau de lumière est modélisé par **un RAYON lumineux** (que l'on représente par un trait)
- Lorsque la lumière **CHANGE** de milieu transparent, il peut se produire des phénomènes particuliers : Au bord de l'eau on remarque la situation suivante :



### Le rayon lumineux CHANGE de DIRECTION en entrant dans l'eau !



- **REFLEXION** : changement de direction du rayon lumineux qui **RESTE** dans le même milieu.
- **REFRACTION** : changement de direction du rayon lumineux qui **CHANGE** de milieu.
- Pour caractériser ces 3 rayons (Incident, Réfléchi et réfracté), on va utiliser des ANGLES :



## 1.2) Lois de SNELL – DESCARTES

- La lumière se propage à des vitesses différentes selon le milieu transparent  
Si  $v$  est la vitesse de la lumière dans le milieu transparent et  $c$  la vitesse de la lumière dans le vide ;  
L'indice de réfraction,  $n$ , est défini par :

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{c et v en m/s et n SANS UNITES}$$

**Exercice 1 :** Complétez le tableau suivant :

Milieu	Indice (n)	Vitesse lumière v ( en m/s)
Air, vide	1	
Eau	1.33	
Ethanol	1.36	
Plexiglas	1.50	
Verre	1.50	
Diamant	2.42	

**1<sup>ère</sup> loi:** Les rayons incident, réfracté et réfléchi appartiennent au même plan .

**2<sup>ème</sup> loi:** Lors de la réflexion, on a la relation entre les angles :  $i_1 = r$

**3<sup>ème</sup> loi:** Lorsqu'un rayon lumineux est réfracté à travers la surface séparant l'air d'un autre milieu transparent, les angles  $i_1$  et  $i_2$  qu'il forme avec la normale au plan vérifie :

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

Avec  $n_1$  et  $n_2$ , les indices des 2 milieux transparents

**Exercice 1 : N°-5-6-7-8-9 p 295**

**5 Relation de Snell-Descartes**

- Énoncer les lois de Snell-Descartes pour la réfraction.

**6 Isoler une grandeur**

Dans la relation de Snell-Descartes pour la réfraction, isoler la grandeur  $n_2$ .

- La calculer dans le cas où  $n_1 = 1,00$ ,  $i_1 = 60^\circ$  et  $i_2 = 45^\circ$ .

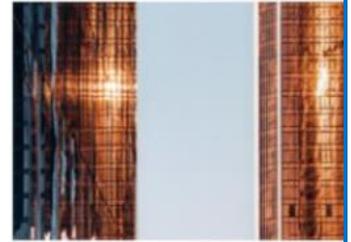
**7 Une histoire de vitesse**

L'eau possède un indice de réfraction  $n_{\text{eau}} = 1,33$  alors que celui du plexiglas est  $n_{\text{plexiglas}} = 1,49$ .

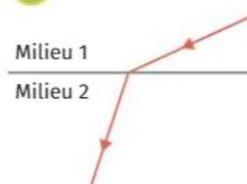
- Dans lequel de ces deux milieux la lumière se propage-t-elle le plus rapidement ?

**8 Réflexion sur un miroir**

- Donner l'angle de réflexion d'un rayon lumineux arrivant sur un miroir avec un angle d'incidence de  $30^\circ$ .



**9 Réfraction**



- Sur le schéma ci-contre, légenter les rayons incidents et réfractés ainsi que les angles d'incidence, de réfraction et la normale au dioptre.

**Exercice 2 : N°10-11-12-13 p 295 :**

**Réfraction et réflexion de la lumière**

**10 Schéma global de la réfraction**

✓ APP : Faire un schéma

On cherche à tracer le trajet de la lumière au passage de l'air à l'huile d'indice  $n_{\text{huile}}$ . L'angle d'incidence est  $i_1 = 45^\circ$ .

1. Faire le schéma global de la situation.
2. Déterminer l'angle de réfraction  $i_2$  et l'angle de réflexion  $r$ .

**Données**

- Indice de l'air :  $n_{\text{air}} = 1,00$  ;
- Indice de l'huile :  $n_{\text{huile}} = 1,47$ .

**11 D'où ce rayon vient-il ?**

✓ MATH : Résoudre une équation

On observe un rayon réfracté dans l'eau ( $n_{\text{eau}} = 1,33$ ) avec un angle de réfraction de  $25^\circ$ .

- Quel est l'angle d'incidence si le rayon incident est dans l'air ( $n_{\text{air}} = 1$ ) ? Et dans l'huile ( $n_{\text{huile}} = 1,47$ ) ?

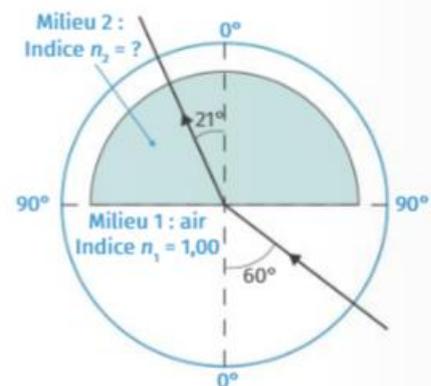
**Numérique**

Connectez-vous sur [lelivrescolaire.fr](http://lelivrescolaire.fr) pour retrouver plus d'exercices. [LLS.fr/PC2P295](http://LLS.fr/PC2P295)

**12 Retrouver l'indice optique du milieu**

✓ APP : Extraire l'information utile

Un rayon incident dans l'air est réfracté par un milieu d'indice  $n_2$  à déterminer.



1. Exprimer  $n_2$  en fonction de  $n_{\text{air}}$ ,  $i_1$  et  $i_2$ .
2. En déduire la valeur de  $n_2$  en s'appuyant sur le schéma.

**Dispersion de la lumière**

**13 Décomposer la lumière**

✓ APP : Maîtriser le vocabulaire

1. Avec quel dispositif peut-on décomposer une lumière polychromatique ?
2. Que signifie le terme milieu dispersif ?
3. Citer un exemple de milieu dispersif et un exemple de milieu non dispersif.

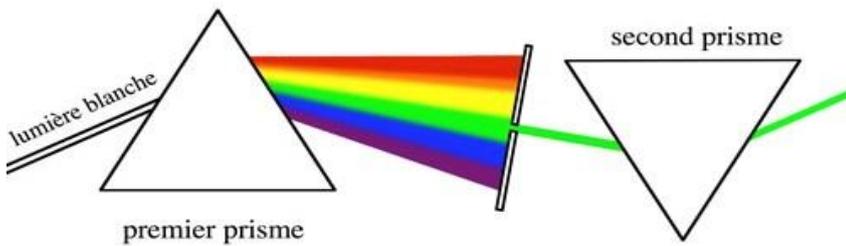
## 2) Dispersion de la lumière blanche

### 2.1) Qu'est-ce que la dispersion ?



La dispersion de la lumière est la séparation des différentes radiations qui composent cette lumière

### 2.2) Interprétation de la dispersion par un prisme



Le prisme disperse la lumière blanche parce que son indice dépend de la longueur d'onde dans le vide des radiations qui la composent.

Par exemple, pour le verre Flint :  $n_{400\text{ nm}} = 1.66$  alors que  $n_{600\text{ nm}} = 1.62$

En résumé, le prisme disperse la lumière blanche pour 2 raisons :

- **L'indice de réfraction du prisme dépend de la longueur d'onde**
- **La forme du prisme amplifie la déviation des rayons lumineux**

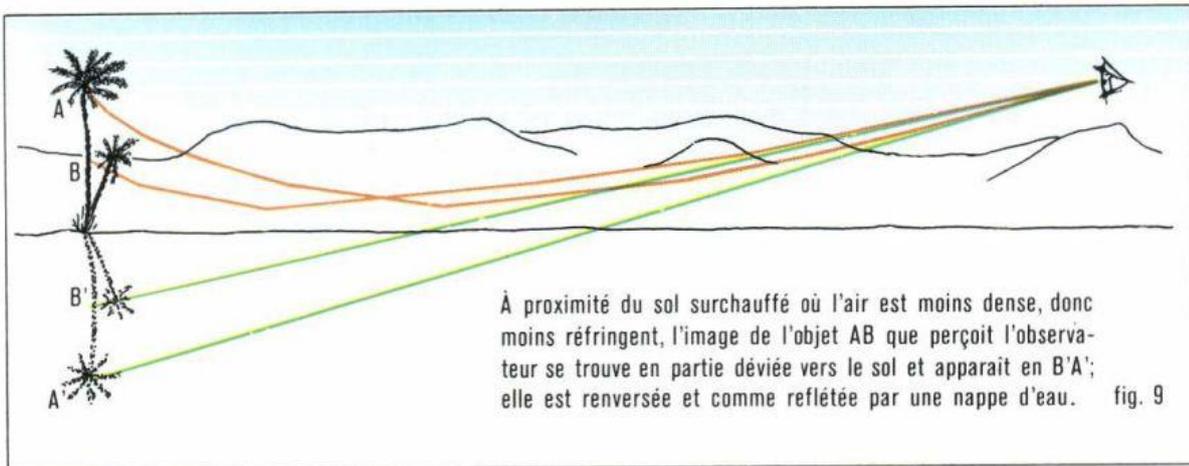
### 2.3) Exemples de Réfractions dans l'atmosphère terrestre

→ Arc en ciel

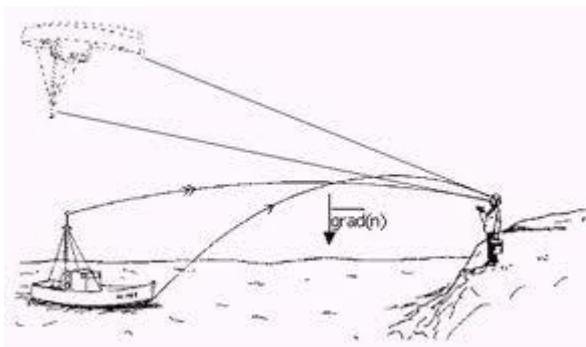


→ Mirages

Il existe des mirages INFÉRIEURS ( ou chauds):



Et des mirages SUPÉRIEURS ( ou froids ) :





→ il est un exemple célèbre, celui du **Mont CANIGOU** situé dans les pyrénées orientales, près de Perpignan. 2 fois par an , il est possible ( si les conditions météo sont bonnes) , de voir cette montagne depuis Marseille. Compte tenu de la courbure de la surface terrestre, aucun rayon lumineux en **ligne droite** ne peut joindre ces 2 endroits.



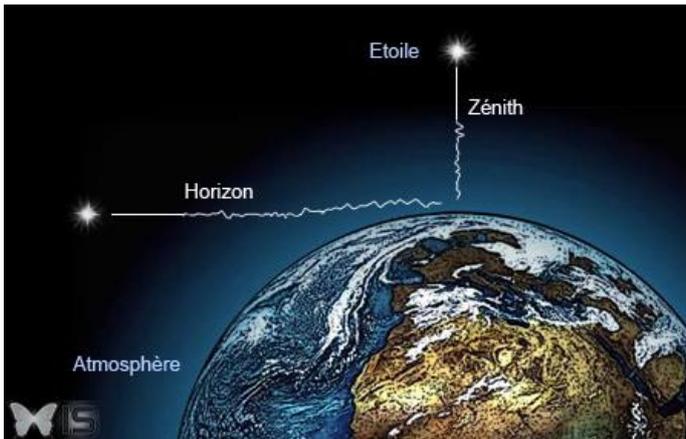
*Photographie du Mont Canigou prise depuis les côtes catalanes à proximité de Perpignan.*



*Photographie du Mont Canigou prise depuis Marseille, au coucher du Soleil.*

La distance entre les 2 lieux est de 263 km en ligne droite, le sommet du Canigou culmine à 2761 m .

→ Scintillation des étoiles

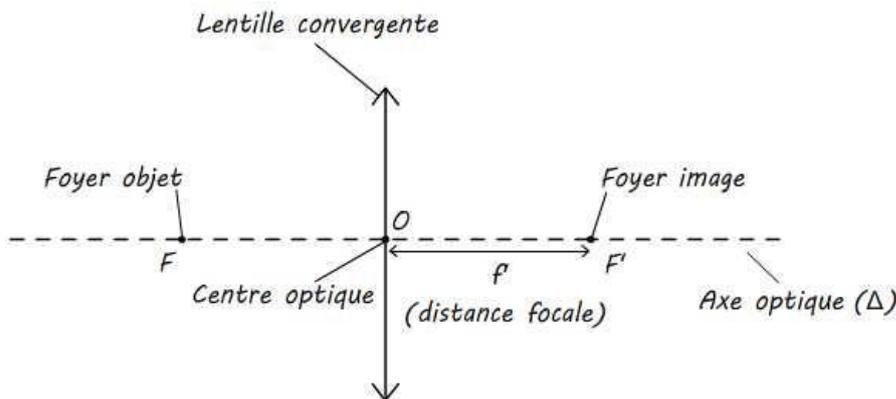


La lumière des étoiles à l'horizon (par rapport à l'observateur) subit plus de perturbations (sources multiples)

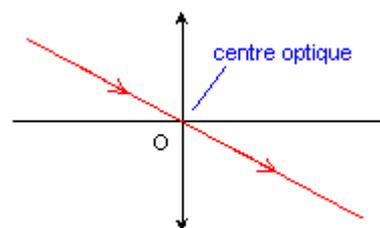
### 3) Les lentilles minces convergentes

#### 3.1) Caractéristiques d'une lentille

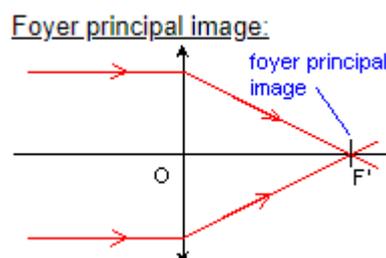
- Les lentilles minces sont des milieux transparents délimités par 2 surfaces, dont l'une au moins n'est pas plane.
- Les lentilles convergentes sont plus minces sur les bords qu'au centre.



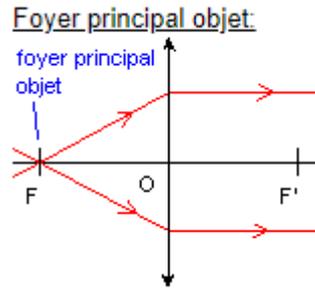
- Les 2 foyers F et F' sont symétriques par rapport au centre optique O de la lentille
- On peut tracer 3 RAYONS PARTICULIERS à travers une lentille convergente :  
→ Tout rayon passant par le centre optique de la lentille noté O, n'est pas dévié :



→ Tout rayon incident parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant par un point de l'axe optique appelé **FOYER IMAGE F'** :



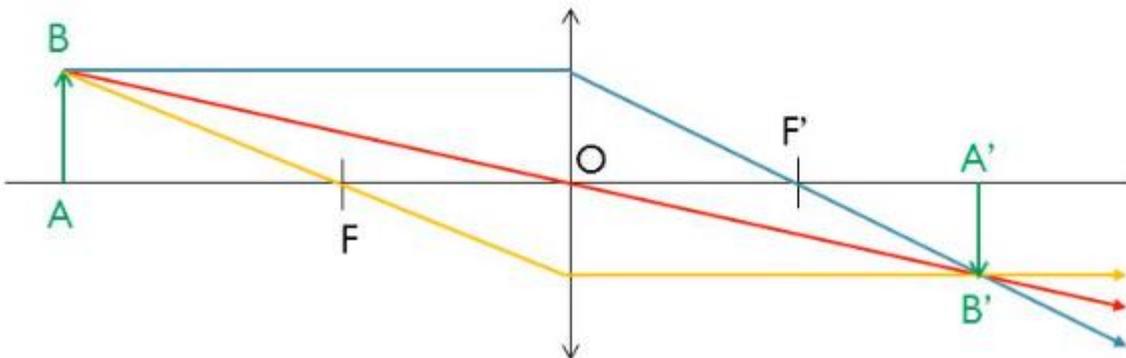
→ Tout rayon incident passant par un point de l'axe optique appelé **FOYER OBJET F**, émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique :



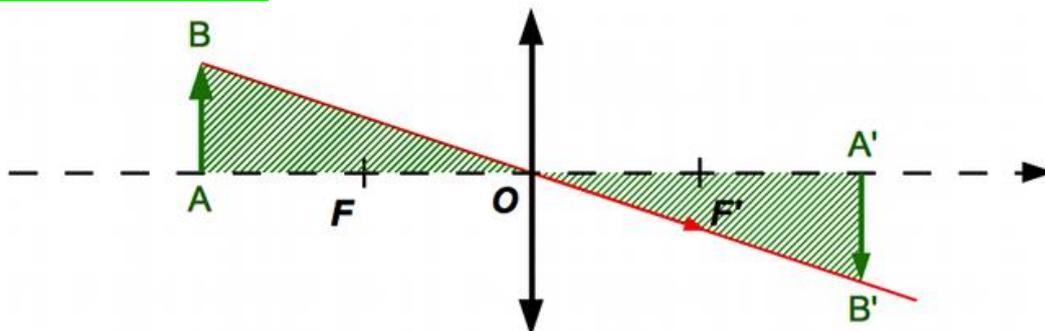
**3.2) Construction d'une image réelle**

**Principe de construction**

- Un rayon incident passant par le centre optique O de la lentille ne subit pas de déviation.
- Un rayon incident parallèle à l'axe optique de la lentille émerge de la lentille en passant par son foyer F'.
- Un rayon incident passant par le foyer principal objet F émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.



- On remarque que l'image A'B' est renversée par rapport à l'objet AB
- Selon la position de AB, l'image A'B' sera plus ou moins grande. On utilise alors le **GRANDISSEMENT** :



► Le grandissement  $\gamma$  est défini par le rapport entre la hauteur algébrique de l'image et celle de l'objet :  $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$ .

- Si  $\gamma < 0$  alors l'image est renversée par rapport à l'objet et si  $\gamma > 0$ , on dit que l'image est droite.
- Si  $|\gamma| > 1$  alors l'image est agrandie par rapport à l'objet.

**Exercice 3 :**

**14 Quel est le milieu le plus dispersif ?**

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

Voici quelques valeurs d'indices de réfraction pour l'air, le verre crown et le verre flint éclairés par des lumière de longueurs d'onde différentes : 656 nm, 589 nm et 486 nm.

Longueur d'onde	486 nm	589 nm	656 nm
Air	1,00	1,00	1,00
Verre crown	1,522	1,517	1,514
Verre flint	1,682	1,666	1,658

1. Quels sont les milieux dispersifs parmi les trois proposés ?
2. Lequel est le plus dispersif ?

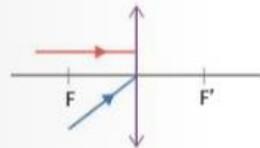
**Exercice 4 :**

**15 Que font ces rayons lumineux ?**

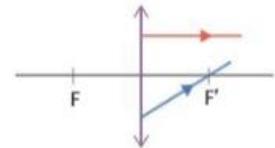
✓ ANA : Élaborer un protocole

- Reproduire et compléter le tracé des rayons lumineux.

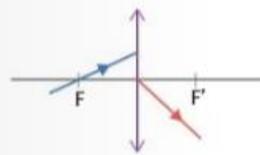
a.



b.



c.



**Exercice 5 :**

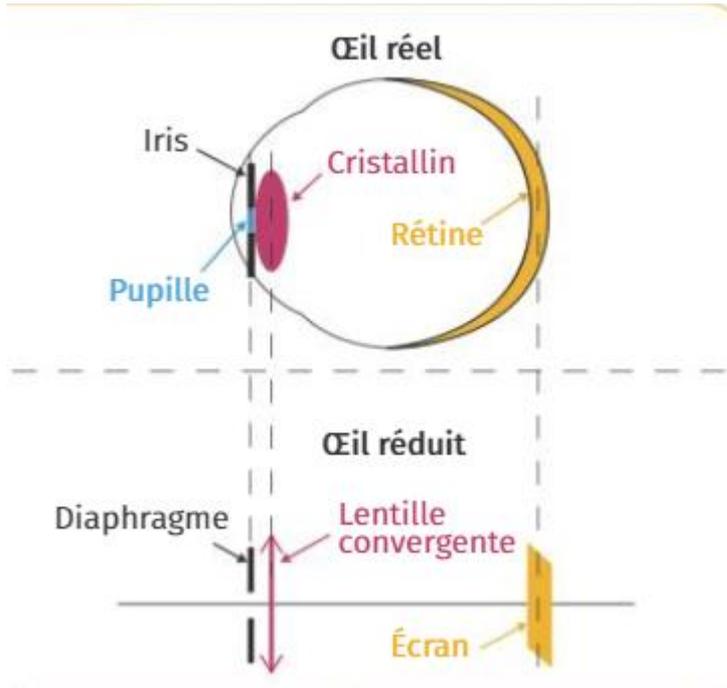
**17 Trouver la position de l'image**

✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

On souhaite tracer l'image d'un objet par une lentille convergente. Cette lentille possède une distance focale  $f' = 20$  cm. L'objet AB est situé sur l'axe optique de la lentille et perpendiculaire à celui-ci, et sa hauteur est  $\overline{AB} = 10$  cm. 1 cm sur le schéma correspond à 10 cm dans la réalité.

1. Tracer l'axe optique, la lentille et les trois points caractéristiques de la lentille sur un schéma.
2. L'objet étant situé à 60 cm de la lentille, le placer sur le schéma en respectant l'échelle.
3. Tracer les trois rayons caractéristiques et trouver l'image de l'objet par la lentille.
4. À quelle distance de la lentille se trouve l'image ? Quelle est sa taille ?
5. Calculer alors le grandissement de cette lentille.

## 4) Le fonctionnement de l'œil

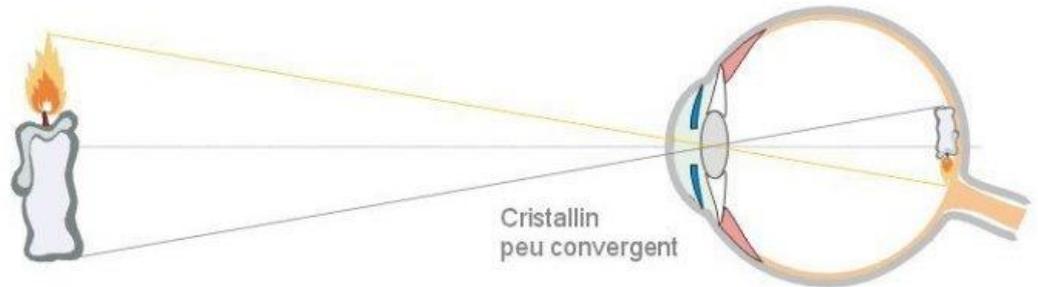


L'œil est un système complexe qui peut être modélisé :

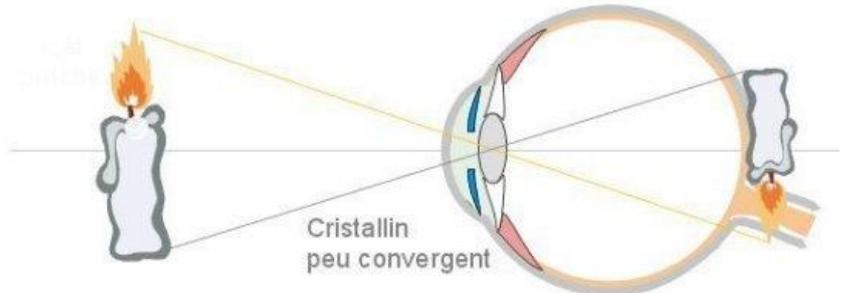
- L'iris correspond au diaphragme ( système qui régule la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil
- Le cristallin correspond à la lentille convergente.
- La rétine correspond à l'écran

Selon l'endroit où se trouve l'objet, l'œil doit accommoder

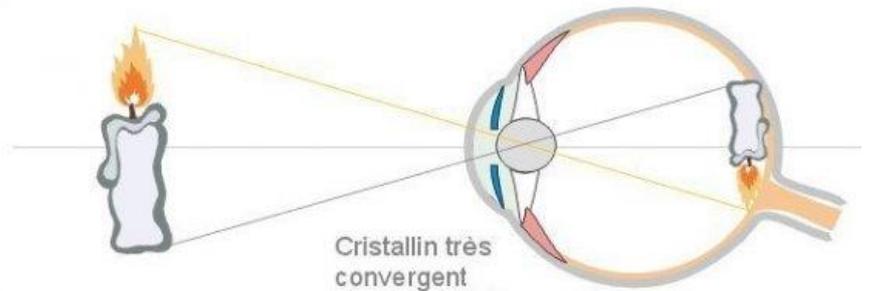
**Objet éloigné :**  
- pas d'accommodation  
- image nette



**Objet proche :**  
- pas d'accommodation  
- image floue



**Objet proche :**  
- accommodation  
- image nette



**Exercice 6 :**

**23 Où est la lentille ?**

✓ APP : Faire un schéma

Sur le schéma ci-dessous sont indiquées la position de l'objet et celle de l'image.



1. Où est située la lentille ? Reproduire le schéma et la dessiner dessus.
2. Déterminer la distance focale de cette lentille.

**Exercice 8 :**

**27 Le principe de Fermat**

✓ MATH : Pratiquer un calcul numérique

Selon le principe de Fermat, la lumière se propage d'un point à un autre de façon à ce que la durée de parcours soit la plus petite possible. La lumière prend le trajet qui minimise la grandeur  $n \cdot d$  (appelée chemin optique) avec  $n$  l'indice de réfraction du milieu et  $d$  la distance parcourue par le rayon lumineux dans le milieu.

1. À l'aide du principe de Fermat, expliquer rapidement pourquoi la lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène.
2. Quelle est l'unité du chemin optique  $n \cdot d$  ?
3. Calculer, pour le trajet 1, la valeur de  $n \cdot d$  dans le milieu 1 et dans le milieu 2 à l'aide notamment du théorème de Pythagore et de l'échelle indiquée sur le schéma. Effectuer la somme des deux résultats obtenus.

**Exercice 7 :**

**25 Trouver l'objet à partir de l'image**

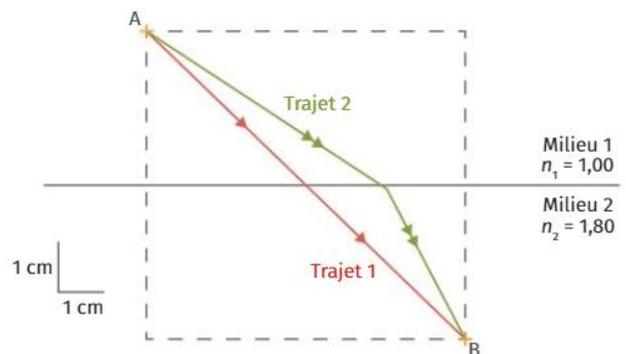
✓ VAL : Appliquer une relation entre grandeurs physiques

Une lentille convergente donne l'image d'un objet dont on ne connaît aucune caractéristique (ni taille, ni position par rapport à la lentille).

Cette lentille possède une distance focale de 20 cm. L'image est positionnée à 25 cm de la lentille et possède une taille de 8 cm.

1. À l'aide d'une construction graphique où 1 cm correspond à 10 cm dans la réalité, trouver la position et la taille de l'objet.
2. En déduire le grandissement de la lentille.

4. Effectuer le même raisonnement sur le trajet 2 dans le milieu 1 puis dans le milieu 2 puis faire la somme.
5. En déduire pourquoi la lumière se propage ici en utilisant le trajet 2 plutôt que le trajet 1.
6. Vérifier le respect de la loi de Snell-Descartes pour la réfraction en déterminant les sinus des angles incident et réfracté.



**Données**

- Indice du milieu 1 :  $n_1 = 1,00$  ;
- Indice du milieu 2 :  $n_2 = 1,80$ .

## 5) QCM

1 Réfraction et réflexion	A	B	C
1. Lorsque la lumière incidente (sous un angle $i$ non nul) change de milieu de propagation :	elle peut changer de direction.	rien ne lui arrive.	elle ne peut pas être réfléchie.
2. Si l'indice de réfraction augmente, la vitesse de la lumière dans le milieu :	augmente.	reste constante.	diminue.
3. Quelle est la bonne relation pour décrire la réfraction ?	$n_1 \cdot i_1 = n_2 \cdot i_2$ .	$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$ .	$i_1 = i_2$ .

## 2 Dispersion de la lumière

1. Une lumière polychromatique :	n'est composée que d'une seule couleur.	contient au moins deux couleurs.	ne subit pas de réfraction.
2. Placé sur le trajet d'une lumière, un prisme permet d'obtenir :	une seule couleur.	le spectre de la lumière incidente.	un arc-en-ciel.
3. Pour un milieu dispersif, l'indice de réfraction varie en fonction :	de l'intensité lumineuse.	du nombre de rayons lumineux.	de la longueur d'onde.

## 3 Lentilles convergentes et œil

1. La distance focale d'une lentille est la distance algébrique entre :	O et F.	O et F'.	F et F'.
2. Un rayon passant par le centre optique d'une lentille convergente :	émerge en passant par F'.	émerge parallèle à l'axe optique.	n'est pas dévié.
3. Dans le modèle réduit de l'œil, le cristallin est modélisé par :	un diaphragme.	une lentille convergente.	un écran.
4. Une longueur $\overline{AB} = 4$ cm pour une image verticale signifie que :	A est au-dessus de B.	il y a une erreur dans les résultats.	B est au-dessus de A.