

## P2 : Vision et image



Lorsque la lumière passe d'un milieu transparent à un autre, la lumière ne déplace plus en ligne droite en raison de deux phénomènes physiques appelés réfraction et réflexion.

Sur l'image ci-contre l'effet de la réfraction est bien visible !

### 1 Propagation et réfraction de la lumière.

#### A. Propagation de la lumière.

- La lumière se propage en ligne droite dans le vide et dans un milieu homogène.
- Dans l'**air** ou le **vide** sa célérité est  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

#### Définition Indice de réfraction

Pour un milieu transparent donné, on appelle indice de réfraction la grandeur

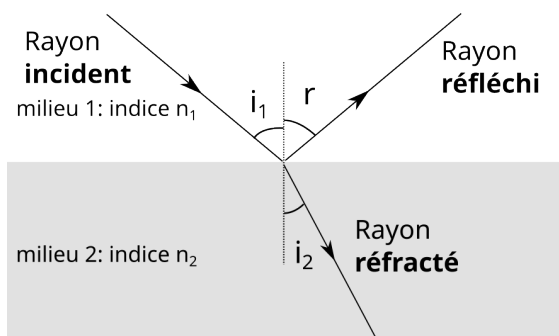
$$n = \frac{c}{v}$$

Où  $v$  est vitesse de la lumière dans le milieu transparent et  $c$  dans le vide.

#### B. Réfraction et réflexion

Un rayon de lumière arrive sur une surface de séparation avec un nouveau milieu:

- Une partie de la lumière **entre** dans le nouveau milieu en étant dévié, c'est le phénomène de réfraction.
- L'autre partie **est renvoyée** vers le milieu de départ, c'est le phénomène de réflexion.



#### Notations :

- Les milieux dans lesquels se déplace la lumière sont appelés 1 et 2 et leurs indices de réfraction  $n_1$  et  $n_2$ .
- Pour étudier ces phénomènes on utilise 3 angles notés  $i_1$ ,  $i_2$  et  $r$  et un segment perpendiculaire à la surface appelé « la normale »

**Attention :** les angles ne sont jamais mesurés par rapport à la surface

#### Définition Les deux lois de Descartes

- Loi de la réfraction :

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

- Loi de la réflexion

$$r = i_1$$



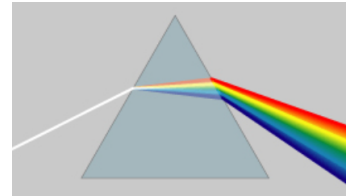
Descartes (1596-1650)

**Remarque :** La lumière traverse toujours la normale.

### 2 Spectre de la lumière.

#### A. Dispersion avec un prisme.

- Un prisme est un solide transparent capable de disperser la lumière, c'est-à-dire de la décomposer en différentes couleurs.
- Cette décomposition de la lumière est appelée un spectre.
- Pour caractériser chaque couleur (ou radiation) on utilise une distance appelée longueur d'onde (notée  $\lambda$ )



Pour le bleu  $\lambda_{\text{bleu}} = 400 \text{ nm}$ , pour le rouge  $\lambda_{\text{rouge}} = 800 \text{ nm}$

#### Définition Monochromatique / Polychromatique

Lorsqu'une lumière ne peut pas être décomposée par le prisme elle est **monochromatique**, dans le cas contraire elle est **polychromatique**.

#### Pourquoi le prisme décompose la lumière ?

L'indice de réfraction du verre dans lequel est fabriqué le prisme change selon de la longueur d'onde. Cela signifie que 2 couleurs différentes seront déviées sous des angles différents alors même qu'elles ont le même angle d'incidence.

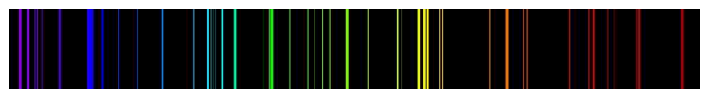
#### B. Spectres d'émission.

- Lorsqu'un corps émet de la lumière parce qu'il est **chaud** son spectre d'émission est continu c'est à dire qu'il forme un **dégradé de couleurs**.

Plus la température augmente plus les couleurs « s'enrichissent » vers le violet.



- Lorsqu'un **gaz** sous faible pression émet de la lumière, le spectre présente des raies colorées on dit qu'il est **discontinu**.



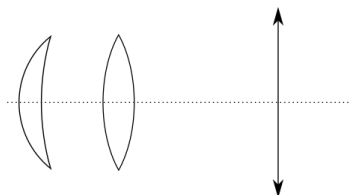
**Remarque :** La position des raies dans le spectre permet d'identifier le gaz qui les a émis.

### 3 Les lentilles convergentes.

#### A. Lentille convergente.

##### Définition Lentille convergente

Une lentille convergente est un bloc de matière transparente plus épaisse au centre que sur ces bords. Elle est schématisée par une double flèche. (quelque soit sa forme réelle)

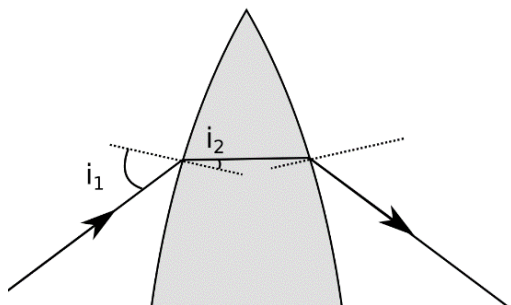


Une lentille convergente est **caractérisée** par :

- son centre noté O
- son axe de symétrie appelé « axe optique »
- son foyer image F' qui est un point sur l'axe optique (voir plus loin)
- la distance OF' qui est appelée **distance focale** et qui est noté f'

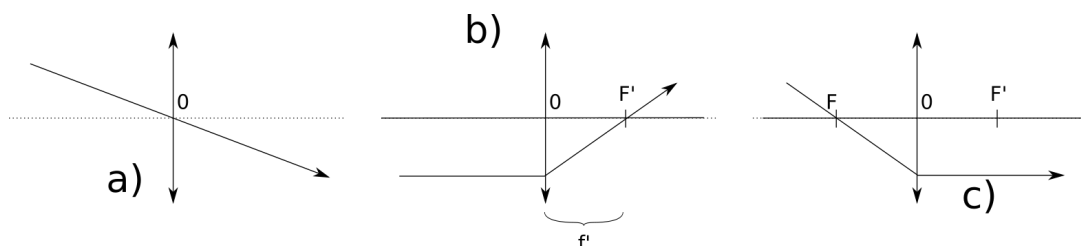
#### B. Modèle de la lentille mince convergente.

En raison de la réfraction, la lumière est déviée une 1<sup>ère</sup> fois lorsqu'elle entre dans la lentille et une 2<sup>ème</sup> fois lorsqu'elle en sort.



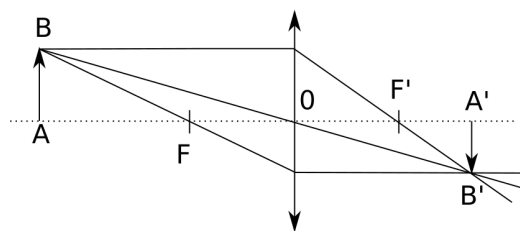
Lorsque l'épaisseur de la lentille est faible, on modélise la propagation de la lumière de la façon suivante :

- Un rayon passant par le **centre** O de la lentille n'est pas dévié.
- Un rayon qui arrive sur la lentille **parallèle** à l'axe optique est dévié vers le foyer image F'.
- Un rayon qui arrive sur la lentille en passant par le foyer objet F (qui est le symétrique de F' par rapport à O) est dévié parallèlement à l'axe optique.



#### C. Image d'un objet et grandissement.

Un objet AB émet de la lumière en direction d'une lentille convergente, on peut tracer le chemin suivi par la lumière de la façon suivante :



On observe que les rayons qui partent de B arrivent en un point B' que l'on appelle point image. De même on appelle A'B' l'image de AB.

##### Définition Grandissement

Dans le cas où l'image et l'objet sont de sens contraire, le grandissement  $\gamma$  (gamma) le rapport :

$$\gamma = -\frac{A'B'}{AB}$$

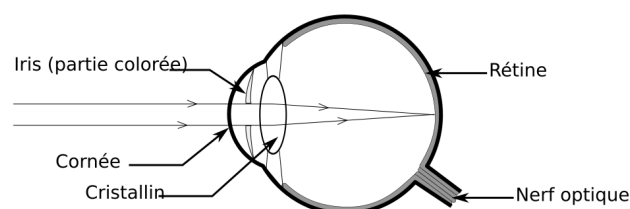
Remarques :

- Si l'objet et l'image sont de même sens alors le grandissement est positif, donc  $\gamma = +\frac{A'B'}{AB}$
- Si  $-1 < \gamma < 1$  l'image est plus petite que l'objet.

En utilisant le théorème de Thalès on peut montrer que

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

#### D. L'œil



On peut modéliser l'œil à l'aide d'une lentille convergente et d'un écran.

### Ce qu'il faut savoir faire ↓

- ✓ Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.
- ✓ Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud.
- ✓ Caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.
- ✓ Exploiter un spectre de raies.
- ✓ Exploiter les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction.
- ✓ Décrire et expliquer qualitativement le phénomène de dispersion de la lumière par un prisme.
- ✓ Caractériser les foyers d'une lentille mince convergente à l'aide du modèle du rayon lumineux.
- ✓ Utiliser le modèle du rayon lumineux pour déterminer graphiquement la position, la taille et le sens de l'image réelle d'un objet plan réel donnée par une lentille mince convergente.
- ✓ Définir et déterminer géométriquement un grandissement. Modéliser l'oeil.

## P2 : Activité et Exercices

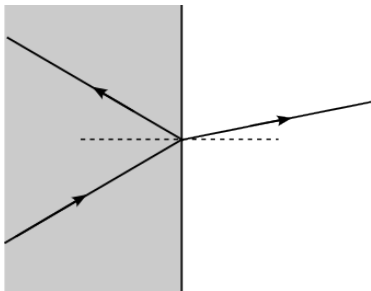
### ⚠ Méthode de travail à suivre :

- **Lire** la partie cours et suivre les **explications** du professeur.
- **Rédiger** les réponses aux questions Q1.. sur une feuille de travail. Ne pas attendre la correction pour commencer !
- **Réaliser** une carte mentale (ou un résumé) du cours
- **Faire les exercices** dans l'ordre (sur une feuille)

Q1. Interpréter l'effet optique visible sur la photo suivante.



- Q2. Calculer la vitesse de propagation de la lumière dans l'eau. Données  $n_{\text{eau}} = 1,5$
- Q3. Légender les schémas suivants en indiquant les rayons incident, réfracté et réfléchi. Indice: la normale est tracée en pointillés.

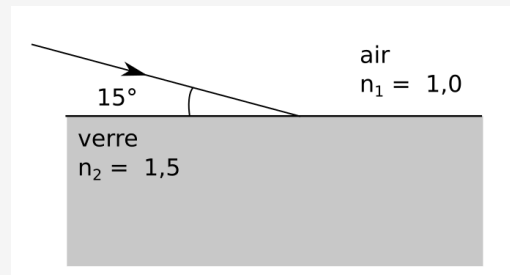


$$\sin^{-1}(0,2) = \dots\dots\dots$$

$$\sin^{-1}(1) = \dots\dots\dots$$

### Exercice 1: Réfraction de la lumière.

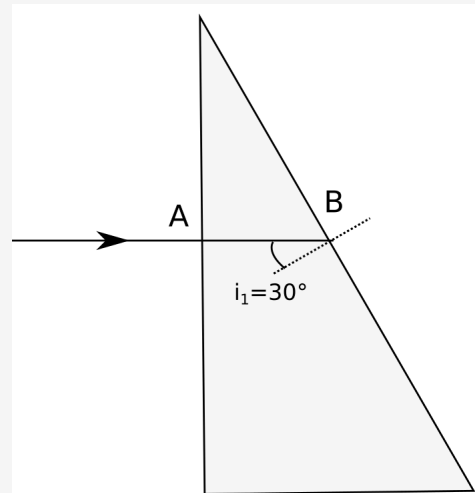
Un rayon de lumière arrive sur une surface de séparation entre l'air et l'eau avec un angle de  $15^\circ$  par rapport à l'horizontale.



- 1) Sur le schéma, dessiner la **normale** puis indiquer la légende avec les termes suivants : "**rayon incident**", "**angle d'incidence**", "**surface de séparation**"
- 2) Justifier que la valeur de l'angle d'incidence  $i_1$  est de  $75^\circ$ .
- 3) Rappeler la loi de Descartes relative à la réfraction.
- 4) Calculer la valeur de l'angle réfracté  $i_2$ .
- 5) En utilisant un rapporteur, représenter le rayon réfracté sur le schéma.

### Exercice 2: Dispersion de la lumière par un prisme


Un rayon de lumière blanche entre dans un prisme en verre au point A, il en sort au point B. Le prisme est fabriqué dans une matière particulière dont l'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde. Par exemple à 400 nm, l'indice est  $n=1,38$  et à 800 nm, l'indice est  $n'=1,29$ .




- 1) Expliquer pourquoi la lumière n'est pas déviée au point A.
- 2) À quelle couleur correspond la longueur d'onde de 400 nm ? Même question pour 800 nm.
- 3) Calculer l'angle réfracté  $i_2$  pour un rayon de longueur d'onde 400 nm, de même calculer l'angle réfracté  $i'_2$  pour la longueur d'onde de 800 nm.

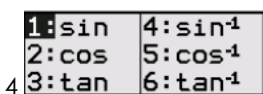
### Outils mathématiques pour la physique :

#### Utilisation de la calculatrice

a) Pour vérifier que la calculatrice est en mode degré : appuyer sur  sélectionner DEGRE



b) Pour calculer un sinus ou sinus<sup>-1</sup>:  puis choisir 1 ou



Calculer :

$$\sin(25^\circ) = \dots\dots\dots$$

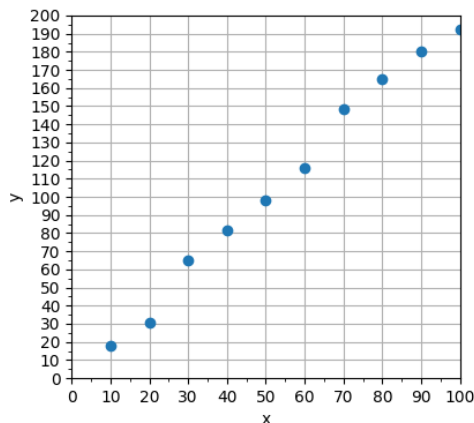
$$\sin(45^\circ) = \dots\dots\dots$$

- 4) Représenter approximativement les deux rayons précédents et expliquer pourquoi un prisme décompose la lumière.

### Outils mathématiques pour la physique :

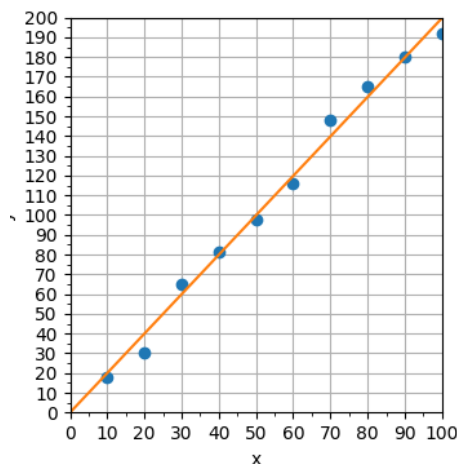
#### Modélisation d'une courbe :

- Après avoir réalisé une série de mesures de deux grandeurs physiques on les représente généralement sur un graphique sous forme de points.



points expérimentaux

- Il arrive généralement que les points soient globalement alignés mais pas parfaitement. On trace alors **une droite qui passe au plus près de l'ensemble des points**.



courbe modélisée

- Lorsque cela est nécessaire on cherche l'équation de cette droite qui est sous la forme

$$y = a.x + b$$

- $a$  est appelé **coefficient directeur** (c'est la « pente » de la droite)
- $b$  est l'ordonnée à l'origine.

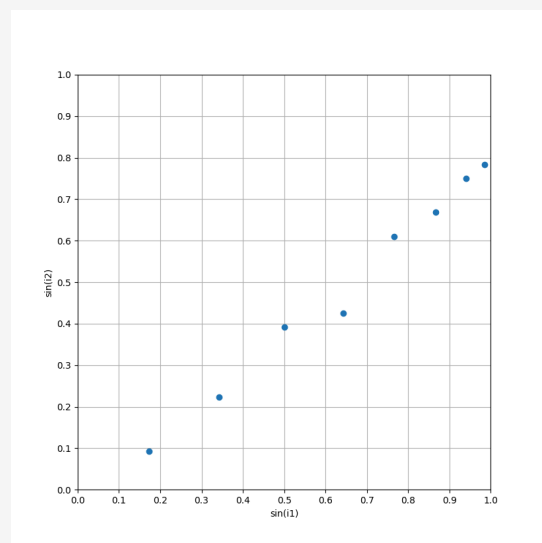
Si  $b = 0$  on parle de fonction **linéaire** sinon la fonction est **affine**.

**Exercice 3:** Mesure d'un indice de réfraction. On réalise une expérience de réfraction de la lumière où le 1<sup>er</sup> milieu est l'air d'indice  $n = 1,0$  et le deuxième est une matière plastique transparente.

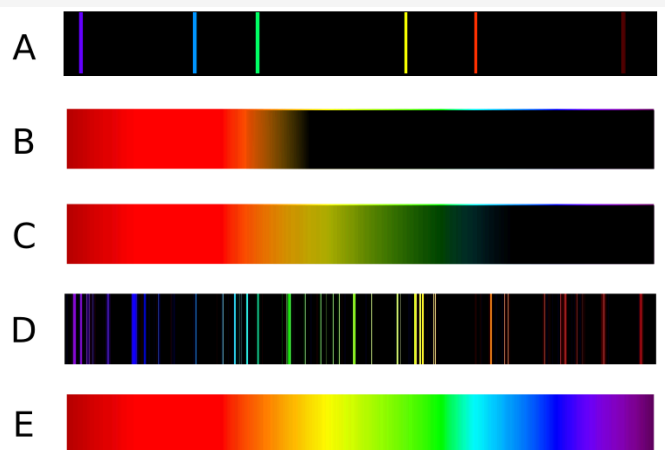
Le tableau de mesure donne les valeurs des différents angles.

$i_1$	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$i_2$	-1,5	5,3	12,9	23,0	25,2	37,6	41,9	48,5	51,5

- En utilisant une valeur de votre choix, calculer l'indice  $n_2$  de la matière plastique.
- Pourquoi cette valeur n'est-elle pas forcément très fiable ?
- On trace le sinus de  $i_2$  en fonction du sinus de  $i_1$  dont la courbe est donnée ci-contre. En utilisant cette courbe déterminer une nouvelle valeur de l'indice  $n_2$ .



### Exercice 4: Spectres thermiques et spectres de raies.



- Pour chacun des spectres (de A à E ci-dessous) indiquer si la lumière a été émise par un corps chaud ou par un gaz.
- Dans le cas des corps chaud, classer les spectres par températures croissantes de la source.

### Outils mathématiques pour la physique :

- Une grandeur physique dont la valeur peut être positive ou négative est appelé **grandeur algébrique**
- La **valeur absolue** d'une grandeur  $x$  est notée  $|x|$ . Par définition :  $|x| = x$  si  $x \geq 0$  et  $|x| = -x$  si  $x \leq 0$

Donner un exemple de grandeur physique algébrique : .....

Compléter:

$$|35| = \dots\dots\dots$$

$$|-25| = \dots\dots\dots$$

$$|-3| = \dots\dots\dots$$

#### Exercice 5: Image à travers une lentille convergente.

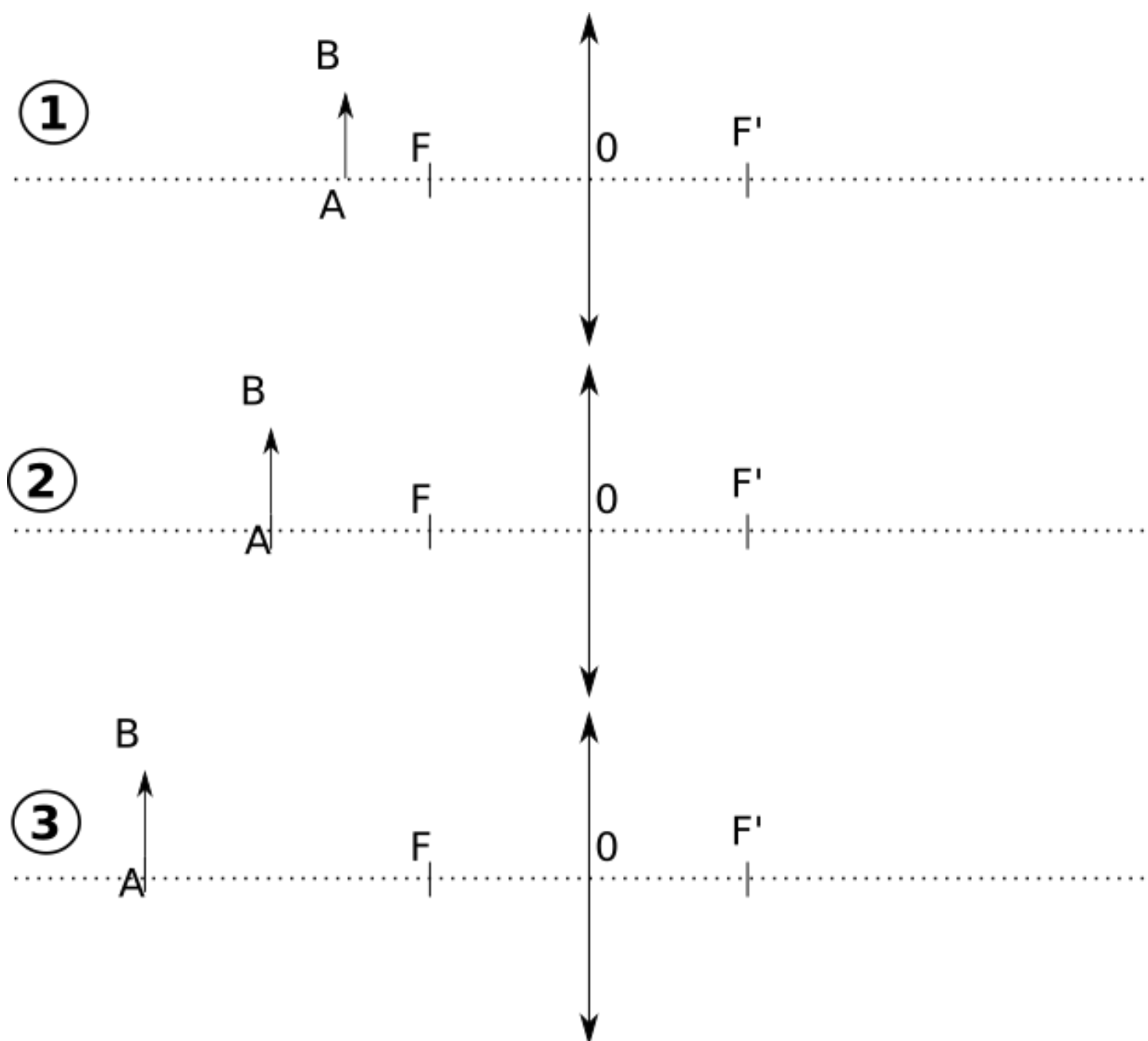
1) Dans les 3 situations en bas de page, le point B émet de la lumière dans toutes les directions de l'espace. À l'aide de 3 rayons (voir cours), déterminer la position du point B' où ils se croisent après la lentille. Ce point est appelé « image » du point B.

2) Le point A étant sur l'axe son image A' s'y trouve aussi. Où ? à la verticale de B'  
Construire l'image A'B' convergente dans les 3 situations.

3) Compléter la phrase suivante : Plus l'objet s'éloigne de la lentille, plus l'image ..... de la lentille et sa taille .....

#### Exercice 6: Grandissement expérimental.

Compléter le tableau suivant en utilisant les 3 situations de l'exercice précédent.



Situation:	AB (mm)	A'B' (mm)'	$\gamma$
(1)			
(2)			
(3)			

### Exercice 7: Construire une image

Un objet lumineux AB perpendiculaire à l'axe optique d'une lentille convergente, mesure 2 cm de haut et se trouve à une distance  $OA = 10$  cm de son centre.

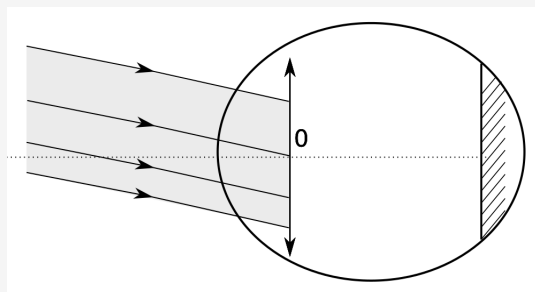
Une image A'B' se forme sur un écran de l'autre côté de la lentille.

- 1) Dans cette situation le grandissement est  $\gamma = -0,5$ , expliquer ce que cela signifie.
- 2) Calculer la valeur de la distance  $OA'$  entre la lentille et l'image
- 3) Faire un dessin de la situation en représentant l'objet AB, la lentille et l'image A'B' en taille réelle.
- 4) En traçant les rayons particuliers en déduire la position des foyers objet F et image F'.
- 5) Vérifier que la distance focale est bien  $f' = 3,3$  cm

### Exercice 8: Le modèle de l'œil.

On modélise un œil par une lentille mince convergente de distance focale 17 mm et par un écran placé à 17 mm de la lentille.

- 1) Quelle partie de l'œil se comporte comme une lentille convergente ? Même question pour l'écran.



- 2) Sur le dessin ci-dessous qui n'est pas à l'échelle, placer les deux foyers F et F' de façon cohérente par rapport au texte.
- 3) Un faisceau de lumière parallèle arrive sur l'œil. Construire son image.
- 4) Interprétez le résultat précédent.