

# Utiliser les distances algébriques en optique



## Quand on ne sait pas !

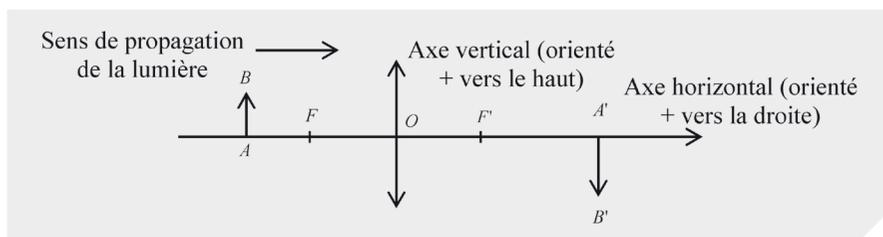
- Revoir les conventions de signes utilisées en optique.
- Comprendre que la notion de distance algébrique est indispensable en optique car elle permet de connaître les positions relatives des points.

**EXEMPLE** Si une image ( $A'B'$ ) est placée à 5,0 cm du centre optique  $O$  d'une lentille convergente avec  $A'$  situé sur l'axe optique, cela signifie que la distance  $OA'$  est égale à 5,0 cm. Mais où se trouve l'image ? À droite ou à gauche de la lentille ?

La réponse est donnée par la notion de distance algébrique : si  $\overline{OA'} = 5,0$  cm alors  $A'$  est à droite de  $O$  (on dit que l'image est réelle, on peut l'observer sur un écran) mais si  $\overline{OA'} = -5,0$  cm alors  $A'$  est à gauche de  $O$  (on dit que l'image est virtuelle).

## Que faire ?

- Il est indispensable de connaître les conventions suivantes :
  - ▶ La lumière se propage de la gauche vers la droite.
  - ▶ L'axe optique est orienté positivement vers la droite (dans le sens de propagation de la lumière).
  - ▶ L'axe vertical (perpendiculaire à l'axe optique) est orienté positivement vers le haut.



D'après les conventions, pour ce schéma, nous pouvons dire :

- ▶  $\overline{OA'} > 0$  et  $\overline{OF'} > 0$  car  $A'$  et  $F'$  sont à droite de  $O$ .
- ▶  $\overline{OA} < 0$  et  $\overline{OF} < 0$  car  $A$  et  $F$  sont à gauche de  $O$ .
- ▶  $\overline{AB} > 0$  car  $B$  est au-dessus de  $A$  et  $\overline{A'B'} < 0$  car  $B'$  est en dessous de  $A'$ .

La plupart du temps, l'objet est représenté à gauche de l'axe vertical et de sorte que  $\overline{AB} > 0$ . Lorsque c'est le cas, si  $\overline{A'B'} < 0$ , on dit que l'image est « renversée » (elle n'est pas dans le même sens que l'objet) mais si  $\overline{A'B'} > 0$  alors on dit que l'image est droite (dans le même sens que l'objet).

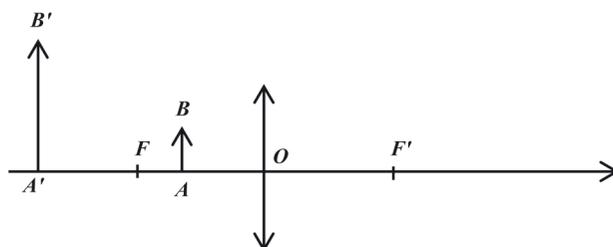
### Conseils

Les énoncés des exercices donnent des indications qui sont utiles pour connaître certaines distances algébriques.

Des informations peuvent aussi être déduites des schémas.

### Exemple traité

Soit la situation suivante :



Les distances algébriques  $\overline{OA}$ ,  $\overline{OA'}$ ,  $\overline{AB}$  et  $\overline{A'B'}$  sont-elles positives ou négatives ?

► SOLUTION

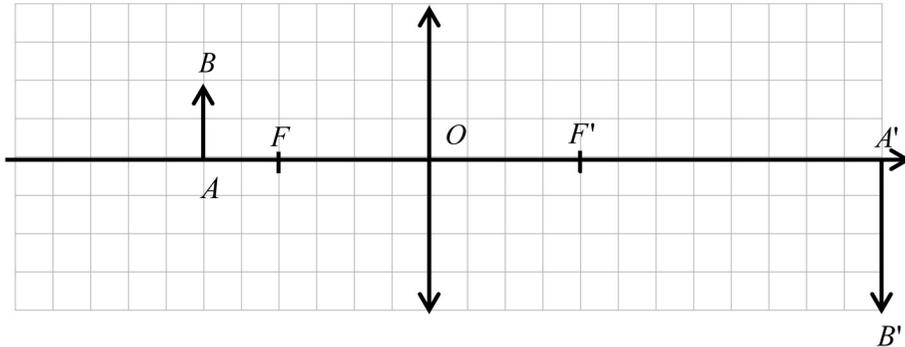
$A$  et  $A'$  sont à gauche de  $O$  donc  $\overline{OA} < 0$  et  $\overline{OA'} < 0$ .

$B$  est au-dessus de  $A$  et  $B'$  est au-dessus de  $A'$  donc  $\overline{AB} > 0$  et  $\overline{A'B'} > 0$ .

L'image est à gauche de la lentille. On dit que cette image est virtuelle : on ne peut pas la former sur un écran mais on peut la voir en regardant à travers la lentille qui est ici utilisée en tant que loupe.

## Exercices

**EXERCICE 1.1** On considère le schéma suivant (un carreau sur le schéma représente un centimètre en réalité) :



- 1 Déterminer la position de l'objet et celle de l'image.
- 2 Déterminer la taille de l'objet et celle de l'image.
- 3 Déterminer la distance focale de la lentille.

**EXERCICE 1.2** On souhaite prendre la photographie d'un objet mesurant 2,00 mètres situé à 10 mètres. On utilise pour cela un appareil photographique dont la lentille a une distance focale  $f' = 50$  mm.

L'image de cet objet se forme sur le capteur situé à 5,0 cm de la lentille.

Compléter le tableau suivant (avec le mètre comme unité) :

$\overline{OA}$	$\overline{OA'}$		$\overline{A'B'}$
		2,00	

**EXERCICE 1.3** La méthode de Sibermann permet de déterminer expérimentalement la distance focale d'une lentille. On dispose l'objet, la lentille et l'écran sur le banc d'optique de sorte que la distance entre l'objet et la lentille soit égale à la distance entre la lentille et l'écran. De plus, le dispositif est réglé pour que l'objet et l'image aient la même taille (l'objet est droit alors que l'image est renversée). Dans cette situation on montre que la distance focale est égale à la moitié de la distance entre la lentille et l'écran.

Pour un objet de 1,00 cm, on mesure une distance de 50 cm entre l'objet et l'écran.

- 1 Quelle est la taille de l'image ? En déduire le grandissement  $\gamma$ .
- 2 Quelle est la position de l'image ?
- 3 Combien vaut la distance focale de cette lentille ?

### Pour vous aider à démarrer

**EXERCICE 1.1** On demande d'exprimer  $\overline{OA}$  et  $\overline{OA'}$ , puis  $\overline{AB}$  et  $\overline{A'B'}$ , enfin  $\overline{OF'}$ .

**EXERCICE 1.2** Bien lire l'énoncé et faire attention aux unités.

**EXERCICE 1.3** Toutes les réponses sont dans l'énoncé !



## Solutions des exercices

### EXERCICE 1.1

- Le point  $A$  est situé à 6 carreaux à gauche du point  $O$ . Donc  $\overline{OA} = -6,0$  cm.  
Le point  $A'$  est situé à 12 carreaux à droite du point  $O$ . Donc  $\overline{OA'} = 12,0$  cm.
- $B$  est 2 carreaux au-dessus de  $A$ . Donc  $\overline{AB} = 2,0$  cm.  
 $B'$  est 4 carreaux au-dessous de  $A'$ . Donc  $\overline{A'B'} = -4,0$  cm.
- $F'$  est à 4 carreaux à droite de  $O$ . Donc  $f' = \overline{OF'} = 4,0$  cm.

### EXERCICE 1.2

L'objet mesure 2,00 mètres donc  $\overline{AB} = 2,00$  m. Il est situé à 10 mètres de l'appareil donc  $\overline{OA} = -10$  m. De plus,  $f' = \overline{OF'} = 50$  mm. L'image de cet objet se forme sur le capteur situé à 5,0 cm de la lentille donc  $\overline{OA'} = 0,050$  m. Calculons la taille de l'image :  $\overline{A'B'} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \times \overline{AB} = \frac{0,050}{-10} \times 2,00 = -0,010$  m.

$\overline{OA}$	$\overline{OA'}$	$\overline{AB}$	$\overline{A'B'}$	$\overline{OF'}$
-10 m	0,050 m	2,00 m	- 0,010 m	0,050 m

### EXERCICE 1.3

- L'image est de même taille que l'objet mais elle est renversée.  
Comme ici  $\overline{AB} = 1,00$  cm, on en déduit que  $\overline{A'B'} = -1,00$  cm  
et  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-1,00}{1,00} = -1,00$ .
- D'après l'énoncé  $\overline{OA} = -25$  cm. On en déduit que  $\overline{OA'} = 25$  cm.
- La distance focale de cette lentille est égale à la moitié de la distance entre la lentille et l'image. Donc  $f' = \frac{\overline{OA'}}{2} = \frac{25}{2} = 12,5$  cm.

# Déterminer graphiquement la position et la taille de l'image d'un objet, donnée par une lentille



## Quand on ne sait pas !

- Revoir les conventions graphiques (comment représenter un axe optique, une lentille, un objet, une image ?).
- Revoir les conventions de signe et les distances algébriques. On rappelle que l'axe optique est orienté vers la droite et que la lumière se propage de la gauche vers la droite.

**EXEMPLE**  $\overline{OA}$  désigne la position de l'objet. Dans la convention indiquée ci-dessus, si le point  $A$  est à gauche du point  $O$  alors  $\overline{OA} < 0$  mais s'il est à droite du point  $O$  alors  $\overline{OA} > 0$ .

## Que faire ?

- La relation entre la distance focale  $f'$  d'une lentille et sa vergence  $C$  est :

$$f' = \frac{1}{C}$$

avec  $f'$  exprimée en mètres (m) et  $C$  exprimée en dioptries ( $\delta$ ).

- Pour construire l'image d'un objet, donnée par une lentille, il faut suivre la méthode suivante :
  - ➊ Représenter sur le schéma :
    - L'axe optique par une flèche horizontale orientée vers la droite.
    - La lentille par une double flèche verticale.

- Les foyers de la lentille  $F$  et  $F'$  (leurs positions se déduisent de la distance focale  $f'$  de la lentille:  $f' = \overline{OF'}$ ).
  - Le centre optique (intersection de l'axe optique avec la lentille) noté  $O$ .
  - L'objet ( $AB$ ) par une flèche verticale orientée vers le haut partant du point  $A$  placé sur l'axe optique vers le point  $B$  au-dessus de l'axe optique. Tenir compte de la taille de l'objet et éventuellement de l'échelle utilisée.
- ② Tracer les 3 rayons particuliers issus du point  $B$ . Ces rayons se croisent en un même point  $B'$  ( $B'$  est l'image de  $B$  par la lentille).
- Rayon n° 1 : rayon issu de  $B$  et parallèle à l'axe optique avant la lentille. Il sort de la lentille en direction du foyer image  $F'$ .
  - Rayon n° 2 : rayon issu de  $B$  passant par le centre optique  $O$  de la lentille. Il traverse la lentille sans être dévié.
  - Rayon n° 3 : rayon issu de  $B$  et passant par le foyer objet  $F$ . Il sort de la lentille parallèlement à l'axe optique.
- ③ Projeter le point  $B'$  sur l'axe optique ce qui donne l'image  $A'$  du point  $A$ .
- ④ Relier les points  $A'$  et  $B'$  par une flèche orientée de  $A'$  vers  $B'$ .
- L'image ( $A'B'$ ) est ainsi tracée sur le graphique et il ne reste plus qu'à relever sa position ( $\overline{OA'}$ ) et sa taille ( $\overline{A'B'}$ ).

### Conseils

Deux rayons particuliers suffisent pour trouver le point  $B'$ . Il est cependant conseillé de tracer le troisième rayon pour vérifier la construction.

Attention à l'échelle utilisée pour faire le graphique.

### Exemple traité

On cherche l'image ( $A'B'$ ) d'un objet lumineux ( $AB$ ), donnée par une lentille de distance focale  $f' = 5,0$  cm.

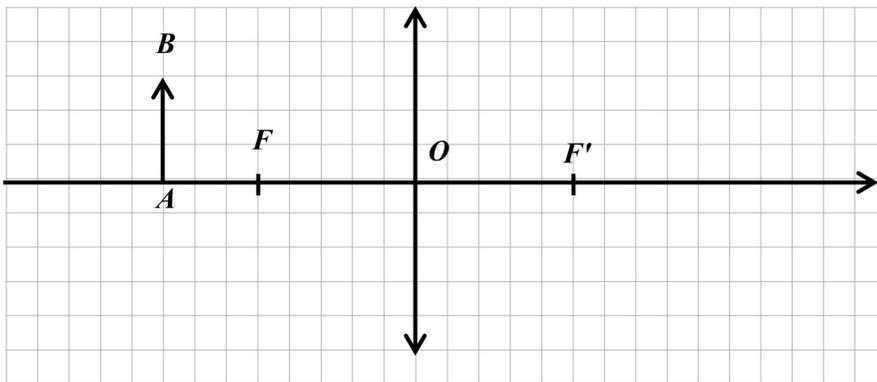
L'objet, dont la taille est de 3,0 cm, est placé à 8,0 cm de la lentille.

- 1 Faire un schéma du dispositif.
- 2 Déterminer graphiquement la position et la taille de l'image.

#### ► SOLUTION

Schématisons la situation. On représente :

- L'axe optique par une flèche horizontale orientée vers la droite.
- La lentille par une double flèche verticale. On représente aussi les foyers  $F$  et  $F'$  dont on détermine la position à partir de la distance focale de la lentille. Ici  $f' = 5,0$  cm donc les foyers sont situés de part et d'autre de la lentille, à 5,0 cm de celle-ci. Attention :  $\overline{OF} < 0$  ( $F$  est à gauche de  $O$ ) alors que  $\overline{OF'} > 0$  ( $F'$  est à droite de  $O$ ).
- L'objet ( $AB$ ), à la place indiquée dans l'énoncé (c'est-à-dire à 8,0 cm de la lentille) est d'une taille de 3,0 cm. On en déduit que  $\overline{OA} = -8,0$  cm et  $\overline{AB} = 3,0$  cm.



Appliquons maintenant la méthode indiquée dans le paragraphe « Que faire ? ».