

16

Lentilles minces convergentes



« Dans le règne animal, les rapaces sont dotés d'une des visions les plus précises. Ainsi, un aigle est capable de distinguer un objet de seulement 10 centimètres de hauteur situé à une distance d'un kilomètre. »

• Pourquoi un aigle peut-il percevoir des objets aussi petits, aussi loin?

➤ Rendez-vous : exercice 26 p. 318

Ce que je dois savoir et savoir faire

- Estimer la distance focale d'une lentille mince convergente. Activités 1-2 p. 305-306
- Tester la relation de conjugaison d'une lentille mince convergente. Activité 1 p. 305
- Exploiter les relations de conjugaison et de grandissement fournies pour déterminer la position et la taille de l'image d'un objet-plan réel. Activité 1 p. 305
- Déterminer les caractéristiques de l'image d'un objet-plan réel formée par une lentille mince convergente. Activités 1-2 p. 305-306
- Réaliser une mise au point en modifiant soit la distance focale de la lentille convergente soit la géométrie du montage optique. Activité 3 p. 307
- Capacités mathématiques : Utiliser le théorème de Thalès. Utiliser des grandeurs algébriques. Côté maths 8 p. 313

LENTILLE MINCE CONVERGENTE

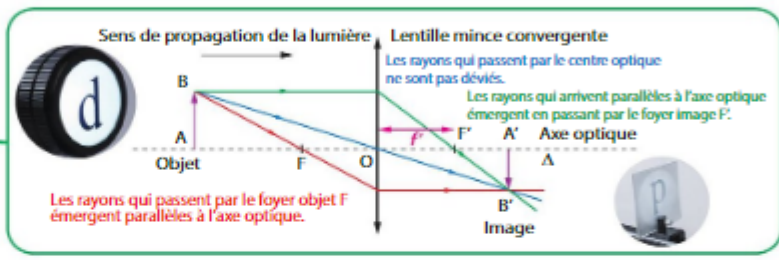
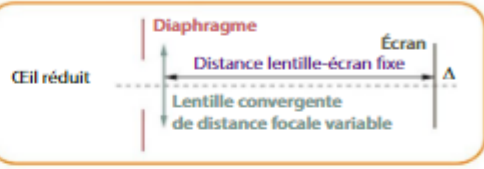
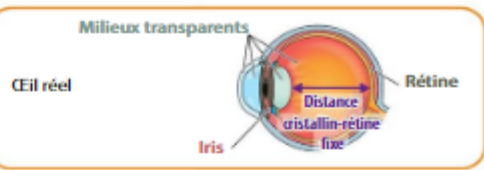
Système optique

Obtention d'une image

Œil

Schématisation

Modélisation



Valeur absolue du grandissement : $|\gamma| = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$

Réactiver ses connaissances

On modélise le système de projection d'un vidéoprojecteur par une lentille mince convergente. L'objet dont on observe l'image sur un écran est un rectangle de quelques millimètres.

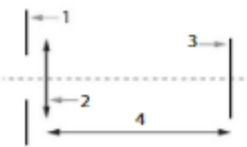
1. Comparer la taille ainsi que le sens de l'objet et de son image donnée par un vidéoprojecteur.
2. La valeur absolue du grandissement est-elle supérieure ou inférieure à un ?



Flash test 5 min

Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

	A	B	C
1. L'image réelle d'un objet à travers une lentille convergente :	est renversée par rapport à l'objet.	est observable sur un écran.	est de même sens que l'objet.
2. Si $ \gamma > 1$, alors :	l'image A'B' est plus grande que l'objet AB.	l'image A'B' est de même dimension que l'objet AB.	l'image A'B' est plus petite que l'objet AB.
3. La bonne légende du modèle de l'œil réduit ci-dessous est :	1 : Écran 2 : Rétine 3 : Distance centre optique-écran 4 : Lentille mince convergente	1 : Écran 2 : Diaphragme 3 : Lentille mince convergente 4 : Distance centre optique-écran	1 : Diaphragme 2 : Lentille mince convergente 3 : Écran 4 : Distance centre optique-écran



Activité 1 expérimentale

Relations pour une lentille mince convergente

Notion

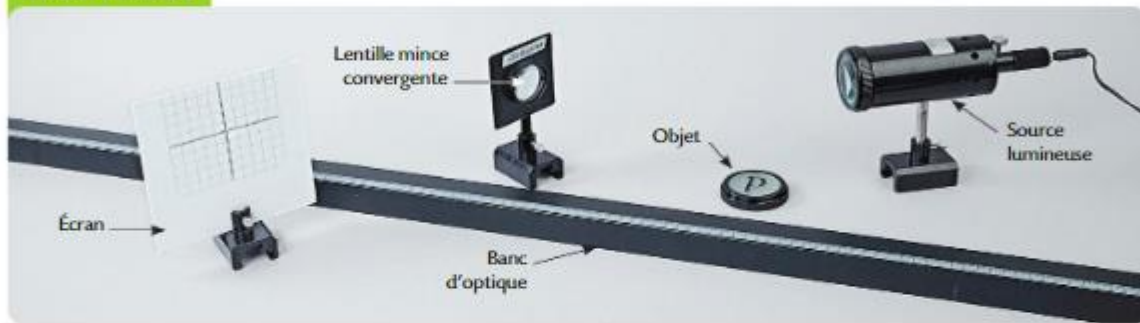
Relation de conjugaison

Un vidéoprojecteur comporte un système optique qui permet de former une image de grandes dimensions à partir d'un objet de petites dimensions.

La position et la taille d'une image dépendent de la distance focale f' de la lentille mince convergente du système de projection, ainsi que de la position et de la taille de l'objet.

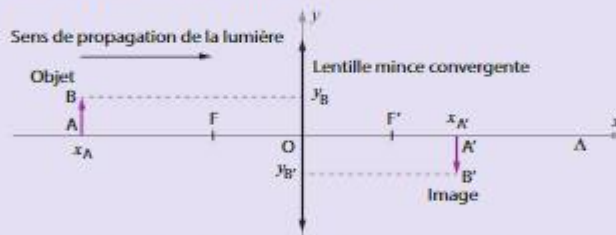
► **Objectif de l'activité :** Quelles relations permettent de prévoir la position et la taille d'une image formée par une lentille mince de distance focale connue ?

MATÉRIEL DISPONIBLE



COMPLÉMENT SCIENTIFIQUE

Afin de repérer les coordonnées des points, on définit un repère $(x ; O ; y)$.



La relation entre les grandeurs x_A , x_A' et f' est appelée relation de conjugaison. Elle a pour expression :

$$\frac{1}{x_A'} - \frac{1}{x_A} = \frac{1}{f'}$$

Le grandissement γ a pour expression :

$$\gamma = \frac{y_{B'}}{y_B} = \frac{x_{A'}}{x_A}$$

γ est un nombre sans unité qui peut être positif ou négatif.

Pratique expérimentale

Élaborer un protocole ANA-RAIS RÉA

- 1 Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant, à l'aide du matériel disponible, de vérifier la relation de grandissement.

Élaborer un protocole ANA-RAIS RÉA

- 2 Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant, à l'aide du matériel disponible, de déterminer la distance focale f' .

Estimer une incertitude de mesure VAL

- 3 a. Estimer l'incertitude sur la distance focale f' .

● Fiche 2, p. 361

- b. Les résultats trouvés sont-ils en accord avec la distance focale annoncée par le fabricant ?

Identifier les paramètres qui influencent un phénomène ANA-RAIS

- 4 Quels sont les paramètres modifiables d'un vidéoprojecteur pour obtenir une image de position et de taille souhaitées ?

Un pas vers le cours

Rendre compte à l'écrit en utilisant un vocabulaire adapté COM

- 5 Quelles relations permettent de prévoir la position et la taille d'une image formée par une lentille mince de distance focale connue ?

Activité expérimentale 2

La loupe

Lorsqu'un bijoutier estime la pureté d'une pierre précieuse, il l'observe en la mettant très proche d'une lentille mince convergente : on parle d'effet « loupe ».

► **Objectif de l'activité :** Quelle influence la position de l'objet par rapport à la lentille mince convergente a-t-elle sur les caractéristiques de l'image ?

Notions

- Distance focale
- Image virtuelle



MATÉRIEL DISPONIBLE

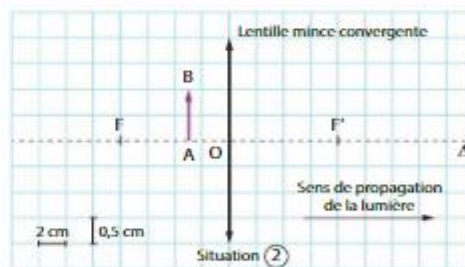
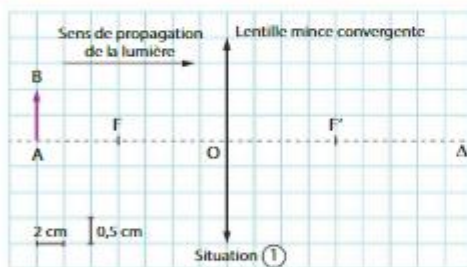


A Une technique d'estimation d'une distance focale

On forme l'image d'un objet très éloigné sur un écran. Un point de l'image est confondu avec le foyer image F' de la lentille.



B Image formée par une lentille mince convergente



Pratique expérimentale

- À l'aide du document A, mettre en œuvre un protocole pour estimer la distance focale d'une lentille mince convergente.
Mettre en œuvre un protocole RÉA
- Déterminer expérimentalement l'intervalle de positions de l'objet par rapport à la lentille pour lesquelles on observe un « effet loupe ».
Formuler des hypothèses ANA-RAIS
- Tracer les rayons permettant d'obtenir l'image A'B' de l'objet AB à travers la lentille mince convergente dans les situations du document B.
Faire un schéma adapté RÉA

Exploiter des observations ANA-RAIS

- Quelle est la situation du document B qui correspond à « l'effet loupe » obtenu par le bijoutier pour observer la pierre précieuse ?

Un pas vers le cours

Utiliser un vocabulaire scientifique rigoureux COM

- Quelle influence la position de l'objet par rapport à la lentille mince convergente a-t-elle sur les caractéristiques de l'image ?

Activité 3 expérimentale

L'appareil photographique et l'œil

Notion
Mise au point

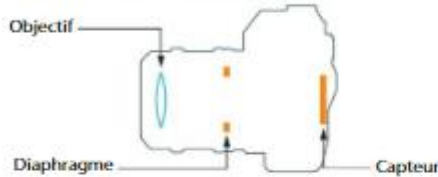
Lorsqu'on prend une photographie avec un smartphone, on observe une étape dite de mise au point au cours de laquelle l'appareil effectue des réglages.

► **Objectif de l'activité :** Quels réglages faut-il effectuer pour obtenir l'image d'un objet sur un capteur ?

Tâche complexe

A L'appareil photographique

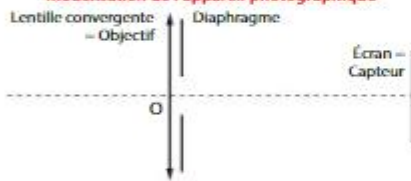
Un appareil photographique est un système optique constitué entre autres de trois éléments : un objectif, un diaphragme et un capteur.



L'objectif, assimilé à une lentille mince convergente, a une distance focale f' fixe.

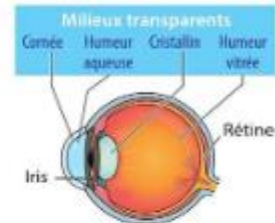
L'image se forme sur le capteur.

Modélisation de l'appareil photographique



B L'œil

Dans l'œil, la lumière traverse différents milieux transparents : la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée.

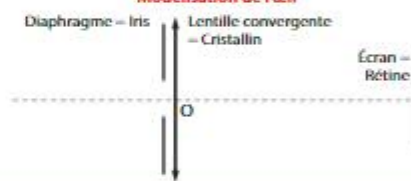


Cet ensemble de milieux, que l'on réduira au cristallin pour simplifier, se comporte comme une lentille mince convergente.

La distance cristallin-rétine est fixe.

L'image se forme sur la rétine.

Modélisation de l'œil



MATÉRIEL DISPONIBLE

source de lumière avec un objet lumineux

lot de lentilles minces convergentes



Investigation

APP ANA-RAIS RÉA VAL.COM

- Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de simuler, à l'aide du matériel disponible, la mise au point dans le cas :
 - d'un appareil photographique (doc. A) ;
 - d'un œil (doc. B).

Mettre en lien des phénomènes et des concepts ANA-RAIS

- La mise au point du smartphone se rapproche de celle de l'œil. Quels réglages s'effectuent dans le smartphone lors de la mise au point ?

Un pas vers le cours

Rendre compte à l'écrit en utilisant un vocabulaire adapté COM

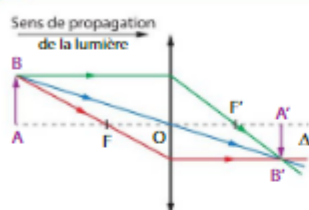
- Quels réglages faut-il effectuer pour obtenir l'image d'un objet sur un capteur ?



Relation de conjugaison

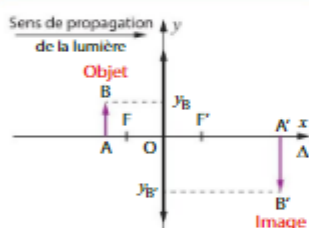
VIDÉO DE COURS

A Formation d'une image réelle



> L'objet AB est plan et il est perpendiculaire à l'axe optique Δ de la lentille. L'image A'B' est plane, perpendiculaire à l'axe optique. Elle est réelle car elle peut être observée sur un écran.

B Ordonnées y_B et $y_{B'}$ des points B et B'



> Ici, l'image est renversée par rapport à l'objet ($\gamma < 0$) et agrandie par rapport à lui ($|\gamma| > 1$).

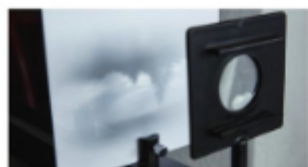
REMARQUE

Il est possible d'utiliser les notations algébriques des distances :

$$x_A = \overline{OA} ; x_{A'} = \overline{OA'}$$

$$y_B = \overline{AB} ; y_{B'} = \overline{A'B'}$$

C Estimation de la distance focale f' d'une lentille convergente



> Image d'un objet éloigné (paysage extérieur) donnée par la lentille.

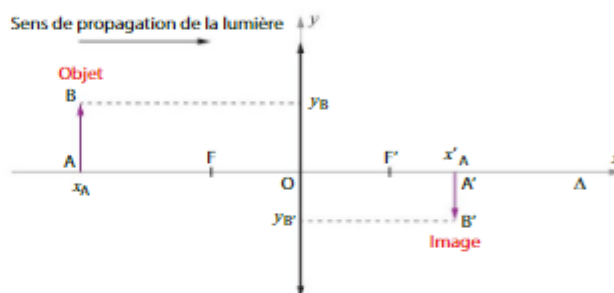


1 Les relations de conjugaison et de grandissement

a. Position et taille de l'image

- La position de l'image d'un objet est obtenue en utilisant les trois rayons caractéristiques (schéma A).
- Il est possible, par le calcul, de prévoir le résultat issu de cette construction géométrique. Pour cela, on choisit un repère dont l'origine est le centre optique O de la lentille. L'axe optique Δ , est l'axe des abscisses x . L'axe perpendiculaire à l'axe optique Δ , passant par le centre optique de la lentille, est l'axe des ordonnées y .

La position de l'objet AB et celle de l'image A'B' sont respectivement repérées par les abscisses x_A de A et $x_{A'}$ de A'.



Les abscisses x_A et $x_{A'}$, la distance focale f' de la lentille, ne sont pas indépendantes : elles sont reliées par une relation appelée **relation de conjugaison**.

$$\frac{1}{x_{A'}} - \frac{1}{x_A} = \frac{1}{f'} \quad x_A, x_{A'} \text{ et } f' \text{ doivent être exprimées avec la même unité de longueur.}$$

- La relation de grandissement permet de comparer la taille de l'image et celle de l'objet. Par ailleurs, grâce au théorème de Thalès (Côté maths 8 p. 313), on montre que ce rapport est lié aux abscisses qui donnent les positions de l'objet et de l'image (schéma B). Le grandissement γ est algébrique : il peut être positif ou négatif.

$$\gamma = \frac{y_{B'}}{y_B} = \frac{x_{A'}}{x_A} \quad \gamma \text{ n'a pas d'unité.}$$

La position, la taille et le sens de l'image sont les caractéristiques de l'image. Elles sont déterminées graphiquement ou calculées à partir des relations de conjugaison et de grandissement.

Elles dépendent donc de la lentille mince utilisée et des caractéristiques de l'objet.

Remarque : lorsque l'objet est très éloigné de la lentille ($\frac{1}{x_A}$ tend vers zéro), la relation de conjugaison devient $\frac{1}{x_{A'}} = \frac{1}{f'}$.

La distance entre la lentille et l'image est alors égale à la distance focale (photographie C).

La relation de conjugaison permet de déterminer la distance focale de la lentille mince.

b. Mise au point

Pour que l'image d'un objet se forme sur la rétine d'un œil ou sur le capteur d'un appareil photographique, il est nécessaire de réaliser une mise au point.

Pour réaliser une mise au point, on peut soit modifier la distance focale de la lentille mince convergente, soit modifier la géométrie du montage optique, c'est-à-dire les distances objet – lentille ou lentille – écran.

2 Le lien entre la position de l'objet et les caractéristiques de l'image

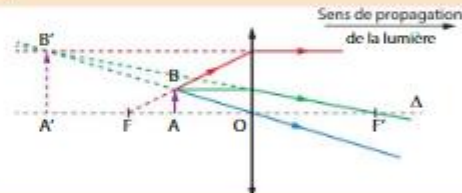
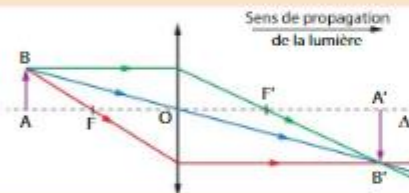
Objet AB situé avant le foyer objet F

Objet AB situé entre le foyer objet F et le centre optique O

Situation



Schématisation



Caractéristiques de l'image

- L'image formée à travers la lentille peut être observée sur un écran. On dit que l'image est **réelle** : $x_{A'} > 0$.
- $\gamma < 0$: l'image est **renversée**.
- Si $|\gamma| > 1$: l'image est **plus grande que l'objet** ; si $|\gamma| < 1$: l'image est **plus petite que l'objet**.
- L'image formée à travers la lentille ne peut pas être observée sur un écran. On dit que l'image est **virtuelle** : $x_{A'} < 0$.
- $\gamma > 0$: l'image est **droite**.
- $|\gamma| > 1$: l'image est **plus grande que l'objet**.

Exemples

Objet AB d'abscisse $x_A = -7,5$ cm.

Lentille de distance focale $f' = 5,0$ cm.

- D'après la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{x_{A'}} - \frac{1}{x_A} = \frac{1}{f'} \quad \text{donc} \quad \frac{1}{x_{A'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{x_A}$$

Application numérique : $\frac{1}{x_{A'}} = \frac{1}{5,0 \text{ cm}} + \frac{1}{-7,5 \text{ cm}}$

donc $x_{A'} = 15$ cm. $x_{A'} > 0$: l'image est **réelle**.

- D'après la relation de grandissement : $\gamma = \frac{x_{A'}}{x_A}$

Application numérique : $\gamma = \frac{15 \text{ cm}}{-7,5 \text{ cm}} = -2,0$

$\gamma < 0$, l'image est **renversée**.

$|\gamma| > 1$, l'image est **plus grande que l'objet**.

Objet AB d'abscisse $x_A = -4,0$ cm.

Lentille de distance focale $f' = 5,0$ cm.

- D'après la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{x_{A'}} - \frac{1}{x_A} = \frac{1}{f'} \quad \text{donc} \quad \frac{1}{x_{A'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{x_A}$$

Application numérique : $\frac{1}{x_{A'}} = \frac{1}{5,0 \text{ cm}} + \frac{1}{-4,0 \text{ cm}}$

donc $x_{A'} = -20$ cm. $x_{A'} < 0$: l'image est **virtuelle**.

- D'après la relation de grandissement : $\gamma = \frac{x_{A'}}{x_A}$

Application numérique : $\gamma = \frac{-20 \text{ cm}}{-4,0 \text{ cm}} = 5,0$

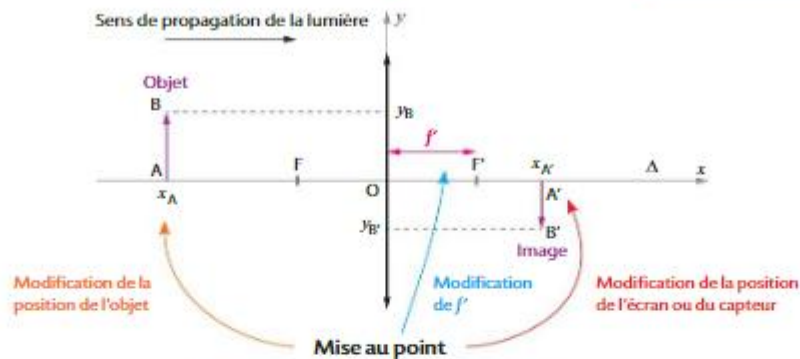
$\gamma > 0$, l'image est **droite**.

$|\gamma| > 1$, l'image est **plus grande que l'objet**.

Il s'agit d'un cas d'« effet loupe ».



1 Les relations de conjugaison et de grandissement



Relation de conjugaison

$$\frac{1}{x_{A'}} - \frac{1}{x_A} = \frac{1}{f'}$$

Relation de grandissement

$$\gamma = \frac{y_{B'}}{y_B} = \frac{x_{A'}}{x_A}$$

L'exploitation des relations de conjugaison et de grandissement permet de déterminer les positions de l'objet et de l'image, leurs dimensions et la distance focale de la lentille mince.

2 Le lien entre la position de l'objet et les caractéristiques de l'image

L'exploitation d'une construction graphique ou des relations de conjugaison et de grandissement permet de caractériser l'image par rapport à l'objet.

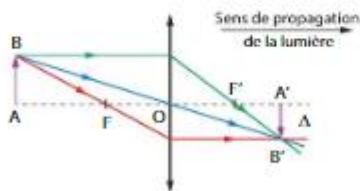


Image A'B' :

- projetable sur écran ($x_{A'} > 0$) → image réelle
- plus petite que l'objet AB → $|\gamma| < 1$
- pas de même sens que AB → $\gamma < 0$, image renversée

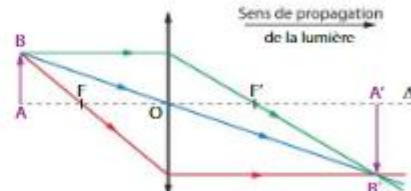


Image A'B' :

- projetable sur écran ($x_{A'} > 0$) → image réelle
- plus grande que l'objet AB → $|\gamma| > 1$
- pas de même sens que AB → $\gamma < 0$, image renversée

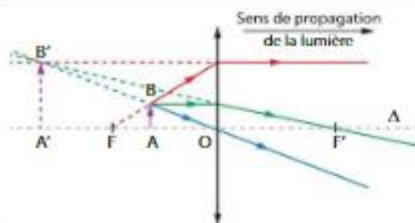


Image A'B' :

- non projetable sur écran ($x_{A'} < 0$) → image virtuelle
- plus grande que l'objet AB → $|\gamma| > 1$
- de même sens que AB → $\gamma > 0$, image droite