



Activités de la séquence n°5

Images données par les lentilles convergentes



Fiches de synthèse mobilisées :

- Fiche n°4 : lentilles convergentes et modèle optique de l'œil
- Fiche n°5 : la relation de conjugaison des lentilles



Sommaire des activités :

ACTIVITÉ 1 : modélisation de quelques systèmes optiques simples	1
ACTIVITÉ 2 : Validation expérimentale de la relation de conjugaison	2
ACTIVITÉ 3 : mesures de distances focales	3
ACTIVITÉ 4 : des images qui ne sont pas réelles	5

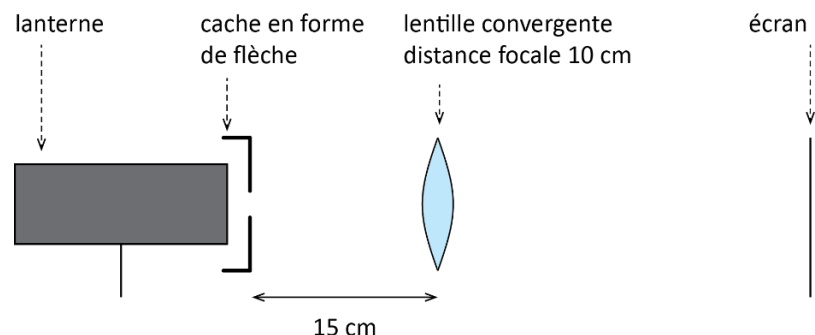
ACTIVITÉ 1 : modélisation de quelques systèmes optiques simples

Partie 1 : questions préliminaires

- Vous connaissez tous des systèmes imageurs simples tels que le vidéoprojecteur ou l'appareil photo. Associez à chacun de ces systèmes imageurs une des fonctions suivantes :
 - donner une image agrandie d'un objet sur un écran.
 - donner une image réduite d'un objet sur un capteur.

Partie 2 : manipulations

- Réaliser le montage ci-dessus sur le banc d'optique.



Déplacer l'écran de manière à ce qu'il recueille l'image. Décrire l'image obtenue (position par rapport à la lentille, grandeur, sens) en complétant le tableau ci-dessous.

- Modifier le montage en plaçant la lentille à une distance $d_2 = 40$ cm de l'objet, puis à une distance $d_3 = 7,5$ cm. Noter dans le tableau les caractéristiques des images observées si c'est possible.

Tableau récapitulatif des résultats :

	Visible sur un écran (oui / non)	Position de l'image distance OA'	Taille de l'image $\overline{A'B'}$	Sens de l'image (droite / renversée)
$d_1 = 15$ cm				
$d_2 = 40$ cm				
$d_3 = 7,5$ cm				

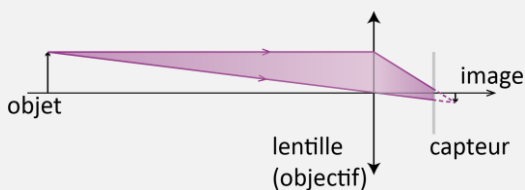
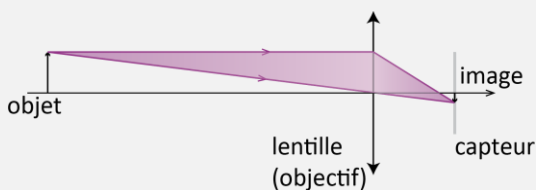
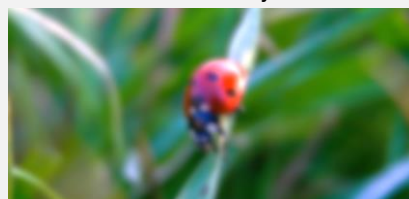
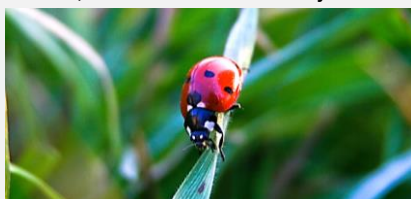
Partie 3 : Exploitation des résultats expérimentaux

- Pour les deux premiers cas étudiés, réaliser une construction graphique représentant : l'objet (représenté par un segment AB), son image $A'B'$ et les rayons de lumière particuliers qui permettent de déterminer sa position. La figure respectera l'échelle horizontale 1/5 (aucune échelle verticale n'est imposée).
- Comparer les constructions graphiques aux caractéristiques des images obtenues expérimentalement.
- En déduire, pour chacun des cas étudiés, lequel des systèmes optiques évoqués dans la partie 1 est modélisé.

ACTIVITÉ 2 : Validation expérimentale de la relation de conjugaison

DOCUMENT 1 : la mise au point de l'appareil photographique

La prise d'une photographie nécessite que l'appareil soit mis au point, c'est-à-dire que l'image de l'objet observé se forme sur le capteur qui l'enregistre. Que ce soit de manière manuelle ou automatisée, la distance entre l'objectif et le capteur est modifiable et doit être ajustée dans ce but.



Sur les figures ci-dessus la coccinelle est modélisée par un objet plan et l'objectif de l'appareil par une lentille convergente.

Partie 1 : manipulations et valeurs expérimentales

Reprendre le montage de l'activité précédente en utilisant une lentille de distance focale $f' = 20$ cm.

- Placer l'objet aux différentes positions indiquées dans le tableau ci-dessous et, pour chacune d'elles, mesurer les distances $\overline{OA'}$ (position de l'image en valeur algébrique) et $\overline{A'B'}$ (taille de l'image en valeur algébrique) afin de compléter le tableau.

Position de l'objet : $\overline{OA}$	Position de l'image : $\overline{OA'}$	Taille de l'image : $\overline{A'B'}$
-0,30m		
-0,40m		
-0,60m		
-0,80m		
-1,00m		

- 1^{ère} exploitation des mesures : décrire par des phrases simples :
 - comment évolue la taille de l'image lorsque l'objet s'éloigne de la lentille ;
 - comment évolue la position de l'image lorsque l'objet s'éloigne de la lentille.
- Sur la photographie à gauche du document 1, la coccinelle est vue nettement mais pas les herbes de l'arrière-plan. Pour obtenir un effet inverse (l'arrière-plan net et la coccinelle floue), comment doit évoluer la distance, entre l'objectif et le capteur ? Exploiter les résultats précédents pour répondre.

**Partie 2 : validation de la relation de conjugaison****DOCUMENT 2 : la relation de conjugaison des lentilles**

Les lois de l'optique permettent d'obtenir une relation entre les positions de l'objet et de son image, appelée **relation de conjugaison**. Elle énonce que :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

- $\overline{OA}$ est la distance algébrique entre la lentille et l'objet ;
- $\overline{OA'}$ est la distance algébrique entre la lentille et l'image ;
- f' est la distance focale de la lentille utilisée.

À propos des distances algébriques : les distances comptabilisées dans le sens de l'axe optique sont comptées positivement, celles comptabilisées dans le sens inverse sont comptées négativement

L'objectif de cette partie est de comparer les résultats expérimentaux de la partie 1 à la loi énoncée dans le document ci-dessus.

4. Recopier dans un tableur les données du tableau précédent et créer deux nouvelles grandeurs $\frac{1}{\overline{OA'}}$ et $\frac{1}{\overline{OA}}$
5. Rappeler la valeur de la distance focale de la lentille : $f' = \overline{OF'}$ et calculer la valeur $\frac{1}{\overline{OF'}}$.
6. Représenter graphiquement $\frac{1}{\overline{OA'}}$ en fonction de $\frac{1}{\overline{OA}}$. Modéliser les points expérimentaux par la fonction appropriée et noter l'équation de la courbe obtenue.
7. Montrer que la modélisation est compatible avec la loi de conjugaison donnée dans le document 2.

Partie 3 : comparaison des résultats expérimentaux et graphiques aux résultats prévus théoriquement

8. Pour les 2 situations de l'activité 1 où l'image a été observable, déterminer la position de l'image $\overline{OA'}$ par le calcul, en utilisant la relation de conjugaison et les valeurs de f' et $\overline{OA}$
9. Comparer ces résultats à vos valeurs graphiques de la partie précédente et à vos valeurs expérimentales de l'activité 1.

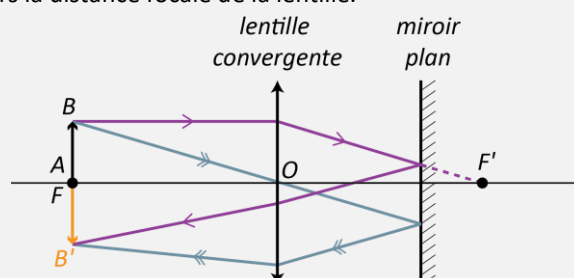
ACTIVITÉ 3 : mesures de distances focales

En optique, la précision coûte très cher, si bien que, souvent, la distance focale des lentilles n'est pas exactement celle indiquée par le fabricant. L'objectif de cette activité est de mesurer la distance focale d'une lentille par deux méthodes et de comparer les deux mesures. La mesure des distances focales est un domaine de l'optique appelé « focométrie ».

1^{ère} partie : mesure par la méthode d'autocollimation**DOCUMENT 1 : la méthode d'autocollimation**

La méthode d'autocollimation est l'une des méthodes rapides de mesure d'une distance focale.

- Placer un objet lumineux devant une lentille convergente.
- Derrière cette lentille, placer un miroir plan.
- Rechercher la disposition telle que l'image se forme dans le même plan que l'objet la distance objet-lentille est alors la distance focale de la lentille.



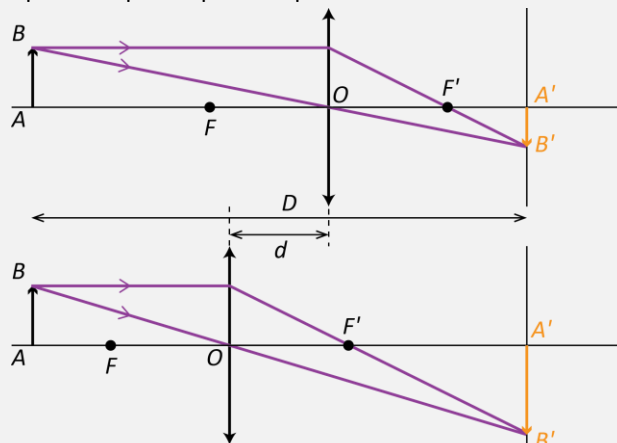


1. Se munir d'une lentille convergente dont le fabricant prétend que la distance focale vaut 10 cm. Mesurer une première fois la distance focale de cette lentille en appliquant la méthode d'autocollimation décrite dans le document 1 et noter la valeur obtenue.
2. Quelles sont les sources d'erreur qui entachent cette mesure ? On tiendra compte de tout ce qui peut contribuer à rendre la mesure incertaine : ce qui vient des instruments, ce qui vient de leur maniement, etc.
3. Reproduire la mesure une seconde fois, après avoir retiré tous les accessoires du banc d'optique. Comment expliquer que l'on ne retrouve pas la même valeur ?
4. Refaire la mesure jusqu'à obtenir dix valeurs de f' , que l'on reportera dans le fichier « IMAGE_Seq05_Activite3_focometrie » ou bien dans le programme Python lié à cette activité.

2^{ème} partie : mesure par la méthode de Bessel

DOCUMENT 2 : la méthode de Bessel

- Placer un objet lumineux et un écran à une distance D l'un de l'autre, supérieure à quatre fois la valeur supposée de la distance focale à mesurer (il est conseillé de dépasser largement ce seuil).
- Placer la lentille convergente de sorte qu'une image **rétrécie** se forme sur l'écran et noter sa position sur le banc d'optique.
- Déplacer ensuite la lentille afin qu'une image **agrandie** se forme sur l'écran et mesurer la distance d dont il a fallu la déplacer depuis la position précédente.



La distance focale de la lentille vaut alors :

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

NB : La démonstration de cette relation fait l'objet d'un exercice de cette séquence.

5. Reprendre les questions 1 à 4 précédentes en appliquant cette fois la méthode de Bessel.

3^{ème} partie : comparaison des deux méthodes

6. Le tableur ou l'exécution du programme Python affiche la valeur la plus probable de la distance focale pour chacune des deux méthodes. À votre avis, quel calcul fait-il pour indiquer cette valeur ? Vérifier la réponse en lisant la formule utilisée.
7. Laquelle des deux méthodes donne les valeurs les moins dispersées ? Quelle information cela donne-t-il sur la valeur de distance focale donnée par cette méthode ?
8. Lorsque plusieurs mesures ont été réalisées dans les mêmes conditions et avec le même matériel, l'incertitude-type de la valeur mesurée peut être obtenue par l'expression :

$$u(f') = \frac{s_{exp}}{\sqrt{N}}$$

s_{exp} étant l'écart-type expérimental de la série de mesure et N le nombre de mesures réalisées.

Calculer $u(f')$ pour chacune des deux méthodes. Ces valeurs confirment-elles les conclusions de la question 7 ?



9. Proposer une explication physique à la réponse précédente en indiquant quelles sont les sources d'erreur que la méthode de Bessel permet de diminuer.
10. Les deux valeurs que nous avons obtenues sont-elles compatibles entre elles ? Proposer un critère pour justifier la réponse.
11. Finalement, écrire la valeur de la distance focale que vous pensez pouvoir retenir de toutes ces mesures, sous la forme : $f' = (... \pm ...)$ et en veillant à adapter le nombre de chiffres significatifs conservés.

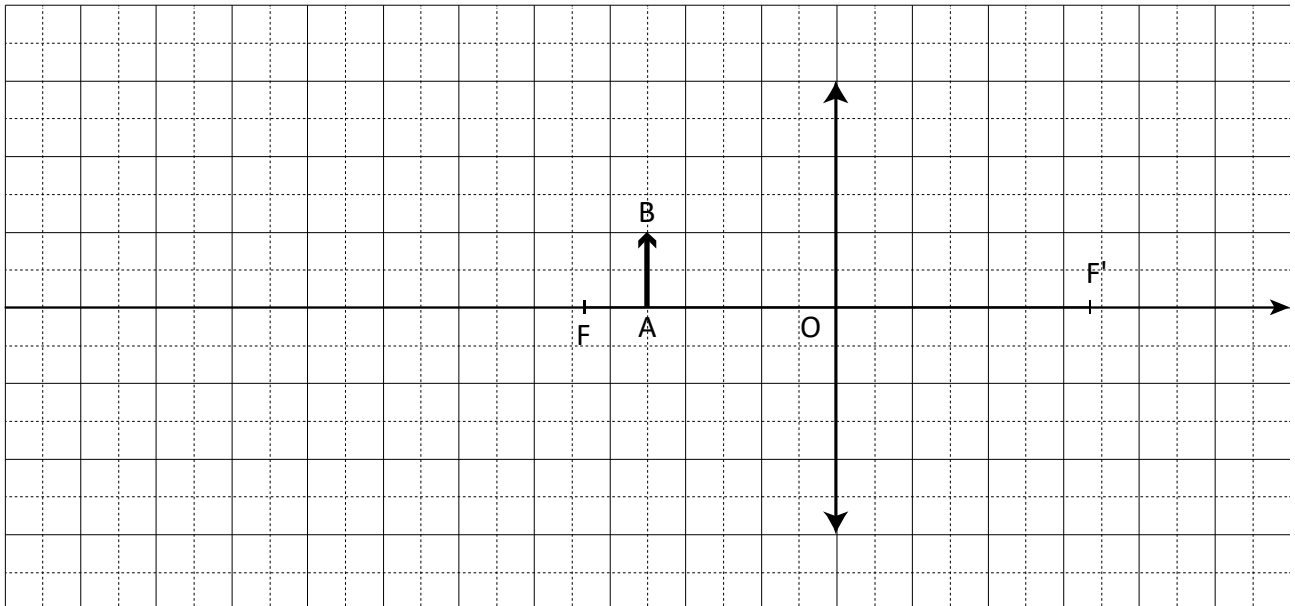
ACTIVITÉ 4 : des images qui ne sont pas réelles

Expérience :

- On va à présent se replacer dans la 3^{ème} situation de l'activité 1 : la lentille convergente utilisée a une distance focale de valeur 10cm et l'objet est placé à 7,5 cm d'elle.
- Déplacer l'écran pour chercher à y former l'image : est-ce possible ?

Interprétation

1. Représenter cette situation en traçant deux rayons particuliers issus de B sur la figure 2 :



2. Expliquer en quoi cette figure montre qu'il était impossible de trouver une image avec l'écran.
3. Placer son œil derrière la lentille et regarder en direction de la lanterne. Voit-on une image nette ? Semble-t-elle agrandie ou rétrécie ? droite ou renversée ?
4. Sur la figure précédente, prolonger les rayons de lumière tracés de manière à mettre en évidence le point B' où ils se croisent. On représentera en pointillés les rayons *virtuels* de lumière.
5. Proposer une explication au fait qu'on arrive à voir une image... alors qu'aucune image ne se forme réellement.
6. Quelles sont les positions de l'objet par rapport à la lentille permettant d'obtenir une image virtuelle ? Faire une prévision d'après la figure, puis la vérifier expérimentalement.
7. Quel instrument d'optique usuel exploite ce phénomène ?