



Activités de la séquence n°6

Images photographiques : focus, zoom et profondeur de champ



Fiches de synthèse mobilisées :

- Fiche n°3 : lentilles convergentes et modèle optique de l'œil
- Fiche n°5 : relation de conjugaison des lentilles et focométrie
- Fiche n°6 : modèle optique de l'appareil photographique

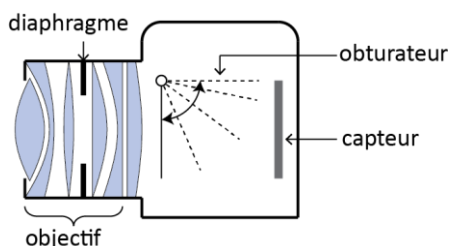


Sommaire des activités :

ACTIVITÉ 1 :	mise au point de l'appareil photographique et comparaison avec l'œil	1
ACTIVITÉ 2 :	pourquoi l'appareil photo du téléphone ne fait-il pas de bruit ?	2
ACTIVITÉ 3 :	le zoom optique	3
ACTIVITÉ 4 :	lien entre le zoom et l'angle de champ	4
ACTIVITÉ 5 :	comment modifier la profondeur de champ ?	5
ACTIVITÉ 6 :	profondeur de champ et nombre d'ouverture	6

ACTIVITÉ 1 : mise au point de l'appareil photographique et comparaison avec l'œil



Partie 1 : modélisation de l'appareil photographique et de sa mise au point



1. On peut illustrer le fonctionnement de l'appareil photo en utilisant exactement le même dispositif que l'œil réduit : une lentille convergente, un diaphragme et un écran. Quelles parties réelles de l'appareil représentent alors chacun de ces accessoires ?
2. Lorsque l'on vise un objet : où son image doit-elle se former pour apparaître nettement sur la photographie ?
3. Se munir d'un appareil photo et le placer en mode « autofocus ». Avec ce réglage l'appareil ajuste automatiquement la distance objectif – capteur pour que la photographie soit nette. Viser un objet lointain. Viser ensuite un objet proche et noter comment évolue l'objectif de l'appareil lorsque l'objet se rapproche.
4. Voici deux photos prises avec le même appareil, placé au même endroit et sans modification de la distance focale de l'objectif. Comment la distance objectif – capteur a-t-elle évolué entre ces deux prises ?



**Partie 2 : comparaison de l'œil et de l'appareil photo**

	Œil 	Appareil photo 
Quel élément assure la formation de l'image ?		
Quel élément recueille l'image formée ?		
Quel élément ajuste la luminosité de l'image formée ?		
La distance focale du système convergent est-elle variable ?		
La distance entre le système convergent et le lieu où doit se former l'image est-elle variable ?		
Quelle modification se produit lorsque l'objet observé s'éloigne ?		
Quelle modification se produit lorsque l'objet observé se rapproche ?		

ACTIVITÉ 2 : pourquoi l'appareil photo du téléphone ne fait-il pas de bruit ?

Dans l'activité précédente nous avons observé comment l'appareil photographique réalise la mise au point. En mode automatique, ce réglage est à la fois visible et bruyant. Mais pourquoi, avec l'appareil photo d'un téléphone, ce phénomène semble-t-il ne pas se produire ?

1^{ère} partie : étude quantitative avec une maquette sur banc d'optique

- On étudie un appareil photo dont les caractéristiques sont les suivantes :

- distance focale de l'objectif : 50 mm ;
- distance objectif – capteur : 50 à 70 mm.

Où se trouve l'objet le plus lointain que cet appareil peut photographier ? Pour répondre, exploiter vos connaissances sur les lentilles convergentes.

- Où se trouve l'objet le plus proche que cet « appareil » peut photographier ? Justifier la réponse à l'aide d'un calcul reposant sur la relation de conjugaison.
- Validation expérimentale : réaliser un montage utilisant une lentille convergente, un écran et un diaphragme afin qu'il représente l'appareil photo évoqué à la question 1. Effectuer les mesures nécessaires pour vérifier expérimentalement les positions de l'objet le plus éloigné et le plus proche que l'on puisse « photographier ».

2^{nde} partie : pourquoi la mise au point, de l'appareil du téléphone est-elle imperceptible ?

La distance focale de l'objectif téléphone est beaucoup plus courte que celle des appareils photographiques reflex : elle est de l'ordre de 4 mm.

- Que vaut la distance objectif – capteur minimale ? À quels objets correspond cette position ?
- Avec votre téléphone, estimer la distance objectif – objet minimale permettant d'obtenir une photographie nette. Noter la valeur obtenue.
- En déduire par le calcul, à l'aide de la loi de conjugaison, la distance objectif- capteur correspondante et en déduire l'ordre de grandeur de l'amplitude du déplacement de l'objectif pour cet appareil.
- Conclure en répondant à la question posée par le titre de cette activité.



ACTIVITÉ 3 : le zoom optique



Licence Creative Commons

Ce paparazzo cherche à prendre une photographie indiscreète de la vedette qu'il suit sans relâche... mais pourquoi son appareil est-il aussi grand ?

1^{ère} partie : première approche du zoom optique

- ▶ Le professeur prend deux photographies dans la salle de classe et les affiche.
 1. Avec des mots de la vie quotidienne, décrire la différence entre les photos 1 et 2. Reformuler ensuite en utilisant le vocabulaire de l'optique.
 2. Un élève vient au bureau du professeur pour constater quel réglage de l'appareil doit être modifié pour obtenir une telle évolution : noter de quel réglage il s'agit.

2^{nde} partie : étude expérimentale de l'influence de la distance focale sur le grandissement

Expérience :

- Au centre d'un écran blanc, représenter un cadre rectangulaire de dimension 24 x 36mm : il représente le capteur d'un appareil photo. Celui-ci sera en position « paysage ».
- Réaliser un montage permettant d'observer sur cet écran l'image d'un objet lumineux donnée par une lentille convergente de distance focale 10 cm. L'image doit occuper environ la moitié de la hauteur du capteur.

Questions :

3. Rechercher, parmi les lentilles disponibles, celle qui permet d'obtenir une image couvrant la totalité de la largeur du « capteur » représenté sur l'écran (sans modifier la distance objet – lentille). Noter la distance focale.
4. Exploiter cette expérience pour établir un lien entre la distance focale de l'objectif et la taille de l'image.
5. Exploiter les résultats obtenus pour répondre à la question posée en préambule : quel intérêt les paparazzi ont-ils à utiliser des appareils aussi démesurés ?

3^{ème} partie - pour aller plus loin : comment un seul objectif permet-il de zoomer ?

On se demande dans cette partie comment on peut modifier le grandissement de l'image sans changer d'objectif. La relation ci-dessous exprime la distance focale d'un ensemble de deux lentilles convergentes de distances focales f'_1 et f'_2 placées à une distance D l'une de l'autre :

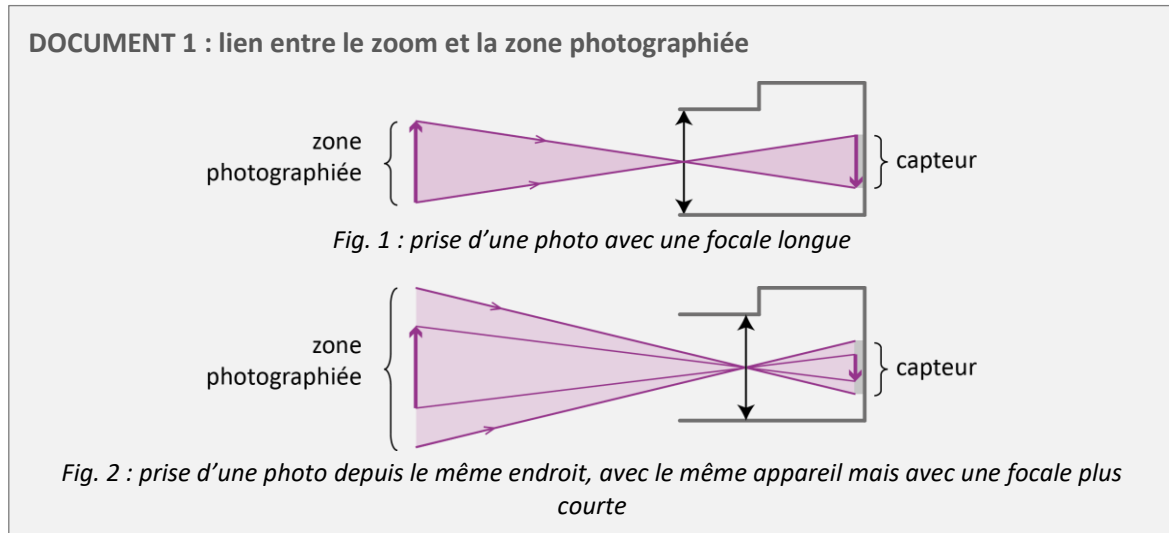
$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2} - \frac{D}{f'_1 f'_2}$$

6. On va utiliser deux lentilles convergentes de distances focales $f'_1 = 10$ mm et $f'_2 = 20$ mm. Que vaut la distance focale de leur association si elles sont accolées l'une à l'autre ? Exploiter la relation ci-dessus pour répondre.
7. Comment évolue la distance focale de l'ensemble si la distance D augmente ? On pourra calculer la distance focale obtenue en plaçant les deux lentilles à $D = 5$ cm l'une de l'autre pour répondre.
8. Comment évolue alors le grandissement (en valeur absolue) si D augmente ?
9. Proposer le protocole d'une expérience permettant de tester la réponse précédente.
10. Réaliser l'expérience précédente, rendre compte des résultats obtenus et conclure en vérifiant que la prévision de la question 8 est réalisée.
11. En réalité un objectif d'appareil photographique contient plusieurs lentilles convergentes. En conclusion, expliquer ce qu'il se passe lorsque l'on zoome.

ACTIVITÉ 4 : lien entre le zoom et l'angle de champ

1^{ère} partie : l'angle de champ

Le fait de zoomer ou non influence l'étendue de la zone photographiée. Les figures du document ci-dessous représentent deux situations extrêmes.



1. Le « zoom » optique correspond à la notion de grandissement de l'objectif (en valeur absolue). Laquelle des deux figures du document ci-dessus représente la photographie avec le plus fort zoom ? Laquelle représente la prise en photographie de la zone la plus vaste ?
2. L'étendue de la zone photographiée est généralement évaluée au moyen d'un angle appelé « angle de champ ». C'est l'angle entre deux rayons de lumière atteignant les bords du capteur et passant par le centre optique de l'objectif. Sur les figures ci-dessus, représenter cet angle.
Comment évolue l'angle de champ lorsque le zoom augmente ?

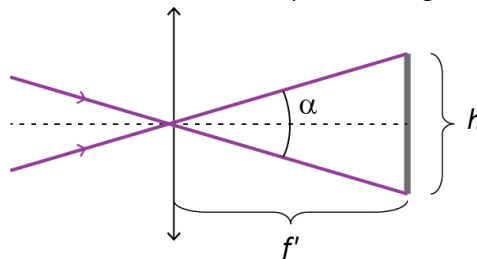
2^{nde} partie : photographie d'un paysage

Le professeur affiche au tableau, au moyen d'un vidéoprojecteur, la photo d'un paysage : il nous servira d'objet. Le but de cette partie est de former une image de cet objet, occupant en totalité le « capteur » tracé lors de l'activité précédente. Nous admettons que **cet objet est à l'infini**. L'enseignant note au tableau la hauteur H de la zone éclairée du tableau.

3. Si l'on place l'appareil photo modélisé à une distance de $D = 8$ m de l'objet visé, calculer l'angle de champ permettant d'obtenir une image occupant tout le « capteur » en hauteur (rappel : cette hauteur vaut 24mm) au moyen de la relation approximative (donnant α en radian) :

$$\alpha \approx \frac{H}{D}$$

4. Puisque l'objet est supposé à l'infini, la distance lentille – capteur sera égale à la distance focale de la lentille :



Exploiter la figure ci-dessus pour établir la relation :

$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{h}{2f'}$$



5. En déduire la distance focale de la lentille permettant de « photographier le paysage » en plaçant l'objectif à 8 m du tableau.
6. **Expérience** : choisir la lentille convergente dont la distance focale est la plus proche de la valeur calculée à la question précédente. La monter sur le banc d'optique portatif, placer un écran à la bonne distance et vérifier qu'en plaçant cette maquette à 8m du tableau, on obtient bien une image occupant à peu près le « capteur ».
7. Certains appareils possèdent un objectif « grand angle » : cela signifie qu'ils permettent d'accéder à des angles de champ élevés. Pour modifier notre maquette afin qu'elle représente un objectif grand angle, comment faut-il modifier la distance focale de la lentille utilisée ?
8. Modifier la maquette réalisée précédemment pour qu'elle représente un objectif grand angle et noter les modifications effectuées. Vérifier (en visant le tableau ou un vrai paysage s'il fait beau) le résultat obtenu.
9. Citer une occasion réelle où l'utilisation d'un objectif grand angle est justifiée.

ACTIVITÉ 5 : comment modifier la profondeur de champ ?

1^{ère} partie : observation de photographies avec différentes profondeurs de champ

Cette activité a pour but d'étudier du point de vue de l'optique la notion de profondeur de champ.

DOCUMENT 1 : trois photographies



photo n°1



photo n°2

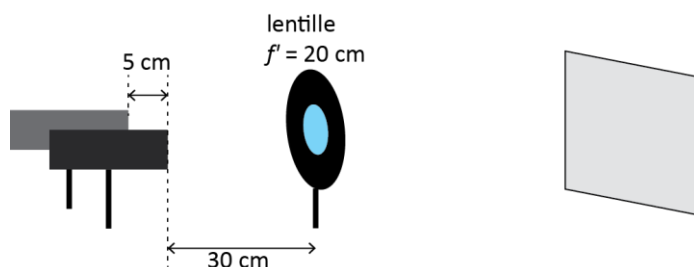
Ces deux photographies ont été prises avec le même appareil et depuis le même endroit.

1. Décrire quelle différence on peut observer entre ces deux photographies.
2. La photographie de droite a une plus grande *profondeur de champ*. À l'aide de ce que l'on observe, définir la profondeur de champ.
3. Dans la salle de classe, le professeur prend deux photographies : sur les élèves du premier rang sont photographiés nettement (les autres sont flous) et, sur la seconde, tous les élèves sont nets. Noter l'indication de l'appareil qui est modifiée entre ces deux prises. L'objectif de ce qui suit est de comprendre cette indication.

2^{nde} partie : une manière de modifier la profondeur de champ

Expérience :

- Placer deux lanternes côte à côte, munies d'un cache de forme reconnaissable (ce seront les objets).
- Placer une lentille de distance focale 20 cm à 30 cm des lanternes.
- Placer un écran de sorte que l'image des deux objets s'y forme.
- Reculer de 5cm l'une des lanternes.





4. Lorsque l'on recule l'un des deux objets, qu'observe-t-on à l'écran ? Comment peut-on l'expliquer avec nos connaissances en optique ?
5. Accoler un diaphragme à la lentille et le refermer progressivement, en observant le résultat à l'écran. Noter les modifications observables sur l'écran.
6. Dédire de cette expérience une hypothèse concernant la modification opérée lors du changement de réglage effectué dans la 1^{ère} partie.

ACTIVITÉ 6 : profondeur de champ et nombre d'ouverture

1^{ère} partie : influence du diamètre et de la focale sur la profondeur de champ

DOCUMENT 1 : protocole à suivre pour mesurer une profondeur de champ

Le protocole suivant peut être appliqué pour mesurer une profondeur de champ. Il permet de délimiter la zone dans laquelle on peut placer l'objet et en obtenir une image sur l'écran.

- Faire l'image d'un objet (une flèche éclairée par une lanterne par exemple) sur un écran à l'aide d'une lentille convergente. Ni l'écran ni la lentille ne devront être déplacées ensuite.
- Éloigner lentement l'objet de la lentille jusqu'à ce que la figure observée à l'écran devienne floue. Noter la position de l'objet.
- Rapprocher ensuite l'objet de la lentille jusqu'à ce que la figure observée à l'écran devienne floue. Noter la position de l'objet.

Exploitation : la profondeur de champ est alors la distance entre les deux positions repérées aux deux dernières étapes.

Expérience :

- Sur un banc d'optique, placer une lentille convergente de distance focale 10 cm (représentant l'objectif d'un appareil photo) et, à 15cm de la lentille, un écran blanc (représentant le capteur de l'appareil).
- Placer l'objet (lanterne + cache de forme reconnaissable) à la position permettant à l'image de se former sur l'écran.
 1. Mesurer et noter la profondeur de champ dans cette situation en appliquant le protocole du document 1.

Influence du diamètre du diaphragme :

2. On dispose de plusieurs diaphragmes (ou d'un diaphragme de diamètre variable) pouvant être accolé à la lentille. Proposer le protocole d'une expérience permettant d'étudier l'influence du diamètre du diaphragme sur la profondeur de champ. Une série d'au moins quatre mesures est attendue.
3. Réaliser le protocole proposé à la question 3 et rassembler dans un tableau les mesures effectuées.
4. Exploiter les mesures pour indiquer comment le diamètre du diaphragme influe sur la profondeur de champ.

Influence de la distance focale :

- Remplacer la lentille de distance focale 10 cm par une autre de distance focale 5 cm, toujours placée à 15 cm de l'écran : on modélise ainsi un passage en mode « macro », adapté à la photographie d'objets proches de l'appareil.
- Déplacer l'objet jusqu'à observer son image sur l'écran et vérifier qu'on illustre bien le mode macro.
 5. En suivant le protocole du document 1, mesurer la profondeur de champ avec cette nouvelle lentille.
 6. Comparer les profondeurs de champ obtenues aux questions 1 et 5 et en déduire comment la distance focale influe sur la profondeur de champ lorsque la distance objectif – capteur est constante.

Le nombre d'ouverture

Le nombre d'ouverture est défini par :

$$N = \frac{f'}{D}$$

f' étant la distance focale de l'objectif et D le diamètre du diaphragme. C'est le sens de l'indication notée dans la 1^{ère} partie de l'activité précédente.

7. D'après les résultats des questions 4 et 6 : comment faut-il modifier le nombre d'ouverture N pour augmenter la profondeur de champ ? Vérifier que cela est cohérent avec la réponse 3 de l'activité précédente.

**2^{ème} partie : interprétation des variations de la profondeur de champ à l'aide de constructions****DOCUMENT 2 : le critère de netteté approchée**

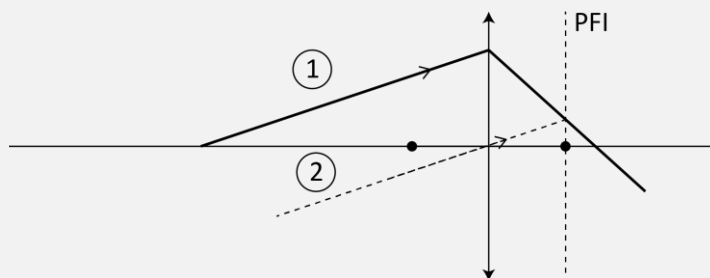
Le capteur CCD de l'appareil photographique est constitué d'une multitude de photorécepteurs unitaires : chacun d'eux sera responsable d'un des pixels de la photographie.

Pour une distance lentille – écran donnée, il n'existe qu'une unique distance lentille – objet permettant de respecter *exactement* la relation de conjugaison, donc une mise au point exacte. En dehors de cette position, l'image d'un point n'est pas un point mais une tache. Si la tache est suffisamment petite pour n'éclairer qu'un seul photorécepteur alors on respecte le critère de « netteté approchée » : la photographie sera nette.

DOCUMENT 3 : méthode à suivre pour tracer un rayon quelconque

Pour tracer la marche d'un rayon quelconque (rayon 1 sur la figure ci-dessous) :

- tracer le plan focal image de la lentille (noté PFI sur la figure ci-dessous) ;
- tracer un rayon parallèle au rayon 1 mais passant par le centre de la lentille : il n'est pas dévié ;
- le rayon 1 émerge de la lentille en passant par le point d'intersection entre le plan focal image et la rayon 2.



8. Sur la figure 1 de la page suivante, on a représenté les points A_1' et A_2' : ce sont les deux positions extrêmes de l'image du point objet A satisfaisant le critère de netteté approchée défini par le document 2. Appliquer la méthode de tracé décrite dans le document 3 pour déterminer les positions des points objets A_1 et A_2 dont les images sont A_1' et A_2' . Repasser en couleur la distance correspondant à la profondeur de champ dans cette situation.
9. La figure 2 représente une situation où le nombre d'ouverture a été augmenté (donc l'ouverture a été réduite). En appliquant la même méthode qu'à la question 9, représenter les points images A_1' et A_2' , puis les points objets correspondants A_1 et A_2 . En déduire les limites de la profondeur de champ. Retrouve-t-on bien la propriété mise en évidence à la question 7 ?
10. La figure 3 représente une situation où le photorécepteur est plus grand. Délimiter la profondeur de champ en suivant toujours la même méthode. Quelle est l'influence de la taille des photorécepteurs sur la profondeur de champ ?



Figures à compléter :

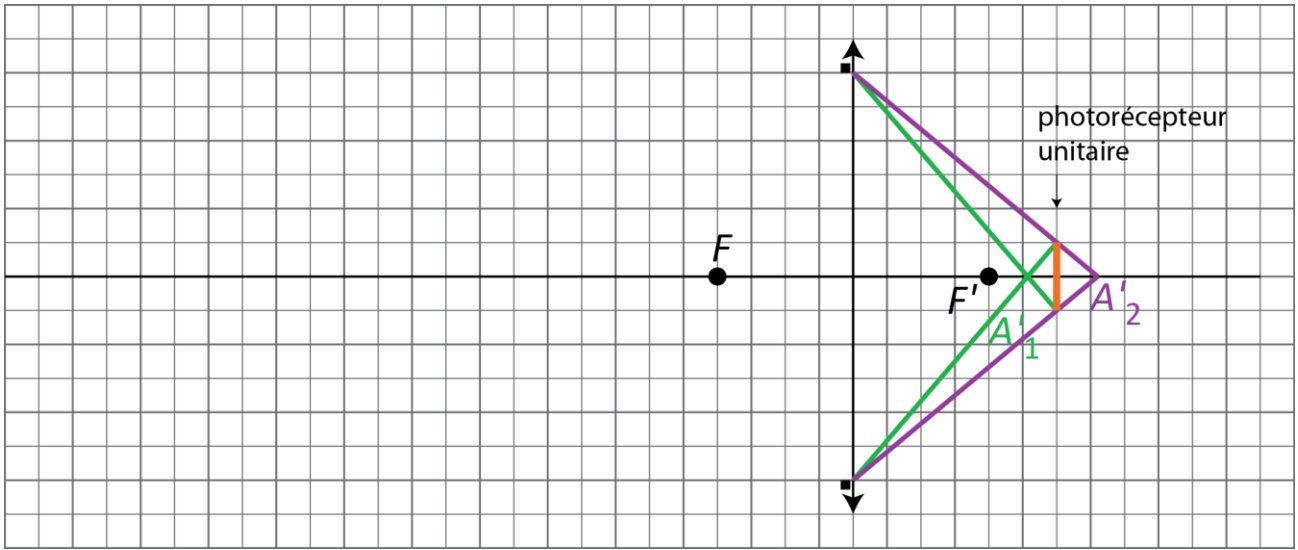


Figure1

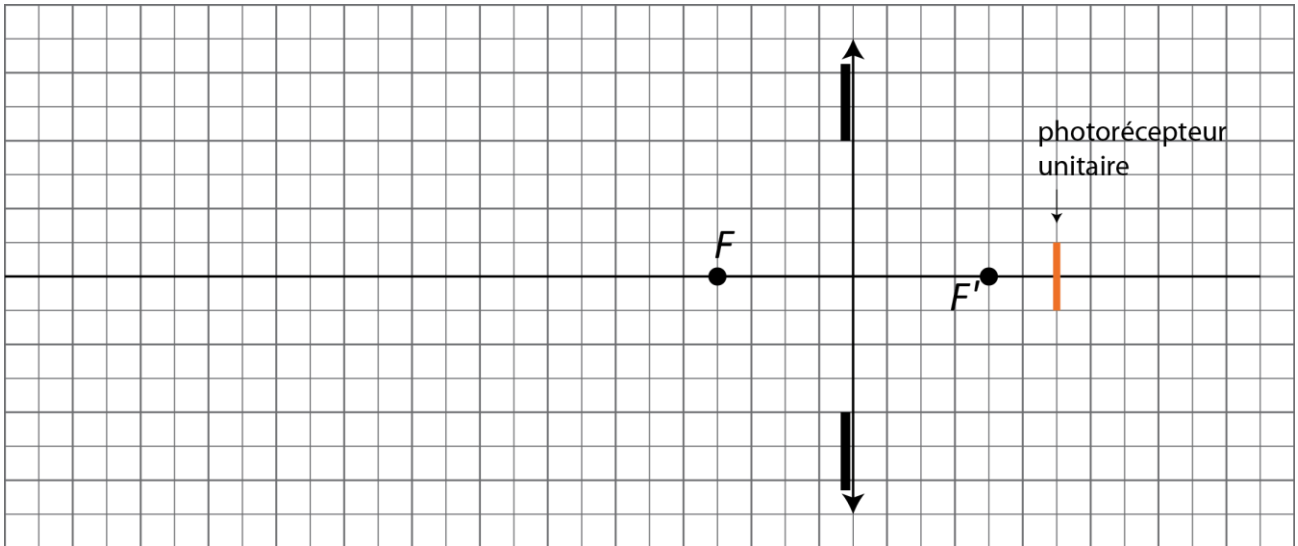


Figure 2

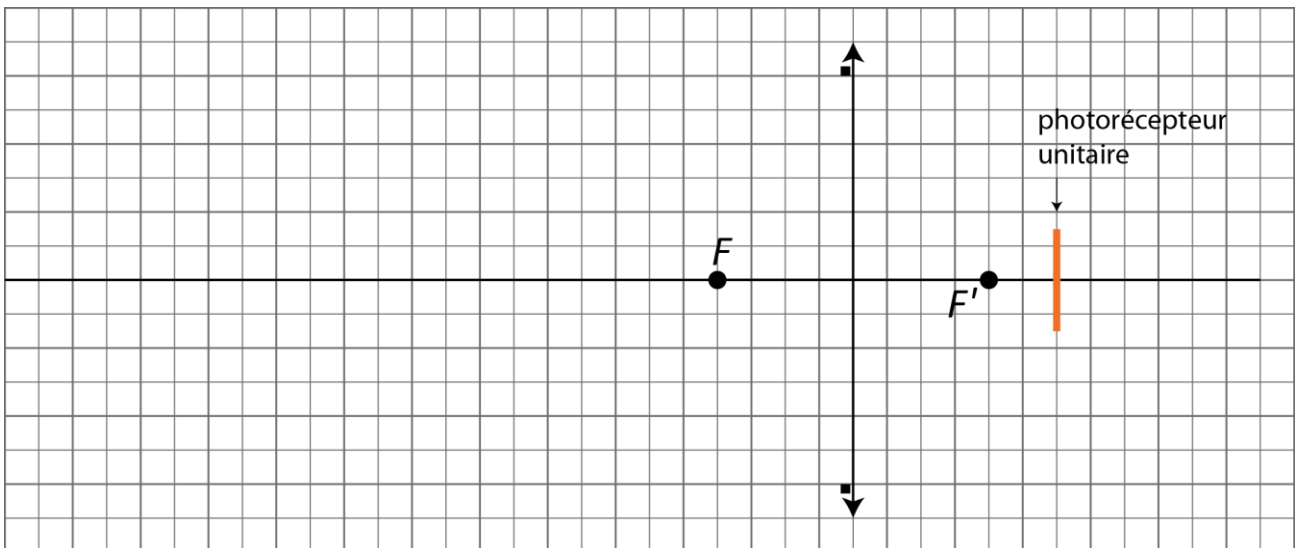


Figure 3