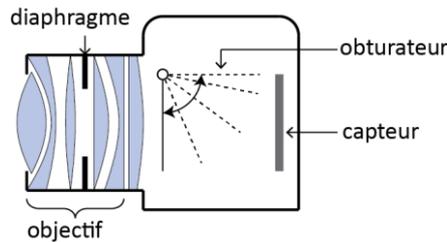


## Découverte de l'appareil photographique Éléments de correction

### ACTIVITÉ 1 : Modélisation de l'appareil photographique et comparaison à l'œil

#### Partie 1 : Modélisation de l'appareil photographique

1. La lentille convergente représente l'objectif, le diaphragme porte le même nom (voir schéma) et l'écran représente le capteur.

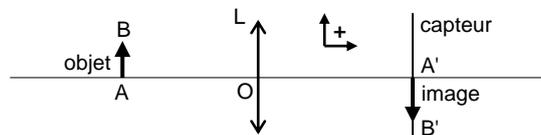


2. On place l'écran à l'extrémité droite du banc optique et l'objet (la lanterne avec la lettre F) à l'extrémité gauche. On place ensuite la lentille avec son diaphragme (assez proche de l'écran) de façon à ce que l'image soit sur l'écran.

3. Lorsque l'objet se rapproche de l'appareil photo, l'objectif (ici la lentille) doit s'éloigner du capteur (ici l'écran).

#### Partie 2 : Étude quantitative d'une maquette

4.



$$1^{\text{er}} \text{ cas extrême : } \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \quad \text{donc} \quad \frac{1}{70 \text{ mm}} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{50 \text{ mm}}$$

$$\text{donc} \quad \frac{1}{OA} = \frac{1}{70 \text{ mm}} - \frac{1}{50 \text{ mm}} = -5,7 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-1}$$

$$\text{donc} \quad \overline{OA} = \frac{1}{-5,7 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{mm}}} = -175 \text{ mm} \approx -18 \text{ cm}$$

l'objet le plus proche que cet appareil peut photographier est à 18 cm.

$$2^{\text{nd}} \text{ cas extrême : } \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \quad \text{donc} \quad \frac{1}{50 \text{ mm}} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{50 \text{ mm}}$$

$$\text{donc} \quad \frac{1}{OA} = \frac{1}{50 \text{ mm}} - \frac{1}{50 \text{ mm}} = 0$$

donc OA est infini

l'objet le plus éloigné que cet appareil peut photographier est à l'infini.

5. 1<sup>er</sup> cas extrême : On place l'écran à l'extrémité droite du banc optique, sur une graduation. À 70 mm de cet écran, on place la lentille de focale 50 mm (de vergence  $C = 1/f' = 1/0,050 = 20 \delta$ ) avec son diaphragme. On place ensuite l'objet (la lanterne avec la lettre F) de façon à ce que l'image soit sur l'écran. On mesure alors la distance lentille-écran qui doit être proche de 18 cm.

2<sup>nd</sup> cas extrême : On place l'écran à l'extrémité droite du banc optique, sur une graduation. À 50 mm de cet écran, on place la lentille de focale 50 mm (de vergence  $C = 1/f' = 1/0,050 = 20 \delta$ ) avec son diaphragme. On tente ensuite de placer l'objet (la lanterne avec la lettre F) de façon à ce que l'image soit sur l'écran. On se rend

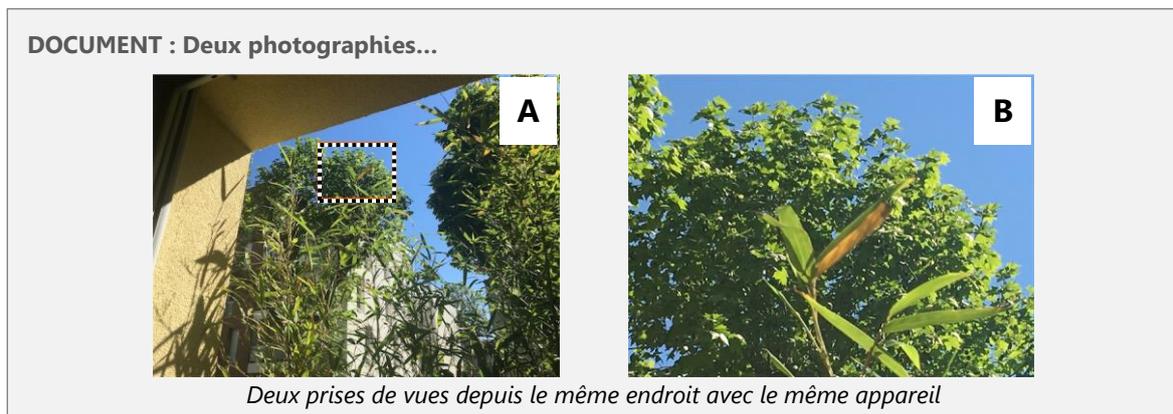
compte que l'objet doit être très éloigné pour que l'écran soit éclairé de façon à peu près nette (mais, vue la taille de la salle de cours, on n'arrive pas à le placer à l'infini).

### **Partie 3 : Comparaison de l'œil et de l'appareil photo**

	<b>Œil</b>	<b>Appareil photographique</b>
Quel élément recueille l'image formée ?	rétine	capteur
Quel élément ajuste la luminosité de l'image formée ?	pupille (iris)	diaphragme
Quel élément assure la formation de l'image ?	crystallin (et autres corps transparents de l'œil)	objectif
La distance focale du système convergent est-elle variable ?	oui (le cristallin est plus ou moins convergent)	généralement non
La distance entre le système convergent et le lieu où doit se former l'image est-elle variable ?	non (la distance cristallin-rétine est fixe)	oui (la distance objectif-capteur varie)
Quelle modification se produit lorsque l'objet observé s'éloigne ?	le cristallin se bombe moins ( $f'$ augmente)	l'objectif se rapproche du capteur
Quelle modification se produit lorsque l'objet observé se rapproche ?	le cristallin se bombe plus ( $f'$ diminue)	l'objectif s'éloigne du capteur

## **ACTIVITÉ 2 : Illustration expérimentale du zoom optique**

### **Partie 1 : Observation de photographies et première approche**



1. Sur la photo B, l'image est plus agrandie que sur la A mais la zone photographiée est plus petite.
2. Le rectangle en pointillés de la photo A correspond à la zone photographiée sur la photo B.
3. Pour passer de la prise de vue A à la prise de vue B, on a utilisé la fonction "zoom".

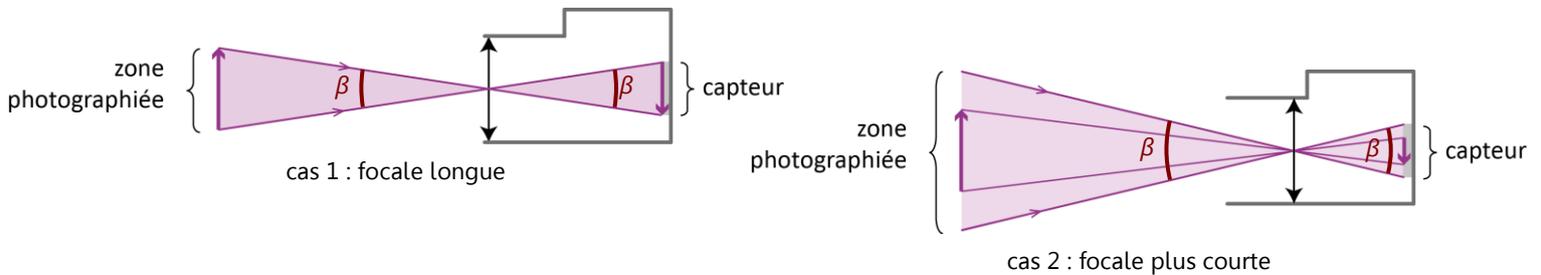
### **Partie 2 : quelle propriété de l'appareil faut-il modifier pour « zoomer » ?**

4. Pour qu'une photographie soit nette, l'image doit se former sur le capteur.
5. RAS.
6. Lorsque la lentille est moins convergente (sa distance focale est plus grande), l'image est agrandie, elle dépasse plus du capteur (donc la zone photographiée est plus petite) et elle est moins lumineuse.
7. Pour photographier un paysage, il faut choisir un objectif avec une petite distance focale (sinon la zone photographiée est trop petite et le paysage n'est pas en entier sur la photo).

8. Pour zoomer sur un élément du paysage, c'est-à-dire pour agrandir l'image, il faut augmenter la distance focale.

9. Lorsqu'on zoome sur un élément du paysage, la distance focale augmente donc l'étendue de la zone photographiée est plus petite.

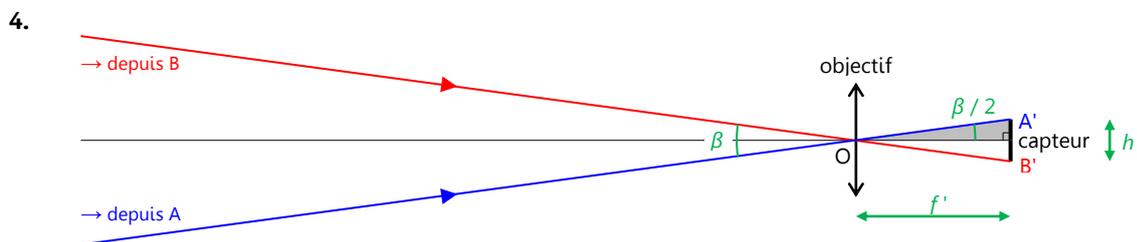
### ACTIVITÉ 3 : Lien entre le zoom et l'angle de champ



1. La photographie avec le plus fort zoom est celle pour laquelle le grandissement est le plus grand donc celle pour laquelle l'image d'un même objet (par exemple de la flèche) est la plus grande. C'est donc le cas 1. La photographie avec la zone la plus vaste est celle où la zone photographiée est la plus grande. C'est donc le cas 2.

2. L'angle de champ  $\beta$  a été représenté ci-dessus pour chacun des deux cas. Lorsque le zoom augmente (lorsqu'on passe du cas 2 au cas 1), l'angle de champ  $\beta$  diminue.

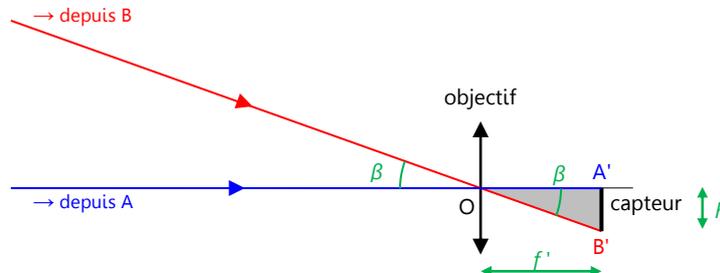
3. Comme l'objet est à l'infini, son image se forme à la distance focale  $f'$  de l'objectif. Mais l'image doit se former sur le capteur. Donc le capteur est à la distance focale  $f'$  de l'objectif.



dans le triangle rectangle grisé :  $\tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = \frac{\text{longueur du côté opposé}}{\text{longueur du côté adjacent}} = \frac{\frac{h}{2}}{f'} = \frac{h}{2} \times \frac{1}{f'} = \frac{h}{2 \times f'}$

donc  $\frac{\beta}{2} = \arctan\left(\frac{h}{2 \times f'}\right)$  donc  $\beta = 2 \times \arctan\left(\frac{h}{2 \times f'}\right)$

On peut préférer faire la version suivante :

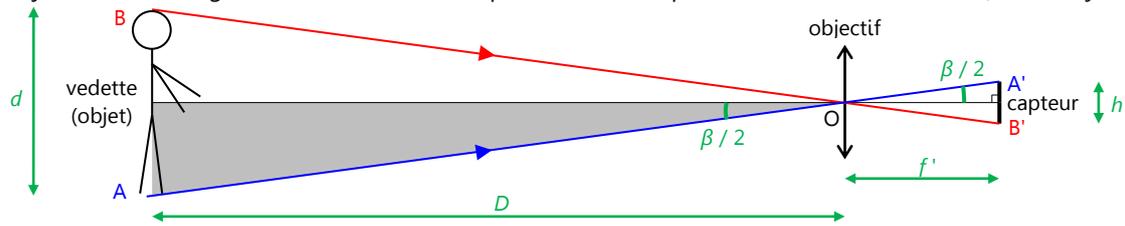


dans le triangle rectangle grisé :  $\tan(\beta) = \frac{\text{longueur du côté opposé}}{\text{longueur du côté adjacent}} = \frac{h}{f'}$

donc  $\beta = \arctan\left(\frac{h}{f'}\right)$

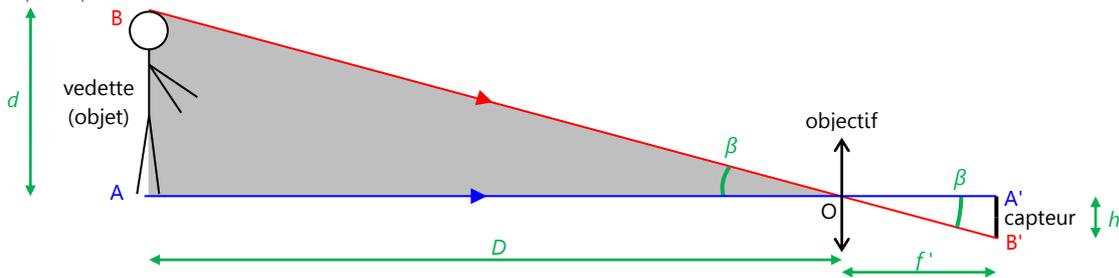
5. L'image de la vedette occupe toute la hauteur du capteur.

La vedette est assez loin pour être considérée comme étant à l'infini son image se forme à la distance focale  $f'$  de l'objectif. Mais l'image doit se former sur le capteur. Donc le capteur est à la distance focale  $f'$  de l'objectif.



dans le triangle rectangle grisé :  $\tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = \frac{\text{longueur du côté opposé}}{\text{longueur du côté adjacent}} = \frac{\frac{d}{2}}{D} = \frac{d}{2} \times \frac{1}{D} = \frac{d}{2D}$

On peut préférer faire la version suivante :



dans le triangle rectangle grisé :  $\tan(\beta) = \frac{\text{longueur du côté opposé}}{\text{longueur du côté adjacent}} = \frac{d}{D}$

6. On cherche  $f'$  :

$\tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = \frac{d}{2D}$  et  $\tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = \frac{h}{2f'}$  donc  $\frac{d}{2D} = \frac{h}{2f'}$  donc  $\frac{d}{D} = \frac{h}{f'}$  donc  $d \times f' = D \times h$

donc  $f' = \frac{D \times h}{d} = \frac{30 \text{ m} \times 24 \text{ mm}}{1,80 \text{ m}} = \frac{30 \text{ m} \times 0,024 \text{ m}}{1,80 \text{ m}} = 0,40 \text{ m} = 40 \text{ cm}$

L'objectif est à la distance focale  $f'$  du capteur donc l'objectif est situé à 40 cm du capteur donc l'appareil photo mesure au moins 40 cm de long. Ceci explique la grande taille de l'appareil photo observé sur l'illustration de l'exercice.

7. Le photographe peut avoir besoin d'un objectif de distance focale très courte lorsqu'il désire un grand angle de champ ; par exemple pour photographier un large paysage ou une pièce de maison (le grandissement est alors assez faible).

8. En résumé :

Distance focale	faible	élevée
Zoom	faible	élevé
Grandissement	faible	élevé
Angle de champ	élevé	faible
Exemple d'application	paysage, pièce de maison...	détail d'une personne...

## ACTIVITÉ 4 : L'exposition d'une photographie

### Partie 1 : Effets des réglages de l'appareil sur l'exposition d'une photographie

1. On constate sur les illustrations du document 1 que si le nombre d'ouverture augmente alors l'ouverture du diaphragme diminue.

Ceci est aussi vérifié par la relation  $N = f' / D$  car si le diamètre  $D$  du diaphragme (et donc l'ouverture du diaphragme) diminue alors le nombre d'ouverture  $N$  augmente car  $D$  est placé au dénominateur.

2. L'exposition d'une photographie dépend (entre autres) du nombre d'ouverture (donc de l'ouverture et de la focale), du temps de pose et de la sensibilité ISO :

- plus le nombre d'ouverture  $N$  (qui est au dénominateur de la fraction  $F/N$ ) est grand, plus l'ouverture (ou diamètre) du diaphragme est petite, moins la photo est lumineuse ;
- plus le temps de pose est grand, plus la photo est lumineuse ;
- plus la sensibilité ISO est grande, plus la photo est lumineuse.

3. En prenant les photographies de gauche à droite, on remarque que le temps de pose diminue (ce qui a tendance à rendre la photo sous-exposée) mais que la sensibilité ISO augmente (ce qui a tendance à rendre la photo surexposée). Ainsi les deux effets se compensent et permettent de maintenir la sensibilité correcte.

### **Partie 2 : Effets de mouvements**

5. Entre les 3 photographies de la série 1, le paramètre qui a été modifié est le temps de pose (c'est-à-dire la durée pendant laquelle le diaphragme est ouvert ; c'est-à-dire la durée d'exposition du capteur à la lumière).

6. Comme la lampe (ou le photographe) bouge, plus le temps de pose est long et plus la photo est floue car il s'y superpose les différentes positions de la lampe qui bouge.

Le temps de pose le plus court ( $T_1$ ) est celui de l'image la plus nette (image 1) ; Le temps de pose le plus long ( $T_3$ ) est celui de l'image la plus floue (image 3) ; Et le temps de pose intermédiaire ( $T_2$ ) est celui de l'image de netteté intermédiaire (image 2).

7. Pour obtenir un tel effet (où les différentes positions des feux des voitures se superposent), il faut un temps de pose très long (plusieurs secondes).

8. Pour réussir la photographie nette d'une moto de course à pleine vitesse, il faut un temps de pose très court.

### **Partie 3 : Étude expérimentale de l'influence de l'ouverture sur la luminosité de l'image**

10. Pour plus de précision, on utilise le plus petit calibre acceptable.

11. Pour plus de précision, on utilise le plus petit calibre acceptable. Exemple de valeur :

trou du diaphragme	maximal	grand	moyen	petit
diamètre $D$ (mm)	36	10	5	2
éclairage $E$ (lux)	1660	121,1	34,4	7,78
nombre d'ouverture $N$	2,8	10	20	50

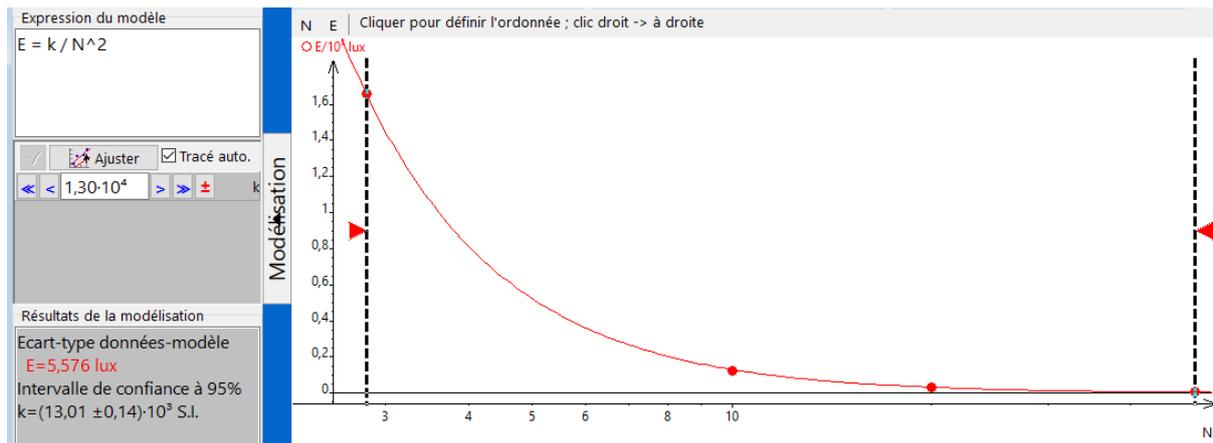
Pour calculer le nombre d'ouverture  $N$  on utilise la formule de l'activité 4 :

$$N = f' / D \quad \text{avec} \quad f' = 1 / C = 1 / 10 \delta = 0,10 \text{ m} \quad \text{et} \quad D \text{ en m.}$$

12. On constate à nouveau que plus le nombre d'ouverture  $N$  est grand, plus le diamètre du diaphragme est petit, moins la photo est lumineuse.

13. Avec Regressi, après avoir saisi les valeurs précédentes, il y a deux méthodes pour vérifier que l'on a bien  $E = k / N^2$  c'est-à-dire  $E = k \times (1 / N^2)$  c'est-à-dire que  $E$  est proportionnel à  $1 / N^2$  :

1<sup>re</sup> méthode : On affiche  $E$  en fonction de  $N$  et en utilisant la modélisation, on fait tracer  $E = k / N^2$  (Regressi n'a à calculer que la valeur de  $k$  optimale) et on vérifie que la courbe obtenue passe bien proche des points.



2<sup>de</sup> méthode : Comme  $E$  est sensé être proportionnel à  $1 / N^2$ , si on trace  $E$  en fonction de  $1 / N^2$ , on est sensé obtenir une droite passant par l'origine. Avec Regressi, on fait calculer  $x = 1/N^2$  puis on affiche  $E$  en fonction de  $1/N^2$  (donc en fonction de  $x$ ) et, en utilisant la modélisation, on fait tracer la droite  $E = k \times x$  qui passe par l'origine (Regressi n'a à calculer que la valeur de  $k$  optimale) et on vérifie que cette droite obtenue passe bien proche des points.

14. Le fait que la luminosité de la photo est d'autant plus grande que le nombre d'ouverture est petit (l'ouverture du diaphragme est grande) explique les résultats de la série de photos du document 1.

### ACTIVITÉ 5 : De quels réglages dépend la profondeur de champ ?

#### Partie 1 : Observation de photographies avec différentes profondeurs de champ

- Sur la 1<sup>re</sup> photo, le fruit (au 1<sup>er</sup> plan) est net mais le fond du jardin (à l'arrière plan) est flou. Sur la 2<sup>de</sup> photo, le fruit (au 1<sup>er</sup> plan) et le fond du jardin (à l'arrière plan) sont nets.
- On peut dire que la photographie de droite a une plus grande profondeur de champ car elle est nette sur une plus grande distance. En effet, la profondeur de champ est la zone dans laquelle l'objet peut se trouver tout en étant net sur la photo (on peut donner sa distance).



#### Partie 2 : Comment le photographe peut-il modifier la profondeur de champ ?

3. Placer l'objet (la lettre F de la lanterne) puis, à 60 cm, la lentille de 10 δ puis l'écran de façon à ce qu'il soit éclairé de façon nette par l'image.

4.

<b>montage d'optique</b>	lentille	diaphragme	écran
<b>appareil photo</b>	objectif	diaphragme	capteur

- Pour mesurer la profondeur de champ, sans changer la distance lentille-écran :
  - on éloigne doucement l'objet (la lettre F de la lanterne) de la lentille jusqu'à ce que l'écran ne soit plus éclairé de façon nette et on note la position  $x_1$  de l'objet dans cette situation ;
  - puis on rapproche doucement l'objet de la lentille (l'écran est alors à nouveau éclairé de façon nette) jusqu'à ce que l'écran ne soit de nouveau plus éclairé de façon nette et on note la position  $x_2$  de l'objet dans cette situation ;
  - la profondeur est la distance  $|x_2 - x_1|$  sur laquelle peut se trouver l'objet tout en étant net.

6. On peut mesurer la profondeur de champ (comme précédemment), lorsque des diaphragmes plus ou moins ouverts sont placés sur la lentille (sans changer la distance lentille-écran).

7. Résultats des mesures ...

8. On constate que plus l'ouverture du diaphragme est petite, plus la profondeur de champ est grande. Et donc, plus le nombre d'ouverture est grand, plus la profondeur de champ est grande.

Pour augmenter la profondeur de champ d'une photographie, il suffit d'augmenter le nombre d'ouverture (mais, pour que la photo ne soit pas trop sombre, il faut alors modifier d'autres réglages tels qu'un temps de pose plus grand ou une augmentation de la sensibilité ISO ou un éclairage plus important).

### Influence de la distance focale :

9. Retirer le diaphragme et replacer l'objet (la lettre F de la lanterne) à 60 cm de la lentille.

Remplacer la lentille par une de vergence  $5 \delta$  puis déplacer l'écran de façon à ce qu'il soit éclairé de façon nette par l'image.

On peut alors mesurer la profondeur de champ comme précédemment (sans changer la nouvelle distance lentille-écran).

On peut refaire de même avec des lentilles de distance focale plus ou moins grandes.

Lorsqu'on remplace la lentille  $10 \delta$  ( $f' = 10 \text{ cm}$ ) par la lentille  $5 \delta$  ( $f' = 20 \text{ cm}$ ), la profondeur de champ diminue. On constate donc que plus la distance focale est grande, plus la profondeur de champ est petite.

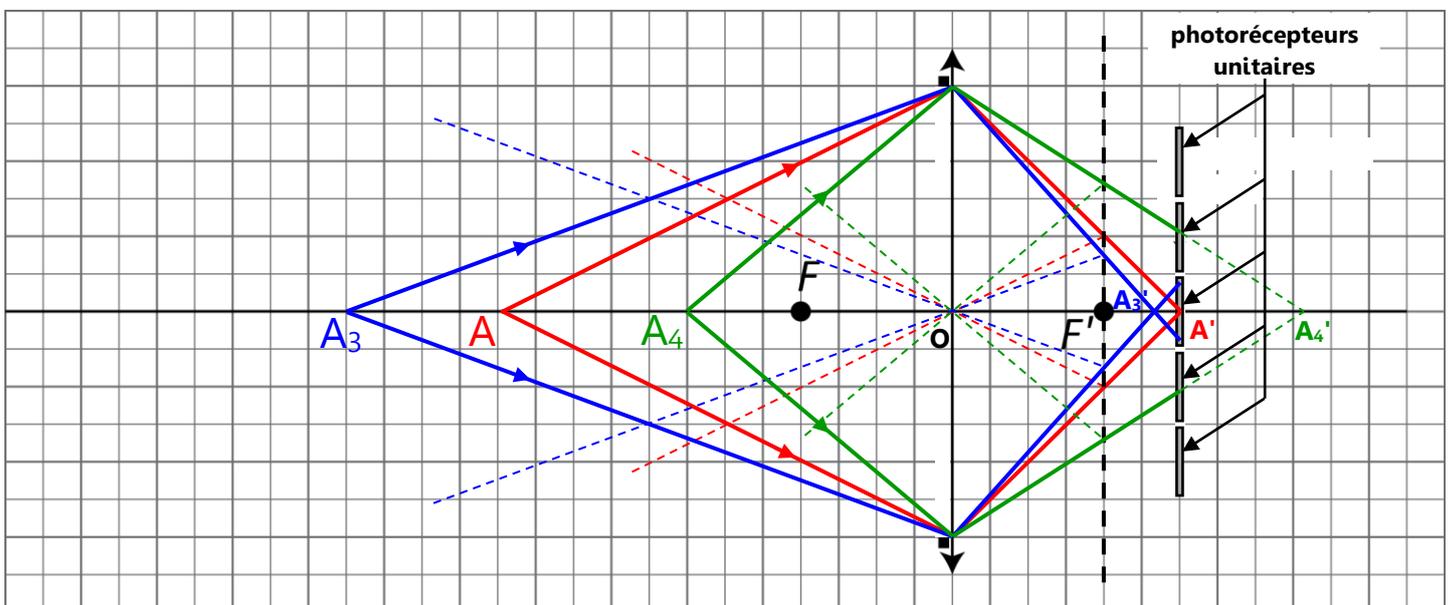
### Partie 3 : Interprétation des variations de la profondeur de champ à l'aide de constructions

10. Détermination de la position du point-image  $A'$  (obtenu à partir du point-objet  $A$ ) :



voir la vidéo à l'adresse <https://youtu.be/bhFgKAXiS-M>

On obtient ainsi le tracé en rouge ci-dessous.



11. Le point  $A$  est vu net sur la photo car il n'éclaire qu'un seul photorécepteur unitaire (et n'apparaîtra donc que sur un seul pixel).



voir la vidéo à l'adresse [https://youtu.be/t-GeVeUi\\_Cs](https://youtu.be/t-GeVeUi_Cs)

12. En faisant comme à la question 10, on obtient le tracé en bleu ci-dessus.

Le point  $A_3$  est vu net sur la photo car il n'éclaire qu'un seul photorécepteur unitaire (et n'apparaîtra donc que sur un seul pixel).

Voir la vidéo précédente.

**13.** En faisant comme à la question 10, on obtient le tracé en vert ci-dessus.

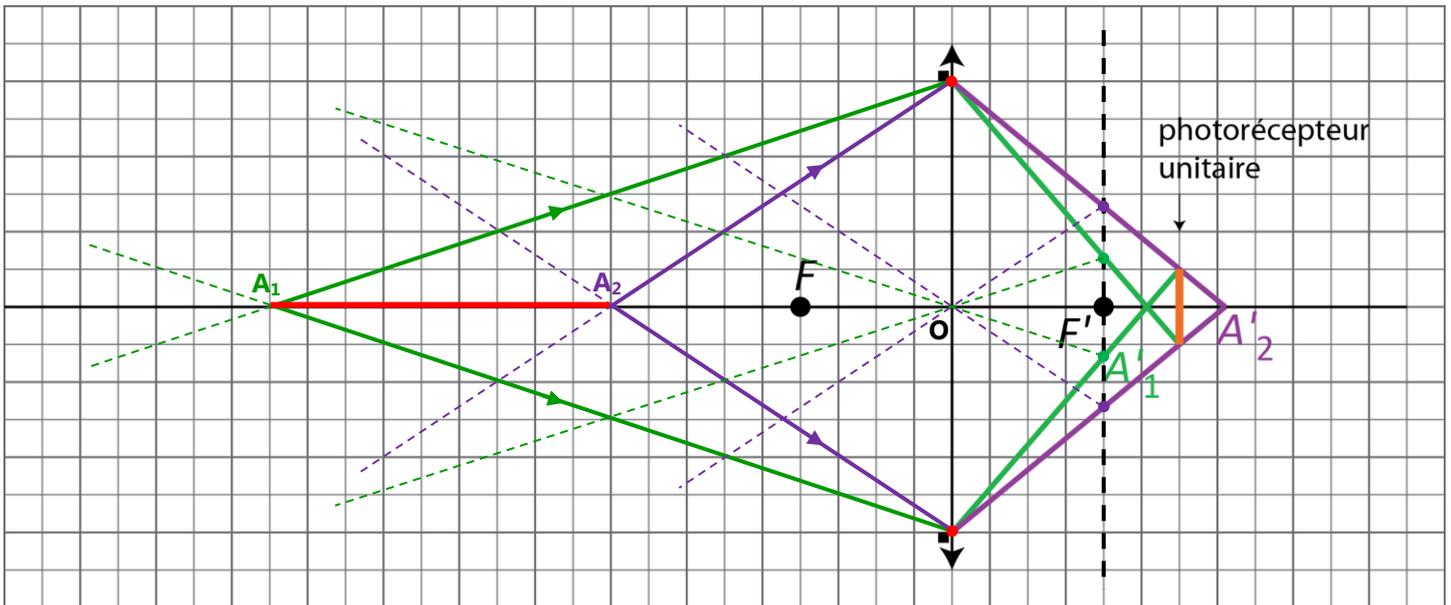
Le point  $A_4$  est vu flou sur la photo car il éclaire plusieurs photorécepteurs unitaires (et apparaîtra donc sur un plusieurs pixels).

Voir la vidéo précédente.

**14.** Détermination des positions des points objets  $A_1$  et  $A_2$  dont les images sont  $A_1'$  et  $A_2'$  :

- on trace le plan focal image ;
- on trace en pointillés le rayon qui passe par le centre optique  $O$  et le point d'intersection (petit rond vert ou violet) entre le plan focal image et le rayon déjà tracé (qui émerge de la lentille) ;
- on trace le rayon qui arrive sur la lentille (petit rond rouge) et qui est parallèle au rayon en pointillé.

On obtient le tracé en ci-dessous où la profondeur est représentée en rouge.



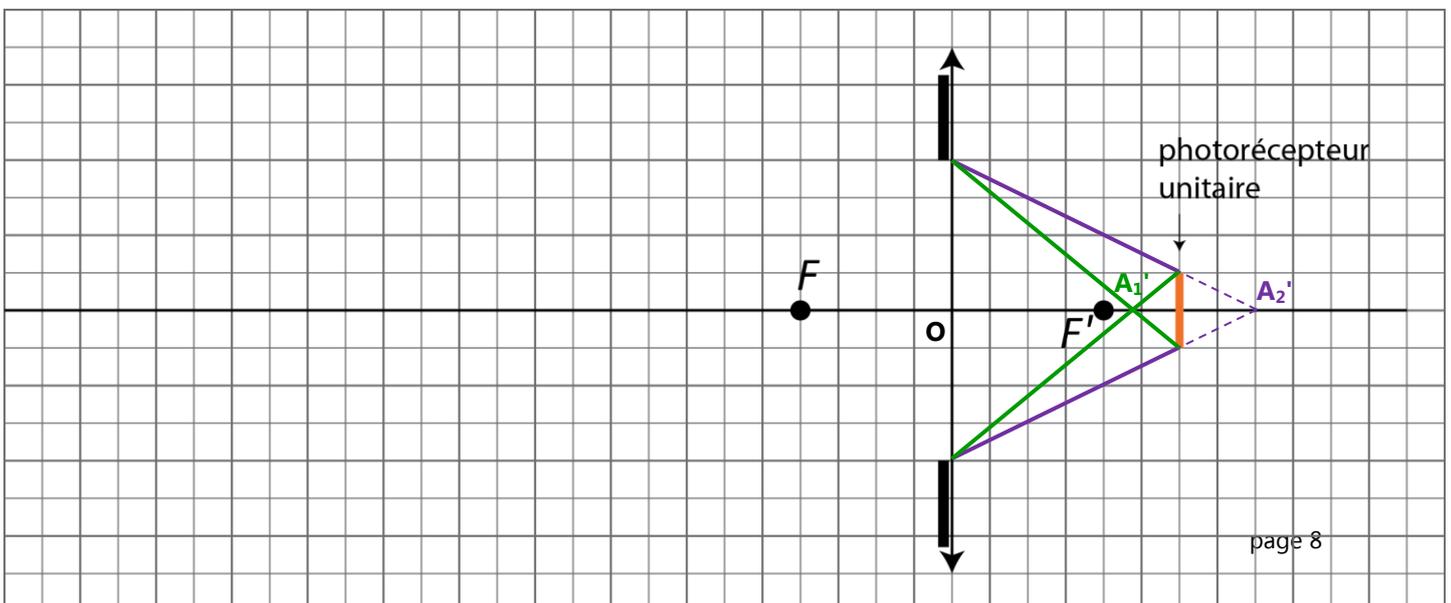
Si le point  $A_1$  était plus loin de l'appareil photo (plus à gauche sur le schéma), il serait flou sur la photo.

En effet, les rayons de lumière ont été pris le plus penché possible (ils passent par les extrémités du diaphragme) et sont à la limite du flou car ils éclairent tout juste entièrement un photorécepteur unitaire mais pas un second (et n'apparaîtraient donc que sur un seul pixel).

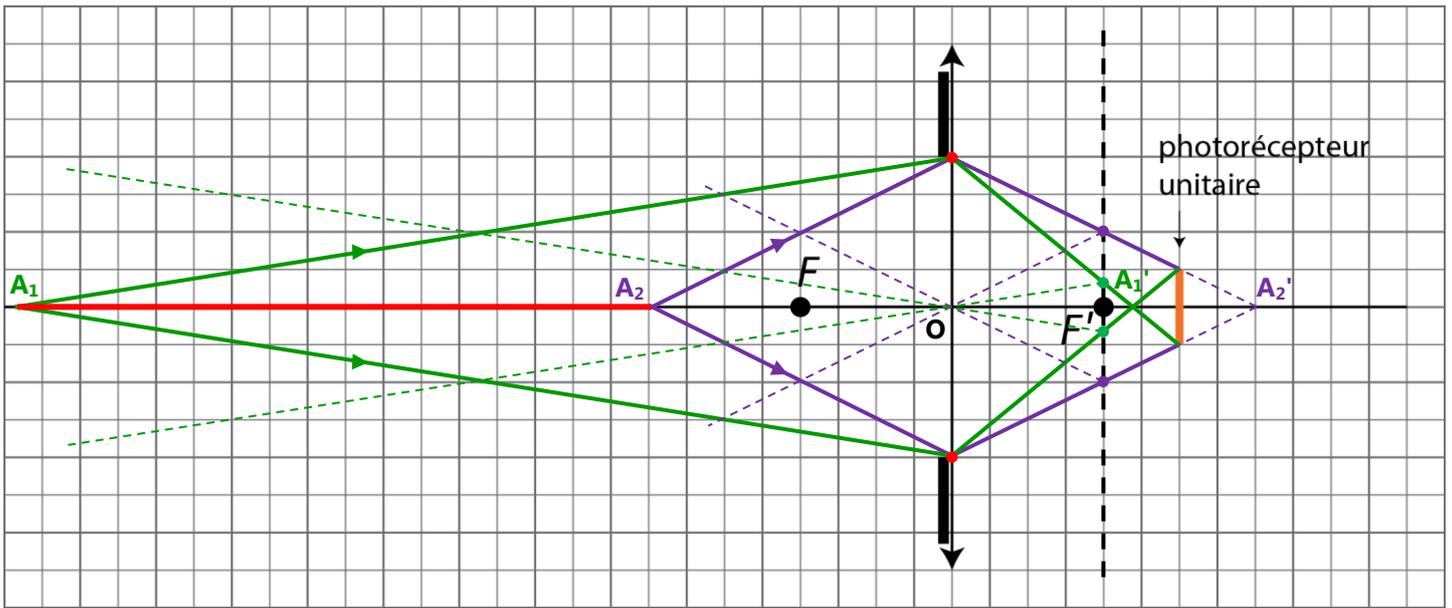
De même, si le point  $A_2$  était plus proche de l'appareil photo (plus à droite sur le schéma), il serait flou sur la photo.

La profondeur de champ est donc bien de  $A_1$  à  $A_2$ .

**15.** En faisant comme à la question 14, on obtient tout d'abord le tracé en ci-dessous.

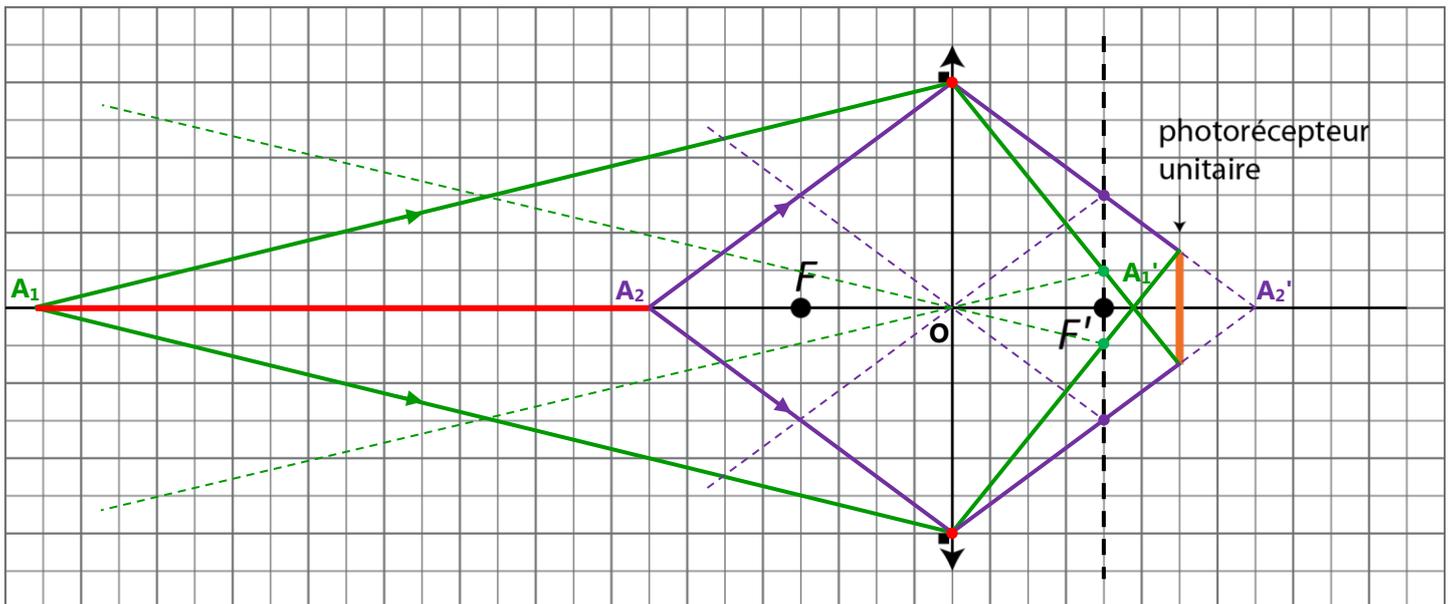


puis le tracé en ci-dessous (la profondeur est représentée en rouge)



En comparant au cas de la question 14, on constate que lorsque l'ouverture du diaphragme diminue, la profondeur de champ augmente.

**16.** En faisant comme aux questions 14 et 15, on obtient le tracé en ci-dessous où la profondeur est représentée en rouge.



En comparant au cas de la question 14, on constate que lorsque la taille d'un photorécepteur unitaire augmente, la profondeur de champ augmente.