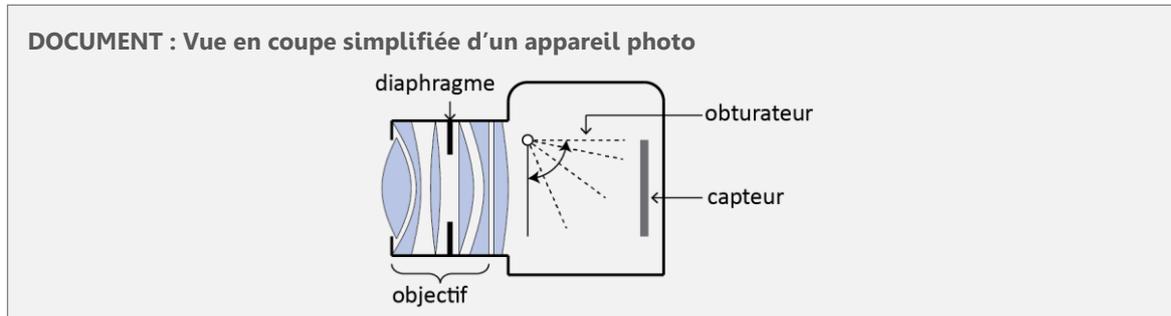


Découverte de l'appareil photographique

En partie d'après le manuel numérique d'Image <https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/>

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

Partie 1 : Modélisation de l'appareil photographique



1. On peut illustrer le fonctionnement de l'appareil photo en utilisant exactement le même dispositif que l'œil réduit. Quelles parties réelles de l'appareil représentent alors respectivement la lentille convergente, le diaphragme et l'écran ?

2. À l'extrémité droite du banc optique, modéliser un appareil photo en utilisant un écran, une lentille de vergence 10δ et un gros diaphragme. Régler cet appareil photo pour que la photo d'un objet situé à l'extrémité gauche du banc optique soit nette.

3. Prendre note de la façon dont évolue un appareil photo lors de la mise au point (par exemple lorsqu'il passe de la visée d'un objet lointain à celle d'un objet proche).

Partie 2 : Étude quantitative d'une maquette

4. 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 trouvent l'objet le plus proche et l'objet le plus lointain que cet appareil peut photographier ? Pour répondre, exploiter vos connaissances sur les lentilles convergentes et la relation de conjugaison (en commençant par la distance objectif-capteur de 70 mm).

5. Réaliser un montage utilisant une lentille convergente et un écran afin qu'il représente l'appareil photo évoqué à la question 4. Effectuer les mesures nécessaires pour vérifier expérimentalement les calculs de la question 4.

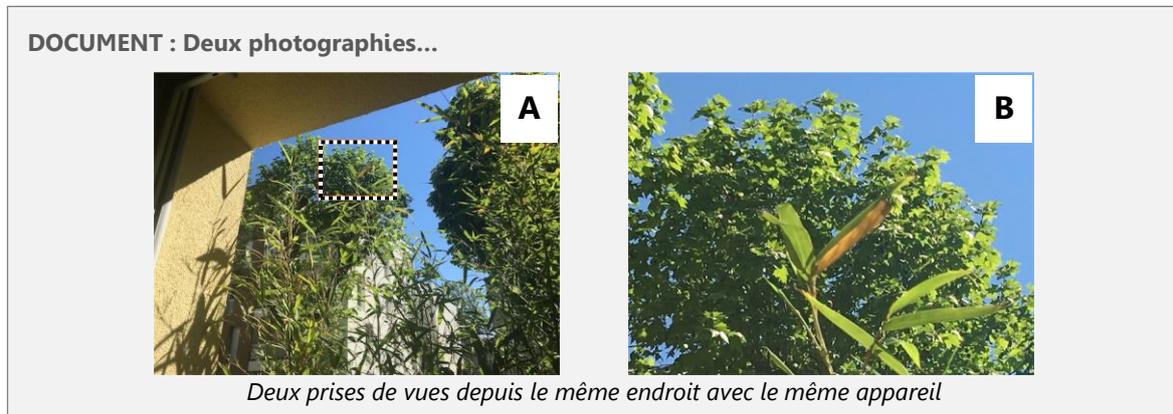
Partie 3 : Comparaison de l'œil et de l'appareil photo

	Œil	Appareil photographique
Quel élément recueille l'image formée ?		
Quel élément ajuste la luminosité de l'image formée ?		
Quel élément assure la formation de l'image ?		
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 ?		

ne rien écrire
dans cette zone

ACTIVITÉ 2 : Illustration expérimentale du zoom optique

Partie 1 : Observation de photographies et première approche

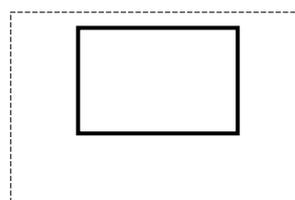


1. Quelles différences peut-on observer entre ces deux photographies ?
2. À quoi semble correspondre le rectangle en pointillés de la photographie A ?
3. Quelle fonction de l'appareil photographique a été utilisée pour passer de la prise de vue A à la prise de vue B ?

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

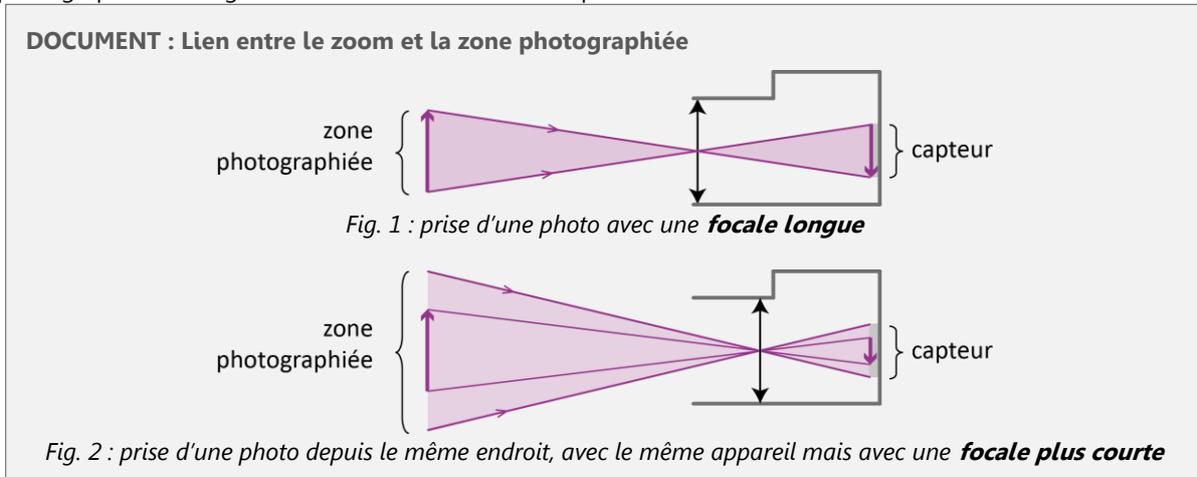
On peut modéliser l'objectif de l'appareil photographique comme une lentille convergente de distance focale variable.

4. Rappeler où doit se former l'image pour qu'une photographie soit nette.
5. – À une extrémité du banc d'optique se trouve un écran d'ordinateur affichant un paysage qui représente l'objet (assez éloigné) à photographier ;
– Placer l'écran blanc à l'autre extrémité du banc d'optique. L'écran blanc et l'objet resteront fixes tout au long de cette activité ;
– Avec une lentille de distance focale 10 cm, former l'image du paysage sur l'écran blanc ;
– Découper le bas de cette page suivant les pointillés pour récupérer le cadre rectangulaire (qui mesure 14 mm de haut sur 21 mm de large) : ce cadre rectangulaire représentera le capteur de l'appareil photo ;
– Scotcher ce cadre rectangulaire sur l'écran blanc de façon à ce qu'il soit éclairé par l'image.
6. Renouveler la manipulation avec différentes lentilles moins convergentes et décrire l'évolution des images obtenues.
7. En déduire, si pour photographier un paysage il faut choisir un objectif avec une petite ou une grande distance focale.
8. Pour zoomer sur un élément du paysage, faut-il augmenter ou réduire la distance focale ?
9. Lorsqu'on zoome sur un élément du paysage, quelle est la conséquence sur l'étendue de la zone photographiée ?



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

Nous avons vu dans l'activité précédente que 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. Laquelle des deux figures du document ci-dessus représente la photographie avec le plus fort zoom ? Laquelle représente la photographie avec 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 de champ β . Comment évolue l'angle de champ lorsque le zoom augmente ?

On considère dans la suite que l'on photographie un objet situé à l'infini.

3. Quelle doit être la distance entre l'objectif et le capteur pour que celui-ci recueille l'image ?
4. On cherche à exprimer l'angle de champ vertical d'un appareil photo qui met au point à l'infini. Déterminer l'expression mathématique reliant l'angle de champ β à la distance focale f' et la hauteur du capteur h . Aide : faire une figure représentant l'objectif, le capteur, deux rayons de lumière délimitant l'angle β et exprimer $\tan(\beta / 2)$ en fonction de h et f' .

5. Un paparazzo, caché derrière un buisson, souhaite photographier à son insu une vedette de télévision. Celle-ci, lorsqu'elle est debout, a une taille de $d = 1,80$ m et elle est située à la distance $D = 30$ m du photographe. On considère cette distance comme suffisante pour pouvoir modéliser cette situation comme un objet à l'infini. Le paparazzo fait en sorte que la vedette occupe toute la hauteur de la photographie.

En s'inspirant fortement du schéma de la question précédente, faire un schéma de la situation et montrer que l'angle de champ β vérifie la relation $\tan(\beta / 2) = d / 2D$ ou $\tan(\beta) = d / D$.

6. Le capteur de l'appareil utilisé a les dimensions 24 x 36 mm. Que doit valoir la distance focale de l'objectif de ce paparazzo ?

Rappel : $\tan(\beta / 2)$ vaut aussi $h / 2f'$ ou $\tan(\beta)$ vaut aussi h / f' .

Montrer que ce calcul explique l'allure de l'appareil qu'il utilise (voir ci-contre).

7. À l'inverse, donner un exemple de situation où le photographe peut avoir besoin d'un objectif de distance focale très courte. Justifier la réponse en commentant (sans faire de calcul) la valeur du grandissement et celle de l'angle de champ requis.

8. En résumé, compléter le tableau suivant avec les mots « faible » ou « élevée » (sauf la dernière ligne) :

Distance focale	faible	élevée
Zoom		
Grandissement		
Angle de champ		
Exemple d'application		

Compléter aussi la dernière ligne.



ACTIVITÉ 4 : L'exposition d'une photographie

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

DOCUMENT 1 : Le nombre d'ouverture

Le diaphragme devant l'objectif est constitué de plusieurs lamelles en métal qui, ensemble, constituent une ouverture circulaire dans l'objectif. En photographie, l'ouverture exprime la surface du diaphragme. Plus l'ouverture est grande, plus l'énergie lumineuse reçue par le capteur est grande.

On appelle nombre d'ouverture N , la grandeur sans dimension définie par $N = f' / D$ (où D est le diamètre du diaphragme et f' la distance focale de l'objectif).

Les ouvertures les plus courantes sont les suivantes (notées f/N) :



Photographies réalisées avec différentes ouvertures :



DOCUMENT 2 : Le temps de pose

L'obturateur est un diaphragme devant le capteur de l'appareil photo, qui s'ouvre plus ou moins longtemps, déterminant ainsi le temps de pose T , c'est à dire le temps pendant lequel le capteur va être soumis à la lumière.

En photographie, la vitesse s'exprime généralement en secondes ou fractions de seconde.

- un long temps de pose permet d'exposer longtemps le capteur ;
- un court temps de pose permet d'exposer très peu de temps le capteur.

Les valeurs habituelles trouvées sur les appareils numériques sont les suivantes :



T (s)	$\frac{1}{4000}$	$\frac{1}{2000}$	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{125}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2
------------	------------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------	----------------	---------------	---------------	---------------	---	---

DOCUMENT 3 : La sensibilité ISO

En photographie, la sensibilité ISO est la mesure de la sensibilité à la lumière des pellicules et des capteurs numériques (CCD). Elle est une donnée essentielle à la détermination d'une exposition correcte.

Ci-contre : photographies réalisées avec différentes sensibilités ISO :

F1.8 et 1/25s



ISO 200



ISO 800



ISO 3200

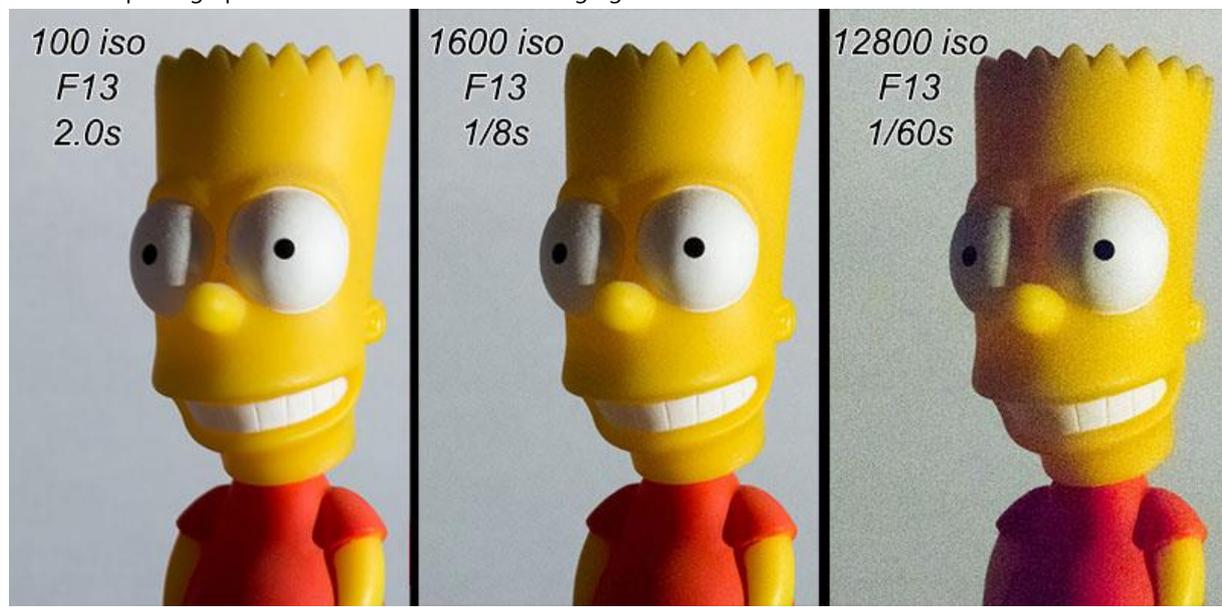


ISO 12800

DOCUMENT 4 : Exposition correcte

Pour maintenir une exposition correcte, si l'on change un paramètre il est nécessaire d'en changer un autre.

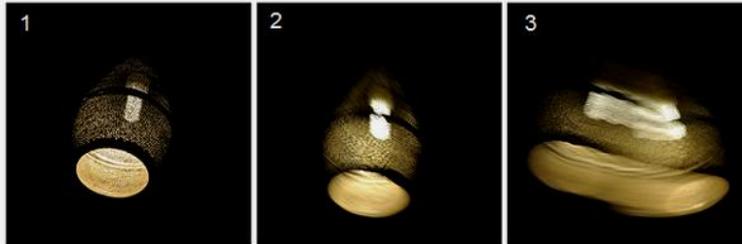
Détails de photographies réalisées avec différents réglages :



1. Quand le nombre d'ouverture N augmente, quelle est l'évolution de l'ouverture du diaphragme ? Expliquer.
2. D'après les documents ci-dessus, quels sont les réglages qui ont une influence sur l'exposition d'une photographie ? Dans quel sens influencent-ils cette exposition ?
3. Expliquer comment, dans le document 4, l'exposition est maintenue constante alors que des réglages ont été changés.
4. Quel est le problème lorsqu'on choisit une sensibilité ISO élevée ?

Partie 2 : Effets de mouvements

DOCUMENT 5 : Quelques photographies avec des appareils réglés différemment



Série 1 : photographies, avec différents temps de pose, d'une lampe se balançant



Série 2 : l'effet « filé »

5. Quel paramètre a été modifié entre les 3 photographies de la série 1 ?
6. Les photographies de la série 1 sont réalisées avec des temps de pose $T_1 = 1/125$ s, $T_2 = 1/15$ s et $T_3 = 1$ s. Associer le bon temps de pose à chacune des photographies.
7. Le « filé » est un effet classique de photographie. Un exemple est représenté en série 2. Sur quel réglage de l'appareil photo doit-on agir pour obtenir un tel résultat ?
8. En déduire quel paramètre il faut modifier pour réussir la photographie nette d'une moto de course à pleine vitesse.

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

DOCUMENT 6 : Relation entre l'ouverture et l'éclairement d'une photographie

Une étude théorique montre que l'éclairement d'une photographie est inversement proportionnel au carré du nombre d'ouverture de l'objectif de l'appareil : $E = k / N^2$
avec E l'éclairement en lux, N le nombre d'ouverture et k une constante qui dépend de l'objet photographié.

Le but de cette partie est de valider par l'expérience la relation présentée dans le document 6 et d'analyser ses conséquences en photographie.

9. Sur un banc d'optique, utiliser comme objet une grille millimétrique sur papier calque et le placer à 20 cm d'une lentille de vergence 10 δ. Fixer la lentille et l'objet pour qu'ils ne bougent plus. Noter la position de l'image, de la lentille et de l'objet.
10. Là où se situe l'image, en son centre, placer un luxmètre pour déterminer l'éclairement E en lux.

11. Réaliser les expériences permettant de compléter le tableau suivant (il est indispensable d'utiliser un cache, par exemple un tissu noir épais, pour limiter la lumière parasite) :

trou du diaphragme	maximal	grand	moyen	petit
diamètre D (mm)				
éclairage E (lux)				
nombre d'ouverture N				

Donnée : $N = f' / D$

12. En déduire l'influence qualitative du nombre d'ouverture sur la luminosité de la photographie.

13. À l'aide d'un tableur : saisir les valeurs du tableau précédent et réaliser une représentation graphique qui permette de valider la relation du document 6.

14. Laquelle des séries de photographie de cette activité 4 (documents 1 à 5) pouvons-nous expliquer avec la relation mise en évidence dans cette partie ?

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

Partie 1 : Observation de photographies avec différentes profondeurs de champ

DOCUMENT 1 : Deux photographies



Ces deux photographies ont été prises avec le même appareil (réglé différemment) et depuis le même endroit.

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

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.

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

DOCUMENT 2 : 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 lettre 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 déplacés 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.

3. Placer l'objet vers le milieu du banc d'optique, la lentille de vergence 10δ à 60 cm de l'objet et l'écran là où se trouve l'image.

4. La situation réalisée peut représenter un appareil photographique. Rappeler ce que représentent respectivement : la lentille, le diaphragme et l'écran.

5. Mesurer la profondeur de champ dans cette situation en appliquant le protocole du document 2.

Influence de l'ouverture du diaphragme :

6. Proposer le protocole d'une expérience permettant d'étudier l'influence de l'ouverture du diaphragme sur la profondeur de champ (une série de quatre mesures est attendue).

7. Réaliser le protocole proposé à la question précédente et rassembler dans un tableau les mesures effectuées.
 8. En conclusion : quelle est l'influence de l'ouverture du diaphragme sur la profondeur de champ ? Comment le photographe doit-il modifier le nombre d'ouverture de son objectif pour augmenter la profondeur de champ de ses photographies ?

Influence de la distance focale :

9. Retirer le diaphragme et replacer l'objet à 60 cm de la lentille puis, en suivant une démarche analogue à celle des questions 6 à 8, étudier l'influence de la distance focale de la lentille sur la profondeur de champ.

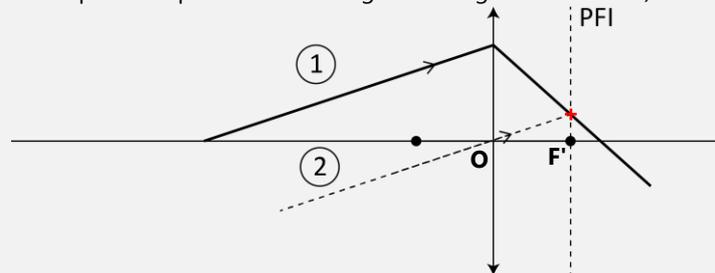
Partie 3 : Interprétation des variations de la profondeur de champ à l'aide de constructions

DOCUMENT 3 : Le critère de netteté approchée

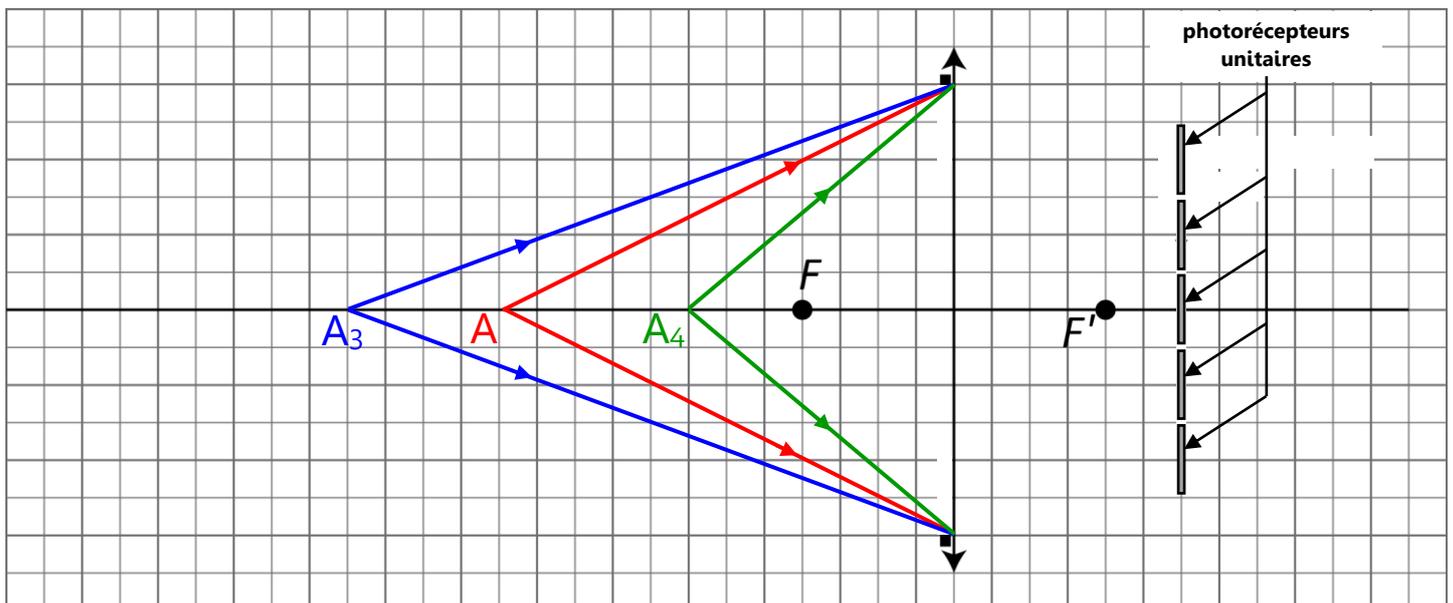
Le capteur CCD de l'appareil photographique est constitué d'une multitude de photorécepteurs unitaires : chacun d'eux sera responsable d'un des pixels de la photographie.
 Pour une distance lentille-écran donnée, il n'existe qu'une unique distance lentille-objet permettant de respecter *exactement* la 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 car la "tache" n'apparaîtra que sur un seul pixel, comme un simple point.

DOCUMENT 4 : méthode à suivre pour tracer un rayon quelconque

- Pour tracer la marche d'un rayon quelconque (rayon 1 sur la figure ci-dessous) :
- tracer un rayon parallèle au rayon 1 mais passant par le centre O de la lentille : il n'est pas dévié ;
 - tracer le plan focal qui est de l'autre côté de la lentille (noté PFI sur la figure ci-dessous) ;
 - prolonger le rayon 1 en le faisant passer par le point d'intersection entre le plan focal et le rayon 2 (ce point d'intersection est représenté par une croix rouge sur la figure ci-dessous).



10. Sur le schéma ci-dessous, déterminer la position du point-image A' (obtenu à partir du point-objet A).



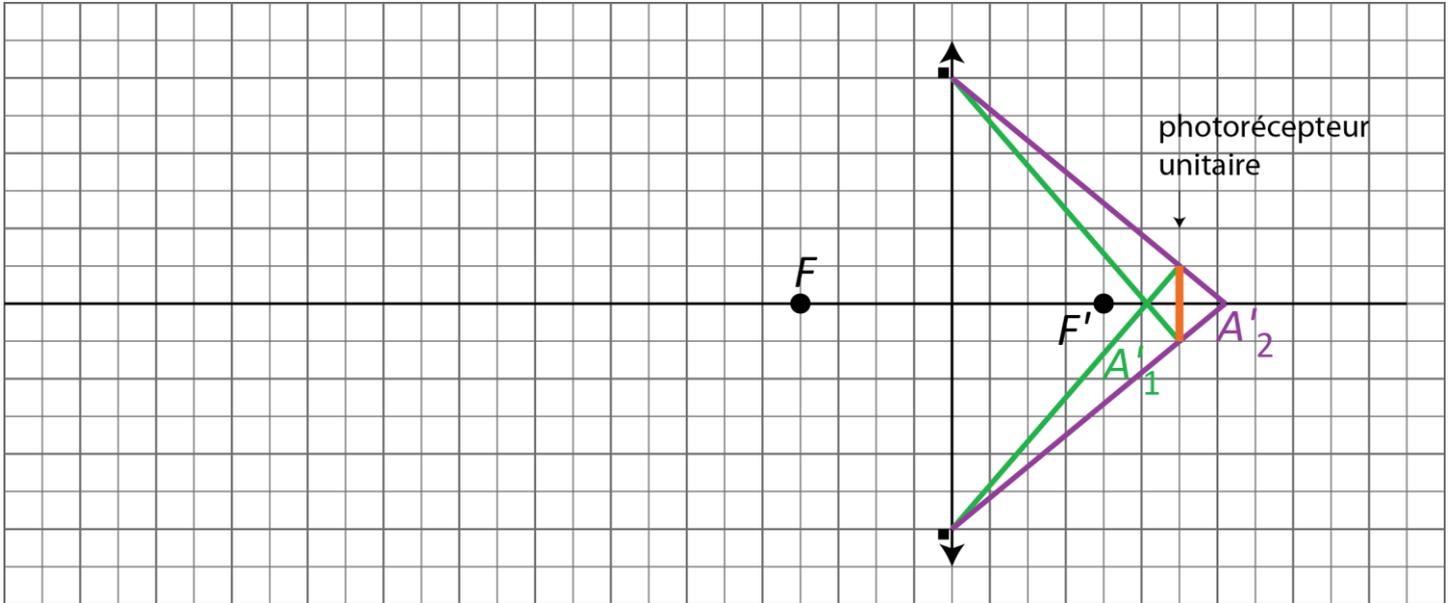
11. Qualifier la façon dont le point A est vu sur la photo.

12. Mêmes questions à partir du point-objet A_3 .

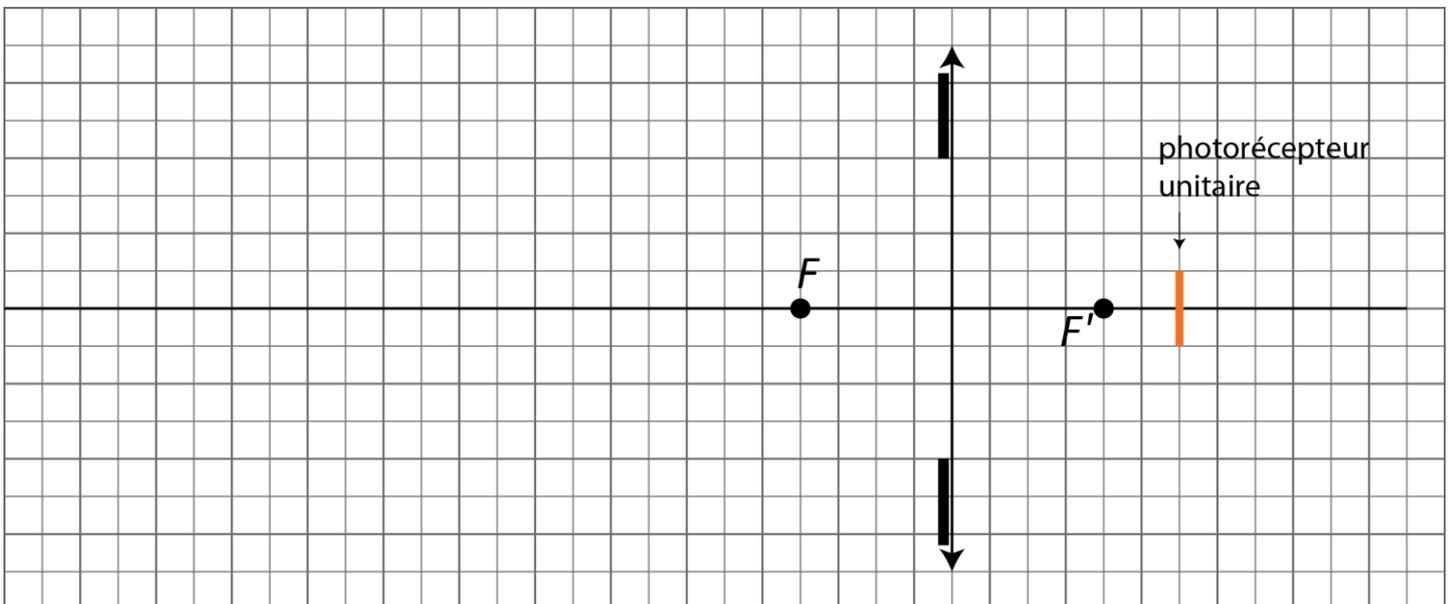
13. Mêmes questions à partir du point-objet A_4 .

14. Sur le schéma ci-dessous, 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 3.

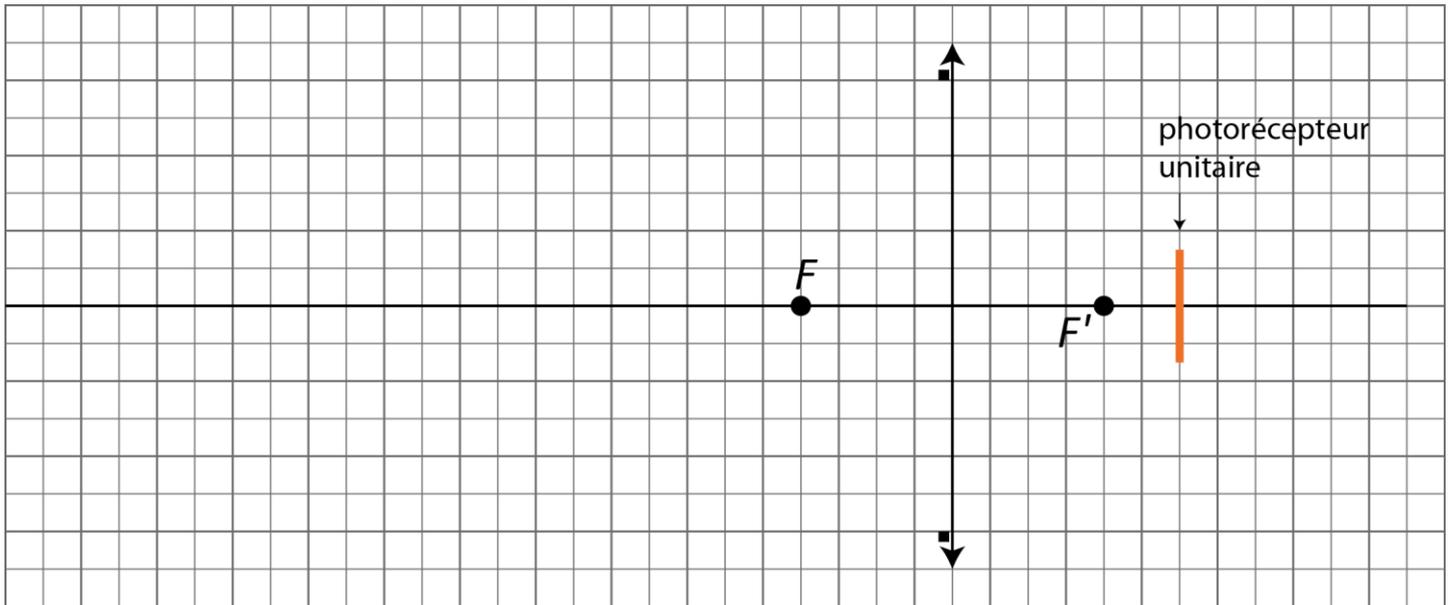
Appliquer la méthode de tracé décrite dans le document 4 pour déterminer les positions des points objets A_1 et A_2 dont les images sont A'_1 et A'_2 . Repasser en couleur la distance correspondant à la profondeur de champ dans cette situation.



15. Le schéma ci-dessous représente une situation où le nombre d'ouverture a été augmenté (donc l'ouverture du diaphragme a été réduite). En appliquant la même méthode qu'à la question précédente, 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 8 ?



16. Le schéma ci-dessous 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 ?



L'appareil photographique

Liste du matériel

Dans une salle avec rideaux efficaces.

Au bureau :

- 3 × ciseaux
- 3 × scotch

Pour chaque poste : (9 postes)

- ordinateur
- photo numérique d'un paysage - je m'en charge
- lampe de poche (ou lampe sur pied)
- banc optique (nouveau modèle noir Twinse)
- provenant de la valise d'optique
 - objet lumineux (lanterne avec lettre "P") avec son cavalier et son alimentation électrique
 - écran blanc avec son cavalier
 - 2 porte-lentilles avec leurs cavaliers et leurs attaches pour les lentilles
 - miroir adapté aux porte-lentilles
 - quadrillage fin (1 mm) (disques adaptés aux porte-lentilles et aux lanternes)
 - diaphragmes de 3 diamètres différents (adaptés aux porte-lentilles)
- soit un total de **4 cavaliers**
- jeu de lentilles :
 - +2 δ (500 mm)
 - +4 δ (250 mm)
 - +8 δ (125 mm)
 - +10 δ (100 mm)
 - +20 δ (50 mm)
- mètre ruban (ou règle graduée s'ils ne sont pas disponibles)
- luxmètre
- rectangle de tissu noir épais (30 cm sur 23 cm)

le rectangle de tissu noir épais (30 cm sur 23 cm) n'existe qu'en 8 exemplaires