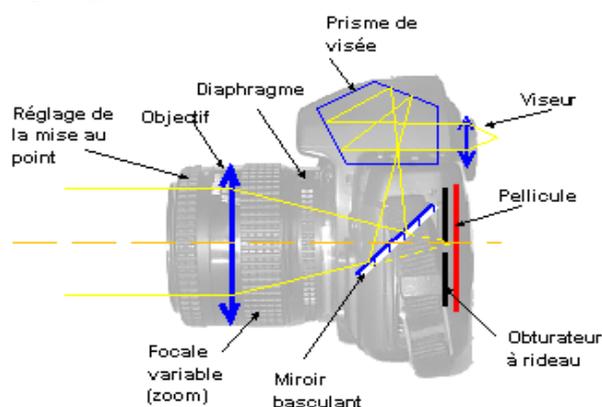


# Activité – Appareil photo

## 1. Représentation schématique

L'appareil photographique est un instrument d'optique complexe comprenant plusieurs lentilles, miroirs et diaphragmes.



En dépit de cette complexité, les grands principes techniques régissant la prise d'une belle photo peuvent se comprendre à l'aide de la modélisation simplifiée. Les deux éléments essentiels d'un appareil photo sont l'objectif et le capteur photosensible.

L'objectif d'un appareil photo est constitué de plusieurs lentilles et diaphragmes : nous le modélisons comme l'association d'un unique diaphragme circulaire ( $D$ ) et d'une unique lentille mince convergente ( $L$ ). L'objectif est caractérisé par sa focale  $f'$ , c'est-à-dire sa distance focale image, et par son ouverture  $D$  correspondant au diamètre du diaphragme.

Dans les appareils numériques modernes, le capteur lumineux CCD (« charge coupled device ») est une matrice de cellules photosensibles : les pixels (« picture element »). Il est caractérisé par ses dimensions  $L \times l$  et la taille des pixels  $g$ , appelée le grain en référence aux anciens appareils argentiques.

- Réaliser le schéma optique équivalent. L'ensemble du dispositif schématisé doit avoir un axe de révolution  $\Delta$  : on peut alors lui appliquer les raisonnements vus pour les systèmes centrés.



## Principaux réglages

Sur un appareil photo on peut réaliser des réglages sur différentes bagues :

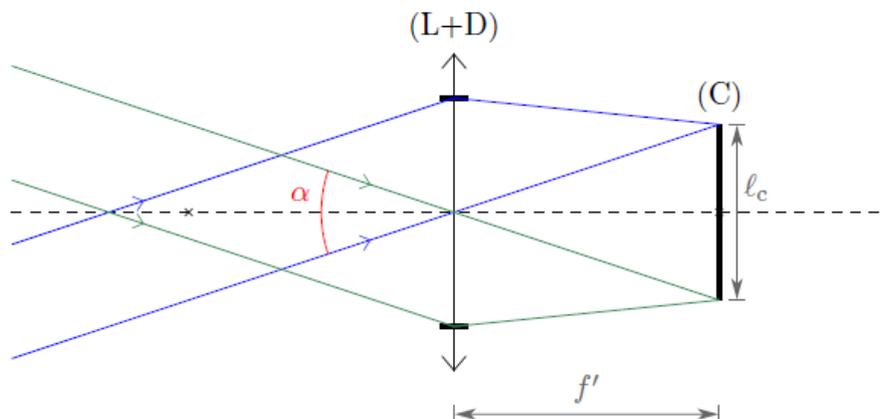
- La bague de mise point : Mouvement de l'objectif par rapport au plan de la pellicule. Elle permet de réaliser la mise au point (image nette).
- La bague de diaphragme : Variation de l'ouverture du diaphragme. Elle permet de contrôler de la quantité de lumière qui rentre dans la chambre noire.
- La bague des temps de pause : Modification de la vitesse et du temps d'ouverture de l'obturateur. Elle permet de contrôler le temps d'exposition du film.

*On pourra utiliser l'application **DOF simulator** OU sur le site internet <https://dofsimulator.net/en/> pour observer les effets des différents paramètres sur une photo.*

## 2. Champ angulaire

Le premier des choix lors de la prise d'une photo est celui ... de ce qui est photographié ! Plus précisément, il s'agit de choisir la fraction de l'espace dont l'image sera formée sur le capteur CCD, ce qui se décrit par le champ angulaire, noté  $\alpha$ .

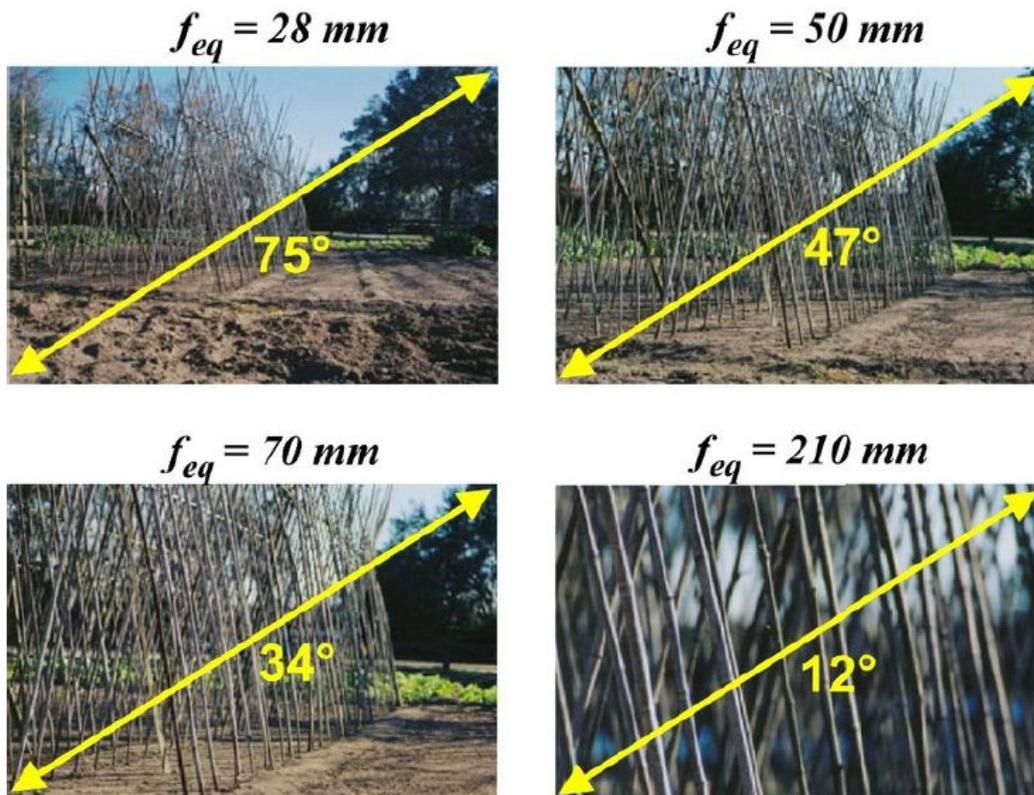
Pour le définir simplement, considérons la mise au point faite sur l'infini : la distance  $d$  entre la lentille et le capteur est égale à la focale  $f'$  de la lentille. Le champ angulaire est défini comme l'écart d'inclinaison entre les rayons les plus inclinés issus de points objets ayant une image sur le capteur. Tous les points objets situés dans le cône d'angle  $\alpha$  au sommet auront une image sur le capteur.



- De quelle grandeur dépend  $\alpha$  ? Déterminer une formule reliant  $\alpha$  et ces grandeurs.

Dans un appareil photo standard, la taille  $l_c$  du capteur est fixée mais il est possible de changer la focale de l'objectif. On utilise la bague de mise au point pour modifier le champ angulaire.

Exemple de l'effet d'un changement de focale sur le champ angulaire :



### 3. Exposition d'une photographie

L'exposition désigne la « quantité » totale de lumière, c'est-à-dire l'énergie lumineuse, reçue par le capteur pendant la prise de vue. Elle dépend du temps de pose, de la sensibilité ISO et de l'ouverture qui sont présentés dans ce document. Obtenir une photographie bien exposée demande d'optimiser le réglage combiné de ces trois paramètres.

#### Temps de pose

Le temps de pose  $\tau$ , appelé aussi durée d'exposition ou vitesse d'obturation, est le temps durant lequel l'obturateur du diaphragme est ouvert et laisse passer la lumière. C'est donc la durée pendant laquelle le capteur va recevoir de la lumière. En photographie, ce temps s'exprime généralement en secondes ou fractions de secondes.

Exemple de photographies d'une rivière pour différentes durées d'exposition. (respectivement en seconde : 1, 1/3, 1/30, 1/200 et 1/800)



- Résolution de problème : Déterminer le temps de pose de la photo suivante :



## Sensibilité ISO

La sensibilité ISO mesure la sensibilité à la lumière des capteurs numériques, c'est-à-dire l'amplitude du signal que ceux-ci délivrent pour une quantité de lumière reçue fixée. Plus le nombre ISO est élevé, plus la sensibilité de la surface est grande ce qui permet des photographies de très basse luminosité. Les valeurs classiques de sensibilité ISO sont 50, 100, 200, 400, 800, 1600 et 3200.

Plus le capteur est sensible, plus le signal qu'il délivre est grand alors même qu'il reçoit peu de lumière. Un capteur très sensible permet donc de prendre une photo avec des détails dans un contexte sombre, mais sature et donne une photo surexposée dans un contexte plus lumineux.

Exemples de l'effet de la sensibilité ISO sur des photos prises dans les mêmes conditions :



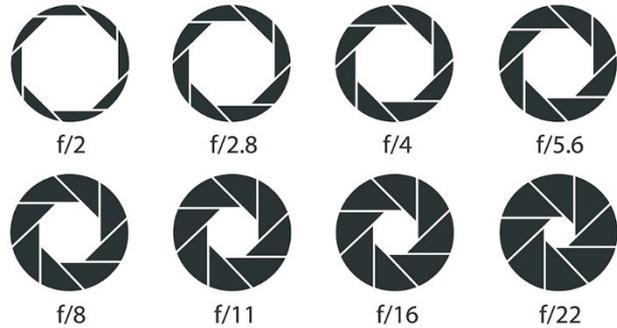
## Ouverture du diaphragme

L'ouverture  $D$  est traditionnellement exprimée à l'aide du nombre d'ouverture de l'objectif  $N$ , défini comme le rapport entre la focale et l'ouverture de l'appareil photo,  $N = \frac{f'}{D}$ , soit  $D = \frac{f'}{N}$ .

À focale fixée, le diaphragme est d'autant plus fermé que le nombre d'ouverture est grand. Les nombres d'ouverture utilisés couramment sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

N	1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32
---	---	-----	---	-----	---	-----	---	----	----	----	----

Pour passer d'une valeur de  $N$  à celle qui lui est supérieure, on multiplie sa valeur par  $\sqrt{2}$ . Ainsi, lorsqu'on double le temps d'exposition, il faut augmenter  $N$  d'un cran pour retrouver les mêmes conditions d'exposition. L'indication qui s'affiche sur l'écran de l'appareil photo est généralement de la forme  $f/N$ ,  $f$  signifiant « focale ».



- Sachant que la quantité de lumière qui pénètre dans l'appareil est proportionnelle à la surface de l'ouverture, expliquer pourquoi les nombres d'ouvertures sont choisis comme une suite géométrique de raison  $\sqrt{2}$ .

## 4. Profondeur de champ

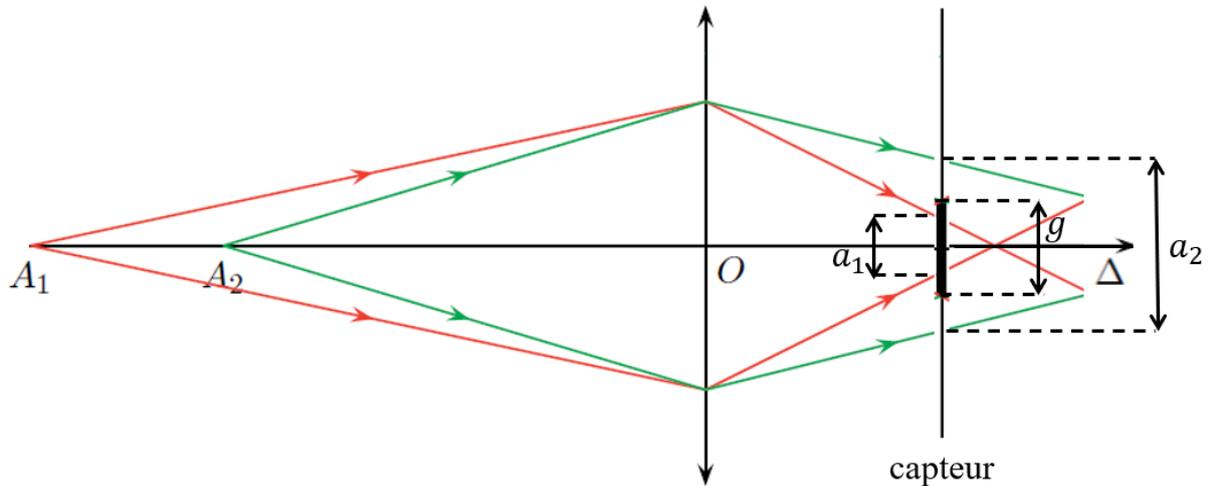
La mise au point s'effectue en déplaçant l'objectif par rapport au film, jusqu'à obtenir une image nette. Cependant, la netteté de la photographie va dépendre de la dimension  $\varepsilon$  du grain de la pellicule. En effet, même si un point objet donne plusieurs points images dans le plan de la pellicule, on peut avoir une image nette dans le cas où tous les points images impressionnent le même grain sur le film. Cette plage de distance définit la profondeur de champ.

Prendre une photo nette d'un objet situé à une certaine distance de l'appareil exige de réaliser la mise au point de l'objectif. Cette opération revient à jouer sur la distance  $d$  entre le capteur et la lentille de l'objectif de sorte que l'image de l'objet soit située sur le capteur. Néanmoins, la mise au point permet d'obtenir la netteté pas seulement sur un seul plan de front mais pour tout plan de front se trouvant dans une zone de l'espace de profondeur  $p$  appelée profondeur de champ. On peut donc avoir une image nette pour plusieurs distances objet-objectif.

L'existence d'une profondeur de champ est due au fait que les pixels ne sont pas ponctuels, mais ont une certaine extension spatiale appelée grain  $g$ .

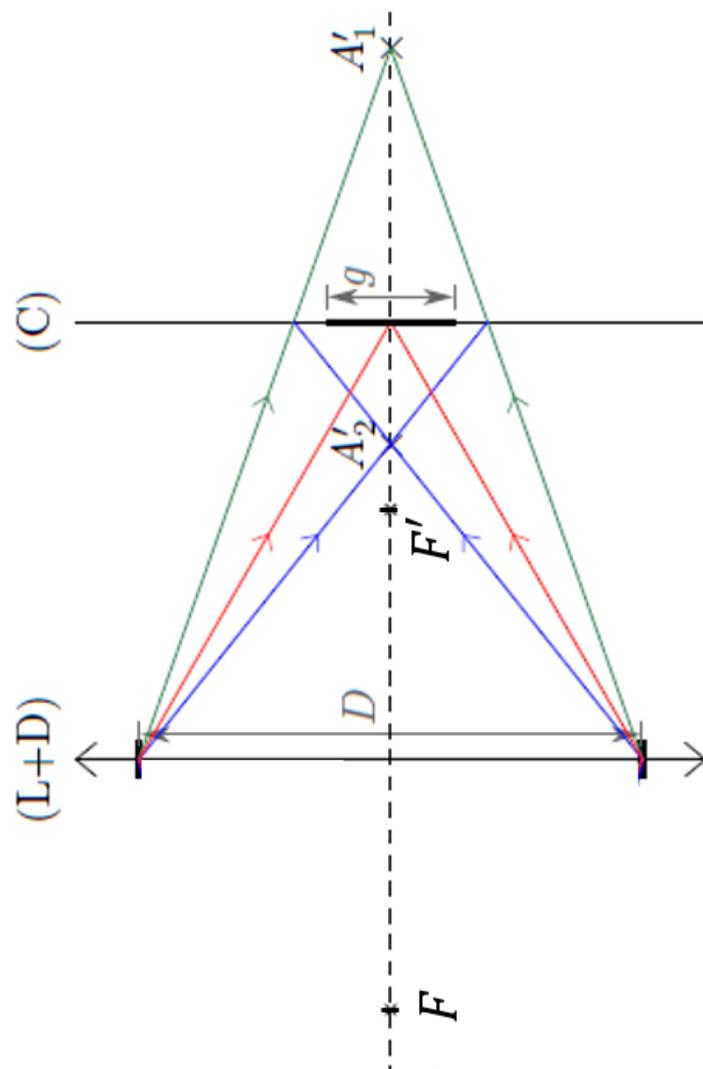
Un faisceau issu d'un point objet  $A$  situé sur l'axe optique intersecte le plan du capteur selon une surface, dont la taille caractéristique est notée  $a$ . Tout point objet  $A$  sera vu net (c'est-à-dire qu'il aura une image ponctuelle à l'échelle du capteur) tant que  $a < g$ .

ON donne l'exemple des point objet  $A_1$  et  $A_2$ .  $A_1$  est tel que la taille caractéristique de son image  $a_1 < g$  donc l'image de  $A_1$  est nette. Par contre  $A_2$  est tel que la taille caractéristique de son image  $a_2 > g$  donc l'image de  $A_2$  est floue.



La PDC est donc constituée de l'ensemble des points situés entre les points extrêmes  $A_{max}$  et  $A_{min}$  vérifiant la condition  $a < g$ . L'image sera réussie si le point  $A$  visé par le photographe est compris entre  $A_{max}$  et  $A_{min}$ . Pour un même sujet  $A$  visé, la composition de l'image, c'est-à-dire son rendu esthétique, sera fortement modifiée selon l'amplitude de la PDC, c'est-à-dire la distance  $A_{max}A_{min}$ .

- Dans le cas suivant construire géométriquement les points  $A_{max}$  et  $A_{min}$  et déterminer alors la profondeur de champ. Déterminer aussi la position du point objet  $A$  sur lequel est fait la mise au point, c'est-à-dire le point objet dont l'image se trouve exactement sur le capteur.



Une étude quantitative permet de montrer que

$$PDC = 2gN^\alpha L^\beta f^\gamma$$

où  $L$  est la distance de mise au point, c'est-à-dire la distance entre le centre optique de l'objectif et le point  $A$  sur lequel est fait la mise au point.

- A l'aide de l'application DOF simulator ou sur le site internet <https://dofsimulator.net/en/>, déterminer les valeurs des entiers  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ . Déterminer la formule de la profondeur de champ.

## 5. Synthèse

---

- Construire un tableau récapitulatif dans lequel vous indiquerez l'influence des trois paramètres focale, durée d'exposition et ouverture du diaphragme sur les caractéristiques de l'image que sont le champ angulaire, l'exposition et la profondeur de champ.

	Focale	Temps d'exposition	Ouverture du diaphragme
Champ angulaire			
Exposition			
Profondeur de champ			