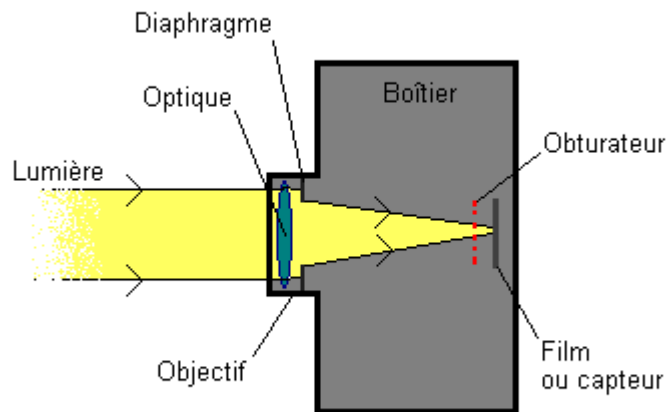


Appareil photographique

Document 1 : Quelques rudiments de photographie

Représentation schématique :



Un modèle simple d'appareil photographique comprend :

- l'**objectif**, décrit comme une lentille convergente de distance focale f' (Elle est appelée focale et notée f en photographie)
- un **diaphragme** circulaire de diamètre D , qui limite l'étendue du faisceau lumineux admis dans l'appareil
- un **capteur** photosensible constitué d'une matrice de cellules ou pixels (*picture element*)

La dimension caractéristique des cellules est notée g , pour grain. (Appellation remontant aux pellicules argentiques dont la couche photosensible était une émulsion).

Dans un appareil photo numérique, le capteur est un capteur CCD (*charge coupled device*) produisant un courant dont l'intensité est fonction de la quantité de lumière reçue.

Le réglage de mise au point permet que l'image de l'objet photographié se forme sur la plaque CCD. Pour cela on ajuste la distance d entre l'objectif et la plaque CCD. Si l'objet photographié est à l'infini, $d = f'$, plus l'objet est proche de l'appareil, plus d augmente. Cependant, d reste en général du même ordre de grandeur que la focale f' .

L'exposition :

La quantité de lumière reçue par le capteur dépend de plusieurs paramètres : de la luminosité de la scène, du diamètre D du diaphragme et de la durée T pendant laquelle la lumière éclaire le capteur.

Temps de pose ou vitesse d'obturation.

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.

Une photo correctement exposée est obtenue lorsque le capteur numérique de l'appareil photo a reçu une quantité de lumière appropriée par rapport à la luminosité de la scène que l'on a photographiée. Concrètement, la photo ne sera donc ni trop claire, ni trop sombre, mais bien équilibrée du point de vue de la quantité de lumière.

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

- un long temps de pose permet d'exposer longtemps la surface du capteur, ce qui est utile pour les scènes peu lumineuses.

- un court temps de pose permet d'exposer très peu de temps le capteur, ce qui est utile pour les scènes très lumineuses ou rapides.

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

T(s) : 1/4000 ; 1/2000 ; 1/1000 ; 1/500 ; 1/250 ; 1/125 ; 1/60 ; 1/30 ; 1/15 ; 1/8 ; 1/4 ; 1/2 ; 1 ; 2

L'ouverture du diaphragme de l'objectif.

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, la grandeur sans dimension définie par $N = f'/D$.

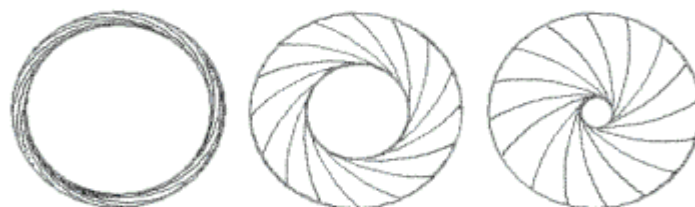
Les valeurs successives de N prédéfinies sur les appareils numériques constituent une suite géométrique de raison $(2)^{1/2}$. Les valeurs les plus courantes sont :

N : 1,4 ; 2 ; 2,8 ; 4 ; 5,6 ; 8 ; 11 ; 16 ; 22 ; 32

Sur les objectifs photographiques, c'est en réalité le diamètre du diaphragme qui est porté par des indications f/N : f/8, f/11, etc ... Par exemple, si on ferme le diaphragme d'une valeur f/2.8 à f/4, on diminue le diamètre du diaphragme d'un facteur $(2)^{1/2}$ et d'un facteur 2 sa surface.

Ainsi, si le photographe veut diminuer la surface du diaphragme, il doit augmenter N ce qui est un peu troublant de prime abord ...

Ouverture du diaphragme



Pleine

Moyenne

Petite

1 - 1,4 - 2 - 2,8 - 4 - 5,6 - 8 - 11 - 16

f/2.8

f/5.6

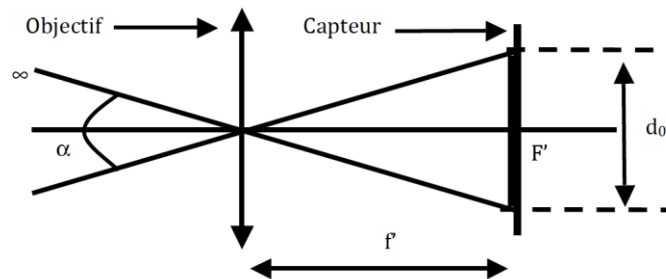
f/11



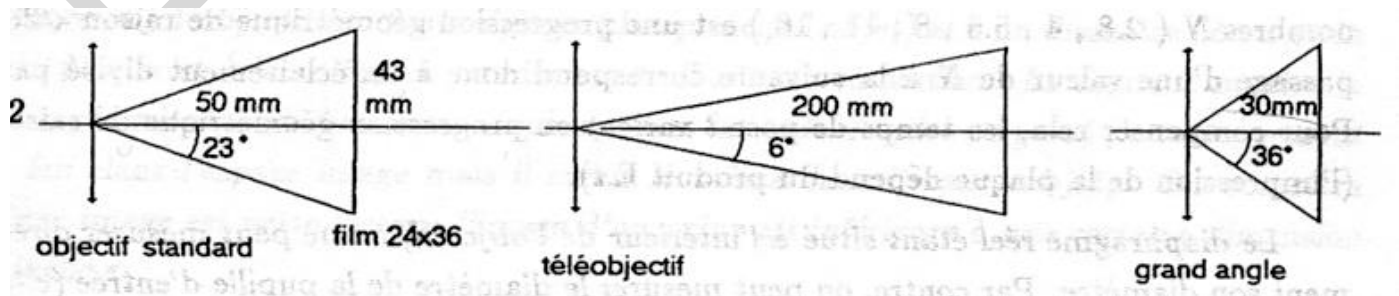
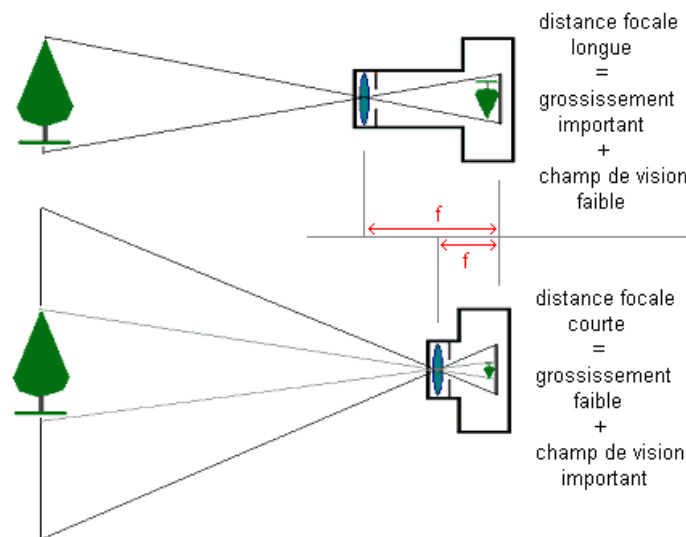
Pour qu'une photo soit bien exposée, il faut donc choisir une certaine combinaison vitesse/ouverture qui soit appropriée à la luminosité de la scène que l'on veut photographier.

La focale

La distance focale de l'objectif influence directement la taille d_0 de l'image d'un sujet à l'infini, observé sous un angle donné α . Plus la focale est longue, plus l'image de l'objet sera étendue. En effet, pour un petit angle α , on a $d_0 = \alpha \cdot f'$.



La taille du capteur étant limitée, la focale aura également une influence sur le champ de l'image (c'est à dire l'angle sous lequel on peut voir un objet). Plus la focale sera courte, plus l'angle de vue sera important.



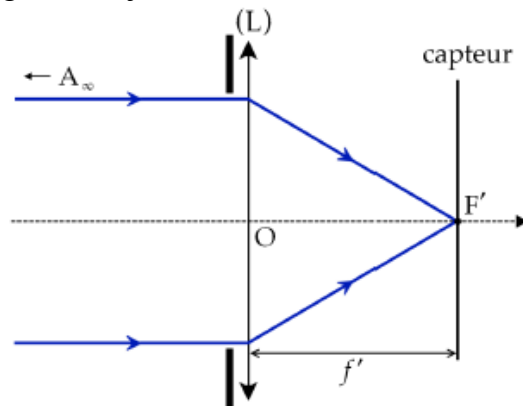
Mise au point :

De même que dans l'étude de la vision, la notion de mise au point est présente en photographie, de manière à obtenir un cliché net. La mise au point consiste à adapter la distance entre l'objectif et le capteur de façon à obtenir une image nette de l'objet visé sur le capteur.

De multiples manières de procéder à la mise au point sont offertes en pratique, manuelles ou automatiques (*auto focus*). Seul l'aspect optique est examiné ici.

Un réglage possible consiste à placer le capteur dans le plan focal image de l'objectif. On parle ici de *mise au point à l'infini*.

En effet, sous réserve du respect des conditions de Gauss, l'image d'un point situé à l'infini sur l'axe optique se forme en F' , foyer image de l'objectif.

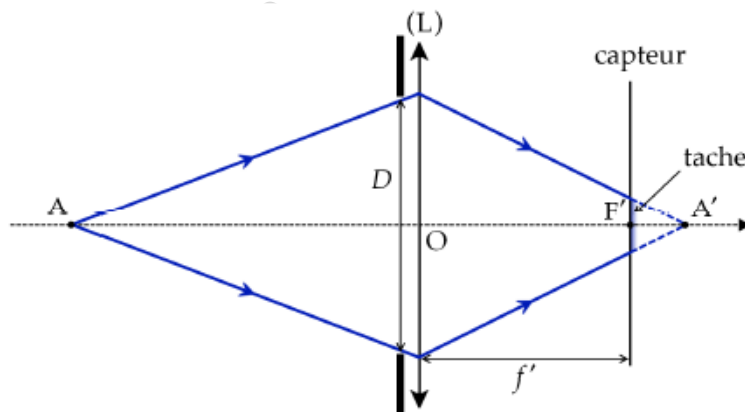


Distance hyperfocale :

Considérons un point A situé à une distance L devant l'objectif. Lorsque la mise au point est faite à l'infini, l'image A' de A se forme derrière le capteur. L'ensemble des rayons issus du point A forment alors une tache dans le plan du capteur. Nous noterons d son diamètre.

La valeur de d dépend de la valeur du diamètre D du diaphragme, de la distance L et de la focale.

Un calcul utilisant le théorème de Thalès nous donne la relation suivante : $d = f' \cdot D / L$



La photographie de l'objet A sera nette si le diamètre d reste inférieur à la taille g d'une cellule photosensible. Ainsi : $d < g \rightarrow L > f' \cdot D / g = L_0$

Cette distance L_0 est appelée distance hyperfocale. Ainsi, pour une mise au point à l'infini, tous les objets situés au-delà de la distance hyperfocale L_0 seront photographiés de façon nette.

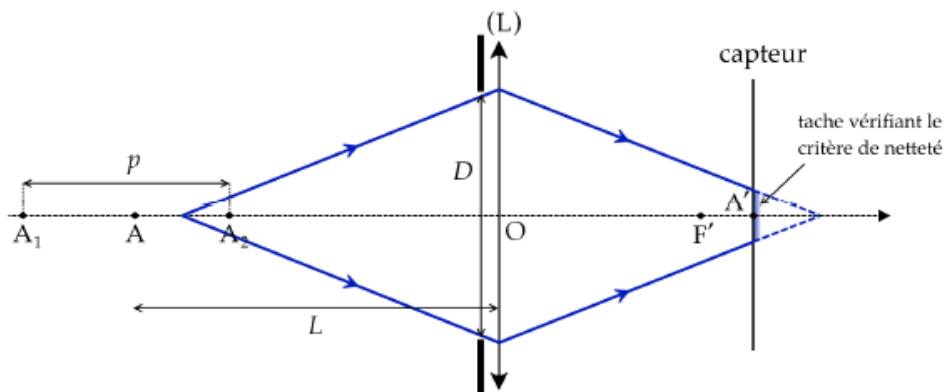
En introduisant le nombre d'ouverture $N = f' / D$, on trouve l'expression : $L_0 = f'^2 / g \cdot N$.

Profondeur de champ :

On suppose à présent que la mise au point de l'appareil est faite sur un objet A situé à une distance L devant l'objectif. La distance objectif – capteur est donc réglée de manière à ce que l'image A' soit située sur le détecteur.

Comme dans la partie précédente, un point objet situé avant (ou après) A formera une tache sur le détecteur. Si la taille de la tache est inférieure à celle des cellules du capteur, les images traitées seront nettes.

On peut ainsi définir un intervalle $[A_1, A_2]$ de positions d'un objet pour lesquels l'image apparaît nette. La distance A_1A_2 est appelée **profondeur de champ**.



On peut montrer que la profondeur de champ vérifie la relation : $A_1A_2 = 2gL^2 N / f'^2$.

Pour une focale donnée, une grande ouverture donne donc lieu à une petite profondeur de champ alors qu'une petite ouverture donne lieu à une grande profondeur de champ.

Document 2 : Extrait d'une fiche technique d'appareil photo numérique

EOS 6D : Votre porte d'entrée dans l'univers du plein format

Reflex numérique compact de 20,2 millions de pixels doté d'un capteur plein format. Idéal pour les portraits et la photo de voyage, cet appareil permet un contrôle étroit de la profondeur de champ et l'utilisation d'un large éventail d'objectifs EF grand-angle.

Points forts : Capteur plein format de 20,2 millions de pixels

Capteur : Type CMOS ; Taille 24 x 36 mm ; Nombre de pixels : 20,2 millions

Format d'image : 3:2

Contrôle d'exposition : +/-5 IL par paliers de 1/2 ou 1/3

Obturbateur : de 30 à 1/4000 s (par palier de 1/3 ou 1/2), pose longue.

Travail à faire :

1. Analyse des photographies :

1.1. Les photographies de la série 1 du document 3 sont réalisées avec des vitesses d'obturation $T_1 = 1/100s$; $T_2 = 1/10s$ et $T_3 = 1s$. Associer la bonne vitesse à chacune des photographies.

1.2. Les photographies de la série 2 du document 3 correspondent à des ouvertures $f/2,8$ et $f/16$. Associer la bonne ouverture à chacune des photographies.

1.3. Le « filé » est un effet classique de photographie. Un exemple est représenté fig.1. Sur quel réglage de l'appareil photo doit-on agir pour obtenir un tel résultat ?

1.4. En vous appuyant sur les documents, expliquer en quelques lignes pourquoi il est plus difficile d'obtenir une photographie nette de nuit que de jour.

2. Exposition :

2.1. De combien varie la surface du diaphragme lorsque l'on modifie le nombre d'ouverture d'un facteur $(2)^{1/2}$.

2.2. Sachant que la quantité de lumière qui pénètre dans l'appareil est proportionnelle à la surface de l'ouverture, expliquer pourquoi les nombres d'ouverture sont choisis par rapport à une suite géométrique de raison $(2)^{1/2}$.

2.3. Un photographe désire travailler avec une quantité de lumière constante admise dans l'appareil. S'il augmente le nombre d'ouverture, doit-il augmenter ou diminuer le temps de pose ?

3. A propos des pixels.

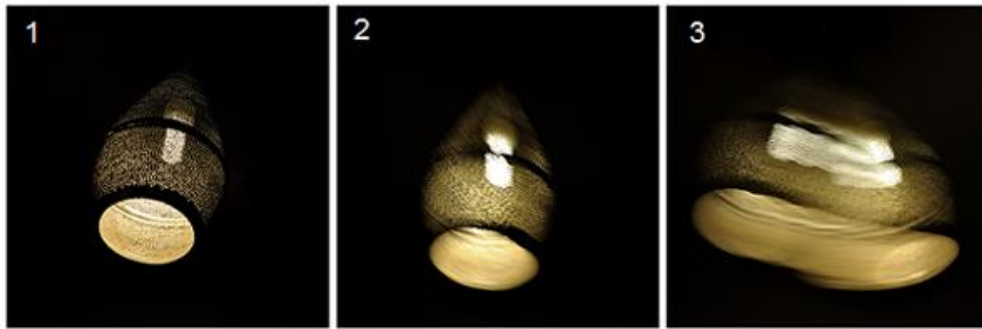
3.1. A l'aide du document 2, déterminer la surface d'un pixel du capteur CMOS de l'appareil EOS 6D.

3.2. En supposant que les pixels sont carrés, déterminer l'ordre de grandeur de g , la taille caractéristique du pixel. On choisira pour la suite $g = 6 \mu m$

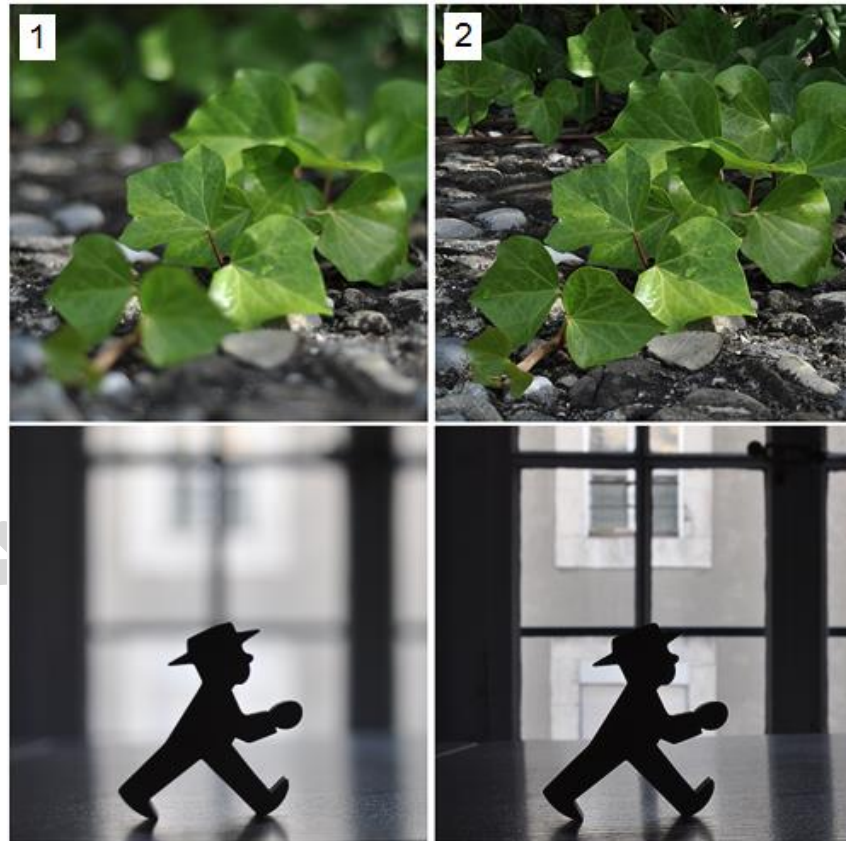
4. Une histoire de mise au point.

4.1. Monsieur P réalise la photo d'un paysage de montagne. Il effectue une mise au point sur une crête située à l'infini avec un objectif de focale 50 mm, ouvert à $f/22$. Un isard passe à 10 m de son objectif au moment où il prend la photo. L'image de l'animal sera-t-elle nette ?

4.2. Il souhaite réaliser l'image d'une marmotte en visant la tête de l'animal située à 3m. Il utilise un objectif de focale 100 mm ouvert à $f/2$. Calculer la profondeur de champ. Ce choix de paramètres est-il pertinent ?



Série 1 : Prises de vues avec différents temps de pose.



Série 2 : Prises de vues avec différentes ouvertures.

