

Analyse documentaire : L'appareil photo numérique

Table des matières

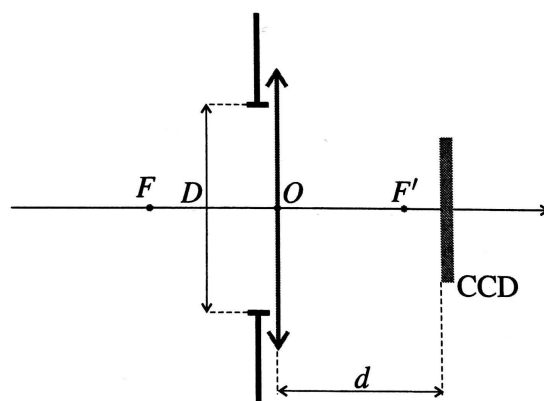
1	Modélisation de l'appareil photo	1
2	Influence de la focale	2
2.1	Champ angulaire	2
2.2	Profondeur de champ	3
3	Influence du diaphragme d'ouverture sur la profondeur de champ	5
4	Influence du diaphragme et de la durée d'exposition sur la qualité d'exposition	7

1 Modélisation de l'appareil photo

On va interpréter à l'aide des lois de l'optique l'influence sur l'image de trois réglages d'un appareil photographique :

- la distance focale
- l'ouverture du diaphragme
- la durée d'exposition

Pour simplifier, on modélise l'objectif de l'appareil par une lentille convergente unique de distance focale f' , appelée dans la suite simplement focale. La lumière entrant dans l'objectif doit traverser le diaphragme, ouverture de forme proche d'un cercle de diamètre D réglable, que l'on modélisera par une ouverture circulaire placée juste devant la lentille mince précédente.



L'image est enregistrée à l'aide d'un capteur CCD situé dans un plan de front, à distance d de la lentille.

La lumière arrive sur le capteur pendant une durée contrôlée τ appelée durée d'exposition.

Pour obtenir une image correcte il faut que :

- l'image du sujet photographié se forme sur le capteur (à un point du sujet correspond un point du capteur)
- la quantité de lumière reçue par les éléments sensibles du capteur soit convenable.

Le première condition est réalisée par le réglage de mise au point qui joue sur la distance d entre l'objectif et le capteur. La valeur qu'il faut donner à d dépend de la distance du sujet à l'objectif, selon les formules de conjugaison de la lentille.

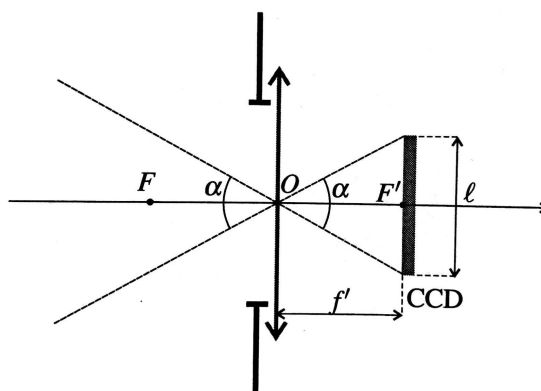
La deuxième condition est réalisée par le réglage simultané de l'ouverture du diaphragme D et du temps d'exposition τ . Dans la suite on va comparer des photos prises avec différents réglages pour voir leur influence sur l'image obtenue.

2 Influence de la focale

2.1 Champ angulaire

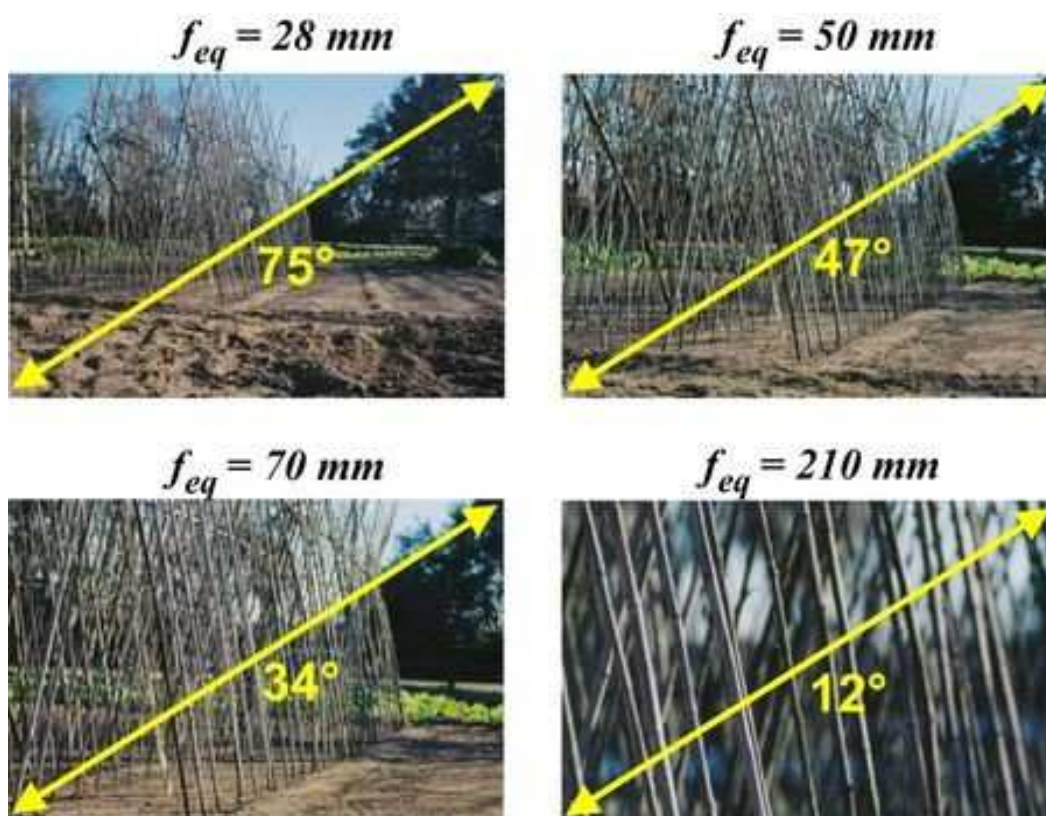
On souhaite expliquer l'influence de la distance focale sur le champ angulaire. La mise au point est faite sur l'infini : un point à l'infini a son image sur le capteur CCD qui est donc placé dans le plan focal image de l'objectif, à distance $d = f'$ de celui-ci. Le capteur a la forme d'un rectangle de largeur $\ell = 16$ mm et longueur $L = 24$ mm. On voit sur la figure ci-dessous que l'angle d'ouverture α du champ de vision dans un plan horizontal est :

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



2.1.1. Calculer le champ angulaire horizontal d'une photo prise en mode portrait, pour un objectif grand-angle ($f' = 24$ mm) ou pour un téléobjectif ($f' = 70$ mm) .

On utilise ici des appareils photos à objectif de focale fixe, dont la valeur est notée f_{eq} (on omet souvent de noter le ' en photographie, la focale est aussi parfois notée F). Un individu dispose de 4 appareils photos de focales différentes. Sans bouger, il prend en photo une hutte de bois avec les quatre appareils photos et on obtient les photos suivantes avec un capteur CCD rectangulaire de 24×36 mm :

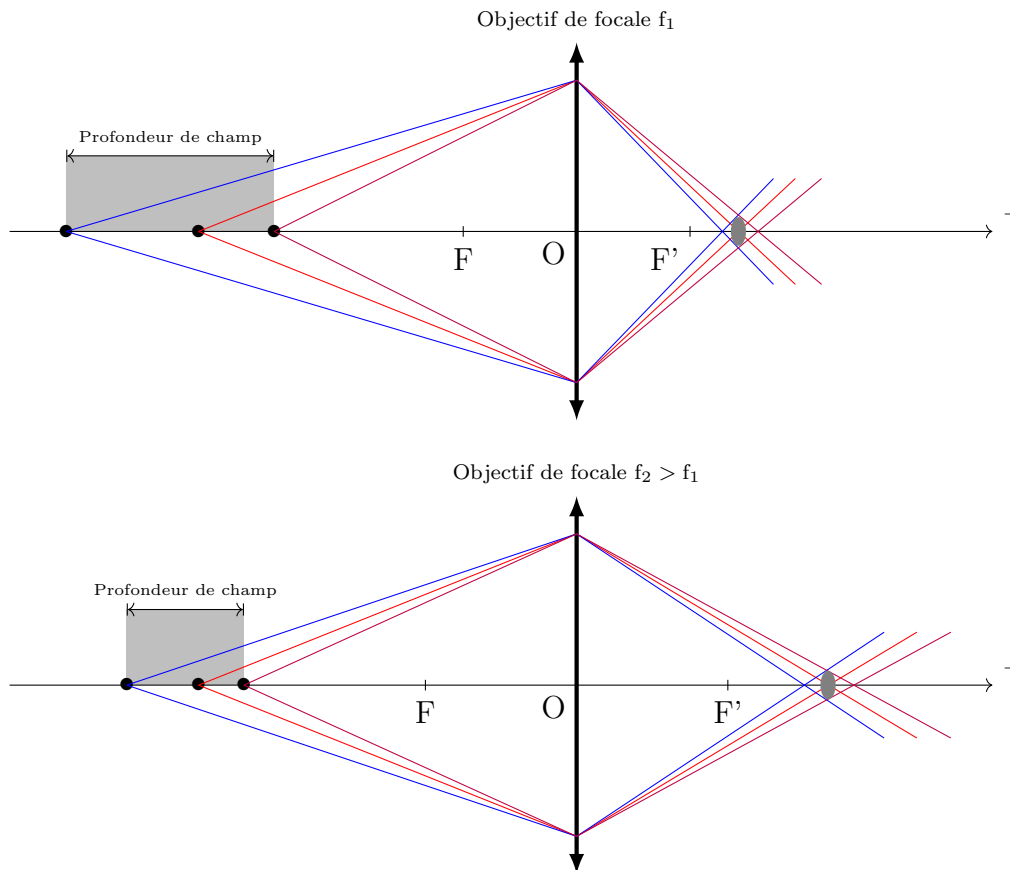


2.1.2. Calculer le champ angulaire diagonal pour chaque photo et vérifier qu'il correspond bien à la valeur inscrite sur la photo.

2.2 Profondeur de champ

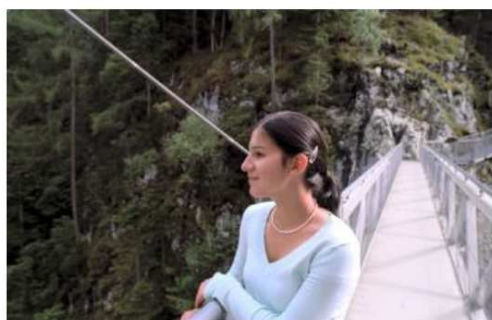
La profondeur de champ est la distance entre le point objet dont l'image est nette le plus proche de l'objectif et le point objet dont l'image est nette le plus éloigné de l'objectif. Pour être vue nette, la tache image d'un point ne doit pas dépasser une taille critique représentée en gris sur le schéma, le tracé des rayons montrent que :

Plus la focale est courte, plus la profondeur de champ est grande



● : tache qui sera vue nette par la pellicule ou le capteur

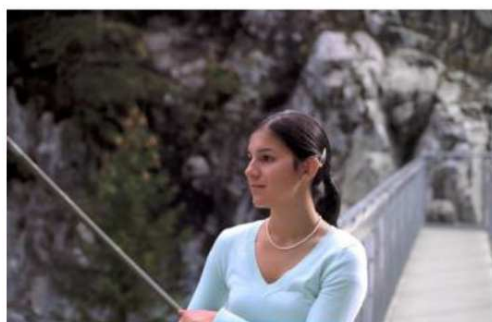
Avec des appareils photos de focales différentes, on peut prendre plusieurs photos d'un même individu. Dans ce cas, le photographe s'est arrangé pour se déplacer afin que le sujet fasse toujours la même taille sur la photographie. On obtient alors les images :



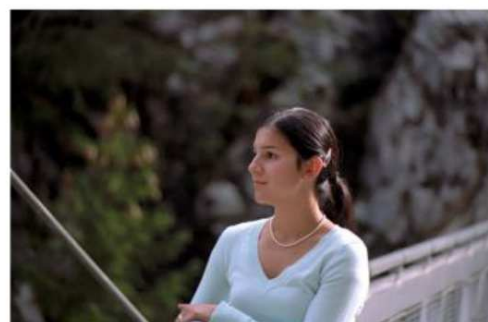
$f'=24\text{mm}$



$f'=50\text{mm}$



$f'=100\text{mm}$



$f'=200\text{mm}$

2.2.1. Interpréter l'aspect des différentes photos concernant la profondeur de champ.

3 Influence du diaphragme d'ouverture sur la profondeur de champ

Le diamètre d'un diaphragme est noté D . Si la focale de la lentille utilisée est f' , alors on note souvent le diaphragme sous la forme :

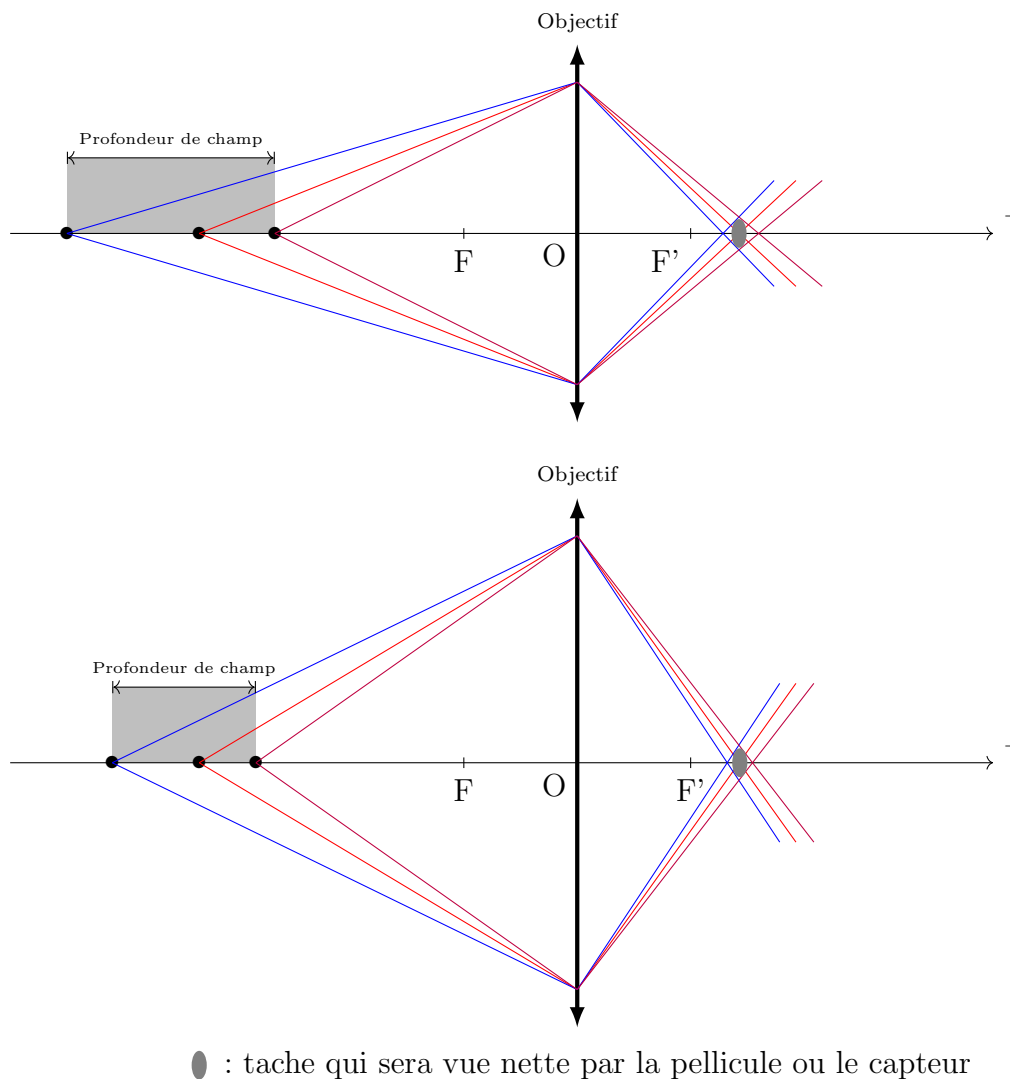
$$D = \frac{f'}{N}$$

où N est appelé le nombre d'ouverture. La focale est souvent notée f au lieu de f' en photographie.



Pour être vue nette, la tache image d'un point ne doit pas dépasser une taille critique représentée en gris sur le schéma, le tracé des rayons montrent que :

Plus l'ouverture de l'objectif est petite, plus la profondeur de champ est grande



On a réalisé les deux photos suivantes :



A gauche le diaphragme est très fermé ($f/32$), A droite le diaphragme est ouvert ($f/5$)

3.1. Interpréter la différence d'aspect des ces deux photos concernant la profondeur de champ.

4 Influence du diaphragme et de la durée d'exposition sur la qualité d'exposition

Le signal fourni par une cellule sensible du capteur dépend de l'énergie E qu'elle reçoit, énergie qui est proportionnelle à la durée d'exposition τ (les autres paramètres étant fixés). L'échelle des gris, du noir au blanc, correspond à une énergie reçue variant entre E_{min} et E_{max} ; pour $E < E_{min}$ (respectivement $E > E_{max}$) le pixel sur l'image est noir (respectivement blanc). Si trop de capteurs reçoivent une énergie inférieure à E_{min} , l'image est trop noire (sous-exposée) et si trop de capteurs reçoivent une énergie supérieure à E_{max} , l'image est trop blanche (surexposée).

L'onde lumineuse se caractérise par son éclairement $\mathcal{E}$ qui est une puissance surfacique. Ainsi, la puissance lumineuse entrant dans l'objectif est

$$\mathcal{P} = \mathcal{E} \frac{\pi D^2}{4}$$

, qui augmente avec D .

L'énergie E reçue par un pixel est proportionnelle à la puissance qu'il reçoit (qui est proportionnelle à la puissance entrant dans l'objectif) multipliée par la durée d'exposition τ , elle est donc proportionnelle **au produit $D^2\tau$ qui détermine la qualité de l'exposition** :

$$E \propto \mathcal{P}\tau \propto D^2\tau$$

4.1. Interpréter les différences de qualité d'exposition sur les photos ci-dessous.



Image 1 :

Vitesse : 1/500 s
Ouverture : F/5.6
Focale : 48 mm



Image 2 :

Vitesse : 1/1250 s
Ouverture : F/5.6
Focale : 48 mm



Image 3 :

Vitesse : 1/160 s
Ouverture : F/5.6
Focale : 48mm



Image 4 :

Vitesse : 1/200 s
Ouverture : F/5.6
Focale : 48 mm



Image 5 :

Vitesse : 1/200 s
Ouverture : F/10
Focale : 48 mm



Image 6 :

Vitesse : 1/200 s
Ouverture : F/18
Focale : 48 mm