

Fonctionnement d'un appareil photo

Le film et le capteur

Fonctionnement d'un objectif

Obturbateur et temps de pose (ou vitesse d'obturation)

Comment régler la profondeur de champ ?

Mesure de lumière

- L'Indice de Lumination (ou Exposure Value)
- Technique de mesure de lumière

Mise au point manuelle et autofocus

Aberrations optiques

Photographie au flash

- Synchro flash
- Nombre guide

Macrophotographie

Live View / Bridges, Appareils hybrides : le capteur BL-CMOS

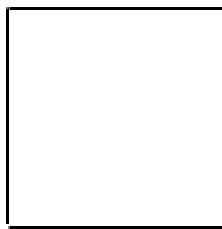
Fonctionnement d'un appareil photo

Un appareil photo c'est juste une boîte à image améliorée !

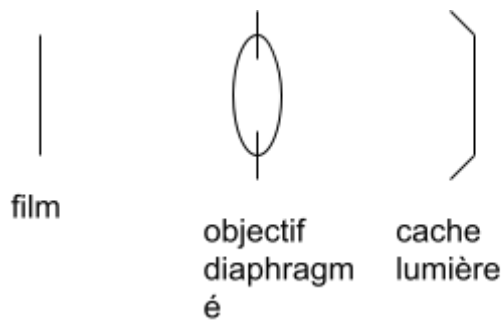
Le principe de l'appareil photo est de capturer les rayons de lumière et de les imprimer sur une surface photosensible, c'est-à-dire qui se modifie grâce à la lumière.

Pour cela, on a tous remarqué que lorsque la lumière du soleil passait au travers des volets fermés, l'été par grand beau temps, il se formait une image au plafond -un peu floue- de l'environnement extérieur.

C'est de cette observation dite de la Camera Obscura (Chambre noire en italien) que découle l'appareil photographique.



La base : un film et un objectif, auquel on rajoute un cache pour couper de la lumière.



Le film et le capteur

Aux débuts de la photo, il n'existait pas tous les formats et tous les détails que nous possédons aujourd'hui. Il en existait bien plus !

Les bases de la photo viennent du fondement même du mot 'photo-graphier' qui signifie en grec : 'écrire avec la lumière'.

Les scientifiques du 18^{es} avaient remarqué que les sels d'argent (chlorure d'argent, puis bromure d'argent) avaient tendance à s'obscurcir lorsqu'ils étaient en contact avec une lumière forte. On peut remarquer ce phénomène sur les bijoux en argent : ils noircissent sans cesse et nécessitent un nettoyage régulier.

Toutefois la vitesse de noircissement n'était pas impressionnante.

Il a fallu attendre les travaux de Daguerre et Niepce pour commencer à avoir des formules chimiques possédant des grains d'argent suffisamment instables pour envisager d'écrire avec la lumière. On utilise pour cela une propriété électrique des métaux : l'état ionisé.

Les photons viennent frapper les ions argent et cette énergie dégagée retransforme ces ions en sels.

Il fallait aussi trouver le moyen chimique pour stopper la progression de ce noircissement inexorable !

En effet, les grains noircissent à chaque fois qu'on les éclaire. Or si on veut regarder la photo, il faut encore ajouter de la lumière. Il fallait donc trouver un moyen de fixer le tout.

Certains acides ont cette faculté, acides nitrique et acétique notamment (ils ont une forte odeur de vinaigre). D'autres solutions à base de sel (thiosulfates de sodium par exemple) sont plus efficaces.

Les premières photos étaient réalisées artisanalement, avec des solutions humides (ou plutôt pâteuses, on dit colloïdal) déposées sur des plaques en verre. En effet, les ions n'existent qu'en présence d'un solvant (eau ou alcool par exemple).

Il fallait lisser la pâte en un film le plus fin et le plus homogène possible pour tenter d'obtenir une image elle-même homogène.

Les temps de pose pouvaient se compter en minutes, voire en heures, mais n'étaient jamais parfaitement reproductibles.

D'autre part, les sels d'argent noircissent plus aux endroits les plus lumineux. C'est-à-dire qu'un objet clair donnera une image sombre, et inversement.

On obtient donc une image négative de la réalité. Négative et monochrome.

Pour obtenir une image positive, c'est-à-dire avec les bonnes teintes aux bons endroits, il va falloir poser la plaque en verre sur une feuille de papier elle-même imprégnée de pâte d'argent colloïdal et éclairer le tout par transparence.

On obtient ainsi une image des lieux ou des gens que l'on sait identifier tout de suite !

On appelle cela le positif.

Bien entendu, la taille de la photographie papier est identique à la taille de la plaque de verre. L'agrandisseur n'a pas encore été inventé !

Georges Eastman, américain inventif, invente un procédé merveilleux qui va révolutionner la photographie : le film de celluloïd.

Sur ce film de plastique transparent est déposée mécaniquement une solution quasi-sèche de pâte d'argent. Ce film est enroulé en une bobine de quelques mètres qui défile devant l'objectif en lieu et place de la plaque en verre et se réenroule sur une autre bobine pour être ensuite développée par une personne compétente.

Ce procédé va enfin permettre aux non chimistes de pouvoir envisager l'utilisation d'un appareil photo.

D'ailleurs, la société que va fonder Eastman va aussi fabriquer et commercialiser les premiers appareils photo utilisant de tels films : la Kodak Box, et les premiers services de développement : des magasins spécialisés vont s'occuper de vous vendre les films de celluloïd vierges et de vous les récupérer pour vous vendre ensuite des tirages papiers de vos photos. Kodak s'occupe de tout, vous avez juste à déclencher !

Cette petite pellicule de plastique transparent est bien plus maniable et solide que les anciennes plaques de verre. Elle sera améliorée sans cesse, codifiée, automatisée jusqu'à intégrer des bandes magnétiques sur les côtés intégrant des données sur les prises de vue avec le format APS ou du son sur les pellicules servant au cinéma.

Une nouveauté majeure va apparaître au milieu des années 1910, elle sera améliorée jusqu'au début des années 2000 où tout progrès sera stoppé avec l'arrivée du numérique. On obtient tout de même une qualité acceptable pour sa commercialisation dans les années 1930. Il s'agit de la photographie couleur.

Le principe est simple : la lumière est filtrée en trois composantes bleu, vert et rouge. Les rayons lumineux traversent la pellicule qui est en fait une succession de couches de filtres colorés et de sels d'argent.

Les rayons sont stoppés les uns après les autres par des filtres au fur et à mesure qu'ils traversent et imprègnent ainsi chaque couche de sel d'argent en fonction de leur teinte.

Le développement de tels films est bien plus complexe que le noir et blanc et nécessite des conditions ambiantes bien plus précises. Ce processus de développement -codifié C-41- est quasiment réservé à des machines automatiques que possédaient la plupart des boutiques de photographes. Il a tout de même eu l'avantage d'industrialiser et de standardiser au maximum cette technique. Et donc de diminuer drastiquement les coûts.

Il existe un autre type de pellicule, la diapositive.

La pellicule diapositive ressemble beaucoup à la pellicule couleur ou noir et blanc, mais lorsqu'on la développe (avec un processus et des chimies différents) on obtient non pas un

négatif, mais un positif. La pellicule est directement exploitable par l'œil humain sans inversion de couleur !

Les diapositives sont un peu plus chères à l'achat et leur développement est également plus cher. Par contre, il n'est pas nécessaire au photographe de tirer des photos –et donc de gaspiller du papier- pour en vérifier la qualité. D'autre part, leur qualité et leur définition sont largement supérieures aux négatifs standards.

Le dernier avantage –non négligeable- on peut les projeter en très grand format au moyen d'un projecteur de diapositive.

Les pellicules, indépendamment de leur nature, ont une autre caractéristique très importante : la sensibilité.

Nous avons vu tout à l'heure que les premières pellicules étaient très peu sensibles : il fallait plusieurs minutes, voire plusieurs heures pour obtenir une image exploitable d'un sujet pourtant assez lumineux.

Les travaux des chimistes ont considérablement amélioré cette sensibilité.

Par ailleurs, les premières solutions n'avaient pas une répétabilité aussi précise qu'aujourd'hui, chaque lot de plaque, fabriqués artisanalement, possédait une sensibilité différente.

Il a fallu un bon moment pour arriver à codifier et unifier ce qui est tout simplement le temps de réaction de la solution.

Il y eut les ASA (American Standard Association), les Degrés (Température théorique d'obtention d'une densité précise), les Grades Suisses (Sensibilité à la lumière).

L'ISO (International Standard Organisation) a permis de réunir dans un même tableau les différents codes et a conservé le plus simple : le ASA.

Il est donc considéré qu'une pellicule impressionnée pendant 1 seconde avec un objectif d'ouverture photométrique 1 (c'est-à-dire sans objectif) et une lumière calibrée à 5500 Kelvin qui donnerait sur la photo finale un gris neutre calibré à 18% de gris (en gros un béton propre) correspondrait à une sensibilité de 100 ASA (ou 100 iso). Ce 100 iso est une référence d'après laquelle tout le reste va être tiré.

Une pellicule donnant toujours un gris neutre calibré à 18% de gris alors que la durée d'exposition est de 2 secondes (c'est-à-dire 2 fois plus de temps de pose) correspond à une sensibilité de 50 iso (ou 50 ASA, donc). Donc une sensibilité diminuée par 2.

En effet, il faut 2 fois plus de lumière, donc la pellicule est 2 fois moins sensible, donc le 'nombre de sensibilité' est 2 fois moins important.

A l'inverse, une pellicule de 200 iso sera 2 fois plus sensible qu'une 100 iso et nécessitera donc un temps d'exposition 2 fois plus court. Dans notre cas : 0.5 secondes, que l'on notera 1/2s.

On remarque que d'une manière générale les pellicules existantes se situent entre 25 iso et 6400 iso. Soit 4 fois moins sensible à 64 fois plus sensible. On remarquera qu'en général, les sensibilités sont exprimées en les doublant : 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200 et 6400 iso. On verra tout à l'heure que les autres paramètres sont décrits ainsi, ça facilite les calculs.

On remarque également que les pellicules qui possèdent les grains les plus fins ont une sensibilité la plus faible, alors que celles qui ont les grains les plus larges ont une sensibilité supérieure. Ceci peut s'expliquer par le fait que les grains les plus fins captent moins de photon que les gros grains, et donc se transforment moins vite.

Quoi qu'il en soit, on remarque donc qu'il est difficile de conjuguer finesse d'exécution et travail dans la pénombre.

Une autre solution pour augmenter artificiellement la sensibilité d'une pellicule est de sous-exposer à la prise de vue, de sur-développer au développement et de sur-exposer au tirage.

Cette solution de dépannage augmente encore le grain et diminue le contraste, mais elle permet de sortir une photo là où rien d'autre ne le permettrait.

C'est la raison pour laquelle les photographies d'animaux sauvages, pris le plus souvent à l'aube ou au crépuscule, présentent une forte granularité.

Au contraire, le photographe de studio, qui recherche le rendu le plus réaliste, qui permet de faire ressortir le velouté d'une peau, le grain d'un cuir, l'éclat d'un bijou, va utiliser une pellicule très peu sensible. Il a d'autant plus intérêt que le temps de pause n'est pas un critère déterminant avec des objets statiques et des appareils photos sur pied.

Il existe une autre méthode pour diminuer le grain.

Le grain est caractérisé par le fait que l'on voit chaque point élémentaire distinctement par rapport à l'ensemble de l'image.

Il suffit donc d'augmenter la taille de la pellicule !

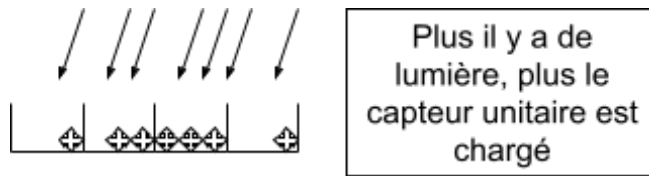
Ainsi la taille du grain est proportionnellement plus petite ! De la même manière qu'une image informatique de 3000*2000 pixels est plus fine en définition qu'une image en 640*480.

C'est la raison pour laquelle les photographes dits 'de mode' c'est-à-dire les photographes d'objets industriels haut de gamme utilisent des appareils photos moyen format (pellicule mesurant 60*60mm au lieu de 24*36mm) pour les illustrations sur magazines ou catalogues.

La photographie à l'aide de capteurs numériques au lieu de pellicules ne change pas grand-chose dans le principe. Et d'ailleurs, les appareils photo numériques ont repris inchangé le principe de sensibilité iso et sont également affectés par le grain lors de la montée en iso. Il faut donc encore et toujours choisir entre une photo floue ou granuleuse lorsqu'on photographie en basse lumière. On verra pourquoi plus tard.

Un capteur numérique photoélectrique fonctionne un peu à la manière d'un panneau solaire : il transforme l'énergie de la lumière en énergie électrique. Et plus il y a de lumière, plus il y a d'électricité.

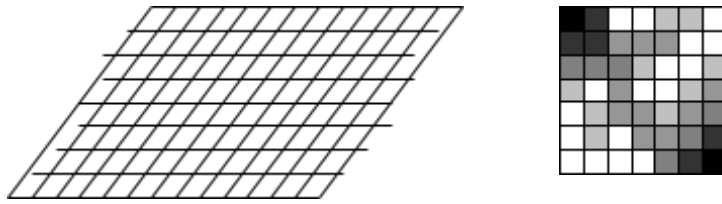
La compréhension est relativement simple même si la mise en œuvre et l'amélioration ne sont pas de tout repos : les photons de la lumière entrants au travers de l'objectif frappent des molécules semi-conductrices et leur fait perdre un ou plusieurs électrons.



Les atomes sont alors ionisés plus ou moins fort selon l'intensité de la lumière.

Un système de lecture de cette charge électrique est chargé de capter et décoder cette tension en un signal numérique.

Ce signal numérique est compilé dans un fichier qui comporte les informations de tous les capteurs élémentaires réunis en un gigantesque damier de plusieurs millions d'éléments uniques.



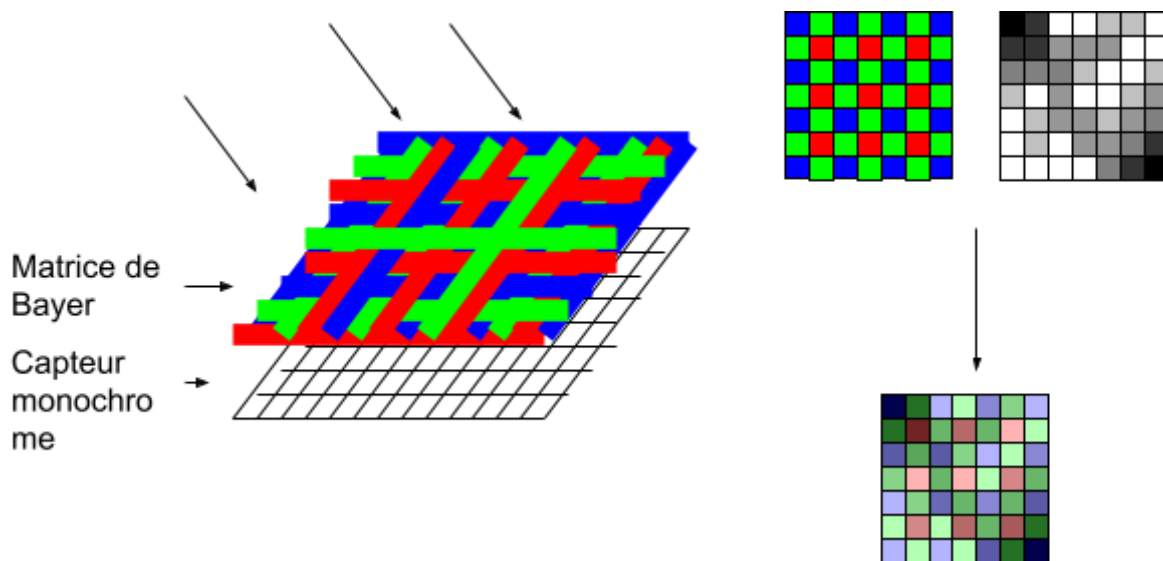
Chaque capteur élémentaire est appelé : photosite.

Nous obtenons alors une trame de teinte, c'est-à-dire une image en noir et blanc.

Pour obtenir une image en couleur, on a –au préalable- appliqué des filtres de couleur devant chaque capteur élémentaire.

En effet, les capteurs sont incapables de voir les couleurs. Ils ne sont sensibles qu'à la différence de luminosité.

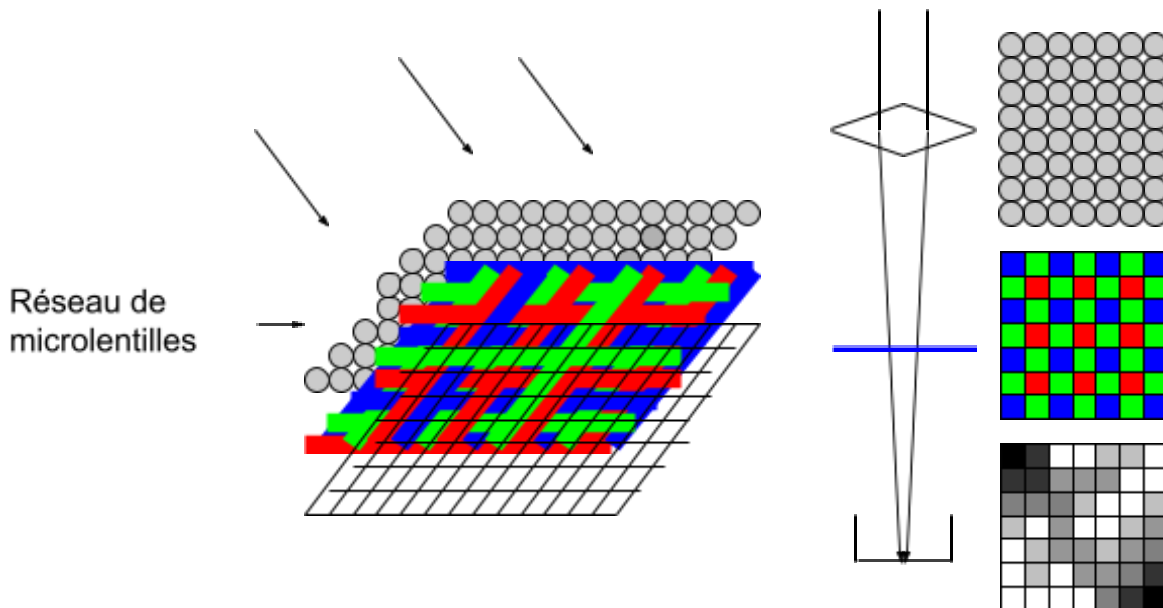
Pour cela, la plupart des capteurs possèdent au dessus d'eux un filtre en forme de matrice colorée appelée matrice de Bayer.



Nous remarquons qu'il y a deux carrés verts pour un carré bleu et un carré rouge. En effet, on considère d'une part que les capteurs élémentaires sont moins sensibles dans le vert que pour les deux autres couleurs, et d'autre part que la composante verte de la lumière est la plus importante pour la luminosité.

En fait, la partie active des capteurs occupe une très faible surface en proportion de la surface totale du capteur, le reste de la surface est composé des micro-transistors servant au traitement premier du signal.

Pour augmenter la quantité de photons qui frappent réellement la partie active du capteur, on ajoute une troisième couche, au dessus de la matrice de Bayer, une matrice de mini lentilles qui focalisent la lumière au centre du pixel.



Par-dessus encore ce réseau de microlentilles, extrêmement fragiles, on rajoute un filtre en verre extrêmement dur. Ce réseau sert à la fois à protéger le capteur et à faciliter son nettoyage (on peut y passer un carré de microfibre sans le rayer irrémédiablement) et à couper les rayons infrarouges afin de ne pas perturber l'image et lui donner une dominante rouge trop prononcée.

On comprend ainsi pourquoi le capteur numérique, succession de plaques semi-transparentes, est particulièrement sujet à la réflexion, et donc à la perte de lumière.

Les capteurs, contrairement aux pellicules, possèdent une sensibilité de base que l'on ne peut pas changer. De la même manière, la résolution ainsi que le rendu sont fixes dès la fabrication.

Mais le gros avantage du numérique viens justement de ce caractère à la fois fixé et n'utilisant pas de consommable.

En effet, en terme de gestion de couleur d'une part, il est très facile de transposer informatiquement une couleur en une autre, et partant, de transposer une gamme chromatique en une autre gamme chromatique en fonction de l'effet souhaité.

On peut également appliquer plein de filtres, augmenter artificiellement la sensibilité, désaturer (rendre noir et blanc) ou bien sursaturer (rendre très coloré) chaque image indépendamment. Et modifier ces paramètres pour chaque image avant, ou même après l'enregistrement de celle-ci ! Et si ça ne convient pas, on a juste consommé un peu d'électricité et aucun produit chimique ni consommable très cher.

On peut soit le faire faire par l'appareil photo avant la sauvegarde sur la carte, soit par l'ordinateur après. L'avantage de le faire après sur l'ordinateur est que l'on peut appliquer tous les traitements que l'on veut et en vérifier leur efficacité sur l'écran de l'ordinateur tout en se gardant la possibilité de revenir en arrière.

L'avantage à le faire directement à l'enregistrement est le gain de place et de temps : tout est déjà fait, et il n'y a plus besoin d'y revenir.

L'avantage de l'un est l'inconvénient de l'autre.

En terme de sensibilité, l'avantage du capteur est de pouvoir appliquer à chaque photo un traitement différent, notamment de pouvoir appliquer un 'sur-développement' à chacune des images et non à toute la pellicule.

En effet, tout comme une pellicule, on part d'une sensibilité native (souvent faible) sur le capteur, et on pousse l'amplification pour obtenir une sensibilité équivalente supérieure.

Les appareils photo appliquent en plus, lorsqu'on pousse la sensibilité, une multitude de corrections à l'image afin de réduire les parasites au maximum.

En effet, tout comme une pellicule encore une fois, lorsqu'on augmente la sensibilité, on augmente le bruit. En fait, on applique le même principe qu'avec une radio mal réglée : si on souhaite augmenter le volume de la voix du speaker alors qu'il y a de la friture sur les ondes, on va aussi augmenter le volume de la friture elle-même.

Il apparaît alors des petits points colorés, bleus et rouges principalement, qui se manifestent dans les zones sombres (les zones claires masquent plus facilement les points lumineux !) et enlève tous les détails.

On utilise les mêmes normes de sensibilité pour les capteurs que pour les films. À savoir le standard ISO et les valeurs naturelles : 100, 200, 400 et dérivés.

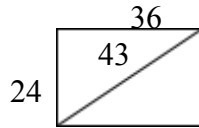
L'inconvénient du numérique par rapport à l'argentique est que le capteur et la puce de traitement du signal primaire sont figés. Autrement dit, on ne peut suivre les évolutions technologiques qu'en changeant l'ensemble de l'appareil. Alors qu'on peut très bien utiliser une pellicule très moderne sur un engin vieux de plus d'un siècle.

Fonctionnement d'un objectif

La focale standard pour un appareil photo 24*36mm est le 50mm.

Pourquoi ?

La diagonale de la pellicule est de $\text{racine}(24^2+36^2)=\text{racine}(576+1296)=\text{racine}(1872)=43\text{mm}$.



Par commodité il a été décidé que l'on utiliserait 50. Mais il existe des objectifs standards de 40, 45, 50 ou 58mm. Le standard est de toute façon une notion subjective.

En format 6*6 (moyen format) le standard est 80mm. En format APS, le standard est 35mm. Pourquoi ? Parce que la taille du capteur (ou de la pellicule) est différente (plus grande en 6*6 -6cm*6cm-, plus petite en APS -16mm*24mm)

Une focale plus petite donne un angle plus large (on parle de grand-angle), une focale plus grande donne un angle plus étroit (on parle de téléobjectif)

Les focales 'normales' exprimées pour une pellicule 24x36 (ou capteur FX) sont :

- 14mm (ultra Grand Angle) (135° de couverture de champ horizontal en 24*36)
- 16mm (Fish Eye, optique particulière) (entre 160 et 230° selon l'optique)
- 20mm (très GA) (120°)
- 24mm (GA) (110°)
- 28mm (105°)
- 35mm (90°)
- 50mm (70°) (objectif standard)
- 60mm (Optiques macro) (60°)
- 85mm (petit Télé) (45°)
- 105mm (Optiques macro ou portrait) (40°)
- 135mm (Optique portrait) (30°)
- 180mm (Télé) (25°)
- 200mm (Télé, en fait il n'y a pas de différence réelle entre 180 et 200) (20°)
- 300mm (super Télé) (14°)
- 400, 500, 600mm (Télé de furieux) (10 à 7°)
- 800, 1000 et au-delà. (ultra Télé quasiment inutilisables) (5 et 4°)

Un capteur DX étant plus petit (diagonale 1.5 plus petite), les focales normales sont décalées d'un facteur 1.5. On obtient donc le même angle de champs avec un objectif dont la focale est inférieure ($/1.5$). L'objectif standard passe donc d'un 50 mm à un 35 mm.

Ce phénomène va favoriser les longues focales : l'opérateur aimant photographier les animaux sauvages va avoir besoin d'objectifs moins longs, moins lourd et moins chers pour obtenir un angle de champs, et donc un cadrage identique à une pellicule. Un gros 300 mm coûtant 3000 euros et pesant 2500g n'est plus nécessaire. Un simple 200 mm de 1500g et 1500 euros suffira.

A contrario, les amateurs de très grands angles sont lésés puisqu'une telle optique est difficile à construire. Toutefois, la différence de tarif est tout de même en faveur des petits capteurs.

Donc voici les focales sur un capteur DX :

- 8mm (ultra Grand Angle) (135° de couverture de champ horizontal en 24*36)
- 10mm (Fish Eye, optique particulière) (entre 160 et 230° selon l'optique)
- 12mm (très GA) (120°)
- 16mm (GA) (110°)
- 18mm (105°)
- 20mm (90°)
- 35mm (70°) Objectif standard
- 50mm (Petit télé, optique a portrait) (50°)
- 60mm (Optiques macro) (40°) on remarque que l'optique macro est la même, mais le sujet paraîtra 1.5 fois plus gros.
- 85mm (Optique a portrait) (40°)
- 105mm (Télé) (25°)
- 200mm (super Télé) (14°)
- 300, 400, 500, 600mm (Télé de furieux) (10, 8 à 5°)
- 800, 1000 et au-delà. (ultra Télé quasiment inutilisables) (3 et 2°)

On n'est pas à 1 ou 2 mm près. Ceci est théorique. La plupart des cas, d'ailleurs, les constructeurs trichent un peu. Souvent un 18mm est vendu comme un 17mm par exemple. A l'inverse, un 300mm peut 'ne faire que' 270mm. En fait ça n'a pas grande importance ! De toute façon, ces valeurs changent en fonction de la distance de mise au point (on parle de 'focus breathing').

Plus la longueur focale est élevée, plus il est facile d'avoir une photo qui va 'bouger'.
Pourquoi ?

En fait on ne bouge physiquement pas plus l'appareil photo avec un 35mm qu'avec un 200mm (ce n'est plus vrai avec des énormes télé très lourds et très encombrants, nécessitant l'utilisation de pieds de bonne facture).

Par contre, le fait que l'optique grossisse plus, fait que lorsqu'on bouge l'appareil de 1 degré, la scène photographiée bouge plus.

Bouger de 1° avec un très grand angle couvrant 100°, c'est 1% de la photo qui bouge. Bouger de 1° avec un téléobjectif couvrant 10° et c'est 10% de la photo qui bouge !

Parlons chiffres : je bouge de 1° en latéral, ça bouge –sur la pellicule- de $(1/105)*36\text{mm}$ avec un objectif de focale 28mm, c'est-à-dire que je bouge de 0.3mm sur la pellicule.

Je bouge de 1° en latéral avec un 200mm : $(1/20)*36\text{mm} = 1.8\text{mm}$ sur la pellicule.

C'est-à-dire que l'image bouge 6 fois plus avec un 200mm qu'avec un 28mm !

Pour éviter le bougé, on considère empiriquement qu'il faut que la vitesse d'obturation soit au moins supérieure à la focale (compter 1.5x à 2x pour un réflex numérique)

Ex : pour un 50mm, la vitesse minimum est de 1/50s (cela bougera encore moins au 1/100 et ce sera super net au... soyons fous : 1/2000 !)

Pour un 105mm la vitesse minimum estimée est de 1/100s.

Et ainsi de suite...

Nous allons revenir sur la notion de vitesse d'obturation tout à l'heure.

Mais cela dépend aussi de la capacité de l'opérateur : quelqu'un qui tremble naturellement aura intérêt à privilégier les hautes vitesses, alors qu'une personne très stable pourra descendre bien en dessous (je connais personnellement quelqu'un qui tient la demi-seconde sans bouger avec un 20mm).

La meilleure solution pour se stabiliser est le trépied. Il permet tout simplement de ne plus bouger du tout !

Les solutions intermédiaires sont de s'appuyer le bras, le poignet, ou même l'appareil sur un support stable, comme un mur, un rocher... Il existe d'ailleurs des pieds à une seule jambe (appelés monopieds ou monopods) qui remplissent ce rôle et servent principalement aux utilisateurs de gros téléobjectifs en affût photo.

Pour augmenter la quantité de lumière, il faut ouvrir le plus possible l'entrée de lumière. Autrement dit, avoir un objectif avec le plus gros diamètre possible. On parle d'ouverture photométrique de l'objectif.

L'ouverture de l'objectif est définie par deux facteurs :

- L'ouverture maximale. Plus la lentille frontale de l'objectif est large, plus son ouverture relative est élevée et plus cet objectif est lumineux.
- L'ouverture minimale. Donnée peu importante en réalité, elle sert surtout en macrophoto.

L'ouverture d'un objectif sert aussi à déterminer la profondeur de champ.

Plus l'ouverture est grande, plus la visée est facile (il y a plus de lumière dans le viseur), plus la mise au point est facile (à la main) et rapide (à l'autofocus), mais plus il y a de verre et de métal dans l'optique et plus les ajustements entre les lentilles doivent être précis, et donc plus le prix est élevé.

Il est aisé d'estimer l'ouverture d'un objectif rien qu'en le regardant : (formule non exacte mais fonctionnant correctement)

L'ouverture relative est le rapport entre la longueur focale et le diamètre de la lentille frontale.

Si un 200mm a une lentille frontale de 76mm, il a une ouverture de $200/76=2.6$, standardisé à f/2.8

Un 400mm f/2.8 aura une lentille frontale d'environ $400/2.8=142\text{mm}$ ce qui représente un énorme bloc de verre, et donc un prix exorbitant !

Par contre un 50mm f/2.8 n'est pas une optique chère, sa lentille théorique serait de seulement $50/2.8=18\text{mm}$. 2cm !

De part le fait que l'ouverture soit un rapport de longueur alors que la luminosité est une notion de surface de lentille, on adopte non pas des nombres qui doublent, mais des nombres qui se multiplient par 1.44 (racine carrée de 2).

Pourquoi ?

Surface Disque = $\text{Rayon}^2 * \text{Pi}$

Donc : $\text{Rayon}^2 = \text{Surface Disque} / \text{Pi}$

Rayon = racine ($\text{Surface Disque} / \text{Pi}$)

Ce qui signifie que si je veux diviser la surface du disque par deux, alors je divise le rayon par $\sqrt{2} = 1.44$ (que l'on simplifie à 1.4).

De fait, les valeurs standards des ouvertures sont : (entre parenthèse : ouvertures maximales de certains types d'objectifs)

- f/0.7 (limite théorique pour la fabrication d'un objectif d'appareil photo)
- f/1 (extrêmement rare, objectif extraordinairement lumineux, coût : 8000 euros)
- f/1.4 (très belles focales fixes, coutant entre 500 et 2000 euros)
- f/2 (optiques de grande qualité, belles focales fixes)
- f/2.8 (optiques de bonne qualité, ou zoom de grande qualité)
- f/4 (optiques moyenne gamme ou alors très gros téléobjectifs)
- f/5.6 (optiques merdiques, limite d'utilisation de l'autofocus)
- f/8 (objectifs miroir)
- f/11
- f/16
- f/22
- f/32
- f/44
- f/64

On remarque que $1^2 \Rightarrow 2^2 \Rightarrow 4^2 \Rightarrow 8^2 \Rightarrow 16^2 \Rightarrow 32^2 \Rightarrow 64$
Et $1.4^2 \Rightarrow 2.8^2 \Rightarrow 5.6^2 \Rightarrow 11^2 \Rightarrow 22^2 \Rightarrow 44$

Bien entendu il existe une infinité de valeurs intermédiaires, plus ou moins conventionnelles, mais dans les faits ces valeurs sont peu utilisées. (f/0.95, f/1.2, f/1.8, f/2.6, f/3.5, f/4.5, f/6.3 en sont les exemples les moins étrangers)

Jouer avec l'ouverture permet plusieurs effets :

- Régler la profondeur de champ
- Ajuster la luminosité si on souhaite conserver une vitesse constante
- Créer de la diffraction (formes en étoile sur les lumières ponctuelles)

|

Améliorons un peu le cache de notre exemple du départ en le transformant en obturateur pour augmenter sa vitesse et sa précision et enlevons le cache, qui ne sert plus à rien.



Obturateur et temps de pose (ou vitesse d'obturation) :

Le temps d'ouverture est une fonction bien souvent conséquence de la sensibilité et de l'ouverture.

En effet, pour être bien exposée, chaque pellicule doit recevoir en moyenne une certaine quantité de lumière. Toujours la même.

Par exemple, si on souhaite photographier des enfants jouant dans l'herbe en plein soleil, il va falloir, avec une pellicule de 100 iso, régler son appareil photo à f/11 et 1/100s.

Ne retenez pas cette valeur, ni les autres. L'appareil le calcule tout seul.

Mais si on ne souhaite pas être à f/11, ou si on veut une vitesse différente, comment fait-on ? Et bien on sait que l'on pourra travailler à f/8 au 1/200s, ou f/5.6 et 1/400s, ou encore f/4 et 1/800. En effet, à chaque fois que l'on ouvre d'un cran le diaphragme, on multiplie de rayon de celui-ci par 1.44, donc la surface de la lentille exposée au soleil par 2. Pour conserver la même quantité de lumière, il faut alors diviser par 2 le temps d'exposition.

Si l'on multiplie par 4 d'un côté, il faudra diviser par 4 de l'autre.

En théorie, il faut convertir parfaitement (et encore, les pellicules et les capteurs ne réagissent pas exactement pareil à 1/200 qu'à 1/20 de seconde). En pratique, travailler au 1/800 de seconde ou au 1/1000 de seconde ne change quasiment rien dans la mesure de lumière. (1/3 d'IL, on reviendra sur la notion d'IL plus loin)

Le but du jeu, sauf volonté contraire de l'opérateur, est de toujours avoir une vitesse compatible avec les conditions de prise de vue (action ou nature morte, longue focale, opérateur qui tremble plus que la moyenne ou bien posé sur pied) et avec l'effet artistique souhaité (sensation de précision ou de flou).

En jouant sur la vitesse d'exposition on peut obtenir des effets différents. Par exemple :

- Une vitesse très rapide (1/1000, 1/2000, 1/4000, voire 1/8000 de seconde) permettra de saisir un mouvement très rapide, comme figer une voiture de course, une goutte d'eau qui rebondit sur la surface d'un liquide, un animal en train de bondir.

Mais attention, l'effet de saisissement n'est pas toujours agréable, il faut par exemple laisser un peu de flou sur les hélices des avions pour ne pas donner l'impression que leur moteur est arrêté lorsqu'ils volent.

- Une vitesse très lente (à partir de 1/10s et jusqu'à plusieurs heures !) permet de créer un effet fantomatique sur les sujets en déplacement, ou lorsqu'on déplace volontairement l'appareil photo.

Par exemple : créer un phénomène de brouillard sur une chute d'eau, créer un filé du fond en suivant une voiture de course au moment du déclenchement, produire un explozoom (zoomer en même temps que l'on déclenche).

Mais aussi les très longs temps de pause permettent de photographier des éléments très peu lumineux, comme par exemple les étoiles du ciel (circumpolaire), ou de créer des jeux de lumière en 'peignant' la scène avec une lampe de poche (lightpainting). On peut aller jusqu'à des temps de pause de plusieurs heures en argentique dans certaines conditions.

Il faut s'avoir qu'effectivement, pour gagner un seul IL, il faut passer de 30 secondes à 1 minute. Ou de 2 heures à 4 heures ! Dans ces conditions extrêmes, la précision à la minute n'est plus requise. ¼ d'heure supplémentaire n'apportera guère de lumière !

Attention ! Des temps de pause de plus d'une minute génèrent du bruit sur les capteurs numériques. Il faut éviter au maximum les hautes sensibilités parce que les composants électroniques chauffent en étant sous tension et génèrent des rayons infrarouges qui viennent se faire piéger par les photodiodes du capteur.

Les caméras spécialisées dans la prise de vue astronomique utilisent des systèmes de refroidissement à base de neige carbonique ou d'azote liquide !

On remarque donc que si on travaille avec un 200mm à f/8 avec une pellicule de 100iso et que la vitesse d'ouverture mesurée est 1/25s on sait que la photo sera floue. (Exemple typique du sous-bois)

Pour éviter le flou, il va falloir ouvrir à f/2.8 (si l'optique est une bonne optique !) pour obtenir seulement 1/100s. La photo est toujours floue !

Pour réussir la photo, il va falloir monter la sensibilité. Soit en utilisant une pellicule de 200 ou 400 iso. Soit en réglant le capteur numérique avec la fonction ISO. On obtiendra alors des vitesses de l'ordre de 1/200s à 1/400s. Ce qui est encore peu pour être vraiment serin.

Abordons ici succinctement la notion d'IL.

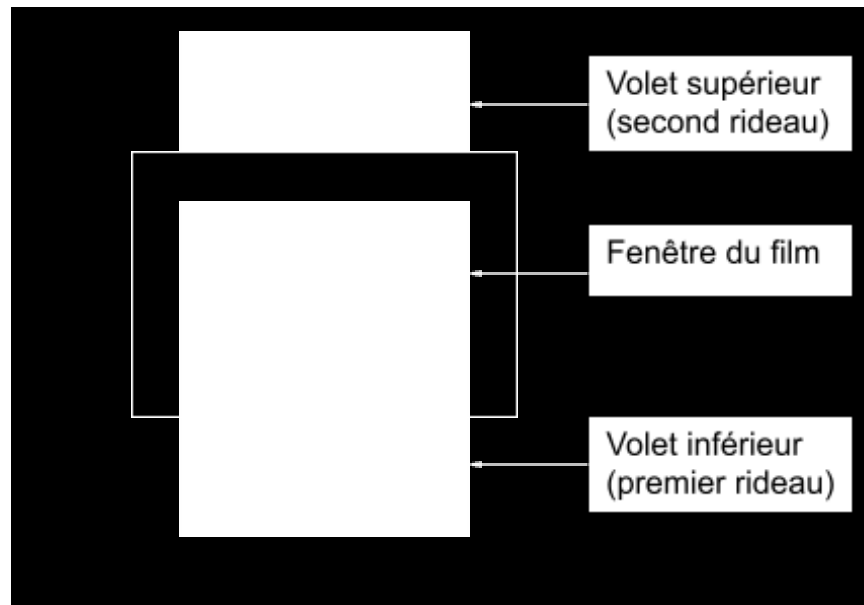
Il s'agit d'une méthode simple permettant de connaître les équivalences de quantité de lumière. On sait que l'on peut toujours échanger de l'ouverture contre de la vitesse ou de la sensibilité. Si je double l'un, il faut que je divise par deux un des deux autres.

Elle correspond peu ou prou à la quantité physique de lumière frappant l'objectif.

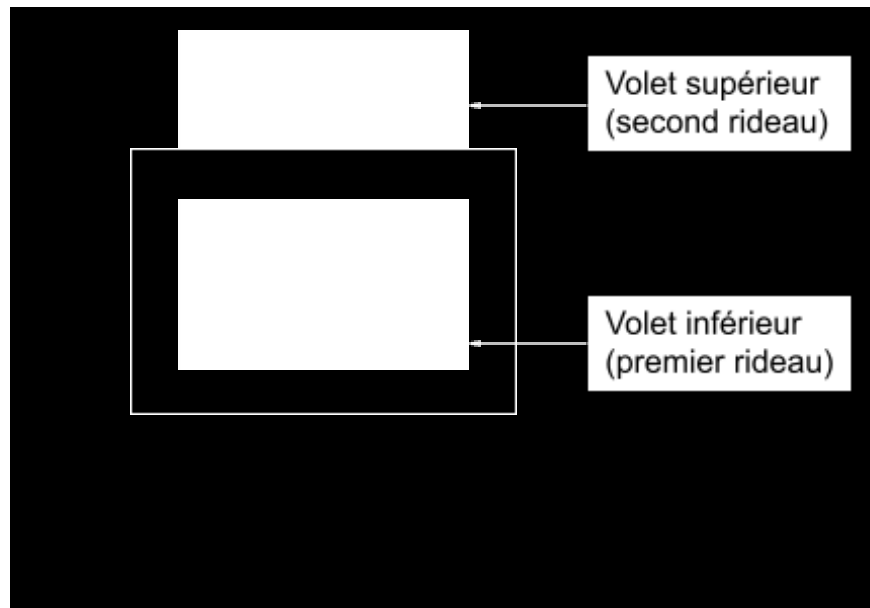
Par exemple, à IL10 on peut régler l'appareil à f2.8, 1/125s pour 100 iso. Mais on peut aussi le régler, toujours à 100iso à f2 et 1/250s. (Ouvrir le diaphragme de l'objectif de 1 cran permet de doubler la vitesse d'obturation) On peut sinon décider de monter à 200iso et donc d'avoir f/2.8 et 1/250s. (Doubler la sensibilité implique de doubler la vitesse.). Ou bien fermer à f4, 1/125s, 200iso. (Doubler la sensibilité implique de diviser le diaphragme par 2)

Mais qu'est qu'un obturateur ?

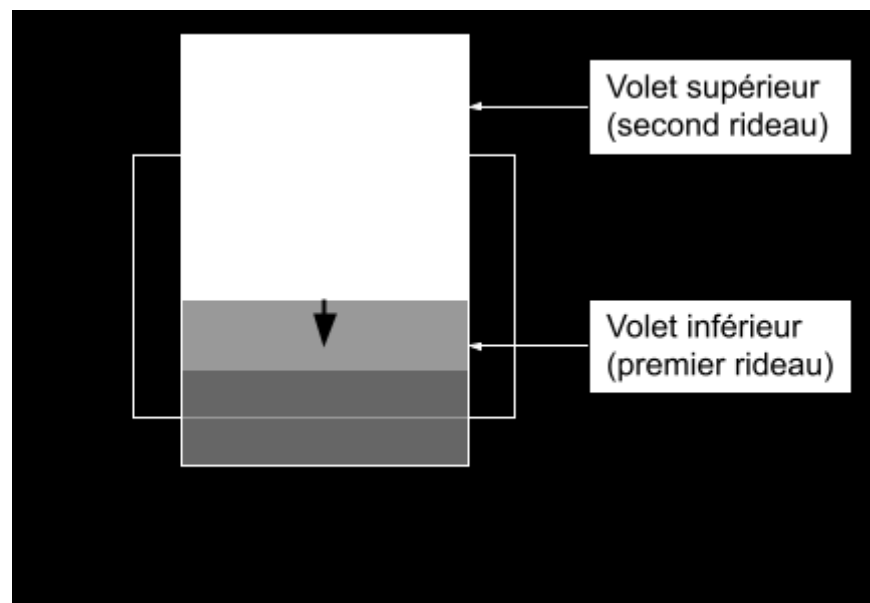
L'obturateur est une sorte de fenêtre fermée par deux volets qui coulissent l'un au dessus de l'autre :



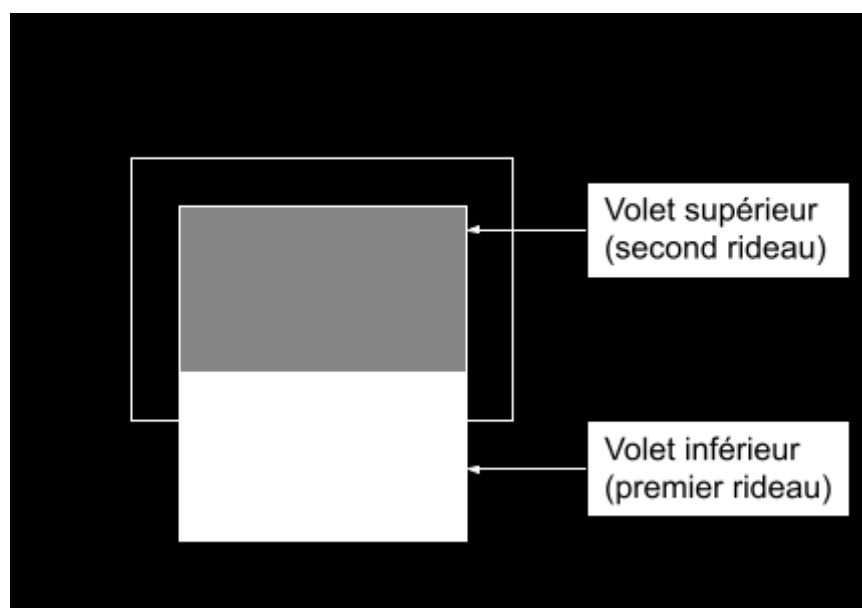
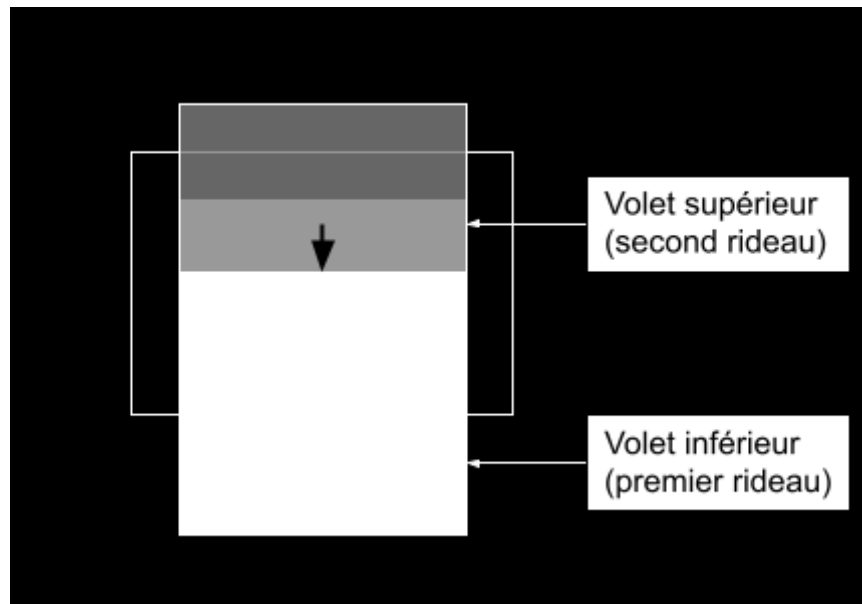
En position d'attente du déclenchement, le volet inférieur cache la fenêtre du film, tandis que le volet supérieur est relevé.



Lorsque l'on actionne le déclencheur, on libère un ressort qui ouvre le premier rideau.



Au bout de la durée d'ouverture prévue, la minuterie déclenche le second ressort et le second rideau descend pour refermer la fenêtre du film.



La photo est prise ! Cette action a duré de 1/8000ème de seconde (0.000125s) à quelques secondes. Voir plusieurs heures si on le souhaite (pose dite pose B)

Les rideaux peuvent être en tissu, en acier, en aluminium, en titane ou en fibre de kevlar en fonction de leurs qualités et de leurs prix.

Les rideaux en tissus n'existent que sur les appareils anciens. Les premiers reflex et télémétriques étaient en effet équipés. Ces rideaux ne défilent pas sur un plan mais se déroulent et se ré-enroulent.

De la même manière, les rideaux métalliques ne sont en réalité pas constitués d'un seul morceau, mais de plusieurs petites lamelles articulées les unes sur les autres.

Le défilement des rideaux peut être vertical (comme dans notre exemple) ou horizontal. Toutefois, la grande majorité des appareils modernes (depuis 1980) utilisent des rideaux à défilement vertical parce qu'ils sont plus petits, plus légers, et donc plus rapides.

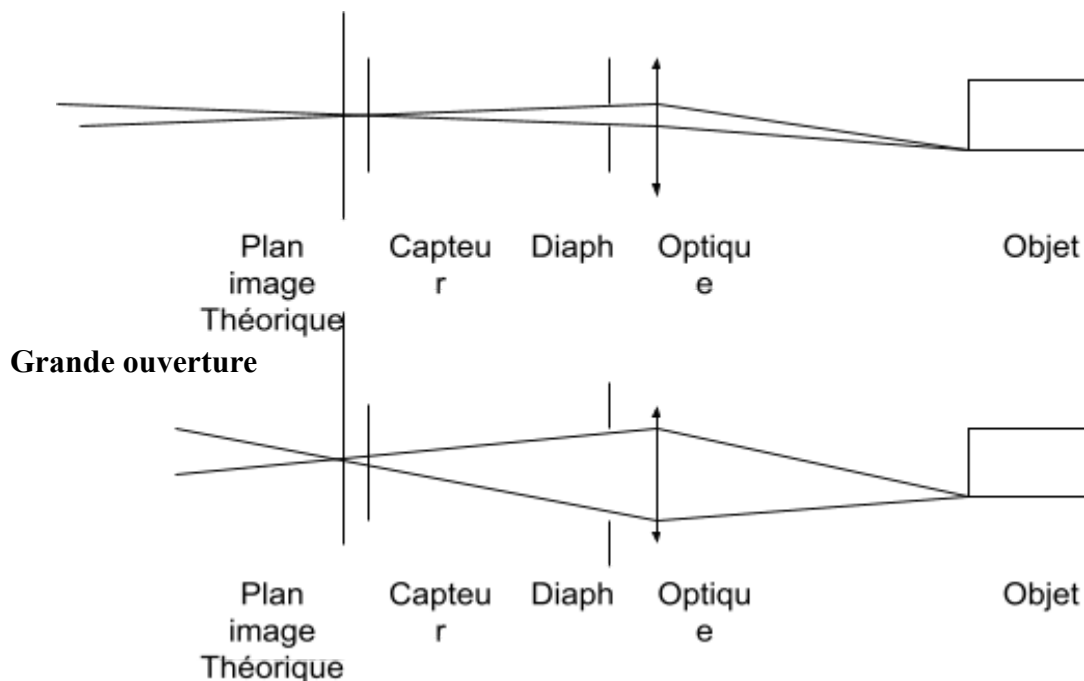
Qu'est-ce que la profondeur de champ et comment la modifier ?

En théorie, une image pourrait être nette partout, c'est-à-dire que chaque point de la scène regardée donne un point précis sur le capteur d'image.

Mais en réalité, ce n'est pas vrai. Il s'agit d'un problème dû à la nature même des matériaux utilisés. Au lieu d'obtenir un point précis, on obtient une tache en forme de disque. Et plus le sujet dans la scène est éloigné (en avant ou en arrière) de la mise au point parfaite, plus la tache va être importante.

Et nous allons donc exploiter cette faiblesse pour en faire une force.

Petite ouverture



Admettons que la mise au point ne soit pas parfaite : le plan image théorique est en arrière du plan image réel (le capteur).

En théorie, tout est flou. On voit que le rayon de lumière ne crée pas un point mais une tache sur le capteur. C'est d'autant plus vrai que l'ouverture est grande.

En pratique, le capteur possède des pixels dont la taille mesure quelques microns. De la même manière, la pellicule possède des grains d'argent de taille non nulle.

Ce qui fait qu'une tache floue sur le capteur ne se remarquera pas forcément. Pour cela il suffit que la taille de la tâche soit inférieure à la taille d'un capteur élémentaire.

On remarque que sur le schéma du haut le diaphragme est plus fermé que sur le schéma du bas.

On remarque aussi que la taille de la tache est inférieure (les rayons sont moins inclinés).

Cela montre une chose simple : plus le diaphragme est fermé, plus la tache est petite, et donc, plus la netteté est bonne, et ainsi plus on peut se permettre d'avoir une mise au point décalée.

La profondeur de champ, c'est la capacité à être net même si la mise au point est décalée.

On en conclue que plus le diaphragme est fermé, plus la profondeur de champ est étendue.

On se sert de ce phénomène principalement dans 3 conditions :

- En macrophotographie. Dans ce cas, le rapport de reproduction est tellement élevé que la zone de netteté est très courte. On a donc besoin de diaphragmer un maximum pour avoir une photo exploitable

- En mise au point 'au jugé'. Il est parfois intéressant de pouvoir utiliser son appareil photo instantanément sans avoir à le régler pour pouvoir réaliser des prises de vues 'instantanées'. Le principe est simple : on règle à l'avance (plusieurs minutes) la mesure de lumière et la mise au point. Il ne reste alors plus qu'à cadrer et déclencher !

Cette méthode de mise au point est appelée « Hyperfocale » parce qu'on utilise le principe de la profondeur de champ pour être net de près (environ 1.2m) jusqu'à l'infini.

Pour cela on utilise des optiques grand angle diaphragmées à $f/8$ et l'on fait en sorte que la limite maxi de profondeur de champ soit réglée sur l'infini (le nominal étant alors aux alentours de 5 à 15 mètres).

En théorie, cette méthode est nulle, mais en pratique, parce que la limite entre le net et le flou est progressive, cela fonctionne parfaitement.

Cette méthode peut aussi être utilisée partiellement, lorsqu'on n'est pas certain de sa mise au point –même en la réalisant- il suffit de diaphragmer d'un cran ou 2 pour se tranquilliser l'esprit.

- Lorsque l'on souhaite photographier le plus net possible sur des plans assez éloignés l'un de l'autre.

C'est la technique utilisée par les appareils photos bas de gamme. Ils ne savent pas mettre correctement au point. Soit par manque de précision, soit par ce qu'ils ne sont constitués que d'une optique fixe, souvent en plastique d'ailleurs. Ils vont avoir une lentille très fermée, autour de $f/11$. Ça a le double avantage de permettre une bonne profondeur de champ (et donc pas de mise au point) et de réduire les coûts de la lentille. L'inconvénient et la faible luminosité de tels systèmes.

Au contraire, il est intéressant d'ouvrir au maximum dans certaines conditions :

- En conditions de très basse lumière. Ouvrir au maximum permet de profiter au maximum de toute la lumière disponible pour éviter le flou de bougé. Bien entendu, il faudra sacrifier sur la profondeur de champ.

- Lorsqu'on souhaite différencier les plans et mettre l'accent sur une zone particulière de l'image, on utilise alors la technique du 'flou artistique'. Cette technique est très vraie en portrait puisqu'elle concentre la netteté sur le regard et atténue les rides et imperfections de la peau par un phénomène de flou. On appelle ce flou d'avant plan ou d'arrière plan le 'bokeh'

- Lorsqu'on souhaite profiter des petites aberrations de l'objectif dans un but artistique, aberrations qui sont plus prononcées à pleine ouverture.

A noter : une optique dont l'ouverture maximale est $f/2$ est tout à fait capable de diaphragmer à $f/4$. Alors qu'une optique dont l'ouverture maximale est $f/4$ ne pourra jamais ouvrir à $f/2$!

Les optiques très ouvertes sont donc plus polyvalentes.

A noter encore : le rendement maximum d'une optique est obtenu en fermant de 2 à 3 diaphragmes. Par contre il faut éviter de diaphragmer au-delà de $f/11$ parce que le rendement diminue au-delà.

L'idéal (optiquement) étant de travailler à $f/5.6$ ou $f/8$ pour une optique ouverte à $f/2$ ou $f/2.8$. Mais celui qui paye plusieurs milliers d'euros pour avoir un objectif très ouvert va souvent se servir de la pleine ouverture. Quitte à payer cher, autant s'en servir !

A noter que les zooms, objectifs à focale variable, ont souvent une ouverture variable également. Plus on va monter en focale (zoomer) plus l'ouverture maximale va diminuer.

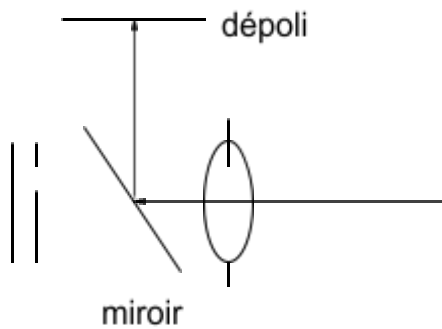
Par exemple, le célèbre 18-70 3.5-4.5 AF-S Nikkor DX a une focale variable comprise entre 18 et 70 mm. Cette optique est capable d'ouvrir à $f/3.5$ à la focale de 18mm, mais seulement $f/4.5$ à la focale de 70mm. Logique puisque la lentille frontale, elle, ne s'agrandit pas. Les zooms à ouverture constante utilisent un subterfuge. Le mécanisme interne diaphragme légèrement pour les focales courtes. Ça permet de conserver une ouverture identique tout le long et ça diminue les aberrations qui apparaissent souvent à ces courtes focales. Mais ça diminue un peu la luminosité exploitable.

Pour déterminer l'ouverture à choisir, il existe sur de nombreux réflex un bouton appelé testeur de profondeur de champ. En l'enclenchant, le diaphragme se ferme et permet de visualiser sur le dépoli l'action de celui-ci.

L'inconvénient, c'est que plus on diaphragme, plus la vision s'assombrit. Il faut alors une petite période d'accoutumance pour bien voir ce qui s'y passe réellement.

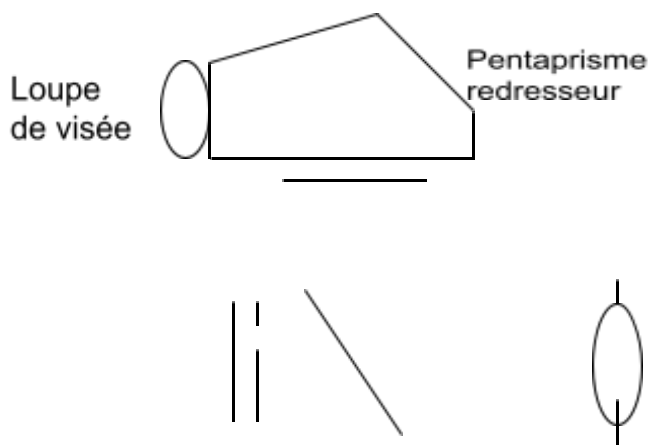
Les réflex d'entrée de gamme, dont le viseur est assez petit et le mécanisme de prise de vue réduit, ne permettent pas ce test. La solution est donc de prendre plusieurs photos avec différents réglages et de conserver celle qui plait le plus. Facile et gratuit en numérique !

Ajoutons un système de visée au travers de l'objectif par un système de miroir relevant qui se projette sur un cadre en verre dépoli :

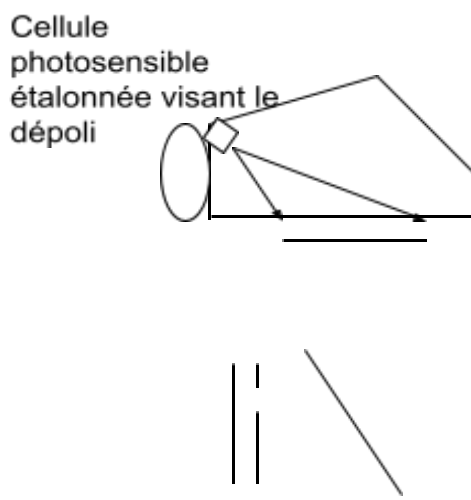


Le miroir se relève juste avant la prise de vue et se rabaisse juste après pour pouvoir continuer de viser.

La visée au travers du miroir est inversée, ajoutons donc un système pour redresser la visée et la rendre visible la tête droite :



Ajoutons aussi un système de mesure de la lumière, il n'est pas obligatoire, mais est tout de même bien pratique



Mesure de lumière :

L'Indice de Lumination (ou Exposure Value)

3 facteurs essentiels et indissociables :

- sensibilité du capteur et/ou de la pellicule
- ouverture de l'objectif
- temps d'ouverture (appelé aussi vitesse)

Ces trois facteurs sont reliés entre eux par une relation unique : l'Indice de Lumination.

L'IL (Indice de Lumination) est une notion très simple : quand je monte de 1 IL, je double la quantité de lumière.

1 IL équivaut à 1 octave en musique, à 3dB en sonorisation, etc.

La sensibilité de la pellicule est définie à l'avance et ne peut pas être changée.

La sensibilité du capteur peut être changée à volonté, mais dans des limites définies et la manipulation n'est pas toujours très ergonomique.

Plus la sensibilité est élevée, plus la vitesse est élevée (plus le temps d'ouverture est court), mais plus le grain est élevé.

Exemples de sensibilités standard : 64, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200 iso.

Doubler la sensibilité permet de gagner 1 IL.

Un tableau pour mieux comprendre :

100iso

	1s	1/2s	1/4s	1/8s	1/16s	1/30s	1/60s
f/1	IL 0	1	2	3	4	5	6
f/1.4	1	2	3	4	5	6	7
f/2	2	3	4	5	6	7	8
f/2.8	3	4	5	6	7	8	9
f/4	4	5	6	7	8	9	10

200iso

	1s	1/2s	1/4s	1/8s	1/16s	1/30s	1/60s
f/1	IL 1	2	3	4	5	6	7
f/1.4	2	3	4	5	6	7	8
f/2	3	4	5	6	7	8	9
f/2.8	4	5	6	7	8	9	10
f/4	5	6	7	8	9	10	11

400iso

	1s	1/2s	1/4s	1/8s	1/16s	1/30s	1/60s
f/1	IL 2	3	4	5	6	7	8
f/1.4	3	4	5	6	7	8	9
f/2	4	5	6	7	8	9	10
f/2.8	5	6	7	8	9	10	11
f/4	6	7	8	9	10	11	12

Et ainsi de suite...

On peut aussi avoir des IL négatifs, par exemple f/1, 100iso, 4 secondes correspond à IL -2. L' IL 0 ayant été posé de manière arbitraire (mais bien pratique tout de même) à f/1, 100iso et 1s.

Les photographies de nuit sont bien souvent en IL négatif.

A noter : Ce principe de mesure de lumière (dans lequel on ne parle pas de lux ni de lumen) permet une application très pratique : quelle que soit l'optique utilisée, la mesure de lumière que l'on fera avec un appareil photo et un objectif donné sera la même avec un autre appareil photo et un autre objectif.

Ceci est d'ailleurs souvent utilisé lorsque l'on possède un vieil appareil sans mesure de lumière : le mieux est de réaliser cette mesure avec un boîtier moderne et de reporter les valeurs sur l'ancêtre.

On utilise aussi, pour encore plus de simplicité, une cellule à main. Qui fait exactement la même chose et même bien plus !

A noter également, on parle souvent d'IL (ou d'EV) relatifs. C'est-à-dire que lorsque l'appareil indique -2.0EV (que cela soit voulu lors de la correction d'exposition, ou bien involontaire en cas de mesure manuelle pas trop bien réalisée) cela ne signifie pas que l'on est à f/1, 100iso, 4 secondes (ou équivalent) mais plutôt que la mesure de lumière indique que la photo risque d'être trop sombre de 2IL.

Technique de mesure de lumière :

La mesure de lumière peut-être une science très complexe, ou être complètement transparente pour l'opérateur. Ceci en fonction de l'amusement et du temps que l'on a avec celle-ci.

Dans un premier temps, nous partirons du principe que l'on photographie en noir et blanc. Nous verrons la couleur dans un second temps.

En principe, on considère que le niveau moyen d'éclairement d'une scène moyenne correspond à un gris de densité 18%. Cette norme a été développée par Kodak il y a presque 1 siècle. Ce gris correspond à peu près à la teinte du béton, ou bien à la moitié de la luminosité d'une paume de main (quelle que soit la carnation de l'individu, d'ailleurs).

C'est-à-dire que si on photographie trois scènes complètement uniformes (d'abord blanche, puis grise, et enfin noire) en laissant l'appareil photo piloter lui-même la mesure de lumière, on obtiendra trois fois la même photo et elles ne seront pas différenciables. Bien entendu, le temps d'exposition sera différent, mais le résultat sera le même.

Pourquoi ?

Parce que le boîtier cherche systématiquement à obtenir toujours la même quantité de lumière moyenne. D'ailleurs il ne peut pas savoir si c'est le sujet qui est plus sombre, ou s'il est moins éclairé.

C'est la raison pour laquelle il est nécessaire que ce soit à l'opérateur de décider si la mesure de lumière est cohérente avec le véritable sujet. Nous y reviendrons tout à l'heure.

En réalité il est rare que nous cherchions à photographier des grandes plaques uniformément grises !

Une scène est bien entendu composée de hauteurs de lumières différentes : les hautes lumières (lampes, soleil, reflets) et les basses lumières (ombres, habits noirs).

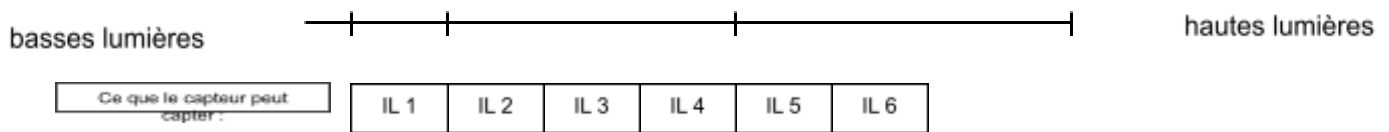
La différence entre les hautes et les basses lumières est appelé le contraste. Plus le contraste est élevé, plus la différence entre les teintes claires et les teintes denses (sombres) est importante.

Le problème est qu'une pellicule ou un capteur n'est pas capable d'enregistrer un écart de densité supérieur à une douzaine d'IL. (Les nouveaux capteurs CMOS-BL autorisent jusqu'à 14 IL.) On appelle cette plage de sensibilité la « dynamique ». De plus cette sensibilité diminue avec la montée en iso.

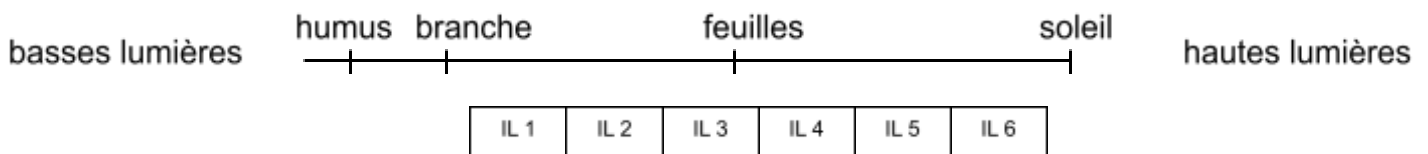
Tout l'art d'une bonne mesure de lumière est de placer la lumière qui existe à 'l'endroit' où on le souhaite de manière à reproduire ce que l'on souhaite voir.

La vraie vie :	humus	branche	feuilles	soleil
----------------	-------	---------	----------	--------

Exemple : le soleil au travers des arbres avec une dynamique de 6 IL.

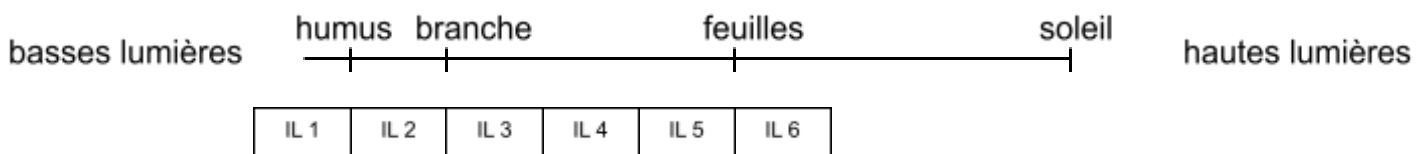


Si on ne choisit pas, ou si on laisse le boîtier décider à notre place. Il placera la moyenne des mesures dans l'IL3 et on obtient un truc tout basique et sans grand intérêt :



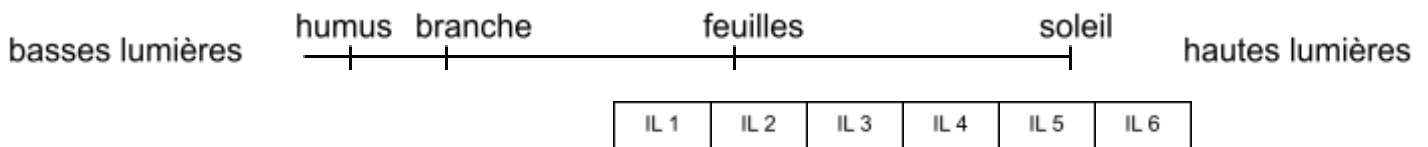
En effet, les branches sont toutes noires et le soleil est complètement cramé.

Si on pose pour les ombres :



On considère que de toute façon le soleil sera tout blanc, donc on préfère donner un peu de détail à l'humus et rendre les feuilles quasi transparentes. Cet effet sera choisi par une grande majorité et rendra une image, certes connue, mais qui fonctionne. C'est d'ailleurs ainsi que les mesures matricielles fonctionnent. Elles vont préférer la plupart du temps sacrifier les hautes lumières (surtout si elles sont ponctuelles, donc de toutes façons trop lumineuses) au profit des teintes sombres.

Si on pose pour les hautes lumières :



Le soleil va virer à l'orange, les feuilles seront sombres mais avec encore du détail, les branches et l'humus seront complètement noires. On obtient un effet d'éblouissement (effet naturel de l'oeil qui cherche avant tout à se protéger). En fonction de l'heure et de la saison, l'effet pourra être dramatique ou féérique (ou loupé !)

On peut aussi délibérément pousser encore les effets, par exemple rendre l'humus très lumineux. Le phénomène sera étonnant, mais s'il est justifié pourquoi pas !

Comment faire pour obtenir de tels résultats ?

Deux solutions très simples :

- Sur-exposer (ou sous-exposer) grâce à la compensation d'exposition. Lorsqu'on considère qu'il y a trop de lumière, alors il faut sur-exposer (on privilégie les basses lumières). Au contraire, il faut sous-exposer (privilégier les hautes lumières) la compensation si on souhaite photographier le soleil.

Ici on a sur-exposé de 2 IL puis sous-exposé de 4 IL et demi.

- Passer en manuel et diminuer la vitesse de 2 vitesses (on est passé par exemple de 1/250 à 1/60) puis (second cas) augmenter la vitesse de 2+4 IL (on est donc alors à 1/4000)

On peut aussi jouer avec l'ouverture ou la sensibilité du capteur... Avec les mêmes valeurs.

Autre exemple :

Comment photographier la neige ? Si on laisse le boîtier décider, la neige sera d'un très hideux gris sale.

La neige est très blanche. Or on sait que l'on veut placer le blanc dans la case 'IL 6'.

De plus on sait que si on réalise une mesure directe sur la neige, on obtiendra la mesure de celle-ci comme si elle était dans la case 3.

Il reste donc à transposer la mesure de IL3 à IL6, donc de sur-exposer de 3IL.

C'est-à-dire que si la mesure me donne 1/1000, alors je passe en manuel et je demande 1/125.

L'instrument le plus pertinent pour réaliser ce genre de mesures est la 'mesure spot' du réflex (s'il en possède une). En effet, au lieu de mesurer une globalité de la scène, le boîtier va mesurer uniquement une toute petite zone qu'il suffira de balader sur la scène pour déterminer les différentes valeurs de la scène.

L'instrument le plus efficace en automatique –qui va donc mesurer l'ensemble de la scène et tenir compte des spécificités- est la mesure 'matricielle' du réflex. Dans ce type de mesures, l'appareil photo a en mémoire des cas types et mesure physiquement la lumière extérieure. Ainsi, par exemple, il peut en déduire qu'un point clair est un papier (qu'on veut voir) ou le soleil (trop lumineux de toutes façons). Il arrive ainsi (plus ou moins) à interpréter la bonne mesure de lumière. Il n'est donc pas nécessaire de se soucier de tout ce qui vient d'être dit ! Il est toutefois sécurisant de jeter un coup d'œil sur l'écran arrière pour s'assurer de la bonne prise de vue. Mais cet écran n'est valable qu'en numérique !

L'instrument le plus standard pour mesurer la lumière d'une manière naturelle est la 'centrale pondérée'. Cette mesure, la seule utilisée dans les boîtiers mécaniques, mesure l'ensemble de la scène, mais pondère le centre de l'image comme étant la zone la plus importante. Il donne un coefficient d'environ 70% dans le cercle gravé (12mm) et de 30% sur le reste de la scène.

Cela fonctionne très bien dans les cas standards, mais il faut faire attention lorsque le sujet est très décentré.

Aucune des mesures de lumière n'est parfaite. Même avec les meilleurs appareils du monde. C'est pourquoi il est toujours important de se demander si ce que fait le boîtier est cohérent avec la scène photographiée.

Lorsqu'on photographie une scène, que l'on fasse du n&b ou de la couleur, le sujet original est en couleur, même si on photographie du béton ! (raison de plus si on photographie des tags)

Il faut savoir que le gris standard correspond peu ou prou à la teinte verte. En effet, cette teinte est naturellement présente partout et correspond de manière générale à la luminosité ambiante générale.

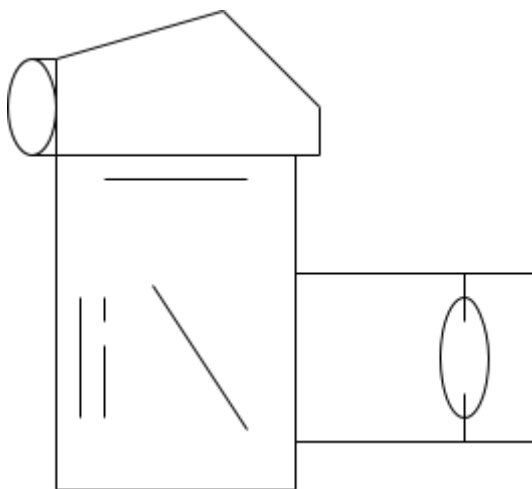
Le rouge, par contre, correspond toujours à une teinte grise plus dense que l'on pense. C'est-à-dire que si l'on désature un rouge que l'on croit lumineux, on va se retrouver avec un gris assez sombre.

Le bleu, au contraire, a une densité de désaturation toujours plus faible que l'on pense : le bleu est plus clair qu'il n'y fait paraître.

Il faut donc tenir compte de ces différentes spécificités lorsqu'on réalise la composition de la scène dans son viseur. La photographie couleur sera plus fidèle à la réalité (bien que certaines technique ou pellicules donnent un rendu plus saturé que la réalité) que le noir et blanc qui a tendance à nous rendre les ciels fades et les belles lumières rouges un peu trop sombres.

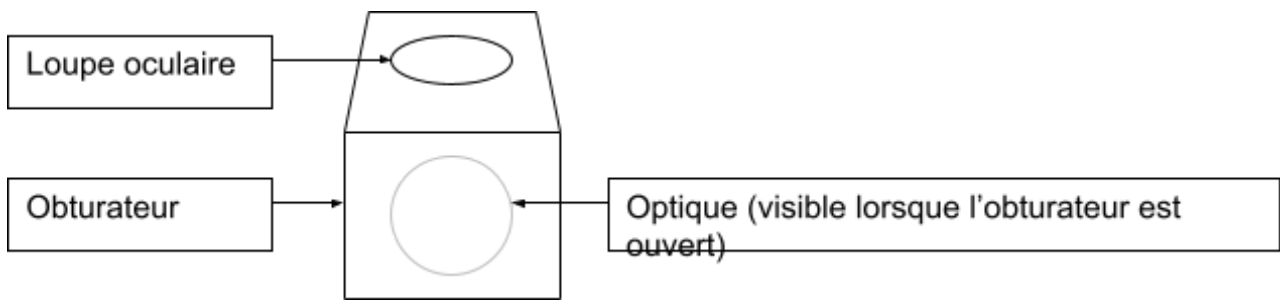
Pour contrecarrer ces phénomènes, on peut utiliser des filtres de couleur. Les filtres jaune, orange ou rouge, par exemple, vont assombrir le ciel bleu et donner une teinte dramatique et plus profonde à la photo noir et blanche.

Ajoutons un capot à tout ceci :

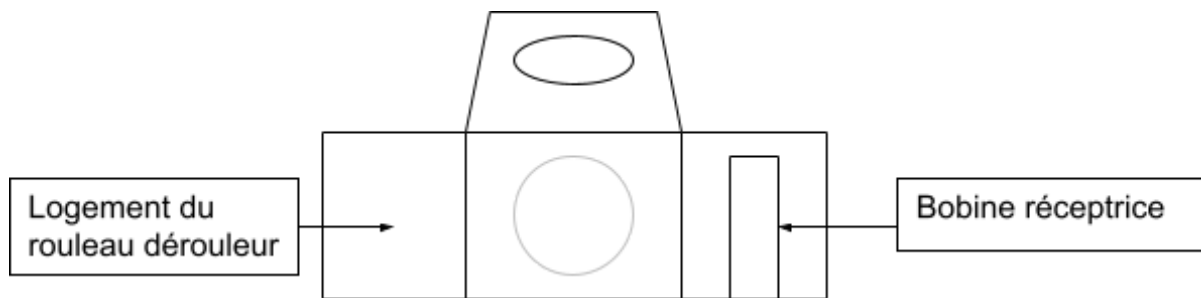


Voici un appareil photo vu de profil tel que nous avons l'habitude de voir.

Regardons comment faire dérouler le film :



Ajoutons un rouleau dérouleur de bobine et un rouleau récepteur :



Le film se déroule au fur et à mesure que l'on prend les photos. A chaque fois que l'on a déclenché, une petite partie du film a été impressionné par la lumière, cette petite partie de film est enroulée sur la bobine réceptrice alors qu'une autre partie du film –vierge- est déroulée devant l'obturateur. Un film standard comporte 12, 24 ou 36 poses.

Pour reprendre une seconde photo il faut alors réaliser 2 opérations :

- Réarmer les ressorts et remonter les rideaux (qui remontent en même temps pour maintenir la fenêtre cachée de la lumière)
- Bobiner un peu de pellicule pour avoir une partie vierge devant la fenêtre.

Ces deux actions s'effectuent par une seule manipulation : manœuvrer le levier avec le pouce droit.

Bien entendu, les appareils photo modernes n'ont plus de leviers mais un ou plusieurs moteurs électriques qui réalisent ses opérations pour nous. L'avantage est la rapidité et la possibilité de réaliser des cadences jusqu'à 8 images par secondes pour les réflex les plus rapides.

L'inconvénient majeur, outre le bruit généré, ressemblant à celui d'une mitrailleuse ou d'une machine à coudre, est la consommation de piles électriques.

Le bruit des appareils photos peut gêner dans certaines conditions, pendant les concerts classiques, les tournois d'échec ou les photos d'animaux sauvages par exemple. C'est pourquoi certains appareils photos possèdent des modes silencieux, où l'ensemble des pièces en mouvement –hormis l'obturateur bien entendu- bougent moins vite.

La consommation électrique peut poser de vrais problèmes d'autonomie en fonction du sujet photographié.

Les premiers appareils photo n'utilisaient pas du tout d'électricité. Ils étaient entièrement mécaniques. La mesure de lumière s'effectuait avec une cellule à main indépendante qui fonctionnait simplement comme une pile photovoltaïque alimentant un galvanomètre à aiguille.

Les appareils de la génération suivante ont intégré la cellule de lumière à l'intérieur même du boîtier. Cela a permis de diminuer l'encombrement dans le sac du photographe et a donné la possibilité de mesurer la lumière en continu sans quitter les yeux du dépoli.

Cela a surtout permis une chose remarquable : la mesure TTL.

La mesure de lumière s'effectuait auparavant, nous venons de le voir, à l'aide d'une cellule indépendante. C'est-à-dire que ce que l'on mesurait n'était pas exactement ce qui allait être photographié. Par exemple, lorsqu'on utilise un filtre devant l'objectif, ou avec un objectif macro, des bagues d'allonge ou un soufflet, la lumière entrant dans l'objectif est moins importante que la lumière ambiante. Il fallait donc appliquer des corrections mathématiques pas toujours simples à calculer.

La mesure Through The Lens (TTL), c'est-à-dire au travers de l'objectif, permet de mesurer exactement ce qui va arriver sur la pellicule ou le capteur. Et ce quels que soient les accessoires que l'on monte devant l'objectif, ou quels que soient les objectifs montés.

Les premiers appareils TTL n'avaient pas de pile, la cellule incorporée agitait une simple aiguille visible dans l'oculaire. Mais du fait de la petite taille de cette cellule, la réactivité n'était pas très bonne.

Cette aiguille était reliée au sélecteur de vitesse, au sélecteur de sensibilité de la pellicule et dans certains cas, au sélecteur d'ouverture de l'objectif (si la visée s'effectuait à pleine ouverture). Il s'agissait simplement de 3 potentiomètres reliés en série intercalés entre la cellule et l'aiguille. Ou bien d'un ingénieux mécanisme d'engrenages et de courroies manipulant une seule piste résistive ou le support de l'aiguille.

Le principe de fonctionnement était simple : si l'aiguille pointait vers le bas, il fallait diminuer la vitesse ou augmenter l'ouverture, et inversement si l'aiguille pointait vers le haut. Au milieu, la mesure de lumière était bonne.

La seconde génération d'appareils photo TTL utilisaient une toute petite pile bouton qui servait exclusivement à alimenter la mesure de lumière. Cette pile était changée tous les ans au grand maximum. L'aiguille indicatrice a rapidement été remplacée par des diodes ou un indicateur à cristaux liquides.

Les appareils suivants se sont servis de l'énergie de la pile pour inventer la priorité ouverture.

Au lieu de régler la vitesse et vérifier si elle convient pour la lumière présente, c'est le boîtier lui-même qui détermine la vitesse correcte pour l'ouverture et la sensibilité affichées. Bien entendu, le boîtier indique cette vitesse à l'opérateur afin qu'il puisse toujours juger de la pertinence et de l'adéquation, mais ce procédé permet un véritable gain en vitesse et en agrément de manipulation.

Canon a préféré proposer une priorité à la vitesse. On règle la vitesse et l'appareil règle l'ouverture en fonction de la lumière disponible. C'est moins intuitif pour la plupart des opérateurs, mais certains ne jurent que par ça ! Maintenant, tous les appareils numériques permettent de choisir l'un ou l'autre, entre autres.

Ces appareils sont bien souvent inutilisables sans énergie, en effet, l'obturateur n'est plus contrôlé par une horloge mécanique, mais à l'aide d'une petite horloge à quartz.

La quantité d'énergie consommée reste encore faible. En effet, le remontage du miroir et le bobinage du film s'effectuent encore à la main.

On invente alors des moteurs ou 'winders' pour supprimer ce remontage manuel.

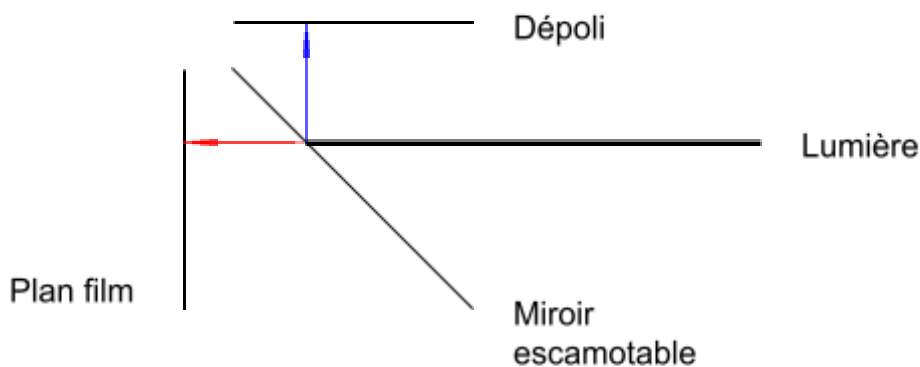
Puis les moteurs -miniaturisés- ont été intégrés dans le corps de l'objectif pour bobiner puis rembobiner automatiquement. Et enfin, d'autres moteurs ou mécanismes sont apparus pour gérer de plus en plus de fonctions. Mais malgré toutes ces fonctions motorisées ou automatisées, le principe de base reste identique.

Mise au point manuelle et autofocus

Nous l'avons vu tout à l'heure, la mise au point n'est pas une science exacte. En effet, les sujets photographiés, tout d'abord, ne sont pas des objets parfaitement plats, mais dotés de volumes et dont le centrage et l'orientation ne sont pas toujours parfaits.

En règle générale, une mise au point sur le dépoli est bien suffisante, mais parfois il faut aller plus loin.

Tout d'abord expliquons ce qu'est un dépoli et comment cela fonctionne.



Lorsque le miroir est baissé, la lumière suit le trajet bleu, c'est-à-dire qu'elle frappe le miroir et rebondit vers le dépoli.

Lorsque le miroir est relevé, la lumière suit le trajet rouge, trajet droit qui permet de frapper le plan film.

Le dépoli sert à simuler le plan film pour y réaliser ses propres réglages sans avoir besoin de gaspiller de la pellicule.

Il s'agit tout simplement d'une plaque de verre ou de plastique transparent que l'on a rendu mat par sablage ou tout autre procédé équivalent. La lumière ne traverse pas vraiment le dépoli, elle se diffuse à travers lui. Et ce que l'on regarde au travers du viseur n'est donc pas la scène au travers de l'objectif, mais bien la surface illuminée de ce dépoli.

On pourrait enlever la pellicule et y installer un verre à la place. On obtiendrait le même résultat, mais le fonctionnement ne serait pas très rapide. C'est d'ailleurs cette manière de travailler qui est utilisée dans les chambres grand format.

On a pensé à une époque monter non pas un objectif, mais deux : un pour la visée et l'autre pour la pellicule. Mais le coût des très bons objectifs étant déjà prohibitifs, il fallait encore les multiplier par deux !

De plus, le fait que l'on ne vise pas exactement au même endroit induit une différence de visée (on parle de parallaxe) qui peut gêner dans certaines applications, notamment en proxiphotographie.

Ce procédé a pourtant été longtemps la griffe d'une marque prestigieuse : Rollei avec ses Rolleiflex. Il était le seul fabricant sérieux d'appareils photo reflex bi-objectif en occident. Les appareils photo des plus grands photographes de mode... des années 60.

La technique utilisant un miroir s'avère finalement une méthode simple et efficace.

L'autre méthode est de regarder directement ce que voit le capteur. A la manière d'un caméscope. L'opérateur regarde alors un écran ! C'est ainsi que travaillent les compacts, les bridges et les hybrides (dits aussi mirroless comme les célèbres Fuji X, ou les nouveaux Nikon Z). L'inconvénient est la faible définition des écrans, ou le fait qu'ils ne réagissent pas aussi vite qu'un système entièrement optique. L'avantage est la masse et la visée 100% fidèle. Cette méthode semble être l'avenir de la photographie numérique, remplaçant doucement – mais sûrement- la technologie du réflex.

Pour en revenir à la visée réflex, la plus grosse difficulté vient du fait que pour être fiable, la distance de la trajectoire bleue doit être rigoureusement identique à la trajectoire rouge. Il faut que ce qui est vu au travers du dépoli soit identique à ce qui sera photographié. La technologie Mirroless s'affranchi de ce phénomène puisque le capteur sert à fois pour viser et pour photographier. La mise au point progresse encore d'un bond !

Sur un réflex, un verre dépoli permet de voir les zones qui sont nettes et les zones qui sont floues. Si la trajectoire de la lumière n'est pas identique en longueur, en planéité ou en inclinaison, alors les zones nettes et floues ne sont pas identiques et il sera très difficile d'anticiper une bonne photo !

Il existe une limite dans la finesse du dépoli, et partant, dans la finesse de restitution de l'image :

- Plus le dépoli est fin, plus l'image est fidèle, mais moins la lumière n'arrive à pénétrer au travers du verre
- Plus le dépoli est grossier, moins l'image est fidèle, mais elle est alors plus lumineuse.

On a inventé d'autres manières de dépolir le verre :

- La lentille de Fresnel : de très fins cercles concentriques sont gravés sur le verre, en forme de lentilles évidées en leur centre. Très utilisé il y a 40 ans. La vision y est un peu désuète
- Le microgravage : un léger quadrillage très fin et très serré, mais il est difficile de ne pas avoir de diffraction en contre jour ou par fort diaphragme. Peu cher et particulièrement lumineux donc bien adapté aux réflex d'entrée de gamme
- Les microlentilles : une technique très moderne qui consiste à créer un réseau très dense, mais très fin, de petits trous dans le verre avec un laser. Cela donne une image à la fois très nette et très lumineuse. Mais elle est plus chère que les autres même si Konica-Minolta (avec les dépolis AccuMate) l'a très vite démocratisé.

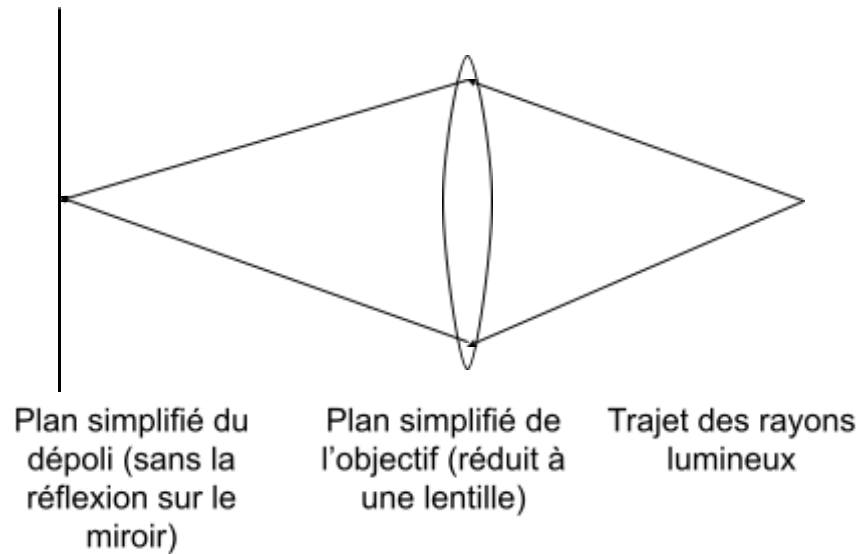
Pour faciliter encore la mise au point, et pour la rendre ultra-précise, les opticiens ont inventé il y a une cinquantaine d'années deux outils formidables :

- Le stigmomètre à champ coupé (aussi appelé télémètre de Dodin, nom de son inventeur)

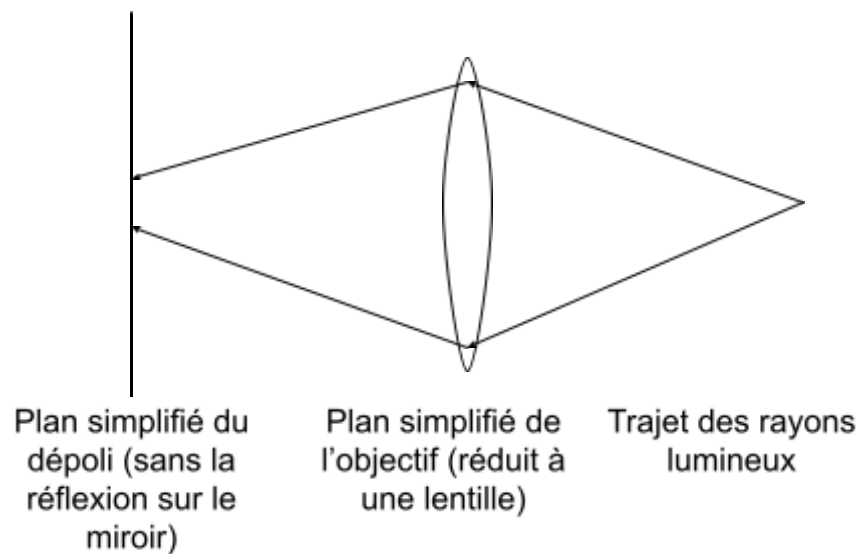
- Les microprismes

Le stigmomètre à champ coupé est une invention à la fois géniale et finalement très simple. Elle repose sur le principe de la diffraction et de l'interférence des phases de la lumière, ou plus simplement, sur le fait que les rayons de lumière suivent des chemins différents s'ils viennent d'un bord de la lentille ou de l'autre bord.

Si le sujet est mis
au point



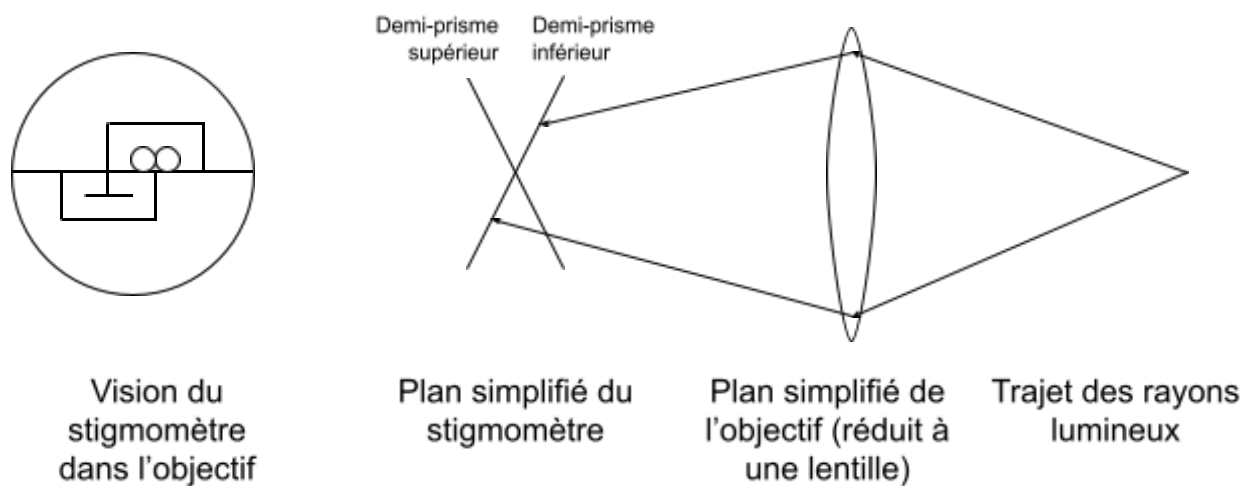
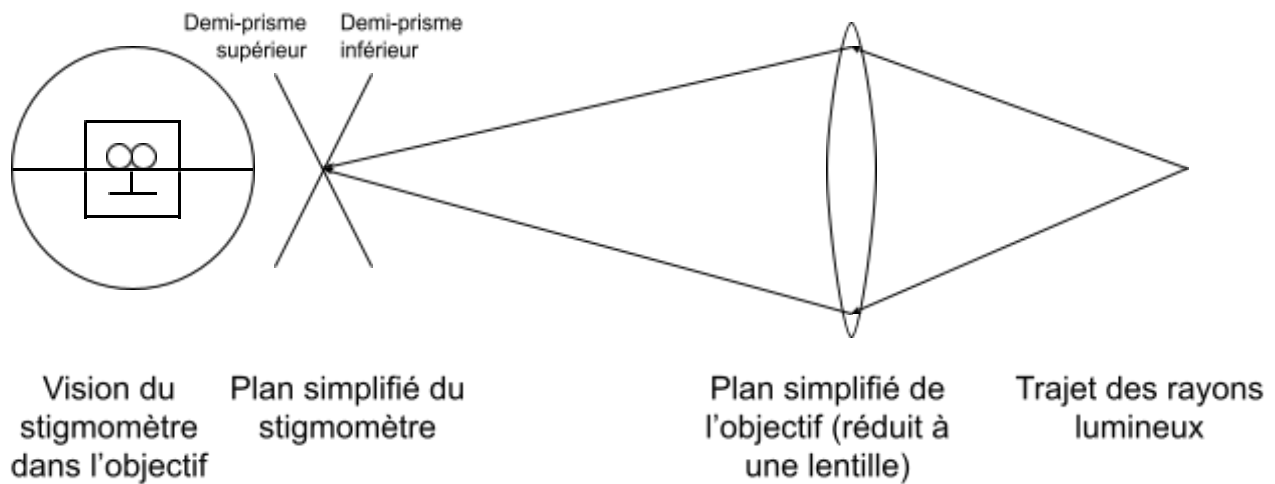
Si le sujet n'est
pas mis au point



On remarque que lorsque le sujet est mis au point, alors les rayons lumineux tapent le plan du dépoli au même endroit, alors que si le sujet n'est pas au point, alors les rayons lumineux tapent le plan du dépoli à deux endroits différents. On dit que ces rayons de lumière n'ont pas la même phase.

On va utiliser cette propriété pour réaliser un stigmomètre :

Le stigmomètre va tout simplement être deux prismes taillés dans le verre de dépoli qui vont chacun regarder un des deux rayons lumineux qui arrivent du bord de la lentille.



Que voit-on ?

Lorsque l'on est mis au point, chaque demi-prisme voit la même image, par contre, lorsqu'on est flou, alors chaque demi-prisme voit une image décalée l'une par rapport à l'autre.

Le but du jeu est alors tout simplement de tourner la bague de mise au point de l'objectif dans un sens ou dans l'autre (ou de se déplacer en avant ou en arrière) pour obtenir une image entière !

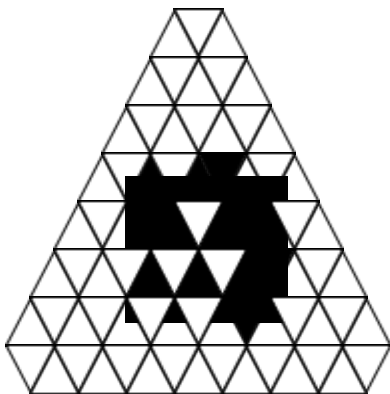
Ce système est tout simplement génial avec les objets présentant des lignes droites bien marquées, des zones très contrastées et des optiques très ouvertes. Il devient bien moins génial dès que l'une des 3 conditions n'est pas remplie.

Lorsqu'on photographie un visage par exemple, il n'y a pas de grand contraste ni de ligne bien droite. On a alors inventé un autre système qui fonctionne un peu de la même manière que le stigmomètre : les microprismes.

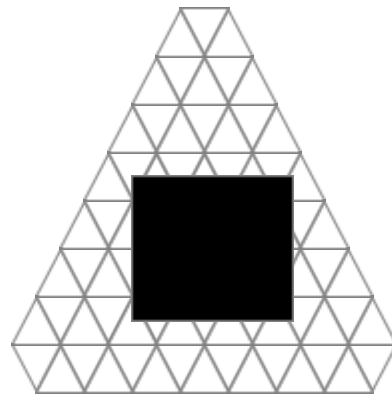
Les microprismes fonctionnent également avec les interférences des phases de la lumière, mais ces prismes sont –comme leur nom l'indique- beaucoup plus petits et de forme triangulaire.

Il n'est plus question d'essayer de relier des bouts de ligne, ce système en fait améliorer le contraste et nous indique la mise au point lorsque les petits prismes deviennent invisibles.

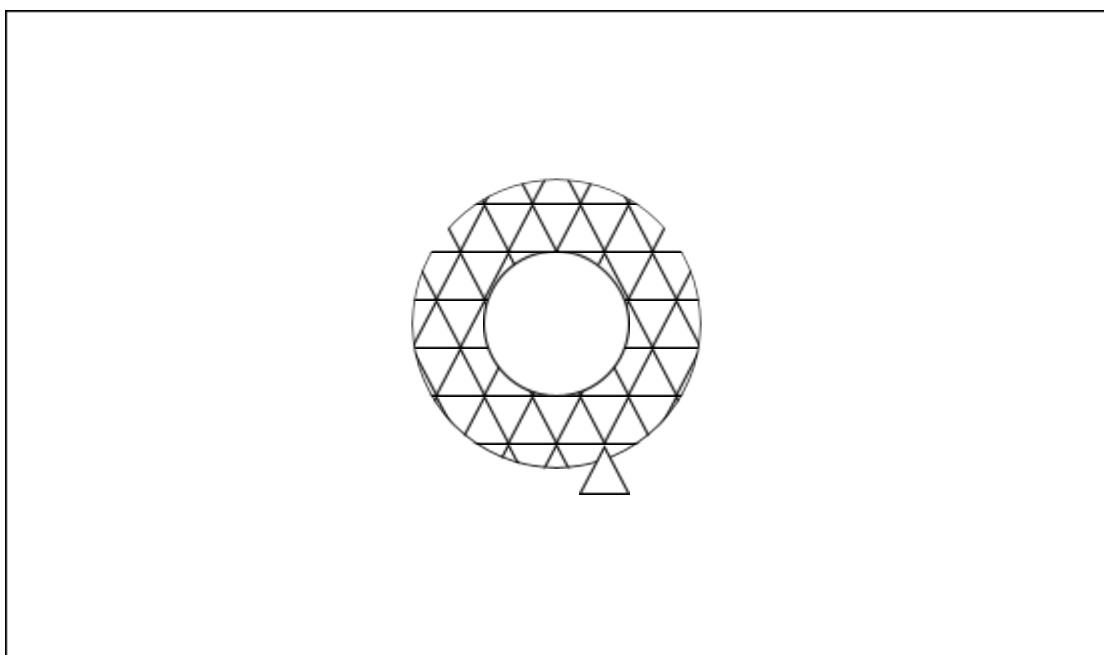
Motif non mis au point



Motif mis au point



On retrouve souvent ces réseaux de microprismes en couronne autour du stigmomètre, au centre du dépoli.



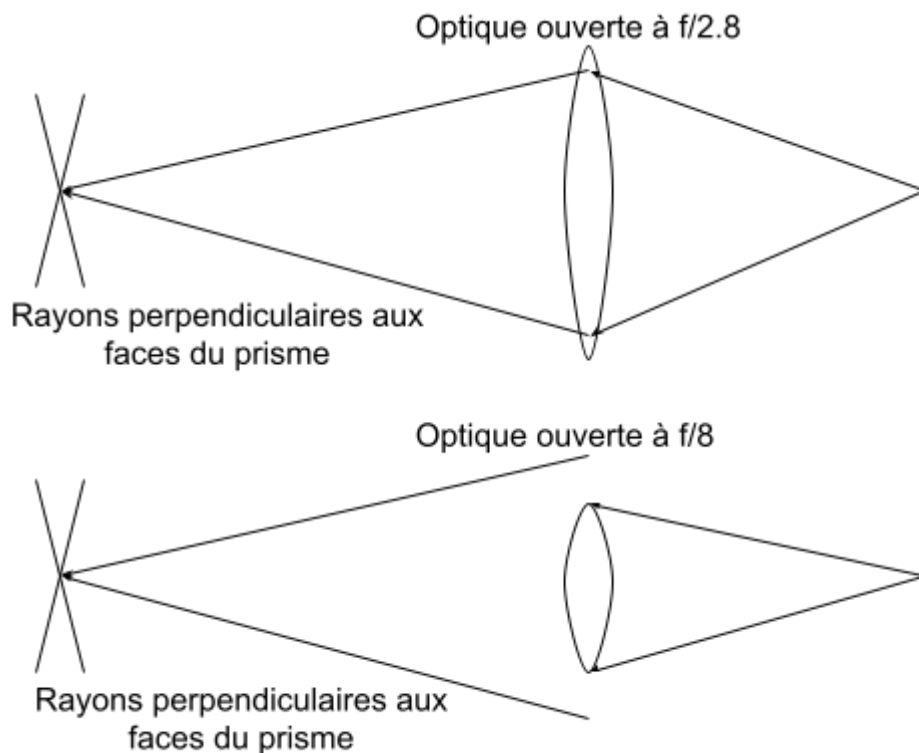
Le stigmomètre et les microprismes fonctionnent de la même manière, ils regardent les rayons de lumière venant des bords de l'objectif.

Cela signifie une chose simple : il faut que l'objectif ait une ouverture photométrique suffisante, sinon, le stigmomètre (ou les microprismes) ne regardent pas la lentille mais le support métallique ! Noir donc. Et effectivement les stigmomètres et microprismes voient noir au travers de tels objectifs.

Il faut composer entre l'ouverture mini acceptable et la précision du prisme. En effet, plus le prisme est pentu, plus il est précis (un léger décalage de la mise au point se traduit par un fort décalage sur le dépoli), mais plus il nécessite une optique lumineuse.

Au contraire, moins le prisme est pentu, moins il est précis (un léger décalage de la mise au point se traduira par un très léger décalage sur le dépoli, qui peut passer inaperçu), mais il permet l'utilisation d'objectifs très fermés.

En pratique, les stigmomètres sont conçus pour fonctionner avec des optiques d'ouverture maximale de $f/5.6$ ou moins.



En cas d'optique vraiment trop sombre, il reste toujours la bonne vieille solution d'utiliser la partie normale du dépoli, qui elle fonctionne toujours !

Depuis l'invention de l'électronique miniaturisée on a cherché à rendre la mise au point automatique. Appellée 'AutoFocus', elle est souvent simplifiée en 'AF'.

Il y eu trois méthodes distinctes et au fonctionnement vraiment différent :

- Le télémètre par réflexion
- La recherche du moindre flou
- L'autofocus à détection de phase
- Le télémètre à base triangulaire

- Le télémètre est utilisé par les appareils photo compacts argentiques et consiste à mesurer –via un laser ou un faisceau ultrasonore- la distance de l'appareil au sujet puis de reporter cette distance, via un moteur, sur le système de mise au point de l'objectif.

Cette méthode est très fiable en toute lumière, même dans le noir complet, mais ne sait pas distinguer des éléments très petits pour cause de parallaxe et ne sait pas traiter les cas de la macrophotographie.

- La recherche du moindre flou est utilisée quant à elle par les compacts numériques, les bridges, les hybrides et les reflex numériques dotés du système de visée 'LiveView'. (qui permet la visée directe sur l'écran au lieu de regarder au travers de l'oculaire)

Cette technique est basée sur des algorithmes très complexes qui recherchent les écarts de contraste entre les pixels et cherche à le maximiser en faisant varier la mise au point de l'objectif.

Cette technique est fantastique parce qu'elle permet de demander la mise au point à n'importe quel endroit de l'image. Elle permet aussi, grâce à des logiciels de reconnaissance de forme, de suivre les sujets en mouvement quels que soient leurs déplacements ou de détecter des formes particulières : personnes, visages...

La grosse limite de ce système vient d'une part de la lumière, et d'autre part du caractère lissé du sujet.

Plus il y a de lumière et plus le capteur sera en mesure d'avoir une image nette, exempte de bruit. Donc le contraste s'en trouvera amélioré, menant à une mise au point plus aisée.

Plus les sujets sont contrastés, moins ils sont lisses (comme un mur régulier, une peau de pêche) et plus il sera facile, encore une fois, de mettre au point.

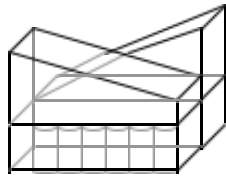
- L'autofocus à détection de phase, qui reste l'apanage des appareils photo reflex et des miroless utilisant des capteurs spéciaux, fonctionne de la même manière que le stigmomètre. Mais à la place d'avoir un œil humain qui regarde, il y a deux petites barrettes CCD.

Que font-elles ?

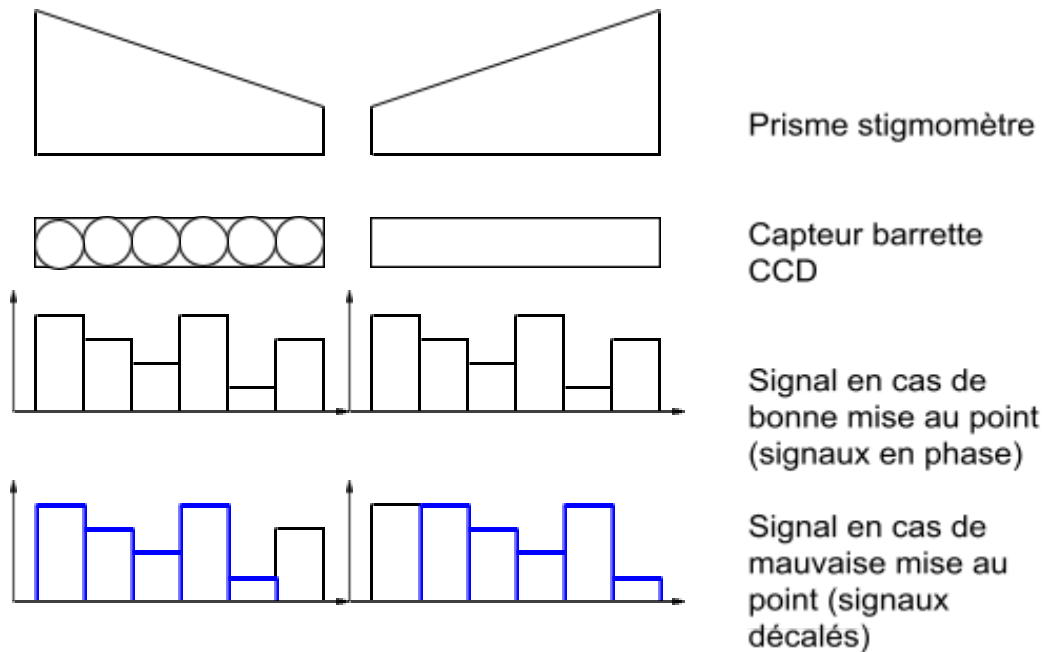
Le double capteur CCD regarde l'objectif au travers d'un stigmomètre simplifié : un capteur regarde la fenêtre supérieure et l'autre regarde la fenêtre inférieure.

Ces capteurs ont la forme d'une barrette, ils ne possèdent qu'une ligne de pixels sur quelques pixels de large. Ils détectent, en noir et blanc, une forme vague.

Module AutoFocus



Détail

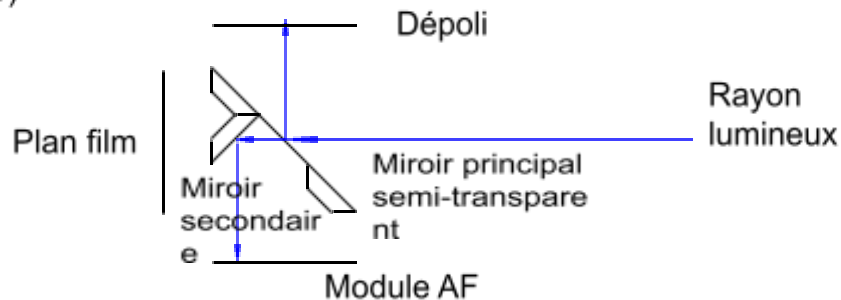


Le processeur électronique considère alors que pour obtenir un signal équivalent il va falloir déplacer la mise au point dans un sens, et même -lorsque les signaux se rapprochent- de combien il faut encore déplacer la mise au point et la vitesse à laquelle se déplace le sujet : c'est l'AF prédictif.

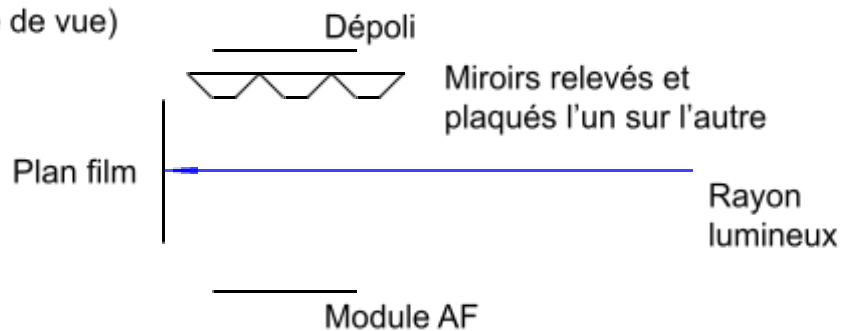
Pour intégrer les modules AF, il a fallu ruser. On avait la même contrainte que pour les stigmomètres, à savoir être exactement dans le plan film, mais en plus on ne pouvait le substituer au dépoli ni être au-dessus (le module est trop volumineux).

Les ingénieurs ont trouvé la solution suivante utiliser un petit miroir derrière le grand miroir semi-transparent :

Miroirs baissés
(Visée)



Miroirs levés
(Prise de vue)



Cette solution présente l'avantage de préserver une bonne visée, mais elle a aussi l'inconvénient de compliquer la mécanique du miroir tout en mettant une restriction sur la position du module AF : il ne peut pas viser sur les bords de l'image : son encombrement ne le permet pas.

Les modules AF ont énormément évolué depuis les premiers modules. Les ancêtres ne permettaient que la mise au point sur le centre de l'image, il fallait beaucoup de lumière et un bon contraste et l'action mécanique était lente, bruyante et balayait l'ensemble de la plage de mise au point avant de trouver. En plus, la mise au point n'était valable que pour temps donné, si le sujet bougeait, alors il fallait recommencer.

Les derniers modèles en date ont résolu bon nombre des points de mécontentement :

- Les modules AF modernes disposent de nombreux capteurs, 3, 5, 11, 16 ou 150 (!) points de l'image peuvent être mis au point. La zone de couverture est de plus en plus large.
- On peut choisir différents modes de mise au point : statique (la mise au point est faite avant de prendre la photo), dynamique (la MAP -Mise Au Point- suit le sujet avant de déclencher), avec anticipation (la MAP anticipe la distance de déplacement du sujet entre le moment où le miroir se relève et le moment où la photo est réellement déclenchée), avec des groupements de capteurs (le sujet peut se déplacer dans l'image, les capteurs AF,

toujours plus nombreux, le suivent), sujet le plus proche de la photo, couplage des capteurs AF et de la mesure de lumière. La seule limitation est finalement la puissance du logiciel embarqué par l'appareil photo !

- Les collimateurs en croix réduisent les limitations de contraste et de lumière, c'est-à-dire que pour un même point, le module AF possède un stigmatomètre horizontal et un stigmatomètre vertical dont les inclinaisons ne sont pas les mêmes. De même, les capteurs de lumière sont plus sensibles et plus fins, leur nombre même est plus nombreux pour permettre un échantillonnage de plus fin et une meilleure appréciation de la distance séparant la mise au point actuelle (floue) de la mise au point idéale (nette).
- Les objectifs possèdent leur propre moteur, il n'y a donc plus de liaison mécanique entre le boîtier –qui détermine la MAP- et l'objectif -qui réalise la MAP en se déplaçant. Les bruits mécaniques sont donc réduits et les moteurs parfaitement adaptés à leur charge. En outre, les moteurs linéaires à onde de surface (dits ultrasoniques) permettent le miracle de réaliser une liaison mécanique non permanente entre le moteur et la bague manuelle de mise au point. Ce qui réduit encore les inerties.

Les boîtiers modernes possèdent des logiciels embarqués impressionnants : ils réagissent parfois plus vite que l'œil, accélèrent et ralentissent leur vitesse, changent instantanément de sens si besoin, fonctionnent encore même lorsque la lumière est trop faible pour réaliser une photo convenable, évitent les pièces des sujets répétitifs ou cachés (ils savent ne pas tenir compte d'un élément qui passerait rapidement devant le sujet). Toutefois, il leur manque toujours un élément très important : la décision finale.

Les mirrorless ont aussi commencé à embarquer des capteur autofocus par détection de phase après avoir longtemps été cantonnés à la technique du moindre flou.

Mais ici, au lieu d'avoir un mécanisme complexe de miroirs dont la précision dépend du réglage, les barrettes de capteurs de phase sont directement incrustées dans le capteur photographique. On gagne ainsi sur deux tableaux : on élargi la zone couverte par les capteurs et -surtout- on s'affranchi de la différence des distances parcourues par les rayons lumineux miroir levé ou miroir baissé.

La décision, finale, elle, ne change pas. Et même si les appareils savent détecter un visage, un œil, un mouvement, il revient toujours à l'opérateur, qui connaît le sujet de la photo et qui en connaît le but, de décider quand déclencher.

Le télémètre à base triangulaire

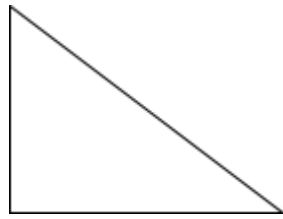
Cet engin fonctionne selon un principe très simple : la triangulation.

Je dirige mon viseur fixe vers le sujet.

J'oriente le viseur orientable vers le sujet.

Si je connais la dimension d'un des côtés (la base du triangle rectangle) et que je connais l'angle, alors je connais la distance de mon sujet : formule des sinus/cosinus/tangente !

Sujet



Base

Viseur fixe

Viseur orientable

Dans le fonctionnement, un système optique (miroirs orientables) permet de voir en même temps le sujet venant des deux viseurs dans un seul oculaire.

Les miroirs orientables sont déplacés par un mécanisme relié à l'objectif et se déplacent en même temps que l'on tourne la bague de mise au point.

Lorsque les deux images sont rigoureusement superposées, la mise au point est réalisée.

C'est une méthode très intuitive et très rapide pour réaliser la mise au point. Elle est la préférée des photographes de rue qui aiment ce côté spontané.

Pour obtenir une mise au point précise, il faut usiner et assembler le tout avec la plus grande minutie. C'est la raison pour laquelle ces appareils photos sont toujours très chers. Ils sont la spécialité de Leica et de Fuji. Mais d'autres fabricants s'y essaient régulièrement.

Aberrations optiques :

En théorie on sait réaliser des objectifs parfaits. En théorie seulement.

En théorie l'objectif parfait ne sera parfait que pour une focale précise et une distance de mise au point précise.

En effet, chaque objectif est calculé pour répondre à une attente particulière : il semble impossible de réaliser un objectif parfaitement polyvalent. Capable de réaliser des mises au point très proches tout en conservant une mise au point à l'infini de très bonne qualité par exemple. Impossible aussi de réaliser un zoom à la fois parfait en très grand angle et en super téléobjectif.

Ceci est déjà insurmontable en théorie, alors en pratique, lorsqu'on introduit des tolérances dans les propriétés chimiques des verres, dans la façon de les tailler et dans leurs rayons de courbure, dans les petites bulles d'air et autres impuretés piégées, dans les jeux des assemblages et des coulisses, dans les variabilités des matériaux en fonction de la température, de l'hygrométrie, de la pression atmosphérique...

D'autre part, est-il intéressant d'avoir un méga-zoom capable de passer de 14mm à 600mm tout en conservant une luminosité de $f/2$? Imaginons seulement le poids et l'encombrement requis !

Un objectif n'est idéal que dans une situation donnée, pour une application donnée.

Il est parfois intéressant d'avoir une toute petite optique pour ne pas se faire repérer ou parce que le faible poids est un avantage pour se déplacer. Mais il est parfois intéressant d'avoir un tromblon pour impressionner et faire se pousser les gens alentours.

La photographie n'est pas seulement une question de matériel, elle a aussi parfois un aspect psychologique non nul. Un gros télé permet de passer là où ne vont pas les autres. Et donc d'avoir les photos dont on rêve... réalisées au petit objectif insignifiant !

Au contraire, aborder un étranger de qui on veut 'tirer le portrait' avec un énorme tromblon va le faire fuir. Alors qu'une petite optique ne lui fera pas peur. Ce ne sera pas forcément idéal, mais la photo (naturelle) sera là.

Les objectifs ont donc des défauts, que l'on nomme aberrations, que l'on peut regrouper en plusieurs catégories :

Coma, sphéricité, centrage : Ces aberrations sont très complexes, leurs effets sont en général faibles sur les optiques de qualité correcte. Cela correspond à des problèmes de diffraction orientée dans une direction seulement, à des petites zones toujours légèrement floues, à des déformations très localisées.

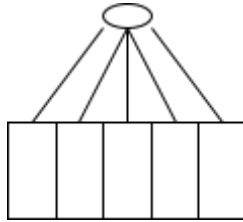
Vignetage : la distance des rayons lumineux est légèrement supérieure sur les bords par rapport au centre, cela signifie que la perte de lumière est plus importante, et donc les bords sont plus sombres.

D'autre part, la lumière arrivant en bordure de lentille ne pourra pas se renvoyer entièrement dans la lentille suivante mais frappera plus souvent le bord métallique. Donc on perd encore de la luminosité.

Le vignettage se combat en diaphragmant. D'ailleurs, si au contraire le vignettage s'accroît en diaphragmant (et devient plus net) alors cela signifie que le problème vient d'un pare-soleil non adapté et dont l'on voit l'ombre dans le viseur.

A noter : les très vieilles optiques vignettaient tellement que les photographes présentaient les portraits dans des cadres circulaires ou elliptiques !

Le vignettage est également un phénomène important sur les capteurs numériques. Les capteurs élémentaires sont en fait piégés dans des puits, et les rayons lumineux les plus inclinés (sur les bords donc) n'arrivent plus au fond des puits. La lumière tombe donc naturellement.



La solution est d'augmenter la taille de la lentille arrière et de faire en sorte que les rayons lumineux arrivent perpendiculairement. On appelle ces optiques, les plus modernes, des optiques rétrofocus. Les appareils mirrorless et télémétriques exploitent à fond ces méthodes de fabrication, en effet, la lentille arrière de l'objectif peut être très proche du plan film/capteur. Contrairement aux réflex qui nécessitent un espace vide dans lequel le miroir doit se mouvoir librement.

Distorsion : lorsque l'on projette une image bien droite au travers de lentilles rondes, il se produit un phénomène de convergence qui a tendance à rendre les objets ronds.

Les objectifs sont toujours corrigés pour ce problème (sauf les fisheye, bien entendu) mais il est très difficile de corriger ce phénomène sur les zoom grand angle et ceux de forte amplitude.

La distorsion naturelle est en forme de tonneau, avec les bords plus larges que les coins.

La distorsion corrigée excessivement tend au phénomène inverse : en forme de coussin, avec les bords rentrés par rapport aux coins.

Les optiques dites symétriques (les plus simples et les moins chères, mais aussi les plus anciennes, comme le 50mm Nikkor f/1.8) se corrigent naturellement à cause de leur formule optique quasiment symétrique (dite Tessar), mais elles deviennent très rares (elles ont d'autres problèmes)

Les optiques modernes (les rétrofocus le plus souvent) excessivement bien corrigées, (les 20, 24 et 28mm f/1.8 sigma par exemple) présentent des bords qui semblent plat. Mais en y regardant de plus près, ces bords présentent en fait des ondulations très légères qui trahissent des corrections successives alternées dans un sens puis dans l'autre.

Les boîtiers numériques modernes sont capables de reconnaître les objectifs qui leur sont attachés, ils sont capables de connaître leurs caractéristiques optiques -aberrations comprises- et de corriger -ou plutôt compenser-, par le biais du logiciel embarqué, les défauts.

Cette solution est à la fois une merveille et une mauvaise solution.

Une merveille parce que les défauts des optiques sont répétables et bien connus, cette correction est facilement automatisable et génère un rendu très flatteur. En outre elle évite des heures de traitement manuel le cas échéant.

Une très mauvaise solution parce que les défauts optiques suppriment des détails sur l'image, et la correction logicielle ne redonne pas le détail qui n'a pas été vu, mais en imagine un autre. La photo n'est plus fidèle, elle est plus belle, mais moins vraie.

Enfin, il est bien moins rentable de réaliser de belles optiques que de vendre des optiques moyennes corrigées électroniquement au même prix. Ceci peut conduire à une véritable dérive où les belles optiques finissent par disparaître et le véritable amateur mis en retrait.

Photographie au flash

Nombre guide

Tout le monde le sait, plus on s'éloigne de la lumière, moins celle-ci éclaire.

En effet, la lumière se comporte comme une onde. Et comme toute onde dont la diffusion est sphérique, son intensité reste identique quelle que soit la surface sur laquelle elle se trouve. Cela signifie que lorsque la distance double, la surface balayée est quadruplée, donc l'intensité en chaque point est divisée par quatre. On élève la distance au double = on divise l'intensité au carré.

Cela signifie surtout qu'avec une seule source de lumière on ne peut éclairer de manière égale le fond et l'avant de la scène. Soit l'avant est trop éclairé, soit le fond est trop sombre.

Mais alors, comment choisir ? Et comment calculer ce choix ?

On pourrait parler de Lux, de Lumen et autre joyeuseté. Mais rappelons-nous : toute la photographie est basée sur des calculs simples basés sur l'IL, l'indice de lumination.

Il faut donc admettre qu'un flash permettant d'éclairer à 1 m (oui, ça fait peu) avec une optique ouverte à f/1 (oui, ça fait beaucoup) avec un capteur de sensibilité de 100 ISO possède un nombre guide (NG) de 1.

On a donc $NG = \text{distance} * \text{ouverture (nombre f de l'optique)}$.

Cette formule simple ne sert pas à calculer le nombre guide, mais, au contraire, à calculer l'ouverture pour obtenir la bonne distance en fonction du nombre guide du flash.

En effet, le nombre guide est défini par construction : c'est la puissance de l'ampoule !

A la rigueur, on peut diminuer cette puissance (toujours par multiple de 2), mais pas l'augmenter.

Il est à remarquer que l'on ne parle pas de la vitesse d'ouverture. Et pour cause, la lumière d'un flash est bien supérieure à la vitesse d'un obturateur. Enfin, presque, on verra la synchro flash juste après.

Alors comment déterminer cette fameuse distance ? C'est très simple :

$$D = NG / f$$

Et c'est là que c'est génial : on a dit que la puissance diminuait avec le carré de la distance, mais on a aussi dit que la surface d'ouverture augmentait avec le carré du diamètre. Donc on obtient une simple multiplication !

On a donc, par exemple, avec un flash de NG de 36 et une optique ouverte à f/4, une distance de bon éclairage de $36 / 4 = 9$ m.

Oui, mais si mon sujet principal est à 5 m ? Et bien je vais calculer : $f = NG / d$; $f = 36 / 5$; $f = 7.2$. Il faudra donc se situer entre f/5,6 et f/8 (idéalement à f/7.2). Voilà tout !

Oui, mais si je veux ouvrir à $f/2.8$? Et bien il me faudra un flash électronique qui est capable de diminuer sa puissance, ou un flash plus petit.

Dans notre monde moderne, les flashes cobra sont extrêmement sophistiqués. Ils discutent avec l'appareil photo de leur puissance actuelle, de leur taux de charge, de leur température. Et le boîtier est capable de donner l'ordre au flash de sa puissance à adopter, du nombre d'éclairs à donner, à quel rythme (mode stroboscopique) et à quels moments.

Tout ceci peut se faire flash connecté avec le sabot (on parle de sabot ISO 518 pour les modèles standard), par des séries d'éclairs fonctionnant comme une télécommande de télévision ou par des ondes radio générés à la fois par le boîtier et par le flash.

Il n'est clairement plus besoin de savoir calculer toutes ces formules. Les appareils le calculent bien plus rapidement et avec une bien meilleure précision.

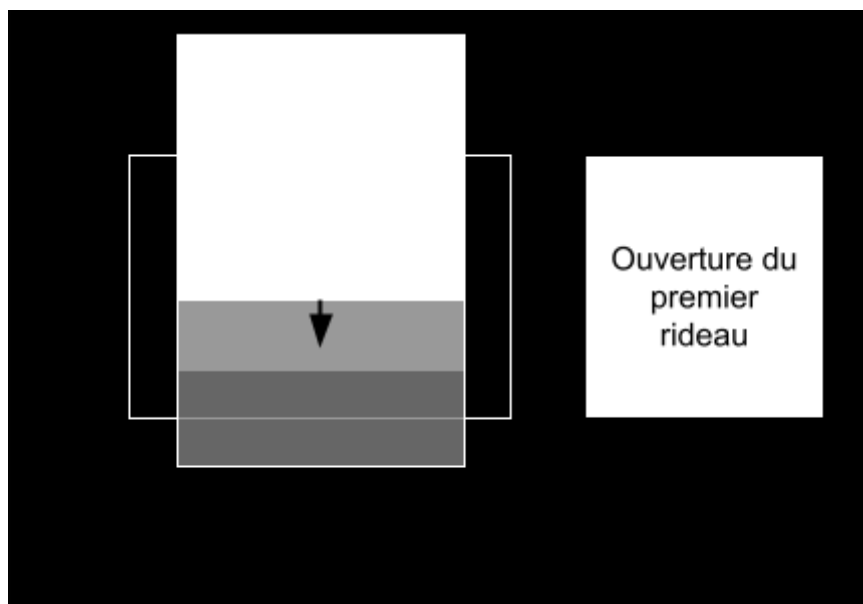
Synchro Flash.

Les rideaux ont une certaine vitesse de défilement, nous l'avons vu précédemment.

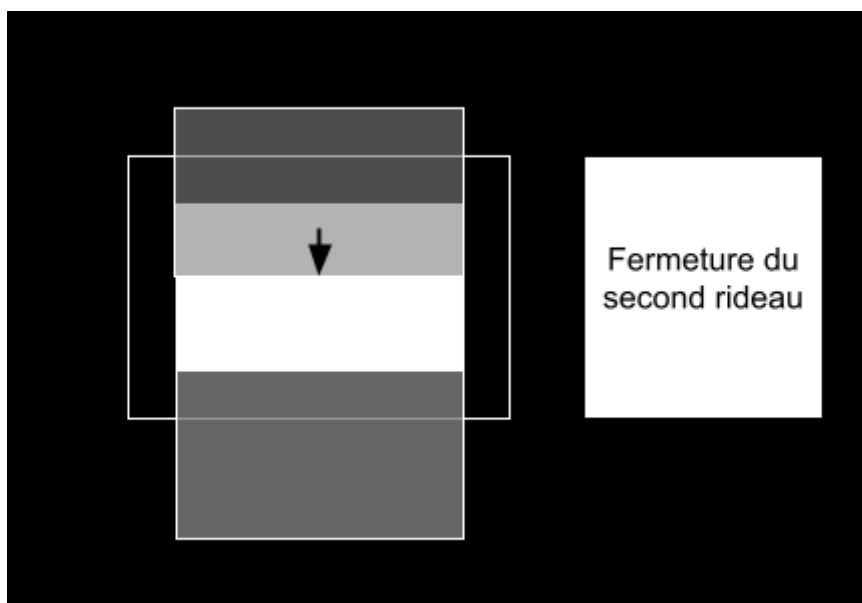
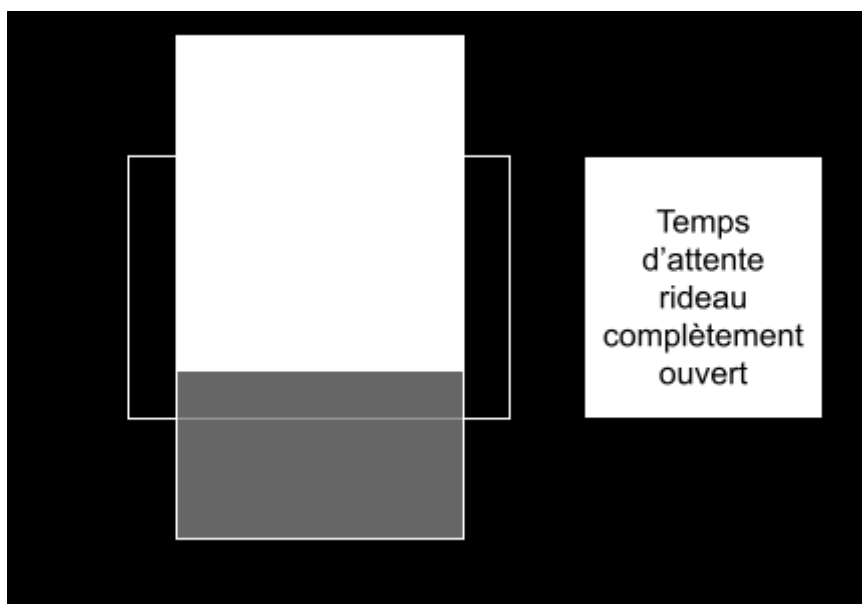
Leur ouverture et fermeture ne sont pas instantanées !

De cette vitesse de défilement découle une fonction que l'on appelle la synchro. Qu'en est-il ?

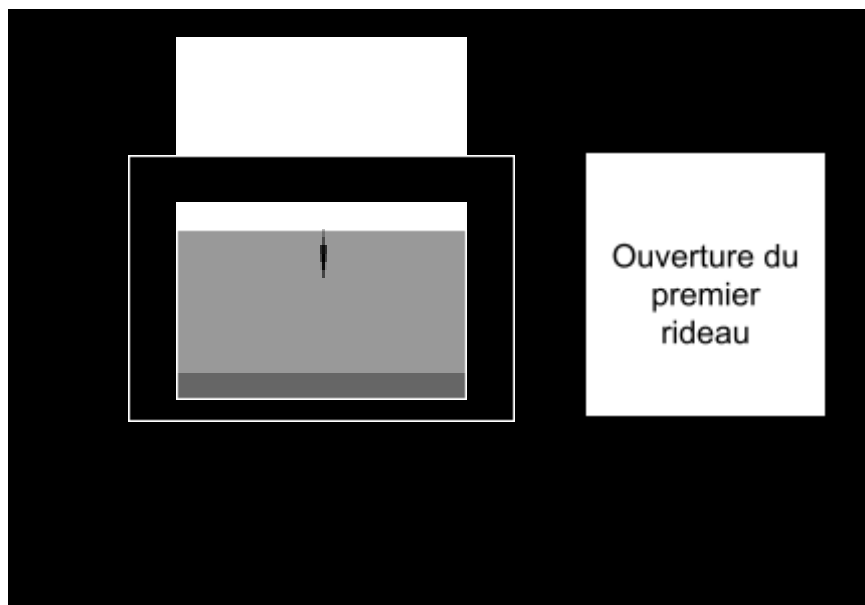
Reprenons notre schéma des rideaux, on vient de déclencher le rideau et on sait que - sur notre appareil- ils mettent $1/250^{\circ}$ de seconde pour descendre complètement.

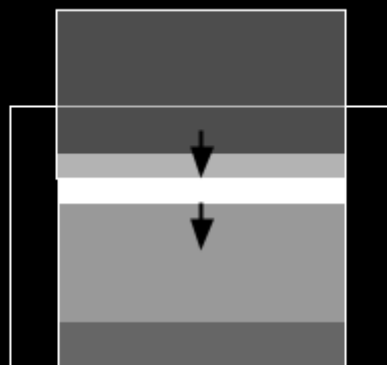


Si le temps programmé est supérieur à $1/250^{\circ}$ de seconde (1/10 par exemple), alors le premier rideau a le temps de s'ouvrir complètement avant que le second rideau ne retombe.

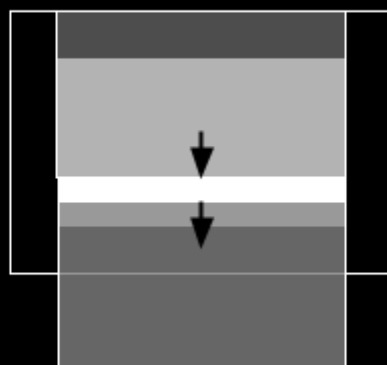


Si le temps programmé est inférieur à $1/250^{\circ}$ de seconde ($1/1000$ par exemple), alors le premier rideau n'a pas le temps de s'ouvrir complètement avant que le second rideau ne retombe. On a alors non pas une ouverture complète de la fenêtre, mais un balayage d'une petite partie claire devant la pellicule.

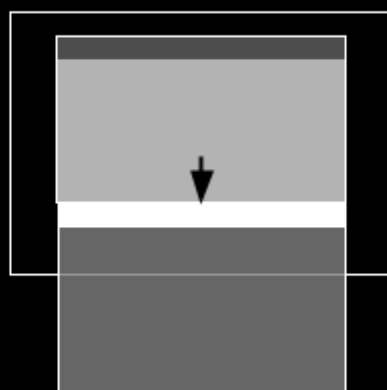




Fermeture du
second rideau
après $1/1000^{\circ}$
s



Défilement
des deux
rideaux



Fermeture
complète du
second rideau

Dans la pratique normale de la photo sans flash, cela ne pose pas de problème, on ne peut se rendre compte de ce problème qu'en de très rares cas où l'on tente de suivre latéralement un mobile très rapide (filé), comme une voiture de course à pleine vitesse. Cela produit une anamorphose, une déformation de la voiture comme si elle était étirée en diagonale.

Lorsque qu'un appareil utilisant des rideaux à défilement vertical tente de photographier la chute d'une goutte d'eau, il arrive que les deux phénomènes entrent en résonnance : la vitesse de la goutte est identique à la vitesse des rideaux. La goutte est alors étirée 'infiniment' sur sa hauteur.

On a évidemment le même phénomène avec les appareils possédant des rideaux à défilement horizontal qui tentent de suivre un mobile horizontal.

Ce phénomène d'anamorphose est très rare. Il faut en convenir. (Je l'ai personnellement observé une seule fois en des dizaines de milliers de photos de sport automobile)

Ce qui est bien plus fréquent, par contre, c'est le phénomène de fenêtre lorsqu'on photographie au flash à haute vitesse.

Que se passe-t-il ?

L'éclair d'un flash dure approximativement $1/1000$ à $1/500^{\circ}$ s. Pendant ce temps, et pendant ce temps seulement, l'ensemble de la scène est éclairé uniformément et entièrement par le flash. Avant, la scène est sombre, après, la scène est également sombre. Or, on l'a vu, un appareil photo n'est pas capable de photographier la scène entière lorsque le temps de pose est inférieur à $1/250^{\circ}$ s (par exemple, mais certains modèles ont ce temps plus court ou plus long ce temps est nommé « vitesse synchro X »).

Il va donc se produire un phénomène simple : le flash va se déclencher à un moment quelconque où la fenêtre ouverte n'est qu'une bande mince.

On ne verra donc qu'une fraction de la scène.

Ce phénomène nécessite donc d'utiliser une vitesse compatible avec la vitesse des rideaux. C'est-à-dire une vitesse d'ouverture inférieure à $1/250$. (Un temps d'ouverture plus grand). Cette vitesse –qui est spécifique à chaque appareil photo- est appelée 'synchronisation flash X' ou 'synchro flash', ou 'synchro X'

Les appareils haut de gamme, disposant d'une mécanique plus performante, ont des synchro de l'ordre du $1/250$ à $1/400^{\text{ème}}$ de seconde. Les appareils basiques ont des synchros plus lentes, de l'ordre de $1/60$, voire $1/30$!

Cela influe aussi sur autre chose : plus la synchro est rapide, c'est-à-dire plus la mécanique des rideaux est rapide, plus la vitesse maximale est élevée. C'est ainsi que les reflex haut de gamme peuvent avoir des vitesses de $1/8000$, voire $1/16000$! Alors que les réflex bas de gamme ne dépassent pas le $1/2000$, et les réflex les plus anciens plafonnent à $1/1000$, voire $1/500^{\text{ème}}$.

Il existe d'autres solutions pour s'affranchir de la faible vitesse de synchro flash. Nous allons en voir ici quelques unes :

La première, la plus ancienne aussi, fait appel à un obturateur qui ne défile pas devant la pellicule mais dont le fonctionnement rappelle celui du diaphragme. L'obturateur est d'ailleurs la même pièce mécanique que le diaphragme sur certains appareils, notamment les moyens formats et surtout les grands formats.

En fait, le diaphragme est complètement fermé lorsqu'on ne prend pas de photo, il ne s'ouvre à la valeur déterminée que lorsqu'on déclenche.

Cela engendre que dès le début du déclenchement, c'est-à-dire que dès que le diaphragme commence à s'ouvrir, la lumière impressionne l'ensemble de la pellicule.

L'inconvénient, c'est que la valeur de profondeur de champ au flash est un peu plus hasardeuse du fait même que le flash est déclenché alors que le diaphragme est en train de bouger.

De plus ce principe nécessite beaucoup de manipulations sur les chambres grand format :

- Ouvrir le diaphragme en grand pour réaliser le cadrage et la mise au point au travers de la plaque de verre dépoli montée en lieu et place de la pellicule (ou de la plaque de verre imprégnée de sels d'argent).
- Refermer le diaphragme à la valeur voulue.
- Armer la mécanique de l'obturateur, le diaphragme se ferme complètement et tout ajustement n'est plus possible.
- Enlever le dépoli et le remplacer par la pellicule.
- Déclencher.

Certains appareils moyen format ont une manipulation plus simple, du fait de leur viseur reflex par miroir, mais le mécanisme est encore plus complexe !

- Le miroir est descendu, il plaque hermétiquement sur ses butées pour maintenir le noir dans la chambre de la pellicule. Le diaphragme est ouvert en grand, les rayons de lumière passent au travers de l'objectif et viennent réfléchir sur le miroir vers le dépoli situé au dessus de l'appareil.
- On déclenche.
- Le diaphragme se referme complètement pour plonger le tout dans le noir.
- Le miroir se relève.
- Le diaphragme se ré-ouvre à la valeur présélectionnée pendant le temps de pose voulu.
- Le diaphragme se referme complètement.
- Le miroir retombe.
- Le diaphragme s'ouvre de nouveau en grand, le cycle est fini.

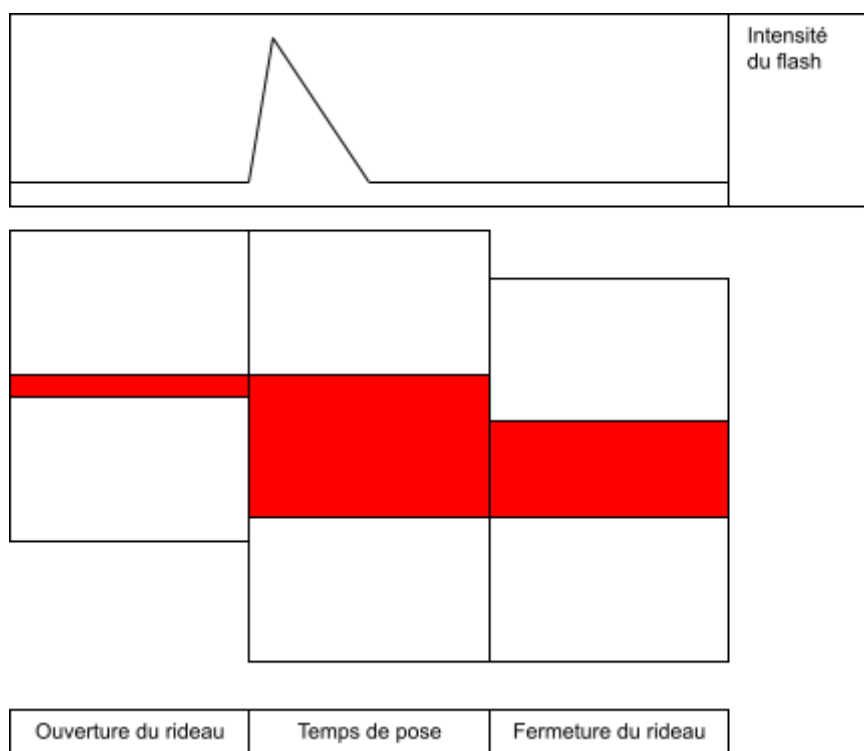
La seconde solution est plus moderne, elle fonctionne sur les appareils numériques compacts (et certains reflex numériques à capteur CCD comme le mythique Nikon D70).

La synchro n'existe pas sur ces appareils parce que le capteur est continuellement allumé, notamment pour la visée au travers de l'écran arrière des compacts.

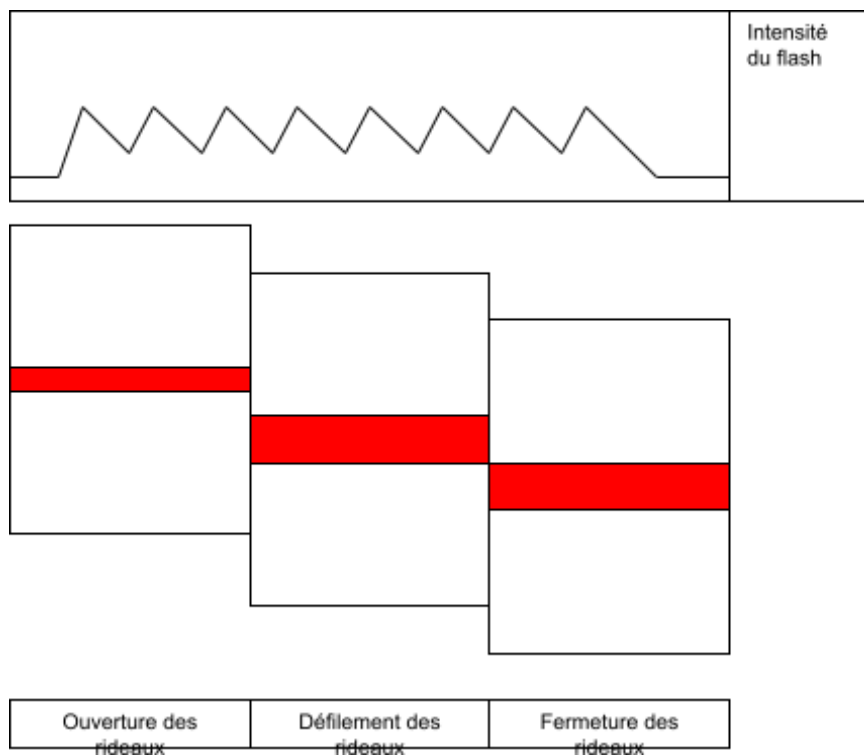
En fait, le capteur numérique est vidé juste avant la prise de vue (pour le réinitialiser) et juste après pour créer l'image. L'obturateur présent sur certains appareils ne servant que de protection. L'éclair du flash n'a donc aucune difficulté à éclairer toute la surface !

La troisième solution a été conçue par les fabricants de flash pour s'affranchir de la synchro, même avec les appareils argentiques. On appelle cette synchro haute vitesse la 'Synchro HP'.

Fonctionnement normal



Synchro HP



Cette fonction électronique met en jeu un flash stroboscopique très rapide mais de faible intensité et sur toute la période d'ouverture du rideau (donc pendant 1/250°s) au lieu d'un seul éclair extrêmement rapide (1/2000°s).

Ce système ne peut fonctionner qu'avec des systèmes de mesure de lumière évolués, puisqu'il faut calculer la puissance du flash bien avant de lancer la photo.

L'inconvénient d'un tel système est la plus faible puissance du flash. En effet, on ne peut pas utiliser toute la puissance pour éclairer, il faut répartir cette puissance sur l'ensemble de la scène. Mais ici aussi, des progrès ont été réalisés.

En théorie, effectivement, on est capable de réaliser de telles mesures de lumière à la main, juste avec un crayon et un papier. En pratique cela nécessiterait tellement de temps, surtout en macrophotographie, que la présence des systèmes de calculs automatiques des boîtiers et des flash électroniques actuels est quasi indispensable.

Macrophotographie

Live View / Bridges, Appareils hybrides

Jusqu'à présent, nous avons parlé des appareils photo du type réflex parce que ce sont les appareils les plus efficaces et les plus pratiques pour comprendre comment fonctionne la photo. Mais avec l'apparition du numérique –et surtout des capteurs CMOS antéro-éclairés (on dit rétro-éclairés en langage courant, en fait, c'est exactement l'inverse : la lumière provient bien de devant et toute l'électronique est bien derrière. D'autre part, il n'y a pas de rétro-éclairage comme sur les écrans plats par exemple). Depuis l'apparition de ces capteurs numériques, donc, on peut se permettre de laisser le capteur en fonctionnement continu tout en prélevant le signal au moment voulu. On obtient donc des capteurs tout autant capables de photographier que de filmer.

Cette véritable révolution va permettre de créer des appareils hybrides incroyables : à la frontière entre le caméscope et l'appareil photo.

D'autre part, puisque tous les appareils photo numériques possèdent un écran arrière, celui-ci va rapidement servir aussi à viser en direct sans avoir à passer par le système complexe, lourd et cher qu'est le système réflex.

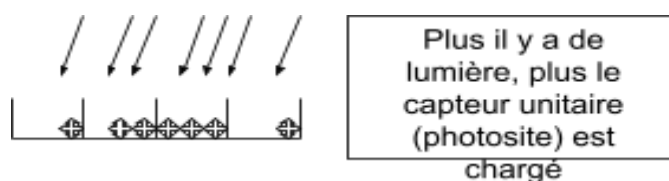
On assiste donc à l'émergence de boîtiers compacts, léger et très silencieux puisque sans mécanique ou presque : les hybrides. On les nomme aussi mirrorless. Etonnant de qualifier un objet par ce qui lui fait défaut, non ?

Mais les compacts et bridges ne sont pas non plus épargnés : les petits capteurs passent aussi au BL-CMOS (BackLight) : résultat en plus de leur extrême compacité, ces boîtiers ne sont plus de simple bas de gamme mais deviennent de véritables petits bijoux de technologie.

Rassurons-nous, les plus gros boîtiers réflex bénéficient aussi du Live-View et vont même plus loin : ils sont capables de travailler aussi proprement qu'une caméra professionnelle à objectif interchangeable mais deviennent aussi des caméras haute vitesse ou capables d'une définition absolument exceptionnelle ! Ils profitent à plein de leur capacité de calcul, de stockage et de transfert digne de serveurs informatiques.

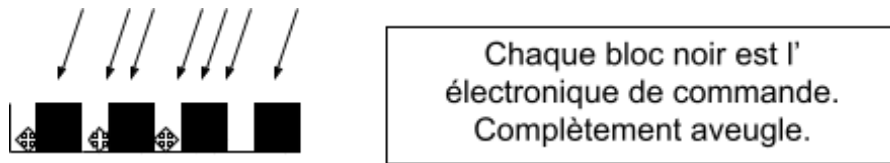
Alors, comment ça marche ces capteurs ?

Rapellons-nous : en tout début nous avons vu qu'un capteur était une sorte de réservoir à lumière.



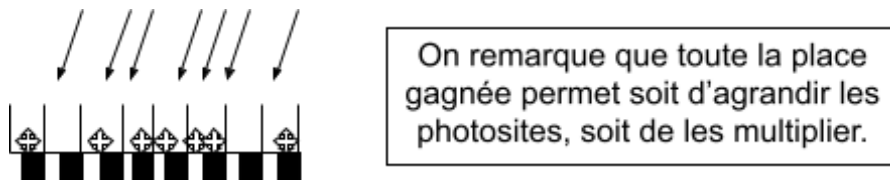
Ce qui coince, c'est que la plus grande surface du capteur ne sert pas à récupérer la lumière mais à récupérer les charges électriques « créés » par la lumière.

On obtient un format qui ressemble plutôt à ça :



Le génie du BL-CMOS (ou plutôt des concepteurs) est d'arriver à placer les blocs de commande derrière le capteur, là où ils gênent le moins. Pour des raisons techniques, c'était beaucoup plus complexe que la logique nous le fait croire.

On obtient alors, en très schématique encore une fois :



Cette fois-ci non seulement on gagne de la surface réellement exploitable pour capter la lumière, mais en plus, on rapproche l'électronique des système de récupération des informations. Le signal –de meilleure qualité- peut être traité plus rapidement.

D'autre part, la technologie CMOS est bien moins onéreuse que la technologie CCD. Elle permet de produire des capteurs moins chers ou bien plus gros.

C'est tout bénéfice !

Dans la pratique. Comment faire une photo ?

Tout d'abord, il faut tenir correctement son appareil.

- La main gauche tient le fût de l'objectif. Il est posé sur la main et non suspendu. C'est elle qui soutient l'appareil. Donc cette main gauche est dirigée paume vers le haut. L'appareil est posé sur cette main.
- La main droite tient la poignée et l'index se positionne naturellement sur le déclencheur.

Allumer l'appareil photo et régler la molette de prise de vue sur 'A'. En effet, on abandonne tout de suite les modes « l'appareil se dit intelligent, et donc me traite d'idiot ».

Avec la molette principale (au pouce), ouvrir le diaphragme en grand (la valeur la plus petite). S'assurer que la compensation d'exposition (logo +/-) est sur 0. Sinon, cliquer sur le bouton +/- à droite juste derrière le déclencheur et tourner la molette pour corriger la valeur.

Choisir la mise au point ponctuelle et non pas multi-truc. (AF-S)

Viser le sujet, presser le déclencheur à mi-course. Oui, le déclencheur possède 2 crans ! A ce moment, l'appareil effectue la mise au point dans le petit carré central et uniquement là. Dès que le petit rond en bas à gauche du viseur passe en vert, la mise au point reste à la même distance, même si on déplace l'appareil. Bien entendu, il faut maintenir le déclencheur à mi-course. Dès qu'on le relâche, il faut recommencer la mise au point. C'est souvent nécessaire d'ailleurs !

Le fait de presser le déclencheur à mi-course bloque aussi la mesure de lumière.

Si la vitesse d'obturation est trop faible (en dessous d'environ 1/30s en grand angle, 1/200 en téléobjectif), augmenter les ISO d'un cran. Doubler la valeur va doubler la vitesse d'obturation (donc on diminue par deux le temps d'exposition).

Par exemple, si on est à 1/200s à 100 ISO, on sera à 1/400s à 200 ISO et à 1/800s à 400 ISO... Et ainsi de suite.

Déclencher...

Voilà, c'est fait !