Technologie boitiers reflex Canon

(Untel inside)

Table des matières

Ensemble Cage Reflex 1

Cage reflex 1

Monture a baïonnette EF 2

Système de miroir 3

Motorisation miroir 4

Motorisation monostable reflex classique (EOS 5000) 4

Miroir principal 5

Miroir secondaire 5

Motoréducteur d'armement 6

Motorisation bistable 40D 7

Séquence de fonctionnement 8

Bloc motoréducteur 8

Commande électrique 9

Motorisation bistable 1D mark III 10

Obturateur a rideaux ou plan focal 11

Principe de fonctionnement obturateur 11

Fonctionnement simplifié d'un boitier reflex à obturateur plan focal 11

Fonctionnement temporel détaillé obturateur 12

Vitesse de synchronisation flash 14

Obturateur boitier argentique classique 15

Rideaux obturateur 15

Actionneur rotatif / Electroaimant de maintient 16

Séquence de fonctionnement 18

Réglages et entretien 18

Obturateur a armement séparé 40D 19

Ensemble obturateur 19

Moteur d'armement 20

Réglages et entretien 20

Mesure d'exposition 21

Mesure d'exposition automatique EOS 5000 21

Autofocus 22

Autofocus EOS 5000 22

Capteur AF1 22
Capteur AF2 23
Système de visée ***24***
Révisions document ***24***

Avant propos :

Pourquoi ? Comment ? Graves questions, rares ou malheureux sont ceux qui ne se les ont jamais posés. Si Philippe Vandel y répond avec verve et brio sur de multiples sujets je ne l'ai jamais entendu traiter de la technique utilisée dans nos (chers) appareils photos. Alors pour les geeks ultimes ou ceux dont le sav a laissé leur vieux joujou au bord de la route j'espère qu'ils pardonneront ma prose parfois confuse et trouveront leur aiguille dans ma botte de foin (non, je ne fume pas ……ou du moins plus ;>)

Je conseille de télécharger sur le site de Canon Muséum les différents PDF "EF Lens Book" édités par le constructeur, en particulier les tomes 9 et 10 traitants des solutions techniques utilisés dans ses matériels et de théorie optique.

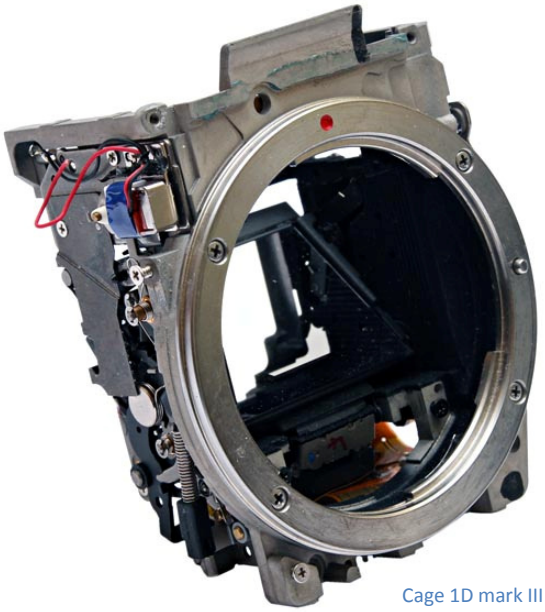
Ensemble Cage Reflex

Cage reflex

La cage est l'ensemble mécanique principal qui constitue le cœur de tout boitier à optique interchangeable de type reflex.

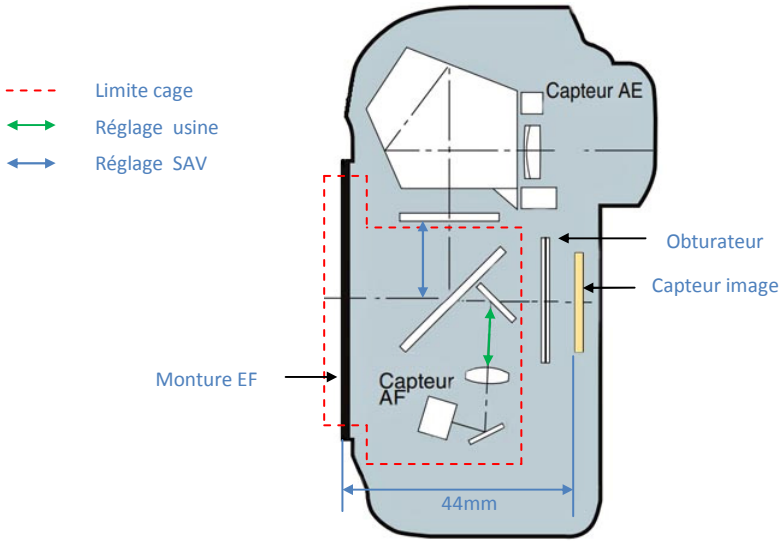
Celle-ci comprend l'ensemble des miroirs s'occupant de distribuer l'image en provenance de l'objectif vers les différents éléments optiques, et c'est sur celle-ci que viennent se greffer tout les composants du système : L'objectif via la monture EF, le capteur image, le dépoli et le prisme de visée ainsi que l'ensemble capteur autofocus.

La précision du système autofocus ou les éventuels décalages de la visée dépendront des contraintes dimensionnelles et des tolérances de fabrication de la cage, de plus celle-ci assurant la liaison avec le corps du boitier sa solidité sera mise a l'épreuve lors de l'utilisation d'un objectif lourd.



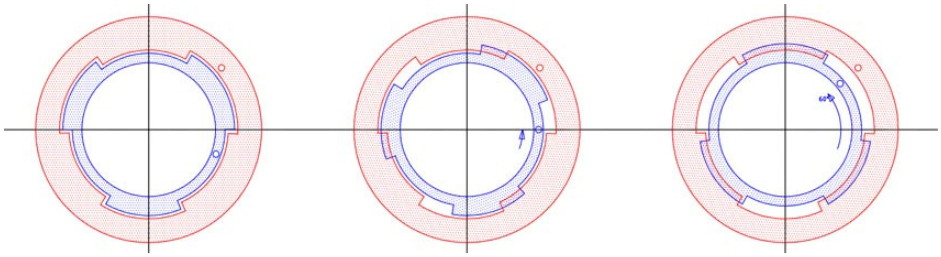
Cage 1D mark III

Généralement la cage est un ensemble remplacé par bloc en SAV, comprenant le mécanisme miroir complet, la motorisation et le système autofocus. Le calage du capteur image, du prisme de visée et de son dépoli étant obligatoirement à effectuer par le technicien au remontage.



Monture a baïonnette EF

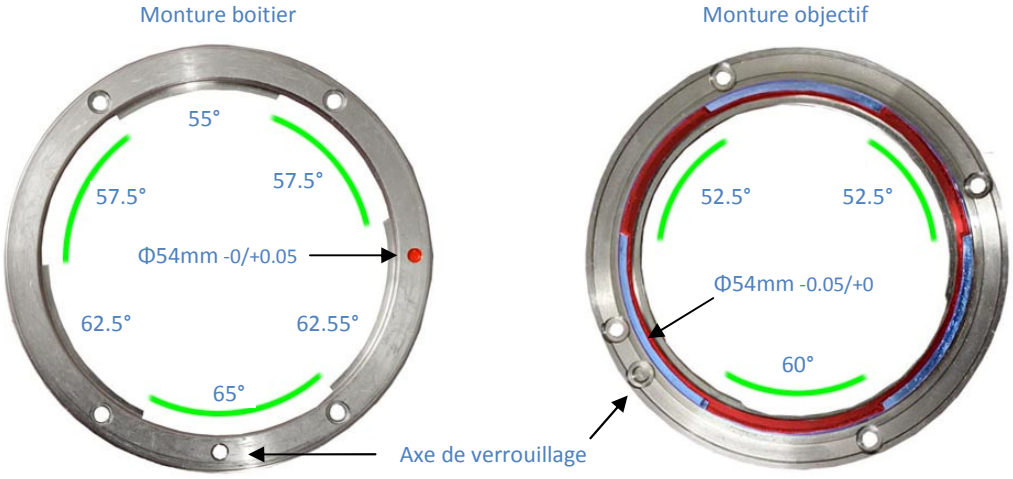
Le principe de fonctionnement des montures à baïonnette reprend celui des fameux ustensiles chers à Mirabeau. La monture femelle coté boiter et celle male de l'objectif comportent deux emboitements cylindriques servant au centrage dotés d'ailettes sur leur circonférence. La position complémentaire de ces ailettes permet d'engager la monture objectif dans la monture boitier et par rotation de l'une par rapport a l'autre d'assurer leur maintient axial, les ailettes venant en appui l'une sur l'autre.



Position d'introduction — Rotation — Fin rotation, verrouillage

En raison de la présence du connecteur de liaison électrique les montures EF utilisées par Canon utilisent des ailettes dotées d'une fonction détrompeur par dissymétrie de leur largeur. En outre un jeu de 5° est prévu entre les ailettes et leur logement pour une introduction plus facile.

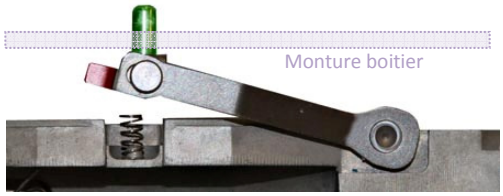
Les ailettes étant au nombre de trois, le verrouillage de l'objectif s'opère par un mouvement de rotation angulaire de 60°. Une vis (ou un insert) sur le coté de la monture objectif sert de butée pour limiter ce mouvement. Un axe dépassant de la monture boitier actionné par ressort permet en s'introduisant dans un logement de la monture objectif d'assurer le verrouillage du mouvement. Cet axe est effacé par action sur un bouton du boitier.



La photo suivante montre les deux montures assemblées, les ailettes de la monture boitier (en vert) sont munies d'un évidement permettant le passage d'une lame ressort (en bleu) venant plaquer la monture objectif (en rouge) sur celle du boitier et compenser le jeu de montage fonctionnel de quelques centièmes de mm.

Vue latérale montures assemblées

Les montures sont généralement usinées en laiton nickelé sur les gammes des matériels pro à expert, mais restent encore en plastique pour quelques objectifs d'entrée de gamme. Les montures boitier en plastique n'existent plus depuis le passage au numérique. Le logement de l'axe de verrouillage peut être soit usiné directement dans la monture, soit pour les objectifs lourds ou haut de gamme être constitué d'un insert en acier pour en limiter l'usure et le matage de ces bords.



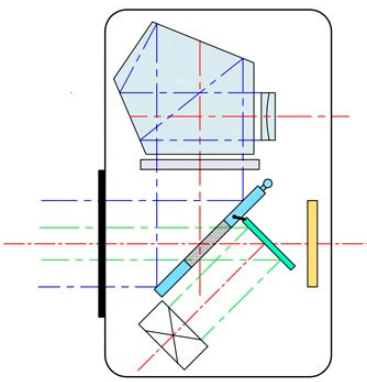
L'axe du système de verrouillage de l'objectif (en vert sur la photo ci-contre) est placé en position sorti par son ressort, lors de l'introduction de l'objectif dans la monture boitier il est effacé par celui-ci jusqu'à ce que arrivé en face de son logement il ressorte empêchant tout mouvement de rotation d'une monture par rapport a l'autre. L'action du bouton de libération sur la tige de commande (partie rouge) permet rentrer à nouveau l'axe et de dégager l'objectif.

Système de miroir

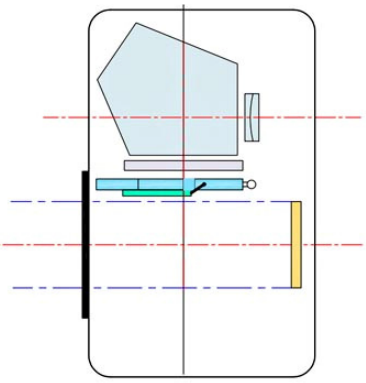
Le système de miroir est la base même du système reflex et sa fonction principale est de permettre d'obtenir dans le viseur la même image que celle projetée sur le capteur ou la pellicule, cela quelle que soit la focale ou le type d'objectif utilisé. Ce système a remplacé avec bonheur les appareils précédents a visée séparée, soumis aux erreurs de parallaxes et nécessitant une adaptation a la focale utilisée ……. et sera certainement remplacé a terme par des viseurs électronique utilisant directement le signal issu du capteur image (cas des compacts et hybrides actuels).

Comme le montre le schéma ci-dessous le fonctionnement de base est assuré par le basculement d'un miroir principal (en bleu clair) envoyant l'image issu de l'objectif vers le système de visée constitué du dépoli, d'un prisme et d'un ensemble de lentilles de collimation quand il est en position basse, ou au contraire en laissant l'image atteindre la surface de prise de vue (en orange) quand il est en position haute.

Le système autofocus apparu ultérieurement a modifié la structure du miroir principal celui-ci devenant semi transparent, une partie du flux lumineux le traverse et viens réfléchi par le miroir secondaire (en vert) atteindre l'ensemble capteur AF. Le taux de distribution habituellement utilisé est de 60/40, 60% du flux étant envoyé au dépoli et a la visée, 40% servant a l'autofocus.



Miroir abaissé : Visée et AF



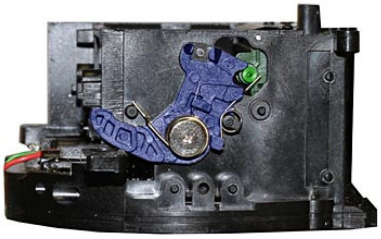
Miroir relevé : Prise de vue

La photo ci-contre montre le miroir d'un ancien boitier EOS 5000 argentique éclairé par l'arrière, seule la partie utilisée par l'autofocus est illuminée le restant de la surface étant masquée par le cadre de maintient sur lequel le miroir est collé.

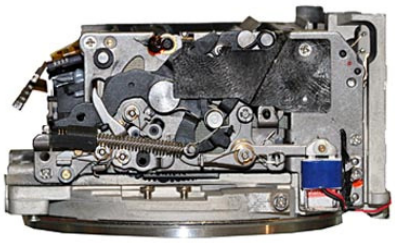
Le miroir principal est un élément très fragile, comme tous les miroirs utilisés en optique il est à tain inversé, la surface réfléchissante étant sur la face visible. Ce traitement de surface est facilement rayable, si une marque sur la partie non analysée par l'autofocus n'est pas critique avec pour seule conséquence un impact esthétique au niveau de la visée la même marque dans la partie utilisée par l'Af peut troubler la mise au point et rendre celle-ci inopérante sur la zone détériorée.

Le miroir secondaire envoyant la partie de l'image traversant le miroir principal vers le module autofocus est articulé sur le cadre du miroir principal. Un système d'index solidaire de la cage circulant sur la tige de commande (en rouge) permet de rabattre le miroir secondaire sur le principal lors de la montée du second. Généralement un excentrique permet de régler l'angle du miroir secondaire pour ajuster la position verticale de l'image sur le capteur autofocus.

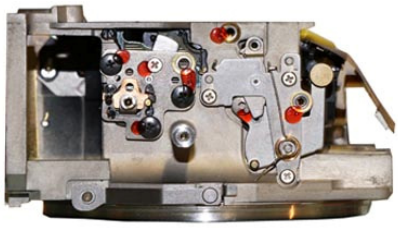
Le mécanisme de déplacement des miroirs peut être extrêmement complexe, outre la partie motorisation impactant la vitesse d'actionnement et donc la cadence de prise de vue, les systèmes d'amortissement des vibrations et impacts en fin de mouvement peuvent être nombreux tout comme les points de réglage. A titre d'exemple la photo ci-dessous compare le mécanisme de commande des miroirs de deux boitiers : Le vieil EOS 5000 ayant servi pour les photos précédentes se contentant d'un simple système de levier et de deux ressorts, et celui d'un 1D mark III ou les deux faces de la cage sont utilisées pour loger les systèmes d'armement et d'amortissement.



Eos 5000



1D mark III armement



1D mark III amortissement

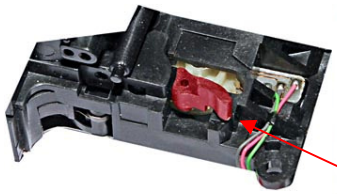
Motorisation miroir

Motorisation monostable reflex classique (EOS 5000)

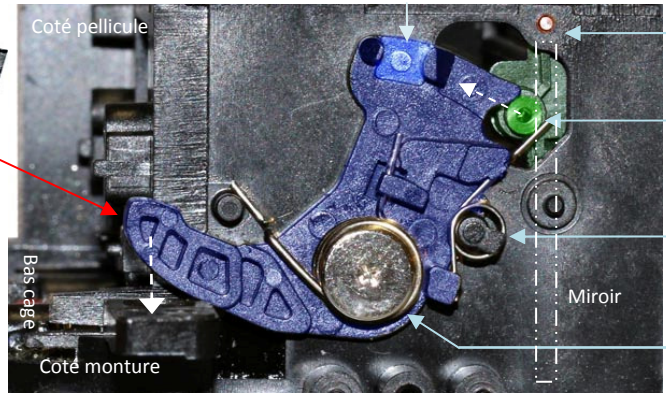
Sur ce type de boitier la commande du basculement du miroir est conjuguée à l'armement de l'obturateur. Le mécanisme de ce boiter est des plus basiques avec pour seul élément de manœuvre le levier en bleu sur la photo suivante.

Miroir principal

Le miroir principal est articulé à son extrémité supérieure par un simple axe de 1mm comme une porte, un doigt de commande (en vert) légèrement excentré permet de le manœuvrer. Un ressort suffisamment puissant pour contrebalancer son poids tend à le placer en position abaissée à 45° quelle que soit la position du boitier. Le levier principal en bleu agit de façon inverse pour le faire remonter et le plaquer contre le dépoli, un ressort de forte puissance le maintient en position montée en l'absence de tout autre élément.



Came d'armement
mue par le moteur principal
boitier



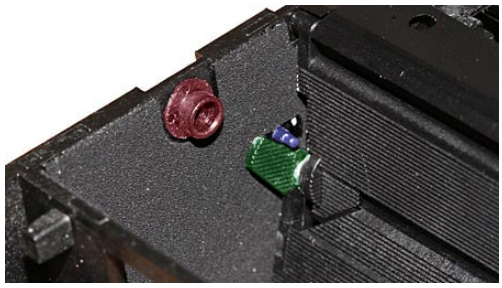
Système miroir cage (Miroir en position haute)

Le corps du boiter est doté d'un système motoréducteur actionnant par l'intermédiaire d'une came un doigt (en rouge) agissant sur l'autre extrémité du levier principal d'armement et permettant de descendre le miroir (voir paragraphe motoréducteur).

Le système est conçu de telle manière qu'un blocage mécanique du miroir par un élément étranger ne provoque pas de blocage de la motorisation. Si le miroir est bloqué dans le sens de la descente les seuls efforts seront ceux fournis par le petit ressort de descente, a l'inverse si il est bloqué dans le sens de la monté le levier principal restera en position actionné et son doigt de motorisation agira a vide.

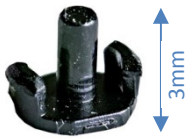
Pour les mêmes raisons il est tout à fait possible de soulever le miroir manuellement lorsqu'il est en position repos basse.

Miroir secondaire



Le miroir secondaire est plaqué contre le miroir principal par le petit index en bleu frottant sur une patte de commande lui étant solidaire. La rupture de cet index est une cause courante de pannes sur certains boitiers provoquant la mise hors service de l'autofocus. L'inflation du nombre de déclenchement avec les premiers numériques comme le 300D a provoqué la mise en évidence de ce problème beaucoup plus souvent que du temps des boitiers argentique de gamme similaire. La butée en rouge constituée d'un excentrique permet le réglage de l'angle du miroir secondaire en position ouverte (miroir principal abaissé) ce qui permet d'ajuster la position verticale de la zone analysée par l'autofocus.

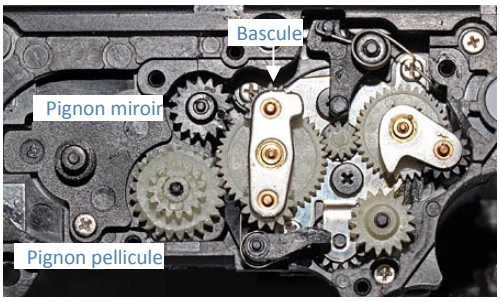
L'index de déplacement du miroir secondaire est une petite pièce relativement fragile en plastique et clipsée sur la paroi de la cage. Sa rupture provoque un disfonctionnement de l'autofocus. Si cette pièce n'est pas détaillée il est toujours possible de réaliser une réparation de fortune avec un petit morceau d'axe métallique (trombone par ex) collé.



Motoréducteur d'armement

La motorisation de ce boitier est assurée par un seul moteur à courant continu alimenté par deux piles de 3v. Suivant son sens de rotation un système d'embrayage à bascule entraine soit le pignon d'entrainement de la pellicule, soit le pignon de motorisation du miroir.

Comme il l'a été vu dans la section précédente ce pignon entraine une came actionnant un doigt permettant de descendre le miroir principal.



Motoréducteur boitier

La came de commande du miroir tourne en sens antihoraire avec une vitesse d'environ 4 tours minutes (Ceci va déterminer la cadence de la rafale, le temps de déplacement de la pellicule venant en sus) et sa position est déterminée par un codeur électrique délivrant deux informations A et B. Sur les photos qui suivent les différentes zones de la came sont teintes de couleurs différentes et le tableau suivant donne les équivalences entre ces zones et les signaux reliés au commun.

Infos reliées au commun	A + B	A	-	B
Zones	Verte	Rouge	Blanche	Bleue
Position miroir	Basse (Repos)	Haute	Haute	En descente

Fonctionnement :

Boiter au repos le doigt de commande du miroir est en appui sur la partie haute de la came (zone verte) ce qui provoque son basculement ressort tendu et la mise en position basse à 45° du miroir et l'armement des deux rideaux de l'obturateur.

Lors d'une demande de déclenchement la séquence suivante est exécutée :

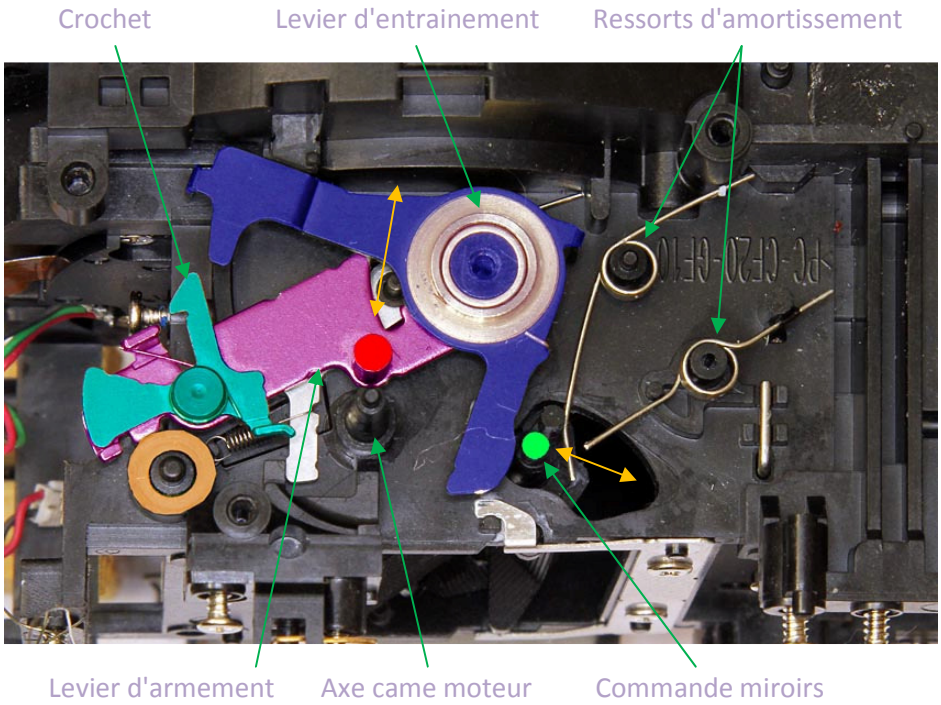
- Les électroaimants de rideau d'obturateur sont alimentés suivis du moteur. Ce dernier avance sur la zone rouge puis s'arrête, la came libère le doigt de commande du miroir qui remonte rapidement sous l'effet du ressort principal, un simple tampon en mousse vient amortir sa fin de mouvement.
- Les électroaimants des rideaux d'obturateurs sont coupé séquentiellement ce qui provoque l'exposition de la pellicule.
- Le moteur est alimenté à nouveau, la came tourne, redescend le miroir et réarme l'obturateur. Le moteur est probablement ralenti sur la zone bleue et s'arrête sur le début de zone verte le miroir étant rendu à nouveau en position basse prêt a recommencer un cycle avec un temps de latence le plus réduit possible.

Motorisation bistable 40D

Avec l'arrivée des modes vidéo et liveview le fonctionnement des boitiers a du subir une évolution profonde, le miroir et l'obturateur devant avoir des fonctionnements indépendants une double motorisation a du être adoptée. Le miroir devant rester levé de longues périodes son fonctionnement devient bistable, un système de verrouillage à crochet est mis à contribution à cet effet.

Le mécanisme de montée et descente du miroir est constitué des ensembles suivants :

- En bleu foncé, le levier d'entrainement du miroir, il permet la montée du miroir par l'intermédiaire du doigt en vert en le poussant vers la droite. Les miroirs primaire et secondaire disposent d'un système de biellettes et de cames amplifiant la course de ce doigt, des ressorts (non visibles) maintiennent le miroir en position basse. La liaison entre le système de montée et les biellettes de miroir n'étant pas rigide il est possible dans cette position de manœuvrer le miroir a la main.
- En rose le levier d'armement, il est entrainé par la came moteur par la tige coloriée en rouge, un puissant ressort vient maintenir ce levier en position basse, toujours par l'intermédiaire de cette tige rouge.
- En bleu clair, le crochet permettant la liaison entre les deux leviers.
- En marron, un tampon en élastomère permettant d'amortir le choc des leviers lors de la montée du miroir.
- Plusieurs autres pièces et ressorts permettant d'amortir les vibrations lors du mouvement du miroir.

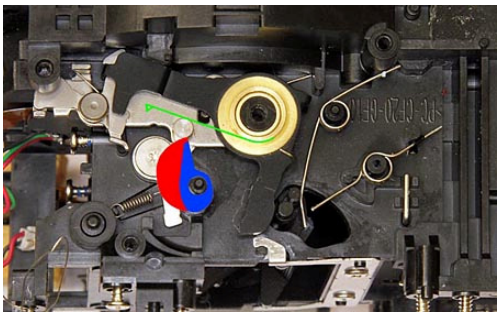


Les leviers d'armement et d'entrainement disposent de paliers concentriques en laiton pour réduire les efforts et l'usure de fonctionnement, dans le même but les surfaces de contacts leviers / cames / doigts reçoivent une lubrification légère, sans doute a base de graisse lithium.

Séquence de fonctionnement

Le fonctionnement est en plusieurs étapes toutes commandées par la position de la came principale :

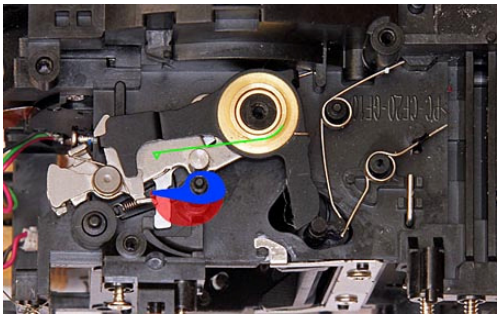
Position repos, système armé



Cet état constitue la position normale du boitier, le miroir est en position basse prêt à déclencher.

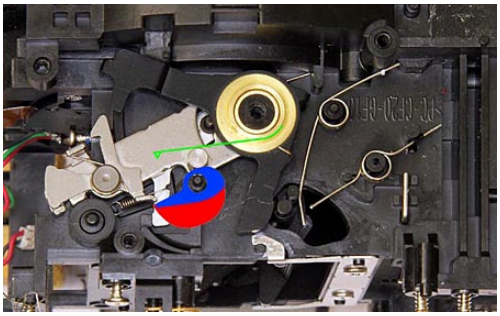
Le levier d'entrainement est maintenu solidaire de celui d'armement par le crochet, la came moteur maintient l'ensemble en position haute, le doigt de commande du miroir est libre les ressort du miroir le maintenant en position basse.

Montée miroir



La came moteur tourne de quelques degrés en sens antihoraire et libère le doigt du levier d'armement, le ressort vert plus puissant que ceux des miroirs entraine les leviers d'armement et d'entrainement vers le bas et fait monter le miroir en position haute. Le tampon en élastomère amortit le choc de fin de course. La came moteur avance encore un peu dans la position de la photo pour préparer l'étape suivante.

Descente miroir et armement du mécanisme

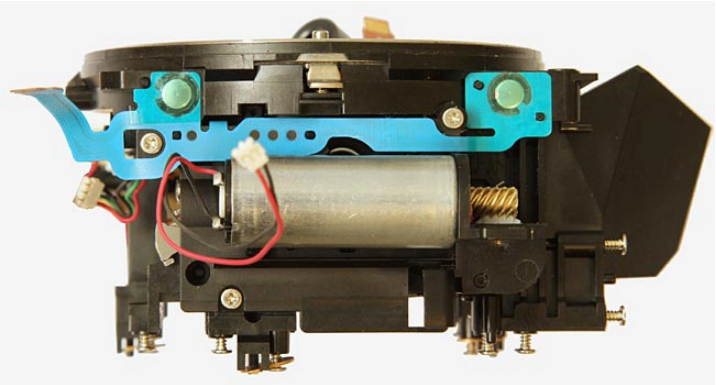


La came moteur tourne à nouveau de quelques degrés, son second étage en bleu actionne le crochet qui libère le levier d'entrainement. Le miroir retourne en position basse par l'intermédiaire de ses ressorts.

La came moteur continue de tourner en sens antihoraire pour replacer le levier d'armement en position haute, crochet verrouillé.

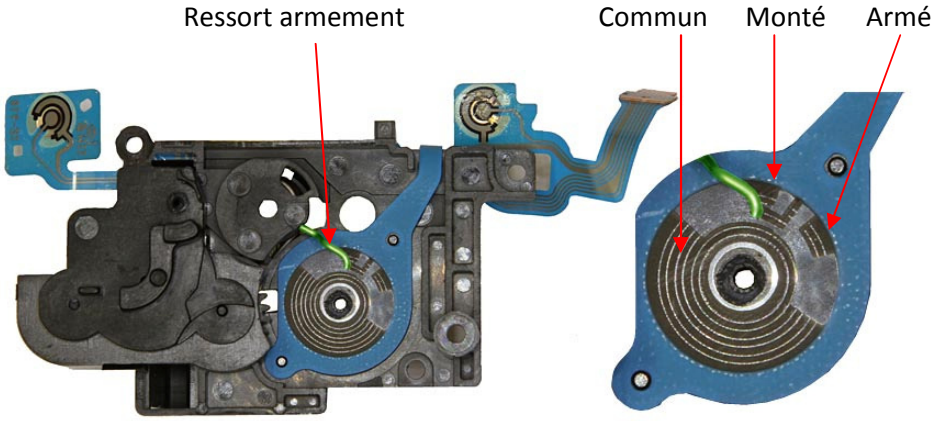
Bloc motoréducteur

L'ensemble motoréducteur se situe sur le coté de la cage au dessus du système de cames et leviers décrit précédemment. Le moteur doté d'une vis sans fin entraine la came moteur par l'intermédiaire d'un ensemble d'engrenages en réduisant la vitesse de rotation et augmentant le couple de sortie.



La came moteur entrainée par l'ensemble réducteur présente sur une de ses faces un peigne conducteur permettant la détection de son positionnement, sur l'autre deux cames de profils différents commandant le levier d'armement (en rouge) et le crochet (en bleu).

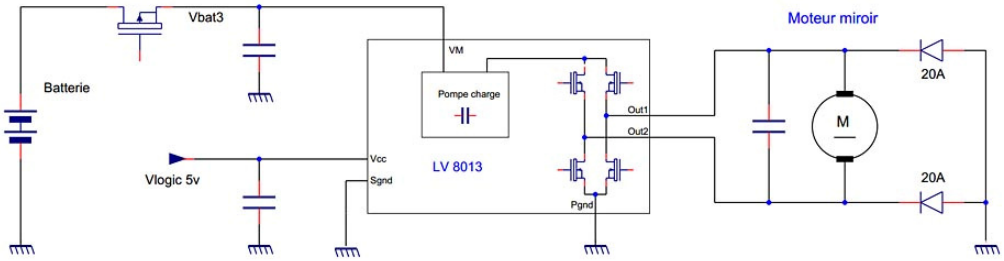
La face intérieur du carter réducteur comprend le ressort principal d'armement (en vert) et le codeur de positionnement constitué de pistes graphite déposées sur un mylar souple, malgré la souplesse des lames du peigne une usure de ces pistes est inévitable, il est possible de voir leur trace sur cet exemplaire ayant subit environ 15k déclenchements. Un dépôt de graisse conjugué a la poussière carbone due a l'usure peut provoquer des fuites de courant entre les pistes et par voie de conséquence de fausses détection de positionnement et des erreurs système.



Selon les rumeurs du net, le moteur insuffisamment calibré serait une source de panne récurrente du modèle, les premiers symptômes débutant par des bruits de grincement.

Commande électrique

Le moteur est commandé par le circuit spécialisé LV8013 de Sanyo disposant d'un pont en H et d'une pompe de charge permettant une commande en PWM. Le moteur n'est certainement commandé que dans un seul sens de rotation avec une phase de freinage. Son alimentation est tirée directement de la batterie via un switch mos de mise en service général.



Le courant consommé par le moteur est d'environ 1.5A crête, la durée de commutation du moteur pendant la phase de montée du miroir est d'environ 5ms, celle d'armement entre 30 et 50ms. Ces derniers chiffres ne sont que des valeurs approchées ayant été mesurés de façon indirecte.

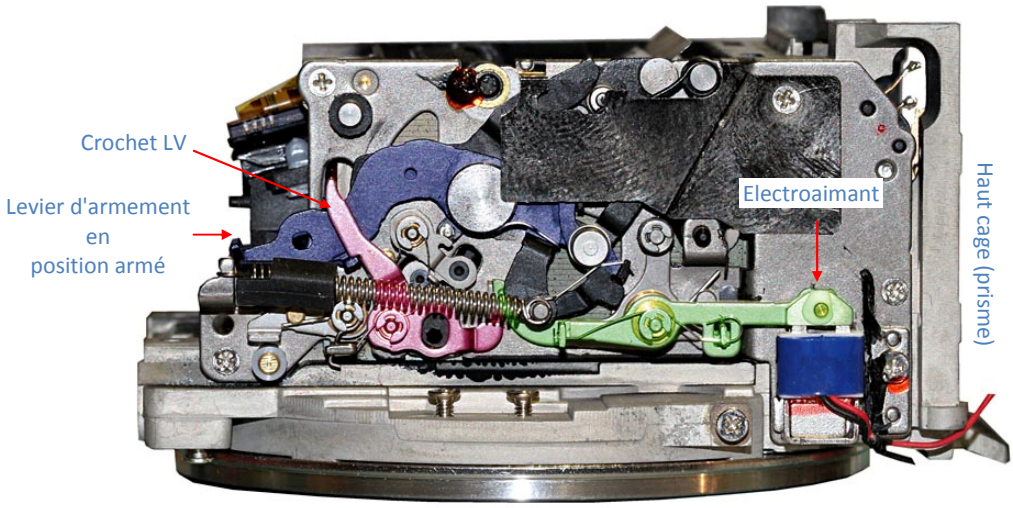
Motorisation bistable 1D mark III

La conception de la cage de ce boitier est nettement plus évoluée que pour les versions précédentes, la tenue de la cadence et la compensation des vibrations y est certainement pour beaucoup. La cinématique de fonctionnement du système de relevé du miroir aurait été intéressante à décortiquer mais trop gourmande en temps pour que je le fasse.

N'ayant pas réalisé d'essais en fonctionnement réel boitier ouvert je ne peux que donner des suppositions sur le fonctionnement de cet ensemble basés sur le comportement de cette cage récupérée après un passage en SAV du boitier (problème AF).

Contrairement au modèles précédents la commande de montée et descente du miroir n'est pas confiée directement au moteur d'armement et la position d'une came mais par un électroaimant agissant par répulsion de son circuit magnétique mobile.

- Le moteur actionne le levier d'armement du miroir en position armé ressorts tendus puis s'efface, ce dernier est retenu par le crochet (en rouge) le miroir est en position abaissée. C'est la position repos du boitier.
- Une première impulsion électrique est envoyée à l'électroaimant qui repousse son circuit magnétique et la tringlerie associée (en vert) provoquant la remontée rapide du miroir sous l'influence de ressorts. La position est la aussi stable.
- Une seconde impulsion sur l'électroaimant provoque la redescente rapide du miroir grâce à un second jeu de ressort. Le système est désarmé.
- Le système doit être armé par le moteur à nouveau pour fonctionner, il est noter que la redescente du miroir peut aussi être assurée par ce mouvement d'armement.



L'ensemble moteur d'armement du miroir est situé sur une platine métallique séparée du mécanisme de miroir. Le levier d'armement est manœuvré par un bras oscillant sous l'effet d'une came, un galet au point de contact évite les frottements.

La came est mise en rotation par un moteur continu et par l'intermédiaire d'un train d'engrenage réducteur. Sa position est détectée classiquement par un frotteur mettant en liaison les pistes d'un circuit imprimé souple.

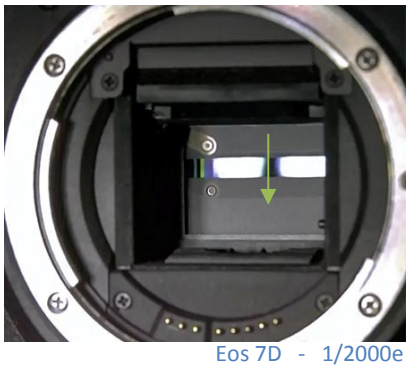
Obturateur a rideaux ou plan focal

Les obturateurs à rideaux ont remplacé les anciens systèmes centraux en raison de leurs possibilités étendues et en particulier l'obtention de hautes vitesses d'obturation et d'une précision accrue concernant celle-ci. Leur principal inconvénient réside dans un leur temps de synchronisation et de fonctionnement fixe et largement supérieur.

Principe de fonctionnement obturateur

La totalité des reflex actuels utilisent des obturateurs à plan focal fonctionnant avec des rideaux venant masquer ou démasquer le capteur.

Ces rideaux constitués de 3 a 4 lames s'empilant en glissant les unes sur les autres sont manœuvrés par des ressorts rotatifs permettant un mouvement vertical de ces lames a vitesse constante, un petit électroaimant permet de les maintenir en position armé ressort compressé.



Eos 7D - 1/2000e

La position initiale de ces rideaux est symétrique, le premier est déployé masquant le capteur, le second replié en haut de la cage. Lors du déclenchement le premier rideau se replie du haut vers le bas venant démasquer progressivement le capteur, le temps d'exposition sélectionné écoulé le second rideau se déplie à son tour dans le même sens venant masquer le capteur à nouveau. La vitesse de déplacement de ces deux rideaux étant identique chaque ligne du capteur est exposée exactement le même intervalle de temps, mais avec un léger décalage temporel entre le haut et le bas du capteur ce qui dans certains cas de sujets en déplacement rapide peut provoquer des déformations localisées de l'image.

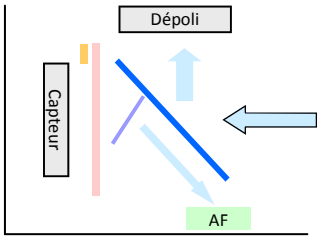
Pour toute vitesse d'exposition supérieure au temps de circulation d'un rideau devant le capteur le début de fermeture du second rideau intervient avant que le premier rideau ai fini de s'ouvrir complètement, seule une partie du capteur est donc exposée simultanément comme il est possible de le voir sur la photo au dessus.

Ce dernier point est particulièrement important dans cadre de l'utilisation d'un flash car il faudra que pendant toute la durée de circulation de la zone exposée du capteur l'éclairement de la scène soit parfaitement constant. La durée d'un éclair étant extrêmement courte et inferieure a cette durée de circulation la seule solution est de travailler a de vitesses d'exposition ou le capteur est entièrement découvert, soit pour des vitesses supérieures au temps d'ouverture du premier rideau, cette vitesse minimale est appelé vitesse de synchro X.

Fonctionnement simplifié d'un boitier reflex à obturateur plan focal

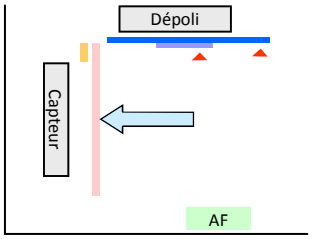
- 1 : Etat initial - Position repos

Le miroir est en position basse, une partie de la lumière provenant de l'optique est réfléchie sur le dépoli, l'autre sur le capteur autofocus via le miroir secondaire.



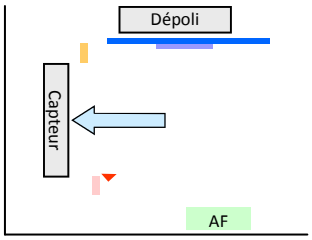
- 2 : Début déclenchement

Le miroir principal entrainant le secondaire est relevé et vient se plaquer contre le dépoli. L'obturateur étant fermé le capteur ne reçoit pas encore de lumière.



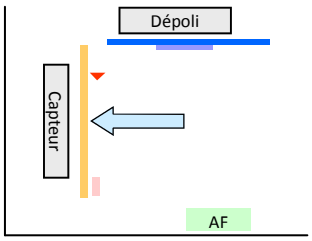
- 3 : Début exposition

Le premier rideau (rose) s'ouvre et découvre progressivement le capteur provoquant son exposition à la lumière venant de l'optique. Le décompte du temps d'exposition commence au début de l'ouverture.



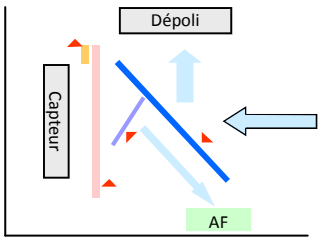
- 4 : Fin exposition

Le temps d'exposition étant écoulé le second rideau (orange) descend à son tour et se ferme en recouvrant le capteur.



- 5 : Retour en position initiale

Le miroir est abaissé, le capteur autofocus peut refaire le point, l'obturateur est réarmé, les deux rideaux remontent simultanément en position initiale.



Fonctionnement temporel détaillé obturateur

Comme expliqué aux étapes 3 et 4 les obturateurs à rideaux utilisés sur la presque totalité des boitiers reflex utilisent un différentiel temporel entre les commandes d'un premier rideau découvrant le capteur et d'un second le recouvrant pour régler la durée d'exposition. Chaque ligne du capteur est donc exposée pendant un temps correspondant à ce différentiel indépendamment de la vitesse ou la longueur de déplacement de ces rideaux, la seule contrainte étant qu'en tout point du déplacement les deux rideaux aient des vitesses de déplacement non pas forcement constantes mais identiques.

Ce type de fonctionnement aura principalement pour conséquences :

- La création d'un décalage temporel entre l'exposition du haut et du bas du capteur, ceux-ci sont exposés la même durée mais pas au même instant (fig. 1).

- La durée de prise de vue sera au minimum égale à celle de déplacement des rideaux, quel que soit le temps d'exposition (fig. 3).

- La vitesse de déplacement des rideaux fixe impliquera l'existence d'un seuil du temps d'exposition correspondant au temps de déplacement des rideaux devant le capteur. Pour toutes valeurs de temps supérieures à ce seuil le second rideau étant déclenché après la fin du mouvement du premier, il y aura une période ou la totalité du capteur est exposé simultanément. Pour les valeurs inférieures seule une bande plus ou moins large sera découverte (fig. 3).

Les deux premiers points auront pour conséquence des problèmes de distorsion ou d'effets stroboscopiques sur une image ayant des sujets en mouvement rapides dans le sens vertical.

Le dernier point est particulièrement important dans le cas d'utilisation d'éclairage discontinu (flash par exemple) de durée inférieure à cette valeur de seuil comme il le sera détaillé dans le chapitre sur la synchro flash.

Les graphiques suivant montrent lors d'une prise de vue et en fonction du temps le positionnement des rideaux (ouverts ou fermés) et l'état d'exposition à la lumière des lignes terminales horizontales haute et basse du capteur.

Fig.1 : Temps d'exposition supérieur à tDep (Temps de déplacement rideau devant capteur)

La totalité du capteur est exposé une partie du temps d'exposition, durant ce laps de temps il est possible d'utiliser une source d'éclairage fluctuante ou de faible durée comme un flash sans conséquence sur l'homogénéité d'éclairage de l'image.

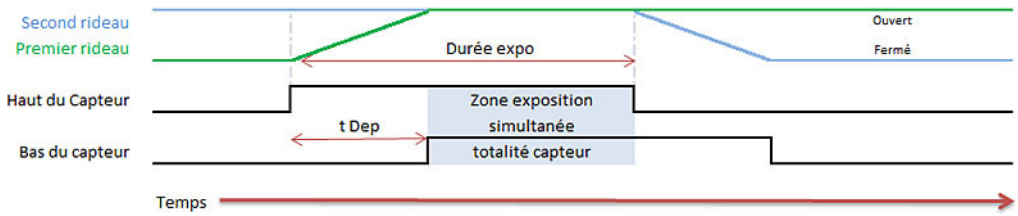


Fig.2 : Temps d'exposition égal à tDep

Le second rideau commence à recouvrir le capteur à l' instant où le premier a fini de le découvrir.

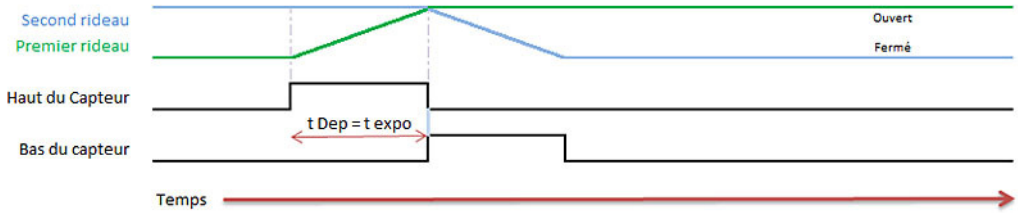
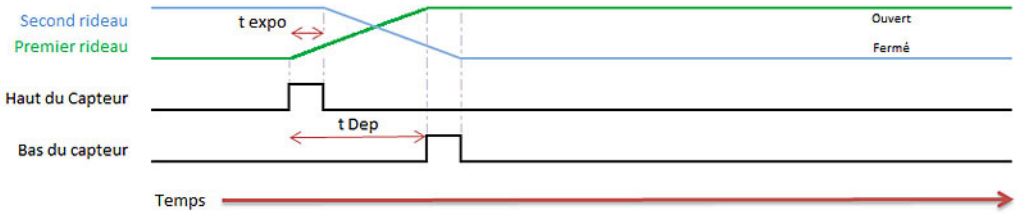


Fig.3 : Temps d'exposition inférieur à tDep

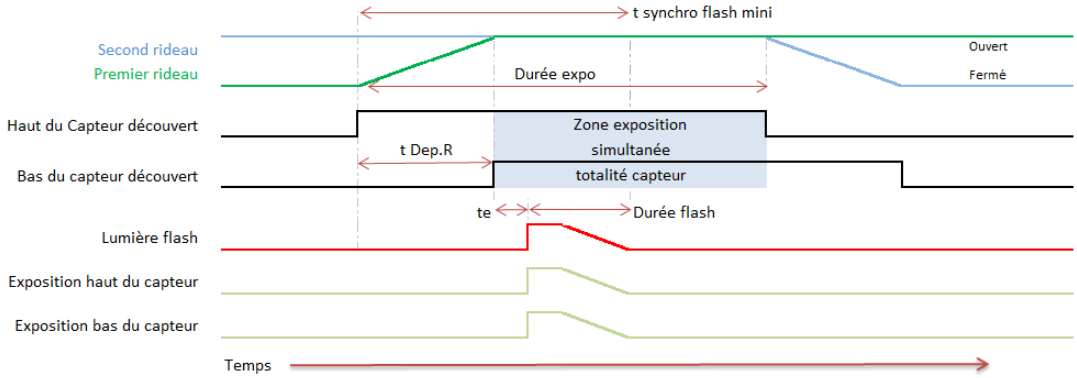
Seule une bande du capteur est découvert, la durée de déplacement de cette bande est égale à tDep plus tExpo, durant cet intervalle la source d'éclairage du sujet doit rester uniforme. La largeur de cette bande est bien sûr inversement proportionnelle à la vitesse d'exposition.



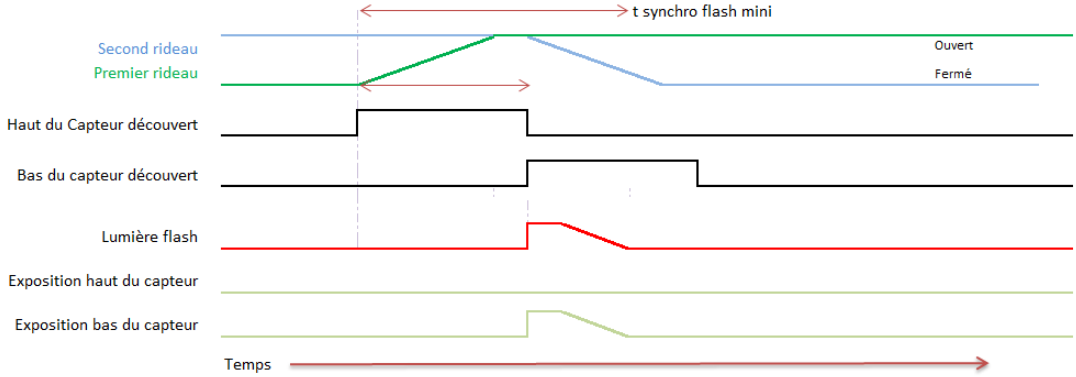
Vitesse de synchronisation flash

Comme il l'a été vu précédemment pour toute valeur de temps d'exposition inferieure au temps de circulation des rideaux seule une bande plus ou moins large du capteur est exposée simultanément. Dans le cas d'une source d'éclairage fluctuant durant cette période de déplacement ou lui étant inferieure la quantité de lumière reçue par les bandes découvertes successivement par l'obturateur sera elle aussi fluctuante provoquant un défaut d'exposition de l'image.

Le graphique suivant montre lors d'une prise de vue et en fonction du temps le positionnement des rideaux (ouverts ou fermés), l'état d'exposition a la lumière des lignes terminales horizontales haute et basse du capteur, et l'état du flash.



Si dans le chronogramme précédent la vitesse d'exposition étant largement supérieure à la vitesse de synchro-flash le haut et le bas du capteur reçoivent la même quantité de lumière en provenance du flash le croquis suivant montre l'effet d'une vitesse d'obturation excessive. L'allumage du flash intervenant après le début de fermeture du premier rideau le haut du capteur n'est pas exposé



La vitesse d'exposition minimale ou l'usage du flash sera possible devra donc correspondre au temps d'ouverture complète du premier rideau (t Dep. R), du temps nécessaire à la commande et l'initialisation du flash (te) et de la durée de l'éclair, c'est cette valeur qui sera fournie par les constructeurs sous le nom de vitesse de Synchro-X. Par exemple dans le cas du 1D3 la valeur de Sy-x est de 3.3ms (1/300e) pour un temps de déplacement des rideaux d'environ 2.2ms.

La valeur de vitesse de synchro-X dépendant de la vitesse de déplacement des rideaux et de la grandeur du capteur celle-ci variera en fonction du type et de la qualité de fabrication des obturateurs. C'est la raison pour laquelle les rideaux se déplacent dans le sens vertical sur la distance la plus courte afin d'en diminuer sa valeur.

Le tableau suivant donne cette valeur pour quelques boitiers actuels.

Boitiers FF	
Canon 1D X	1/250e
Canon 5D	1/250e
Canon 5D II, 5D III, 5Ds	1/200e
Canon 6D	1/180e
Nikon D3, D3x	1/250e
Nikon D4, D4s	1/250e
Nikon D600, D610	1/200e
Nikon D700	1/250e
Nikon D750	1/200e
Nikon D800	1/320e
Nikon D810	1/250e

Boitiers Aps C-H	
Canon 1D	1/500e
Canon 1D II(n)	1/250e
Canon 1D(s) III, 1D IV	1/300e
Canon 7D, 7D II	1/250e
Canon 10D	1/200e
Canon 20D à 70D	1/250e
Canon 300D à 760D	1/200e
Canon 1000D à 1200D	1/200e

Boitiers Dx	
Nikon D1, D1H, D1x	1/500e
Nikon D2H D2Hs, D2X	1/250e
Nikon D40, D50, 70	1/500e
Nikon D60, D80, D90	1/200e
Nikon D100	1/180e
Nikon D200	1/250e
Nikon D300	1/320e
Nikon D3000 a 3300	1/200e
Nikon D5000 a 5500	1/200e
Nikon D7000 a 7200	1/250e

Si les vitesses de synchronisation sont actuellement de l'ordre de 1/250e quelques rares anciens boitiers ont offert des vitesses doubles, ces performances avec le perfectionnement des flashs et l'avènement de fonctionnalités comme le mode HSS sont devenues peu utiles. Attention toutefois a ne pas penser que les anciennes générations de boitiers argentiques sont garantes de hautes vitesses de synchronisation, des valeurs largement inferieures aux standard actuels comme 1/50e étaient plus souvent de mise.

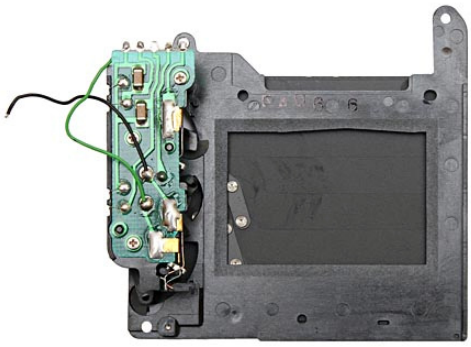
Obturateur boitier argentique classique

Avertissement : Si la technologie utilisée sur cet obturateur commence un peu à dater son étude pourra être adapté aux modèles plus modernes le principe ayant peu évolué. Si la surface sensible est ici théoriquement une pellicule il sera fait indifféremment allusion au capteur d'un boitier numérique selon mes humeurs.

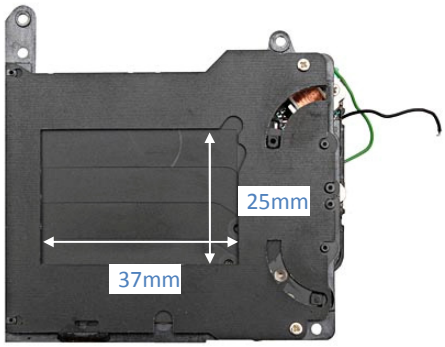
Rideaux obturateur

L'ensemble obturateur est constitué de deux cadres montées en sandwich dans lequel circulent les deux ensembles de volets constituant les rideaux. Sur un des cotés sont disposés les ressorts de rappel des rideaux, leurs électro-aimants de maintient et les micro-switchs de positionnement.

Cet ensemble est disposé au plus prés de la pellicule, et la fenêtre délimitée par les cadres est légèrement plus grande que son format avec une marge de 0.5mm sur chacun de ses cotés.



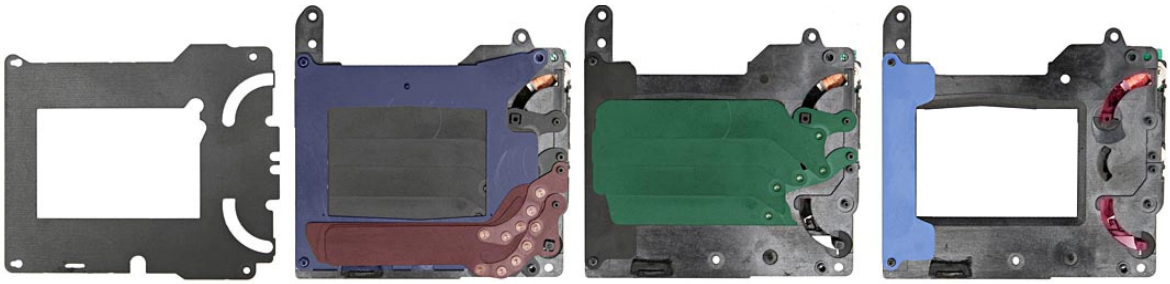
Coté objectif



Coté pellicule

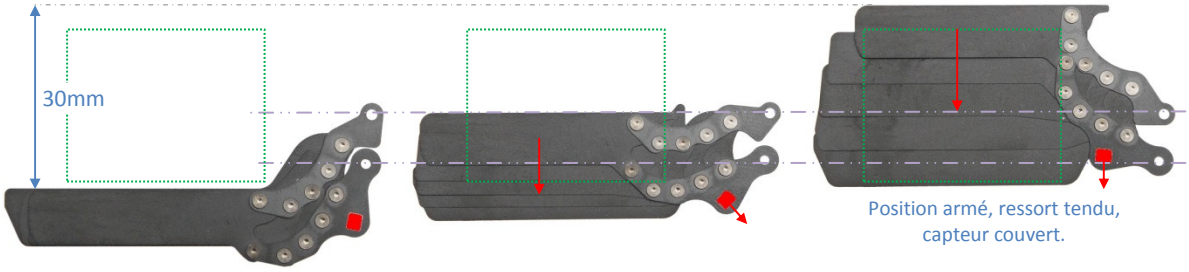
La photo suivante montre les différentes couches de l'obturateur, ce dernier est représenté a l'état désarmé soit la position des rideaux en fin de déclenchement.

A. L'obturateur est fermé par un couvercle tenu par deux vis d'un coté et par des griffes de l'autre.
B. Le premier rideau (en rouge) est en position basse découvrant le capteur, un séparateur métallique (en bleu) sépare les deux rideaux empêchant leurs lames de s'accrocher.
C. Le second rideau (en vert) est aussi en position basse venant recouvrir le capteur.
D. Le cadre et les deux doigts de manœuvre sont visibles, leur zone de déplacement est teinte en violet. Un séparateur en mylar graphité (en bleu clair) sert à améliorer le glissement pour les lames du 2e rideau sur le cadre limitant les efforts et son usure.



A : Couvercle B : 1e rideau C : 2e rideau D : Cadre

Chaque rideau est constitué de plusieurs lames articulées entre elles permettant par déplacement de leur point de manœuvre (point rouge) sur 90° env. autour de deux points fixes son ouverture par superposition des lames ou sa fermeture par juxtaposition. La valeur du déplacement des lames est plus importante que la celle de la fenêtre d'exposition du capteur ou de la pellicule (ici de 24mm avec un déplacement de la première lame de 30mm).



Le nombre de lames dépend du format du capteur ou de la pellicule, cet obturateur prévu pour un boitier argentique 24x36 comprend 4 lames par rideaux, certains boitiers bas de gamme peuvent en comporter 3, les compacts 2. Leur composition dépend de la gamme du boitier et va influer sur la durée de vie de l'obturateur, elles peuvent être en mylar, aluminium ou kevlar avec des assemblages hétérogènes dans le but de diminuer les efforts de glissement, leur temps de déplacement et augmenter leur durabilité.

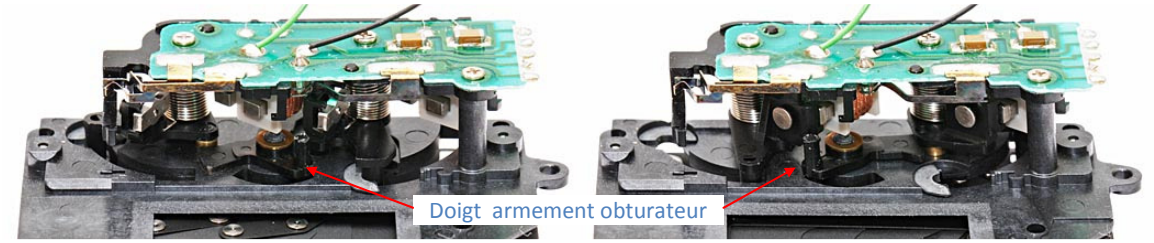
Actionneur rotatif / Electroaimant de maintient

Comme il l'a été évoqué dans la section précédentes les lames de l'obturateur sont entrainées par un doigt effectuant une trajectoire circulaire avec une amplitude légèrement inferieure à 90°.

Ce doigt est entrainé dans un sens via un système de came par le moteur d'armement qui dans le cas de ce boitier opère simultanément la descente du miroir, et dans l'autre sens par un ressort spirale. Pour des raisons de linéarité du mouvement et de régularité du temps d'actionnement c'est ce dernier sens qui est utilisé lors des séquences de déclenchement et d'exposition du capteur ou de la pellicule. L'utilisation d'un ressort de type cylindrique doté de nombreux tours permet d'obtenir une plus faible variation de la force de tension et donc de la vitesse entre le début et la fin du mouvement qu'avec un ressort boudin classique, la tension du ressort permettra de régler la vitesse du rideau

Un électroaimant est utilisé pour garder les doigts en position armé / ressort tendu, sa puissance est juste suffisante pour garder le système stable et en aucun cas ne permet d'armer le système, ceci étant assuré par la came comme indiqué précédemment. Un de ces deux électroaimants étant actif au minimum le temps d'exposition la source d'énergie du boitier devra être capable d'assurer son alimentation électrique pendant ce temps ce qui peut poser soucis pendant les poses longues. Généralement les notices des boitiers informent des restrictions et caractéristiques permises par le système de batteries utilisées.

La photo suivante montre le système de motorisation des rideaux complets dans les positions armé (mais non prêt a déclencher) et désarmé après déclenchement.

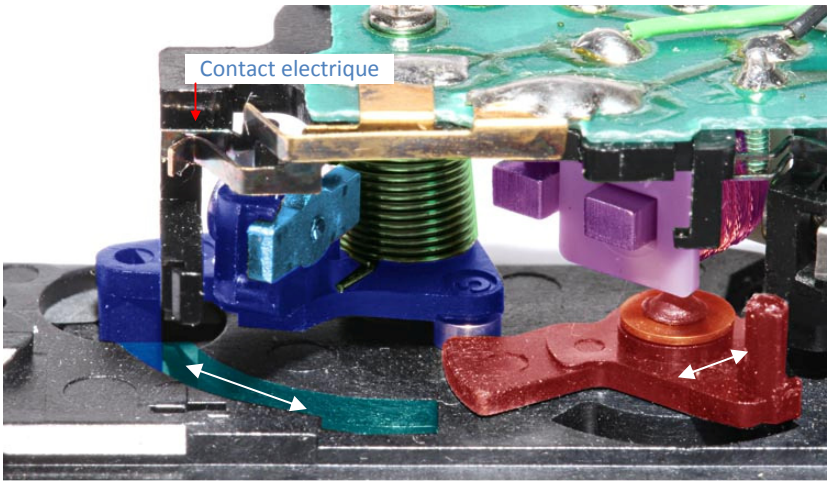


Système désarmé

Système armé

La photo suivante montre en détail le moteur du premier rideau, il est possible de voir la came d'armement (en rouge) avec son doigt de commande actionné par la came principale du miroir, l'ensemble doigt de manœuvre du rideau (en bleu fonce) et la trajectoire du doigt (en bleu/vert), le ressort de rappel en vert, l'électro-aimant en rose pour la partie bobine et en bleu clair pour la culasse mobile solitaire de l'ensemble doigt rideau.

Un contact électrique NO détecte la fin de mouvement du premier rideau (obturateur ouvert) pour l'émission de la commande synchro flash, un second contact de type NF est aussi actif à la fin du mouvement du second rideau (obturateur fermé).



L'extrémité fixe du ressort de rappel est solidaire d'une couronne crantée frottant sur le châssis, le mouvement de rotation n'est possible qu'a l'aide d'un outil et permet le réglage de tension du ressort.

Séquence de fonctionnement

Boitier en position repos, le miroir actionné par la came du moteur principal est en position basse (voir chapitre miroir) et le doigt d'armement de l'obturateur est en position armé, les ressorts des rideaux sont tendus, la culasse mobile de l'électroaimant est en position sur sa partie fixe, la bobine n'est pas alimentée. Le système est stable en attente de déclenchement.

Lors d'une demande de déclenchement la séquence suivante est exécutée :

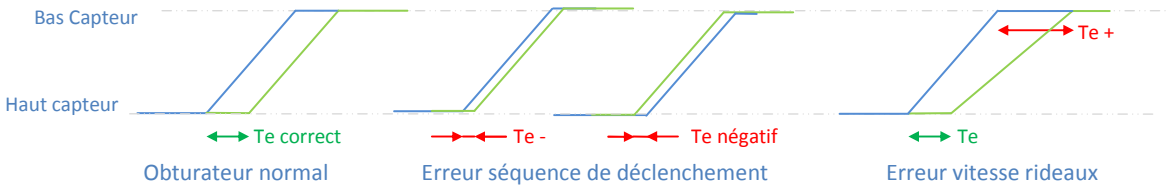
- Les électroaimants de rideau d'obturateur sont alimentés suivis du moteur principal, la came libère le doigt de commande du miroir qui remonte rapidement sous l'effet de son ressort, le doigt d'armement de l'obturateur bascule en position désarmé les rideaux maintenus par l'électroaimant restent en position.
- Le miroir en position haute et stabilisé l'électroaimant du premier rideau est désactivé ce qui provoque sa descente par l'intermédiaire de son ressort rotatif et le début d'exposition du capteur. La minuterie de temps d'exposition est initialisée.
- A la fin du mouvement du premier rideau le capteur est entièrement exposé le signal synchro flash est émis.
- Le temps d'exposition programmé écoulé l'électroaimant du second rideau est désactivé à son tour provoquant sa descente, le capteur est recouvert a nouveau.
- Le moteur principal du boitier est activé ce qui provoque la descente du miroir, le déplacement du doigt d'armement de l'obturateur en position armé et la remontée simultanée des deux rideaux, ceux-ci étant croisés le capteur n'est pas exposé.

Réglages et entretien

Plusieurs paramètres peuvent influer le fonctionnement de l'obturateur :

- Le temps entre la désactivation de l'électroaimant et le passage effectif du début de rideau devant le haut du capteur, du principalement aux tolerances de positionnement de la première lame (le déplacement du rideau est supérieur aux dimensions du capteur ou de la pellicule pour le compenser).
  Ce délai est compensé directement dans le boitier au niveau de la commande des électroaimants, dans le cas du remplacement d'un obturateur sans réglage de ce paramètre le temps d'exposition ne sera pas exact, l'erreur étant peu importante pour les temps longs mais devenant vite gênante pour les hautes vitesses, à l'extrême le capteur pourrait ne pas être découvert si le retard du premier rideau est tel que le second soit déjà actif.
- La vitesse de déplacement des rideaux : Si cette vitesse n'est pas identique entre les deux rideaux en tout point de leur positionnement par rapport au capteur le temps et la valeur d'exposition du haut et du bas du capteur ne seront pas identiques (que la vitesse ne soit pas linéaire n'est pas critique si les courbes sont similaires). C'est généralement ce phénomène qui apparait en premier lors de la défaillance d'un obturateur quand une des lames d'un rideau accroche.
  Le réglage de la vitesse des rideaux se réalise par tension du ressort et est actuellement effectué en usine.
- Un dernier réglage qui est en relation avec les deux premiers est le réglage du signal de synchro flash, ce signal intervenant a la fin du mouvement du premier rideau. Une compensation est la aussi nécessaire pour compenser les tolérances de fabrication et éviter que le flash soit déclenché avant la que le capteur ou la pellicule soit découverte entièrement tout en limitant la valeur de la vitesse de synchro flash.

Les croquis ci-dessous montrent le comportement des rideaux en fonction de ces paramètres, le tracé bleu représente le déplacement du premier rideau devant le capteur en fonction du temps, le tracé vert celui du second rideau.



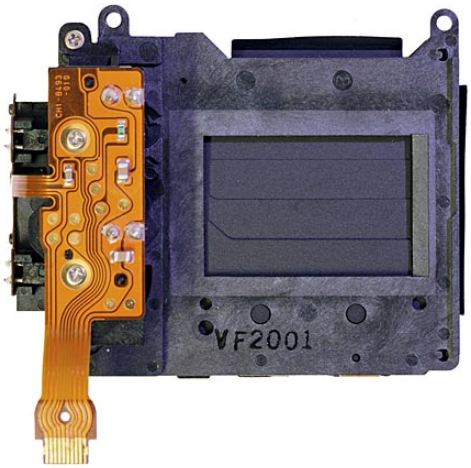
Comme évoqué plus haut le remplacement d'un obturateur devra être suivi obligatoirement du réglage de la compensation du temps d'activation de chaque rideau sous peine d'obtenir une erreur de vitesse d'exposition. Ce réglage nécessitant le banc logiciel adéquat pour les boitiers modernes ceci implique un passage dans un atelier SAV spécialisé.

Toutefois cette erreur de temps d'exposition étant constante son influence ne se fera sentir qu'au fur et a mesure de l'augmentation de la vitesse d'exposition. De plus les tolerances de fabrication étant de nos jours relativement serrées cette erreur peut être faible et le remplacement de l'obturateur sur un boiter dont la valeur vénale ne mérite pas une intervention SAV pourra toujours être tentée au prix d'une dégradation de ces performances …….. ce qui est préférable a un état "presse-papier".

Les obturateurs peuvent être obtenus soit en pièce d'origine ou en compatibles pour un cout modique. Il est aussi possible de ne trouver que les lames de rideaux, si leur remplacement ne pose pas de difficultés majeures j'ai quelques doutes sur la validité de l'économie réalisée, la dégradation des lames n'étant pas la seule usure possible sur un obturateur (axes et paliers, surfaces de glissement des lames …..).

Obturateur a armement séparé 40D

Ensemble obturateur



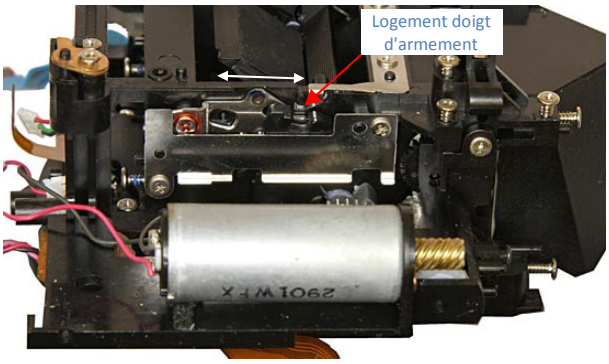
D'un point de vue fonctionnel l'obturateur du 40D est strictement identique à celui de l'EOS 5000 étudié précédemment.

Les seules différences sont a trouver dans l'évolution des technologies l'utilisation de matériaux différents avec un cadre entièrement en résine et des contacts électriques de positionnement des rideaux remplacés par deux capteurs optique de type fourche.

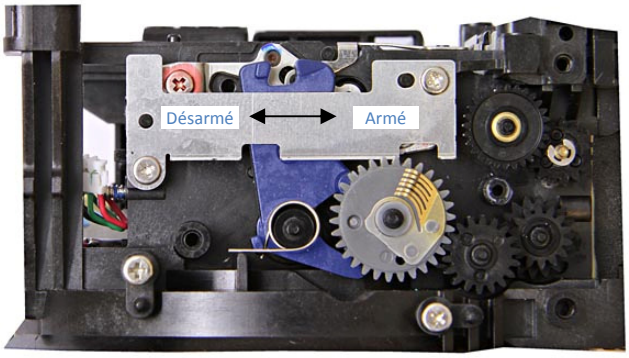
Le capteur du 40D étant de format plus petit que le format 24x36 du boiter argentique la vitesse de synchro flash passe de 1/50e au 1/250e et l'amélioration de la qualité de construction permet d'obtenir une vitesse d'obturation de 1/8000e au maximum.

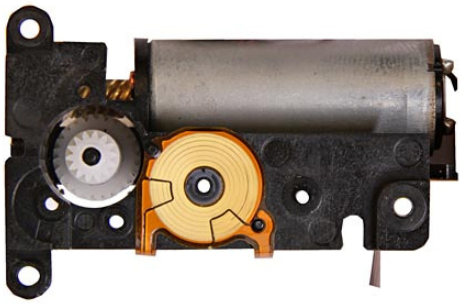
Moteur d'armement

Contrairement aux générations de boitiers précédents le 40D dissocie la motorisation des mouvements du miroir et de l'obturateur, condition nécessaire a la prise de vue directe par le capteur (mode liveview ou vidéo). Dans ces modes l'obturateur doit être capable d'effectuer plusieurs cycles alors que le miroir reste en position haute. Un armement de l'obturateur indépendant est donc obligatoire et confié à un second ensemble moteur.



Le fonctionnement de l'ensemble d'armement reste classique, le doigt d'armement de l'obturateur vient s'engager dans un logement du levier d'armement (en bleu). Ce dernier est mu par une came (engrenage gris) actionnée par un moteur continu via un réducteur. Un contrôle de positionnement est assuré classiquement par un frotteur solidaire de la came venant balayer un circuit imprimé souple.





Le fonctionnement est similaire à celui décrit pour l'obturateur de l'EOS 5000 les seules différences se situant au niveau du moteur d'armement.

A l'état repos du boitier, le levier d'armement de l'obturateur est en position armé, les rideaux sont en position haute et les électroaimants en position collé mais non alimentés.

Lors d'un déclenchement standard la séquence suivante est effectuée :

- Alimentation des électroaimants et des moteurs d'armement miroir et obturateur, le miroir se relève et le levier d'armement obturateur passe en position désarmé.
- Libération un a un des électroaimants de rideaux provoquant la descente de ceux-ci et l'exposition du capteur.
- Alimentation à nouveau du moteur obturateur pour déplacer le levier d'armement en position haute armé et la montée des deux rideaux simultanément.

Réglages et entretien

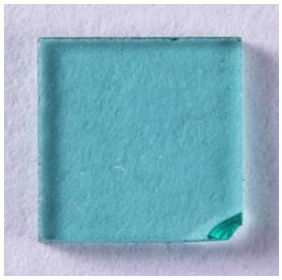
Les réglages et problèmes de l'obturateur sont communs aux autres modèles. Les seuls soucis spécifiques concernent le système d'armement avec comme pour le miroir un moteur légèrement sous dimensionné posant souvent problème sur ce modèle de boitier. L'encrassement du codeur de positionnement est aussi source de pannes.

Par manque de temps le restant de ce document ne restera sans doute qu'a l'état de brouillon, je présenterai juste quelques photos issues du boitier EOS 5000 et leur commentaires.

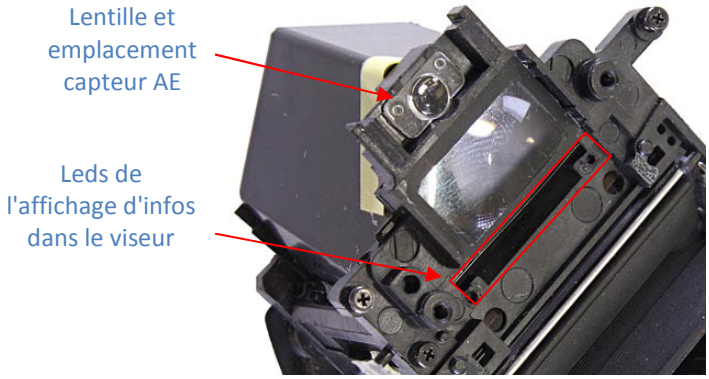
Mesure d'exposition

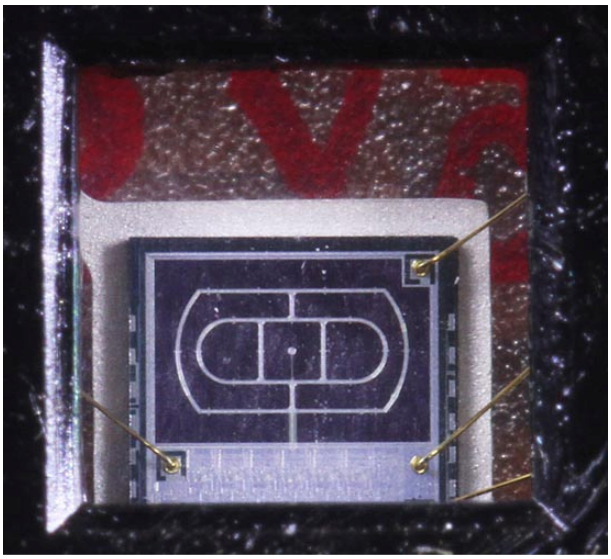
Mesure d'exposition automatique EOS 5000

La mesure d'exposition sur ce boitier est des plus basiques avec une mesure sur la zone centrale et une évaluative. Le capteur AE se trouve en haut du prisme (ici un pentamiroir) derrière une petite lentille et un filtre IR de couleur verte. Le capteur est collé, sa position excentrée est du au système de miroir et du prisme décalant l'image par rapport au centre de la lentille.



Filtre IR situé devant le capteur AE





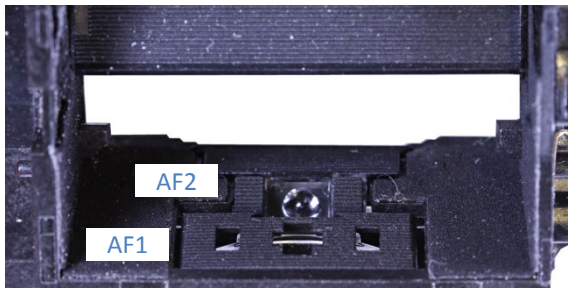
Le capteur semble une simple cellule silicium de mesure de lumière, les 4 vias de connexion indiquent un nombre de zones d'analyse limitée a 3 et dont les délimitations sont calqués sur celle du capteur AF et la gravure du dépoli (voir la notice du boitier).

Autofocus

Autofocus EOS 5000

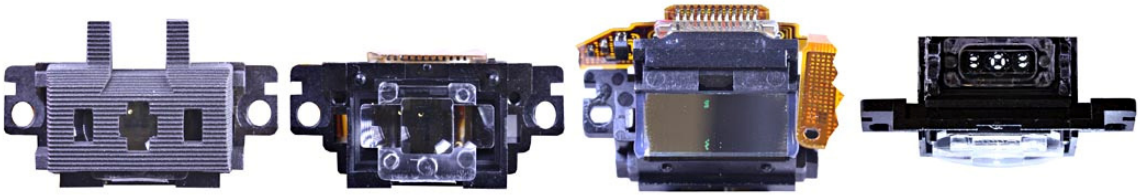
Ce boitier dispose de deux capteurs situé dans le fond de la cage reflex, un capteur AF classique avec son système de discrimination et un second capteur situé derrière une lentille simple.

La photo ci-contre montre l'emplacement de ces deux capteurs vu du coté pellicule, il est possible de distinguer le bas du miroir secondaire sur le haut de cette photo.



Capteur AF1

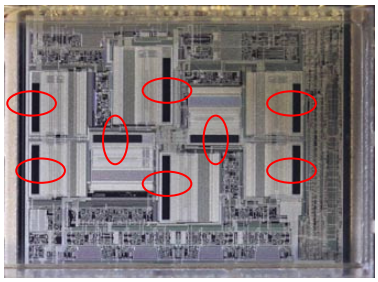
C'est le type de capteur que l'on retrouve sur les autres boitiers, la photo suivante en montre les principaux éléments. Le capteur AF de ce boitier ne dispose que de 3 collimateurs, un central et deux latéraux placés symétriquement sur la ligne horizontale centrale de l'image.



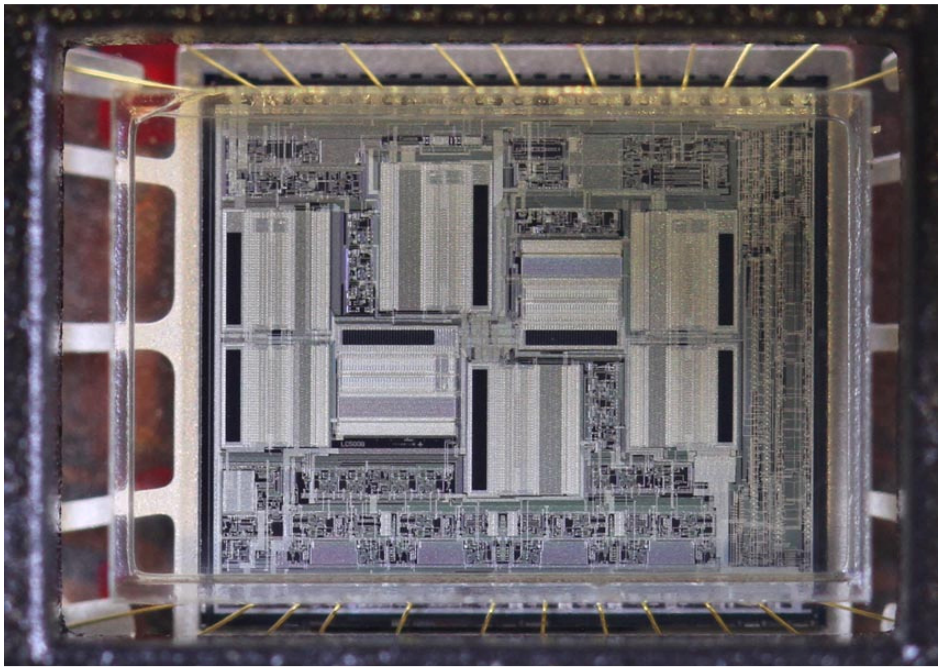
1. Vue de la face réceptrice du capteur, un premier masque délimite les zones d'analyse.
2. Le masque enlevé permet de distinguer la lentille primaire. A partir de cet endroit tout les éléments sont scellés et l'intérieur du capteur est étanche à la poussière.
3. Le capteur retourné fait apparaitre un miroir, il est possible de voir apparaitre dans le haut de cette troisième image le circuit intégré comportant les CCD du capteur.
4. Circuit intégré décollé il est possible de voir les lentilles séparatrices de chaque collimateur, les latéraux analysant les lignes verticales, le central disposant d'une analyse en XY.

Le circuit intégré comportant les CCD est inclus dans un boitier en polycarbonate transparent.

Les lignes noires épaisses sont les parties actives de chaque ensemble camera CCD permettant de mesurer l'écart de phase de l'image reçue. Chaque ligne est en relation avec une lentille de séparation. La longueur de chaque barreau CCD est certainement en relation avec son ouverture limite de fonctionnement (l'image trop defocalisée étant alors hors de la surface active.

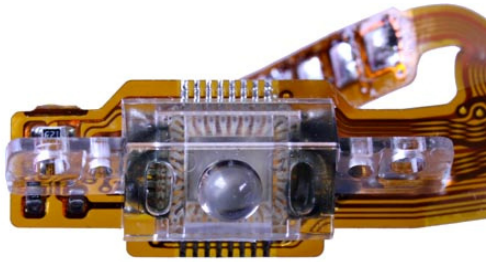


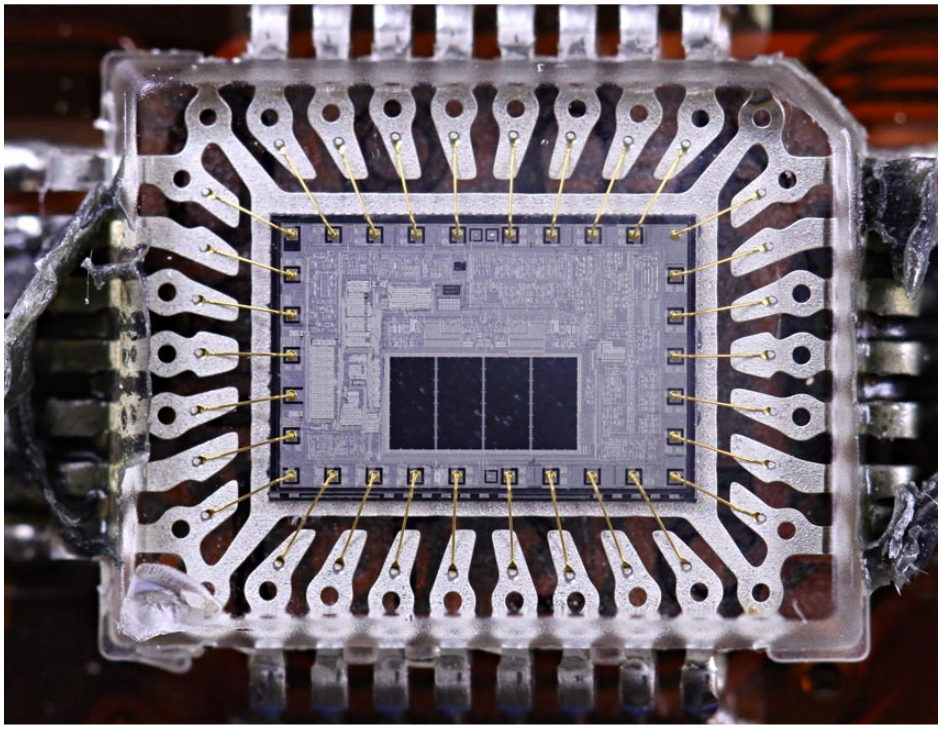
Capteur AF



Capteur AF2

Pas d'informations sur le but de ce circuit intégré, il effectue sans doute une mesure de lumière conjuguée au capteur AF, la gravure du die indique que ce circuit effectue des mesures et opérations complexes. La zone d'analyse étant limitée par le miroir secondaire ce capteur n'a que peu de chances de servir lors de la mesure d'exposition.





Système de visée

Révisions document

v1.00	20/08/2014	Première diffusion, moteur USM uniquement.
v1.01	15/09/2014	Ajout mécanisme montée miroir 40D.
v1.02	17/12/2014	Ajout fonctionnement diaphragme.
v2.00	01/11/2015	Séparation document boitiers et optique.
v2.01	10/11/2015	Ajout fonctionnement Cage et obturateur.
v2.02	11/11/2015	Ajout capteurs AF et AE eos 5000.