

# *Technologie Optiques Canon*



*( Si Galilée pouvait voir cela )*

# Table des matières

<b><u>Autofocus</u></b>	<b>1</b>
<b><u>Moteur USM annulaire</u></b>	<b>1</b>
<u>Bloc moteur</u>	1
Principe de fonctionnement simplifié	1
Eclaté ensemble de motorisation	2
Couronne Piézoélectrique (Stator)	2
Couronne d'entraînement principale (Rotor)	3
Couronne de sortie	3
Couronne d'entraînement manuelle	4
Ressort de mise en pression	4
<u>Capteur d'asservissement de déplacement</u>	5
Détecteur angulaire optique.	5
<u>Capteur de positionnement absolu</u>	5
<u>Electronique de contrôle</u>	6
Principe de fonctionnement	6
<u>Entretien dépannage</u>	7
<b><u>Diaphragme</u></b>	<b>8</b>
<u>Diaphragme a iris</u>	8
Motorisation diaphragme	9
Vitesse de fonctionnement et précision	10
Asservissement de position	10
Electronique de contrôle	11
Principe de fonctionnement	11
<u>Entretien dépannage</u>	11
<u>Objectifs a double diaphragme</u>	12
<b><u>Stabilisation</u></b>	<b>13</b>
<b><u>Stabilisateur standard génération I et II</u></b>	<b>13</b>
Bloc mécanique	13
Lentille fixe	14
Système de verrouillage lentille mobile	14
Actuateurs lentille mobile	14
Commande électrique	15

Capteurs Gyroscopiques	17
Entretien dépannage	18
Réglages	18
Problèmes et pannes	18
<b><u>Stabilisateur bas de gamme ( EFs 18-55, Efs 55-250 .....)</u></b>	<b><u>19</u></b>
Bloc mécanique	19
Système de centrage	19
Actuateurs lentille mobile	19
Capteurs gyroscopiques	20
Commande électrique	20
<b><u>Révisions document</u></b>	<b><u>21</u></b>

## 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.

# Autofocus

## Moteur USM annulaire

Le moteur Usm annulaire est le système utilisé dans la majorité des optiques Canon et la quasi totalité des séries L. Quelque que soit la taille de l'optique le principe reste identique a quelques évolutions près, le diamètre des anneaux étant adaptés a la dimension des futs et a la puissance nécessaire pour mouvoir le bloc des lentilles de mise au point. Le modèle étudié ici provenant d'un 17-85 est totalement similaire a ceux utilisé par les 24-70/2.8 et 24-105/4 L par exemple.

Ce système permet d'avoir un déplacement des blocs de mise au point de grande précision, sans jeu, rapide, peu énergivore et silencieux. La conception en anneau permet une intégration facile dans le corps de l'optique sans l'asymétrie obligatoire que provoque un ensemble réducteur. De plus il permet la réalisation d'une commande de mise au point manuelle permettant de travailler en parallèle avec la motorisation électrique sans système d'embrayage ou de sélecteur mécanique.

Si l'ensemble USM n'est remplacé en SAV que dans son entièreté, d'un point de vue fonctionnel il peut être détaillé en trois modules constituant une boucle de régulation classique : Bloc moteur, capteur de régulation du déplacement, capteur de positionnement statique.

### Bloc moteur

#### Principe de fonctionnement simplifié

Le groupe de motorisation USM est constitué d'un ensemble d'anneaux empilés et mis en pression par un ressort à lame.

Le cœur de l'ensemble est constitué par un anneau fixe (stator) soumis à déformations par deux groupes d'actuateurs piézoélectriques. Ces déformations à haute fréquence par l'intermédiaire de "doigts" usinés provoquent la mise en rotation de la couronne d'entraînement principale. Celle-ci comme la couronne de commande manuelle entraine la couronne de sortie par l'intermédiaire de trois galets formant ainsi un ensemble différentiel.



Moteur USM 17-85 Is



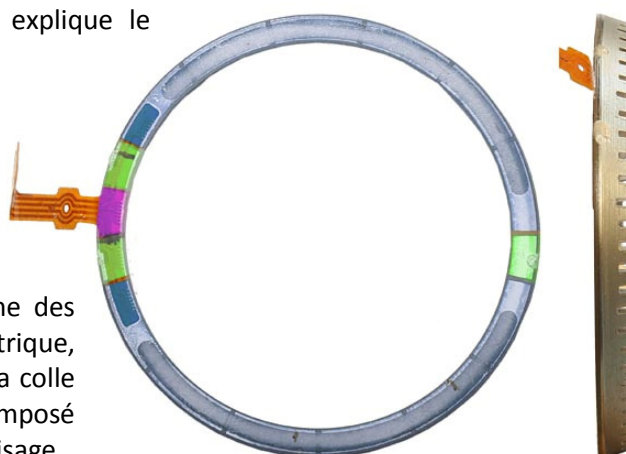
- **1** : Plaque de centrage de la couronne d'entraînement manuelle, fixée au châssis.
- **2** : Couronne d'entraînement de mise au point manuelle.
- **3** : Bague de commande de map manuelle, entraîne **2** par l'intermédiaire de 3 tenons.
- **4** : Couronne de sortie, entraînée par les deux couronnes adjacentes (**2** et **5**).
- **5** : Couronne d'entraînement en mise au point électrique (Rotor).
- **6** : Couronne piézoélectrique (Stator).
- **7** : Feutre d'isolation et ressort de mise en pression.

### Couronne Piézoélectrique (Stator)

L'extrait joint tiré de l'EF lens book 09 explique le fonctionnement détaillé de cet anneau.

Sur la photo ci-contre les deux groupes d'éléments piézoélectriques sont colorés en bleu, le capteur de retour en rose et les trois commun (-) en vert. La vue latérale permet de voir une des trois mises à la masse de l'anneau juste en dessous de la nappe.

La couche brune que l'on aperçoit sur une des faces est constituée par la céramique piézoélectrique, celle-ci est reliée à la nappe de liaison par de la colle conductrice. L'anneau est usiné dans un composé ferromagnétique les doigts étant réalisés par fraisage.

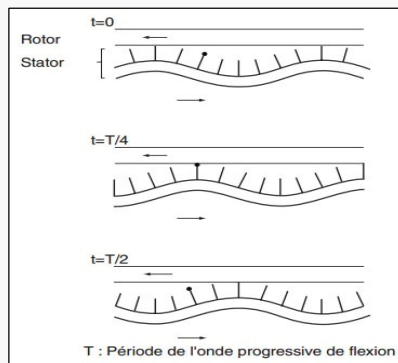


La vue latérale montre les multiples "doigts" formant une surface rectifiée qui vient entraîner de façon vibratoire le rotor. La surface de contact de la face métallique du rotor avec les des "doigts" est constituée par un bourrelet de faible largeur (env. 0.5mm) rectifié.

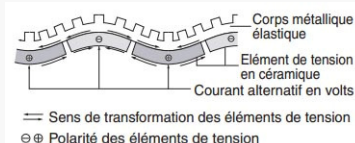
### Principe de rotation du moteur USM annulaire

Le principe de fonctionnement d'un moteur USM annulaire est le suivant : des vibrations sont appliquées au corps élastique appelé stator, générant ainsi des vibrations dans ce dernier. Cette énergie vibratoire est utilisée pour faire tourner de manière continue le rotor par l'intermédiaire du contact de pression entre le rotor et le stator.

En termes plus techniques, la force de friction générée par les ondes progressives de flexion dans le stator constitue la source de la force motrice rotationnelle. La manière dont la force provenant des ondes progressives de flexion générées dans le stator est transmise au rotor est illustrée à la figure 40. Si l'on observe le mouvement de la pointe de chaque projection P à mesure que l'onde avance de gauche à droite, on peut voir que la pointe se déplace dans la direction opposée à celle de l'onde. Le rotor est entraîné par la force de friction à chaque point P, complétant ainsi la séquence d'opérations.



Comme le montrent les figures 41 et 42, les ondes progressives de flexion sont générées par l'élément céramique piézoélectrique (élément qui s'étend et se contracte lors de l'application d'une tension alternative) fixé au bas du stator et entraîné par un circuit électronique. Cet élément céramique piézoélectrique est alternativement polarisé dans la direction de son épaisseur, et reçoit une tension alternative ayant une fréquence proche de la fréquence de résonance vibratoire de flexion du stator d'environ 30 000 Hz (cette fréquence se trouve dans la gamme ultrasonique, d'où le moteur USM tire son nom). La tension appliquée génère des vibrations ayant une largeur d'amplitude de seulement 0,001 mm.



© Canon 2006

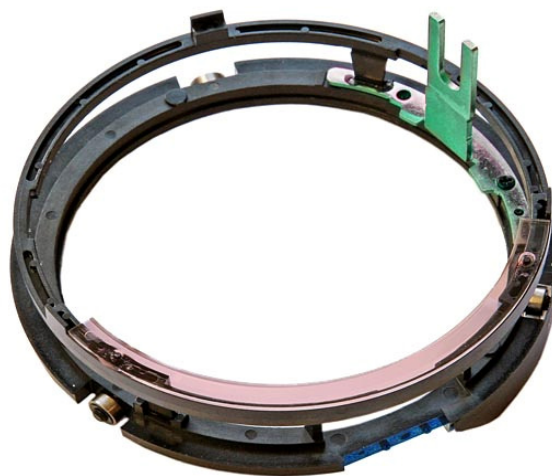
### Couronne d'entraînement principale (Rotor)

Cet anneau est composé de trois éléments sertis. Une partie plastique entraînant la couronne de sortie, l'autre face en aluminium entraîné par l'élément piézoélectrique, et d'un jonc en acier enserrant le tout.

### Couronne de sortie

La couronne de sortie reçoit directement la fourchette de commande du groupe optique de mise au point (Teinté en vert) directement sans utilisation de système réducteur et le peigne de codage de distance de mise au point (En bleu). L'ensemble comprenant la réglette optique de détection de rotation (En rouge) vient se fixer dessus (Clips et point de colle néoprène).

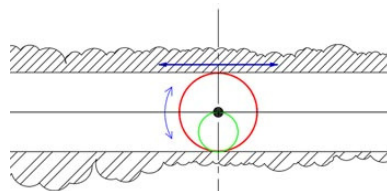
L'entraînement est assuré par l'intermédiaire de trois galets en acier d'un diamètre de 5mm par une des deux couronnes sur un angle d'environ 45°. Le système d'entraînement différentiel offre un rapport de réduction de 2. La vitesse angulaire de déplacement de la couronne de sortie est d'environ 90°/s. En fonction du réglage du ressort le couple maximum fourni varie entre 20 et 30 milliNm.



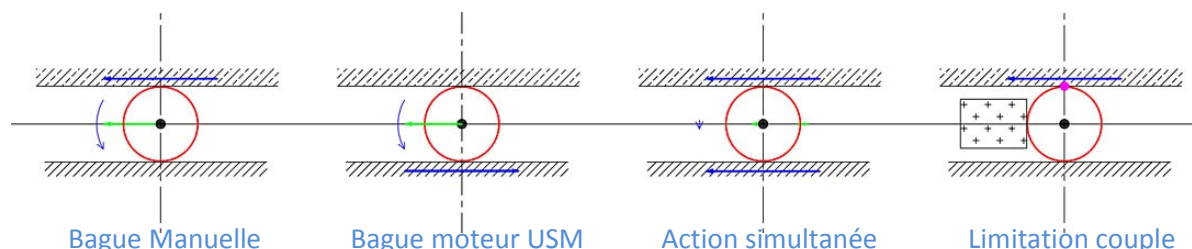


## Fonctionnement détaillé différentiel - Limiteur de couple

Une des deux bagues d'entraînement restant immobile, la seconde entraîne en rotation les galets (cercle en rouge) insérés entre les deux. Le galet roulant sur la bague fixe son centre est alors déplacé à une vitesse inférieure de moitié à celle de son point d'entraînement (Le tour complet du cercle rouge développe une distance double de celle du cercle vert) ce qui nous donne le rapport de réduction de deux cité précédemment.



Le croquis suivant montre le fonctionnement en fonction du mouvement des deux bagues d'entraînement (motorisée et manuelle). Les deux premiers schémas montrent le déplacement normal de la couronne de sortie en mode manuel ou motorisé, le troisième l'absence de déplacement en cas d'action sur les deux bagues simultanément. Le dernier schéma concerne la fin de course de la couronne de sortie ou le cas où les efforts qu'elle doit fournir dépassent le coefficient d'adhérence du galet, à ce moment ce dernier glisse sur sa bague d'entraînement empêchant tout effort excessif sur la sortie du système (surtout valable pour une action manuelle). Les portées et donc le coefficient de glissement des deux bagues d'entraînement manuelle et motorisée étant différentes, le couple maximum de sortie à partir d'une action sur la bague manuelle est inférieur à celui permis par le moteur USM.



Il est à noter que si le système est prévu pour que la manipulation de la bague de commande manuelle avec le groupe optique de mise au point arrivé sur l'une de ses butées est permis, le galet entrant en glissement sur la bague d'entraînement manuel va provoquer une usure de la portée et une diminution du coefficient d'adhérence ce qui peut à la longue provoquer un dysfonctionnement de cette commande manuelle.

## Couronne d'entraînement manuelle

La couronne de mise au point manuelle repose sur une plaque fixée au châssis, une gorge sur celle-ci lubrifiée par une graisse plastique fine assure le guidage en rotation de la couronne. L'entraînement est assuré par trois tenons s'engageant dans des rainures de la bague de manœuvre externe.

## Ressort de mise en pression

La couronne comprenant les ressorts à lame vient s'engager dans une rainure en forme de rampe inclinée du châssis. Des découpes dans cette rainure permettent de dégager la plaque ressort, et ainsi de libérer l'ensemble des couronnes composant le bloc moteur. La position angulaire de la plaque ressort permet par l'intermédiaire des rampes d'appliquer une pression plus ou moins importante sur l'ensemble, cette pression non seulement agit sur le couple maximal du limiteur mais aussi sur la mise en vibration du rotor par la couronne piezo et donc le fonctionnement du moteur.

Un feutre entre la plaque ressort et la couronne piézoélectrique a pour rôle d'amortir les vibrations et permet surtout d'isoler électriquement les connexions de la céramique.



## Capteur d'asservissement de déplacement

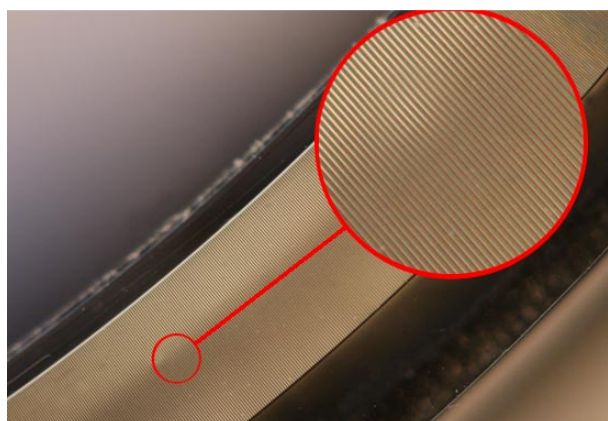
Contrairement à des systèmes basés sur un ensemble réducteur et pouvant recevoir une roue codeuse avant réduction offrant alors une précision satisfaisante l'ensemble moteur USM ne peut recevoir un détecteur que sur l'ensemble de sortie final. Celui-ci n'ayant un mouvement angulaire que d'environ 45 degré un codeur optique linéaire été utilisé. Si la couronne piézoélectrique fournit un signal image des déformations du stator de très haute résolution, celui-ci ne peut fournir une information fiable du mouvement de la couronne de sortie en raison des différents glissements pouvant être causés par le rotor ou le différentiel limiteur de couple.

### Détecteur angulaire optique.

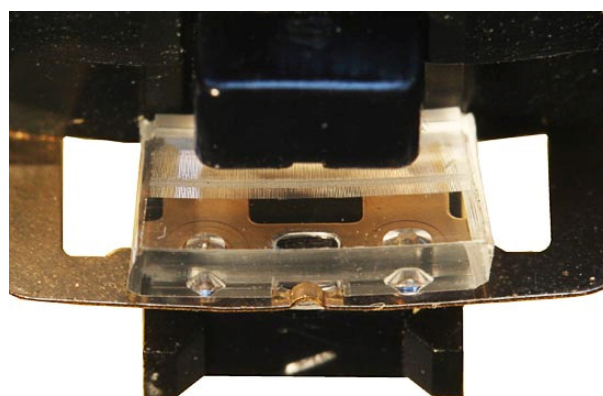
Ce détecteur ne fournissant qu'une information relative du déplacement angulaire de la couronne de sortie est constitué d'une réglette en polycarbonate (Colorée en rouge sur la photo de la couronne de sortie) dotée de graduations fines dépolies. La résolution des ces graduation est d'environ  $1/20^{\circ}$  de degré ce qui assure une précision du déplacement angulaire supérieure à 0.1%.

Un capteur optique fixe par rapport au châssis et se déplaçant au dessus de la réglette sur la totalité de sa longueur dispose d'un filtre doté de graduations similaires à celles de la réglette. Les interférences optiques causées par cet ensemble sont alors récupérées par un capteur infrarouge de type fourche celui-ci devenant passant lors de l'alignement de deux zones non gravées sur la réglette et le filtre.

*Gravures réglette*

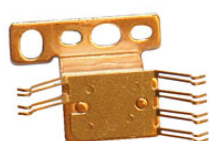


*Capteur optique + filtre*

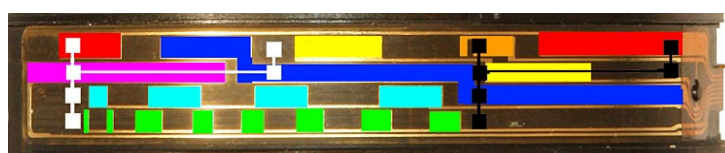


## Capteur de positionnement absolu

La détermination de la position absolue du réglage de mise au point est confiée à un classique codeur fonctionnant par mise en contact des pistes d'un circuit imprimé par un peigne conducteur associé mécaniquement au groupe de lentilles de mise au point. La photo suivante du codeur utilisé sur un 17-85 représente les positions du peigne en position macro (blanc) et infini (noir), les pistes étant colorées en fonction de leur polarité.

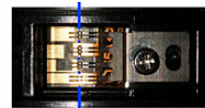


Peigne contact



Pistes codeur absolu

Servant de référence à l'ensemble du système optique seule la position infini est généralement fournie avec précision, un réglage étant effectué lors de l'assemblage du peigne contact. Les autres positions et distance de mise au point sont nettement moins précises, la résolution des codeurs est faible, dans le cadre de l'EF 50/1.8 Stm utilisé pour les essais seules 14 valeurs différentes de distance de mise au point peuvent être délivrées.



## Electronique de contrôle

Le schéma étudié à partir d'un 17-85 Is se retrouve très certainement sur les autres optiques USM, il serait étonnant que le principe soit différent, les composants pouvant bien évidemment changer en fonction de l'ancienneté de l'optique ou de la puissance du moteur.

## Principe de fonctionnement

L'ensemble du moteur USM est géré par au moins quatre ports du contrôleur d'entrée-sortie de l'optique.

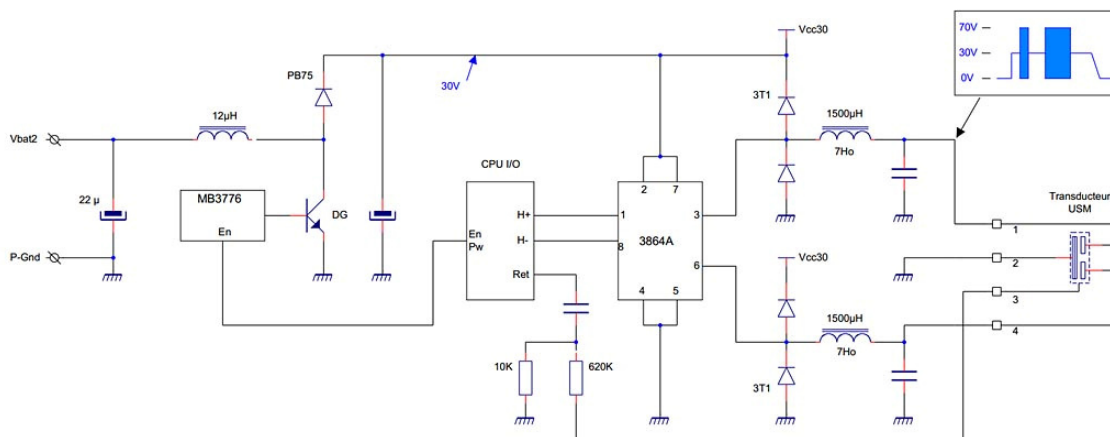
- Une sortie EnPW provoquant la mise en fonctionnement de l'alimentation 30v
- Deux sorties biphasées de commande des transducteurs piézoélectriques
- Une entrée de retour permettant de recevoir l'amplitude et la fréquence des déformations réellement appliquées au stator.

Le circuit intégré MB3776 associé à une self de 12 $\mu$ H, un transistor SMD en boîtier Sot-89 (RXTA14 ?), la diode rapide PB75 et un condensateur de sortie tantale forment un classique convertisseur buck ayant une tension de sortie de 30v. Sa mise en fonctionnement est soumise à l'autorisation de la CPU, celle-ci intervenant quelques ms avant et après l'émission d'une salve de commande des transducteurs.

Ces deux éléments piézoélectriques sont alimentés en alternatif par le biais d'un circuit résonant LC et d'un circuit intégré cms en boîtier tsop-8 sérigraphie 3864A, certainement un driver double pont en H. La fréquence de commande est d'environ 30Khz, le déphasage entre les deux transducteurs déterminant le sens de rotation du rotor.

Les éléments piézoélectriques étant d'un fonctionnement symétrique, un signal représentant la déformation réelle du stator est récupéré sur un point central et symétrique des deux transducteurs principaux. Le signal est atténué par un pont diviseur et envoyé sur le circuit de gestion des entrées sorties de l'optique.

## Schéma motorisation USM 17-85 Is



Le démontage du bloc moteur USM peut être envisageable en cas de soucis d'entraînement mécanique pour nettoyer les portées des différentes couronnes et lubrifier la plaque de guidage de la couronne d'entraînement manuelle ce qui doit constituer la majorité des cas.

Si le rotor et le stator sont facilement accessibles en démontant la plaque ressort cela implique de briser les scellés gardant le réglage de pression, il sera donc nécessaire de repérer exactement la position de cette plaque au préalable de toute intervention. La couronne de sortie et de commandes manuelle nécessiteront de plus le démontage du capteur optique de déplacement angulaire et du peigne contact du capteur de positionnement absolu. Pour cela il faudra démonter le carter coté opposé au ressort, la fourchette de commande du bloc de mise au point et décoller les deux points de fixation du capteur angulaire.

Du fait de l'absence de pièces détachées le dépannage de ces blocs moteur USM reste aléatoire. L'absence de codes ou de messages de diagnostic précis nécessitera de réaliser une série d'essais et de mesures détaillés pour vérifier l'ensemble de la boucle de régulation en respectant le sens capteurs, actionneurs. Chaque modèle d'optique ayant une platine électronique spécifique il faudra donc retrouver pour chaque les bornes des connecteurs délivrant les signaux des capteurs de positionnement et du moteur.

Un réglage de la fréquence de résonance propre de chaque couronne piézoélectrique étant mémorisé en EEprom dans chaque optique le fonctionnement de l'optique après un remplacement de l'ensemble USM n'est pas assuré sans reprise de ce réglage.

# Diaphragme



Situé au cœur de l'optique le diaphragme permet de modifier le diamètre du flux lumineux traversant l'optique et par voie de conséquence l'éclairage du capteur. Pour chaque modification de réglage d'un IL la quantité de lumière traversant le diaphragme est modifiée d'un rapport de deux, ce qui implique un changement du diamètre du trou de passage de la lumière d'un rapport de 1.4. Le diamètre du diaphragme dépendra de l'ouverture maximale permise par l'optique, de sa focale, et de sa géométrie. Le tableau suivant donne à titre indicatif le diamètre intérieur maximum du diaphragme pour quelques optiques.

	17-85/5.6	24-105/4	55-250/5.6	70-300/5.6	50/1.4	300/2.8	135/2
φ (mm)	9.5	11 env.	20	27	30	36 env.	55 env.

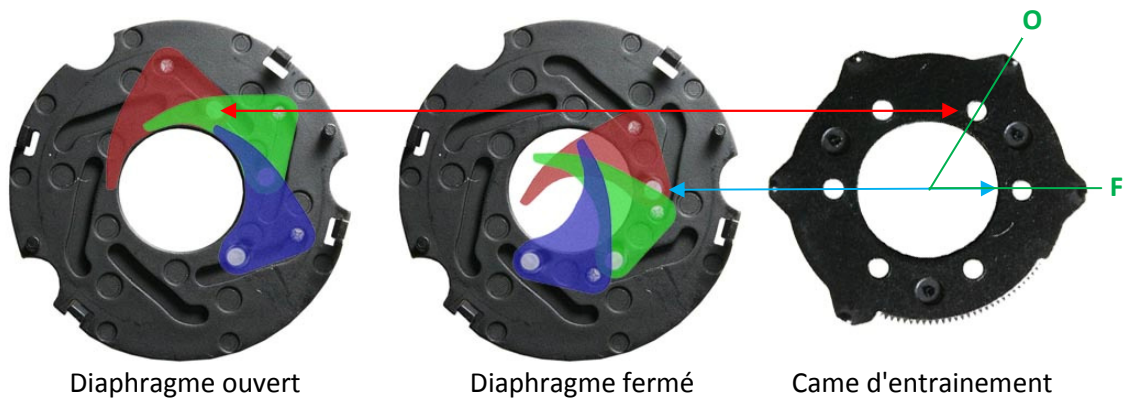
Pour une explication théorique complète du fonctionnement du diaphragme je ne peux que conseiller l'excellent site de [Pierre Toscani](#).

## Diaphragme a iris

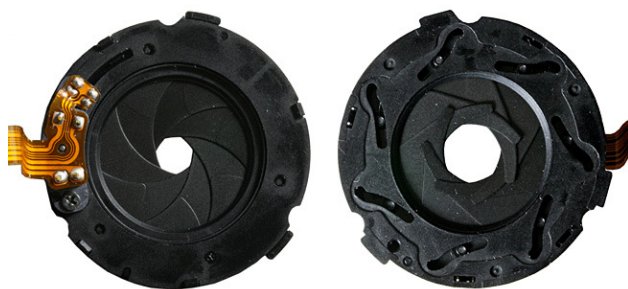
La quasi-totalité des optiques modernes sont dotées de diaphragmes à iris constitué de plusieurs lames souples dont le changement d'inclinaison permet la modification du diamètre de l'espace central polygonal laissé libre. Le nombre et la forme de ces lames détermine la forme de ce polygone, plus le nombre de lames est élevé, plus ce polygone se rapproche de la forme idéale d'un cercle.



L'inclinaison de chaque lame est réalisée par action sur deux ergots, l'un mis en mouvement sur un diamètre constant par une came entraînée par le moteur, l'autre glissant dans une rainure de forme complexe permettant d'obtenir le rapport diamètre trou central / angle d'entraînement voulu. L'angle de déplacement maximal de la came d'entraînement est égal à 360° divisé par le nombre de lames composant le diaphragme.



### Elément diaphragme d'un 55-250/f5.6



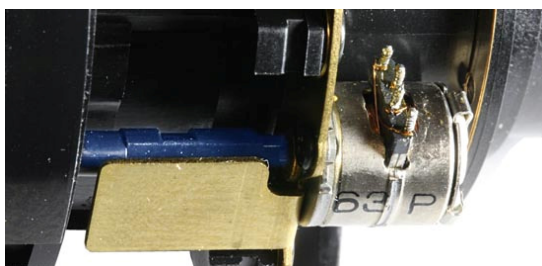
Au fur et à mesure de la fermeture du diaphragme les lames de l'iris imbriquées voient leur extrémité se déformer, la surface de l'iris devenant légèrement bombée.

Le diaphragme représenté ici ne possédant que six lames la forme hexagonale du trou central est nettement marquée.

## Motorisation diaphragme

Si les premiers diaphragmes à commande électrique étaient entraînés par un système moteur continu plus réducteur à train d'engrenages les motorisations actuelles utilisent à ma connaissance exclusivement des moteurs pas à pas. Si d'autres marques utilisent des moteurs biphasés classiques externes au diaphragme, Canon pour rendre l'ensemble monobloc et obtenir un gain de place a intégré directement le moteur au corps du diaphragme. Les deux ensembles magnétiques n'entourent donc pas le rotor et se limitent à seulement 2/5<sup>e</sup> de celui-ci par pôle.

Sur le moteur ci-contre issu d'une optique 17-85 ism il est possible de compter le nombre d'encoches du rotor, ce qui pour les deux pôles équivaut à 10 pas plein par tour. Les deux bobinages d'une impédance d'environ 18 ohms sont alimentés en PWM sous 4v.



Cette optique Tamron utilise un moteur pas à pas classique, la liaison entre le moteur externe et le diaphragme situé dans le bloc optique est réalisée par l'axe teinté en bleu.



## Vitesse de fonctionnement et précision

Les optiques ayant servi pour l'élaboration de ce document avaient toutes des plages de réglage d'ouverture égales à  $f/4.5-32$  à leur focale minimale et  $f/5.6-40$  à leur focale maximale ce qui représente une amplitude de 17 tiers d'IL. Lors d'un essai sur banc en commande par pas entier un mouvement complet du diaphragme a nécessité une vingtaine de pas, ce qui représente bien la variation de  $1/4$  d'IL par pas définie dans le protocole de commande EF d'origine. (Le moteur Tamron demandant plus de 35 pas sa résolution est sans doute double).

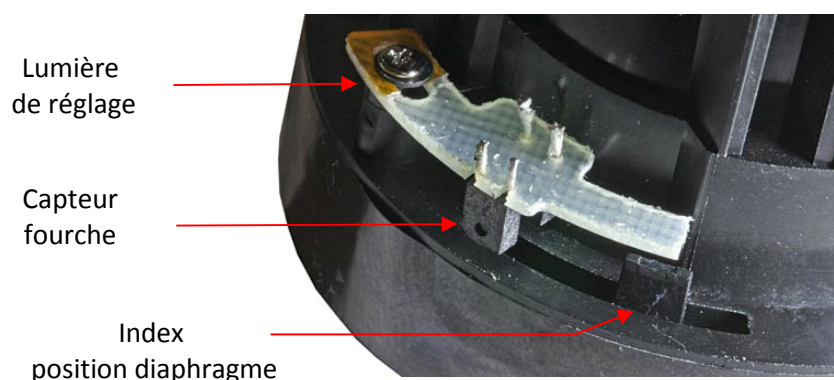
La durée d'un pas étant de 2ms la durée maximale de mouvement du diaphragme est alors d'environ 30ms.

Ces chiffres sont sous toute réserve, les diaphragmes utilisés étant en mauvais état et ayant posé quelques problèmes lors des essais. Des essais complémentaires sur une optique pleinement fonctionnelle seraient nécessaires pour écarter toute erreur.

## Asservissement de position

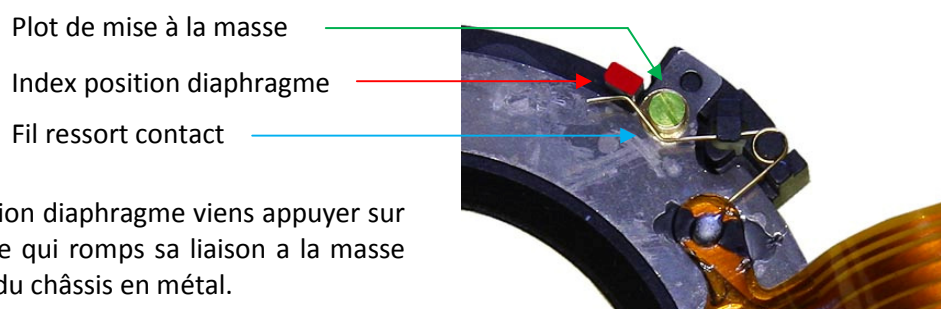
La motorisation étant réalisée par moteur pas à pas l'asservissement de la position du mouvement du diaphragme ne nécessite de connaître que sa position initiale. La position de repos diaphragme à pleine ouverture est bien sûr utilisée, avec l'utilisation soit d'un capteur optique fourche miniature dans la majorité des cas, soit d'un microswitch mécanique comme sur le 50 f/1.4.

### Capteur optique de position repos 70-300 Tamron



Les diaphragmes Canon possédant un détecteur optique utilisent un principe identique au modèle Tamron présenté ci-dessus mais directement intégré au châssis du diaphragme et sans réglage ce qui limite fortement l'encombrement de l'ensemble.

### Capteur mécanique de position repos EF 50 f/1.4 Usm



L'index de position diaphragme vient appuyer sur le petit fil ressort ce qui romps sa liaison à la masse via le plot solidaire du châssis en métal.

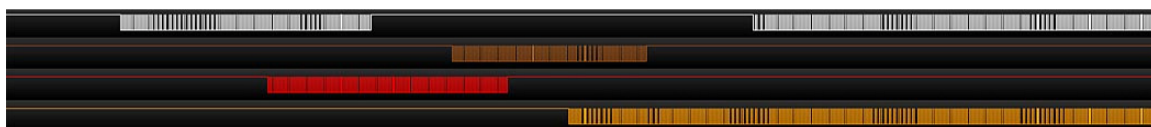
## Electronique de contrôle

Ce schéma et ces composants se retrouvent sur de nombreuses autres optiques de la gamme y compris le 24-105L, des optiques plus récentes et plus simples utilisent des drivers similaires comme le BD6735V de Rohm.

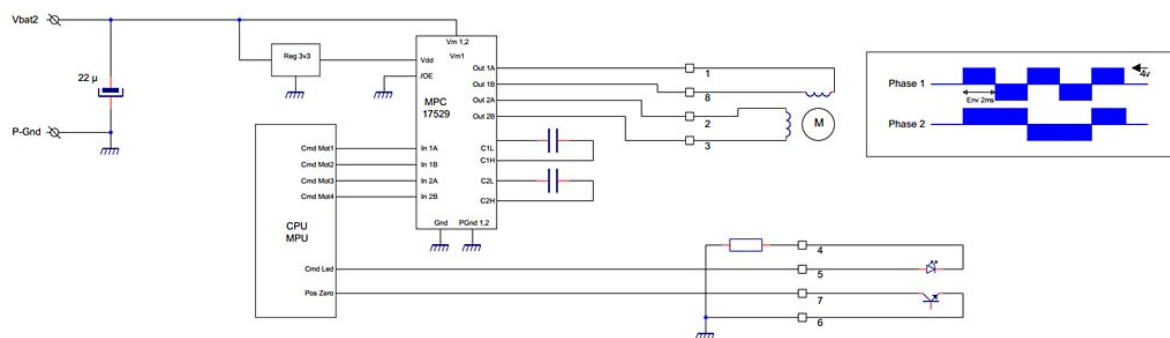
## Principe de fonctionnement

Le MPC17529 est un classique pont en H doté d'une pompe de charge pour l'alimentation du circuit de puissance, la commande des phases du moteur est réalisée en PWM à une fréquence d'environ 50kHz.

La durée d'un pas est d'environ 2ms ce qui entraîne une durée maximale de mouvement du diaphragme de 30 à 50ms. Du fait de la géométrie asymétrique des moteurs Canon la séquence de fonctionnement des pas semble un peu particulière avec l'insertion de pauses entre dans une structure classique deux phases par pas. Une période de freinage et stabilisation d'une dizaine de ms est observée en fin de mouvement.



## Schéma motorisation diaphragme 17-85 Is



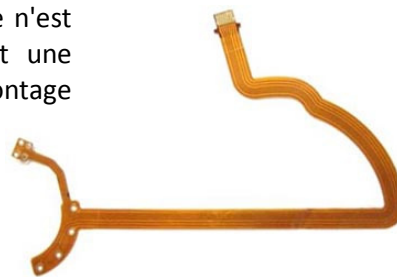
## Entretien dépannage

Normalement tout problème de diaphragme génère une erreur 01 lors de la prise de vue le boîtier contrôlant le détecteur de position pleine ouverture du diaphragme. Le contrôle de disparition du signal n'étant réalisé que si le diaphragme est sollicité, toute prise de vue à l'ouverture maximale de l'optique ne provoquera pas d'erreur, suivant les couples boîtiers optiques l'action sur le bouton de profondeur de champ peut ou ne pas générer d'erreur.

Les problèmes du diaphragme peuvent être d'ordre mécanique avec l'usure ou la déformation des lamelles, cela qui se traduira par des blocages aux faibles ouvertures, des ralentissements, des erreurs d'exposition. Mais généralement la plupart des pannes de diaphragme sont électriques avec une rupture complète ou partielle de la nappe souple le reliant à son électronique de contrôle.



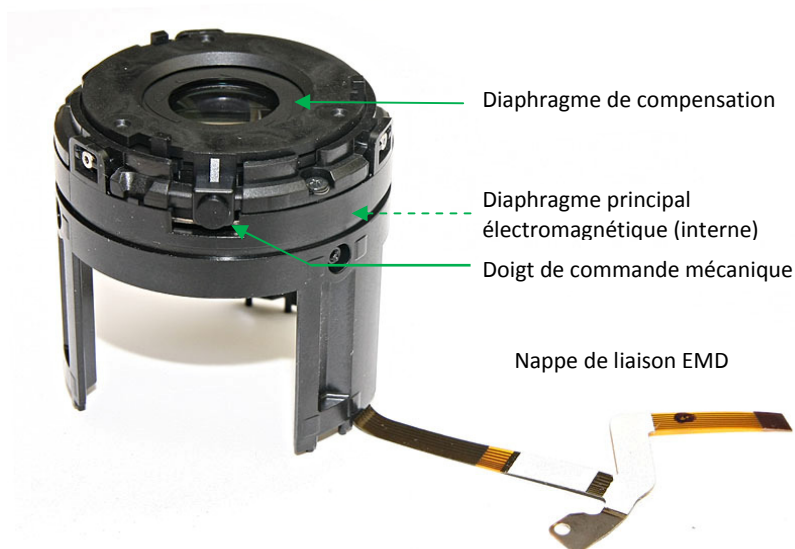
Si la réparation des lamelles en matière synthétique ou carbone n'est guère envisageable le remplacement de la nappe de liaison est une opération relativement aisée mais nécessitant souvent un démontage complet de l'optique.



## Objectifs a double diaphragme

Les objectifs à ouverture constantes peuvent disposer d'un second diaphragme permettant de modifier l'ouverture de l'optique en fonction de la valeur du zoom mécaniquement de façon indépendante. De la même manière certains objectifs comme les optiques macro disposent d'une commande de diaphragme indépendante associée à la distance de mise au point et du rapport d'agrandissement obtenu.

Dans l'exemple ci-dessous le bloc EMD d'un 24-105 est constitué par l'empilement du haut vers le bas du diaphragme mécanique possédant une plage de réglage de 1 à 1.5 IL sans doute, d'une première lentille, du diaphragme électromécanique avec sa plage de réglage f/4 à f/32, d'une seconde lentille.



# Stabilisation

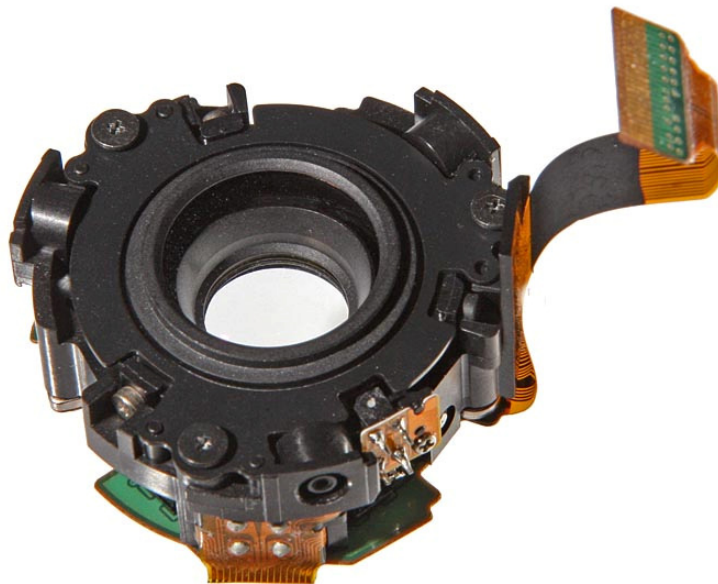
Le principe de fonctionnement et les conseils d'utilisation sont développés dans le document consacré exclusivement à l'IS.

## Stabilisateur standard génération I et II

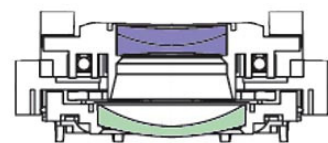
Si le modèle étudié provient d'un Efs 17-85/4.5-5.6 le principe de fonctionnement se retrouve sur beaucoup d'optiques dotées de modules IS de première et seconde génération permettant des gains de 2 à 3 IL. Par exemple on retrouvera des éléments comparables sur le 300/4 L, le 100-400L et le 70-200/4 et /2.8 vI, les 300 à 600 fixe, etc.

Les optiques plus récentes avec stabilisateur de troisième génération ayant un gain de 4 IL comme le 200/2 ou le 70-200/2.8 vII, ou même les versions dites hybride comme le 100/2.8 macro doivent certainement garder un fonctionnement similaire, les différences portant sur l'utilisation de capteurs gyroscopiques bénéficiant de performances accrues.

### Bloc mécanique



Le module IS se présente sous la forme d'un bloc fixé par trois galets équidistants sur la rampe comprenant une lentille fixe divergente (verte), la lentille mobile composée d'un doublet (violette), ses actuateurs et leur électronique de puissance. Les capteurs gyroscopiques sont fixés indépendamment à un autre endroit de l'optique.



## Lentille fixe

La lentille fixe maintenue par une petite plaque métallique permet le réglage optique de l'ensemble grâce à trois guides excentriques engagés dans des mortaises du corps.

Lors d'un démontage il sera bien sur indispensable de ne pas toucher a ces vis excentriques ni intervertir la position de la lentille une symétrie a 120° étant présente.



## Système de verrouillage lentille mobile

La dépose de la lentille fixe permet l'accès au système d'immobilisation en position repos de la lentille mobile. Optique non alimentée les mouvements de ce groupe mobile étant totalement libre et non amorti ce système est indispensable pour éviter tout bruit et surtout sa détérioration par l'application de contraintes importantes sur les nappes de liaison électrique lors de la manipulation de l'objectif.

C'est pourquoi la notice de ces optiques stabilisé préconise de ne jamais déconnecter l'objectif ou de retirer la batterie du boîtier IS en fonctionnement ce système ce système ne pouvant alors s'activer. Si cette erreur a été commise et que l'on entend un bruit d'éléments en mouvement important dans l'optique il faudra replacer celle-ci sur un boîtier sous tension au plus tôt pour mettre en place le verrouillage.



Ce système est réalisé avec une came circulaire (en rouge) venant immobiliser quatre bossages présents sur la lentille mobile (en bleu).

La commande de cette came est assurée par un petit moteur pas à pas a pas, le contrôle de sa position en position verrouillé étant réalisé par l'intermédiaire d'un capteur optique fourche. Le déverrouillage de la lentille mobile commençant à intervenir au bout de quelques pas le temps de réponse de l'ensemble est très court, certainement largement inférieur a 100ms.

## Détail bossage d'immobilisation lentille mobile



Position travail déverrouillé



Position repos verrouillé

## Actuateurs lentille mobile

La lentille mobile est déplacée par deux moteurs linéaires agissant sur deux axes perpendiculaires. Chaque moteur est constitué d'une bobine solidaire de la partie mobile, d'une paire d'aimant néodyme de forte puissance et d'une culasse métallique commune fermant le champ magnétique. Ces aimants situés sous les bobines plates voient leur axe magnétique confondu avec celui du déplacement. L'utilisation d'un couple d'aimants permet d'obtenir un champ magnétique plus uniforme dans la zone de travail des bobines

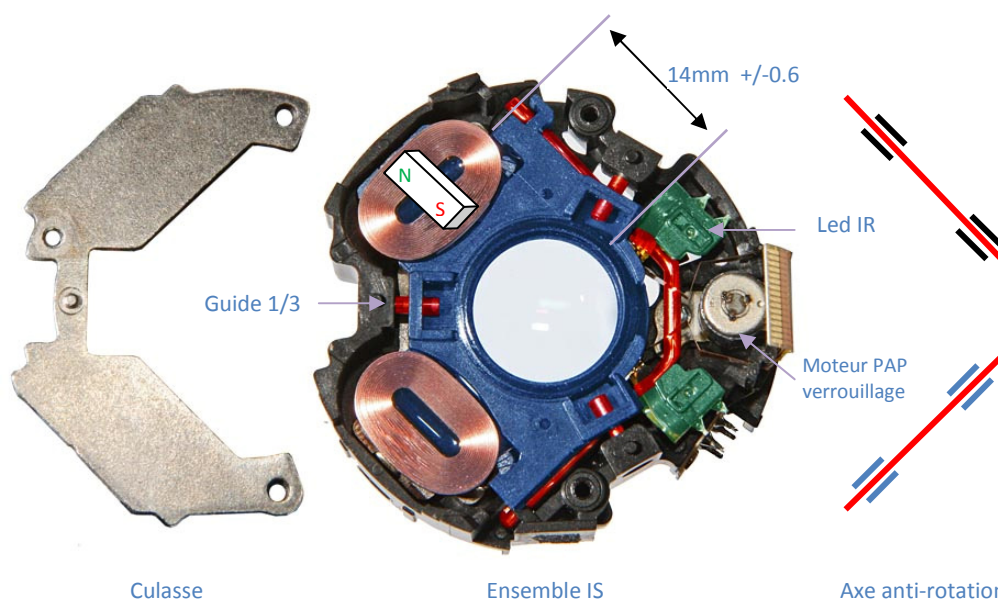


L'ensemble mobile (en bleu) comprend outre les bobines de l'actuateur deux Leds infrarouge (en vert) permettant la mesure de son positionnement. Le circuit imprimé situé au dessus reçoit les deux capteurs optiques de positionnement linéaire.

L'alimentation de ces Leds et des deux bobines est réalisé par l'intermédiaire de deux nappes en circuit imprimé souple pliées en forme de V.

Le guidage sur un plan horizontal est réalisé par trois guides en stub de 1.5mm de diamètre solidaires du châssis et repartis à 120° (en rouge). Un dernier axe plié à 90° empêche tout mouvement en rotation sur ce plan, pour ce une des branches est guidée en translation sur le châssis, l'autre sur la partie mobile.

L'amplitude maximale du mouvement sur chaque axe est d'environ +/-0.6mm par rapport a sa position centrale.



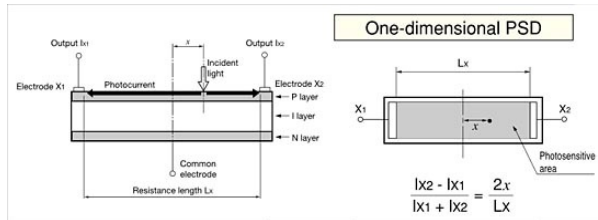
## Commande électrique

L'intégralité de l'électronique de puissance est intégrée au module IS, seuls le traitement informatique et les alimentations sont situées sur la platine principale. Le schéma du module est constitué de trois blocs principaux :

- **Commande de déverrouillage ensemble mobile** : Le moteur pas à pas est géré par un circuit spécialisé pont en H de type LV8012 Sanyo souvent utilisé par Canon. L'information fournie par le détecteur optique fourche est envoyé directement a la CPU principale.
- **Commande des bobines actuateurs** : Celles-ci utilisent toujours un circuit intégré LV8012 mais ce dernier utilisé en double demi-pont sans freinage. Un des entrées est utilisé en sélection de polarité, l'entrée enable du demi-pont réalisant la modulation de puissance en PWM.
- **Circuit de positionnement** : Le fonctionnement de la mesure est basé sur une Led infra rouge collimatée solidaire de la lentille mobile agissant sur un capteur optique linéaire de référence S4584-05. Celui-ci constitué d'un barreau photosensible délivre deux différentielles variant en fonction de l'emplacement de son éclairnement.



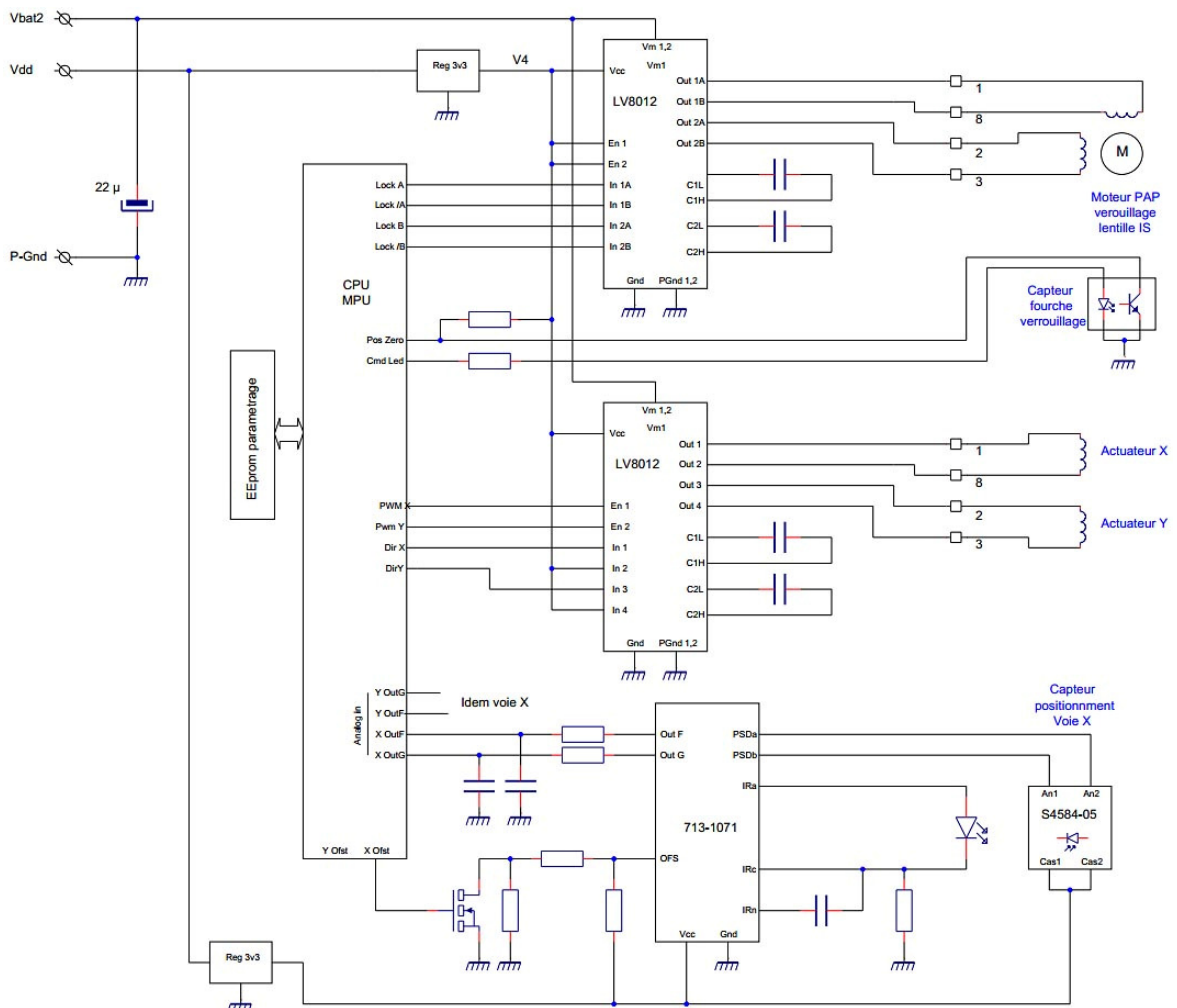
S4584-05



Ce capteur dispose d'une plage de mesure de 3.5mm avec une erreur maximale d'environ 30µm.

La gestion de ce système est confiée à un circuit spécialisé en boîtier Tsop20 certainement fabriqué spécialement pour Canon, les seuls marquages présents étant 713-1071. Ce circuit envoie les valeurs deux valeurs par l'intermédiaire d'un filtre passe bas sur des entrées analogique de la CPU principale. Un réglage de la valeur de référence de la position repos est certainement réalisée par l'intermédiaire du transistor mos agissant sur un pont diviseur et commandé par la sortie Xofst ou Yofst de la CPU (sortie D/A ?). Chaque voie X et Y est semblable, seule la voie X est représentée sur le schéma suivant.

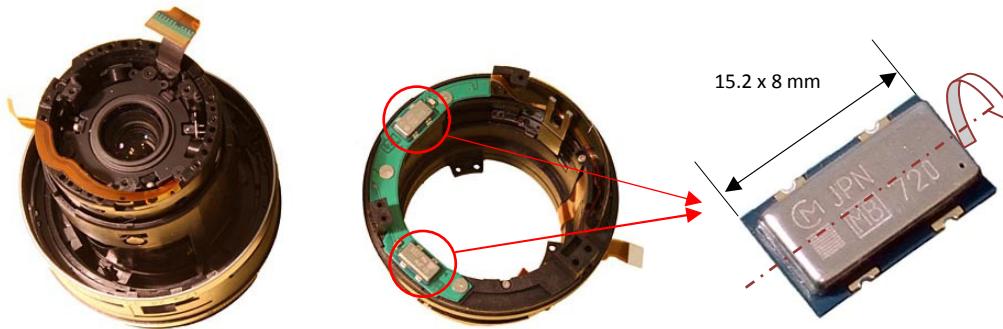
### Schéma simplifié module IS





## Capteurs Gyroscopiques

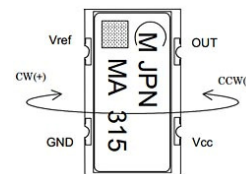
Les deux capteurs gyroscopique angulaires sont situés sur le corps du module USM a environ la mi-longueur de l'objectif. Ces capteurs de référence ENC-03A et B en packaging SMD sont soudés sur un petit circuit imprimé relié par nappe souple a la platine principale. Leur positionnement en bas et à droite de l'optique permet de mesure les mouvements de basculement verticaux et latéraux de l'objectif.



Ces capteurs délivrent sur leur borne de sortie une tension oscillant autour d'une valeur de référence (disponible sur une autre borne) en fonction des accélérations angulaires mesurées.

Leurs caractéristiques principales sont les suivantes :

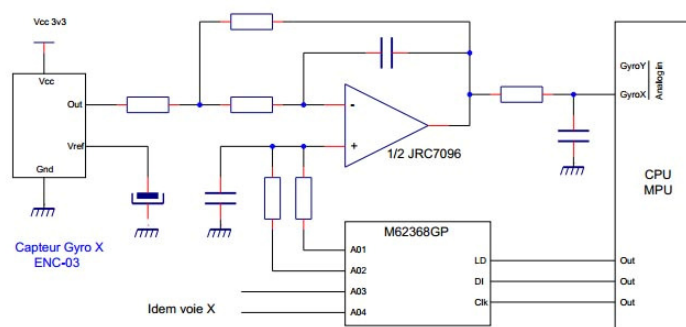
- Vcc : 2.7 to 5.5v (5mA max)
- Vitesse angulaire max : +/- 300°/s
- Tension sortie statique : 1.35v (Vref)
- Variation tension de sortie : 0.67 mv/°/s
- Linéarité : +/- 5%
- Temps de réponse max : 50Hz



Les variations de tension étant extrêmement faible une amplification est réalisée par un ampli opérationnel rail to rail (JRC7096 ou NJU7096) lequel assure en outre une fonction de filtre passe bande. Les fréquences de coupure selon un document Canon seraient de l'ordre de 0.5 et 20Hz.

La valeur de Vref ( $v^{\circ}=0$ ) pouvant varier suivant la dispersion des caractéristiques des capteurs l'étalonnage du zéro accélération est réalisé par l'intermédiaire d'un convertisseur digital analogique, deux voies sont utilisées certainement pour augmenter la précision du réglage. La tension de sortie de l'ampli op est envoyée sur une entrée du convertisseur A/D du processeur principal pour utilisation par l'algorithme de stabilisation.

### Schéma simplifié capteurs gyroscopiques (Une voie)



### Réglages

---

Pour pallier la dispersion de fabrication des différents éléments plusieurs valeurs de paramétrage établies en usine ou en SAV sont mémorisées dans la mémoire flash de l'optique. Ces valeurs seront à ajuster impérativement lors du remplacement de la carte mère, du module IS ou des capteurs gyroscopiques. Quatre valeurs sont citées dans la documentation Canon :

- Référence zero capteurs gyroscopiques : Ce paramètre en agissant sur le convertisseur D/A de l'ampli op des capteurs sera réglé en fonction de la valeur Vref de chaque capteur pour obtenir une dérive nulle.
- IS sensitivity : Réglage du gain global de l'ensemble dépendant de l'efficacité des actuateurs entre autre.
- Center value mecanical et Lock compensation input : Réglages de la position de la lentille mobile sur l'axe optique de l'objectif, dépend des capteurs de positionnement optiques.

### Problèmes et pannes

---

Le module stabilisateur n'est pas plus sujet a panne que tout autre ensemble de l'objectif, les problèmes peuvent arriver par casse naturelle d'un composant ou sans doute plus souvent suite a un choc. Plusieurs symptômes peuvent se produire en fonction de l'élément défaillant.

- Mouvement marqué dans le viseur lors de l'activation de l'IS : Problème de mauvais réglage des détecteurs optique de positionnement. Une reprise des réglages en Sav peut améliorer les choses, si le décalage n'est pas trop important ce n'est pas forcément critique.
- Mouvement violent d'un coté : Mauvaise commande d'une bobine d'actuateur suite a la casse du pont, rupture des nappes de liaison ou problème de détecteur de positionnement. Le remplacement du module sera sans doute la seule solution.
- Erreur 01 ou 99 a l'activation de l'IS : Peut être du a un problème du système de verrouillage en position repos. Selon les rumeurs du net la rupture de la came en forme d'anneau peut arriver fréquemment suite à un choc ce qui est très plausible. Cette came peut être réparée avec un fil de corde à piano collé à l'Araldite sur la partie ne frottant pas sur le corps.

En raison des nombreux réglages présent sur le système Is il me parait peu probable qu'un remplacement d'un module IS ou d'un capteur Gyroscopique par une pièce de rechange sans reprise de ces réglages soit une solution viable



## Stabilisateur bas de gamme ( EFs 18-55, Efs 55-250 ....)

---

Ces modules IS se trouvent généralement dans les optiques grand public de la gamme, si leur principe de fonctionnement reste identique au modèle précédent leur conception est nettement simplifiée avec une durée de vie et des performances en retrait.

### Bloc mécanique

---

Le module stabilisateurs est monté a l'avant du barillet optique et tenu par trois galets excentriques participant au réglage général de l'objectif.

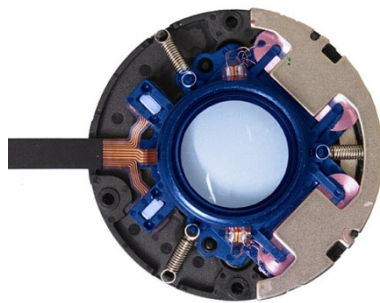
De faible épaisseur il ne comprend que le groupe de lentilles mobile lequel est constitué d'un doublet suivi d'une lentille divergente.

Aucune électronique n'est intégrée au module tout étant déporté sur la carte CPU principale de l'optique. Un capot strié fixé à l'aide d'un adhésif double face permet d'éviter les reflets parasites avec l'ensemble frontal.



### Système de centrage

---



La principale différence avec les modules IS utilisés dans les optiques haut de gamme se situe a ce niveau. L'ensemble mobile (en bleu) est auto centré par trois ressorts placées symétriquement à 120°. Si cette solution en évitant l'emploi du système de verrouillage et d'un contrôle de positionnement absolu de grande précision permet des économies de fabrication importantes elle aura des influences néfastes sur la réactivité et la linéarité de la régulation des actuateurs.

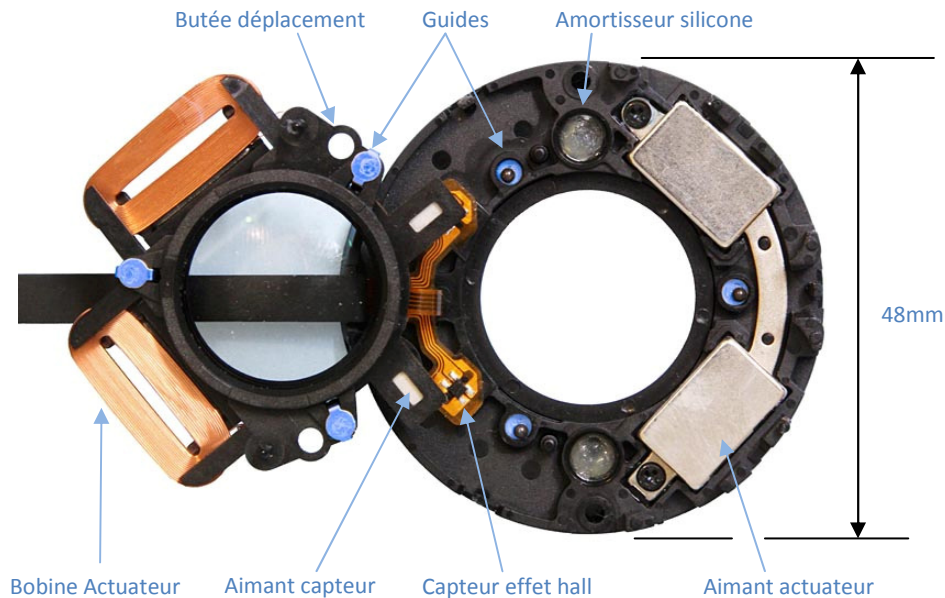
### Actuateurs lentille mobile

---

L'ensemble mobile est déplacé la aussi par deux moteurs linéaires similaires à ceux décrits précédemment, le circuit magnétique n'est constitué que d'un seul aimant sans entrefer.

Le guidage sur le plan de mouvement est extrêmement simplifié par l'utilisation de trois portées roulant sur des petites billes en acier d'un diamètre de 1.5mm, les ressorts de centrage plaquant l'ensemble sur le corps du module IS. Deux picots solidaires de la lentille mobile frottent sur deux gouttes de silicone souple formant un amortisseur mécanique. Une limitation du débattement mécanique de la lentille mobile a +/- 0.5mm sur chaque axe est réalisée par un picot solidaire du châssis circulant dans une butée circulaire de l'ensemble mobile.

Le contrôle de positionnement de la lentille mobile est réalisé par deux aimants situés sur celle-ci agissant sur deux capteurs à effet hall fixe, ces deux couples montés à la perpendiculaire l'un de l'autre mesurent les mouvements de chaque moteur linéaire. La précision de la mesure est nettement inférieure à la solution optique précédente et seule une mesure relative peut être réalisée la valeur absolue pouvant être facilement influé par des conditions externes.



## Capteurs gyroscopiques

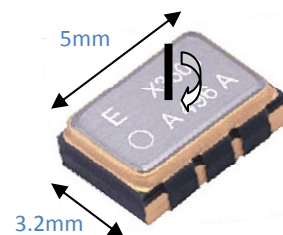
Les capteurs gyroscopiques sont montés à côté de l'ensemble moteur autofocus tout près de la monture. Les deux capteurs soudés sur un petit circuit imprimé souple sont collés sur un support plastique au double-face, un bourrage élastique permet de maintenir leur position.



Ces capteurs fabriqués de référence XV-3500 et fabriqués par Epson sont d'une taille nettement inférieure aux ENC-03 utilisés par les premières générations de modules IS. Leur fonctionnement reste identique avec une tension de sortie évoluant autour d'une valeur de référence selon les accélérations angulaires mesurées. L'axe de mesure est vertical par rapport à leur boîtier.

Leurs caractéristiques principales sont les suivantes :

- Vcc : 2.7 to 3.3v (2mA max)
- Vitesse angulaire max : +/- 300°/s
- Tension sortie statique : 1.35v (Vref)
- Variation tension de sortie : 0.67 mv/°/s
- Linéarité : +/- 5%
- Temps de réponse max : 200 Hz
- Startup time : 240 ms
- Fréquences de résonance : A=46.5 , B=50.3 kHz

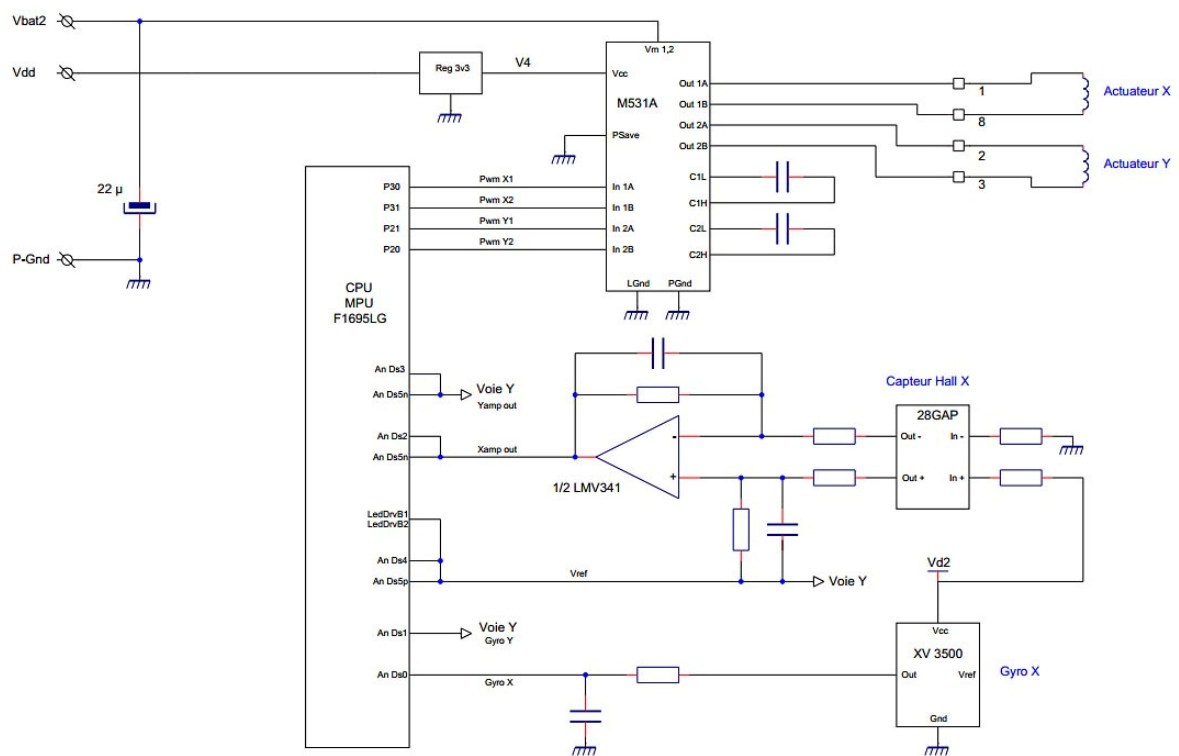


## Commande électrique

Conséquence de la simplification des ensembles mécanique la partie électronique est elle aussi réduite à sa plus simple expression et concentrée sur le circuit imprimé principal.

- Le pilotage des bobines des deux actuateurs est confiée a un driver pont en H au format Plcc 20 broches aux caractéristiques inconnues (datasheet introuvable) lequel est commandé directement par la Cpu principale.
- Les tensions de sortie des deux gyroscopes angulaire sont envoyées directement a des entrées du convertisseur A/D de la même CPU, la résolution de conversion devant être suffisante. Seule une filtration des fréquences haute est réalisée.
- Inversement les sorties du capteur Hall de positionnement de la lentille mobile (certainement de type différentiel) passent par un ampli opérationnel rail to rail effectuant une fonction de filtre passe bas. La tension de sortie est connectée a deux entrées analogique de la CPU (?). La tension statique de référence des deux AOP est elle gérée par des sorties analogique ou digitales en Pwm de la CPU, un réglage de cette consigne est certainement présente dans les paramétrages SAV de l'objectif.

### Schéma simplifié ensemble IS



## 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	21/12/2015	Diaphragme double 24-105.
v2.02	30/03/2016	Modification précision mouvement diaphragme.