

Boitiers CANON EOS

- Chronologie -

- Temps de latence -



(A vos marques, prêt, partez)

Table des matières

<u>Avant propos</u>	1
<u>Chronologie boitier reflex</u>	2
<u>Temps de latence</u>	2
<u>Définitions et Concepts</u>	2
<u>Chronologie simplifiée APN</u>	2
<u>Influence de la chronologie sur la prise de vue</u>	3
Prise de vue automatique	4
Open flash	4
Compensation des inconvénients du mode open flash	5
<u>Exemples de temps de latence</u>	7
<u>Obturateur a rideaux ou plan focal</u>	8
<u>Principe de fonctionnement obturateur</u>	8
Fonctionnement simplifié d'un boitier reflex à obturateur plan focal	8
Fonctionnement temporel détaillé obturateur	9
<u>Vitesse de synchronisation flash</u>	11
<u>Ajustement Timing rideaux</u>	12
<u>Prises synchro flash ou synchro-X</u>	13
<u>Analyse détaillée 1D mark III</u>	14
<u>Cage miroir</u>	14
<u>Obturateur</u>	15
<u>Prise de vue complète</u>	16
Points notables relevés	17
<u>Mesure temps de latence boitier</u>	19
<u>Relevés et résultats mesure</u>	19
<u>Influence des options boitier lors d'un déclenchement standard</u>	19
Déclenchement standard boitier au repos	19
Déclenchement avec entrée focus activée	19
Vérification temps d'exposition	20
Mode Live-View	20
Relevé miroir	20
Option "Inertie au déclenchement réduite"	20
Mode silencieux du 5D3	21

Sortie de veille	21
Influence du pré-déclenchement et de l'entrée focus	22
Influence des optiques	23
Procédure de mesure	25
Principe	25
Logiciel de test	26
Organigramme logiciel	27
Listing programme	27
Hardware	28
Mesures obturateur et Sy-Flash	29
Obturateur	29
Mesure vitesse de déplacement des rideaux.	29
Relevés boitiers	30
Signal Synchro-Flash	31
Mesure valeur vitesse de synchro maximale	31
Mesure décalage signal synchro flash	32
Relevés	32
Transmetteurs - télécommande synchro-X	32
Exemples de transmetteurs radio	33
Liens et Annexes	34
Listing Arduino mesure temps de latence	34
Sources et Liens	38
Révisions document	38

Avant propos

Certes ce n'est le genre de sujet qui intéresse les foules ou que l'on aborde entre la poire et le fromage lors du repas de famille chez notre tante à héritage préférée. Par contre tout ceux qui sont concerné par le besoin d'avoir une synchronisation précise entre la prise de vue et une commande externe que ce soit dans un cadre de photo automatique ou à haute vitesse seront intéressés par les propos abordés dans ce document.

La décomposition temporelle du fonctionnement d'un boitier et la connaissance précise des différents timings et retards intervenant lors d'une prise de vue permettra d'ajuster ou de compenser les commandes envoyées aux différents éléments utilisés (Apn, flashes) afin d'en limiter les effets.

Chronologie boitier reflex

Temps de latence

Définitions et Concepts

Afin de ne pas mélanger les concepts il me parait important de préciser et de définir exactement les termes employés dans ce document. Si ces définitions peuvent être transposées a tout type d'appareil de prise de vue, elles seront surtout prévues dans un contexte d'appareil photo numérique doté d'un obturateur à plan focal doté de deux rideaux.

- **Durée de prise de vue (PDV)** : Temps entre l'action sur le déclencheur et la fin de l'enregistrement de la ou des images sur la carte.
- **Cadence** : Nombre d'images successives permises par secondes.
- **Temps de latence** : Temps entre l'action sur la commande de déclenchement et le début de l'exposition du capteur.
- **Vitesse ou temps d'exposition** : Durée pendant lequel une ligne du capteur est exposée à la lumière, généralement utilisé par sa valeur inverse soit la vitesse d'exposition ($1/t$).
- **Durée d'obturation** : Définition personnelle représentant le temps entre le début d'exposition de la première ligne du capteur et la fin d'exposition de la dernière ligne.
- **Vitesse Synchro-Flash** : Temps d'exposition minimal nécessaire pour assurer une exposition correcte du capteur par la lumière impulsionnelle d'un flash.
- **$t_{0.1}$ ou $t_{0.5}$** : Durée de l'éclair émis par un flash mesuré pour les valeurs de luminosité supérieures a 10 ou 50% du maximum.

Chronologie simplifiée APN

Entre le moment ou une pression sur le déclencheur provoque la demande de prise de vue et la fin de l'enregistrement de la photo sur la carte mémoire de nombreuses opérations et étapes sont nécessaires, chacune demandant un certain temps minimum pour être réalisées. Si certaines d'entre elles sont effectuées de manière simultanée, le temps d'exécution global étant alors égal à la plus longue de ces opérations, nombre d'entre elles nécessitent la fin de l'exécution de la précédente pour être réalisée, les temps d'exécution individuels s'ajoutant et s'accumulant.

Le tableau ci-dessous représente de manière simplifiée les différentes étapes suivies par le boitier lors d'une prise de vue, certaines citées sont superflues. Des objectifs non dotés de module stabilisateur auront un temps d'initialisation largement réduit par rapport a une optique ayant ce système en fonction, le temps de libération du système d'immobilisation de la lentille mobile et l'initialisation des capteurs gyroscopique nécessitant un temps important. De même le délai de mise au point peut être non négligeable selon les conditions de prise de vue, a nul si l'objectif est réglé en AF manuel.

Certaines opérations sont réalisées de manière simultanée, comme par exemple l'activation des moteurs de commande de la montée du miroir et de fermeture du diaphragme, le temps d'exécution global sera alors égal au plus long des deux. Le temps de latence pour un même boîtier pourra être dépendant non seulement de l'objectif qui lui est associé mais aussi de la valeur d'ouverture utilisée, le moteur du diaphragme devant être actif plus longtemps pour fermer les lames de l'iris.

Action sur le premier niveau du déclencheur		t init
Réveil de l'appareil photo (Optionnel)	100 à 800ms	
Initialisation informatique boîtier et objectif Initialisation capteur	80 à 150ms	
Mise en route stabilisation objectif	150 à 500ms	
Recherche du point autofocus	Variable	
Action sur le second niveau du déclencheur	t latence 50 à 100ms	
Montée du miroir Fermeture diaphragme objectif		
Début ouverture premier rideau	t expo	t obtu. 3 à 5ms + t expo
Début fermeture second rideau	1/8000 ^e à 30s	
Fin de fermeture second rideau		
Redescente miroir Transfert image capteur dans le buffer Armement moteurs miroir et obturateur	t recyclage 50 à 200ms	

Influence de la chronologie sur la prise de vue

Certains vont me dire tout cela ne sont encore que des trucs de geek et que cela n'a pas plus d'importance que l'état de charge de la batterie (et pourtant, cela aussi, pour ceux qui suivent mes élucubrations).

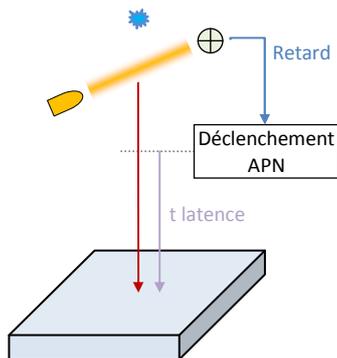
Ces différents temps vont avoir des effets sur les techniques de prise de vue pouvant même dans certains cas la rendre impossible.

- **Le temps d'initialisation et de réveil du boîtier** : De moins en moins important, mais quand un boîtier demandait presque une seconde pour sortir de veille certaines précautions étaient à prendre en compte quand une gallinette cendrée déboulait sans prévenir d'un fourré. Plus sérieusement et couramment le temps d'initialisation du module IS peut provoquer de gros soucis sur un déclenchement non prévisible et nécessiter sa désactivation.
- **Le temps d'obturation** : Outre les phénomènes de synchro flash que tout le monde connaît le fait que la durée ou une partie du capteur est exposée ne peut être inférieure à 3 ou 5ms selon les boîtiers (voir chapitre obturateur) peut provoquer des phénomènes de distorsion de l'image aux hautes vitesses d'exposition.
- **Le temps de latence** : Le retard entre la commande de déclenchement et le début de la prise de vue effective est le problème le plus grave et le plus gênant. Outre les phénomènes rencontrés lors d'une prise de vue automatique ce facteur peut intervenir dans certains cas de la vie courante, notamment en sport. Certaines prises de vue doivent être réalisées avec un timing très serré, par exemple lors d'une compétition de dressage en équitation le moment de croisement parfait sur un appuyé ne dure que quelques ms, avec un peu d'habitude il est possible de déclencher manuellement au moment idéal, le "doigt et l'œil" s'étant habitué à ce petit décalage temporel. Le fait de travailler avec deux boîtiers possédant des temps de latence trop différents peut alors poser problème en perturbant cette habitude. Avec certains boîtiers ayant un temps de latence trop long ou de valeur aléatoire (Smartphones) cela devient mission impossible.

Prise de vue automatique

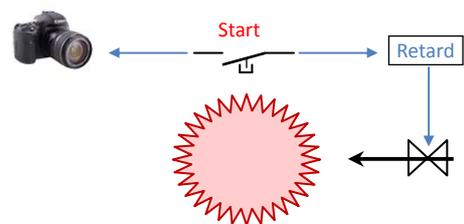
Que ce soit la photographie d'oiseau, de goutte d'eau ou de l'explosion d'un ballon le problème n'est généralement pas la vitesse d'exposition les boitiers montant jusqu'au $1/8000^e$ mais de déclencher au bon moment. Que ce soit la faute de l'œil ne parvenant pas à distinguer la goutte d'eau ou du doigt incapable de réagir suffisamment rapidement les systèmes automatiques deviennent indispensables dans certains cas.

La connaissance précise du temps de latence permettra de compenser ce retard soit en agissant sur le moment de déclenchement du boitier a partir de la détection de l'événement, soit au contraire de déclencher l'événement au bon moment.



Dans cet exemple la chute d'une goutte d'eau est détectée par une barrière photo-électrique laser, le temps de chute étant connu et constant le déclenchement du boitier avec un retard égal a ce temps de chute a partir de cette détection moins le temps de latence permet d'obtenir une prise de vue au moment de l'impact.

Ici au contraire le boitier est déclenché immédiatement en premier, l'activation de l'événement, par exemple un électro-aimant commandant l'explosion du ballon est retardé d'une valeur égale au temps de latence du boitier pour que l'exposition soit synchronisé avec l'éclatement du ballon.

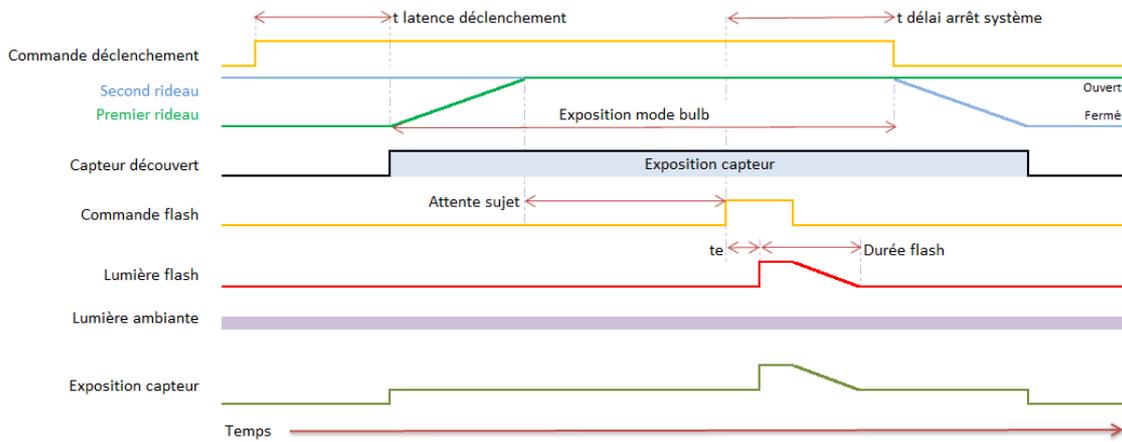


Open flash

En open flash la commande de prise de vue et sa durée d'exposition ne sont plus gérés par l'obturateur du boitier celui-ci demeurant ouvert en permanence mais directement par le flash et sa durée d'éclair. Ceci permet l'obtention de vitesse de prise de vue non accessibles aux obturateurs mécanique avec l'utilisation de flashes ultra rapides fonctionnant sous très haute tension et surtout le temps de latence extrêmement faible des flashes résoudra les problèmes causés par celui beaucoup plus important des boitiers comme cela a été évoqué précédemment.

L'inconvénient de cette méthode est l'influence de la lumière externe naturelle par rapport à la lumière apportée par le flash. Il faudra donc que cette lumière ambiante soit au niveau le plus faible possible ou que l'obturateur ne soit ouvert que pendant le temps minimal indispensable. De plus les hautes vitesses de prise de vue ne seront possibles que pour de faibles valeurs de puissance de l'éclair.

Le croquis ci-dessous présente le fonctionnement basique d'une prise de vue en open flash. Le système va être armé par la commande de déclenchement du boitier réglé en mode Bulb, le temps de latence de déclenchement écoulé le premier rideau va s'ouvrir, le système de prise de vue est en attente du sujet. Le sujet arrivant dans la zone de prise de vue le détecteur lui étant associé va déclencher le flash avec un temps de latence minimal ($t_e=0.1$ à 0.2 ms) pour effectuer la prise de vue effective. Au bout d'un temps correspondant a la durée du flash et d'un intervalle de sécurité la commande de déclenchement du boitier est arrêtée pour permettre la fermeture des rideaux et le réarmement du système.

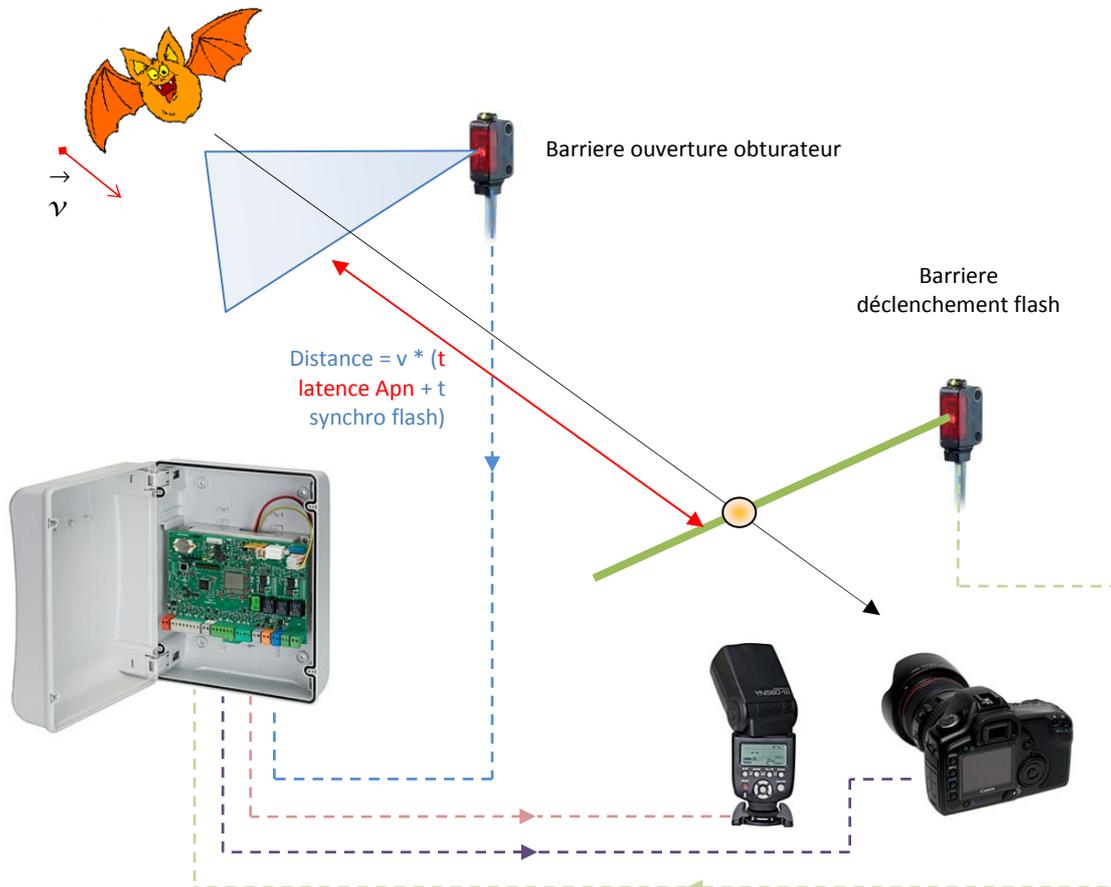


Compensation des inconvénients du mode open flash

Le principal inconvénient de ce mode réside dans le fait que le temps d'exposition du capteur doit être au minimal égal à celui de synchro flash additionné du temps d'attente du sujet lequel peut être excessivement important. La lumière ambiante exposant le capteur durant cet intervalle, celle-ci devra donc être la plus faible possible comparée à celle apportée par le flash, de ce fait la gestion de l'exposition du sujet par rapport à l'arrière plan sera plus difficile à gérer.

Pour pallier à ce problème l'utilisation d'un second obturateur mécanique ou électronique (LCD) à grande vitesse en amont de l'objectif peut être envisagé mais fait rentrer le système dans un autre monde qui fera l'objet d'un autre document.

Plus facilement l'utilisation de système de gestion de déclenchement évolué et d'une seconde barrière commandant le déclenchement du mode bulb permettra de réduire le temps d'attente du sujet au minimum en l'adaptant au temps de latence du matériel employé.



Dans le système automatisé ci-dessus la première barrière possédant un large champ de détection provoque la mise en mode bulb du boîtier reflex et l'ouverture de l'obturateur, la seconde barrière d'une portée plus sélective déclenche le flash, l'illumination du sujet et la mise au repos du boîtier. La distance entre les deux barrières doit être prévue pour que le boîtier ait le temps d'ouvrir complètement son premier rideau avant que le sujet n'arrive sur la seconde barrière. Le temps d'ouverture de l'obturateur est réduit à son strict minimum, comparé à une commande manuelle du mode bulb la luminosité ambiante aura moins d'effet sur le cliché réalisé. La connaissance du temps de latence du boîtier est donc indispensable



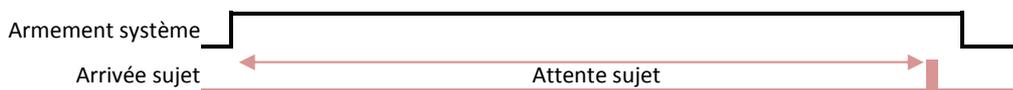
Déclenchement boîtier manuel



Déclenchement boîtier auto

Dans les cas où ce montage n'est pas applicable il est possible de réduire les effets de la luminosité ambiante en limitant la durée de la pause longue automatiquement. Dans ce cas durant toute la durée d'attente du sujet le système de gestion au bout de la durée d'exposition maximale programmée relance un cycle de prise de vue automatiquement. Si cette méthode ne demande pas de matériel supplémentaire elle est peu être source d'un nombre de photos inutiles considérable, de plus si le sujet arrive pendant la période de réinitialisation du boîtier entre deux clichés il ne pourra être bien sur photographié.

Chronogrammes de fonctionnement open flash



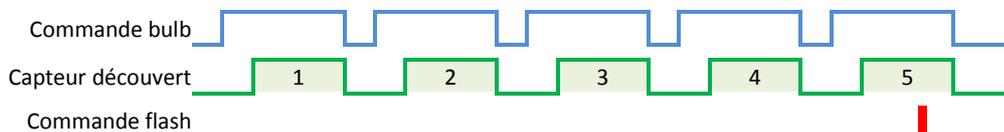
Déclenchement mode bulb manuel



Déclenchement mode bulb par seconde barrière



Limitation automatique durée mode bulb



Exemples de temps de latence

Comme cela sera vu dans le chapitre mesure deux temps de latence différents peuvent être considérés sur tous les boîtiers en fonction de leur degré d'activation.

Le premier qui est le plus long est mesuré à partir d'un boîtier allumé mais avec un bouton déclencheur non actif, il comprendra les temps d'initialisation de l'électronique interne, en particulier du capteur et comprendra le temps de mise au point et d'activation de l'IS. Sa valeur pourra donc être aléatoire en fonction des conditions de prise de vue. La ligne "Cycle complet" du tableau suivant indique les valeurs minimum avec un AF de l'objectif inactif.

Le second temps est mesuré à partir d'un boîtier actif, soit par action sur le premier niveau du déclencheur (ou le bouton AF), soit par activation de l'entrée focus de la prise télécommande. Cette valeur est relativement constante et ne varie légèrement qu'avec la valeur de l'ouverture utilisée dans certains cas. Des options sur certains boîtiers pro permettent de réduire cette valeur au détriment de la stabilité du système.

La troisième ligne de ce tableau indique le temps minimal d'une prise de vue en mode rafale calculé à partir de la valeur de cadence indiquée par le constructeur. Ce temps correspond au temps de latence plus le temps de recyclage du boîtier.

Temps de latence de quelques boîtiers Canon

<i>Valeurs en ms</i>	D60	300D	350D	400D	40D	7D	1D3	1Dx	5D3
Temps de réveil boîtier							200		
Latence cycle complet	300		240	116	126	142	162		140
Latence focus activé	100	128	100	66	62	62	54	55	63
Inertie réduite							43	36	
Intervalle min (cadence)				333	160	125	100	85	167

Les valeurs en vert sont des issues des données techniques constructeur.

Obturateur a rideaux ou plan focal

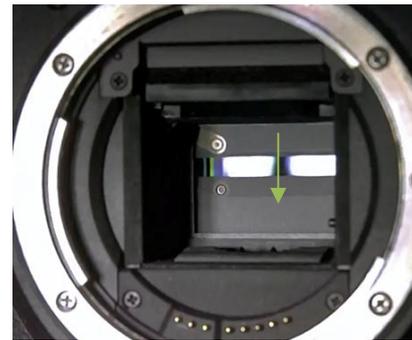
Les obturateurs à rideaux ont remplacé les anciens systèmes centraux en raison de leurs possibilités étendues et en particulier l'obtention de hautes vitesses d'obturation et d'une précision accrue concernant celle-ci. Leur principal inconvénient réside dans un leur temps de synchronisation et de fonctionnement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

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.



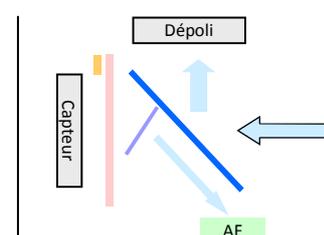
Pour toute vitesse d'exposition supérieure au temps de circulation d'un rideau devant le capteur le début de fermeture du second rideau intervient avant que le premier rideau ai fini de s'ouvrir complètement, seule une partie du capteur est donc exposée simultanément comme il est possible de le voir 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'éclairage de la scène soit parfaitement constant. La durée d'un éclair étant extrêmement courte et inférieure 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 boîtier reflex à obturateur plan focal

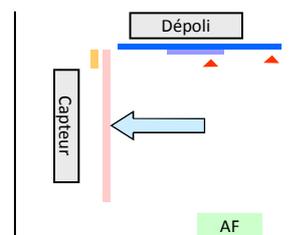
- 1 : Etat initial - Position repos

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



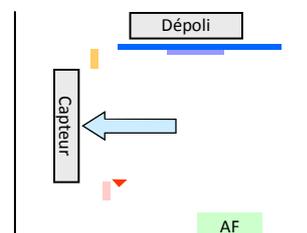
- 2 : Début déclenchement

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.



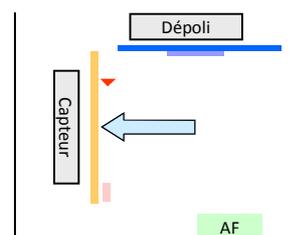
- 3 : Début exposition

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.



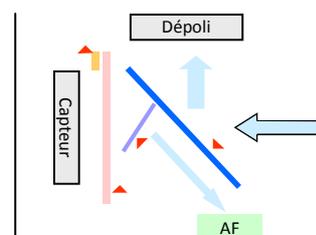
- 4 : Fin exposition

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 boîtiers reflex utilisent un décalage 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 décalage 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 forcément 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 où 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 t_{Dep} (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.

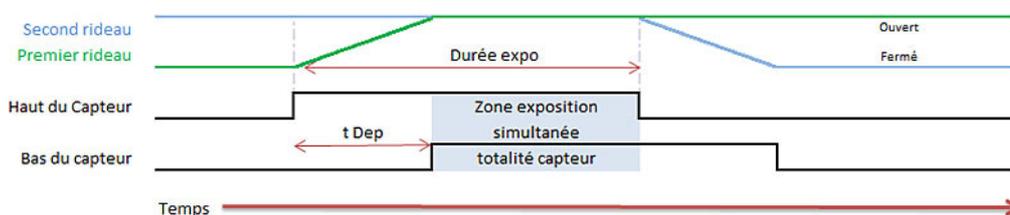


Fig.2 : Temps d'exposition égal à t_{Dep}

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

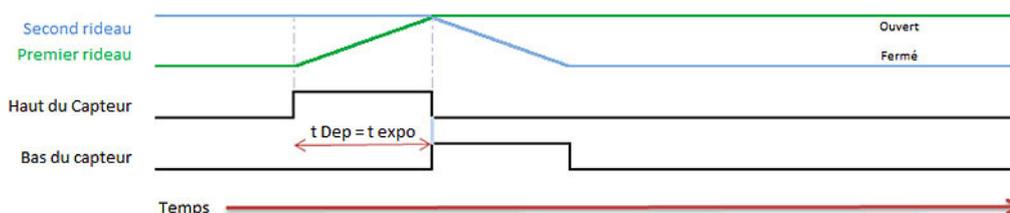
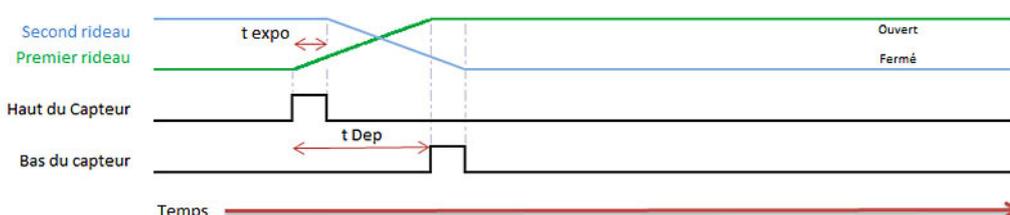


Fig.3 : Temps d'exposition inférieur à t_{Dep}

Seule une bande du capteur est découverte, la durée de déplacement de cette bande est égale à t_{Dep} plus t_{Expo} , 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.

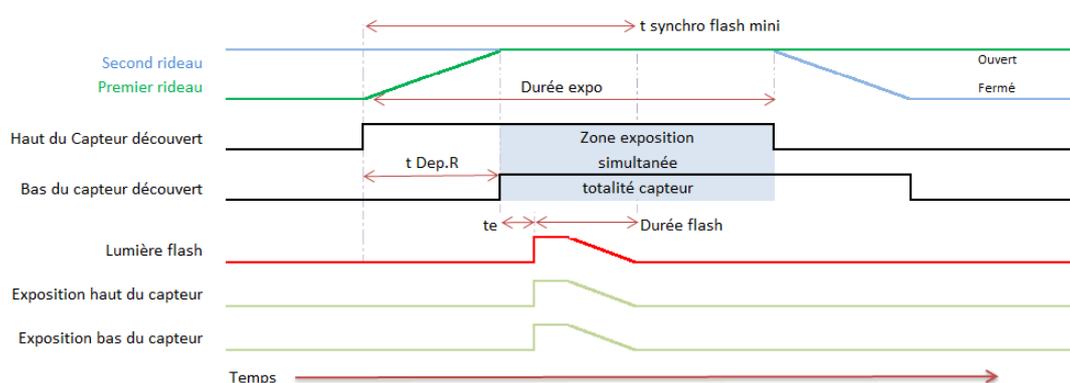


Vitesse de synchronisation flash

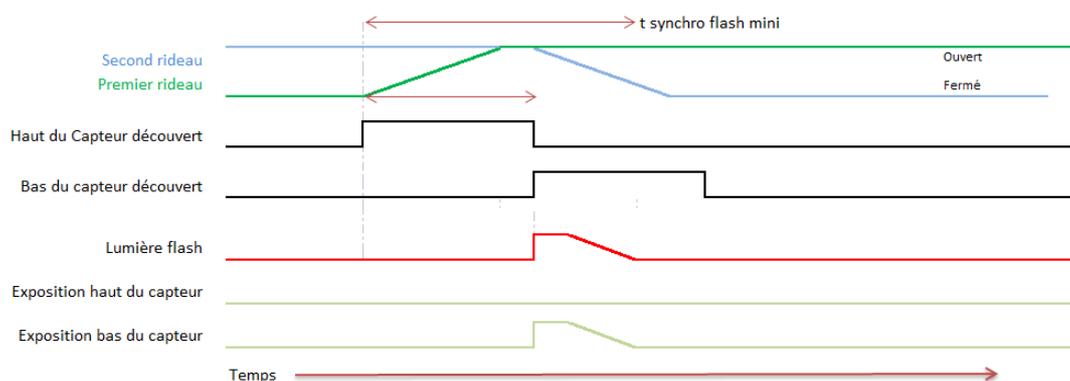
Comme il l'a été vu précédemment pour toute valeur de temps d'exposition inférieure au temps de circulation des rideaux seule une bande plus ou moins large du capteur est exposée simultanément. Dans le cas d'une source d'éclairage fluctuant durant cette période de déplacement ou lui étant inférieure 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 à 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 (t_e) 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 ($1/300^e$) 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.

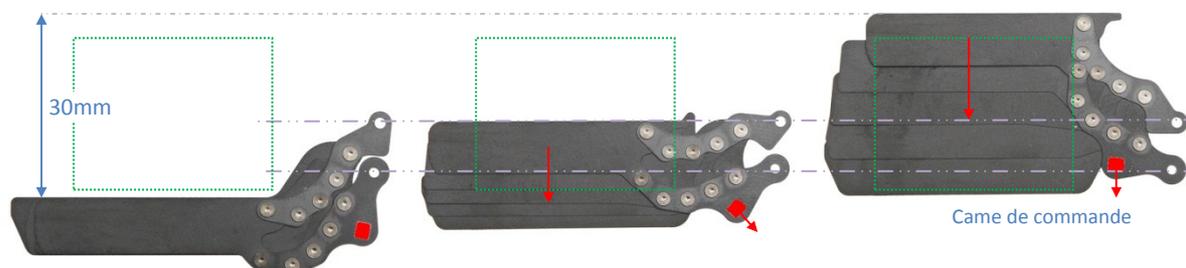
Le tableau suivant donne cette valeur pour quelques boîtiers actuels.

Boîtiers FF		Boîtiers Aps C-H		Boîtiers Dx	
Canon 1D X	1/250 ^e	Canon 1D	1/500 ^e	Nikon D1, D1H, D1x	1/500 ^e
Canon 5D	1/250 ^e	Canon 1D II(n)	1/250 ^e	Nikon D2H D2Hs, D2X	1/250 ^e
Canon 5D II, 5D III, 5Ds	1/200 ^e	Canon 1D(s) III, 1D IV	1/300 ^e		
Canon 6D	1/180 ^e			Nikon D40, D50, 70	1/500 ^e
		Canon 7D, 7D II	1/250 ^e	Nikon D60, D80, D90	1/200 ^e
Nikon D3, D3x	1/250 ^e	Canon 10D	1/200 ^e		
Nikon D4, D4s	1/250 ^e	Canon 20D à 70D	1/250 ^e	Nikon D100	1/180 ^e
Nikon D600, D610	1/200 ^e			Nikon D200	1/250 ^e
Nikon D700	1/250 ^e	Canon 300D à 760D	1/200 ^e	Nikon D300	1/320 ^e
Nikon D750	1/200 ^e	Canon 1000D à 1200D	1/200 ^e	Nikon D3000 a 3300	1/200 ^e
Nikon D800	1/320 ^e			Nikon D5000 a 5500	1/200 ^e
Nikon D810	1/250 ^e			Nikon D7000 a 7200	1/250 ^e

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

Ajustement Timing rideaux

Chaque rideau est constitué d'un assemblage de plusieurs lames glissant les unes sur les autres et se repliant en éventail. La surface balayée par cet assemblage est plus importante que celle de la fenêtre d'exposition du capteur ou de la pellicule (ici de 24mm avec un déplacement de la première lame de 30mm).



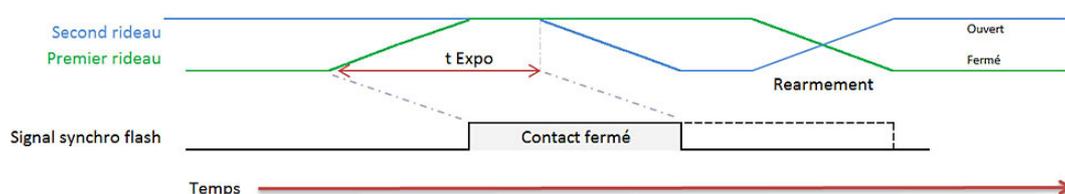
De par leur fabrication par emboutissage et leur assemblage riveté les tolérances de fabrication des rideaux pour garder des coûts de fabrication raisonnables restent relativement élevées. Des essais effectués sur banc en sortie de chaîne de fabrication ou en SAV permettent de déterminer précisément les erreurs d'exposition que ces tolérances de fabrication génèrent et des réglages internes électroniques ou informatiques permettent de les compenser. De la même manière le signal de synchro flash sera activé par le processeur du boîtier grâce à d'autres réglages pour correspondre au moment exact réel de la découverte complète du capteur et non pas à celui de fin d'ouverture mécanique du premier rideau.

Prises synchro flash ou synchro-X

Le signal synchro-X est destiné à commander un flash externe manuel, il est disponible soit sur la prise dédiée PC (Prontor-compur), soit avec le contact central du sabot.

A l'origine constitué par un contact mécanique, pour simplifier l'isolation et la conception des systèmes, le choix d'une mise à la masse du signal a été sélectionné avec par exemple une solution simple constituée d'un balai solidaire des tringles de rideau frottant sur le plot de sortie de la borne PC. Actuellement le signal est géré par le processeur du boîtier et utilise comme élément final un transistor à collecteur ouvert (ou mos) pour le sabot et un triac pour la prise PC (Nécessité de commander des anciens flashes à tension de commande négative ayant le plus au châssis).

Le signal est actionné à la fin de l'ouverture du premier rideau et est désactivé par la fermeture d'un des deux rideaux. Dans le cas des boîtiers courants amateurs ou expert (xxD, xxxD) c'est le premier rideau qui est utilisé provoquant un petit décalage entre le temps d'exposition réel et celui d'activation du signal, dans le cas des boîtiers pro (1D mkIII) le second rideau utilisé donne une synchronisation presque parfaite entre le signal et la durée d'exposition. Pour les vitesses d'exposition élevées la durée du signal synchro-X est augmentée par le processeur du boîtier pour maximiser la compatibilité avec les périphériques connectés. (Voir le chapitre mesures).



Analyse détaillée 1D mark III

A part quelques informations concernant la conception et caractéristiques essentielles des éléments, le manuel de réparation du mark3 n'offre que peu d'explications concernant le fonctionnement des différents composants mécaniques du boîtier. Ne désirant pas ouvrir un boîtier pour placer des sondes sur les différents capteurs et actuateurs j'ai utilisé une méthode indirecte en essayant de reconstituer le déroulement des éléments via leur signature sonore. Des relevés ont donc été réalisés en modifiant les paramètres et options de la prise de vue.

Les caractéristiques fournies par le manuel de maintenance ou la documentation commerciale sont :

- Cadence maximale : 10 Img/s
- Temps de latence à la prise de vue : 55ms (40ms avec CFn IV-13 activé)
- Temps d'interruption visée à la prise de vue : 80ms + temps d'expo
- Temps de déplacement rideaux devant capteur : 2.3ms
- Vitesse de synchro-X : 1/300°
- Temps de réveil boîtier : 200ms

Ces valeurs vont être retrouvées lors des essais avec parfois quelques variations mineures. Cette confirmation permettra d'interpoler une estimation des valeurs non fournies par la documentation pour d'autres boîtiers de la gamme à partir des données officielles.

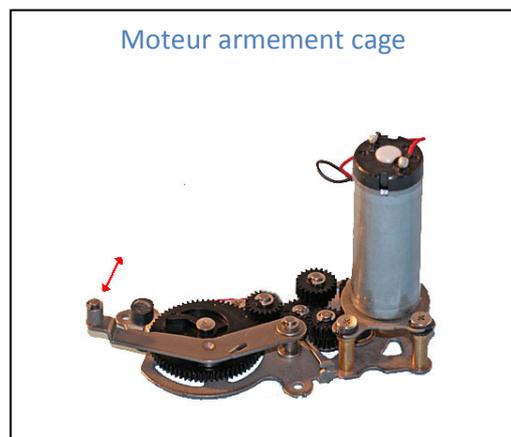
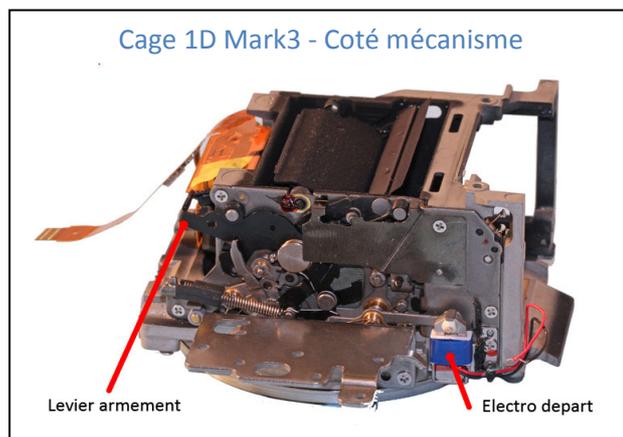
Cage miroir

L'apparition du 1Dmark3 a provoqué deux changements majeurs dans la conception des ensembles cage miroir. Les fonctions liveview nécessitant des mouvements du miroir indépendant de l'obturateur conjugué à la cadence de 10 Img/s a nécessité de séparer la motorisation du réarmement de ces deux ensembles.

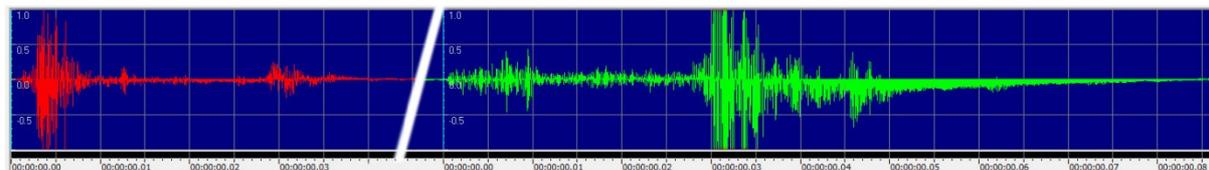
Les mouvements de la cage miroir sont donc gérés par un ensemble motoréducteur entraînant un levier permettant l'armement des ressorts du bloc cage, un cliquet permettant le maintient du miroir en position haute, et un électro-aimant permettant de lancer séquentiellement les cycles de montée et de descente, conjugué avec la position du levier d'armement.

Le moteur est régulé en vitesse et freiné par la carte de puissance via un pont en H, un capteur de positionnement à deux sorties situé sur l'excentrique de commande du levier d'armement permet de gérer l'asservissement et les positons d'arrêt avec précision.

Une variation de vitesse des moteurs d'armement permet une réduction du bruit de déclenchement, au détriment bien sur de la cadence. De plus un système de descente lente non plus par les ressorts de rappel mais amorti par le moteur est apparemment utilisé (non confirmé).



La séparation du bruit du mouvement du miroir et celui du moteur d'armement n'est pas possible directement à partir des commandes du boîtier, si les cycles montée, descente/réarmement sont accessibles avec l'option CFn III-15 de relevé miroir et retour par la touche set, la descente seule n'a été possible que par simulation avec un cage de récupération ayant servi aux photos.



La trace rouge correspond à la montée du miroir d'une durée d'environ 35ms, l'impact à t25 devant correspondre à la fin de course du miroir.

La courbe verte correspond au cycle descente / réarmement, la première partie de t0 à t22 étant la chute du miroir, suivie très certainement de l'armement du système. A partir de t35 le logiciel de traitement graphique affiche une courbe asymétrique en raison d'une forte impulsion très basse fréquence, sans doute la fin d'amortissement du miroir.

Obturateur

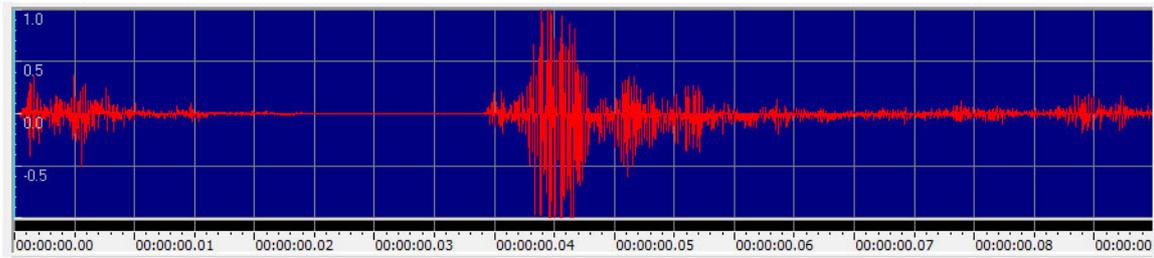
L'obturateur est de conception classique, doté de deux rideaux à lames horizontales et à déplacement vertical. Chaque rideau est constitué de deux lames carbone et deux lames aluminium entraînées par ressort et déclenchés par un électro-aimant.

La vitesse de synchro X de 1/300s (3.3ms) est obtenu grâce à une vitesse de déplacement d'environ 9 mètre/s des lames (La hauteur de l'obturateur de 21mm est réalisé en 2.3ms) et un temps minimal d'activation grâce à l'utilisation d'électro-aimants rotatifs (dixit Canon).

Le réarmement est réalisé grâce à un second groupe motoréducteur (De puissance supérieure à celui de la cage), lui aussi alimenté en PWM et asservi en positionnement.



La signature sonore de l'obturateur est assez facile à obtenir avec l'option "verrouillage du miroir, retour par la touche set", un déclenchement ne fait alors intervenir que l'obturateur et son moteur de réarmement.



Ici dans le cas d'une prise de vue à la vitesse de $1/25^e$ nous avons de t_0 à t_7 ms la descente du premier rideau, à t_{40} ms le départ du second rideau (Soit bien notre exposition au $1/25^e$), et de t_{45} à t_{60} ms le moteur de réarmement, il est probable que l'impulsion à t_{90} ms corresponde au retour du bras d'armement sur sa butée caoutchouc.

Les 7ms trouvés pour la descente du premier rideau ne comprennent pas que le temps de mouvement de celui-ci (2.3ms théorique) mais incluent les temps de déclenchement, amortissement, etc. L'exposition du capteur commencera réellement par exemple aux environs de t_2 et sera complète à t_5 ms.

Prise de vue complète

Sur le graphique ci-dessous il a été combiné les traces des éléments individuels détaillé dans les paragraphes précédents à ceux de prises de vues complètes.

Dans l'ordre les traces correspondent à :

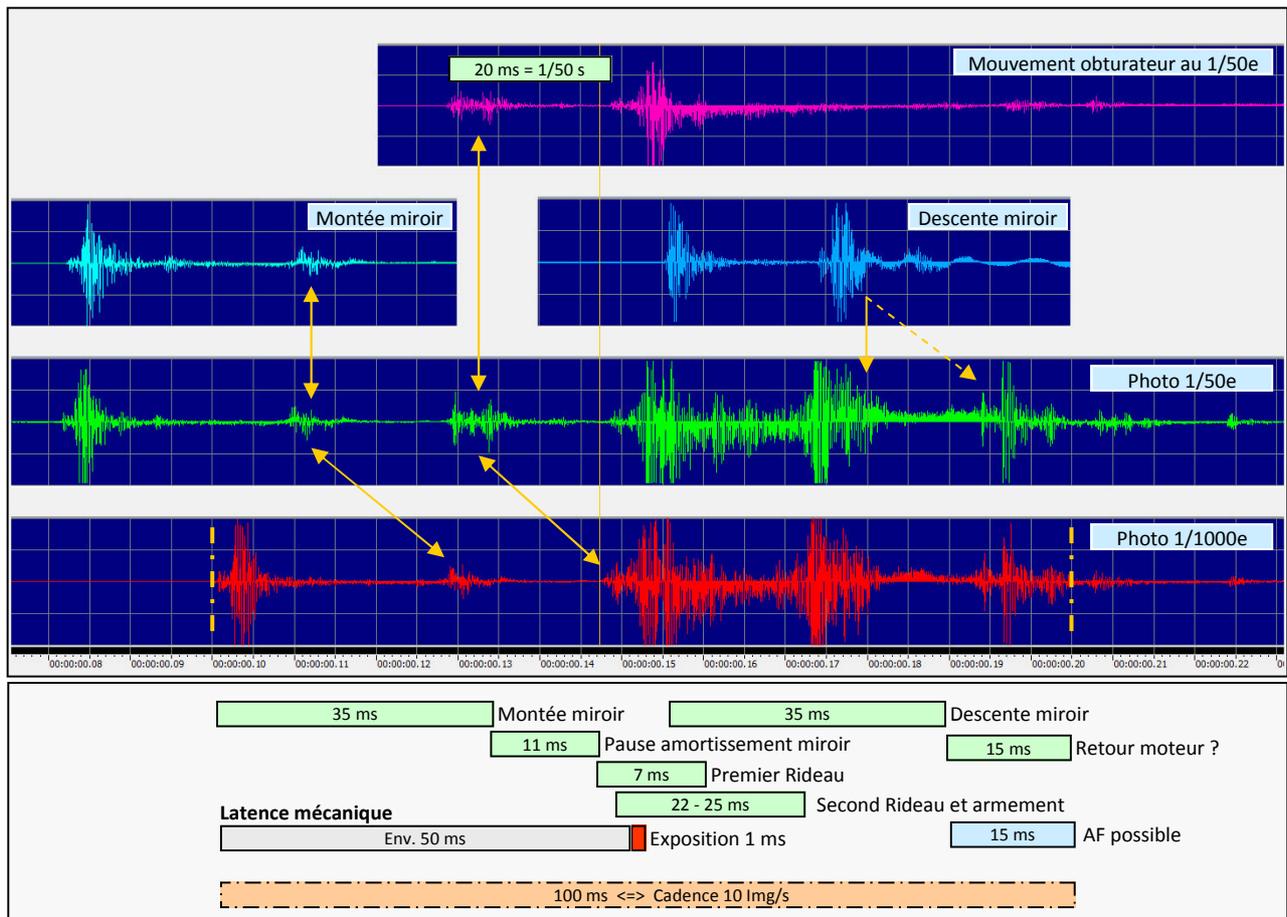
- Rose : Obturateur seul (Déclenchement avec option miroir relevé - retour par touche Set).
- Bleu clair : Montée miroir (Elevé avec la fonction miroir relevé)
- Bleu : Descente miroir (Simulation avec cage en pièce détachée)
- Vert : Photo one shoot avec un temps d'exposition de $1/50^e$.
- Rouge : " " " $1/1000^e$.

Les relevés des photos prises au $1/50^e$ et $1/1000^e$ sont totalement similaires à la différence de temps d'exposition près.

La signature de montée miroir se retrouve sur les relevés complets sans soucis, celle des mouvements de l'obturateur non plus. Sur le relevé au $1/1000^e$ la trace sonore du mouvement du premier rideau est totalement confondue avec celle du second.

La descente du miroir pose plus d'interrogations, le tracé en bleu aurait pu correspondre à la fin de celui visible en fin de cycle complet (flèche en pointillé). Cette solution est peu probable car en cas de rafale au taux maximum il ne resterait plus de temps disponible à l'autofocus pour refaire le point. Les dernières impulsions sonores à t_{190} correspondent certainement à un mouvement de moteur, mise en position du moteur de réarmement ?

Les valeurs obtenues sont compatibles à quelques millisecondes près aux valeurs constructeur théoriques citées en début de chapitre.



Points notables relevés

On peut remarquer l'intervalle d'environ 11ms entre la fin de montée du miroir et le début de l'exposition, ceci est rendu nécessaire pour éviter les soucis de flou dus aux vibrations provoquées par l'arrêt du miroir. Il est hautement probable que ce soit ce délai de stabilisation qui soit mis à contribution et diminué avec l'option CFn IV-13.

On retrouve de façon logique le temps de latence rencontré lors des mesures avec l'Arduino. Les 50ms environ de temps de latence d'origine mécanique auquel il faut ajouter les temps de prise en compte de la commande de déclenchement plus divers petits retards correspondent bien aux 54ms trouvés sur ce boîtier en mesure temporelle.

On peut comprendre aussi les soucis de jeunesse qu'a rencontré Canon avec l'AI servo aux hautes cadences de prise de vue. L'intervalle d'une quinzaine de milli secondes où le miroir secondaire est disponible pour permettre au capteur autofocus de travailler n'est pas excessif, celui-ci ne permettant que l'échange d'une cinquantaine d'ordres entre le boîtier et l'optique. Tout souci de stabilisation du miroir secondaire devient alors critique.

Contrairement à ce que j'ai pu voir ou entendre parfois, la limitation du taux de rafale d'un boîtier n'est pas due principalement à des soucis de temps du traitement et de de-matçage des images mais est bien d'origine mécanique. Il sera sans doute très difficile de passer au dessus de la barre des 10lmg/s (surtout en FF) tout en gardant le système autofocus par différence de phase actuel, d'ailleurs si le 1Dx atteint les 14 lmg/s c'est en s'affranchissant du système en gardant le miroir relevé.

Il est évident que ce propos n'est valable que si le buffer image n'est pas rempli ou que des traitements spéciaux sur les données brutes du capteur soient exécutés, mais il sera toujours plus facile d'obtenir des gains sur la partie électronique que mécanique.

Mesure temps de latence boitier

Relevés et résultats mesure

Les essais réalisés avec la procédure décrite dans le chapitre suivant vont permettre de déterminer les différents temps de latence en fonction des multiples configurations du boitier. Les résultats sont donnés sous la forme fournie par la platine d'essai => Durée de l'impulsion de commande du boitier - **Temps de latence** - Durée signal synchro flash, le tout en ms.

L'entrée focus de la télécommande est soit activée en continu (mise au commun de la prise N3), soit désactivée. Une commande conjuguée à celle de déclenchement donne des résultats identiques à ceux ou cette entrée est restée désactivée.

Influence des options boitier lors d'un déclenchement standard

Cette série d'essai dont les résultats sont regroupés dans le tableau 1 est effectué dans un contexte de prise de vue classique. Sauf aux lignes 12 et 13 le boitier est testé sans optiques pour ne faire intervenir ni le système autofocus, ni le diaphragme. Les temps de latence obtenus sont alors les valeurs minimales que peut offrir le système.

Déclenchement standard boitier au repos

Ce mode simule un déclenchement rapide du boitier sans préparation préalable a partir d'un boitier allumé mais au repos. La platine d'essai est configurée avec une impulsion initiale de longue durée pour que le déclenchement soit assuré à la première tentative.

- Ligne 1 : C'est dans ce mode que le temps de latence est le plus important comme la logique et le descriptif du timing pouvait le laisser prévoir. Dans ce cas tous les systèmes du boitier doivent être activés avant le début de l'exposition.

Déclenchement avec entrée focus activée

Les essais des lignes suivantes sont tous effectués avec la platine configurée avec une impulsion de commande initiale de 1ms, et un intervalle entre mesure de 1s. Dans ce cas

- Ligne 2 : L'entrée focus a été activée au préalable, c'est cette configuration d'utilisation qui sera rencontrée le plus souvent, le photographe préparant son shoot et sa mise au point avant de déclencher, c'est aussi dans ces conditions que la valeur du temps de latence fournie par les constructeurs est mesurée. Dans ce cas de figure le temps de latence est minimal, et est d'origine principalement mécanique (montée du miroir). Les différences de 80 à 100ms trouvées avec l'essai précédent sont dues uniquement aux séquences d'initialisation de l'électronique du boitier déjà réalisées suite a l'activation de l'entrée focus.

- Ligne 3 : Test un peu moins pertinent et intéressant, l'entrée focus est désactivée comme dans le premier essai mais l'impulsion de commande de courte durée n'attend pas la fin d'activation complète du boîtier. Le déclenchement ne se fait qu'au second (ou troisième pour le 5d3) essai, la ou les impulsions initiales "réveillent" l'APN jusqu'à se retrouver avec l'équivalent de la situation entrée focus actif, la commande suivante provoque le déclenchement avec le temps de latence minimal mesuré en (2).

Vérification temps d'exposition

- Lignes 4, 5, 5b : Ce test réalisé en mode latence minimal entrée focus activée est réalisée en faisant varier le temps d'exposition pour vérifier l'évolution du signal synchro flash. Un léger décalage des valeurs mesurées est constaté selon les boîtiers et les valeurs de temps d'exposition ce qui fera l'objet de mesures complémentaires dans le chapitre signal Synchro-Flash.

Mode Live-View

- Ligne 6 : Si le miroir n'intervient pas étant déjà en position haute, il faut par contre que le moteur d'armement de l'obturateur exécute un cycle complet pour que premier rideau ouvert se ferme et repartir sur un cycle d'exposition normal. De plus l'électronique du capteur doit réinitialiser son fonctionnement ce qui doit être la cause de la forte augmentation du temps de latence avec le 5D3.

A noter avec le 5D3 et le 7D une augmentation pouvant aller jusqu'à 130ms (variable aléatoirement) de la durée minimale de l'impulsion de commande pour être prise en compte, peut être en raison de l'application d'un filtre anti rebond spécifique a ce mode de déclenchement et du fort taux d'occupation processeur.

A noter aussi que l'essai ne peut être réalisé avec le paramètre "Silence" du Live-View actif, dans ce cas les sorties synchro-flash ne sont pas commandées et la mesure ne peut se faire.

Relevé miroir

- Lignes 8, 10, 11 : Le pré-relevage du miroir donne des résultats un peu inattendus, alors que l'on aurait pu s'attendre à avoir ceux trouvés en ligne 2, on obtient un temps de latence supérieur quel que soit l'état de l'entrée focus. Toute l'électronique étant pourtant activée et le module de calcul AF du boîtier ne servant à rien un gain de temps aurait du être espéré.

- Ligne 9 : L'activation de l'entrée focus empêchant la détection de la seconde commande pour déclencher, l'essai ne peut donc être effectué.

Option "Inertie au déclenchement réduite"

- Lignes 12 et 13 : Comme le suggère la notice le gain est surtout visible en présence d'une optique, les valeurs de latence de 44ms à f/2.8 et 52ms à f/32 sont à rapprocher respectivement des 54 et 55/58 ms vus sans cette option active (voir tableau 4). Une diminution du temps de pause d'amortissement de montée du miroir et sans doute une optimisation au plus juste des dialogues optique-boîtier a été effectuée. La notice parle de stabilisation, mais plus dans le sens "stabilisation des données mesurées par les capteur et actuateurs" que du module de stabilisation IS qui n'intervient pas dans ce cas de figure.

Extrait notice 1DIV :

Lorsque l'ouverture est ramenée à 3 paliers ou moins par rapport à l'ouverture maximum, l'inertie au déclenchement de l'obturateur est d'environ 20 % plus courte que la normale.

Mode silencieux du 5D3

Cet essai a été réalisé ultérieurement aux autres (Résultats verts aux lignes 1 à 3). Du fait de la vitesse réduite des moteurs de chargement les temps de latence sont augmentés.

Tableau 1

Si non précisé t expo = 1/20 ^e (50ms)	1D3	7D	40D	5D3
1 - Standard, entrée focus désactivée - Impulsion initiale 500 ms	500-161,5-49,4	500-141,3-57,4	500-126,8-60	500-140,4-56 500-190-56
2 - Standard, entrée focus activée	1-53,7-49,4	1-62,1-57,4	1-61,9-59,7	1-62,3-56,3 1-112,1-56,4
3 - Standard, entrée focus désactivée	2-59-49,3	2-81,3-57,4	4-62,5-59,6	3-81,2-56,4 3-1312-56,4
4 - Standard, entrée focus activée - t expo 2s (2000ms)	1-54-1998	1-62-2008	1-62-2008	1-62,3-2005
5 - Standard, entrée focus activée - t expo 1/1000 ^e (1ms)	1-53,7-0,9	1-62-8,8	1-61,9-11,2	1-62,3-7,7
5b - Standard, entrée focus activée - t expo 1/8000 ^e (0.125ms)	1-53,7-11,0	1-62-7,9	1-61,9-10,4	1-62,3-6,9
6 - Visée par liveview	1-118-50	14-150-57,4	10-185-59,5	130-244-56
6b - Visée par liveview, entrée focus activée		1-125,6-57,4	1-160,1-59,6	
7 - Standard, entrée focus activée, avec optique	1-54-50	1-62-58	1-62,3-59,7	1-62,3-56
8 - Avec verrouillage miroir, entrée focus désactivée	1-58,5-49	1-83-58	1-40,8-var.	1-82,8-56,3
9 - Avec verrouillage miroir, entrée focus on				
10 - Avec verrouillage miroir, entrée focus on après relevage	1-58-49	1-83-58	Très Variable	1-82,6-56,3
11 - Avec "" "", retour par touche SET, entrée focus indifférente	1-58,4-50	Non disponible		
12 - Inertie au déclenchement réduite activé, entrée focus activée Avec 100 L Is aux ouvertures de f/2.8 et f/32	1-43,6-49,4 1-52-49			
13 - Inertie au déclenchement réduite activé, entrée focus désactivée Avec 100 L Is aux ouvertures de f/2.8 et f/32	2-59,1-49,4 2-65-49			

Sortie de veille

Appareil en veille automatique, envoi d'une impulsion suffisamment longue pour provoquer le déclenchement de l'appareil sans provoquer d'erreur du module de test. Boitier monté sans optique. Ces valeurs sont naturellement nettement supérieures à celles trouvées précédemment. En combinant les valeurs de temps de latence des deux tableaux il est possible de déterminer le temps de réveil du boitier (tlat veille - tlat(1)).

Tableau 2

	1D3	7D	40D	5D3
En veille - Impulsion initiale infinie	x-305-50	x-320-58	x-211-60	x-415-57
Durée de sortie de veille (ms)	144	180	85	275

Influence du pré-déclenchement et de l'entrée focus

Comme les essais précédents l'ont montré, une action sur l'entrée focus provoque une réduction importante du temps de latence. Comme aucun élément mécanique n'intervient la seule raison logique consiste en la mise en fonctionnement et l'initialisation d'une partie de l'électronique, sans doute le capteur, et du buffer image en Ram.

L'essai réalisé ici consiste donc à envoyer des impulsions de faible durée cycliquement à des intervalles variables. La première impulsion "réveille" le système, la seconde (ou les suivantes" provoquent le déclenchement.

La aussi, la conjugaison des commandes sur l'entrée focus et de l'entrée déclenchement n'ont aucune influence sur les résultats. Ce qui est logique si l'on considère qu'un OU interne est réalisé avec les deux entrée pour générer le signal focus (Ce qui se passe avec le bouton déclencheur à deux étages).

Les résultats avec le 1D3 sont particulièrement intéressants car révèlent des seuils de fonctionnement particulièrement tranchés, les différences et évolutions du temps de latence ou de la durée d'impulsion minimale de déclenchement étant très réguliers en fonction de l'intervalle d'envoi. Les autres boitiers offrent des résultats similaires mais plus aléatoires.

Ces résultats sont un peu logiques et montrent une volonté de filtrer les déclenchements intempestifs et de gérer au plus juste la consommation électrique des boitiers.

- Un premier seuil avec un intervalle de 1s ou le déclenchement est réalisé systématiquement au second essai avec une impulsion courte.
- Un second seuil pour les intervalles de 2 à 7 s ou le boitier ne sait pas trop sur quel pied danser, il adopte donc une stratégie de filtration des impulsions de commande en refusant toutes celles inférieures à 8ms.
- Le dernier seuil au dessus de 8s montre la limite où l'appareil oublie totalement les commandes précédentes. On retrouve le temps de latence maximal et l'on obtient la durée minimale de commande (D'ailleurs légèrement augmentée en présence d'une optique).

Tableau 3

	1D3+100L is	1D3 nu	7D	5D3		
Durée intervalle (s)	15		59-142-57			
	10	117-162-49	101-162-49	60-142-57	60-143-57	
	9	105-162-49				
	8	118-162-50	98-162-49	15-69-57	60-144-56	
	7	8-57-49			60-144-56	
	6	8-66-49	9-59-49	2-82-58		
	5	8-67-50		17-82-57	23-106-57	
	4	8-56-50		5-82-57		
	3	8-66-50	8-59-50	4-74-57	13-81-57	
	2	8-67-50	8-61-49	12-72-58	13-74-57	
	1	2-66-49	2-59-50	2-82-57	3-82-56	

Influence des optiques

Outre les problèmes de mise au point pouvant causer des retards importants à la prise de vue, les optiques interviennent à deux niveaux.

- Mécaniquement avec la fermeture du diaphragme. Malgré le fait que sa fermeture soit réalisée simultanément à d'autres opérations du boîtier, un débordement est souvent observé.
- Informatiquement, la multiplicité des dialogues entre le boîtier et l'optique là aussi offre de nombreuses occasions de générer des retards.

Comme les tableaux suivants le montrent on ne peut pas constater de règles générales, les résultats diffèrent en fonction des couples boîtiers et optique, certains ne provoquant aucune différence. Il n'y a que pour de faibles valeurs d'ouvertures que les délais supplémentaires sont courants, cette augmentation du temps de latence étant généralement proportionnelle à la taille du diaphragme de l'objectif (135/2 et 300/2.8) ou la vitesse de son moteur (Tamron 50/2.8).

Essais réalisés avec une seule impulsion de déclenchement de longue durée (500ms), les tableaux ne contiennent que la valeur de latence en ms. La mise au point des optiques est désactivée ainsi que la stabilisation si présente (Essais complémentaires réalisées avec le 100 macro).

Rappel boîtier nu

Entrée focus		1D3	7D	5D3		
Inactive	-	162	142	141		
Active	-	54	62	63		

EF 100/2.8 Macro L Is

Entrée focus		1/f	1D3	7D	5D3		
Inactive	2.8		183	142	148		
	32		192	142	148		
Active	2.8		54	63	63		
	32		55 à 58	63	63		

Entrée focus inactive		1/f=2.8	1D3	7D	5D3		
IS off - AF off			183	142	148		
IS on - AF off			183				
IS off - AF on, map non faite au préalable			357 à 491	347	216 à 380		
IS off - AF on, map réalisée au préalable			255 à 295	242 à 251	188 à 210		

On peut remarquer le gain de temps réalisé par le module AF du 5D3.

EF 135/2 L

Entrée focus		1/f	1D3	7D	5D3		
Inactive	2		178	142	152		
	32		200	153	163		
Active	2		55	62	63		
	32		68	75 à 78	73		

EF 300/2.8 L IS

Entrée focus	1/f	1D3	7D	5D3		
Inactive	2.8	177	142	150		
	8	180				
	32	200	154	161		
Active	2.8	54	63	63		
	32	66 a 67	74	74		

EF 70-200/2.8 L IS - vII

Entrée focus	1/f	1D3	7D	5D3		
Inactive	2.8	181		152		
	32	192		152		
Active	2.8	54		63		
	32	56 a 60		63		

EF 24-105/4 L IS

Entrée focus	1/f	1D3	7D	5D3		
Inactive	4	177	142	150		
	22	187	142	150		
Active	5	54	63	63		
	22	55 a 58	62	63		

Tamron 17-50/2.8

Entrée focus	1/f	1D3	7D	5D3		
Inactive	2.8	180				
	32	191				
Active	2.8	55				
	32	71				

Procédure de mesure

En industrie la mesure des différents temps de latence des APN est régie par la norme ISO 15781. Un matériel assez lourd est utilisé pour respecter au plus près les conditions d'utilisation réelles. La commande des APN utilise notamment des palpeurs mécaniques de précision pour simuler l'action sur les boutons déclencheurs.

La mesure des temps de fonctionnement est faite par analyse de photos de deux matrices de Leds positionnées en haut et bas de la zone visée. Ces matrices synchrones dont une seule Led est allumée séquentiellement à une fréquence de défilement pouvant atteindre 100Khz permettent de visualiser le passage du temps sur la photo. Ce système permet de calculer, les temps de latence, d'exposition et de mouvement des rideaux.



Principe

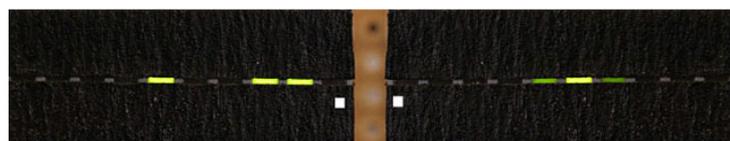
Contrairement à ce que préconise la norme l'emploi des touches réelles de déclenchement du boîtier n'étant guère réalisable facilement les entrées de télécommande (Jack ou prise N3) du boîtier vont être mises à contribution pour donner l'impulsion de départ.

Pour simplification du montage la mesure du temps de latence sera opérée entre ce temps de départ et la prise de vue non pas à l'aide d'une matrice décimale mais de huit Leds affichant la représentation d'un compteur binaire. Cette solution possède plusieurs inconvénients, la résolution est non seulement dépendante de la vitesse de prise de vue mais aussi de celle de défilement des rideaux, la photo pouvant inclure la transition d'un groupe de bits avec la vision de plusieurs Leds allumées plus ou moins faiblement. Ceci a pour conséquence la création d'une incertitude de mesure importante On peut le constater par exemple avec l'image suivante, la transition des deux bits de poids faible de 01 à 10 est visible, la seconde Led de gauche étant faiblement allumée.



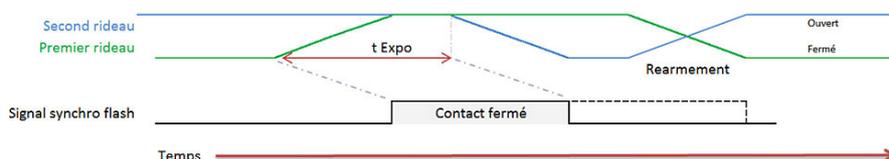
La première version du logiciel avec un pas de mesure de 1ms permettait d'utiliser ce système, le passage à une précision de 0.1ms a demandé de pallier à cet inconvénient en utilisant une méthode mixte constitué d'un affichage de poids faible utilisant un affichage linéaire d'une Led parmi huit et d'un second en mode binaire multiple du premier. Un masque limitant la hauteur des Leds permettra de réduire l'influence de la vitesse de déplacement des rideaux. De vitesses d'exposition basses ne pourront pas être utilisées mais ce système gardera une précision de lecture suffisante pour les boîtiers ayant une limite de vitesse de prise de vue de $1/4000^e$.

Dans l'exemple ci-dessous le compteur binaire (à gauche) affiche 38 (100110), le compteur linéaire (à droite) affiche 6 avec une incertitude maîtrisée par le taux d'éclairement des Leds, soit une valeur globale de $38 \times 8 + 6 = 310$.



Si la visualisation d'une photo des compteurs permet de calculer le temps de latence cette méthode ne permet pas de mesure automatique, l'utilisation du signal de commande synchro flash issu de la prise PC ou du sabot comme feedback sera plus pratique, celui-ci étant actif à partir de la fin d'ouverture du premier rideau et durant toute la durée d'exposition.

Une vérification avec la méthode visuelle permet de détecter un éventuel décalage. Sur tous les boîtiers essayés l'erreur est constante et inférieure à 0.2ms pour le début d'exposition. Par contre selon que les boîtiers utilisent le premier ou second rideau pour sa désactivation un décalage important peut exister à la fin d'exposition, ceci donnant une mesure du temps d'expo erronée.



Des essais successifs effectués lors de la prise de vue avec le barreau de Leds en haut ou en bas de l'image permettra de déterminer le sens de mouvement des rideaux (Ne pas oublier que l'image est inversée sur le capteur) ainsi que les valeurs du décalage de synchronisation entre le signal synchro flash et l'exposition, et une estimation de la vitesse de circulation des rideaux devant le capteur.

Logiciel de test

Celui-ci par l'envoi automatique à intervalle régulier jusqu'à déclenchement du boîtier d'impulsions d'une durée successivement accrue d'une milli seconde à chaque essai, va permettre de mesurer le temps de latence de l'APN, la durée minimale de commande ainsi que les temps de mise en veille informatique.

En cas de non réponse du système une erreur sera générée si le nombre d'essai est tel que la durée d'impulsion atteint une butée. De même un temps d'exposition trop important provoquera une erreur.

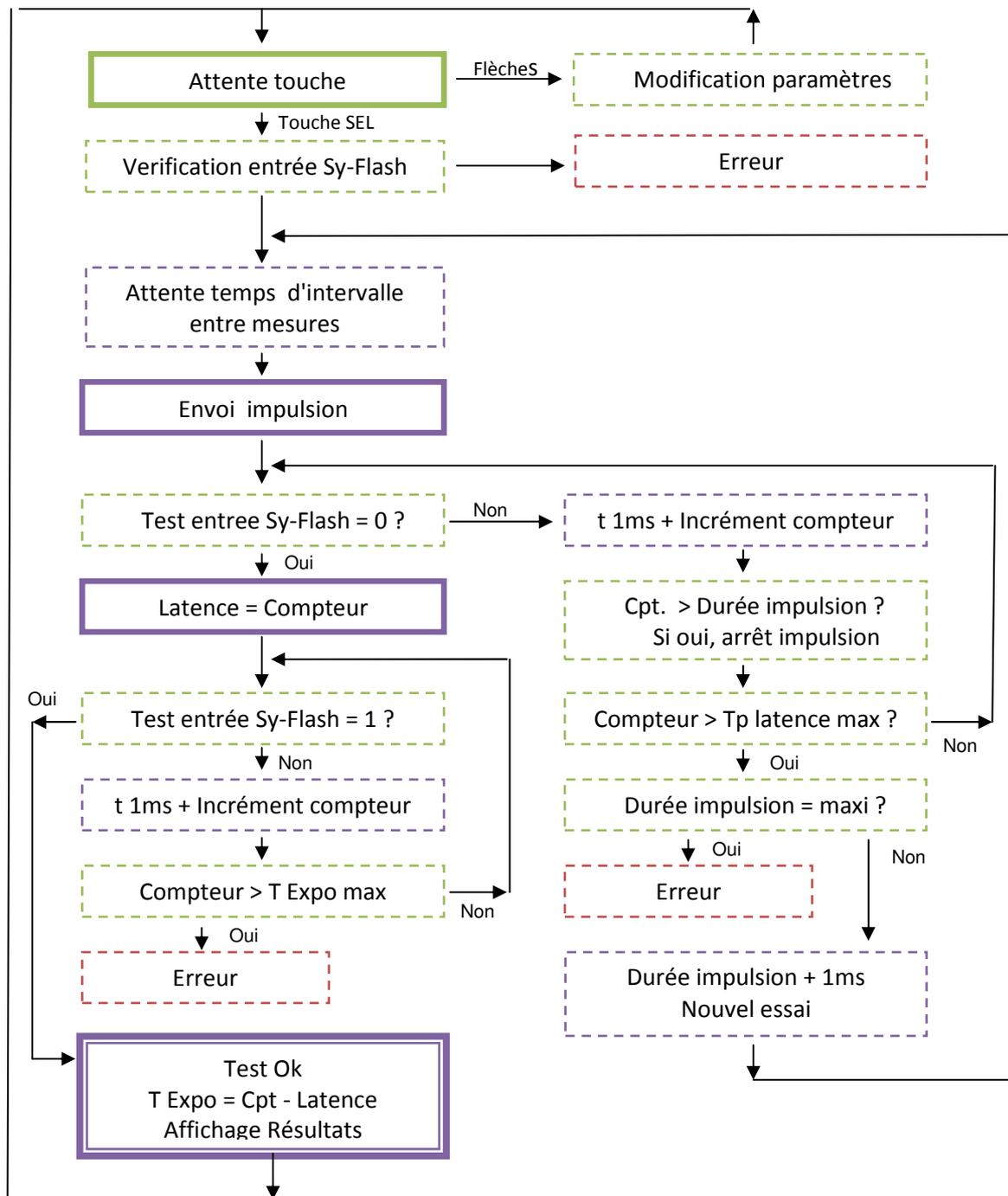
Pour plusieurs raisons pratiques et de pili manus une résolution de 1ms a été utilisée initialement, au vu des fluctuations de mesure rencontrées dans certains cas de figure la version définitive utilise un pas de 100µs, et comme vu précédemment réalisé à l'aide d'un affichage sur deux ensembles de huit Leds.

Pour éviter les variations entre chaque tops d'horloge et améliorer la précision les interruptions du noyau Arduino sont désactivées et une temporisation propriétaire utilisée. L'erreur de mesure sur la plage de mesure du temps de latence est de -0.04% environ (Un affichage de 500ms correspond à 500.197 ms réels).

L'afficheur LCD affichera les résultats dans l'ordre suivant : Durée de l'impulsion ayant déclenché le boîtier en ms, latence de déclenchement, durée d'activation du signal synchro flash (t expo + retard) en 1/10e de ms .

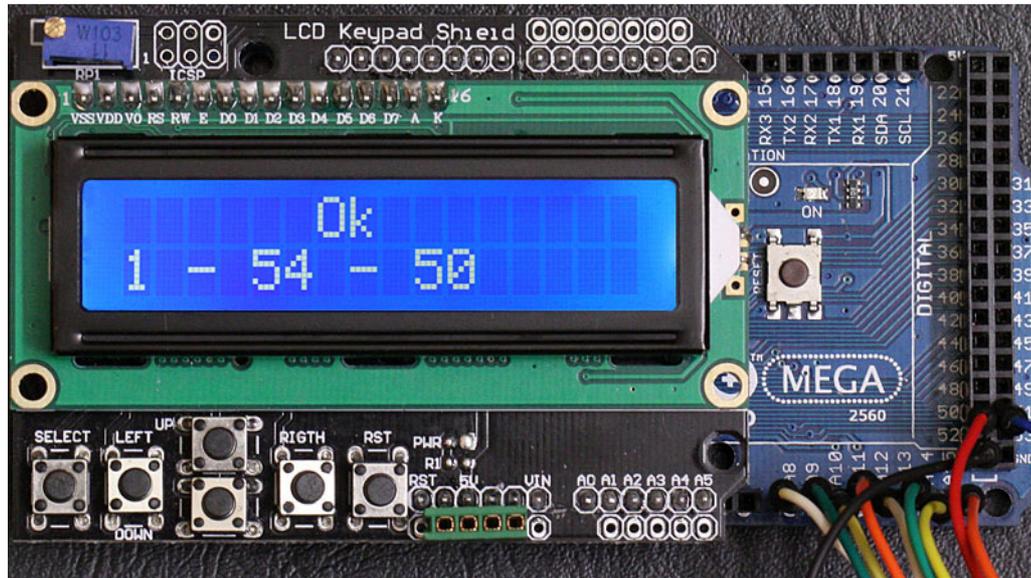
Les touches de l'afficheur LCD ont les fonctions suivantes :

- SEL : Envoi de la séquence de test
- Haut/Bas : Modification de la durée initiale de l'impulsion (1 a 150ms ou 500ms)
- Droite/Gauche : Modification du temps entre essai de déclenchement (1 a 15s)



Listing programme

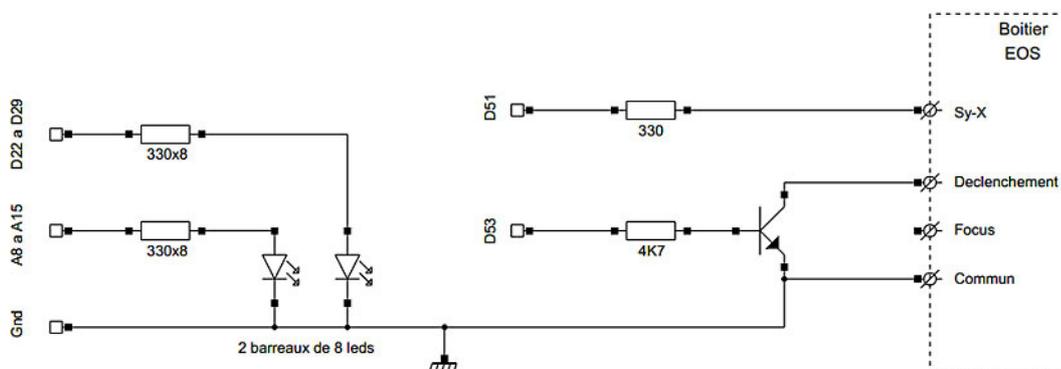
Voir annexe



Le système est basé sur une platine de type Mega doté d'un shield LCD 4 boutons standard d'origine chinoise. Les huit Leds de comptage binaire sont connectées par l'intermédiaire d'une résistance de 330 à 470 Ho sur les E/S digitales A9 à A15 (PORTK), les huit Leds de comptage linéaire étant sur sur les E/S digitales D22 a D29 (PORTA). Le port D53 commande l'entrée déclenchement de l'apn via un opto-coupleur ou un transistor en collecteur ouvert. Le port D51 est relié directement à la prise PC synchro ou le plot Sy-X du sabot, le tirage pull-up est effectué par le processeur en interne. Le port 52 délivre pour un éventuel étalonnage du programme un signal à 5KHz.

En raison de la présence du shield LCD et des 16 E/S utilisées par les Leds de comptage l'utilisation d'une platine Uno n'est pas possible. Une solution minimale pourrait être de ne pas utiliser les Leds de comptage et de ne se fier qu'au signal synchro flash, l'erreur restant faible.

Pour ce il faudra dans le listing modifier les affectations des E/S d'interface avec le boitier (utiliser D0 a D2 en lieu de D51 a D53) et supprimer toutes allusions aux PORTA et PORTK. Dans la boucle de temporisation comptage il faudra remplacer l'écriture sur les PORTA et PORTK par une lecture dans un variable byte temporaire pour garder un timing correct ou modifier la valeur de temporisation.



Mesures obturateur et Sy-Flash

Obturateur

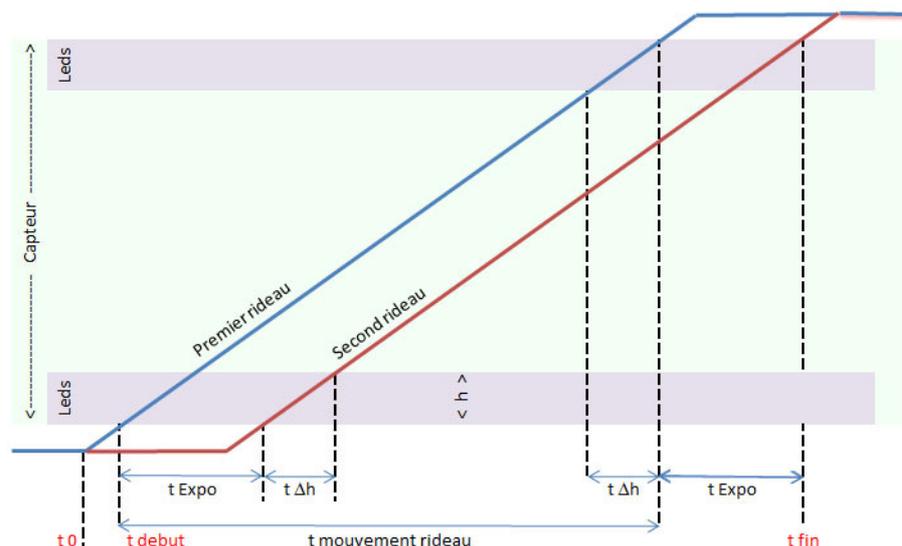
Dans le cadre d'une utilisation classique d'un boîtier avec flash la connaissance de la valeur de synchro flash fournie par le constructeur dans ses notices suffit. Dans de rares cas où l'on désire travailler aux limites il peut être utile de connaître la vraie valeur de ce seuil. Ceci peut être réalisé soit en mesurant le temps de déplacement des rideaux effectif devant le capteur, soit de manière pratique par observation du masquage de la lumière du flash par le second rideau.

Mesure vitesse de déplacement des rideaux.

Une méthode réalisable facilement consiste à procéder une prise de vue de deux compteurs synchrones situés en bas et en haut de l'image. A la visualisation du cliché, la différence entre les valeurs affichées par ces compteurs sur la photo permettra de déterminer le temps de déplacement des rideaux.

Idéalement ces compteurs ne devraient être visibles que sur les premières et dernières lignes du capteur, ceci étant techniquement difficilement réalisable avec des moyens grand public deux bandes de Leds vont être utilisées. Chaque compteur sera donc exposé un temps égal à celui d'exposition normal augmenté d'un petit rapport dépendant de la hauteur des Leds. Afin de garder une précision importante la fréquence de comptage étant largement supérieure au temps d'exposition minimal du boîtier plusieurs valeurs de comptage seront donc superposées sur la photo. Pour éviter les incertitudes de lecture importantes qu'un compteur binaire entrainerait un affichage linéaire (Led1, Led2, Led3 ... Ledn) devra être utilisé.

Sur le graphique ci-dessous, t_0 correspond au moment du départ du premier rideau, t_{debut} celui où il commence à découvrir le capteur ce qui correspond la valeur minimale lue sur le premier compteur ($N1$), t_{fin} celui où le second rideau vient recouvrir complètement le capteur correspondant à la valeur maximale lu sur le second compteur. Le temps de déplacement d'un rideau devant le capteur sera donc égal à $N2 - N1 - t_{Expo}$.

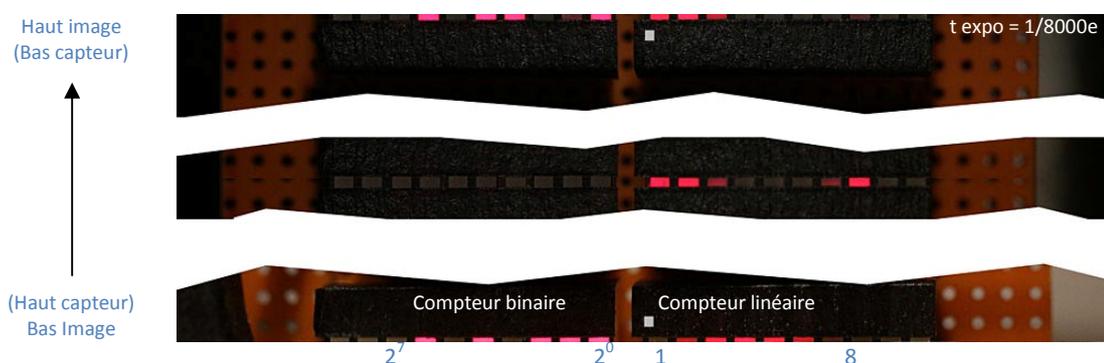


Le comptage linéaire étant peu usuel au vu du grand nombre de Leds nécessaire une méthode mixte sera utilisée identique a celle ayant servi a la mesure du temps de latence. Une série de 8 Leds sera allumée séquentiellement en comptage linéaire (Chenillard) a une cadence de 0.1ms conjuguée a une seconde série de 8 Leds représentant un compteur binaire multiple de 8 du premier, la mesure sera alors égale a $CptBin \times 8 + CptLin$.

La version finale est constituée de barreaux de Leds rectangulaires dotées d'un masque pour en diminuer la hauteur, mais la version préliminaire ayant utilisé des Leds rondes de diamètre 5mm permet de voir l'effet de décalage crée par le mouvement du rideau.



Dans l'exemple d'essai ci-dessous le bas de l'image a commencé a être exposée a la valeur de comptage $2_{lin} + 1010111_{bin} = 2 + (87 \times 8) = 698$, le haut de l'image a été exposé a la valeur $1_{lin} + 1011001_{bin} = 1 + (89 \times 8) = 713$ soit une différence de 15, le pas de comptage étant de 0.187ms cela nous fait un temps de déplacement des rideaux devant le capteur égal a 2.8ms.



Compte tenu de l'inversion de l'image due à l'optique, le comptage relevé en haut du capteur étant le plus faible confirme bien le déplacement des rideaux du haut vers le bas.

De plus les compteurs linéaires affichant un nombre décroissant du nombre de Leds affichées simultanément en bas (5leds) et en haut (3leds) de l'image indique que la vitesse de déplacement des lames des rideaux n'est pas constante, celle-ci étant plus rapide en fin de course. Ceci n'a pas d'importance tant que les deux rideaux possèdent la même courbe de variation pour que chaque ligne soit exposée le même temps. (Edit : Quelques doutes sur ce propos, a vérifier)

Relevés boitiers

Le tableau ci-dessous compile les valeurs mesurées du temps de déplacement devant le capteur, éventuellement le temps de déplacement donné par la doc technique et le temps d'expo correspondant à la vitesse de synchro flash maximale fournie par la notice. Les valeurs sont indiquées soit en ms soit en notation inverse 1/x au standard photo.

	300D	7D	1D mk III	5D	5D mkIII
Tdep : t devant capteur mesuré	Non mesuré	1/400 ^e - 2.4ms	1/520 ^e - 2.1ms	Non mesuré	1/300 ^e - 3.3ms
T théorique constructeur	2.9ms		2.2ms	3.77ms	
T synchro flash	1/200 ^e - 5ms	1/250 ^e - 4ms	1/300 ^e - 3.3ms	1/200 ^e - 5ms	1/200 ^e - 5ms

On peut constater qu'effectivement la valeur de synchro flash annoncée par le constructeur est toujours majorée par rapport à celle rendue nécessaire par la vitesse réelle de déplacement des rideaux, sans doute pour prendre en compte le temps de montée de l'impulsion du flash et les retards de commande.

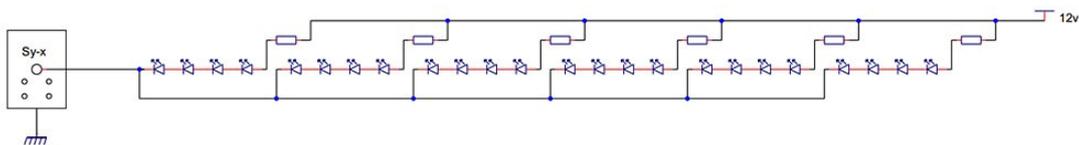
Signal Synchro-Flash

Mesure valeur vitesse de synchro maximale

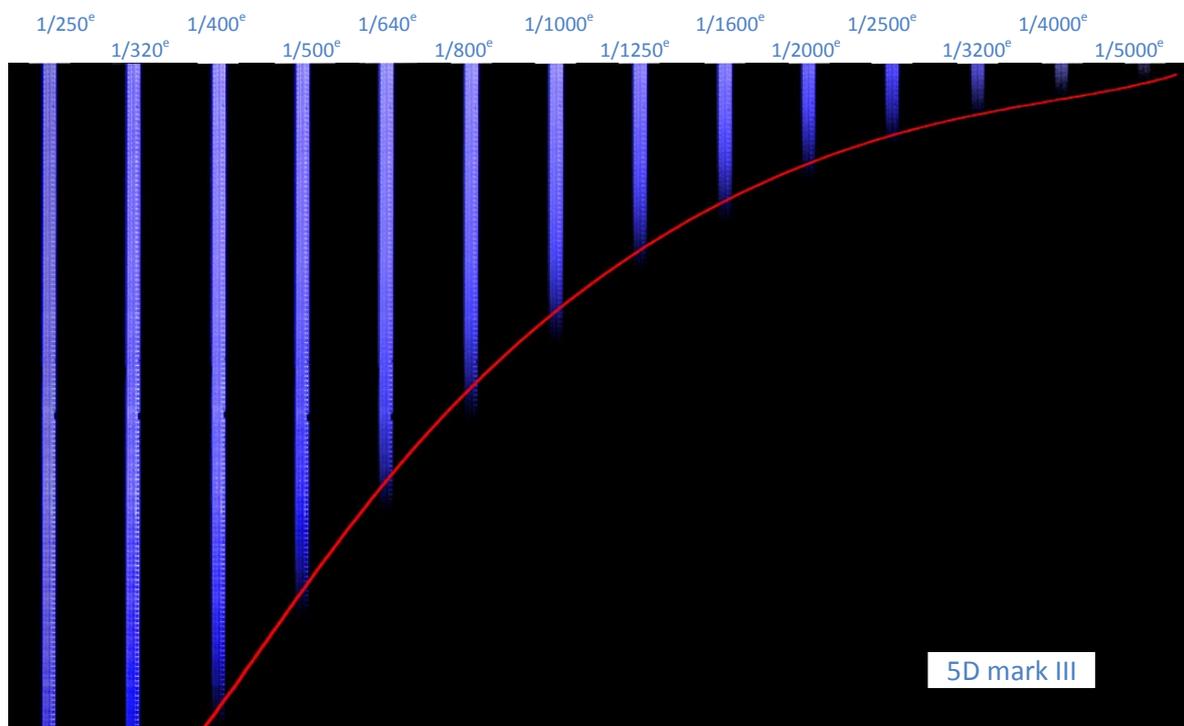
La vitesse de déplacement des rideaux devant le capteur n'a qu'un intérêt plus ou moins limité, l'important étant de prendre en compte la chaîne complète, c'est-à-dire la vitesse d'obturation et les éventuels temps de réponse du signal synchro-flash disponible sur la prise PC ou le sabot.

La méthode la plus logique et beaucoup plus simple que les précédentes consiste en faisant varier la vitesse d'exposition de rechercher le début du masquage de l'éclair en haut du capteur (ou bas de l'image) occasionné par la descente du second rideau lors de l'émission de la commande du flash à la fin de l'ouverture du premier rideau (Voir chapitre Sy-flash).

Ceci peut être réalisé simplement en déclenchant un flash standard tout en augmentant la vitesse d'expo. Pour augmenter la précision et pallier aux problèmes de durée et d'éventuels temps de montée de l'éclair un barreau de Leds récupéré sur un scanner informatique placé verticalement a été utilisé. Celui-ci est directement alimenté par le transistor de sortie du sabot (ne pas utiliser la prise PC basée sur un thyristor).



Le montage ci-dessous représente les images du barreau de Leds obtenues pour des vitesses allant de $1/250^e$ à $1/5000^e$ sur un 5D mark III. Les vitesses supérieures ou inférieures n'ont pas d'intérêt les effets devenant constants et étant identiques à ces valeurs extrêmes.



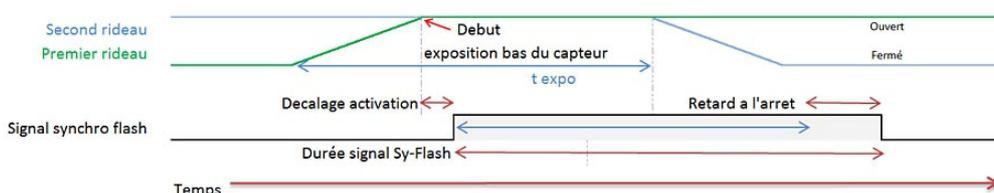
Le masquage du second rideau commence à intervenir a partir d'une vitesse supérieure a $1/320^e$ et reste raisonnable au $1/400^e$, ce qui représente un gain de 1IL par rapport a la vitesse maxi de synchro-flash préconisée par le constructeur.

Il est évident que ces conditions d'essai sont optimales et qu'un flash normal ne permettra sans doute pas ce gain. Néanmoins ce phénomène peut dans quelques cas être utilisé pour éviter un passage en mode HSS, d'ailleurs certains transmetteurs comme les Pockets Wizards disposent d'options en tirant parti pour travailler aux limites du système.

Mesure décalage signal synchro flash

Avec la version 2 du module d'essai utilisé pour la mesure des temps de latence, il suffit de faire une photo du compteur situé dans la zone de fin d'ouverture du premier rideau en bas du capteur ce qui correspond à la partie haute de la visée pour en mesurer la valeur.

La différence entre l'affichage du temps de latence donné par le module (Correspondant à l'activation du signal synchro-x) et la valeur de comptage visualisé sur la photo permet de connaître l'éventuel décalage et son sens.



Par ex : Le résultat d'un test donne un temps de latence de 62.2ms, la visualisation du comptage affiche 77 pour le compteur binaire et 4 pour le linéaire soit une valeur de $77 \times 8 + 4 = 628$ ms. L'image ayant été prise avant l'apparition du signal synchro-X, celui-ci accuse donc un retard de 0.2ms.

La mesure du temps d'activation du signal de sortie Sy-Flash comparé au temps d'exposition théorique permet de calculer le retard à la disparition du signal.

Relevés

(Valeurs en ms)	1D3	7D	40D	5D3
Retard initialisation signal SyFlash	-0.05	0.2	0.2	0.1
Retard arrêt signal synchro flash (Env.)	-0.15	7.6	10.1	6.6
Durée signal pour exposition 1/20e	49.9	57.4	59.9	56.5
Durée signal pour exposition 1/1000e	0.9	8.6	11.2	7.7
Durée signal pour exposition 1/6400e	<0.1	7.8	10.2	6.7
Durée signal pour exposition 1/8000e	11	7.8	10.4	6.9

Transmetteurs - télécommande synchro-X

Le signal synchro flash étant constitué d'une simple information tout ou rien la liaison entre le boîtier et un flash déporté peut être réalisée par les moyens suivants :

- Filaire : Limitée en distance et peu pratique pour des liaisons de longue distance mais n'introduit aucun retard.
- Optique : Classiquement une cellule détecte l'éclair d'un flash maître, le retard est négligeable mais les flashes esclaves doivent être en portée visuelle du maître. Nécessite un

mode déclenchement à la seconde détection si un flash maître TTL est utilisé en raison du pré-flash de mesure d'exposition.

- Radio : Système le plus pratique par la polyvalence et la sélectivité permise par le nombre de canaux des émetteurs. Existente en deux grands groupes selon la fréquence d'émission à 433Mhz et 2.4Ghz. L'existence du codage et des échanges de transmission provoque inévitablement un retard des éléments esclave.
- Infrarouge : Combine les inconvénients des systèmes optiques et radio avec une portée limitée et un retard de commande (Ne pas confondre avec les systèmes infrarouge TTL).

Ces systèmes de transmission peuvent provoquer des décalages et un retard de la commande du flash qui si la valeur est trop importante nécessitera de réduire la vitesse d'exposition par rapport à celle utilisée flash en direct.

Exemples de transmetteurs radio

Modèle générique 433 Mhz



Transmetteur d'origine chinoise décliné en plusieurs marques, modèles et apparences. De portée moyenne fortement influencée par l'environnement génère une impulsion de sortie de durée constante indépendante de celle du signal de commande.

Durée minimale impulsion de commande	1ms
Durée impulsion de sortie	29ms
Retard impulsion de sortie	0.7 à 2 ms

Si le retard de transmission n'est que de 0.7ms a courte distance celui-ci s'envole avec les erreurs de transmission, la photo en tête de chapitre Sy-Flash page est d'ailleurs réalisée avec ce transmetteur en milieu perturbé, il a fallu descendre la vitesse d'exposition au 1/100^e pour obtenir un résultat correct.

Transmetteur YongNuo RF-603 - 2.4Ghz



Transmetteur bidirectionnels full duplex fonctionnant avec un protocole standard FSK 2.4Ghz. Le signal de sortie est l'image de l'entrée avec un minima (Voir document RF603 pour plus de détails).

Durée minimale impulsion de commande	1ms
Durée minimale impulsion de sortie	120 ms
Retard impulsion de sortie	1.4ms

Si le retard de 1.4ms commence à devenir important par rapport aux 4ms permis par un boitier de type 7D la fréquence de 2.4Ghz évite les erreurs de transmission et provoque un déclenchement au premier essai ce qui permet l'utilisation de la vitesse de Synchro-Flash standard sans problème.

A noter que la durée minimale du signal de sortie de commande du flash de 120ms pose problème en mode rafale avec des boitiers rapides dépassant les 7img/s.

Liens et Annexes

Listing Arduino mesure temps de latence

```
//Licence GPL - JP 2013

// V2.0

// DECLARATIONS #####

//                                     Définition paramètres shield Clavier - LCD
LiquidCrystal Lcd(8,9,4,5,6,7);
const int KeyInput = 0;
int AnalogKey = 0;
int ValKey = 0;
int MemoKey = 0;
const int KeyHaut = 0x5;
const int KeyBas = 0xA;
const int KeyDroite = 0x1;
const int KeyGauche = 0xF;
const int KeySel = 0x17;
const int KeyNone = 0x20;

word CptRepeat=0;
word Repeat=20;
const word FRepeat=2;
const word SRepeat=20;

//                                     Boucle de mesure principale
word CptA;           //Compteur de mesure principal
byte CptLow;        // Compteur Leds linéaires
word TpImp;         //Durée impulsion déclenchement
```

```
word TpLag;         //Temps mesuré avant ouverture shutter (EntreeCP)
word TpExpo;        //Temps mesuré shutter ouvert
byte DelayMesure = 1; //Intervalle en S entre chaque essai
word TpImpInitial = 10; //Durée de l'impulsion de déclenchement initiale
const byte TpInImp = 10; // 1ms - Incrément impulsion
const word TpImpMax = 1500; // 150ms - Temps impulsion max avant erreur
const word TpMaxLag = 5000; // 500ms - Temps avant erreur non réponse
const word TpMaxExpo = 65000; // 6.5s - Durée max expo
```

```
//                                     Entrées /sorties
const byte PortDec = 53; // Port de sortie déclenchement
const byte PortTest = 52; // Port test d'étalonnage
const byte PortPC = 51; // Port d'entrée prise synchro flash
```

```
//                                     Constantes texte
const char* MsgErr = "Erreur";
const char* MsgOk = "OK";
const char* MsgNull = " ";
const char* MsgSep = " - ";
const char* Msg1 = "Entree sy active";
const char* Msg2 = "Test en cours";
const char* Msg3 = "Impulsion = ";
const char* Msg4 = "En attente";
const char* Msg5 = "Pas reponse APN";
const char* Msg6 = "T Expo trop long";
const char* Msg7 = "Delai mesure= ";
const char* Msg8 = "Imp Init.= ";
```

Variables temporaires de travail

```
//  
word CptDelay;  
byte tmpTest;  
word tmpWord;  
byte tmpByte;  
  
void setup() { // INITIALISATION #####  
  
    DDRK = 0xFF; // Ports sortie led compteur binaire  
    PORTK=0;  
    DDRA = 0xFF; // Ports sortie led compteur linéaire  
    PORTA=0;  
  
    pinMode (PortDec, OUTPUT);  
    pinMode (PortTest, OUTPUT);  
    pinMode (PortPC, INPUT);  
    digitalWrite (PortPC, HIGH);  
    digitalWrite (PortDec, LOW);  
    digitalWrite (PortTest,LOW);  
  
    Lcd.begin (16,2);  
    Lcd.clear();  
    Lcd.setCursor(3,0);  
    Lcd.print(Msg4);  
}  
  
void loop() { // BOUCLE PRINCIPALE #####  
  
    AnalogKey = analogRead(KeyInput); //Gestion des Touches ++++++  
    ValKey = (AnalogKey / 32) + 1;  
  
    if (MemoKey != ValKey){  
        MemoKey = ValKey;  
  
        if (ValKey == KeySel) { BoucleDeTest();}  
  
        if (ValKey == KeyDroite) {  
            if (DelayMesure == 15) {DelayMesure =1;}  
            else {DelayMesure ++;}  
            spAffDelayMess(); }  
  
        if (ValKey == KeyGauche) {  
            if (DelayMesure == 1) {DelayMesure =15;}  
            else {DelayMesure --;}  
        }  
    }  
}
```

```
        spAffDelayMess(); }  
  
        if (ValKey == KeyHaut) {  
            if (TplmpInitial > TplmpMax) {TplmpInitial =10;}  
            else if (TplmpInitial == TplmpMax) {TplmpInitial =TpMaxLag;}  
            else {TplmpInitial = TplmpInitial + 10;}  
            spAffTplmpMess(); }  
  
        if (ValKey == KeyBas) {  
            if (TplmpInitial == 10) {TplmpInitial =TpMaxLag;}  
            else if (TplmpInitial > TplmpMax) {TplmpInitial =TplmpMax;}  
            else {TplmpInitial = TplmpInitial - 10;}  
            spAffTplmpMess(); }  
  
    }  
    else { // Répétition -----  
        if (ValKey == KeyNone) {  
            Repeat = SRepeat;  
            CptRepeat=0; }  
        else {  
            CptRepeat ++;  
            if (CptRepeat == Repeat) {  
                MemoKey = KeySel;  
                CptRepeat=0;  
                Repeat = FRepeat; }  
        }  
    }  
    delay (50);  
}  
  
void BoucleDeTest () { // Routine de test principale #####  
  
    if (digitalRead(PortPC)==LOW) { //Vérification port prise PC  
        splnitErr();  
        Lcd.setCursor (0,1);  
        Lcd.print (Msg1);  
        goto FinTest;  
    }  
  
    Lcd.clear(); // DEBUT CYCLE TEST ++++++  
    Lcd.setCursor (2,0);  
    Lcd.print (Msg2);  
    Tplmp=TplmpInitial;  
  
    Cycle1:  
    interrupts();
```

```

digitalWrite(PortDec,LOW);           // Initialisation impulsion déclenchement
PORTK=0;
PORTA=0;
Lcd.setCursor (0,1);
Lcd.print (Msg3);
Lcd.print (TpImp/10);
Lcd.print ("mS");
CptA = 0;
CptLow =1;
delay(DelayMesure * 1000);
digitalWrite(PortDec, HIGH);
noInterrupts();

while (digitalRead(PortPC) == HIGH) { // Attente ouverture shutter ++++++
  spIncrement();

  if (CptA == TpImp) {digitalWrite(PortDec, LOW);} // Désactivation déclenchement

  if (CptA == TpMaxLag) { // Essai impulsion plus longue
    TpImp+=TpInclmp;
    if (TpImp >= TpImpMax) { // Contrôle erreur pas de réponse
      spInitErr();
      Lcd.setCursor (0,1);
      Lcd.print (Msg5);
      goto FinTest;
    }
    goto Cycle1;
  }
}

TpLag = CptA;
digitalWrite(PortDec,LOW);

while (digitalRead(PortPC) == LOW) { // Attente fin expo ++++++
  spIncrement();
  tmpWord++; //ajustement delay
  tmpByte=0;

  if (CptA >= TpMaxExpo) { // Contrôle erreur dépassement T expo
    spInitErr();
    Lcd.setCursor (0,1);
    Lcd.print (Msg6);
    goto FinTest;
  }
}

```

```

TpExpo=CptA - TpLag; // Affichage résultats
digitalWrite(PortDec,LOW);
digitalWrite(PortTest,LOW);
PORTK=0;
PORTA=0;
Lcd.clear();
Lcd.setCursor(6,0);
Lcd.print(MsgOk);
Lcd.setCursor(0,1);
Lcd.print(TpImp/10);
Lcd.print(MsgSep);
Lcd.print(TpLag);
Lcd.print(MsgSep);
Lcd.print(TpExpo);

FinTest: //Attente touche et LCD en attente
interrupts();
delay(2000);
while ( analogRead(KeyInput) > 0x300) {
  delay (100);}
while ( analogRead(KeyInput) < 0x300) {
  delay(100); }

Lcd.clear();
Lcd.setCursor(3,0);
Lcd.print(Msg4);

}

```

```
// Routines diverses et avariées #####
```

```
void spAffDelayMess () {  
  Lcd.setCursor (0,1);  
  Lcd.print (Msg7);  
  Lcd.setCursor (13,1);  
  Lcd.print (DelayMesure);  
  Lcd.print ("s");  
}
```

```
void spAffTplmpMess () {  
  Lcd.setCursor (0,1);  
  Lcd.print (Msg8);  
  Lcd.setCursor (10,1);  
  Lcd.print (TplmplInitial/10);  
  Lcd.print ("ms");  
}
```

```
void splnitErr() {  
  Lcd.clear();  
  Lcd.setCursor (5,0);  
  Lcd.print (MsgErr);  
  PORTK=0;  
  digitalWrite (PortPC, HIGH);  
  digitalWrite (PortDec, LOW);  
  digitalWrite (PortTest,LOW);  
}
```

```
void splncrement (){ // Temporisation 0.1ms + affichage Leds
```

```
  CptDelay=0;  
  while (CptDelay < 0xE5) {  
    CptDelay++;  
  }
```

```
  CptA++;  
  if (CptLow == 0x80) {  
    CptLow =1; }  
  else {  
    CptLow = CptLow << 1; }
```

```
  PORTK=CptA >> 3;  
  PORTA=CptLow;
```

```
  tmpTest =! tmpTest;  
  digitalWrite (PortTest, tmpTest);
```

```
}
```

Sources et Liens

Canon 1DMk3 service manual _ C12-6141

Infos sur les modes de fonctionnement des transmetteurs Pocket wizard

http://wiki.pocketwizard.com/index.php?title=Understanding_HyperSync_and_High_Speed_Sync

;>)

http://www.youtube.com/watch?v=9pt7EWFF_T8

<http://www.youtube.com/watch?v=IT2yKYUDjk4>

Remerciements à JLL pour m'avoir mis le nez dans mon caca et avoir assuré une partie de la correction hortaographique;>)

Révisions document

v0.00	19/11/2013	Ouverture document.
v1.00	29/04/2014	Diffusion document temporaire.
v2.00	03/06/2016	Diffusion version définitive.