

Exposition et mesure de la lumière



(Quand la neige fond, où va le blanc ?)

Brouillon / Avant projet sauf chapitre précision
mesure

Table des matières

<u>Avant propos</u>	1
<u>Exposition</u>	2
<u>Paramètres d'exposition</u>	2
<u>Energie et lumière</u>	2
Lumière incidente et lumière réfléchie	2
Réflexion, albédo et luminosité	3
Chartre de gris a 18%	3
<u>Indice de lumen - Exposure value</u>	5
Conversion EV / Lux	6
Règle du f/16 ou méthode Kodak	6
Rappel calcul valeurs d'ouverture	6
<u>Représentation numérique de la luminosité</u>	7
Dynamique	7
Histogrammes	7
<u>Mesure d'exposition</u>	7
<u>Mesure incidente et réfléchie</u>	7
<u>TTL</u>	8
<u>Zone system</u>	8
<u>Exposition et mesure automatique Canon</u>	8
<u>Modes d'exposition (Manuel-Automatiques)</u>	8
<u>Définition (Précision) du réglage d'exposition</u>	9
<u>Gestion des arrondis sur les boîtiers Canon</u>	9
Mode manuel	10
Mode AV (Priorité ouverture)	11
Mode TV (Priorité vitesse)	11
Mode Manuel - Iso Auto	12
Récapitulatif fonctionnement en fonction des modèles de boîtiers	12
<u>Erreurs d'exposition et de mesure</u>	12
Plage de mesure cellule, filtres ND	13
Vignettage de l'objectif	13
Ouverture photométrique T	13
Positionnement Iris	14

Variation de la mesure en fonction de l'ouverture de l'objectif	15
<u>Modes de mesure automatique</u>	15
Mode évaluatif	15
Mode pondéré central	15
Mode spot	15
<u>Photo au flash E-TTL</u>	15
<u>Aspects pratiques</u>	16
<u>Lancement mesure et mémorisation d'exposition</u>	16
<u>Choix du mode de mesure</u>	16
Inconvénients du mode manuel	16
Inconvénients des modes automatiques	16
<u>Exemples de situation</u>	16
<u>Technologie.</u>	17
<u>Le Système TTL</u>	17
<u>Reflex Canon et évolution du système.</u>	17
<u>Cellules externes et flashmètres</u>	17
<u>Liens et sources</u>	17
<u>Révisions document</u>	17

Avant propos

La gestion de la lumière est sans doute le domaine le plus délicat dans le domaine de la photographie, "pas de lumière, pas de photo" est sans doute le dicton le plus important et trop souvent oublié. Cette gestion de la lumière est constituée de deux composantes, sa production avec ses sources lumineuses et leur positionnement par rapport au sujet, l'influence qu'aura cette lumière sur la pellicule et enfin les réglages qui seront à appliquer à l'appareil photo pour restituer correctement la scène visée.

L'éclairage du sujet et son positionnement par rapport aux sources lumineuses et un sujet trop complexe pour être traité en quelques pages, je ne saurais que conseiller l'achat de livres spécialisés comme l'excellent Manuel d'éclairage photo de F. Hunter, S. Biver et P. Fuqua chez Eyrolles.

Ce document ne traitera donc que de la partie toute simple concernant l'utilisation de la lumière reçue par un boîtier reflex et les réglages associés d'un point de vue technique Pour l'artistique, je vous le dirais franchement : Changez de crémerie.

Exposition

Paramètres d'exposition

Energie et lumière

Energie, tout est énergie. Quel que soit le récepteur ou la surface sensible le principe de la photographie consiste à utiliser cette énergie pour en faire changer l'état que ce soit par modification de particules chimiques dans une pellicule ou accumulation de charges électriques dans un capteur. A chaque modification du statut de l'élément sensible correspondra donc un niveau d'énergie nécessaire.

Une quantité d'énergie est toujours définie par une puissance reçue ou émise pendant un intervalle de temps. Dans le cas de la photographie cela sera la puissance du flux lumineux reçu en candela (ou en lux si l'on admet que ce flux est homogène) pendant tant de secondes.

Lumière incidente et lumière réfléchie

La lumière reçue par un appareil photo peut être de deux origines :

- La **lumière incidente** provenant directement de la source lumineuse, comme il est rare de photographier directement le soleil elle ne sera généralement pas prépondérante.
- La **lumière réfléchie** par le sujet éclairé par la source de lumière incidente. La quantité d'énergie reçue par l'appareil photo sera donc non seulement dépendante de la source lumineuse (lumière incidente) mais aussi des capacités de réflexion du sujet.



C'est la part réfléchie de la lumière incidente qui est à la base de notre vision, ce sont les différences de luminosité reçues dépendant soit de la nature du matériau soit de son angle de réflexion qui font que l'on peut distinguer des formes et des objets. La conjugaison de ces deux éléments déterminera donc notre perception des choses, par exemple :

- La lumière incidente étant la base de tout, son absence empêchera toute vision (A moins d'avoir des gênes de chats dans les veines).
- L'uniformité absolue du sujet empêchera de déterminer toute forme, il est très difficile d'évaluer une distance dans un champ de neige vierge.
- Une lumière incidente trop diffuse entrainera une lumière réfléchie indépendante des angles de réflexion du sujet, et donc une scène plate sans impression de profondeur.

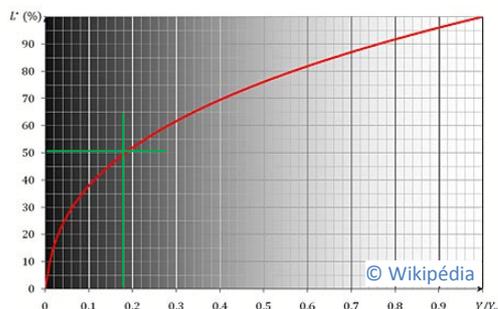
Réflexion, albédo et luminosité

L'albédo est la capacité d'un sujet à réfléchir la lumière et cela indépendamment de celle-ci, c'est ce paramètre qui fera qu'un sujet sera perçu comme clair ou sombre. Il est exprimé en pourcentage de la lumière totale réfléchi, les deux valeurs extrêmes 0 et 100% sont quasi impossibles obtenir et introuvables dans la nature, seuls des matériaux synthétiques modernes comme le Vantablack (0.05%) arrivent à s'y approcher pour le noir, certains miroirs à tain inversé permettent aussi des taux de réflexion approchant les 100%. Le tableau suivant donne quelques exemples de valeurs d'albédo ou taux de réflexion courants.

	Albedo	Luminosité
Velours noir, basalte	5%	25%
Référence photo	18%	50%
Sable clair	25 à 35%	60%
Peau humaine	35%	65%
Eau claire, glace	50%	75%
Feuille de papier blanc	80% à 85%	92%
Neige fraîche	90% max	96%

La luminosité ou clarté est une valeur relative et subjective représentant notre perception visuelle de l'aspect noir ou clair d'une scène. Une valeur normalisée existe dont le calcul est assez complexe et je ne peux que conseiller d'aller voir la page Luminosité (colorimétrie) de Wikipédia dont est tiré le graphique ci-contre.

Cette courbe représente les valeurs de luminosité pour un référentiel constitué d'un blanc absolu, il est possible d'en tirer une équivalence avec les valeurs d'albédo précédentes.



Chartre de gris a 18%

Pour diverses raisons la nécessité de disposer d'une valeur de référence dans le monde de la photographie était impérative. Pour cela la valeur médiane de la courbe de luminosité présentée précédemment et calculée en fonction de notre perception de la vision a été choisie, soit une valeur de $L=50\%$, ce qui correspond environ à l'effet rendu par une surface grise d'albédo 18%. Cause ou conséquence de la méthode de calcul de la courbe de luminosité une photo sera considérée comme correctement exposée si la moyenne de la luminosité de sa surface se rapproche de cette valeur.

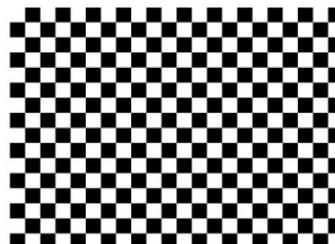
Cette référence de $L=50\%$, $G18\%$ va être utilisée par tous les fabricants d'appareils photo, l'ensemble des protocoles et calculs d'exposition y étant basés.

Une chartre de gris 18% sera donc indispensable un jour ou l'autre dans la vie d'un photographe. Celle-ci peut être achetée toute faite, des mires réalisées en matériau stable et dotée d'une surface granitée à réflexion uniforme existent mais sont relativement chères (compter 50€). L'impression directe d'une image de luminosité 50% n'est pas possible hormis sur une imprimante calibrée, en revanche une solution provoquant moins d'erreurs peut être trouvée en imprimant un damier ou une trame de points noirs occupants une surface de 50%. Attention avec l'encre brillante de certaines imprimantes laser faussant le résultat.



Gris 18%

<= Σ =>



Damier 50%

L'ensemble des concepts évoqué jusqu'à présent ne faisaient pas intervenir de notion de couleurs, la lumière aussi bien que la réponse spectrale de la réflexion du sujet était considérée comme neutre d'un point de vue colorimétrique avec une égalité des trois canaux de couleurs primaire. La perception des couleurs de l'œil humain n'étant pas linéaire les choses peuvent devenir extrêmement complexes, je ne me contenterai que de rappeler les principes de base des mélanges des couleurs.

Une lumière de n'importe quelle couleur du spectre peut être exprimée par le mélange des trois couleurs primaires additives RVB. La couleur complémentaire d'une valeur primaire est celle obtenue par mélange des deux autres, comme le tableau suivant l'indique.

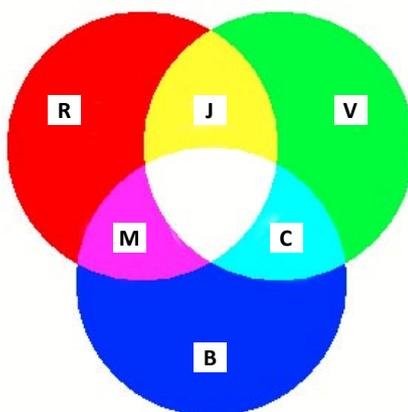
Couleur primaire	Rouge	Vert	Bleu
Couleur complémentaire	Cyan	Magenta	Jaune

La couleur d'un matériau dépendra de la partie du spectre qu'il réfléchit ou qu'il absorbe, éclairé par une lumière blanche le matériau aura la couleur perçue des valeurs primaire qu'il réfléchit. Une surface rouge, réfléchira les valeurs rouges du spectre, absorbera les parties vertes et bleues soit leur mélange et sa valeur complémentaire cyan.



Couleur perçue	Rouge	Vert	Bleu	Cyan	Magenta	Jaune
Couleur réfléchi	Rouge	Vert	Bleu	Vert, bleu	Rouge, Bleu	Rouge, vert
Couleur Absorbée	Vert, bleu	Rouge, bleu	Rouge, vert	Rouge	Vert	Bleu

Dans le cas où la source de lumière ne serait plus blanche, la couleur perçue de l'objet dépendra des parties manquantes du spectre de cette lumière. Ainsi une lumière cyan ne disposant pas de partie rouge du spectre rendra un aspect noir à tout objet de cette couleur, et vert un objet jaune.



Indice de l'illumination - Exposure value

IL (Indice de l'illumination), EV (Exposure value), cran, diaphragme, stop, tous ces termes sont équivalents et utilisés pour désigner une valeur d'exposition.

Ces valeurs sont basées sur une échelle logarithmique de base 2, une unité représente toujours alors une variation d'un rapport de deux de l'énergie d'exposition, soit un doublement de la vitesse ou de la sensibilité, soit un changement d'une valeur entière de diaphragme N.

Le problème qui peut porter à confusion dans certains cas est que ces valeurs peuvent représenter soit une valeur relative sans unité, soit une valeur absolue de conditions de luminosité :

Relative : On emploiera ces termes alors sans dimensions pour exprimer une variation des valeurs d'exposition par rapport à une valeur de départ, et cela quelles que soient ces valeurs de départ. Par exemple provoquer une sous-exposition de -2IL correspondra à une multiplication de la vitesse d'exposition par 4 ou la fermeture du diaphragme de 2 crans. Programmer un décalage d'exposition automatique de 1IL modifiera les paramètres calculés par le boîtier en conséquence.

C'est généralement dans ce contexte que seront utilisés des valeurs exprimées en IL ou EV, et toujours pour les termes cran, stop dia

Absolute : Dans ce cas la valeur en IL correspond à une valeur de luminosité ambiante qui pour des paramètres de vitesse, ouverture et sensibilité déterminés provoque une exposition correcte d'une charte de gris à 18%. Des valeurs seront rarement exprimées dans ce contexte, hormis par exemple le résultat de la mesure de lumière d'une cellule ou d'un flashmètre, ou les plages de fonctionnement d'un appareil ou élément comme le capteur de luminosité automatique ou le capteur autofocus.

Pour éviter toute confusion, le restant de ce document utilisera le terme IL pour les valeurs relatives et EV pour les valeurs absolues.

Exposure value

La valeur de 0Ev a été définie par celle de la luminosité qui pour un objectif d'ouverture relative f/N égal à 1, un temps d'exposition de 1s et un élément récepteur de sensibilité 100 iso offre une exposition correcte soit pour une charte de gris de 18%, une image dotée d'une luminosité de 50%.

Le calcul de cette valeur de luminosité en EV peut être réalisé par la formule suivante :

$$Ev = \log_2 (N^2 / t) - \log_2 (S / 100)$$

Avec

N	:	La valeur d'ouverture relative f/N de l'objectif
t	:	Le temps d'exposition en secondes
S	:	La sensibilité en iso de la pellicule ou du capteur.

Un réglage d'appareil photo de $f/5.6$, $t=1/125^e$, 100 iso nécessitera une luminosité ambiante de 12IL tout comme les valeurs $f/4$, $t=1/500^e$, 200 iso ou $f/16$, $t=1/125^e$, 800 iso.

Les calculs inverses sont bien évidemment possible, la valeur de couple ouverture et temps d'exposition étant alors égal en fonction de la luminosité en EV à :

$$t = N^2 / 2^{(Ev - \log_2 (S / 100))} \quad \text{et} \quad N = \sqrt{t \cdot 2^{(Ev - \log_2 (S / 100))}}$$

Conversion EV / Lux

Il est tout à fait possible en considérant un flux lumineux homogène de convertir la mesure donnée par un Luxmètre en IL ou inversement de convertir un indice de lamination en Lux ce qui facilitera le calcul de la puissance des éclairages artificiels grâce aux tableaux de caractéristiques de constructeurs.

Le tableau ci-dessous donne ces équivalences pour les indices de luminations courants, la formule de conversion étant $L_{(Lux)} = 20 \times 2^{(IL-3)}$.

IL	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Lux	0.62	1.25	2.5	5	10	20	40	80	160	320	640
IL	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Lux	1280	2600	5120	10240	20480	40960	81900	116000	232000	656000	1M3

Règle du f/16 ou méthode Kodak

Ces méthodes approchées permettaient d'obtenir la valeur de l'indice de lamination à utiliser en fonction des conditions de luminosité de la scène, les appareils étant souvent dénués de cellule de mesure intégrée. De manière pratique seule la valeur d'ouverture était donnée pour une vitesse de 1/125^e et une sensibilité de 100 iso, valeurs courantes à l'époque.

La règle du f/16 consistait à utiliser cette valeur d'ouverture en extérieur en plein soleil, la méthode Kodak dénommée comme telle en raison d'un tableau longtemps présent sur les boîtes de pellicule de la marque indiquant la aussi les valeurs d'ouverture à utiliser en fonction des conditions d'éclairage en fonction de la sensibilité de la pellicule.



Cette méthode est bien sur imprécise et ne concerne que des scènes standards éclairées uniformément mais reste intéressante pour déterminer de façon grossière les possibilités offertes par son matériel et la nécessité d'utiliser un matériel d'éclairage additionnel (Flash par ex).

Le tableau suivant reprend le principe du tableau kodak en utilisant les éclairagements en Lux généralement utilisés en industrie, l'indice de lamination obtenu permettra de calculer le couple vitesse-ouverture à utiliser en fonction de la sensibilité du capteur.

Situation	Lux	IL
Pleine lune	0.5	-2
Rue éclairée	50	4
Appartement, usage domestique	100 à 200	5 à 6
Salle de réception	200	6.5
Bureau	300	7
Atelier spécialisé, Salle de lecture	500	8
Imprimerie	1000 a 1500	
Stade	1500	
Coucher de soleil	5000	11
Extérieur, nuageux, sans ombre	10 000 a 25 000	12 à 13
Extérieur ombres douces	45 000	14
Extérieur plein soleil	80 000	15
Extérieur été en plein soleil, plage ou neige	100 000	16

<https://www.zumtobel.com/PDB/teaser/FR/Lichthandbuch.pdf>

Rappel calcul valeurs d'ouverture

Je ne vais pas refaire l'article Wikipedia (la version anglaise est la plus complète) mais il est bon de rappeler quelques notions fondamentales sur la notation utilisée en photographie pour les valeurs d'ouverture.

Une valeur de 1 IL correspondant a un rapport de 2 de la valeur précédente (surface) l'utilisation d'une suite géométrique directe serait peu pratique a graver sur les bagues de diaphragme les nombres s'envolant rapidement (1, 2, 4, 8, 16, 32, 128, 256 ...). Une notation basée sur une suite en $\sqrt{2}$ (diamètre iris) est donc utilisée pour indiquer la valeur N d'ouverture de l'objectif.

Cette suite de valeurs d'ouverture N peut être calculée facilement en fonction des valeurs de crans A_v (Notation apex de 0 a xxx) avec la formule $N = \sqrt{2}^{A_v}$ la suite complète par crans de demi ou tiers d'IL utilisera la formule $N = (2^{1/4})^{A_v}$ ou $N = (2^{1/6})^{A_v}$. Le calcul inverse utilisera la formule $A_v = 2 * \log_2(N)$.

Les valeurs usuelles étant arrondies des imprécisions pourront être constatées dans certains cas surtout si des comparaisons entre valeurs par paliers de 1/2 ou 1/3 d'IL sont effectuées.

Ouvertures calculées (valeurs à 2 décimales)

1/3 IL	1	1.12	1.26	1.41	1.59	1.78	2.00	2.24	2.52	2.83	3.17	3.56	4.00	4.49	5.04	5.66	6.35	7.13
1/2 IL	1	1.19	1.41	1.68	2.00	2.38	2.83	3.36	4.00	4.76	5.66	6.73						
1/3 IL	8.00	8.98	10.01	11.31	12.70	14.25	16.00	17.96	20.16	22.63	25.40	28.51	32.00	35.9	40.3	45.2	50.8	57.02
1/2 IL	8.00	9.51	11.31	13.45	16.00	19.03	22.63	26.91	32.00	38.05	45.25	53.82						

Représentation numérique de la luminosité

Dynamique

Histogrammes

Probleme echelle ouverte en IL , fermée en 8 ou 14 bits

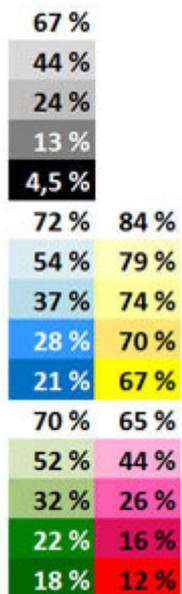
Hystogrammes = Drole de drame

Faire un hysto avec 3 zones bngris, un avec vignetage

Un avec R25 B50 V75

Mesure d'exposition

Mesure incidente et réfléchie



TTL

Zone system

Exposition et mesure automatique Canon

Modes d'exposition (Manuel-Automatiques)

Définition (Précision) du réglage d'exposition

Les boîtiers disposent de réglages de valeurs d'ouverture, vitesse et sensibilité fonctionnant non pas de manière continue mais par paliers (ou crans) basés sur des valeurs standardisées de ces paramètres. Dans le cas des boîtiers Canon généralement il est possible de choisir des paliers de 1/3 ou 1/2 IL pour les valeurs d'ouverture et de vitesse, et des paliers de 1/3 ou de 1 IL pour la sensibilité en Iso. Les tableaux suivants donnent les valeurs possibles de ces paramètres en fonction du réglage de palier par demi ou tiers d'IL, il est à noter que les arrondis utilisés par Canon pour les valeurs d'ouverture peuvent différer des suites théoriques généralement diffusées.

C. Fn I : Exposition		1
Paliers de réglage d'expo.		
0: Régl. 1/3 val.	corr. 1/3 val.	
1: Régl. 1 val.	corr. 1/3 val.	
2: Régl. 1/2 val.	corr. 1/2 val.	

Ouvertures normalisées

1/3 IL	1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	4	4.5	5	5.6	6.3	7.1
1/2 IL	1		1.2	1.4		1.8	2		2.5	2.8		3.5	4		4.5	5.6		6.7
1/3 IL	8	9	10	11	13	14	16	18	20	22	25	29	32	36	40	45	51	57
1/2 IL	8		9.5	11		13	16		19	22		27	32		38	45		54

Vitesses normalisées (secondes " ou 1/x secondes)

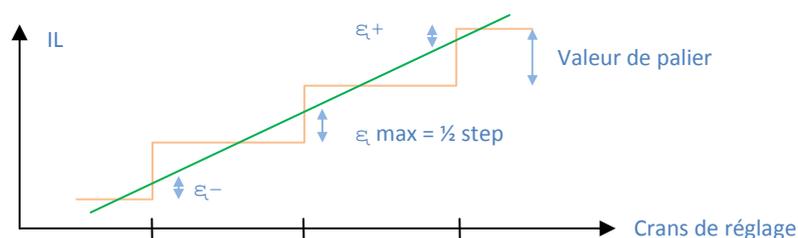
1/3 IL	25	20"	15"	13"	10"	8"	6"	5"	4"	3"2	2"5	2"	1"6	1"3	1"	0"8	0"6	0"5
1/2 IL	20"		15"	10"		8"	6"		4"	3"		2"	1"5		1"	0"7		0"5
1/3 IL	0"4	0"3	4	5	6	8	10	13	15	20	25	30	40	50	60	80	100	125
1/2 IL	0"3		4	6		8	10		15	20		30	45		60	90		125
1/3 IL	160	200	250	320	400	500	640	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6400	8000
1/2 IL	180		250	350		500	750		1000	1500		2000	3000		4000	6000		8000

Sensibilités normalisées (Iso)

1 IL	50			100			200			400			800			1600		
	50	-	-	100	125	160	200	250	320	400	500	640	800	1000	1250	1600	2000	2500
1 IL	3200			6400			12800			25600			51200			102400		
	3200	4000	5000	6400	8000	10000	12800	16000	20000	25600	32000	40000	51200					102400

Dans le cas des extensions de sensibilités basses (50 iso) et hautes (suivant boîtier) seules les valeurs par paliers de 1 IL sont disponibles.

Conséquence de cette manière de fonctionner, le réglage d'exposition du boîtier (ligne orange) ajusté avec ces valeurs normalisées sera réglé de manière discontinue et pourra provoquer au maximum un décalage égal à la moitié de ce palier par rapport à la valeur exacte souhaitée (ligne verte) soit 1/4 ou 1/6 d'IL suivant la configuration du boîtier.



L'erreur restant plus que raisonnable et rentrant dans le domaine des erreurs de mesure du boîtier ou du vignetage des objectifs il n'est pas nécessaire d'en tenir compte outre mesure dans la majeure partie des situations, mais devra être rappelé dans quelques cas particuliers si les paliers par 1/4 d'IL sont sélectionnés.

Gestion des arrondis sur les boîtiers Canon

Si en mode manuel les éventuels erreurs d'exposition évoquées dans le chapitre précédent sont bien présentes, en mode automatique leur gestion est un peu plus compliquée, le système de

mesure pouvant agir de manière exacte en ajustant soit les paramètres d'exposition de manière continue, soit en effectuant un post-traitement en sortie du capteur.

Ce phénomène peut être mis en évidence assez facilement sur un banc d'essai. Le boîtier reçoit la lumière diffuse et uniforme d'un projecteur à Led à puissance variable, la mesure du courant traversant celui-ci permet de connaître la puissance lumineuse émise. La variation de la luminosité arrivant au boîtier étant linéaire avec des valeurs largement inférieures aux paliers programmés dans le boîtier les erreurs d'arrondis sont facilement mises en évidence.

La vitesse d'obturation est vérifiée à l'aide du signal de commande flash Sy-X pris sur la borne Prontor-Compur du boîtier, l'utilisation d'un boîtier de type 1D permet d'obtenir des valeurs temporelles sans décalage contrairement aux autres boîtiers de la marque.

Mode manuel

Une première séance d'essai est réalisée en mode M, intervalles de réglage d'exposition configurés en 1/2 IL, les paramètres de vitesse sont ajustés pour obtenir un repère centré sur le bargraphe de mesure d'exposition (mode sélectif utilisé, pondérée au centre). Les résultats montrent une vitesse d'exposition réelle correspondant bien à la vitesse affichée, la barre résultante de l'histogramme évolue en fonction des erreurs d'arrondi de -0.25 à +0.25 IL environ ce qui correspond aux explications précédentes.

Mesures 1D mark III

I Leds (mA)	128	124	200	247	315	390	470	630	630	786
Vitesse affichée (1/t)	125	125	180	180	250 = 250	350 = 350	350 = 350	350	500	500
Vitesse mesurée	122	122	173	174	248 = 247	356 = 355	358 = 355	358	510	510
Histogramme	0	0	0	+1/4	0	+1/4	-1/4	+1/8	+1/8	-1/4

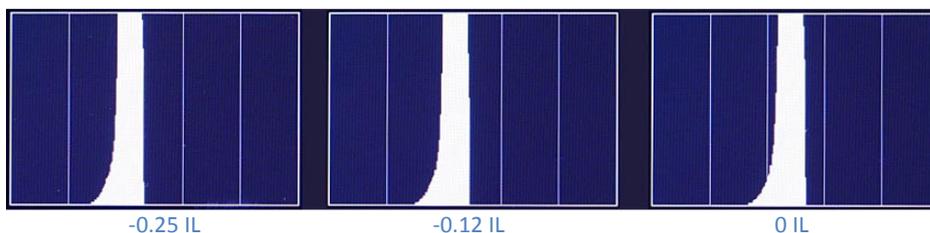
Mesures 5D mark III

I Leds (mA)	313	384	432	480	560	635	710	780		
Vitesse affichée (1/t)	180	250	250	250	350	350	350	350		
Vitesse mesurée	176	248	252	252	355	358	356	355		
Histogramme	+1/4	0	+1/8	+1/4	-1/4	0	+1/8	+1/4		

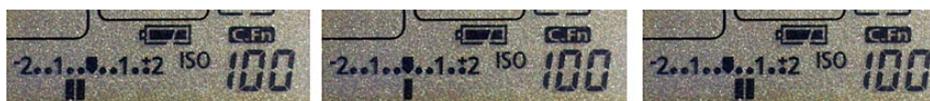
Mesures 7D

I Leds (mA)	180	220	280	330	390	480	560	620		
Vitesse affichée (1/t)	180	180	250	250	350	350	350	500		
Vitesse mesurée	175	175	249	248	353	354	353	500		
Histogramme	0	+1/4	0	+1/8	-1/4	0	+1/8	-1/4		

Exemple d'histogramme obtenu (5D mark III), l'utilisation de l'objectif à pleine ouverture provoquant du vignetage la largeur de la barre de l'histogramme est relativement large ne facilitant pas son interprétation.



Il est à noter que contrairement aux autres boîtiers, avec le 40D si les conditions d'erreur sont maximales il est impossible de régler le curseur du bargraphe d'exposition au milieu, seules les valeurs adjacentes sont permises indiquant le compromis (Paliers de réglage en 1/2 ou 1/3 d'IL).



Mode AV (Priorité ouverture)

En mode AV les valeurs d'ouverture et de sensibilité sont déterminées par l'utilisateur, le système de mesure automatique se chargeant de calculer la vitesse. Dans ce mode sur certains boîtiers Canon la vitesse réellement utilisée est la vitesse calculée qui peut alors être différente de la vitesse affichée ou enregistrée dans les exifs, l'exposition n'est plus soumise aux erreurs d'arrondis vus précédemment.

A ma connaissance il n'existe pas de moyens de connaître la vitesse réelle employée en mode AV, une analyse des tags Exifs ne m'a rien montré, y compris dans les sections propriétaires constructeur.

Si il est toujours intéressant de connaître cette méthode utilisée par Canon, ceci n'a que peu d'importance hormis pour quelques rares cas de photos techniques ou le respect de la vitesse de prise de vue est impératif.

Resultats des essais

Toujours dans les conditions de prise de vue précédente la seconde séance d'essai est réalisée en mode AV, la vitesse est alors choisie par le boîtier. Les résultats montrent une vitesse d'exposition réelle bien adaptée au résultat de la mesure et qui diffère de sa valeur théorique affichée, l'histogramme reste parfaitement centré.

L'essai réalisé avec le 40D montre un fonctionnement identique au niveau de l'exposition finale mais les variations relevées au niveau du signal Sy-X empêchent une mesure de temps d'exposition précise et une conclusion sûre, mais la aussi la vitesse semble être ajustée.

Mesures 1D mark III

I Leds (mA)	87	122	122	200	247	310	390	470	630	788
Vitesse affichée (1/t)	90	125	125	180 =	180 =	250 =	250 =	350 =	350 =	500
Vitesse mesurée	85	111	111	158 ←	→ 189	227 ←	→ 274	325 ←	→ 391	472
Histogramme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mesures 5D mark III

I Leds (mA)	315	384	437	480	560	635	710	780		
Vitesse affichée (1/t)	180	250	250	250	350	350	350	350		
Vitesse mesurée	206	248	248	293	318	349	380	406		
Histogramme	0	0	0	0	0	0	0	0		

Mesures 7D

I Leds (mA)	180	220	280	330	395	480	560	620		
Vitesse affichée (1/t)	180	180	250	250	350	350	350	500		
Vitesse mesurée	178	205	256	279	328	382	416	456		
Histogramme	0	0	0	0	0	0	0	0		

Mode TV (Priorité vitesse)

Dans ce mode la vitesse est fixée par l'utilisateur l'ouverture s'adaptant aux conditions d'exposition. Le positionnement du diaphragme de l'objectif étant soumis a des contraintes mécaniques un ajustement de sa position a une valeur précise est impossible contrairement aux conditions de vitesse. Dans ce mode l'exposition étant exacte et plus soumise la aussi aux contraintes d'arrondis, l'ajustement est réalisé au niveau de l'image, certainement par traitement en sortie du capteur.

Résultats des essais

Le banc utilisé précédemment est toujours mis a contribution, la vitesse est réglée fixe pour obtenir des positions de diaphragme médianes. L'essai montre bien une vitesse réelle constante et

égale a celle définie dans les réglages, et une variation de l'exposition finale inferieure a la précision du mouvement du diaphragme démontrant un traitement de l'image qui reste le seul paramètre possible.

Mesures 5D mark III

I Leds (mA)	150	200	227	247	285	319	390	460	615	790
Vitesse mesurée	1/30 ^e									
Ouverture affichée	9.5	11	11	11	11	13	13	13	16	16
Histogramme	-0.05	0	0.05	0	0	0	-0.05	0	0	0.05

Mesures 7D

I Leds (mA)	180	220	288	330	395	480	560	620	735	
Vitesse mesurée	1/30 ^e									
Ouverture affichée	11	11	13	13	13	16	16	16	19	
Histogramme	0.05	0	0	0.05	0	0	-0.05	-0.05	-0.05	

Mode Manuel - Iso Auto

Dans ce mode d'exposition automatique c'est la sensibilité du capteur qui est mis à contribution pour régler l'exposition. Avec les deux boitiers testés, on retrouve les erreurs d'exposition du mode manuel, les paliers par 1/3 d'IL utilisés par la sensibilité (quelque soit la configuration) en limitent les effets a des valeurs inferieures a 1/6 IL.

Mesures 7D _ Av=f/11, Tv=1/180^e

I Leds (mA)	180	225	290	330	375	480	492	647		
Ouverture affichée	640	500	400	400	320	320	250	250		
Histogramme	+1/8	0	0	+1/8	-1/8	+1/8	-1/4	0		

Récapitulatif fonctionnement en fonction des modèles de boitiers

Comme cela a été évoqué dans les paragraphes précédents en fonction des types de boitiers la gestion des arrondis peut être différente, si des règles générales peuvent être mises en évidence rien ne garanti que les modes de fonctionnement décrits seront applicables a telle référence de boitier.

Le tableau suivant résume le comportement des boitiers ayant pu être testés et quel paramètre est éventuellement ajusté pour compenser les erreurs d'arrondi.

	40D	1D mark III	7D	5D mark III
Mode manuel	Pas d'ajustement d'arrondi, exposition par palier			
Mode AV	Vitesse ?	Exposition exacte, ajustement vitesse		
Mode TV	Ajustement image ou sensibilité capteur			
Mode Iso auto	? Non testé	-----	Expo par palier	

Erreurs d'exposition et de mesure

La mesure d'exposition est toujours réalisée à la pleine ouverture, les paramètres d'exposition aux ouvertures inferieures sont donc calculés en fonction de cette mesure. Les défauts et contraintes de fonctionnement mécanique de l'objectif peuvent intervenir et provoquer des erreurs si l'ouverture réelle utilisée diffère de celle théorique. Ces erreurs sont de manière générales faibles, néanmoins il peut être bon d'en connaitre les causes, dans certains cas limites le résultat final pourra en être impacté.

Plage de mesure cellule, filtres ND

La plupart des boîtiers Canon (Tous ?) sont donnés avec une plage de fonctionnement de la cellule de mesure de lumière égale à 1-20 IL utilisé avec un objectif EF 50/1.4 soit une plage de luminosité externe de 0-19 IL avec un objectif f/1.0 ou une plage de 4-23 IL avec un objectif f/4.

En dessous de ces valeurs la cellule ne reçoit plus assez de lumière pour donner un résultat de haute précision, au dessus elle sature et ne peut plus exploiter la lumière reçue. Si les valeurs hautes de 19IL sont peu courantes à moins de viser le soleil directement (16IL représentant une plage en plein été) les valeurs basses peuvent être plus gênantes.

Outre les situations de très faible luminosité l'utilisation de filtres ND de forte valeur vont pouvoir impacter fortement la mesure de luminosité malgré que la mesure de lumière soit faite de manière TTL en prenant en compte la présence du filtre.

Prenons l'exemple d'une prise de vue sur une plage en pose longue avec l'utilisation d'un filtre BigStopper 10IL monté sur un 17-40/4 L. La luminosité extérieure dans ce type de situation est d'environ 11IL. La luminosité arrivant après le filtre à l'entrée de l'objectif ne sera donc plus que de $11-10=1$ IL, or avec un objectif f/4 d'utilisé la cellule de mesure de lumière demandant une luminosité d'au moins 4IL pour fonctionner de grandes chances que les paramètres d'exposition choisis par le boîtier soient faux et provoquent un cliché mal exposé.

Il sera donc nécessaire dans ce cas de réaliser la mesure de luminosité soit à l'aide d'une cellule externe, soit sans le filtre ND devant l'objectif et de compenser sa présence en modifiant les valeurs de vitesse calculées par le boîtier.

Vignetage de l'objectif

Le vignetage d'un objectif étant proportionnel à son ouverture il est le plus fort à PO, là où la mesure de lumière est effectuée. Si cette mesure est réalisée en prenant en compte la totalité de l'image comme en évaluatif ou surtout en mesure spot décentrée (option possible sur boîtier de type 1D) ce vignetage pourra provoquer une erreur d'exposition lors d'une prise de vue diaphragme fermé.

Le montage suivant en montre l'effet. La première photo montre l'exemple de la photo sans vignetage, l'histogramme est centré. Un masque de fusion associé à un dégradé radial appliqué sous Photoshop va simuler l'effet du vignetage de l'objectif, une augmentation des niveaux de la photo de base va permettre de recentrer l'histogramme tout comme le ferait le boîtier en ajustant des paramètres de prise de vue. L'utilisation d'un diaphragme fermé va diminuer le vignetage de l'objectif et agir comme la suppression du filtre, l'augmentation des niveaux précédente n'est plus compensée par celui-ci provoquant une surexposition de la photo.



Photo d'origine



Mesure avec vignetage



Exposition sans vignetage

Ouverture photométrique T

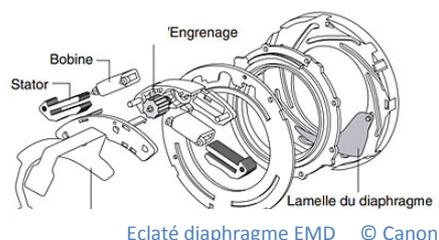
Avec un objectif parfait l'ouverture photométrique T/x caractérisant la luminosité de celui-ci est toujours égale à l'ouverture f/x utilisé généralement. Les pertes de transmission dans les lentilles vont provoquer une atténuation de la lumière et un obscurcissement de l'image tout comme le

vignetage ou l'utilisation d'un filtre ND. Ces pertes sont généralement faibles mais peuvent être proportionnellement gênantes sur des objectifs à très grandes ouvertures comme les f/1.2.

La mesure de lumière étant TTL cela n'a que peu d'importance, des articles sur le net montrent que les boîtiers connaissent ces pertes et ajustent "en douce" l'affichage de leurs paramètres d'exposition en conséquence pour correspondre à la théorie. Par contre si une mesure de lumière externe est employée il sera alors possible d'avoir une légère erreur d'exposition par rapport aux indications de la cellule.

Positionnement Iris

Les objectifs actuels modernes sont quasiment tous équipés de diaphragmes à iris dont les lames sont manœuvrées par une couronne mue par un moteur pas à pas. Si la forme des lames permet d'obtenir une linéarité entre l'ouverture obtenue et le nombre de pas du moteur, la précision du mouvement dépend du nombre de pas par tour que le moteur permet.



Dans le cas des objectifs Canon le protocole EF d'origine prévoyait un nombre de 4 pas par IL, si ce nombre convient parfaitement pour des paliers de réglage de 1/2 IL il est insuffisant pour ceux de 1/3, six pas par IL étant au moins nécessaire.

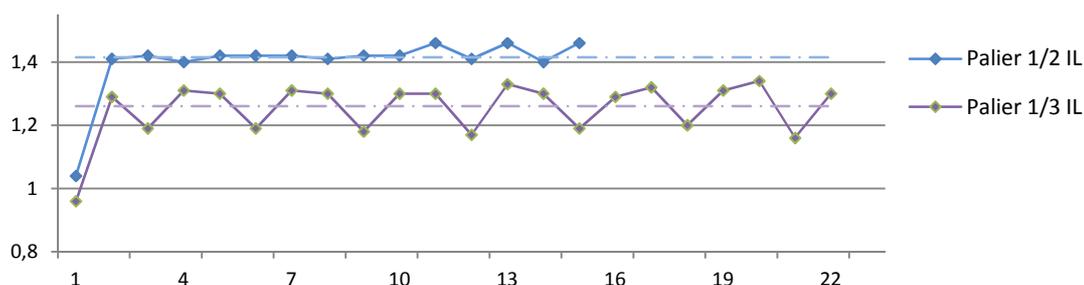


La encore des compromis entre compatibilité ascendante et précision du mouvement du diaphragme ayant dû être réalisés la sélection des paliers de réglage par 1/3 d'IL provoque des erreurs d'ouverture par rapport aux valeurs théoriques pour les valeurs intermédiaires. Ces erreurs restent faibles et inférieures à 1/10 d'IL.

Pour vérifier ce phénomène l'ouverture de l'iris du diaphragme d'un EF 50/1.8 STM a été mesurée pour toutes ses positions possibles avec des paliers de 1/2 et 1/3 d'IL.

La surface de la zone ouverte permet de calculer l'ouverture de l'objectif, et en particulier la différence entre deux crans d'ouverture.

La courbe suivante indique l'écart de surface entre deux positions successives de diaphragme, hormis la transition f/1.8-f/2 ces rapports sont à peu près réguliers sur la totalité de la plage permise par l'objectif soit f/1.8 à f/22. Si l'utilisation de paliers de 1/2 IL correspond bien à la réalité (rapport de $2^{1/2}=1.41$) les paliers de 1/3 d'IL sont beaucoup moins précis avec des valeurs oscillant autour de la valeur théorique (rapport de $2^{1/3}=1.26$). Dans ce cas la suite de variation entre chaque valeurs d'ouverture entière est de 0.25, 0.4, 0.4 IL.



Variation de la mesure en fonction de l'ouverture de l'objectif

Je n'ai pas d'explications précises à ce problème qui peut générer des erreurs importantes mais la cellule de mesure de lumière située dans le prisme du boîtier provoque des erreurs pouvant être importantes en fonction de l'ouverture à laquelle est réalisée la mesure.

Avec les objectifs standard ceci ne pose pas de problème, l'ouverture native est communiquée au boîtier qui applique la correction idoine, ce problème est alors totalement transparent pour l'utilisateur. Par contre un objectif totalement manuel, même pucé indiquera des valeurs d'ouverture fausses au boîtier ce qui annulera cette correction. De la même manière l'utilisation d'un télé-convertisseur sur une optique non prévue (ou le masquage des contacts de codage) indiquera une ouverture native incorrecte au boîtier ce qui provoquera généralement une image surexposée.

Lors de l'utilisation d'une optique manuelle il sera préférable de réaliser la mesure à une valeur d'ouverture moyenne, f/2.8 par exemple puis de calculer manuellement la vitesse et la sensibilité pour l'ouverture souhaitée, il sera aussi de manière plus facile d'appliquer le décalage d'exposition correspondant au tableau suivant.

Par exemple des TC 1.4 et 2x non déclarés utilisés sur une optique f/5.6 (ouverture résultante f8 et f/11) devront être accompagnés d'un décalage d'exposition de respectivement -1/3 et -2/3 à -1IL sur un boîtier de type 7D.

Tableau de correction d'expo en fonction de l'ouverture	Ouverture de mesure								
	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22
1D mark III						-1/3	-2/3	-1	
7D	+1/3	+1/3	0	0	0	-1/3	-2/3	-4/3	
5D mark III	-1/3		0	0	0	-2/3		-1	

Modes de mesure automatique

Mode évaluatif

Mode pondéré central

Mode spot

Photo au flash E-TTL

Aspects pratiques

Lancement mesure et mémorisation d'exposition

Choix du mode de mesure

Inconvénients du mode manuel

Inconvénients des modes automatiques

Exemples de situation

Technologie.

Le Système TTL

Reflex Canon et évolution du système.

Cellules externes et flashmètres

Liens et sources

Révisions document

v1.00 08/08/2015 Première diffusion (Chapitre précision mesure d'expo).