

# PHOTO

# 100



## QUESTIONS RÉPONSES



## POUR COMPRENDRE ET MAÎTRISER LA PHOTO NUMÉRIQUE

L 12662 - 27 H - F: 6,90 € - RD



DOM : 7,20 € - BEL : 7,20 € - CH : 9,00 FS - CAN : 9,99 \$CAN  
D : 8,00 € - ESP : 7,20 € - GR : 7,20 € - ITA : 7,20 €  
LUX : 7,20 € MAR : 85 DH - TOM SURFACE : 1050 CFP  
PORT.CONT : 7,20 € - TUN : 14 DTU.



**RÉDACTION :**  
8 rue François Ory,  
92543 Montrouge Cedex.

Tél. : 01 41 86 17 12

Rédacteur en chef : Yann Garret  
Conception et réalisation : Claude Tauleigne

Assistante de rédaction : Françoise Bensaid

Textes et photos :  
Claude Tauleigne

**DIRECTION - ÉDITION :**  
Directeur exécutif : Carole Fagot  
Editeur : Vincent Cousin

**ABONNEMENTS ET DIFFUSION :**  
Directeur marketing clients/diffusion :  
Christophe Ruet  
Abonnements  
Directrice marketing direct :  
Catherine Grimaud  
Chef de groupe : Johanne Gavarini  
Ventes au numéro  
Directeur diffusion : Jean-Charles Guérault  
Responsable diffusion marché :  
Sham Daassa

**MARKETING**  
Responsable promotion :  
Caroline Di Roberto  
Responsable marketing :  
Émilie Sola

**PUBLICITÉ**  
Directeur de publicité :  
Olivier Guillemet  
Directeur de publicité adjoint :  
Victor Barata  
Assistante de publicité : Christine Aubry  
(01 41 33 51 99)

**FABRICATION**  
Agnès Chatelet  
**PRÉPRESSE/PHOTOGRAVURE**  
Responsable de service :  
Sylvain Boularand  
Adjoint : Christophe Guérin

**CONTRÔLE DE GESTION**  
Sandrine Delcroix

**RESSOURCES HUMAINES**  
Pascal Labé

Éditeur : Mondadori Magazines France SAS  
Siège social : 8 rue François Ory,  
92543 Montrouge Cedex  
Directeur de la publication :  
Carmine Perna  
Actionnaire : Mondadori France SAS.  
Imprimeur : Rotocayfo, Barcelone

N° ISSN : 2556 - 2894  
Commission paritaire : 1120 K 85746  
Dépôt légal : octobre 2017

**ABONNEMENTS**  
Service abonnement et anciens  
numéros : 01 46 48 47 63  
www.kiosquemag.com  
Abonnements Réponses Photo,  
CS90125, 27091 Evreux Cedex 9



# 100 QUESTIONS

Par Claude Tauleigne

- 100 questions ! 100 questions que tous les photographes se posent sur la photo numéri...
- Attends, je te coupe tout de suite, là : on vient de recompter, y'en a 119 !
- 119, c'est un nombre rond, je trouve ! Pas trop prétentieux, ça ressemble à un nombre premier et pourtant ça l'est pas... Non, vraiment 119, c'est un beau nombre !
- C'est pas la question : on t'avait pourtant bien dit 100...
- J'ai pas trouvé la virgule...
- Et... donc ?
- Attends, je cherche, je te rappelle...

*(Une heure plus tard)*

- Si on essayait : « 119 questions sur la photo numérique avec des réponses plus précises que leur nombre exact ! »
- T'as pas un pitch moins... moins, quoi !

*(Le lendemain)*

- Comprendre et maîtriser la photo numérique. T'as pris ça finalement ? C'est pas mal. Quoique j'aimerais mieux « Comprendre pour maîtriser ! »
- Ça fait peut-être un peu scolaire, ça, non ?
- Mouais... À comprendre sans péril, on maîtrise sans gloire ?

*(En aparté)*

- Bon, on n'aurait pas un autre rédacteur sous le coude, vite fait, là ?
- « Une centaine de questions/réponses pour comprendre sans méprise et maîtriser sans attendre la photo numérique » ! Ca résume bien ce hors-série, ça, non ?

*(Une voix au loin :)*

- On n'a plus le temps, là, on boucle... On a l'imprimeur qui rôle au téléphone...
- T'oublieras pas d'ajouter « Bonne lecture » de ma part, hein ? Hein ? (...) Allo ?

# SOMMAIRE

6

## CHAPITRE 1

### Comprendre la lumière

- 8 Qu'est-ce que la lumière ?
- 9 Comment mesurer la lumière ?
- 10 Quelle est la couleur de la lumière ?
- 11 Qu'est-ce que la synthèse additive ?
- 12 Qu'est-ce que la balance des blancs ?
- 13 Qu'est-ce que la température de couleur ?
- 14 La balance des blancs est-elle indispensable ?
- 15 À quoi correspondent les pictogrammes ?
- 16 Peut-on faire une balance des blancs manuelle ?
- 17 Est-ce plus simple en format RAW ?
- 18 Comment adoucir la lumière ?
- 20 Quelles sources de lumière utilise-t-on en photo ?
- 21 Qu'est-ce que l'IRC ?
- 22 Comment fonctionne un flash ?
- 23 Qu'est-ce que le nombre-guide ?
- 24 Comment est gérée l'exposition au flash ?
- 25 Quelle vitesse choisir au flash ?

26

## CHAPITRE 2

### Maîtriser l'exposition

- 28 Qu'est-ce qu'un posemètre ?
- 29 Lumière incidente ou réfléchie ?
- 30 Comment fonctionnent les posemètres modernes ?
- 31 Qu'est-ce que la mesure spot ?
- 32 Et la mesure pondérée ?
- 33 Pourquoi et comment corriger l'exposition ?
- 34 Qu'est-ce que la sensibilité ?
- 35 Qu'est la norme ISO ?
- 36 Quel est l'intérêt d'une sensibilité élevée ?
- 37 Peut-on « pousser » la sensibilité ?
- 38 Qu'est-ce que le diaphragme
- 39 C'est quoi ces chiffres ?
- 40 Le diaphragme a-t-il d'autres fonctions ?
- 41 Comment modifier le diaphragme ?
- 42 Qu'est-ce que l'obturateur ?
- 43 Comment fonctionne l'obturateur plan-focal ?
- 44 Existe-t-il d'autres types d'obturateur ?
- 45 Quelle est la durée de vie d'un obturateur ?
- 46 Alors finalement... comment régler l'exposition ?
- 47 Vous n'avez pas encore tout à fait compris ?
- 48 Qu'est-ce que le mode d'exposition ?

50

## CHAPITRE 3

### Contrôler la visée

- 52 Quels sont les différents types de viseurs ?
- 53 Comment fonctionne un viseur télémétrique ?
- 54 Qu'est-ce qu'un viseur TTL ?
- 55 Qu'est-ce qu'un appareil SLT ?
- 56 Quels sont les avantages de la visée reflex ?
- 57 Et quels en sont les inconvénients ?
- 58 Pentaprisme ou pentamiroir ?
- 59 Quel est le rôle de l'oculaire ?
- 60 Qu'est-ce que le grossissement d'un viseur ?
- 61 Les appareils argentiques ont-ils un meilleur grossissement ?
- 62 Comment fonctionnent les viseurs électroniques ?
- 63 Qu'est-ce qu'un EVF ?
- 64 Quels sont les écrans utilisés ?
- 65 Qu'est-ce que le focus peaking ?
- 66 Faut-il préférer la visée optique ou électronique ?
- 67 Qu'est-ce qu'un viseur hybride ?

68

## CHAPITRE 4

### L'électronique du boîtier

- 70 Comment fonctionne un capteur numérique ?
- 71 Quel est le nombre de pixels d'un capteur ?
- 72 Quels sont les différents types de capteurs ?
- 74 Comment le capteur voit-il les couleurs ?
- 76 Qu'est-ce que la dynamique ?
- 77 Pourquoi doit-on avoir une grande dynamique ?
- 78 Comment mesurer la dynamique ?
- 79 Qu'est-ce que l'histogramme ?
- 80 Quels traitements sont réalisés sur le signal ?
- 81 Faut-il mettre à jour le firmware de l'appareil ?
- 82 Qu'est-ce que le dématricage ?
- 83 Que faire des données dématricées ?
- 84 Qu'est-ce que l'espace couleur ?
- 85 Comment choisir l'espace couleur ?
- 86 Qu'est-ce que la définition d'une image ?



# 104

## CHAPITRE 5

### Optique & objectifs

- 87 Qu'est-ce que la résolution ?
- 88 Comment sont codées les données photo ?
- 89 Comment compresser les informations ?
- 90 Qu'est-ce qu'un fichier RAW ?
- 91 Quels sont les différents formats RAW ?
- 92 Comment traiter un fichier RAW ?
- 94 Qu'est-ce qu'un fichier JPEG ?
- 95 Faut-il préférer le RAW ou le JPEG ?
- 96 Comment les photos sont-elles stockées ?
- 98 Quels supports dans l'appareil photo ?
- 99 Que signifient les codes des cartes mémoires ?
- 100 Quelles connexions filaires sont possibles ?
- 101 Qu'est-ce que l'USB ?
- 102 Existe-t-il des liaisons sans fil ?
- 103 Quand faut-il utiliser le Wi-Fi ?

- 106 Comment fonctionne un objectif ?
- 108 Qu'est-ce que l'angle de champ ?
- 109 Qu'est-ce que le coefficient de focale ?
- 110 Qu'est-ce que la focale normale ?
- 111 Quelle formule pour le 50 mm ?
- 112 Qu'est-ce qu'un grand-angle ?
- 113 Quelle formule pour le grand-angle ?
- 114 Qu'est-ce qu'un téléobjectif ?
- 116 Qu'est-ce qu'un zoom ?
- 118 Quel objectif macro choisir ?
- 119 D'autres solutions pour la macro ?
- 120 Quel objectif pour quelle photo ?
- 122 Qu'est-ce que le piqué ?
- 123 Que sont les aberrations ?
- 124 Comment fonctionne la mise au point automatique ?
- 126 Et si le sujet se déplace ?
- 127 Et si l'autofocus jette l'éponge ?

# 128

## CHAPITRE 6

### Dompter l'image

- 130 Quel est le lien entre focale et perspective ?
- 132 Qu'est-ce que la profondeur de champ ?
- 133 Comment calcule-t-on la profondeur de champ ?
- 134 La profondeur de champ varie-t-elle en fonction de la focale ?
- 135 Comment se répartit la profondeur de champ ?
- 136 La profondeur de champ dépend-elle du format ?
- 137 Qui est donc M. Scheimpflug ?
- 138 Quelle profondeur de champ pour quel sujet ?
- 140 Pourquoi ma photo est-elle floue ?
- 141 Qu'est-ce que le front focus ?
- 142 Et le flou de bougé ?
- 144 Peut-on corriger numériquement le flou ?
- 146 Comment fonctionnent les stabilisateurs ?
- 148 Qu'est-ce que le bokeh ?
- 150 Comment séparer le bon grain du bruit ?

# 152

## CHAPITRE 7

### Choisir des accessoires

- 154 A-t-on encore besoin d'un trépied ?
- 156 Comment fonctionnent les batteries ?
- 158 Vous prendrez bien un grip pour l'hiver ?
- 160 Les filtres sont-ils encore utiles ?



# CE QUE VOUS APPRENDREZ DANS CES PAGES

**8** Qu'est-ce que la lumière ?

**9** Comment mesurer la lumière ?

**10** Quelle est la couleur de la lumière ?

**11** Qu'est-ce que la synthèse additive ?

**12** Qu'est-ce que la balance des blancs ?

**13** Qu'est-ce que la température de couleur ?

**14** La balance des blancs est-elle indispensable ?

**15** À quoi correspondent les pictogrammes ?

**16** Peut-on faire une balance des blancs manuelle ?

**17** Est-ce plus simple en format RAW ?

**18** Comment adoucir la lumière ?

**20** Quelles sources de lumière  
utilise-t-on en photo ?

**21** Qu'est-ce que l'IRC ?

**22** Comment fonctionne un flash ?

**23** Qu'est-ce que le nombre-guide ?

**24** Comment est gérée l'exposition au flash ?

**25** Quelle vitesse choisir au flash ?

# Comprendre la lumière

La lumière, c'est un truisme, est l'essence de la photographie. Avant même de porter l'œil au viseur, il faut apprécier la lumière qui éclaire une scène : son intensité, sa couleur, son contraste... de façon à pouvoir s'adapter à elle... ou la modifier.

# Q1 QU'EST-CE QUE LA LUMIÈRE ?

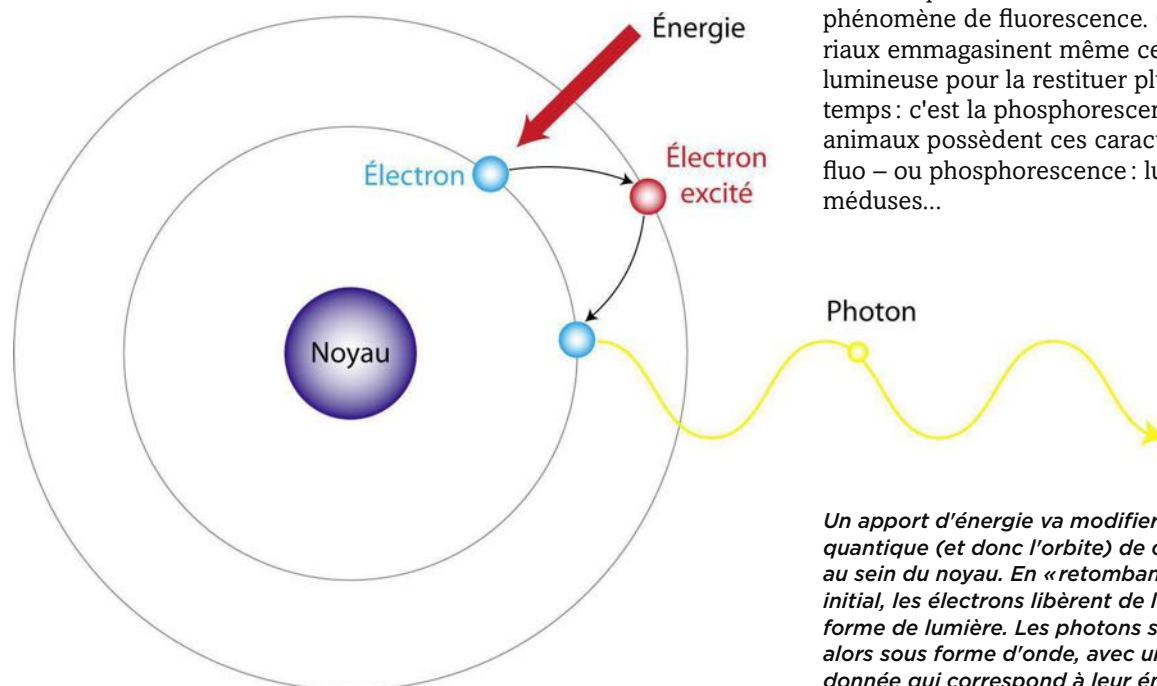
*La lumière est créée au cœur même des atomes sous l'action d'un apport d'énergie. Lorsqu'un atome absorbe de l'énergie, certains des électrons qui gravitent autour de son noyau se retrouvent dans un état excité...*

Ces électrons excités changent alors de niveau énergétique, ce qui les amène sur une orbite supérieure. Après un temps sur cette trajectoire de haute énergie, ils redescendent à leur niveau d'équilibre... en libérant la différence d'énergie entre ces deux niveaux. Schématiquement, ils rendent donc l'énergie qu'ils avaient absorbée... sous la forme d'un photon. Rien ne se crée, rien ne se perd... tout se transforme !

## LE PHOTON COMME VÉHICULE

Ce sont ces photons (les « particules de lumière ») qui vont véhiculer la lumière. Les scientifiques se sont longtemps opposés pour déterminer la nature exacte des photons. En effet, leurs caractéristiques sont assez paradoxales : leur masse est nulle, mais ils transportent une énergie (celle qui a été libérée par l'électron) et se déplacent à une vitesse de 300.000 km/s environ. Ce n'est donc pas à proprement parler une particule (puisque sa masse est nulle) et on peut le

considérer comme une onde électromagnétique, dont la fréquence va déterminer la couleur de la lumière émise. Aujourd'hui on admet les deux théories (corpuscule et onde). On se sert de la première pour les calculs d'optique géométrique (les « rayons lumineux » se déplacent en ligne droite) et la seconde pour les couleurs ainsi que les phénomènes de diffraction. Lorsque l'énergie absorbée par l'électron provient... d'une lumière incidente, certains photons vont traverser le matériau s'il est un peu transparent. D'autres vont servir à échauffer la matière et d'autres vont être ré-émis, via des photons de même énergie, selon le principe que nous venons de voir : ils sont donc réfléchis. On retrouve donc le principe général de la lumière qui parvient sur une surface : une partie est transmise, une autre absorbée et une autre réfléchie, selon les caractéristiques du matériau. Certains matériaux peuvent toutefois ré-émettre des photons d'une longueur d'onde différente de celle qui a servi à leur excitation : c'est le phénomène de fluorescence. Certains matériaux emmagasinent même cette énergie lumineuse pour la restituer plus tard dans le temps : c'est la phosphorescence. Certains animaux possèdent ces caractéristiques de fluo – ou phosphorescence : lucioles, coraux, méduses...



*Un apport d'énergie va modifier le niveau quantique (et donc l'orbite) de certains électrons au sein du noyau. En « retombant » à leur niveau initial, les électrons libèrent de l'énergie sous forme de lumière. Les photons se propagent alors sous forme d'onde, avec une fréquence donnée qui correspond à leur énergie.*



# Q2 COMMENT MESURER LA LUMIÈRE ?

Pour exposer correctement une photo, il faut adapter les paramètres mécaniques : ouverture de diaphragme (n) et durée d'obturation (t) et électronique (ou chimique) : sensibilité (S) de l'appareil à la quantité de lumière disponible. Mais de quelle lumière parle-t-on exactement ? Le chemin effectué par cette lumière depuis la source jusqu'à la surface sensible est en effet long et complexe ! Celle qui va nous intéresser est celle qui est réfléchiée par le sujet dans la direction de l'appareil. Sa mesure est appelée Luminance du sujet (L) et s'exprime en Candela par mètre carré (Cd/m<sup>2</sup>).

Une fois celle-ci mesurée, la relation qui permet de régler les paramètres de l'appareil est la suivante :  $n^2/(t.S) = L/K$  (K étant une constante d'étalonnage égale à 11,4). Le tableau ci-dessous indique quelques ordres de grandeur de luminance de certains sujets.

## LE COEFFICIENT DE RÉFLEXION...

Si on connaît les caractéristiques énergétiques de la source de lumière (et notamment son intensité lumineuse I dans la

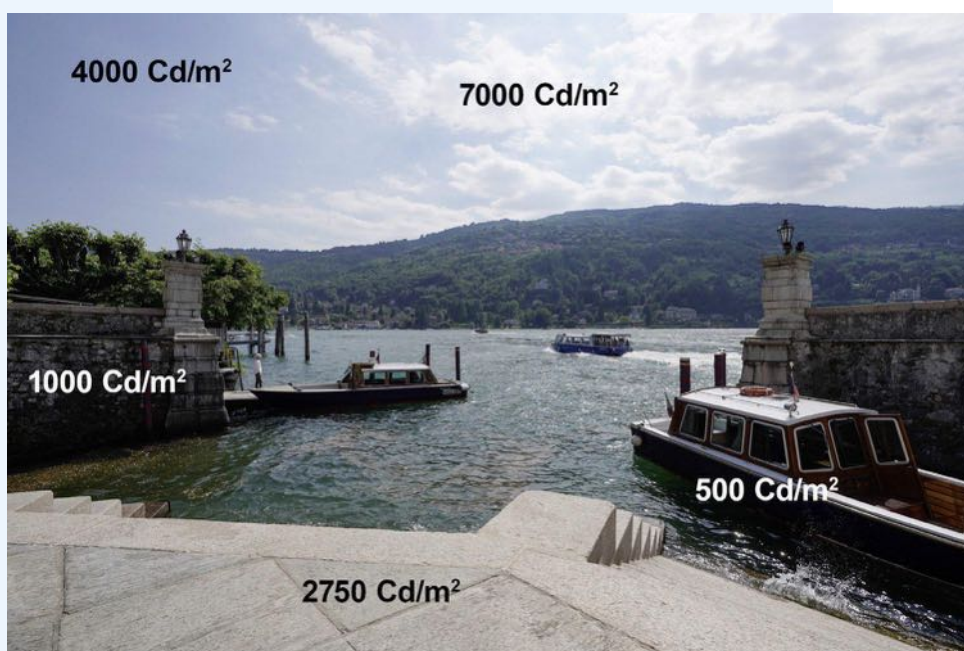
direction de la scène, exprimée en Candela - Cd), on peut déterminer la luminance en fonction de nombreux paramètres dont les principaux sont la distance entre la source et le sujet (d), son angle d'inclinaison ( $\alpha$ ) et une caractéristique fondamentale de celui-ci : son coefficient de réflexion ( $\rho$ ). Ce coefficient, compris entre 0 et 1, indique qu'une fraction de la lumière est renvoyée vers l'appareil. L'autre partie est transmise ou absorbée (ce qui provoque l'échauffement de l'objet...). Statistiquement, on considère qu'un sujet renvoie seulement 18 % (le coefficient  $\rho$  est donc égal à 0,18) de la lumière qu'il reçoit. C'est sur cette valeur que sont calibrés tous les posemètres photographiques. En pratique, un sujet est généralement constitué de différentes parties, possédant chacune leur coefficient de réflexion. On peut alors calculer la luminance L en fonction de l'éclairement du sujet E (en Lux) :  $L = \rho E/\pi$ . L'éclairement est lui-même déterminé à partir de l'intensité de la source :  $E = I/(d^2 \cdot \cos \alpha)$ . Je vous laisse combiner toutes ces relations...

## Qu'est-ce que la règle du f:16 ?

Si on considère un sujet standard en plein soleil, sa luminance sera d'environ 2750 Cd/m<sup>2</sup>. Si on choisit par exemple une ouverture de f:16 (d'où le nom de la règle...), on obtient, dans la relation  $n^2/(t.S) = L/K$ , un temps de pose égal à :  $t = 11,4 \times 16^2 / (2750 \times S)$ ... soit environ 1/S ! On peut alors définir la « règle du f:16 » : en plein soleil, le temps d'exposition à f:16 est égal à l'inverse de la sensibilité. C'est l'indicateur de la quantité de lumière disponible le plus simple à mémoriser !

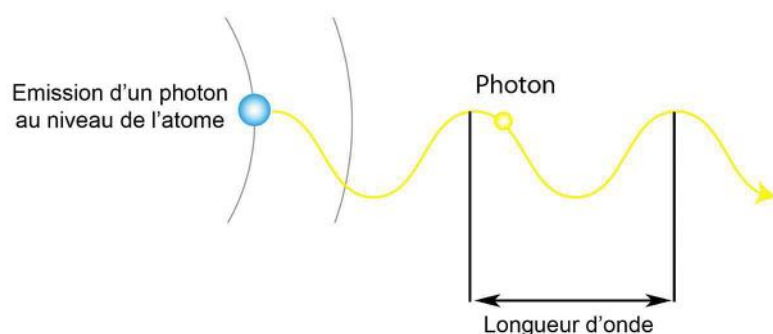
Scène	Nuage blanc	Ciel bleu	Visage au soleil	Visage à l'ombre	Objet noir au soleil
Luminance	6500 Cd/m <sup>2</sup>	4000 Cd/m <sup>2</sup>	2500 Cd/m <sup>2</sup>	1000 Cd/m <sup>2</sup>	200 Cd/m <sup>2</sup>

*Dans cette scène à contre-jour éclairée par un plein soleil, on trouve une large panoplie de luminances. Le sol, gris moyen (à 18%), en plein soleil est à 2750 Cd/m<sup>2</sup>... ce qui conduit à une exposition d'environ 1/200 s à f:16 (pour 200 ISO).*



## Q3 QUELLE EST LA COULEUR DE LA LUMIÈRE ?

*Comme nous l'avons vu, la fréquence à laquelle un photon est émis caractérise la couleur de sa lumière. Plutôt que de fréquence, on parle généralement de longueur d'onde, ce qui est équivalent (l'un étant l'inverse de l'autre).*



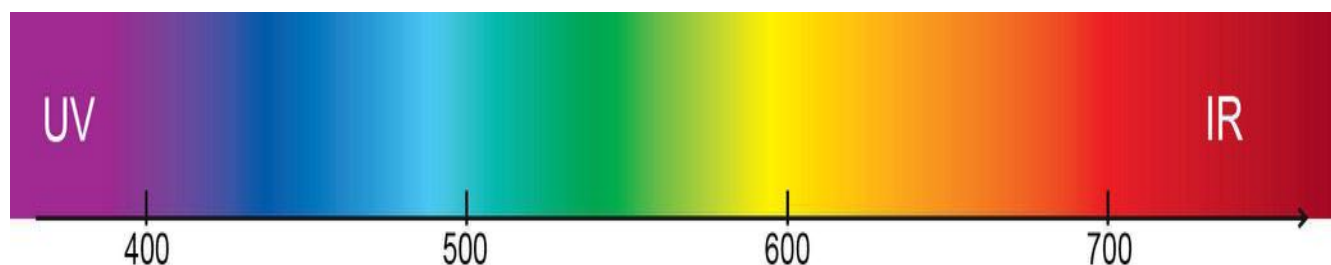
– adaptation de l'humain à son environnement oblige – au spectre d'émission du soleil (une fois filtré par l'atmosphère terrestre). Ce dernier se compose toutefois également d'un peu de lumière ultraviolette et de beaucoup d'infrarouges (IR). Mais la partie « active », pour l'œil humain est la large bande de lumière visible (entre 400 et 700 nm).

### TROIS COULEURS PRIMAIRES

Schématiquement, pour la partie à laquelle l'œil humain est sensible, on peut donc dire que le soleil émet vers la Terre des photons de toutes les longueurs d'ondes du spectre visible. En grande quantité... et surtout en proportions égales ! Pour simplifier, on sépare généralement le spectre visible en trois principales zones. La première (de 400 à 500 nm) correspond aux photons bleus (très énergétiques). La seconde (de 500 à 600 nm) décrit les verts-jaunes (zone dans laquelle l'œil humain est le plus sensible) et la dernière (de 600 à 700 nm) comprend les rouges. Le bleu, le vert et le rouge sont appelées lumières primaires. Grâce à cette simplification en couleurs primaires, on dit que le soleil émet donc une même quantité de bleu, de vert et de rouge. La somme de ces trois couleurs donne la lumière « blanche » (voir page ci-contre). Ainsi, si le soleil émet des photons de toutes les couleurs, la somme donne une lumière blanche, sans dominante colorée !

*La longueur d'onde est une distance qui caractérise la couleur du photon.*

La longueur d'onde d'un rayonnement est la longueur (une distance généralement exprimée en nanomètres – nm – pour la partie qui nous intéresse) de la vibration lumineuse : elle mesure la distance entre deux pics consécutifs de cette vibration. Le spectre électromagnétique global (c'est-à-dire la gamme de longueurs d'onde émises par la matière sous l'action de l'énergie) est extrêmement vaste. Il s'étend des rayons gamma (très courtes longueurs d'onde) aux ondes radio, en passant par les rayons X, les ultraviolets et les infrarouges... Entre ces deux derniers domaines se trouve une infime gamme du spectre correspondant à ce que l'œil humain est capable de percevoir : c'est le spectre visible... Il correspond pratiquement



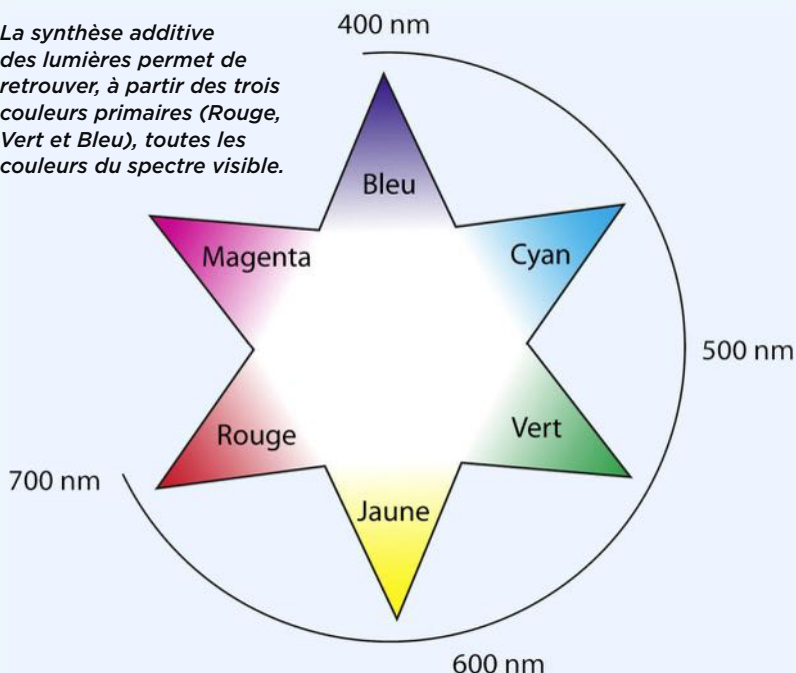
*Le spectre de lumière visible (en fonction de la longueur d'onde) par l'œil humain s'étend d'environ 400 nm à 700 nm. En deçà on trouve les ultraviolets et au-delà les infrarouges. Il est à noter que les surfaces sensibles (films comme capteurs) sont plus ou moins sensibles à ces deux parties du spectre qu'on ne peut discerner à l'œil. Cela explique la présence de filtres sur les capteurs ou sur les films pour éliminer ces rayonnements.*

# Q4 QU'EST-CE QUE LA SYNTHÈSE ADDITIVE?...

En synthèse «additive», on mélange des lumières colorées: si, par exemple, on projette sur un écran (avec trois projecteurs) une même quantité de lumière bleu, verte et rouge, on obtient du blanc... comme le soleil le fait sur la Terre! Car, schématiquement, leur somme constitue, en quantité égale, la lumière «blanche». La lumière solaire, également appelée «naturelle», est donc la référence colorimétrique absolue: elle contient la même proportion de rouge, de vert et de bleu.

Lorsqu'on projette - en proportions variables cette fois-ci - des lumières rouges, vertes ou bleues sur un écran pour les mélanger, on peut retrouver toutes les couleurs du spectre, telles que Newton les avait décomposées avec son prisme. Il existe toutefois une exception: le magenta, qui est un mélange de rouge et de bleu... et qui ne possède pas de longueur d'onde propre!

*La synthèse additive des lumières permet de retrouver, à partir des trois couleurs primaires (Rouge, Vert et Bleu), toutes les couleurs du spectre visible.*



## ...ET LA SYNTHÈSE SOUSTRACTIVE?

À l'école primaire, nombre d'instituteurs continuent de perpétuer l'idée que les trois couleurs primaires sont le jaune, le rouge et le bleu. J'ai appris cette erreur, mes parents et mes enfants aussi... Je ne leur jette donc pas la pierre: la plupart des instituteurs l'ont aussi appris comme ça! En fait, cette confusion provient du fait qu'à l'école primaire, on utilise plus de la gouache que des rayons lumineux pour dessiner! On travaille donc en synthèse «soustractive» des couleurs. Schématiquement, chaque couche de peinture utilisée prive la lumière blanche de se réfléchir sur le papier: on soustrait donc des couleurs... comme le fait un filtre photo! Les trois couleurs de base en synthèse soustractive sont donc les complémentaires des trois «vraies» lumières primaires. Ce sont donc le jaune (ça c'est bon!), le magenta (certains disent le «rose» ou le «rouge-magenta»...) et le cyan. Le cyan reste le vilain petit canard des couleurs. Tout le monde l'appelle «bleu»... et ces mêmes personnes appellent le véritable

bleu «violet»! Bref: le cyan - couleur complémentaire du rouge - est une couleur complètement différente du bleu! Je sais, je suis un peu cyan parfois.



*Certaines marques parlent aujourd'hui de Jaune, Magenta et Cyan... d'autres (qui savent pourtant...), perpétuent la grande tradition du jaune primaire, rouge primaire et bleu primaire...*



## Q5 QU'EST-CE QUE LA BALANCE DES BLANCS ?

*La balance des blancs est un des plus grands avantages de la photo numérique.*

*Elle résout le problème des dominantes colorées qu'on subissait en argentique !*

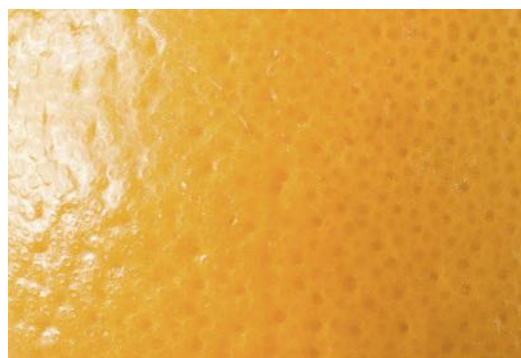
*Mais beaucoup se contentent de la régler sur « Auto »...*

Tout objet possède une couleur qui lui est propre : un citron est jaune, un radis rouge... Par contre, la couleur que nous percevons dépend de multiples facteurs physiologiques et psychologiques. Celui qui nous intéresse provient de son environnement : la couleur dominante de la lumière qui l'éclaire. Si l'objet est éclairé par de la lumière blanche, il nous apparaîtra sous sa vraie couleur. Par contre s'il est éclairé avec une source colorée, nous percevrons schématiquement le produit de ces deux couleurs (en fait, il s'agit de synthèse soustractive...). Par exemple, une tomate rouge (je ne m'arrêterai réglementairement qu'après cinq fruits ou légumes...) éclairée par une lumière jaune apparaîtra orange. Notre œil est toutefois subjectif car il est aidé par le cerveau : il reconnaît immédiatement la forme et la matière de la tomate et interprète sa couleur, quelle qu'elle soit réellement, comme rouge.

Autre exemple : votre téléviseur vous paraît afficher fidèlement les couleurs ! Et pourtant, depuis la rue, les appartements éclairés par ces écrans paraissent baigner dans une lumière bleue... car votre référence, c'est la lumière orangée de la rue.

### COMPENSER LA SOURCE !

Par contre, une surface sensible n'a pas de cerveau pour lui indiquer la vraie couleur des objets ! C'est le rôle de la balance des blancs. C'est une opération qui consiste à compenser électroniquement la dominante induite par la couleur de la source d'éclairage. En éliminant l'influence de la lumière qui l'éclaire, on rend à l'objet sa vraie couleur. Par exemple, si un objet (un pamplemousse par exemple...) est éclairé par une lumière bleutée, l'appareil va soustraire du bleu à tous les pixels de l'image pour retrouver le jaune originel. L'image retrouvera alors ses vraies couleurs !



*Cadrés très serrés, difficile de distinguer une orange éclairée par une lumière blanche d'un citron éclairé par une lumière orange ! La structure de la matière est assez similaire et la couleur identique : les fruits sont méconnaissables sans référence !*



*Si on les cadre entièrement, le cerveau est capable d'analyser les formes... et parvient (si on isole sa photo du reste de la page et qu'on la regarde pendant un moment) à redonner au citron sa couleur jaune !*

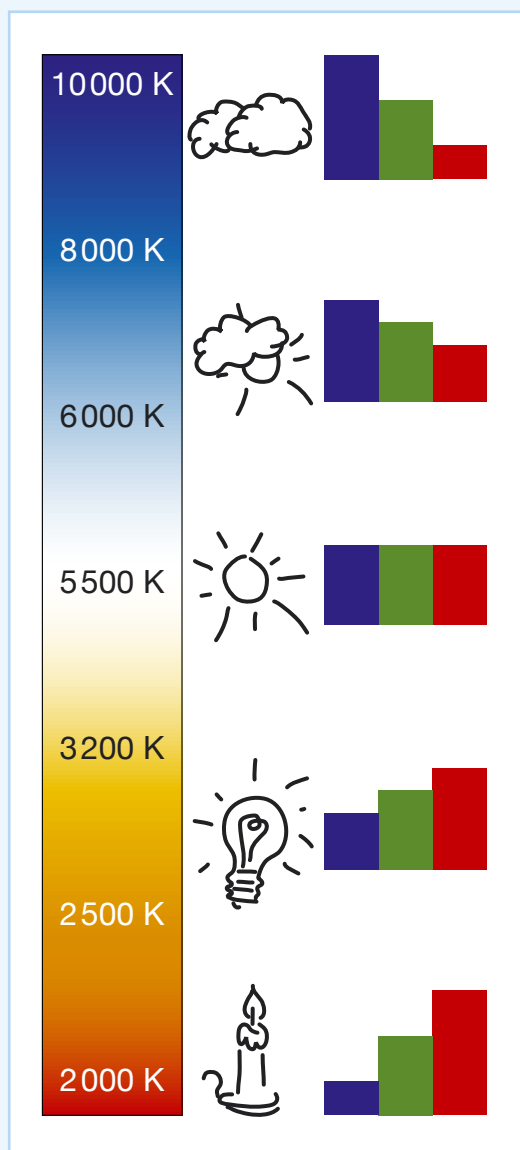


# Q6 QU'EST-CE QUE LA TEMPÉRATURE DE COULEUR?

La couleur d'une source lumineuse peut être caractérisée par une donnée: sa température de couleur (TC, exprimée en Kelvin), qui indique sa couleur dominante. Les physiciens définissent la température de couleur comme étant la température à laquelle on doit chauffer un corps noir (un "objet" théorique qui absorberait toute l'énergie qu'il reçoit) pour qu'il émette la même lumière.

C'est donc bien une température... et c'est d'ailleurs pourquoi on parle souvent (à tort) de «degrés Kelvin»... bien qu'il n'y ait pas de "°" avant le «K». Bien entendu, cette TC est reliée à la longueur d'onde des photons émis par ce corps noir théorique: on choisit celle qui correspond au pic du spectre d'émission. Mais ce qu'il faut en retenir, c'est que plus une source de lumière possède une dominante "chaude" (rouge, orangée...), plus sa température de couleur est faible. À l'inverse, plus une source est "froide" (bleutée), plus sa TC est élevée. C'est donc le contraire des sensations perçues (le rouge est considéré comme «chaud» et le bleu comme une couleur «froide»)... mais on s'y fait vite! Entre les deux, on retrouve la lumière (blanche) émise par le soleil. Sa température de couleur est de l'ordre de 5200 K. Cette valeur – à laquelle on a ajouté quelques Kelvin pour tenir compte du ciel (bleu) qui éclaire lui aussi la Terre – à donc été prise comme référence: la "lumière du jour" possède une TC de 5500 K. En deçà, on trouve les sources "chaudes", comme par exemple les lampes halogènes (3400 K environ) et les sources "froides" qui correspondent, par exemple, aux écrans de télévision (6500 à 7000 K)...

Pour compenser la couleur d'une source en photo numérique, rien de plus simple en apparence: il suffit de régler la balance des blancs sur «K» (comme Kelvin...) sur l'appareil et de choisir la valeur de la TC de la source. Cela lui permet de connaître précisément la couleur à retrancher à l'image pour la rendre parfaitement neutre. Le problème est évidemment de connaître cette température de couleur. Certaines lampes l'indiquent sur leur emballage... mais la TC décroît souvent avec les heures d'utilisation. Il existe bien un appareil permettant de la mesurer (ça s'appelle un thermocolorimètre)... mais cet instrument vaut le prix d'un reflex haut de gamme!



*La gamme de températures de couleur «naturelles». Les sources d'éclairage continu modernes varient du rouge-orangé (3400K) à des TC proches de la lumière du jour (5500K)*



# Q7 LA BALANCE DES BLANCS EST-ELLE INDISPENSABLE ?

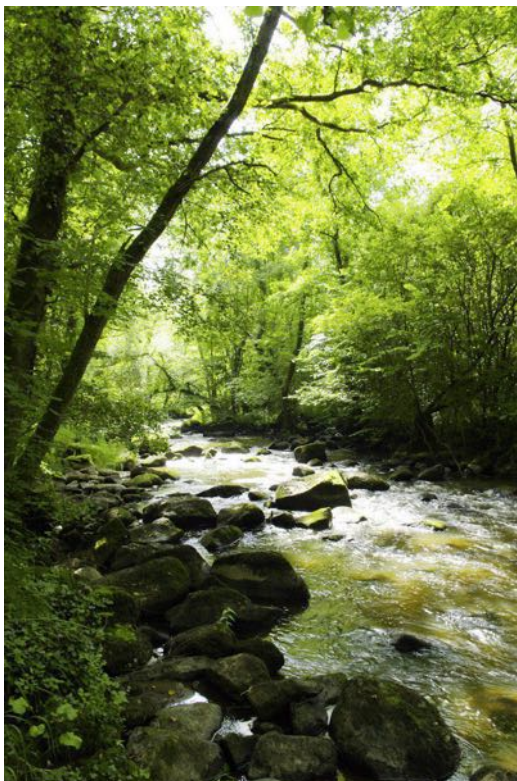
*Effectuer la balance des blancs n'est pas une opération très compliquée : la plupart des boîtiers évolués possède une touche dédiée. Pour autant, est-ce une opération réellement nécessaire ? Existe-t-il d'autres alternatives ?*

La première question qui se pose est : n'est-il pas plus judicieux de conserver les couleurs réelles, quitte à ce que l'image possède une dominante ? En photographie, cette dominante peut être gênante... ou pas ! On a là affaire à des facteurs psychologiques... et culturels. En Occident, les couleurs rouges et jaunes sont perçues comme des couleurs chaudes tandis que les verts et le bleu sont considérés comme froids. Dans les supermarchés, les tubes qui éclairent les produits frais présentent, par exemple, volontairement une légère dominante bleutée, tandis que ceux qui éclairent les viandes sont légèrement rouges ! La dominante est imperceptible à l'œil mais le cerveau l'enregistre... et trouvera donc la viande éclairée par une lumière rouge bien plus appétissante que si elle l'était par une lumière verte... Bref : il y a un impact psychologique parfois inconscient

à laisser une dominante sur une photo... et donc ne pas effectuer la balance des blancs tout simplement !

## LE MODE « AUTO »

La solution de facilité consiste à laisser faire l'appareil. Mauvaise idée : celui-ci va simplement analyser la couleur dominante de l'image et en déduire que c'est la couleur de l'éclairage. Son raisonnement est assez simple : en moyenne, une scène doit être neutre et ne présenter aucune dominante. Dans le cas contraire, c'est celle de la source d'éclairage ! Bien entendu, l'appareil va apporter une réponse graduée pour éviter le cas où on photographie un objet monochrome. Par exemple, si on cadre très serré une orange, l'appareil pourrait conclure que c'est une balle de golf (blanche) éclairée par une lumière orange. Résultat : on obtiendrait une image grise. Et c'est bien ce qu'il se passe, en partie, dès qu'un sujet présente une dominante marquée : la balance des blancs automatique va le désaturer, souvent fortement ! Bref, dans beaucoup de circonstances, régler la balance des blancs sur « Lumière du jour » (le petit soleil) – c'est à dire ne rien corriger ! – est une bonne alternative !










*Cette scène de sous-bois présente évidemment une dominante verte puisque la lumière solaire est filtrée par la canopée... verte. En balance des blancs automatique, l'appareil pense qu'il y a une lumière verdâtre (type tube fluo) et affaiblit le vert : l'image est très désaturée. En balance des blancs « Lumière du jour », la scène regagne en saturation : les arbres retrouvent leur vert !*

# Q8 À QUOI CORRESPONDENT LES PICTOGRAMMES ?

Les appareils possèdent tous un grand nombre de balances des blancs prédéfinies, correspondant à des types d'éclairage particuliers. Si on choisit par exemple la petite ampoule (lumière de type tungstène), on indique au boîtier que la scène est éclairée par une lumière jaune-orangée et qu'il lui faut donc soustraire du rouge et du jaune à tous les pixels de l'image pour éviter qu'elle ne soit affectée d'une dominante chaude. Si, à l'inverse, on choisit le petit nuage, on signifie à son reflex que les photos sont réalisées sous une couverture nuageuse,

qui filtre les rayons du soleil en ne laissant passer majoritairement que les rayons bleus. L'appareil se chargera alors de soustraire du bleu dans l'image pour qu'elle retrouve ses couleurs naturelles. Le petit soleil, quant à lui, considère que la lumière qui éclaire la scène est celle du soleil, c'est-à-dire... blanche. L'appareil n'effectuera alors aucune correction, tout objet éclairé par une lumière neutre (blanche) apparaissant sous ses vraies couleurs. Le tableau ci-dessous indique les principaux types de balance des blancs disponibles ainsi que leurs effets.

Pictogramme	Type de source lumineuse	Remarque
	Extérieur ensoleillé, lumière du jour	L'appareil n'effectue aucune correction
	Sujet à l'ombre	L'appareil réchauffe les couleurs qui sont un peu froides
	Scène sous les nuages	
	Scène éclairée par l'éclair du flash	L'appareil baisse un peu le bleu pour éviter la dominante froide
	Tube fluorescent. De nombreuses options sont souvent proposées...	Réaction complexe !
	Lumière incandescente (ampoule tungstène, halogène...)	L'appareil baisse le rouge et le jaune
	Règle la balance des blancs sur la température de couleur (exprimée en Kelvin - K) caractéristique de la source	Il faut connaître la valeur de K...



L'effet des différentes balances des blancs modifie complètement la couleur de l'image. Pour la dernière, j'ai choisi une température de couleur de 10000 K.



## Q9 PEUT-ON FAIRE UNE BALANCE DES BLANCS MANUELLE ?

Lorsqu'on ne connaît pas les caractéristiques d'une source de lumière, ou lorsque l'éclairage est très complexe (mélange de sources lumineuses), on peut effectuer une balance des blancs manuelle. Il suffit pour cela de « donner une référence » neutre à l'appareil. On peut, pour cela, placer une feuille blanche (sans couleur) sous l'éclairage à neutraliser. La couleur de l'éclairage va naturellement se réfléchir intégralement sur ce papier blanc et parvenir à l'appareil... qui verra directement la couleur de l'éclairage. Il suffit alors de lui indiquer que la couleur qu'il voit est celle de la source et qu'il faut donc la soustraire à toutes les prochaines images. Certaines sociétés commercialisent des cartons blancs

de référence... mais une simple feuille convient parfaitement pour une balance des blancs précise.

Chaque fabricant possède sa propre méthode pour caler une balance des blancs manuellement. Dans la plupart des cas, il faut effectivement prendre une photo de référence d'un sujet blanc en choisissant un pictogramme tel que celui-ci :



puis continuer à photographier, l'appareil ayant enregistré cette référence. Dans d'autres systèmes, comme chez Nikon par exemple, la photo de référence n'est pas enregistrée : l'appareil déclenche et enregistre seulement la correction à effectuer pour les photos suivantes. **PRE**



*La lumière était un peu jaunâtre ce jour-là. En m'approchant des transats, j'ai cadré uniquement leur tissu blanc et j'ai déclenché. J'ai alors indiqué à l'appareil que cette photo correspondait à la référence neutre. J'ai alors pu recadrer et déclencher en annulant la dominante colorée de la lumière.*



# Q10 EST-CE PLUS SIMPLE EN FORMAT RAW ?

*Nous verrons plus loin dans ce numéro que le format RAW permet de revenir sur la balance des blancs sans aucune perte. Mais voici sans tarder un exemple de rattrapage dans Lightroom d'une balance des blancs erronée.*



**1** Voici la photo de base. La lumière du soleil provient de la gauche. Elle est filtrée par un rideau légèrement translucide de couleur chaude. Avec le réglage «Lumière du jour», l'image est très orangée.

**2** On sélectionne la pipette et on va pointer une zone a priori blanche: dans ce cas précis, la zone claire qui reçoit le maximum de lumière du jour, en bas du mur, derrière le vantail de gauche.



**3** Le logiciel va compenser les couleurs de façon à rendre la zone pointée «blanche»: on retrouve effectivement une photo parfaitement neutre. Il calcule même la Température de couleur qui correspond donc à la scène, à savoir 3300 K.

**4** Pour la photo finale ci-contre, j'ai remonté la température de couleur à 3500 K pour retrouver un peu de la dominante orangée de la scène.



# Q11 COMMENT ADOUCIR LA LUMIÈRE ?

*On « focalise » surtout sur la quantité de lumière qu'offre une source et sa qualité colorimétrique. Mais un autre paramètre intervient dans la qualité d'un éclairage : sa géométrie... qui va conditionner le contraste de la lumière.*

Si on considère le soleil, en été, la lumière est toujours trop « dure ». En hiver elle est systématiquement trop « douce », le rendu est « plat ». On sait, d'instinct, que cela est lié à la présence (ou l'absence) de nuages ou de brume. Et l'effet est surtout visible sur les ombres (c'est à dire... sur l'absence de lumière) qui possèdent des contours marqués ou gradués. Schématiquement, cela vient de la direction des rayons lumineux : s'ils sont tous parallèles, le moindre obstacle va créer une ombre marquée, très nette, derrière lui. La lumière est « dure ». Si, par contre, la source émet des rayons lumineux dans toutes les directions, seuls certains d'entre eux vont être stoppés par un obstacle. D'autres, provenant d'une autre direction, seront moins stoppés par l'objet et éclaireront légèrement derrière : l'ombre sera moins marquée. Son contour sera diffus et la lumière sera « douce ».

*Sur un flash de studio, on peut monter divers accessoires. La boîte à lumière permet de diffuser au maximum la lumière émise par le tube-éclair. La lumière est « brassée » dans toutes les directions et sera donc « douce », sans ombres marquées. Le bol réflecteur, au milieu, produit une lumière un peu plus dirigée : tous les rayons semblent être émis d'un même point, même si le réflecteur module un peu cette géométrie conique. La lumière est moyennement douce. Enfin le snoot (qui plus est lorsqu'il est coiffé d'une grille en nid d'abeille), en bas, conduit à des rayons lumineux qui sont tous émis dans la même direction : la lumière sera dure, les ombres très marquées.*



## ACCESSOIRES...

En studio, ou lorsqu'on peut disposer ses propres sources d'éclairage, on peut, selon ses besoins, recréer une ambiance douce ou dure. On sent bien, intuitivement, que plus la source de lumière sera grande et étendue, plus elle va émettre dans toutes les directions et que la lumière sera douce. Et, au contraire, plus elle sera réduite, de petite taille, plus elle émettra dans un faisceau « dur ». De la même façon, plus une source est placée proche de l'objet, plus la lumière est douce... et plus elle est éloignée, plus elle est dure. La règle est donc assez simple : « Une source éloignée et/ou de petite taille conduit à une lumière dure. Une source proche et/ou de grande taille génère une lumière douce ». On peut donc choisir des sources étendues (panneaux de LED, Kinoflo...) ou ponctuelles (ampoules...) et les placer plus ou moins loin du sujet. Lorsqu'on travaille avec des flashes de studio, il existe de nombreux accessoires qui permettent de « moduler » cette lumière.

## CONFUSION COURANTE...

Quand on gère soi-même ses éclairages, l'erreur la plus classique consiste à confondre intensité et contraste. Quand une source est proche du sujet, elle est très intense... mais elle est également très douce ! Quand elle est éloignée, elle est de faible intensité... mais elle est dure ! Lorsqu'on souhaite réaliser un portrait en studio, par exemple, la confusion (rassurez-vous, elle est classique... même pour des photographes confirmés !) conduit paradoxalement à éloigner une source de son modèle pour la rendre moins intense (ce qui ne présente pas grand intérêt... sauf si le modèle est en train de chauffer excessivement !) alors que l'intention était de la rendre plus douce (la lumière...) ! Et c'est l'effet contraire qui se produit : les ombres seront plus marquées ! Un petit moyen mnémotechnique : le soleil est loin de la Terre (donc quasi ponctuel) et produit donc une lumière dure et pour adoucir sa lumière, il faut des nuages (de grande taille) qui sont proches du sol.



Les deux photos ci-dessus constituent pratiquement des extrêmes concernant le contraste d'une source d'éclairage. Dans la première, le soleil est filtré par un épais brouillard: la photo n'a pratiquement aucune ombre et le contraste est très faible. Dans la seconde, le soleil n'est pas filtré et ses rayons parviennent au sol parfaitement parallèles: les ombres sont marquées et le contraste est élevé.

Lumière dure



Petite taille



Grande distance

Lumière douce



Grande taille



Courte distance

Pour cette série, j'ai utilisé un flash de studio muni d'une boîte à lumière (pour créer une source de grande taille) puis d'un simple bol (source de petite taille). Avec ce dernier accessoire, j'ai éloigné la source pour modifier la distance source-sujet. On constate visuellement qu'une source de grande taille ou placée près du sujet produit une lumière aux ombres moins nettes. Une lumière douce convient mieux aux ambiances romantiques tandis qu'une dure sera mise à profit pour les portraits typés.



# Q12 QUELLES SOURCES UTILISE-T-ON EN PHOTO ?

*La première source utilisée en photographie, tant historiquement que statistiquement, est le soleil. Lorsque cette source naturelle n'est plus disponible, on peut – en mettant le flash de côté – utiliser des sources artificielles.*



Les sources d'éclairage ont fortement évolué ces dernières années pour répondre à des impératifs écologiques. Elles possèdent un bien meilleur rendement que les antiques ampoules à incandescence qui chauffaient plus qu'elles n'éclairaient... En photographie, c'est surtout l'énergie lumineuse fournie et la couleur qui nous intéressent.

## LES ÉCLAIRAGES HALOGÈNES

Dans une ampoule halogène, un filament en tungstène est chauffé par le passage d'un courant électrique. L'enveloppe (en quartz ou en silice) contient du brome et de l'iode pour régénérer partiellement le filament... en augmentant sa durée de vie.

La lumière est assez chaude (de l'ordre de 3000 à 3400 K) mais elle n'est atteinte qu'après une période de « chauffe » et baisse notablement avec le temps. Ces lampes offrent un excellent IRC (supérieur à 95). En photo et en vidéo, elles sont donc parfaitement utilisables, en réglant la balance des blancs sur 3200 K ou sur la petite ampoule. De nombreux fabricants proposent des kits d'éclairage halogène mais on peut évidemment utiliser les ampoules du commerce... en se méfiant toutefois de la chaleur qu'elles émettent !



*Les projecteurs halogènes ont longtemps été utilisés au cinéma et en vidéo : ce sont les fameuses « mandarines ».*



*Ce « Kinoflo » (marque spécialisée dans les panneaux de tubes fluo) est constitué de 4 tubes fluorescents de 55 W chacun. On peut choisir des tubes d'une TC de 3200 K ou de 5500 K... avec un IRC de 95 !*

## LES LAMPES ET TUBES FLUORESCENTS

On les appelle improprement « néons »... mais il s'agit en fait de mercure à l'état gazeux qui émet des décharges de lumière

ultraviolette sous l'action d'un courant alternatif. Cette lumière est absorbée par la paroi intérieure de la lampe, recouverte de poudre fluorescente qui va générer une lumière visible. Les sources fluorescentes possèdent une grande plage de température de couleur, souvent indiquée sur le tube ou l'ampoule. On réglera donc la balance des blancs directement en entrant cette température (symbole K). L'IRC des tubes haut de gamme est très élevé (90)... et ils ne chauffent pratiquement pas. De nombreux fabricants d'éclairage proposent des systèmes à base de tubes fluo.

## LES LED

La lumière d'une LED (diode électroluminescente) est produite par le passage d'un courant (de faible tension – un transformateur est donc nécessaire...) dans un matériau semi-conducteur. Sa lumière est bleutée... mais on peut la rendre quasiment blanche en la filtrant : on produit aujourd'hui des LED de toutes les couleurs et, en assemblant sur un panneau un grand nombre de LED rouges, vertes et bleues, on peut régler finement la température de couleur globale de 3000 à 7000 K (en faisant varier l'intensité de chaque couleur... synthèse additive !). Elles possèdent un bon rendement lumineux et leur lumière est instantanée. Elles possèdent également aujourd'hui un bon IRC.



*Les LED sont de très petite taille : il faut les assembler en grand nombre pour disposer d'une source de grande dimension.*

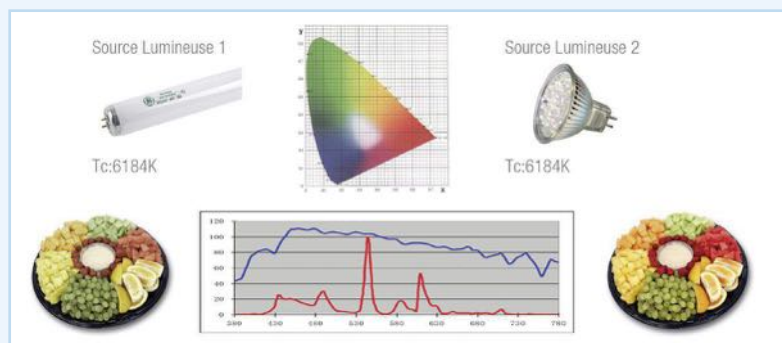


# Q13 QU'EST-CE QUE L'IRC?

La température de couleur décrit globalement la couleur d'une source lumineuse mais certaines d'entre-elles possèdent un spectre discontinu qui conduit à un rendu des couleurs très fade. Il existe un indicateur qui permet de quantifier la capacité d'une source à restituer les vraies couleurs : l'IRC (Indice de Rendu des Couleurs). Il est calculé sur un ensemble de 15 couleurs de référence. Les 8 premières correspondent à des couleurs modérément saturées et de clarté moyenne. Elles étaient, à l'origine, les seules utilisées pour calculer un indice appelé « Ra ». Les 6 suivantes ont été ajoutées pour tenir compte des couleurs plus saturées et la quinzième est représentative de la teinte chair asiatique. Pour déterminer l'IRC, on éclaire ces 15 patches avec la source de lumière à mesurer et on détermine la couleur obtenue à l'aide d'un spectroradiomètre. Plus l'écart avec la référence est faible, meilleur est l'IRC. En photographie, on a donc intérêt à choisir des sources ayant l'IRC le plus élevé possible pour avoir le rendu des couleurs le meilleur possible. La lumière du soleil, qui sert comme toujours de référence, possède un IRC de 100. Une ampoule à incandescence possède également un IRC très élevé car elle émet toutes les couleurs du spectre... même si le rouge est majoritaire.

Le tableau ci-dessous indique les classifications internationales de l'IRC (en photographie, seul le groupe 1A - à défaut le 1B -, est utilisable!). L'IRC est donc utile... mais il n'est plus adapté pour qualifier les LED. Certaines LED possèdent en effet un IRC identique à certaines lampes fluocompactes... mais offrent un bien meilleur rendu

des couleurs! Il faut donc augmenter le panel de couleurs de référence... et définir d'autres méthodes de détermination de l'IRC! Aux États-Unis, on travaille sur l'IES TM-30-15 (basé sur 99 échantillons de couleur) tandis que la marque Osram milite, de son côté, pour le FCI (Feeling of Contrast Index). Affaire à suivre...



*Ces deux sources lumineuses possèdent la même température de couleur (6184 K) mais le spectre de la première se traduit par une restitution désaturée des couleurs.*



*Les quinze couleurs de référence servant à la mesure de l'IRC.*

Groupe	Sous-groupe	Rendu des couleurs	IRC
1	1A	Excellent	90 à 100
	1B	Très bon	80 à 89
2	2A	Bon	70 à 79
	2B	Assez bon	60 à 69
3	Acceptable	40 à 59	
4	Mauvais	20 à 39	

# Q14 COMMENT FONCTIONNE UN FLASH ?

*Le flash a longtemps été considéré comme indispensable pour compenser l'insuffisance de la lumière ambiante. L'amélioration de la sensibilité des capteurs des reflex numériques modernes le rend beaucoup moins utile.*

Si le flash est quasiment obsolète au niveau énergétique, il reste toujours un outil créatif dont il faut maîtriser le réglage ! Un flash est une source lumineuse quasi-ponctuelle, capable d'émettre une lumière très intense et de très faible durée (quelques millièmes de seconde). La couleur de son éclair est proche de celle de la lumière blanche (tout juste est-elle parfois légèrement bleutée). Pour toutes ces raisons, le flash est un « concurrent » direct de la lumière naturelle : il possède pratiquement les mêmes caractéristiques que le soleil. C'est d'ailleurs pourquoi il est souvent interdit dans les musées : à cause de l'intensité lumineuse de son éclair, il risque de dégrader irrémédiablement les pigments des peintures, par exemple.

## DES AMPOULES RÉUTILISABLES

Pour générer une lumière intense, on a commencé à faire brûler de la poudre de magnésium. Dans tout bon western qui se respecte, on trouve une scène avec un photographe qui émet autant de lumière que de fumée en portant son rail de magnésium à bout de bras. Mais cette opération était très dangereuse et, vers 1925, Paul Vierkötter plaça un fil de magnésium dans une ampoule de verre pour rendre la combustion moins hasardeuse. Après la seconde guerre mondiale, les ampoules-flash seront consti-

tuées d'un filament d'aluminium dans une enveloppe en verre contenant de l'oxygène. L'aluminium s'enflammait sous l'action d'un courant électrique. Ces ampoules s'inséraient dans les flashes des appareils amateurs jusque dans les années 60... et on les retirait après utilisation (car le fil est détruit). Le flash électronique moderne comporte également une ampoule. Mais c'est en fait un tube en pyrex qui contient un gaz (le xénon) qui s'ionise et émet une lumière intense lorsqu'il est soumis à une décharge électrique. L'intérêt de ce système est qu'il peut s'utiliser pratiquement à l'infini, contrairement aux ampoules à usage unique. La durée de l'éclair est bien plus courte que celle de la combustion du magnésium, ce qui permet de « figer » des mouvements très rapides. De plus, l'éclair est immédiat, contrairement au système au magnésium dont le maximum d'intensité est atteint légèrement après l'allumage. C'est pourquoi on trouve parfois dans les anciens appareils photo deux types de prise de connexion pour le flash (X – pour les flashes électroniques – et M – pour les ampoules magnésium). En synchro M, le déclenchement de l'obturateur est légèrement retardé pour coïncider avec le pic d'intensité de l'éclair du flash. Attention donc à ne pas se tromper : un flash électronique branché sur une prise de synchro M engendrera une photo noire !

*Les ampoules-flash étaient très courantes pour les appareils amateurs jusque dans les années 60. Elles étaient à usage unique : une fois l'aluminium brûlé, il fallait les jeter.*



*Les flashes « cobra » (ainsi appelés à cause de leur forme) possèdent une grande énergie et leurs multiples automatismes les rendent extrêmement perfectionnés.*

# Q15 QU'EST-CE QUE LE NOMBRE-GUIDE ?

L'énergie émise par l'éclair d'un flash varie de quelques dizaines de joules (pour un flash amateur) à plusieurs centaines pour un flash de studio professionnel. Le Joule n'étant pas une donnée directement exploitable en photographie, on utilise plutôt une caractéristique appelée Nombre Guide (NG). Celui-ci est directement lié à l'énergie et la forme du réflecteur du flash et il permet de calculer directement la portée du flash ( $D_{max}$ ) en fonction de l'ouverture de diaphragme utilisée ( $n$ ) pour la prise de vue. Ceci grâce à la formule:  $D_{max} = NG/n$ . Par exemple, avec un flash possédant un NG de 28, la portée de l'éclair avec une ouverture de f:4 sera de  $28/4 = 7$  m. Si on utilise le même flash en réglant l'ouverture à f:2, la portée du flash sera de 14 m ( $28/2$ )...

soit le double. En pratique, c'est plutôt la situation inverse qui se produit: on cherche quelle ouverture utiliser en fonction de la distance flash-sujet. C'est exactement la même formule.

Par exemple, avec un sujet situé à 10 m et le même flash (de NG 28), il faudra régler l'ouverture sur f:2,8 ( $28/10$ ).

Le NG est donné pour une sensibilité de 100 ISO. Il faut parfois se méfier: certains fabricants donnent la caractéristique de leur flash intégré à 200 ISO... pour gonfler artificiellement cette valeur! Si on utilise une sensibilité  $S$  différente, le NG est en effet modifié selon la formule  $NG_s = NG_{100} \times \sqrt{S/100}$ . Le tableau ci-contre indique le coefficient à apporter au nombre-guide en fonction de la sensibilité choisie:

S	100	200	400	800	1600	3200	6400	12800	25600
Facteur	x1	x1,4	x2	x2,8	x4	x5,6	x8	x11	x16

## À quoi sert réellement le flash intégré ?

Le nombre-guide des flashes intégrés est très faible (de l'ordre de 10 à 100 ISO): leur portée est donc limitée à quelques mètres. Dès que le sujet est un tant soit peu éloigné, l'éclair qu'ils émettent ne l'atteint pas et il restera donc sombre sur la photo. Ainsi, lorsqu'on observe les milliers de petits éclairs émis par les flashes intégrés depuis les gradins d'un stade dans la nuit, on peut sourire d'avance. Même avec une ouverture de f:2,8 la portée ne dépassera que péniblement les 3,50 m! Pour espérer éclairer un footballeur à 100 m avec ce flash, il faudrait pousser la sensibilité à 160.000 ISO environ. Autant dire qu'on n'aura alors pas besoin de flash: l'éclairage du stade devrait suffire à cette sensibilité! Toutefois, le flash intégré permet de dépanner et, surtout, pourra s'avérer utile pour «déboucher» des ombres, et notamment lorsqu'un personnage est photographié à contre-jour. Il est utilisable jusqu'à quelques mètres pour cela. Dans certains systèmes, le flash intégré permet, par ailleurs, de piloter des flashes externes via un système de communication (plutôt d'un dialogue) par micro-éclairs: il est donc au cœur du système flash comme chez Nikon par exemple.



*L'afficheur arrière du flash SB-5000 indique la plage de distance utilisable lorsque la tête-flash est réglée sur 24 mm: à f:4, la portée est de 6,7 m, soit un NG de 27 environ pour 100 ISO.*

*Le flash intégré n'est pas très puissant et sa position très proche de l'axe optique génère souvent une lumière très dure sur le visage des personnes photographiées..*



# Q16 COMMENT EST GÉRÉE L'EXPOSITION AU FLASH ?

*Nous avons vu comment régler l'ouverture du diaphragme en fonction du nombre-guide du flash. Bien entendu, les appareils modernes savent effectuer ces réglages automatiquement, avec une très grande précision !*

Depuis les années 80, l'énergie délivrée par un flash (compatible avec l'appareil) peut être en effet modulée en temps réel. C'est schématiquement comme s'il pouvait changer son nombre-guide en fonction de la distance du sujet (information donnée par le système autofocus) et de l'ouverture de diaphragme choisie. Bien entendu, la modulation ne peut se faire que vers le bas : si le produit de ces deux paramètres dépasse le nombre-guide (qui définit l'énergie maximale pouvant être délivrée) du flash, ce dernier délivrera toute son énergie... et celle-ci sera insuffisante pour atteindre le sujet. Il faudra donc ouvrir un peu plus le diaphragme (ou monter la sensibilité) pour y arriver ! Par contre, si les paramètres font que le flash possède de la réserve, l'appareil pourra gérer l'intensité de l'éclair.

## THROUGH THE LENS

Le contrôle de celui-ci est assuré par l'appareil via un système TTL (Through The Lens – à travers l'objectif) : l'appareil mesure en fait la lumière, émise par le flash et réfléchi par le sujet, qui parvient sur son capteur après être passée à travers l'objectif. Plusieurs générations d'automat-

tismes TTL se sont succédées. La dernière fonctionne à peu près de la même façon pour toutes les marques. L'appareil mesure d'abord la luminosité ambiante avec son posemètre, de façon à exposer correctement la scène (comme s'il n'y avait pas besoin de flash). Il en déduit un couple ouverture de diaphragme ( $n$ ) / vitesse d'obturation, en fonction de la sensibilité utilisée. Bien entendu, il choisira une vitesse d'obturation inférieure ou égale à la vitesse de synchro (voir page de droite). Il donne ensuite l'ordre au flash d'émettre un (ou plusieurs) pré-éclair(s) de très faible puissance dont il connaît parfaitement le nombre-guide. Une cellule dédiée à la lumière flash mesure alors ce que la scène a réfléchi de cet éclair, après réflexion sur l'obturateur de l'appareil. Cela lui permet de déterminer la position et la distance ( $D$ ) à laquelle se trouve le sujet principal. Si cette mesure diffère des informations fournies par le système autofocus, cela signifie que le sujet réfléchit anormalement la lumière (c'est par exemple le cas lorsqu'un miroir est dans le champ). L'appareil peut alors déterminer la puissance nécessaire pour exposer correctement le sujet, en fonction de l'ouverture de diaphragme calculée à l'étape

précédente. L'appareil donne, au moment du déclenchement, l'ordre au flash d'émettre un éclair de puissance égale à  $NG = n \times D$ .

Bien entendu, comme nous l'avons évoqué plus haut, si cette valeur est supérieure à l'énergie maximale du flash ( $NG_{max}$ ), le boîtier modifiera auparavant l'ouverture de diaphragme  $n$  ( $n = NG_{max} / D$ ) ou la sensibilité si ce dernier est imposé...

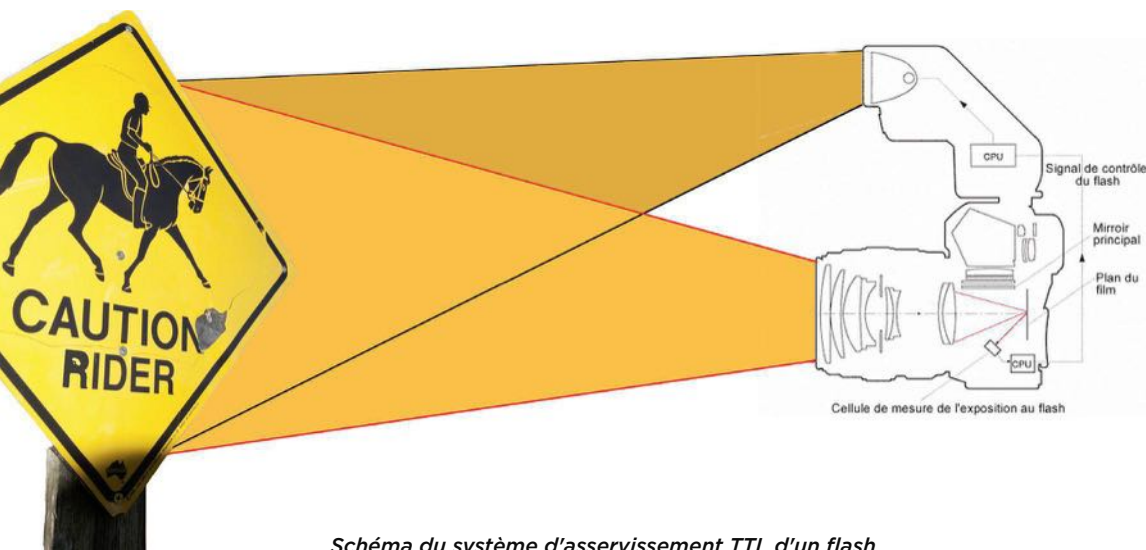


Schéma du système d'asservissement TTL d'un flash.



# Q17 QUELLE VITESSE CHOISIR AU FLASH ?

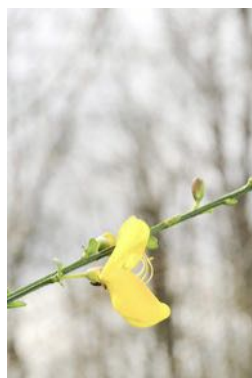
*On a vu que, pour l'exposition, la caractéristique essentielle du flash (son nombre-guide) conduisait à déterminer l'ouverture de diaphragme et la sensibilité à utiliser en fonction de la distance à laquelle se trouve le sujet. Mais quelle vitesse choisir ?*

Un flash ne peut pas être utilisé à toutes les vitesses d'obturation. Cette contrainte est liée à la conception des obturateurs mécaniques «à rideaux» (voir page 42). Aux vitesses élevées, un obturateur se comporte comme une fente plus ou moins large qui va exposer la surface sensible «par tranches coulissantes». Si un éclair de flash est émis pendant ce temps-là, seule la partie de l'image située sous l'ouverture de la fente sera éclairée, le reste étant laissé dans le noir. Il faut donc choisir des vitesses d'obturation plus lentes que la vitesse limite, appelée justement «vitesse de synchronisation au flash». Cette vitesse dépend des modèles d'appareils photo : de 1/50 s sur un Leica M argentique à 1/300 s pour un reflex 24x36 professionnel. Bien entendu, les appareils modernes savent détecter la présence d'un flash disponible et adaptent automatiquement leur vitesse en conséquence. Mais avec des vieux flashes déclenchés par des cordons de synchro simple, il faut y penser !

## SYNCHRO HAUTE VITESSE

Cette limitation peut être pénalisante : dans le cas d'un portrait à contre-jour en extérieur, par exemple, si on souhaite estomper l'arrière-plan en choisissant une grande ouverture, la vitesse doit être d'environ 1/2000 s pour que l'exposition en lumière ambiante soit correcte. Si on se contente de 1/250 s (vitesse de synchro d'un boîtier évolué), l'arrière-plan sera surexposé de plus de 3 IL... De la même façon, pour des sujets se déplaçant rapidement (photo sportive), une vitesse de 1/250 s est parfois trop faible pour figer le mouvement. Il existe donc une technique permettant d'outrepasser la vitesse de synchronisation : c'est la synchro haute vitesse (FP chez Canon et Nikon, HSS chez Sony...). Dans ce mode, le flash émet un éclair de très longue durée, couvrant temporellement la translation de la fente d'exposition de l'obturateur. La fréquence des micro-éclairs permet de considérer la lumière

émise comme continue. Ces éclairs sont bien entendu très peu puissants, car ce mode n'est en fait qu'une répartition différente de l'énergie du flash : au lieu d'émettre une lumière intense dans un temps très bref, il émet pendant plus longtemps des éclairs peu puissants. Chaque partie de l'image ne reçoit donc qu'une très faible partie de l'intensité totale. En conséquence, le nombre guide chute vertigineusement. Il est couramment divisé par 2 à 5 selon la vitesse utilisée !



*En utilisant une vitesse d'obturation plus rapide que celle de synchro, seule une partie de l'image est éclairée. Les bandes noires correspondent aux deux rideaux qui masquent le capteur au moment où l'éclair est émis.*

*La synchro haute vitesse (1/500 s) a permis de choisir une grande ouverture et d'estomper l'arrière-plan.*





# CE QUE VOUS APPRENDREZ DANS CES PAGES

**28** Qu'est-ce qu'un posemètre ?

**29** Faut-il mesurer la lumière incidente ou réfléchie ?

**30** Comment fonctionnent les posemètres modernes ?

**31** Qu'est-ce que la mesure spot ?

**32** Et la mesure pondérée ?

**33** Pourquoi et comment corriger l'exposition ?

**34** Qu'est-ce que la sensibilité ?

**35** Qu'est-ce que la norme ISO ?

**36** Quel est l'intérêt de disposer  
d'une sensibilité élevée ?

**37** Peut-on "pousser" la sensibilité ?

**38** Qu'est-ce que le diaphragme

**39** C'est quoi ces chiffres ?

**40** Le diaphragme a-t-il d'autres fonctions ?

**41** Comment modifier le diaphragme ?

**42** Qu'est-ce que l'obturateur ?

**43** Comment fonctionne l'obturateur plan-focal ?

**44** Existe-t-il d'autres types d'obturateur ?

**45** Quelle est la durée de vie d'un obturateur ?

**46** Alors finalement... comment régler l'exposition ?

**47** Vous n'avez pas encore tout à fait compris ?

**48** Qu'est-ce que le mode d'exposition ?

# Maîtriser l'exposition

Après avoir détaillé les caractéristiques de la lumière qui éclaire le sujet qu'on souhaite photographier, nous allons voir comment l'appareil est capable de l'apprécier quantitativement et quelle proportion il doit conserver pour que l'image soit parfaitement exposée. Ni trop sombre ni trop claire !



# Q18 QU'EST-CE QU'UN POSEMÈTRE ?

*Les posemètres sont les instruments qui servent à mesurer l'exposition. Parfois appelés « cellules » – en référence à leur élément sensible – ils sont devenus de plus en plus perfectionnés pour fournir au photographe une information précise.*

Les posemètres étaient, à l'origine, de simples tableaux qu'on pouvait glisser dans sa poche et qui indiquaient les paramètres d'exposition à sélectionner en fonction du type de sujet photographié (portrait, paysage large...) et de la lumière ambiante (météo, heure de prise de vue...). Cela permettait d'avoir une indication relativement précise... mais très insuffisante quand les films sont devenus moins tolérants aux erreurs et ont réclamé une mesure parfaite.

## POSEMÈTRE INDÉPENDANT

Certains fabricants ont donc rapidement proposé des instruments qui permettaient de mesurer automatiquement la lumière. Ils mesurent soit celle qui parvient sur le sujet (c'est la mesure incidente) soit celle qui est ré-émise par ce sujet (mesure réfléchie). Le premier élément ayant été utilisé pour mesurer la lumière a été une cellule photovoltaïque au sélénium. L'avantage est qu'elle ne nécessite aucune alimentation : en fonction de la lumière qu'il reçoit, le sélénium délivre un courant qui, une fois

mesuré, permet de quantifier la lumière. L'inconvénient est que le matériau est assez peu sensible (et rend donc les mesures en faible lumière très imprécises)... et qu'il vieillit : après quelques dizaines d'années, l'indication devient pour le moins aléatoire ! On a alors utilisé des cellules au sulfure de cadmium (CdS), matériau dont la résistance diminue avec la lumière qu'il reçoit. Il suffit donc de l'alimenter avec une pile et mesurer sa résistance au moyen d'un galvanomètre.

## POSEMÈTRE INTÉGRÉ

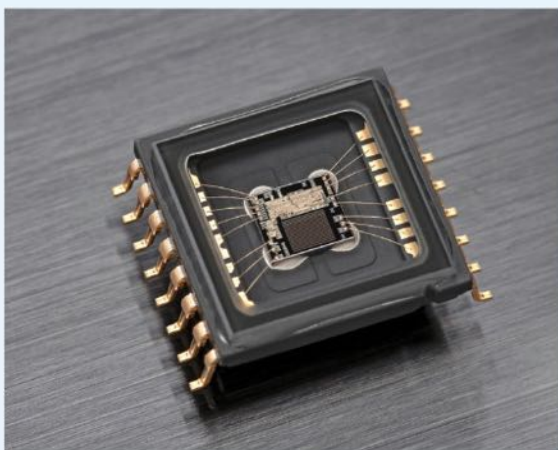
L'inconvénient des cellules indépendantes est évidemment leur encombrement... Dans les années 60, les fabricants d'appareil ont donc commencé à intégrer les posemètres à leurs appareils, d'abord en les greffant de façon plus ou moins esthétique dans le capot supérieur... puis en l'associant complètement au système d'exposition de l'appareil. La technologie a également évolué : on utilise des cellules au phosphore arsénure de gallium (GaAsP)... Aujourd'hui, la plupart des « cellules » sont composées de multiples éléments CCD (au silicium) qui voient en couleur et délivrent une information précise au 1/10 IL !



*La célèbre Weston Master, avec sa coque en alliage d'aluminium et ses joints d'étanchéité était, après la seconde guerre mondiale, la « Rolls » des cellules au sélénium, avec sa précision de l'ordre de 1/10 IL... bien suffisante pour les négatifs noir et blanc de l'époque.*



# Q19 FAUT-IL MESURER LA LUMIÈRE INCIDENTE OU RÉFLÉCHIE ?



*Les « cellules » modernes sont extrêmement complexes : il s'agit d'un petit capteur CCD qui analyse l'ensemble de l'image et « voit » en couleur !*

*Cette cellule indépendante (« à main ») peut mesurer la lumière en incidence comme en réflexion : il suffit de tourner l'interrupteur qui entoure le dôme blanc pour passer de l'un à l'autre.*

On l'a vu, lorsqu'il s'agit de mesurer la lumière, on peut procéder de deux manières différentes. La première consiste à mesurer la lumière réfléchie par le sujet. C'est la seule option lorsqu'on utilise le posemètre intégré à l'appareil photo. La seconde méthode consiste à mesurer la lumière qui parvient sur le sujet : il s'agit d'une mesure en lumière incidente. Elle ne peut être effectuée qu'avec un posemètre à main, indépendant.

## LA MESURE RÉFLÉCHIE

C'est aujourd'hui le type de mesure le plus employé car il est présent dans tous les appareils photo. La cellule (indépendante ou intégrée à l'appareil) va mesurer la lumière réémise par le sujet. Elle délivre donc une information très précise... mais reste soumise à un écueil important : elle suppose que le sujet renvoie vers l'appareil, en moyenne, 18 % de la lumière qu'il reçoit (voir page 9). Ce qui est loin d'être le cas lorsqu'on photographie un paysage de neige ou un tas de charbon... Dans ce cas, la mesure sera erronée et conduira bien souvent à une erreur d'exposition (les sujets sombres seront trop clairs et vice-versa). Mais l'avantage est que lorsque le posemètre est intégré à la chambre de l'appareil, il va mesurer la lumière qui parvient exactement sur le capteur, en tenant compte de tous les éléments qui pourraient s'interposer entre le sujet et l'appareil : brume atmosphérique, filtres vissés sur l'objectif... Autre avantage : il est pas indispensable de s'approcher du sujet pour mesurer la lumière : tout est effectué depuis le lieu de la prise de vue.



## LA MESURE INCIDENTE

La mesure incidente, qui analyse la lumière qui parvient sur le sujet est, sur le papier, bien plus précise... car elle s'affranchit du coefficient de réflexion du sujet. En fait, elle mesure schématiquement l'éclairement qu'il reçoit et pas la luminance qu'il émet. L'inconvénient est qu'elle ne tient pas compte des filtres éventuellement présents devant l'objectif... ainsi que du coefficient de tirage à apporter lorsqu'on photographie de très près (ce qui est le cas en macrophotographie). De plus, elle oblige à se déplacer jusqu'au sujet, ce qui n'est pas toujours possible !

# Q20 COMMENT FONCTIONNE UN POSEMÈTRE MODERNE ?

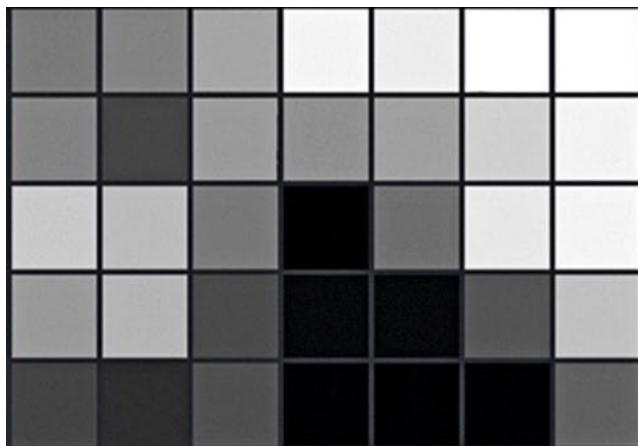
*Les posemètres modernes effectuent systématiquement une mesure réfléchie de la lumière. Ils prennent en compte de nombreux paramètres et ne se contentent plus d'une simple mesure : ce sont de véritables systèmes experts qui « réfléchissent » !*

La mesure est tout d'abord de type TTL : dans un reflex, par exemple, le posemètre est situé au niveau du prisme de visée et évalue la lumière ayant traversé l'objectif qui lui est renvoyée par le miroir. Le posemètre « voit » donc la scène telle que le capteur le verra une fois le miroir relevé, au moment où la photo sera prise. Cela lui permet, par exemple, de s'adapter à la focale employée.

## LA MESURE MULTIZONE

Les posemètres actuels sont multi-segmentés : ils effectuent une mesure sur de nombreuses zones de l'image. Cette découpe est assurée par un capteur d'image (souvent un CCD) : le posemètre du boîtier mesure la

luminosité de la scène dans son intégralité... mais en la segmentant pour plus de finesse. L'appareil va alors analyser les données de chacune de ces zones individuellement. Il peut ainsi comparer la situation à un certain nombre de « cas types » qu'il a en mémoire et déterminer ainsi la réaction à adopter. Si, par exemple, il détecte une zone centrale très sombre et des zones périphériques très claires, il va conclure à un contre-jour et peut décider (s'il est assez intelligent !) de ne pas tenir compte de ces dernières. Le posemètre peut également choisir d'éliminer certaines zones de son calcul, en privilégier certaines en fonction de leur couleur, etc. La mesure Multizone « réfléchit » donc comme un photographe expert, voire professionnel ! C'est donc vraiment la mesure à privilégier dans quasiment toutes les circonstances. Elle permet de se sortir de la très grande majorité des situations, même des plus complexes. Notons que la quantité ne fait pas la qualité : on voit aujourd'hui apparaître des boîtiers possédant des posemètres affichant plusieurs centaines de zones. C'est parfait sur le papier... mais tout dépend de comment ces innombrables mesures sont exploitées ! En fait, toute l'intelligence du reflex en matière d'exposition réside dans la pertinence du traitement des informations, pas dans le nombre de zones de sa cellule !



*Le schéma ci-contre montre comment une cellule multizone (qu'on suppose ici « voir » en noir et blanc sur 35 zones) analyse la scène qui lui est présentée. L'image est découpée en une matrice régulière. L'appareil va alors mesurer la luminosité générale, repérer la position des zones claires et des zones sombres, évaluer le contraste global et bien d'autres paramètres encore (notamment ceux qui proviennent du module autofocus)... Après cette analyse, il possède une cartographie précise de la scène et en déduit une situation type. Ici, clairement, il va décider qu'il s'agit d'un contre-jour et que les zones en haut à droite ne doivent pas être prises en compte. Il effectuera alors certainement une sorte de moyenne pondérée sur les zones sombres du bas de l'image.*



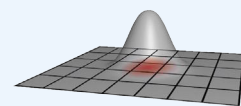
# Q21 QU'EST-CE QUE LA MESURE SPOT ?

En mesure Spot, contrairement à la mesure matricielle, la cellule ne mesure la lumière que sur une très faible partie de la scène (une surface représentant quelques pourcents – de l'ordre de 1 à 4 % - de l'ensemble de l'image, souvent située au centre du viseur). Techniquement, l'appareil va toujours utiliser sa cellule matricielle, mais n'active que quelques zones de celle-ci. L'appareil n'a donc qu'une idée très partielle de la luminosité globale de la scène: il n'en mesure qu'une faible portion. L'intérêt est que cette mesure permet de « prendre la lumière » très précisément sur le sujet principal... assurant ainsi sa correcte exposition. C'est pour lui — et lui seul — que l'on doit en effet calculer l'exposition. Et s'il est petit ou entouré de zones très claires ou très sombres, il y a des chances qu'une mesure plus large se trompe. C'est donc une mesure très précise... mais assez difficile à manier. La première raison est le risque de « pointer » une zone légèrement excentrée par rapport au sujet principal...

et de mesurer, par exemple, l'arrière-plan. La seconde est liée au fait que le sujet visé possède certainement un coefficient de réflexion qui diffère de 18 %... La mesure Spot est très sélective, donc très précise... mais il faut l'utiliser avec précaution si le sujet pointé n'est pas « moyen ».

## MESURE SÉLECTIVE

Il existe également une mesure dite « Sélective », qui fonctionne sur le même principe mais en visant une zone un peu plus grande (de l'ordre de 6 à 10 % de la scène). Certains appareils (Canon notamment) proposent cette mesure. C'est même la seule qui est proposée sur les boîtiers Leica M. Notons, de plus, que si c'est généralement le centre du cadre qui est pris en compte, certains appareils permettent de coupler la mesure spot ou sélective au collimateur autofocus actif. La mesure s'effectue alors sur la zone située sous le capteur AF de mise au point... ce qui est plutôt logique pour pointer le sujet principal de la photo...



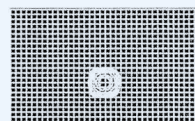
*Pour la mesure spot, l'appareil n'active que quelques cellules de son capteur matriciel au centre du champ.*



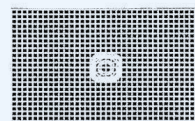
*La scène ci-contre est assez complexe au niveau luminosité car elle comporte une partie d'intérieur non éclairé et une extérieure au ciel blanc... Une mesure spot sur la tour du fond a permis de « faire la lumière » sur le sujet principal de l'image.*



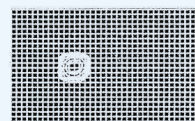
Capteur supérieur



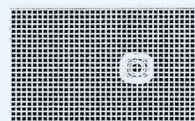
Capteur inférieur



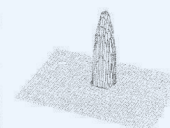
Capteur central



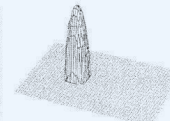
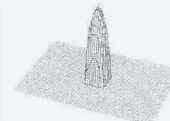
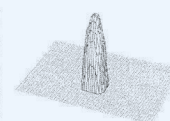
Capteur gauche



Capteur droit



*Sensibilité du posemètre en mesure Spot, en fonction du capteur AF sélectionné.*



# Q22 ET LA MESURE PONDÉRÉE?

*Si la mesure matricielle et la mesure spot sont assez récentes et très précises (chacun dans son domaine), la mesure pondérée centrale résiste... surtout auprès des anciens photographes qui ont appris la mesure de l'exposition avec elle !*

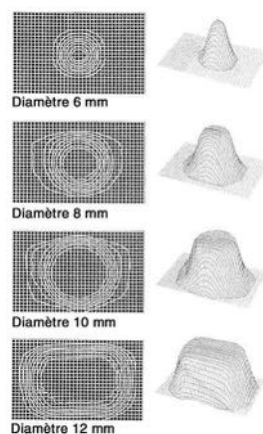
*Le sujet principal de l'image se situant « dans la pastille » (c'est-à-dire en plein centre de l'image), la mesure pondérée centrale était ici bien adaptée pour ne pas donner trop d'importance au ciel très dense et ne pas risquer une surexposition qui aurait « cassé » l'ambiance d'orage.*

La mesure « Pondérée centrale » (ou à prépondérance centrale) est plus simple à utiliser que la mesure spot. Le posemètre va mesurer prioritairement la lumière provenant de la zone centrale de la scène cadrée (comme le ferait une mesure sélective) mais en tenant compte également de la périphérie. L'appareil effectue donc principalement une mesure dans un disque, situé au centre du cadre, assez large (et donc beaucoup plus vaste que la mesure Spot). Mais il tient également compte du reste de l'image : généralement le posemètre concentre 75 % de sa sensibilité dans ce disque central, le bord étant affecté de 25 %, ce qui permet de « moyenner » les lumières de tout le champ cadré, tout en privilégiant le centre. Ce type de mesure convient bien, par exemple, aux situations de contre-jour. C'est donc une mesure « globale », qui évite de trop se préoccuper du coefficient de réflexion du sujet (en moyenne, la scène devrait réfléchir environ 18%... c'est calculé pour !) bien qu'il faille se méfier des sujet trop

(ou très peu) réfléchissants situés au centre de l'image. Il subsiste toutefois un problème : il faut placer le sujet principal de la photo au centre de l'image, ce qui n'est souvent pas très esthétique.

Notons que certains appareils permettent de « customiser » la zone centrale de la mesure pondérée centrale. Cela était surtout nécessaire sur les premiers appareils numériques, quand certains « vieux de la vieille » avaient leurs habitudes avec ce type de mesure, spécifique à certains boîtiers argentiques. Le disque central était en effet très variable d'un modèle et d'une marque à l'autre. Certains boîtiers effectuaient même une mesure presque « intégrale », c'est-à-dire que l'ensemble du champ était mesuré, sans prépondérance centrale.

Ce type de mesure ne présente plus guère qu'un intérêt historique aujourd'hui (elle était l'unique mesure existant il y a quelques décennies) car elle a été efficacement remplacée par la mesure multizone.



*Sur certains appareils, on peut définir soi-même le diamètre de la zone de mesure pondérée centrale. En augmentant au maximum ce diamètre, on obtient une mesure intégrale, qui mesure de façon équivalente tout le champ de l'image.*



# Q23 POURQUOI ET COMMENT CORRIGER L'EXPOSITION?

La mesure matricielle, intelligente, reconnaît le sujet, ou au moins le type de situation, auquel elle a affaire. Le coefficient de réflexion du sujet n'a donc que très peu d'influence sur elle (sauf, évidemment, dans le cas d'un sujet cadré très serré ou « hors norme »!). Par contre, la mesure Spot et la Pondérée centrale, qui sont schématiquement des mesures locales, sont directement affectées par les sujets qui réfléchissent peu ou - à l'inverse - beaucoup de lumière. À savoir les sujets clairs ou sombres (au niveau de leur matière, pas de la lumière qui leur parvient).

En Spot ou Pondérée Centrale, donc, la cellule va considérer que le sujet est gris et qu'il renvoie 18% de la lumière. Si on prend l'exemple d'un sujet blanc par exemple, la cellule va penser qu'il est très éclairé... alors qu'il est simplement clair (et pas forcément beaucoup éclairé)! Elle va donc surestimer la mesure de la lumière... et commander à l'appareil de la limiter. Résultat: la photo va être trop sombre: le sujet, blanc, va devenir gris... à 18 %! Même raisonnement avec un sujet sombre: la cellule va penser qu'il est peu éclairé et va sous-évaluer la lumière: le sujet deviendra trop clair sur la photo.

Pour tous les sujets hors norme, il faut donc compenser l'exposition au moyen de la touche (+/-) pour surexposer les sujets clairs et sous-exposer les sujets sombres (oui... tout le monde se trompe au début!). Le tableau ci-dessous donne une indication de la correction d'exposition approximative à apporter en fonction du sujet (sauf en mesure matricielle bien entendu!)

Sujet	Correction d'exposition
Papier blanc, porcelaine blanche	« + 2 »
Marbre clair	« + 1,5 »
Visage européen	« +1 »
Béton	0
Papier noir	« - 1,5 »



*Ci-dessus, le sujet est constitué d'une plaque de métal rouillée. En mesure pondérée centrale, le posemètre considère que la lumière est faible (alors que c'est le sujet qui est sombre). Il sous-estime la lumière ce qui conduit à une surexposition. Une correction d'exposition de -1 IL redonne au sujet sa vraie densité. Ci-dessous, la combinaison d'un sujet sombre (le parquet) avec un éclairage intense a complètement « planté » la cellule : une sous-exposition de 2 IL a été nécessaire pour corriger.*



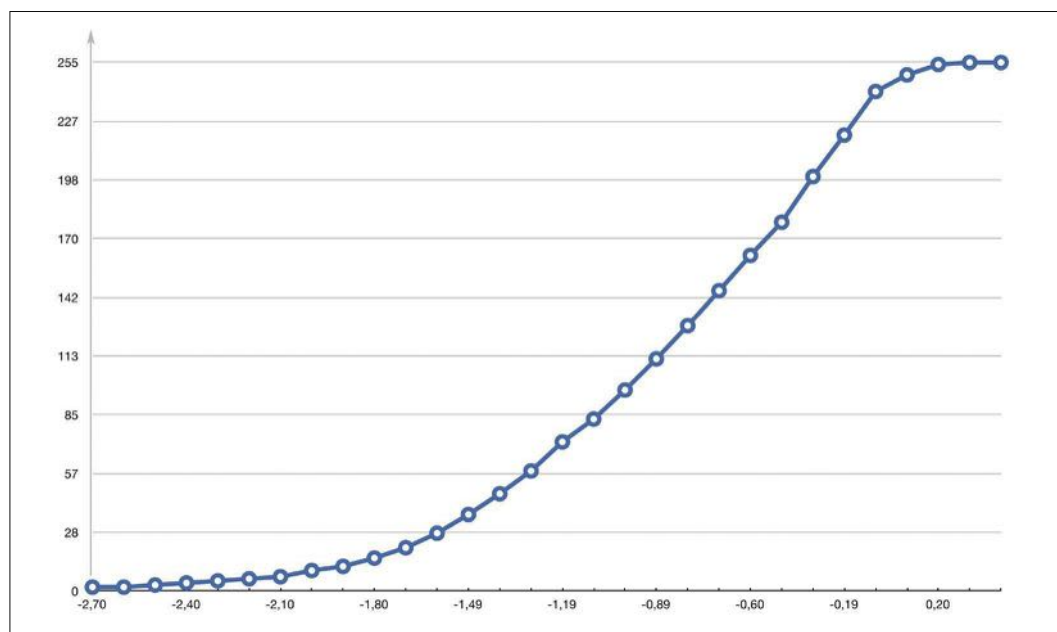


# Q24 QU'EST-CE QUE LA SENSIBILITÉ?

*La sensibilité, exprimée en ISO, est désormais un paramètre incontournable de toute prise de vue numérique. On la modifie presque pour chaque image, au même titre que l'ouverture de diaphragme ou la vitesse d'obturation.*

La sensibilité mesure la réactivité (en termes de luminosité sur l'image finale) d'une surface sensible (film ou capteur numérique) à la lumière qui lui parvient. Elle conditionne, pour une quantité définie de lumière parvenant sur sa surface, la réaction globale du système. Globale... car cette réponse quantitative est mesurée après « développement » de l'image. Ce n'est donc pas une valeur intrinsèque de la surface sensible : on la détermine en évaluant la densité de l'émulsion (pour un film) ou l'intensité numérique dans le fichier (pour un capteur numérique) face à une exposition

lumineuse (luminance) donnée. Pour une quantité de lumière fixe, l'image sera donc claire si la sensibilité est élevée... et sombre si la sensibilité est faible. La sensibilité est donc une donnée capitale : le posemètre mesure la quantité de lumière qui parvient à l'appareil, la sensibilité indique comment celle-ci va impacter la densité de l'image. Et en connaissant cet impact quantitatif, le photographe pourra moduler cette lumière incidente (avec le diaphragme de l'objectif, l'obturateur de l'appareil photo, voire en utilisant des filtres de densité...) pour obtenir l'image qui lui convient.



*Courbe caractéristique d'un appareil numérique. En abscisse, on trouve le logarithme de la luminance reçue par le capteur et en ordonnée l'intensité numérique mesurée dans un fichier JPEG. C'est elle qui montre réellement la réaction du système. Et c'est à partir de cette courbe qu'on va résumer cette réaction à un nombre caractéristique (lui aussi!) : la sensibilité.*

## LA SENSITOMÉTRIE

L'étude de la sensibilité des films et des capteurs s'appelle la sensitométrie. On a vu (voir page 9) qu'on pouvait quantifier la lumière reçue par une surface par son éclairage (E, exprimé en Lux). On va coupler à cette valeur la notion de temps pour apprécier la quantité de lumière totale reçue par le capteur (pendant une durée donnée) pour calculer la « Luminance » ( $H=E.t$ , exprimée en Lux-seconde - lx.s). Notons qu'il s'agit bien, ici, de l'éclairage du capteur et pas celui du sujet photographié ! Pour définir la sensibilité d'un système

photographique, on fait des essais en faisant varier H et en mesurant la réaction du système (densité du film, nombre d'électrons générés, intensité numérique...). On trace alors une courbe avec, en abscisse, cette luminance (ou plutôt le logarithme de cette luminance -  $\log(H)$  - mais bon, on peut oublier dans un premier temps!) et, en ordonnée, la réaction. Sur cette courbe, on va alors définir la sensibilité comme étant l'inverse (à une constante près) d'une luminance qui donne un résultat de référence souhaité :  $S = K/H_{ref}$

# Q25 QU'EST-CE QUE LA NORME ISO?

Une fois la courbe caractéristique tracée, on va chercher un repère qui permettra de comparer les différentes courbes entre-elles : cette caractéristique s'appellera «sensibilité». Cette caractérisation est définie par un comité ISO (International Standardization Organization - Organisation internationale de normalisation). L'ISO est une organisation indépendante, basée à Genève, dont les membres sont des sommités qui définissent des normes dans leurs domaines d'expertise. «ISO» n'est donc pas synonyme de «sensibilité» (bien que tous les appareils possèdent une touche «ISO» qui ferait mieux de s'appeler «S» ou «Sens») ! On n'augmente donc pas les ISO, on monte la sensibilité...

## LA NORME 12232

La norme ISO pour la sensibilité des films argentique est parfaitement définie... celle pour la sensibilité des appareils numériques (norme n° 12232 de 2006) offre plusieurs méthodes de détermination et laisse beaucoup de latitude aux constructeurs, qui possèdent donc une grande marge d'appréciation pour la sensibilité qu'ils indiquent...

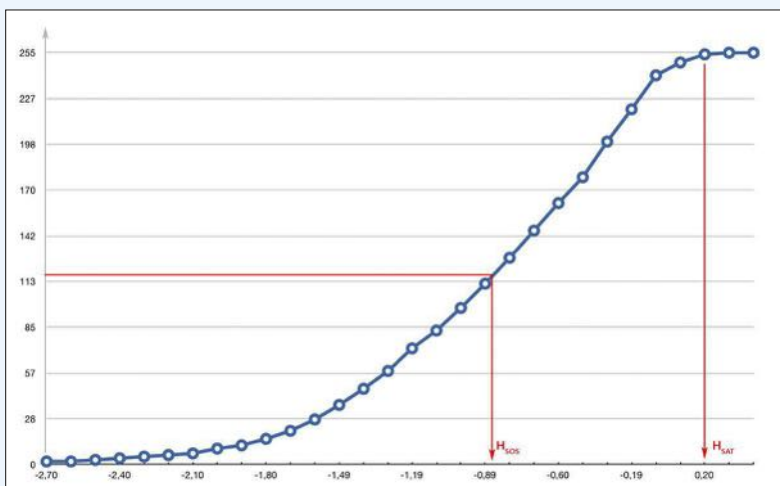
La première méthode dite «de saturation» consiste à repérer le point qui correspond au premier blanc pur (donc schématiquement pour une intensité numérique de 255 dans un fichier JPEG). On définit alors la sensibilité par  $S_{SAT} = 78/H_{SAT}$ . C'est par exemple la méthode employée par DxO pour établir «la»

sensibilité «réelle» des appareils numériques qu'ils testent. La norme ISO permet également de mesurer la sensibilité à l'aide d'un seuil de bruit dans l'image.

Une autre méthode (préconisée par le comité CIPA) consiste à repérer le gris moyen dans le fichier (pour une intensité numérique de 118 dans un fichier JPEG) et de calculer la sensibilité avec  $S_{SOS} = 10/H_{SOS}$ . Bien entendu, il existe d'autres méthodes...

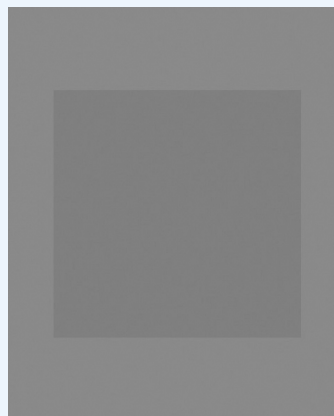
La sensibilité n'est donc qu'une donnée indicative ! De plus, elle n'indique pas comment se comporte le capteur en basse lumière ou en haute lumière : la forme de la courbe est tout aussi pertinente pour savoir comment exposer !

*En reprenant la courbe caractéristique précédente, on peut calculer la sensibilité par la méthode de la saturation : on trouve alors environ 50 ( $S_{SAT} = 78/1,6$ ) ou par la méthode du gris moyen : on trouve alors  $S_{SOS} = 10/0,108 = 93...$  soit environ 100. Le double...*



## Quelle valeur de gris neutre en numérique ?

Les experts s'écharpent souvent sur la valeur de l'intensité numérique (dans un fichier d'image) du «gris à 18 %» qui sert de référence au monde de la photographie. Certains affirment qu'il correspond à la valeur R=128, V=128, B=128 (soit la moitié de 255 pour un fichier 8 bits). L'idée est louable... mais c'est un peu plus compliqué. Il faut en effet considérer la luminance d'un pixel (et non pas ses coordonnées RVB)... et celle-ci tient compte du «gamma» (qui est une sorte de compression dynamique des valeurs d'un fichier pour leur donner plus de contraste visuellement) de l'image. Ce gamma vaut 2,2 dans un fichier sRGB. Au final, il ne faut pas considérer la moitié de 255... mais 0,461 fois cette valeur... soit 118 ! Le «gris neutre» vaut donc R=118, V=118 et B=118. Bon, en même temps, l'écart par rapport à 128 n'est pas si catastrophique...



*Le carré central représente le «vrai» gris neutre en numérique. La périphérie celui que de nombreux amateurs estiment moyen. La différence est visible... mais pas cruciale pour des photos courantes. Seuls les travaux de précisions méritent qu'on s'attarde sur le calcul !*

# Q26 QUEL EST L'INTÉRÊT D'UNE SENSIBILITÉ ÉLEVÉE ?

*Les films possédaient une sensibilité fixe et n'atteignaient que difficilement 1600 ISO. Certains appareils numériques se vantent de pouvoir franchir le million d'ISO ! Quel est le réel intérêt de cette course à la sensibilité ?*

La détermination de la sensibilité - même si, on l'a vu, plusieurs méthodes sont applicables en numérique - peut se résumer à déterminer, sur la courbe caractéristique, une lumination (c'est à dire une quantité de lumière qui atteint la surface sensible) qui va conduire à un certain seuil de référence dans l'image. Si chaque appareil emploie le même seuil de référence, on peut comparer les luminations qui vont y conduire entre elles : moins elle est élevée, moins il y aura besoin de lumière pour atteindre cette référence. Ainsi, lorsque la sensibilité double, cela signifie qu'on obtiendra ce seuil de densité pour une lumination deux fois plus faible. Le capteur aura donc besoin de deux fois moins de lumière pour avoir une réaction identique. Autrement dit : chaque fois qu'on double la sensibilité, on obtiendra la même photo... avec deux fois moins de lumière sur le capteur. Cela présente un gros avantage lorsque la lumière ambiante est faible !

## L'IMPORTANCE DE LA SENSIBILITÉ DE BASE

On a donc tout intérêt à disposer d'un système présentant une sensibilité élevée. Il faut en effet se rappeler que la lumination est le produit de l'éclairement par le temps : avec une faible sensibilité, il faudra augmenter le temps d'exposition... au risque de produire un flou de bougé (voir page 142).

Il faut toutefois modérer cette demande : si la sensibilité est trop élevée, le capteur sera « ébloui » en cas de forte lumière ambiante ! Il faut donc trouver un juste milieu.

Aujourd'hui, la plupart des appareils numériques possèdent une sensibilité de base de l'ordre de 100 à 200 ISO... ce qui est parfait pour les scènes courantes bien ensoleillées, mais s'avère très limitant dès qu'on photographie en intérieur ou au soir couchant. D'où l'intérêt de pouvoir « pousser » cette sensibilité de base.

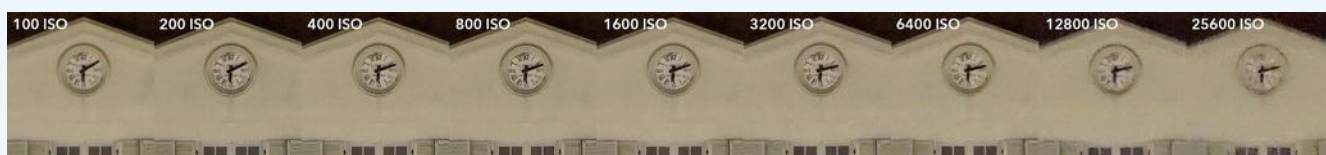


*Avec une sensibilité de 6400 ISO, l'appareil a besoin de 64 fois moins de lumière qu'à 100 ISO pour exposer un même sujet : cela rend possible la photo de nuit à main levée.*



# Q27 PEUT-ON "POUSSER" LA SENSIBILITÉ ?

*Les appareils modernes permettent d'augmenter artificiellement leur sensibilité. On peut ainsi, en fonction des conditions lumineuses, modifier la sensibilité pour l'adapter à la lumière disponible. Mais est-ce sans risque ?*



On verra, au chapitre 4, comment fonctionne un capteur numérique. Mais on peut simplement dire que, pour augmenter artificiellement sa sensibilité de base, l'appareil va augmenter le gain de sortie. Et, comme dans tout système électronique, lorsqu'on amplifie le signal de sortie, on augmente le bruit. Le « bruit » qualifie simplement la dégradation du signal. L'image se dégrade progressivement lorsqu'on monte la sensibilité : elle devient granuleuse et les détails se « noient » dans ce bruit électronique.

## LA MONTÉE DU BRUIT...

En effet, quand on augmente artificiellement la sensibilité d'un capteur, on va pouvoir moins exposer le capteur pour créer la même réaction. Chaque photosite (voir page 70) reçoit donc moins de photons qu'il ne

le devrait. L'appareil va alors simplement multiplier mathématiquement le nombre d'électrons générés par ce photosite pour simuler ce qu'il aurait obtenu si la sensibilité avait été plus faible. Par exemple, si un photosite a généré 1000 électrons à 100 ISO, en poussant la sensibilité à 200 ISO, le photosite ne générera plus que 500 électrons (car on aura divisé l'exposition par deux) et l'appareil multipliera simplement le courant induit par deux. Mathématiquement, l'opération est parfaite... Mais dans les zones de très basse lumière (qui reçoivent donc très peu de photons), il peut arriver que le nombre d'électrons « utiles » générés soit inférieur à ceux provenant du bruit naturel du capteur. Dans ce cas, cette méthode fait qu'en poussant trop... on amplifie essentiellement les erreurs ! C'est le « bruit » numérique !

*Cette série montre l'influence de la modification de la sensibilité de base (200 ISO) d'un appareil numérique. On constate qu'à partir de 6400 ISO, il devient impossible de déchiffrer les chiffres de l'horloge et les détails disparaissent dans le bruit de l'image. Mais même lorsqu'on abaisse la sensibilité à 100 ISO, l'image est dégradée : pour le maximum de qualité, il vaut mieux rester à la sensibilité de base !*



*Lorsqu'on « pousse » la sensibilité, on augmente le bruit. Ici, la lumière provenait d'une simple ampoule tungstène hors d'âge : il a fallu monter jusqu'à 12800 ISO. L'image est très bruitée et des points colorés apparaissent aléatoirement.*

*Le menu de tous les appareils numériques propose de modifier la sensibilité de base. Le réglage s'effectue généralement par tiers de valeur.*



# Q28 QU'EST-CE QUE LE DIAPHRAGME

*Le diaphragme, situé dans l'objectif, est le premier élément de l'appareil photo qui permet de moduler la lumière (mesurée par le posemètre) qui arrive vers l'appareil afin de l'adapter à la sensibilité du capteur.*



*Eclaté d'un diaphragme. Les lamelles (ici neuf) qui le constituent tournent autour d'un axe situé à une de leurs extrémités.*

*Ces quatre objectifs Leica possèdent des ouvertures maximales deux fois plus lumineuses l'un par rapport à l'autre. Plus l'objectif est lumineux, plus il est volumineux... et ce n'est pas proportionnel ! Quant au prix, l'augmentation est presque exponentielle...*

Le diaphragme est un « iris », situé dans l'objectif, qui peut s'ouvrir plus ou moins pour limiter la quantité de lumière pénétrant dans la chambre de l'appareil photo. Il est constitué de lamelles mécaniques, mobiles autour d'un axe situé à une de leurs extrémités. Plus leur rotation vers le centre de l'objectif est importante, plus elles forment un trou petit au milieu de l'iris. Les lamelles glissent les unes sur les autres : elles sont donc lubrifiées. Notons au passage qu'en cas de grand froid ou au bout de quelques décennies de fonctionnement, cette huile peut se figer : le diaphragme ne coulisse plus. On dit qu'il est « gommé » et sera bloqué ou s'ouvrira trop doucement au moment du déclenchement, générant ainsi une surexposition. Il est alors nécessaire de le démonter pour le lubrifier à nouveau. Évidemment, selon le nombre et la forme des lamelles, l'ouverture créée sera plus ou moins circulaire. Plus elles sont nombreuses et de forme courbe, plus le trou ressemblera à un disque parfait. Dans le cas contraire, l'ouverture du diaphragme sera polygonale... ce qui peut avoir des consé-

quences sur la « plastique » de l'image (voir page 148). Plus le « trou » constitué par l'iris est grand, plus la quantité de lumière traversant l'objectif est importante. À l'inverse, plus le trou ménagé par l'iris est petit, plus cette lumière sera faible. Le diaphragme contrôle donc la quantité de lumière entrant dans la chambre de l'appareil. Dans la définition de la luminance  $H=E.t$  (voir page 34), le diaphragme contrôle donc l'éclairement du capteur (E).

## OUVERTURE MAXIMALE

Pour tirer le meilleur parti de la moindre parcelle de lumière ambiante disponible (surtout si la sensibilité de base de l'appareil est faible), on comprend intuitivement qu'on a donc intérêt à disposer d'un objectif avec le plus grand trou possible. Cela évitera d'avoir à monter la sensibilité pour compenser le manque de lumière ! L'objectif doit donc disposer de la plus grande « ouverture maximale » possible. Malheureusement, plus l'ouverture maximale est importante... plus l'objectif est gros... et cher !





# Q29 C'EST QUOI CES CHIFFRES ?

On caractérise la taille du trou du diaphragme d'un objectif non pas par son diamètre ( $d$ , en millimètres) mais par un « nombre d'ouverture » ( $N$ ). Il y a bien, toutefois, une relation entre les deux :  $N$  est égal à la focale de l'objectif ( $f$ , voir page 106) divisée par le diamètre du trou du diaphragme, mesuré à travers les lentilles situées à l'avant de l'objectif :  $N = f/d$ . C'est le diaphragme tel qu'on le voit en regardant l'objectif de face. On appelle ce trou apparent la « pupille d'entrée ».

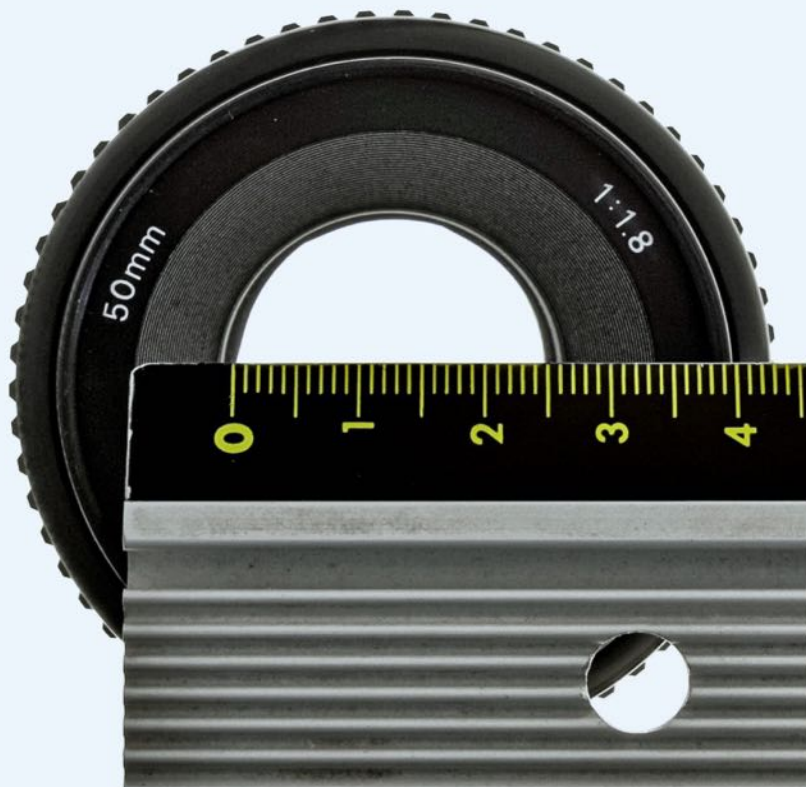
Le nombre d'ouverture est noté «  $f:N$  » ou «  $f/N$  » («  $f$  » pouvant, de plus, être mis en majuscule «  $F$  »...) selon les marques et les habitudes de chacun. Cela nous rappelle qu'il est lié au diamètre du trou du diaphragme et à la focale. Mais il ne faut pas confondre le nombre d'ouverture et la focale... comme bien des débutants le font !

## SURFACE DE DISQUE

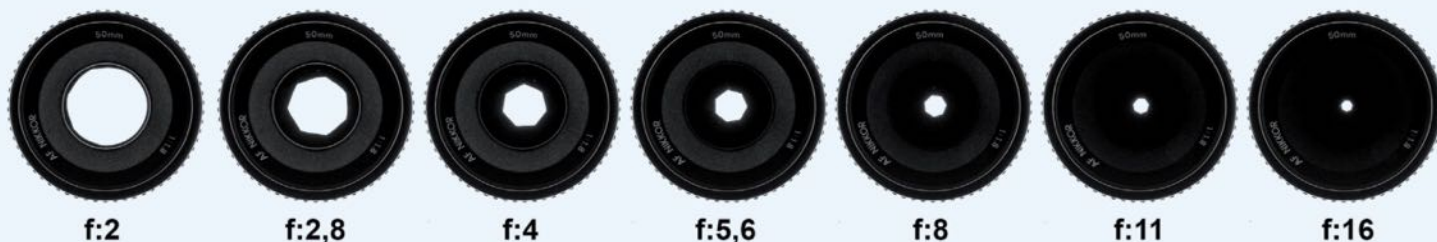
On comprend bien que la quantité de lumière parvenant sur la surface sensible ( $E$ ) est proportionnelle à la surface du « trou » ménagé par l'iris au centre du diaphragme, ou plus précisément à la surface ( $S$ ) de sa pupille d'entrée. Lorsque  $S$  double, l'objectif laisse passer deux fois plus de lumière. Même si, géométriquement, le trou est souvent polygonal du fait du nombre fini de lamelles du diaphragme, on va toutefois considérer que la pupille d'entrée est un disque dont la surface est égale à  $S = \pi \cdot d^2 / 4$ . Lorsque  $S$  double,  $d$  est donc multiplié par  $\sqrt{2}$  (soit 1,4 environ). Inversement, lorsque  $d$  est divisé par  $\sqrt{2}$ , la surface du trou est divisée par 2 et le nombre d'ouverture ( $N = f/d$ ) est multiplié par  $\sqrt{2}$ . Ainsi, pour laisser passer deux fois plus de lumière, le nombre d'ouverture doit être divisé par 1,4. Inversement, pour

diminuer la quantité de lumière traversant l'objectif par deux, il faut multiplier le nombre d'ouverture par 1,4. Pour avoir une suite de diaphragme qui conduit à une diminution de la quantité de lumière de moitié entre chaque cran, chaque membre de la suite d'ouverture doit donc être égal au précédent multiplié par 1,4. D'où la suite classique des ouvertures d'un objectif :  $f:1$ ,  $f:1,4$ ,  $f:2$ ,  $f:2,8$ ,  $f:4$ ,  $f:5,6$ ,  $f:8$ ,  $f:11$ ,  $f:16$ ,  $f:22$ ... Je vous passe le détail des ouvertures intermédiaires ! Il faut prendre garde à ne pas se tromper : plus le nombre est grand, plus le trou est petit... et moins la lumière passe !

*Dans cet objectif de focale égale à 50 mm, on peut mesurer le diamètre de la pupille d'entrée, soit 25 mm environ. Le nombre d'ouverture est donc égal à  $50/25 = 2$ .*



*Même si elle ne correspond pas à un cercle parfait, entre deux crans de diaphragme, la surface de la pupille d'entrée est divisée par deux. Mathématiquement, le nombre d'ouverture ( $f$ ) progresse donc selon une suite dite « géométrique » de raison 1,4.*





# Q30 LE DIAPHRAGME A-T-IL D'AUTRES FONCTIONS?

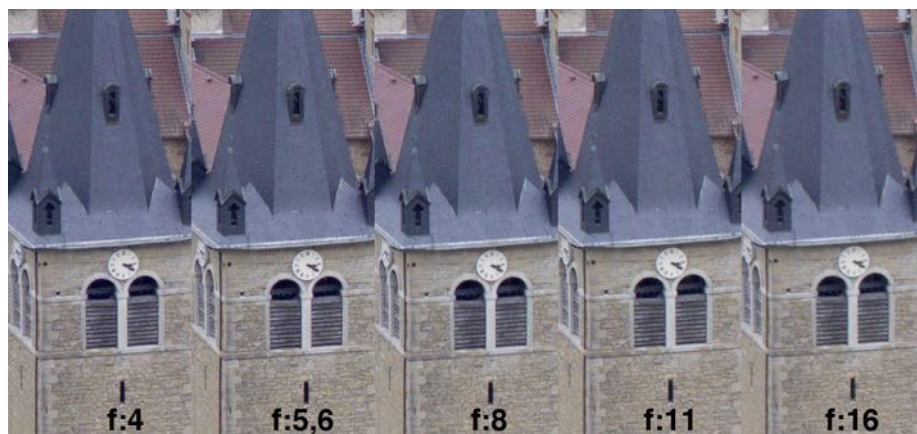
*La première fonction du diaphragme est de contrôler la quantité de lumière à destination de la surface sensible mais il possède d'autres vertus, souhaitées... ou pas. Choisir une ouverture n'a donc pas qu'une incidence sur la luminosité de l'image.*

*Le phénomène de diffraction peut parfois survenir assez vite: Avec cet objectif, le piqué progresse jusqu'à f:5,6 environ, puis il diminue du fait de la diffraction: les détails deviennent de moins en moins nets.*

La deuxième fonction du diaphragme est de contrôler la profondeur de champ de l'image. Nous développerons ce point au chapitre 6... Passons donc tout de suite au dernier intérêt du diaphragme: limiter les aberrations optiques. On sait en effet que les objectifs sont imparfaits: l'image qu'ils produisent d'une scène est entachée d'aberrations qui sont des défauts dégradant la qualité de l'image finale. Ces défauts sont d'autant plus importants que le diamètre des lentilles qui composent l'objectif sont grandes... ce qui est

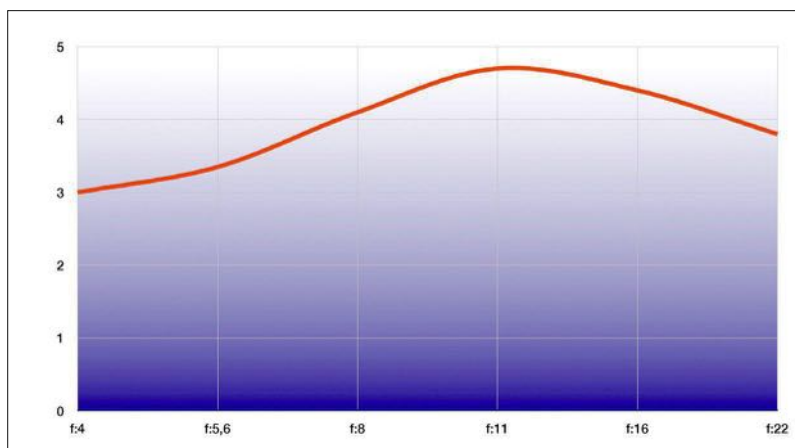
malheureusement le cas lorsque l'ouverture maximale est importante. En fermant le diaphragme (donc en choisissant des nombres d'ouverture plus grands), on limite l'effet néfaste des rayons qui passent par les bords des lentilles et on améliore notablement le piqué. Ainsi, lorsqu'on ferme le diaphragme, l'aberration chromatique (transversale), l'aberration de sphéricité et la coma (qui fait que les points lumineux prennent une forme de comète dans les coins de l'image) se résorbent. L'image devient plus nette! La

position du diaphragme a également une importance dans un autre défaut des objectifs: la distorsion. Seule sa position importe ici, pas l'ouverture utilisée. Cette courbure des lignes droites, visible surtout sur les bords de l'image, dépend de la formule optique mais on sait que si cette dernière est symétrique par rapport au diaphragme, la distorsion est nulle. C'est souvent cette configuration que l'on retrouve dans les optiques de chambre et les anciens objectifs pour appareils télémétriques.



## LA DIFFRACTION

Lorsqu'on diaphragme, on améliore donc globalement le piqué... jusqu'à une certaine limite! On constate en effet que si on diaphragme trop, le piqué diminue! C'est le phénomène de diffraction: plus l'ouverture laissée par les lamelles du diaphragme est petite, plus les points formés sur la surface sensible s'empâtent. Un peu comme avec un tuyau d'arrosage dont le flux d'eau, bien cylindrique, devient un cône dès qu'on réduit le diamètre du tuyau... La netteté chute alors... C'est pourquoi les courbes de piqué ont généralement une forme de « cloche »: lorsque l'ouverture augmente, le piqué monte puis, lorsqu'il augmente trop, la diffraction limite le pouvoir séparateur et le piqué descend...



*Lorsque nous mesurons la netteté d'une image, nous obtenons généralement une courbe qui croît avec l'ouverture de diaphragme. Lorsqu'on diaphragme trop, la diffraction limite toutefois le piqué.*

# Q31 COMMENT MODIFIER LE DIAPHRAGME ?

Le diaphragme a considérablement évolué depuis son introduction dans les premiers objectifs. On trouvait souvent, à l'origine, une lame de métal dans laquelle un trou circulaire était pratiqué qu'on insérait dans une fente de l'objectif. Les objectifs de la fin du XXe siècle possédaient un diaphragme réglable au moyen d'une bague. Certains objectifs de marques indépendantes (ou même certaines optiques Fuji X) fonctionnent toujours avec ce type de diaphragme, soit pour des raisons de compatibilité mécanique, soit pour satisfaire les « vieux de la vieille » qui apprécient ce mode de réglage de l'ouverture.

L'inconvénient de ce système est que le diaphragme se ferme à sa valeur de travail et, lorsqu'on porte l'œil au viseur, la visée est très sombre dans le cas d'un reflex à visée optique ! Rapidement, les fabricants ont donc intégré une came de présélection qui permet de préréglager le diaphragme lorsqu'on vise, sans le fermer toutefois : le diaphragme reste toujours complètement ouvert pendant la visée pour laisser passer le maximum de lumière ! Sa fermeture n'interviendra qu'au moment de la prise de vue.

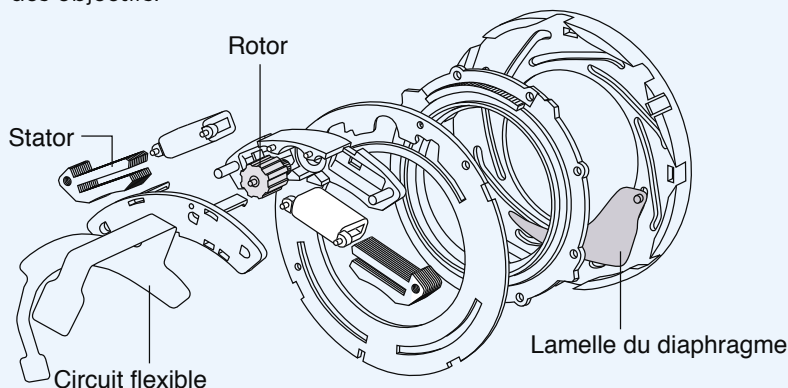
## LE DIAPHRAGME PILOTÉ

Canon a initié, en 1987, le système EOS (Electro-Optical System) qui va devenir la référence d'intégration électronique pour tous les constructeurs par la suite. Les objectifs perdent alors leur bague de diaphragme : celui-ci est désormais réglé depuis l'appareil. Le diaphragme est alors piloté par un système électro-magnétique intégré (technologie EMD - ElectroMagnetic Diaphragm) qui reçoit des ordres du boîtier via des contacts électroniques disposés sur la baïonnette. Désormais, même Nikon (qui a conservé son diaphragme mécanique pendant des décennies pour assurer une compatibilité maximale avec les anciens boîtiers) s'est converti au diaphragme électromagnétique dans les derniers objectifs de série « E ». Les autres marques de boîtiers suivent... et les constructeurs d'objectifs indépendants (Sigma, Tamron) ont suivi ! En pratique, une molette de l'appareil sert à régler l'ouverture, qui s'affiche directement sur les afficheurs du boîtier (dans le viseur et sur l'écran de contrôle) : plus besoin de

vérifier le réglage à la base de l'objectif. Avec un tel système, la précision de l'ouverture est bien meilleure (la fermeture du diaphragme est très précisément contrôlée) et l'opération est bien plus silencieuse. La fermeture du diaphragme ne nécessite en effet plus de « came » mécanique transitant entre le boîtier et l'objectif au niveau de la baïonnette. Celle-ci demeure, en doublon, sur certains nouveaux objectifs (de façon à assurer leur compatibilité avec les anciens reflex)... mais tend à disparaître ! De plus, le diaphragme piloté électromagnétiquement permet de gérer tous les diamètres de diaphragme sans avoir besoin d'une force mécanique importante. Mécaniquement, les diaphragmes de fort diamètre ont en effet besoin d'une force mécanique importante pour être fermés. Force souvent impossible à faire transiter via une came mécanique. Ici, il suffit de « booster » le moteur interne de l'objectif. Le diaphragme peut alors être placé n'importe où dans l'optique... ce qui facilite le travail des opticiens au moment de la conception des objectifs.



*La bague de diaphragme, encore présente sur certains objectifs, est graduée en nombre d'ouverture et permet de régler mécaniquement l'ouverture de l'objectif.*



*Coupe du diaphragme EMD d'un objectif Canon. La gestion de l'ouverture et de la fermeture des lamelles est complexe mais bien plus précise qu'avec un diaphragme mécanique. (Document Canon)*

# Q32 QU'EST-CE QUE L'OBTURATEUR?

*L'obturateur, généralement situé dans le boîtier, est le second élément mécanique qui permet de moduler la lumière. Il va déterminer le temps pendant lequel le capteur sera exposé à la lumière qui a traversé l'objectif.*

Les obturateurs sont des « guillotines » qui laissent passer la lumière vers le capteur pendant un temps déterminé. Dans la définition de la lamination  $H=E.t$  (voir page 34), on a vu que le diaphragme réglait l'éclairement  $E$  : l'obturateur contrôle quant à lui la durée d'exposition ( $t$ ). Ces deux organes permettent donc de régler l'exposition.

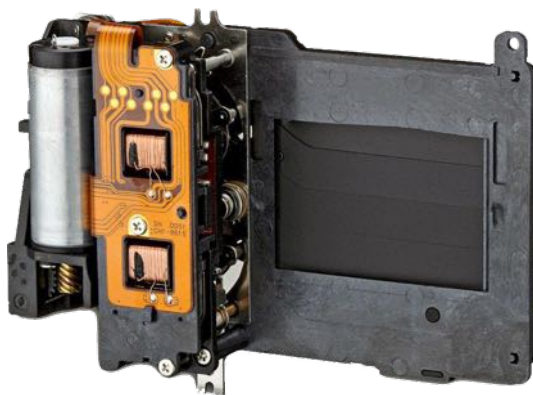
## VITESSE OU DURÉE?

Au repos, l'obturateur est fermé. Il s'ouvre pendant la prise de vue puis se referme instantanément avant de se réarmer pour le prochain cycle. On lui commande donc une durée d'obturation mais, pour ne pas encombrer les afficheurs des appareils photo, on indique l'inverse de cette durée... c'est-à-dire une vitesse d'obturation. Plutôt que d'inscrire « 0,008 s » à l'écran, on préfère « 1/125 s »... Et pour simplifier encore, l'afficheur indique souvent simplement « 125 ». Par contre, pour des durées supérieures à la seconde, on revient à une notation de durée. Ainsi « 8'' »

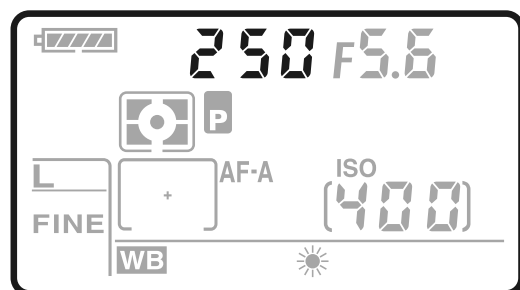
signifie 8 secondes alors que « 8 » signifie 1/8 s ! Comme pour le diaphragme, les réglages permettent de laisser passer deux fois plus (ou deux fois moins) de lumière vers le capteur entre chaque valeur. La série de vitesses normalisées est plus simple que celle des ouvertures de diaphragme : 1 s, 1/2 s, 1/4 s, 1/8 s, 1/15 s, 1/30 s, 1/60 s, 1/125 s, 1/250 s, 1/500 s, 1/1000 s, 1/2000 s, 1/4000, 1/8000 s... Dans cette suite, il y a toutefois deux petites approximations : 1/15 s n'est pas deux fois plus rapide que 1/8 s, de même que 1/125 s ne l'est pas par rapport à 1/60 s. Mais les calculateurs des appareils tiennent compte de cette très légère erreur. Les obturateurs possèdent une plage de vitesses accessible très large, par exemple de 30 s à 1/4000 s. On peut même, suprême raffinement, régler les valeurs, à l'intérieur de cette plage, par 1/3 de valeur et obtenir des valeurs telles que 1/320 s !

## POSE B ET T

Les obturateurs possèdent également une position « B », qui maintient l'obturateur ouvert tant qu'on maintient le déclencheur enfoncé. En choisissant la pose B, il faudra mesurer la durée d'exposition au chronomètre. On déclenche, on maintient le doigt appuyé sur le déclencheur pendant toute la durée de l'exposition qu'on surveille du coin de l'œil, et on relâche le déclencheur dès que le temps est écoulé. Certains boîtiers comptent toutefois les secondes pendant la pose pour faciliter l'opération. Il est, de toute façon, plus simple et plus sûr (pour éviter le bougé de l'appareil) d'effectuer cette opération avec une télécommande (filaire, infrarouge voire même Bluetooth!)... qui possède souvent un système permettant de programmer la durée ! Signalons également la pose T, plus pratique lorsqu'on ne dispose pas d'une télécommande ou d'un déclencheur souple : un appui sur le déclencheur ouvre l'obturateur, un appui le referme : inutile de risquer une crampe en maintenant le doigt appuyé !



Un obturateur à pilotage électronique moderne. L'afficheur indique la vitesse d'obturation en omettant le « 1/ » par souci de simplification.





# Q33 COMMENT FONCTIONNE L'OBTURATEUR PLAN-FOCAL ?



*L'obturateur des reflex modernes possède des trains de lamelles qui découvrent et recouvrent la fenêtre d'exposition.*

Dans la très grande majorité des appareils modernes, on utilise des obturateurs à translation dits « plan-focaux »... même s'ils ne sont pas placés dans le plan focal de l'objectif (cette position étant évidemment réservée au capteur !). À l'origine, on utilisait des toiles opaques à la lumière... d'où le nom d'obturateur « à rideaux » qui subsiste. On parle même souvent de « rideaux », même si les obturateurs modernes sont constitués d'un train de lamelles en matériaux composites ou en métal, de façon à pouvoir résister aux fortes contraintes des vitesses très élevées. Il ne reste guère que certains Leica M, qui possèdent un obturateur purement mécanique (l'armement permet de tendre un ressort qui se détend pendant l'obturation, entraînant les rideaux), possédant des rideaux en tissus... Mais ce système atteint péniblement 1/1000s au maximum ! En revanche, l'obturateur à lamelles en titane des reflex pros, piloté électroniquement et dont le mouvement est assuré par des électroaimants pour plus de précision, peut, quant à lui, atteindre 1/8000s.

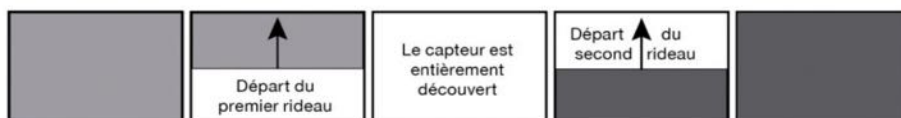
## DEUX MODES DE FONCTIONNEMENT

Au repos, un premier rideau obstrue la fenêtre d'exposition. Au moment du déclenchement, ce rideau se translate et découvre progressivement la surface sensible. Après une durée égale à la durée d'obturation, un deuxième rideau vient obstruer la fenêtre. L'armement de l'obturateur permet, ensuite, de ramener celui-ci dans sa configuration de départ. Quand la vitesse est très élevée, ce schéma de fonctionnement n'est plus possible. La durée de translation du premier ou du second rideau peut, en effet, être plus longue que le temps d'obturation souhaité ! L'obturateur fonctionne alors selon un nouveau schéma : le premier rideau part, suivi, à quelques millisecondes d'intervalle, par le second. L'obturateur crée alors une fente qui va se traduire et découvrir la surface sensible à la lumière. Selon la largeur de cette fente, chaque partie de l'image sera plus ou moins exposée. La vitesse d'obturation à partir de laquelle c'est une fente qui permet d'exposer la photo est appelée vitesse de synchronisation au flash (ou synchro-X).

## La synchro-X

Au-delà de la vitesse de synchro-X, le capteur est donc exposé « en tranches » glissantes, via une fente qui se déplace devant lui. Problème : l'éclair d'un flash est très rapide (parfois 1/10000 s) ! Ce temps est évidemment incompatible avec ce mode de fonctionnement : le flash n'exposera que la partie de l'image qui est découverte par cette fente au moment de l'éclair. L'image n'aura donc qu'une bande claire et le reste sera noir (voir page 25). En dehors des modes FP ou HSS, l'utilisation du flash est donc proscrite au-delà de la vitesse de synchro-X.

### En deçà de la vitesse de synchronisation



### Au delà de la vitesse de synchronisation



**Pour les vitesses rapides, un obturateur plan-focal crée une « fente d'exposition » qui se translate dans la hauteur de la fenêtre d'exposition.**



# Q34 EXISTE-T-IL D'AUTRES TYPES D'OBTURATEUR ?

*Si l'obturateur à rideau règne en maître incontesté à l'intérieur des reflex, sa technologie n'est pas forcément adaptée – ou plus assez performante – pour d'autres types d'appareils. L'obturateur électronique possède notamment quelques atouts.*



Rolling shutter mode



Global shutter mode

**Phénomène de rolling shutter :** les pales du ventilateur sont enregistrées à des moments différents du fait du séquençage de l'exposition. Comme les pales tournent pendant cette durée, elles se retrouvent déformées. (Document Panasonic)

Grâce au numérique, on peut en effet se passer d'obturateur mécanique ! La plupart des compacts et des bridges, ainsi que certains appareils hybrides, peuvent régler la durée d'exposition en gérant le temps d'intégration des photons incidents sur le capteur (voir le fonctionnement du capteur page 70). Le gros avantage est que l'on peut atteindre des vitesses d'obturation très élevées (supérieures au 1/8000 s) et que l'opération – dépourvue de toute pièce mécanique en mouvement – est très silencieuse. On peut, de plus, atteindre de très grandes fréquences d'obturation... compatibles avec la vidéo. Il n'y a pas, non plus, d'usure mécanique... ce qui prolonge la durée de vie de l'appareil.

On distingue deux types principaux d'obturation électronique. Le premier concerne les CCD à transfert de trame ou interligne. À la fin de la durée d'exposition, les charges accumulées dans les photosites sont transférées simultanément et très rapidement (en moins de 200 microsecondes) dans les registres de transfert pour être lues. Cela permet de « figer » l'image intégralement. L'utilisation du flash est donc possible. Avec un capteur CMOS (les plus courants actuellement) par contre, il est impossible d'effectuer cette opération simultanément sur tous les photosites : la lecture s'effectue donc séquentiellement, ligne par ligne... pendant que les autres photosites continuent à être exposés. Cette configuration ressemble un peu à celle du déplacement de la fente d'exposition avec un obturateur plan-focal fonctionnant au-delà de la synchro-X. Cela peut donc créer des artefacts. Outre le fait que le flash est inutilisable, si le sujet se déplace rapidement, cela induit une déformation due au balayage du capteur. C'est le phénomène de « rolling shutter ».



## Qu'est-ce qu'un obturateur central ?

Dans les objectifs destinés aux chambres photographiques ou à certains appareils moyen format, l'obturateur est situé dans l'objectif, au plus près du diaphragme. Ce mécanisme intégré rend évidemment les objectifs plus onéreux. L'obturateur s'ouvre et se referme comme un iris, à la manière du diaphragme. L'avantage de ce type d'obturateur est qu'il ne grève pas l'encombrement du boîtier. Il permet également de couvrir tous les formats de surface sensible car il est placé au centre de l'optique, là où le faisceau lumineux est le plus fin. De plus, il autorise la synchronisation du flash à toutes les vitesses, ce qui permet de saisir des mouvements rapides au flash. Compte tenu de l'inertie des lamelles, toutefois, sa vitesse d'obturation maximale est souvent limitée à 1/125 s, 1/250 s ou 1/500 s (selon le diamètre de l'obturateur). Certains modèles haut de gamme (pour moyen format) atteignent toutefois des vitesses plus élevées : les Hasselblad HC vont jusqu'à 1/800 s et les Schneider (Leaf Shutter) peuvent aller jusqu'à 1/1600 s. Mais cela a un prix...

# Q35 QUELLE EST LA DURÉE DE VIE D'UN OBTURATEUR ?

L'obturateur mécanique est un organe qui subit de très fortes contraintes. Ses lamelles frottent d'abord les unes sur les autres, ce qui se traduit par une usure. Même si le problème n'a jamais été clairement dévoilé par la marque, on se souvient du «Dust Gate» du Nikon D600 dont le capteur se couvrait de poussières. Nikon a dû changer les obturateurs de tous les D600 commercialisés... Les lamelles subissent également une très forte accélération. On estime que celle-ci est d'environ 5000 m/s<sup>2</sup>, soit 500 «g» (g étant égale à la force gravitationnelle qui nous maintient sur Terre - pour mémoire, un pilote de chasse bien entraîné s'évanouit à 10 g !) La décélération est encore plus brutale : les lamelles sont stoppées net et certains ont pu mesurer une décélération de près de 2000 g ! Cela occasionne des déformations très importantes pouvant conduire à la rupture... On constate souvent que la casse intervient au niveau des rivets qui maintiennent les lamelles entre elles ou au niveau du mécanisme d'entraînement. Bien entendu, la cause de casse la plus fréquente au début est accidentelle : elle survient quand le

photographe touche l'obturateur avec les doigts (en changeant de film en argentique, en nettoyant le capteur en numérique...). En dehors de ces accidents évitables, l'obturateur est donc prévu pour un certain nombre de cycles de fonctionnement... avant de rendre l'âme. Le tableau ci-dessous indique la durée de vie statistique d'un obturateur selon les spécifications des constructeurs. En pratique, ces données sont des moyennes plutôt basses car on peut estimer que près de la moitié des reflex atteindront le double, notamment sur les modèles professionnels ! Malheureusement, 20 à 25 % des appareils n'atteindront pas cette limite : il ne s'agit que d'une moyenne statistique !

Reflex pro (Canon EOS 1Dx, Nikon D5...)	300 000 à 400 000 cycles
Reflex expert (Canon 5D MkII, Nikon D810, Pentax K-1...)	150 000 à 200 000 cycles
Reflex amateur	100 000 cycles

## CAMERA SHUTTER COUNT

Find out how many shots your Digital SLR has taken

### RESULTS

Shutter count

# 131488

Canon EOS-1Ds Mark II  
66% of this model's expected shutter life

[Tweet](#)

[CHECK ANOTHER CAMERA](#)

 Digital Photo Gallery

## TROUVER LE NOMBRE DE CYCLES D'UN OBTURATEUR

Quand on achète un appareil d'occasion, il est important de connaître le nombre de prises de vues qu'il a effectué... afin de se prémunir d'un changement d'obturateur coûteux rapidement. Il existe des logiciels spécifiques à chaque marque pour cela. Certains boîtiers l'affichent directement dans leurs menus. Mais le site internet [www.camerashuttercount.com](http://www.camerashuttercount.com) est bien pratique : il suffit de charger un fichier et le site communique le nombre de déclenchements. Il fonctionne avec la plupart des appareils du marché.

*Avec plus de 130 000 déclenchements, l'obturateur de cet EOS 1Ds Mk II paraît bien utilisé. Canon l'a pourtant spécifié pour 200.000 cycles : on peut encore espérer quelques années de fonctionnement sans panne !*



# Q36 ET FINALEMENT... COMMENT RÉGLER L'EXPOSITION?

*Nous avons maintenant en main tous les outils pour apprécier, mesurer et contrôler la lumière qui va exposer la surface sensible, en fonction de sa sensibilité.*

*Comment tout cela marche-t-il ensemble ?*

Le posemètre (externe ou intégré à l'appareil) va mesurer l'exposition et déterminer un IL (Indice de Luminance - en anglais on parle d'EV – pour Exposure Value) : cela correspond à la luminance ( $H = E \cdot t$ ) que la surface sensible devra recevoir pour que l'image soit bien exposée. À partir de cet indice, on peut calculer un couple ouverture de diaphragme ( $n$ ) – durée d'exposition ( $t$ ) grâce à la relation :  $2^{IL} = n^2 / t$ . Ainsi, par exemple pour un  $IL = 13$  ( $2^{13} = 8192$ ), qui correspond à une scène de jour correctement éclairée, on peut choisir quelques-unes des solutions suivantes :

## À 100 ISO

F:2,8	F:4	F:5,6	F:8	F:11	F:16
1/1000s	1/500s	1/250s	1/125s	1/60s	1/30s

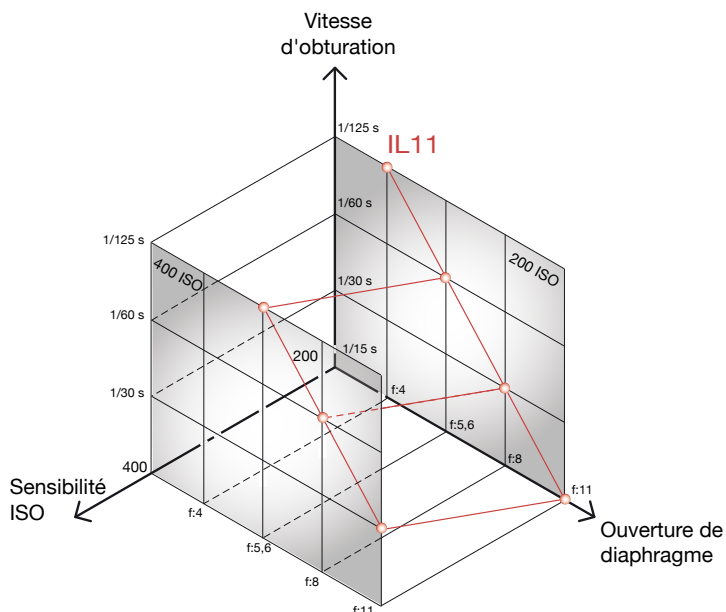
## À 400 ISO

F:2,8	F:4	F:5,6	F:8	F:11	F:16
1/4000s	1/2000s	1/1000s	1/500s	1/250s	1/125s

On retrouve, via cette formule, la logique de l'exposition : quand on laisse passer deux fois moins de lumière vers le capteur en fermant le diaphragme d'un cran (par exemple en passant de  $f:5,6$  à  $f:8$ ), il faut compenser en exposant deux fois plus longtemps (donc en modifiant le temps d'exposition de  $1/250$  s à  $1/125$  s). Au final la quantité de lumière totale reçue par le capteur (c'est à dire la luminance  $H$ ) sera identique.

L'indice de luminance est donné pour une sensibilité de 100 ISO. Lorsqu'on modifie la sensibilité, on va simplement décaler les IL d'un cran à chaque fois que la sensibilité double. Par exemple, à 200 ISO, l'indice à prendre en compte ne sera pas 13 mais 14 pour la même scène. À 400 ISO, le posemètre indiquera un indice de 15, et ainsi de suite... Ainsi, à 400 ISO, à ouverture identique, on peut pousser de deux crans la vitesse. On se retrouve donc avec un tableau à 3 dimensions : Sensibilité ISO, ouverture de diaphragme, vitesse d'obturation. À chaque fois qu'on fait varier un des paramètres d'un facteur 2 (1,4 pour l'ouverture...), on peut choisir de compenser l'un des autres d'un même facteur... dans le sens inverse !

*Pour chaque mesure de la lumière effectuée par le posemètre, on dispose d'un choix presque illimité des paramètres sensibilité, ouverture et vitesse. Ici, pour IL11 par exemple, on peut choisir les couples ( $f:4$ ,  $1/125$  s), ( $f:5,6$ ,  $1/60$  s), ( $f:8$ ,  $1/30$  s) ou ( $f:11$ ,  $1/15$  s) à 200 ISO ou ( $f:5,6$ ,  $1/125$  s), ( $f:8$ ,  $1/60$  s), ( $f:11$ ,  $1/30$  s) à 400 ISO et ainsi de suite, pour toutes les sensibilités, toutes les ouvertures et toutes les vitesses disponibles sur l'appareil ! Et on ne parle là que des valeurs entières, pas des tiers ou des demi-crans disponibles !*



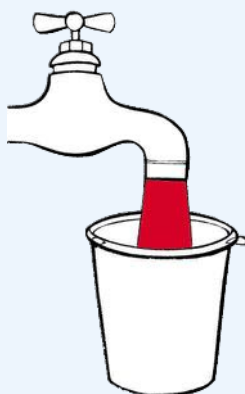
# Q37 VOUS N'AVEZ PAS ENCORE TOUT À FAIT COMPRIS?

Pour comprendre comment fonctionne l'exposition de façon imagée, on peut faire une analogie avec le remplissage d'un seau, au moyen d'un robinet d'eau. Dans cette comparaison:

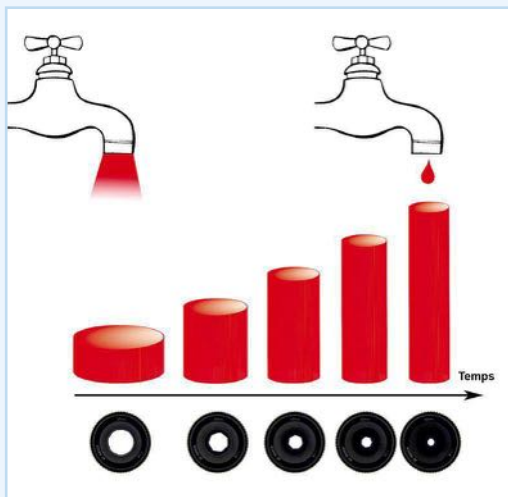
- La sensibilité correspond au volume du seau: pour que l'exposition soit correcte, il faut que le seau soit juste bien rempli. S'il manque de l'eau, la photo sera trop sombre et si le seau déborde, elle sera trop claire.
- Le robinet correspond aux deux organes de réglage de la lumière que sont le diaphragme et l'obturateur. L'ouverture de diaphragme correspond à l'ouverture du robinet, qui peut faire couler l'eau avec un débit plus ou moins important. La durée d'exposition correspond évidemment au temps pendant lequel le robinet sera ouvert.

## ET LA SENSIBILITÉ ?

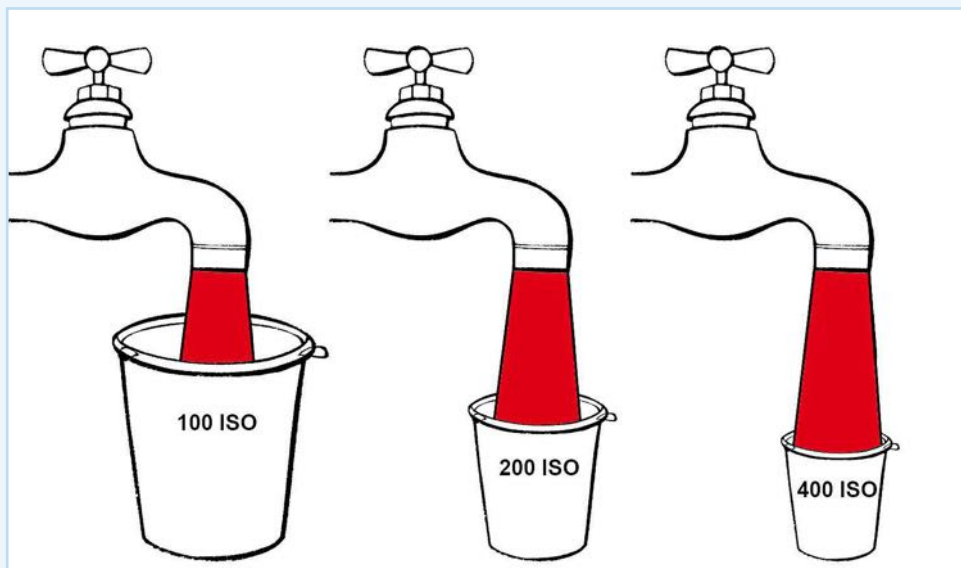
Dans cette analogie, la sensibilité correspond, on l'a dit, au volume du seau. À chaque fois qu'on double la sensibilité, le volume du seau est deux fois plus faible: il se remplit beaucoup plus vite (ou avec un plus faible débit).



*La sensibilité correspond au volume que contient le seau. On peut le remplir à ras-bord en réglant le débit et la durée d'ouverture du robinet. Pour cela, on dispose de nombreuses solutions: soit on ouvre le robinet à fond et on le laisse ouvert pendant très peu de temps... soit on laisse couler un très faible filet d'eau (voire même du goutte-à-goutte) pendant très longtemps.*



*Qu'on remplisse le seau avec un faible débit pendant très longtemps ou à gros flots pendant quelques instants, on peut se débrouiller pour que le volume d'eau total qui coule soit le même (celui du seau). De la même façon, on peut exposer pendant un très court temps d'exposition quand le diaphragme est très ouvert... et pendant une longue durée quand le diaphragme est très fermé.*



*Plus le volume du seau est faible (la sensibilité élevée), moins il y a besoin d'eau: on peut le remplir moins longtemps (plus faible durée d'exposition) ou avec un débit plus faible (plus petit diaphragme).*

# Q38 QU'EST-CE QUE LE MODE D'EXPOSITION?

*Pas facile de choisir les trois paramètres d'exposition pour chaque prise de vue!  
La photographie, c'est aussi bien souvent réagir vite, et le fait de régler un à un chaque  
« levier » de l'exposition peut conduire à rater pas mal de photos!*

Heureusement, l'appareil est là pour apporter des solutions. En fonction de la mesure de l'exposition qu'il a réalisée, il est en effet capable de choisir seul un ou plusieurs paramètres. En mode Programme (P), par exemple, il choisit tous les paramètres (ouverture de diaphragme, vitesse d'obturation). On peut également souhaiter garder le contrôle sur un des paramètres :

- en mode priorité à l'ouverture (A ou Av), on règle l'ouverture et l'appareil choisit la vitesse d'obturation,
  - en mode priorité à la vitesse (S ou Tv), on règle la vitesse d'obturation et l'appareil choisit l'ouverture de diaphragme.
- On peut également choisir de garder la main sur tous les paramètres et le mode manuel (M) est alors tout indiqué.

Concernant la sensibilité, les choses sont un peu plus complexes. En effet, bien souvent on règle souvent ce paramètre avant chaque séquence de prise de vue, en fonction de la luminosité ambiante : 100 ISO en plein jour, 1600 ISO au coucher de soleil, etc. Et non pas à chaque prise de vue, ce qui prendrait trop de temps pour un bénéfice souvent mineur. Mais on peut également laisser l'appareil choisir la sensibilité. Les appareils disposent désormais d'un choix de la « sensibilité auto ». Ce réglage est paramétrable : on peut en effet choisir la sensibilité maximale que l'appareil peut sélectionner, par exemple (pour limiter le bruit dans l'image). Cette option est utile en mode programme : l'appareil a alors toutes les cartes en main pour optimiser les paramètres en fonction de sa mesure de l'exposition...



## MODE P (PROGRAMME)

*Quand il s'agit de réagir vite, on peut laisser l'appareil choisir les paramètres. Ici, son choix 1/80 s à f:4,5 (pour 100 ISO) permet d'assurer une netteté suffisante.*





### **MODE A (OUVERTURE)**

Pour cette photo, ce qui importe, c'est de maintenir l'arrière-plan flou et donc contrôler la profondeur de champ. En mode A (Av), j'ai donc choisi une ouverture de f:5,6. L'appareil a choisi une vitesse de 1/60 s (à 100 ISO)



### **MODE S (VITESSE)**

Il fallait absolument fixer une vitesse d'obturation élevée pour que le surfeur soit parfaitement net. En mode S, j'ai donc choisi une vitesse de 1/2500 s. L'appareil a alors choisi une ouverture de f:4 (à 100 ISO).



### **MODE M (MANUEL)**

En studio avec des flashes, on contrôle tous les paramètres et le plus simple est de régler l'appareil en mode M. Ici, j'ai choisi 1/60 s à f:16 (pour 400 ISO).





# CE QUE VOUS APPRENDREZ DANS CES PAGES

- 52 Quels sont les différents types de viseurs ?
- 53 Comment fonctionne un viseur télémétrique ?
- 54 Qu'est-ce qu'un viseur TTL ?
- 55 Qu'est-ce qu'un appareil SLT ?
- 56 Quels sont les avantages de la visée reflex ?
- 57 Et quels en sont les inconvénients
- 58 Pentaprisme ou pentamiroir ?
- 59 Quel est le rôle de l'oculaire ?
- 60 Qu'est-ce que le grossissement d'un viseur ?

- 61 Les appareils argentiques ont-ils un meilleur grossissement ?
- 62 Comment fonctionnent les viseurs électroniques ?
- 63 Qu'est-ce qu'un EVF ?
- 64 Quels sont les écrans utilisés ?
- 65 Qu'est-ce que le focus peaking ?
- 66 Faut-il préférer la visée optique ou électronique ?
- 67 Qu'est-ce qu'un viseur hybride ?

# Contrôler la visée

La fonction d'un viseur est de cadrer l'image. Divers systèmes permettent d'obtenir une idée plus ou moins précise du cadre exact de la photo qu'on obtiendra au final. Mais les viseurs modernes possèdent d'autres fonctions : vérification de la mise au point, informations diverses sur la prise de vue.



# Q39 QUELS SONT LES DIFFÉRENTS TYPES DE VISEURS ?

*Les viseurs ont évidemment grandement progressé depuis les débuts de la photographie. Ils sont devenus de plus en plus précis et de plus en plus lumineux. Mais le principe de base n'a guère évolué !*



*Le viseur à visée indirecte le plus basique : une simple fenêtre pyramidale qui indique vaguement le cadrage...*

On distingue deux grands types de viseurs : ceux à visée directe et ceux à visée... évidemment indirecte. Commençons par ces derniers qui ne sont quasiment plus utilisés, sauf sur quelques appareils particuliers. Un viseur indirect vise la scène sans tenir compte de ce qui parvient

réellement à l'objectif. Le meilleur exemple est celui qu'on utilisait dans les appareils jetables : il s'agissait d'un simple « trou » situé au dessus de l'objectif et qui donnait une vague idée de ce qui serait photographié. On trouve également parfois des viseurs « sportifs » qui se composent d'un simple cadre fixé au dessus de l'appareil. Ils permettent de viser en laissant l'œil loin de l'appareil et trouvent donc leur utilité en plongée sous-marine, par exemple, ou pour les photographes qui portent un casque sur une moto afin de photographier des cyclistes... Progressivement, on a amélioré ce type de visée en lui ajoutant un système optique, éventuellement couplé à la distance réglée sur l'objectif et/ou à la focale utilisée. C'est ce type de viseur qu'on trouvait sur les compacts argentiques et qui est toujours d'actualité sur les Leica M. Enfin, on trouve dans cette catégorie les viseurs des reflex bi-objectifs type Rolleiflex : le système de visée est certes évolué (il comporte un miroir et un dépoli) mais ne passe pas par l'objectif : il subsiste une erreur de cadrage à courte distance (même si des repères permettent, en partie, de la compenser)...

*Sur ce Lomo Instant Wide, le viseur est très décentré par rapport à l'axe optique : malgré le système optique qui le compose, la visée reste très imprécise à courte distance.*



*Même si le principe est archaïque, la visée sur le dépoli d'une chambre est de type TTL !*

## LA VISÉE TTL

Le visée directe est souvent dite TTL (Through The Lens) : le photographe va cadrer en utilisant l'image qui passe à travers l'objectif et qui correspond exactement à ce qui sera photographié. C'est beaucoup plus précis ! Les viseurs directs sont multiples et couvrent toutes les époques de la photographie. On trouve en effet dans cette catégorie aussi bien la visée sur dépoli d'une chambre photographique, la visée reflex sur dépoli des moyens-formats type Hasselblad, la visée des reflex argentiques et numériques... et la visée électronique des compacts, bridges et hybrides numériques ! On est certes passé d'une visée optique à une visée sur écran électronique mais le principe reste le même : on observe l'image qui passe à travers l'objectif !

# Q40 COMMENT FONCTIONNE UN VISEUR TÉLÉMÉTRIQUE ?

*Les appareils télémétriques régnaient sur le monde de la photo avant l'arrivée des reflex. Aujourd'hui, même si on trouve des hybrides ou compacts numériques qui en ont l'aspect, il n'y a désormais plus que Leica qui tient encore le flambeau.*

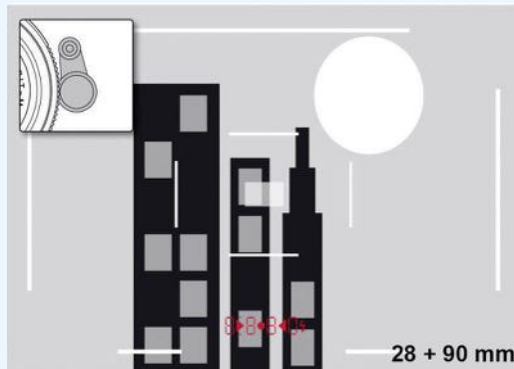
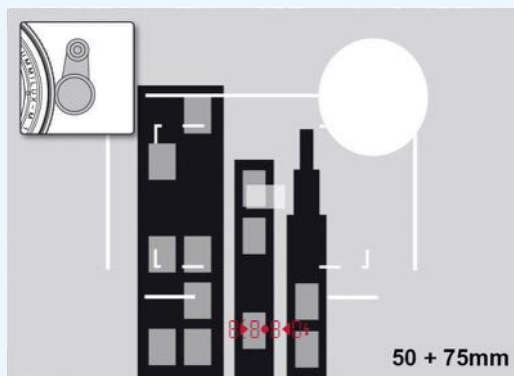
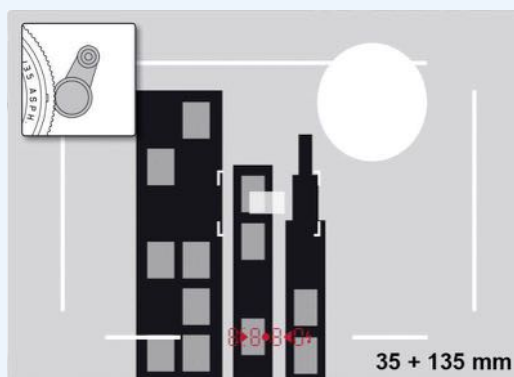
On parle de «viseur télémétrique» mais le système télémétrique n'a rien à voir avec la visée: il s'agit simplement d'une aide à la mise au point... et pas du système de cadrage qui fait appel à des cadres collimatés! Les appareils télémétriques possèdent donc un «viseur direct avec assistance télémétrique à la mise au point»! Bref.

La vision que l'on a de la scène ne passe pas par l'objectif: elle est donc très lumineuse car elle n'est pas assombrie par les diverses lentilles et le diaphragme... mais elle est décalée par rapport à ce qui sera réellement enregistré. C'est ce qu'on appelle l'erreur de parallaxe: si le système est bien fait, le cadrage est correct à grande distance... mais il est notablement erroné à courte distance. Le viseur des Leica intègre donc un correcteur de parallaxe intégré: le cadre qui correspond au champ visé se déplace dans le viseur en fonction de la distance de mise au point. Mais jusqu'à 70 cm environ! Dans un viseur de Rolleiflex, il s'agit d'une vague indication à courte distance. La visée directe n'est pas compatible avec la photo à courte distance.

## GROSSISSEMENT FIXE!

Autre point important: sur un Leica, le grossissement du viseur ne s'adapte pas à la focale qui est montée sur le boîtier. On ne cadre donc pas, comme sur un reflex, ce qui sera sur l'image... mais un peu – à beaucoup – plus! Les Leica argentiques sont ainsi proposés en trois versions de grossissement:  $\times 0,58$ ,  $\times 0,72$  et  $\times 0,85$ . On verra que plus le grossissement est élevé, plus l'image est grande dans le viseur. Et comme tout est affaire de compromis, plus le grossissement est élevé, moins le champ cadré est large. On conseille donc généralement le viseur  $\times 0,58$  pour une utilisation principale avec des courtes focales (28 à 35 mm), le  $\times 0,85$  pour les longues focales (90 à 135 mm)... et le «standard» ( $\times 0,72$ ) pour les focales normales (35 à 75 mm). Le premier M (le M3) avait, quant à lui, un très fort grossissement ( $\times 0,91$ ): il permettait de viser les deux yeux ouverts sans qu'il y ait un gros décalage au niveau de

l'image vue (à grande distance): celle observée à travers le viseur se «fondait» dans la scène réelle, observée à l'œil nu. Mais cela le limitait à des focales assez élevées. Henri Cartier-Bresson travaillait au M3... avec un 50 mm. Aujourd'hui, les M numériques sont disponibles en une seule version: le dernier M10 possède par exemple un grossissement de visée (standard) de  $\times 0,73$ .



*Les cadres qui permettent de viser dans le viseur d'un Leica M fonctionnent par paires et correspondent à un couple de focales. L'image vue dans le viseur est identique quel que soit l'objectif monté... mais celui-ci actionne des cadres dans le viseur: 35/135 mm, 50/75 mm ou 28/90 mm. Bien entendu, avec des focales très élevées, l'appréciation du cadrage exact est très difficile car les repères sont minuscules au milieu du viseur!*

# Q41 QU'EST-CE QU'UN VISEUR TTL ?

*Dès le début du XX<sup>e</sup> siècle, beaucoup d'appareils possédaient un miroir permettant de former l'image sur un « dépoli ». Mais c'est après la seconde guerre mondiale que les reflex ont réellement pris leur essor.*

On peut dire que l'ère des « reflex » - au sens où on l'entend aujourd'hui - débute avec le Gamma Duflex (appareil hongrois) de 1947, qui possédait le premier miroir à retour instantané. Le terme « reflex » fait uniquement référence à ce système de visée... qui intègre dans son chemin optique un miroir placé devant l'obturateur. En fait, l'origine du terme vient du « miroir reflex » de Pentax. On emploie souvent, à tort, le terme « reflex » pour désigner les appareils photo à objectifs interchangeables ou les appareils ayant une vague protubérance au niveau de la visée... Il s'agit donc d'un système qui récupère l'image ayant traversé l'objectif (c'est donc une visée de type TTL – Through The Lens) pour la focaliser sur un verre de visée dépoli. Cette « récupération »

s'effectue à l'aide d'un miroir positionné dans la chambre de l'appareil, à 45°.

Les plus connus sont les reflex à un seul objectif (« mono-objectifs ») comme les appareils petit format (APS-C ou 24x36). Mais les moyens-formats (type Hasselblad), ainsi que des reflex bi-objectifs (comme les Rollei-flex) sont également des reflex puisqu'ils possèdent un miroir. Ce dernier système est caractéristique : la visée est reflex... mais indirecte puisqu'elle n'est pas TTL (l'image de visée diffère donc de l'image de prise de vue). Vous suivez ? On le voit, la visée reflex est présente dans de nombreux systèmes, très différents les uns des autres.

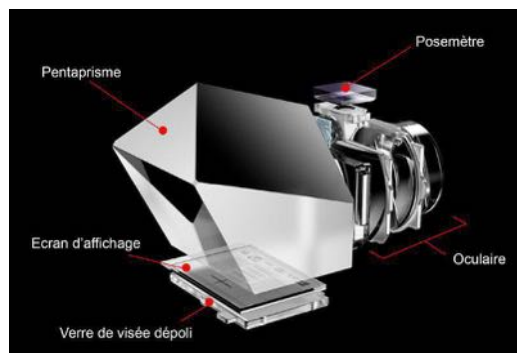
## UN SYSTÈME OPTIQUE COMPLEXE...

Ce miroir sert donc à renvoyer l'image vers un verre de visée dépoli, placé dans la partie supérieure de la chambre, et sur lequel l'image se forme. Ce dépoli doit évidemment être le plus lumineux possible... mais doit quand même être granuleux pour que l'image puisse se former dessus ! D'ailleurs, plus le dépoli sera granuleux, meilleure sera l'appréciation de la netteté (mais plus l'image sera sombre)... Les verres de visée moderne, à la gravure laser, constituent un excellent compromis entre luminosité, précision et finesse. Par contre, il faut remarquer qu'avec ce système, l'image est inversée droite-gauche sur le dépoli ! En fait, c'est l'objectif qui inverse complètement l'image, le miroir, lui la redresse dans le sens haut-bas... mais il reste l'inversion droite-gauche ! C'est ce qu'on constate quand on baisse les yeux vers le dépoli d'un Hasselblad. Sur les reflex petit format, un prisme redresseur surmonte donc ce dépoli pour redresser cette image... L'image, une fois redressée, est reprise par un système optique comprenant des lentilles, appelé oculaire. Cet oculaire sert à observer l'image formée sur le dépoli et cadrée par l'objectif. Ce système est assez complexe et on verra que chaque élément peut être optimisé pour procurer une image de visée quasi parfaite...

*Coupe d'un reflex 24x36. Le miroir à 45° situé dans la chambre d'exposition renvoie l'image de visée vers le verre de visée.*



*Légende (54-système.jpg) Le système optique du viseur est complexe : on comprend que l'excroissance au dessus des reflex est un point névralgique... fragile !*





# Q42 QU'EST-CE QU'UN APPAREIL SLT?

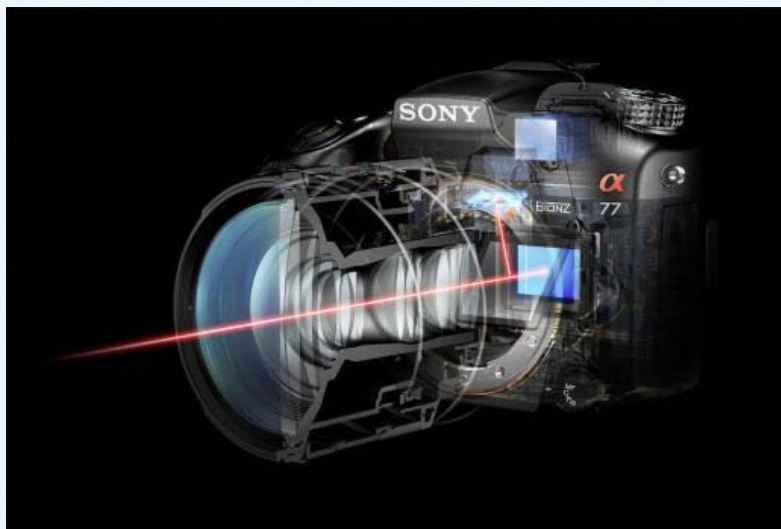
Pour effectuer la prise de vue, il faut évidemment relever le miroir. Cette opération s'effectuait manuellement à l'origine: avant le déclenchement, il fallait relever le miroir pour pouvoir prendre la photo... puis le redescendre après l'exposition pour pouvoir viser à nouveau. C'est ce qu'on appelle l'occultation de visée pendant le déclenchement... occultation qui demeure aujourd'hui même si, évidemment, le cycle de montée-descente du miroir s'est automatisé. En appuyant sur le déclencheur, le miroir se relève, puis redescend dès que le cycle d'obturation est terminé. Cela prend évidemment du temps... Beaucoup trop de temps lorsqu'on veut photographier en rafale! Le cycle de déclenchement - c'est à dire le temps entre le moment où on appuie sur le déclencheur et celui où l'appareil est de nouveau prêt à déclencher - est en effet de l'ordre de 100 ms (millisecondes). Et il est fortement grevé par le temps de montée et de descente du miroir!

Certains reflex possèdent donc un miroir fixe! Comme le chemin vers le capteur est alors obstrué, le miroir est semi-transparent... Plutôt que de le remonter avant la prise de vue, on photographie à travers! Une partie de la lumière est donc dirigée vers la surface sensible (protégée - en dehors de la période de déclenchement - par l'obturateur) et une autre est redirigée vers le verre dépoli. Généralement, ce miroir laisse passer environ 2/3 de la lumière vers la surface sensible. L'inconvénient est que la visée (qui ne reçoit donc plus qu'1/3 de la lumière environ) est assez sombre. L'autre problème est qu'il faut maintenir le miroir propre... sinon des tâches apparaîtront sur l'image! Ce système a été employé dans quelques appareils argentiques professionnels, dont le Canon EOS 1N RS de 1994.

*Le Canon EOS 1N RS était identique au modèle professionnel EOS 1N argentique. Le fait que son miroir soit fixe et semi transparent (il transmettait 65% de la lumière) permettait de réduire son temps de réaction à 6 millisecondes (contre une cinquantaine pour l'EOS 1 N)... et d'augmenter la cadence de prise de vue à 10 images par seconde (6 pour la version standard)*

## ET EN NUMÉRIQUE?

En numérique, Sony a adopté en 2010 ce système sur certains de ses modèles Alpha (série 30, 50, 70 et 99) avec la série SLT (Single-Lens Translucent). Ils possèdent un miroir semi-transparent, qui laisse passer une grande partie de la lumière vers le capteur. La partie réfléchie de la lumière TTL provenant de l'objectif ne sert toutefois pas à la visée (qui reste électronique - elle se sert de la lumière traversant le miroir et arrivant sur le capteur) mais au système autofocus.



*Les Sony Alpha de la gamme SLT possèdent aussi un miroir fixe semi-réfléchissant mais la fraction de la lumière réfléchie ne sert qu'au système de mise au point.*



## Q43 QUELS AVANTAGES POUR LA VISÉE REFLEX ?

*La visée reflex s'est généralisée sur les appareils de petit format pour sa convivialité. Le système est pratique, automatique et rapide à mettre en œuvre. Il permet, de plus, d'accéder à des domaines de prise de vue inaccessibles aux autres systèmes.*



*Le miroir, visible lorsqu'on enlève l'objectif des reflex, est un organe assez fragile: il ne faut jamais le toucher... et il protège l'obturateur!*



*Le Fuji X-T1 possède un look de reflex... mais il ne l'est pas puisqu'il ne dispose pas de miroir. Par contre sa visée est directe: on observe, dans le viseur, exactement l'image (électronique) qui sera réalisée. Cela autorise l'utilisation d'objectifs macro, contrairement aux appareils à visée indirecte qui ne peuvent accéder aux très courtes distances de prise de vue.*

On l'a vu, l'introduction du miroir a permis de pouvoir cadrer précisément: on visualise exactement ce qui sera photographié. Il faut toutefois relativiser cette « couverture »: bien peu de reflex affichent 100 % de l'image qui sera prise. Pour éviter que le système ne devienne trop volumineux, on rogne un peu sur les bords... et l'image vue ne correspond souvent qu'à 95 %, au mieux, de la photo finale... Reste que l'erreur de parallaxe – qui correspond au décalage entre la visée et l'image finale à courte distance – (et qui affecte notablement les appareils à visée indirecte à courte distance), est annulée. On peut ainsi accéder aux très courtes distances de prise de vue, notamment à la macrophotographie (impossible avec un appareil à visée indirecte).

Autre avantage: comme le verre dépoli est placé à la même distance optique que la surface sensible, cela permet d'effectuer en même temps la mise au point: si l'image est nette sur le dépoli, elle le sera sur la photo. Cette caractéristique permet d'effectuer la mise au point manuellement: on tourne la bague de l'objectif jusqu'à ce que l'image soit nette sur le dépoli du viseur. Aujourd'hui, cela permet de contrôler que la mise au point autofocus s'est correctement déroulée.

### OBJECTIF LOUPE

Dernier avantage: le miroir fait office de protection de l'obturateur (placé devant la surface sensible). Sans lui, en effet, cet organe est exposé directement (et en permanence) aux rayons issus de l'objectif. Vous connaissez tous l'expérience de la loupe qui enflamme un brin de paille... Un appareil sans miroir laissé trop longtemps pointé vers le soleil risque tout simplement de détruire l'obturateur, l'objectif faisant office de loupe! Les possesseurs de Leica M à obturateur en toile connaissent bien le phénomène... et n'oublent jamais de remettre le bouchon d'objectif avant pour l'éviter! Le miroir n'en reste pas moins un organe fragile, qu'il ne faut surtout pas toucher!

# Q44 ET QUELS EN SONT LES INCONVÉNIENTS?

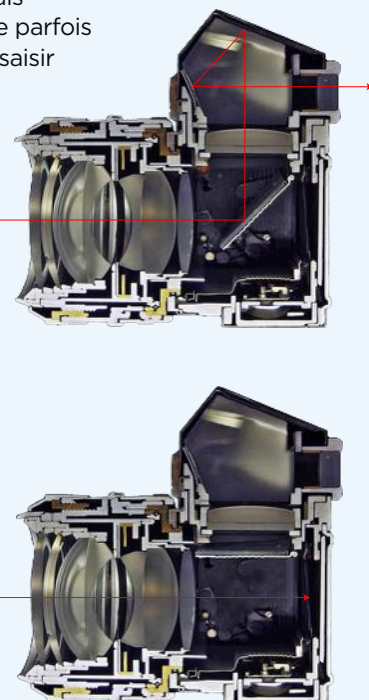
*Si le miroir ne s'est pas complètement imposé dans tous les systèmes photographiques, c'est que sa présence a de sérieuses conséquences, notamment sur l'encombrement des boîtiers! C'est d'ailleurs ce qui fait le succès actuel des hybrides, non contraints par ce miroir reflex!*

Ce miroir à 45° est avant tout très encombrant! Pour un format 24x36, par exemple, il occupe au minimum 25 mm en profondeur (avec sa mécanique) au milieu de la chambre... auxquels il faut ajouter un obturateur, une baïonnette, etc. Résultat: entre la surface d'appui de la baïonnette et le capteur, il est difficile de descendre en dessous de 42 mm. C'est ce qu'on appelle le «tirage mécanique» qui atteint jusqu'à 46,5 mm sur un reflex 24x36 Nikon! Cela grève fortement l'encombrement des boîtiers. En comparaison, le tirage mécanique d'un Fuji X (sans miroir) n'est que de 17,7 mm. Pour un reflex 6x6 comme l'Hasselblad, ce tirage mesure près de 75 mm! Les reflex mono-objectifs sont donc assez volumineux du fait de la présence de ce miroir. Cela a d'ailleurs posé quelques problèmes aux opticiens, au début, pour créer des focales inférieures à une cinquantaine de millimètres! Il a fallu inventer de nouvelles formules optiques appelées «rétrofocus» pour satisfaire à la contrainte de ce tirage mécanique long. Le tableau ci-dessous indique le tirage de quelques systèmes photographiques. Dans les reflex mono-objectifs, il est, de

plus, nécessaire de soumettre le miroir à un cycle de montée-descente pour autoriser les rayons lumineux à atteindre la surface sensible et réaliser la prise de vue. On a vu que ce cycle induisait un retard au déclenchement: il faut bien laisser au miroir le temps de remonter! De plus, cet aller-retour, mécanique, est souvent bruyant et génère des vibrations lors du «choc» du miroir sur la carcasse de l'appareil en milieu et en fin de cycle. Pour les poses lentes, il est alors nécessaire de travailler sur pied, voire... de relever le miroir juste avant la prise de vue (option permise par certains reflex haut de gamme) pour éviter toute vibration, celle-ci risquant de générer un flou sur l'image! Plus fondamentalement, le principal reproche que l'on peut faire aux systèmes reflex mono-objectifs est que l'on ne voit jamais la photo que l'on réalise. En effet, pendant la prise de vue, le miroir est en position haute et masque le verre dépoli: le viseur est «noir». On voit la scène juste avant et juste après (quand le miroir est redescendu)... mais jamais à l'instant T! Ce qui occasionne parfois quelques déceptions quand on a cru saisir l'expression fugace d'un portrait...

*Pendant la prise de vue, le miroir remonte et obstrue la visée: le viseur est noir. On ne voit jamais ce qu'on photographie exactement avec un reflex!*

Marque	Type	Baïonnette	Tirage mécanique
Fuji	Hybride	X	17,70 mm
Sony	Hybride	E, FE	18,00 mm
Olympus, Panasonic	Hybride	Micro-4/3	19,25 mm
Leica	Hybride	M	27,80 mm
Canon	Reflex	EOS	44,00 mm
Sony	Reflex	A	44,50 mm
Pentax	Reflex	K	45,50 mm
Nikon	Reflex	F	46,50 mm





# Q45 PENTAPRISME OU PENTAMIROIR?

*On a vu que le rôle du pentaprisme était de redresser l'image qui est inversée droite-gauche sur le verre dépoli des appareils reflex. Deux techniques sont disponibles dans les appareils : les pentaprismes en verre et les pentamiroirs.*

Un objectif inverse le sens d'une image : le haut se retrouve en bas et la droite est à gauche. Et inversement... L'image qui arrive sur la surface sensible (film ou capteur) est donc complètement retournée. Cela n'a pas d'importance : on retournera la diapositive pour la regarder, on laissera le négatif tel-quels dans l'agrandisseur (dont l'objectif va également retourner l'image) et le logiciel interne de l'appareil se charge de retourner l'image d'un appareil numérique. Mais pour la visée optique, il faut intégrer des systèmes redresseurs afin d'avoir une visée correcte ! Le miroir des reflex redresse déjà l'image dans le sens haut-bas. Un système complémentaire va le coiffer pour redresser l'image dans le sens droite-gauche : c'est le pentaprisme (ou pentamiroir).

Le prisme joue sur la capacité de réflexion totale de la lumière par une surface verre-air, en fonction de l'angle d'incidence. Ceci est une conséquence d'une des lois de Descartes : quand un rayon lumineux, se déplaçant dans le verre, arrive sur une surface composée d'air, il se réfléchit totalement (comme sur un miroir) si son angle d'incidence (par rapport à la surface) est supérieur à  $41^\circ$  environ. S'il arrive avec une incidence moindre, il sera transmis (c'est ce qui arrive dans les lentilles des objectifs... qui laissent fort heureusement passer la lumière !) Le pentaprisme est un système en verre qui va permettre aux rayons lumineux de

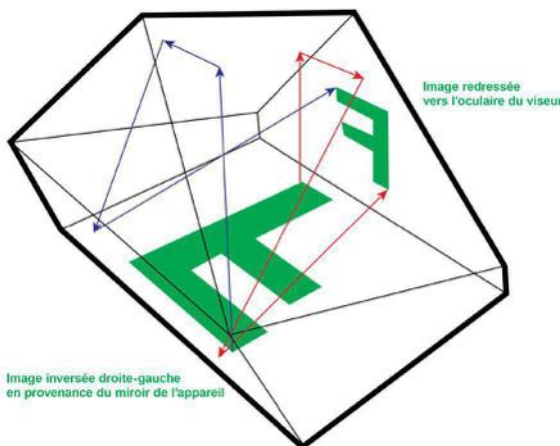


*Le pentaprisme est préférable sur les modèles pro car il résistera dans le temps. Mais le pentamiroir est quasiment aussi précis et lumineux.*

se réfléchir intégralement sur trois de ses faces et de s'inverser droite-gauche.

Les reflex professionnels, ou ceux destinés aux experts, possèdent généralement un prisme en verre tandis que les reflex d'entrée de gamme possèdent un système identique mais composé de simples miroirs (la réflexion est également quasi-totale). La différence de luminosité, souvent évoquée, est vraiment mineure : le pentamiroir transmet plus de 92 % de la luminosité tandis que le pentaprisme est proche de 100 %. L'écart est pratiquement impossible à déceler ! La différence entre les deux s'apprécie en fait dans la durée. Avec le temps, les miroirs sont en effet plus sensibles aux déformations (mécaniques, thermiques...) qui peuvent altérer la planéité des surfaces, aux décalages les uns par rapport aux autres, voire au « ternissement » de la surface aluminée. De la même façon, des poussières peuvent, à la longue, entrer dans le logement des miroirs et se voir dans le viseur. Un pentamiroir est donc moins « pro »... mais moins lourd et surtout bien moins cher à fabriquer ! Et globalement, il est tout aussi efficace tant que l'appareil n'est pas trop ancien ni trop chahuté !

*Le pentaprisme inverse l'image dans le sens droite-gauche. Comme elle avait déjà été inversée haut-bas par le miroir, elle est complètement redressée avant d'arriver dans l'oculaire.*



# Q46 QUEL EST LE RÔLE DE L'OCULAIRE ?

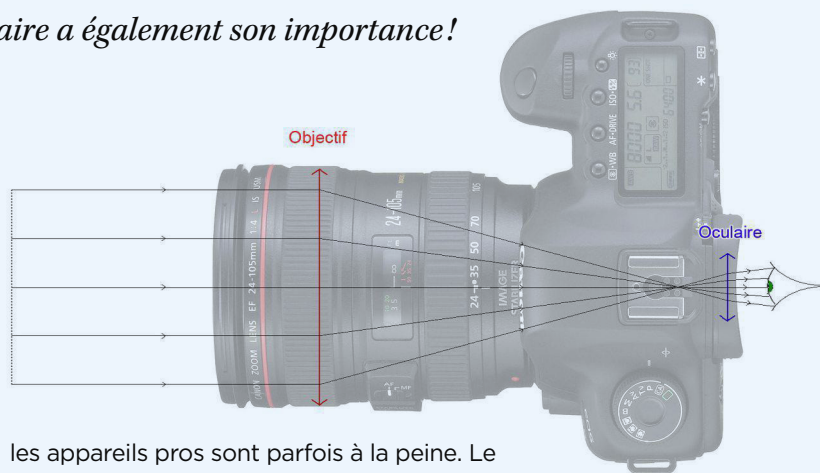
*Les deux principales caractéristiques d'un viseur sont son grossissement et sa couverture. Plus l'image est grande, mieux on en voit les détails... et plus la visée est agréable. Mais l'oculaire a également son importance !*

L'oculaire est un objectif qui fonctionne comme une loupe : il récupère l'image issue du prisme et va la projeter vers l'avant, à l'infini. Il s'agit d'une image virtuelle (elle n'est pas projetée sur un écran) : c'est comme si on observait une image aérienne à une distance confortable pour l'œil. Notons au passage qu'utilisé dans cette configuration, l'oculaire n'inverse pas l'image, contrairement à un objectif de prise de vue.

## DÉGAGEMENT OCULAIRE

Un paramètre important pour l'oculaire est son dégagement oculaire (DO – certains parlent de « relief d'œil »... comme pour souligner une mauvaise traduction de l'anglais « eye relief » !). Il correspond à la distance maximale entre la dernière lentille de l'oculaire du viseur et la position de l'œil, de telle sorte que celui-ci puisse voir l'intégralité de l'image. En clair, en plaçant sa rétine à une distance inférieure au DO, on voit l'ensemble de l'image. Par contre, si on place l'œil plus loin, on ne voit plus que le centre. Cette distance a donc une grande importance... quand on porte des lunettes de vue (ou de soleil...) ! En effet, celles-ci ont une certaine épaisseur qui oblige l'œil à reculer par rapport à l'oculaire. Si le DO est trop faible, le fait de porter des lunettes empêche donc de voir l'ensemble de l'image. Généralement, on conseille donc de choisir un appareil ayant un DO de 20 mm au moins si vous portez des lunettes. Malheureusement, rares sont les appareils qui dépassent 15 à 17 mm... et même

*Le correcteur dioptrique se présente sous la forme d'une molette ou d'un curseur à régler pour adapter l'oculaire à sa vue.*



les appareils pros sont parfois à la peine. Le dégagement oculaire de l'EOS 1Dx MkII par exemple, est tout juste de 20 mm !

## LE CORRECTEUR DIOPTRIQUE

Si vous possédez un appareil à faible DO et que vous portez des lunettes, vous avez donc intérêt à les enlever... et à corriger le viseur en vous servant du correcteur dioptrique (si votre appareil en possède un) pour adapter l'oculaire à votre vue. Ce n'est toutefois pas une panacée : le correcteur dioptrique (qui est limité à une certaine plage de correction – en dioptries, voir votre ordonnance !) ne corrige pas, par exemple, l'astigmatisme ! Pour régler le correcteur dioptrique, il faut tourner une petite molette (ou un poussoir) située près de l'oculaire. En pratique, on se rend compte qu'il y a beaucoup de positions pour lesquelles ces repères sont nets... car l'œil accommode quand même pour qu'ils soient toujours nets. Si le correcteur est mal réglé... l'œil va donc se fatiguer en permanence pour que la visée soit nette. Le mieux est donc de régler le correcteur pour que l'image vue soit projetée à l'infini. Pour y parvenir, il faut enlever l'objectif et pointer une surface claire et unie (le ciel par exemple) et régler le correcteur en gardant les deux yeux ouverts. L'œil gauche va ainsi accommoder à l'infini... forçant ainsi l'œil droit à focaliser, lui aussi, à l'infini. On peut alors régler le correcteur dioptrique pour que les repères gravés sur le dépoli (ceux de mise au point par exemple) soient nets.

*L'oculaire récupère l'image de visée, focalisée sur le verre dépoli.*

# Q47 QU'EST-CE QUE LE GROSSISSEMENT?

L'objectif réduit les objets photographiés pour les ramener à la taille du capteur. L'oculaire du viseur, lui, agrandit l'image du dépoli pour qu'on puisse en apprécier tous les détails. On définit le grossissement comme étant le rapport de taille entre l'image vue à travers le viseur et l'objet réel. Si, par exemple, on voit une image ayant la même taille apparente que le sujet, on dit que le grossissement est de x1. Avec ce viseur, on peut viser les deux yeux ouverts : l'image réelle vue par l'œil gauche sera de même taille que celle vue à travers le viseur de l'appareil par l'œil droit. Un grossissement de x0,5 donne, quant à lui, une image deux fois plus petite que la réalité. Plus le grossissement est élevé, meilleure sera évidemment l'appréciation de la scène photographiée.

Schématiquement, on considère qu'on a une visée agréable lorsque le grossissement réel est supérieur à x0,70.

Optiquement, le grossissement est égal à la focale de l'objectif de prise de vue divisée par la focale de l'oculaire. Pour pouvoir comparer les appareils entre eux, les fabricants indiquent toujours le grossissement de visée avec un objectif de prise de vue de 50 mm. Ce choix a biaisé les comparaisons avec les reflex à petits capteurs. En effet, le 50 mm ne correspond plus à la focale standard du système... mais à un petit téléobjectif avec un appareil APS-C. Il faut donc diviser le grossissement annoncé par le facteur de recadrage du capteur (c'est à dire le coefficient de focale, voir page 109) pour pouvoir comparer les appareils entre eux.

*Plus le grossissement est élevé, plus l'image paraîtra grande dans le viseur : le cadrage est le même mais les détails seront plus gros et l'appréciation globale de l'image sera bien plus confortable.*



Pour être complètement juste, il faut également tenir compte du fait que le viseur possède une certaine couverture (qui s'exprime en pourcentage de l'image effectivement cadrée). Ce facteur va limiter le champ réellement vu à travers le viseur... et par là même le grossissement réel perçu. Au final, on comparera les appareils avec le grossissement réel du système :  $G_{\text{réel}} = G_{\text{viseur}} \times \text{couverture (\%)} / \text{coefficient de focale}$ .

Appareil	G-viseur	Coeff focale	Couverture	G-réel
Sony A99 II	x0,78	1	100%	x0,78
Canon EOS 1Dx MkII	x0,76	1	100%	x0,76
Nikon D850	x0,75	1	100%	x0,75
Nikon D5	x0,72	1	100%	x0,72
Sony A9	x0,78	1	100%	x0,78
Canon EOS 6D MkII	x0,71	1	98%	x0,69
Pentax KP	x0,95	1,5	100%	x0,63
Nikon D7500	x0,94	1,5	100%	x0,63
Canon EOS 200D	x0,87	1,6	95%	x0,52

Le tableau ci-contre classe quelques appareils actuels en fonction de leur grossissement réel. On le voit, il faut bien tenir compte des trois paramètres pour arriver à classer les viseurs ! Rares sont les reflex à avoir un grossissement réel supérieur à x0,70 ! Et cette donnée est importante : plus le grossissement est faible, plus on a un effet « trou de serrure » prononcé ! Il faut donc se méfier du grossissement annoncé pour les appareils amateurs à capteur APS-C, qui avoisinent souvent l'unité. Les constructeurs indiquent d'abord le grossissement avec un 50 mm et leur couverture est généralement de l'ordre de 95% : le grossissement réel est donc souvent très faible !



# Q48 LES BOÎTIERS ARGENTIQUES ONT-ILS UN MEILLEUR VISEUR?



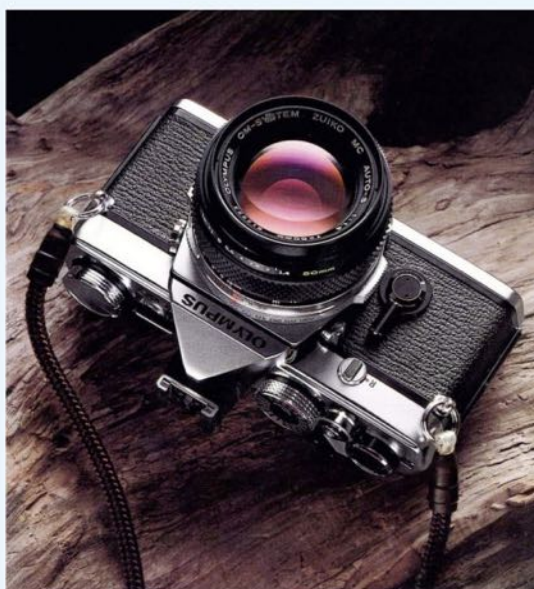
*L'écart à certes tendance à se réduire, mais les appareils argentiques de même gamme possédaient un plus fort grossissement que les numériques. La différence s'amenuise... mais reste réelle.*

Globalement... oui! En effet, même s'il faut éviter de généraliser et s'il faut regarder catégorie par catégorie, on se rend compte que l'image de visée (optique) des reflex numériques modernes est plus petite que celle de leurs homologues argentiques... Si on prend l'exemple des reflex Nikon actuels et qu'on les compare à la dernière génération de boîtiers argentiques, l'écart est réel (voir le tableau ci-contre). Au niveau des records, le reflex ayant eu le plus fort grossissement est l'Olympus OM-1: son grossissement optique était de  $\times 0,92$ ... légèrement plus élevé encore que celui du mythique Leica M3! Son grossissement réel était toutefois de  $\times 0,8$  compte-tenu de sa couverture.

## DES RAISONS VALABLES!

Cet écart peut toutefois se justifier: les viseurs des anciens boîtiers ne disposaient que de très peu d'informations à afficher. Par exemple, si on reprend le cas de l'Olympus OM-1, le viseur ne comportait qu'une petite aiguille (en bas à gauche) pour indiquer le niveau d'exposition. Ainsi le viseur était entièrement dédié au cadrage et à la mise au point: tout était centré sur le dépoli. Les viseurs modernes doivent intégrer de nombreuses informations dans des ACL situés en bas, en haut et parfois également sur les côtés de la plage de visée. Le viseur doit évidemment reprendre toutes ces informations... ce qui revient à diminuer le grossissement de l'image! La pertinence de la présence de toutes ces informations est discutable... mais c'est une autre histoire.

Gamme	Boîtier	Grossissement réel
Pro	Nikon D5	$\times 0,72$
	Nikon F5	$\times 0,75$
Expert	Nikon D750	$\times 0,70$
	Nikon F100	$\times 0,72$
Amateur averti	Nikon D7500	$\times 0,63$
	Nikon F80	$\times 0,69$
Amateur	Nikon D3400	$\times 0,54$
	Nikon F60	$\times 0,67$



*L'Olympus OM-1, grâce à son grossissement proche de l'unité, permettait de photographier confortablement les deux yeux ouverts avec sa focale standard de 50 mm.*

# Q49 COMMENT FONCTIONNE LE VISEUR ÉLECTRONIQUE ?

*Contrairement à la visée classique, qui utilise uniquement des éléments optiques (lentilles, miroirs, dépoli...), la visée électronique utilise les données reçues par le capteur de prise de vue pour les afficher sur un afficheur LCD.*

*La visée LiveView sur écran arrière, en évitant d'avoir à coller l'œil au viseur, permet de trouver des angles de prise de vue intéressants.*



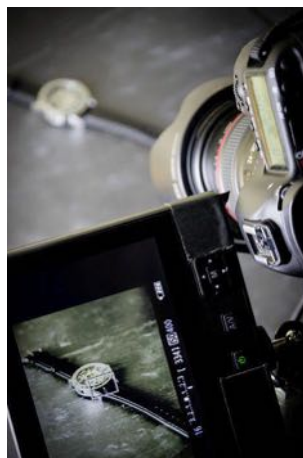
La visée électronique est une évidence en photo numérique ! Puisque les appareils possèdent un écran permettant de visualiser les images réalisées (et enregistrées dans la carte mémoire), il paraît tout naturel que cet écran à cristaux liquides (ACL ou LCD en anglais) serve également à afficher l'image de visée... avant qu'elle ne soit réalisée. Néanmoins, cette transition a pris du temps : afficher une image enregistrée dans la carte mémoire est une chose, montrer en temps réel ce qui arrive sur le capteur en est une autre ! Signalons par exemple que, dans ce schéma de fonctionnement, le capteur « travaille » en permanence et chauffe donc : la visée sur écran s'arrête donc parfois, pour éviter tout risque de surchauffe. On trouve aujourd'hui deux types de visée électronique : la visée sur l'écran arrière de l'appareil (que l'on appellera « LiveView » pour simplifier) ou dans un viseur (EVF, comme Electronic ViewFinder... par opposition à OVF – Optical ViewFinder : viseur optique).

## LE LIVEVIEW

Dans une visée LiveView, l'image passe à travers l'objectif et se forme en direct sur le capteur. L'appareil renvoie alors, après traitement, l'image sur l'écran arrière. Cela a, au passage, changé la position-type du photo-

graphe qui a décollé l'appareil de son œil pour le tenir à bout de bras. Un peu comme avec les smartphones... Les compacts, qui étaient équipés d'une visée indirecte et étaient donc dépourvus de miroir, ont immédiatement basculé vers ce type de visée. En plus d'être intégré à tous les compacts, bridges et hybrides du marché, celui-ci est désormais proposé en complément de la visée optique sur tous les reflex modernes.

Elle trouve en effet son utilité en studio, sur des sujets statiques, lorsqu'on ne veut pas sans arrêt porter l'œil au viseur. A l'extérieur, le LiveView peut également être utilisé pour cadrer depuis des points de vues inaccessibles quand on a l'œil au viseur : prises de vues au ras du sol ou par dessus une foule, l'appareil tenu à bout de bras, par exemple. Ces opérations sont évidemment facilitées lorsque l'écran est monté sur charnières. Notons que l'on peut (selon les appareils) brancher un plus grand moniteur externe (via la prise HDMI ou Audio/vidéo) qui se substituera à l'écran arrière. Enfin, cette visée est indispensable en vidéo (plus aucun appareil ne s'en passe !). La visée LiveView sur l'écran arrière présente toutefois un inconvénient : en plein soleil, l'image est parfois difficilement visible. Il existe donc des caches (incluant parfois une loupe) faisant office de pare-soleil... mais cela se traduit par une excroissance dorsale pas vraiment pratique.



*On peut désormais bénéficier du LiveView sur des moniteurs externes, plus vastes que les écrans arrière des appareils. Cette fonction est très utilisée en studio et en vidéo.*



# Q50 QU'EST-CE QU'UN EVF?

Le second type de visée électronique (EVF) a d'abord été utilisé sur les bridges et désormais sur la plupart des hybrides modernes. Les premiers possèdent un miroir mais une optique fixe, (non interchangeable) les second... c'est le contraire! L'image (TTL) provenant de l'objectif est donc reprise par le capteur, traitée, puis est envoyée à un petit afficheur situé en haut de l'appareil (à la place du prisme des reflex). Sur le principe, cet autre système de visée électronique (EVF) est identique au LiveView. Simplement, au lieu d'afficher l'image sur l'écran arrière, l'appareil envoie l'image récoltée sur son capteur vers un petit écran au sommet de l'appareil. Cet écran se comporte schématiquement comme le dépoli des reflex (sans avoir toutefois besoin d'un prisme pour redresser l'image... cette opération étant évidemment numérique!) On ajoute donc un oculaire pour visualiser et agrandir l'image de cet écran. Extérieurement, ça ressemble à un viseur optique mais dès que l'on porte l'œil au viseur, on visualise bien un écran électronique... et non une image optique. Ce système a d'abord été utilisé sur les bridges et est aujourd'hui massivement utilisé sur les hybrides que l'on appelle donc parfois EVIL (Electronic Viewfinder Interchangeable Lens). Notons que, sur certains appareils qui ne possèdent qu'une visée LiveView, on peut parfois monter (sur la griffe porte-flash), un EVF externe.

Comme ce système inclut un objectif de prise de vue et un oculaire... on peut parfaitement définir un grossissement de visée,



*L'oculaire d'un EVF est semblable à celui d'un OVF (Optical View Finder) mais ce système optique agrandit l'image d'un minuscule moniteur... et non l'image (optique) formée sur un dépoli.*



*De dos, rien ne distingue l'oculaire de cet hybride Panasonic GH5 de celui d'un reflex. Pourtant, il s'avère supérieur à bien des viseurs optiques au niveau du grossissement!*

exactement comme avec les reflex. Le viseur du dernier Panasonic GH5, par exemple, possède un grossissement de x1,52 (ce qui correspond à un G-réel de x0,76 du fait du coefficient de focale de x2 et de la couverture de 100%). C'est un excellent grossissement... couplé à un très bon dégagement oculaire (21 mm): la visée est vraiment confortable! Si on vise en «LiveView», par contre, il n'y a pas de grossissement puisqu'on observe un écran.

## LES LOUPES DE VISÉE

■ Notons qu'on peut simuler simplement un EVF en visée LiveView: il existe des loupes qu'on peut fixer sur l'écran arrière. Fondamentalement, il s'agit d'un oculaire... qui agrandit l'image formée sur un ACL: le schéma optoélectronique est rigoureusement identique à celui d'un EVF! Ce système est parfois utilisé en vidéo amateur, pour bénéficier d'un meilleur confort de visée. Il faut toutefois choisir des modèles avec un oculaire composé de plusieurs lentilles en verre pour obtenir une bonne qualité d'image. Un simple parallélépipède coiffé d'une lentille en plastique déformera l'image et fatiguera votre œil!



*Cette loupe se fixe sur l'embase de l'appareil et permet de grossir l'image formée sur l'ACL arrière. Elle comporte une molette de mise au point.*



# Q51 QUELS SONT LES ÉCRANS UTILISÉS ?

*Les ACL utilisés pour la visée électronique LiveView ou EVF sont les équivalents des téléviseurs de salon, en plus petit ! Ils doivent être très précis au niveau de leur définition et de leurs couleurs pour qu'on puisse réellement apprécier l'image.*

L'Olympus OM-D E-M10 III possède un écran LiveView arrière TFT LCD de 3" comprenant 1,04 millions de points. Son EVF possède, quant à lui, 2,36 millions de points.



Concernant les écrans arrière, les paramètres importants vont évidemment être la taille et la définition. Comme on les observe directement (comme un petit téléviseur), plus ils seront grands, plus agréable sera la visée. Aujourd'hui, on atteint des tailles de l'ordre de 3" (7,6 cm de diagonale), ce qui est imposant... et peut parfois laisser que très peu de place aux boutons de commande situés au dos de l'appareil. D'où l'intérêt d'avoir des écrans tactiles (pour pouvoir, par exemple, définir la zone de mise au point en l'indiquant

sur l'écran, ce qui s'avère plus pratique que de jouer du joystick arrière...) ! Bien entendu, plus l'écran est grand, plus il doit comporter de points pour qu'on ait une parfaite sensation de netteté. On trouve actuellement des écrans dotés de 1 à 2 millions de points ! Il y a quelques années, on s'estimait heureux lorsqu'on disposait de 230.000 points !

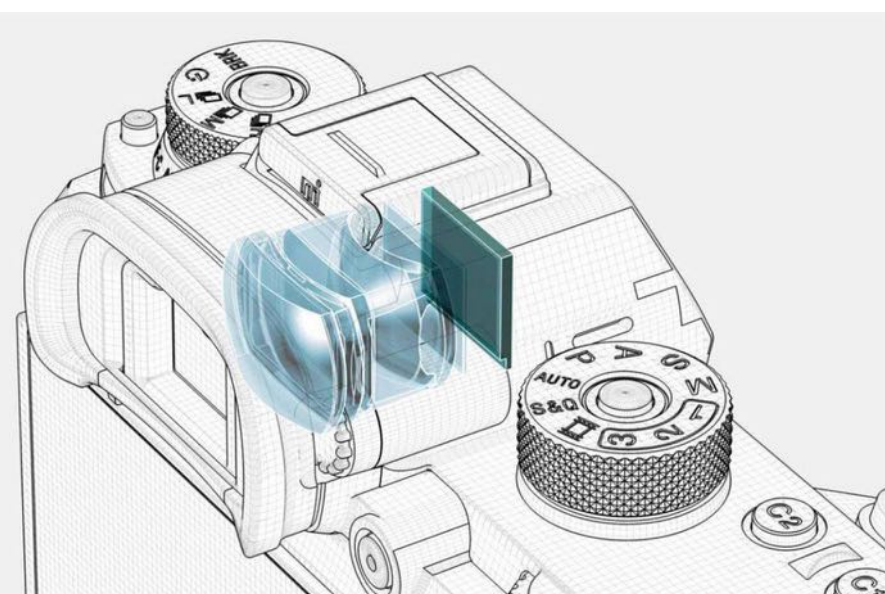
## LE TFT...

Les écrans sont généralement de type TFT LCD (Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display), même si les OLED commencent à arriver (voir encadré). Il s'agit schématiquement d'un système comprenant une couche de cristaux liquides qui s'orientent selon la tension appliquée à une électrode et une matrice de transistors. Selon leur orientation par rapport à deux filtres polarisants qui prennent toutes ces couches en sandwich, la lumière (qui provient d'un éclairage du fond) passe ou ne passe pas. Au niveau colorimétrique, des progrès spectaculaires ont été effectués et on dispose désormais d'un gamut plus vaste que le sRGB (voir page 84).

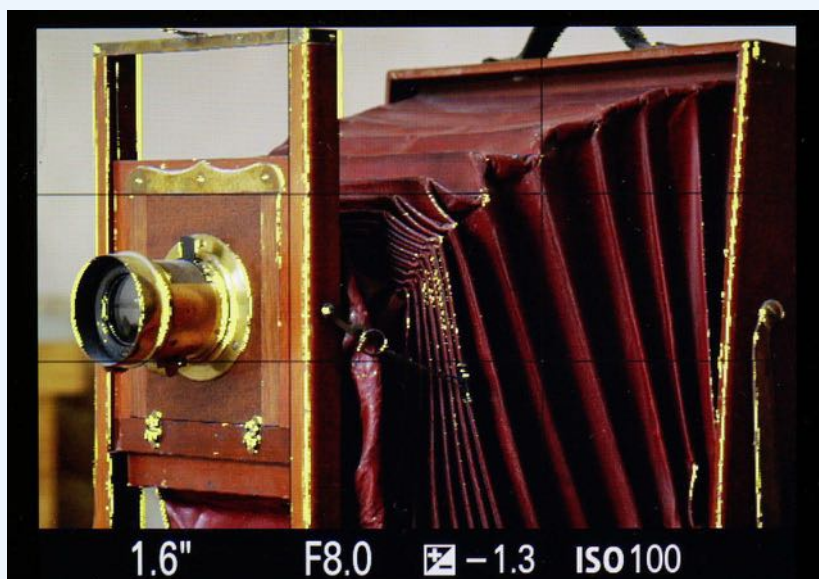
## ET LES OLED ?

■ De plus en plus d'appareils utilisent maintenant des écrans OLED (Organic Light Emitting Diode) à la place des LCD. Même l'iPhone s'y est mis ! Le premier avantage des OLED est que chaque point de l'afficheur émet sa propre lumière, contrairement aux LCD qui filtrent une lumière de fond avec des éléments rouge, vert et bleu. Les points des écrans OLED sont des émetteurs tandis que ceux des LCD sont des transmetteurs. Les noirs des écrans OLED sont donc plus profonds... et le contraste de l'image est meilleur. Ils autorisent de plus un large angle de vision sans modification des couleurs.

*Le Sony A9 possède une viseur électronique avec un écran OLED de 3,7 millions de points avec un taux de rafraîchissement de 120 images/s. Son écran arrière reste de type LCD (1,4 millions de points).*



# Q52 QU'EST-CE QUE LE FOCUS PEAKING?



*L'écran arrière surligne en jaune les zones nettes en fonction du réglage de la mise au point. Bien entendu, si vous photographiez des poussins, mieux vaut opter pour une couleur de surlignage rouge !*

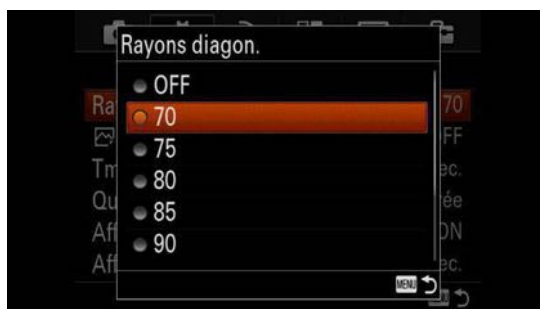
La visée électronique offre de nouvelles possibilités en terme d'assistance à la mise au point manuelle. Le faible tirage mécanique des appareils hybrides a permis de créer de nombreuses bagues d'adaptation d'objectifs anciens. Les vieilles focales fixes sont donc ressorties des tiroirs ! Mais avec ces objectifs, il est nécessaire d'effectuer la mise au point manuellement. Pas forcément très simple avec un écran LCD, même doté de millions de points... surtout si le grossissement de visée est faible. La solution vient alors du «focus peaking» que je traduirais par «surlignage de mise au point» (mais ça n'engage que moi). Cette technique, introduite par Sony dans ses hybrides NEX, va colorier (en jaune, rouge ou blanc... avec différents niveaux d'intensité réglables) les zones nettes dans l'image et les afficher sur l'écran (arrière ou EVF). Le focus peaking vient du monde de la vidéo et permet de visualiser parfaitement les zones de netteté de l'image, d'autant que ce système tient compte de la profondeur de champ (voir page 132) puisque l'objectif travaille diaphragme fermé.

Le focus peaking est pratique mais il altère fortement l'image : la visée est perturbée par ces zones colorées. Il est heureusement également possible de zoomer ponctuellement dans l'image de visée, sur la zone où on souhaite effectuer la mise au point pour affiner la netteté. Il suffit souvent de presser

la touche de zoom à côté de l'écran pour qu'on puisse agrandir la zone de mise au point. C'est une solution plus élégante. Reste que les solutions ne manquent donc pas pour obtenir une image nette avec un vieil objectif (ou même un récent d'ailleurs !)

## LES ZÉBRAS

■ De la même façon qu'on peut surligner les zones nettes, certains appareils proposent de hachurer les zones surexposées. Cela permet de régler l'exposition (en mode manuel) en évitant de «cramer» certaines zones de l'image. Cette technique vient également du monde de la vidéo : on règle le pourcentage de blanc pur (de 70 à 100% par pas de 5% souvent) qu'on souhaite contrôler. Sur l'écran, les zones qui dépassent ce taux de blanc sont hachurées. On peut, par défaut, régler le taux à 100% mais certains portraitistes préfèrent baisser la limite à 80% pour éviter de trop surexposer les tons chairs. D'autres préfèrent simplement une visée non polluée par tous ces gadgets, sans surlignage ni hachure !



*Le zébra s'appelle «rayons diagonaux» dans le menu de ce Sony A7. Soit.*

# Q53 VISÉE OPTIQUE OU VISÉE ÉLECTRONIQUE ?

*La visée optique a régné en maître pendant plus de 150 ans : normal que l'arrivée des viseurs électroniques ait fait hérissier quelques poils ! Pour autant, ces viseurs ont fait de gros progrès et autorisent désormais un confort certain...*

La visée électronique donne une image fidèle de ce que sera la photo, une fois enregistrée dans la carte mémoire. Outre le cadrage, elle donne donc une information sur la mise au point, l'exposition, le rendu, la balance des blancs... pour peu que l'écran soit de bonne qualité. Schématiquement, l'image visualisée correspond au développement JPEG de la photo (même si on l'a enregistrée en RAW, voir page 90). Cette prévisualisation du rendu de l'image finale peut toutefois être perturbante car l'œil a une capacité d'adaptation supérieure à celle du capteur. Les couleurs risquent donc d'être plus marquées (notamment en cas de mauvaise balance des blancs), le contraste plus élevé. On peut même parfois avoir un effet « silhouette » alors qu'un léger contre-jour ne nous perturbait pas à l'œil nu... Maintenant, nous sommes prévenus, même si on perd une part de magie ! On peut même perdre la notion de profondeur car on observe un écran en deux dimensions : il ne faut donc pas oublier d'éloigner l'œil du viseur de temps en temps pour « sentir » le volume des scènes. Sur le plan pratique, la visée LiveView permet de trouver des points de vue à ras

du sol ou en hauteur, inaccessibles à hauteur d'œil. Autre point important : la visée électronique est toujours lumineuse, même avec un objectif de faible ouverture maximale.

## POLLUTION ÉLECTRONIQUE ?

Mais il ne faut pas oublier, non plus, qu'un viseur électronique consomme de l'énergie. Et que nous sommes désormais soumis en permanence aux écrans dans notre vie quotidienne. Pour certains, la photo peut aussi être un espace de liberté sans écran... Même si les EVF scintillent de moins en moins, nos yeux, sollicités en permanence par des systèmes rétroéclairés, ont besoin de repos cathodique. D'autant que les écrans sont désormais surchargés d'informations : en plus des classiques paramètres d'exposition, on peut afficher en superposition des repères de cadrage (la fameuse « règle des tiers », horizon artificiel, des indicateurs de netteté, l'histogramme de l'image, les zones de surexposition, etc. Tout cela est finalement très perturbant : n'oublions pas l'image ! Le tableau ci-dessous recense quelques avantages et inconvénients des deux systèmes de visée.

Visée	Optique		Electronique	
	Indirecte	Reflex	« Live View »	EVF
Image	Permanente	Perdue pendant le déclenchement		
Prévisualisation du rendu final	Aucune		Excellente	
Consommation électrique	Nulle		Importante	
Précision du cadrage	Moyenne	Bonne à élevée	Elevée à excellente	
Affichage de différents formats	Difficile		Facile	
Parallaxe	Importante	Nulle		
Superposition d'informations	Difficile	Moyenne	Nombreux (histogramme...)	
Grossissement	Bon	Faible à excellent	n/a	Faible à excellent
Utilisation au soleil	Excellente		Médiocre	Excellente
Précision de la mise au point	Selon grossissement		Elevé (focus peaking, zoom)	
Luminosité de la visée	Excellente	Moyenne à faible	Excellente	



# Q54 QU'EST-CE QU'UN VISEUR HYBRIDE?

Et si on pouvait bénéficier du meilleur des deux mondes? Le système imaginé par Fujifilm est, à la base, assez semblable à celui que Leica utilise pour faire apparaître les cadres de focale dans le viseur optique de ses boîtiers M. Le viseur est fondamentalement un viseur optique (à visée directe), situé dans le coin supérieur droit de l'appareil. Mais juste avant l'oculaire, on trouve un système cubique constitué de deux prismes. Sous ce bloc se trouve un ACL avec un système de focalisation. Via les faces planes jointes des prismes, cet afficheur va pouvoir superposer à la visée optique un certain nombre d'informations. On trouve bien sûr celles qui sont liées à l'exposition et à la mise au point, mais également le cadrage exact avec, comme sur les Leica M, des cadres qui correspondent à la focale utilisée et se déplacent en fonction de la distance de mise au point (pour corriger la parallaxe).

Mais il y a mieux: on peut, via un poussoir, basculer en tout électronique: il suffit schématiquement de masquer l'entrée du viseur optique. L'ACL situé sous les prismes étant alors alimenté en informations par le capteur d'image, on retrouve alors une visée électronique classique, qui occupe tout l'écran

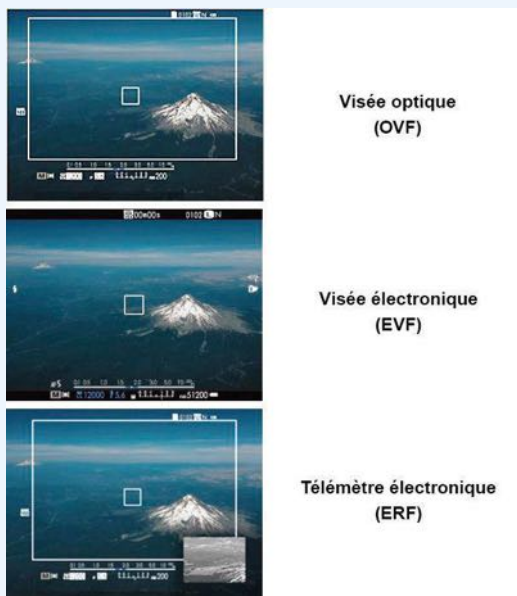


*Le système optoélectronique du viseur du Fujifilm X-Pro2 allie un beau viseur optique et un système de superposition d'informations électroniques.*



et indique assez précisément le cadrage... en plus de permettre une prévisualisation de la photo. Notons au passage que lorsqu'on monte un objectif macro sur l'appareil, ce dernier commute automatiquement en visée électronique car les possibilités de correction de parallaxe en visée optique sont forcément limitées. Ce viseur allie donc le meilleur des deux mondes et on peut basculer, en fonction des circonstances, d'un type à l'autre. Il est plus ou moins perfectionné selon les modèles mais on peut globalement regretter leur grossissement et leur couverture assez médiocres. Les X-T1 et 2, à visée uniquement électronique, atteignent par exemple 0,77x avec une couverture de 100%: les compromis pour faire de l'hybride sont pénalisants! Du côté des boîtiers Fujifilm à focale fixe (série X100), on trouve même sur le dernier modèle une variation du système de visée. Il s'agit de l'ERF (Electronique RangeFinder). Il s'agit classiquement du système de visée optique de base (avec ses informations électroniques) à laquelle l'appareil adjoint, en bas à droite de la visée, une image électronique zoomée de la zone de mise au point pour assurer une mise au point télémétrique. C'est le petit zoom de contrôle de la netteté (qu'on peut activer sur certains viseurs électroniques, voir page 63) permanent!

*En basculant le commutateur, on passe du viseur électronique au viseur optique.*



*La télémétrie électronique n'est finalement qu'une information de mise au point supplémentaire dans la visée optique de base.*





# CE QUE VOUS APPRENDREZ DANS CES PAGES

**70** Comment fonctionne un capteur numérique ?

**71** Quel est le nombre de pixels d'un capteur ?

**72** Quels sont les différents types de capteurs ?

**74** Comment le capteur voit-il les couleurs ?

**76** Qu'est-ce que la dynamique ?

**77** Pourquoi doit-on avoir une grande dynamique ?

**78** Comment mesurer la dynamique ?

**79** Qu'est-ce que l'histogramme ?

**80** Quels traitements sont réalisés sur le signal ?

**81** Faut-il mettre à jour le firmware de l'appareil ?

**82** Qu'est-ce que le dématricage ?

**83** Que faire des données dématricées ?

**84** Qu'est-ce que l'espace couleur ?

**85** Comment choisir l'espace couleur ?

**86** Qu'est-ce que la définition d'une image ?

**87** Qu'est-ce que la résolution ?

**88** Comment sont codées les données photo ?

**89** Comment compresser les informations ?

**90** Qu'est-ce qu'un fichier RAW ?

**91** Quels sont les différents formats RAW ?

**92** Comment traiter un fichier RAW ?

**94** Qu'est-ce qu'un fichier JPEG ?

**95** Faut-il préférer le RAW ou le JPEG ?

**96** Comment les photos sont-elles stockées ?

**98** Quels supports dans l'appareil photo ?

**99** Que signifient les codes des cartes mémoires ?

**100** Quelles connexions filaires sont possibles ?

**101** Qu'est-ce que l'USB ?

**102** Existe-t-il des liaisons sans fil ?

**103** Quand faut-il utiliser le Wi-Fi ?

# L'électronique du boîtier

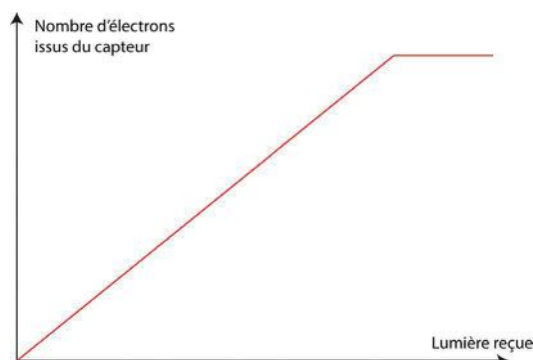
Un boîtier numérique possède une structure d'appareil classique et les principes d'exposition restent les mêmes. Il possède néanmoins quelques spécificités, du fait de sa nature électronique : traitements internes, supports de stockage et transfert des images sont totalement différents de l'argentique.



# Q55 COMMENT FONCTIONNE UN CAPTEUR NUMÉRIQUE?

*Le capteur est au cœur du système numérique... et l'objet d'une rude compétition !  
Nombre de pixels, rapidité, dynamique, gestion du bruit : ce composant a bénéficié  
d'avancées qualitatives phénoménales en quelques années.*

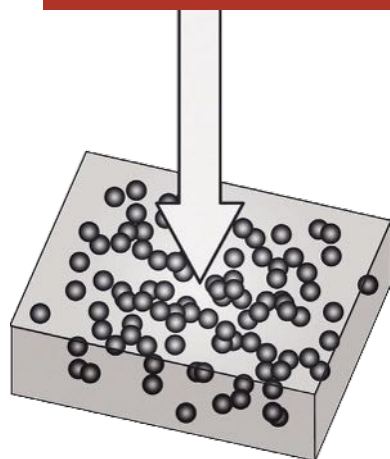
Quelle que soit la technologie employée, le principe de fonctionnement d'un capteur d'image est toujours le même : il convertit l'énergie lumineuse qu'il reçoit en un signal électrique. Ce signal pourra alors être interprété par les circuits électroniques de l'appareil comme une mesure de la lumina-tion reçue par le capteur. Le plus intéressant, c'est que ce signal de sortie est proportion-nel à la quantité de lumière reçue. La conversion s'effectue au niveau de petits éléments qui découpent le capteur - les photosites - disposés régulièrement en lignes et colonnes (voir encadré). Sans entrer dans le détail, un photon (voir page 8) incident va arracher des électrons au photosite sur lequel il parvient grâce à l'énergie qu'il transporte. Il va ainsi générer un signal exploitable électroniquement : c'est l'effet photoélectrique. L'image formée sur le capteur par tous les électrons arrachés est alors cartographiée dans une matrice



*Le signal issu du capteur est proportionnel à la lumière reçue, jusqu'à la saturation où le signal plafonne.*

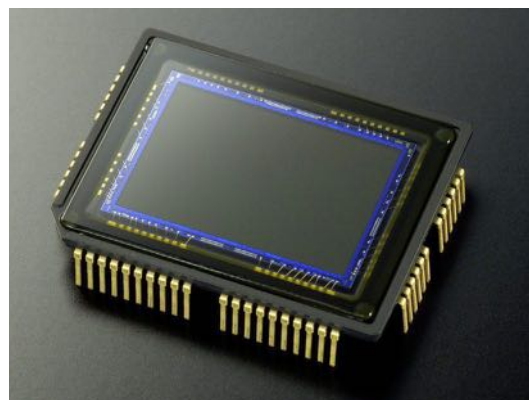
informatique. Elle comptabilise la quantité de lumière reçue par chaque photosite. Ces valeurs seront alors affectées, après traitement, aux pixels (PICture ELeMENTS) de l'image numérique finale. Physiquement, un capteur se présente comme un composant électronique. Ses diverses « pattes » (connecteurs) sont reliées aux circuits de traitement de l'appareil photo. Le capteur est souvent monté sur une plaque de métal (elle-même reliée à la carcasse du boîtier), de façon à dissiper au maximum la chaleur qui peut perturber le fonctionnement du capteur.

## QU'EST-CE QU'UN PHOTOSITE ?



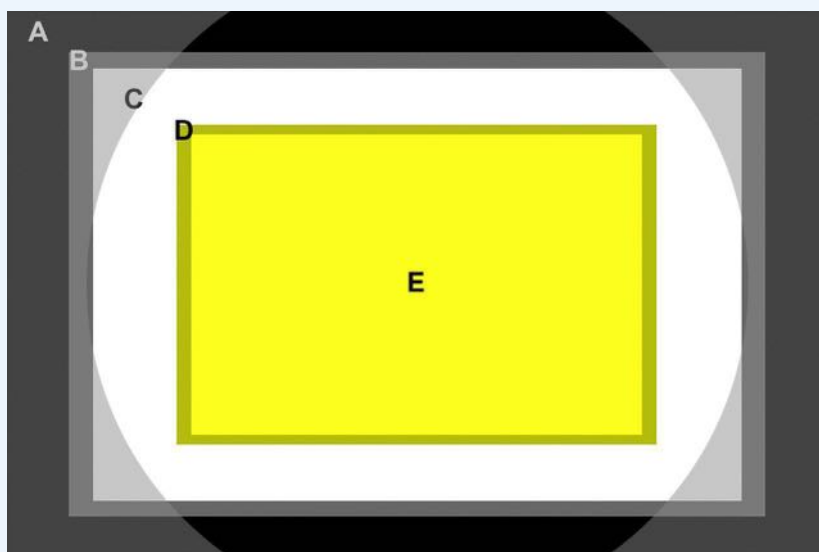
*Les électrons qui se forment dans la « cuvette » représentée par le photosite vont être convertis en courant électrique à la fin de l'exposition.*

■ Les photosites fonctionnent de la même façon dans les capteurs CCD et CMOS (voir page 72). Il s'agit d'un microcomposant semi-conducteur (composé de différentes couches de silicium) utilisant l'effet photoélectrique pour convertir les photons qu'il reçoit en électrons. Le nombre d'électrons est proportionnel à la quantité d'énergie lumineuse reçue. On peut considérer schématiquement que, pendant la durée d'exposition, un photosite est une « micro-cuvette » qui se remplit d'électrons. Avec les conséquences que l'on peut imaginer à partir de cette analogie : débordement en cas de surexposition, cuvette mal vidée entre deux expositions, etc.



*Légende (70-capteur) : Le capteur est un composant électronique qui présente une surface sensible à la lumière*

# Q56 QUEL EST LE NOMBRE DE PIXELS D'UN CAPTEUR?



**A:** Nombre total de pixels  
**B:** Nombre de pixels réels du capteur  
**C:** Nombre maximum de pixels disponibles (actifs)  
**D:** Nombre de pixels effectifs (avec pixels périphériques)  
**E:** Nombre de pixels effectifs (sans pixels périphériques)

Les fabricants rivalisent fort pour annoncer le nombre de photosites maximal à chaque nouvel appareil. C'est un argument commercial de poids ! Il existe pourtant une norme qui définit précisément le nombre de pixels d'un capteur. Notons que lorsqu'on parle de « pixels » d'un capteur, il s'agit en fait de « photosites » dont les charges accumulées vont effectivement être converties en éléments d'image (c'est-à-dire en pixels). La norme JCIA (Japan Camera Industry Association) GLA03 unifie les spécifications techniques des appareils photo numériques, et notamment de leur nombre de pixels total, réel et effectif. Le schéma ci-dessus indique les différentes zones où sont comptabilisés les pixels.

- Le nombre de photosites « total » est celui qui correspond aux photosites effectivement présents sur le capteur. Il faut en effet comprendre que certains sont masqués (de façon à déterminer le nombre d'électrons qui se créent même en l'absence de lumière incidente): Zone A.
  - Le nombre « réel » correspond à ceux qui ne sont pas masqués: Zone B.
  - Le nombre maximum correspond aux pixels effectivement « actifs » et reliés aux calculateurs du boîtier: Zone C.
  - Le nombre de photosites effectifs, c'est-à-dire qui participent à l'image, correspond à la zone D.
- Enfin le nombre de pixels effectifs est

dénombré en zone E. Il faut savoir qu'une fine bande de photosites (situés entre la zone D et le zone E), appelés pixels périphériques, sert aux calculs d'interpolation des pixels du bord de l'image.... mais ne feront pas partie de l'image au final.

Notons par ailleurs, que la zone de couverture de l'objectif doit simplement être supérieure à la zone D, les pixels situés au-delà ne participant pas réellement à l'image et n'ayant donc pas besoin d'être illuminés. Certains fabricants indiquent ainsi le nombre total de photosites (plus flatteur) avant le nombre de pixels effectifs, qui se retrouveront réellement dans l'image.

*Le capteur du Canon EOS 200D possède 25,8 millions de photosites au total... mais seulement 24,2 millions de pixels effectifs.*



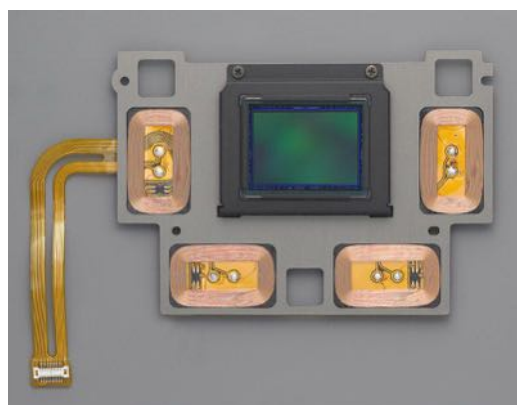
# Q57 QUELS SONT LES DIFFÉRENTS TYPES DE CAPTEURS?

*Il existe deux principales technologies de capteur : les CCD (Charged Coupled Device – en français Dispositif à Transfert de Charge) et les CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor - Semi-conducteur à Oxyde de Métal Complémentaire).*

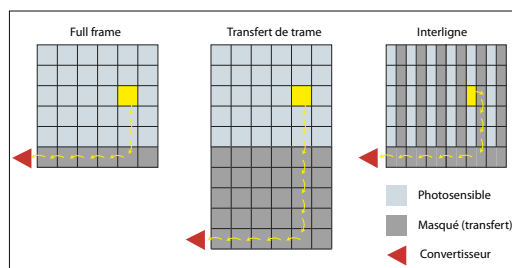
## LES CCD

Les CCD ont été les premiers capteurs inventés (en 1969 par deux chercheurs des laboratoires Bell aux États-Unis : Willard S. Boyle et George Smith).

Il existe trois principaux types de CCD. Le plus simple est le CCD «full frame» (terme qu'on emploie souvent – à tort – pour désigner les capteurs 24x36...). Pendant la durée d'exposition, chaque photosite se remplit de charges électriques (électrons). À l'issue de la prise de vue, les charges sont transférées, en colonne, de photosite en photosite (à l'aide d'un courant électrique qui les «pousse» de l'un vers l'autre) vers des registres horizontaux. Ainsi, les photosites servent à la fois de convertisseurs de photons et d'éléments de transfert. Les registres, également composés de photosites (inutilisés pour la formation de l'image grâce à un masque), sont alors vidés horizontalement, selon le

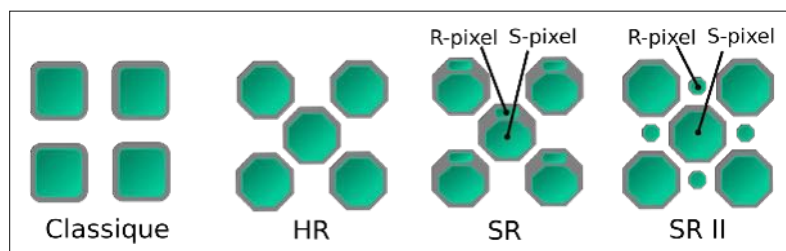


Un capteur CCD monté sur sa platine (Document Pentax)



Les trois principaux types de CCD.

■ Le quadrillage de photosites n'est pas vraiment optimal au niveau du rendement. Fuji a donc inventé les capteurs SuperCCD qui possèdent des photosites octogonaux. Cela permet de maximiser leur taille (pour les rendre plus sensibles en captant plus de photons), tout en améliorant sa définition (après, il est vrai, des calculs d'interpolation savants pour retrouver, au final, une matrice de pixels carrés dans l'image...). La deuxième génération de SuperCCD (dits «SR») possèdent une plus grande dynamique (voir page 76) grâce à deux types de photosites : des S (à haute sensibilité mais à faible dynamique, qui gèrent les basses lumières) et des R (à faible sensibilité mais grande dynamique). Les processeurs mixent ensuite les informations de ces deux types de photosites pour obtenir une grande gamme tonale.



Les différentes générations de capteurs CCD.

même processus de transfert. À la sortie du CCD, on récupère ainsi séquentiellement les charges accumulées, photosite par photosite. Ces transferts nécessitent des horloges très précises pour pouvoir «vider» chaque photosite dans son voisin. Ces charges sont alors converties en tension afin d'être utilisées par les processeurs de l'appareil. Il existe d'autres technologies : les CCD à transfert de trame (où une zone de stockage – masquée – reçoit les charges après exposition en attendant leur traitement) et les CCD «interligne» où chaque photosite est associé à une zone de transfert (aveugle également) qui sert également de stockage... mais réduit la taille effective du photosite.

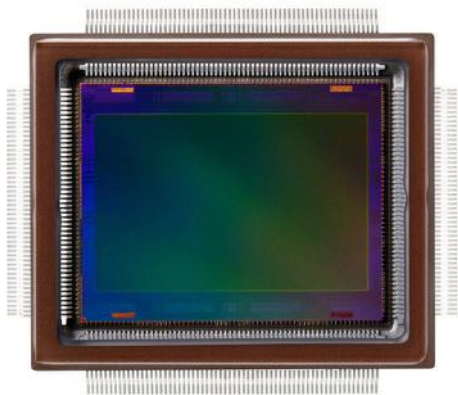
Les CCD, très performants en termes de qualité d'image et de bruit grâce à des photosites très grands, sont très sensibles aux



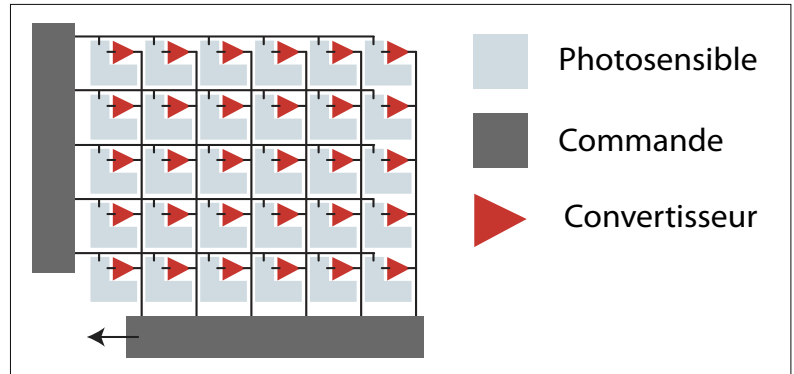
hautes lumières et nécessitent une gestion d'horloges très contraignante, ce qui génère une forte consommation électrique. Ils se sont donc vus progressivement supplanter par les CMOS dans les appareils photo.

## LES CMOS

Le capteur CMOS n'est pas fondamentalement différent du CCD : les photosites fonctionnent de la même façon, convertissant les photons en électrons par effet photoélectrique. Mais chacun d'entre-eux est connecté individuellement à un amplificateur et un convertisseur et peut donc être lu indépendamment de ses voisins, sans avoir à recourir à un transfert de charges comme avec les CCD. On évite ainsi les erreurs potentielles lors de ces multiples transferts et un échauffement des circuits (qui génère du bruit). Il existe différents traitements réalisés au niveau du photosite. Les CMOS de base effectuent une réduction du bruit tandis que les plus évolués (par exemple les Exmor de Sony) convertissent directement le signal en information numérique et possèdent deux filtres de réduction du bruit. De fait, ce système est très compact (le capteur et l'électronique sont présents sur le même composant) et



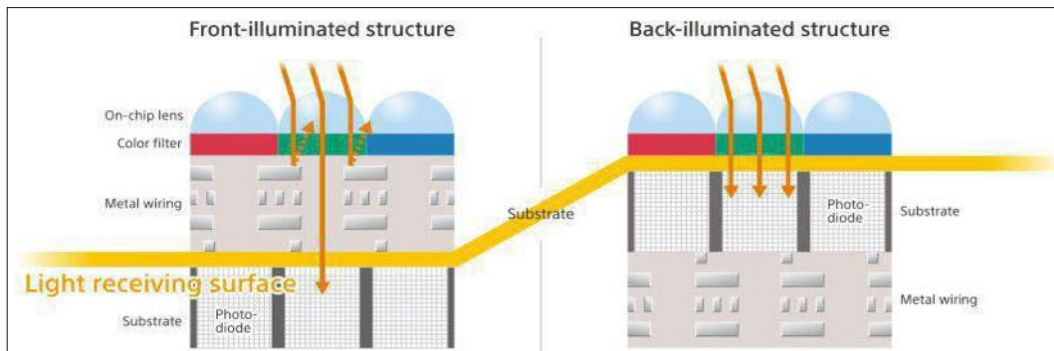
*Le fameux capteur CMOS Canon à 250 millions de pixels !*



consomme beaucoup moins. Les CMOS sont, de plus, plus rapides et autorisent des cadences de traitement plus élevées que les CCD... ce qui a ouvert les appareils photo au monde de la vidéo HD. Malgré la qualité des images des CCD, c'est donc le CMOS qui a pris le dessus dans les systèmes photo modernes.

Le problème des CMOS est que la partie du photosite qui traite le signal (les électrons formés dans la cuvette) occupe une place non négligeable : cela réduit d'autant la surface offerte à la capture des photons. Les CMOS possèdent donc une moindre sensibilité que les CCD... Et le phénomène est devenu de plus en plus critique au fur et à mesure que les capteurs ont vu leur nombre de photosites augmenter... chacun d'eux devenant donc de plus en plus petit (à surface totale égale). La solution a consisté à enfouir les circuits de traitement sous la surface « active » du photosite, afin de lui laisser la plus grande surface possible. Ce sont les CMOS « rétroéclairés » ou « BSI » (Back Side Illuminated). Cette terminologie est un peu trompeuse : il n'y a aucune illumination, juste une inversion de la position des circuits de traitement au niveau des photosites. Cette structure nécessite toutefois une précision parfaite au niveau de la fabrication du capteur... qui n'est possible que depuis quelques années !

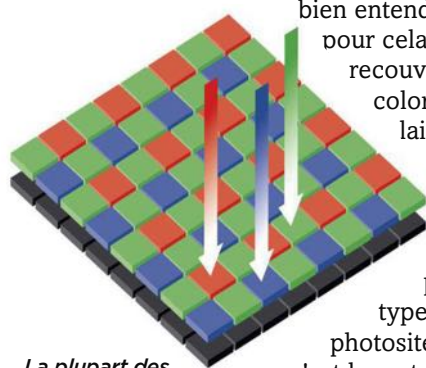
*Les capteurs CMOS possèdent des amplificateurs/ convertisseurs directement au niveau de chaque photosite.*



*Différence entre un capteur FSI (Front Side Illuminated) et BSI (Back-Side Illuminated)*

# Q58 COMMENT LE CAPTEUR VOIT-IL LES COULEURS?

*Les photosites sont plus ou moins sensibles à tout le spectre visible... et même au delà (dans le proche infrarouge et l'ultra-violet). Mais rien ne distingue un électron créé à partir d'un photon bleu d'un autre généré avec un photon rouge !*

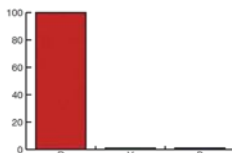
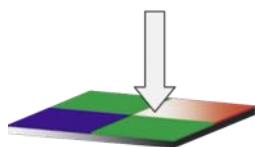


La plupart des capteurs numériques sont recouverts d'une matrice de filtres colorés appelée matrice de Bayer et qui leur permettent de voir en couleur.

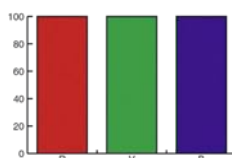
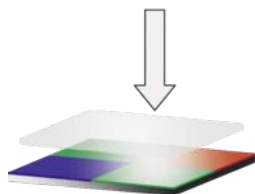
Les photosites « voient » donc en noir et blanc. Pour qu'un capteur (CCD ou CMOS) puisse voir les couleurs, il est nécessaire, comme dans les films couleur, de séparer la lumière qui lui parvient en trois composantes colorées pour générer une image. On va, bien entendu, utiliser la synthèse additive pour cela (voir page 11). Il faut donc recouvrir chaque photosite d'un filtre coloré (rouge, vert ou bleu) qui ne laissera passer sélectivement que cette couleur. Si on considère par exemple, un ensemble de quatre photosites (matrice de 2x2), les filtres choisis les plus communément sont de type Rouge-Vert-Vert-Bleu, soit un photosite rouge, un bleu et deux verts : c'est la matrice de Bayer. Mais il en existe d'autres (qui sortent toutefois du schéma de la synthèse additive...) : Rouge-Cyan-Vert-Bleu a, par exemple, été utilisé dans des appareils Sony, Cyan-Jaune-Jaune-Magenta a également été employé dans des appareils Kodak et Olympus...

## FILTRE PASSE-BAS

Avec la matrice de Bayer, l'inconvénient est que l'on obtient en fait, après transformation des informations lumineuses en pixels, seulement 25% de pixels rouges et bleu et 50 % de pixels verts. Il faut donc interpoler



Pour éviter des erreurs dans les couleurs interprétées par la matrice de Bayer, il est nécessaire de diffuser légèrement les rayons qui proviennent de l'objectif... c'est à dire flouter l'image !



Le Nikon D800 était proposé en deux versions : D800 avec filtre passe-bas et D800E sans filtre pour une netteté maximale. Le détail des images montre, effectivement que les petites structures présentes dans les photos sont beaucoup plus nettes.



entre les valeurs mesurées pour reconstituer l'image. Ce manque d'information est assez facilement résolu par les puissants algorithmes modernes implantés dans les appareils. Mais il existe un problème bien plus gênant. Imaginons, par exemple, un rayon lumineux parfaitement neutre (blanc) parvenant sur un photosite coiffé d'un filtre rouge (et rien sur les autres du voisinage). L'appareil n'aura, au final, que l'information « Rouge » pour cet ensemble de 4 pixels : il va conclure que tout est rouge dans cette région de l'image. Pour remédier à cela... il faut insérer un filtre, sur la matrice de Bayer, dont le rôle va être de diffuser les rayons lumineux sur le voisinage des photosites. Ainsi diffusé, le rayon blanc affectera les quatre photosites... et l'appareil pourra reconstituer la « couleur » blanche. Ce filtre passe-bas a donc pour rôle... de flouter l'image qui provient de l'objectif ! Lorsque les photosites deviennent très petits, ce qui est le cas lorsque les capteurs atteignent plusieurs dizaines de millions de photosites, ce risque est amoindri car la



*Ce détail d'une image comportant une veste avec une structure géométrique régulière montre l'effet du moiré: des artefacts colorés apparaissent par endroit. Il est quasiment impossible de «nettoyer» les images affectées par ce défaut!*

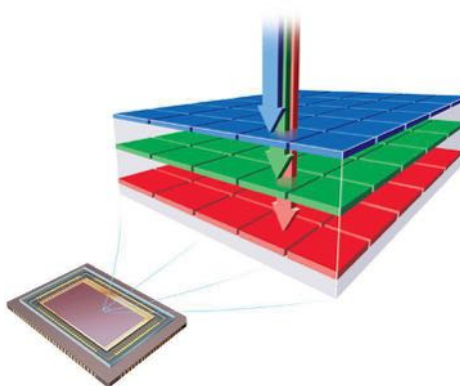
probabilité pour un rayon lumineux blanc de n'atteindre qu'un seul photosite est largement réduite. En fait, ce sont alors les performances de l'objectif, qui ne sont plus suffisantes, qui jouent le rôle de filtre diffuseur!

## MOIRÉ

L'inconvénient de la technique consistant à supprimer le filtre passe-bas est que celui-ci possède une autre fonction: celle de prévenir les phénomènes que l'on constate parfois lorsqu'une personne porte une chemise rayée à la télévision. Des lignes colorées apparaissent quelquefois à l'écran. Ce phénomène de «moiré» est dû à l'interaction optique entre la structure régulière du motif d'un sujet (la chemise en l'occurrence) et celle – également régulière - du capteur. Techniquement, le filtre passe-bas (également appelé «anti-aliasing» en référence à cette fonction) a pour but d'adapter la fréquence des détails transmis par l'objectif à celle du capteur. Pour cela, il élimine les fréquences élevées de la lumière incidente: il a bien pour rôle d'atténuer les très fins détails! Ainsi, en supprimant ce filtre pour améliorer la netteté... on risque d'obtenir des phénomènes de moiré et, plus rarement, de fausses couleurs...

## LE FOVÉON DE SIGMA

■ Le capteur Fovéon élimine les problèmes posés par la présence d'un filtre de Bayer. C'est un capteur qui ressemble en fait beaucoup aux films couleur. Il s'agit d'un «sandwich» de trois capteurs CCD, chacun étant situé sous un filtre primaire (rouge, vert ou bleu). Ainsi, pour chaque pixel de l'image, on dispose réellement des trois composantes colorées de la lumière atteignant chaque ensemble de trois photosites verticaux. Plus besoin d'interpolation logicielle: il n'y a donc aucune perte de netteté, ni artefact sur les zones de contour et aucun moiré. Cette technologie donne donc des images ultra-précises colorimétriquement et très fines, sans aucune comparaison avec les systèmes utilisant les filtres de Bayer... tant que la lumière ambiante est forte! En effet, dès que la lumière faiblit, la dernière couche (rouge) ne reçoit que très peu de photons. Ceux-ci ont en effet déjà été dispersés, absorbés, réfléchis par les trois filtres qu'ils ont dû traverser. C'est pourquoi on ne peut pas trop monter en sensibilité avec un tel capteur... car on multiplie surtout le bruit dans les couches inférieures. Aucune solution n'est parfaite... et on avait le même problème en argentique!



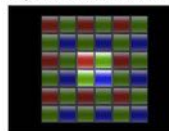
*Le capteur Fovéon permet d'obtenir, pour chaque photosite, les trois composantes colorées de la lumière incidente. Cela évite d'avoir à «triturer» les informations pour reconstituer les couleurs manquantes: les images sont bien mieux définies.*

## LE X-TRANS DE FUJIFILM

■ Fujifilm, qui possède une grande expérience dans les films argentiques, a proposé une solution qui consiste à changer la matrice de Bayer (RVVB sur 2x2 pixels) par une matrice de filtres beaucoup plus complexe, sur 6x6 pixels. Vu de loin, la répartition des filtres rouges, verts et bleu paraît aléatoire... comme les halogénures d'argent dans une émulsion argentique. Elle comporte donc 20 filtres verts, 8 bleus et 8 rouges soit un ratio de 56% de photosites verts (un peu plus élevé qu'avec le filtre de Bayer) pour 22 % de rouge et de bleu. Bien entendu, cette structure impose des calculs plus complexe... mais elle évite d'utiliser un filtre passe-bas: on obtient une meilleure netteté en réduisant presque à 0 le risque de moiré et de fausses couleurs.

*Ce graphique montre la différence entre un capteur à filtre de Bayer et un X-Trans à la matrice colorée plus aléatoire.*

Capteur avec matrice de Bayer



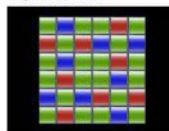
Structure régulière dans une matrice de 2x2 photosites

Nécessité d'interposer entre l'objectif et le capteur un filtre anti-aliasing pour éviter les phénomènes de moiré et d'artefacts colorés

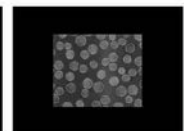


1 - Objectif  
2 - Filtre passe-bas  
3 - Capteur

Capteur X-Trans



Structure plus aléatoire dans une matrice de 6x6 photosites



La structure des filtres ressemble plus à la disposition des halogénures d'argent dans une émulsion photographique





# Q59 QU'EST-CE QUE LA DYNAMIQUE?

*Le nombre de photosites des capteurs croît de manière exponentielle depuis vingt ans. La sensibilité maximale atteint des sommets inimaginables... Le point sur lequel les capteurs doivent progresser est donc aujourd'hui la dynamique !*



*Malgré le contraste extrême des sujets présents sur l'image, la dynamique du capteur est suffisante pour enregistrer toutes les valeurs et afficher du détail tant dans les ombres que dans les hautes lumières.*

*La fameuse Kodak Gray Scale possède des densités allant de 0,05 à 1,95, ce qui couvre un ensemble de 6 1/3 IL, par tiers de valeurs. Elle représente donc une scène classique qu'on peut rencontrer en photo, exposée toutefois sous un éclairage uniforme... Elle « rentre » sans problème dans la dynamique de n'importe quel capteur si elle est bien exposée : on peut distinguer toutes ses valeurs sur une photo numérique.*

La dynamique exprime la capacité d'un système à reproduire un plus ou moins grand nombre de valeurs lumineuses, depuis la valeur la plus sombre (les « ombres ») jusqu'à la plus claire (les « hautes lumières »). C'est en quelque sorte le « contraste reproductible ». On l'exprime donc naturellement par un rapport entre les valeurs les plus claires et les plus sombres que l'on peut enregistrer. Par exemple, 1000:1 signifie que le système est capable de discerner des énergies lumineuses dans un rapport allant de 1 à 1000.

## UNE DYNAMIQUE EXPRIMÉE EN IL

La dynamique d'un capteur traduit sa capacité à enregistrer des luminances claires et sombres extrêmes sur la même photo. Elle se calcule naturellement par la mesure du rapport entre le nombre d'électrons contenus dans un photosite « plein » (c'est-à-dire arrivé à saturation) à celui correspondant au bruit de fond (photosite

vide). En effet, même en l'absence de toute lumière, des électrons vont spontanément de créer dans un photosite du fait, notamment, du bruit thermique. Par exemple, un capteur qui possède un bruit de fond résiduel de 10 électrons et qui est complètement rempli lorsque ses photosites contiennent 10.000 électrons aura une étendue dynamique (linéaire) de  $DR_{lin} = 10.000/10 = 1000:1$ . Pour le photographe, il est plus simple de raisonner en IL (voir page 30)... donnée qui correspond aux classiques crans d'ouverture de diaphragme (ou de vitesse d'obturation). On calcule donc la dynamique via la relation  $DR_{IL} = \log(DR_{lin})/\log(2)$ . Le capteur précédent aura donc une étendue dynamique de  $DR_{IL} = \log(1000)/\log(2) = 9,96$  IL, soit 10 « diaphs » environ.

## QUELLES CONTRAINTES ?

Pour quantifier la dynamique que les capteurs doivent posséder, il faut d'abord estimer le contraste que peut présenter une scène extrême (mais éclairée uniformément). L'exemple courant consiste à imaginer un marié (habillé en noir) à côté de la mariée (en blanc, on va faire dans le classique !). On trouve alors un rapport des luminances reçues par l'appareil égal à 80:1, ce qui correspond à un écart d'environ 6 IL. Il y a toutefois plus extrême : si on considère la matière la plus réfléchissante sur Terre (le blanc de magnésie avec un coefficient de réflexion de 98%) et la moins réfléchissante (le velours de soie noir avec un coefficient de 0,4 %), on a un rapport de  $98/0,4 = 245:1$ . La plage dynamique maximale - que l'on peut rencontrer sur Terre - d'une scène uniformément éclairée est donc de 8 IL.



# Q60 POURQUOI DOIT-ON AVOIR UNE GRANDE DYNAMIQUE?

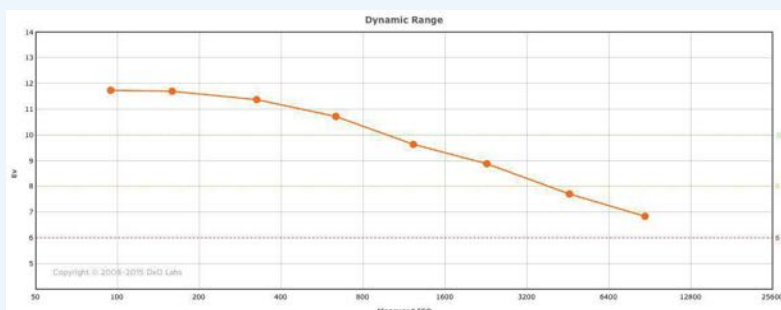
Tous les capteurs, comme tous les négatifs couleur, possèdent une capacité à enregistrer une scène dont la dynamique est de 6 à 8 IL. A priori, si on expose correctement chaque image, on peut donc obtenir du détail dans les ombres les plus profondes comme dans les plus hautes lumières. Sauf que... il peut (et c'est d'ailleurs le cas la plupart du temps) exister un contraste d'éclairage! L'éclairage n'est pratiquement jamais uniforme dans une photo (sauf peut-être lorsqu'on fait de la reproduction d'œuvres d'art!). Le marié, en noir, peut être encore dans la mairie (sombre) tandis que la mariée, en blanc, est déjà sur le perron ensoleillé. Le contraste de la scène est bien plus élevé ; rappelez-vous: la lustration du sujet est le produit de son éclairage par son coefficient de réflexion. On atteint alors des écarts de contraste de l'ordre de 15 à 16 IL... que les capteurs et les films sont bien incapables d'enregistrer. Les appareils photos actuels disposent en effet d'une dynamique de l'ordre de 9 à 10 IL.

## DYNAMIQUE ET SENSIBILITÉ

Mais cette dynamique n'est disponible qu'à la sensibilité nominale du capteur. La dynamique est en fait très sensible au bruit de fond de l'image. Or on sait que celui-ci augmente lorsqu'on pousse la sensibilité (voir page 150). En augmentant la sensibilité ISO pour pouvoir photographier en basse lumière, on affaiblit donc la dynamique! Rien ne sert de disposer de quelques millions d'ISO si c'est pour pouvoir uniquement photographier des scènes sans contraste!



Cette image possède un contraste qui dépasse la dynamique du capteur. Lightroom montre en bleu les zones «noires pures», et en rouge les «blancs purs» où les lumières sont «cramées».



La dynamique décroît notablement avec la sensibilité du fait de l'augmentation du bruit. Exemple mesuré sur le Canon EOS 7D (Document DxO Labs).

## LA DYNAMIQUE DE L'ŒIL

■ L'œil est un capteur comme un autre. Et il possède une excellente capacité à enregistrer de forts contrastes lumineux. On considère généralement que sa dynamique totale est de l'ordre de 23 IL. Il est en effet capable de discerner des détails sous l'éclairage de la pleine Lune comme en plein soleil. Mais pour cela, il doit ouvrir ou fermer sa pupille (qui fait office de diaphragme), comme le ferait un appareil photo. De plus, la perception des couleurs est modifiée selon le niveau d'éclairage. Cette valeur est donc trompeuse. Pour une luminosité ambiante donnée (c'est à dire une ouverture de pupille fixe), sa dynamique est plutôt de l'ordre de 12 à 15 IL... ce qui reste excellent!



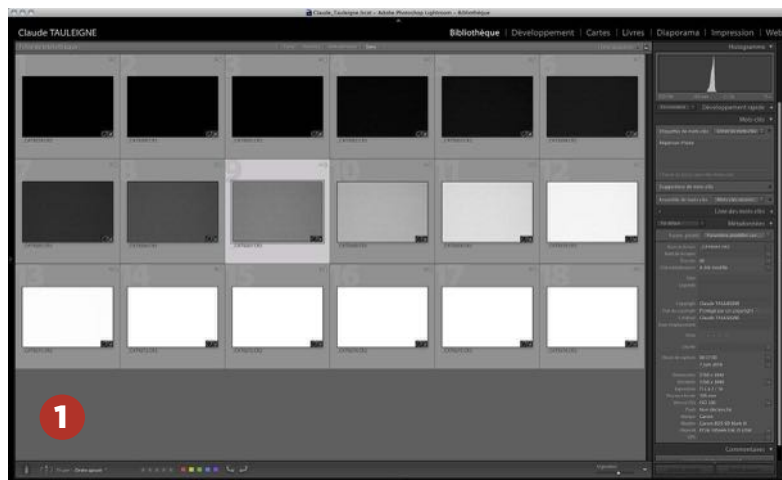
L'œil possède une bien plus grande dynamique qu'un capteur et est donc capable de percevoir du détail dans les ombres comme dans les hautes lumières alors que le capteur a déjà jeté l'éponge. Ces illustrations sont, bien entendu, des simulations!

# Q61 COMMENT MESURER LA DYNAMIQUE?

Cette méthode, approchée, permet d'évaluer rapidement la dynamique de son capteur. Le but est d'apprécier la marge d'exposition dont on dispose face à une scène contrastée. Il faut, avant de commencer, sélectionner la sensibilité de base de l'appareil (ici 100 ISO) et supprimer les traitements anti-bruit, d'amélioration de la luminosité... De la même façon, il faut choisir l'optimisation d'image la plus simple possible : Normale, Neutre, Naturelle... Mais on peut évidemment choisir de refaire ces mesures en sélectionnant d'autres optimisations : Standard, Paysage, Portrait...

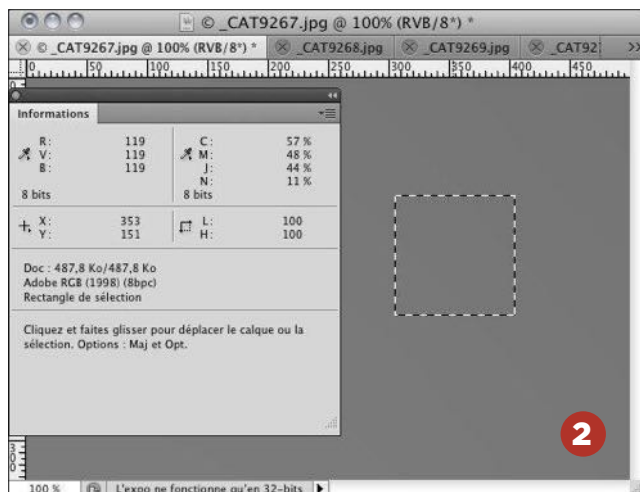
## ÉTAPE 1: LE MÉGA BRACKETING

Dans un premier temps, après avoir effectué une balance des blancs manuelle, on va photographier une surface uniforme (idéalement un gris neutre pour éviter les dérives colorées) à la valeur indiquée par la cellule puis en sous-exposant et en surexposant, par paliers, depuis - 8 IL jusqu'à + 8 IL. Ici, j'ai choisi des paliers de 1 IL mais on peut opter pour 1/2 ou 1/3 pour plus de précision !



## ÉTAPE 2: MESURE DES INTENSITÉS NUMÉRIQUE

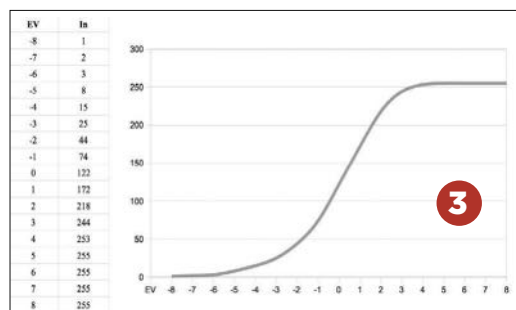
Dans un logiciel de traitement d'image (ici Photoshop), on peut alors mesurer, à la pipette, la valeur de l'intensité numérique (allant de 0 à 255) pour chaque image. On peut faire cette



opération pour chaque couche (R, V et B... car la dynamique varie aussi en fonction de la couche colorée !). Ici, on va faire plus simple et raisonner en noir et blanc : il faut alors simplement désaturer l'image pour avoir une valeur de gris. Il peut même être utile d'appliquer un filtre flou de grand rayon pour homogénéiser les valeurs et ne pas être influencé par les éventuelles modulations de la charte photographiée.

## ÉTAPE 3: TRACÉ DE LA COURBE DE RENDU

On peut alors tracer une courbe avec, en abscisse, le niveau d'exposition (IL) et en ordonnée l'intensité mesurée à l'étape précédente. Ça fait quand même plus sérieux ! Ici on constate que, dans les basses lumières, la courbe commence à décoller vers -5 IL et qu'elle sature à +4 IL en haute lumière... soit une dynamique pratique d'environ 9 IL. Par rapport à la mesure de la cellule, on dispose de 4 IL en surexposition et de 5 IL en sous-exposition.





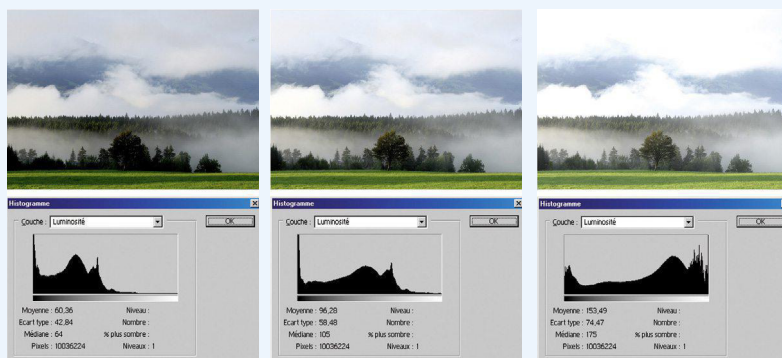
# Q62 QU'EST-CE QUE L'HISTOGRAMME?

L'histogramme est un fabuleux moyen graphique de vérifier qu'on exploite parfaitement la dynamique du capteur... et même temps qu'il permet de contrôler l'exposition. On peut demander à un boîtier d'afficher l'histogramme d'une photo déjà enregistrée mais également de la scène qu'on est en train de cadrer, du moins avec un viseur électronique (EVF ou LiveView). L'histogramme peut également être affiché dans les logiciels de traitement d'image. Il montre, de façon graphique, la répartition des tons dans une image :

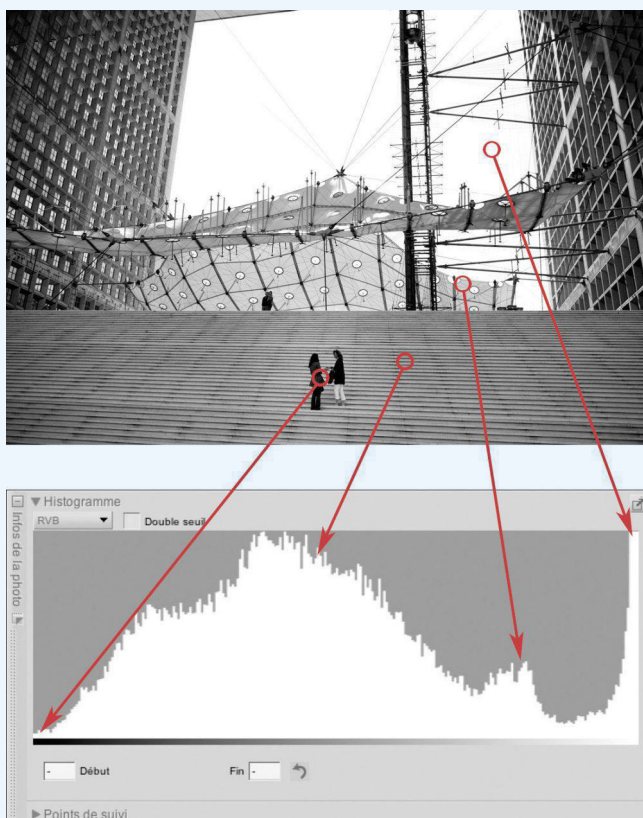
- En abscisse, on trouve les niveaux de luminosité de l'image.
- En ordonnée, l'appareil calcule le nombre de pixels possédant la luminosité considérée dans l'image.

Notons que l'histogramme est parfois proposé pour chaque couche colorée de l'image (R, V et B). Dans une image « standard », correctement exposée, l'histogramme présente une forme plus ou moins découpée et évasée, mais pratiquement toutes les valeurs de luminosité y sont représentées. En revanche, lorsque l'image est trop sombre (sous-exposée), l'histogramme est décalé vers la gauche. À l'inverse, lorsque l'image est trop claire (surexposée), l'histogramme est décalé vers la droite. Dans un de ces deux cas, le mieux est de refaire une photo en décalant les paramètres d'exposition pour que l'histogramme ait une répartition « centrale ». Les « butées » droite et gauche de l'histogramme correspondent aux limites de la dynamique du capteur. Ce qu'il faut donc absolument éviter – autant que faire se peut – c'est que l'histogramme soit « tronqué » à droite. Cela signifie qu'un certain nombre de pixels de l'image possèdent la luminosité maximale. Ils correspondent à une zone « cramée » qui attire l'œil et qui est donc désagréable.

*L'idéal est d'obtenir un histogramme qui s'étale complètement de droite à gauche. Si on raisonne en noir et blanc, cela signifie qu'il y a dans l'image des valeurs très sombres (des « noirs ») et des valeurs très lumineuses (des « blancs »). Entre les deux, on trouve les valeurs intermédiaires (les « niveaux de gris »). Dans cette photo, on trouve quelques valeurs noires (les personnages au premier plan) et beaucoup de valeurs très claires (le ciel « cramé »).*



*La scène ci-dessus présente beaucoup de végétation et des nuages blancs... qui doivent rester blancs sans « cramer ». Il faut donc utiliser avec justesse la dynamique du capteur pour que le pic de l'histogramme (qui représente la luminosité de l'herbe) se retrouve approximativement au milieu du graphique, tout en préservant les détails du ciel. Dans la première photo, l'histogramme est tassé vers la gauche : les noirs sont « bouchés » alors qu'on a de la marge à droite en surexposition ! Dans la dernière photo en revanche, l'histogramme est tronqué à droite : la photo est surexposée et les nuages ont perdu toute modulation. C'est ce qu'il faut absolument éviter... En réglant finalement l'exposition entre les deux solutions précédentes, l'image est bien exposée et on exploite entièrement la dynamique du capteur : l'histogramme s'étale des ombres aux hautes lumières.*

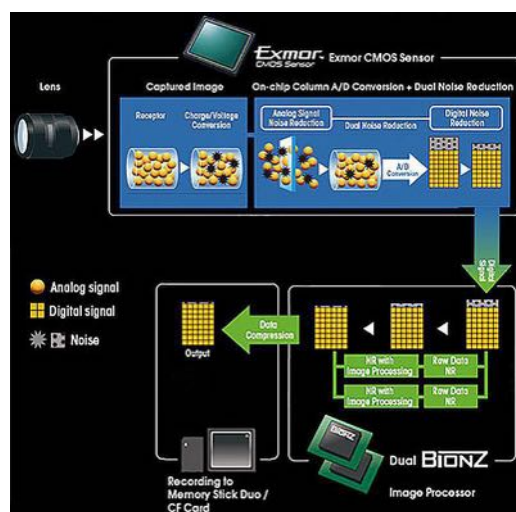
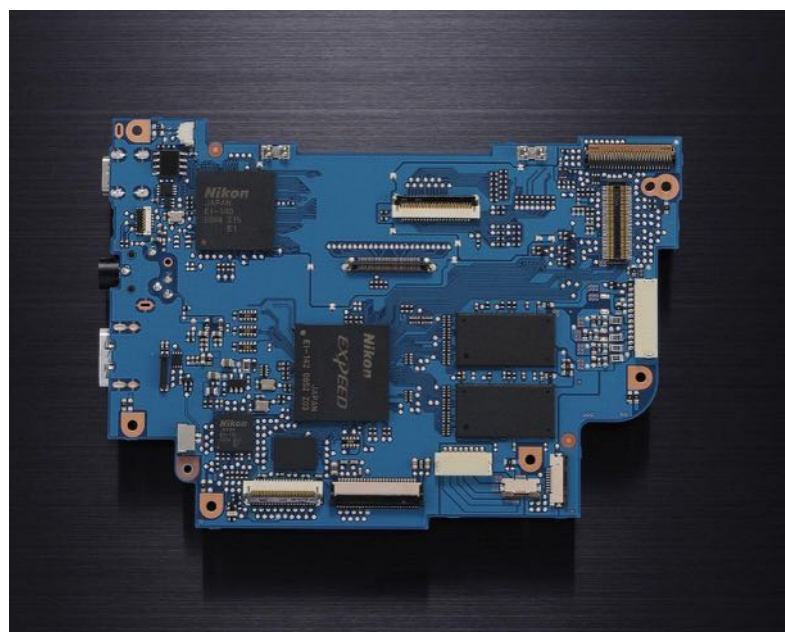


# Q63 QUELS TRAITEMENTS SONT RÉALISÉS SUR LE SIGNAL ?

*Une fois la scène saisie par le capteur numérique et les photosites remplis d'électrons, de nombreuses opérations sont nécessaires pour générer un fichier-image, à la qualité de plus en plus grande au fil des années.*

Les traitements internes appliqués à l'image formée sur le capteur numérique sont assurés par des circuits intégrés appelés ASIC (Application-Specific Integrated Circuit). Chaque marque donne un nom particulier à ce processeur : Canon DIG!C, Fuji REAL Photo Engine, Leica MAESTRO, Nikon EXPEED, Olympus TRUEPIC, Panasonic Venus Engine, Pentax PRIME (Pentax Real Image Engine), Sigma TRUE (Three-layer Responsive Ultimate Engine), Sony BIONZ... Certains boîtiers pro intègrent deux puces identiques, qui effectuent le travail en parallèle (ce sont les processeurs « Dual » : Dual-DIG!C, Dual-BIONZ...) pour accélérer la vitesse de traitement... Il faut également noter que ces circuits gèrent également certaines fonctions de l'appareil (balance des blancs, détection de visages...). En fait, ces « puces » gèrent toute la partie traitement et analyse d'image numérique dans un appareil photo !

*Le circuit intégré Nikon Expeed est placé au cœur du circuit de traitement des données issues du capteur.*



*Le capteur Exmor de Sony procède à la réduction du bruit en interne, sur le signal analogique. Une fois convertie en signal numérique, l'information sera de nouveau filtrée !*

des nombres. On trouve donc, en sortie de capteur, des CAN (Convertisseurs Analogique-Numérique) qui vont affecter une valeur (sur 12, 14, 16 bits ou plus) utilisable par les circuits intégrés à l'intensité de chaque photosite. La valeur « 0 » correspond toujours au noir profond, tandis que la valeur la plus élevée (4095 pour un codage sur 12 bits par exemple) au blanc pur (voir page 88). Mais l'image, ainsi numérisée, est loin d'être parfaite. En fait, elle est même bien souvent de piètre qualité malgré les immenses progrès effectués à ce niveau. Bruit thermique, netteté médiocre, pixels morts... Avant toute opération, l'image doit donc être prétraitée pour atteindre un bon niveau de qualité. Il faut d'abord corriger les erreurs issues de photosites défectueux dont la cartographie est connue. Il suffit pour cela d'interpoler les valeurs mesurées dans un voisinage proche. L'étape la plus importante va alors consister à réduire le bruit numérique. Le calculateur va, pour cela, procéder à un filtrage afin d'éliminer les valeurs aberrantes et de « lisser » les valeurs qui diffèrent notablement de ses voisines, synonymes de bruit...

# Q64 FAUT-IL METTRE À JOUR LE FIRMWARE DE L'APPAREIL ?

*La qualité des photos dépend beaucoup des traitements internes des appareils numériques. Comme pour les logiciels des ordinateurs, les fabricants procèdent régulièrement à des mises à jour afin d'améliorer leur fonctionnement...*

S'il est vrai que l'apparition d'une mise à jour est souvent perçue par le possesseur d'un appareil comme étant un vague pansement posé en vitesse sur un produit qui n'était finalement pas si bien conçu que ça (ce qui est parfois vrai...), il existe des mises à jour qui améliorent notablement les performances d'un appareil. Il est alors très important de les appliquer à son matériel, de façon à bénéficier de la meilleure qualité possible.

## DIFFÉRENTS TYPES DE « MAJ »

Il est vrai que certaines mises à jour visent à corriger des « bugs » (erreurs de fonctionnement) que les premiers utilisateurs ont pu constater. Ces bugs peuvent affecter la qualité de l'image lorsque les traitements internes sont mal adaptés (moiré excessif, apparition de « bandes » disgracieuses en basse lumière – le « banding »...), etc. Certaines peuvent également corriger des problèmes de fonctionnement de l'appareil (dysfonctionnement des cartes mémoire, interface qui se bloque, mauvaise gestion de l'alimentation...). Enfin, certains nouveaux firmwares peuvent également régler des problèmes d'interface (gestion des menus...). Il est évidemment plus que conseillé de les appliquer à son appareil. Mais certaines mises à jour ne sont pas que des correctifs. Elles peuvent en effet rendre l'appareil compatible avec de nouveaux matériels (objectifs, flashes...). D'autres proposent (c'est rare, mais c'est là une limitation commerciale... il faut bien vendre le remplaçant!) de nouvelles fonctionnalités. D'autres, enfin, proposent des améliorations qualitatives qui sont le fruit de nouvelles recherches développées par la marque... Elles ne portent évidemment que sur les traitements logiciels : elles ne peuvent améliorer les performances matérielles de l'appareil... On n'améliore pas un capteur avec un logiciel !

Il est donc très important de tenir le firmware interne de ses appareils à jour pour profiter de toutes les améliorations et corrections apportées par le constructeur. Il



*Les fichiers de mise à jour se téléchargent sur le site Internet du constructeur, qui indique la marche à suivre pour les installer sur son boîtier.*

faut pour cela se tenir informé et consulter régulièrement le site du fabricant pour vérifier si de nouvelles versions ne sont pas disponibles. Il est à noter que lorsque l'appareil arrête d'être commercialisé, les mises à jour s'arrêtent presque systématiquement.

## LA PROCÉDURE

Avant de procéder à la mise à jour, il faut regarder le numéro de la version intégrée dans l'appareil. Un sous-menu indique généralement ce numéro. Il suffit de le comparer avec celui qui est indiqué sur le site Internet du constructeur. Ensuite, chaque fabricant possède sa propre méthode. Si certains proposent la mise à jour via un logiciel fourni, la procédure la plus répandue est la suivante :

- On télécharge un fichier sur le site Internet du fabricant puis on le décompresse sur son disque dur.
- On formate une carte mémoire puis on transfère les fichiers de mise à jour sur cette carte.
- On insère la carte dans l'appareil et on initialise le processus de mise à jour soit via un menu, soit via une manipulation de touches.
- Quelques écrans de confirmation apparaissent parfois et demandent une validation manuelle... puis on attend la fin du processus ! Ce dernier est parfois long... et c'est pourquoi il est conseillé d'avoir au préalable chargé l'accumulateur à fond pour éviter une panne d'alimentation au milieu de la procédure !



# Q65 QU'EST-CE QUE LE DÉMATRIÇAGE?

*Une fois que les données issues du capteur ont été numérisées et filtrées, l'opération la plus importante va consister à recréer une image RVB à partir des informations partielles dont on dispose du fait de la matrice de Bayer...*

Si on excepte les capteurs Fovéon des appareils Sigma, on a vu que tous les appareils actuels utilisent une matrice colorée au dessus de leur capteur pour leur permettre de voir en couleur. Cette matrice de micro-filtres colorés affecte une couleur (rouge, verte ou bleue) à chaque photosite. Et pourtant, il faudra bien que chaque pixel de l'image (correspondant à chaque photosite) possède les trois composantes R, V et B. Il va donc falloir recréer ces informations à

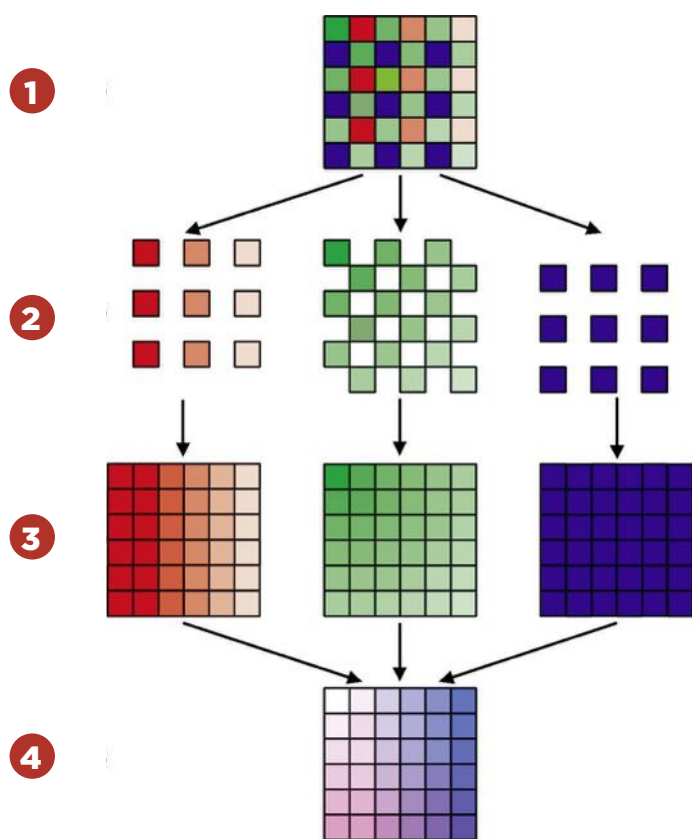
partir de ces informations partielles. Cette opération s'appelle le dématricage : il s'agit de « recréer » les informations manquantes à partir de celles, parcellaires, qui existent.

## DES ALGORITHMES SOPHISTIQUÉS...

On peut imaginer de nombreuses techniques mathématiques pour cela : recopie pure et simple des valeurs des pixels adjacents, moyenne des valeurs du voisinage... On peut aussi calculer une courbe mathématique plus ou moins évoluée (à deux dimensions) par laquelle passent les intensités numériques connues des pixels du voisinage et l'appliquer aux valeurs inconnues pour les déterminer. Ce sont donc des interpolations : bilinéaires, bicubiques, etc... Les méthodes actuelles sont encore beaucoup plus évoluées et gèrent les trois couches R, V et B en même temps. Elles sont permises par l'augmentation de la puissance de calcul des processeurs d'image. Citons par exemple l'interpolation par reconnaissance de formes, par réseaux de neurones, par filtrage fréquentiel dans l'espace de Fourier... Elles sont souvent combinées à un filtrage du bruit résiduel que l'opération peut générer.

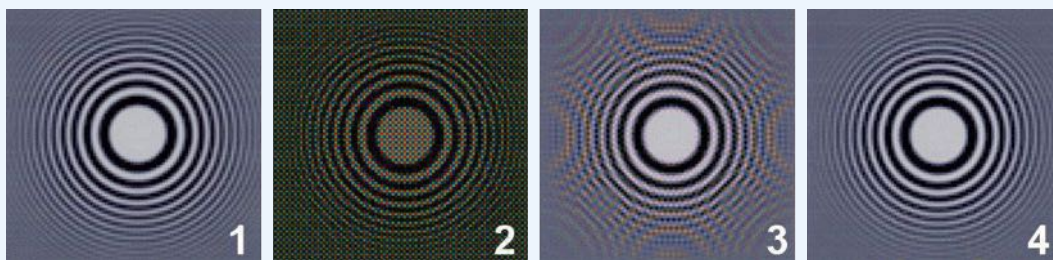
## DÉMATRIÇAGE SUR ORDINATEUR...

Le dématricage peut s'effectuer dans le boîtier... mais il existe également des logiciels spécialisés : les données « brutes » (filtrées mais non dématricées) peuvent en effet directement être enregistrées dans un fichier RAW (voir page 92) : des logiciels tournant sur ordinateur (Windows, Mac OS, Linux...) peuvent alors traiter ces données, avec parfois plus de puissance que les processeurs internes d'un boîtier ! On imagine déjà la complexité du traitement sur des données issues de capteurs coiffés d'un filtre de Bayer... ce qui peut faire redouter le dématricage des fichiers issus d'un capteur X-Trans de Fuji ! Le dématricateur DxO OpticsPro a d'ailleurs jeté l'éponge : il est, pour le moment, incapable de dématricer les fichiers RAW issus d'un appareil à capteur X-Trans !



Le dématricage consiste à recréer les vraies couleurs à partir d'informations partielles. **1:** On récolte, au niveau de chaque photosite, les intensités sous les filtres R, V et B. **2:** Dans le cas d'une matrice de Bayer, les couches R et B ne comportent que 25 % d'informations, la couche V en contient 50 %. **3:** Les calculs d'interpolation complexes permettent de recréer les valeurs manquantes de chaque pixel correspondant. **4:** En superposant les trois couches, on recrée complètement les couleurs du sujet photographié.

# Q66 QUE FAIRE DES DONNÉES DÉMATRICÉES?



*Effet des différentes étapes du traitement interne sur une mire (1). 2: données brutes filtrées. 3: Données dématricées. 4: Données traitées. On comprend que le dématricage ne fait pas tout: il faut encore « travailler » ses données pour obtenir une qualité satisfaisante!*

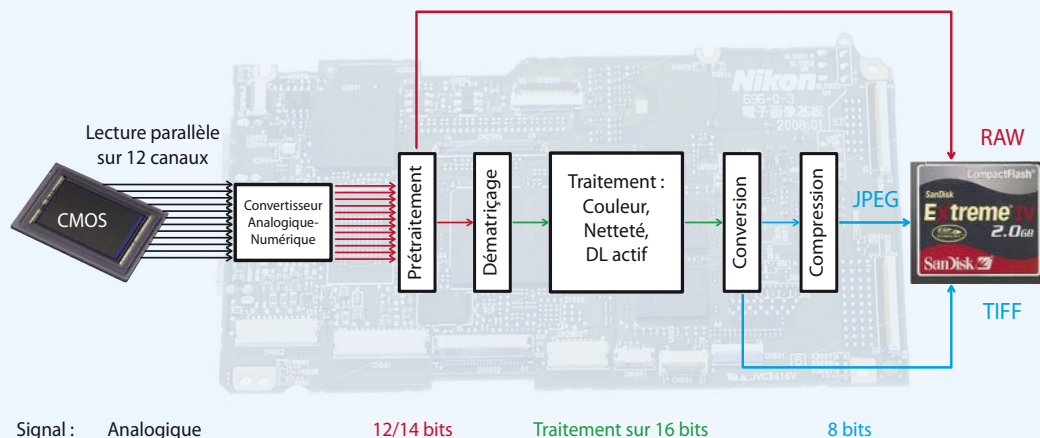
Il reste encore de nombreux traitements à appliquer à l'image dématricée pour qu'elle soit agréable à l'œil. Il subsiste en effet dans l'image du flou et du moiré sur les détails ou les structures répétitives: un filtrage s'avère donc nécessaire! De plus, les couleurs doivent être corrigées, car les capteurs « voient » les couleurs différemment de l'œil humain. Ces teintes doivent être interprétées pour donner des couleurs naturelles. Le traitement doit être global (en prenant en compte les trois couches R, V et B). Les derniers circuits intégrés adaptent donc le traitement des couleurs en fonction de la détection des sujets. Ainsi les zones de l'image correspondant aux ciels sont-ils traités différemment que les tons chairs. Il faut ensuite modifier le contraste car l'image est « plate » du fait de la réponse linéaire du capteur. Rappelez-vous: le nombre d'électrons est proportionnel à la lumière reçue. Or un œil a besoin d'une réponse graduelle. Pour que l'image soit plus agréable, on va donc appliquer aux intensités numériques calculées une fonction puissance avec un coefficient ( $1/\gamma$ ) pour augmenter le contraste dans les hautes et moyennes lumières tout en préservant le détail dans les ombres. L'image est alors plus naturelle et semble plus précise. On choisit généralement pour cela un gamma de l'ordre de  $\gamma = 2,2$ . C'est presque fini: le processeur va finalement « faire les niveaux » en déterminant le point noir et le point blanc: l'image présente alors une belle dynamique, en étagant ses valeurs du noir au blanc.

## C'EST PRESQUE FINI!

Certaines corrections finales peuvent généralement être paramétrées dans les menus de l'appareil. Le processeur va en effet appliquer les réglages de balance des blancs choisis au moment de la prise de vue, de netteté apparente, de saturation des couleurs et d'espace colorimétrique (sRGB ou Adobe RVB, voir page 85) à l'image pour correspondre aux désirs du photographe et à l'utilisation qu'il envisage pour sa photo.

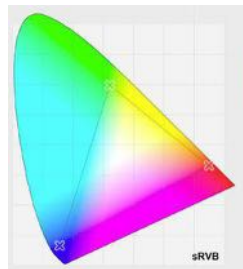
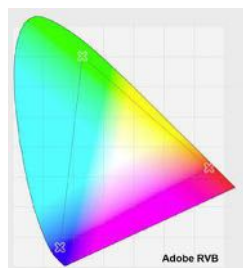
En fin de parcours, l'appareil procède à de nouvelles corrections, liées aux défauts de l'objectif utilisé: distorsion, aberration chromatique et vignetage, connus par l'appareil grâce à une puce intégrée à l'objectif sont ainsi minimisés... Il ne reste plus qu'à convertir l'image en 8 bits et à l'enregistrer en format JPEG sur la carte mémoire! On le voit, les données issues du capteur sont « triturées » dans tous les sens pour donner une image de grande qualité et plaisante à l'œil!

*Le schéma ci-dessous montre tout le processus de traitement d'image interne de l'EXPEED d'un boîtier Nikon.*



# Q67 QU'EST-CE QUE L'ESPACE COULEUR?

*Les reflex numériques actuels proposent tous le choix de « l'espace couleur ». Par défaut, c'est le sRGB qui est activé dans la majorité des appareils mais les experts disent qu'il vaut mieux utiliser l'Adobe RVB. Alors, quel espace choisir ?*



*On constate que l'espace couleur Adobe RVB inclut plus de teintes dans les cyans et les verts que le sRGB.*

Pour bien comprendre ce qu'est l'espace couleur, il faut d'abord réaliser que tout système d'imagerie n'est capable de reproduire qu'un certain nombre de couleurs. Pour simplifier : si on veut dessiner une pomme en ne disposant que d'un crayon bleu, on va pouvoir transcrire sa forme, ses ombres... mais pas ses teintes ! L'outil (le crayon) possède une capacité de reproduction limitée (je parle des couleurs...). Il en est de même pour les systèmes utilisés en photographie (appareil numérique, scanner, écran, imprimante...).

## LE GAMUT

La gamme de couleur qu'un appareil est capable de saisir ou de transcrire s'appelle son gamut. Certains peuvent enregistrer ou afficher une grande quantité de couleurs (large gamut), d'autres un nombre plus faible. La référence est, bien entendu, l'œil humain qui possède le plus large gamut possible (bien que des différences notables existent... par exemple chez les daltoniens !). Les appareils photos numériques possèdent un très large gamut : ils sont pratiquement capables de saisir l'ensemble des couleurs visibles (alors que les films couleurs ne l'étaient pas...). Chaque matériel possède donc son propre gamut. On définit alors des ensembles de couleurs de référence, appelés espaces couleur, dans lesquels le gamut d'un appareil rentrera... ou pas.

## DEUX ESPACES DE RÉFÉRENCE

Quand Internet a commencé à se généraliser, il a fallu définir un ensemble de couleurs minimal. Un ensemble que tous les écrans d'ordinateur devaient posséder afin que, partout dans le monde, on soit certain qu'une image publiée sur Internet s'affiche de la même façon. En 1996, l'espace couleur sRGB a ainsi défini un ensemble de couleurs que tous les éléments de la chaîne informatique (écrans, imprimantes, scanners, appareils numériques...) devaient respecter. Aujourd'hui encore, l'écran « de base » affiche les couleurs de l'espace sRGB !

Rapidement, certains ont fait remarquer que l'espace sRGB était très déficient dans les cyans (sans jeu de mot...). Or le cyan est une teinte de base des systèmes d'imprimerie, qui travaillent en synthèse soustractive (voir page 11). De plus, les paysages marins des Caraïbes étaient intranscriptibles en sRGB... ce qui est intolérable. Adobe a donc inventé, en 1998, l'espace Adobe RVB, plus large que le sRGB notamment dans les tons bleu-vert. Si vous choisissez l'espace Adobe RVB dans votre appareil, il compressera les teintes que le capteur a perçues pour qu'elles « rentrent » dans l'espace Adobe RVB puis les enregistrera dans le fichier image. Si vous optez pour sRGB... il les compressera encore plus pour se conformer à l'espace sRGB !



*La même image, enregistrée en sRGB et en Adobe RVB : les cyan et les verts sont moins saturés dans la première. L'écart a toutefois été ici amplifié pour être bien visible à l'impression.*

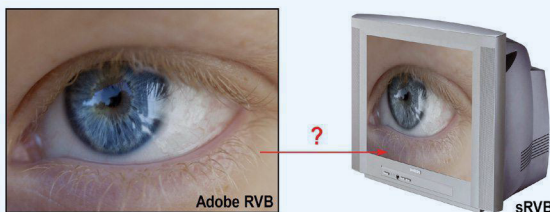


# Q68 COMMENT CHOISIR L'ESPACE COULEUR?

A priori, on se dit qu'il vaudrait donc mieux systématiquement enregistrer ses images dans l'espace Adobe RVB : on perd moins de nuances ! En optant pour le sRVB, en effet, vous limitez les performances de votre appareil. Oui, mais... L'espace sRVB, sur lequel se sont appuyés tous les constructeurs depuis plus de 20 ans s'est généralisé au point de devenir une norme. Outre les écrans et les imprimantes de base, même les tireuses des laboratoires industriels utilisent l'espace sRVB. Ainsi, si vous fournissez une photo avec une gamme de couleurs très étendue (Adobe RVB) à un périphérique – par exemple une imprimante ou un écran – à faible gamut (sRVB), vous ne savez pas exactement comment il va traduire les couleurs qu'il est incapable de reproduire ! Que vont devenir les tons de votre mer bleu-azur de Corse ? Si vous publiez votre photo Adobe RVB sur votre site Internet, l'écran hors d'âge d'un internaute à l'autre bout du monde pourrait bien délayer lamentablement les yeux verts d'eau de votre superbe portrait... Pire encore : si vous travaillez vos images Adobe RVB sur votre ordinateur avec un écran dont le gamut correspond tout juste à l'espace sRVB, vous travaillez « en aveugle » sur certaines couleurs, les modifiant peut-être sans avoir de retour visuel à l'écran ! Bref, si vous choisissez systématiquement l'espace Adobe RVB, il vous faudra certainement monter en gamme pour tout le matériel situé en aval dans votre chaîne de traitement. Cela implique en effet d'acheter un coûteux écran affichant l'espace Adobe RVB, une imprimante de qualité photo ou de porter vos photos à tirer dans un labo professionnel utilisant des machines à large gamut... Bref, il vous faudra avoir les moyens de vos ambitions ! En clair : on choisit en fonction de la chaîne graphique dont on dispose en aval de son appareil photo !

## OUI MAIS... AU CAS OÙ !

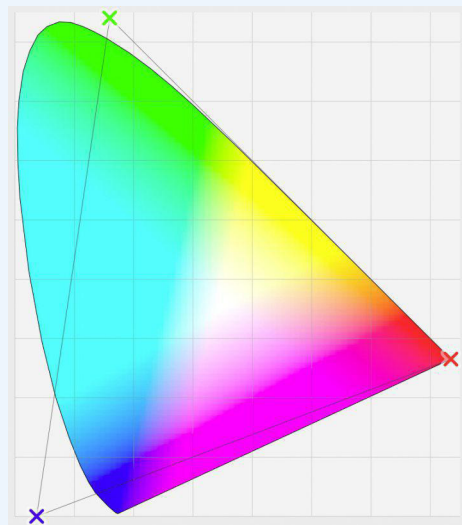
Mais il est vrai qu'on ne sait pas ce que nous réserve l'avenir... Qui nous dit que dans quelques mois, une technique révolutionnaire ne va pas permettre d'obtenir des écrans pouvant afficher une infinité de couleurs à prix dérisoire ? Les fichiers sRVB (et même Adobe RVB) seront alors complètement



*Comment s'affichera votre fichier image Adobe RVB sur un vieil écran sRVB ? Vous ne maîtrisez pas la conversion !*

dépassés ! Pour être sûr de conserver l'ensemble des couleurs enregistrées par le capteur, la seule solution consiste à opter pour le format d'enregistrement RAW (voir page 90) ! En effet, dans celui-ci, les couleurs ne sont pas traitées : on peut choisir l'espace couleur après avoir dématricié l'image sur son ordinateur ! Certains logiciels proposent déjà l'espace ProPhoto RVB (adopté par Adobe comme « espace de travail » dans Lightroom), qui englobe pratiquement toutes les teintes !

*L'espace ProPhoto RVB contient pratiquement toutes les couleurs de l'espace visible.*



## QUEL EST L'ESPACE COULEUR D'UN FICHIER ?

■ Si on peut visualiser l'espace couleur d'une photo dans les logiciels de traitement d'image, le nom du fichier comporte un code qui permet de le reconnaître rapidement. Il s'agit en fait presque toujours de la place du « \_ » dans le nom du fichier. Dans le tableau ci-dessous, les « x » représente des nombres (0 à 9).

Marque	Fichier sRVB	Fichier Adobe RVB
Canon	IMG_xxxx.JPG	_MG_xxxx.JPG
Fuji	DSCFxxxx.JPG	_DSCxxxx.JPG
Nikon	DSC_xxxx.JPG	_DSCxxxx.JPG
Pentax	IMGPxxxx.JPG	_IGPxxxx.JPG
Sony	DSCxxxxx.JPG	_DSCxxxx.JPG

# Q69 QU'EST-CE QUE LA DÉFINITION D'UNE IMAGE?

*On confond souvent définition et résolution. Cette dernière dépend du périphérique de visualisation ou d'impression et ne concerne donc pas l'appareil, ni le fichier d'image... même si les fichiers « codent » parfois une résolution standard, en prévision de sa visualisation supposée...*



La même scène simulée avec un capteur ayant une définition de 150, 600 pixels, 5400 pixels, 135 kpix et 2 Mpix (1200x1800). La définition indique seulement la quantité d'information. Plus celle-ci est élevée, plus l'image sera « définie » (précise).

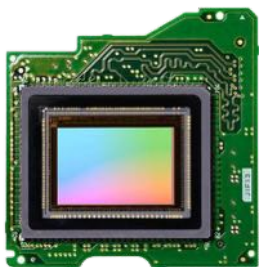
La définition est souvent utilisée pour quantifier le nombre de pixels contenus dans un fichier. Par exemple, un fichier issu d'un appareil photo aura une définition de 4000x6000 pixels, soit 24 millions. La définition s'exprime indifféremment par le nombre de pixels horizontal et vertical ou par leur produit. Etant donné que chaque pixel d'une photo numérique correspond généralement à un photosite du capteur, la définition est également utilisée pour dénombrer le nombre de photosites d'un

capteur. Mais certains capteurs possèdent une structure non régulière (photosites octogonaux, Fovéon aux couches RVB superposées...) et les définitions peuvent donc différer (voir encadré).

La définition est donc un nombre sans unité qui indique uniquement la quantité de données générée par un capteur, sans aucune information sur la taille des photosites. Les Nikon D5 (capteur mesurant 23,9x35,9 mm) et D7500 (avec un capteur « APS-C » de 15,7x23,5 mm) possèdent la même définition (5568x3712, soit environ 21 millions de photosites effectifs) mais pas la même taille. Les photosites du premier sont donc naturellement plus gros... mais les fichiers comporteront le même nombre de pixels. Par contre le Nikon D850 possède un capteur de même dimension que le D5 (24x36) mais 45,7 millions de photosites effectifs (qui sont donc nécessairement plus petits que ceux du D5) : les fichiers comporteront plus de deux fois plus de pixels. Pour une image, c'est exactement la même chose : il suffit de multiplier le nombre de pixels en horizontal par le nombre de pixels vertical pour obtenir la définition totale. Bien entendu, plus la définition est élevée, plus on pourra agrandir l'image. Les définitions actuelles des fichiers images permettent sans aucun souci de tirer ses photos en format 40x60 cm... taille à laquelle bien peu d'amateurs font souvent appel !

## ET POUR LES FOVÉON ?

■ Le capteur Fovéon possède, on l'a vu, une structure particulière, où les filtres colorés sont disposés en couche et non sur une matrice de Bayer. La définition du capteur, selon la norme JCIA, est égale au nombre de photosites effectifs. Mais Sigma indique souvent la définition des fichiers JPEG issus de l'appareil : « Le capteur [du Fovéon X3] offre une résolution équivalente à 39 millions de pixels » indique la marque.. alors qu'il possède une matrice de 5440x3616 photosites, soit une définition réelle de 19,7 millions. Une fois les calculs d'interpolation effectués, les fichiers de cet appareil possèdent bien 7680x5120 pixels, soit 39,3 millions. Il ne faut donc pas confondre photosites et pixels !



La structure particulière du capteur Fovéon pose un problème de recensement des pixels !

# Q70 QU'EST-CE QUE LA RÉOLUTION?

La résolution apporte la notion de dimension à la définition: il s'agit du nombre de photosites par unité de longueur. C'est en fait une résolution spatiale qui s'exprime donc en «dpi» (Digit Per Inch) ou, en français, en «ppp» (Pixel Par Pouce). Au niveau des capteurs, par exemple, si on reprend l'exemple des deux boîtiers précédents, la résolution du D5 sera de  $5568/35,9 = 3712/23,9 = 155$  photosites/mm tandis que celle du D7500 sera de  $5568/23,5 = 3712/15,7 = 237$  photosites/mm. À définition égale, les capteurs plus petits ont une résolution plus élevée.

## RÉSOLUTION DES CAPTEURS

Le calcul de la résolution d'un capteur ne présente pas beaucoup d'intérêt. Il permet juste de se rendre compte de la densité incroyable des photosites sur un capteur. L'inverse de cette résolution nous donne en effet la taille d'un photosite. Par exemple pour les capteur APS-C (15,7x23,5 mm) à 21 millions de photosites, on trouve une taille de 0,0042 mm, soit 4,2 microns (millième de millimètre)! Cette valeur est à comparer à la taille des détails que peuvent séparer les meilleures optiques du marché. On estime en effet que les objectifs les plus performants peuvent transcrire des détails de 5 microns au niveau du plan du capteur. Et encore, avec un contraste très faible! Avec une excellente optique, on ne peut donc, en théorie qu'avoir, sur un capteur APS-C, que  $15,7 \times 23,5 / (0,005)^2 = 15$  millions d'informations! Avec ses 21 millions de pixels, le capteur est donc surdimensionné: ses photosites «coupent les détails en quatre»!

## RÉSOLUTION DES IMAGES ?

La résolution d'une image numérique n'existe pas (puisque'il n'y a pas d'unité de longueur dans un fichier!). Les fichiers images codent pourtant, dans les données EXIF, une résolution... C'est une source de confusion pour le débutant: ce n'est qu'une suggestion dont il faut simplement... ne pas tenir compte!

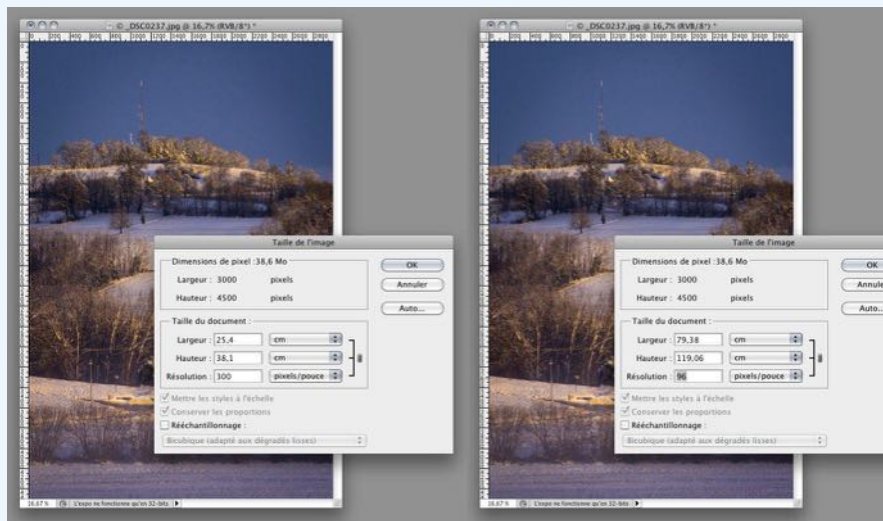
En fait, une image s'adapte à la résolution du support sur laquelle elle va se matérialiser. Imaginons, par exemple, un écran d'ordinateur capable, du fait de sa

constitution, d'afficher 50 pixels par centimètre (127 dpi). Une photo, issue d'un appareil à 24 MP (6000x4000 pixels) mesurera  $6000/50 \times 4000/50 = 120 \times 80$  cm sur cet écran lorsqu'elle est affichée à 100 %. A moins d'avoir un écran géant, on n'en verra donc qu'une partie! Imaginons maintenant cette même image, tirée sur une imprimante capable d'imprimer 120 pixels par centimètre (300 dpi).

L'image mesurera, toujours à 100 %,  $6000/120 \times 4000/120 = 50 \times 33$  cm... soit un format A3+ environ. On voit qu'à aucun moment la taille du capteur n'intervient dans le calcul! La taille (physique, en centimètres) d'une image dépend donc de sa propre définition et de la résolution du support sur laquelle elle se matérialise. On ne peut parler de résolution que pour des éléments matériels, pas pour des images (virtuelles).



*Dans chaque fichier photo, la résolution est codée (ici 72 dpi). Deux fois en plus! Mais elle ne correspond à rien de physique pour l'image.*



*Cette image possède une définition de  $3000 \times 4500 = 13,5$  millions de pixels. Si on l'imprime dans un magazine de qualité (300 dpi), elle mesurera 25,4x38,1 cm. Sur un écran de bonne définition (résolution de 96 pixels/pouce), elle mesurera environ 80x120 cm. L'image numérique n'a pas de résolution: c'est le support d'affichage ou d'impression qui en a un.*



# Q71 COMMENT SONT CODÉES LES DONNÉES PHOTO?

*Les informations traitées par les ASIC du boîtier sont enregistrées dans un fichier numérique, stockée sur la carte mémoire. Mais comment les informations de couleur sont-elles codées ? Quel nombre correspond au blanc ? Au noir ?*



Plus le nombre de bits augmente et plus l'image est riche en niveaux de gris. Avec deux niveaux, l'image est dite "au trait". 4, 8 et 16 niveaux sont insuffisants pour que le rendu (dégradés) soit visuellement satisfaisant. L'image est, par contre, parfaite avec 256 niveaux.

Le nombre affecté à chaque pixel pour coder la luminosité du photosite correspondant est appelée intensité numérique. Une image numérique n'est donc qu'un tableau rempli de valeurs entières (sans virgule). Le nombre de valeurs que peut prendre l'intensité numérique dépend

du nombre de bits qu'on lui alloue. Sans rentrer dans le détail, un bit (Binary digit) est une information numérique basique qui vaut 0 ou 1. Si on alloue à chaque pixel  $n$  bits pour coder son intensité numérique, celle-ci pourra prendre  $2^n$  valeurs.

## NOMBRE DE GRIS

Si on raisonne en noir et blanc, avec 1 bit, on n'aura que deux valeurs possibles (0 et 1), qui correspondent au noir et blanc. Par convention, en effet, dans un fichier d'image numérique, le noir correspond toujours à la valeur 0 et le blanc à la valeur la plus élevée (autorisée par le nombre de bits alloués au codage). Dans une image de ce type, on peut imaginer que tous les gris inférieurs à un certain seuil seront considérés comme blancs, tandis que les autres seront noirs :

c'est une image « au trait ». Avec 2 bits, on aura 4 valeurs : 0 (le noir), 1 (le gris sombre), 2 (le gris clair) et 3 (le blanc)... Avec 3 bits, on disposera de 8 valeurs, ce qui permet une meilleure modulation des valeurs de gris. Et ainsi de suite : plus le nombre de bits alloué pour coder l'intensité numérique est grand et plus le nombre de niveaux de gris possibles (intermédiaires entre le noir pur et le blanc pur) est important. On constate qu'au delà d'un certain nombre, l'œil ne discerne plus deux gris très proches. On a trouvé que cette valeur était de l'ordre de 256 (soit un nombre de bits de 8, soit  $2^8 = 256$ ). Cette valeur est à rapprocher du constat qu'on pouvait déjà faire en argentique : l'écart minimal en densité qu'un œil peut discerner est de l'ordre de 0,01D (écart de densité). Sur une plage de densité allant de 2,5D (qui correspond à un beau tirage argentique en noir et blanc), cela représente environ 250 niveaux de gris discernables ( $2,5/0,01$ ). On s'accorde donc à dire qu'un codage sur 8 bits (ensemble qu'on appelle un « octet »), codant 256 niveaux de gris distincts, est visuellement suffisant pour traduire tous les gris. Dans ce système, le noir vaut – comme toujours – 0 et le blanc 255.

## ET EN COULEUR ?

La photo numérique étant fondamentalement une photographie en couleur, on va simplement coder chaque couleur (R, V et B) sur 8 bits. Pour chaque pixel, on dispose donc de 3 composantes, chacune pouvant prendre n'importe quelle valeur de 0 à 255. On peut avoir 256 niveaux de rouge, de vert et de bleu... soit 16.777.216 teintes ( $256 \times 256 \times 256$ ) possibles au total ! Cette valeur est largement suffisante pour notre œil qui est capable de n'en discerner que quelques milliers simultanément (par comparaison). Mais le système doit tenir compte du fait que, d'une photo à l'autre, les couleurs présentes ne seront pas identiques. Ces 16,7 millions constituent une marge considérée comme amplement suffisante.

705372	90EE9A	38C6FC	395520	C1C1EB	CFA70E	E9F4AC	3035E7	394DD4	8DAEED	67D1EC
705581	895865	937C44	364938	58704F	F7873F	9073F7	737997	ACAE48	55DC7E	53F21E
705638	360460	AD47CF	77F328	08452C	A63651	6961D5	431868	3C429C	9E7862	8E2FE2
705759	CD49FF	8080EB	F71AFF	D3F1EC	D4C287	802E15	8C8C25	98F290	AC71DC	0CF3FC
705888	54E0E1	28C53F	765106	CDEB7F	BCCAB5	4E7954	9A8FBD	09B49F	ASBFAB	76386D
706017	C81071	C76EAB	E79AF4	542318	53937E	F4ECBF	5FE8B1	E74D87	3708AB	E97F8B
706146	5493F2	805E04	741C13	DF8A51	F72F27	1B48ED	E8B7F5	F3F22A	952735	CAB473
706275	884246	48386C	92A33D	7279E3	34B97D	F54E7F	3F3F3F	9E9F87	639E92	9384AA
706404	187190	7A7F9E	2AA94B	5726AD	29A6B6	F89B1D	56A119	28BD34	DBCB74	B83FEA
706533	5C7F89	A73853	AB51C6	6FA3B8	F9AFD1	7FC39D	718C45	CD4E9A	E56D0F	576EFA
706662	491472	6F5DC1	E28F04	33264F	4C743C	735E2F	D6252A	D522A1	F0A777	6ED6FF
706791	E4FCA3	F8C308	FF809F	78F6C8	3C887C	A5047D	DCABEB	D384F2	71918E	D5D756
706920	CFBAB9	809C86	F957C8	80DFD0	E58772	DF99E7	F4AA6F	3C9945	88CAEA	EC3680
707049	913888	7EE210	A928C9	36DAB7	762DFA	7DABF5	D77D74	9A5924	8221B5	90C838
707178	ED1828	F8B8FC	BCBEE3	DSAGF9	A2DC15	D0D6EE	DF7FCD	EA4B1C	7BAE11	A440EB
707307	B28B95	07E7A7	CFE065	98EFA0	EDD1E1	33112E	4921C8	CF19EA	0F7C54	106ABA
707436	92F3EF	A1EE29	D47CEB	96F652	BE965D	35748D	5EA5EF	B4A5B0	BA8DC8	1C63F7
707565	D38AA9	19A54D	B95953	6978DA	D95EDB	F5D2D0	7E44B1	459744	581D8F	CB2657
707694	77EF41	F703CB	F04685	A83F2C	76B2E7	90708B	E47E1C	6A4531	32948C	8C8C81

Structure d'un fichier d'image numérique. Après un entête contenant des informations sur la prise de vue, l'image est décrite par une suite de nombres. Ici, le codage est hexadécimal mais chaque « bloc » correspond aux trois valeurs R, V et B d'intensité numérique d'un pixel.

# Q72 COMMENT COMPRESSER LES INFORMATIONS?

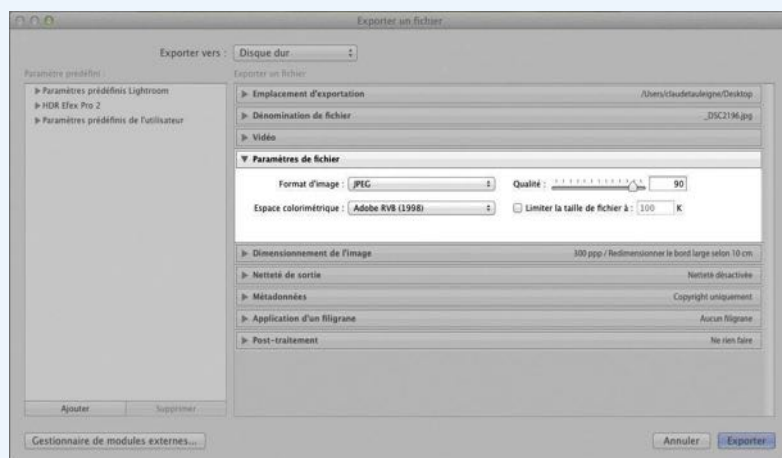
Compresser les données contenues dans un fichier numérique est une opération consistant à réduire le volume total d'information qu'elles représentent. On peut effectuer cette opération de deux manières: soit on élimine ce qui ne sert à rien (ou à pas grand-chose...), soit on choisit un codage particulier permettant de limiter le volume mais sans aucune perte. On peut aussi combiner les deux en même temps! La première méthode est dite «destructive» car on ne pourra pas retrouver les informations que l'on a supprimées pour gagner de la place. La seconde est «non destructive» car aucune information n'est perdue: il suffit de connaître le code ayant permis de réduire le volume d'information et de l'inverser pour tout retrouver.

## UN CODE...

Imaginons par exemple, dans un fichier imaginaire codé sur 1 bit, la séquence suivante: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0. On voit qu'il y a beaucoup d'information redondante dans cette suite (beaucoup de 0...). On peut choisir un codage à deux chiffres: le premier donne la valeur, le second son nombre d'occurrences consécutives de cette valeur. La suite précédente s'écrit alors: 0, 12, 1, 1, 0, 3 (douze fois 0, une fois 1 et trois fois 0). Au lieu d'avoir 16 informations à stocker, on en a plus que 6... c'est déjà un bon taux de compression ( $16/6 = 2,7$ ). Et il est non destructif: on sait en effet recréer la séquence initiale à partir de la série 0, 12, 1, 1, 0, 3 si on connaît la méthode!

Réfléchissons maintenant à ce que peut vouloir signifier la séquence de départ. On a un pixel qui vaut «1» (le blanc absolu) dans une ligne de «0» (noir absolu). On peut, sans dégrader l'image outre mesure, dire que ce «1» n'est qu'une petite poussière sur un fond noir. Si on décide de ne pas en tenir compte, la séquence deviendra 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0... que l'on codera (selon le même algorithme utilisé dans le premier cas) avec deux informations seulement: 16, 0. Le taux de compression est beaucoup plus élevé:  $16/2 = 8x$ ... mais on a perdu un peu d'information (la

«poussière» était peut-être un fin détail!). La compression est ici dite destructrice. En photo numérique, chaque fichier possède son type de compression: JPEG (destructive, avec un taux de perte réglable), TIFF (codages de Huffman ou LZW non destructifs). A priori, un fichier RAW ne devrait être compressé que de façon non destructive: lorsqu'on photographie en RAW, c'est pour avoir toutes les informations enregistrées par le capteur... pas pour en éliminer certaines (ou alors on choisit le JPEG!). Certains fabricants proposent pourtant d'enregistrer en format RAW compressé avec perte. Certes le fichier sera moins volumineux... mais il est philosophiquement tronqué. On oubliera donc ce format étrange et on achètera une carte mémoire plus grande! Mieux vaut donc opter, a priori, pour une compression sans perte, lorsqu'elle est proposée, puisqu'aucune information n'est perdue. Sauf que... le temps de codage prend un peu de temps. C'est infime pour des prises de vues courantes mais sur des rafales particulièrement longues, on peut perdre une ou deux photos du fait du temps de traitement. Parfois donc... il vaut mieux opter pour un RAW compressé!



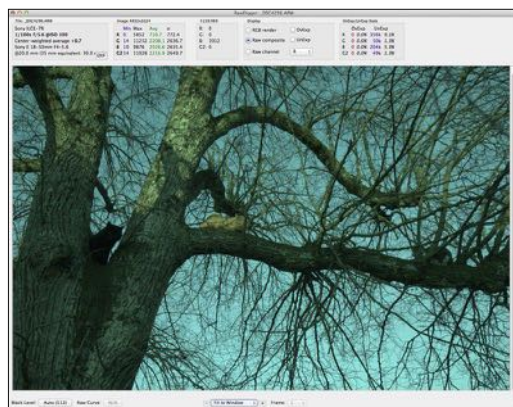
*Lorsqu'on enregistre un fichier JPEG, tous les logiciels demandent le taux de compression souhaité. Si l'échelle de compression varie d'un logiciel à un autre, le principe est le même: plus on compresse, plus la qualité diminue du fait des pertes d'information... mais moins le fichier est volumineux.*

# Q73 QU'EST-CE QU'UN FICHER RAW?

*RAW signifie « brut » en anglais. C'est le nom générique pour désigner une catégorie de formats de fichier image, comportant les données brutes, non traitées, issues d'un appareil photo numérique.*

Bien qu'il soit sélectionnable sur tous les boîtiers évolués du marché, le format RAW est surtout utilisé par les photographes experts et les professionnels. Il est ignoré ou boudé par les amateurs... car il est supposé complexe à gérer. Il est vrai qu'il nécessite un post-traitement impératif devant son ordinateur.

*Le logiciel RAW Digger permet, comme son nom l'indique, de « creuser » dans un fichier RAW. Et notamment de faire apparaître ses données sans dématricage. On voit immédiatement la dominante verte liée à la présence du filtre de Bayer.*



## UN FICHER BRUT

La principale caractéristique d'un fichier RAW est de n'avoir subi que très peu de transformations par rapport aux données brutes enregistrées par le capteur d'image. On a vu que les premières opérations effectuées par les calculateurs des boîtiers étaient de convertir les données brutes issues du capteur en signal numérique, puis de les filtrer pour éliminer les parasites notables. Le fichier RAW enregistre les données à ce niveau. Avant même qu'elles ne soient dématricées ! On peut effectivement difficilement faire plus « brut » ! En ce sens, on peut se le représenter comme une cartographie des valeurs de chaque photosite du capteur lors de la prise de vue. On comprend immédiatement que le fichier RAW est donc intimement lié à un appareil (ou au mieux, à une marque) : ses données dépendent fortement de la structure

de son filtre coloré, de sa définition, etc. En ce sens, il ne peut être universel...

Bien entendu, l'appareil, avant d'enregistrer les données sur la carte mémoire, va ajouter un certain nombre d'informations dans les données EXIF du fichier RAW : données liées à l'identification du fichier et l'organisation des informations, métadonnées du capteur (taille, caractéristiques du filtre et profil colorimétrique) et de l'appareil (marque, type, auteur, date, position GPS...), métadonnées de la photo (réglages d'exposition, balance des blancs, réglages de l'image : contraste, saturation...), vignette de l'image (pour une prévisualisation rapide), etc. Il faut bien que le logiciel qui va traiter ce fichier soit capable de comprendre les données inscrites dans ce « container numérique » qu'est le fichier RAW !

## UN NÉGATIF NUMÉRIQUE

Un fichier RAW n'est pas dématricé : il est donc inutilisable tel quel et il doit donc être « développé » par un logiciel pour pouvoir être exploité. En ce sens, on considère souvent le fichier RAW comme l'équivalent de l'ancien négatif couleur pour faire une analogie avec les films argentiques. Comme un négatif, il n'est pas visualisable tel quel : il faut le développer, ici avec un logiciel spécifique. On utilise souvent le logiciel fourni par le constructeur : Canon Digital Photo Pro, Fuji RAW File Converter EX, Nikon Capture NX-D, Sigma Photo Pro... mais on peut également utiliser un logiciel commercialisé par un éditeur tiers : Lightroom, Bibble Pro, DxO Optics, Silkypix, Capture One... Tous procèdent à un dématricage qui leur est propre, sans qu'on puisse intervenir et, typiquement, on va alors gérer, avec ces logiciels, le rendu des couleurs (balance des blancs), le rendu des valeurs (dynamique) et le rendu des détails (netteté).

*Les logiciels de dématricage, parfois appelés « dérawtiseurs » permettent de convertir les données filtrées du capteur en fichiers universels. Chacun possède son logiciel fétiche... mais il importe surtout de bien le maîtriser !*





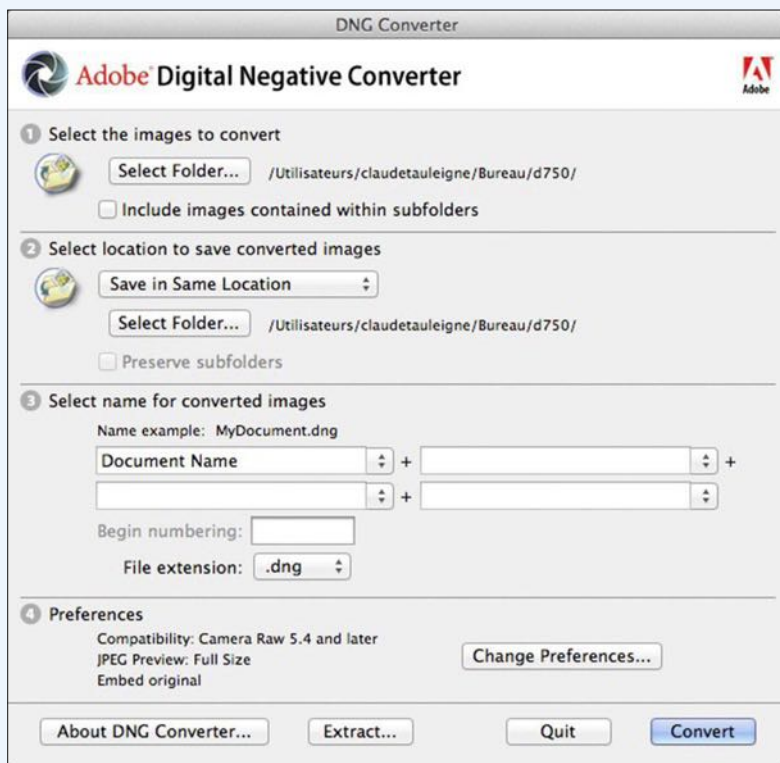
# Q74 QUELS SONT LES DIFFÉRENTS FORMATS RAW?

On parle de format RAW... mais, comme on l'a vu, il n'a rien d'universel: chaque marque propose son propre format de fichier brut. Il en existe actuellement plus de 200! Pire encore: le format RAW évolue au fil des boîtiers au sein d'une même marque et les RAW d'une nouvelle génération d'appareils ne sont pas compatibles avec les logiciels de traitement RAW de la génération d'avant, même avec les programmes développés par la marque! En pratique, lorsqu'on achète un nouveau boîtier, on est quasiment obligé de mettre à jour (donc de racheter une licence) tous ses logiciels! Une vieille version de Lightroom est incapable de lire le moindre fichier RAW d'un appareil récent... Rageant! Cela inquiète même certains photographes qui se demandent ce que pourrait devenir leur photothèque au cas où un acteur du marché (fabricant d'appareil, concepteur de logiciel...) venait à disparaître... On repère les formats RAW propriétaires grâce à l'extension de leur fichier image (voir tableau ci-contre).

## UN RAW UNIVERSEL ?

Le seul qui soit à peu près transversal est le DNG (Digital NeGative), créé par Adobe et proposé par les appareils Hasselblad, Leica, Pentax ou Samsung. Il date d'il y a plus de 10 ans mais n'est toujours pas parvenu à s'imposer... Parmi ses points forts, on trouve pourtant le fait que les modifications apportées logiciellement au fichier RAW sont enregistrées dans le fichier lui-même (et non dans un fichier .xmp comme avec la plupart des fichiers RAW classique). Autre argument: le poids du fichier est plus faible (un gain de 10 à 20 % est constaté)... ce qui a une grande influence sur une bibliothèque de plusieurs milliers d'images. Au chapitre des inconvénients, il faut noter que le format supprime certaines données dont le fabricant d'appareil garde le secret... ne sachant pas les interpréter (c'est peut-être même l'origine d'une partie du gain de poids!). Pourtant c'est la solution qui permet d'utiliser ses vieux logiciels avec ses appareils récents. Il suffit de convertir ses fichiers RAW en format DNG avant de les importer dans son «vieux» logiciel d'il y a deux ans...

Extension	Fabricant
.3fr	Hasselblad
.arw	Sony
.cr2	Canon
.nef	Nikon
.orf	Olympus
.pef	Pentax
.raf	Fuji
.rw2	Panasonic
.srw	Samsung
.x3f	Sigma



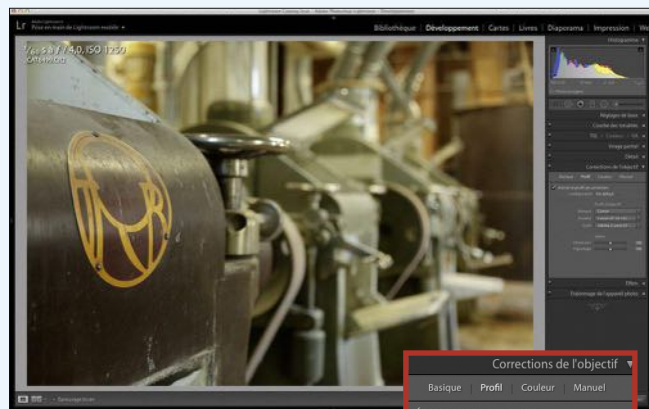
*Adobe DNG Converter permet de convertir par lots les nouveaux fichiers RAW pour les convertir en un format universel lisible par pratiquement tous les dérawtiseurs du marché. L'option «inclure le fichier d'origine» est très sécurisante: on pourra toujours retrouver toutes les données brutes enregistrées par l'appareil... mais le poids du fichier est alors quasiment doublé!*

# Q75 COMMENT TRAITER UN FICHIER RAW?

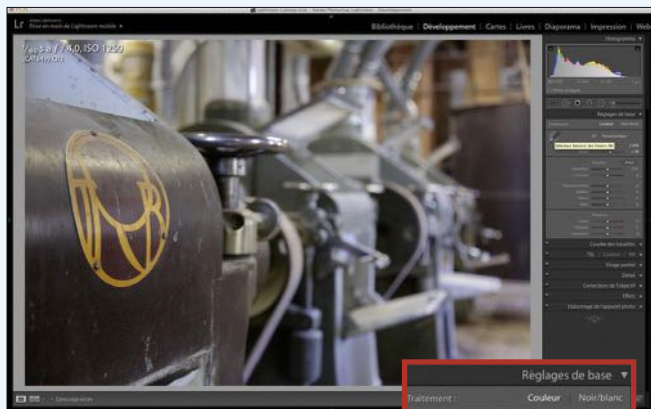
*Chaque dérawtiseur va, dans un premier temps, dématricer le fichier RAW qu'on ouvre dans sa fenêtre. Ensuite, on va pouvoir revenir sur un certain nombre de paramètres qu'on avait réglés à la prise de vue...*



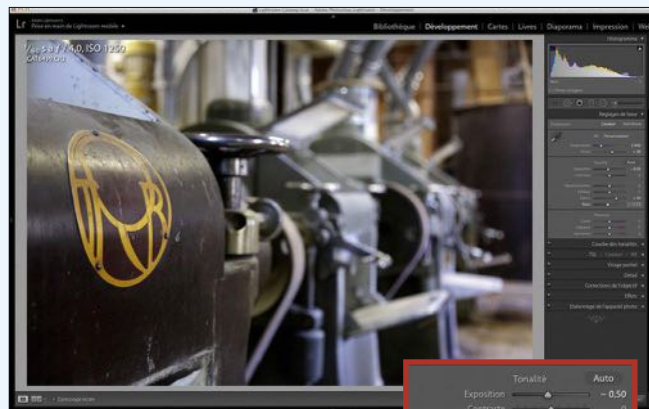
**1** Les opérations effectuées ici n'ont pas pour fonction d'expliquer en profondeur le développement d'un fichier RAW, mais de montrer comment on peut, très simplement, effectuer les traitements normalement dévolus aux processeurs de l'appareil, avec un peu plus de finesse et de précision. Puis affiner l'image, pour la rendre un peu plus pêchue... Première étape, le fichier RAW est ouvert dans un logiciel dérawtiseur (ici Lightroom).



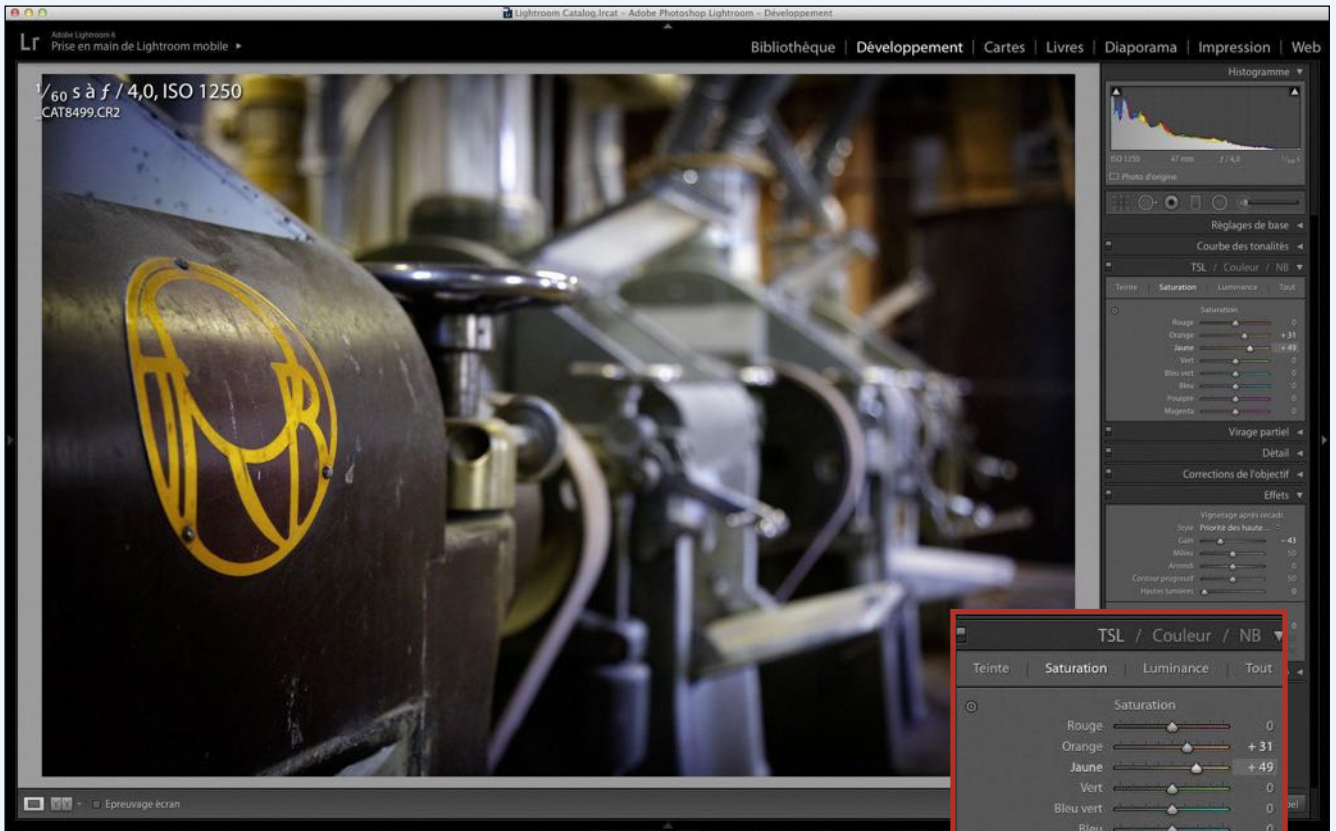
**2** Dans un premier temps, on applique les corrections optiques visant à réduire les aberrations de l'objectif. On choisit la marque du boîtier et, la plupart du temps, le logiciel va trouver le type de boîtier et l'objectif utilisés. Sinon, on peut le lui préciser.



**3** On va ensuite effectuer une balance des blancs manuelle. Ici, il y a dans l'image un repère neutre (même s'il est flou): un tuyau d'évacuation d'eau parfaitement gris. En utilisant la pipette, on neutralise la source, légèrement verdâtre.



**4** On va ensuite régler la luminosité de l'image en apportant une correction d'exposition de -1/2 IL pour commencer, puis en affinant les valeurs sombres et les valeurs claires pour exploiter au maximum la dynamique du capteur tout en gardant l'ambiance de l'image.

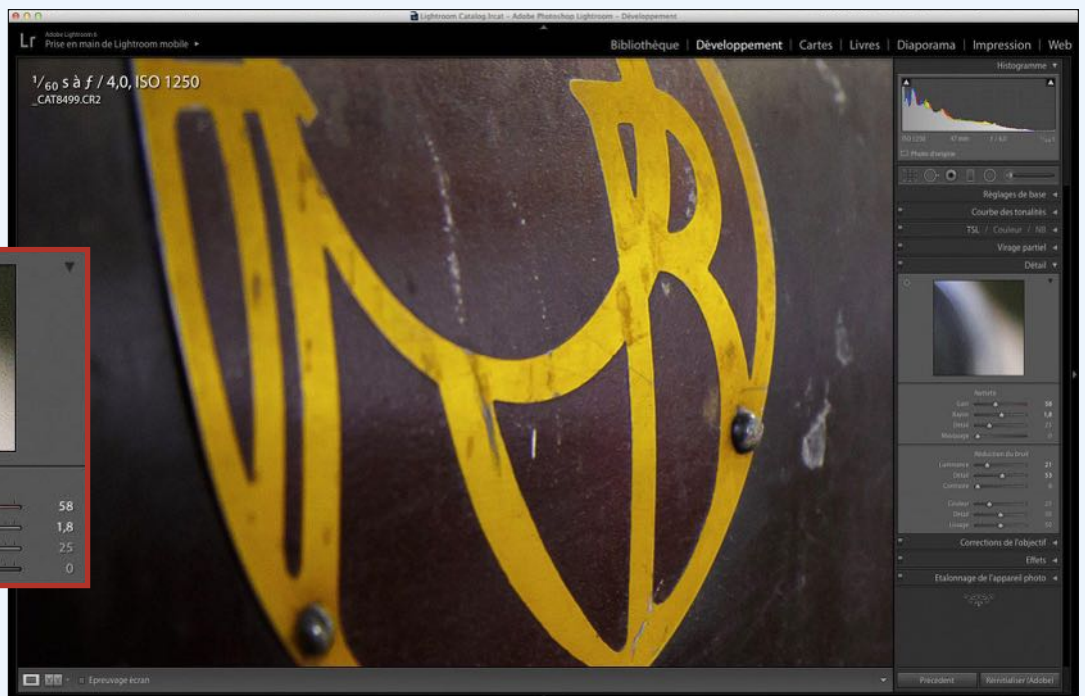
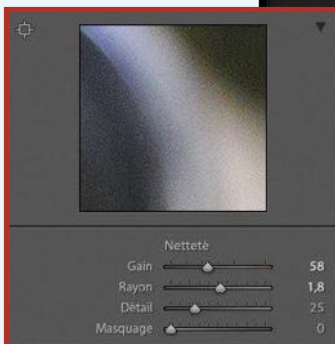


**5**

On va ensuite agir sélectivement sur les jaunes pour mettre en valeur le logo de la machine au premier plan et qui constitue le sujet principal. C'est certes une coquetterie... mais pourquoi se priver quand c'est si simple...

**6**

On affine enfin la netteté de l'image en zoomant à 100% pour vérifier l'impact exact des réglages.





# Q76 QU'EST-CE QU'UN FICHER JPEG?

*Le format JPEG est incontestablement le plus répandu dans le monde de la photo numérique. Universellement reconnu par tous les logiciels et tous les ordinateurs, il a été défini par un comité d'experts (Joint Photographic Experts Group).*

Si le format RAW reste un format propriétaire et donc non universel, le JPEG est par contre identique dans tous les appareils photo. Le JPEG issu d'un appareil Canon possède la même structure que celui d'un appareil Nikon. On peut donc le lire dans le monde entier, sur tous les systèmes d'exploitation (Windows, Mac, Linux...)

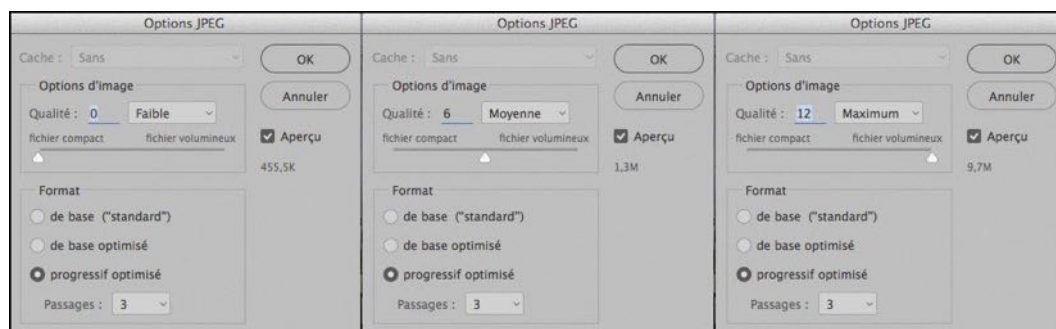
## UNIVERSEL MAIS MOINS SOUPLE

Le fichier JPEG est enregistré en bout de chaîne des traitements internes effectués par les ASIC des boîtiers numériques. Il est donc intégralement dématricé (contrairement au fichier RAW) et intègre également les réglages de balance des blancs, de contraste, de saturation, de netteté... effectués par l'appareil. Il est livré « prêt à l'emploi » et ne nécessite pas d'interprétation. Si le fichier RAW peut être comparé aux anciens négatifs couleur, le JPEG correspond plus à une diapositive : il est observable sans avoir besoin d'être développé (ce développement ayant déjà été effectué par le boîtier). Cette

analogie va plus loin. En effet, le fichier JPEG est codé sur 8 bits. Cela laisse peu de marge aux modifications de couleur ou d'exposition : la dynamique du capteur a été réduite de façon à être observable, et on ne peut revenir dessus !

## FAIBLE POIDS

Le gros avantage du format JPEG est que les fichiers sont très légers. Le format a, en effet, été défini pour supporter des taux de compression très élevés. L'algorithme de compression est assez complexe puisqu'il analyse schématiquement les fréquences dans le fichier. Il faut savoir que les hautes fréquences correspondent aux fins détails de l'image et que les basses fréquences correspondent plus aux aplats. L'algorithme détecte ces fréquences et propose de supprimer les hautes fréquences : en augmentant le taux de compression, on élimine petit à petit les détails de l'image. On obtient des taux de compression de l'ordre de 3 à 100 (cette dernière valeur étant évidemment fortement destructive!).



*Plus on compresse l'image, plus le fichier sera « léger »... mais moins bonne sera la qualité ! Pour cette image, le poids final sera de 455 Ko (qualité 0) à 9,7 Mo (qualité 12) soit un rapport de 1 à 20 environ...*

## CALCULER LA TAILLE THÉORIQUE D'UN FICHER

■ Il est assez simple de calculer le « poids informatique » d'un fichier. On sait en effet qu'il est constitué des informations couleur (qui « pèsent » trois octets puisque chaque couleur – R, V et B – est codée sur 8 bits soit 1 octet) de chaque pixel. Et le nombre de pixels est égal à la définition du capteur. Il suffit alors de multiplier ces deux nombres. Par exemple un appareil à 20 millions de pixels génèrera des fichiers de  $20 \times 3 = 60$  millions d'octets, soit 60 Mo. Il faut ajouter à cela quelques informations concernant la description de la prise de vue, mais l'ordre de grandeur reste le même. En format JPEG, il faudra, bien entendu, diviser ce poids théorique par le facteur de compression.

# Q77

## FAUT-IL PRÉFÉRER LE RAW OU LE JPEG?

On a vu que le fichier JPEG était universel, compact et pouvait être exploité immédiatement : cela peut donc être utile lorsqu'on souhaite rapidement envoyer les photos (via Internet par exemple). À l'inverse, le format RAW n'est pas universel, il nécessite un traitement, et il est assez volumineux. En revanche, il offre la meilleure qualité d'image, puisqu'il n'a pas été traité... et que ses données sont codées sur 12, 14 voire 16 bits : on dispose encore de toute la dynamique du capteur !

### ÉTAPE 1

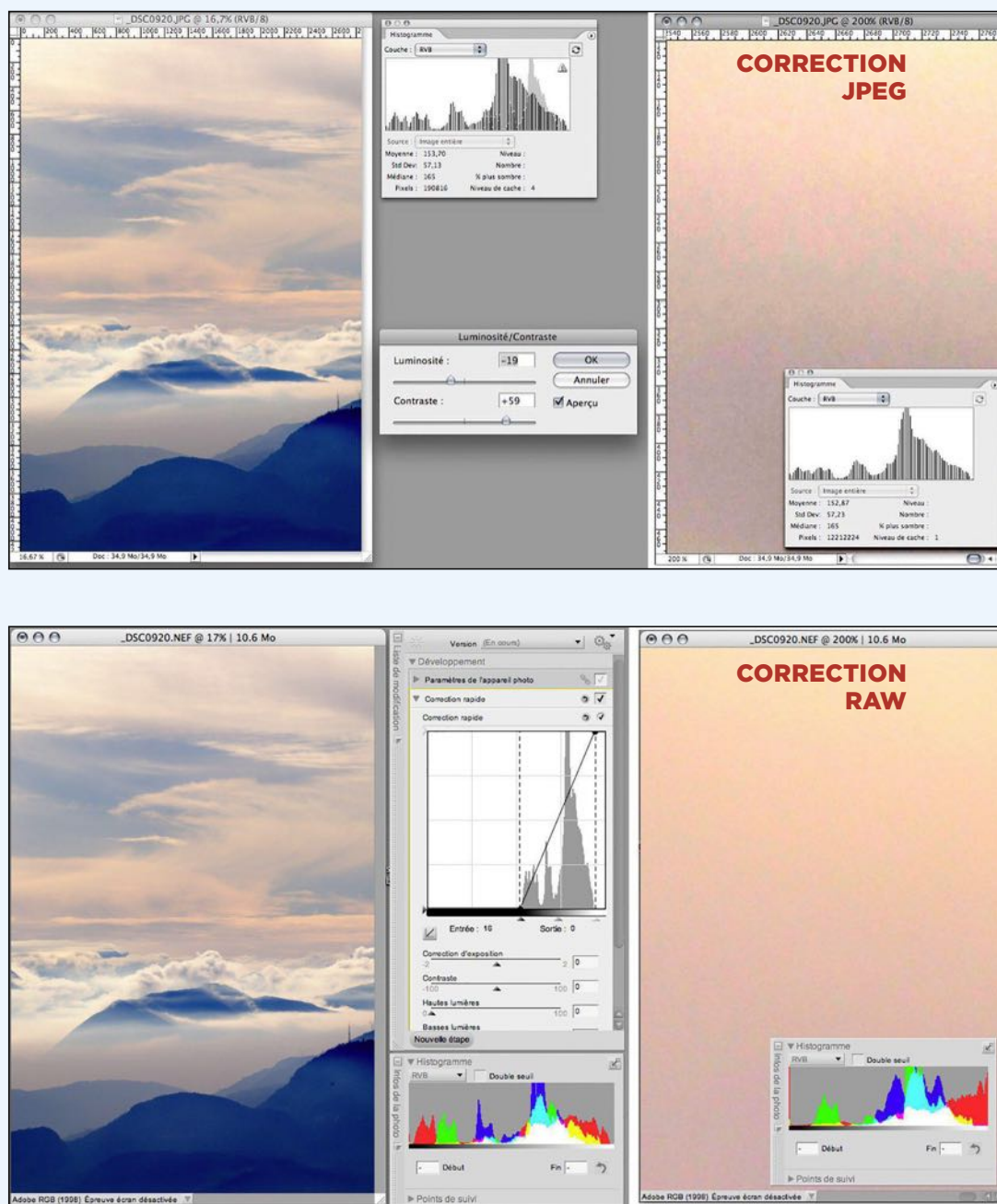
Cette image a été enregistrée en format JPEG et en format RAW. Le fichier original, dans les deux cas, manquait de contraste et était légèrement surexposé. On peut, dans un premier temps, effectuer les corrections sur le fichier JPEG en augmentant le contraste et en baissant la luminosité. En regardant en détail ce qu'il se passe au niveau des teintes, on constate que les aplats sont fortement dégradés. On peut le remarquer dans l'histogramme qui prend une forme de « peigne » : certaines valeurs sont donc absentes du fichier, ce qui explique cet effet de postérisation...

### ÉTAPE 2

En effectuant la même opération sur un fichier RAW, on exploite la « réserve » contenue dans les 14 bits de ce fichier brut. On peut sans aucune difficulté

corriger l'exposition et le contraste : les aplats restent parfaitement dégradés et la qualité de l'image reste optimale. Généralement, dans un fichier RAW, on peut corriger l'exposition de +/-

2 IL sans souci : c'est bien un « négatif » très tolérant aux erreurs d'exposition, tandis que le fichier JPEG est une « diapositive » complètement incapable d'encaisser ces mêmes erreurs d'exposition !





# Q78 COMMENT LES PHOTOS SONT-ELLES STOCKÉES?

*Les images numériques n'ont pas d'existence physique: c'est une série de nombres qu'on pourrait à la limite apprendre par cœur pour les sauvegarder. La solution la plus pratique consiste quand même à les enregistrer dans des fichiers informatiques...*



*Les disquette 3,5" ont constitué un des premiers supports de stockage des photos numériques. Leur capacité (1,44 Mo) est complètement inadaptée au poids des fichiers actuels!*

Mais où stocker ces fichiers informatiques? Les images argentiques pouvaient bénéficier d'un stockage physique (dans des classeurs ou des boîtes à chaussures) pas forcément très sûr au niveau de la pérennité, mais les fichiers numériques sont logés à la même enseigne: il n'existe pas de support de stockage parfaitement sûr dans le temps. On distingue trois types de technologie de stockage de l'information numérique: magnétique, optique et électronique (flash).

## LES SUPPORTS MAGNÉTIQUES

C'est la technologie qu'on employait pour les cassettes audio et vidéo. Il s'agit schématiquement d'un support sur lequel le signal électrique est enregistré sur des oxydes magnétiques (à l'aide de têtes d'écriture créant un champ magnétique). Quand la bande défile devant elle, une tête de lecture peut convertir les empreintes magnétiques en courant électrique modulé pour reconstituer le signal enregistré. Ces supports sont réinscriptibles (il suffit de réorienter les oxydes magnétiques). Bien entendu, approcher un aimant de ces supports perturbera les données qu'ils contiennent. Pour gagner en encombrement et en rapidité d'accès à une information donnée, on a couché ces supports magnétiques sur des disques: les têtes de lecture et d'écriture, portées par un bras mécanique, peuvent accéder directement à une zone particulière (plutôt que de faire défiler la bande pour cela): les premiers supports de stockage informatique étaient donc constitués par des «disquettes» de différentes tailles contenant un disque magnétique souple (en anglais «floppy disk») lisible par pistes concentriques.

Cette technologie est toujours utilisée dans les disques durs, constitués d'un empilement de disques et d'un système de têtes de lecture et d'écriture montées sur des bras mécaniques. Bien entendu, la densité d'information pouvant être stockée

a considérablement augmenté et on trouve aujourd'hui des disques durs pouvant contenir plusieurs téraoctets (milliers de milliards d'octets) d'information. Ces systèmes magnétiques permettent donc désormais de stocker de grandes quantités d'information mais ils restent assez volumineux. On s'en sert donc pour la sauvegarde et pas pour des utilisations mobiles. La partie mécanique des disques durs est en effet assez sensible aux chocs et nécessite de l'énergie pour pouvoir être mise en mouvement.

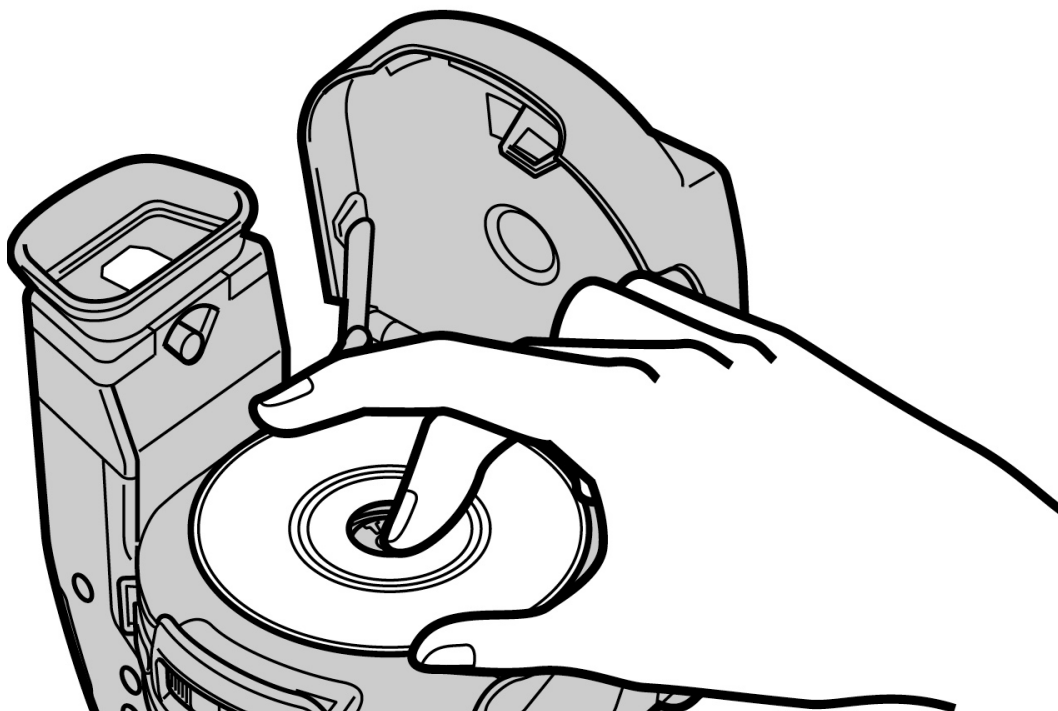
## LES SUPPORTS OPTIQUES

Une autre solution consiste à stocker l'information sous forme de micro-cuvettes sur un disque rigide en polycarbonate: c'est le principe utilisé sur les CD, les DVD et les Blu-Ray. Les micro-cuvettes, de 1 à 3 microns de longueur et de 0,1 micron de profondeur, sont disposées sur des pistes spirales et lues par un système comportant



*Les disques durs sont constitués d'un empilement de disques magnétiques accessibles via des têtes de lecture. Toujours présents dans les ordinateurs, ils peuvent être intégrés à des systèmes de sauvegarde externes (système Nas, Cloud...)*





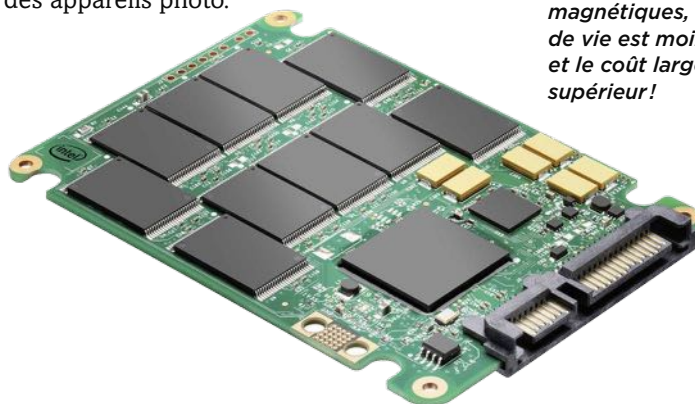
*Comme la capacité des supports de stockage optique étaient importante à leur sortie, ils ont remplacé les disquettes pour stocker les images numériques. Certains appareils pouvaient même enregistrer les images directement sur des CD... même si le temps d'enregistrement était particulièrement long !*

un faisceau laser et une photodiode. Ces supports sont devenus réinscriptibles rapidement (ils possèdent alors le suffixe « R », comme Recordable – enregistrable) grâce à des lecteurs-graveurs possédant des lasers plus puissants. Ceux-ci sont en effet capables de graver des micro-cuvettes en faisant fondre une couche de polymère déposée sur le disque. Par la suite, ces supports sont devenus réinscriptibles (RW – ReWritable) : la matière permettant le codage est alors constituée d'un alliage de différents métaux pouvant changer de phase (de cristalline à amorphe) sous l'échauffement du faisceau laser. Ces deux phases possédant une réflexion différente, on peut y coder différentes informations. Avec la montée en puissance des capteurs des appareils, ces supports sont toutefois devenus trop étripés (le maximum étant de 4,7 Go pour un DVD... soit bien moins qu'une carte mémoire actuelle !) pour stocker une grande quantité d'images numériques.

### LES SUPPORTS FLASH

Les mémoires dites à « état solide » (Solid state, par opposition aux technologies précédentes qui utilisent des pièces en mouvement) sont électroniques : elles sont constituées de millions de cellules semi-conductrices (des transistors à effet de champ) organisées en lignes et colonnes. Elles sont accessibles individuellement via

un microcontrôleur intégré qui gère l'accès et la répartition des données. Chaque cellule stocke entre 1 et 3 bits d'information selon la technologie employée. L'avantage des supports flash est leur meilleure solidité mécanique car il n'y a aucune pièce en mouvement, un bruit bien plus faible, une moindre consommation... et un débit d'information bien supérieur ! Néanmoins le rapport prix/capacité de stockage reste bien plus élevé. Le gain en encombrement a également été possible par la miniaturisation des circuits (chaque cellule-mémoire est distante de 0,1 micron seulement de ses voisines !). Ces mémoires flash sont donc utilisées dans de nombreux systèmes où la rapidité et la miniaturisation prime : cartes mémoires, clés USB, disques durs SSD. Elles sont les seules utilisées pour les cartes mémoire des appareils photo.



*L'intérieur d'un disque dur SSD est constitué de plusieurs circuits de mémoire flash. Le temps d'accès est fulgurant mais la capacité est encore limitée par rapport aux disques durs magnétiques, la durée de vie est moindre... et le coût largement supérieur !*

# Q79 QUELS SUPPORTS DANS L'APPAREIL PHOTO?

*Les cartes mémoire flash ont détrôné tous les autres systèmes d'enregistrement (parfois surprenants) qu'on pouvait insérer dans les appareils photo numériques (disquettes, mini-CD...). Mais les formats de cartes mémoire sont nombreux !*

Les premières cartes mémoire utilisées par des appareils photo étaient de type Compact-Flash (format inventé par Sandisk en 1994). À l'époque, la plupart des fabricants

livraient une carte de 1 Mo (voire moins...) avec leur appareil car la distribution des cartes n'était pas encore très développée ! Les cartes étaient plutôt chères et de faible capacité. IBM a donc développé un microdrive qui était un mini disque dur au format CompactFlash... mais un peu plus épais. Les appareils précisaient alors si leur lecteur de carte était de type I (il acceptait seulement

les cartes) ou de type II (il acceptait alors les cartes et le microdrive). Quand, pour gagner de l'encombrement (et enterrer la mort du disque dur d'IBM...), les constructeurs ont définitivement choisi le type I, il y a eu

quelques retours au SAV avec des micro-drive bloqués dans les appareils ! Le format Compact Flash est toujours utilisé car le volume de cartes circulant est important et la carte est très résistante.

Le format SD (Secure Digital) est apparu quelques années plus tard. Il présente l'avantage d'être plus compact (pour une capacité quasi équivalente) et d'avoir des contacts externes (contrairement au connecteur interne de la CompactFlash qui peut abîmer ceux de l'appareil en cas d'insertion hasardeuse). C'est aujourd'hui le format le plus utilisé. Sa variante micro-SD est surtout utilisée dans les smartphones. À cette période, Sony a présenté des cartes MemoryStick... que seuls ses appareils acceptent : ce standard est donc aujourd'hui moribond, d'autant que sa capacité est limitée à 32 Go. Sony abandonne progressivement les lecteurs de MemoryStick sur ses boîtiers !



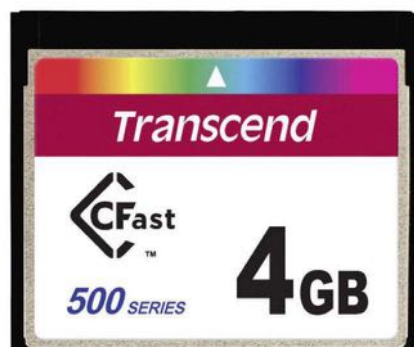
Carte CF



Carte SD



Carte XQD



Carte Cfast

Le Microdrive d'IBM possédait le même format que les cartes CF... mais il était plus épais.



Aujourd'hui, la bataille du haut de gamme va se jouer entre la carte CFast (utilisée pour l'instant, en dehors des caméra vidéo professionnelles, uniquement sur le Canon EOS 1DX II) et la XQD (adoptée par Nikon sur ses D5, D500, D850...). Leur débit est très supérieur aux CF et SD et elles sont résistantes. Elles sont donc censées sonner le glas de la CompactFlash... Pour l'instant, la plupart des boîtiers évolués proposent un double slot (CF/SD, SD/SD, XQD/SD...).

# Q80 QUE SIGNIFIENT LES CODES DES CARTES MÉMOIRES?

*Pas facile de s'y retrouver dans toutes les indications inscrites sur les cartes mémoires ! Outre la capacité exprimée désormais en milliards d'octets, on trouve désormais deux indicateurs de débit.*

## LE DÉBIT

Le premier indicateur donne la vitesse maximale théorique avec laquelle on peut dialoguer avec la carte. Cet indicateur doit être multiplié par 150 ko/s, qui représente le débit de base. Par exemple, une carte 300x possède un débit théorique de  $300 \times 150 = 45000$  ko/s, soit 45 Mo/s. Un fichier de 21 Mo peut donc théoriquement être enregistré (ou lu) en 2 secondes environ sur cette carte.

## LA CLASSE

Le second paramètre est plus intéressant. Il s'agit de la « classe » de vitesse, qui correspond (contrairement au premier) à la vitesse minimale. Par exemple 20 signifie que la carte pourra

débit, au minimum 20 Mo/s. La classe est donc toujours inférieure au débit annoncé. Cette donnée est très importante lorsqu'on utilise une carte pour enregistrer des vidéos : il faut en effet que le débit

soit respecté, sinon la carte deviendra un goulet d'étranglement pour la prise de vue. Cette indication est à rapprocher de la classe de vitesse UHS (pour les cartes SDHC et SDXC), qui donne le débit minimal avec les appareils photos compatibles UHS. Il faut, pour ces cartes, multiplier par 10 pour obtenir le débit minimal en Mo/s. Par exemple « 1 » dans une cuvette qui signifie 10 Mo/s, « 3 » qui signifie 30 Mo/s...

*La carte SD ci-contre possède une capacité de 512 Go (en anglais « octet » se dit « Byte » - qu'il ne faut pas confondre avec « bit », d'où la notation « GB » au lieu de « Go »...). Son débit maximum est de 95 Mo/s (on n'écrit plus « 600x » à ce niveau de rapidité !). La vitesse minimale est ici indiquée dans un petit cercle : 10 Mo/s. Enfin la classe UHS est de 3 (soit 30 Mo/s).*



## NOMBRE DE PHOTOS ENREGISTRABLES

■ Les capacités maximales actuelles des différentes cartes mémoire sont très élevées : Carte CF : 256 Go ; Carte SD : 512 Go ; Carte CFast : 512 Go ; Carte XQD : 128 Go. Cela permet d'enregistrer un nombre considérable de photos. Certains préfèrent, toutefois, opter pour des cartes de plus petite taille, de façon à minimiser les risques : une grosse carte qui « plante », ce sont des milliers de photos perdues ! Le tableau ci-dessous indique le nombre approximatif de vues, en JPEG et en RAW, enregistrables sur une

carte de 16 Go et une de 128 Go pour deux appareils représentatifs des définitions actuelles des appareils : le Sony A7R (36 Mpix) et l'A9 (24 Mpix). On note au passage que le format RAW du Sony A9 est plus volumineux, proportionnellement, que celui de l'A7.



Carte 16 Go/128 Go	Sony A7R (36 Mpix)		Sony A9 (24 Mpix)	
JPEG ExtraFine Large	630	5000	870	7000
RAW non compressé	405	3200	305	2400



# Q81 QUELLES CONNEXIONS FILAIRES SONT POSSIBLES ?

*Tous les appareils photos enregistrent les images dans une carte mémoire.*

*Pour transférer ces photos sur un ordinateur, on peut se servir d'un lecteur de carte mémoire... ou utiliser une des nombreuses solutions de connexion.*

*Le dos numérique Kodak DCS420 (qui pouvait équiper des boîtiers Canon et Nikon), était équipé d'un connecteur SCSI. Cette connexion était complexe à gérer, notamment pour l'attribution de numéros pour chaque élément de la chaîne SCSI...*

La première fonction est effectivement d'autoriser et d'organiser le rapatriement des photos présentes sur la carte mémoire vers le disque dur de l'ordinateur. Mais le rôle des différentes liaisons boîtier-ordinateur est plus vaste : il peut également servir à piloter l'appareil depuis l'ordinateur ou, désormais, un smartphone ou une tablette.

## DES LIAISONS POUSSIVES...

La première liaison à avoir été utilisée est celle qui faisait référence dans les années 90 : la liaison série type RS-232 (sur PC) ou sa variante Apple (RS-422). Le débit de données qu'on pouvait atteindre avec cette liaison était de l'ordre d'une centaine de milliers de bits par seconde (115 kb/s). S'il était parfaitement

adapté à la taille des images de l'époque (il fallait ainsi entre 5 et 10 secondes pour transférer un fichier), il est devenu rapidement trop lent face à l'augmentation du poids des photos... Certains appareils ont donc exploré d'autres types de connexions, possédant un meilleur débit de données. La liaison SCSI (Small Computer System Interface, qui servait à de nombreux

scanners) par exemple, offrait un débit mille fois plus élevé, débit qui n'a cessé de progresser au fil des années. Toutefois ces connexions étaient assez encombrantes et étaient donc réservées aux gros reflex professionnels ou aux dos numériques pour appareils moyen format qui possédaient des capteurs de plus de 1 million de pixels !

## LA LIAISON RÉSEAU

Quelques appareils photo ont été (et sont encore) dotés d'un connecteur réseau RJ45. Cette liaison est principalement destinée aux applications industrielles ou vidéo (toutes les caméras de surveillance sont, par exemple, équipées d'une prise réseau). Les boîtiers professionnels (Nikon D5, Canon EOS 1D-X MkII) possèdent, par exemple, cette prise Ethernet (type 1000Base-T – appelé Gigabit Ethernet), certes imposante... mais qui autorise un débit de 1 Gbit/s. L'intérêt de cette connexion – outre la vitesse de transfert des images importante – est son fonctionnement sur de très longues distances : à la limite, un appareil connecté à un routeur peut être piloté, via Internet, depuis les antipodes. Cette prise trouve donc de nombreuses applications : transfert FTP automatisé à haute vitesse, pilotage de l'appareil via une application Internet à distance, programmation via des applications dédiées dans un environnement industriel, synchronisation de l'heure...

*La prise RJ-45 du Nikon D4s lui permet de se connecter à un réseau filaire : l'appareil se comporte comme un élément du réseau qui possède une adresse IP à laquelle n'importe quel navigateur peut se connecter.*



# Q82 QU'EST-CE QUE L'USB?

Mais la connexion filaire la plus courante est désormais l'USB (Universal Serial Bus). Celle-ci a notablement évolué depuis son invention en 1995. Son principal avantage est sa rapidité: dès le début, son débit atteint 12 Mbits/s. Avec l'arrivée de l'USB 2.0, ce débit est porté à 480 Mbits/s. Enfin, l'USB 3.1 (2013) actuel autorise théoriquement une vitesse de 10 Gbits/s: son débit a été multiplié par 1000 en vingt ans! Notons que l'USB 3 possède des connecteurs légèrement différents de l'USB 2 mais qu'ils restent compatibles entre eux. Les autres avantages de l'USB sont nombreux. Tout d'abord il est universel: un périphérique USB (appareil photo, disque dur, lecteur de carte...) peut se connecter sur n'importe quel port USB de n'importe quel ordinateur (Mac ou PC). Cette connexion peut se faire «à chaud» (elle n'impose pas d'éteindre l'ordinateur) et l'ordinateur se charge automatiquement d'installer les pilotes nécessaires à son fonctionnement. On peut, de plus, connecter jusqu'à 127 périphériques USB sur un PC (via des hubs) et les câbles peuvent mesurer jusqu'à 5 mètres de longueur. Aujourd'hui,

tous les appareils possèdent une prise USB. Les connecteurs ne sont toutefois pas standardisés (voir ci-dessous).

## CONFIGURATION NÉCESSAIRE

Lorsqu'on «branche» un appareil photo sur un ordinateur via un câble USB, il faut noter qu'il faut parfois configurer, au niveau de l'appareil photo, le protocole de communication. Deux protocoles existent: l'USB Mass Storage (parfois appelé UMS ou MSC) est le plus utilisé. L'appareil, une fois connecté, apparaît depuis l'ordinateur comme un disque dur externe connecté, dans lequel on peut aller chercher les images. Le protocole MTP (Media Transfert Protocol ou PTP) de Microsoft ne permet pas d'accéder directement aux fichiers contenus dans la carte mémoire de l'appareil. L'appareil peut, par contre, continuer à être utilisé normalement. Ce protocole n'est pas reconnu par de nombreux ordinateurs (notamment Macintosh) et, si l'appareil propose un choix, mieux vaut donc opter pour l'UMS!



*Sauf utilisation spécifique, il vaut toujours mieux choisir «Stockage de Masse» ou UMS pour décharger les images depuis son appareil.*



La prise USB du Sony A7II (version 2.0) s'appelle «Multi»... car elle sert autant à décharger les images qu'à charger la batterie de l'appareil!

## LES DIFFÉRENTS CONNECTEURS USB

Il existe différents modèles de prise USB. On distingue donc les types A «de base» dont la forme est rectangulaire et qui sont les plus courants (il s'agit de ceux qu'on trouve généralement côté ordinateur). Viennent ensuite les type B, carrés, qui sont utilisés pour les périphériques à haut débit (scanners...). Les autres B sont plus petits et sont appelés mini-USB et micro-USB: on les trouve – en version femelle – sous les trappes des appareils photos. Les prises USB 3.0 (marquées «SS») sont légèrement différentes: elles possèdent des contacteurs supplémentaires, donc des formes de prises différentes... et sont surtout reconnaissables par leur couleur bleue.



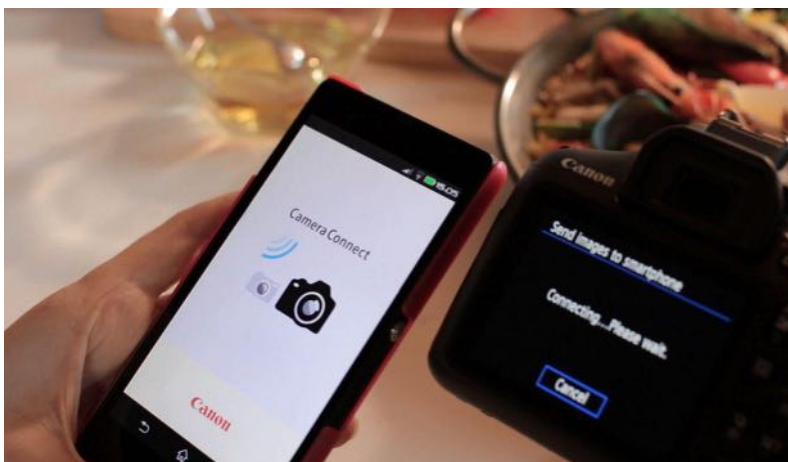
Les différentes types de connecteurs USB (prises mâles... les appareils possèdent évidemment une prise de type femelle.)

# Q83 FAUT-IL PRIVILÉGIER LES LIAISONS SANS FIL ?

*Les connexions filaires, et plus particulièrement l'USB, sont de plus en plus rapides... mais ne sont pas des plus pratiques. Il n'est pas simple de travailler avec un fil à la patte et on s'est vraiment habitué au « sans fil » !*

*La liaison radio Bluetooth (la « dent bleue ») autorise le transfert de petits volumes d'information. On peut ainsi se servir de son smartphone pour déclencher un appareil à distance. Éventuellement, on peut rapatrier les vignettes des images, mais la liaison est trop peu puissante pour transférer des images de grande taille.*

Les liaisons sans fil se sont bien entendu développées. La première est la liaison Bluetooth, qui utilise des ondes radio ultra haute fréquence. Elle est intéressante car elle permet de connecter de nombreux appareils entre eux. Elle ne possède toutefois pas un débit suffisant pour rapatrier rapidement les fichiers des reflex modernes vers un ordinateur. La dernière version n'autorise en effet qu'un débit de l'ordre de 2 Mb/s. Elle sert donc surtout à relier les claviers et souris sans fil, les autoradios, les kits main-libre et, dans le domaine de la photo, les imprimantes (le besoin en rapidité étant moindre). Pour un appareil photo, elle peut par contre servir à relier l'appareil à un smartphone qui peut ainsi le piloter et faire office de télécommande.



*La technologie NFC permet aux appareils de dialoguer automatiquement... mais à condition qu'ils soient très près l'un de l'autre. Le Canon 1300D peut, par exemple, se connecter à un smartphone pour rapatrier des images.*

## LE NFC

La NFC (Near Field Communication ou communication de proximité) permet à un objet d'interagir avec son environnement très proche (la distance doit être de 10 cm maximum). En plaçant côte à côte deux appareils qui se connectent via NFC, ils se reconnaissent et interagissent automatiquement, sans qu'on ait à exécuter un programme ou même à effectuer des opérations pour les appairer (comme cela est nécessaire avec le Bluetooth). C'est une technologie qui utilise des ondes courtes et qui va placer les smartphones au centre de la vie. Le paiement par contact, les clés de voiture, les titres de transport vont se dématérialiser dans la puce NFC de son téléphone ! Certains appareils compacts récents (et même certains reflex, même experts) possèdent une puce NFC qui leur permet de se connecter à un smartphone. Celui-ci peut alors récupérer les photos, les envoyer vers les réseaux sociaux et contrôler l'appareil en faisant office de télécommande évoluée.





# Q84 QUAND FAUT-IL UTILISER LE WI-FI?

Le Wi-Fi (Wireless Fidelity) est désormais partout : à la maison, au bureau, au restaurant, dans la rue... Certains appareils récents possèdent donc une carte Wi-Fi intégrée qui leur permet de se connecter aux réseaux disponibles. Ce système est bien plus rapide que le Bluetooth et peut fonctionner à grande distance, contrairement au NFC. À l'origine, cette fonctionnalité était plutôt réservée aux compacts : les utilisateurs de smartphone avaient rapidement pris l'habitude d'utiliser le Wi-Fi pour envoyer leurs photos sur les réseaux sociaux. Les compacts, qui s'adressent schématiquement au même public, se devaient d'offrir la même possibilité ! Pour les appareils plus évolués, c'est plus complexe : la carcasse métallique des reflex haut de gamme ne favorise pas la transmission des ondes !

## CONNECTÉ PARTOUT !

Les reflex bénéficient désormais de la technologie Wi-Fi, ce qui facilite le travail des photoreporters qui peuvent, par exemple, envoyer directement et en continu leurs photos depuis un événement sportif. Mais les applications (extérieures) sont également nombreuses pour les amateurs (pour autant que le lieu de prise de vue soit couvert par un réseau Wi-Fi auquel on peut accéder...). Outre l'envoi de photo vers les réseaux sociaux, on peut envoyer des photos par email voire sauvegarder automatiquement le contenu de sa carte sur le Cloud (avec des limites évidentes liées au débit quand la 4G n'est pas disponible!)... La liaison Wi-Fi permet, par ailleurs, comme pour le Bluetooth et le NFC, de créer une connexion avec son smartphone (technologie dite du « Wi-Fi direct » sans avoir besoin d'un réseau disponible) pour y télécharger des vignettes des images stockées dans la carte mémoire et, dans l'autre sens, piloter l'appareil depuis l'écran de son téléphone, voire utiliser son GPS pour géolocaliser les images !

Les boîtiers qui ne disposent pas d'une telle fonctionnalité peuvent utiliser des sortes de clés USB qui permettent de se connecter au réseau Wi-Fi. Il existe également des cartes mémoires (de type SD) qui comportent une puce Wi-Fi : les insérer dans un appareil permet d'accéder à un réseau local ou



global. De nombreux constructeurs sont actifs sur ce marché : Eye-Fi, Transcend, Sandisk, ezShare...

## UTILISATION « MAISON »

Une fois rentré à la maison, la liaison au réseau local Wi-Fi LAN (Local Area Network) créé le plus souvent avec la « box » familiale de connexion à internet, permet bien entendu de télécharger les photos sur l'ordinateur sans câble, de les visionner sur un téléviseur connecté voire de les imprimer sur l'imprimante réseau... Fondamentalement, le comportement de cette liaison est similaire à celle d'un appareil connecté au réseau via un câble Ethernet (RJ-45). Mais l'avantage est que la portée sans fil peut atteindre une centaine de mètres sans obstacles (cette donnée théorique est un peu optimiste dans un logement classique : on tablera sur quelques dizaines de mètres.) Les photographes de studio y trouvent un réel intérêt : les photos peuvent être transférées immédiatement sur leur ordinateur.

Dans un studio professionnel, un opérateur peut alors les traiter sans attendre de récupérer la carte ou de connecter l'appareil à l'ordinateur via un câble. Reste que toutes ces ondes, hein... ça vous bousille le climat, pour sûr.



*Le Wi-Fi est partout. Il lie l'appareil photo au smartphone et les connecte à Internet pour envoyer des fichiers vers les réseaux sociaux ou effectuer des sauvegardes sur le Cloud. En interne, il connecte l'appareil photo au routeur (la « box ») : les images sont alors disponibles pour l'ordinateur, l'imprimante, la sauvegarde réseau...*

*La carte SD Eye-Fi permet d'enregistrer classiquement les images de l'appareil photo et autorise, en plus, leur transfert sur un réseau Wi-Fi (Eye-Fi propose même un service de sauvegarde sur le Cloud). La portée est de 20 à 30 m.*



**Ernst-Abbe-Platz**

**Linie**

**Ziel**

**Abfahrt**

Leichter  
Informationsbereich

# CE QUE VOUS APPRENDREZ DANS CES PAGES

**106** Comment fonctionne un objectif ?

**108** Qu'est-ce que l'angle de champ ?

**109** Qu'est-ce que le coefficient de focale ?

**110** Qu'est-ce que la focale normale ?

**111** Quelle formule pour le 50 mm ?

**112** Qu'est-ce qu'un grand-angle ?

**113** Quelle formule pour le grand-angle ?

**114** Qu'est-ce qu'un téléobjectif ?

**116** Qu'est-ce qu'un zoom ?

**118** Quel objectif macro choisir ?

**119** D'autres solutions pour la macro ?

**120** Quel objectif pour quelle photo ?

**122** Qu'est-ce que le piqué ?

**123** Que sont les aberrations ?

**124** Comment fonctionne  
la mise au point automatique ?

**126** Et si le sujet se déplace ?

**127** Et si l'autofocus jette l'éponge ?

# Optique et objectifs

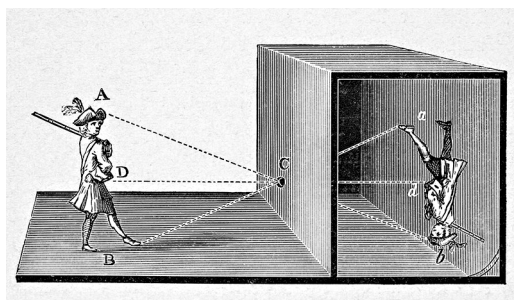
Un appareil photo, c'est un boîtier plus un objectif. La partie « avant » de l'appareil est tout aussi importante puisqu'elle va conditionner le champ cadré et la netteté optique des images. Cet objectif est constitué de lentilles – ce qui limite parfois les performances qu'on attend de lui - et doit être piloté par l'appareil pour effectuer la mise au point.



# Q85 COMMENT FONCTIONNE UN OBJECTIF?

*C'est l'opticien Charles Chevalier qui a mis en relation Daguerre et Niépce : dès les débuts de la photographie, l'objectif était donc au centre des débats... Aujourd'hui, ses performances ont augmenté de façon spectaculaire... mais les principes restent identiques !*

*Le principe de la camera obscura est de faire correspondre exactement à un point de l'objet un point du capteur grâce à un trou de très petite taille (le sténopé). Le système présente des avantages : angle de champ illimité, pas de distorsion... mais une très faible luminosité.*



Pour que les photons d'un rayon lumineux, issus d'un point de la scène, viennent impressionner un capteur et le remplir d'électrons, la solution la plus simple est de ménager, à l'avant, un trou très petit qui va sélectionner le rayon qui unit ces deux points... et lui seul. C'est le sténopé, très précis si le trou est petit... mais très peu lumineux !

## UNE LENTILLE

À la place du trou du sténopé, on peut placer à l'avant de l'appareil une lentille simple (comme celle qu'on trouve sur les loupes par exemple). Les lois de l'optique géométrique permettent alors de capter une grande partie des rayons lumineux issus d'un point de l'objet pour les concentrer sur le point image. Schématiquement, au lieu d'isoler un seul d'entre eux, on récupère tous les rayons, réfléchis par le sujet, et parvenant sur la surface avant de la lentille. On gagne donc énormément en luminosité ! Cela s'appelle

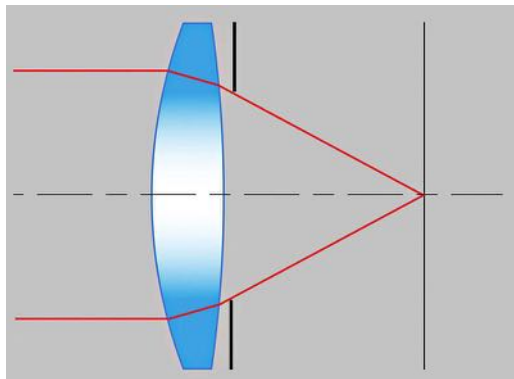
la focalisation. Avec une loupe, on peut concentrer les rayons du soleil sur de l'herbe sèche pour l'enflammer : c'est exactement le même principe. Notons au passage que la brindille doit être placée au « foyer » de la lentille (du latin « focus » : feu, tiens donc). Cette focalisation change toutefois la donne : elle impose une position particulière (liée à ce foyer) où doit être placée la lentille par rapport à l'objet photographié. Contrairement au sténopé, il faut donc adapter la distance lentille-surface sensible... c'est à dire faire la mise au point !

Au passage, on va définir la focale de cette lentille. La focale est la distance (souvent exprimée en millimètres) qui sépare le centre de la lentille du point où les rayons sont concentrés lorsque le sujet est situé à l'infini. Il suffit de se rappeler de l'expérience de la loupe et du brin de paille (le sujet – le soleil – étant situé à l'infini) : la focale est la distance entre la lentille et le foyer.

## FORMULE OPTIQUE

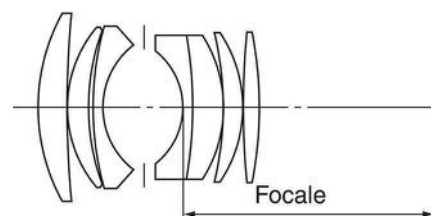
Si la qualité n'est pas au rendez-vous avec une simple lentille, c'est que celle-ci est entachée de nombreux défauts, appelés aberrations (voir page 123). Pour améliorer la qualité de l'image, les opticiens vont partir d'un principe simple : pour corriger les défauts d'une lentille, il suffit de lui en adjoindre une seconde dont les défauts, inverses, compensent la majeure partie de ceux de la première. De nombreux paramètres caractérisent le comportement optique d'une lentille : sa composition (chaque verre possède ses propres caractéristiques et ses propres défauts), sa forme, son diamètre... Les opticiens disposent donc de nombreux paramètres pour trouver la lentille qui va corriger les défauts de la première. Mais si cette première correction s'avère insuffisante, il « suffit » d'ajouter une troisième lentille qui rattraperait les résidus d'aberration des deux premières. Et ainsi de suite, jusqu'à obtenir un résultat satisfaisant. « Satisfaisant » signifie que l'ensemble

*Une lentille (« convergente ») fait converger les rayons qui lui parviennent de l'infini en un point appelé « foyer » de la lentille. La distance entre les deux points est appelée focale.*





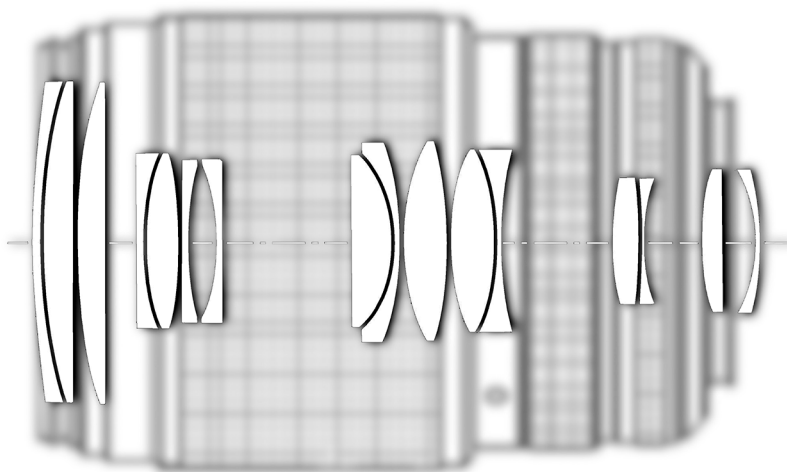
*Une simple lentille montée devant un boîtier suffit à faire une photo. Mais celle-ci ne correspond pas exactement aux critères de qualité auxquels nous sommes actuellement habitués. Si le "piqué" au centre de l'image peut encore "passer", celui sur les bords est vraiment inacceptable. N'importe quel objectif moderne donne des résultats bien plus satisfaisants !*



*Comme avec une lentille simple, on peut définir la focale d'un objectif.*

*Les formules optiques peuvent devenir très complexes lorsqu'on souhaite corriger de nombreuses aberrations et quand, comme ici, on souhaite rendre la focale variable. L'objectif ci-dessous possède 16 lentilles en 11 groupes.*

respecte un cahier des charges - incluant des critères marketing de qualité, d'encombrement, de prix, etc. Notons que certaines lentilles sont parfois collées entre elles : on parle alors de «groupe optique» pour désigner cet ensemble. On peut donc caractériser, en partie, un objectif par sa formule optique, du type "X lentilles en Y groupes". Au final, on va généraliser la définition de focale - qu'on a déterminée pour une lentille simple - à un objectif entier constitué de multiples lentilles : la focale est la distance séparant le centre optique de l'objectif du point de convergence des rayons qui lui parviennent de l'infini. On en déduit tout de suite que quand on photographie un sujet situé très loin («l'infini» photographique), le plan du capteur doit se situer au foyer de l'objectif.



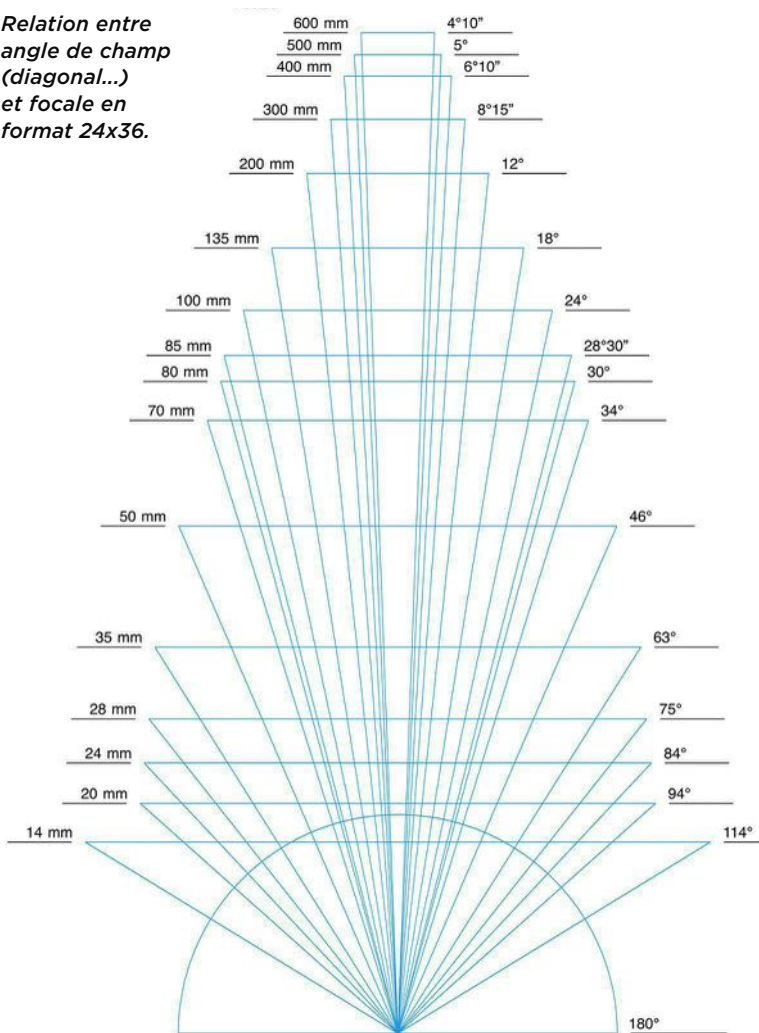
# Q86 QU'EST CE QUE L'ANGLE DE CHAMP?

*La focale est certes une donnée intéressante à connaître, mais l'information la plus importante est ce que cet objectif est capable de photographier. Il existe un lien entre la focale et la portion d'espace que cet objectif embrasse.*

Ce qu'il est intéressant de connaître pour un objectif, c'est le champ qu'il peut photographier. L'important, c'est le cadre qu'il autorise à saisir quand on le monte sur un appareil. Cet angle de champ se mesure en degrés et on l'indique horizontalement et verticalement. Les constructeurs ont également pris l'étrange habitude d'indiquer l'angle de champ diagonal. Peut être pour ceux qui cadrent en biais... Il existe une relation entre l'angle de champ ( $\alpha$ ), la focale ( $f$ ) de l'objectif et les

dimensions du capteur. Si on considère par exemple l'angle de champ horizontal (c'est à dire le champ cadré par l'objectif sur la longueur  $L$  du format), cette relation est :  $\alpha = 2 \cdot \text{atan}(L/2f)$ . « Atan » désigne la fonction inverse de la tangente. Par exemple, avec un 50 mm utilisé sur un reflex 24x36 ( $L=36$  mm), l'angle de champ horizontal vaut  $\alpha = 2 \cdot \text{atan}(36/2 \times 50) = 40^\circ$  environ. De la même façon, on peut calculer l'angle de champ vertical :  $27^\circ$ . Il y a donc une relation directe entre la focale et l'angle de champ.

*Relation entre angle de champ (diagonal...) et focale en format 24x36.*



*Cette série de photos montre l'influence de la focale sur l'angle de champ. Plus la focale est longue, plus l'angle de champ est petit... et plus on cadre serré. À l'inverse, les courtes focales permettent de cadrer très large.*



# Q87 QU'EST-CE QUE LE COEFFICIENT DE FOCALE?

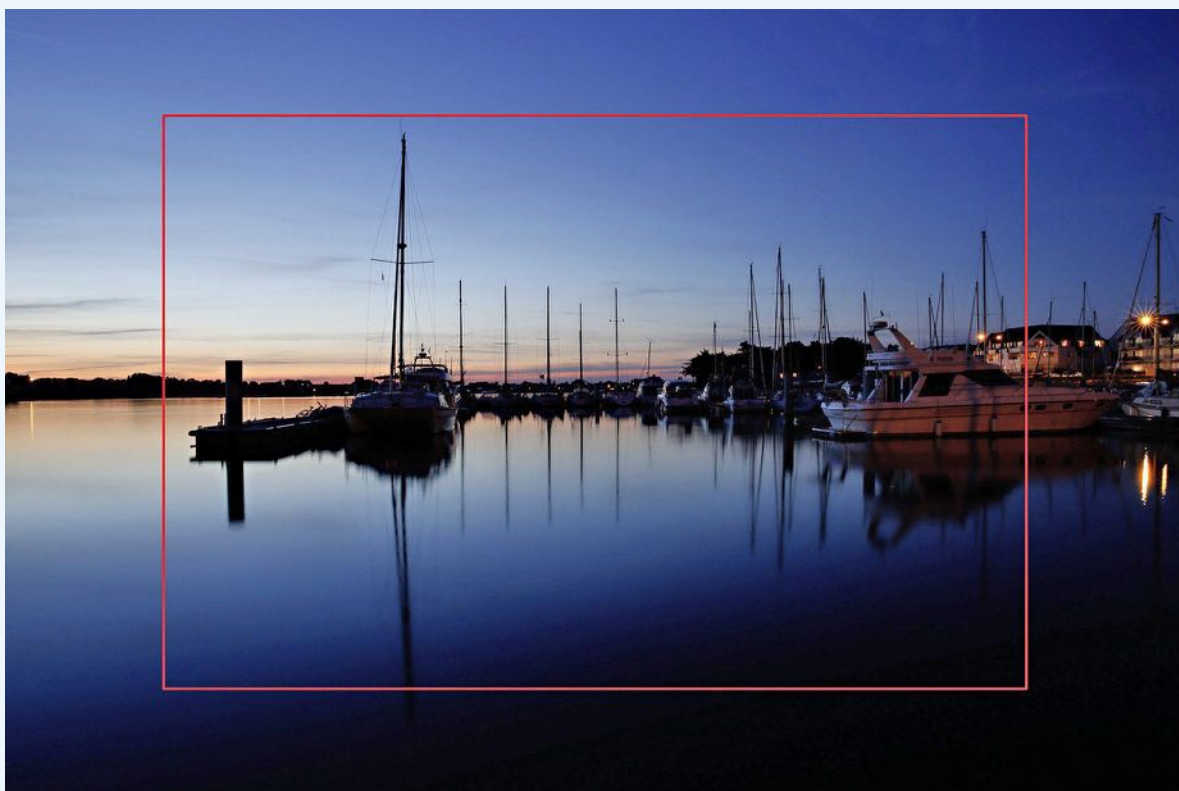
Il existe aujourd'hui, au sein d'une même marque, des appareils possédant des petits capteurs (dits APS-C) et d'autres avec des capteurs plus grands (mesurant 24x36 mm). Ces boîtiers partagent la même baïonnette et on peut donc indifféremment monter un objectif donné sur l'un ou l'autre. On a vu que la focale est une caractéristique propre à un objectif. Elle est donc invariable: quel que soit le boîtier sur lequel on monte cet objectif, il aura la même focale.

Par contre, la formule  $\alpha = 2 \cdot \arctan(L/2f)$  montre que l'angle de champ sera différent puisque la longueur  $L$  est différente entre un boîtier APS-C et un 24x36... Ainsi, plus la dimension du capteur est petite, plus l'angle de champ cadré est faible, à focale égale. Si on reprend l'exemple du 50 mm de la page précédente et si on monte cet objectif sur un boîtier à petit capteur (16x24 mm), on trouve que l'angle de champ horizontal n'est plus que de  $\alpha' = 2 \times \arctan(24/2 \times 50) = 27^\circ$ . L'objectif n'a pas changé, il possède bien la même focale... mais il cadre plus

serré du fait que le capteur est plus petit !

On peut alors s'amuser (on s'amuse comme on peut, OK?) à calculer quelle serait la focale qui, montée sur un reflex 24x36 donnerait le même cadrage. On utilise alors la formule dans l'autre sens:  $f' = L / (2 \times \tan(\alpha'/2))$ . Dans cet exemple, on trouve 75 mm... Et de conclure: un 50 mm montée sur un boîtier APS-C cadre comme un 75 mm monté sur un appareil 24x36. 75 mm est appelé «focale équivalente». Cette notion a simplement été introduite pour permettre aux vieux de la vieille de visualiser ce que pourrait donner le cadrage d'une focale quelconque sur un reflex à petit capteur, avec leurs habitudes, héritées du format 24x36... Pour calculer la focale équivalente, c'est très simple: il suffit de multiplier la focale réelle (celle de l'objectif qui est monté sur l'appareil) par le rapport des dimensions des capteurs. Ce dernier rapport est appelé coefficient de focale. Il vaut x1,5 pour les capteurs APS-C (x1,6 chez Canon qui possède des capteurs un peu plus petits) et x2 pour les appareils micro-4/3.

*Avec un même objectif monté sur deux boîtiers différents, on cadre plus serré avec l'appareil au plus petit capteur (cadre rouge de l'image). Comme si on avait utilisé une focale plus longue avec le plus gros boîtier.*



# Q88 QU'EST-CE QUE LA FOCALE NORMALE?

*Il y a quelques dizaines d'années, un boîtier ne se vendait presque jamais sans un objectif 50 mm f:1,8 (ou f:1,7). Ces focales fixes, dites «normales», constituaient donc l'équipement optique de base avec lequel les photographes exerçaient leur œil.*



*Cette photo a été réalisée au 50 mm. Elle ne retranscrit toutefois pas la sensation de panoramique qu'on peut avoir face à un paysage.*



*Mais quelles sont donc les vertus magiques de ce 50 mm ?*

Le 50 mm (le 35 mm en format APS-C ou encore le 25 mm avec les appareils à capteur micro-4/3) est donc appelé « focale normale »... mais comme il n'existe aucune norme officielle, on utilise aussi le terme de focale « standard ». C'est juste une question de terminologie...

## À QUOI CORRESPOND-ELLE ?

Une légende, perpétuée dans de nombreux ouvrages, magazines et même catalogues de fabricants d'optiques, stipule que le 50 mm « voit comme l'œil humain ». Remarquons d'abord qu'une très grande majorité des humains voient avec deux yeux. La vision monoculaire d'un objectif n'a donc rien de naturel. De plus, même quand on ferme un œil, la zone physiologique « d'impression induite » embrasse un angle de 100° en horizontal et 85° en vertical... valeurs qui n'ont absolument rien à voir avec les 40° horizontaux et 27° verticaux d'un 50 mm en 24x36. Le mythe est parfois décliné en :

« il restitue la même perspective que l'œil humain ». Or la perspective est la loi qui régit la projection d'un espace en trois dimensions (le monde qui nous entoure) sur un plan (le capteur ou la rétine de l'œil). L'œil humain, comme les objectifs classiques, utilise une perspective centrale... qui ne dépend que du point de vue, c'est-à-dire de la distance à laquelle on se situe par rapport à l'objet. Il n'y a là aucune notion de focale ou même d'angle de champ. Finalement le 50 mm, c'est tout simplement (et approximativement) la distance qui est égale à la diagonale du format 24x36 ! Même si, mathématiquement, la vraie valeur est plutôt de 43 mm. Cela n'a strictement aucune conséquence physiologique ou même psychologique

mais ça permet quand même de poser une référence : finalement, cette focale constitue la frontière entre les « grands-angles » et les « longues focales ».

## CHACUN SA NORME !

Il est d'ailleurs intéressant de noter que, dans certains anciens livres de photographie, on conseillait parfois aux photographes d'opter en premier choix pour une focale de 90 mm ! « Elle est idéale, à courte distance, pour les portraits et restitue, à grande distance, le cadrage des paysages généralement choisi par les peintres ». La focale normale, c'est comme les « standards » de la beauté, ça évolue donc avec le temps ! Si le 50 mm était la focale fétiche d'Henri Cartier-Bresson, d'autres reporters utilisaient plutôt le 35 mm comme « standard ». Nombre de portraitistes ne photographient qu'au 85 mm et les photographes animaliers descendent rarement sous le 300 mm. Il n'y a pas de norme en photographie, même si les chiffres sont magiques.



# Q89 QUELLE FORMULE POUR LE 50 MM?

La focale normale présente un avantage : elle est assez facile à concevoir... et à bas coût car ne nécessitant que peu de lentilles ! C'est donc un objectif assez simple à réaliser tout en offrant d'excellentes performances. Il est d'ailleurs intéressant de noter que le 50 mm s'est véritablement imposé comme « standard » avec l'avènement du reflex. On a vu (page 52) que le miroir reflex impose un tirage mécanique de l'ordre de 45 mm. Il était donc tout simplement très difficile de réaliser des focales plus courtes que 50 mm environ. Ce n'est peut-être pas une conspiration des forces du mal... mais une simple contrainte physique ! Schématiquement, deux types de formule optique se sont historiquement succédés pour le 50 mm.

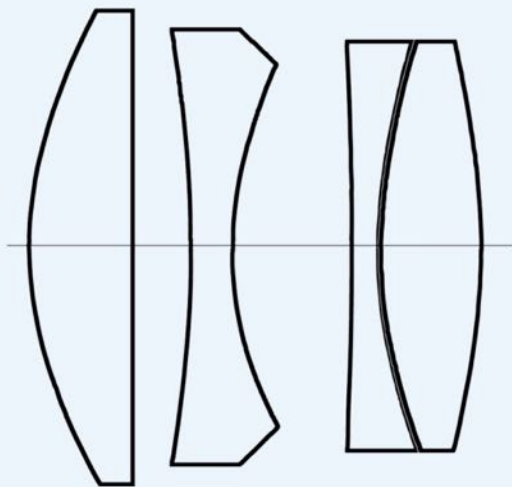
## LE TESSAR

Comme son nom l'indique (« Tessar » vient du grec tessares qui signifie « quatre »), le Tessar possède quatre lentilles, regroupées en trois groupes. Il a été inventé par le Professeur Paul Rudolph de chez Zeiss. L'épaisseur du Tessar étant très réduite, l'objectif est assez peu sensible au vignetage et tous les objectifs « pancakes » (crêpe en anglais...) ont donc une structure de Tessar. En revanche, son ouverture est assez modeste : on peut difficilement descendre sous f:2,8 sans risque de dégrader les performances optiques. L'objectif a certes

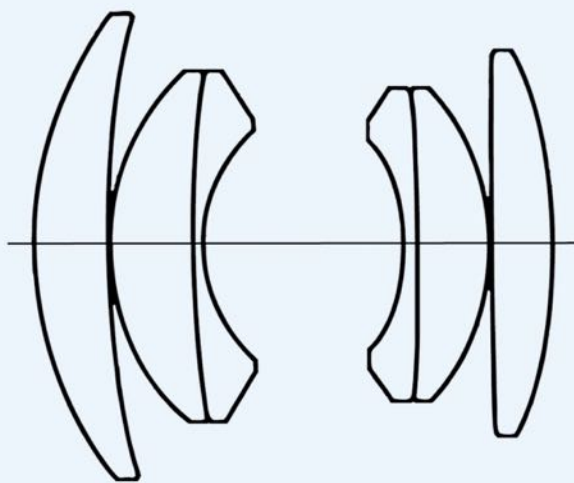
été recalculé de nombreuses fois depuis le modèle originel de 1902 mais, de nombreux objectifs doivent leur origine au fameux « 4 lentilles en 3 groupes », du Tessar. Il reste quelques « pur Tessar » sur le marché, comme le Leica Elmar-M 50 mm f:2,8 et le Voigtländer Héliar 50 mm f:3,5, tous deux à monture rentrante.

## LE PLANAR

Le Planar est souvent considéré comme la première formule optique moderne car il corrige quasiment toutes les aberrations optiques. La planéité de son champ lui a même donné son nom. C'est une formule optique symétrique à 6 éléments en 4 groupes qui était – en 1896 – considérée comme « idéale ». Son plus gros problème, à l'époque, était son grand nombre de surfaces air-verre car, à chacune de ces surfaces, la lumière se diffuse. Lorsque ces surfaces sont nombreuses, les réflexions parasites se multiplient et, quand elles parviennent sur la surface sensible, elles abaissent notablement le contraste. C'est le « flare ». Pour limiter ce flare, il faut appliquer un traitement de surface aux surfaces air-verre. Après l'invention de ce traitement (en 1935), le Planar s'est généralisé. Au point qu'aujourd'hui... tous les 50 mm f:1,8 ou f:1,7 du marché dérivent plus ou moins directement du Planar !



*Le Tessar est aujourd'hui daté. Il revient parfois, sous couvert d'objectifs « vintage » ou ultraplats (« pancakes »)*



*Le Planar constitue la base actuelle de toutes les focales normales lumineuses du marché. Le Canon 50 mm f:1,8 est, par exemple, un Planar qui ne dit pas son nom...*



# Q90 QU'EST-CE QU'UN GRAND-ANGLE?

*Les grands-angles sont les objectifs dont la focale est inférieure à 50 mm (en 24x36). Dans cette catégorie, on distingue les « grands », « très grands » (entre 25 et 20 mm) voire les « ultra-grands », dont la focale est inférieure à 20 mm.*



*Les grands-angles (ici un 17 mm) possèdent un angle de champ impressionnant. Quand on les utilise à courte distance, l'effet de perspective peut devenir surprenant.*

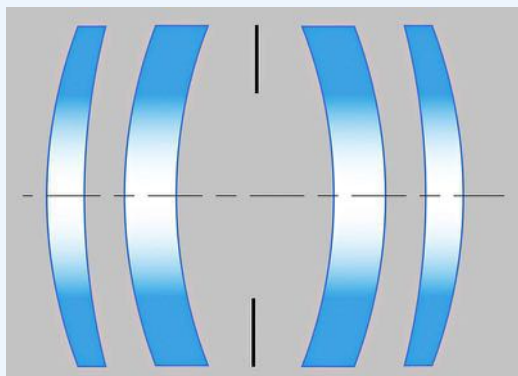
Ce sont là des sous-catégories un peu fictives mais qui correspondent toutes à une réalité : en deçà de 35 mm, les objectifs voient plus large que la vision humaine consciente. On a donc des résultats souvent saisissants, car – à proprement parler – extraordinaires.

## UN CASSE-TÊTE OPTIQUE !

Les courtes focales se caractérisent donc par des champs cadrés très vastes. L'objectif doit donc gérer des rayons lumineux qui lui parviennent très fortement inclinés par rapport à son axe. Pour un opticien, cette situation est critique car, dès qu'on s'éloigne de cet axe optique, les aberrations se multiplient (voir page 123). En deçà d'une vingtaine de millimètres, c'est même un vrai casse-tête pour

obtenir une image correcte ! Les ultra-grands-angles n'ont d'ailleurs fait leur véritable apparition que depuis que les objectifs sont calculés par ordinateur. Avant cela, les équations étaient pratiquement impossibles à résoudre. Qui plus est, les capteurs numériques n'aiment pas, eux non plus, les rayons trop inclinés par rapport à leur surface : on constate en effet, dans ces conditions, des phénomènes de diffusion qui limitent encore la netteté des images... Pour finir, on l'a vu, le tirage mécanique des appareils reflex interdit pratiquement l'usage de focales inférieures à 45-50 mm. Il a donc bien fallu trouver des solutions... même si elles sont souvent coûteuses, tant au niveau du prix que de l'encombrement et de la luminosité !

# Q91 QUELLE FORMULE POUR LE GRAND-ANGLE?

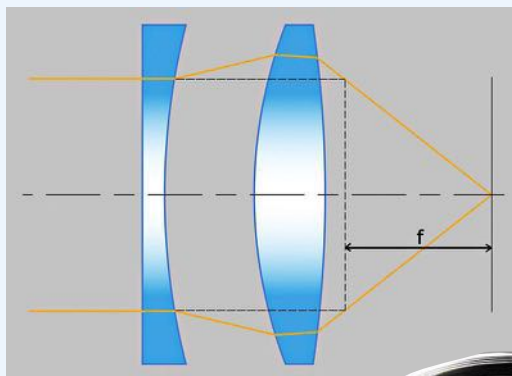


Le « Double Gauss » de la fin du XIXe siècle a inspiré une pléiade d'objectifs de courte et moyenne focale.

Si on distingue les grands-angles par leur focale plus ou moins courte, au niveau de leur conception, deux grands types de formules optiques se côtoient. La première, et la plus ancienne, est une formule optique héritée du « Double-Gauss » de 1888. Cet objectif à quatre lentilles indépendantes reste une référence aujourd'hui : sa formule a été utilisée dans une pléiade d'objectifs (avec, il est vrai, de nombreuses variations modernes nettement plus perfectionnées). Sa structure symétrique est intéressante car elle permet, en plaçant le diaphragme au centre de symétrie, d'éliminer la distorsion. Le problème est qu'en version courte focale, la lentille postérieure d'un Double-Gauss est située très près du capteur... ce qui génère un vignetage d'autant plus important que la focale est courte. Le problème concomitant est qu'avec un reflex, il est impossible d'utiliser un tel objectif : il devrait en effet se monter à peu près à l'emplacement du miroir !

## LE RÉTROFOCUS

La solution allait venir, en 1950, du « Retrofocus » (les objectifs ayant une structure de ce type ont gardé le nom générique) de Pierre Angénieux. En associant une lentille divergente à l'avant et une convergente à l'arrière, le « centre optique » de l'objectif est repoussé à l'arrière de l'objectif. Cela permet d'obtenir une focale très courte. Et surtout, plus courte que le tirage mécanique : on a alors la place d'insérer un miroir dans la chambre photographique.



Grâce à la structure rétrofocus, la focale de l'objectif est plus courte que la distance entre le plan de la surface sensible et la lentille arrière : l'objectif est « repoussé » vers l'avant de façon à pouvoir placer un miroir reflex.



Ces deux objectifs possèdent les mêmes caractéristiques (24 mm f1,4). Le premier est « classique » : sans la contrainte du tirage mécanique (très court sur les boîtiers Leica M), il possède une formule quasi-symétrique héritée du Double-Gauss. Le modèle Zeiss est destiné aux reflex 24x36 et possède une structure de type rétrofocus pour autoriser son montage sur un reflex. Cette conception est assez volumineuse !

## ET LE FISH-EYE ?

■ Les fish-eye possèdent également des focales très courtes. Mais leur conception n'obéit plus à la relation entre angle de champ et focale, ce qui leur permet de cadrer des angles extrêmes... jusqu'à 180° ! L'image est alors circulaire et l'effet saisissant... quoique lassant à la longue !





# Q92 QU'EST-CE QU'UN TÉLÉOBJECTIF?

*Si les grands-angles sont principalement utilisés par les adeptes du paysage, de l'architecture et du reportage, ces objectifs ne conviennent pas à ceux qui doivent cadrer serré un détail de la scène, comme les photographes animaliers ou sportifs.*

On peut, comme pour les grands-angles, découper le domaine des focales supérieures à 50 mm (en 24x36) en plusieurs sous-domaines. On trouve d'abord les moyennes focales (entre 50 et 150 mm) qui servent surtout aux portraitistes et aux photographes de mode. Les très longues focales font plus référence aux objectifs de focale supérieure à 200 ou 300 mm, qui sont effectivement employés par les photographes animaliers ou sportifs. N'oublions pas les paparazzi non plus. Pour ces derniers, les fabricants iront jusqu'aux extrêmes pour pouvoir cadrer un peuple à très grande distance.

L'utilisation d'une focale longue pose trois problèmes majeurs. Le premier est l'aberration chromatique (voir page 120) qui augmente proportionnellement à la longueur focale. On

risque donc, en augmentant la focale de voir les détails des images irisés de couleurs qui dégradent la qualité. L'utilisation de verres ED ou à la fluorine a toutefois permis de limiter ce phénomène.

## OUVERTURE LIMITÉE...

Le second écueil est relatif à l'exposition. Si on reprend la relation donnant l'ouverture de diaphragme ( $n = f/d$ , voir page 40), on voit immédiatement que plus la focale est longue, plus l'ouverture est réduite. Les longues focales sont donc naturellement peu lumineuses. Problème : plus la focale est longue, plus le risque de flou de bougé est élevé. Il est donc nécessaire d'employer des vitesses d'obturation élevées. Mais la combinaison faible ouverture de diaphragme + temps de pose

*Un téléobjectif de focale comprise entre 200 et 300 mm sera souvent utilisé en photo sportive.*



*Pour réaliser un portrait on utilise une longue focale. On cherche généralement à disposer d'une grande ouverture pour flouter l'arrière-plan : cela nécessite des objectifs de fort diamètre, lourds et encombrants.*

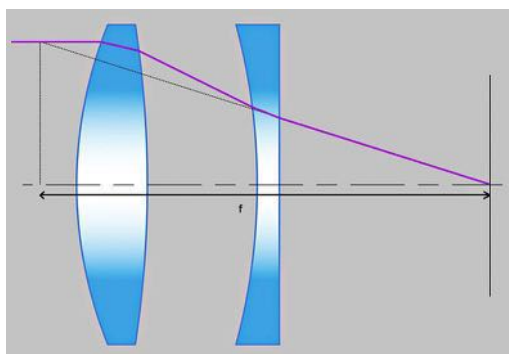




très court conduit à laisser rentrer très peu de lumière vers le capteur ! On ne peut donc photographier qu'en plein jour... ou augmenter la sensibilité (au risque de faire monter le bruit...) La situation n'est donc pas vraiment idéale et, pour sortir de ce cercle infernal, il faut augmenter la pupille d'entrée (le « d » de la relation ci-dessus). Ce qui signifie construire des longues focales de grand diamètre, donc très lourdes.

### ENCOMBREMENT MAXIMAL

Cela va donc fortement grever l'encombrement de l'objectif pour le rendre lumineux. Or celui-ci est déjà important, simplement du fait de la longueur focale. En effet, un 200 mm mesure, au minimum, environ... 20 cm, un 800 mm... 80 cm ! On peut difficilement lutter contre cette logique implacable. Sauf... à utiliser une formule optique inverse du rétrofocus, de façon à déplacer le centre optique vers l'avant de l'objectif. Cette formule s'appelle « Téléobjectif ». On emploie souvent ce terme à la place de « longue focale »,



ce qui est encore un abus de langage : les téléobjectifs constituent une catégorie particulière de longues focales. Le téléobjectif permet donc de réduire la longueur d'un objectif de longue focale. En revanche, cette solution n'est pas optimale pour le piqué. Les fabricants d'optiques jonglent donc sur la formule optique pour la rendre « légèrement téléobjectif mais pas trop » de façon à réduire un peu l'encombrement tout en autorisant un bon piqué.

*Un téléobjectif est fondamentalement un rétrofocus inversé qui permet d'obtenir une focale plus longue que l'objectif lui-même.*



*Il existerait dans le monde une vingtaine de Canon 1200 mm f:5,6L USM... qui étaient fabriqués à la demande et à l'unité ! Il possède un champ horizontal inférieur à 2°. Monté sur un reflex à capteur APS-C, il cadre comme un 2000 mm environ... Il pèse 16 kg. On comprend pourquoi les paparazzi sont musclés.*

## LES OBJECTIFS CATADIOPTRIQUES



■ Un objectif catadioptrique utilise le principe du télescope de Cassegrain et est composé de miroirs (qui réfléchissent la lumière) et de lentilles classiques (qui la réfractent pour incliner les rayons lumineux). Un premier miroir, situé à l'arrière de l'objectif, renvoie la lumière incidente vers un petit miroir central qui la retourne vers le capteur, via quelques lentilles. L'intérêt de ce système est qu'il allonge le trajet optique (en effectuant un aller-retour à l'intérieur de l'objectif), ce qui a pour effet d'augmenter la focale... tout en maintenant une excellente compacité. L'inconvénient est que ces miroirs occupent un volume important... et laissent donc peu de place aux lentilles. Les catadioptriques sont donc systématiquement peu lumineux et ils ne peuvent disposer de diaphragme. Cette luminosité réduite empêche généralement l'utilisation d'un système AF : les catadioptriques sont donc à mise au point manuelle.

*Un objectif catadioptrique, du fait de la présence de miroir dans le trajet optique, possède un rendu d'arrière-plan très spécifique.*

# Q93 QU'EST-CE QU'UN ZOOM?

*Même si beaucoup d'amateurs associent le mot zoom à « gros objectif » (sous-entendu « de longue focale »), un zoom est simplement un objectif à focale variable. Cela lui confère une excellente polyvalence, en offrant une large gamme de cadrages.*

Pour comprendre le fonctionnement d'un objectif à focale variable, on peut imaginer une structure d'objectif à trois lentilles : deux éléments convergents (du type loupe, donc) au milieu desquels se déplace une lentille divergente. Lorsque celle-ci arrive en contact avec la première, le groupe avant ainsi constitué devient divergent. On a alors une configuration de type rétrofocus (donc grand-angle). Lorsqu'elle arrive en butée contre le deuxième élément convergent, le groupe arrière ainsi constitué devient divergent et l'ensemble devient un téléobjectif (longue focale). En déplaçant une lentille divergente entre deux convergentes, on passe d'une position grand-angle à une longue focale ! Magique : on obtient alors un objectif bi-focal.

La structure optique d'un zoom sera évidemment bien plus complexe que celle-là... mais on a là son principe : en déplaçant des éléments au sein d'une structure optique, on peut faire varier la focale de l'ensemble (en continu, pas seulement en obtenant deux focales extrêmes). Bien entendu, dans cette opération, rien ne prouve que la mise au point est conservée,

mais on peut également intégrer des mécanismes de compensation qui permettent de la maintenir fixe (même si cela augmente le volume de l'objectif).

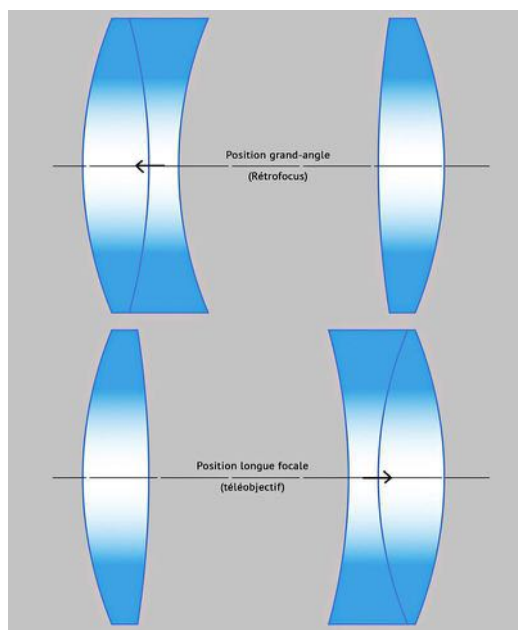
Ce qui va caractériser un zoom, c'est donc son amplitude, entre sa focale minimale et sa focale maximale. Commercialement, c'est le rapport entre les deux qui sera mis en avant : certains opticiens photo proposent désormais des zooms dont le rapport des focales extrêmes dépasse  $\times 20$  ! Notons au passage que si la focale normale se situe dans la gamme de focales accessibles, le zoom est dit « trans-standard ».

## L'OUVERTURE GLISSANTE

Si on reprend (encore !) la relation qui permet de calculer l'ouverture de diaphragme ( $n=f/d$ ) on constate que, dans un zoom, lorsque la focale augmente, l'ouverture maximale diminue puisque le diamètre maximal du trou du diaphragme est constant. Avec un zoom 12-24 mm par exemple, la focale maximale est deux fois plus grande que la focale mini, donc l'ouverture maximale devrait être également multipliée par deux par rapport à celle de la focale la plus courte. C'est à dire une perte de luminosité de 2 IL ! Théoriquement, si l'ouverture était de  $f:2,8$  à 12 mm, elle devrait donc être de  $f:5,6$  à 24 mm et l'objectif serait un 12-24 mm  $f:2,8-5,6$ . Comme on doit en fait raisonner sur les pupilles d'entrées et non sur la taille réelle du trou du diaphragme, cette démonstration n'est qu'une approximation... et la perte est bien moindre. Mais elle montre que, naturellement, un zoom possède une ouverture "glissante"... c'est à dire variant avec la focale.

## L'OUVERTURE CONSTANTE

Cette ouverture glissante n'est pas satisfaisante pour les experts qui préfèrent disposer d'une ouverture constante sur toute la plage de focale... Pour réaliser une ouverture constante, les opticiens travaillent donc sur les déplacements internes des lentilles pour que l'augmentation de focale influence la taille de la pupille d'entrée. Il leur faut donc placer



*Avec trois lentilles, on peut passer, en déplaçant un élément médian divergent, d'une position de type rétrofocus à un téléobjectif.*



*Un zoom se caractérise par son amplitude de focale. Ici, en offrant une gamme allant de 28 à 300 mm, c'est un  $\times 10,7$ . Mais ce qui est intéressant, c'est qu'elle débute en grand-angle pour finir en longue focale.*

le diaphragme derrière le (ou les) groupe(s) mobile(s). Par contre, les lentilles mobiles servant à la mise au point doivent être placées derrière le diaphragme (sinon l'ouverture varierait avec la distance...) C'est une contrainte supplémentaire.

Mais, dans tous les cas, lorsque l'amplitude du zoom est élevée, ces opticiens doivent concevoir des zooms beaucoup plus lumineux que ce qu'ils indiquent pour la focale minimale... car, comme on l'a vu, l'ouverture décroît naturellement lorsqu'on augmente la focale. Il leur faut alors "brider" l'ouverture en la calant sur celle correspondant à la focale maximale. S'ils ne le

faisaient pas, ils pourraient fièrement présenter (par exemple) des zooms 16-35 mm f:2,2-2,8... avec des performances désastreuses à pleine ouverture à 16 mm ! Mieux vaut donc limiter l'ouverture à f:2,8 à toutes les focales pour satisfaire les pros ! On voit bien que tous ces calculs optiques demandent des attentions spécifiques... qu'on ne réalise que pour des zooms haut de gamme, étant donné le coût que cela implique. Cela explique également pourquoi ces zooms sont bien souvent de meilleure qualité, tant optique que mécanique. Les zooms à ouverture constante sont donc toujours préférables à ceux qui possèdent une ouverture glissante.

*Même si un zoom 24-105 mm f:3,5-5,6 paraît plus lumineux (ce qui est vrai à la plus courte focale) qu'un zoom de même focale à f:4 constant, il faut toujours privilégier ce dernier (si on peut financièrement!). La qualité sera naturellement meilleure !*



*Le zoom Tamron 18-400 mm possède un rapport de focale de  $\times 22$ . Heureusement que les constructeurs se débrouillent pour contourner la proportionnalité entre l'ouverture et la focale, sinon l'ouverture à 270 mm rendrait ce zoom inutilisable !*





# Q94 QUEL OBJECTIF MACRO CHOISIR?

*S'il y a un domaine dans lequel on peut obtenir simplement des photos spectaculaires, c'est bien celui de la macrophotographie. Photographier en gros plan un insecte et l'afficher sur un écran de 24 pouces est toujours impressionnant!*

Le diamètre de cette montre est de l'ordre de 40 mm et occupe pratiquement toute la hauteur du format. Le capteur mesurant 24x36 mm, on en déduit que le grandissement est de  $24/40 = \times 0,6$ . On est encore dans le domaine de la proxiphotographie.



En photographie rapprochée, tout est affaire de grandissement. Notons au passage qu'on parle de «grossissement» pour un viseur (du fait qu'on raisonne sur une image virtuelle) et de «grandissement» en macro (puisque l'image qui se forme sur le capteur est bien réelle). Mais le calcul est le même: il s'agit du rapport entre la taille de l'objet photographié, mesurée au niveau du capteur par la taille de l'objet lui-même. Par exemple, si un objet mesure 5 cm et que son image mesure 2,5 cm sur le capteur une fois la mise au point effectuée, le grandissement sera de  $2,5/5 = \times 0,5$ . On l'indique souvent sous forme 1:2. En photographie rapprochée, on discerne alors plusieurs domaines. La «proxiphotographie» concerne les grandissements compris entre 1:10 et 1:1 et en «vraie» macrophotographie, le grandissement est supérieur à 1:1 (jusqu'à 10). Il faut donc toujours se méfier des appellations «macro» affichées par certains constructeurs (notamment sur leur zooms): certains estiment que la «macro» commence au rapport 1:2!

Le choix d'objectif macro est vaste au sein d'une même gamme. Si on peut se le permettre, mieux vaut choisir la focale la plus longue. En même temps... un 180 ou 200 mm macro est assez lourd à emporter sur le terrain. La solution proposée par Sigma (un 150 mm f:2,8 HSM OS) est peut-être le meilleur compromis!



## QUELLE FOCALE CHOISIR?

Les fabricants d'optiques proposent de nombreux modèles d'objectifs macro (tous des focales fixes – le seul zoom macro ayant été commercialisé ne l'étant plus). On trouve des focales de l'ordre de 50 à 60 mm, d'autres de 90 à 105 mm et enfin une dernière gamme avec des optiques de 180 à 200 mm. Toutes permettent d'accéder au rapport 1:1... et c'est bien ce qui nous intéresse! Pas facile de choisir, si ce n'est en fonction du budget (évidemment croissant avec la focale). Si on effectue les calculs optiques de grandissement, on trouve que le rapport 1:1 est atteint pour une distance entre l'objet et le capteur égal à quatre fois la focale (4xf). Ainsi, avec un 50 mm, il faudra se placer à 20 cm de l'objet, avec un 100 mm à 40 cm et avec un 200 mm à 80 cm. Cela montre que plus la focale est longue, plus il faudra se placer loin pour obtenir la même image. C'est cette solution qui est la plus intéressante car elle permet de laisser de la place entre l'objet et la lentille frontale de l'objectif! Cet espace pourra, par exemple, être utilisé pour disposer des flashes ou des sources de lumière sur le côté. Cela permet, de plus, lorsqu'on photographie des insectes un peu farouches (ou dangereux!), de ne pas s'approcher trop près!

# Q95 D'AUTRES SOLUTIONS POUR LA MACRO?

*Un objectif macro de longue focale est un investissement important. Pour une utilisation occasionnelle, il existe d'autres solutions qui permettent de réaliser des photos rapprochées, avec toutefois une qualité moindre.*

## LES BONNETTES

Une bonnette est une lentille de focale très élevée qui se visse devant l'objectif afin d'abaisser la distance de mise au point réelle de ce dernier. Cela permet d'obtenir de plus forts grossissements. Une bonnette est caractérisée par sa vergence ( $v$ , qui est l'inverse de sa focale), exprimée en dioptries ( $d$ ). La formule pour trouver la mise au point réelle est :  $1/\text{MAP}_{\text{réelle}} = 1/\text{MAP}_{\text{affichée}} + v$ . Avec une bonnette 2d, par exemple, lorsqu'on règle l'objectif sur une distance de 50 cm, la mise au point s'effectuera réellement à 25 cm. C'est intéressant... mais cela génère beaucoup d'aberrations : il faut impérativement utiliser des bonnettes achromatiques et traitées antireflet !



*Pour limiter les pertes optiques, on utilisera des bonnettes ayant une vergence de 2d maxi.*

## LES BAGUES ALLONGES

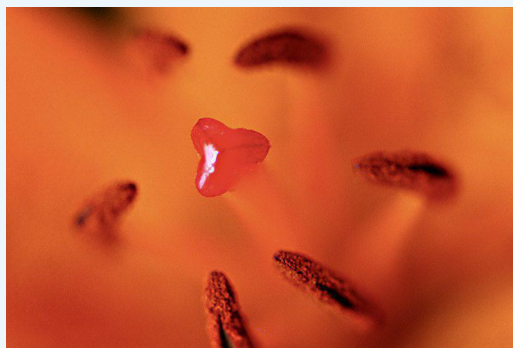
Les bagues allonges sont de simples « cales » d'épaisseur donnée qui augmentent le tirage d'un objectif. Cela permet d'abaisser la distance minimale de mise au point... donc d'augmenter le grossissement. Il existe également des soufflets qui fonctionnent sur le même principe mais dont l'épaisseur est réglable, ce qui facilite la mise au point. L'inconvénient est que l'objectif travaille dans un domaine pour lequel il n'a pas été optimisé... De plus, la perte de luminosité est importante, tant dans le viseur que sur le capteur !



*Les bagues allonges permettent bien souvent de dépasser le rapport 1:1*

## RETOURNER SON OBJECTIF

Il existe des bagues d'inversion qui permettent de monter ses objectifs à l'envers sur son boîtier. C'est une solution économique pour obtenir de forts grossissements, surtout avec des objectifs grands-angles, en jouant sur la bague de mise au point et la distance de prise de vue. Mais les objectifs modernes ne possèdent plus de bagues de diaphragme... il faut donc utiliser des objectifs anciens ou utiliser des bagues permettant de piloter le diaphragme, proposées... à des tarifs plutôt musclés !



*Cette vue des étamines d'une fleur a été réalisée avec un soufflet macro et un objectif d'agrandisseur (qui est optimisé pour travailler dans ce domaine de distances)*



*La bague EOS-RETRO de Novoflex est conviviale... mais onéreuse !*



# Q96 QUEL OBJECTIF POUR QUELLE PHOTO?

*L'offre actuelle en objectifs est vaste : chaque marque possède un catalogue bien fourni et des opticiens indépendants proposent des pléiades d'optiques compatibles. Au-delà des marques, quelle plage de focales choisir pour un type de photo donné ?*

Evidemment, il est difficile d'établir des règles... chacun étant libre d'expérimenter et de trouver sa focale fétiche pour son domaine

de prédilection. Il existe néanmoins des choix simples à faire quand on débute, pour éviter de se disperser... et trouver son propre style.

## REPORTAGE

Les reporters professionnels modernes optent presque toujours pour des zooms lumineux pour leur polyvalence. Le triplet 16-35 mm f:2,8, 24-70 mm f:2,8 et 70-200 mm f:2,8 paraît incontournable ! Pour autant, à un niveau plus amateur, si on veut s'essayer à la photo de rue, un grand-angle type 35 mm f:2 ou un zoom grand-angle type 16-35 mm f:4 sont de bonnes alternatives.



## PAYSAGE

Naturellement, c'est vers les grands-angles qu'il faut s'orienter. Si les constructeurs commencent à proposer des zooms ultra-grand-angle (11-24 mm, 12-24 mm), on peut, dans un premier temps être plus modeste et opter pour un 16-35 mm ou s'orienter vers une focale fixe type 20 mm f:2,8.







## SPORT

Comme il n'est généralement pas possible de s'approcher au plus près de l'action, on s'orientera plutôt, pour la photo sportive, vers les longues focales. Un 70-200 mm f:2,8 paraît être une solution « passe-partout » mais pourra parfois cadrer trop large. Un 300 mm f:4 offrira alors une excellente alternative.



## NATURE MORTE

Qu'elles soient réalisées en studio ou en extérieur, les natures mortes recouvrent une très large gamme de dimensions au niveau du sujet. Néanmoins, comme on va très souvent chercher à obtenir le maximum de détails dans des agrandissements géants, un objectif macro paraît bien adapté à ce domaine photographique.

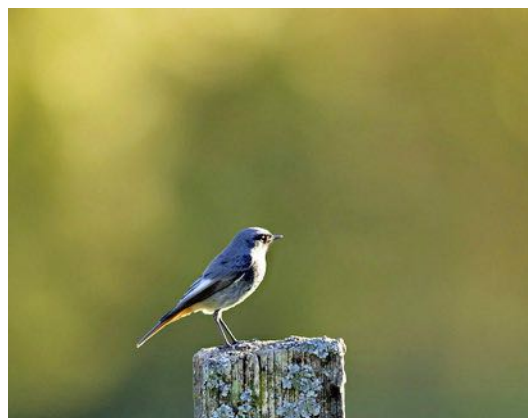


## PORTRAIT

Même si certains utilisent des focales légèrement plus courtes (50 mm) ou plus longues (150 mm), la plupart de portraitistes optent pour une focale comprise entre 85 et 135 mm. Ces focales répondent en fait à des considérations de distance, de perspective et de cadrage (voir page 134)... et de psychologie humaine. Elles permettent d'obtenir un rendu harmonieux d'un visage.

## ANIMALIER

La photo animalière est typiquement le domaine où on cherche à mettre un animal en valeur sur fond flou. Comme nos amis les bêtes sont parfois un peu farouches, il faut évidemment choisir une focale assez longue. Un 300 ou un 400 mm s'avère donc bien adapté... avec une ouverture de f:4 ou f:2,8 selon ses moyens !



# Q97 QU'EST-CE QUE LE PIQUÉ ?

*Même si le terme n'a rien d'officiel, le « piqué » désigne la part qui incombe au matériel (objectif, boîtier) dans la netteté d'une image. Pour apprécier le piqué, on suppose donc que l'image est dépourvue de tout flou dû... au photographe lui-même !*



*Certains logiciels proposent une loupe permettant d'apprécier la netteté d'une zone d'image. Il est intéressant de pouvoir régler son taux de zoom... car 100 % est parfois un peu trop sélectif !*

Le « rendu » d'une image recouvre plusieurs domaines. On a parlé du rendu des valeurs (l'exposition et la dynamique), le rendu des couleurs (la balance des blancs, l'espace couleur...) et enfin le rendu des détails. Le « piqué » caractérise ce rendu des détails dans une photographie. Plus les fins détails seront bien perceptibles à l'œil, plus la sensation de netteté sera grande. Ainsi, les aplats de couleur (comme le ciel ou les surfaces uniformes) ne participent pas à cette sensation de piqué.

Bien entendu, il faut que les détails aient, sur l'image observée, une taille suffisamment importante pour que l'œil puisse les apprécier : inutile de juger le piqué sur un tirage 10x15 cm ! Avec les appareils modernes, on considère qu'un tirage 30x40 cm, bien éclairé et observé à une cinquantaine de centimètres, permet d'apprécier efficacement la netteté d'une image. On peut, bien entendu, procéder directement sur son moniteur informatique, en utilisant la loupe pour afficher l'image à 100 %. C'est toutefois une méthode un peu extrême : observer une image comportant 16 millions de pixels de la sorte revient, par exemple, à juger un tirage de plus de 1,50 m de large !

## CONTRASTE ET RÉOLUTION

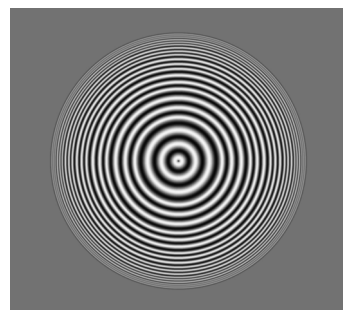
Même s'il existe des méthodes scientifiques pour le quantifier, le piqué est essentiellement une sensation visuelle, donc assez subjective. Ce n'est pas très simple car deux paramètres interviennent dans cette perception. Le

premier est la définition réelle d'une image.

On a vu que sa définition mathématique était égale à son nombre de pixels... mais on a également vu que l'optique pouvait parfois ne pas exploiter entièrement la définition du capteur. Il doit y avoir une adéquation entre la qualité de l'objectif et celle-ci pour qu'au final, l'ensemble exploite complètement la définition théorique. Il faut donc prendre en compte la taille des détails les plus fins qu'on peut enregistrer sur le capteur, une fois passé par le « filtre » de l'objectif.

Mais pour bien apprécier la définition, il faut que les détails soient assez contrastés. L'œil, on l'a vu, est sensible au contraste... et même très sensible au micro-contraste des détails. En effet, plus l'écart de luminosité entre un détail et son environnement est fort, plus il sera visible. On perçoit nettement la patte de mouche noire sur fond blanc alors qu'on considèrera comme plus floue une patte grise sombre sur un fond gris clair. Plus l'écart de luminosité de part et d'autre d'un détail est fort, plus on aura une sensation de netteté. La sensation de piqué est donc un mélange de ces deux paramètres : l'idéal serait évidemment d'avoir dans l'image des détails très fins et bien contrastés... mais les systèmes optiques ne transmettent pas ces deux paramètres de façon linéaire. Schématiquement, les détails assez gros sont transcrits avec un bon contraste tandis que les détails très fins ont un contraste assez faible... Le contraste d'une image est donc atténué par rapport à la réalité par les objectifs.

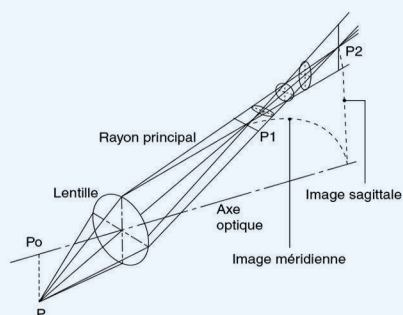
*Ces mires sont issues de nos tests optiques. Quelle est la plus « piquée » ? Pas si simple... Si on peut voir des détails plus fins sur l'une, l'autre présente des détails plus contrastés...*





# Q98 QUE SONT LES ABERRATIONS?

L'atténuation du piqué par l'objectif est due aux aberrations. L'utilisation de lentilles en verre engendre en effet de nombreux défauts dans l'image. Dans une situation idéale, l'image de chacun des points situés dans un plan perpendiculaire à l'axe optique (et sur lequel on a effectué la mise au point), serait située dans le plan du capteur. En pratique, cette situation est valable pour les objets situés très près de l'axe optique et pour des rayons lumineux très peu inclinés. Dès que l'on s'éloigne un peu de cette situation idéale, l'image de chaque point est située ailleurs que dans un plan, ce qui constitue une aberration.

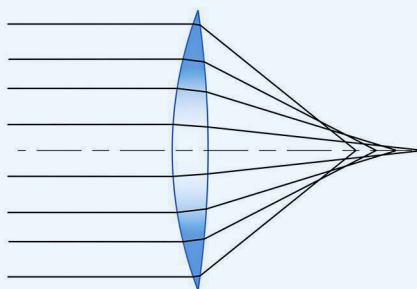


## L'ASTIGMATISME

Cette aberration est assez connue de certains porteurs de lunettes ! Schématiquement, avec une lentille simple, il est impossible de focaliser en même temps sur les deux branches d'une croix : c'est comme s'il y avait un foyer horizontal et un foyer vertical. Cette aberration, souvent couplée avec la courbure de champ, est extrêmement difficile à corriger !

## LE VIGNETAGE

Le vignetage provient de plusieurs sources. La principale est liée à l'inclinaison des rayons optiques : elle est donc très sensible sur les grand-angles. Mais la conception de l'objectif... et l'utilisation de filtres inadaptés intervient également !



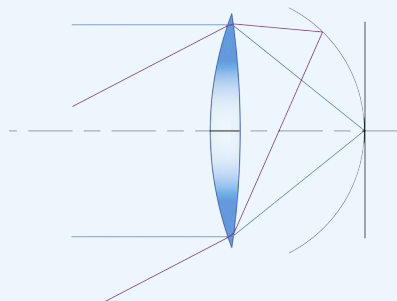
## L'ABERRATION SPHÉRIQUE

Plus les rayons s'éloignent de l'axe optique, plus ils vont converger près de l'axe optique. Cela est dû à la forme sphérique de la surface des lentilles. Aujourd'hui, on corrige simplement cette aberration en utilisant des lentilles « asphériques ». L'aberration sphérique se traduit par un flou : l'image d'un point est un disque très lumineux au centre et qui s'estompe progressivement.



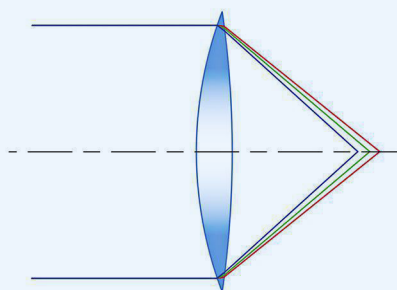
## LA DISTORSION

Ce problème se traduit par une courbure des lignes droites. La déformation peut être en coussinet (un rectangle prend la forme d'un coussin sur l'image) ou en barillet (la forme d'un tonneau). Une formule optique symétrique, avec un diaphragme central, permet d'annuler la distorsion.



## LA COURBURE DE CHAMP

Cette aberration est souvent confondue avec la sphérique. La courbure de champ est une aberration d'inclinaison : les rayons fortement inclinés vont converger plus près que les rayons parallèles à l'axe optique. La surface de focalisation est donc une portion de sphère. La courbure de champ limite notablement le piqué sur les bords avec les grands-angles...



## L'ABERRATION CHROMATIQUE

Cette aberration est une aberration liée à la nature du verre : son indice de réfraction dépend de la longueur d'onde de la lumière. Ainsi, les rayons bleus convergent plus près que les verts et les rouges. Il en résulte des liserés colorés sur les contours des objets. L'aberration chromatique augmente avec la focale de l'objectif.



# Q99 COMMENT FONCTIONNE LA MISE AU POINT AUTOMATIQUE?

*On a vu que, pour focaliser les rayons lumineux provenant du sujet, il fallait effectuer une mise au point, c'est à dire déplacer le système optique le long de son axe pour que les rayons convergent parfaitement sur le capteur.*



*Certains boîtiers proposent de choisir entre autofocus à détection de phase ou de contraste.*

Les boîtiers modernes savent parfaitement effectuer cette opération tout seuls. Le système qui gère le processus s'appelle l'autofocus (AF). À quelques exceptions près, tous les appareils numériques possèdent un système autofocus et l'immense majorité des optiques est également compatible avec ce système... Certaines marques indépendantes continuent toutefois à produire des objectifs dont la mise au point ne peut être pilotée par le boîtier : ce sont les objectifs manuels.

## UN PROCESSUS COMPLEXE...

Pour assurer la mise au point automatique, l'appareil doit effectuer de nombreuses opérations :

- Détecter le sujet principal de l'image.
- Estimer la distance à laquelle il se situe.
- Déplacer les lentilles de l'objectif pour venir focaliser sur ce sujet.
- Contrôler que l'opération s'est correctement déroulée, même si le sujet s'est déplacé entre temps !

En fait, toutes ces étapes sont effectuées quasi-simultanément : au fur et à mesure que les lentilles se déplacent, l'appareil ré-analyse la position du sujet et la compare à la distance de mise au point effective...

et corrige le tir le cas échéant. Quand la différence entre les deux positions (estimée et réelle) est nulle, le point est atteint. Cet asservissement du système permet une extrême précision de la mise au point.

## UN SYSTÈME PASSIF

Les premiers systèmes AF étaient de type « actif » : l'appareil envoyait un signal (rayon infrarouge, onde ultrasonique...) vers le sujet puis analysait la manière dont il était réfléchi pour déterminer la distance à laquelle il se situait. Ces méthodes étaient lentes et imprécises. De plus, c'est systématiquement le sujet le plus proche qui était détecté ! Les systèmes actuels sont de type passifs : ils analysent l'image traversant l'objectif (c'est également un système TTL) pour analyser la position du sujet. C'est beaucoup plus précis et rapide. Cela permet, de plus, de sélectionner la zone de l'image sur laquelle on souhaite effectuer la mise au point manuellement. À l'aide du joystick arrière (ou en pointant le sujet directement sur l'écran en mode LiveView si l'écran est tactile), on peut en effet choisir la zone sur laquelle on souhaite que l'appareil fasse le point.

## DÉTECTION DE PHASE

On distingue deux technologies d'autofocus passif : les systèmes à détection de phase et ceux à détection de contraste. Schématiquement, en détection de phase, le faisceau lumineux correspondant à la zone sur laquelle on souhaite effectuer le point est séparé en deux par un système de lentilles et de masques. Chacun d'eux est projeté sur une rangée d'éléments CCD. Si la mise au point est correcte, les deux « informations » sont identiques sur ces CCD. Sinon, le système mesure le décalage de leurs phases... et tente de l'annuler. L'avantage est qu'il sait exactement dans quel sens aller pour y arriver. Les modules de détection autofocus des reflex qui utilisent la détection de phase possèdent évidemment plusieurs

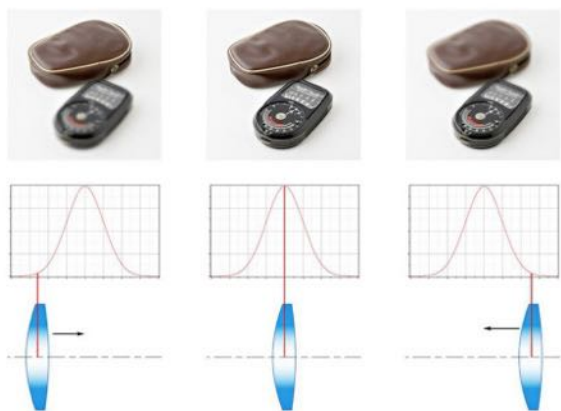


*Un AF actif va systématiquement focaliser sur le premier plan. Avec un système passif, on peut choisir où faire le point... même à l'arrière-plan.*

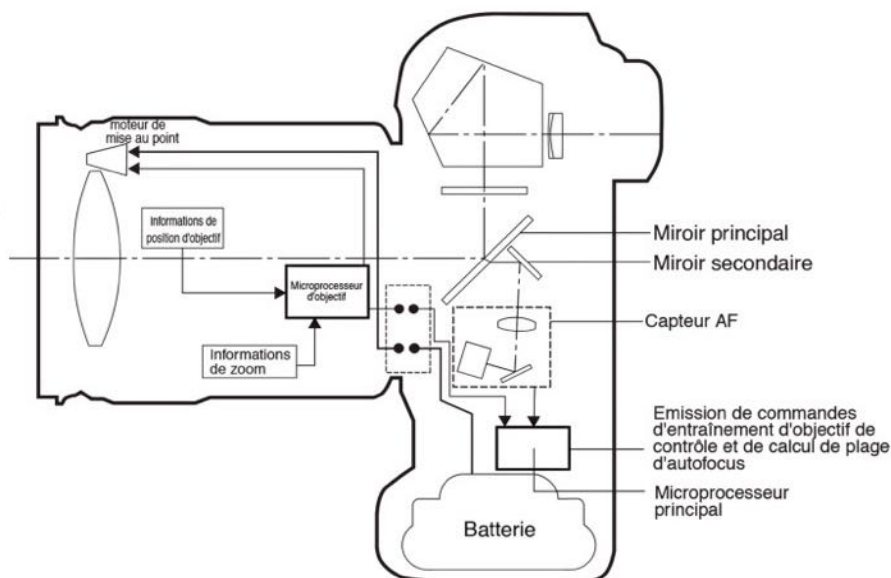
zones (les « collimateurs » ou capteurs AF) sur lesquelles effectuer la mise au point. Ces modules sont situés dans le plancher de la chambre d'exposition de l'appareil et nécessitent donc un miroir pour recevoir les rayons issus de l'objectif. Les reflex ne peuvent utiliser que ce système à détection de phase : un miroir secondaire, situé derrière le miroir reflex (semi-transparent au centre), étant chargé de renvoyer les rayons vers le détecteur AF.

## DÉTECTION DE CONTRASTE

Les systèmes à détection de contraste analysent, en revanche, directement l'image, telle qu'elle parvient sur le capteur. Ce mode est donc adapté à la visée LiveView ou aux appareils hybrides ou compacts dépourvus de miroir. Ils utilisent la propriété des images qui, lorsqu'elles sont floues, manquent de contraste. À l'inverse, lorsque le sujet est net, son contraste est maximal. Un système AF à détection de contraste va donc rechercher à rendre le sujet principal le plus contrasté possible. L'inconvénient est que ce système procède par tâtonnement (en faisant bouger les lentilles de l'objectif), jusqu'à trouver l'image la plus contrastée. Cela sollicite beaucoup les moteurs AF et prend plus de temps qu'avec un système à détection de phase. Les derniers modèles d'appareils compacts à objectifs interchangeables possèdent un autofocus – forcément appelé « hybride » comme tous ce qui est moderne... – mêlant les deux technologies. En plus de leur système à détection de contraste, ils simulent en effet les collimateurs à détection de phase directement sur le capteur afin de profiter des avantages des deux technologies.



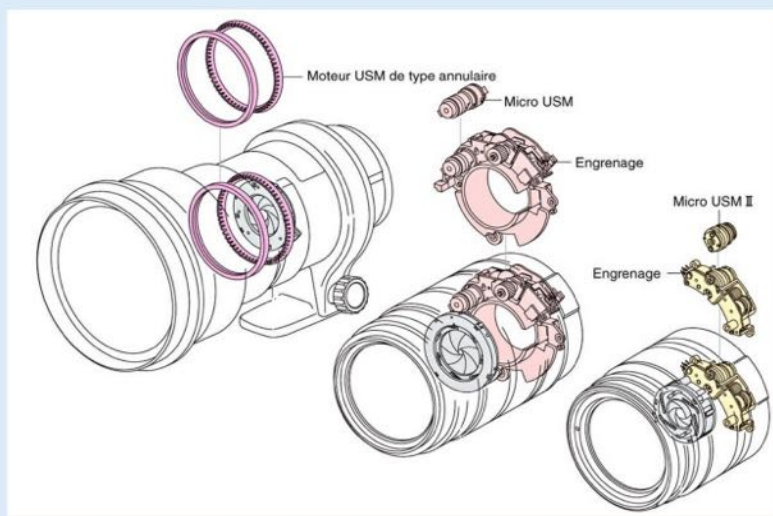
Quand l'objectif se déplace, l'appareil analyse, depuis les données de son capteur, le contraste de l'image. Quand celui-ci est maximal, l'appareil déduit que la mise au point est effectuée.



*L'autofocus à détection de phase est surtout utilisé sur les reflex. Le miroir reflex possède une partie semi-transparente au centre, ce qui permet – via un miroir secondaire – de renvoyer une partie de la lumière ayant traversé l'objectif vers le module AF, situé dans le plancher de la chambre d'exposition.*

## COMMENT LES LENTILLES SE DÉPLACENT

■ La mise au point AF est réalisée à l'aide de moteurs autofocus. Soit le moteur est intégré au boîtier... et il transmet un couple mécanique aux lentilles de l'objectif via une pignonerie et une tringlerie (c'est souvent assez bruyant et peu rapide mais cela permet de concevoir des objectifs assez simple, donc économiques), soit chaque objectif possède son propre moteur ce qui, selon les moteurs employés, permet de gagner en rapidité et en silence. L'information communiquée par l'appareil à l'objectif est seulement électronique. Mais les objectifs sont forcément plus chers puisqu'ils intègrent un moteur... Aujourd'hui, afin de gagner en rapidité, mais aussi dans le but d'adapter le couple du moteur à chaque objectif (chacun possède sa propre « masse » de lentilles à déplacer), la plupart des moteurs autofocus sont intégrés aux objectifs.



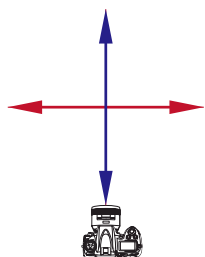
Différents types de moteurs intégrés aux objectifs existent. Les plus rapides et silencieux sont les moteurs dits « soniques », qui utilisent un train d'ondes pour déplacer les lentilles de l'objectif.



# Q100 ET SI LE SUJET SE DÉPLACE?

*La mise au point autofocus est désormais très performante sur les sujets statiques, même dans des conditions de lumière très difficiles. Par contre, la focalisation sur un sujet qui bouge est bien plus complexe à gérer !*

**Certains boîtiers Nikon proposent de configurer le « suivi » et le « mode » autofocus. Il faut se rappeler que le « suivi » concerne les mouvements le long de l'axe optique et que le « mode » fait référence aux déplacements latéraux...**



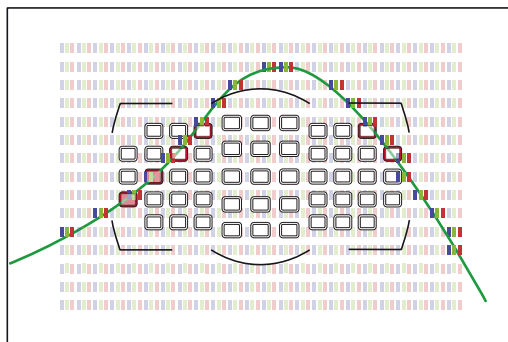
Par défaut, lorsque l'appareil a détecté le sujet et a réalisé la mise au point sur lui... il s'arrête. Si le sujet se remet en mouvement entre cet instant et celui du déclenchement, la photo sera floue. C'est le mode AF dit « ponctuel » (ou « One-Shot »). Le suivi ponctuel est donc approprié pour les sujets statiques. Si on veut que l'appareil suive en permanence un sujet qui se déplace, il faut opter pour un suivi continu (ou « Ai Servo »). Dans ce cas, l'appareil effectue la mise au point en permanence et on peut déclencher à tout moment. Le suivi continu est donc destiné aux sujets en mouvement. Ce mode de suivi présente également un intérêt quand l'appareil bouge. Par exemple, en macro à main levée, il peut être utile d'activer ce mode car des micromouvements de l'appareil peuvent rendre la photo floue au dernier moment. La plupart des

appareils proposent également une option de sélection automatique du mode : l'autofocus s'arrête quand le point est réalisé mais si l'appareil détecte un mouvement du sujet, il réenclenche son cycle de détection AF pour maintenir ce sujet net. C'est le mode Auto (ou « Ai Focus »).

## DÉPLACEMENTS LATÉRAUX

Les appareils n'ont pas trop de difficultés à suivre un sujet qui se déplace le long de l'axe optique. Il faut juste disposer de moteurs AF rapides (et de calculateurs puissants) si le sujet est vélocité ! La vraie difficulté provient des sujets qui se déplacent perpendiculairement à cet axe optique. Dans ce cas, l'appareil doit laisser en éveil tous ses collimateurs (zones sur laquelle il effectue la surveillance autofocus) pour surveiller l'activité du sujet et réagir. Cela exige énormément de puissance de calcul... et demande également de pouvoir surveiller la plus grande zone possible de l'image. Les appareils à détection de contraste n'ont pas de difficulté pour cela (puisque'ils se servent de leur capteur qui couvre, par définition... l'ensemble du champ !) mais ceux à détection de phase sont pénalisés : leur réseau de collimateurs ne couvre qu'une petite partie du champ cadré, dans lequel le sujet peut se déplacer. Certains appareils couplent donc le système AF avec leur posemètre pour détecter et pister un sujet.

*Lorsqu'un sujet, qui se déplace latéralement, sort de la zone de contrôle des collimateurs du module autofocus, l'appareil peut interroger son posemètre matriciel pour voir s'il ne détecte pas des mouvements. Il peut ainsi coupler les informations pour plus de précision !*



*Quand le sujet se déplace le long de l'axe optique et dans le champ, surtout quand d'autres éléments entrent celui-ci, il est très difficile pour un boîtier de « pister » le sujet principal et de le rendre toujours net. Les systèmes AF des boîtiers professionnels y arrivent pourtant !*



# Q101 ET SI L'AUTOFOCUS JETTE L'ÉPONGE ?

Parfois, l'autofocus doit jeter l'éponge ! Soit parce que la lumière ambiante est trop faible (en deçà d'un certain seuil, le système AF est en effet inopérant), soit parce que le contraste du sujet est trop faible, soit parce que le sujet se déplace trop vite ou encore parce qu'il est en partie masqué par des éléments perturbateurs (de façon permanente ou temporaire)... Dans ce cas-là, la seule solution consiste à passer en mise au point manuelle. Il suffit pour cela de commuter un poussoir (généralement situé sur le boîtier ou sur l'objectif) de la position « AF » vers la position « M ». On peut alors simplement effectuer la mise au point en tournant la bague de l'objectif jusqu'à ce que le sujet soit net dans le viseur. Notons que les moteurs soniques évolués

permettent de basculer d'un mode à l'autre sans avoir besoin d'utiliser ce poussoir : c'est la « retouche manuelle du point en mode AF ». Notons également que ce mode peut parfois entrer en conflit avec le suivi continu. Normal : l'appareil va sans cesse chercher à corriger une mise au point qu'on cherche à régler manuellement aussi ! Il faut bien décider qui est le chef !

## L'HYPERFOCALE !

Mais si la cause de l'échec de l'AF est la vitesse de déplacement du sujet, il y a de fortes chances pour qu'on ne soit pas plus à même de réaliser ce point rapidement ! La solution consiste... à ne pas faire le point ! En fait : à prérégler la distance de mise au point sur une distance connue (H,

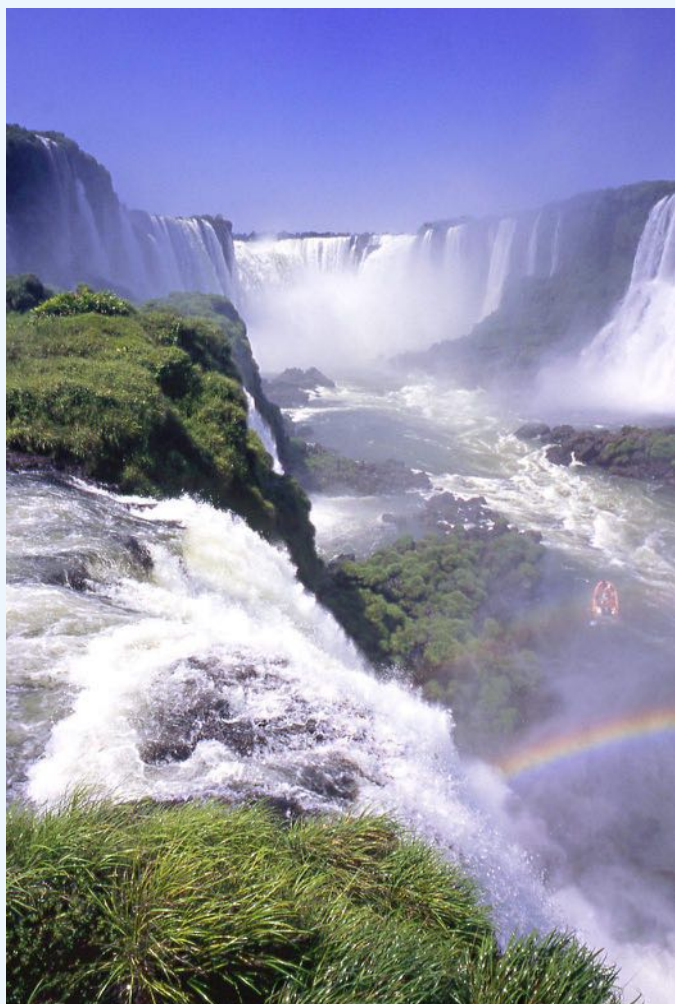
appelée « hyperfocale ») et pour laquelle on sait que la profondeur de champ (voir page 140) s'étendra de  $H/2$  à l'infini. Certes, ce n'est pas très créatif au niveau de la gestion du flou d'arrière-plan... mais cela assure d'avoir une netteté parfaite sur le sujet... pourvu qu'il se situe au delà de la moitié de la distance hyperfocale.

L'hyperfocale dépend de l'ouverture utilisée et de la focale de l'objectif. Il existe des calculs savants permettant de la calculer. On peut également la déterminer directement sur l'objectif, à l'aide de l'échelle de distance et des repères de profondeur de champ. Mais, soyons honnêtes, comme les objectifs qui disposent de ces indications sont plus que rares désormais, le mieux est de télécharger une appli qui indiquera l'hyperfocale sur son smartphone !

*L'hyperfocale peut également être utilisée en photo de paysage. En effet, elle assure la zone de netteté maximale à une image, en fonction de l'ouverture choisie.*



*Les applications pour smartphone permettant de déterminer l'hyperfocale se comptent par centaines ! À chacun de trouver la sienne...*







# CE QUE VOUS APPRENDREZ DANS CES PAGES

**130** Quel est le lien entre focale et perspective ?

**132** Qu'est-ce que la profondeur de champ ?

**133** Comment calcule-t-on la profondeur de champ ?

**134** La profondeur de champ  
varie-t-elle en fonction de la focale ?

**135** Comment se répartit la profondeur de champ ?

**136** La profondeur de champ dépend-elle du format ?

**137** Qui est donc M. Scheimpflug ?

**138** Quelle profondeur de champ pour quel sujet ?

**140** Pourquoi ma photo est-elle floue ?

**141** Qu'est-ce que le front focus ?

**142** Et le flou de bougé ?

**144** Peut-on corriger numériquement le flou ?

**146** Comment fonctionnent les stabilisateurs ?

**148** Qu'est-ce que le bokeh ?

**150** Comment séparer le bon grain du bruit ?

# Dompter l'image

Nous avons abordé pratiquement tous les éléments qui constituent un appareil et leurs différents réglages. Reste à voir comment ils influencent l'image et quelles sont les différentes possibilités pour obtenir ce qu'on souhaite au niveau plastique !



# Q102 QUEL EST LE LIEN ENTRE FOCAL ET PERSPECTIVE?

*Le zoom est un outil puissant par sa polyvalence... mais il a tendance à rendre fainéant : on se pose, on zoome pour cadrer au plus serré et on déclenche ! Cette séquence de prise de vue oublie un paramètre primordial : la perspective !*

Si on se contente, passivement, « d'être là » et de presser le déclencheur quand une scène paraît digne d'intérêt, on obtient inmanquablement des images plates. Sans vie... De simples « photo-souvenirs » qui n'arrivent même pas à la cheville d'une carte postale !

## LA PERSPECTIVE

Pour donner de l'intérêt aux photos, il faut utiliser la notion de perspective. Une photographie est une représentation plane (en deux dimensions) d'une scène présentant trois dimensions (le monde qui nous entoure est « 3D », à peu de chose près). Le processus de transformation de cet espace 3D en une représentation 2D s'appelle la perspective. La perspective photographique (appelée

perspective centrale, comme celle de l'œil) obéit à des règles géométriques précises. On retiendra seulement de celles-ci leur conséquence pratique : plus un objet est près de l'appareil, plus il est grand dans l'image finale, et plus il est loin, plus il est petit. Le ballon placé à 10 mètres est plus petit que celui placé à 5 mètres. C'est ce qui crée la sensation de profondeur dans une image. Ainsi, les proportions relatives des divers objets qui composent une scène sur l'image finale ne dépendent que de leur distance relative par rapport à la position de l'appareil. Cette position — que l'on appelle le « point de vue » — est capitale en photographie. Il faut apprendre à se placer par rapport au sujet principal pour lui donner la taille relative souhaitée par rapport à son environnement.

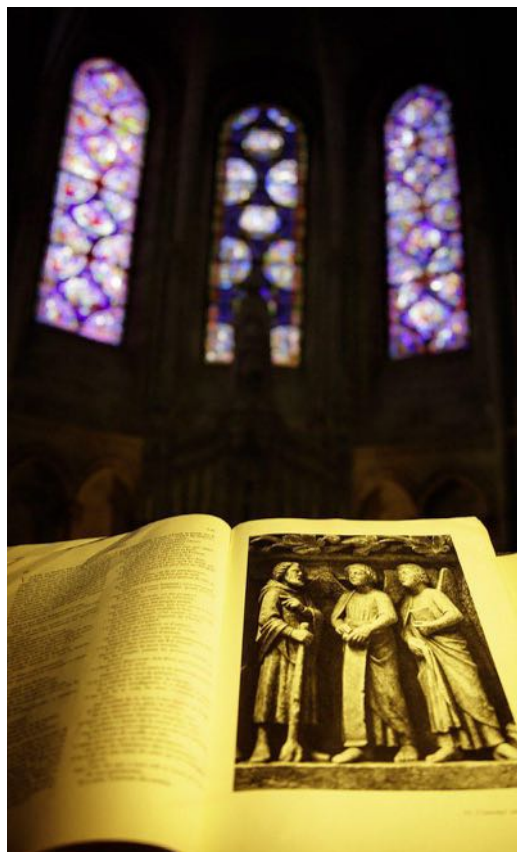
## TROUVER UN « ANGLE »

La hauteur du point de vue est également capitale pour la composition de l'image. C'est en fait le même principe de perspective qui s'applique. En photographiant, par exemple, un immeuble depuis le sol et en inclinant donc l'appareil vers le haut, les premiers étages apparaîtront plus larges que les derniers (car ils sont plus proches de l'appareil). L'immeuble prend alors une forme de trapèze. Ce n'est pas une déformation de l'objectif, c'est la simple loi de la perspective. De plus, la hauteur du point de vue a un impact visuel sur la sensation qu'on suscite chez le spectateur : en choisissant une plongée (c'est-à-dire en adoptant un point de vue surélevé par rapport au sujet), on « l'écrase » en le « collant » sur le sol. Cela crée une sensation d'oppression ou de domination. À l'inverse, en choisissant une contre-plongée (en se plaçant plus bas que le sujet), on « l'élève » en supprimant l'arrière-plan. Le sujet semble magnifié, grandi.

## CADRER : CHOISIR LA FOCAL

Une fois le point de vue trouvé, et seulement à ce moment-là, on peut cadrer l'image,

*Le choix du point de vue est important : en se plaçant très près du sujet, on lui donne une importance primordiale dans la photo car il sera beaucoup plus grand que les objets situés en arrière-plan. Le célèbre photographe Robert Capa disait que « Si la photo n'est pas bonne, c'est que tu n'es pas assez près ».*



c'est-à-dire sélectionner les limites de la photographie. Avec un format de capteur donné, on sait que cadrer consiste à choisir un objectif de focale donnée. C'est en cela qu'un zoom est intéressant : il permet de cadrer précisément, une fois le point de vue trouvé ! Pas avant... A partir de ce moment là, quelle que soit la focale choisie, le sujet principal aura exactement les mêmes proportions relatives par rapport à son environnement, c'est à dire la même perspective ! On oublie donc la loi du « 50 mm qui a la même perspective que l'œil humain »...



*En adoptant un point de vue élevé et en photographiant les personnages d'en haut, on les «écrase» en les rendant plus dépendants de leur environnement.*

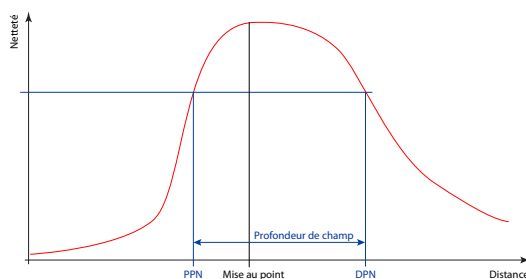
*Ces deux photos ont été réalisées depuis le même point de vue, aux deux positions extrêmes d'un zoom. On remarque que l'arbre possède toujours la même taille relative par rapport à ceux de l'arrière-plan. Si on découpe la première photo, on retrouve exactement la seconde. Certains appareils amateurs proposent parfois d'activer un « zoom numérique » qui consiste à effectuer cette opération directement sur l'image parvenant au capteur (cette opération fait évidemment perdre des pixels à l'image : sa définition est beaucoup plus basse et le piqué s'en ressent lorsqu'on l'imprime...). Il s'agit d'un recadrage, pas d'un changement de point de vue.*



# Q103 QU'EST-CE QUE LA PROFONDEUR DE CHAMP?

*La profondeur de champ est une notion spécifiquement photographique : elle est liée aux lois optiques et à la tolérance de l'œil humain. C'est en grande partie grâce à la profondeur de champ qu'on va pouvoir donner du sens à l'image.*

*La netteté d'une image varie de façon continue en fonction de la distance. La limite qui détermine la zone de netteté, est bien une convention ! En photographie scientifique, on sera par exemple bien plus sélectif qu'en photo pictorialiste !*



La profondeur de champ est la zone, située en avant et en arrière du plan de mise au point (plan de netteté), dans laquelle les sujets paraîtront nets sur l'image. Tous les sujets situés en dehors de cette zone seront donc flous. C'est une notion essentielle en photographie car elle est caractéristique : il est très difficile, par exemple, de peindre du flou de profondeur de champ ! On définit donc le premier plan net (PPN) et le dernier plan net (DPN). Si ces distances se calculent mathématiquement (voir page ci-contre), il faut tout de suite préciser que ce ne sont que de simples indications. Il serait en effet erroné de s'imaginer que si, par exemple, la profondeur de champ s'étend théoriquement de

10 m à 12 m, un objet positionné à 9,90 m sera flou tandis qu'un autre situé à 10,10 m sera net ! La profondeur de champ varie régulièrement depuis le « complètement flou » (un objet situé très loin de la zone de profondeur de champ) jusqu'au maximum de netteté (dans le plan de mise au point). Le PPN et le DPN sont donc de simples repères... pas des guillotines !

## LE DIAPHRAGME D'ABORD !

Le plus important à retenir est que, si on fixe tous les paramètres, la profondeur de champ est proportionnelle à l'ouverture de diaphragme  $n$ . Ainsi, plus on ferme le diaphragme, plus la profondeur de champ est importante. La zone de netteté en profondeur est donc plus grande à  $f:16$  qu'à  $f:2,8$ . C'est cette caractéristique que l'on utilise pour mettre en valeur un élément de l'image par rapport à son environnement en choisissant une grande ouverture. Ainsi on utilise fréquemment des ouvertures de  $f:2,8$  à  $f:5,6$  en portrait. À l'inverse, si on veut que tous les plans de l'image aient la même importance en étant tous nets, on opte pour de petites ouvertures ( $f:11$  à  $f:22$ ) : c'est ce qu'on choisit généralement en paysage !

*La profondeur de champ joue un rôle primordial dans la lecture d'une image. À grande ouverture ( $f:2,8$ ) le premier plan se détache bien tandis qu'à  $f:22$ , il est noyé dans l'arrière-plan.*





# Q104 COMMENT CALCULER LA PROFONDEUR DE CHAMP?

La profondeur de champ dépend de nombreux paramètres: la distance de prise de vue (D), l'ouverture de diaphragme (n), la focale (f) et un paramètre physiologique de l'œil (e) appelé «cercle de confusion». Ce cercle de confusion est défini comme étant le diamètre des plus petits points juxtaposés discernables à l'œil nu. Schématiquement, si des disques sont très petits et très rapprochés, l'œil les confondra en un seul et même point: ils paraissent confondus. La taille du cercle de confusion dépend évidemment de la distance d'observation: si vous vous approchez très près d'une affiche publicitaire de grand format, vous percevrez les points qui la constituent... alors que si vous êtes sur le quai opposé du métro, vous ne les discernerez pas! En photographie, on a - à peu près - standardisé le cercle de confusion en se basant sur l'écart des cônes sensibles sur la rétine de l'œil «standard», mais également de la focale de cet œil, d'une distance d'observation de référence (30 cm environ) et d'un grandissement donné de l'image (à partir de celle qui s'est formée sur la surface sensible). Ouf! On retiendra que l'on arrive à un e égal à: 0,02 mm en format APS-C et 0,03 mm en 24x36.

Armé de toutes ces données, on peut alors calculer les limites de la profondeur de champ:

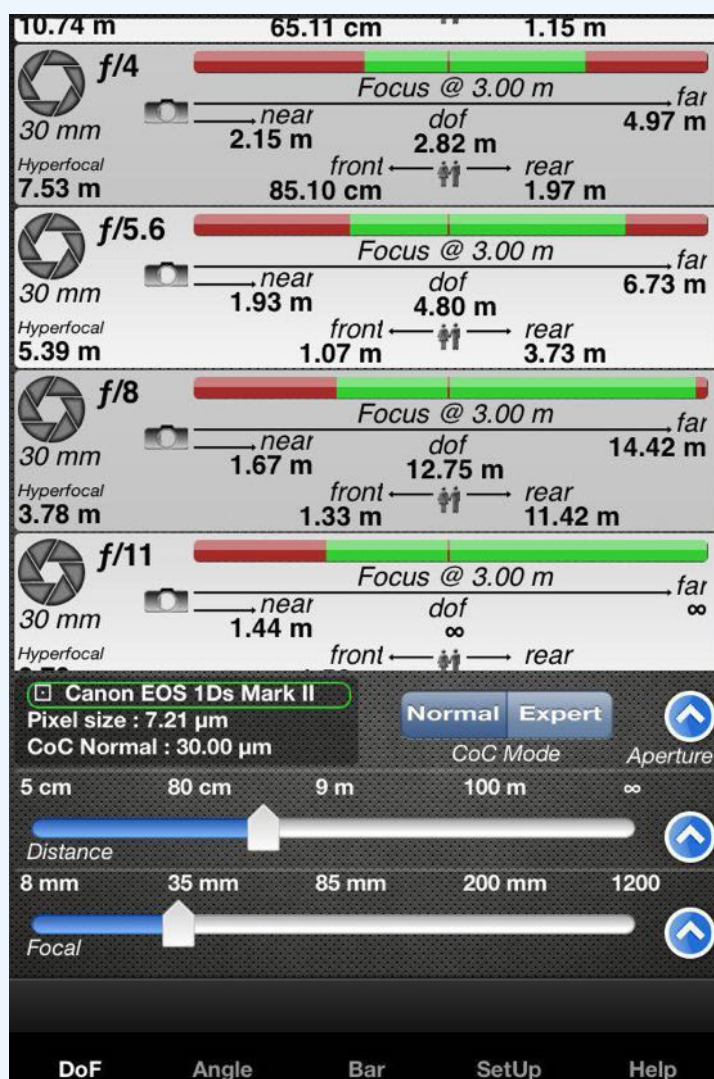
- $PPN = D / (1 + n.e.(D-f)/f^2)$
- $DPN = D / (1 - n.e.(D-f)/f^2)$

On peut même calculer la profondeur de champ totale PDC (égale à DPN-PPN). C'est une relation assez complexe (je vous laisse faire, je vous fais confiance...). On peut toutefois la simplifier pour des distances de prise de vue très supérieures à la focale (hors domaine macro, donc) et pas trop grandes non plus (en excluant donc la photo de paysage également...). On trouve alors  $PDC = 2.n.e.(D/f)^2$ .

Prenons un exemple: si on considère un appareil 24x36 (avec un cercle de confusion égal à  $e=0,03$  mm donc) équipé d'un objectif de  $f=35$  mm, ouvert à  $n=5,6$  et dont la distance de mise au point est réglée sur  $D=3$  m. On calcule que le premier plan net est situé à  $PPN=2,13$  m et le dernier à  $DPN=4,97$  m. La profondeur de champ totale est donc de 2,84 m. Pratiquement, on

considèrera que tout ce qui se situe entre 2 m et 5 m sera net (profondeur de champ totale égale à 3 m)... Ceci n'est évidemment pas simple à calculer sur le terrain... Fort heureusement, certains appareils possèdent un testeur de profondeur de champ: il suffit de le presser pour que l'appareil ferme le diaphragme à sa valeur. Cela permet de visualiser, dans le viseur, ce qui sera net sur l'image. La visée s'assombrit et cette méthode n'est donc utilisable que jusqu'à f:8-f:11 environ, mais ça suffit bien souvent. Pour les pointilleux, il existe de nombreux sites Internet et applications pour smartphones qui effectuent ces calculs à notre place...

*La méthode la plus précise et pratique pour déterminer la profondeur de champ est de disposer d'une appli qui la calcule!*



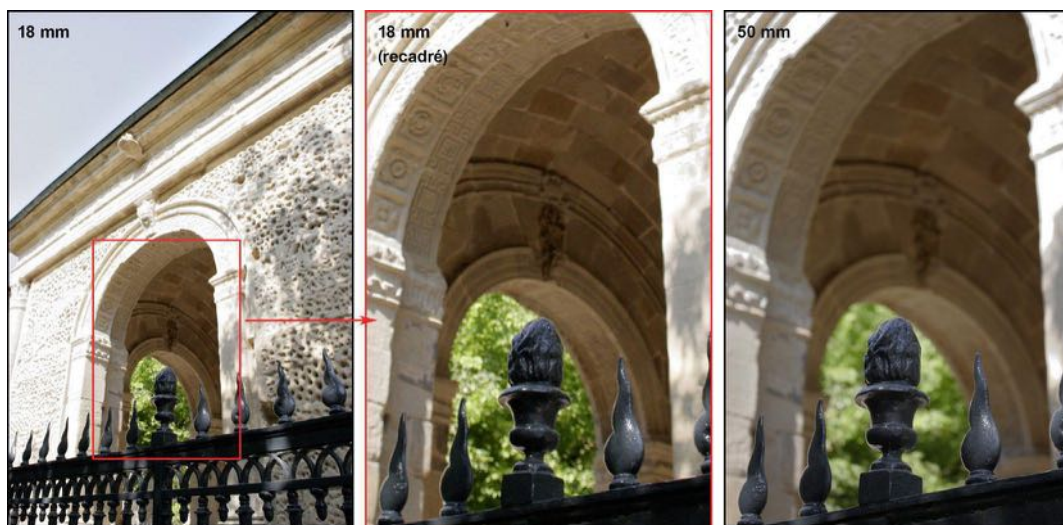
# Q105 LA PDC VARIE-T-ELLE EN FONCTION DE LA FOCALE...

*On sait comment la profondeur de champ varie avec l'ouverture. Mais on entend souvent dire qu'elle est plus importante avec une courte focale.. D'autres prétendent qu'à cadrage égal, on obtient exactement la même profondeur de champ... Qui a raison ?*

La réponse n'est évidemment pas très simple... Les formules donnant le premier plan net et le dernier plan net montrent, en effet que la profondeur de champ dépend de la focale. Mais il est important de savoir quel paramètre on fait varier ! La question est-elle de savoir si, depuis un même point de vue, la profondeur de champ varie lorsqu'on zoome ou si on travaille à cadrage identique. Par exemple si on réalise un portrait avec un 135 mm puis qu'on se rapproche pour avoir la même photo (aux variations de perspective près évidemment !) avec un 50 mm. Les formules sont donc trompeuses si on fait un raccourci.

En fait, la profondeur de champ (si on considère son équation simplifiée :  $PDC = 2.n.e.(D/f)^2$ ) dépend (en plus du diaphragme) du rapport de la distance de prise de vue à la focale ( $D/f$ )... c'est à dire du grandissement de prise de vue ! Si le cadrage est identique (c'est-à-dire si on effectue les deux photos décrites ci-dessus), le rapport  $D/f$  est constant et la profondeur de champ est donc identique... À cadrage constant, la profondeur de champ est identique. Par contre, si on ne change pas de point de vue et qu'on utilise une focale plus courte, la profondeur de champ augmente bien... Voici un tableau pour résumer tout cela :

Prise de vue	Focale plus courte	Focale identique	Focale plus longue
Distance plus courte	PDC identique à cadrage identique	PDC diminuée	
Distance fixe	PDC augmente	Rien ne change !	PDC diminuée
Distance plus longue	PDC augmente		PDC identique à cadrage identique



*Si on réalise, depuis le même point de vue, deux photos (à même ouverture évidemment) avec les positions 18 et 50 mm d'un zoom, puis qu'on agrandit la partie de la photo faite à la plus courte focale pour lui donner la même taille que celle correspondant à la plus longue, on constate que la profondeur de champ est plus importante en courte focale ! On vérifie au passage que la perspective ne change pas.*

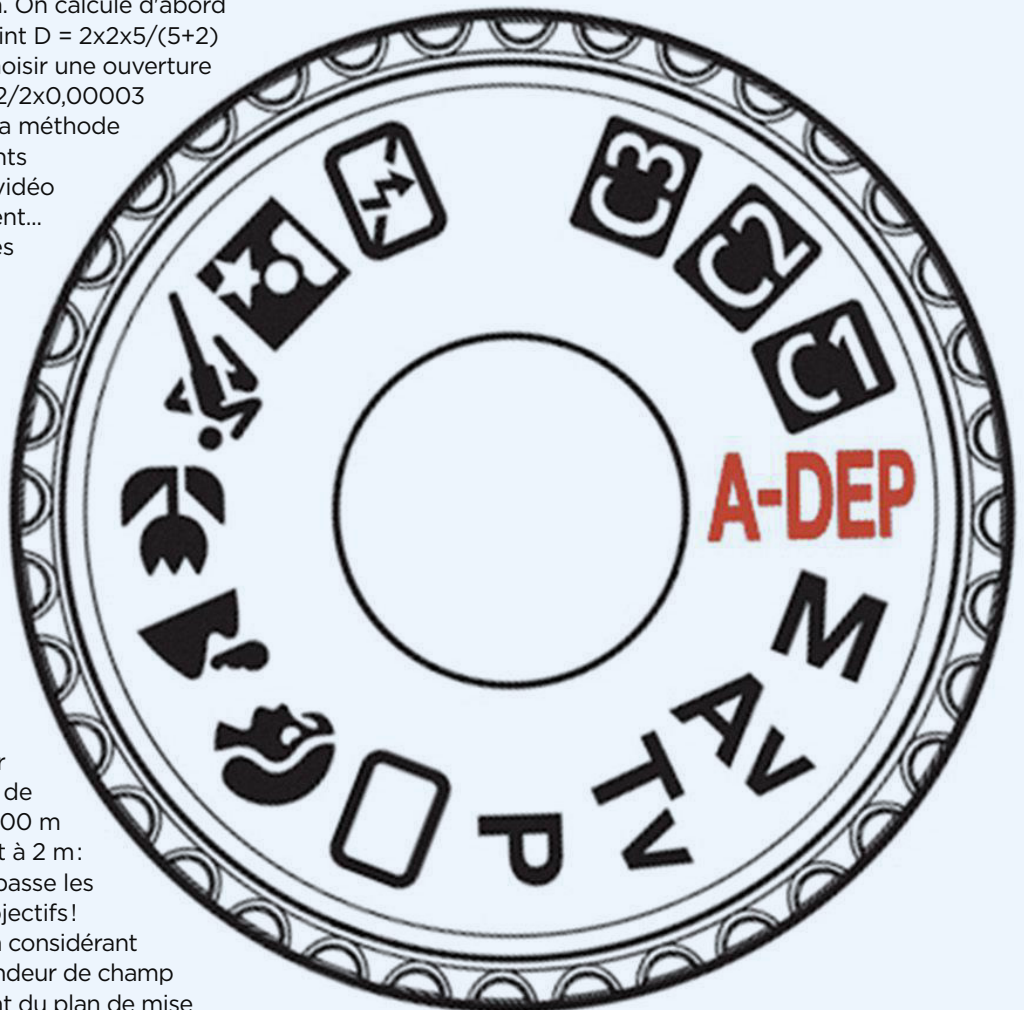
# ...ET COMMENT SE RÉPARTIT-ELLE?

Connaître les limites de la profondeur de champ en fonction de la distance de mise au point est une chose, mais généralement le problème est inverse: on souhaite que la photo que l'on cadre soit nette de PPN à DPN. Et on cherche la distance à laquelle faire le point (ainsi que l'ouverture de diaphragme à utiliser) pour disposer de cette profondeur de champ.

Théoriquement – je vous passe le calcul –, le choix de la distance de mise au point est donné par:  $D = 2 \cdot \text{PPN} \cdot \text{DPN} / (\text{DPN} + \text{PPN})$ . On peut ensuite calculer l'ouverture de diaphragme (approximative) nécessaire à l'aide de la relation:  $n = (\text{DPN} - \text{PPN}) \cdot (f/D)^2 / 2 \cdot e$ . Par exemple, avec un 50 mm (monté sur un appareil à capteur 24x36), on souhaite que tout soit net de 2 m à 5 m. On calcule d'abord la distance de mise au point  $D = 2 \times 2 \times 5 / (5 + 2) = 2,85$  m. On doit alors choisir une ouverture de:  $n = (5 - 2) \times (0,05 / 2,85)^2 / 2 \times 0,00003 = 15,3$ , soit f:16 environ... La méthode nécessite encore de savants calculs! Les productions vidéo professionnelles les utilisent... mais pas les photographes sur le terrain! C'est pourquoi Canon a, un temps, proposé sur ses appareils un mode A-DEP (priorité à la profondeur de champ) qui permettait de gérer pratiquement cette situation: il suffisait de pointer DPN et PPN et l'appareil calculait automatiquement la distance de mise au point et l'ouverture nécessaire. Génial... à condition de ne pas exagérer: inutile d'essayer d'obtenir une profondeur de champ s'étendant de 1 à 100 m en faisant la mise au point à 2 m: l'ouverture nécessaire dépasse les possibilités de tous les objectifs! On remarque toutefois, en considérant cet exemple, que la profondeur de champ est environ de 1 m en avant du plan de mise au point, et de 2 m en arrière. On constate

la même chose pour l'exemple donné page 133... Ce rapport peut être mémorisé car il est généralement constaté dans les prises de vues classiques: la profondeur de champ se répartit approximativement pour 1/3 en avant du plan de netteté et pour 2/3 en arrière. En première approximation, on peut donc faire la mise au point sur un point situé environ au tiers des limites souhaitées de la profondeur de champ, puis calculer son diaphragme. Un paramètre de moins à trouver! Ceci n'est toutefois pas valable en macro (où le rapport est plutôt moitié-moitié) et pour les grandes distances.

*Le mode A-DEP des boîtiers Canon était intéressant... mais il ne fallait pas lui demander l'impossible!*





# Q106 LA PROFONDEUR DE CHAMP DÉPEND-ELLE DU FORMAT?

*La question taraude les photographes qui sont équipés d'un appareil à petit capteur (APS-C ou micro-4/3) et qui souhaitent conserver la faible profondeur de champ qu'ils obtenaient avec un reflex 24x36 par exemple.*

*Même à f:4, la profondeur de champ est presque totale sur cette photo réalisée avec un petit capteur. Plus le capteur est petit, plus la profondeur de champ est élevée. Tout est toujours net avec un smartphone!*

Ceux qui jonglent avec les formats le savent bien : pour obtenir une bonne profondeur de champ avec des gros capteurs (moyen-formats par exemple), il faut « visser » (c'est à dire fermer le diaphragme notablement). Même si les formats APS-C et 24x36 ne sont pas si éloignés que ça en termes de surface totale (du moins l'écart est-il plus faible qu'entre un 24x36 et un moyen format), il semble bien que la profondeur de champ soit plus réduite en 24x36 qu'avec un appareil à petit capteur. Imaginons que l'on photographie un objet depuis une position donnée avec un objectif donné, à diaphragme fixe. Si on fait une photo en 24x36 puis avec un appareil à capteur APS-C, tout est constant dans la formule  $PDC = 2.n.e.(D/f)^2$ ... sauf « e » ! Et comme e vaut 0,02 en APS-C et 0,03 en 24x36... la pro-

fondeur de champ diminue. Oui... « diminue » - avec un petit capteur ! N'est-ce-pas le contraire de ce qu'on disait ? Oui, mais... avec un petit capteur et une même focale, on va cadrer plus serré, donc avoir un plus fort grandissement. Pour pouvoir comparer, il faut changer de focale (depuis le même point de vue pour avoir la même perspective, donc à D fixé) pour avoir un cadrage identique. On le sait, il faut avoir une focale 1,5 fois plus courte (c'est le facteur de recadrage des capteurs APS-C). On en déduit que :

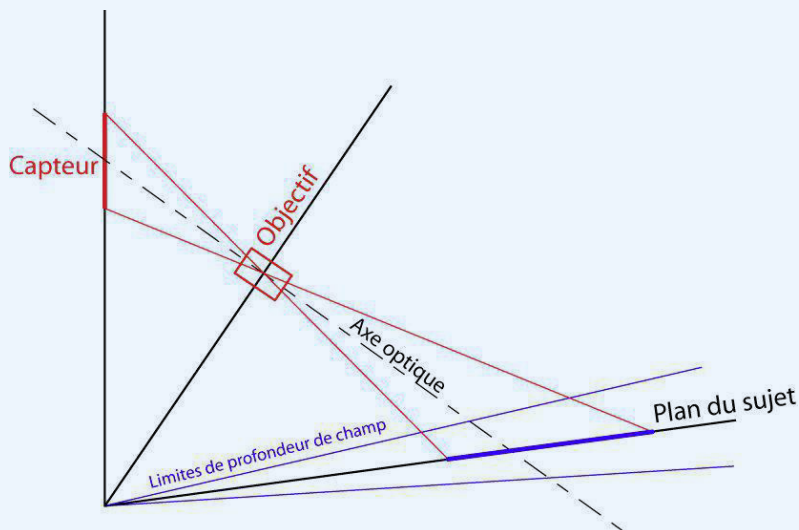
$PDC_{APS-C} = 1,5^2 . PDC_{24x36} . e_{APS-C} / e_{24x36} = 1,5 . PDC_{24x36}$   
La profondeur de champ est bien 1,5 fois plus grande en APS-C qu'en 24x36, à cadrage égal ! Ouf... C'est la même chose avec un appareil micro-4/3 : la profondeur de champ est deux fois plus élevée.



# Q107 QUI EST DONC M. SCHEIMPFLUG?

Theodor Scheimpflug a énoncé une règle qui a traumatisé des générations d'étudiants en photographie devant leur chambre à soufflet. Elle n'a toutefois d'intérêt que lorsqu'on peut basculer l'objectif par rapport au boîtier... Sa loi dit que le plan du capteur, le plan perpendiculaire à l'axe de prise de vue passant par le centre optique de l'objectif et le plan de netteté se coupent en un même axe! Ce qui est intéressant, c'est que la zone de profondeur de champ suit également la loi de Scheimpflug: le premier plan net et le dernier plan net passent également par la droite d'intersection des différents plans. On peut ainsi maximiser la profondeur de champ sans «fermer» le diaphragme outre mesure (en prenant le risque que la diffraction ne limite le piqué de l'image) en basculant le plan de netteté. Il «suffit» de basculer l'optique pour que sa perpendiculaire passe par la droite d'intersection entre le plan de netteté souhaité et le plan du capteur... La méthode n'est pas forcément simple (du tout...) mais elle est redoutablement efficace! Elle est aujourd'hui utilisable avec les (rares, chers et très techniques) objectifs à bascule. Lensbaby propose également des objectifs

montés sur soufflets qu'on peut basculer dans tous les sens. C'est évidemment beaucoup moins précis mais ça permet de créer des effets surprenants en utilisant la loi de ce bon Theodor en sens inverse, de façon à minimiser la profondeur de champ...



*La loi de Scheimpflug n'a d'intérêt que lorsqu'on travaille à la chambre... ou qu'on dispose d'un objectif à bascule.*



*On peut évidemment utiliser la loi de Scheimpflug à l'envers (certains disent un «anti-Scheimpflug») pour minimiser la zone de profondeur de champ et ne plus la faire suivre les plans perpendiculaires à la prise de vue afin de créer un effet inhabituel.*



# Q108 QUELLE PROFONDEUR DE CHAMP POUR QUEL SUJET?

*La règle qui permet de gérer la profondeur de champ est assez simple : plus l'ouverture de diaphragme est grande et plus le grandissement est important, plus elle est faible. Mais en pratique, quelle ouverture choisir pour quel sujet ?*



Pour certains sujets, tels que le reportage par exemple, la gestion de la profondeur de champ s'opère au cas par cas. Il existe en revanche des thèmes classiques pour lesquels elle se choisit presque toujours de la même façon.

## NATURE MORTE

Pour des plans rapprochés tels que la nature morte et la macrophotographie, le grandissement est généralement assez élevé et la profondeur de champ est très faible. Si certains en profitent pour mettre l'accent sur un détail en choisissant une grande ouverture, la plupart du temps, on va diaphragmer pour obtenir une grande profondeur de champ. On fait ici la mise au point approximativement au milieu des plans extrêmes devant être nets.

## PAYSAGE

Dans un paysage, on va souvent chercher à suggérer la profondeur. Un choix judicieux du point de vue permet souvent de mettre au premier plan un élément qui va donner l'échelle. Il faudra qu'il soit net... comme l'arrière-plan : on choisit donc un diaphragme très fermé en faisant la mise au point quelques mètres derrière le premier plan.

**100 ISO**  
**F:16, 1/30 S**  
**CAPTEUR 24X36**

**200 ISO**  
**F:16, 1/250 S**  
**CAPTEUR APS-C**







## **PORTRAIT**

En portrait, on va presque toujours chercher à faire le point sur les yeux (qui doivent donc être parfaitement nets). On va alors ouvrir très légèrement le diaphragme pour que la netteté s'étende du bout du nez aux oreilles (ces deux points sont à peu près à même distance que le plan de mise au point). Le reste de l'image (et notamment l'arrière-plan) seront alors noyés dans le flou, ce qui mettra en valeur le visage.

**200 ISO**  
**F:5,6, 1/250 S**  
**CAPTEUR 24X36**

# Q109 POURQUOI MA PHOTO EST-ELLE FLOUE?

*La notion de flou en photographie recoupe nombre de phénomènes très distincts. Problème de mise au point ou de profondeur de champ, performances médiocres de l'objectif, bougé du sujet ou du photographe... et si vous commenciez par consulter un ophtalmo ?*

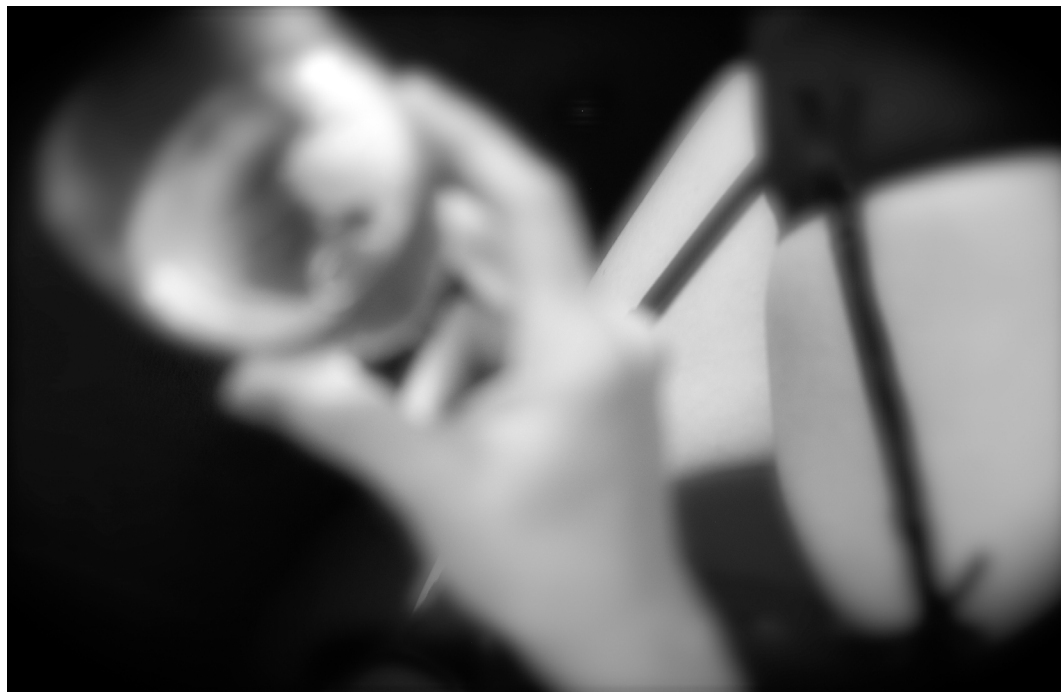
Précisons tout d'abord que le flou n'est pas l'ennemi du photographe. Il peut souvent être utilisé à des fins créatives. Il faut juste le comprendre et le maîtriser pour ne pas le subir ! La première source de flou en photographie est optique. La mise au point autofocus n'est tout d'abord pas infaillible : elle peut d'abord être approximative, voire absente. Le système AF peut en effet rater le sujet principal et effectuer la mise au point sur l'arrière-plan, ne pas parvenir à focaliser sur un sujet trop sombre ou pas assez contrasté, jeter l'éponge face à un sujet très rapide... les sources sont multiples. Quand on n'a pas, simplement, oublié de l'activer en laissant un commutateur sur M au lieu de AF !

## LE FLOU OPTIQUE

Le flou dû à une mise au point ratée est donc assez classique. Un flou similaire est lié au manque de performances d'un objectif. Notons tout de suite que les vrais « culs de bouteille », comme on pouvait parfois en rencontrer il

y a une quinzaine d'années, sont de plus en plus rares sur le marché : les progrès optiques ont été spectaculaires et la grande majorité des objectifs actuels font des images très piquées (une fois le point réalisé). Il existe pourtant quelques limitations classiques. Sur les optiques d'entrée de gamme, par exemple, il faut souvent éviter la pleine ouverture car les performances globales sont souvent modestes du fait de la difficulté à corriger les aberrations optiques. À l'inverse, quand le diaphragme est très fermé, on a vu que la diffraction limitait le piqué : mieux vaut systématiquement éviter de fermer le diaphragme au-delà de f:11... sauf si les contraintes de la profondeur de champ l'exigent ! À ce propos, il ne faut pas confondre la diffraction, liée à un diaphragme trop fermé, avec la diffusion... elle aussi source de manque de netteté. Dans ce cas, la lumière parvenant à l'objectif est diffusée par des particules ou des milieux non homogènes. Pour l'obtenir, rien de plus simple : il suffit de laisser la lentille frontale pleine de poussière...

*On peut très bien décider de ne pas effectuer la mise au point et de la régler, par exemple sur l'infini. La photo est floue mais reste lisible. On note l'effet de diffusion autour des zones claires.*



# Q110 QU'EST-CE QUE LE FRONT FOCUS?

La mise au point peut parfois être approximative. Même avec un objectif de qualité, les photos manquent alors de piqué. Quand le phénomène est systématique, il y a des chances qu'il s'agisse d'un problème de calage de l'autofocus. Tout système mécanique possède une certaine tolérance: il s'agit d'une petite marge d'erreur sur la position exacte de son élément actif. Le système AF n'est pas vacciné contre ces imprécisions. Les objectifs non plus... et quand ces inévitables approximations se cumulent - pas de chance! -, toutes les photos manqueront de netteté. La mise au point peut s'effectuer systématiquement à l'avant du sujet: c'est le front focus. Ou l'inverse: c'est le back focus. La plupart des reflex évolués proposent aujourd'hui un réglage du système AF.

Le réglage précis consiste à mesurer l'erreur de l'objectif commise avec un objectif particulier et de corriger en conséquence la mise au point effectuée. Avec les appareils modernes, la reconnaissance de l'optique est automatique: après calage, la correction sera systématique sitôt l'objectif monté.

## CORRECTION UNIQUE

Notons que la correction entrée pour un objectif donné ne sera pas valable pour un autre objectif de même modèle: la correction est individuelle! La procédure

est décrite dans le mode d'emploi mais soulignons que la méthode de calage est assez fastidieuse et demande beaucoup de rigueur. De plus, le remède peut être pire que le mal... Donc si vous n'avez pas la patience ou de temps à consacrer au réglage, passez votre chemin. Notons également que si la correction maximale proposée par le boîtier est insuffisante et que les photos sont toujours floues, c'est que le décalage est trop important: un retour au SAV s'impose alors!

## ET LE CALAGE DES OBJECTIFS?

■ Sigma et Tamron proposent un petit boîtier USB qui permet d'ajuster la mise au point sur leurs objectifs de dernière génération. Ces interfaces permettent en fait d'ajuster de nombreux paramètres (stabilisation, limiteur de plage de mise au point, vitesse autofocus et même mise à jour du firmware de l'objectif...) mais leur principal intérêt est d'affiner la mise au point de l'objectif. La limitation de cet outil est que, lorsqu'on possède deux boîtiers, les réglages ne devraient pas être les mêmes (puisque'il faut tenir compte des tolérances propres à chacun d'eux)...



Une fois la procédure de calage effectuée, le boîtier reconnaît l'objectif qui a été utilisé pour le réglage: il appliquera alors systématiquement la correction programmée pour que les photos retrouvent le piqué qu'elles sont censées posséder!



Le dock de Sigma permet, entre autres choses, d'affiner la mise au point pour quatre positions d'un zoom et quatre plages de distances! Prévoyez une bonne demi-journée pour caler un zoom!



# Q111 QU'EST-CE QUE LE FLOU DE BOUGÉ?

*Si le flou optique est souvent dû à des problèmes de qualité du matériel, le flou le plus souvent constaté est dû au photographe. Il s'agit d'une mauvaise adaptation de la vitesse d'obturation qui conduit à un flou « de bougé ».*



*Le mouvement de cet hélicoptère en approche est relativement lent. Avec une vitesse de 1/60 s, il est donc parfaitement net sur la photo. Par contre, ses pales ont un mouvement très rapide et le 1/60 s est insuffisant pour les figer. Leur mouvement est donc transcrit sur l'image : elles sont floues !*

Même si, on l'a vu, les obturateurs peuvent accéder à des temps de pose très longs (huit secondes en automatique sur la plupart des boîtiers), la durée d'exposition ne doit pas être choisie au hasard ! Il ne faut pas oublier que le sujet peut bouger pendant cette durée et que l'appareil photo, obturateur ouvert, va enregistrer son mouvement, « brouillant » les détails en ne laissant plus que l'idée générale du sujet.

## UN FLOU VOLONTAIRE

Certes, l'effet peut être recherché pour symboliser le mouvement. Mais il est difficile à doser : cela dépend de la focale (f, en millimètre), de la distance de prise de vue (D, en mètres) et de la vitesse du sujet (V, en km/h). On peut montrer que la vitesse d'obturation à partir de laquelle on décèle le flou sur l'image est égale à environ

$9.V.f/D$  en 24x36. Le tableau ci-dessous indique les vitesses à partir desquelles le sujet sera flou sur l'image. Ces calculs sont effectués avec une focale de 50 mm (en noir) et 24 mm (en rouge). Le choix d'une vitesse lente permet souvent de créer un effet dynamique dans l'image. On s'en sert souvent pour suggérer le mouvement de l'eau, dans le flot d'un torrent ou d'une cascade. Alors qu'une vitesse d'obturation élevée va « figer » les gouttes d'eau, une vitesse lente va permettre de transcrire leur mouvement. Bien entendu, il est nécessaire d'utiliser un trépied pour réaliser ce genre d'images.

## LE FILÉ

On peut également utiliser volontairement une vitesse d'obturation lente pour créer un effet de « filé ». La technique du filé consiste à suivre le mouvement d'un sujet dans le viseur en adoptant une vitesse assez lente de façon à ce que, pendant la durée d'obturation, le sujet reste net sur l'image mais que l'arrière-plan soit flou du fait du mouvement panoramique. Le léger mouvement sur cet arrière-plan renforce l'effet de mouvement et la sensation dynamique que l'on en perçoit. Le filé est souvent utilisé pour les courses automobiles et plus généralement la photo de sport. La technique est assez délicate car il faut donner un mouvement panoramique très régulier à l'appareil. Le mieux est de choisir une vitesse d'obturation comprise entre 1/30 s et 1/200 s, selon la dynamique et la proximité de l'objet. Plus le sujet est proche et/ou rapide, plus il faudra choisir une vitesse élevée.

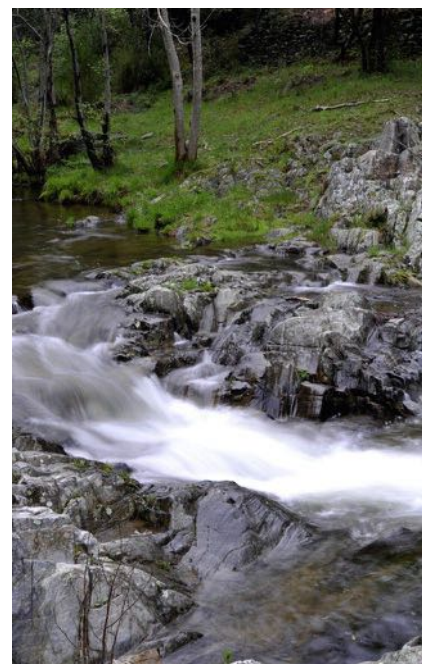
Distance de prise de vue	Piéton (3 km/h)		Cycliste (15 km/h)		Voiture (65 km/h)		Bolide (150 km/h)	
5 m	1/250 s	1/125 s	1/1250 s	1/640 s	1/6000 s	1/3000 s	1/14000 s	1/6400 s
15 m	1/100 s	1/50 s	1/500 s	1/250 s	1/2000 s	1/1000 s	1/5000 s	1/2000 s
50 m	1/30 s	1/10 s	1/125 s	1/60 s	1/640 s	1/320 s	1/1250 s	1/640 s
100 m	1/15 s	1/5 s	1/60 s	1/30 s	1/320 s	1/160 s	1/640 s	1/320 s



*Quatre secondes de pose à main levée, c'était perdu d'avance !*

## LE FLOU... DU PHOTOGRAPHE

Certes, le sujet peut se déplacer pendant la durée d'exposition... mais la plus grande source de flou de bougé involontaire est due au photographe lui-même. Même si le sujet est statique, le photographe pendant une seconde conduira inmanquablement à une photo floue. Même en utilisant des techniques de ninja (« Inspirer, bloquer le respiration, déclencher, expirer... »), on va communiquer au boîtier des vibrations qui seront perceptibles sur l'image. Il existe un repère permettant de connaître la vitesse limite théorique (VLT) en-deçà de laquelle ne pas descendre pour éviter tout flou de bougé dû au photographe : il faut choisir une vitesse plus rapide que l'inverse de la focale 24x36 équivalente. En 24x36, on prend donc la focale utilisée et, en APS-C, on n'oublie pas de lui appliquer un coefficient de x1,5. Par exemple, avec un 100 mm, on choisit des vitesses supérieures à 1/100 s (soit 1/125 s, 1/250 s...) en 24x36 et celles qui sont plus rapides que 1/150 s (1/(100x1,5)) en APS-C. Il ne faut, toutefois, pas prendre cette VLT au pied de la lettre. Elle est valable pour des distances de prise de vue « métriques »... et il faut pratiquement doubler ce repère lorsqu'on photographie à courte distance !



*La première photo a été réalisée au 1/250 s (à f:5,6 pour 400 ISO). La seconde avec un temps de ½ s (à f:32) : on ne discerne plus l'eau mais seulement son mouvement.*



*Ici, la vitesse d'obturation est de 1/30 s. L'effet du filé est bien perceptible sur l'arrière-plan mais les bras du sportif et les roues sont également légèrement floues du fait de leurs mouvements distincts.*

## QUEL MODE D'EXPOSITION CHOISIR ?

■ Lorsqu'on veut précisément contrôler sa vitesse d'obturation, il faut évidemment choisir le mode d'exposition à priorité vitesse (S ou Tv) : on règle la vitesse souhaitée et l'appareil calculera l'ouverture de diaphragme en fonction de la sensibilité. Rien n'empêche, toutefois, de jeter un œil sur l'ouverture calculée, histoire de contrôler la profondeur de champ résultante !



# Q112 PEUT-ON CORRIGER NUMÉRIQUEMENT LE FLOU?

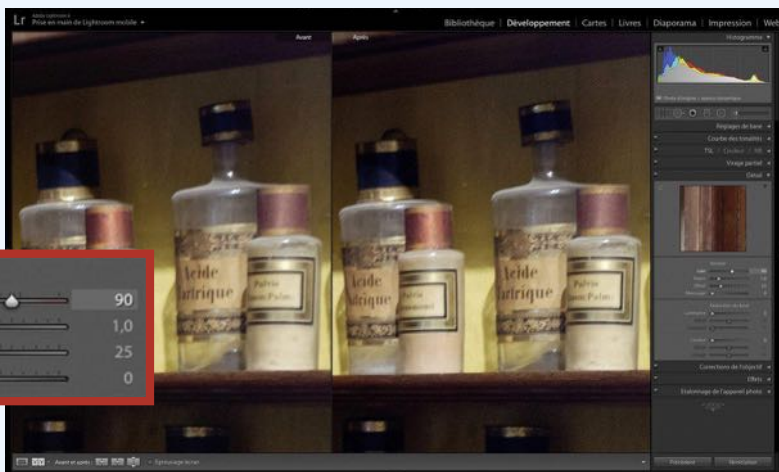
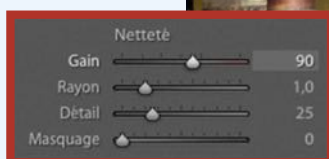
*On a vu ce dont étaient capables les circuits de traitement d'un appareil photo pour générer une image quasi parfaite d'un tas d'électrons bruités fournis par un capteur. Les traitements numériques doivent bien être capables d'améliorer la netteté d'une image floue!*

Si les appareils proposent déjà, par défaut, de régler un paramètre appelé « accentuation » qui va permettre de donner plus de netteté aux images, la plupart des logiciels possèdent également ce curseur. Schématiquement, il va augmenter le contraste local des détails. On a vu (voir page 122) que la notion de piqué dépendait, en grande partie, du micro-contraste des détails. Cette accentuation peut avoir un effet certain sur un (très léger) flou de mise au point ou un défaut de piqué lié aux performances de l'objectif... mais n'est pas efficace sur les flous de bougé. Mais certains chercheurs travaillent depuis des années sur la correction de ce flou: nul doute qu'on va bientôt pouvoir supprimer logiciellement le bougé! En attendant, tous les logiciels évolués possèdent quatre curseurs permettant de régler la netteté. Il n'est pas très facile d'apprécier l'effet de chacun.

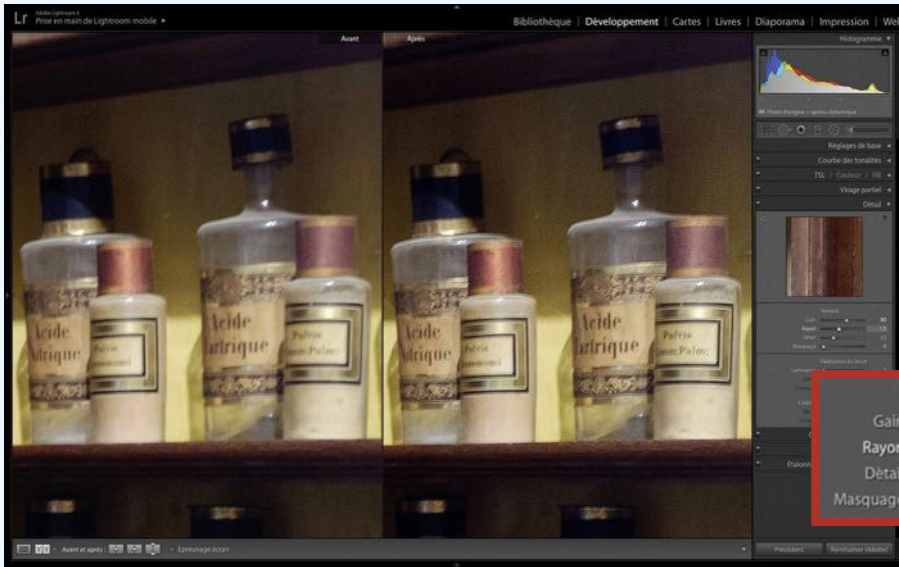


**1** La photo a été réalisée en intérieur au 1/5 s, ce qui est vraiment très long, même avec un appareil compact sans miroir (moins sensible au flou de bougé) équipé d'un 23 mm. En zoomant, on constate en effet que le piqué n'est pas au rendez-vous.

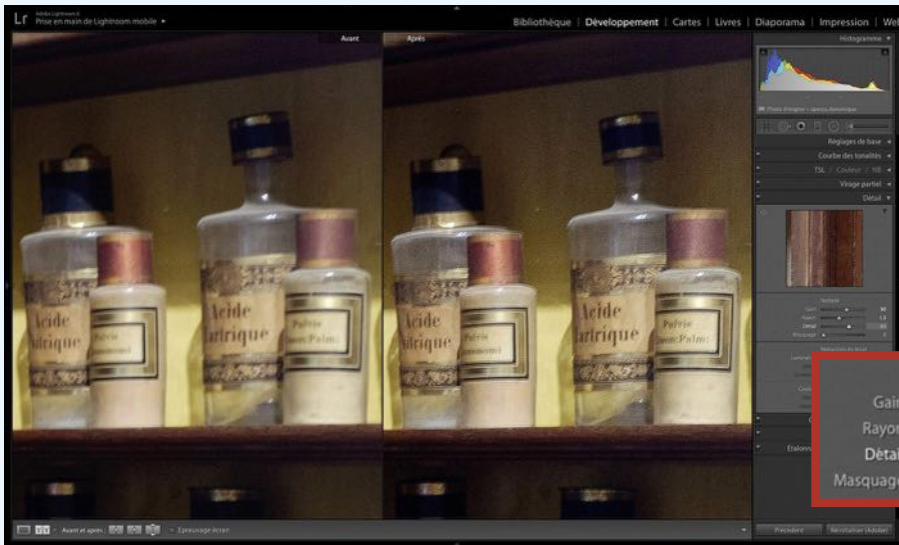
**2** On va d'abord régler le Gain (ou Intensité). C'est le paramètre principal de la netteté. Il règle l'effet de l'accentuation. S'il n'y en a qu'un à toucher, c'est celui-là!



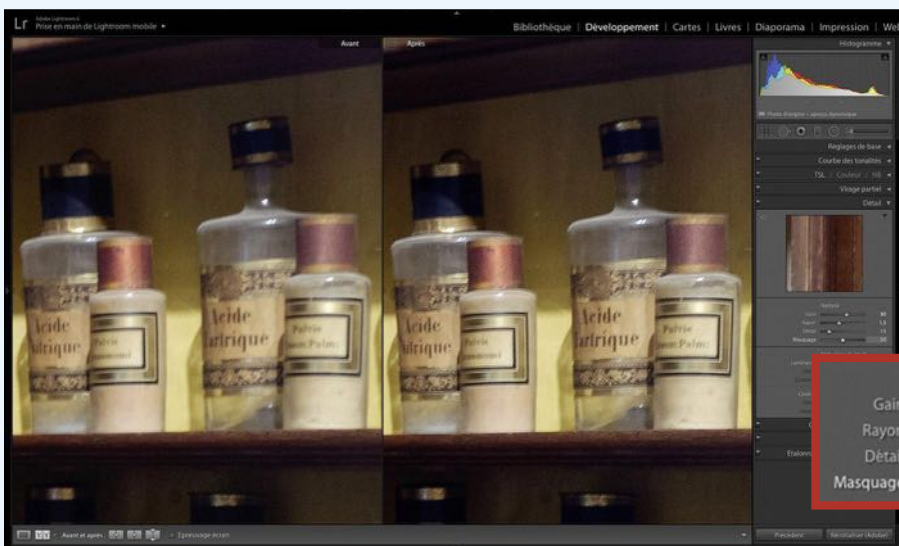




**3** Le Rayon. Il règle la largeur (en pixels) sur laquelle l'augmentation du micro-contraste va jouer au niveau des contours de l'image. Plus cette largeur est grande, plus l'effet est marqué (avec le risque de voir apparaître des traits caricaturaux le long des zones de contour).



**4** Le Détail. Il définit la taille des détails sur lesquels l'accentuation va s'appliquer. Plus ce paramètre est élevé, plus les fins détails seront amplifiés.

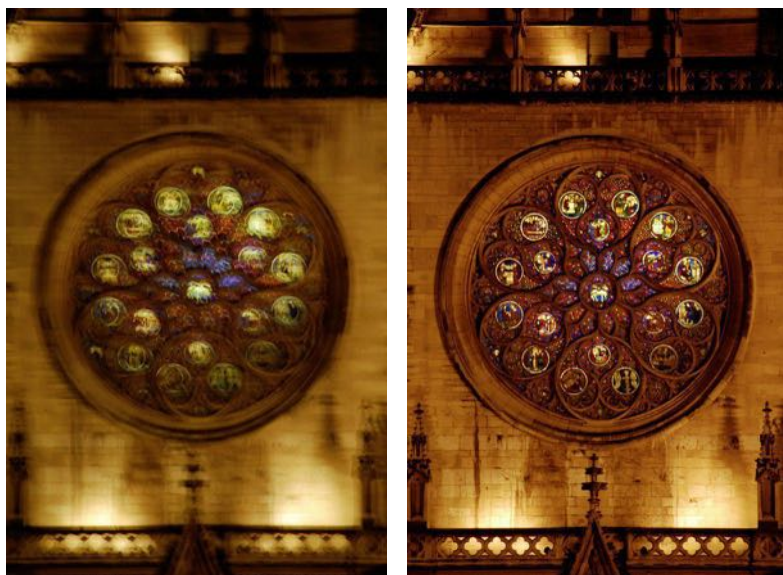


**5** Le Masquage (ou Seuil), il définit l'écart d'intensité minimal que doivent posséder deux pixels pour que l'effet s'applique. Plus il est grand, moins on applique la netteté sur les aplats, ce qui évite le bruit dans le ciel, par exemple. C'est le deuxième paramètre le plus important.

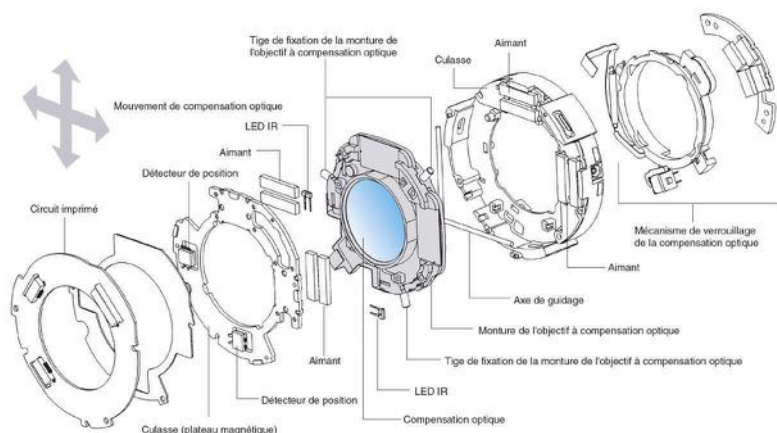


# Q113 COMMENT FONCTIONNENT LES STABILISATEURS?

*Si on ne peut pas agir sur le mouvement du sujet, on peut compenser les mouvements que l'on transmet à l'appareil pendant la durée d'exposition. Les systèmes d'amortissement s'appellent des stabilisateurs.*



*Cette photo a été réalisée au 200 mm à 1/25 s. La vitesse limite théorique étant de 1/200 s : sans stabilisateur, elle est donc complètement floue. Avec le stabilisateur activé, on gagne facilement les 3 crans de vitesse nécessaires.*



Pour éviter le flou de bougé – dû au photographe –, la solution historique consiste à employer un trépied et un déclencheur souple (voir page 154). Mais les fabricants ont développé, depuis une vingtaine d'années, des systèmes permettant de réduire ce flou de bougé, en compensant les micromouvements que le photographe communique inévitablement à l'appareil, de façon à ce que l'image reste stable sur le capteur. Le système peut être intégré aux objectifs (il s'agit des stabilisateurs optiques) ou dans le boîtier (ce sont les stabilisateurs mécaniques). Avec ces atténuateurs de vibrations, on peut désormais gagner 3 à 6 vitesses d'obturation par rapport à la vitesse limite théorique (VLT). L'efficacité de ces systèmes est d'ailleurs indiquée par un gain, exprimé en vitesses d'obturation utilisables par rapport à cette VLT. La norme CIPA (Camera and Imaging Product Association) DC-X011 définit une procédure de test très complète permettant de mesurer ce gain. Tous les grands fabricants s'y réfèrent aujourd'hui. Bien entendu, le chiffre annoncé n'est pas une assurance de réussite... mais l'indicateur d'une bonne probabilité de réussite aux faibles vitesses d'obturation.

## LA STABILISATION OPTIQUE

Un objectif stabilisé possède deux gyroscopes qui mesurent la vitesse angulaire de rotation de l'objectif horizontalement

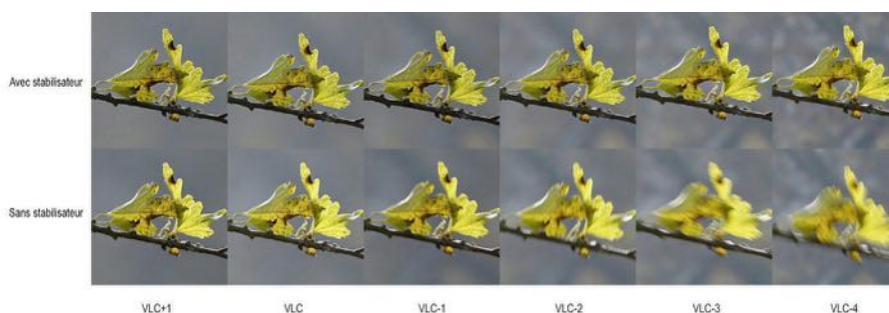
*La stabilisation optique est assez simple dans son principe... mais les systèmes embarqués sont aujourd'hui extrêmement complexes et très réactifs, de façon à compenser des mouvements importants en temps réel! Les mouvements détectés par les gyroscopes de l'appareil sont compensés par le déplacement transversal d'un élément, de façon à ce que l'image reste stable, tant au niveau du capteur que dans le viseur. Le tout est intégré dans des systèmes miniatures pour pouvoir se loger dans des objectifs!*



(mouvement de lacet... comme celui qu'on perçoit dans une voiture en virage serré) et verticalement (mouvement de tangage... si désagréable en bateau!). L'optique va alors déplacer une lentille, ou un groupe de lentilles, perpendiculairement à l'axe optique, pour compenser cette déviation angulaire, de façon à ramener l'image à sa position initiale (celle de visée). C'est en quelque sorte un mouvement de décentrement interne. Les rayons lumineux qui ont été déviés par les tremblements du photographe sont artificiellement redressés pour qu'ils parviennent au bon endroit (c'est-à-dire là où ils auraient dû arriver sans vibration) sur le capteur. On repère les objectifs stabilisés par un suffixe dans leur dénomination : OS, OIS, OSS, IBIS, IS, SR, VC, VR... il suffit de mélanger les mots « Vibration », « Stabilisation », « Compensation », « Réduction », « Image » et « Optical » pour en établir un ! Reste que les gains ont fortement progressé : de 2 à 3 crans gagnés par rapport à la VLT sur les premiers modèles, on atteint aujourd'hui 4 à 5 crans. On peut théoriquement photographier avec un temps de pose d'une seconde avec un 28 mm !



*Le capteur d'un boîtier stabilisé est monté sur une platine mobile qui peut se déplacer perpendiculairement à l'axe optique pour compenser les mouvements de l'appareil. Ceux-ci sont détectés par des capteurs situés au niveau de chaque électro-aimant servant à la translation de l'ensemble.*



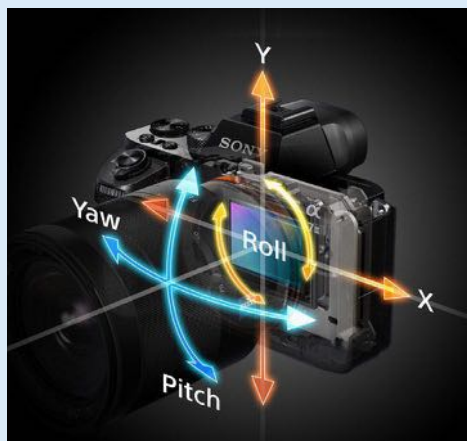
*L'effet, en détail, d'un stabilisateur sur la netteté des images.*

## LA STABILISATION MÉCANIQUE

La stabilisation mécanique est identique, dans son principe, à la stabilisation optique, si ce n'est que les capteurs sont intégrés au boîtier. Et, surtout, que c'est le capteur lui-même qui se déplace pour compenser les vibrations et maintenir l'image stable. L'image se déplace dans le plan de mise au point, du fait des mouvements du photographe ? Le capteur la suit en se translatant ! Le principal intérêt de ce système est qu'il est fonctionnel avec toutes les optiques compatibles avec le boîtier, même les plus anciennes... ce qui lui donne un énorme avantage économique. L'inconvénient est que le déplacement du capteur (quelques millimètres seulement), côté image, est forcément limité et a moins d'impact sur la correction qu'un faible déplacement des lentilles (situées côté objet). Son efficacité dépend donc du grandissement de l'image. Cela se traduit par un moindre bénéfice avec les longues focales ou en macro. Toutefois, les progrès réalisés sur la stabilisation du capteur ont également été spectaculaires. De trois à quatre crans pour les premiers modèles, on atteint aujourd'hui un gain de cinq vitesses d'obturation environ par rapport à la VLT.

## LA STABILISATION « 5 AXES » !

■ La tendance actuelle va vers la complémentarité des stabilisateurs optiques et mécaniques. Si leur utilisation simultanée posait problème au début (chaque système compensant la même vibration, on arrivait à des comportements étranges...), aujourd'hui les marques cherchent à les coordonner. Cela permet d'obtenir une bonne stabilisation des longues focales : en travaillant de concert, la « précorrection » optique facilite le travail du stabilisateur mécanique en aval. La norme CIPA a ainsi pu mesurer des gains de 6 vitesses par rapport à la VLT avec de tels systèmes !



*Les différents axes de compensation mécanique du Sony A7 II. Si une optique stabilisée de la marque (OSS) est, de plus, utilisée, l'ensemble compensera les « axes » Roll, X et Y, Pitch et Yaw. Yo !*



# Q114 QU'EST-CE QUE LE BOKEH?

*Le bokeh est à la mode ! Ce mot japonais – que beaucoup confondent avec « faible profondeur de champ » - désigne le flou des zones hors profondeur de champ... mais quantifie surtout son « harmonie ».*



*Les lumières de la ville, à l'arrière-plan, sont en dehors de la zone de profondeur de champ : elles sont traduites par des taches, amplifiées par l'utilisation d'une longue focale et d'une grande ouverture !*

Il est forcément très difficile de quantifier cette harmonie avec des chiffres : un beau bokeh, c'est un flou agréable à l'œil, un flou qui paraît naturel... et c'est donc assez subjectif ! Tout va se jouer dans la taille, la forme et la structure de la tache de flou. On a vu (voir page 132) que dès qu'un point du sujet devenait une tache de grande dimension

sur le capteur, il était considéré comme hors profondeur de champ. Le flou se traduit donc par des taches... et c'est dans l'appréciation de ces taches qu'on va trouver - ou pas - du bokeh !

## LA TAILLE

La taille ne fait pas la qualité mais c'est un premier critère d'évaluation. La taille de la tache de flou répond à de simples calculs géométriques, dans lesquels interviennent la distance de l'arrière-plan par rapport au sujet principal, la focale utilisée et l'ouverture de diaphragme. Presque simples, donc. Zeiss a mené une étude détaillée pour évaluer l'influence de ces différents facteurs. On retiendra simplement que :

- Plus  $n$  est petit (plus l'objectif est lumineux, donc), plus la tache est grande. On a donc tout intérêt (comme toujours) à opter pour des objectifs avec la plus grande ouverture possible. Si les portraitistes préfèrent les 85 mm f:1,4 aux 85 mm f:1,8, ce n'est pas pour le gain de profondeur de champ (très faible!), mais surtout pour le gain de taille des taches de flou...
- À cadrage identique, on peut obtenir une tache de flou de même dimension en utilisant un diaphragme plus fermé... à condition d'employer une focale plus longue. À défaut d'objectif lumineux, on peut donc utiliser une focale plus longue ! Pour maximiser le bokeh, on utilisera donc la focale maximale d'un zoom... à pleine ouverture.

## LA FORME

La forme de la tache de bokeh est directement liée à celle du trou ménagé par le diaphragme. C'est pourquoi les fabricants insistent désormais sur le nombre de lamelles du diaphragme de leurs objectifs. Plus celles-ci sont nombreuses, plus le diaphragme sera circulaire, quelle que soit l'ouverture de travail sélectionnée. Certains n'hésitent pas à vanter leurs sept lamelles à la géométrie hésitante quand certains en possèdent treize et que leur ouverture de

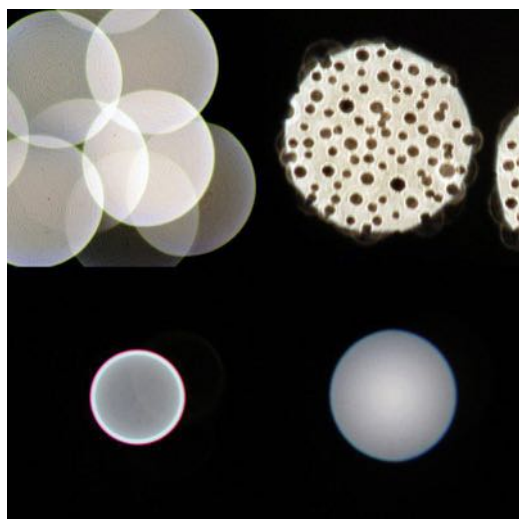


*Les formes de tache de flou de divers objectifs. La forme du diaphragme et son nombre de lamelles ont une certaine importance ! Le premier (un Zeiss pour Hasselblad), avec ses 5 lamelles, n'a vraiment pas un bokeh agréable !*

diaphragme est un cercle quasi-parfait à toutes les valeurs ! Cela explique pourquoi le bokeh est le plus agréable à pleine ouverture... quand le diaphragme est complètement ouvert et qu'aucune lamelle n'entre dans le trajet optique ! Néanmoins, si on souhaite diaphragmer un peu pour améliorer le piqué dans le plan de netteté... mieux vaut disposer du diaphragme le plus circulaire possible.

## LA STRUCTURE

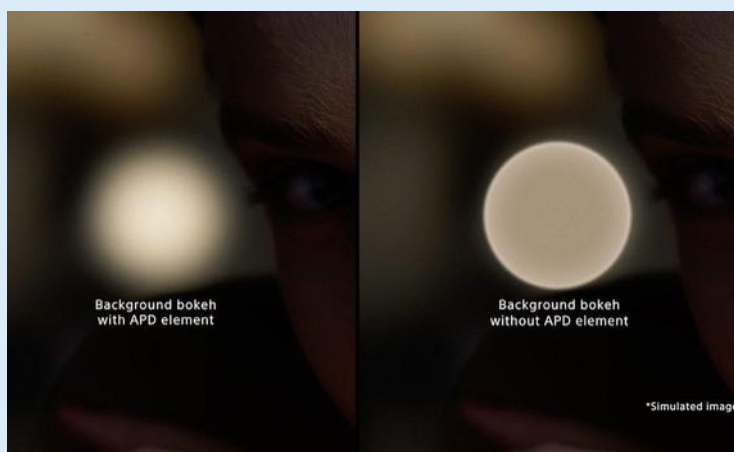
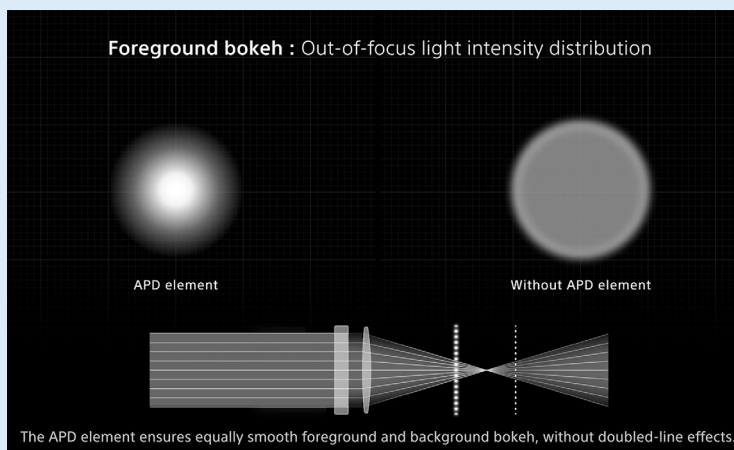
Peut-être plus que la taille et la forme, la structure de la tache est scrutée par les experts du bokeh. Certaines taches présentent des surfaces granuleuses, d'autres des anneaux concentriques, d'autres encore des irisations liées aux aberrations chromatiques. Cette structure est liée à la formule optique, aux verres utilisés... et il n'y a donc pas de recette miracle ! Il existe, par contre, des lentilles qui génèrent un bokeh assez disgracieux. Les lentilles asphériques – qui sont par ailleurs très efficaces contre l'aberration sphérique (voir page 123) – conduisent souvent à un bokeh en « pelure d'oignon ». Les taches sont comme constituées de cercles concentriques plus ou moins marqués. Pas étonnant, par exemple, que les Canonistes ne jurent que par le 135 mm f:2L USM (dont on annonce le remplaçant...), qui procure un excellent piqué sans aucune lentille asphérique... et un magnifique bokeh !



*Parmi ces différentes structures de tache de flou, peu parviennent à convaincre les aficionados du bokeh ! La tache doit être uniforme et ne doit pas montrer d'affreuses aberrations chromatiques ! (Document Zeiss)*

## LE FILTRE D'APODISATION

■ Pour obtenir un beau bokeh, il existe quand même quelques techniques spécifiques qui ont été inaugurées par le Minolta 135 mm f:2,8 STF (Smooth Trans Focus) en 1999. Il comprenait, dans sa formule optique, une lentille teintée dans la masse devant laquelle se trouvait un diaphragme permettant d'estomper les flous d'arrière-plan, tout en conservant un premier plan parfaitement net. Aujourd'hui, cette méthode a été améliorée et les objectifs qui l'utilisent intègrent un filtre d'apodisation. C'est un filtre présentant un dégradé neutre radial au sein de la formule optique. Ce filtre est donc transparent au centre et gris à sa périphérie. Il fait évidemment perdre de la luminosité à l'ensemble et l'indication d'ouverture maximale est complétée par une seconde (dite « ouverture photométrique ») qui indique la perte de luminosité due à ce filtre. On place un diaphragme devant le filtre d'apodisation. Quand il est grand ouvert, le filtre se comporte comme un diaphragme sans bords francs. La forme de la tache est alors dégradée et parfaitement circulaire. Quand il est très fermé, seule la partie centrale (transparente) du filtre est active et l'objectif se comporte comme... s'il n'y avait pas de filtre : on retrouve alors un objectif « classique », au piqué impeccable.



*Effet du filtre d'apodisation sur des taches lumineuses d'arrière-plan (Document Fuji)*

# Q115 COMMENT SÉPARER LE BON GRAIN DU BRUIT ?

*On a vu que la conséquence de l'augmentation de la sensibilité était la montée du bruit dans l'image. C'est l'équivalent numérique du « grain » des photos argentiques... mais en plus artificiel. Comment le limiter ?*

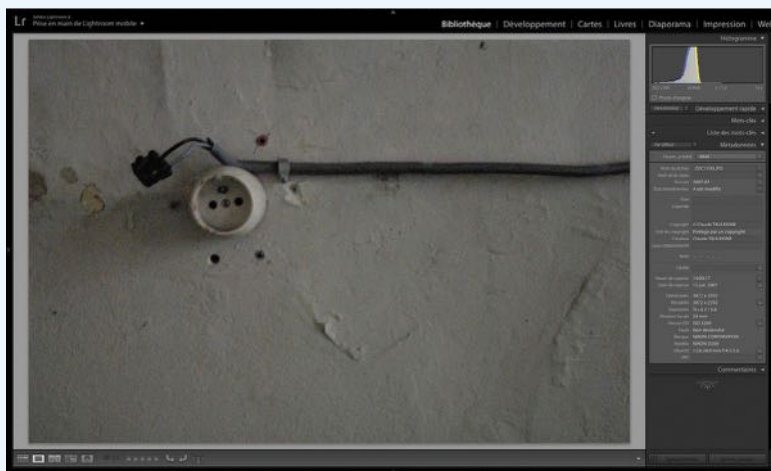


*On peut régler le niveau de réduction du bruit à la prise de vue par un réglage du boîtier : plus on sera exigeant sur son atténuation... plus on perdra des détails dans l'image !*

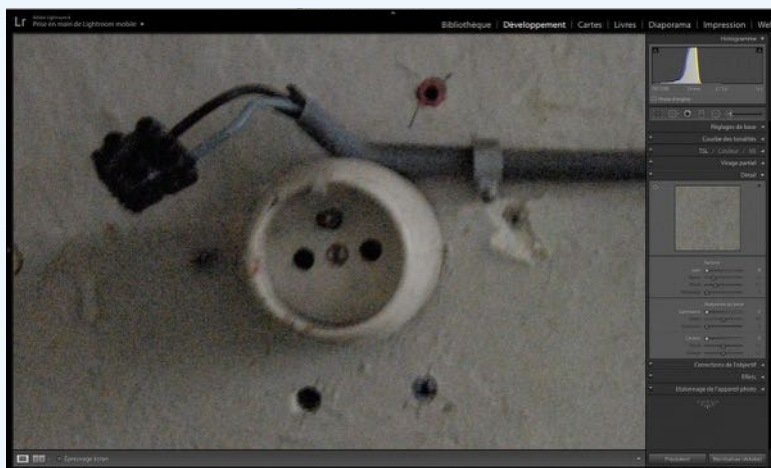
Les appareils procèdent déjà, pour les sensibilités élevées, à une « réduction du bruit ISO ». Parfois ce traitement est optionnel et il doit être validé dans un menu. La technique de réduction du bruit est assez simple : il suffit de « lisser » les intensités numériques. Quand, sur une zone à peu près uniforme, le logiciel détecte un pixel à l'intensité numérique très différente, il le décrète affecté par le bruit. Il lui suffit alors de le ramener à la valeur moyenne des pixels qui l'entourent. Ça marche plutôt bien, sauf que cela lisse également les plus fins détails : on perd en

piqué en éliminant les pixels considérés comme « bruités »... alors qu'ils représentaient simplement un très fin détail. Il faut toutefois reconnaître que les algorithmes sont de plus en plus intelligents et qu'ils savent aujourd'hui séparer le bon grain de l'ivraie. Il existe également des logiciels spécifiques qui permettent de réduire ce bruit devant son ordinateur. Bien entendu, il est préférable de travailler sur des fichiers RAW... pour éviter une redondance des traitements antibruit. On va ici utiliser Lightroom pour réduire le bruit sans affecter les tons et le contraste de la photo.

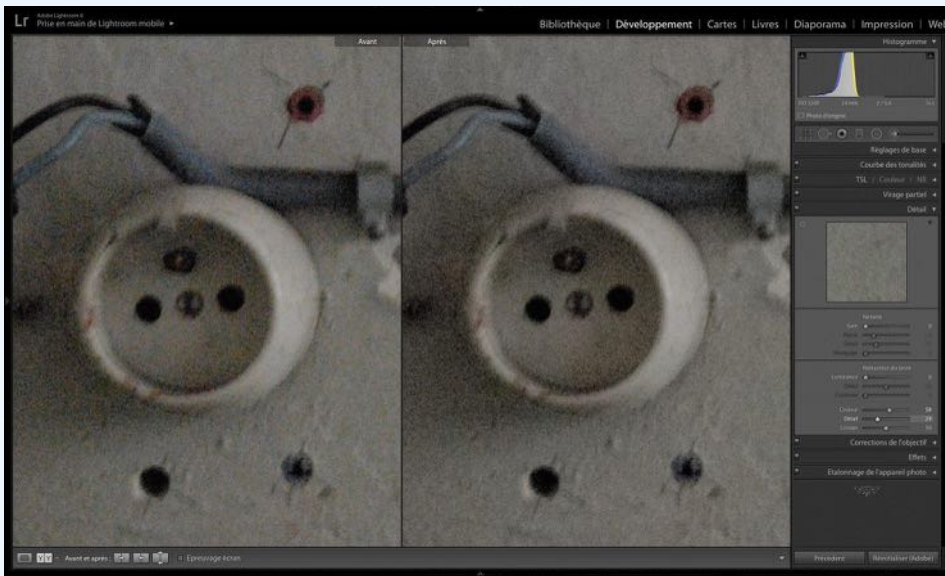
**1** Cette photo numérique a été réalisée dans une vieille usine, à f:5,6, en choisissant une sensibilité de 3200 ISO.



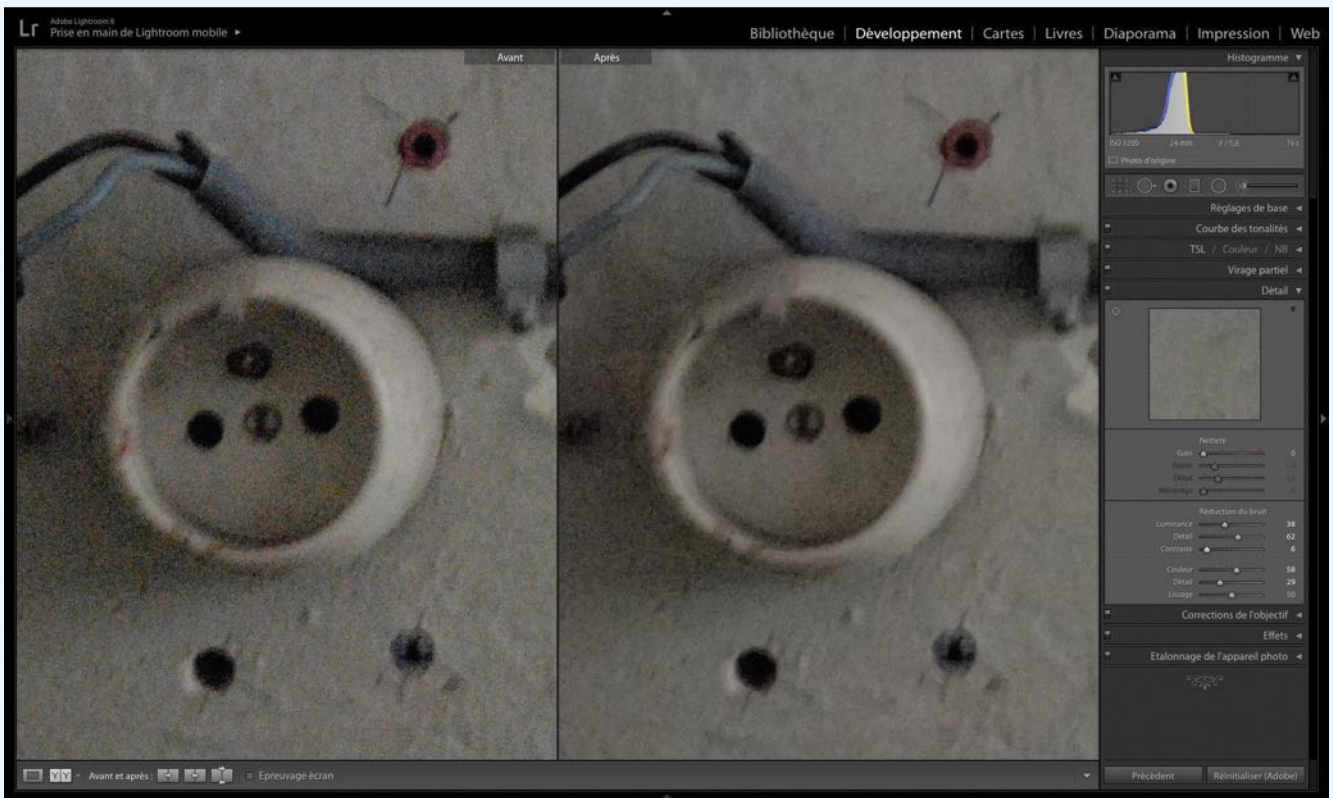
**2** Toutes les zones de l'image présentent la structure bruitée classique d'une photo réalisée en haute sensibilité avec un temps d'exposition assez long (1/8 s) avec un appareil de conception ancienne.







**3 Réduire le bruit de chrominance.** On va d'abord réduire les artéfacts colorés de l'image. On dispose pour cela de deux curseurs. Le premier (Couleur, ici réglé sur 58 environ, jusqu'à ce que les pixels colorés disparaissent dans les zones neutres) règle le lissage. Ce lissage « gomme » beaucoup de détails dans l'image: le deuxième curseur (Détail, ici réglé sur 29) permet de redonner un peu de piqué à l'image sans trop remonter le niveau de bruit. Je laisse le lissage à 0, l'image ayant déjà suffisamment perdu de détails!



**4 Réduire le bruit de luminance.** Il reste encore du bruit numérique non coloré (similaire au grain argentique même s'il ne présente pas la même structure). On dispose ici de trois curseurs. Les deux premiers agissent comme ceux de réduction du bruit de couleur. Luminance (ici réglé sur 38) réduit le bruit et Détail (à 62) permet de rehausser les détails trop lissés par la première opération. Ce traitement peut parfois abaisser le contraste de l'image. Si

besoin, on peut donc lui redonner un peu de « pêche » en jouant sur le dernier curseur (Contraste). Il faut agir doucement sur ce paramètre qui risque d'annuler toutes les précédentes opérations: la valeur 6 paraît ici suffisante.

Au final, l'image présente, observée de loin, les mêmes caractéristiques que l'originale. Mais si on l'agrandit ou on l'imprime en grand, le bruit, sans être complètement éliminé (loin de là!), est fortement réduit.





## CE QUE VOUS APPRENDREZ DANS CES PAGES

**154** A-t-on encore besoin d'un trépied ?

---

**156** Comment fonctionnent les batteries ?

---

**158** Vous prendrez bien un grip pour l'hiver ?

---

**160** Les filtres sont-ils encore utiles ?

---

# Choisir des accessoires

Beaucoup de photographes se contentent d'un boîtier et de quelques objectifs. C'est effectivement le strict minimum pour réaliser des photos. Et cet équipement est bien souvent suffisant. Pourtant, un certain nombre d'accessoires s'avèrent vite indispensables en pratique, pour améliorer la qualité des photos et le confort de la prise de vue. Et grever le poids du fourre-tout !



# Q116 A-T-ON ENCORE BESOIN D'UN TRÉPIED ?

*Les stabilisateurs d'image permettent de photographier à main levée jusqu'à des temps de pose avoisinant la seconde. Mais dès que la durée d'exposition devient plus longue, les trépieds sont indispensables pour éviter le flou de bougé.*

Les trépieds partagent avec les stabilisateurs la capacité à éviter le flou de bougé... du photographe : ils n'évitent pas celui dû au mouvement du sujet qui n'est supprimable qu'avec une vitesse d'obturation élevée. Contrairement aux stabilisateurs qui compensent le flou, les trépieds l'évitent en immobilisant l'appareil.

## DES APPLICATIONS VARIÉES

Le trépied est évidemment indispensable pour réaliser des poses longues (en pose B ou T). Il l'est aussi lorsqu'on souhaite réaliser plusieurs photos destinées à être assemblées : il faut que le cadre soit parfaitement défini sur chacune d'elles, ce qui ne peut se faire à main levée. C'est le cas, par exemple, lorsqu'on réalise des panoramiques en faisant un composite de plusieurs photos. C'est également pour réaliser des photos HDR (High Dynamic Range), technique qui consiste à superposer des images réalisées en faisant varier l'exposition (de la sous-exposition jusqu'à la surexposition) afin d'obtenir une grande gamme tonale. C'est également le cas lorsqu'on souhaite réaliser un filé d'étoiles en prenant quelques dizaines de photos de plusieurs minutes chacune pour les assembler par la suite afin de visualiser la

trajectoire des étoiles. Les logiciels d'assemblage modernes sont certes assez souples et peuvent corriger des décalages de quelques pixels... mais ne peuvent superposer des images réalisées à main levée (qui auront forcément une perspective légèrement différente !).

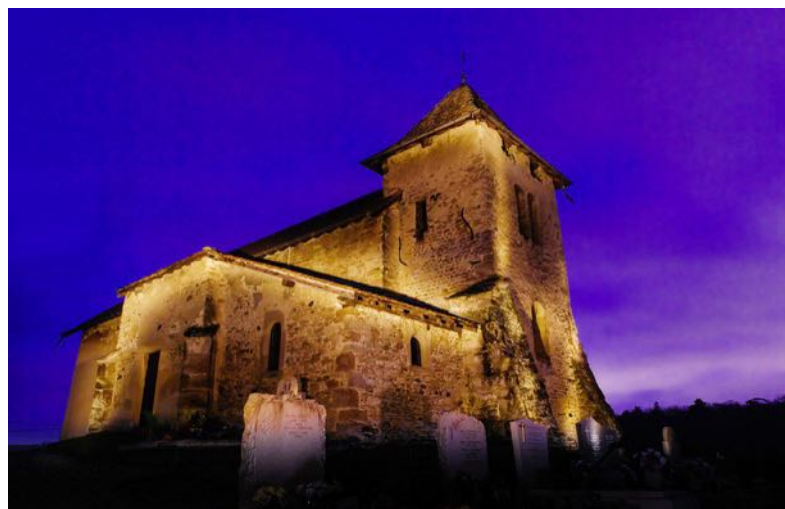
Le trépied s'avère également indispensable lorsqu'on souhaite obtenir un cadrage très précis. Cela peut être le cas en photo de paysage, afin d'assurer une parfaite horizontalité de l'image (la plupart des trépieds possèdent un niveau à bulle). En studio, il trouve aussi son intérêt pour réaliser des natures mortes : une fois le cadrage déterminé et fixé, on peut s'occuper de la lumière. De la même façon, on peut travailler sur pied pour le portrait, de façon à pouvoir se concentrer sur l'expression du visage, le cadrage étant effectué une fois pour toutes. Evidemment, le trépied est également indispensable en vidéo. C'est une évidence lorsqu'on souhaite effectuer un panoramique ou un travelling... mais une simple prise vidéo reste quasi-impossible sans pied : le cadrage serait bien trop imprécis !

## STABILITÉ ABSOLUE

Mécaniquement, le trépied lie, via la rotule, l'appareil au sol, sur lequel est également posé le sujet, ce qui évite tout mouvement relatif, donc tout flou. Si le sujet est statique, on peut ainsi accéder à tous les temps de pose, y compris ceux qui se comptent en heures ! Cela implique évidemment qu'on élimine également les sources de vibrations inhérentes à l'appareil :

- Celles liées aux mouvements de l'éventuel miroir reflex : le cycle de montée-descente du miroir occasionne des chocs sur la carcasse de l'appareil, susceptibles d'induire des vibrations. Il faut lui laisser le temps de s'amortir. Certains appareils proposent à cet effet de remonter le miroir avant la prise de vue. Une fois le cadrage effectué et la mise au point effectuée, une première pression sur le déclencheur relève le miroir

*Le temps de pose est ici de 20 s (à f:16 pour 200 ISO). L'utilisation d'un trépied et d'un déclencheur souple est indispensable pour assurer une netteté parfaite à l'image.*





*La prise de vue est réalisée par assemblage de nombreuses photos, prises pendant plusieurs heures : il est nécessaire que le paysage ne bouge pas entre chacune d'elles : un trépied lourd et une rotule rigide sont indispensables.*

Les jambes sont constituées de plusieurs sections qui couissent les unes dans les autres et sont dotées d'un système de blocage à chaque intersection. On comprend que cet assemblage est source de jeu et que chaque liaison est potentiellement flexible... ce qui limite la rigidité de l'ensemble. Moins il y a de sections, plus le pied sera stable ! En même temps, pour bénéficier d'une hauteur confortable... il faut qu'il en dispose d'au moins quatre !

### QUE CHOISIR ?

Pas facile de concilier tous les paramètres ! La qualité de fabrication est primordiale... tout comme le choix des matériaux. Pour être clair : on oublie les trépieds en plastique, trop souples et qui ne tiendront pas dans le temps ! La plupart des trépieds sont réalisés en aluminium, matériau très résistant, qui se déforme peu et qui est assez léger. Il offre de plus une excellente stabilité et une grande capacité d'absorption des vibrations. Les trépieds en fibre de carbone présentent l'avantage d'être aussi - voir plus - rigides que les trépieds en aluminium à poids égal... et donc beaucoup plus légers à capacité égale. Ils sont constitués de plusieurs couches de fibre de carbone croisées, très résistantes et peu sensibles à la déformation. Ils sont malheureusement très chers et certains leurs préfèrent les trépieds en fibres de basalte, qui constituent un bon compromis entre ceux en aluminium et ceux en fibre de carbone. Les trépieds sont enfin spécifiés pour une charge maximale. Il est bon de prendre un peu de marge : un trépied spécifié pour 5 kg est un bon compromis...



*Les jambes de ce pied comportent cinq sections. Malgré sa qualité de fabrication, on constate que la dernière section est vraiment très fine et peut donc potentiellement générer des mouvements de flexion, même minimes. On le réservera donc aux appareils légers, équipés d'un zoom pas trop lourd.*

*Certains trépieds en fibre de carbone peuvent être transportés en position repliée : ils sont compacts, légers et supportent des charges importantes. Ils sont très chers aussi...*

puis une seconde – quelques secondes plus tard – ouvre l'obturateur. Les vibrations occasionnées par la montée du miroir ont ainsi le temps de se dissiper.

- L'appui sur le déclencheur peut également occasionner des vibrations. Pour cela les solutions sont multiples. Certains appareils autorisent encore le montage d'un déclencheur souple vissant sur leur déclencheur mais il est plus efficace d'utiliser une télécommande filaire ou infrarouge. On a vu que certains smartphones, connectés à l'appareil, pouvaient faire office de télécommande. Cela évite tout contact direct entre l'appareil et le doigt susceptible de le faire vibrer.
- Dans une moindre mesure, au déplacement des rideaux de l'obturateur. L'obturation électronique présente à ce niveau un intérêt certain.

### DES CONTRAINTES...

La stabilité du trépied suppose toutefois que celui-ci ne se déforme pas ! Pour cela, il doit être le plus rigide possible... ce qui se traduit généralement par un poids conséquent ! En dehors des applications en studio, le photographe de terrain devra donc faire des concessions et s'orienter vers des trépieds pliables, aux dimensions et au poids compatibles avec son activité. Ces trépieds « de terrain » sont constitués de trois jambes (d'où le nom...) car c'est la solution la plus stable : trois points d'appui définissent forcément un plan ! Les extrémités supérieures de ces branches sont articulées sur une platine trouée en son centre pour laisser passer une colonne qui supporte la rotule (ou tête).



# Q117 COMMENT FONCTIONNENT LES BATTERIES?

*Les batteries ne sont pas à proprement parler « accessoires », puisqu'aucun appareil ne peut fonctionner sans elles. Il est toutefois bon de connaître leur fonctionnement pour optimiser leur durée de vie sur le terrain !*



*Quand Nikon est passé de l'accumulateur EN-EL3 au EN-EL3e, la capacité de l'accu est passée de 1400 à 1500 mAh : l'autonomie des appareils qui l'acceptaient a été améliorée.*

Les batteries sont des accumulateurs électriques qui peuvent stocker de l'énergie sous forme chimique et la délivrer sous forme électrique. Contrairement aux « piles », cette opération est réversible dans un « accu » : on peut le recharger en régénérant les matériaux chimiques qui le constituent. Évidemment, il y a quelques pertes dans l'opération et le nombre de cycles de charge/décharge n'est pas infini !

## AUTONOMIE

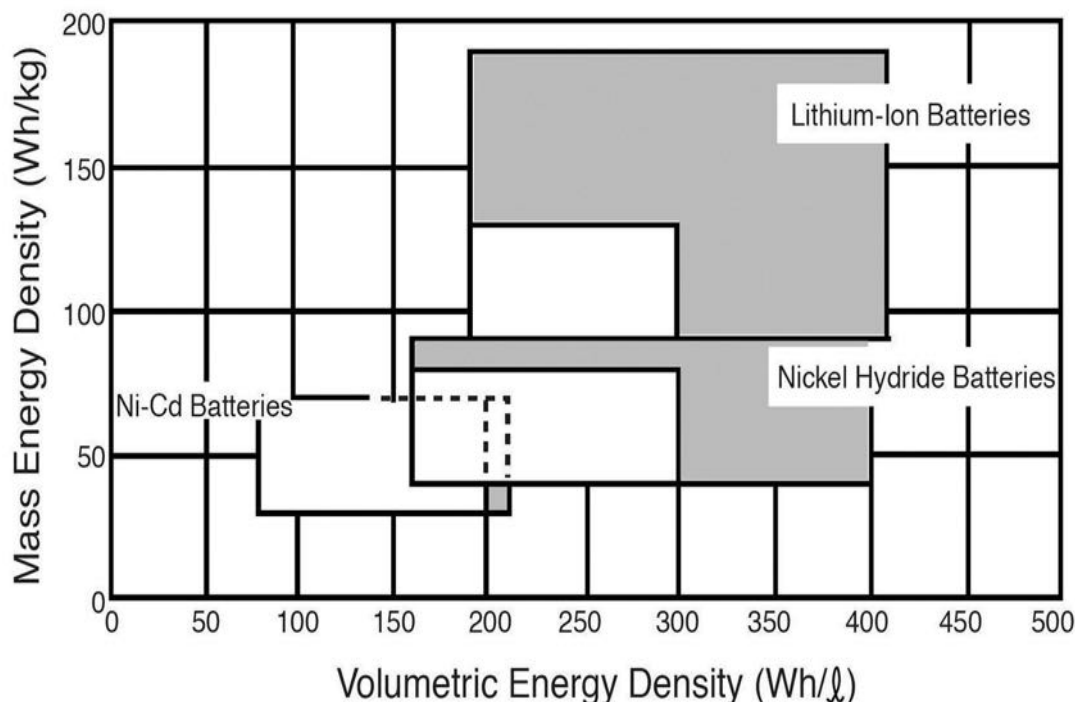
Outre sa tension de base (qui doit évidemment être compatible avec la tension d'alimentation spécifiée de son appareil), la principale caractéristique d'un accumulateur est sa charge électrique. Schématiquement, il s'agit de sa capacité à délivrer un courant électrique pendant une certaine durée. Cette charge s'exprime théoriquement en « Coulomb » mais on utilise généralement le milliampère-heure. Cette charge électrique

détermine l'autonomie de l'appareil photo. La consommation de l'appareil varie en fonction de son mode de fonctionnement (il ne consomme pas la même chose selon qu'il est en veille, qu'il effectue une mesure de l'exposition, qu'il shoot en rafale, qu'il écrit des données sur la carte mémoire...) mais on peut établir une moyenne sur son cycle de fonctionnement. Par exemple, un appareil photo qui consommerait en moyenne 500 mA pourra théoriquement fonctionner pendant 2 heures en continu avec un accu de 1000 mAh ( $1000/500 = 2$ ). Avec un accu ayant une charge de 2000 mAh, il pourra officier pendant 4 heures. On a donc toujours intérêt à choisir un accu ayant la plus grande charge. C'est sans danger pour l'appareil et améliore grandement son autonomie !

## LE LI-ION S'IMPOSE...

Plusieurs technologies ont été utilisées pour les appareils photo. Les accus ont d'abord

*Ce graphique représente la densité énergétique des principaux types d'accu. Les Ni-Cd possèdent un faible ratio d'énergie par rapport à leur poids et leur volume. Les accu Ni-MH et Li-Ion possèdent, à volume égal, des capacités semblables... mais le Li-Ion pèse beaucoup moins lourd : il règne désormais en maître en photo, mais aussi dans les voitures et les vélos électriques ! Document Panasonic.*





été de type Ni-Cd (Nickel-Cadmium). Leur tension nominale était de 1,2 V et possédaient un nombre de cycle de charge-décharge important (1500 environ). Par contre leur capacité énergétique était faible, leur durée de vie limitée (3 ans environ) et ils possédaient une autodécharge importante (parfois jusqu'à 20% par mois) : impossible, donc, de les stocker chargés pendant une longue durée. Ils ont été remplacés par les Ni-MH (Nickel Hydrure métallique, 1,2 V également) qui possèdent une meilleure capacité énergétique et une durée de vie de l'ordre de 8 ans. Ils sont toujours utilisés dans les accus « bâton » et dans certains modèles pour appareils photo. Aujourd'hui, la quasi-totalité des appareils photo utilise des accus de type Li-Ion, dont la tension de base est de 3,6 V environ. Ils possèdent une très grande charge électrique dans un faible volume. Cela assure une bonne autonomie aux appareils qu'ils alimentent, tout en restant très compacts. Ils possèdent également une faible autodécharge. C'est ce qui permet de livrer les appareils prêts à photographier dès leur sortie de l'emballage ! De plus, ils ne possèdent pas d'effet mémoire : on peut les charger quel que soit leur niveau d'énergie restante. Des recharges partielles sont, de plus, sans effet sur leur capacité à délivrer du courant par la suite. On conseille toutefois de ne pas les stocker déchargés : le mieux est de les stocker avec une charge d'environ 40%. Ils possèdent enfin une bonne durée de vie (7 ans environ, même si leur capacité décroît au bout de 3 ou 4 ans...).

### ...MAIS RESTE SOUS SURVEILLANCE !

L'inconvénient des accus Li-Ion est qu'ils ne supportent pas les charges à tension trop élevée : cela nécessite l'utilisation de chargeurs qui contrôlent le courant et la tension de façon très précise. Ils n'aiment pas non plus les décharges à courant excessif et doivent toujours conserver une tension supérieure à 2,5 V (ils ne doivent jamais être vidés « à fond »). Ils sont par ailleurs très sensibles au court circuits. Toutes ces caractéristiques sont contraignantes et leur non-respect peut se traduire, au mieux, par des dommages irréversibles et un risque de

surchauffe (ce qui peut déjà endommager l'appareil... et au pire par une explosion ! Pour couronner le tout, l'électrolyte qu'ils utilisent s'enflamme spontanément au contact de l'air ou de l'eau : attention aux fuites ! Il faut donc les manipuler avec précaution... Toutes ces raisons font qu'un accu Li-Ion doit être équipé d'un circuit électronique de protection et d'un circuit de régulation, d'un fusible et d'une soupape de sécurité ! Ce qui augmente notablement son prix ! La tentation est alors grande de s'orienter vers des fabricants indépendants qui proposent des accus « compatibles » très économiques... et qui possèdent parfois une charge plus élevée que les modèles de marque ! Les risques ne sont toutefois pas négligeables car, on l'a vu, les contraintes mécaniques et électroniques sont très strictes face au danger potentiel ! Avant d'acheter un accu « compatible », il faut donc vérifier que l'accumulateur possède le logo CE et que son vendeur certifie qu'il peut être chargé avec le chargeur d'origine de l'appareil photo. Mais l'achat reste risqué... Bien entendu, même avant d'acheter un produit « de marque », il est toujours souhaitable d'aller faire un tour sur le site Internet de cette marque pour vérifier qu'on n'achète pas, non plus... une contrefaçon (tout aussi dangereuse) !

*Il existe de nombreux accumulateurs compatibles pour tous les appareils photo du marché ! Pas facile d'en choisir un de qualité... et qui n'a pas « dormi » sur une étagère depuis plusieurs années, limitant son espérance de vie au moment de l'achat !*



# Q118 VOUS PRENDREZ BIEN UN GRIP POUR L'HIVER?

*Le « grip » - ou poignée-alimentation – donne un look très professionnel aux reflex. Mais au-delà de l'effet « m'as-tu-vu », cet accessoire possède un vrai intérêt pour le confort d'utilisation et l'autonomie des boîtiers.*



*Les grips de marque s'intègrent aux boîtiers auxquels ils sont destinés : les lignes de l'appareil sont conservées et le revêtement est identique. La préhension et l'autonomie sont améliorées.*

Les boîtiers pro possèdent un renflement dans leur partie basse : on y loge généralement un gros accumulateur à forte charge électrique. Cela leur permet de bénéficier d'une grande autonomie. Cette excroissance améliore également la prise en main de l'appareil en cadrage vertical. Les appareils amateurs sont dépourvus de ce renflement mais il est toutefois possible de leur rajouter une poignée-alimentation, que l'on appelle parfois un « grip » (ou encore « booster »). Outre le fait qu'elles grèvent le poids de l'appareil, l'inconvénient de ces poignées-alimentation est qu'elles sont très chères !

## ERGONOMIE AMÉLIORÉE

Tous les appareils reflex modernes possèdent un bossage sur leur partie droite. Ce renflement, qui facilite la préhension de l'appareil en cadrage horizontal, abrite généralement l'accumulateur. La prise en main est souvent confortable : le boîtier est bien maintenu, le pouce « tombe » naturellement sur les commandes principales disposées à l'arrière du boîtier tandis que l'index peut facilement tourner la molette avant. Dès que l'on tient l'appareil en cadrage vertical, les choses se compliquent.

On peut se contenter de « lever le coude » pour garder la même position... mais cela ne peut se faire qu'occasionnellement car cela devient très vite fatigant. De plus, le poignet est « cassé » dans cette position, ce qui est parfois douloureux. Un grip facilite donc grandement les prises de vues verticales : sa forme ergonomique permet une bien meilleure préhension. Il possède souvent un double des principales commandes : déclencheur, molettes, touche de mémorisation d'exposition ou de correction d'exposition... et parfois même un joystick supplémentaire, avec sa touche centrale de validation. L'appareil devient donc aussi convivial en cadrage vertical... même si son poids augmente forcément.

## AUTONOMIE

L'autre intérêt du grip est qu'il possède un volume plus important que le bossage de l'appareil, ce qui permet de loger plus de sources d'alimentation... ou du moins une source complémentaire. Au minimum, le grip abrite donc un second accumulateur. Il permet même souvent, via un adaptateur spécifique, d'utiliser des piles AA, que l'on peut couramment trouver partout dans

*Le cadrage vertical est grandement simplifié par l'utilisation d'un grip. Sans cet accessoire, la prise en main n'est pas naturelle : le poignet, en particulier, est « cassé », ce qui est source de douleurs à la longue.*





*Les menus de l'appareil affichent séparément les niveaux de charges des différents accus disponibles (dans l'appareil et le grip).*

le monde (en cas de panne...). Deux cas peuvent se présenter. Soit les contacts électriques (qui relient le grip au boîtier) sont situés sur la semelle de l'appareil. Dans ce cas, on peut conserver la batterie située dans le boîtier. Soit ces contacts sont situés au fond du bossage du boîtier. Le grip possède alors une excroissance qui s'insère dans ce logement : on ne peut plus conserver l'accu principal et, souvent, le grip possède alors deux logements internes pour des batteries identiques. Selon les marques et les modèles, l'appareil pourra ainsi utiliser conjointement les deux sources d'alimentation disponibles : celle de l'appareil et celle du grip (ou les deux présentes dans le grip). L'utilisation est quasiment toujours séquentielle (on peut parfois choisir dans quel ordre utiliser les différents accus disponibles via un menu) : utiliser un accu puis l'autre permet de doubler l'autonomie (si les deux sont chargés à fond !). Certains modèles permettent même d'utiliser des accus plus puissants. La poignée d'alimentation VMB-D18 du Nikon D850, par exemple, accepte classiquement un deuxième accu EN-EL15a (1900 mAh, 7,0 V). Mais elle accepte également l'accu-

mulateur EN-EL18B (2500 mAh, 10,8V) du Nikon D5... ce qui augmente sa cadence de prise de vue (9 vues par seconde au lieu de 7) ainsi que son autonomie (5140 photos au lieu de 1840 !). Notons qu'elle peut également fonctionner avec huit piles AA classiques...

### INCONVÉNIENTS...

Évidemment, ces grips viennent grever le poids et l'encombrement du boîtier : 200 ou 300 grammes supplémentaires autour du cou se ressentent vraiment à la longue ! L'autre inconvénient de ces grips est leur tarif... souvent très élevé. Les modèles proposés par les fabricants sont effectivement très onéreux. En contrepartie, un boîtier avec un grip de marque se revend bien mieux qu'un boîtier nu : la décote sur le grip est en fait bien moins élevée que sur le boîtier ! Ce n'est donc pas en pure perte qu'on investit dans une poignée-alimentation. Il existe toutefois des grips compatibles beaucoup moins chers... Même remarque que pour les batteries génériques : il faut être certain de leur conception parfaite. Rappelez-vous : les accus Li-Ion n'aiment pas être malmenés, ni électriquement, ni mécaniquement...



*Les contacts permettant de relier cet appareil avec son grip sont situés au fond de son logement batterie. Il faut donc retirer celle-ci avant de mettre en place la poignée d'alimentation.*

*La poignée d'alimentation VG-C2EM pour boîtier Sony A7R et S II accepte deux accus : cela permet de doubler l'autonomie de l'appareil. Intéressant, sachant que l'autonomie des hybrides est souvent faible... car leurs accus sont petits pour gagner de la place et conserver la compacité du boîtier.*





# Q119 LES FILTRES SONT-ILS ENCORE UTILES?

*On a tellement l'habitude de parler de « filtres numériques » pour désigner les effets réalisés avec un logiciel de traitement d'image... qu'on en oublie les « vrais » filtres, à visser à l'avant de l'objectif, qui affectent l'image avant même qu'elle ne soit captée.*

L'arrivée des filtres numériques a clairement eu un avantage : celui de faire le ménage dans la pléthore de filtres « physique » kitchs et inutiles (même si certains résistent...). Exit, donc, les filtres de flou hamiltonien, à étoile, halo, multi-images, arc-en-ciel, dégradé fluo, découpes en forme de trou de serrure... On ne conservera donc que les filtres qui présentent un véritable intérêt et ne sont pas remplaçables par une commande Photoshop : les filtres UV (pour la protection des objectifs), les densités neutres (pour augmenter le temps de pose) et les polarisants (pour éliminer les reflets sur les surfaces non métalliques ou pour densifier le ciel bleu). Ces filtres, placés devant la lentille frontale de l'objectif, dégradent forcément la qualité de l'image : il convient donc de choisir les plus performants (voir encadré).

*Avec ou sans filtre anti-UV... la différence est invisible!*



*En plus d'être extrêmement résistants, les filtres Sigma WR Ceramic Protector sont déperlants à l'eau et aux corps gras.*

## LES FILTRES ANTI-UV

Les filtres anti-UV n'ont, tout d'abord, quasiment aucune influence sur l'élimination du voile atmosphérique, contrairement à ce que les dépliant des fabricants proclament. C'est logique : les lentilles en verre bloquent la majorité de ces rayonnements... et les capteurs possèdent un filtre qui les rejettent ! Les rayons UV ne parviennent donc pas sur le capteur... On parle bien ici des filtres « anti-UV »... pas des « Skylight » qui ajoutent systématiquement une dominante rosée aux photos (sauf avec la balance des blancs « automatique » qui compense la couleur supplémentaire) et qui ne servent à rien !

Bref, le filtre anti-UV ne sert qu'à protéger la lentille frontale des éventuels chocs (en complément du pare-soleil). Il vaut mieux que ce soit un filtre qui se brise que la lentille frontale de son objectif ! Il faut toutefois le choisir avec soin... et un bon filtre anti-UV coûte malheureusement assez cher (mais moins que la réparation d'un objectif !)... Et il en faut un pour chaque objectif de son parc optique ! Les objectifs qui ne « bourlinguent » pas (et restent, par exemple, au studio) pourront toutefois s'en passer. Et encore... Sigma a d'ailleurs poussé le concept du filtre protecteur à son extrémité en proposant des filtres en céramique transparents - extrêmement résistants aux chocs et aux rayures - qui ne servent qu'à protéger la frontale. Sans rien filtrer que les coups, donc...

## LES FILTRES DE DENSITÉ NEUTRE

Les filtres gris neutre (parfois appelés ND pour Neutral Density) servent à limiter la quantité de lumière parvenant à la surface sensible. Ils jouent donc le même rôle que le diaphragme... si ce n'est qu'ils ne modifient pas la profondeur de champ. On les utilise donc généralement pour augmenter le temps de pose et obtenir un flou de mouvement. En choisissant un diaphragme très fermé (f:16, f:22...) et la sensibilité minimale de l'appareil (100 ISO), on peut déjà atteindre des vitesses très basses (proches de la seconde). Avec un filtre de densité neutre, on peut facilement atteindre des poses de plusieurs minutes. Les gouttes d'eau de pluie deviennent des filets,



*La première photo a été classiquement réalisée au 1/125 s. Les gouttes d'eau de la cascade sont figées par cette vitesse d'obturation. Pour la deuxième photo, le temps d'exposition a été multiplié par 400 à l'aide d'un filtre Hoya NDX400: en mode d'exposition Manuel, une pose de 3 s a été choisie. Les filets d'eau de la cascade prennent un aspect de voile intéressant. Bien évidemment, un solide trépied et une télécommande ont été employés!*

les vagues disparaissent au profit d'une mer d'huile, les passants (mobiles) disparaissent des lieux photographiés, les voitures ne sont plus représentées que par les traces de leurs phares... Aucun filtre numérique ne peut remplacer les ND, qui sont donc indispensables si on souhaite réaliser de tels effets.

Bien entendu, les posemètres TTL tiennent compte de la densité de ces filtres et compensent automatiquement l'exposition (si le filtre n'est pas trop sombre toutefois... sinon, il faudra passer en mode Manuel). Toutefois, au moment de l'achat, il est important de comprendre quel va être le facteur de prolongation du temps de pose. Les filtres ND sont donc repérés par un nombre qui indique leur densité. On trouve deux principaux types d'identification. Les ND «X» sont les plus simples: ils indiquent directement le facteur de prolongation de pose. Exemple: avec un ND X4, il faut multiplier le temps de pose par 4: au lieu de 1/2 s, il faut donc choisir un temps de pose

## LA QUALITÉ DES FILTRES

■ Un filtre optique, c'est une lame de verre qu'on ajoute à la formule optique de l'objectif. Pour éviter qu'il ne génère de la diffusion ou des reflets parasites, il est d'abord primordial qu'il soit traité multicouche. C'est un élément qui doit être «optiquement parfait»: le verre utilisé doit être de qualité (et absolument neutre pour éviter d'introduire des dominantes dans l'image), l'état de surface irréprochable et le parallélisme des deux faces doit être parfait. Ces critères ne sont réalisables que par des grands opticiens! Même si cela a un prix, il vaut donc mieux s'orienter vers des grandes marques de fabricants de filtres: B+W (Schneider Optics), Hoya (propriétaire de Tokina et de Pentax), Heliopan...



*Les filtres B+W répondent au cahier des charges établi par Schneider. Il existe différentes gammes, dont les X-S Pro, ultrafines et très haut de gamme!*





de 2 s environ ( $1/2 \text{ s} \times 4$ ). Certains fabricants indiquent par contre la densité du filtre, qui est le logarithme de ce facteur. Une fois divisé par 0,3 ( $\log 2$ ), ce coefficient donne directement le nombre d'IL (ou de «diaphs») perdus par le filtre. Exemple, un filtre ayant une densité de ND 0,9 correspond à une perte de luminosité de 3 IL ( $0,9/0,3$ ): il faudra utiliser un temps de pose 8 fois plus long! On trouve couramment sur le marché des filtres permettant de multiplier le temps de pose jusqu'à 400 fois. Voir un million de fois pour des application extrêmes (comme la photographie du disque solaire).

### LES FILTRES POLARISANTS

On a vu que la lumière est une onde électromagnétique: elle se déplace en vibrant dans des plans perpendiculaires à son sens de propagation. Un polarisant permet de privilégier un de ces plans de vibration et de bloquer les photons qui vibrent dans les autres

plans. Si on peut trouver des applications pour «éteindre» des lumières polarisées par certaines surfaces (eau, verre...) afin de voir ce que cette réflexion masquait, le principal intérêt du polarisant est de densifier la lumière du ciel. Celle-ci est, en effet, également polarisée et, en croisant sa direction avec celle du filtre, on éteint sa lumière: le ciel devient bleu profond. De plus, le contraste est réduit et les couleurs sont plus saturées. Le polarisant est donc quasi-indispensable aux photographes paysagistes. Bien entendu, un filtre polarisant fait perdre 1,5 à 2 IL en luminosité. La cellule TTL de l'appareil tient évidemment compte de cette perte de luminosité. Ses effets sont absolument impossibles à réaliser devant son ordinateur. Les reflets sur l'eau ou les vitres peuvent certes être atténués... mais il est impossible de faire apparaître miraculeusement ce qu'il y avait derrière ces reflets car l'information est perdue!

*L'effet du polarisant est maximal quand on a le soleil dans le dos. Le ciel se densifie de façon non homogène: une bande (ici en haut de l'image) est toujours plus sombre.*





# SONY

## Maestro du Plein Format

Le meilleur du plein format dans un boîtier léger et compact.

Conçus pour les photographes et vidéastes amateurs ou professionnels.

Découvrez la nouvelle gamme **α7** par Sony



**α7<sub>R</sub>**



**α7**



**α7<sub>s</sub>**



**α7<sub>R</sub> II**

La qualité  
professionnelle

**4K**



**α7 II**

La perfection  
pour tous



**α7<sub>s</sub> II**

La sensibilité  
maîtrisée

**4K**



En savoir plus sur [www.sony.fr/a7-series](http://www.sony.fr/a7-series)

« Sony », « α » et leurs logos sont des marques déposées de Sony Corporation. Sony Europe Limited, société de droit étranger, immatriculée auprès du "Registrar of Companies for England and Wales" n° 2422874 dont le siège social est The Heights, Brooklands, Weybridge, Surrey, KT13 0XW, Royaume-Uni; succursale Sony France, RCS Nanterre 390 711 323, 49/51 quai de Dion Bouton, 92800 Puteaux, France.

**Retrouvez-nous au Salon de la Photo du 9 au 13 novembre 2017  
Parc des Expositions de la Porte de Versailles – Hall 5.2, stand E035**