

LA

PHOTOGRAPHIE

AVEC UN

APPAREIL

NUMÉRIQUE

À VISÉE

RÉFLEX...

A. L'appareil photo numérique (APN) :

- A.1. Le boîtier :
- A.2. Le système optique :
 - A.2.a. Le coefficient de recadrage :
 - A.2.b. La focale équivalente :
 - A.2.c. Gammes de focales :

B. Les réglages :

- B.1. La mise au point :
- B.2. Le diaphragme, l'ouverture, la profondeur de champ et le piqué :
- B.3. La "vitesse" ou le temps d'exposition :
- B.4. La sensibilité :
- B.5. Illustrations :

C. L'exposition :

- C.1. La mesure d'exposition :
- C.2. Les modes de mesure d'exposition :
- C.3. Le mode automatique :
- C.4. Les modes scènes :
- C.5. Le mode P (Program) :
- C.6. Le mode A (Aperture) ou Av : priorité à l'ouverture
- C.7. Le mode S (Speed) ou Tv : priorité à la "vitesse"
- C.8. Le mode M (Manual) :

D. Prendre une photo :

- D.1. Comment choisir son cadrage ?
- D.2. Comment choisir ses réglages ?
 - D.2.a. Gérer la profondeur de champ : mode d'emploi
 - D.2.b. Gérer la "vitesse" : mode d'emploi
 - D.2.c. Gérer le temps d'exposition et l'ouverture : mode d'emploi
- D.3. Quand utiliser le flash ?
 - D.3.a. Quand la lumière manque...
 - D.3.b. Quand il y a trop de lumière...
- D.4. Une autre solution : le trépied

E. Du capteur numérique à l'image numérique :

- E.1. Du capteur numérique aux "données brutes" :
- E.2. Des "données brutes" à l'image numérique :
 - E.2.a. Ce que fait l'appareil photo numérique :
 - E.2.b. Ce que fait le "dérawtiseur" :
 - E.2.c. Exemple :

F. Comprendre l'histogramme :

- F.1. La dynamique du capteur :
- F.2. L'histogramme, qu'est-ce que c'est ?
- F.3. Qu'est-ce qu'un "bon" histogramme ?
- F.3. Qu'est-ce qu'un "mauvais" histogramme ?

G. Comment optimiser une image numérique ?

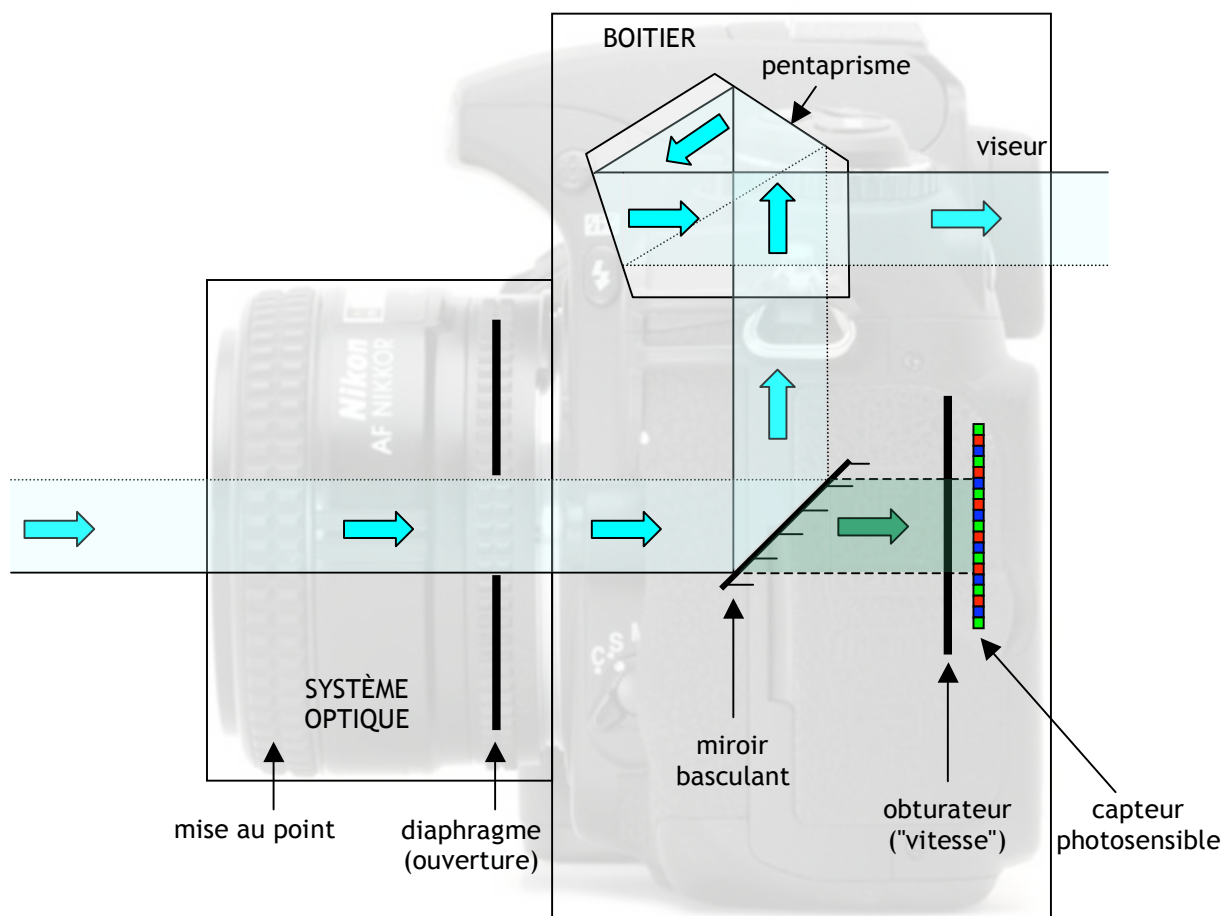
- G.1. Au moment de la prise de vue :
- G.2. Après la prise de vue ; la "retouche" photo :
 - G.2.a. Les "réglages RAW" :
 - G.2.b. Les autres réglages :
 - G.2.c. Quelques exemples :

H. Stockage et diffusion d'une image numérique :

- H.1. La définition - la résolution - le pouvoir séparateur :
- H.2. La compression :
- H.3. Quelques mots sur la colorimétrie :
 - H.3.a. Espaces colorimétriques :
 - H.3.b. Profils ICC :
 - H.3.c. Espaces de travail :
 - H.3.d. La chaîne colorimétrique :

H. Pour aller plus loin...

- F.1. Pour apprendre (techniques) :
- F.2. Pour admirer (galeries) :
- F.3. Pour partager (forums, podcasts) :
- F.4. Pour connaître le matériel (tests) :



A. L'appareil photo numérique (APN) :

Il est constitué d'un **boîtier** et d'un **système optique**.

A.1. Le boîtier :

Les "organes" principaux du boîtier numérique sont :

- le **capteur photosensible**, qui est chargé de convertir la lumière en signaux électriques. Un système électronique traite l'ensemble de ces signaux qui sont numérisés, puis stockés sur une carte mémoire sous la forme d'un fichier numérique (cf. partie E. pour plus de détails).
- le **miroir**, incliné de 45° , qui redirige la lumière vers le haut et qui, au moment de la prise de vue, va se relever pour laisser passer la lumière directement vers le capteur photosensible à travers l'obturateur.
- Le **pentaprisme**, qui permet d'observer directement la lumière telle qu'elle sera reçue par le capteur.
- L'**obturateur**, qui s'ouvre comme un "rideau" pendant la durée de la pose (cf. B.3.)

A.2. Le système optique :

Un système optique est constitué de plusieurs lentilles de verre mobiles.

Il est caractérisé par sa **focale f** exprimée en mm, qui est liée à l'**angle de champ**.

L'angle de champ est d'autant plus grand que la focale est courte.

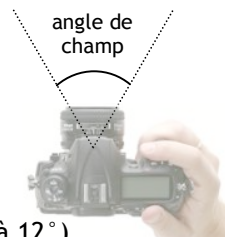
Un **objectif** peut être :

- à focale fixe.

- à focale variable : **zoom**

Exemple : 50 mm (angle de champ de 46°).

Exemple : 70-200 mm (angle de champ variant de 34° à 12°).



A.2.a. Le coefficient de recadrage :

Tout dans un appareil photo numérique fonctionne de la même façon que dans un appareil photo argentique, à ceci près que le capteur remplace la pellicule.

Or, les capteurs numériques ont pour la plupart une taille inférieure à celle d'une pellicule.

Par conséquent, avec un même objectif, on obtiendra avec un appareil photo numérique une portion plus petite de la scène photographiée et donc un angle de champ plus faible qu'avec un appareil photo argentique.

On dit qu'il existe un **coefficient de recadrage**.

Par exemple, les capteurs les plus répandus sur les APN reflex ont une dimension de 16 mm x 24 mm (format APS-C) à comparer au format d'une pellicule standard : 24 mm x 36 mm. Dans ce cas, le coefficient de recadrage vaut x 1,5. Les APN professionnels modernes ont un coefficient de x 1 ; à l'opposé, les APN compacts ont un coefficient de x 6 ou plus, c'est-à-dire un capteur de très petite taille.

A.2.b La focale équivalente :

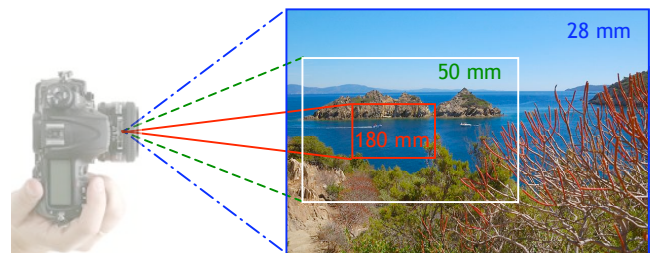
Si l'angle de champ est 1,5 fois plus faible, l'image enregistrée correspond à celle qui aurait été prise avec une focale plus grande d'un facteur 1,5. La **focale équivalente** est donc $1,5 \times f$.

La focale indiquée sur un système optique reste cependant la focale réelle de l'objectif.

Dans le cas d'un capteur au format APS-C, un zoom 24-70 mm donne l'impression de couvrir le même champ qu'un zoom 36-105 mm monté sur un appareil argentique.

A.2.c Gammes de focales :

focale équivalente	angle de champ	dénomination
< 50 mm	> 46°	grand angle
50 mm	46°	standard (~ œil humain)
> 50 mm	< 46°	téléobjectif



B. Les réglages :

Les 4 réglages fondamentaux sont : **la mise au point, l'ouverture, la "vitesse" et la sensibilité.**

B.1. La mise au point :

Faire la **mise au point** (MAP) (ou faire le **point**) consiste à positionner les différentes lentilles du système optique pour qu'un point choisi du sujet ait une image bien nette sur le capteur.

La MAP peut se faire à la main en déplaçant une bague de réglage, mais les appareils photographiques modernes disposent tous d'un système **autofocus** (AF) souvent bien plus performant.

L'AF s'effectue en appuyant sur le déclencheur à mi-course.

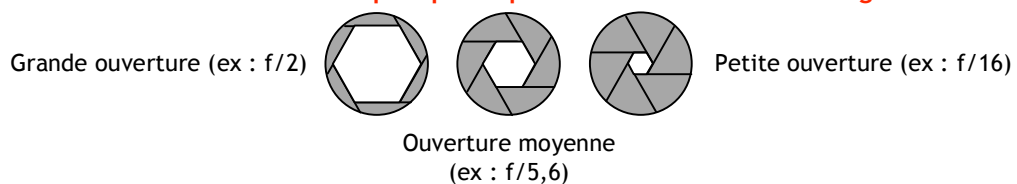
Dans le viseur, sont dessinés plusieurs petits carrés appelés **collimateurs**. Il est possible de sélectionner l'un de ces **collimateurs** sur lequel l'appareil effectuera la MAP. Cette tâche peut également être partiellement ou totalement automatisée.

B.2. Le diaphragme, l'ouverture, la profondeur de champ et le piqué :

Le **diaphragme** est un ensemble de lames métalliques mobiles formant un trou de forme quasi circulaire, dont le diamètre D est appelé **ouverture**. La quantité de lumière reçue par le capteur dépend de cette ouverture D.

On définit le **nombre d'ouverture** par la relation : $n = f / D$.

Le nombre d'ouverture **n** est donc d'autant plus petit que l'ouverture $D = f / n$ est grande.



Dans la suite ci-dessous, pour chaque changement de valeur, on double ou l'on divise par 2 la quantité de lumière entrante. On dit que l'on ouvre ou que l'on ferme d'un **"diaph"**, d'un **EV** (exposition value), d'un **IL** (intensity of light).

$n = 1 - 1,4 - 2 - 2,8 - 4 - 5,6 - 8 - 11 - 16 - 22 - 32 - 45 \dots$



Sur un système optique est toujours indiquée **l'ouverture maximale** possible :

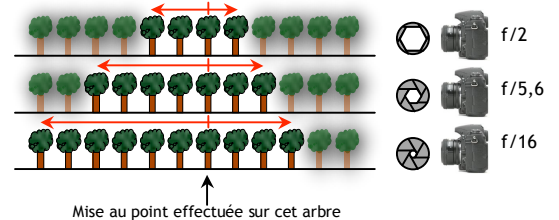
- un "50 mm 1:1,8" est un objectif de focale 50 mm et d'ouverture maximale $D = f/1,8 = 28$ mm ;
- un "18-55 mm 1:3,5-5,6" est un zoom de focale variable de 18 à 55 mm et d'ouverture maximale glissante : $D = 18/3,5 = 5$ mm à 18 mm et $D = 55/5,6 = 10$ mm à 55 mm ;
- un "17-55 mm 1:2,8" est un zoom de focale variable de 17 à 55 mm et d'ouverture maximale $D = f/2,8$ à toutes les focales, c'est-à-dire de nombre d'ouverture constant $n = 2,8$.

La modification de l'ouverture joue sur la **profondeur de champ** (PDC) et sur le **piqué** :

La profondeur de champ est l'étendue (en profondeur) de la zone nette de l'image.

La profondeur de champ est d'autant plus courte que :

- le sujet photographié est proche ;
- la focale f est grande (petit angle de champ) ;
- l'ouverture D est grande (petit nombre n). cf. figure :



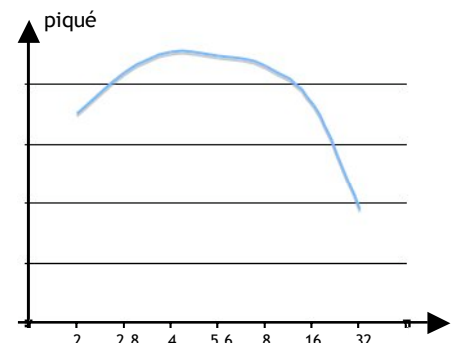
Remarque : par rapport au point, la profondeur de champ se répartit à peu près à raison de 1/3 à l'avant du point et 2/3 à l'arrière.

Le **piqué** d'un système optique est l'un des principaux critères de mesure de sa qualité.

À une focale donnée, le **piqué** évolue avec l'ouverture suivant une courbe en cloche plus ou moins marquée.

Deux causes expliquent la perte de qualité aux ouvertures extrêmes :

- la performance optique des lentilles est moins bonne sur les bords qu'au centre, or aux grandes ouvertures (ex : f/2), on utilise les bords des lentilles.
- aux petites ouvertures (ex : f/16) la **diffraction** par le diaphragme devient plus importante.



Il est donc intéressant de connaître l'allure de cette courbe pour le système optique utilisé, afin de tirer le meilleur parti de son matériel selon le résultat souhaité.

B.3. La "vitesse" ou le temps d'exposition :

La quantité de lumière reçue par le capteur dépend également de la durée pendant laquelle la lumière éclaire le capteur. C'est le rôle de l'**obturateur**, qui s'ouvre pendant une durée réglable, au cours de laquelle le capteur est exposé.

La durée pendant laquelle l'obturateur reste ouvert est ce que l'on appelle la "**vitesse**" ou le **temps d'exposition** ou le **temps de pose**, qui se mesure en secondes et qui peut varier de plusieurs heures à $1/8000^{\text{ème}}$ s !

Notons que le terme de "vitesse" est un abus de langage, puisqu'une vitesse ne se mesure pas en secondes. On comprend cependant que pour un faible temps d'exposition, la vitesse de l'obturateur est grande. Exemple : $1/2000$ s est un temps court, qui correspond à une grande vitesse.

Dans la suite ci-dessous, pour chaque changement de valeur, on double ou l'on divise par 2 la quantité de lumière entrante (modification d'un "**diaph**", d'un **EV** ou d'un **IL**).

... 2" - 1" - 1/2 - 1/4 - 1/8 - 1/15 - 1/30 - 1/60 - 1/125 - 1/250 - 1/500 - 1/1000 - 1/2000 ...

vitesse croissante

Attention : quand l'appareil indique un temps d'exposition de 250, cela signifie $1/250^{\text{ème}}$ s.
quand l'appareil indique un temps d'exposition de 3", cela signifie 3 s.

B.4. La sensibilité :

Une fois que la lumière a atteint le capteur, elle est transformée en signaux électriques, que l'on peut amplifier électroniquement avec un gain réglable (cf. partie E.).

Par analogie avec la **sensibilité** des films argentiques (chimiques), on exprime ce gain en **ISO**.

Dans la suite ci-dessous, pour chaque changement de valeur, on double ou l'on divise par 2 la quantité de lumière enregistrée (modification d'un "**diaph**" / d'un **EV** / d'un **IL**).

... 100 - 200 - 400 - 800 - 1600 - 3200 - 6400 ...

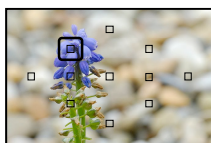
Cependant, plus la **sensibilité** est grande et plus la qualité de l'image se détériore. Du fait de la forte amplification, du **bruit numérique** apparaît sur l'image sous la forme de petits points colorés. Quand ce sera possible, on choisira donc en général la plus faible **sensibilité** de l'appareil.

Nous verrons dans la partie C. que le temps d'exposition et l'ouverture sont deux paramètres intimement liés : ouvrir davantage ou ouvrir plus longtemps à la même répercussion en terme de quantité de lumière reçue par le capteur (exposition). Par contre le résultat sur la photographie ne sera pas du tout le même, comme le montrent les illustrations suivantes.

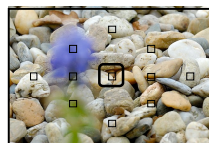
B.5. Illustrations :

Mise au point :

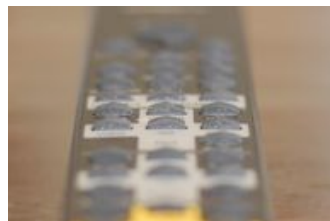
bon choix du collimateur



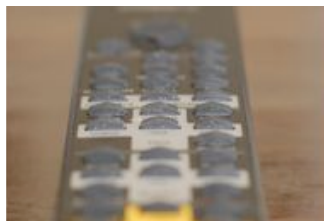
mauvais choix du collimateur



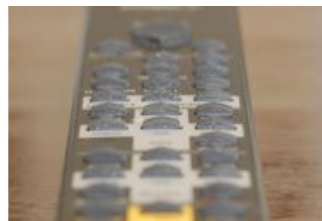
Sujet fixe : modification de la profondeur de champ :



f/2 ; 1/40 s ; 100 ISO



f/2,8 ; 1/20 s ; 100 ISO



f/4 ; 1/10 s ; 100 ISO



f/5,6 ; 1/6 s ; 100 ISO



f/8 ; 1/3 s ; 100 ISO



f/11 ; 0,7 s ; 100 ISO



f/16 ; 1 s ; 100 ISO



f/22 ; 3 s ; 100 ISO

Sujet en mouvement rapide : du mouvement figé au filé, qui suggère le mouvement



f/2 ; 1/4000 s ; 100 ISO



f/2,8 ; 1/2000 s ; 100 ISO



f/4 ; 1/1000 s ; 100 ISO



f/5,6 ; 1/500 s ; 100 ISO



f/8 ; 1/250 s ; 100 ISO



f/11 ; 1/125 s ; 100 ISO



f/16 ; 1/60 s ; 100 ISO



f/22 ; 1/30 s ; 100 ISO

Montée du bruit numérique avec la sensibilité (extraits d'image) :



f/4,8 ; 1/15 s
100 ISO



f/4,8 ; 1/30 s
200 ISO



f/4,8 ; 1/60 s
400 ISO



f/4,8 ; 1/125 s
800 ISO



f/4,8 ; 1/250 s
1600 ISO



f/4,8 ; 1/500 s
3200 ISO

NB : toutes ces illustrations sont aussi visibles ici : <http://chrisphil.free.fr/LPhi/index.php?/category/130>

C. L'exposition :

C.1. La mesure d'exposition :

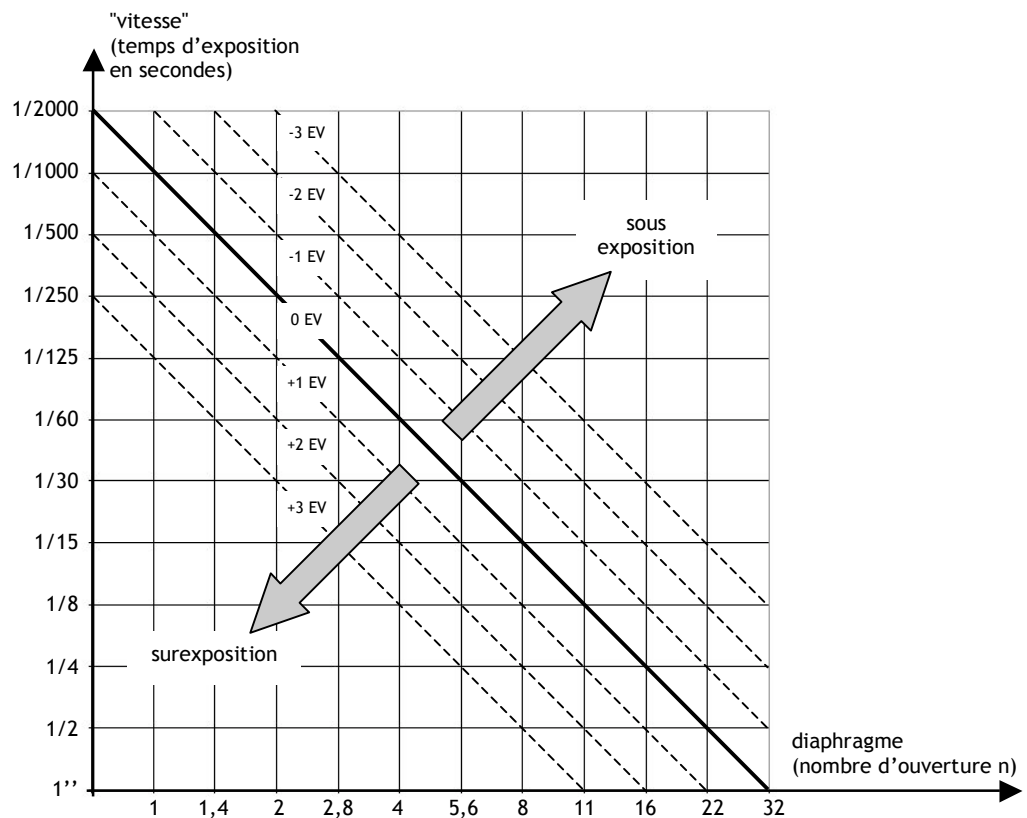
Tous les appareils photos disposent aujourd'hui d'un système de **mesure d'exposition** automatique, qui mesure l'intensité lumineuse de la scène.

À l'aide de cette mesure, l'appareil peut connaître, pour une sensibilité donnée, les couples temps d'exposition/ouverture, pour lesquels l'exposition sera correcte.

Le graphique ci-dessous indique les couples correspondant à la "bonne" exposition (ligne noire).

Exemple : les couples $f/2 - 1/250^{\text{ème}}$ s et $f/8 - 1/15^{\text{ème}}$ s correspondent à la même exposition.

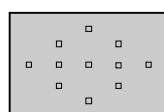
- On obtiendra une **surexposition** (photo plus claire) soit en augmentant le temps d'exposition (ie : en diminuant la "vitesse"), soit en augmentant l'ouverture.
- On obtiendra une **sous exposition** (photo plus sombre) soit en diminuant le temps d'exposition (ie : en augmentant la "vitesse"), soit en diminuant l'ouverture.



C.2. Les modes de mesure d'exposition :

Le photographe peut définir la zone dans laquelle l'APN effectuera la mesure d'exposition :

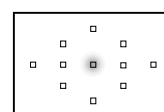
- **mesure matricielle** ou intégrale : l'exposition est mesurée uniformément sur l'ensemble de la scène photographiée ;
- **mesure pondérée centrale** : l'exposition est mesurée sur l'ensemble de la scène en accordant davantage d'importance à la zone centrale ;
- **mesure spot** : la mesure s'effectue sur le collimateur sélectionné.



matricielle



pondérée centrale



spot

C.3. Le mode automatique :

Les APN grand public disposent tous d'un mode **automatique**. Ce mode ne laisse que très peu de liberté au photographe, mais donne presque toujours un résultat techniquement satisfaisant.

Le photographe compose sa photo en choisissant le **point de vue**, la **focale** et le **cadrage**.

L'APN mesure l'exposition et choisit le couple temps d'exposition/ouverture. Si nécessaire, il adapte la **sensibilité** et fait fonctionner le flash intégré.

C.4. Les modes scènes :

Les modes scènes (portraits, paysages,...) sont des modes automatiques, mais l'APN est "prévenu" du type de scène et il va donc pouvoir s'y adapter plus facilement.

C.5. Le mode P (Program) :

C'est un mode automatique, mais cette fois, le photographe peut choisir lui-même la **sensibilité** et décider d'employer ou non le flash.

Le photographe peut cependant choisir de décaler le réglage proposé par l'APN suivant la droite 0 EV (cf. graphique du C.1.)

C.6. Le mode A (Aperture) ou Av : priorité à l'ouverture

Le photographe choisit lui-même la **sensibilité** et **l'ouverture**. L'APN choisit le **temps d'exposition** adaptée d'après la mesure de lumière.

C.7. Le mode S (Speed) ou Tv : priorité à la "vitesse"

Le photographe choisit lui-même la **sensibilité** et le **temps d'exposition**. L'APN choisit **l'ouverture** adaptée d'après la mesure de lumière.

C.8. Le mode M (Manual) :

Le photographe choisit lui-même la **sensibilité**, le **temps d'exposition** et **l'ouverture**. L'APN indique au photographe si le couple temps d'exposition/ouverture choisi est conforme à la mesure de lumière, mais le laisse libre de son choix.

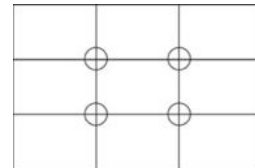
D. Prendre une photo :

Créer une photo demande un temps de réflexion (qu'on n'a pas toujours !). Avec l'habitude, ce temps se réduira et le plaisir créatif grandira.

D.1. Comment choisir son cadrage ?

Voici quelques règles très simples qui méritent bien entendu d'être approfondies :

1. Placer les éléments importants sur les **points chauds** et utiliser les **lignes des tiers** :
2. Adapter le sens du cadrage à celui du sujet.
3. **Excentrer** le sujet.
4. Placer de l'espace devant votre sujet.
5. Placer de l'espace dans la direction du regard ou dans la direction du mouvement.
6. Retenir que tout ce qui n'est pas le sujet gagnera en général et si possible à ne pas être dans le cadre.
7. Bien apprendre ces règles avant de les transgresser : être créatif !



D.2. Comment choisir ses réglages ?

Photographier en mode automatique a beaucoup d'avantages : c'est simple et rapide, et la photo est techniquement réussie dans la plupart des cas. L'appareil prend en charge tous les réglages pour délivrer une photo correctement exposée, ne laissant au photographe "que" la responsabilité du cadrage. Alors, pourquoi ne pas s'en contenter ?

Pour laisser libre court à la créativité du photographe : choisir la profondeur de champ pour faire ressortir un sujet de l'arrière plan, suggérer un mouvement par un filé ou encore figer un mouvement rapide.

D.2.a. Gérer la profondeur de champ : mode d'emploi

Régler la sensibilité au minimum (100 ou 200 ISO) pour obtenir la meilleure qualité d'image.

Choisir le mode A (ou Av) et régler l'ouverture avec la molette prévue à cet effet :

- **grande ouverture pour isoler le sujet** (pas forcément la pleine ouverture qui n'offre souvent pas le meilleur piqué). C'est typiquement le choix que l'on fera pour du **portrait** : $f/2$ à $f/4$;
- **petite ouverture pour obtenir une grande plage de netteté** (éviter de trop fermer pour éviter la diffraction : cf. B.2.). C'est typiquement le choix que l'on fera pour des **paysages** : $f/8$ à $f/11$.

Lire dans le viseur le temps d'exposition déterminé par l'APN pour obtenir la bonne exposition. Ce temps devra être suffisant pour éviter que les mouvements du photographe n'entraînent un **flou de bougé**.

La "vitesse" doit être au moins égale à l'inverse de la focale équivalente.

Exemple : à une focale $f = 70$ mm (focale équivalente 105 mm), on prendra une "vitesse" d'au moins $1/100$ s, c'est-à-dire $1/125$ s ou $1/250$ s.

Si cette règle est vérifiée : on peut prendre la photo !

Si ce n'est pas le cas, on doit augmenter la "vitesse" (diminuer le temps d'exposition) :

- d'abord en ouvrant davantage le diaphragme ;
- puis en augmentant la sensibilité (sans excès pour ne pas trop détériorer l'image) ;
- et enfin en utilisant le flash intégré, qui apportera la lumière manquante.

On voit là tout l'intérêt de disposer d'objectifs "lumineux", c'est-à-dire de grande ouverture maximale, lorsque la lumière vient à manquer. Cela évite la montée en sensibilité et donc l'apparition du bruit.

D.2.b. Gérer la "vitesse" : mode d'emploi

Régler la sensibilité au minimum (100 ou 200 ISO) pour obtenir la meilleure qualité d'image.

Choisir le mode S (ou Tv) et régler le temps d'exposition avec la molette prévue à cet effet :

- **grande "vitesse" ($1/500$ s au moins) pour figer un sujet en mouvement rapide** ;
- **petite "vitesse" pour enregistrer le mouvement sous forme d'un filé (ou traînée)**. Dans ce cas, l'usage du **trépied** est généralement nécessaire pour éviter le **flou de bougé**. (cf. D.4.)

Vérifier dans le viseur que l'ouverture déterminée par l'APN pour obtenir la bonne exposition n'est ni trop grande ni trop petite pour conserver une bonne qualité d'image.

Si la quantité de lumière est trop faible, l'APN l'indiquera et il faudra ouvrir davantage ou augmenter la sensibilité. Pour cette raison, on qualifie parfois de "rapides" les objectifs très lumineux, qui permettent d'atteindre de plus grandes "vitesses".

Si la quantité de lumière est trop importante, l'APN l'indiquera et il faudra fermer davantage ou encore ajouter un filtre devant l'objectif pour atténuer la lumière entrante.

D.2.c. Gérer le temps d'exposition et l'ouverture : mode d'emploi

L'intérêt au quotidien du mode manuel est assez limité.

Il ne se justifie que lorsqu'on utilise un flash externe (le flash intégré a son intérêt, mais donne souvent des résultats décevants en faible lumière) ou que l'on travaille en studio. Dans ce cas, le photographe dispose d'une liberté quasi totale. On choisit l'ouverture et le temps d'exposition et le flash émet la lumière nécessaire pour illuminer la scène conformément au couple temps d'exposition/ouverture choisi. Évidemment la puissance du flash constitue une limite à cette pratique.

D.3. Quand et comment utiliser le flash ?

Le flash permet d'apporter un complément de lumière à la scène.

Sa puissance est donnée par le nombre guide (NG), qui permet de déterminer sa portée :

À partir de la formule $P = \frac{NG \times ISO}{100 \times n}$ ex : à 400 ISO, la portée d'un flash de NG 13 à f/4 est : $P = \frac{13 \times 200}{100 \times 4} = 6,5 \text{ m}$

D.3.a. Quand la lumière manque...

C'est une évidence : si la lumière manque, le flash peut être une solution.

Attention cependant : on gagnera généralement à éviter d'utiliser le flash intégré, qui ne donne pas des lumières très naturelles. Penser d'abord à ouvrir le diaphragme et à monter en sensibilité pour conserver l'ambiance de la scène.

Quelques remarques :

- Éviter d'utiliser le flash en face d'une surface réfléchissante ;
- Éviter d'utiliser le flash lorsque le sujet est proche d'un mur : l'ombre créée par le flash sera très disgracieuse ;
- S'éloigner du sujet au maximum et choisir une grande focale pour que la lumière du flash soit plus douce et plus homogène.
- Un flash externe orientable permet une bien meilleure gestion de la lumière et ouvre beaucoup d'autres perspectives, que nous n'envisagerons pas ici.

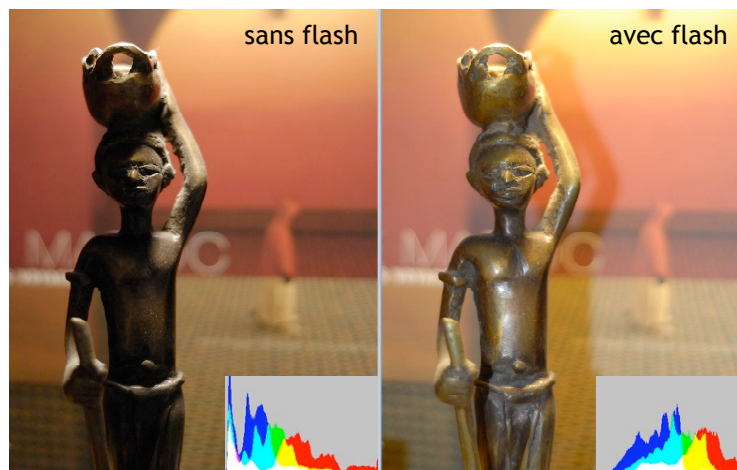
D.3.b. Quand il y a trop de lumière...

Cela peut paraître paradoxal, mais le flash sera très utile lorsque la lumière est très dure (par exemple à midi en été). Dans ce cas, le contraste entre les zones d'ombre et les zones éclairées est très important. La mesure de l'exposition se fait alors sur les hautes lumières et les ombres vont paraître très noires : on ne distinguera pas, par exemple, les yeux d'un sujet portant un chapeau.

L'émission d'un éclair va permettre d'éclaircir les ombres et ainsi de leur redonner de la texture. L'impact du flash sur les zones déjà très lumineuses sera négligeable.

En pratique :

- se placer en mode priorité "vitesse" ;
 - sortir le flash pour imposer son utilisation ;
 - réduire l'intensité du flash (généralement entre -1 EV et -2 EV selon l'effet souhaité) ;
 - choisir le temps d'exposition le plus court possible (généralement 1/250 s ou 1/500 s avec les flashes intégrés) ;
 - vérifier que l'ouverture déterminée par l'appareil photo convient et prendre la photo.
- exemple :



D.4. Une autre solution : le trépied



Nous avons vu que le manque de lumière était souvent un problème, car on ne peut pas atteindre des "vitesses" suffisantes pour que les tremblements du photographe n'entraînent un flou de bougé.

Le trépied est LA solution à ce problème : il ne bouge pas, tremble peu et va donc permettre l'accès à des temps d'exposition très longs ("vitesses" très faibles).

Certes un peu encombrant, il élargit considérablement le champ des possibilités créatives de l'appareil photo. Avec un temps de pose de plusieurs secondes, on pourra par exemple "dessiner" avec de la lumière (c'est le light painting). Avec un temps de pose de plusieurs minutes ou plusieurs heures, on pourra par exemple enregistrer le mouvement des étoiles...



Light painting. Temps de pose : 10 s



Filé d'étoiles.
Temps de pose : 30 min

E. Du capteur numérique à l'image numérique :

E.1. Du capteur numérique aux "données brutes" :

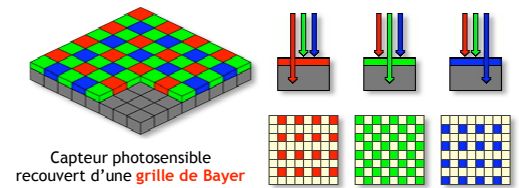
Afin de mieux comprendre ce qu'est la photo numérique, il est nécessaire de dire d'abord quelques mots de la façon dont la scène photographiée devient une suite complexe de 0 et de 1 stockée sur une carte mémoire : un **fichier numérique**.

Le capteur numérique d'un APN est constitué de diodes photosensibles appelées **photosites**.

L'ensemble de ces photosites est recouvert d'un ensemble de filtres de couleurs différentes (grille de Bayer) dans la proportion :

- 1 photosite sensible aux lumières **Rouges**,
- 2 photosites sensibles aux lumières **Vertes** (pour traduire la plus grande sensibilité au vert de l'œil humain),
- 1 photosite sensible aux lumières **Bleues**.

Cette grille permet de spécialiser chaque photosite dans la détection de l'une des trois couleurs fondamentales R, V et B.



La lumière reçue par chaque **photosite** est traduite en un signal électrique, traduit à son tour en un **signal numérique**. Ce signal numérique est codé sur 12 bits par couleur (voire 14 ou 16 bits), c'est à dire avec 12 chiffres valant 0 ou 1. Cela permet d'enregistrer $2^{12} = 4\,096$ niveaux d'intensité lumineuse par photosite.

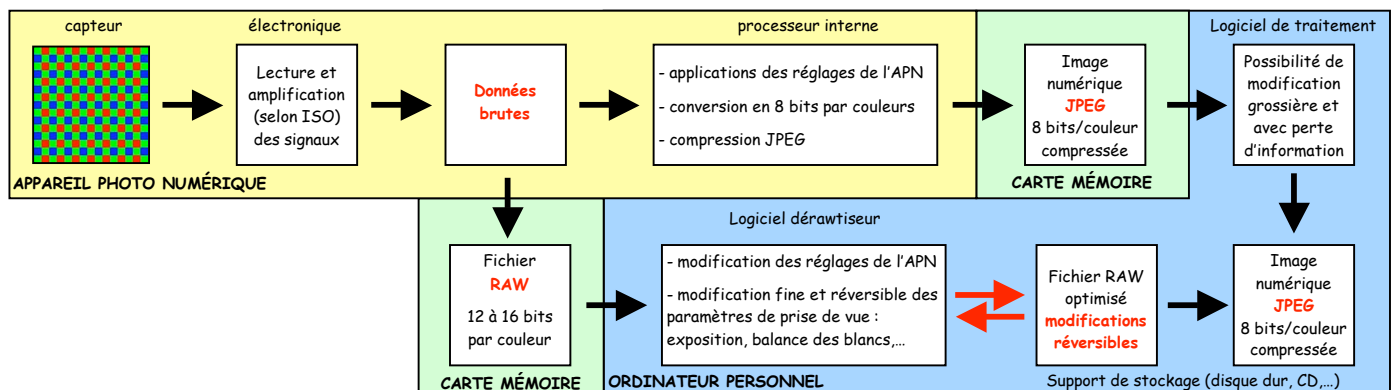
Une combinaison complexe des signaux, ainsi recueillis par chaque **photosite** et par ses proches voisins, permet finalement de composer l'unité de base de l'image numérique : le **pixel** (abréviation pour PICTURE Element).

On obtient de cette manière à peu près autant de **pixels** sur l'image que de **photosites** sur le capteur. Chaque pixel, ainsi créé à partir de 3 types de **photosites** spécialisés, permet de traduire avec un codage sur 12 bits : $(2^{12})^3 = 68$ milliards de couleurs (281 000 milliards de couleurs avec un codage sur 16 bits) !

Toutes ces données sont enregistrées dans un fichier appelé fichier **RAW** ("brut" en anglais).

À ce stade, deux solutions sont possibles :

- soit on laisse l'APN se charger de transformer le fichier **RAW** en image numérique,
- soit on utilise un logiciel (appelé "déRAWtiseur" ou dématriceur) pour traiter soi-même le fichier **RAW**.



E.2. Des "données brutes" à l'image numérique :

Notons à ce stade que la plupart des écrans d'ordinateur et les imprimantes, affichent les images codées sur "seulement" 8 bits par couleur, soit $(2^8)^3 = 16\,777\,216$ couleurs. C'est d'ailleurs amplement suffisant, puisque l'œil humain standard ne sait discerner qu'environ 10 millions de couleurs.

Se pose alors la question de l'intérêt d'enregistrer un fichier codé sur 12, 14, voire 16 bits !...

E.2.a. Ce que fait l'appareil photo numérique :

Le processeur de l'APN se charge d'appliquer les réglages choisis par l'utilisateur aux données brutes. Il se débarrasse ensuite des 4 bits qu'il considère comme inutiles, puis applique une compression plus ou moins destructive pour obtenir une image numérique au format **JPEG** (Joint Photographic Experts Group).

Le format JPEG est un **format ouvert**, universellement reconnu et normalisé. Il occupe relativement **peu de place mémoire** et il peut être directement partagé, échangé, montré. Bref, c'est une image !

Par contre, c'est un format qui offre très peu de latitude de réajustement, d'autant que chaque modification entraîne une perte de donnée irréversible, du fait de la nouvelle compression effectuée à chaque réenregistrement.

E.2.b. Ce que fait un "dérawtiseur" :

Lorsque l'on visualise un fichier **RAW** sur un écran d'ordinateur, toutes les données ne sont pas visibles et l'écran ne nous montre qu'une interprétation en 8 bits par couleur des données brutes. Mais ces nombreuses données bien qu'invisibles sont **DISPONIBLES** !

Le fait de travailler sur 12 bits ou plus par couche au format **RAW** permet de choisir soi-même, parmi ces 12 bits, les 8 bits que l'on souhaite conserver ou mieux, de décaler sélectivement certaines de ces informations invisibles, dans le visible pour constituer le fichier final. Cela permet notamment de récupérer des détails perdus dans les hautes ou dans les basses lumières et de mieux ajuster l'exposition.

Autre avantage du format **RAW** : chaque modification est **réversible**, puisque les données brutes ne sont pas modifiées ; ce sont seulement les modifications qui sont stockées avec le fichier.

Tout cela a évidemment un coût en terme de place mémoire, un fichier **RAW** occupant davantage de place qu'un fichier **JPEG**.

Notons enfin qu'il n'existe pas de format **RAW** universel. Chaque marque a son propre format, dont le code n'est pas ouvert, ce qui pose à terme le problème de la pérennité de ces formats...

E.2.c. Exemple :



Image numérique originale affichée sur l'écran du boîtier ou de l'ordinateur. L'image est surexposée. L'information est perdue dans les zones "brûlées".



Image numérique retraitée à partir du fichier RAW : une partie importante des détails a pu être récupérée (pas tout...), sans impact sur le reste de l'image.



Image numérique retraitée à partir du fichier JPEG : La tentative d'assombrissement de l'image n'a permis de récupérer aucune information dans les zones "brûlées" et on a perdu de l'information dans les zones sombres.

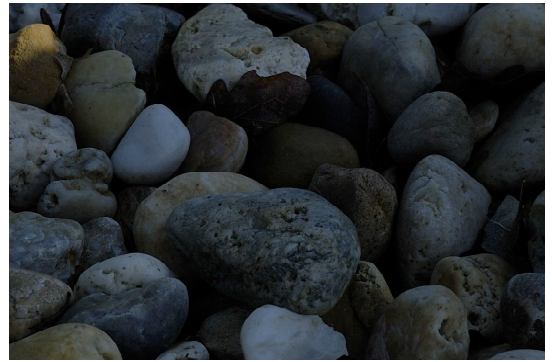


Image numérique originale affichée sur l'écran du boîtier ou de l'ordinateur. L'image est sous-exposée. L'information est perdue dans les zones "bouchées".

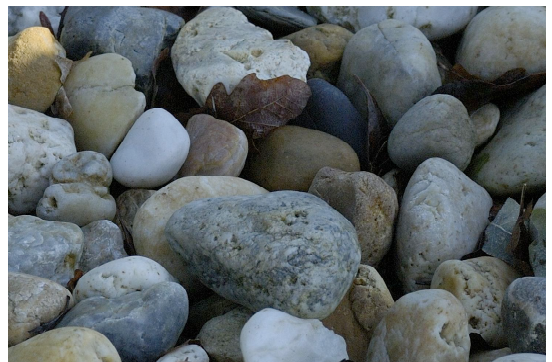


Image numérique retraitée à partir du fichier RAW : une partie importante des détails a pu être récupérée, sans impact sur le reste de l'image.

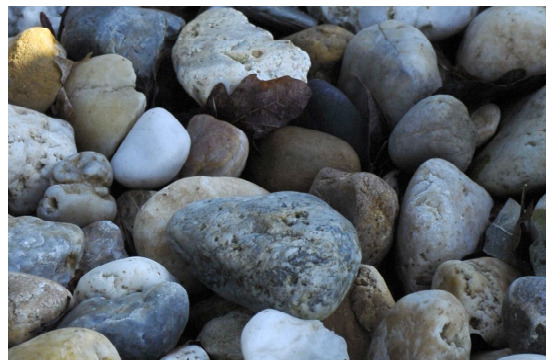


Image numérique obtenue à partir du fichier JPEG : L'éclaircissement de l'image a permis de récupérer un peu d'information. Certaines zones restent toujours totalement "bouchées".

F. Comprendre l'histogramme :

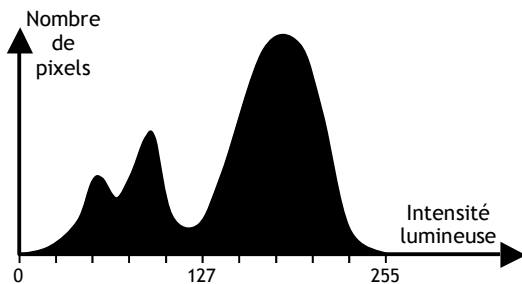
F.1. La dynamique du capteur :

Chaque **photosite** du capteur possède une plage de détection limitée (également appelée **dynamique**) ; c'est-à-dire qu'il n'est capable d'interpréter ni une lumière trop faible, ni une lumière trop intense.

- s'il reçoit une lumière d'intensité inférieure à sa **plage dynamique**, il ne détectera rien et renverra un signal nul, correspondant à l'absence totale de lumière. Le pixel correspondant sera absolument noir.
- s'il reçoit une lumière d'intensité supérieure à sa **plage dynamique**, il sera saturé et renverra un signal maximum, correspondant au blanc pur. Le pixel correspondant sera absolument blanc...

Techniquement, l'un des enjeux en photographie numérique est donc de faire en sorte qu'aucun photosite ne soit ni "ébloui", ni "aveuglé".

F.2. L'histogramme, qu'est-ce que c'est ?



L'histogramme est un élément majeur dans l'analyse technique d'une photographie. Il représente, sous forme graphique, comment les pixels se répartissent entre l'absence de lumière : le noir (à gauche : niveau 0 ou plutôt 00000000), et la saturation : le blanc (à droite : niveau 255 ou plutôt 11111111).

Dans cet exemple, on observe qu'un nombre important de pixels affichent une intensité autour de 75 % de l'intensité maximale.

Certains APN affichent les **histogrammes** correspondant à chacune des trois composantes R, V et B ou une superposition des trois.

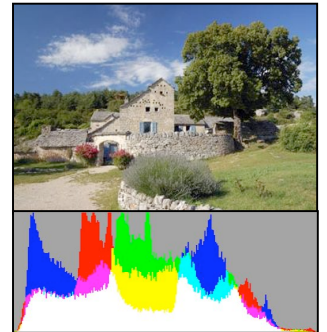
L'allure de **l'histogramme** va nous donner de précieuses informations sur **l'exposition**, le **contraste** et les **dominantes de couleurs**.

F.3. Qu'est-ce qu'un "bon" histogramme ?

En général, **l'histogramme** idéal présente une information qui s'étale parfaitement entre le noir absolu et le blanc pur. L'information est présente sur tous les **niveaux** et sa répartition est homogène.

L'image correspondant à cet **histogramme** présente donc de l'information dans les zones les plus "foncées" (appelées "**basses lumières**" ou "**tons foncés**"), mais aussi dans les zones les plus claires (appelées les "**hautes lumières**" ou "**tons clairs**"). De plus, l'information entre le noir et le blanc est régulière : **l'exposition** est idéale.

Attention : toutes les photos n'ont pas forcément un **histogramme** idéal. Certaines scènes ont une répartition de lumière atypique, que l'on retrouvera naturellement sur **l'histogramme**.

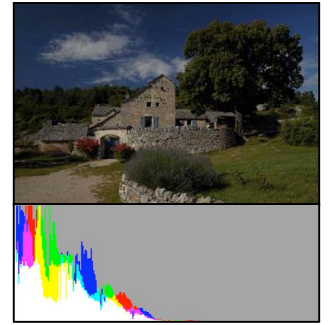


F.4. Qu'est-ce qu'un "mauvais" histogramme ?

L'image est **sous-exposée** :

Sur la photo : les ombres sont trop noires ; on dit qu'elles sont "**bouchées**". On distingue peu de détail dans les parties éclairées.

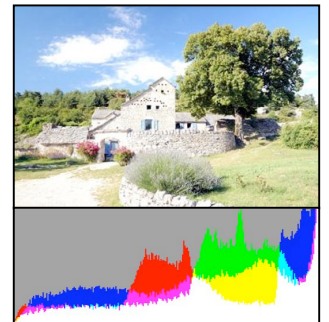
Sur l'histogramme : la partie droite, qui correspond aux hautes lumières, n'indique aucun signal. À gauche, de très nombreux pixels n'affichent que très peu de lumière. L'histogramme se prolonge en deçà de la limite de l'intensité minimale.



L'image a été **surexposée** :

Sur la photo : de grandes zones sont totalement blanches ; plus aucun détail n'y est visible (nuages, chemin,...) ; on dit que ces zones sont "**brûlées**".

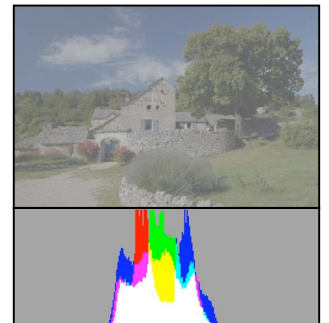
Sur l'histogramme : la partie droite de l'histogramme indique que de très nombreux pixels affichent une intensité trop grande (saturation). L'histogramme se prolonge au-delà de la limite de l'intensité maximale.



L'image **manque de contraste** :

Sur la photo : Les couleurs sont ternes, délavées, trop "**douces**". L'image manque de **dynamique**.

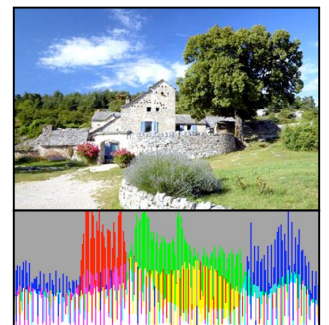
Sur l'histogramme : les signaux ne s'étalent pas du noir au blanc, mais se répartissent seulement sur une partie de la **plage dynamique** de l'APN.



L'image est **trop contrastée** :

Sur la photo : l'image manque de nuances. La lumière est trop "**dure**". Certaines zones sont "brûlées", d'autres sont "bouchées".

Sur l'histogramme : les signaux s'étalent sur toute la plage dynamique, mais il apparaît un effet de "peigne", qui traduit une perte répartie de l'information.



G. Comment optimiser une image numérique ?

G.1. Au moment de la prise de vue :

Nous avons déjà parlé au D. des paramètres de prise de vue (**cadrage**, **mise au point**, **ouverture**, **temps d'obturation**, **sensibilité**...).

Mais, comment peut-on se faire une première idée de la qualité d'une image, immédiatement après la prise de vue ? Pour cela, deux petites vérifications suffisent :

- La netteté : vérifier en zoomant sur l'écran que l'image est bien nette là où la mise au point a été faite ;
- L'exposition : observer l'histogramme et vérifier qu'il est bien **"calé à droite"**. Cela signifie que **l'exposition** est correcte et que toutes les nuances de couleurs seront enregistrées au mieux. Si ce n'est pas le cas, il ne faut pas hésiter à refaire la prise de vue (quand c'est possible), mais en imposant à l'APN de **surexposer** ou de **sous-exposer** en conséquence (c'est un réglage disponible sur tous les APN).

G.2. Après la prise de vue ; la "retouche" photo :

Entendons nous bien sur le sens de cette démarche :

Il s'agit de modifier le fichier image pour qu'il traduise au mieux la scène photographiée, l'émotion ou le message que le photographe souhaite communiquer. C'est une étape qui n'est pas du tout indispensable et qui ne devient nécessaire que dans le cas d'une erreur de réglage du photographe ou un défaut propre à l'APN.

Il ne s'agit pas de tricher et la tentation est parfois grande d'user et d'abuser des innombrables outils qui font la panoplie du "retoucheur fou". On quitte alors, selon moi, le monde de la photographie pour un autre espace de création sûrement aussi passionnant : la création assistée par ordinateur.

À ce propos, voir absolument ce merveilleux site : <http://www.christophehuet.com/>.

Tout l'enjeu de la "retouche" est donc de savoir user avec parcimonie d'un nombre restreint d'outils sans perdre de vue l'esprit de la photographie. C'est un art difficile et une photo sera souvent d'autant meilleure qu'on l'aura peu retouchée...

G.2.a. Les "réglages RAW" :

Nous avons évoqué au E.2. les avantages du format RAW. Il est possible de réajuster, après la prise de vue, certains réglages :

- la **netteté**, le **contraste**, la **saturation** des couleurs ;
- l'**exposition**, de l'équivalent de ± 2 diaph. Attention : cela ne dispense pas de bien caller l'histogramme à droite (cf. G.1.) au moment de la prise de vue ! En effet, une sous-exposition à la prise de vue, compensée par une surexposition dans le dérawtiseur, s'accompagnera inévitablement d'une montée importante du bruit numérique (cf. B.4.) dans les basses lumières, et ce dans des proportions plus importantes qu'une augmentation équivalente de la sensibilité à la prise de vue ;
- la **balance des blancs** (BdB). C'est un réglage, qui permet de s'adapter à la **dominante de couleur** de la lumière, qui éclaire la scène au moment de la prise de vue. Dans la vie courante, notre œil s'habitue, à notre insu, aux variations de couleur de l'éclairage : un objet blanc nous paraît blanc, quelle que soit la nature de l'éclairage (Soleil, ampoule, néon, bougie,...). Un APN n'est pas aussi performant. Régler la BdB, c'est indiquer la **température de couleur** de la source (une notion de physique, un peu complexe, qui ne sera pas détaillée ici). La température de couleur varie environ entre 1500 K (kelvin) pour bougie et 10 000 K pour un ciel bleu en altitude. Ci-dessous, la même image avec trois réglages de **balance des blancs** différents :



réglage 2600 K : l'image paraît trop "froide".
L'histogramme montre une forte composante bleue, que l'on retrouve sur l'image.



réglage 5000 K : l'image paraît correcte.
Les trois histogrammes RVB se superposent et donc s'équilibrent plus ou moins.



réglage 9000 K : l'image paraît trop "chaude".
L'histogramme montre une forte composante rouge, que l'on retrouve sur l'image.

G.2.b. Les autres réglages :

Citons en vrac quelques manipulations supplémentaires utiles et non spécifiques au format **RAW** :

- **redresser** : il s'agit simplement de vérifier et éventuellement de corriger l'horizontalité ou la verticalité.
- **recadrer** : il est possible de reprendre le cadrage pour mieux mettre en évidence le sujet ou pour mieux respecter une règle de cadrage comme la règle des tiers. C'est aussi une manière artificielle de "zoomer" en ne sélectionnant qu'une partie de l'image, ce qui équivaut à faire un "zoom numérique".
- compenser les défauts optiques :
 - la **distorsion** (déformation due aux lentilles),
 - l'**aberration chromatique** (franges colorées pourpres ou cyan dans les zones de fort contraste),
 - le **vignetage** (perte de lumière sur les bords de l'image).
- **"débruiter"** : c'est un traitement logiciel qui permet d'atténuer le bruit numérique.
- **"gommer"** : il s'agit de supprimer d'éventuels petits défauts, notamment les poussières déposées sur le capteurs et qui apparaissent nettement pour de petites ouvertures de diaphragme.



Distorsion en coussinet



Distorsion en barillet



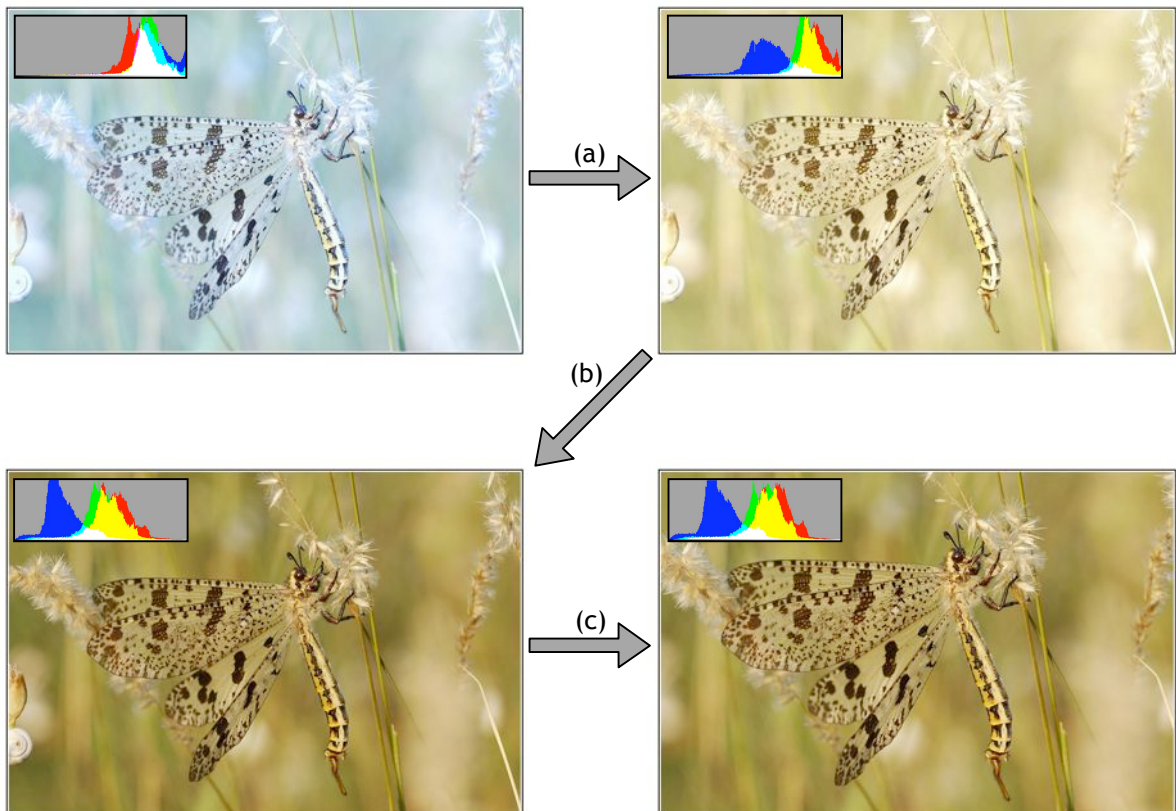
Aberrations chromatiques



Vignetage

G.2.c. Quelques exemples :

Premier exemple : un fourmilion au lever du Soleil un matin de juillet...

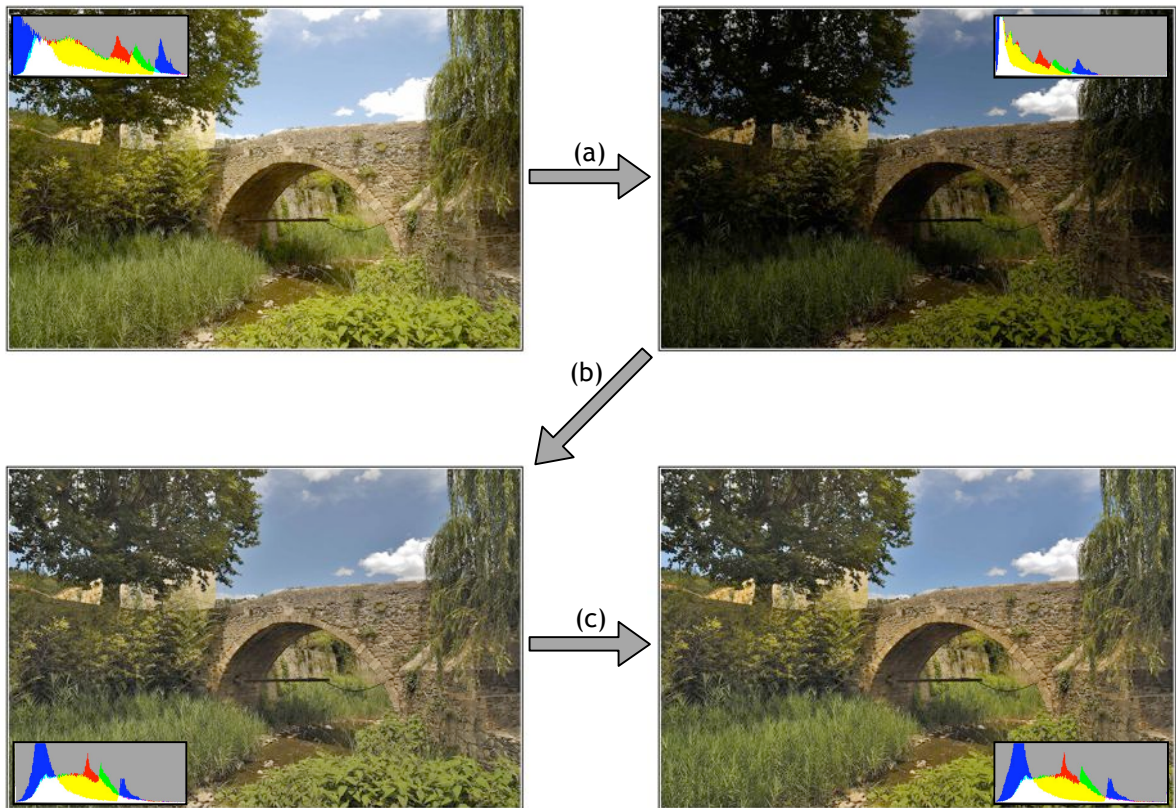


En observant l'original, on se rend immédiatement compte que la **balance des blancs** n'a pas été correctement réglée. L'examen du fichier **RAW** montre en effet, que la **balance des blancs** était réglée sur une lumière de type tungstène, alors que la photo avait été prise dans la lumière chaude du matin. Un réglage en lumière naturelle règle le problème (a).

La photo est également **surexposée**. On l'observe notamment sur le petit escargot à gauche et sur l'**histogramme**, qui déborde assez nettement sur la droite. On ajuste donc l'**exposition** (b).

Un léger recadrage permet enfin d'éliminer quelques éléments perturbateurs, comme l'escargot, pour ne conserver que l'insecte, qui nous intéresse (c).

Second exemple : un pont de pierre pris en juillet en début d'après-midi...



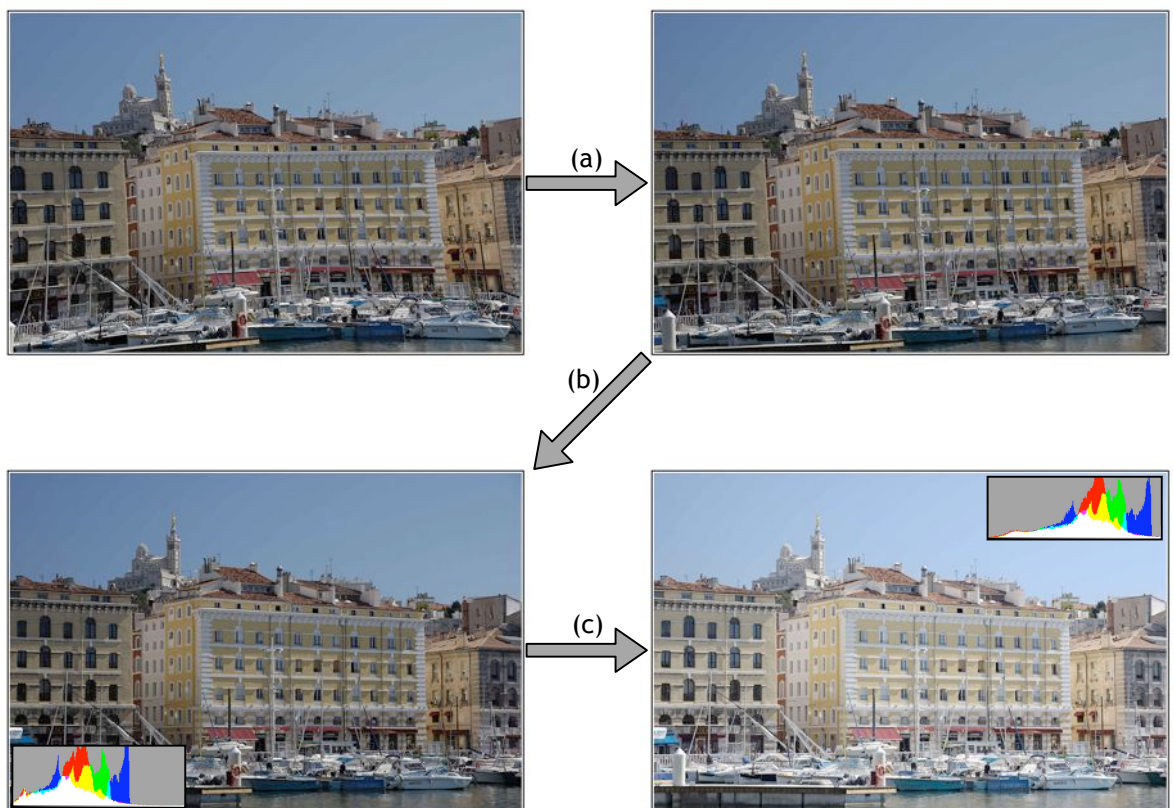
Le début d'après midi en été est le pire des moments pour prendre une photographie : la lumière est très **dure** et les **contrastes** sont trop importants pour entrer dans la **plage dynamique** du capteur. La photo n'est pas vraiment ratée, mais les nuages sont totalement **brûlés** et les **ombres bouchées**, se que confirme **l'histogramme**.

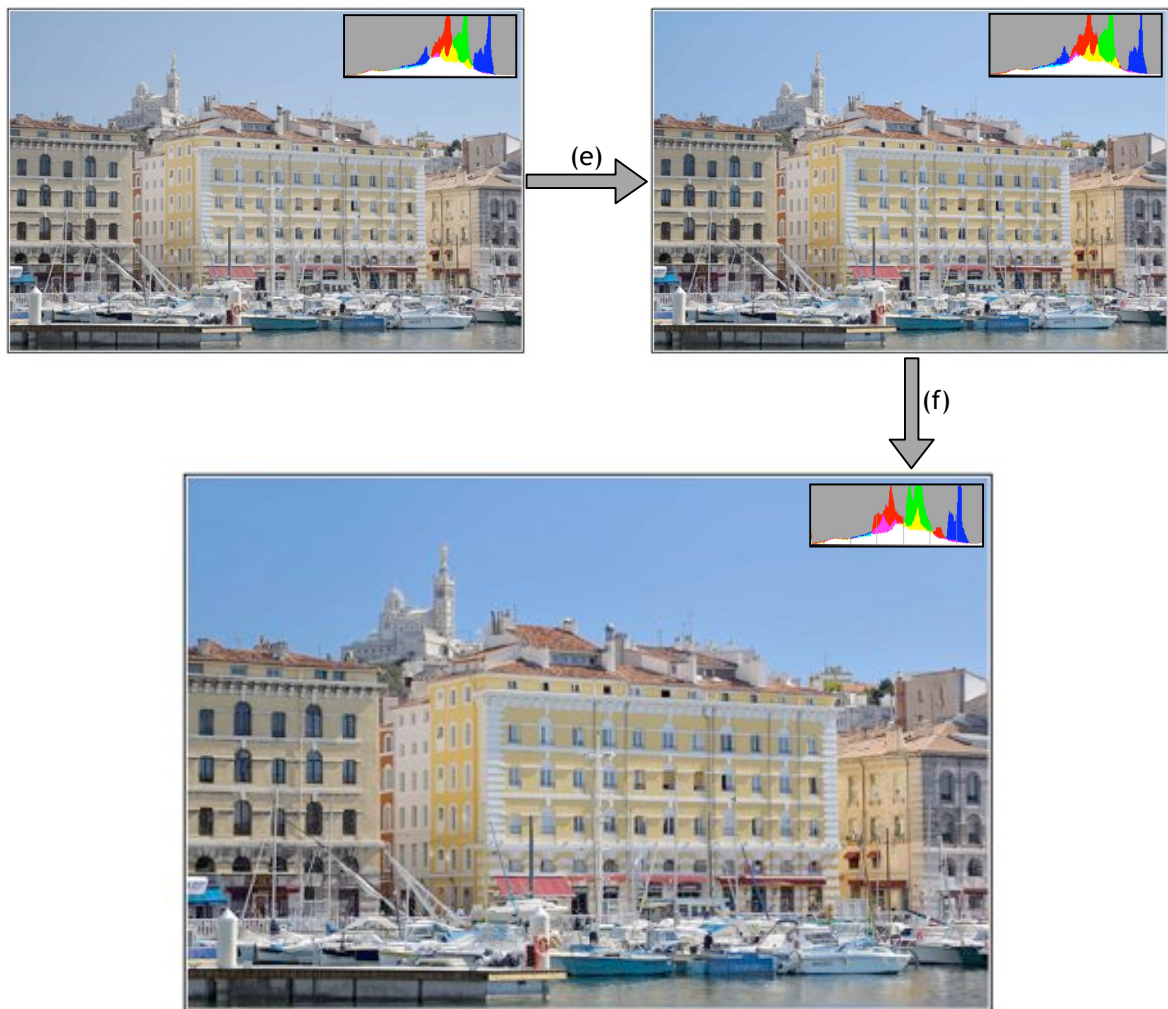
En abaissant **l'exposition** de 2 EV (a), on parvient à récupérer une bonne partie des détails dans les nuages.

Il faut alors agir spécifiquement sur les **basses lumières (tons foncés)** pour compenser la perte (b).

Enfin, on peut augmenter la **saturation** (c) pour récupérer les couleurs légèrement délavées par rapport à l'originale. **L'histogramme** final confirme la meilleure répartition des **tons** sur l'ensemble de la **dynamique**.

Troisième exemple : le vieux port de Marseille en fin d'après-midi en juillet...





Trois choses sautent aux yeux en voyant cette image : elle est déformée (**distorsion en coussinet**), elle est **penchée** et elle est **trop sombre**. Ces trois défauts ont été respectivement corrigés aux étapes (a), (b) et (c).

L'étape (d), peu visible sur les photos, a consisté à atténuer les **très hautes lumières** : on observe sur les **histogrammes** que la partie droite a été légèrement décalée vers la gauche et que le petit pic, collé à l'extrême droite, a disparu.

Dans l'étape (e), la **saturation** a été légèrement rehaussée pour retrouver la teinte jaune du bâtiment notamment.

Enfin, dans l'étape (f), on a légèrement assombri le ciel pour rendre le bleu plus profond et atténuer légèrement la brume de chaleur.

Remarque : les défauts dans le ciel (artefacts) sont la conséquence de la **compression** de l'image (cf. H.2.)

H. Stockage et diffusion d'une image numérique :

H.1. La définition - la résolution - le pouvoir séparateur :

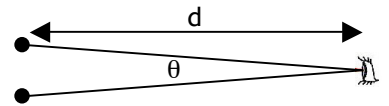
On confond souvent les termes **définition** et **résolution**.

La **définition** d'une image numérique est simplement le nombre de pixels, qui la composent. Les APN actuels proposent des définitions variant de 6 mégapixels à 21 mégapixels (méga = 1 million).

La **résolution** s'exprime en points par pouce (**ppp**) ou dots per inch (**dpi**) en anglais (1 pouce = 25,4 mm). Elle dépend donc de sa taille : une même image agrandie conserve la même **définition**, mais sa **résolution** diminue.

L'œil humain a un **pouvoir séparateur** θ de l'ordre d'un soixantième de degré.

À une distance de 30 cm, qui est la distance minimale pour observer sans effort une photo, cela signifie que l'œil ne peut pas différencier deux points séparés de moins de $300 \times \sin(1/60^\circ) = 0,09$ mm, ce qui correspond à une résolution de $25,4 / 0,09 = 282$ ppp.



IL EST DONC TOUJOURS INUTILE DE DÉPASSER UNE RÉOLUTION DE 300 DPI

Pour un tirage au format 10 cm x 15 cm, une **définition** de 1200 x 1800 = 2,2 mégapixels suffit donc !

Pour un tirage au format 20 cm x 30 cm, une **définition** de 2400 x 3600 = 8,6 mégapixel est optimale.

Pour un tirage au format 30 cm x 45 cm, une **définition** de 3600 x 5400 = 19,4 mégapixels est optimale !

Pour un tirage au format 40 cm x 60 cm, une **définition** de 4800 x 7200 = 34,5 mégapixels est optimale !!!

Ceci dit, les derniers calculs ne tiennent pas compte de la distance à laquelle on regarde un agrandissement. Il est raisonnable de considérer que l'on regarde une image au format 30 cm x 45 cm à une distance d'au moins 50 cm. Dans ce cas, le **pouvoir séparateur** de l'œil correspond à 0,15 mm, ce qui équivaut à une **résolution** de 175 dpi, soit une **définition** de 2100 x 3150 = 6,6 mégapixels. Ouf !

De même pour un format 40 cm x 60 cm observé à la distance raisonnable de 1 m, le **pouvoir séparateur** correspond à 0,29 mm, ce qui équivaut à une **résolution** de 90 dpi, soit une **définition** de 3240 x 2160 = 7 mégapixels. Sauvés !

Une affiche au format 3 m x 4 m, observée à une distance de 5 m pourra être composée de points séparés de 1,5 mm, ce qui correspond à une **définition** de 2060 x 2750 = 5,7 mégapixels. Si l'on regarde de trop près une affiche publicitaire, on observe qu'elle est composée d'une multitude de petits points.

Chacun tirera l'enseignement de ces calculs selon sa propre utilisation, mais retenons que :

- 3 millions de pixels sont suffisants pour des tirages au format 10 cm x 15 cm ;
- 8 mégapixels permettent largement d'imprimer tout format de tirage ;
- une définition supérieure (10 ou 12 mégapixels) est un confort, qui permet de recadrer une image tout en conservant une résolution suffisante.

H.2. La compression :

La place mémoire occupée par une image de 3 millions de pixels, codés chacun sur 8 bits par couleur, soit 24 bits est de 72 mégabits, soit 9 Mo (mégaoctets ; 1 octet = 8 bits). Elle est de 30 Mo pour une image de 10 mégapixels ! D'où la nécessité de réduire la taille de ces fichiers pour des problèmes à la fois de stockage et de durée de traitement.

Nous avons vu que le format d'image JPEG était un format compressé. La **compression** est un ensemble de calculs qui permettent de réduire la **place mémoire** occupée par une image numérique sans réduire sa **définition**.

La **compression JPEG** consiste à regrouper en une seule information les **pixels** de même valeur d'une image numérique. En augmentant le **taux de compression**, on demande à l'APN ou au logiciel de considérer comme identiques des pixels qui sont peu différents ; le **taux de compression** correspond au degré de tolérance. Le format JPEG est donc "destructif" car, selon le **taux de compression**, certaines informations sont perdues. Cela se traduit par des défauts, appelés **artefacts**, visibles notamment dans les zones de dégradés.



Compression moyenne



Compression forte



Compression très forte

H.3. Quelques mots sur la colorimétrie :

La question envisagée dans ce paragraphe peut sembler simple ; elle est en fait aussi vaste que complexe. Nous ne ferons qu'en aborder succinctement les grandes lignes.

H.3.a. Espaces colorimétriques :

L'image que nous observons sur un écran, sur un tirage photo ou à la sortie d'une imprimante est une interprétation d'un fichier numérique. Il suffit d'observer le même fichier numérique sur des écrans différents pour se rendre compte que son interprétation varie très fortement. De même un tirage d'un même fichier numérique effectué par deux laboratoires différents ne donnera souvent pas le même résultat. Une parfaite illustration de ce problème peut être observée chez un revendeur de téléviseurs : les écrans affichent tous la même image avec une **colorimétrie** très variable.

Or, il est important pour un photographe, que l'APN enregistre ce qu'il voit, que l'écran transcrive correctement les couleurs enregistrées par l'APN et qu'enfin, le tirage soit aussi conforme que possible avec ce qu'affiche l'écran. C'est ce que l'on appelle le respect de la **chaîne colorimétrique**.

L'ensemble de toutes les **nuances de couleurs** auxquelles est sensible l'œil humain standard (environ 10 millions de nuances) définit un **espace colorimétrique**. Cet **espace colorimétrique** est le plus large ; on dit qu'il possède le **gamut** (gamme de couleur en français) le plus étendu : en dehors de cet espace, on trouvera des "lumières invisibles" : ultraviolets, infrarouges,...

Cet **espace colorimétrique** a été défini mathématiquement grâce à une analyse statistique de la sensibilité de l'œil aux couleurs, effectuée sur un échantillon représentatif d'êtres humains. Il est aujourd'hui utilisé comme référence sous le nom **d'espace CIE-Lab** (CIE : commission internationale de l'éclairage).

H.3.b. Profils ICC :

Là où les choses se compliquent nettement, c'est que les différents éléments de la **chaîne colorimétrique** (APN, écran, imprimante,...) sont très loin de pouvoir reproduire toutes les nuances de **l'espace CIE-Lab**. Autrement dit, leur **espace colorimétrique** possède un **gamut** bien moins étendu que celui de **l'espace CIE-Lab**.

Par conséquent, lors de l'interprétation des couleurs, à chaque étape de la **chaîne colorimétrique**, des couleurs sont perdues. Par exemple, des couleurs bleues très saturées, parfaitement observables sur un écran, ne sont reproductibles par aucune imprimante, car les encres ne le permettent tout simplement pas. Il est donc fondamental de connaître **l'espace colorimétrique** d'un périphérique, c'est-à-dire l'ensemble des couleurs, qu'il est capable d'enregistrer (APN, scanner,...) ou de reproduire (écran, imprimante,...). Bien entendu, l'information perdue ne sera pas pour autant récupérable, mais cela permettra d'en tenir compte dans le traitement du fichier pour optimiser son rendu final.

Ces informations, qui définissent les capacités colorimétriques d'un périphérique, sont stockées dans un fichier appelé **profil ICC** (International Color Consortium).

Un **profil ICC** contient à la fois :

- les limites de **l'espace colorimétrique** du périphérique : son **gamut** ;
- une table de correspondance entre **l'espace colorimétrique** de ce périphérique et les couleurs réelles de **l'espace CIE-Lab** de référence.

H.3.c. Espaces de travail :

Les **espaces de travail** sont des **espaces colorimétriques** définis indépendamment de tout périphérique. Ce sont des normes, qui servent de dénominateur commun entre les différents périphériques utilisés dans la **chaîne colorimétrique**. **L'espace CIE-Lab** en est un exemple, mais on préfère travailler dans des espaces du type **RVB** (Rouge, Vert, Bleu).

Les deux **espaces de travail** les plus répandus en photographie sont :

- l'espace **sRVB** : c'est un **espace colorimétrique**, dont le **gamut** est peu étendu, mais cela fait aussi son intérêt, car la plupart des périphériques savent enregistrer ou reproduire toutes les couleurs qui le composent : c'est donc **l'espace colorimétrique** de référence dans tous les échanges informatiques, notamment sur Internet ;
- l'espace **Adobe RVB 1998** est plus vaste que le précédent et permet donc une retouche plus fine des photos. C'est donc **l'espace colorimétrique** à privilégier lorsque l'on souhaite avoir un meilleur contrôle de l'image. C'est actuellement un espace de référence dans le monde de l'image. Il reste cependant nettement moins étendu que **l'espace CIE-Lab**, ce qui signifie concrètement que certaines **nuances de couleurs** visibles n'existent pas dans cet **espace colorimétrique**.

H.3.d. La chaîne colorimétrique :

À la lumière de ces nouvelles notions, reprenons toute la **chaîne colorimétrique** depuis l'objet photographié jusqu'à la diffusion d'une image.

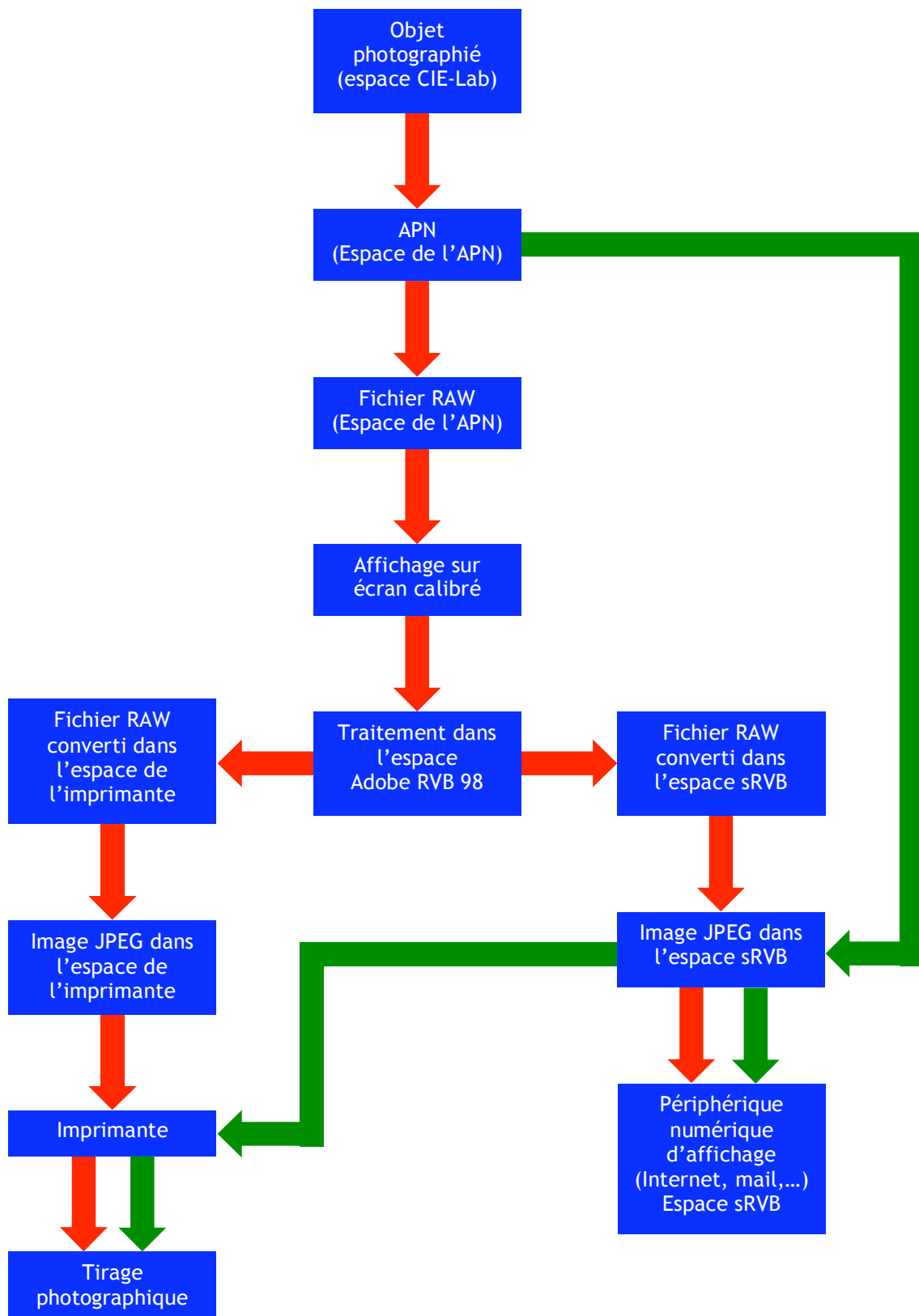
- L'objet photographié émet toutes sortes de lumières visibles ou non. Naturellement, seules les couleurs visibles (celles de l'espace CIE-Lab) nous intéressent ici.
 - L'APN enregistre ces couleurs dans son propre **espace colorimétrique**, ce qui constitue déjà une interprétation : cet **espace colorimétrique** est moins étendu que l'**espace CIE-Lab**, du fait notamment de la **dynamique** limitée du capteur. Pour autant, il est tout à fait illusoire de définir cet **espace colorimétrique**, si les conditions d'éclairage changent, ce qui est presque toujours le cas, excepté si l'on travaille dans un studio photographique.
 - Les **données brutes** ainsi recueillies sont ensuite converties dans un **espace de travail** (sRGB ou Adobe RGB 1998 selon la configuration de l'APN). Si l'on utilise le format **RAW**, on peut choisir son **espace de travail** au moment du traitement.
 - Le fichier est ensuite exporté vers l'ordinateur et l'écran en donne une interprétation. Cette étape est primordiale car la fidélité d'un écran est rarement satisfaisante. Il est donc vivement conseillé de **calibrer** son écran, c'est-à-dire de lui attribuer un **profil ICC** personnalisé. Cela se fait à l'aide d'une **sonde de calibration** ou, à défaut, à l'aide d'un logiciel. Les informations contenues dans ce **profil ICC** servent à modifier le comportement de l'écran par l'intermédiaire de la carte vidéo. Par exemple, si un écran a une dominante verte, le **profil ICC** commandera à la carte vidéo de diminuer en conséquence la composante verte.
- ☞ Si l'écran est mal calibré, il peut s'avérer très préjudiciable de traiter les photos : imaginons par exemple un écran qui a tendance à afficher des couleurs manquant de **saturation**. On voudra légitimement retraiter les images en les saturant davantage pour compenser ce "défaut" apparent. Or, en faisant cela, on modifie le fichier tel qu'il est dans l'**espace de travail** et non tel qu'on le voit dans l'**espace colorimétrique** de l'écran. On se retrouvera donc finalement, à son insu, avec une photo trop saturée...

Une fois que l'on est satisfait du rendu de l'image sur l'écran calibré, le fichier peut être diffusé :

- si l'image numérique n'a pas vocation à être imprimée, il faudra la convertir dans l'**espace colorimétrique** le plus universel : l'**espace sRGB** (si ce n'est pas déjà le cas) ;
- si l'image doit être imprimée, il faudra la convertir dans l'**espace colorimétrique** de l'imprimante, ce qui impose de connaître son **profil ICC**. Certains laboratoires de tirage en ligne mettent à disposition le **profil ICC** de leur matériel d'impression.

Attention : cette procédure idéale n'interdit évidemment pas à ceux que tout cela dépasse et qui n'ont pas un écran correctement calibré, d'imprimer et de diffuser des photos ! Il faudra simplement opérer avec précaution en choisissant préférentiellement l'**espace sRGB** tout le long de la **chaîne colorimétrique**, pour sa plus grande compatibilité. Il faudra également faire confiance aux laboratoires de tirage, qui proposent d'optimiser automatiquement les photos en fonction de leur matériel.

La figure suivante récapitule les opérations décrites ci-dessus :



Procédure optimisée avec contrôle de la chaîne colorimétrique

Procédure optimisée sans contrôle de la chaîne colorimétrique

I. Pour aller plus loin

Voici une sélection non exhaustive de sites, où l'on trouvera une multitude d'informations complémentaires.

I.1. Pour apprendre (techniques)

Dix conseils pour bien cadrer :

http://www.linternaute.com/photo_numerique/cadrage/

Un petit exercice de cadrage interactif :

<http://www.utc.fr/rendezvouscreation/francais/connaissances/outilspedagogiques/cadrezmoi/files/>

Le "B.A. BA" de la retouche photo :

<http://www.clubic.com/article-31278-1-le-b-a-ba-de-la-retouche-photo.html>

Au-delà du mode automatique :

<http://www.clubic.com/article-21687-1-photo-numerique-au-dela-du-mode-automatique.html>

De l'art de composer ses photographies :

<http://www.clubic.com/article-23131-1-de-l-art-de-composer-ses-photographies.html>

Tout sur la technique de la photographie :

<http://www.dolphin2001.net/photo/cours/cours/index.htm>

<http://www.cours-photophiles.com/>

<http://www.megapixel.net/html/articles-f.php>

La photographie de nuit :

<http://technologie.sympatico.msn.ca/Photographie/Techniquesetconseils/Articles/ShootingInTheDark.htm>

<http://www.pixelistes.com/portal/index.php?page=90>

La photographie panoramique :

<http://www.arnaudfrichphoto.com/guide-photo-panoramique/guide-photo-panoramique.htm>

Photographier la foudre :

<http://www.jbmmv.com/technique/orages/sommaire.php>

La photographie à haute vitesse :

<http://www.jacqueshonvault.fr>

La retouche d'image :

<http://www.wisibility.com>

La colorimétrie

<http://www.profil-couleur.com>

<http://www.arnaudfrichphoto.com/gestion-de-la-couleur/gestion-de-la-couleur.htm>

I.2. Pour admirer (galeries) :

<http://www.aube-nature.com/>

<http://ct.rey.free.fr/>

<http://www.julienboisard.fr/index.html>

<http://www.zyeuter.com/>

<http://www.naturepixel.com/>

http://www.pbase.com/christopher_s/macro

<http://www.ecrinsdelumiere.com/accueil.html>

<http://www.cristaldegivre.com/>

<http://www.emmari.net/>

<http://www.oseydoux.com/>

<http://carlierchristophe.free.fr/>

<http://www.samuelbitton.com/fr/index.php>

<http://wildphoto.smugmug.com/>

<http://www.adam-burton.co.uk/>

<http://www.collines-et-vallees.net/>

<http://www.nicolasdory.com/>

<http://www.natureinspiration.com/>

<http://www.vincentmunier.com/>

<http://www.franslanting.com/>

<http://www.tetras.org/>

<http://www.onexposure.net/>

<http://www.rencontres-sauvages.fr/>

<http://www.yannarthusbertrand.com/>

<http://aquamacro.oxydes.net/>

<http://www.northernlandscapephotography.com/>

<http://www.david-allemand.com/>

<http://www.naturelibre.com/>

<http://www.arnaudmillot.net/>

<http://www.animales.com/>

<http://www.alpesphoto.com/>

<http://christophe.perelle.free.fr/>

<http://www.joecornish.com/>

<http://www.emmanuelcoupe.com/>

<http://www.andremaurer.com/>

<http://www.christophehuet.com/>

<http://www.igorlaptev.com/>

<http://backside.sebastien-briere.com/>

<http://homepage.mac.com/zackschnepf/>

<http://www.c-sidamon-pesson.com/>

<http://galerie.megapixel.free.fr/>

<http://www.alexislarcher.com/> (mon petit frère)

<http://chrisphil.free.fr/> (je me suis permis...)

I.3. Pour partager (forums, podcasts) :

<http://www.declencheur.com/> (Abonnement gratuit !)

<http://www.megapixel.net/phpBB2f/index.php> (montrer ses photos et regarder celles des autres, critiquer et être critiqué, recevoir des conseils ou en donner. Tous les niveaux s'y rencontrent)

<http://www.beneluxnaturephoto.net/forumf/index.php> (essentiellement tourné sur la photo nature. On y voit de très belles choses)

I.4. Pour connaître le matériel (tests) :

NB : tous ces sites sont en anglais...

<http://www.dpreview.com/> (une référence !)

<http://www.slrgear.com/>

<http://photozone.de/>

<http://www.kenrockwell.com/>

<http://www.fredmiranda.com/>