

Club Georges Méliès - Chambéry

Fiche Technique N° 5

LES FOVEONS

Jean-Pierre GOUDARD.

Révision du 11/01 /2017

SOMMAIRE :

Les Foveons	1
1 - Le Foveon X3	1
1 - 1 Fonctionnement	1
1 - 2 Avantages	4
1 - 3 Inconvénients	4
2 - Le Foveon Quattro	5

Les Foveons

1- Le Foveon X3

Il a été imaginé par Richard Merrill, ingénieur chez le fabricant de capteurs Foveon, racheté par Sigma qui bénéficie depuis d'un droit d'exploitation exclusif. Ce capteur est constitué de trois couches de silicium C1, C2, C3, superposées et isolées entre elles dans lesquelles sont incorporées respectivement à des profondeurs différentes, trois couches de photodiodes. L'épaisseur de silicium traversé joue le rôle de filtres colorés pour les photodiodes : C1 est transparent, C2 est un filtre jaune, C3 est un filtre rouge.

Ce système permet aux capteurs X3 de quantifier directement en interne les attributs rouge, vert et bleu, de la luminance sur chaque photosite par opposition aux capteurs CCD ou CMOS qui n'enregistre qu'une couleur par photosite à l'aide de filtres de Bayer.

Dans cette technologie 1 photosite du capteur correspond à 1 pixel de l'image et un seul.

1-1 Fonctionnement

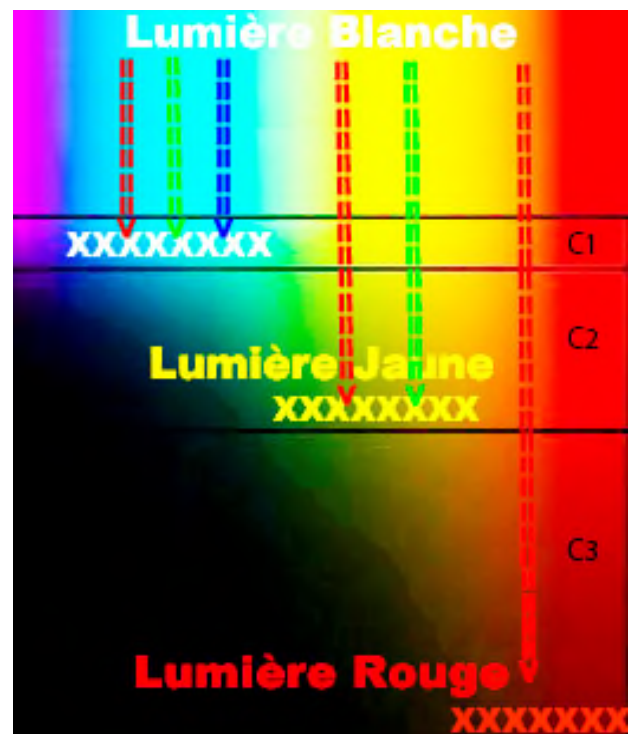
Un photosite est constitué de trois photodiodes superposées incluses respectivement dans les trois couches isolées d'un cristal de silicium. Il permet ainsi une capture verticale de la couleur.

Couche 1 : pas d'absorption en surface =====>
Informations sur les attributs de luminance $r(R),v(V),b(B)$ des couleurs primaires R,V,B, donnés par la première couche de photodiodes implantées en surface recevant de la lumière non filtrée.

Couche 2 : Absorption du Bleu =====>
Informations sur les attributs de luminance $r(R),v(V)$ des couleurs primaires R,V, donnés par la deuxième couche de photodiodes implantée de telle façon qu'elle ne reçoit que la lumière filtrée jaune.

Couche 3 : Absorption du vert =====>
Informations sur l'attribut de luminance $r(R)$ de la couleur primaire R données par la troisième couche de photodiodes implantée de telle façon qu'elle ne reçoit que la lumière filtrée rouge.

Représentation de l'absorption des couleurs de la lumière blanche dans l'épaisseur du cristal de silicium.



XXXXXXXX = 1 Photodiode

Selon la Loi de Grassmann, l'obtention d'une couleur C donnée consiste à quantifier les attributs de luminance r, v, b , de chaque primaire R,V,B, qui additionnées induisent la même perception visuelle colorée que celle de la couleur à reproduire.

$$C \equiv r(R) + v(V) + b(B)$$

Pour obtenir alors la couleur des pixels de l'image, donc, une information complète sur les valeurs de luminances $r(R), v(V), b(B)$ de tous les photosites du capteur, on pourra calculer les attributs de luminance r, v, b , de chaque primaire R,V,B, à partir des données brutes des photosites en faisant le raisonnement suivant :

La couche 1 (c_1) en surface sera influencée par les longueurs d'onde rouge, vert et bleu.

Elle enregistre les valeurs de luminances du rouge, vert, bleue : $r(R), v(V), b(B)$

$$Y_{c1} = r(R) + v(V) + b(B) \quad (1)$$

La couche 2 (c_2) sera influencée par les longueurs d'onde rouge et verte. **Elle enregistre les valeurs de luminances du rouge et vert : $r(R), v(V)$.**

$$Y_{c2} = r(R) + v(V) \quad (2)$$

La couche 3 (c_3), la plus profonde, sera influencée uniquement par les longueurs d'onde rouge qui sont les plus longues et qui pénètrent plus profondément. **Elle enregistre les valeurs de luminances rouges : $r(R)$.**

$$Y_{c3} = r(R) \quad (3)$$

On a obtenu directement les valeurs de luminances de la composante rouge :

$$r(R) = Y_{c3}$$

Pour avoir les valeurs de luminances des composantes vertes et bleues, il suffira de les calculer par soustraction :

$$v(V) = Y_{c2} - Y_{c3}$$

$$b(B) = Y_{c1} - Y_{c2}$$

On a ainsi calculé simplement, pour tous les pixels, les trois valeurs de luminances des couleurs primaires $r(R), v(V), b(B)$ que l'on retrouvera en sortie du capteur. On aura obtenu une information complète sur les couleurs des pixels de l'image.

Après ce calcul en interne au niveau du capteur, Le Foveon paraît donc fonctionner avec trois couches de photosites capturants, pour la C1, couche superficielle, les informations relatives au bleu, pour la C2, couche intermédiaire, les informations relatives au vert et pour la C3, couche profonde, les informations relatives au rouge.

Pour simplifier, on peut dire que par un simple calcul, la couche supérieure donne la composante bleue, la couche intermédiaire la verte et la couche inférieure la rouge.

C'est pour cela que les divers documents publicitaires de communication et de vulgarisation de sigma laissent à penser qu'il y a une émulation de la première couche par les rayons bleus, de la deuxième par les rayons verts et de la troisième par les rayons rouges.

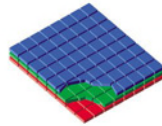


Figure 01

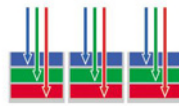


Figure 02



Figure 03

La figure 02 procède d'une vulgarisation exagérée qui ne représente pas la réalité physique des phénomènes.

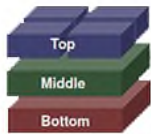
1-2 Avantages

- Pas d'interpolation, rien que des pixels calculés à partir de données enregistrées par le capteur.
- Image plus nette car il n'y a pas de filtre passe-bas anti-moirage,
- Des couleurs plus vraies
- Moins d'artefacts car ceux normalement associés aux capteurs de Bayer sont éliminés.

1-3 Inconvénients

- Le capteur Foveon souffre de bruit chromatique. Pour connaître le signal vert, on retranche du signal de la deuxième couche le signal de la troisième couche. Ce procédé de soustraction augmente le bruit de fond. Il en est de même pour le signal bleu.
- Le Foveon donne d'origine des couleurs très peu saturées que l'on est obligé de corriger pour retrouver une saturation naturelle. Cette amplification importante de la saturation entraîne une amplification proportionnelle du bruit.
- Les rayons obliques qui rentrent dans le capteur ont un parcours plus long, ce qui entraîne une absorption plus prononcée des couleurs ce qui fausse en particulier le signal rouge
- La troisième couche du signal rouge reçoit peu de lumière d'où un bruit relatif non négligeable pour ce signal.
- La diffusion des rayons de lumière dans le cristal provoque un manque de définition.
- Chaque couche superposée n'est pas opaque à 100% pour sa propre couleur, bleu pour la première couche, vert pour la deuxième couche

2- Le Foveon Quattro



R. V. B.

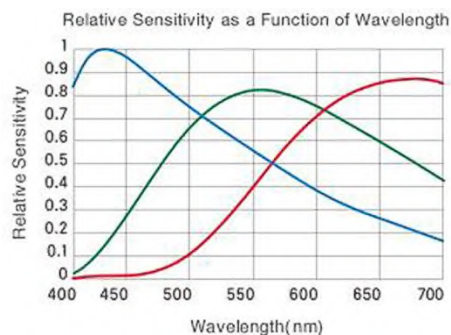
Le Foveon Quattro conserve la technique de capture verticale des informations des couleurs primaires sur un même photosite, **1 photosite du capteur correspond, à 1 pixel de l'image et un seul.**

Par contre, la conception d'un photosite est différente. Il est composé :

D'une couche supérieure bleue qui capture les informations de luminance et de couleur, composée d'un groupe de quatre photodiodes quatre fois plus petites que celles des couches plus profondes. Elle compte 19,6 millions de photodiodes.

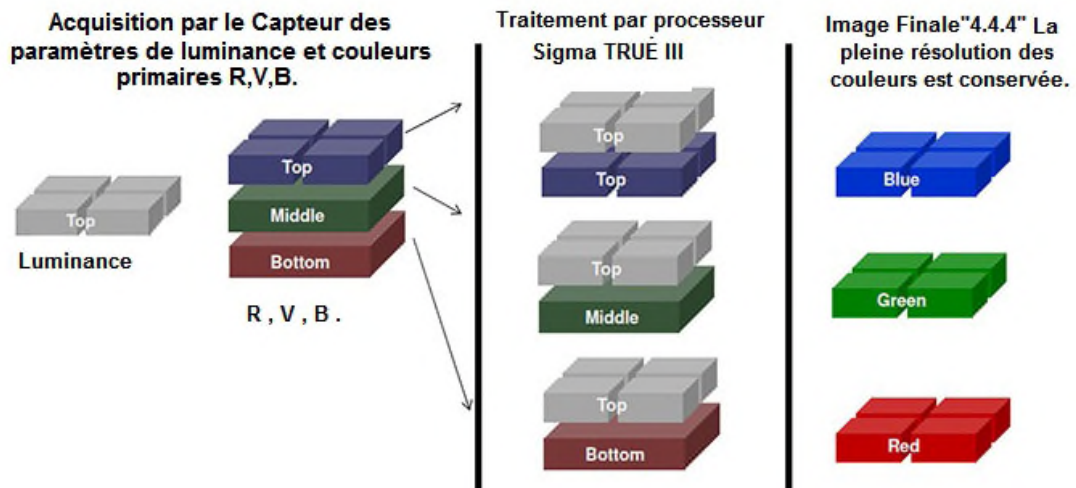
De deux couches, une médiane verte et une inférieure rouge qui possèdent une seule photodiode quatre fois plus grosse qui améliore les signaux de luminance Vert et rouge compensant ainsi le manque de lumière dû à l'enfouissement dans le cristal de silicium de ces couches. Ces couches ne comptent respectivement que 4,9 millions de photodiodes. Elles capturent des informations de couleur verte et rouge.

C'est une structure de ratio 1:1:4. D'où la nouvelle appellation Foveon Quattro de ce capteur.



Compte tenu de la réponse des photodiodes aux stimuli des couleurs du spectre visible, **on peut considérer comme panchromatique le canal de luminance de la couche supérieure bleue**

ON utilisera alors ces informations de luminance pour les plaquer respectivement sur la couche médiane verte et sur la couche inférieure rouge.



Pour avoir la même définition spatiale que la couche supérieure bleue, on fera une interpolation des données rouges et vertes pendant la phase de traitement de l'image grâce au processeur de traitement d'images TRUE.III. On obtiendra alors une structure de ratio 4:4:4. Par ailleurs pendant ce traitement la colorimétrie de l'image, en particulier la saturation, sera corrigée, la gestion du bruit améliorée.