

La capture du ciel profond à l'APN*

Olivier Désormière

Décembre 2013

*Nota : la présentation optimisée pour les Reflex Canon EOS très majoritairement utilisés en Astrophoto du ciel profond.



Première partie

Un peu de théorie...

- Les logiciels pré requis
- Le capteur de l'APN
- Images raws, darks, flats, offsets
- Annexes



Les logiciels

- **Logiciel de capture**

- Il existe 2 logiciels de capture optimisés pour l'astro et bien plus performants et conviviaux que les logiciel de l'APN.
- **Backyard EOS alias BYE**
- **Astrophotography Toll alias APT**

- **Logiciel d'autoguidage**

- **PHD guiding**
- **V1.4 stable, V2.0 en b ta**
- **s'interface avec BYE et APT pour le dithering (léger décalage entre les poses)**

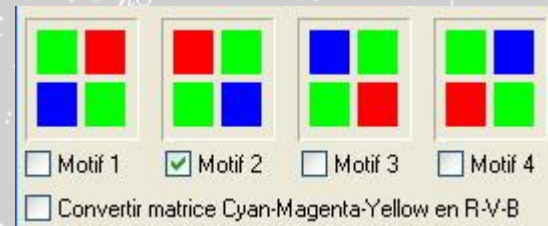
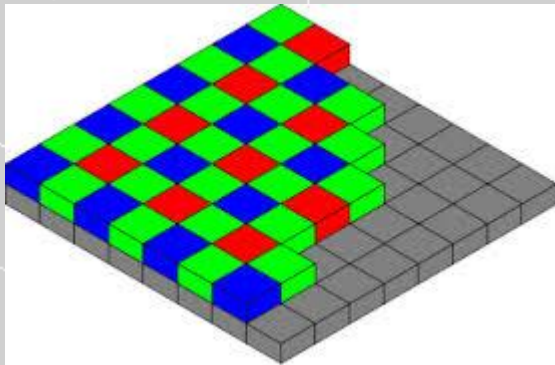
- **Logiciel de visualisation et d'analyse**

- **IRIS**

Le capteur de l'APN

- **La matrice de bayer**

- Chaque pixel a un petit filtre rouge, vert ou bleu
- il y a 2 fois plus de pixels verts que de bleus ou rouges
- 4 motifs possibles répétés sur tout le capteur



- **Débayérisation**

Pour retrouver la composante en Rouge Vert et Bleu de chaque pixel, les logiciels utilisent les pixels adjacents et font une interpolation i.e. une « moyenne » pour les 2 autres couleurs.

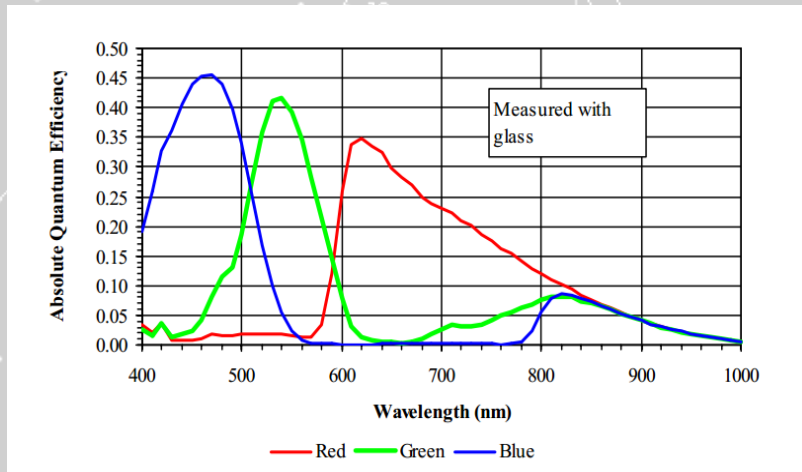
Le capteur de l'APN

- **Conséquence de la matrice de bayer sur les filtres**
 - **On ne peut pas supprimer la matrice de bayer**
 - **Mettre l'APN en noir et blanc n'enlève pas les filtres**
 - **Quand on ajoute un filtre devant l'APN, on empilera donc ce filtre avec les filtres de la matrice de bayer.**
 - **Avec les filtres à bande étroite (Ha, OIII, SII) certains pixels ne recevront quasiment pas de photons. (donc que du bruit!)**
 - **-> on n'a pas intérêt à débayeriser, mais plutôt jeter les pixels non éclairés avec le filtre Halpha**



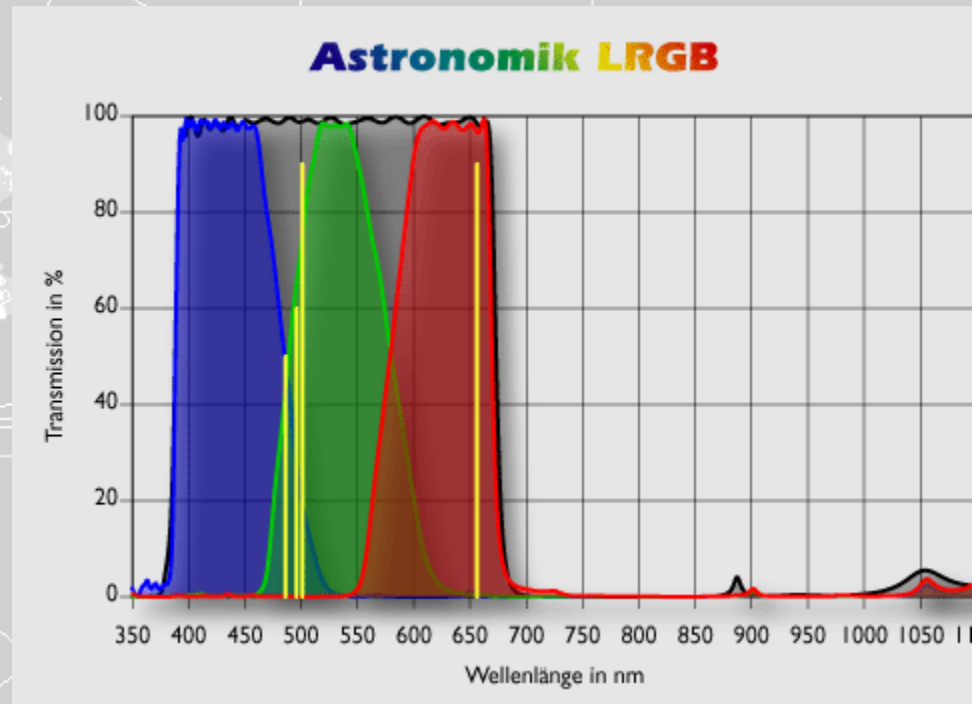
Le capteur de l'APN

• Capteurs couleurs et nébuleuses



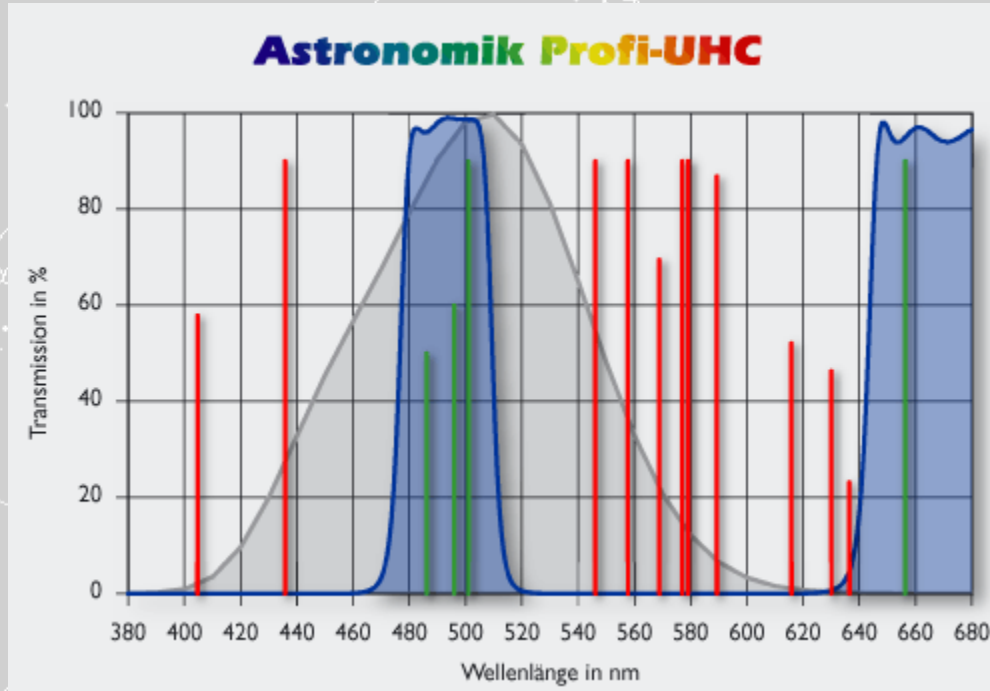
Rendement quantique typique
d'un capteur couleur

- Les raies Alpha 657nm et SII 675nm n'éclairent que les pixels rouges
- Les raies OIII 496 et 501nm sont à cheval entre bleu et vert

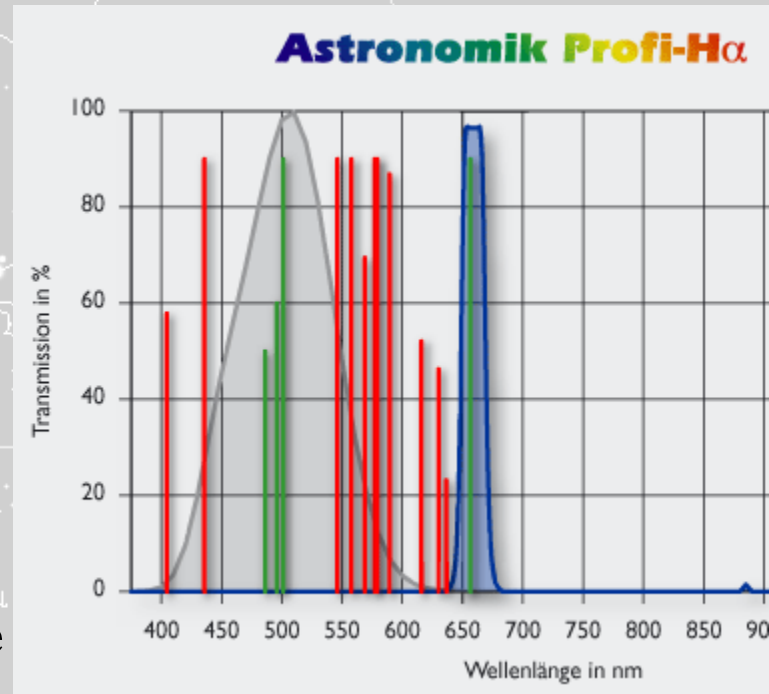


Le capteur de l'APN

- Filtres à Nébuleuses : UHC et Halpha



Avec l'UHC on utilise tous les pixels R V B. on peut débayériser

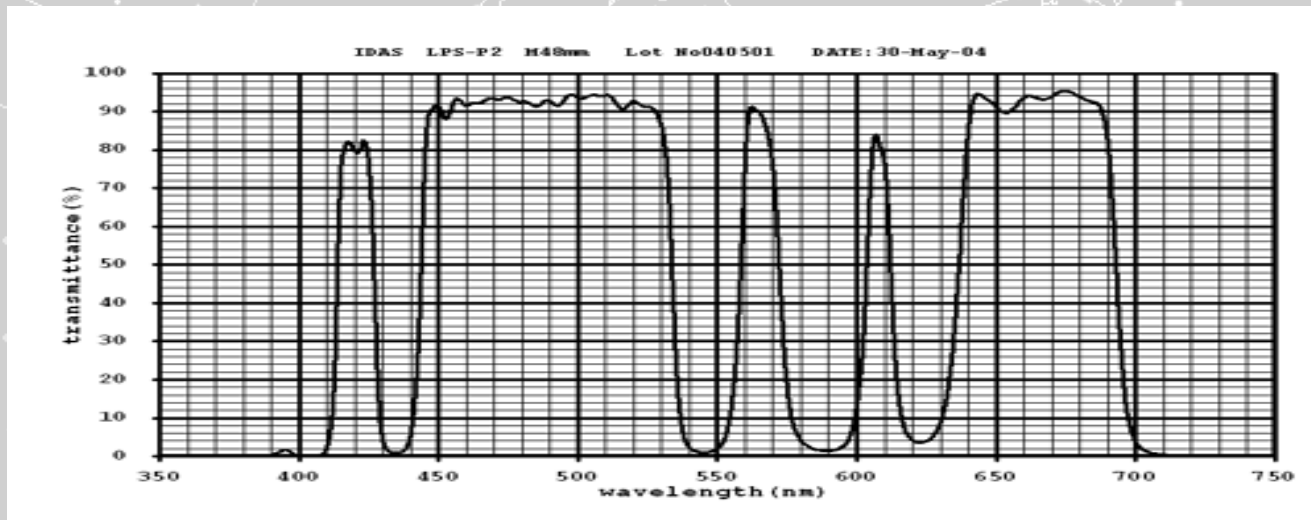


Avec le Halpha on n'utilise que les pixels rouges. Il ne faut pas débayériser mais faire du « super pixel » i.e. ne garder que les pixels rouges (cf logiciel DSS)

Le capteur de l'APN

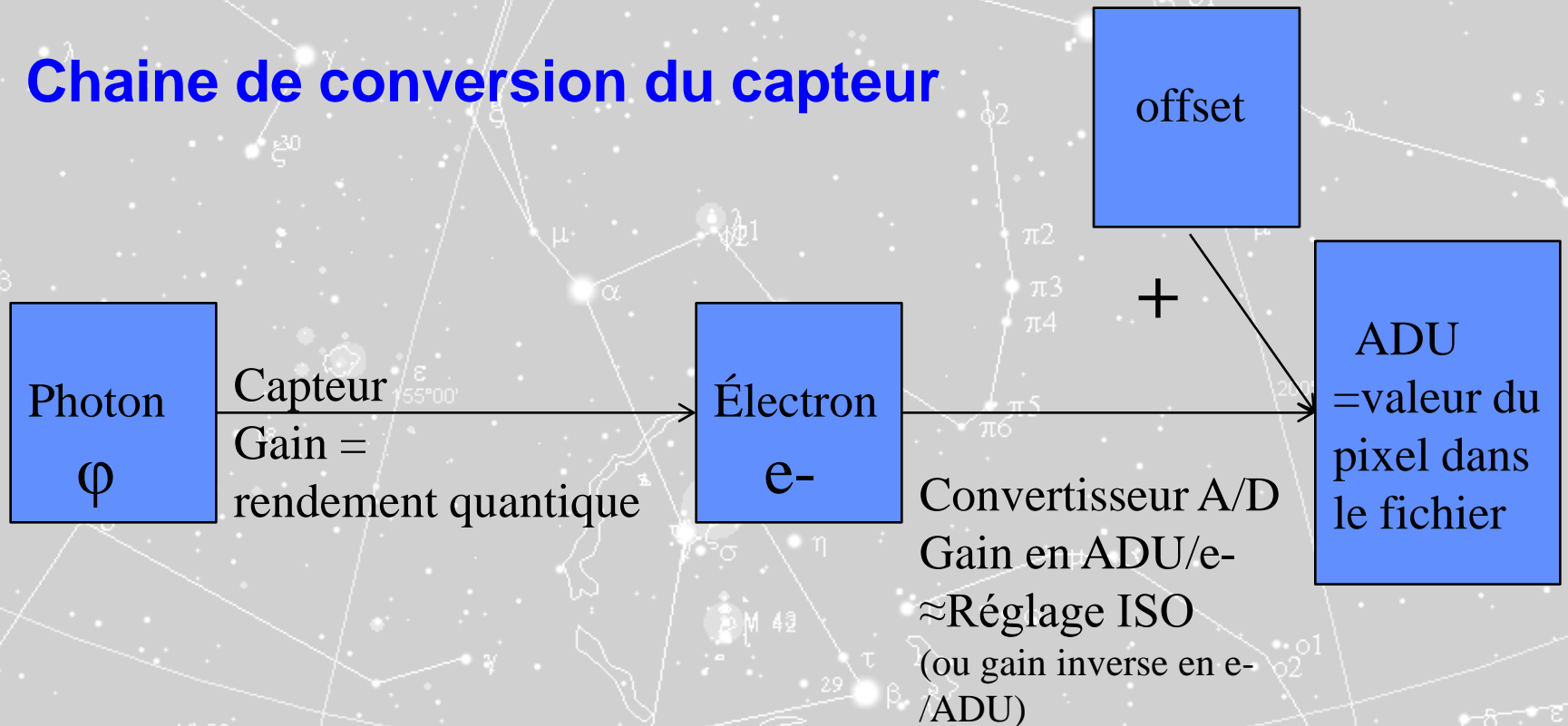
- **Autres filtres antipollution**

- Ce sont des filtres proches des UHC, mais avec une bande passante plus large -> ils filtrent un peu moins la pollution. En contre partie on récupère un peu plus de signal utile sur les objets à spectre continu (Galaxies, amas...)
- L'un dans l'autre ça marche très moyennement sur les Galaxies, on coupe autant de signal utile que de pollution
- Le IDAS LPS2 est le seul qui marche « un peu »



Le capteur de l'APN

- Chaine de conversion du capteur



- Exemple APN typique

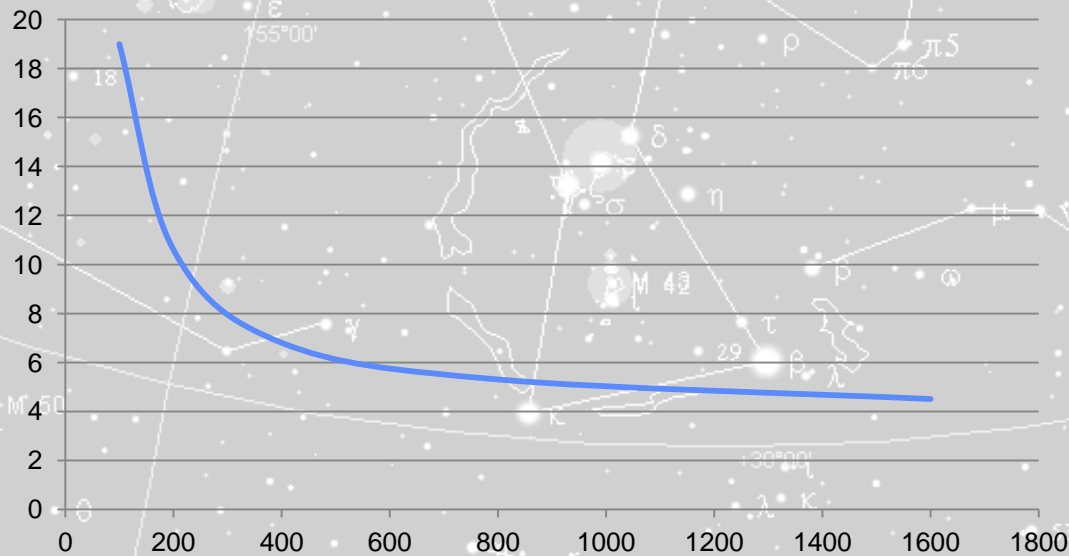
Gain à 800 iso $0.7 \text{ ADU}/e^-$, offset 1024 ADU, rendement quantique 30%

Le pixel reçoit 2000 photon pendant la pose. Dans le fichier la valeur du pixel en ADU sera: $(2000 \times 0.3 \times 1/0.7) + 1024 = 1444 \text{ ADU}$

Le capteur de l'APN

- Le bruit de lecture des EOS diminue en augmentant les ISO

bruit de lecture en e-
en fonction des ISO



EOS40D Source Christian Buil

Images, Darks, flats, offsets

- comment faire les images

Iso : typiquement 800 iso, c'est un bon compromis entre bruit de lecture et temps de pose*

Objets très contrastés, comme M42, M31 : on peut réduire à 400 iso pour augmenter la dynamique par x2. Il faudra faire un peu plus de poses qu'à 800iso pour retrouver le même rapport signal à bruit, environ 50% de plus

Objets très faibles : on peut éventuellement augmenter à 1600 iso si pas de problème de saturation. On atteindra le même rapport signal à bruit qu'à 800 iso, mais avec 1/3 de poses en moins. **

* (Christian Buil définit un critère de bon compromis sensibilité vs dynamique, typiquement entre 400 et 800 iso sur les Canon EOS, voir liens en annexe)

** (R.N. Clarck définit un critère de sensibilité optimal correspondant à 1^e- par ADU, c'est typiquement entre 800 et 1600iso sur les Canon)



Images, Darks, flats, offsets

- **Les principaux bruits perturbant le signal utile**

Le bruit de lecture : bruit constant à chaque pose quelque soit la durée

Le bruit thermique : lié au courant de dark. Des électrons parasites sont piégés dans le pixel, leur nombre augmente proportionnellement avec le temps de pose. Le courant de dark augmente énormément avec la température : il double tous les 6 degrés

Le bruit photonique : les photons arrivent de façon aléatoire, le bruit est la racine carrée du nombre de photon reçus, que ce soit du signal utile ou de la pollution lumineuse

Images, Darks, flats, offsets

- Ce qui compte au final, c'est le rapport Signal/ Bruit

ATTENTION : Pour diviser un bruit par 2, il faut 4 fois plus de poses !!!

Le Bruit photonique et le bruit thermique augmentent avec le temps de pose, mais moins vite que le signal utile

-> rapport signal à bruit augmente avec le temps de pose total

Le bruit de lecture est constant

-> on a intérêt à augmenter le temps de pose unitaire jusqu'à rendre le bruit de lecture négligeable par rapport aux autres bruits

Images, Darks, flats, offsets

- **comment déterminer le temps de pose unitaire idéal**

IMPORTANT : le temps de pose minimal pour les images est atteint quand le bruit du fond du ciel est au moins 3x plus grand que le bruit de lecture.

Cette règle garantit que le bruit de lecture ne contribue que pour 5% au bruit total de l'image (donc quasi négligeable)

Comment faire en pratique:

1. on fait un offset et on mesure le bruit dans une zone sans pixel chaud. C'est quasiment le bruit de lecture (il faudrait prétraiter l'offset avec le master offset pour être exact, mais différence insignifiante)
2. on fait une image test de quelques minutes (2min en ville, 5min avec un filtre UHC, 10min à la campagne) et on mesure le bruit dans une zone sans étoile ni objet : un bout du fond du ciel
3. on augmente le temps de pose jusqu'à ce que le bruit de l'image soit $> 3x$ le bruit de l'offset

Images, Darks, flats, offsets

- mesure du bruit dans IRIS

The screenshot shows the IRIS software interface. The main window displays a dark image with a white rectangle. A red arrow points from the text '1. on sélection un rectangle sans pixel chaud' to the rectangle. Another red arrow points from the text '2. clic droit de la souris, puis clic sur "statistiques"' to the 'Statistiques' window. A third red arrow points from the text '3. on note le Sigma -> c'est le bruit' to the 'Sigma' field in the 'Statistiques' window, which is circled in red.

1. on sélection un rectangle sans pixel chaud

2. clic droit de la souris, puis clic sur "statistiques"

3. on note le Sigma -> c'est le bruit

Statistiques

Moyenne =	252.99	Mediane =	250
Sigma =	20.07		
Max. =	336.0	Pixel =	(445, 1903)
Min. =	173.0	Pixel =	(404, 1920)
Volume max. =	8411967.0		
Volume min. =	0.0		

OK

Images, Darks, flats, offsets

- comment faire les darks flats offsets

Darks : même temps de pose, même iso et même température de capteur que les images. Bouchon sur l'objectif de l'APN et sur le viseur

Offset : même iso et à peu près même température que les images. Temps de pose le plus court possible et bouchon sur l'APN.

Flats : seule contrainte : avoir l'histogramme à peu près à moitié pour les 3 couleurs. Il existe un mode flat dans APT et BYE en mettant l'APN en mode Av, le temps de pose correct est automatiquement sélectionné.

Images, Darks, flats, offsets

- combien d'images, darks, flats, offsets**

Images : le plus possible ! Mais on a de très bons résultats avec environ 30 poses si le critère de x3 le bruit de l'offset est respecté.

Flats : 8 à 16 poses

Darks : environ le double du nombre d'images, 64 typiquement

Offsets : une centaine, une bonne trentaine minimum.

On peut rajouter des darks et des offsets a posteriori et refaire le traitement. On peut aussi faire des offsets à l'avance...

Images, Darks, flats, offsets

- **quoi faire en priorité**

1 Les images : tant que le ciel le permet, il faut en faire un maximum

2 les flats : très important on ne peut pas les refaire ensuite, il faut absolument les faire avec la même configuration que la prise de vue, y compris la mise au point qu'il ne faut pas modifier.

3 les Darks : à faire à la même température de capteur. BYE ou APT donnent la température de capteur lors de la prise de vue. On peut les faire à la maison, sur le balcon ou dans le frigo. Il faut être à la même température à 1° près.

4 les offsets : à faire à la maison à peu près à la même température, à +/-5° près.



Images, Darks, flats, offsets

- **Courant de dark**

Le courant de dark est proportionnel à la durée d'exposition

Le courant de dark double tous les 6 degrés

On peut donc tricher un peu si on n'a pas exactement la même température de capteur en ajustant la durée des darks.

Par exemple si on a une température de capteur de 3° supérieure à la température des prises de vue il faudra diminuer le temps de pose du dark d'un facteur 1.4

Résumé

- **Réglage ISO**

800 iso dans le cas général

(400iso pour objets très contrastés, 1600iso pour objets très faibles)

- **Temps de pose unitaire idéal**

Ajuster la durée pour que le bruit du fond du ciel doit être au moins 3x plus grand que le bruit de l'offset

- **Darks flats Offsets**

16 flats, 100 offsets, au moins 2x plus de darks que d'images. Flats super important, à faire sur le terrain après les poses; Darks et Offsets, à la maison.

- **Filtres anti pollution lumineuse**

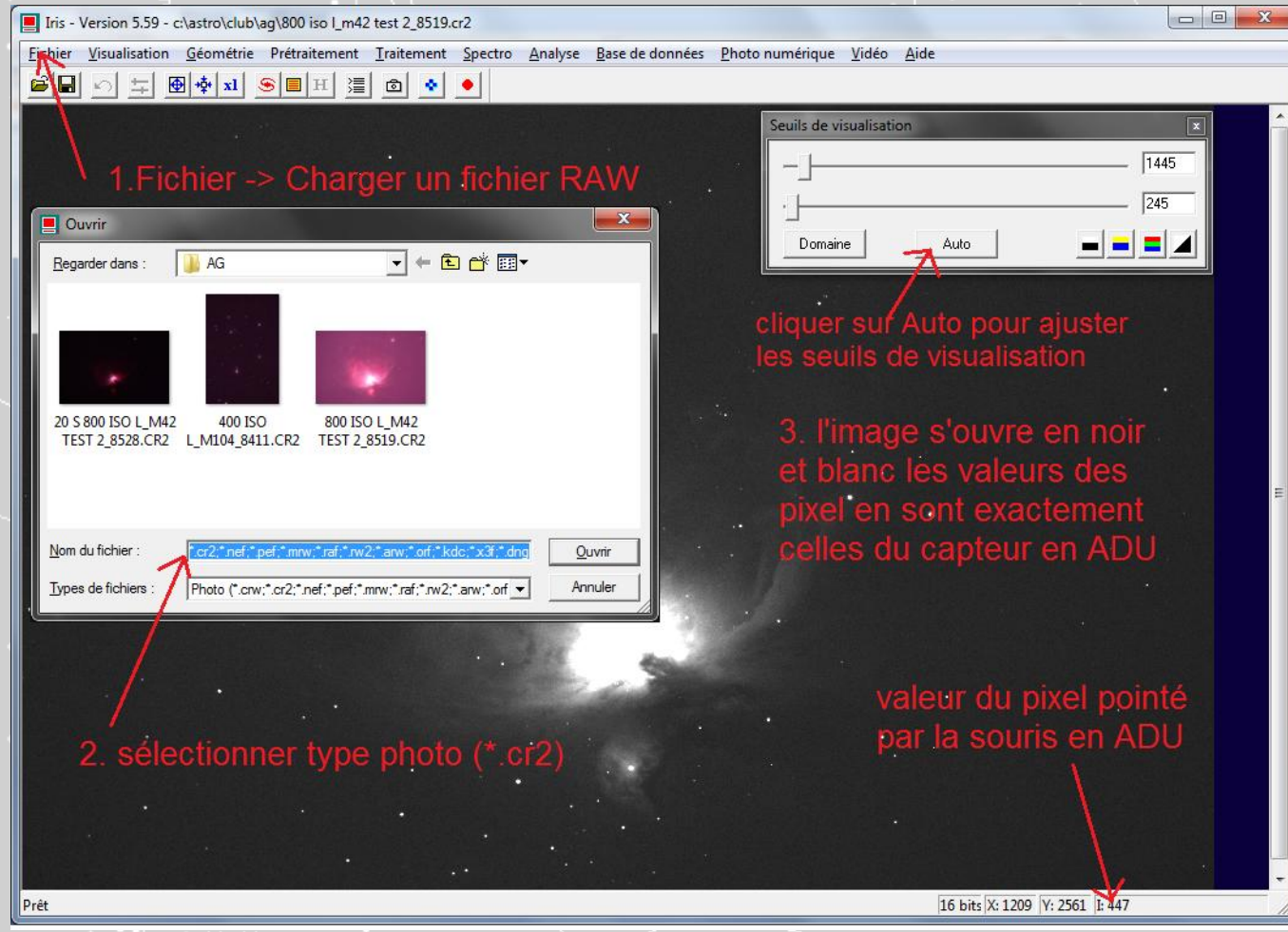
Préférer l'UHC et faire de la nébuleuse en ville, sinon aller à la campagne pour les galaxies



Annexe 1

• Ouverture d'un fichier en mode RAW

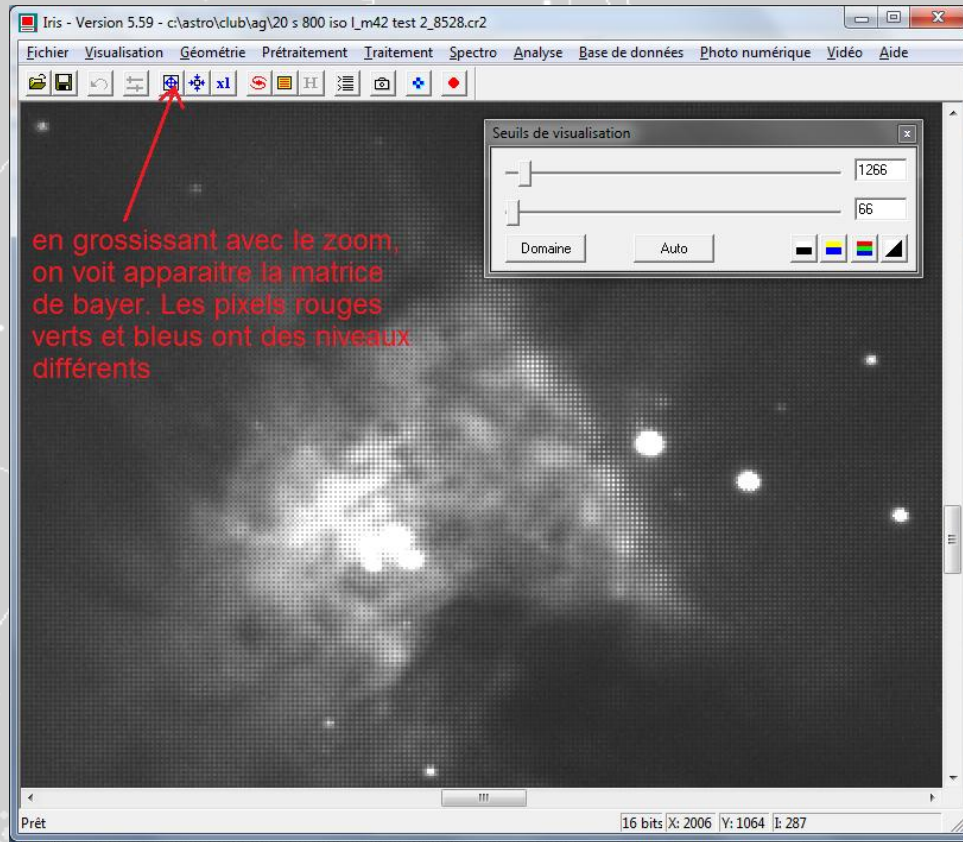
contient exactement les valeurs des pixels du capteur, c'est ce qu'il faut utiliser pour mesurer les valeurs des pixels, le bruit, vérifier la saturation...



Annexe 1

- **Ouverture d'un fichier en mode RAW (suite)**

En utilisant le zoom d'iris, on fait apparaître la matrice de bayer

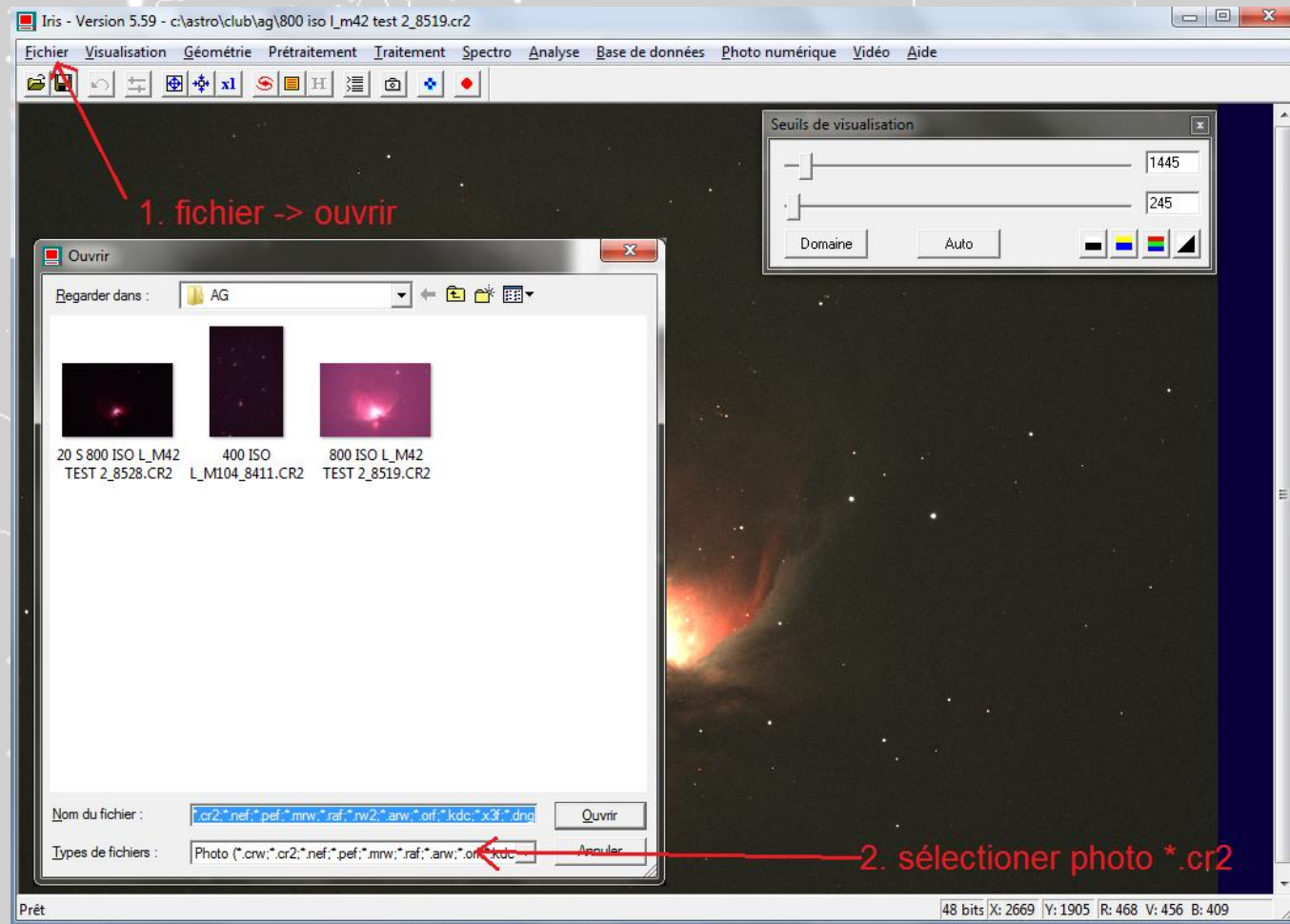


On peut balader la souris pour voir les valeurs des différents pixels ou sélectionner une zone et avoir la statistique

Pour vérifier à quelle valeur le capteur sature, on peut faire une exposition de plusieurs secondes sans objectif devant une lampe et regarder à quel niveau d'ADU max on arrive dans Iris

Annexe 1

- **Ouverture d'un fichier en mode débayerisé**
contient exactement les valeurs des pixels du capteur, c'est ce qu'il faut utiliser pour mesurer les valeurs des pixels, vérifier la saturation...



Annexe 2

- **Lien intéressants**

Le site de Christian Buil <http://www.astrosurf.com/buil/index.htm>

La page sur les cameras : <http://www.astrosurf.com/buil/cameras.htm>

Logiciel Iris : <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

Logiciel Isis : http://www.astrosurf.com/buil/isis/isis_en.htm

utilisé en spectro, contient un utilitaire permettant de mesurer les performance d'un capteur à l'aide de 2 flats, 2 darks et 2 offsets

Le site de Roger N Clarck photographie général <http://www.clarkvision.com/>

Articles techniques <http://www.clarkvision.com/articles/index.html>

Le site de Gary Honis : procédure de défiltrage, caisson de refroidissement...

<http://ghonis2.ho8.com/>

<http://ghonis2.ho8.com/rebelmod450d1.html>

<http://ghonis2.ho8.com/rebelmod450d16c.html>

Le site DXO mark caractéristiques et mesures des capteurs (taille des pixels, nb de pixels...) <http://www.dxomark.com/Cameras>

Source Christian Buil



Annexe 3

• Exemple de paramètres de quelques capteurs

	CANON 40D	CANON 50D	CANON 5D	CANON 5D MarkII
Surface sensible	22.8 mm x 14.8 mm	22.3 mm x 14.9 mm	35.8 mm x 23.9 mm	36.0 mm x 24.0 mm
Effective sensor size				
Nombre de pixels	3888 x 2592	4752 x 3168	4368 x 2912	5616 x 3744
Pixel number				
Taille pixel	5.7 microns	4.7 microns	8.2 microns	6.4 microns
Pixel size				
Codage des données	14 bits	14 bits	12 bits	14 bits
Data coding				
Gain électronique inverse à 400 ISO	0.84 e-/ADU	0.57 e-/ADU	3.99 e-/ADU	1,01 e-/ADU
Inverse electronic gain @ ISO 400				
Bruit de lecture à 100 ISO	5.66 ADU (19.0 e-)	6.59 ADU (15.0 e-)	1.88 ADU (30.0 e-)	6.66 ADU (26.9 e-)
Bruit de lecture à 200 ISO	6.31 ADU (10.6 e-)	7.15 ADU (8.2 e-)	1.92 ADU (15.3 e-)	6.71 ADU (13.5 e-)
Bruit de lecture à 400 ISO	8.15 ADU (6.8 e-)	8.56 ADU (4.9 e-)	2.06 ADU (8.2 e-)	7.18 ADU (7.3 e-)
Bruit de lecture à 800 ISO	12.59 ADU (5.3 e-)	12.08 ADU (3.4 e-)	2.55 ADU (5.1 e-)	8.27 ADU (4.2 e-)
Bruit de lecture à 1600 ISO	21.37 ADU (4.5 e-)	19.04 ADU (2.7 e-)	3.77 ADU (3.8 e-)	11.15 ADU (2.8 e-)
Niveau d'offset	1024 ADU	1024 ADU	128 ADU	1024 ADU
Bias level				
Signal thermique à 22°C	0.13 e-/sec	0.06 e-/sec	0.63 e-/sec	0.12 e-/sec
Thermal signal @ 22°C				
Capacité totale à 400 ISO	12 900 electrons	8 700 electrons	15 800 electrons	15 500 electrons
Full capacity				
Dynamique à 400 ISO	1900	1770	1930	2100

Source Christian Buil