Astrophoto CCD en milieu urbain

Marc JOUSSET

Lorsque l’on subit un ciel comme celui là :

Est-il possible de pratiquer la photo du ciel profond ? Oui !

Sommaire :

1. Quelques rappels
2. Connaître son ciel et ses limites
3. Stratégies
4. Optimiser les prétraitements
5. Images

1.Quelques rappels

2. Connaître son ciel et ses limites
3. Stratégies
4. Optimiser les prétraitements
5. Images

1 – quelques rappels

Quel est le principal problème d'un astrophotographe du ciel profond ?

Le bruit !

Le signal venant de nos lointaines galaxies et nébuleuses va rencontrer plusieurs perturbations (filtres) jusqu'à son enregistrement sur DD.

L'atmosphère va le brouiller avec la turbulence,

La luminosité naturelle du ciel va ajouter du bruit,

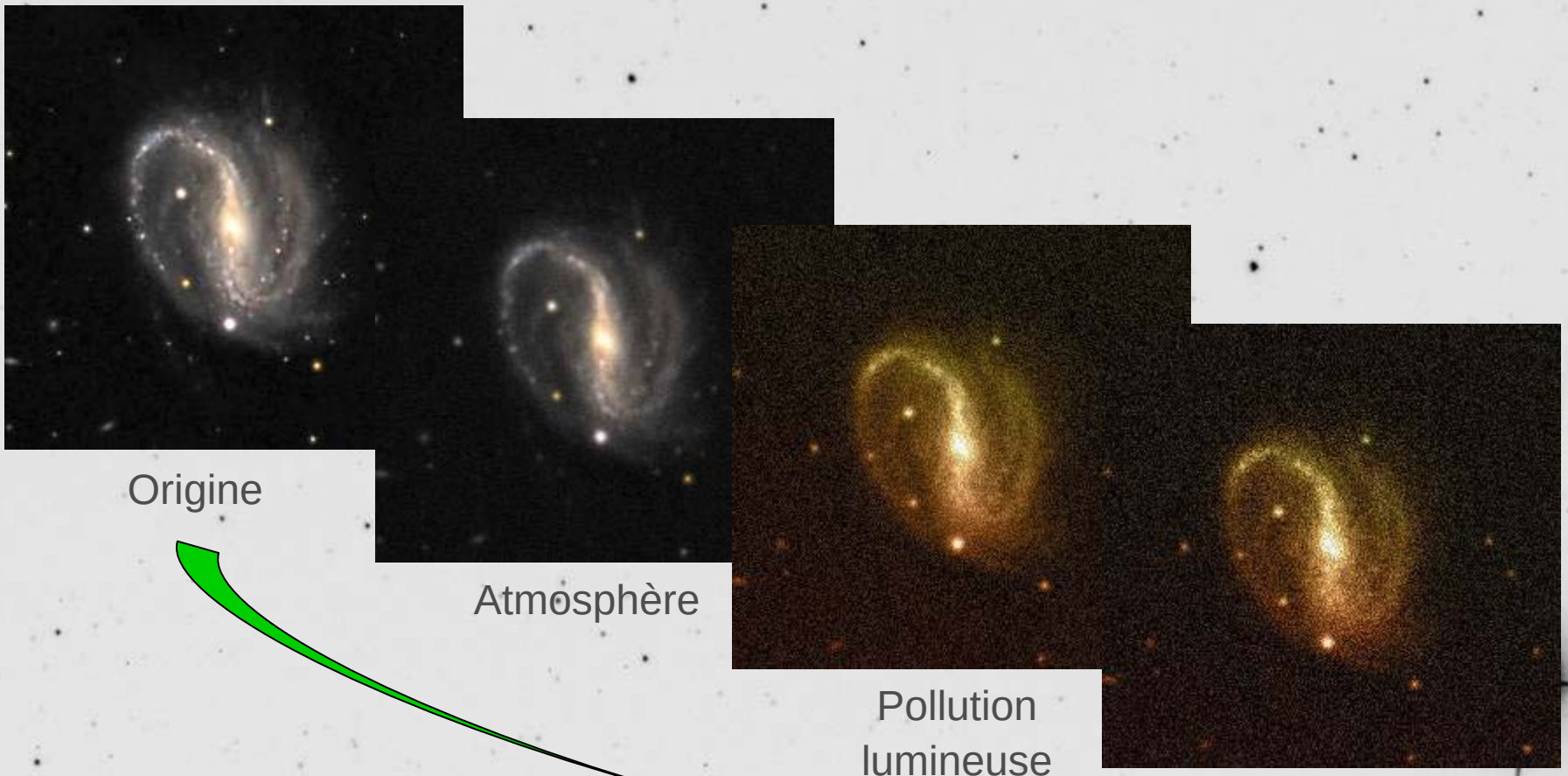
L'éclairage public va ajouter du bruit,

Le capteur CCD va rajouter du bruit,

Toutes ces sources de nuisances vont augmenter le bruit et donc irrémédiablement faire chuter le RSB.

1 – quelques rappels

Dégradation de l'image d'origine



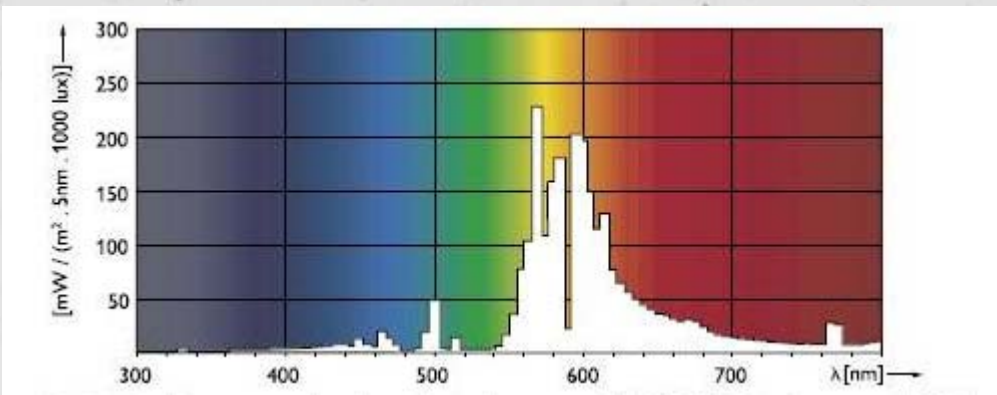
Flou + <u>bruits</u> + gradients

1 – quelques rappels

La principale source de bruit sous un ciel urbain ?

La pollution lumineuse !

L'éclairage public, notamment sodium HP, diffuse sur tout le spectre astro.



1 – quelques rappels

Quelles solutions pour l'astrophotographe deep-sky:

Déménager…

Agir auprès de sa commune.

Filtrer…

Corde…

Passer à l'astrophotographie planétaire

Réagir…

S'adapter…

Nous éviterons les solutions tragiques, répréhensibles ou à pb pour la famille...

Agir auprès de sa commune, filtrer et s'adapter laissent des possibilités….

1. Quelques rappels

2. Connaître son ciel et ses limites

3. Stratégies

4. Optimiser les prétraitements

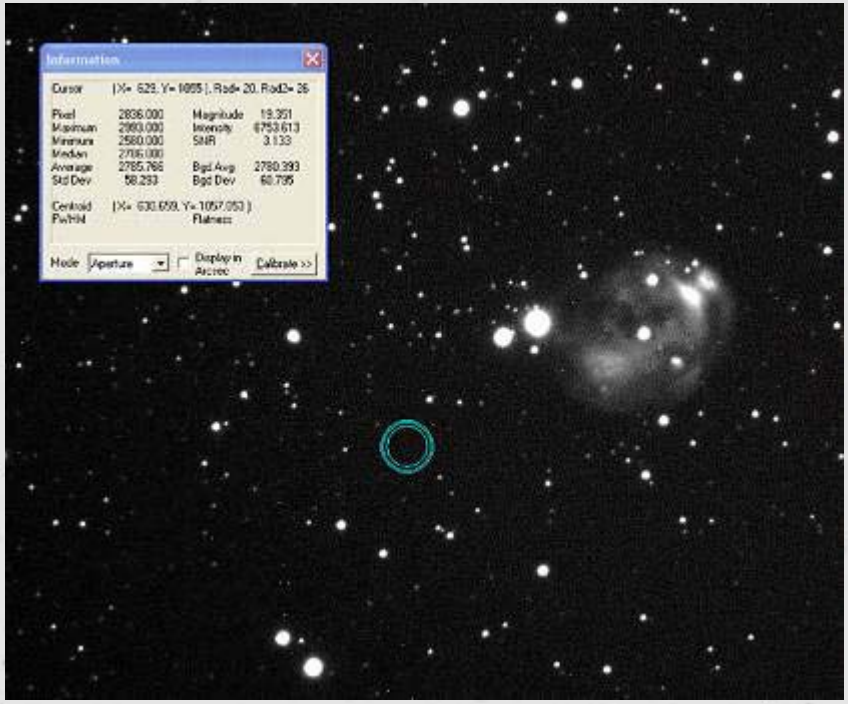
5. Images

2 – connaître son ciel et ses limites

Avant quoique ce soit, il faut bien connaître la qualité de son ciel…

Des indicateurs :

- la magnitude limite visuelle,
- la valeur Sky Quality Meter,
- le niveau du fond de ciel et son Rms (en ADU).



Exemple :

Fond : 2785 ADU

Rms : 58 ADU

2 – connaître son ciel et ses limites

Avec un set-up donné (site, scope, CCD), j'ai par exemple ces valeurs là :

- magnitude limite visuelle : 5
- la valeur Sky Quality Meter : 19,4
- le niveau du fond de ciel : 5000 ADU pour 600s

Bien, mais cela ne me dit pas :

- Quel temps de pose unitaire maxi ?
- Je monte un réducteur de focale ou pas ?
- Quel refroidissement pour ma CCD ?
- J'utilise un filtre anti pollution ou pas ?
- Combien de poses ?
- Etc…

Autant de questions qu'il est normal de se poser mais qui ne trouvent pas toujours une réponse unique et claire…

2 – connaître son ciel et ses limites

Utilisant toujours le même set-up :

- – même terrasse,
- – même instrument,
- – même CCD,
- – refroidissement CCD à fond,
- – même réducteur de focale,
- – même opérateur…

Pour trouver l'optimum, j'ai pris le pb à l'inverse.

J'ai noté la facilité de traitement d'une image composite brute en fonction de la valeur de bruit Rms de son fond de ciel…

Enfin quoi, ce n'est pas une surprise qu'une image composite bruitée va être galère au traitement !

A l'inverse, une image très peu bruitée va révéler les plus faibles niveaux et sera un vrai régal au traitement…

2 – connaître son ciel et ses limites

Avec le recul de plusieurs années d'imagerie en CP, j'ai noté que le traitement de l'image brute composite était :

- Impossible au-delà d'un Rms 20 ADU…. ➡ Poubelle direct…
- Galère de 15 à 20 ADU Rms……. ➡ Image souvenir
- Aisé entre 10 et 15 ADU…….. ➡ Image correcte
- Plaisir pour un Rms < 10ADU……... ➡ Belle image

1. Quelques rappels
2. Connaître son ciel et ses limites
3. **Stratégies**
4. Optimiser les prétraitements
5. Images

3 – stratégies

Combien faut il d'images pour atteindre ces cibles Rms ?

Nous savons tous que le bruit d'une image composite diminue de racine carrée du nombre d'images empilées.

Par exemple, si mon image brute est à 100 rms de fond et que j'en fais 25, mon image finale composite sera 100/5 = 20…

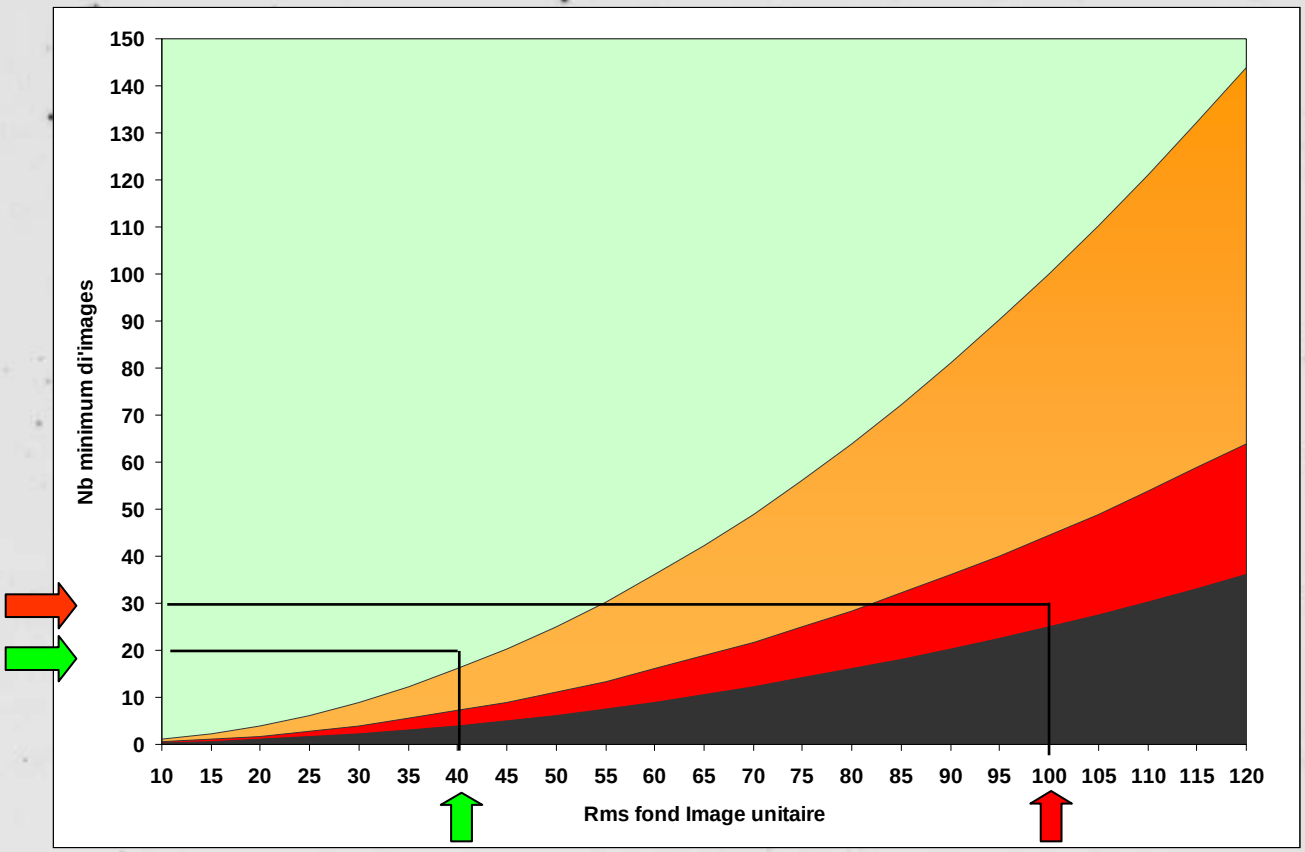
Et je sais qu'avec une composite à Rms 20, je vais en ☹💣☠ lors du traitement…

Dès lors, quels sont les leviers pour diminuer le Rms composite ?

- ➡ Diminuer le bruit des n images unitaires,
- ➡ Multiplier le nombre d'images unitaires

3 – stratégies

On peut donc définir des zones à risques :



- pour 30 brutes à 100 rms, je suis dans la zone de galère…
- Pour 20 brutes à 40 rms, je nage dans le bonheur…

3 - stratégies

Les leviers sont donc la réduction du bruit unitaire et augmenter le nombre de poses.

Augmenter le nombre de pose est la solution la plus simple.

Maximiser le nb de pose doit être systématiquement mis en œuvre !

Cela revient à ne faire qu'un seul objet sur une ou deux nuits…
Il faut éviter de se disperser et multiplier les objets sur une nuit.

Une nuit = un objet.

Deux nuits = un objet.

Mais il tout de même difficile de faire plus de 40 vues consécutives….

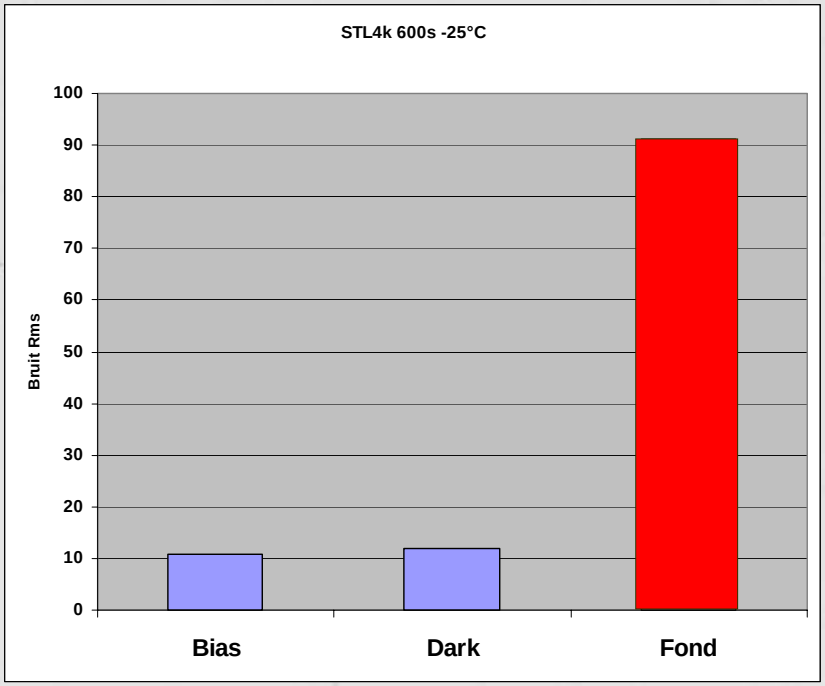
- Sans observatoire, quand il faut ranger tout le matériel,
- Dans les régions peu propices aux longues périodes de ciel clairs (Nord).

3 - stratégies

Le deuxième levier est la réduction du bruit unitaire.

La principale composante de bruit dans les images CCD est le bruit photonique.

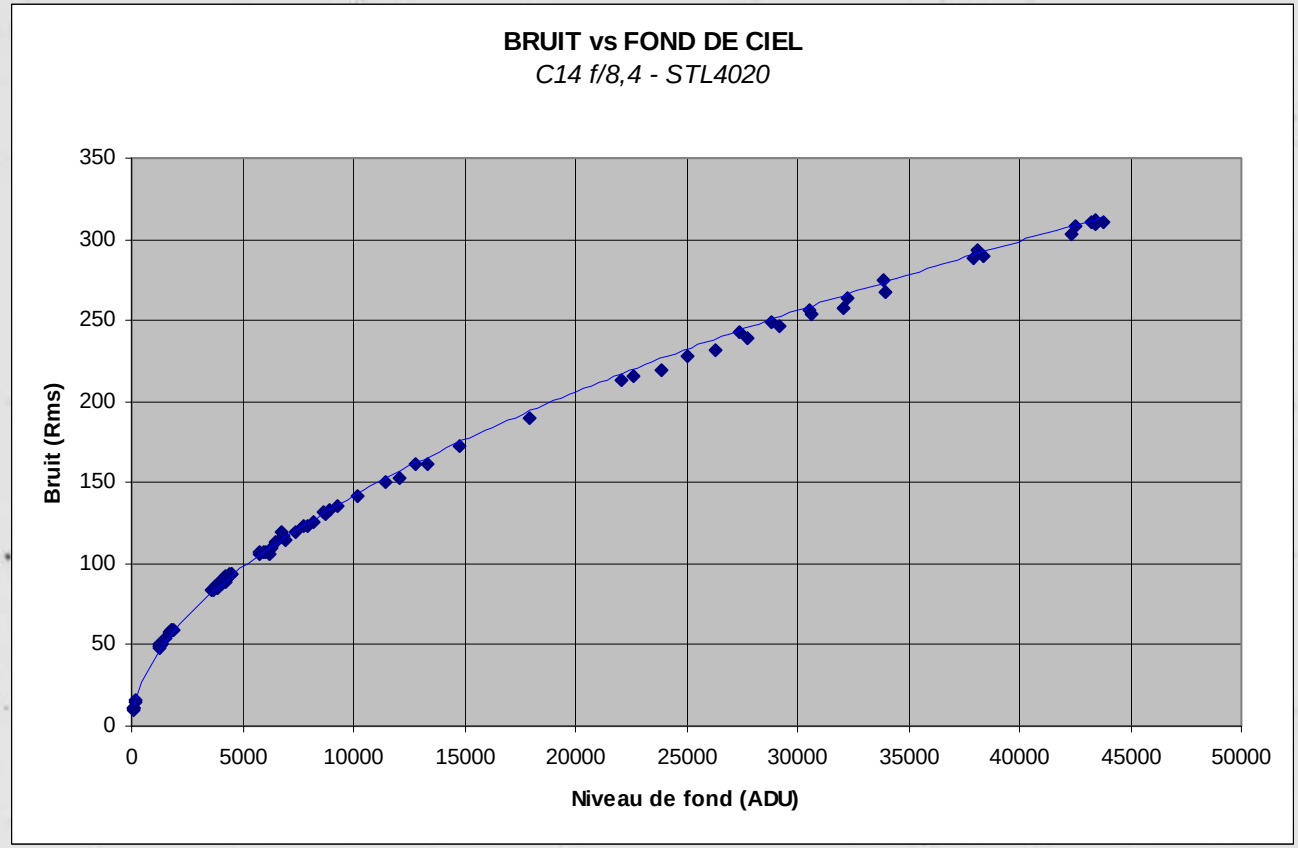
Les CCD modernes offrent des niveaux de bruits internes très bas.



Il faut donc se focaliser sur le bruit du fond de ciel

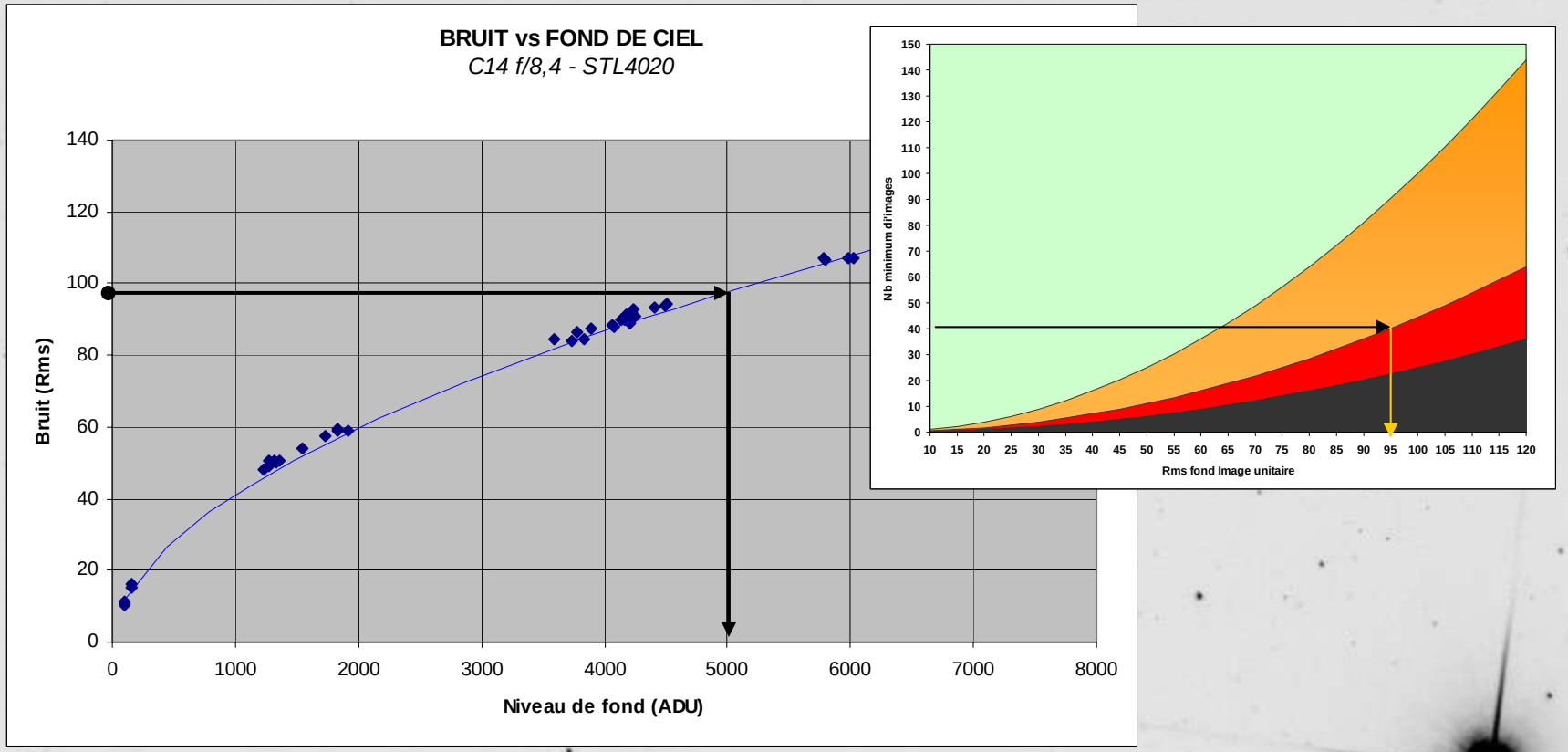
3 - stratégies

Regardons le niveau de bruit en fonction du fond de ciel…



La valeur de fond de ciel sera proportionnelle au temps de pose.

3 - stratégies



Avec 40 poses, on peut aller au maximum jusqu'à 95 rms de bruit

95 rms de bruit, c'est un fond de ciel à 5000 ADU env…

5000 ADU, c'est par ex, une pose de 600s avec le C14 à f/8,4…

3 – stratégies

- Mais le fond de ciel n'est pas homogène selon la hauteur visée.

De plus, la pollution lumineuse vient rehausser localement les niveaux…

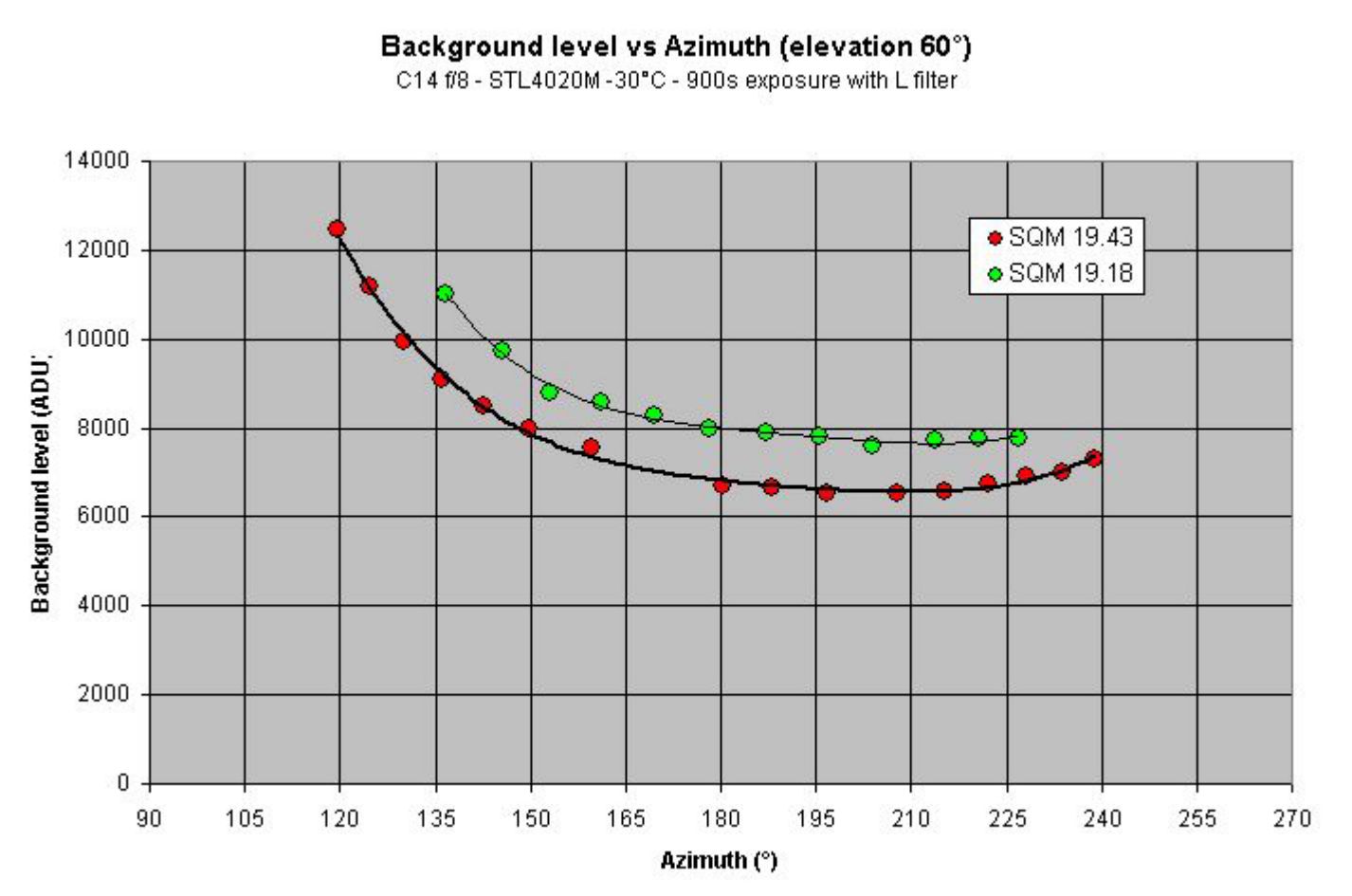
Les 5000 ADU précédents ne sont pas valables sur toute la voûte céleste.

Il faut donc ''cartographier'' son ciel pour connaître :

- Les zones trop pollués par l'éclairage public.
- Les zones correctes moins affectées par la pollution lumineuse.

3 – stratégies

Exemple sur l'horizon sud.

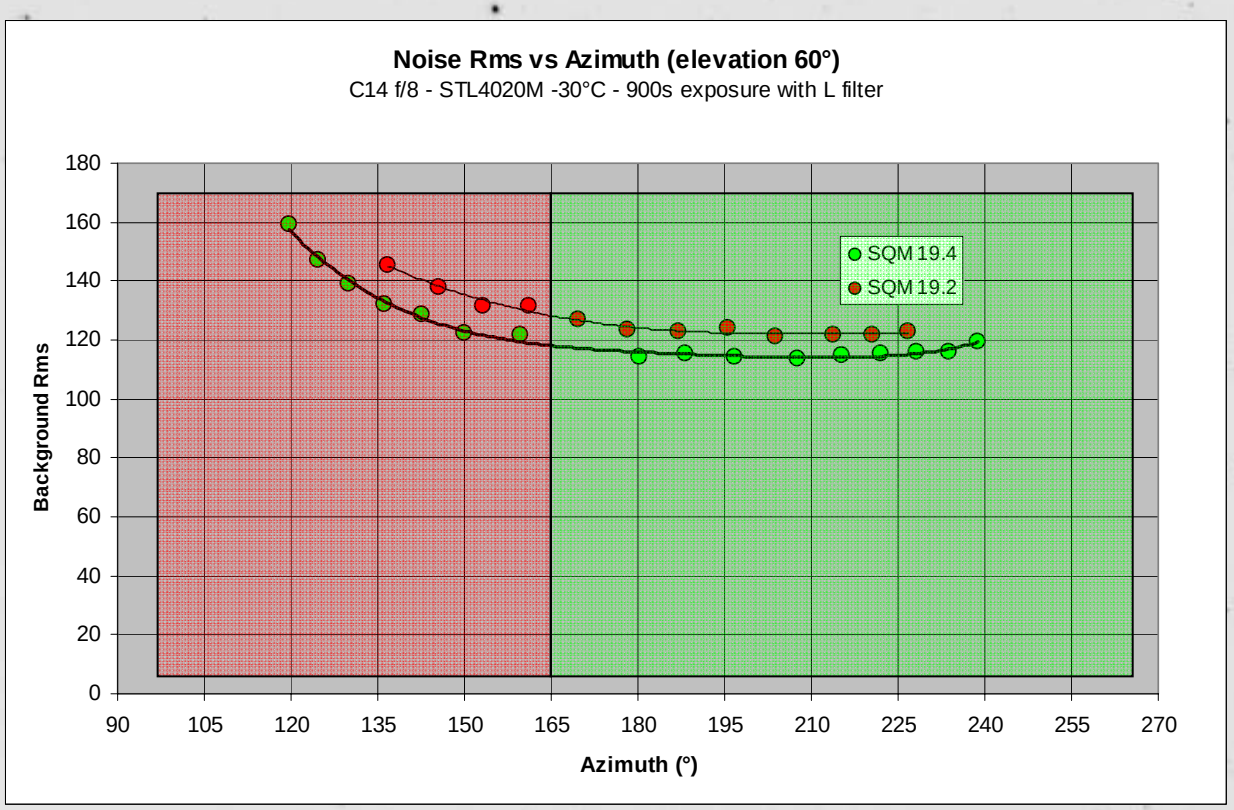


On notera l'influence des 0,25 points de SQM.

3 – stratégies

En niveau de bruit :

Augmentation constante du bruit Rms = Pollution lumineuse



Zone à bas niveaux Rms stable

La zone verte (165° à W) permettra de travailler ‘’correctement’’ sans filtres.
La zone rouge (E à 165°) exige l’utilisation de filtres.

3 – stratégies

Dès lors, il est possible de bâtir une séquence de pose LRGB cohérente avec notre ciel…

Dans la zone rouge « trop polluée », on utilisera :

1) le filtre bleu, le moins sensible au spectre de l'éclairage,

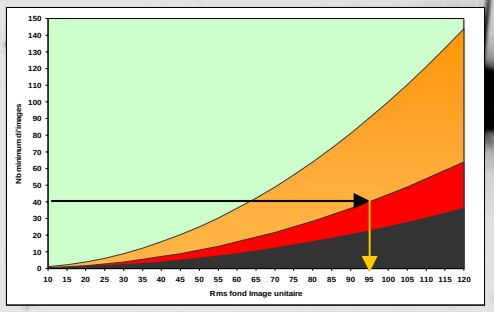
2) puis le filtre vert.

Dans la zone verte, on utilisera :

3) le filtre L

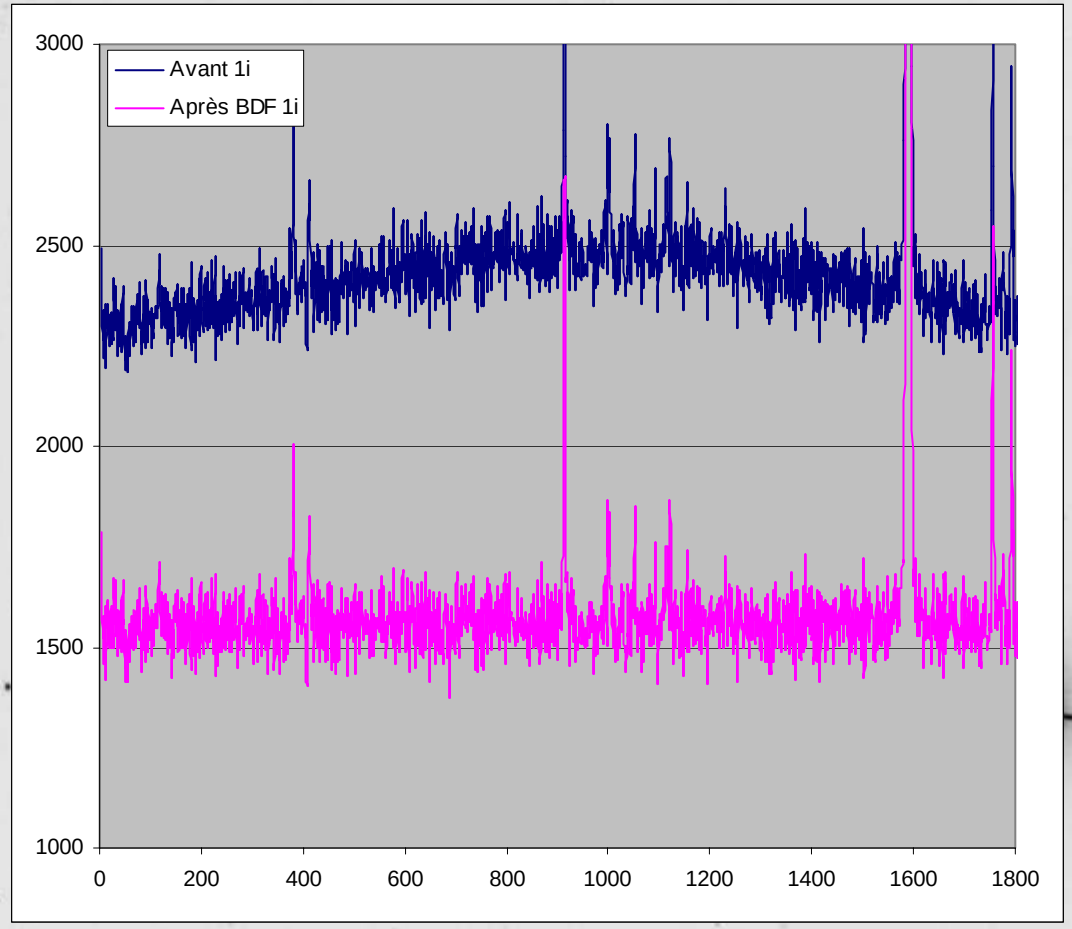
4) Puis le filtre R

Pour chaque filtre : poses unitaires de n secondes limitant le bruit Rms en fonction du nombre de pose souhaité ou possible.



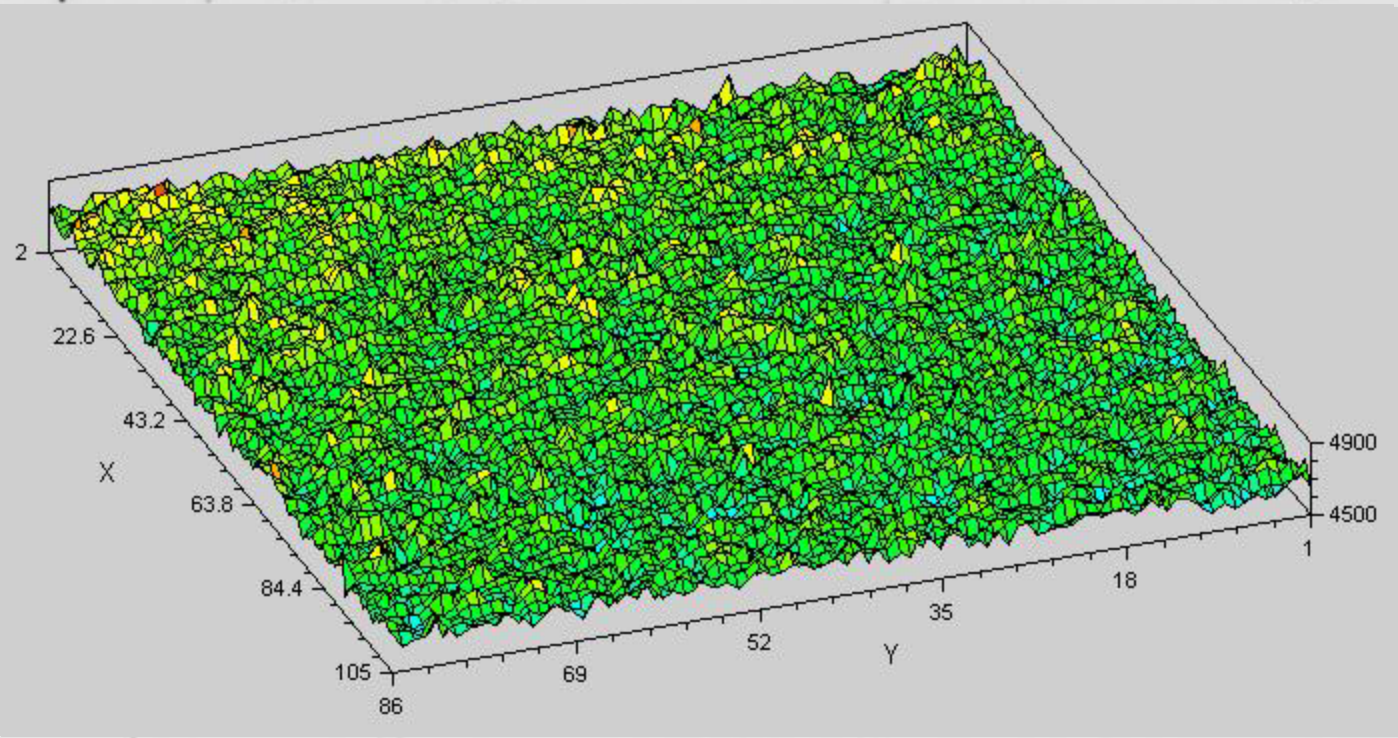
3 – stratégies

Faire les offsets et surtout les flats, pour chaque filtre. Les flats corrigent les défauts d'illumination globaux (vignetage) ou locaux (poussières).



3 – stratégies

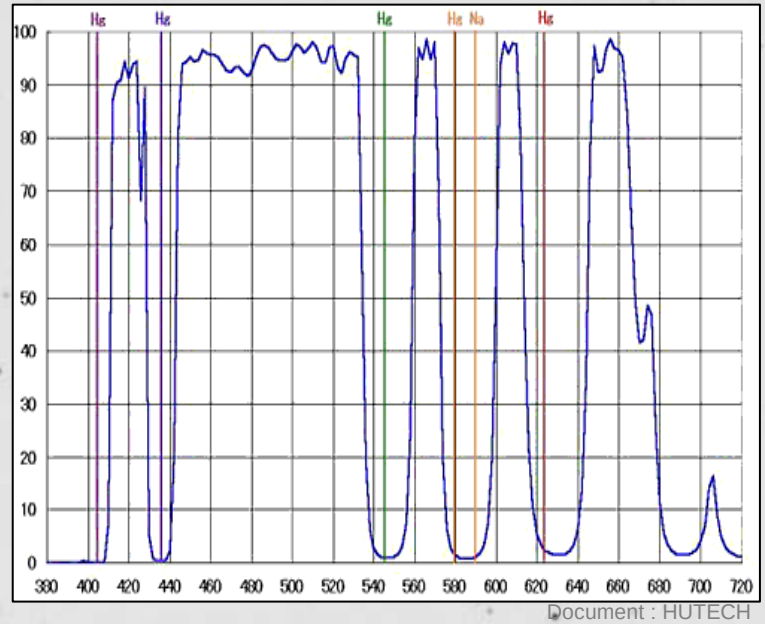
PRIMORDIAL, entre chaque pose, on décalera aléatoirement la monture de quelques pixels (**dithering**).



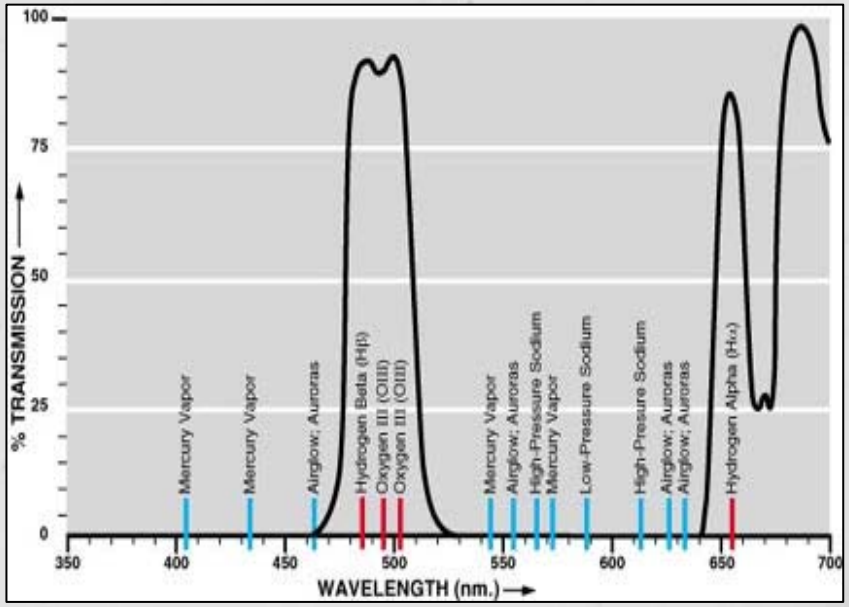
Rms 45 ADU → **Rms 37 ADU** **- 20% !**

3 – stratégies

Et les filtres antipollution, LPR, CLS, Idas LPS, sont ils intéressants dans un environnement pollué ?



Document : HUTECH



Document : MEADE

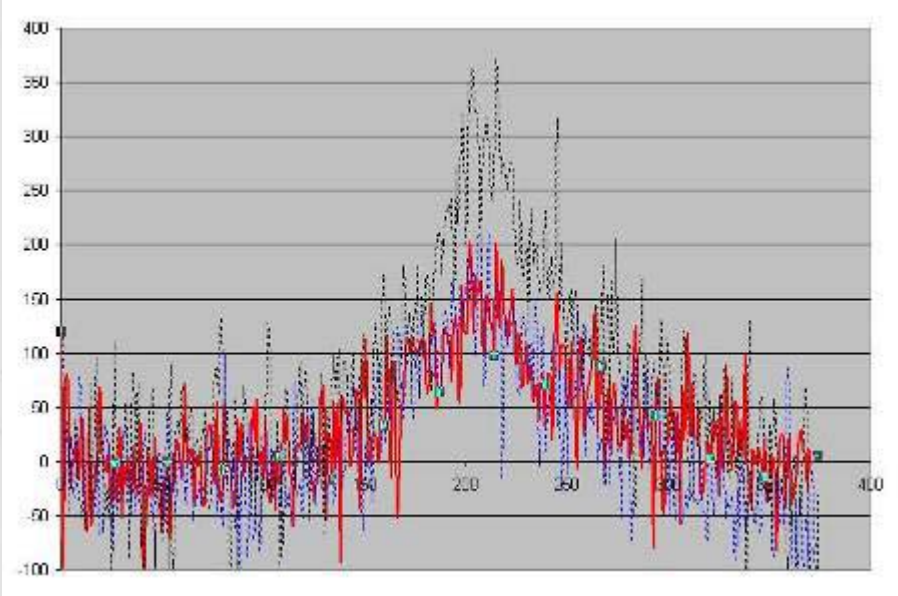
Les nébuleuses émettent dans certaines longueurs d'onde, OIII (500nm), H béta (486nm), H alpha (656nm), notamment.

Les galaxies émettent sur tout le spectre.

3 – stratégies

Intérêt d'un filtre IDAS LPS sur les galaxies.

Exemple sur M51 (C14 f/11,8)



20 min sans filtre LPS
20 min avec filtre LPS
10 min sans filtre LPS

	Signal	Rms fond	RSB
20 min sans LPS	260	53	4,9
20 min avec LPS	160	37	4,3
10 min sans LPS	126	34	3,7

Le meilleur RsB est sans filtre.

En posant x2 avec le filtre, cela serait encore mieux mais on atteint 40min unitaire.

3 – stratégies

Et en environnement très pollué ?

Solution : filtres interférentiels à bande étroite, qq nm :

- Filtres Ha pour des images NB
- Filtres Ha, OIII et SII pour des images couleurs, palette dite « Hubble »

La pollution lumineuse est totalement éliminée (Ha et SII).

Revers :

- Ces filtres sont très absorbants. Il faut poser unitairement très longtemps, plusieurs dizaines de minutes et la multiplication des poses demande plusieurs nuits…
- Dans une région peu propice à l'astrophotographie, une image peut demander plusieurs mois pour engranger les poses.
- Les sujets sont limités : pas d'amas globulaires, pas de galaxies (peu émissives dans ces longueurs d'onde).

1. Quelques rappels
2. Connaître son ciel et ses limites
3. Stratégies
4. **Optimiser les prétraitements**
5. Images

4 - prétraitements

L'objectif des prétraitements est d'obtenir une image composite la plus propre et la moins bruitée possible.

Les prétraitements classiques sont effectués sur chaque image brute :

- Offset (bruit de lecture),
- Dark (bruit thermique),
- Flat (uniformité d'illumination).

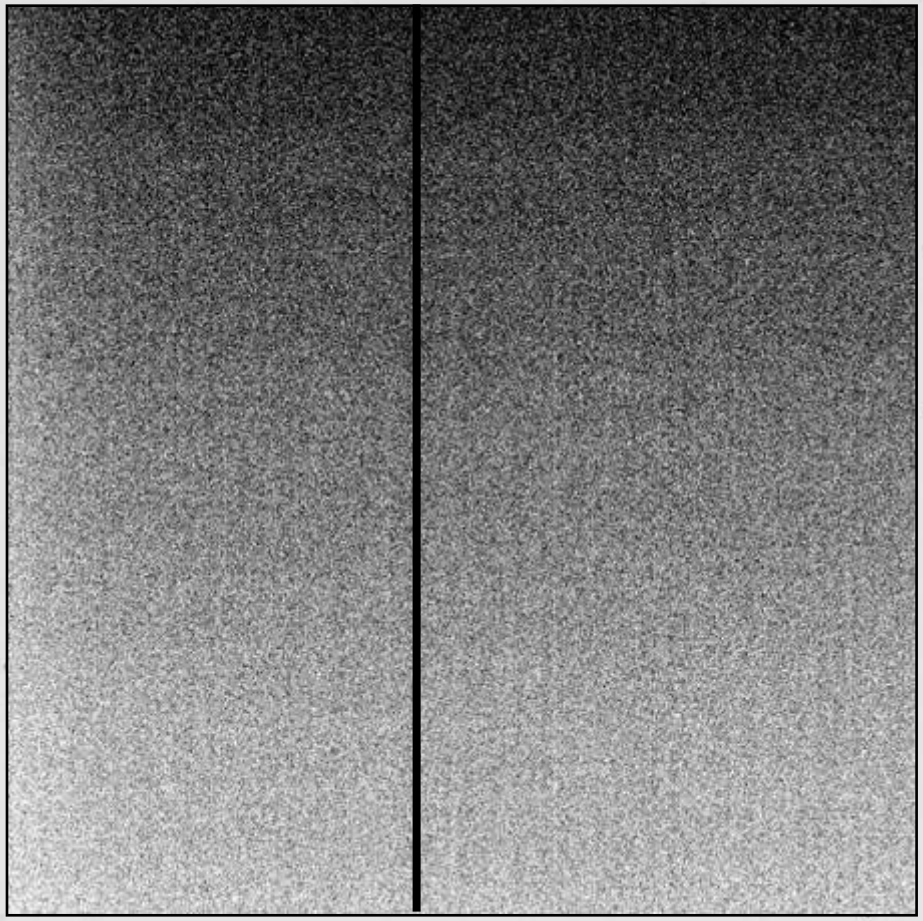
Pour les caméras à faible bruit thermique, voir l'utilité de soustraire les darks quand on a un dithering efficace :

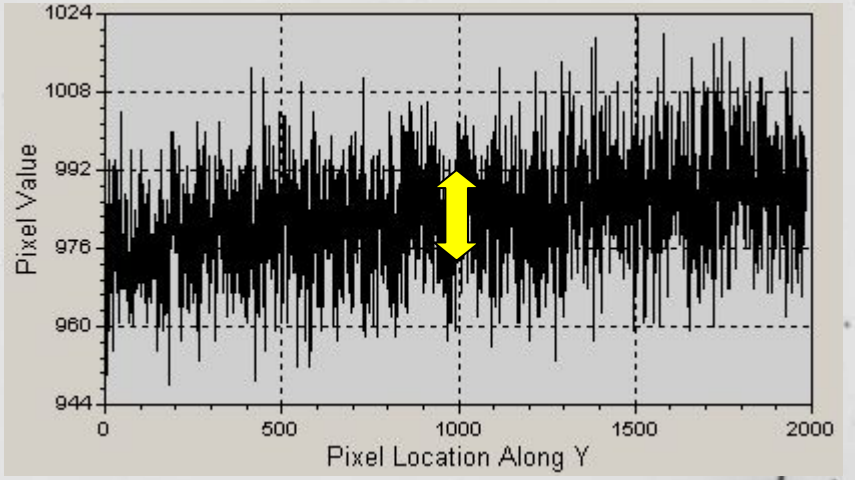
Les darks vont uniquement corriger certains pixels déviants qui vont de toutes façons être supprimés lors du compositage graçe au dithering…

Les offsets vont corriger le gradient vertical de lecture sur un capteur interligne…

4 - prétraitements

BIAS : corriger le gradient vertical de lecture sur les capteur interligne KAI

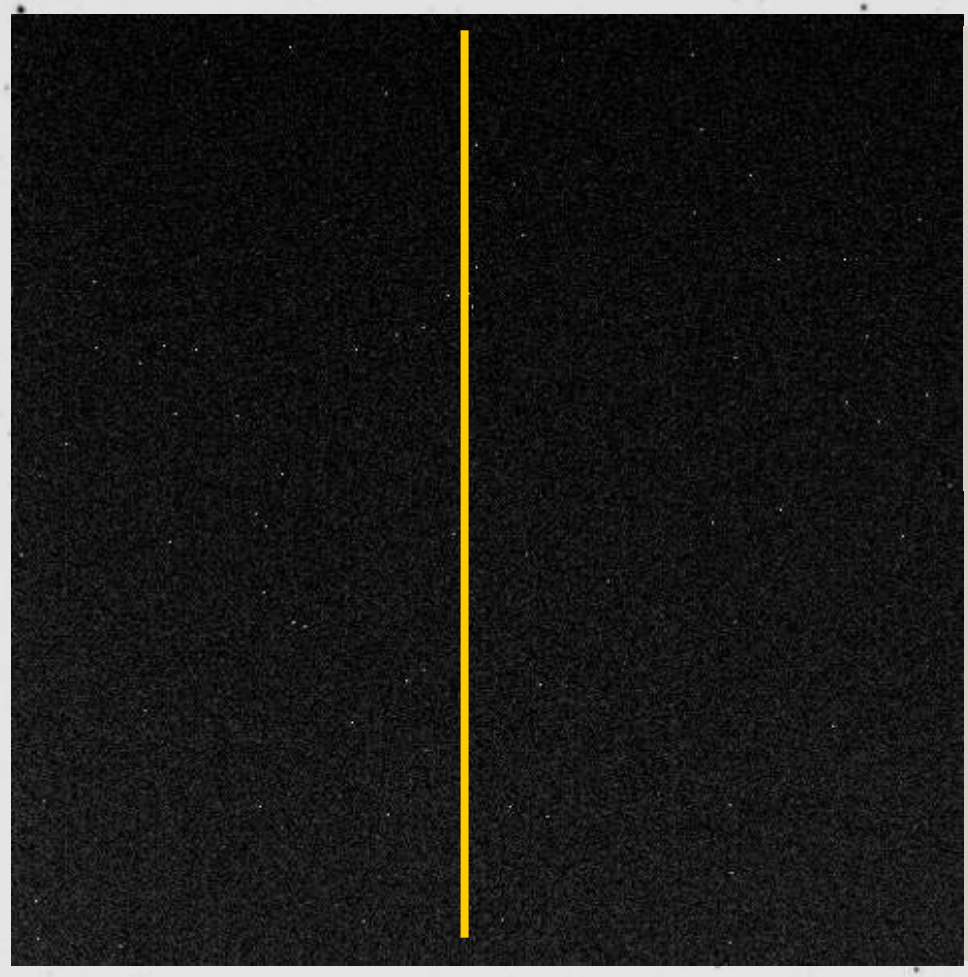


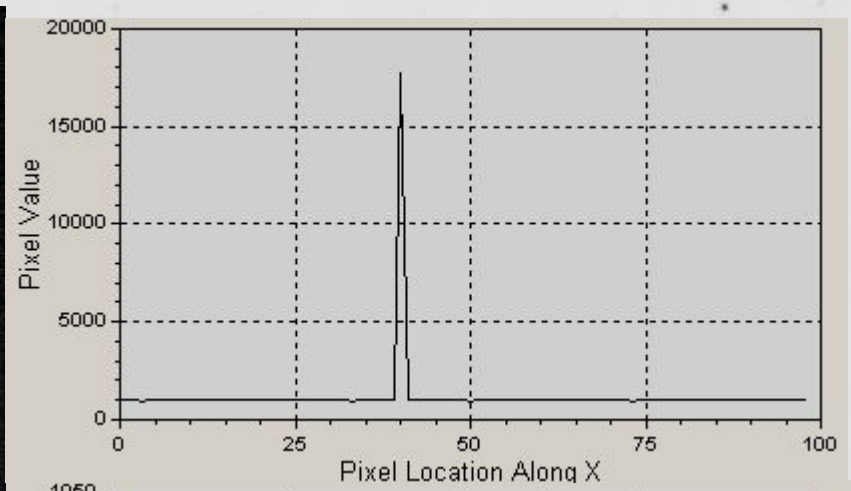


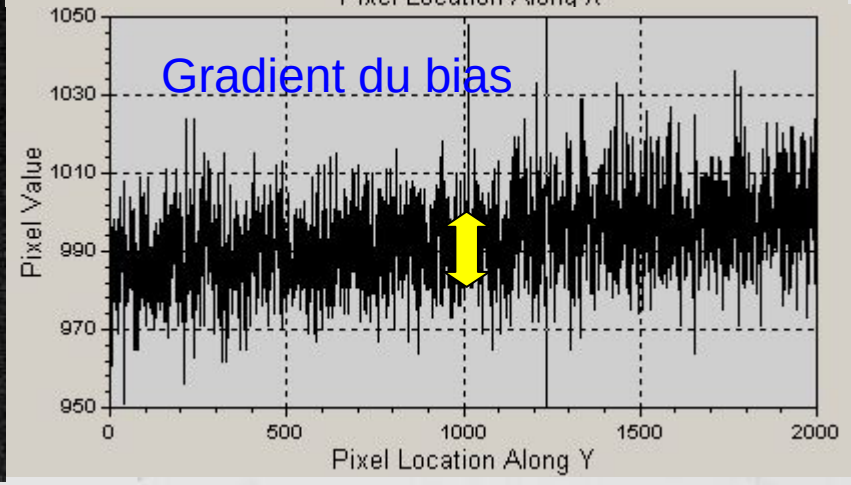
Gradient de 14 ADU…

4 - prétraitements

DARK : corriger les pixels déviants.

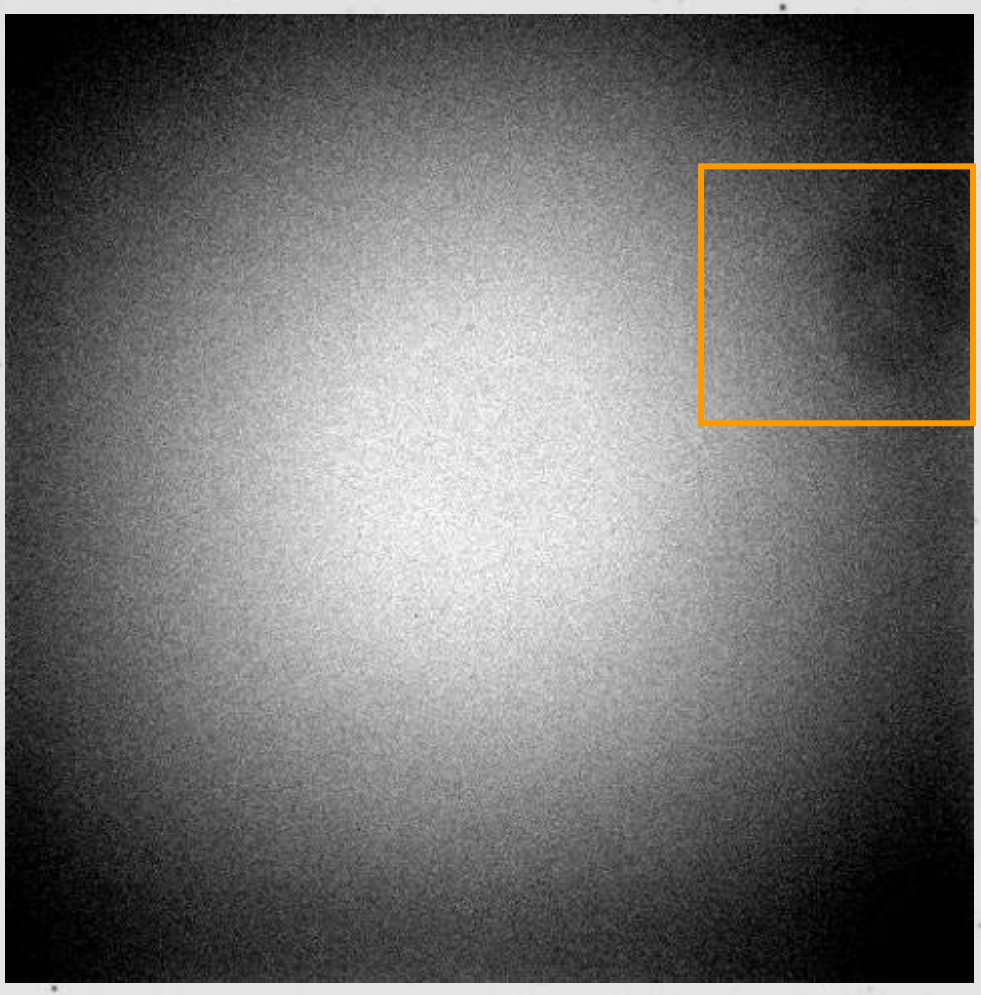


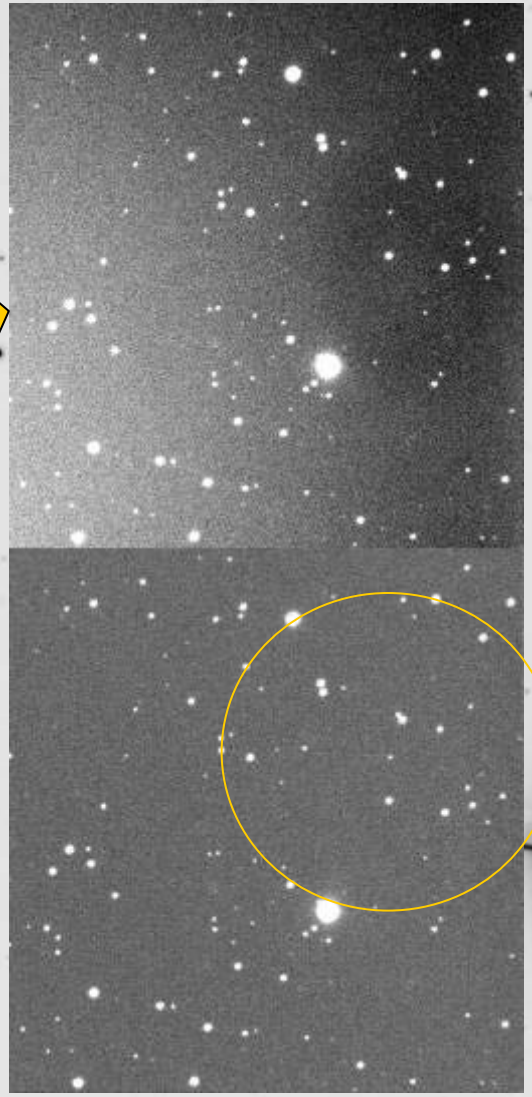




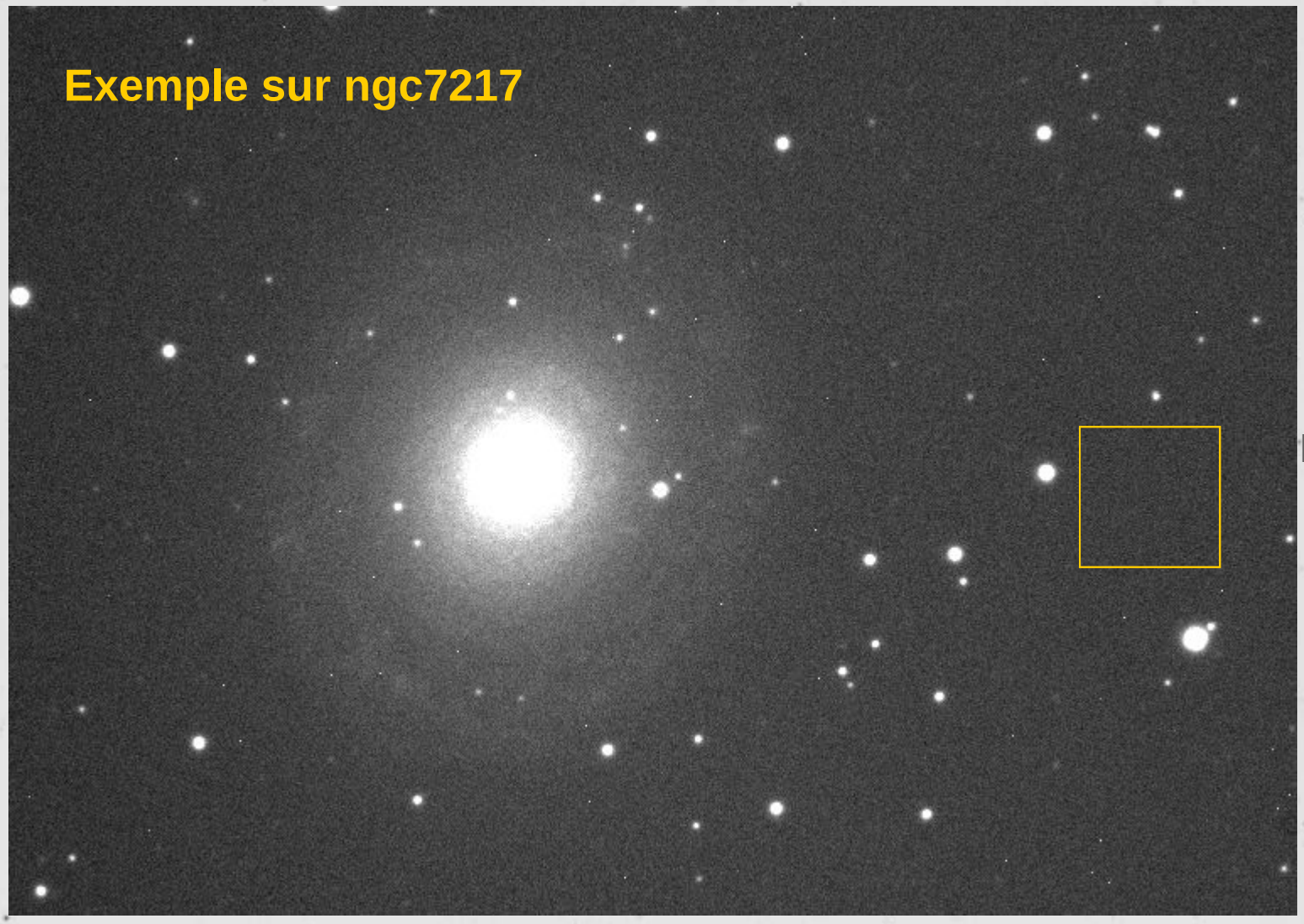
4 - prétraitements

FLAT : corriger les défauts d'illumination.





4 - prétraitements



Brute
90,6 Rms

/(Flat-Bias)
90,2 Rms

-D/(F-B)
89,6 Rms

Réduction :

-1%...

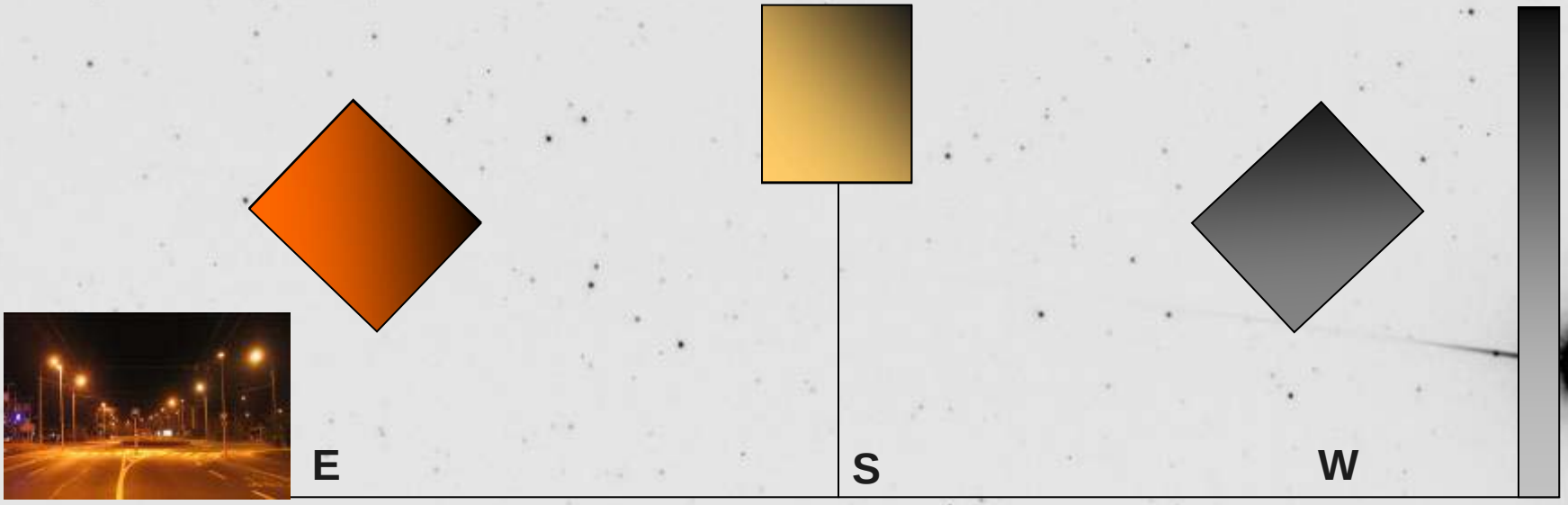
BOF !

4 - prétraitements

Autre problème souvent rencontré : les gradients !

<u>Les gradients sont produits par</u> :

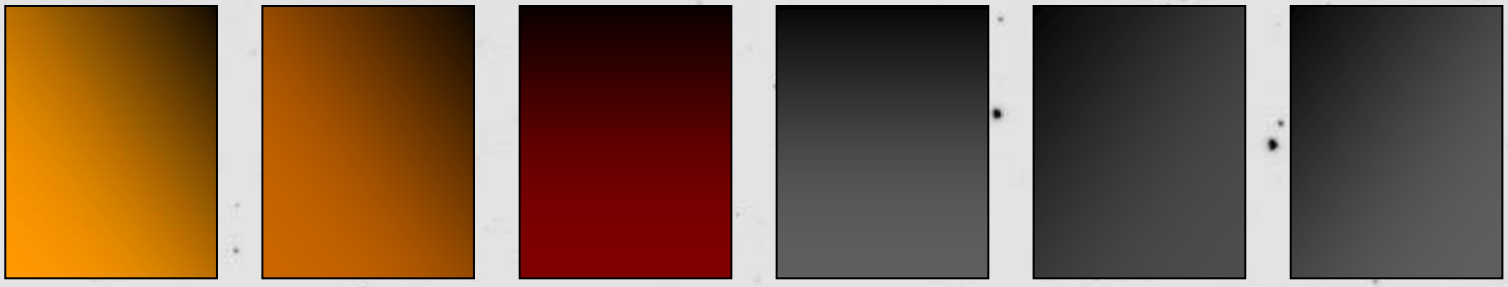
- Le ciel qui présente un gradient naturel entre l'horizon et le zénith,
- La pollution lumineuse qui réhausse localement les niveaux.



4 - prétraitements

Conséquences des gradients :

Les niveaux variant selon l'azimut et la hauteur, chaque portion de l'image aura une variation de son niveau en fonction du temps.



L'effet est d'autant plus sensible que le champ est important…

Avant compositage des images, il est bénéfique d'éliminer au maximum le gradient de chaque image brute pré-traitée = image composite sera moins affectée par un gradient complexe et plus facile à traiter.

Variation de niveau = variation de bruit…

Le bruit dans l'image ne sera pas homogène et difficile à corriger.

4 - prétraitements

Compositage des images prétraitées :

Il existe de nombreuses méthodes :

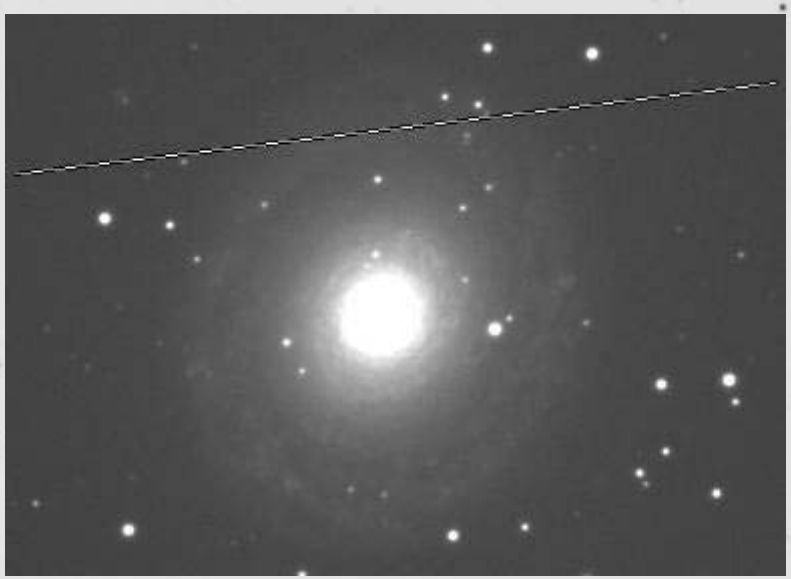
- Somme
- Moyenne
- Médiane
- Sigma clipping
- SD mask

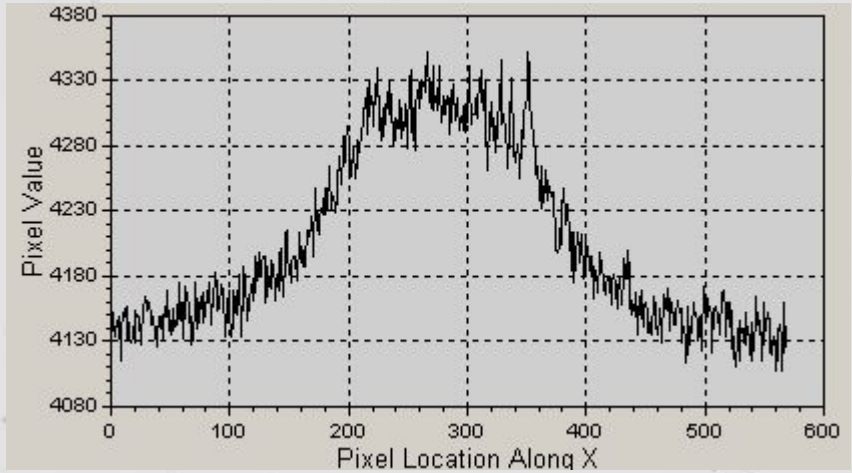
Tous les logiciels astro proposent ces méthodes.

Mais laquelle choisir ?

4 - prétraitements

Exemple sur une image : ngc7217 (18x600s)





Sum et average sont OK mais n'éliminent pas les pixels déviants

La mediane est à éviter

On préviligiera un sigma clipping ou un SdMask

	Bruit	Signal	RSB
sum	287,0	5798	20,2
ave	15,9	322	20,2
mediane	19,4	355	18,3
sigclip3s	16,1	322	20,0
sigclip2s	16,8	325	19,4
sdm05-3x	15,9	322	20,2

Conclusion

<u>Nous avons vu qu'il faut</u> :

Maximiser le temps de pose unitaire (RsB),

Limiter le niveau de bruit acceptable selon le nb de poses possible,

Multiplier le nombre de poses,

Appliquer un dithering efficace,

Organiser sa séquence selon son horizon pollué et la position de l'objet,

Faire des offsets et flats, et éventuellement *darks*,

En grand champ, corriger les gradients avant compositage,

Compositer par méthode statistique.

Conclusion

Par exemple, je désire faire la galaxie NGC9999 de Ø 7'.

Ce soir, le SQM me donne 19,5, une bonne moyenne pour mon site,

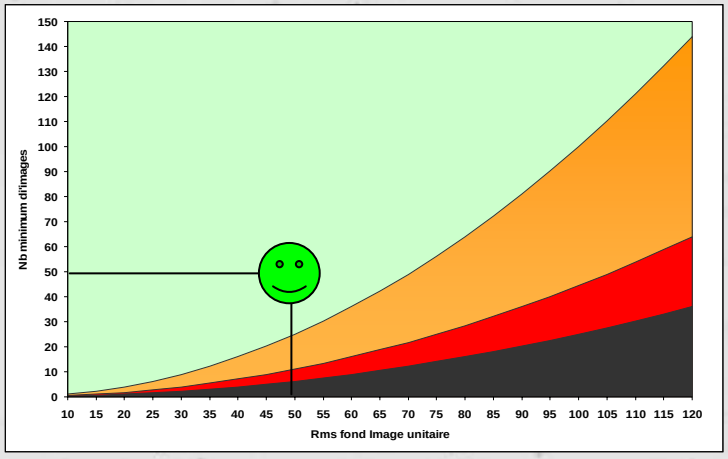
J'ai six heures de nuit astro. A la fin du crépuscule astro, pour le début des poses, l'objet sera à 45° de hauteur et 150°E.

L'objet étant au début des poses dans la zone la plus polluée, je vais commencer par les images RG sur 15°, soit une heure de temps. On va faire 6x5min en bin 2x pour la R (30min) et idem pour la G.

Ensuite, dès 165°, je vais pouvoir attaquer les images L. Une pose de 240s me donne 1700 ADU et 50 Rms.

Sur les 4h, je peux faire 240/4=60 poses - 12 poses perdues entre images (45' download et guidage) = ~48 poses.

48 poses, je nage dans le bonheur…



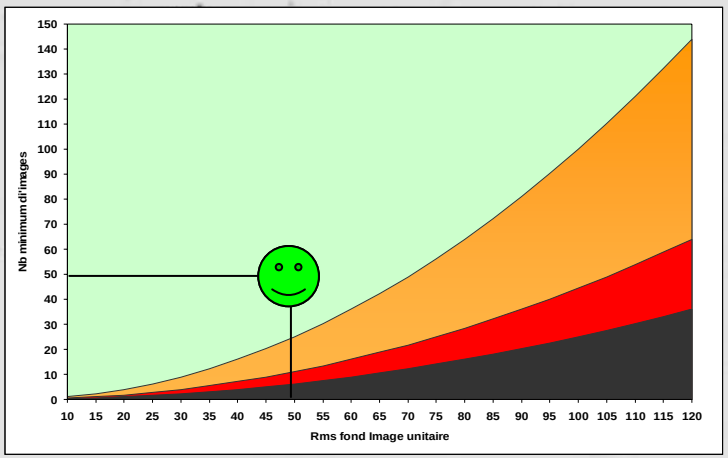
Conclusion

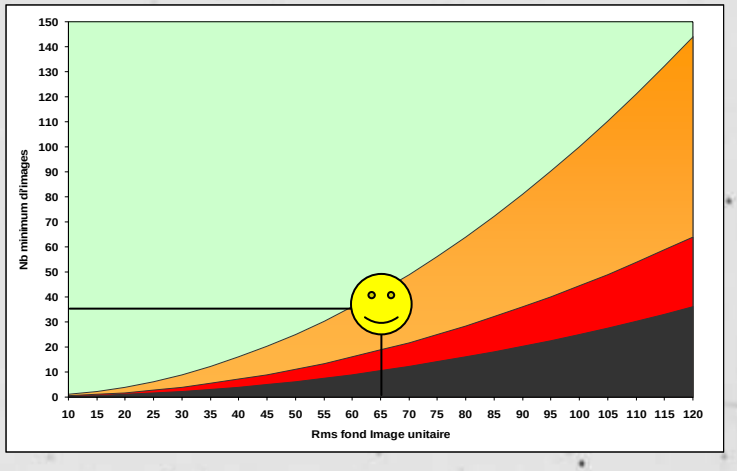
Mais j'ai de la marge…

Je peux augmenter le temps de pose pour que le bruit monte de 50 à 65 ADU.

Le fond va monter à 2600 ADU pour une pose de 360s

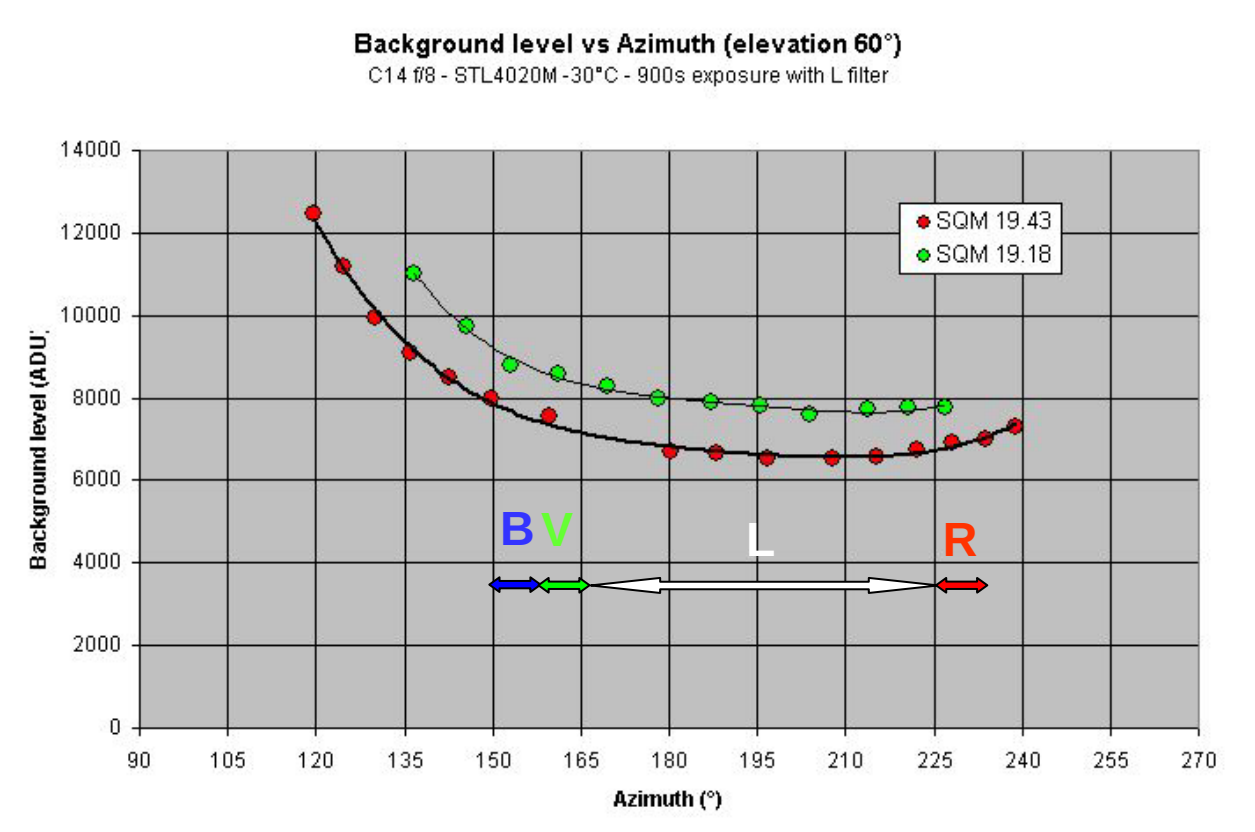
A 360s sur les 4h, je peux faire 240/6=40 poses - 5 poses perdues entre images (30' download et guidage) = ~35 poses.





Conclusion

Organisation de la séquence :



Il ne reste plus qu'a programmer une séquence type dans le soft d'acqui et hop !

1. Quelques rappels
2. Connaître son ciel et ses limites
3. Stratégies
4. Optimiser les prétraitements

5.Images