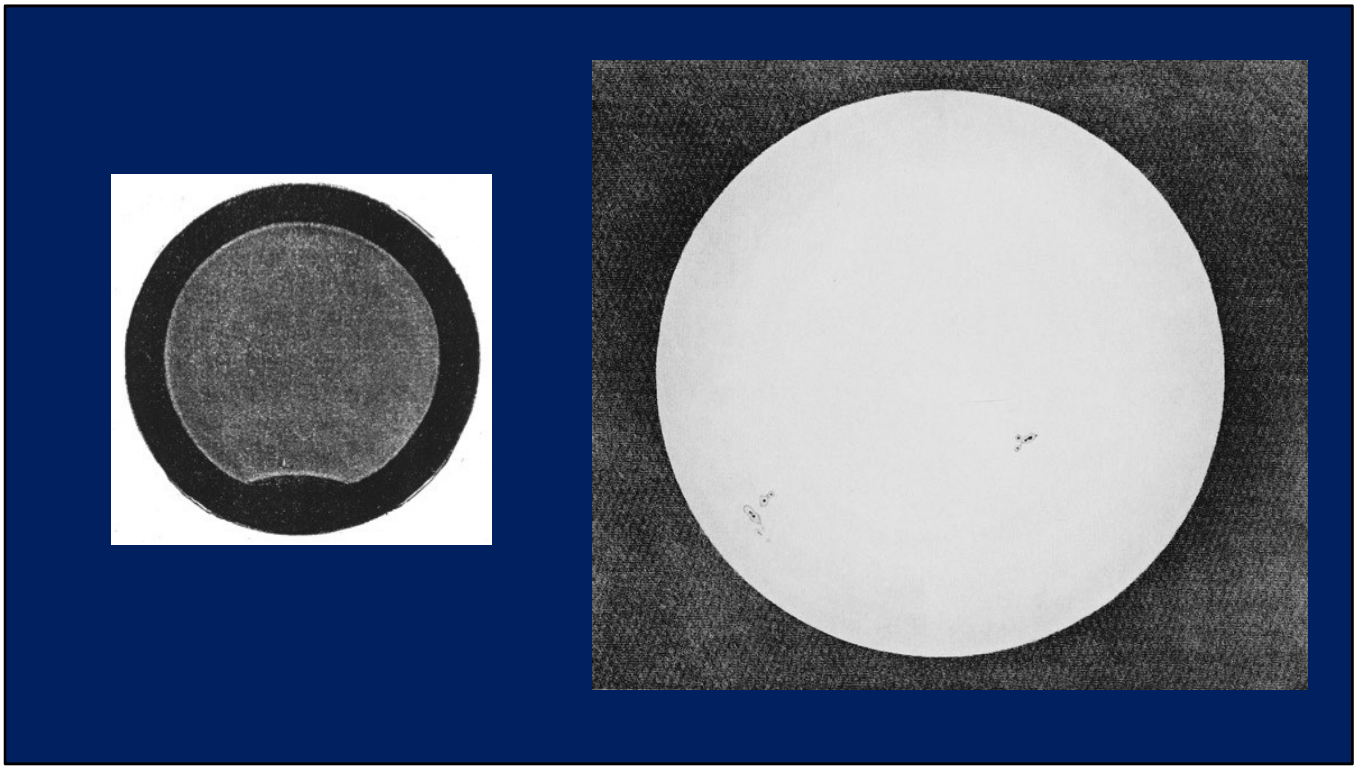
APPROCHE DE L'OBSERVATION SOLAIRE AMATEUR

partie 3 : imagerie caméra

octobre 2018

JF Roudier

Attention, ne jamais observer le Soleil sans une bonne protection des yeux



Gauche : 15 mars 1839 Arago et Daguerre réussissent la première photographie astronomique lors d'une éclipse partielle de Soleil (photo effacée, connue sous forme de gravure),
Lors de l'éclipse totale, image ? réalisée à Carcassonne par Arago le 8 juillet 1842.

Droite : Image photographique du Soleil obtenue en 1/ 60ème de seconde, le 2 avril 1845 par **Fizeau et Foucault**. Aquatinte d'après daguerréotype, 105 x 147 mm, support 140 x 223 mm

L’imagerie du Soleil

1 - Echantillonnage
2 - Capteurs et liaisons
3 – Mesurer le seing
4 - Logiciels de capture caméra
5 - Traitements
6 - Orientation, diffusion des images
(7) - Imagerie avec APN

Échantillonnage et pouvoir séparateur

$$E = 206 \frac{P}{F}$$

E : échantillonnage, en secondes d'arc par pixel,
P : taille du pixel de la caméra en µm,
F : focale résultante de l'instrument en mm

Haute résolution

la focale doit être ajustée en fonction de la taille des pixels du capteur
Il faut échantillonner à 2 fois le pouvoir séparateur de l'instrument

$$E \leq PS / 2$$

Plus de détails si on monte à 3 fois le PS

$$E = PS / 3$$

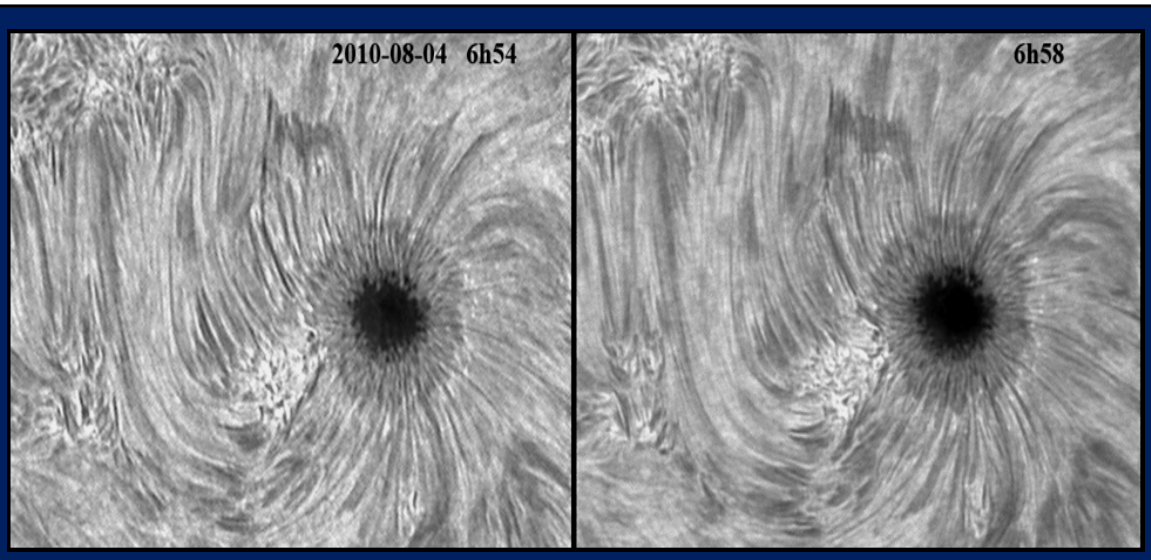
$$R = 120 / D$$

R : pouvoir séparateur en secondes d'arc
D : diamètre de l'instrument en mm

un télescope de 200 mm a un pouvoir séparateur de 120 / 200 = 0,6 s/a

La notion d'**échantillonnage** est similaire à la notion d'échelle sur une carte géographique : selon l'échelle de la carte (ou l'échantillonnage de l'image), des détails plus ou moins petits seront visibles sur la carte (ou sur l'image). 206 est une constante,

On se réfère souvent au théorème **de Nyquist - Shannon** pour déterminer la valeur de l'échantillonnage optimal. Ce théorème indique que lorsque l'on numérise un signal périodique, la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure à deux fois la fréquence maximale présente dans le signal.

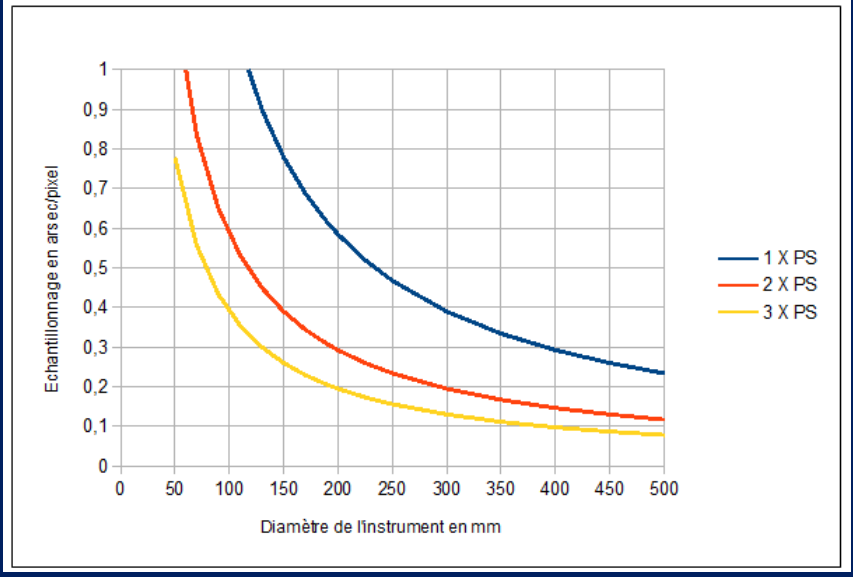


E = l / (14,25 × D) pour un facteur d'échantillonnage de 3

E : échantillonnage en secondes d'arc par pixel
l : longueur d'onde en nm (par exemple 555 nm pour le vert)
D : diamètre de l'instrument en mm

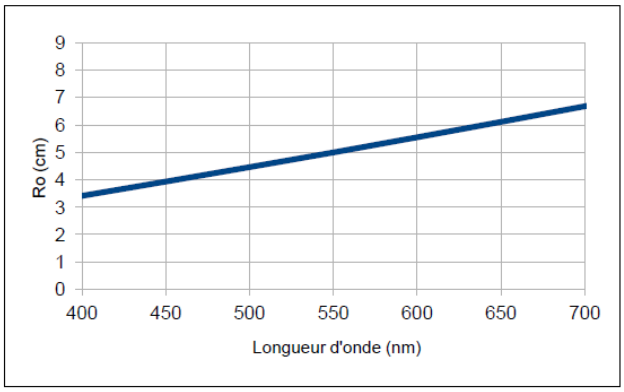
A gauche facteur d'échantillonnage de 2. A droite de 4, le bon réglage est entre les deux, vers 3 donc,
Lunette de 175 mm une caméra Skynyx 2.0 M et un filtre Daystar 0.5A FR
14,25 (4,75 x 3) est une constante

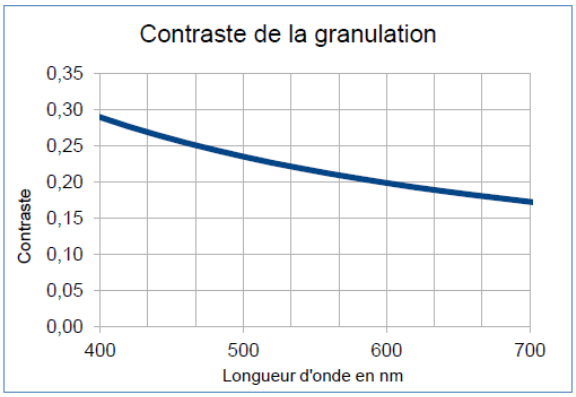
Echantillonnage et diamètre



Echantillonnage (en secondes d'arc/pixel) à choisir, en fonction du diamètre de l'instrument (en mm), pour atteindre un facteur d'échantillonnage de 1, 2, et 3 fois le pouvoir séparateur dans le vert. L'échantillonnage optimal pour la haute résolution correspond en général à un facteur d'échantillonnage de 3 fois le pouvoir séparateur.

Qualité des images et longueur d'onde





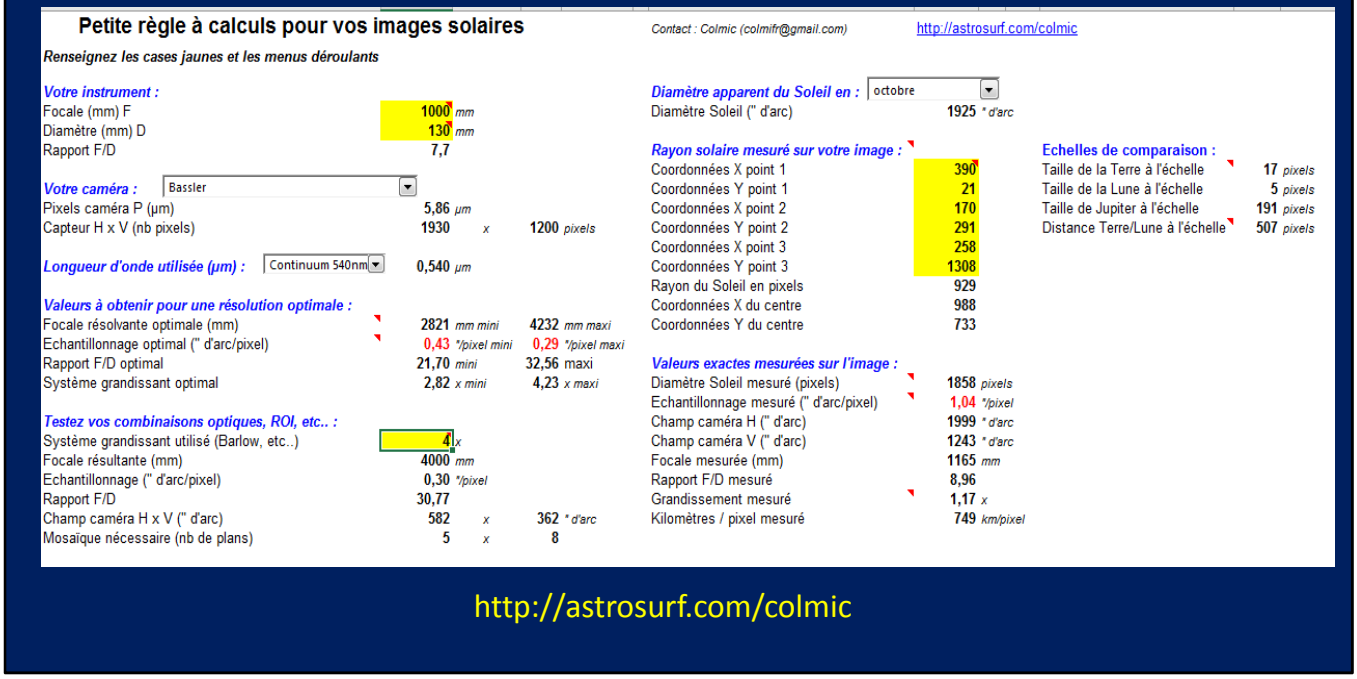
vers le bleu : la résolution croît ainsi que le contraste de la granulation
vers le rouge : la turbulence décroit
(le chromatisme est « sans objet » en lumière monochromatique)

- pour l'observation visuelle les choses sont un peu différentes, car l'œil est plus sensible et discerne mieux les contrastes dans le vert que dans le rouge.

Un télescope de 300 mm utilisé dans le bleu (430 nm) a la même résolution qu'un télescope de 450 mm utilisé dans le rouge (650 nm)

- Le contraste de la granulation augmente d'un facteur 1.6
- La turbulence augmente d'un facteur 1.64

Règle à calcul



Petite règle à calculs pour vos images solaires

Contact : Colmic (colmifr@gmail.com) http://astrosurf.com/colmic

Renseignez les cases jaunes et les menus déroulants

Votre instrument :					
Focale (mm) F	1000	*mm*			
Diamètre (mm) D	130	*mm*			
Rapport F/D	7,7				
Votre caméra :	Bassler				
Pixels caméra P (µm)	5,86	*µm*			
Capteur H x V (nb pixels)	1930	*x*	1200	*pixels*	
Longueur d'onde utilisée (µm) :	Continuum 540nm		0,540	*µm*	
Valeurs à obtenir pour une résolution optimale :					
Focale résolvante optimale (mm)	2821	*mm mini*	4232	*mm maxi*	
Echantillonnage optimal (" d'arc/pixel)	0,43	*"/pixel mini*	0,29	*"/pixel maxi*	
Rapport F/D optimal	21,70	*mini*	32,56	maxi	
Système grandissant optimal	2,82	*x mini*	4,23	*x maxi*	
Testez vos combinaisons optiques, ROI, etc.. :					
Système grandissant utilisé (Barlow, etc..)	4	*x*			
Focale résultante (mm)	4000	*mm*			
Echantillonnage (" d'arc/pixel)	0,30	*"/pixel*			
Rapport F/D	30,77				
Champ caméra H x V (" d'arc)	582	*x*	362	*" d'arc*	
Mosaïque nécessaire (nb de plans)	5	*x*	8		

Diamètre apparent du Soleil en :	octobre	
Diamètre Soleil (" d'arc)	1925	*" d'arc*
Rayon solaire mesuré sur votre image :		
Coordonnées X point 1	390	
Coordonnées Y point 1	21	
Coordonnées X point 2	170	
Coordonnées Y point 2	291	
Coordonnées X point 3	258	
Coordonnées Y point 3	1308	
Rayon du Soleil en pixels	929	
Coordonnées X du centre	988	
Coordonnées Y du centre	733	
Valeurs exactes mesurées sur l'image :		
Diamètre Soleil mesuré (pixels)	1858	*pixels*
Echantillonnage mesuré (" d'arc/pixel)	1,04	*"/pixel*
Champ caméra H (" d'arc)	1999	*" d'arc*
Champ caméra V (" d'arc)	1243	*" d'arc*
Focale mesurée (mm)	1165	*mm*
Rapport F/D mesuré	8,96	
Grandissement mesuré	1,17	*x*
Kilomètres / pixel mesuré	749	*km/pixel*

Echelles de comparaison :		
Taille de la Terre à l'échelle	17	*pixels*
Taille de la Lune à l'échelle	5	*pixels*
Taille de Jupiter à l'échelle	191	*pixels*
Distance Terre/Lune à l'échelle	507	*pixels*

http://astrosurf.com/colmic

Règle de calcul pour image solaire, ici Takahashi 130 et caméra Basler 1920/155 dans le vert Continuum

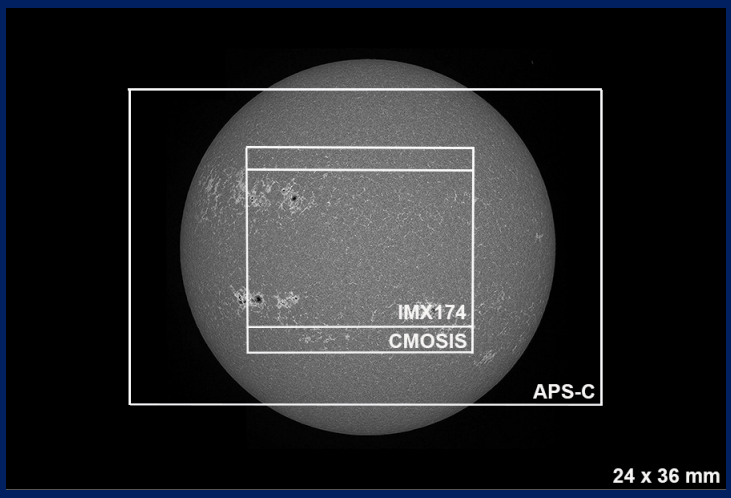
Les pixels d'une taille supérieure à 5µm sont plus adaptés aux focales longues comme les C14, les pixels de classe 3µm sont idéaux pour les lunettes, les newtons et les focales inférieures à 2 mètres.

Caméras

- BASLER
- ZWOptical
- I-Nova
- Atair
- Point Grey

Etc.

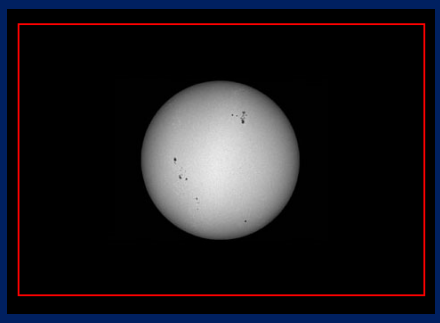
Capteurs



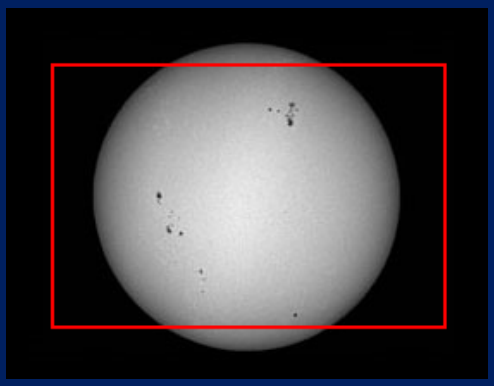
Capteur	Taille du capteur en mm
Full-frame	24 mm × 36 mm
APS-C Nikon	23,7 mm × 15,7 mm
CMOSIS 4000	11.3 mm × 11.3 mm
IMX 174	11.3 mm × 7.1 mm

Focale de 2 m
24 x 36 – CMOSIS – APN – Basler 1920-155

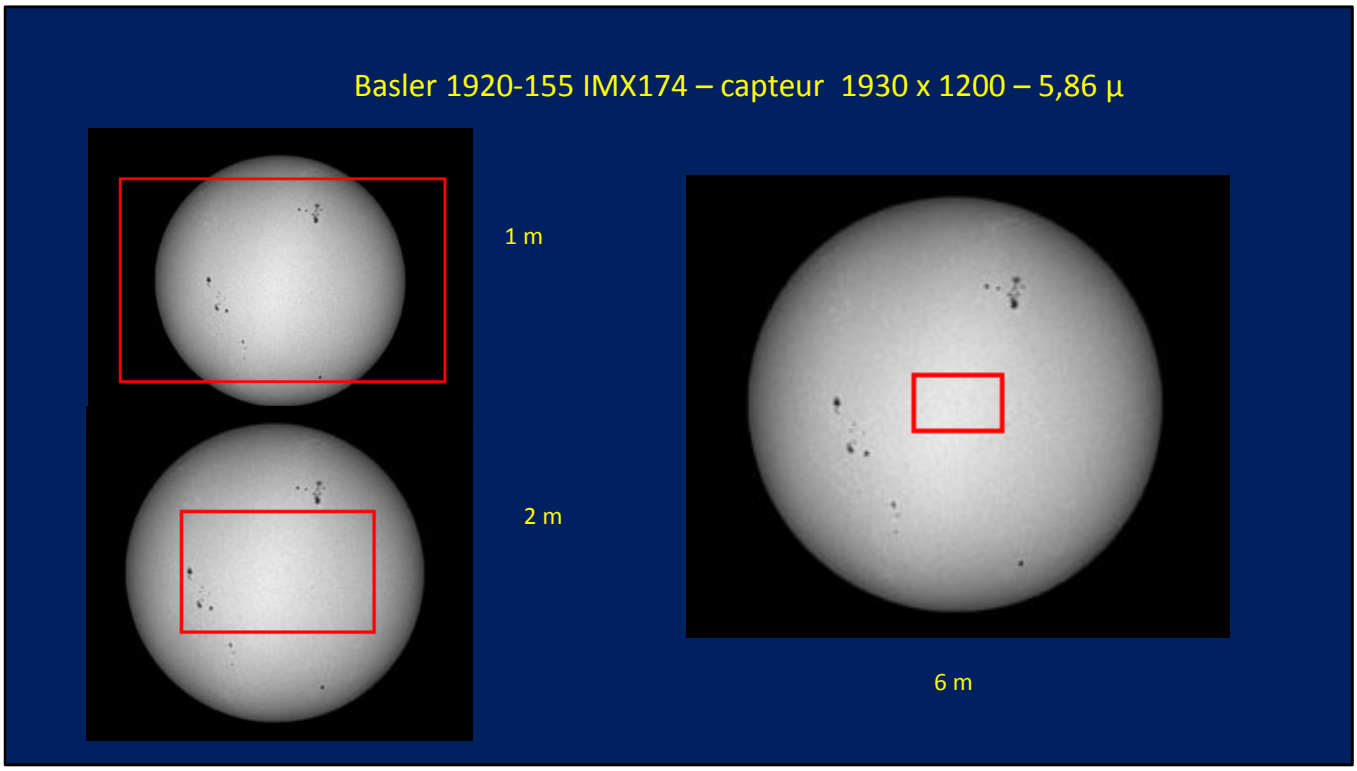
APN Canon 450D



Focale 1 m



Focale 2 m



5,86 microns CMOS Global shuster
Le "global shutter" : tous les photosites sont exposés simultanément comme sur un capteur CCD.

Le "rolling shutter" : les lignes sont exposées avec un léger décalage temporel d'une ligne à l'autre. L'intérêt de ce deuxième mode est d'offrir une vitesse de lecture plus grande et un bruit de lecture plus faible. Malheureusement, il y a perte de cohérence temporelle entre les lignes ce qui peut provoquer des effets de distorsion géométrique

La Basler 1920/155 est à 1290 € en juillet 2018

Capteur	CCD	CMOS
Avantages	Uniformité de la réponse du capteur sur toute sa surface.	Capteurs de grande taille (grand nombre de pixels). Vitesse de lecture très rapide. Bruit de lecture très faible dans les nouvelles générations. Moins couteux dans les grandes dimensions.
Inconvénients	Vitesse de lecture plus faible. Plus coûteux dans les grandes dimensions.	Non uniformité de la réponse des photodiodes sur la surface du capteur pouvant, dans certains cas, rendre nécessaire un pré-traitement (offset, flat)

Liaisons capteur / ordinateur

Type de liaison	Débit max pratique	Longueur maximale
USB2	Env. 30 Mo/s	5 m (sans amplificateur), 10 à 15 m avec rallonge amplifiée.
USB3	Env. 400 Mo/s	5 m (sans amplificateur), 10 m avec amplificateur
Giga-E	Env. 125 Mo/s	> 100 m (dépend du type de câble)
FW400	Env. 40 Mo/s	4.5 m (hors fibre optique). Interface assez rare sur les PC

USB3.1 + 600 Mo/s – prise USB-C encore plus vite,,,

- Un nombre de pixels important, pour couvrir avec une bonne résolution le plus grand champ possible sur le soleil.

- Une vitesse de lecture importante, au moins 100 images/s, pour lutter contre la turbulence. Disque SSD…

-Le S/B est une caractéristique importante d'une caméra solaire car elle conditionne en grande partie la qualité des images obtenues. Une image présentant un fort rapport S/B pourra subir un traitement plus poussé qu'une image ayant un S/B plus faible, ce qui permettra de mettre en évidence les détails de plus faible contraste.

- Si on travaille avec un configuration donnant un flux faible conduisant à un temps de pose "long" (par exemple imagerie en Ha avec un filtre très serré), on pourra rechercher également un bon rendement quantique.

Sony CMOS IMX174 : il s'agit indiscutablement d'un des meilleurs capteurs actuels pour le solaire du fait de sa taille (1920 × 1200 pixels), son rapport S/B max (7,5 bits), sa dynamique (12,4 bits) et sa vitesse de lecture (155 images/s). Son FPN (Fixed Pattern Noise) est faible et ne nécessite pas de correction particulière dans le cas général. Ce capteur est également très performant en imagerie lunaire ce qui le rend polyvalent. On le trouve chez différents fabricants de caméras : ZWO, Basler, Point Grey, etc.

La **dynamique** d'un capteur est égale au rapport entre le signal le plus fort et le signal le plus faible qu'il peut enregistrer simultanément.
Le rendement quantique est le pourcentage de photons incidents convertit en électrons participant au signal généré. Il est donc directement représentatif de la sensibilité du capteur.

Tilter la caméra

Corrections des franges d’interférences, en plus du flat,

Mesurer le seing : **SSM** (Solar Scintillation Monitor)

Vendu par Airylab depuis 2015, est basé sur des études précédentes,
cellule photodiode et câble, boitier avec électronique, prise USB vers PC (environ 320 €), Alimentation particulière en plus si besoin,
Il existe aussi pour la nuit, chez Airylab également, prix 2500 €

Input : valeur d'entrée doit rester inférieure à 1 et supérieure à 0,5.
valeur indique le seeing instantané en arc seconde

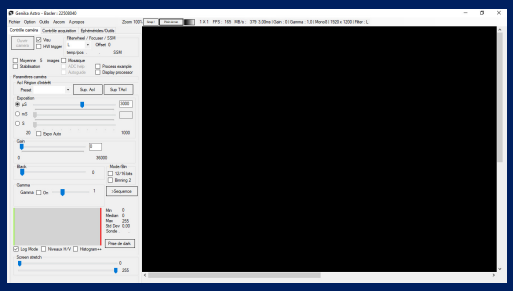
Le SSM analyse la lumière 1 400 fois pour une mesure, et ce deux fois par seconde, Les SER comportent les valeurs du SSM et un fichier texte est produit automatiquement pendant les prises,

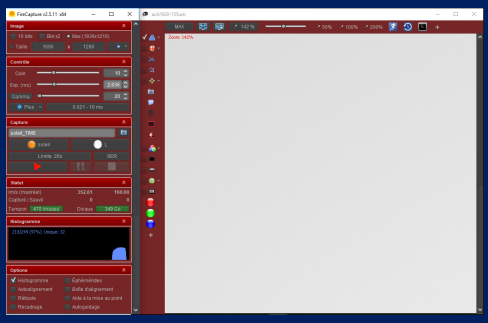
Le calcul du seeing est fait par intervalles de 0,5 s ce qui permet un temps de réaction court face aux variations de seeing.

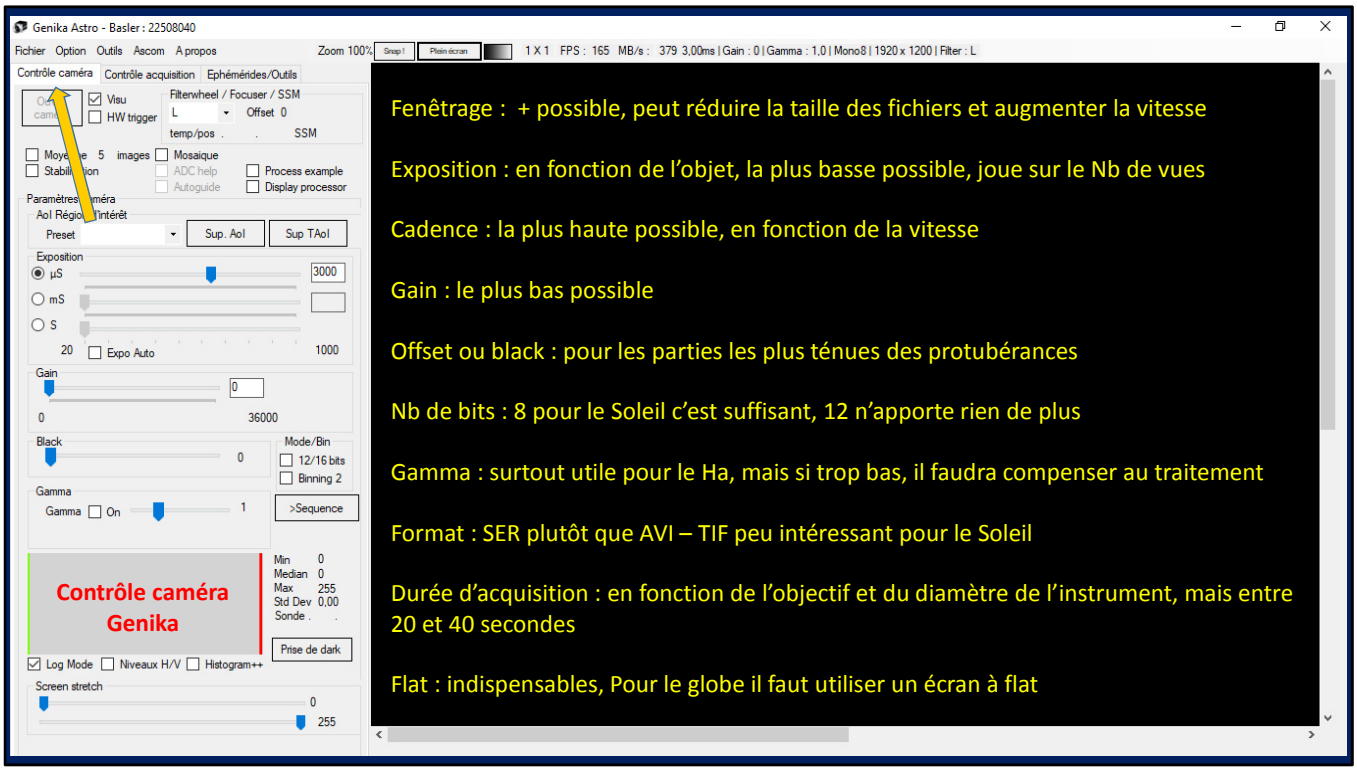
Genika et Firecapture peuvent gérer le SSM, par exemple déclenchement à un certain seuil de seing.
Attention aux valeurs données par le SSM, qui peuvent être perturbées par un voile de cirrus, par le jet stream d'altitude, etc.

Logiciels de capture

- **Genika**
- **Fire Capture**
- **IRIS**
- **Sharp Cap**
- **Etc.**

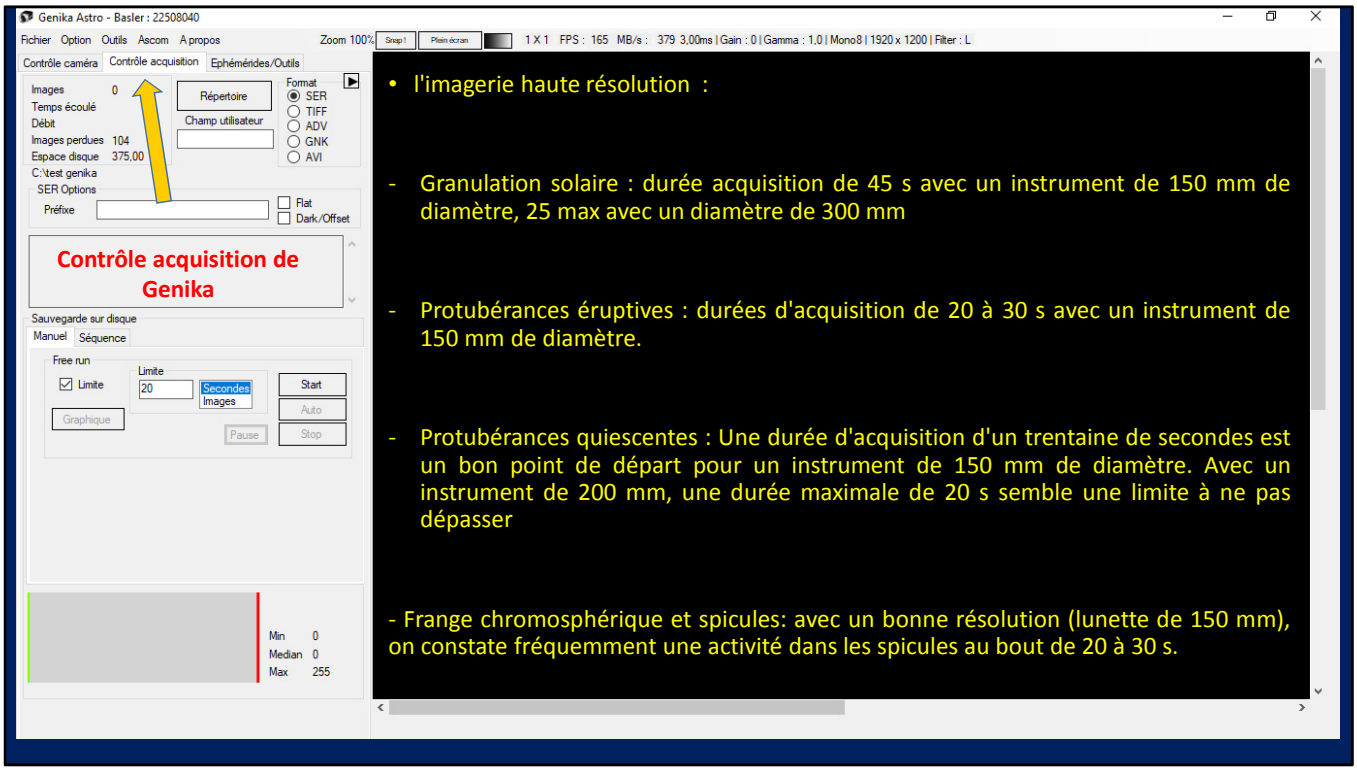






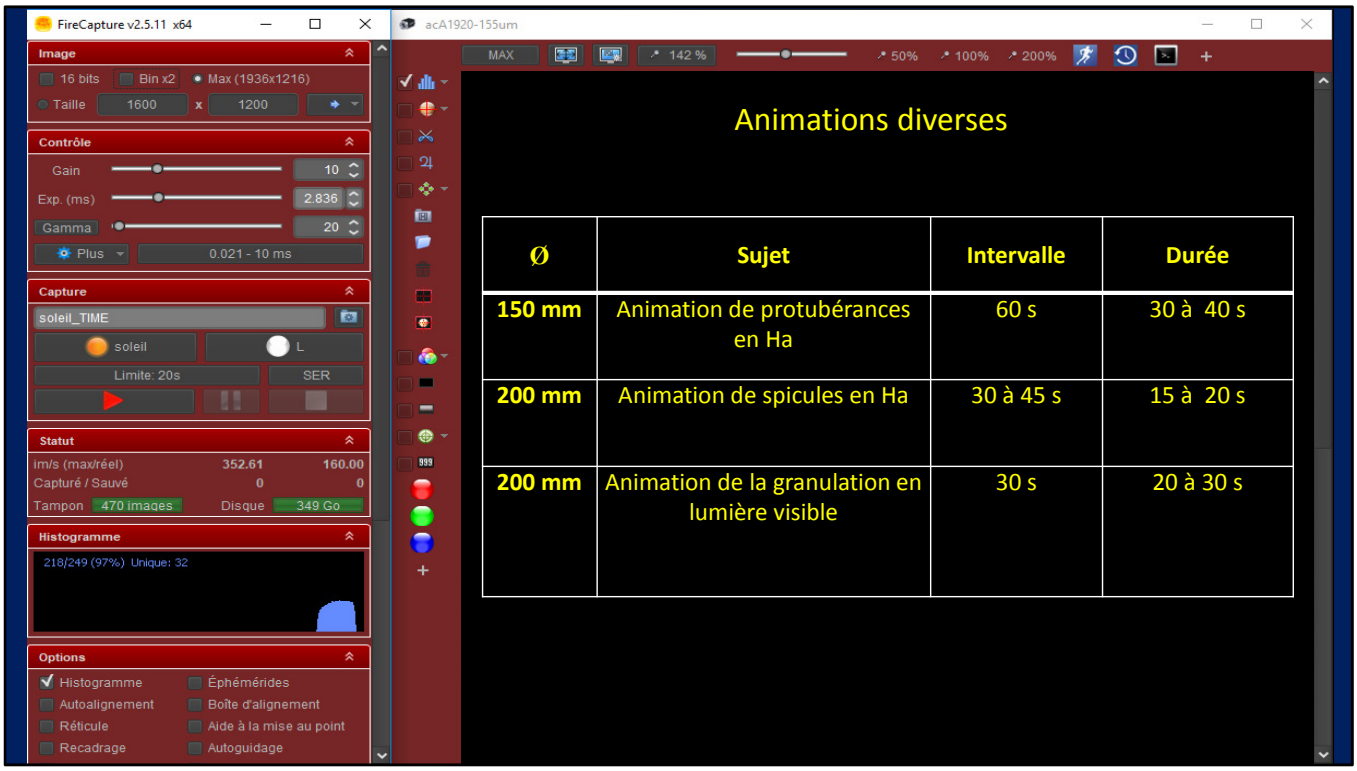
Pour l'imagerie du disque en entier :

Hors phénomène rapide, la limite est fixée par la vitesse de rotation du disque solaire. Celle-ci étant de l'ordre de 25 jours à l'équateur solaire, le déplacement d'un point situé au centre du disque solaire est de l'ordre de :Environ 3 mn pour faire une mosaïque : déplacement d'un point sur le Soleil de 1" en 6 mn 22s.



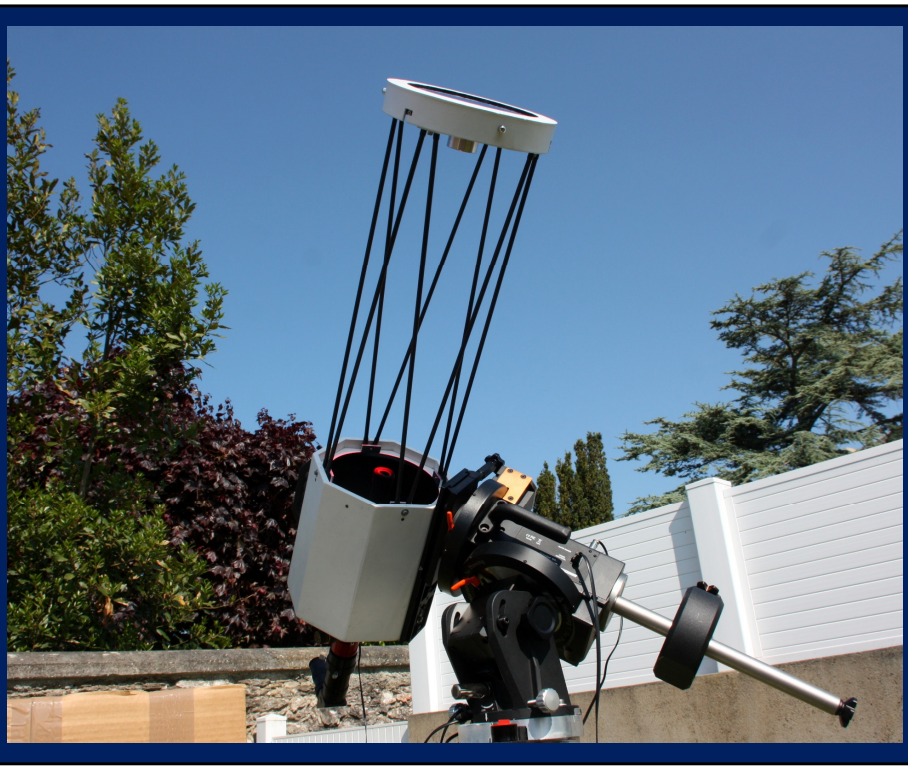
Granulation solaire : durée acquisition de 45 s avec un instrument de 150 mm de diamètre, 25 max avec un diamètre de 300 mm.
Protubérances éruptives : une évolution est parfois perceptible au bout d'une dizaine de secondes, ce qui pourra conduire à choisir des durées d'acquisition de 20 à 30 s avec un instrument de 150 mm de diamètre.
Protubérances quiescentes : la durée de vie de ce type de protubérance peut aller jusqu'à plusieurs jours. Pour autant, on voit fréquemment sur les animations des évolutions au bout de 30 s. Une durée d'acquisition d'un trentaine de secondes est donc probablement un bon point de départ pour un instrument de 150 mm de diamètre. Avec un instrument de 200 mm, une durée maximale de 20 s semble une limite à ne pas dépasser
Frange chromosphérique et spicules: avec un bonne résolution (lunette de 150 mm), on constate fréquemment une activité dans les spicules au bout de 20 à 30 s.

A noter que pour avoir une bonne estimation de l'échelle de l'image capturée, il faut lors du début de séance, imager le bord du disque (limbe), De cette façon il sera possible, avec un logiciel images de mesurer le diamètre du Soleil et d'en définir précisément la taille, Nous pourrons alors avoir une bonne idée de la focale réelle et du grandissement réel,



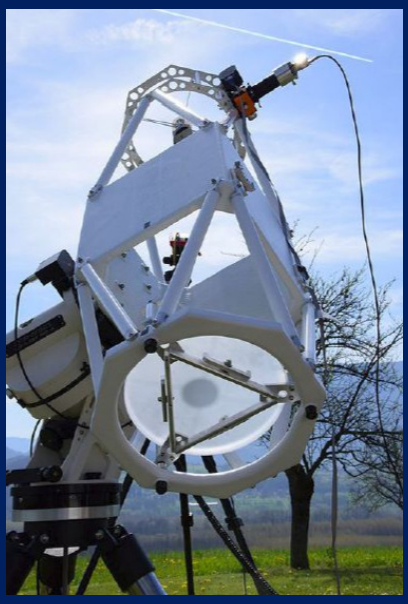
FireCapture

Maxscope 90, crayford Baader, crayford JMI motorisé, allonge, BF 30 Powermate televue 2,5x et ASI 174MM



Primaire parabolique Bacchi n° 22 de 210 mm F 1030 et secondaire Hyperbolique 5 x de chez ZEN, focale résultante 5150 mm
Primaire épaisseur 32 mm en pyrex, secondaire de 48 mm épaisseur 10 mm
Obstruction 23 %,

A gauche filtre pour la LB (TOO 2,5) et à droite filtre ERF pour le Ha (lame Toscano et traitement MCM)



Télescope solaire Newton de 300 mm

C. Viladrich: Tube par Stellarzac
Primaire :
- Silice fondue 300 mm : optique par Michel Bonin
pour rigidité, conductivité, dilatation

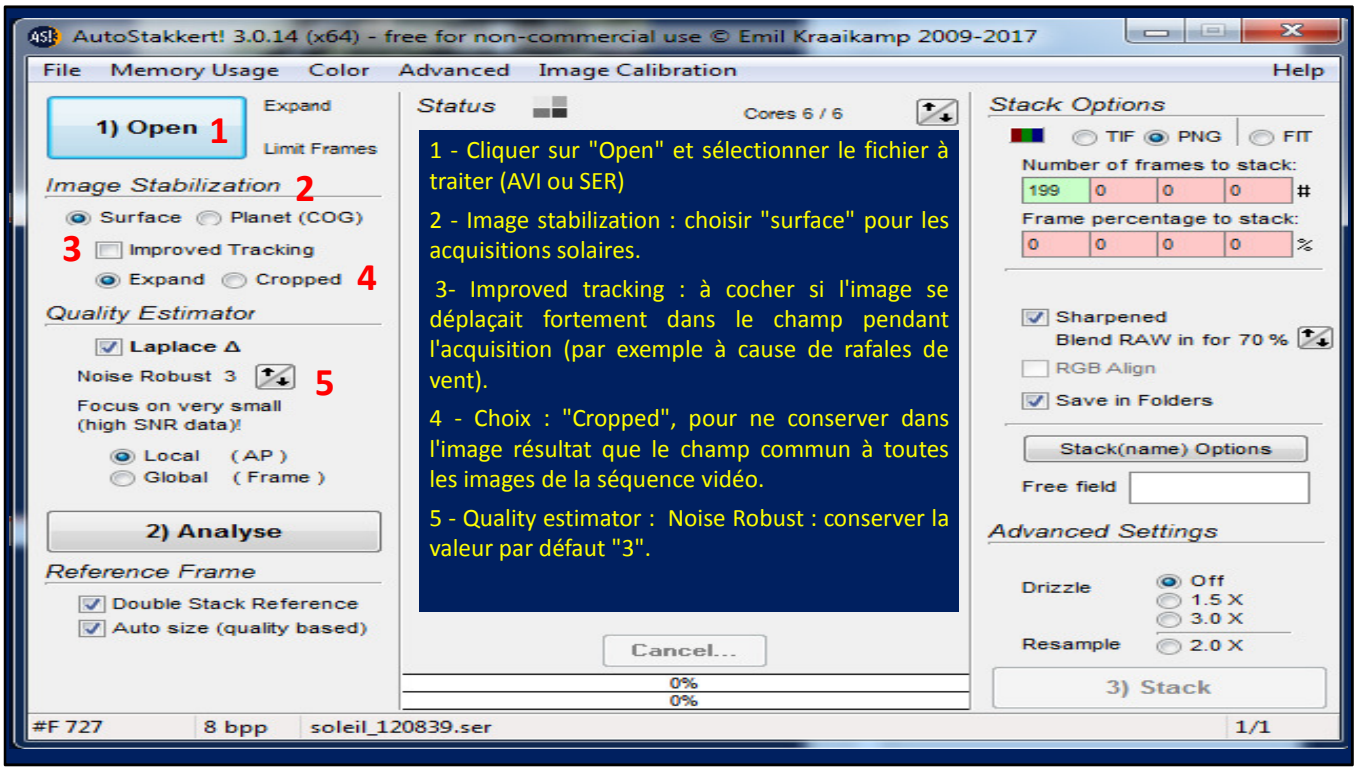
Secondaire :
- quartz Antares Optical /30 P-V
- 22% obstruction.
- araignée Inox 1.5 mm => Strelh 0.98.

Logiciels de traitements des images solaires

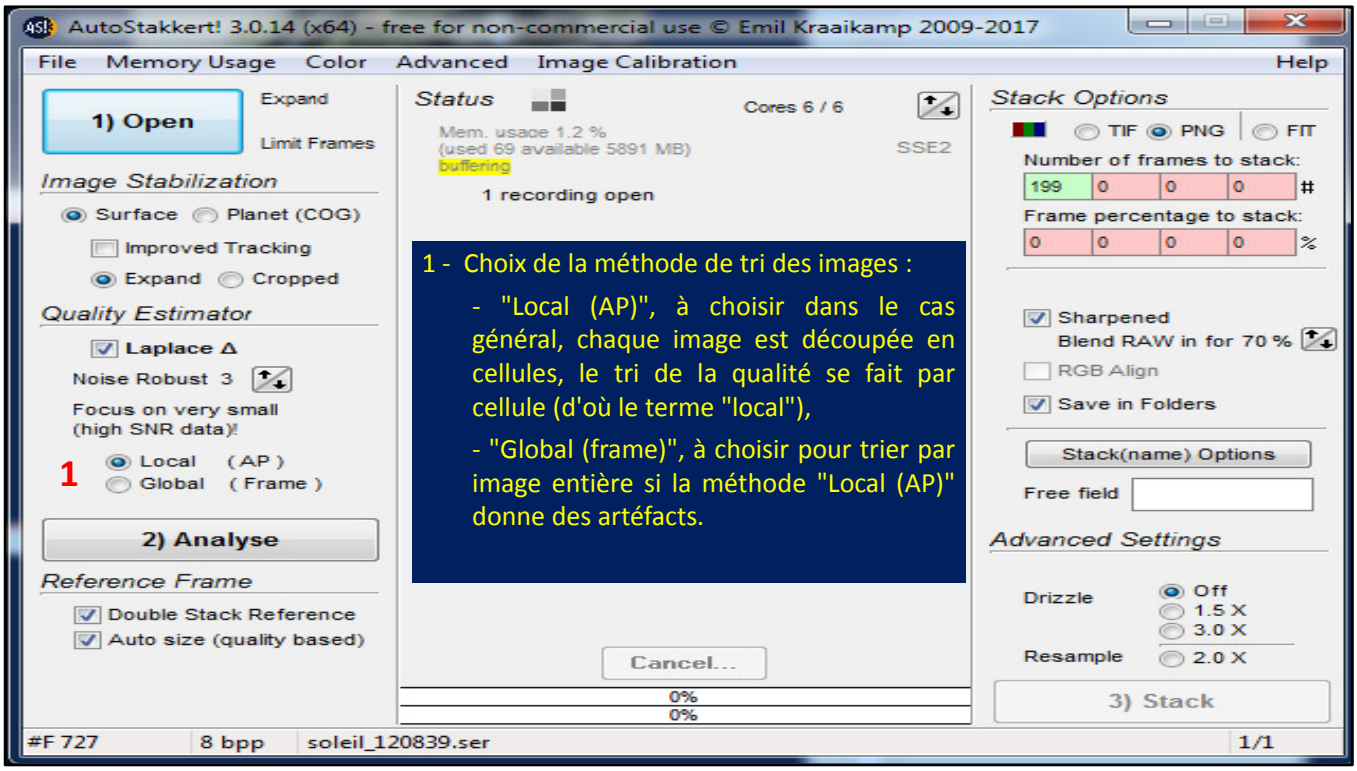
- **Autostakkert! 3 :** sans conteste, le meilleur actuellement…
- **Registax 6**
- **Avistack**
- **Iris**
- **Etc.**

Traitement des images, marche à suivre :

- Tri / recentrage / addition
- Augmentation micro-contrastes
- Traitements localisés (protubérances)
- Finalisation (luminosité, contraste, couleurs …)
- Mosaïques
- Animation

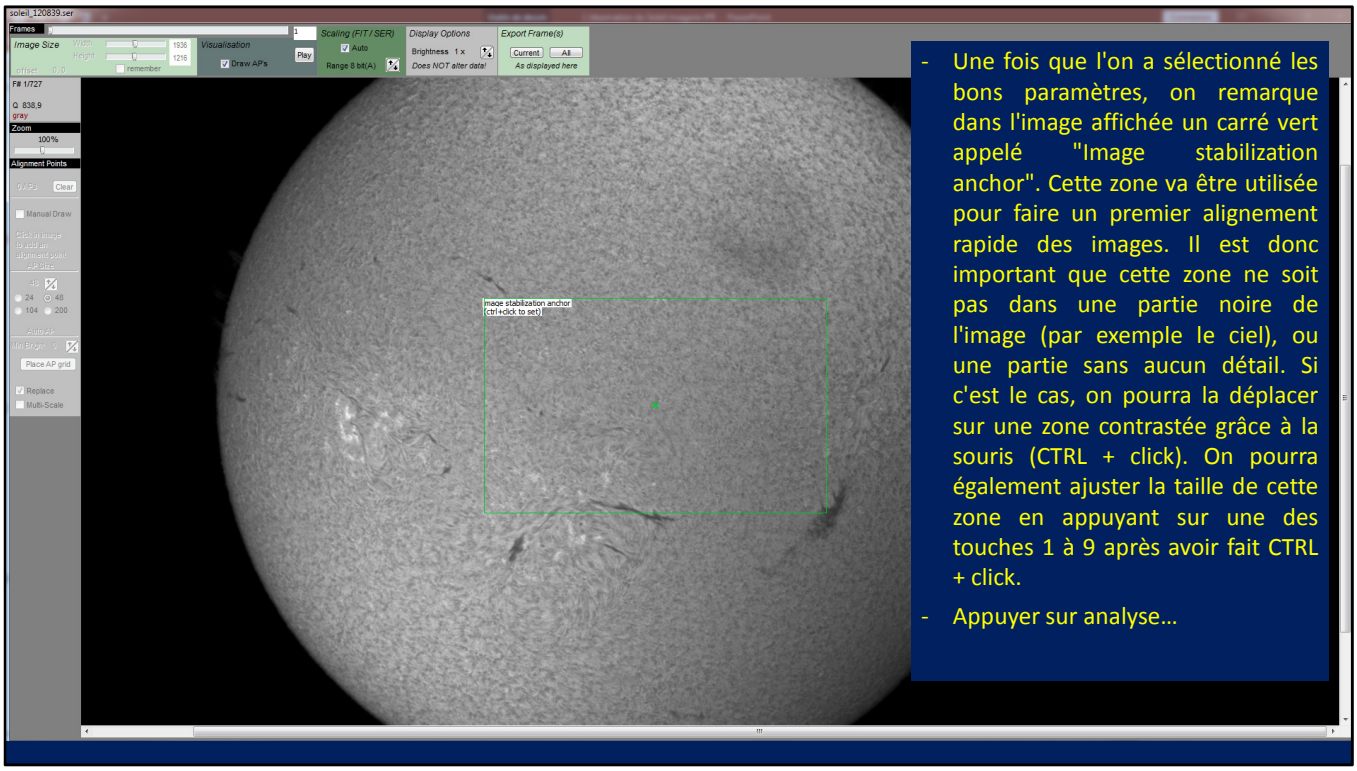


Autosatkkert! 3 : si c'est une vidéo du globe, tout ou partie, un Flat ne sera certainement pas enregistré. On traitera directement la vidéo du globe. Voir plus loin pour l'utilisation d'un flat.



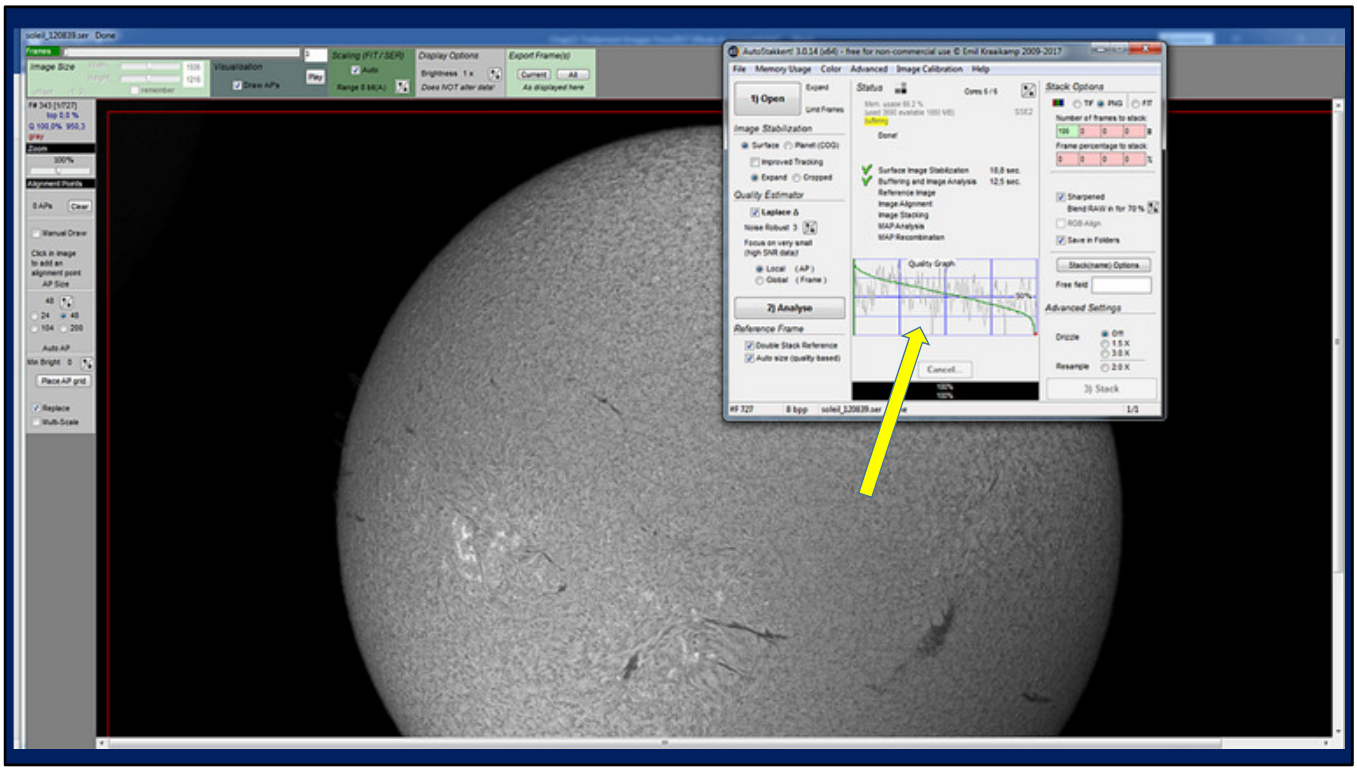
a) Si "Auto size (quality based)" est coché : l'image de référence est calculée comme étant la moyenne des N images additionnées.
b) Si "Auto size (quality based)" n'est pas coché : l'image de référence est calculée comme étant la moyenne du nombre d'images sélectionnées au moyen du curseur par l'utilisateur (les images étant triées par ordre de meilleure qualité décroissante).

c) "Last stack is reference" : cette option n'est accessible qu'après avoir traité un premier fichier vidéo. Au traitement du second fichier, on peut alors recentrer les images par rapport à la dernière image additionnée issue du traitement du fichier précédent, ce qui peut être intéressant si on souhaite faire ensuite une animation des images.

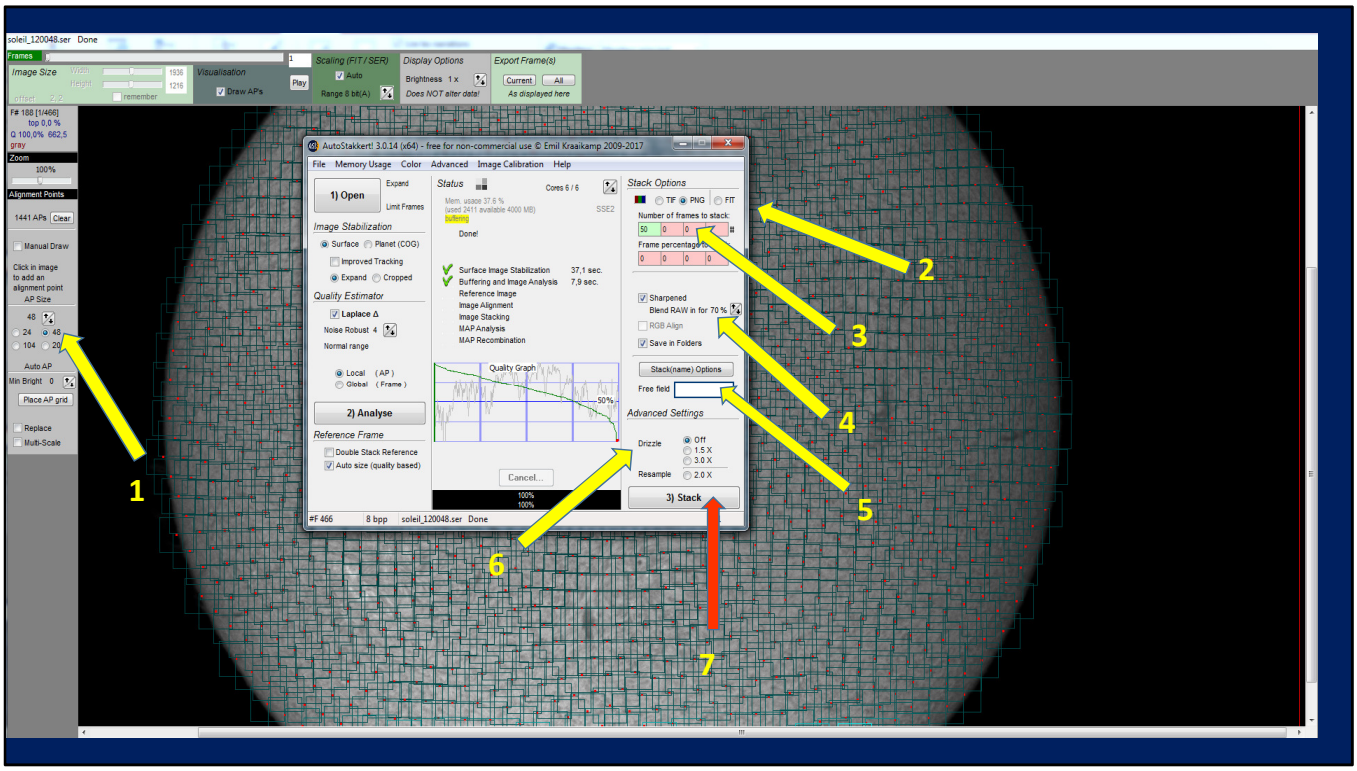


- Une fois que l'on a sélectionné les bons paramètres, on remarque dans l'image affichée un carré vert appelé "Image stabilization anchor". Cette zone va être utilisée pour faire un premier alignement rapide des images. Il est donc important que cette zone ne soit pas dans une partie noire de l'image (par exemple le ciel), ou une partie sans aucun détail. Si c'est le cas, on pourra la déplacer sur une zone contrastée grâce à la souris (CTRL + click). On pourra également ajuster la taille de cette zone en appuyant sur une des touches 1 à 9 après avoir fait CTRL + click.
- Appuyer sur analyse…

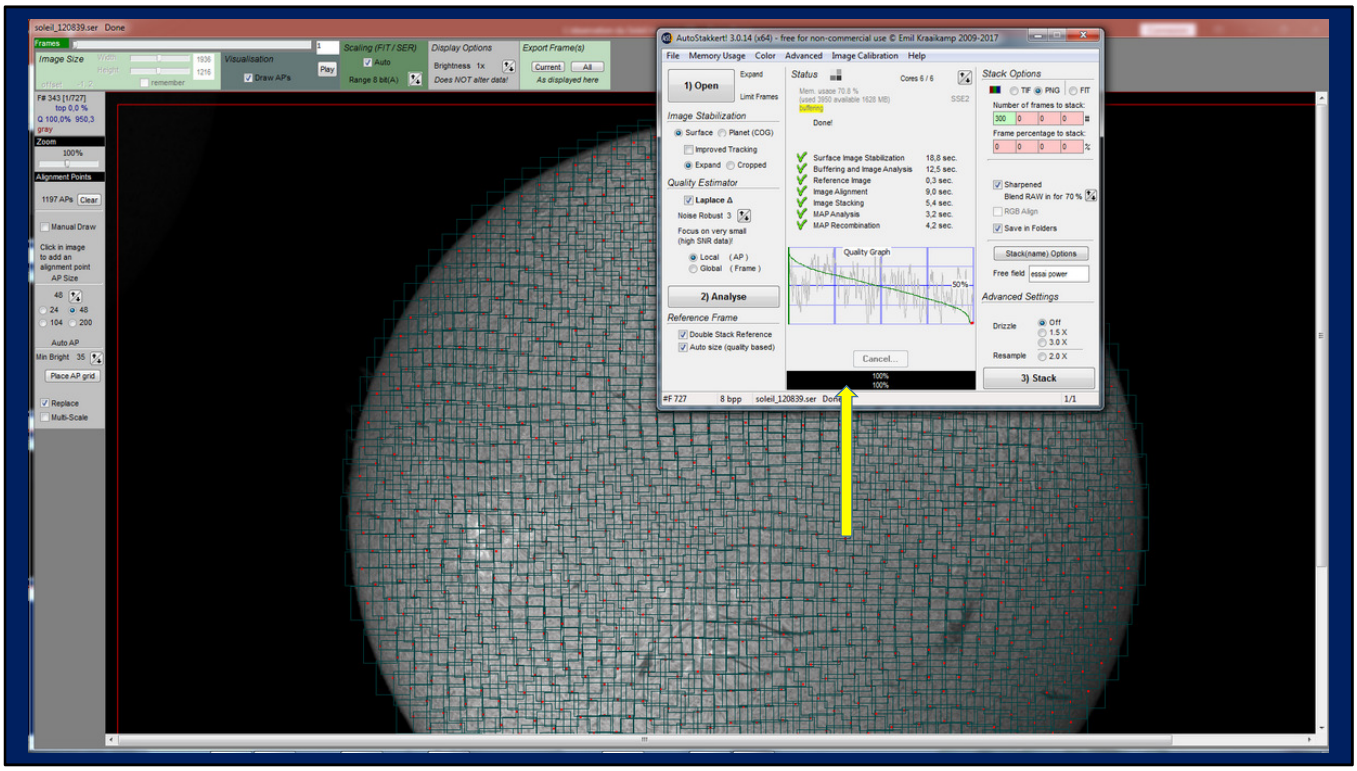
Vidéo réalisée avec ASI 174MM, Maxscope 90 DS BF 30



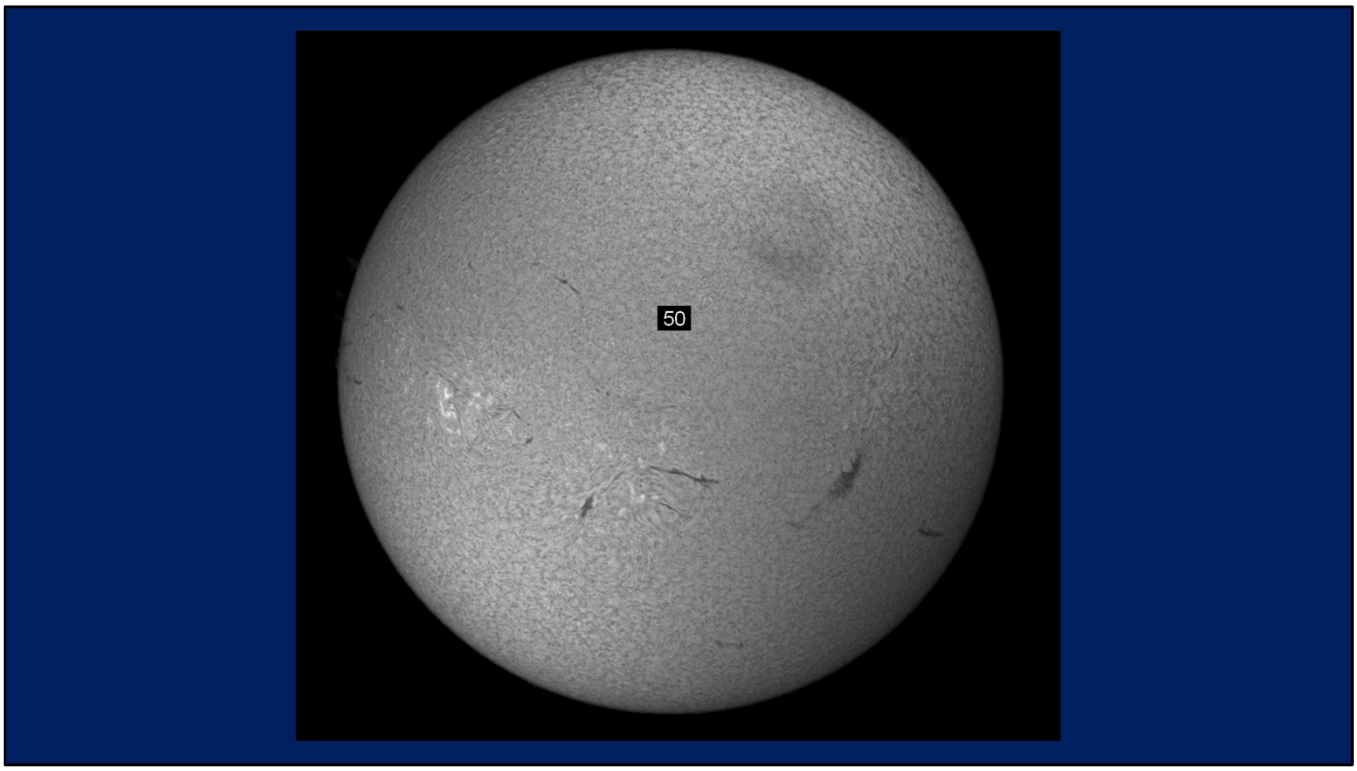
Analyse terminée, graphique apparaît, ne pas en tenir compte surtout en lumière blanche



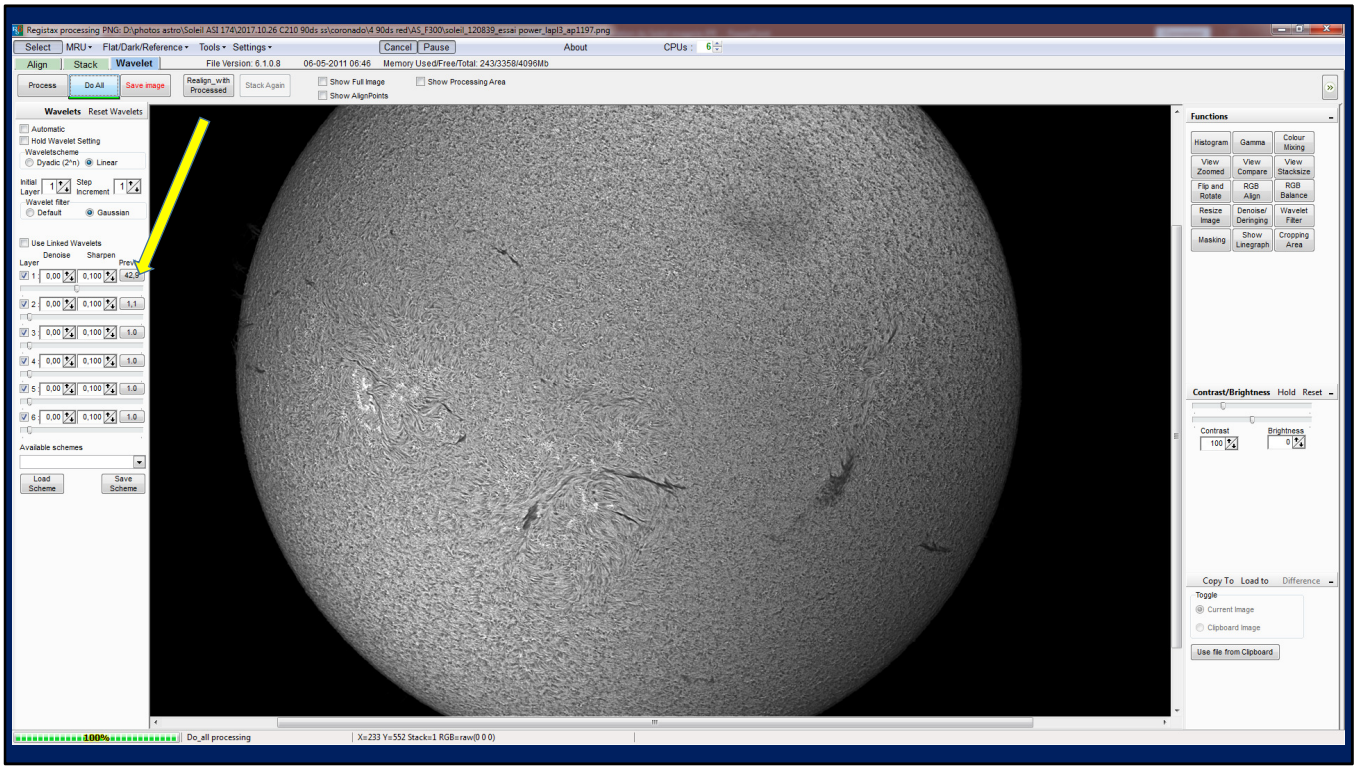
1 - Ajout des points grilles et le noir
2 – choisir le format de l'image
3 - Choisir le Nb d'images à traiter, il est conseillé de mettre plusieurs valeurs, soit en chiffres soit en pourcentage. 8 possibilités donc,
4 – Sharpened : traite l'image CONV, mettre 45% environ
5 - Nommer éventuellement, si pas nommé, le fichier est enregistré dans le fichier d'origine sous la forme de AS (nb d'images), une image n'est pas traitée, l'autre est traitée et porte l'appellation CONV
6 - Drizzle, pour augmenter la taille de l'image, à éviter, se servir plutôt de l'agrandissement dans Registax
7 - Appuyer sur Stack



Autostakkert permet de traiter plusieurs SER à la suite, Pour cela, sélectionner plusieurs SER. Après le premier film, choisir les dimensions des points grille et lancer le stack. L'ensemble des films sera traité de la même façon.



50 images stackées, mosaïque faite



Ondelettes sous Registax 6. Ligne 1, voire un tout petit peu la 2 pour de la « hauteur ».

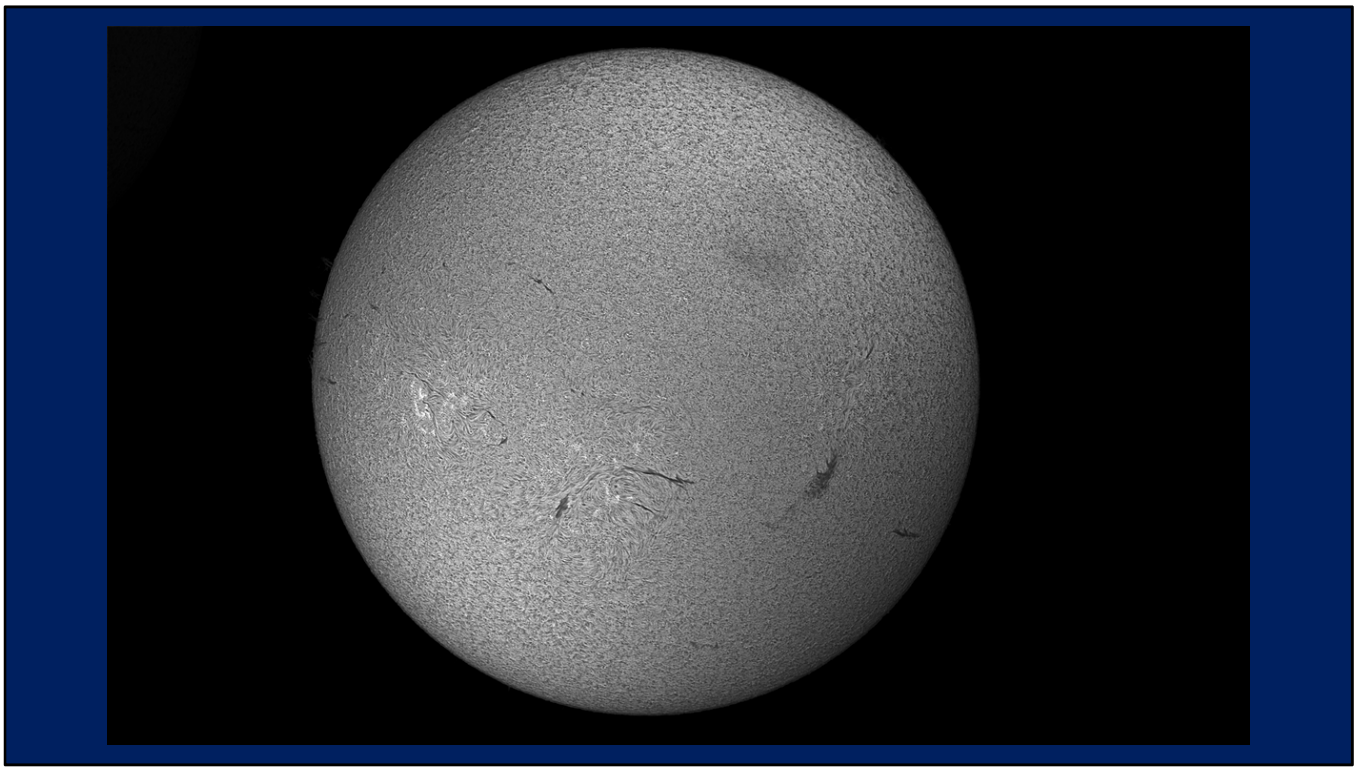
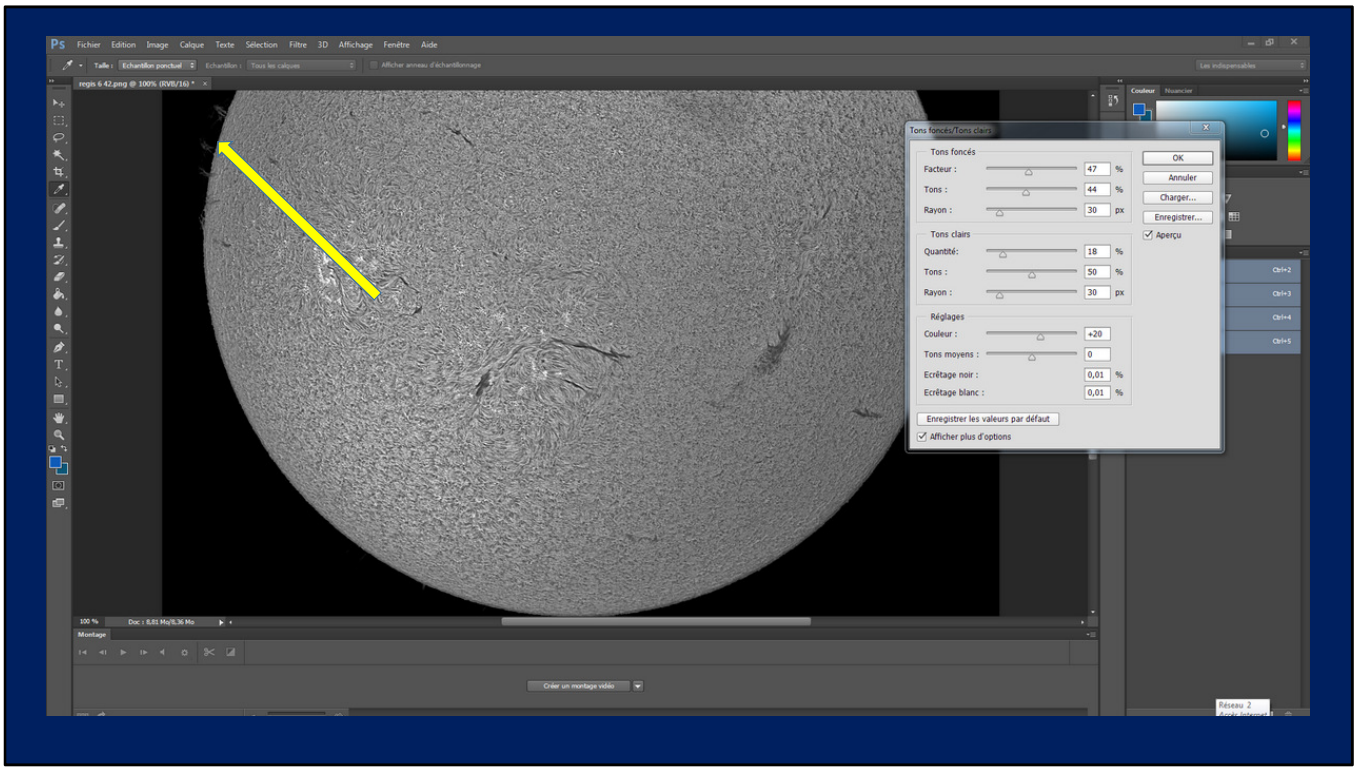
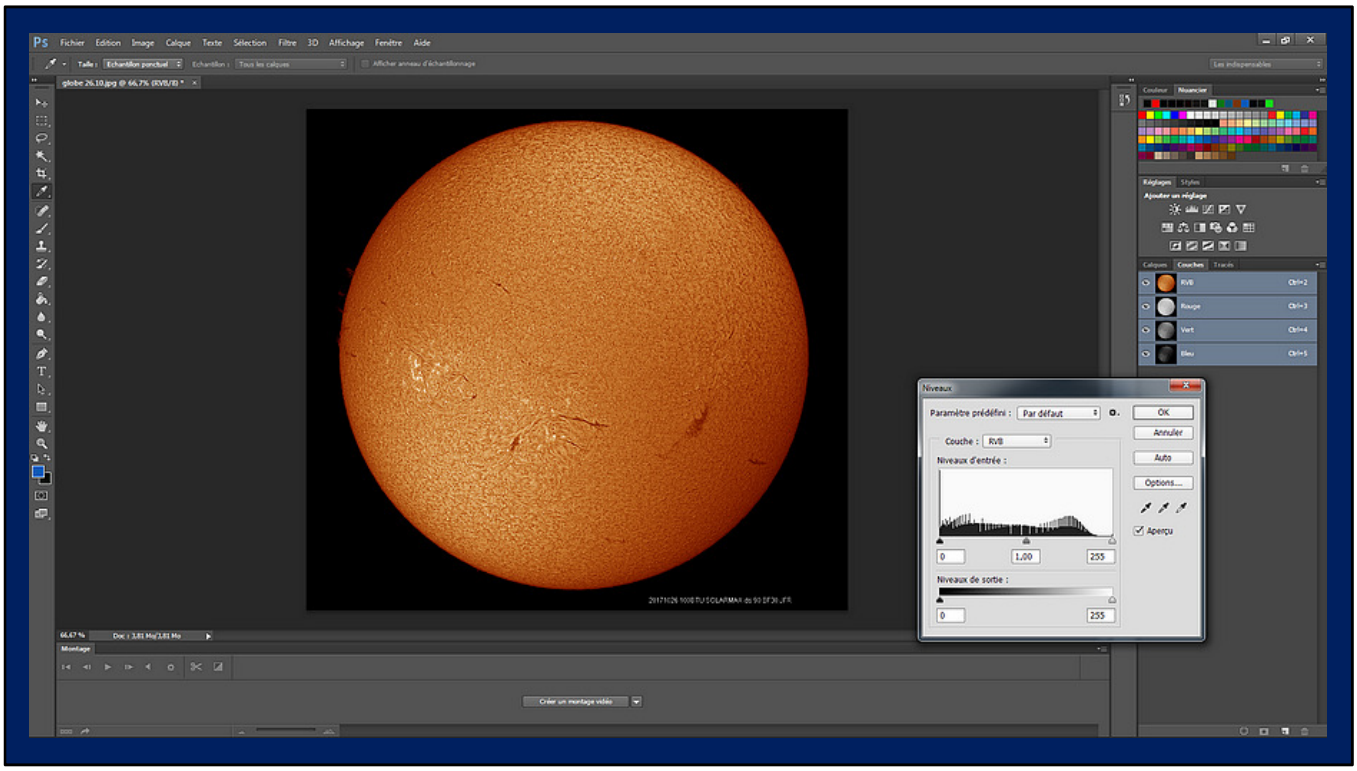


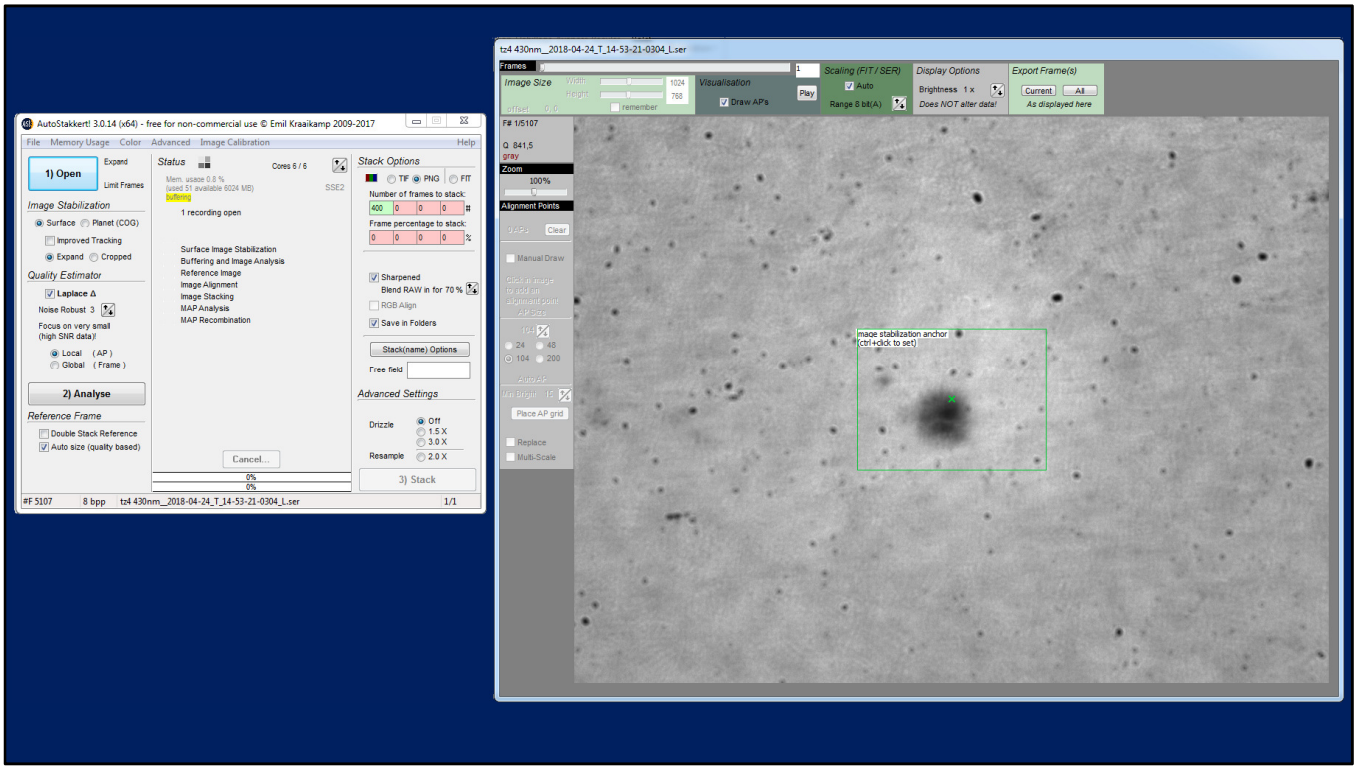
Image issu de R6, line 1 à 46



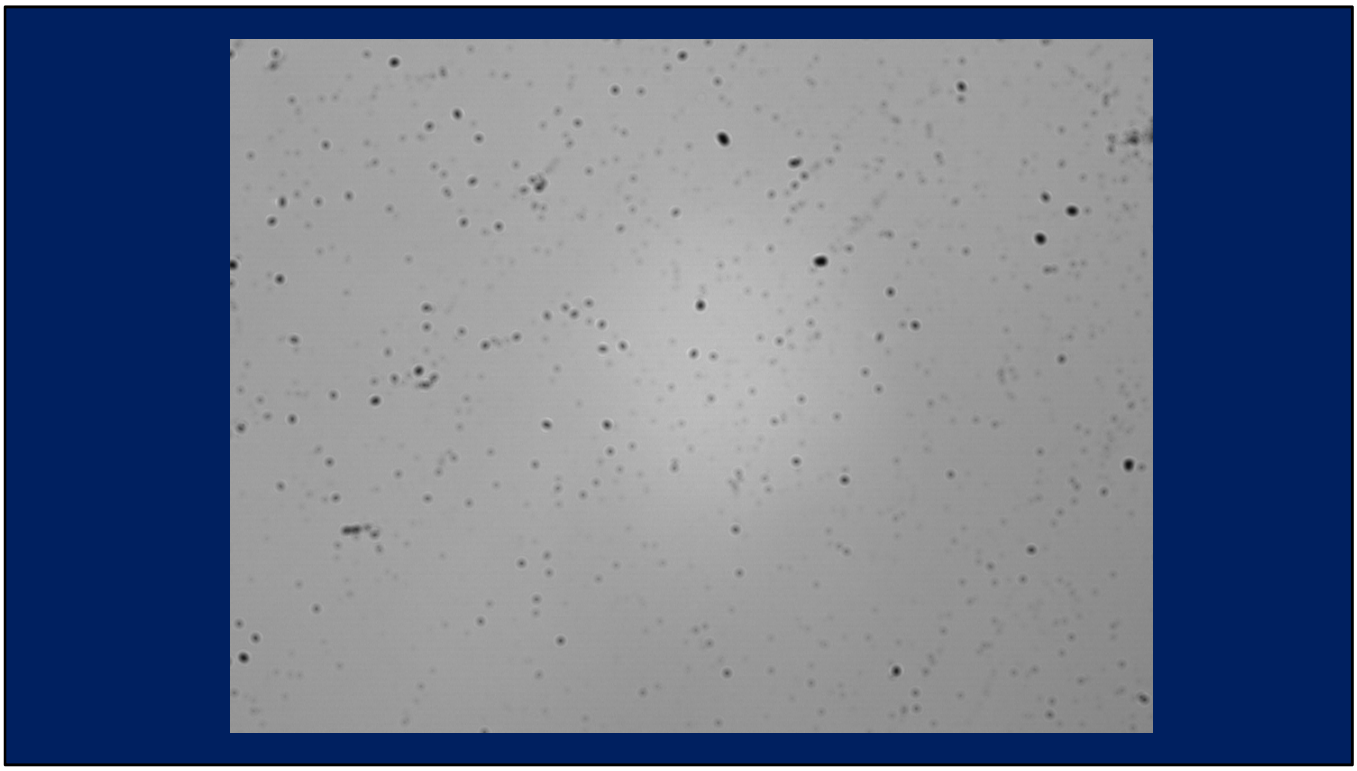
Tons foncés/clairs sous PSP



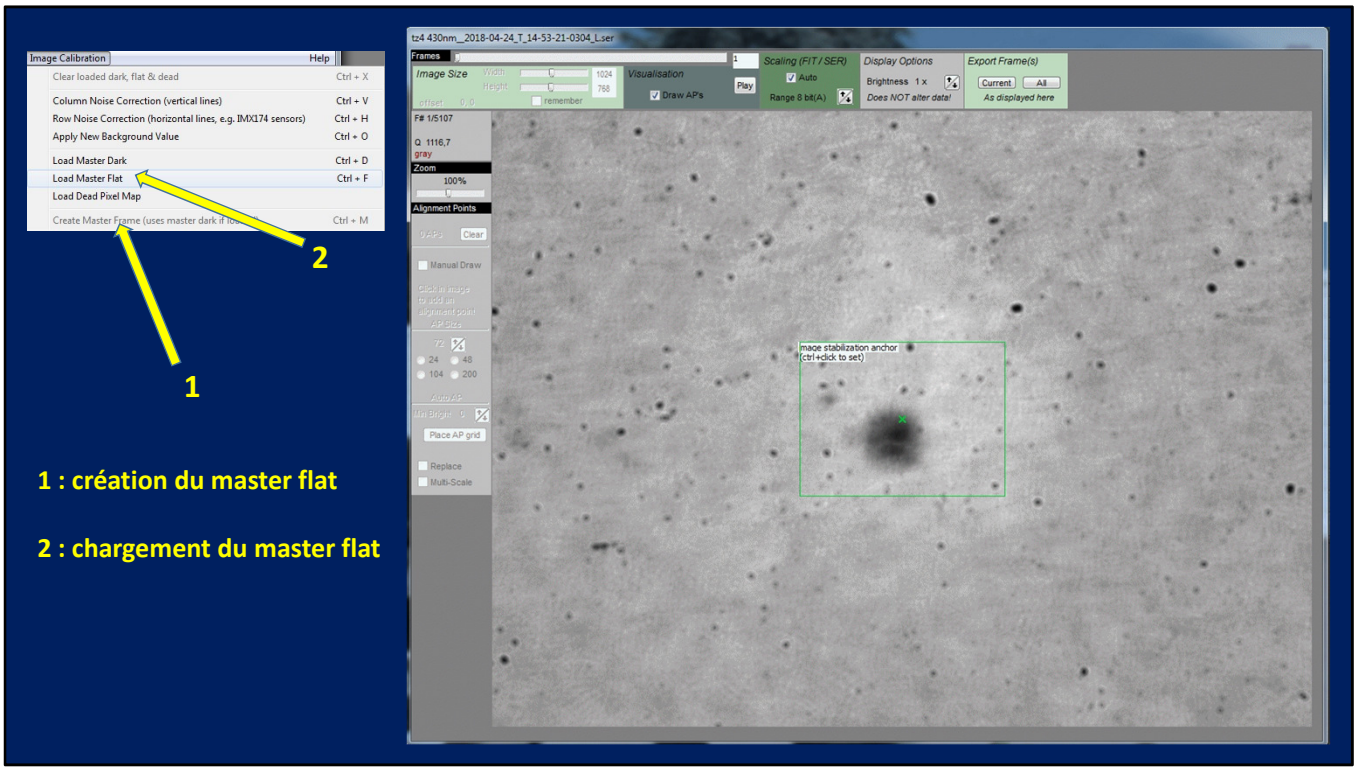
Colorisation sous PSP avec Niveaux, par exemple pour le point milieu de l'histogramme :
B : 0- 0,2 – 255 (0,15)
V : 0 – 0,44 – 255 (0,5)
R : 0 – 1,3 – 255 (1,2)
RVB : 0 – 1,8 – 255 (1,4)



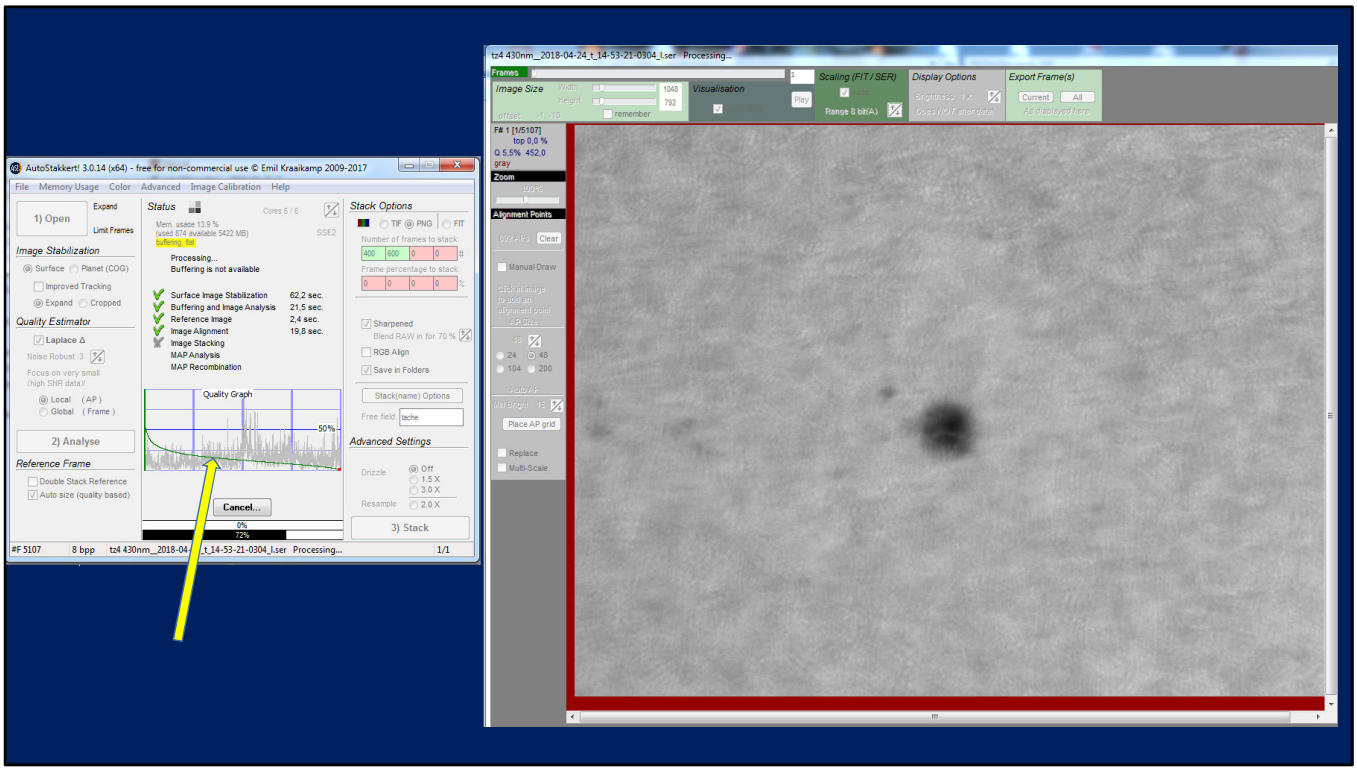
Cas d'une vidéo de la surface solaire. Capture d'écran Autostakkert, avant chargement du flat et avant analyse (24 avril 2018, TOA 130 avec TZ4, quark Combo Ha, Basler 1920-155)



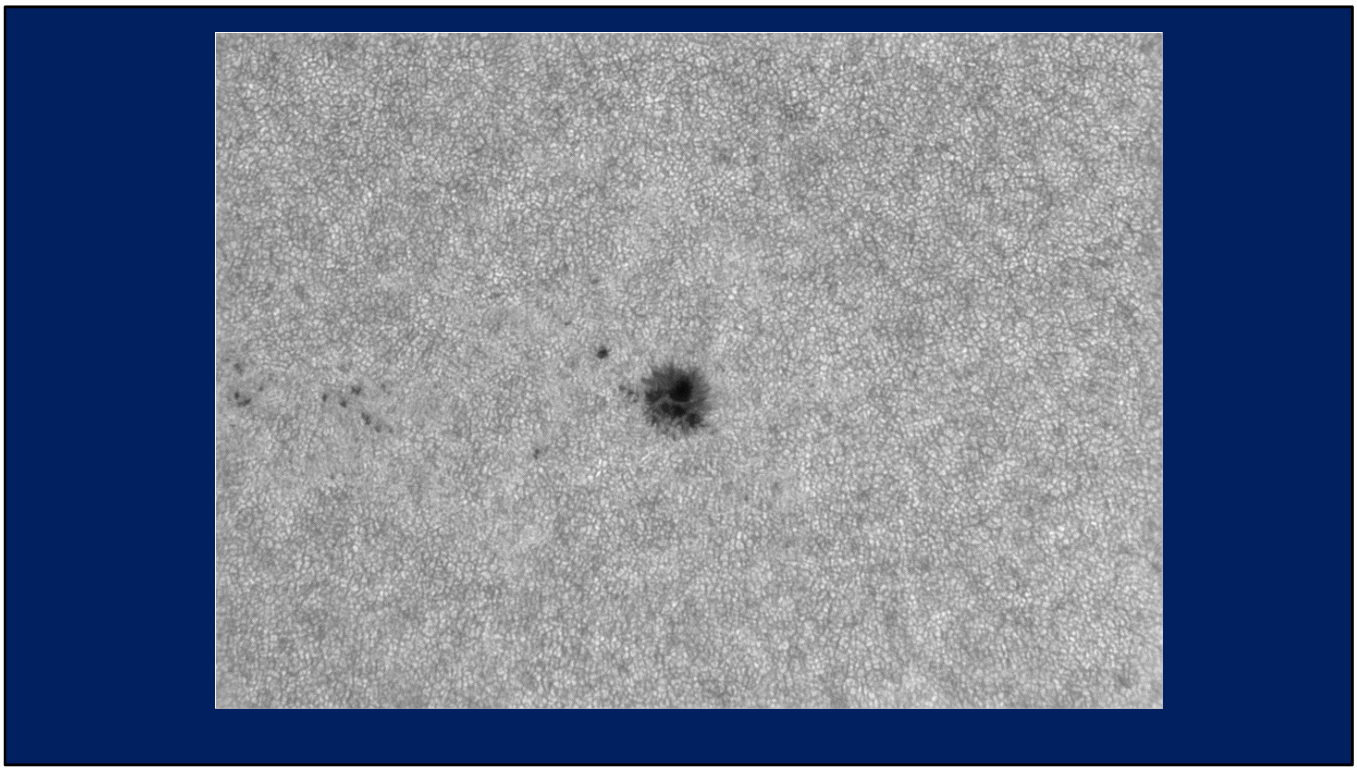
SER du Flat réalisé à la prise de vue, il servira à enlever toutes les poussières et autres artefacts non voulus…
Un flat peut-être réalisé soit par déplacement sur le globe, soit par défocalisation, Une durée de 20 s est conseillée,



Charger la vidéo du Flat, cliquez sur création du master flat, le logiciel propose d'enregistrer un fichier en FIT (lui donner un nom), cliquez sur enregistrer, le logiciel crée le flat.
Il apparaît « done », le flat est crée. Charger la vidéo à traiter, cliquez sur « load master flat », les poussières et autres disparaissent, Traiter la vidéo comme pour le globe.
Bien entendu un traitement de plusieurs films est réalisable,



Capture d'écran qui montre que l'on ne doit pas tenir compte de la qualité donné par le graph. Ici la vidéo est en dessous de 50% de qualité, hors on peut très bien obtenir des informations de cette vidéo. Choisir, ici nous sommes en LV, entre 50 et 100 images à additionner. Pour le Ha, nous choisirons 300/600 images.



Images résultante de la vidéo, ici 100 images ont été stackées, puis correction sous Registax 6 par ondelette. (24 avril 2018 JFR)

Lumière visible

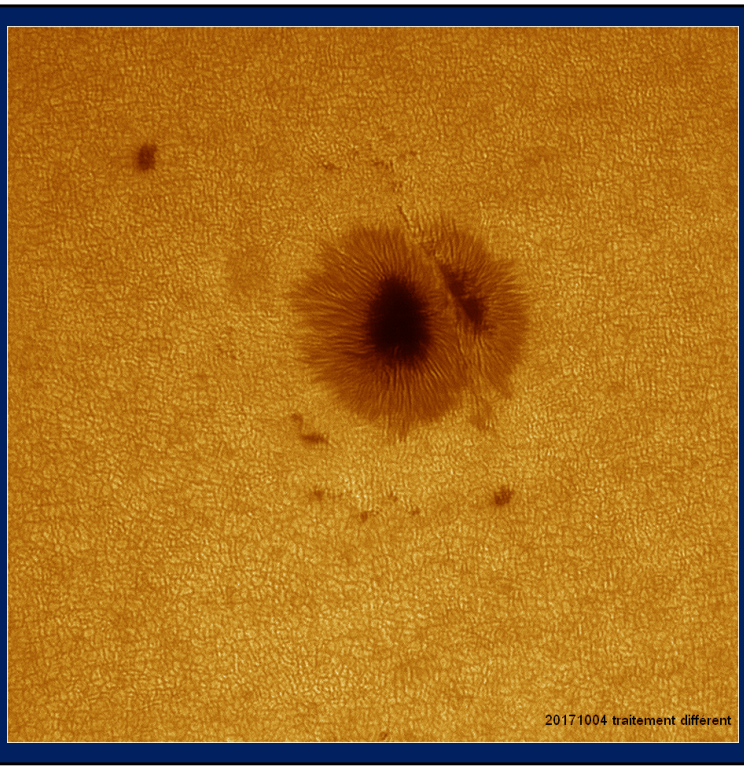


Image colorisée sous PS

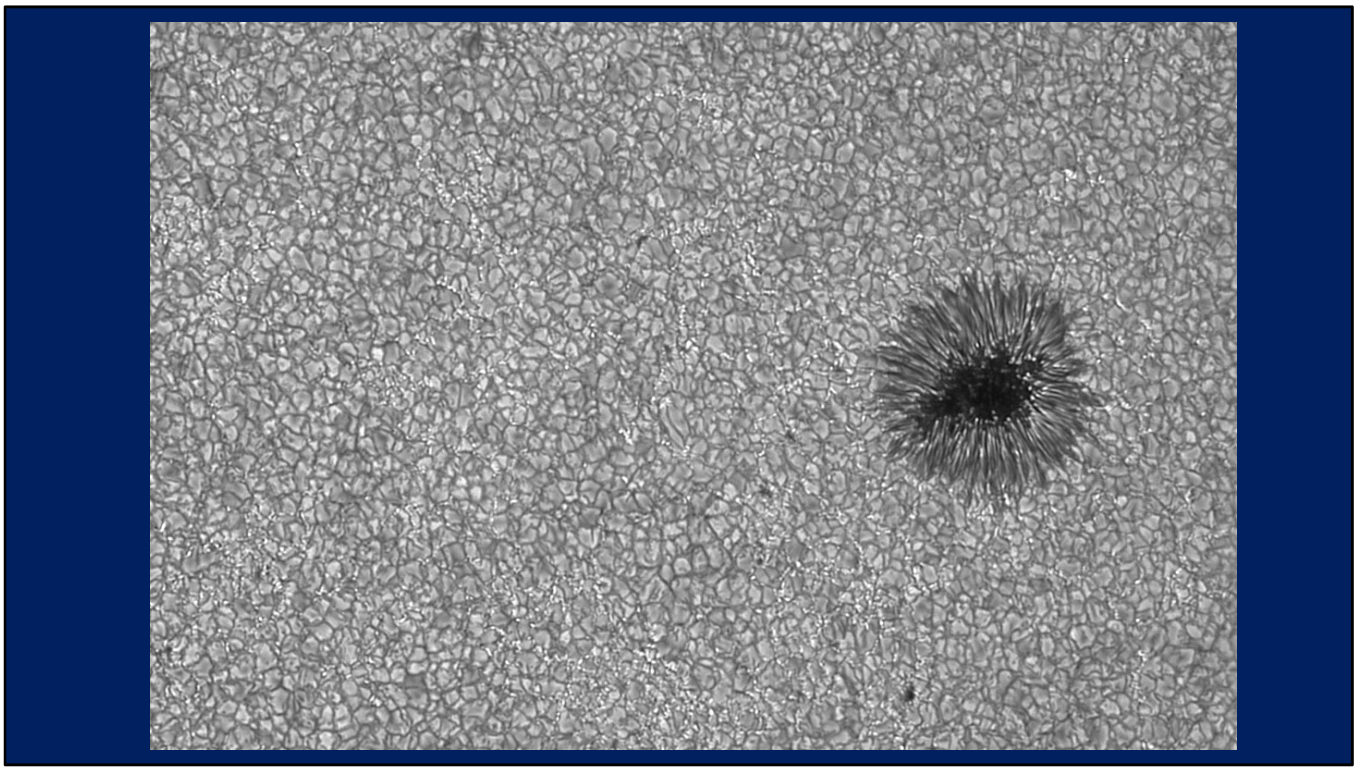
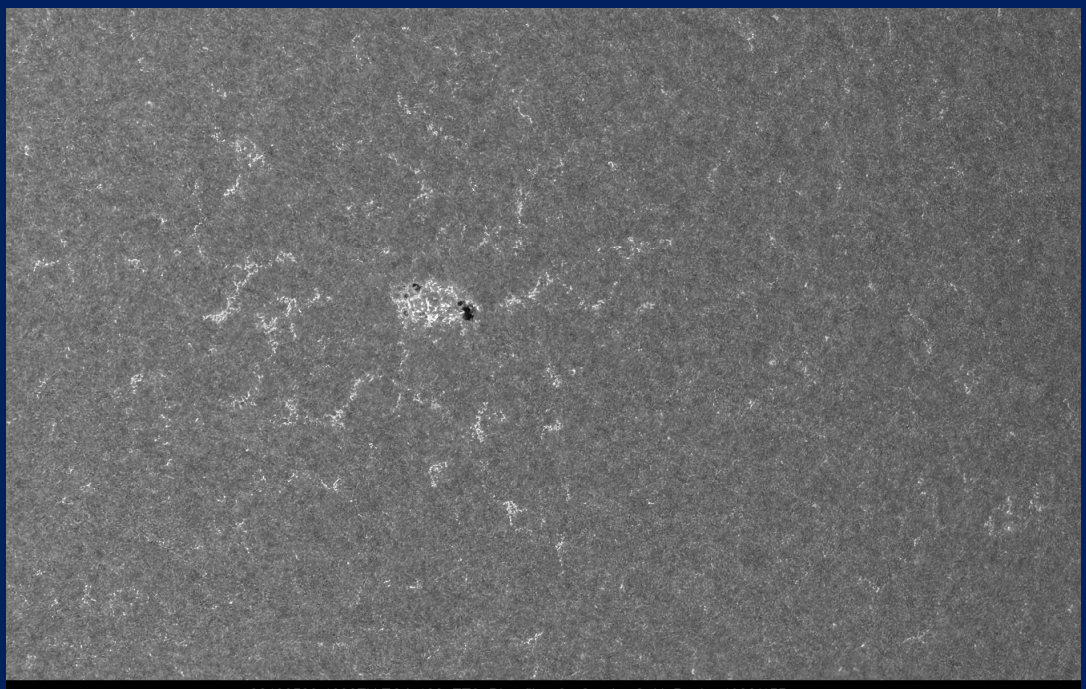


Image dans la bande G à 430 nm filtre 2 nm Andover, St Vérand, 2930 m - C. Viladrich 2017
9700 mm de focale, 300 mm, miroir en silice fondue non aluminé
Traitement AS2

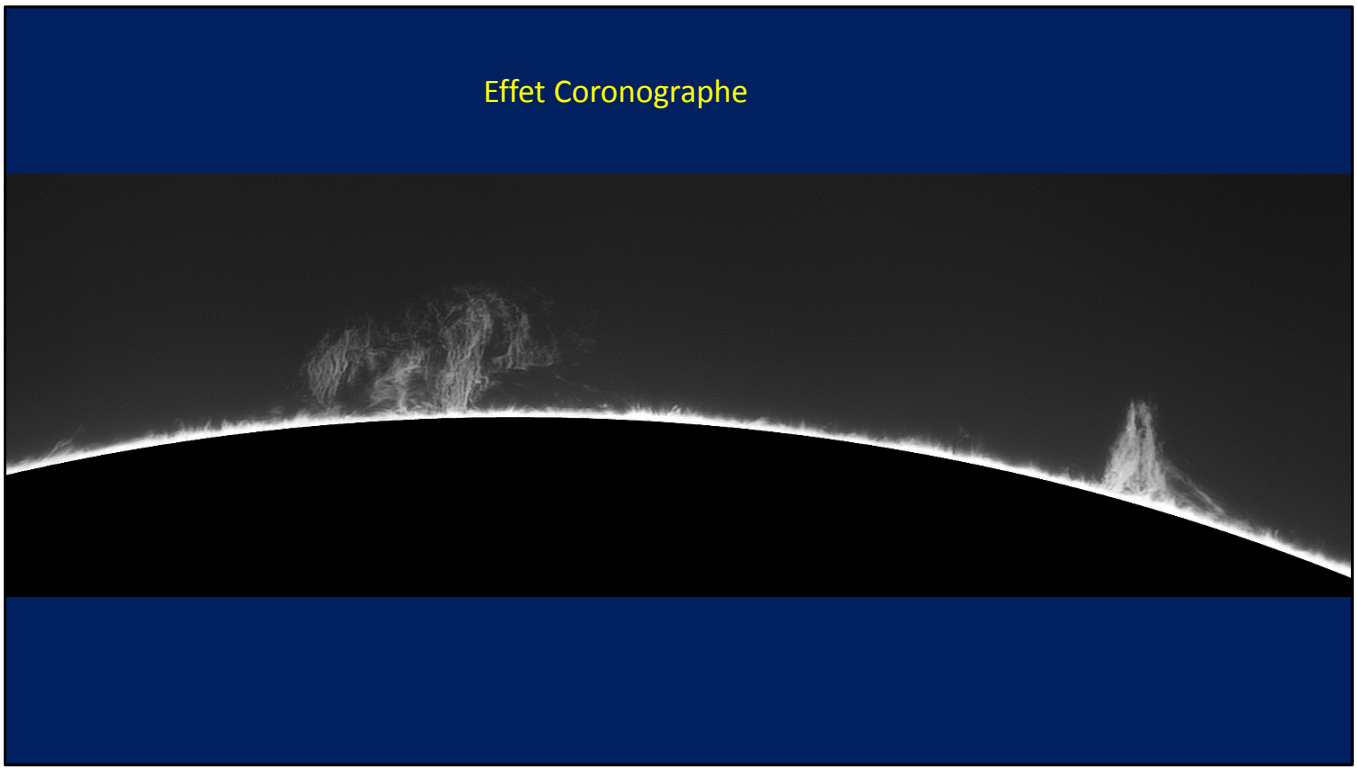
CaH

2 septembre 2016, 7h35 T.U.
AR 2585, N en haut, E à gauche.
Newton 210 mm désaluminé + Barlow + Quark calcium H (5 A). Focale équivalente 3,71 m.
Caméra IDS 3240 NIR en 8 bits, gain 30.
Traitement AutoStakkert (25 images sur 1000, avec flat et Drizzle x 1,5), ImPPG, Photoshop.
Il est préférable de faire un drizzle avec Regsitax 6

CaH



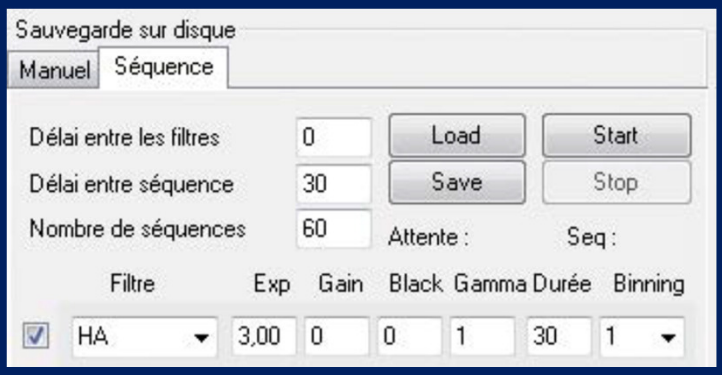
20180523 1020TU TOA 130, TZ3, Blau filter 2c,Combo CaH, Basler 1920/155
Genika : FPS 164 - 4,35 ms - gain 0 - gamma 1,63 - JFR



TOA 130 , TZ4, Combo Ha, ASI 174MM cache noir avec Corono04

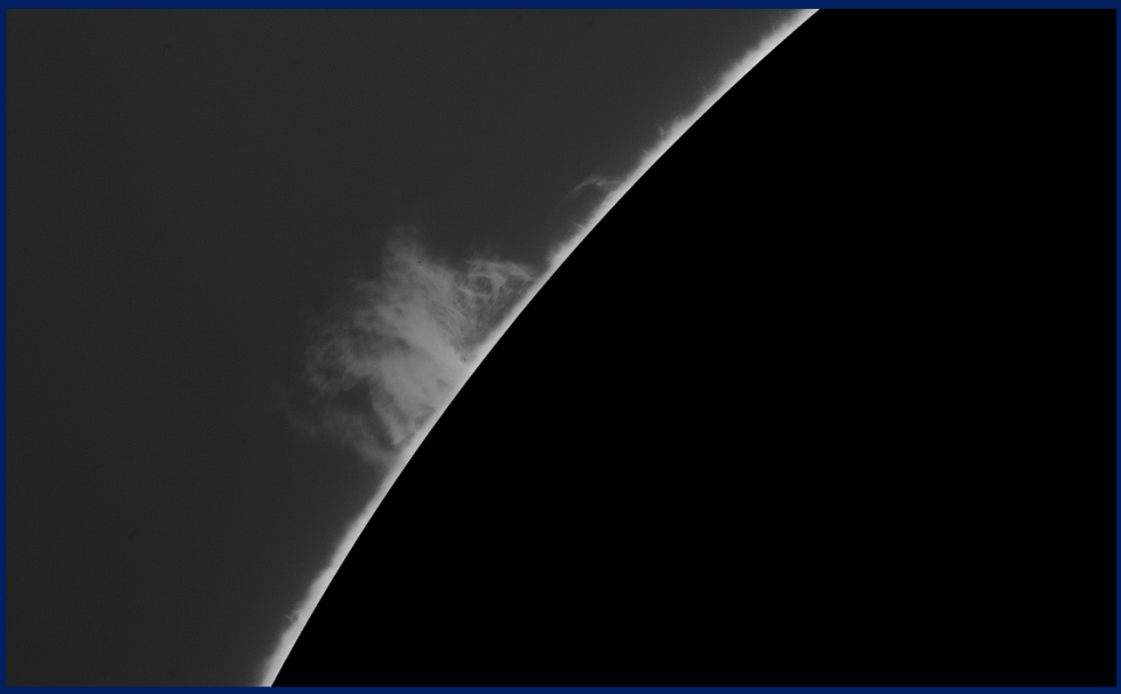
Configuration du logiciel Genika pour lancer une acquisition de 60 films de 30 s de durée chacun, avec 30 s d'intervalle entre chaque film

Diamètre de l'instrument	Sujet	Intervalle entre le début de chaque film	Durée de chaque film
150 mm	Animation de protubérances en Hα	60 s	30 à 40 s
200 mm	Animation de spicules en Hα	30 à 45 s	15 à 20 s
250 mm	Animation de la granulation en lumière visible	30 s	20 à 30 s



Configuration pour les animations solaires

Animation



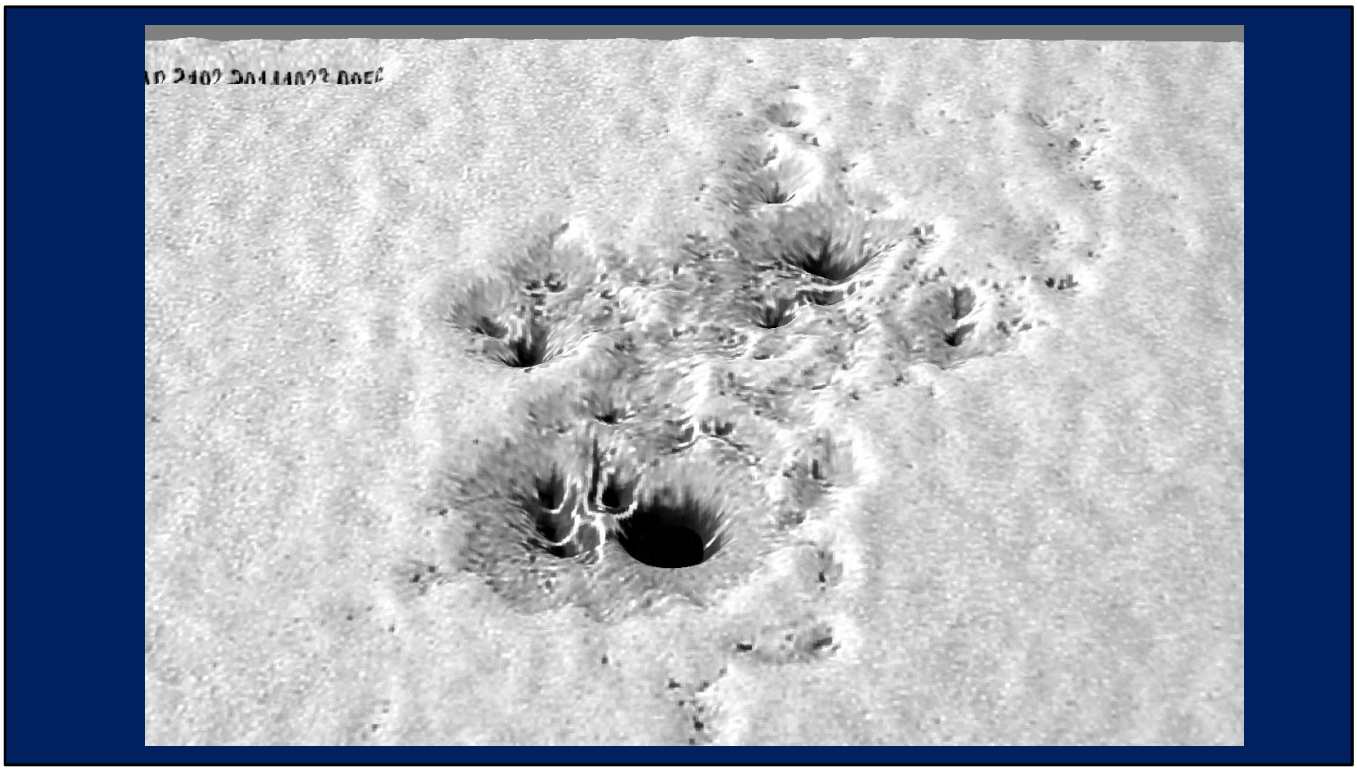
Pour améliorer les images…

- - le masque flou,
- - le traitement par ondelettes,
- - la déconvolution Richardson-Lucy, en complément éventuel des deux méthodes précédentes
- - L'effet coronographe
- - Les mosaïques
- - 3D …

- PSP* - Registax - Iris – AstroArt* - ImPPG - Corono04 - ICE et Photomerge*(mosaïque)
- PIPP - NAFE - TIM - Lusol – Astra – deconvolution Fr
- ImageJ (rendu 3D puissant)

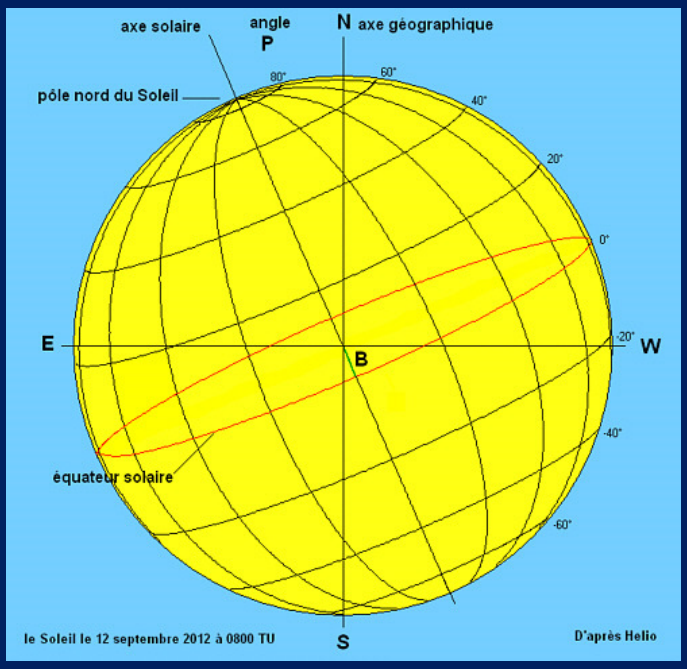
- *Payant
- AstroArt : Ang/Fr super, mais cher, 165 €

IMPPG : Ang : déconvolution, masque flou
PIPP : PIPP est une application Windows conçue pour prétraiter des images planétaires avant de les empiler avec un logiciel d'empilage d'images tel que Registax
NAFE : ang, image analyser, pour visualiser les structures fines d'une image, contraste, gamma, etc.
TIM : Fr: Wawelets, déconvolution, contraste, masque flou, etc.
Lusol : image en 3D
Astra : Ang : micro contraste, déconvolution, masque flou,
ICE et photomerge pour les mosaïques
imageJ traitement en 3D de parties de l'image, tache, cratères,,,

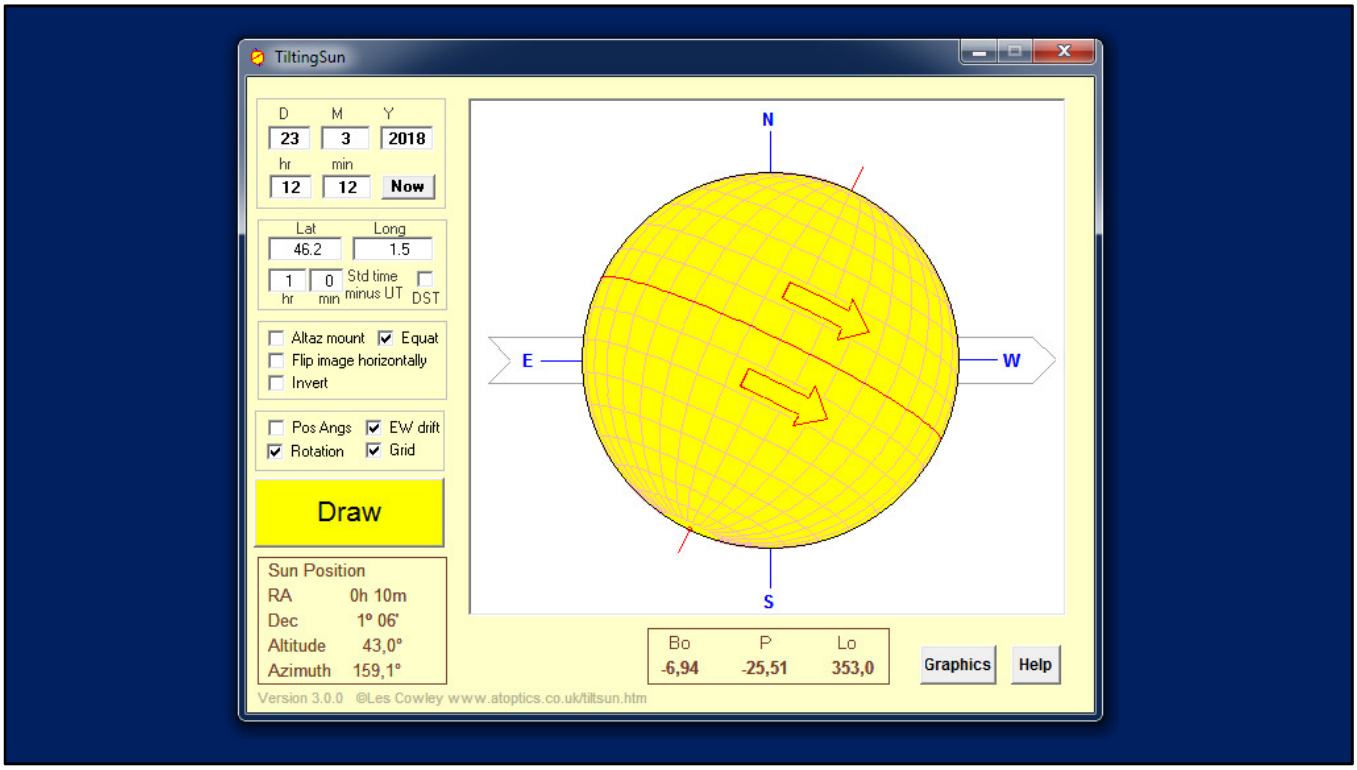


Obtenue avec imageJ. Profondeurs des taches incohérentes !

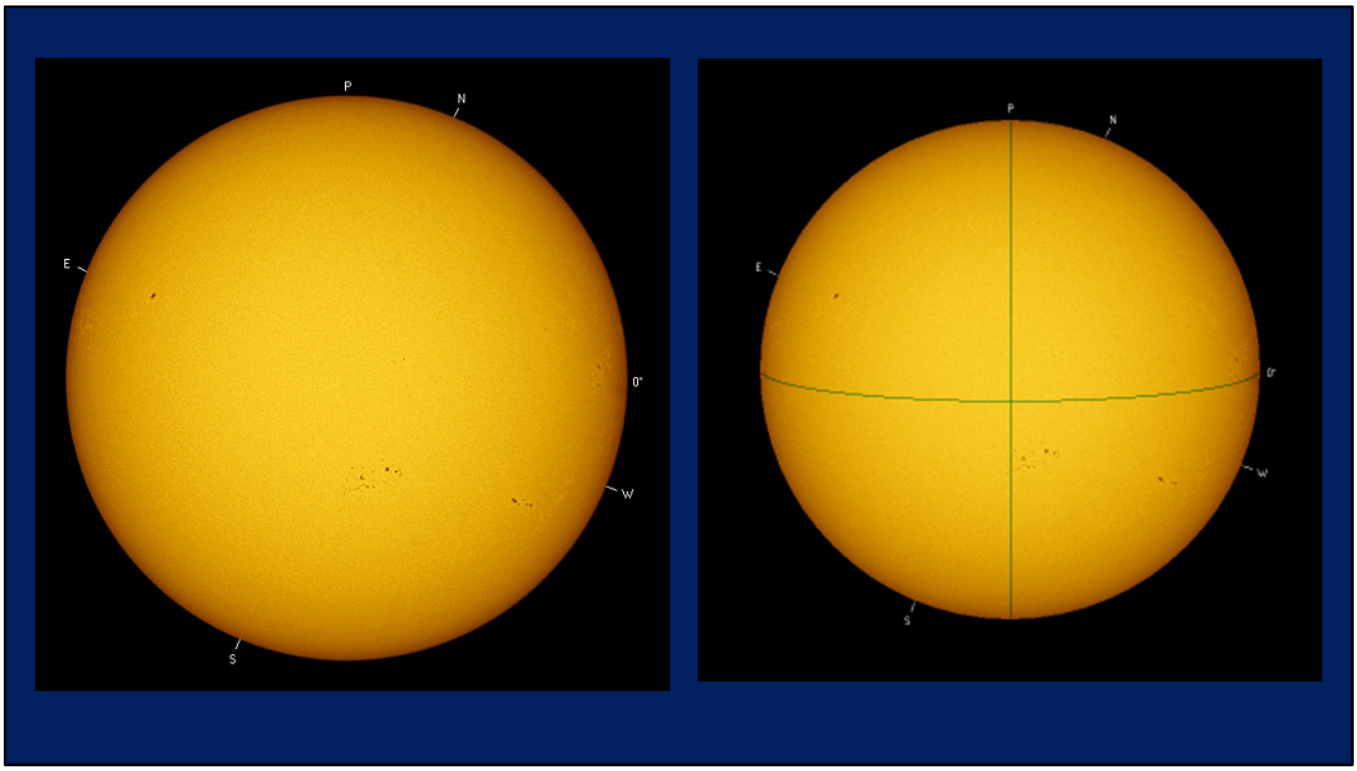
Orientation des images



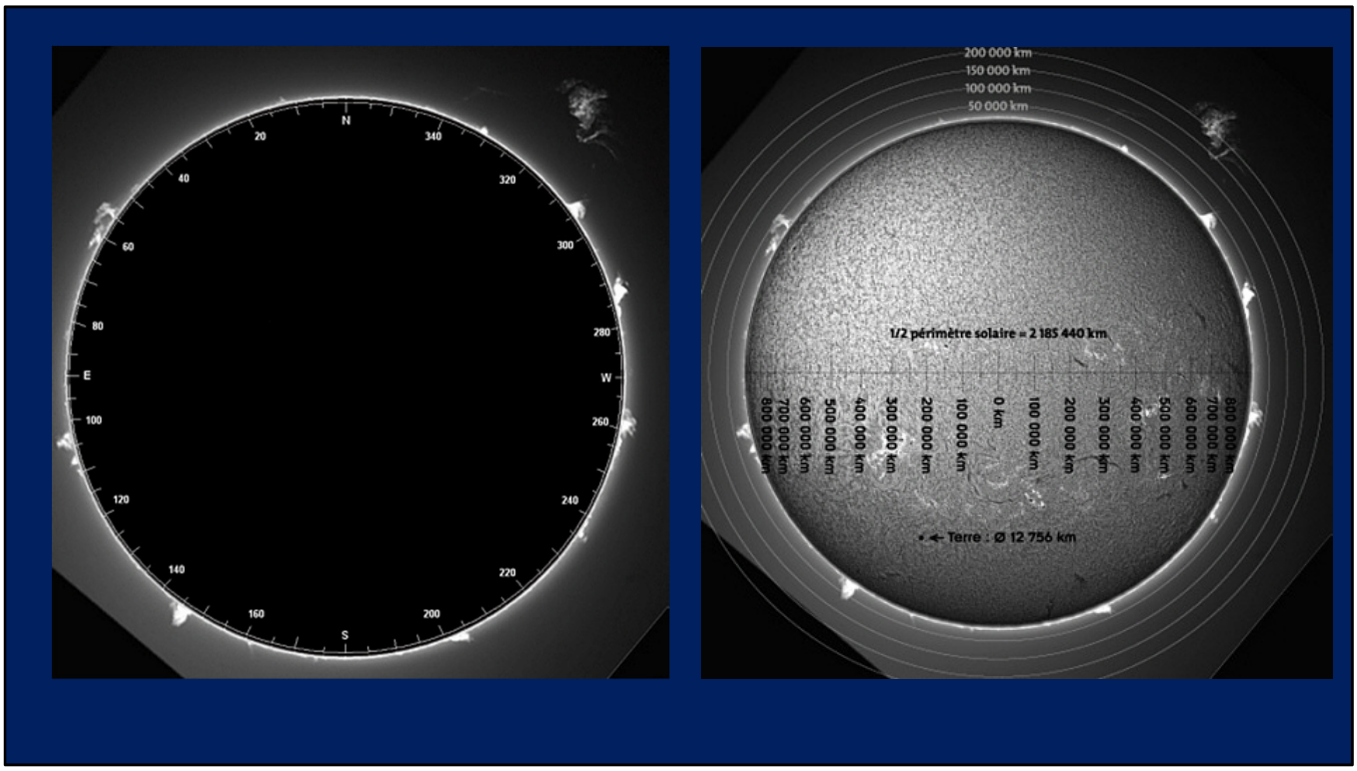
Avant de publier ses images, il est important de les orienter.
Les images solaires sont présentées le nord solaire en haut et l'est à gauche.
Schéma réalisé avec Helio
L'angle P est l'angle entre le Pôle Nord Céleste et le Pôle Nord Solaire. Il est compté positivement quand le pôle nord solaire est dirigé vers l'est et varie de ±26.3° au cours de l'année
- 26.3° le 6 avril et + 26.3° le 10 octobre. Il est de 0 le 7 juillet,



Tilting Sun, Pour connaître les angles



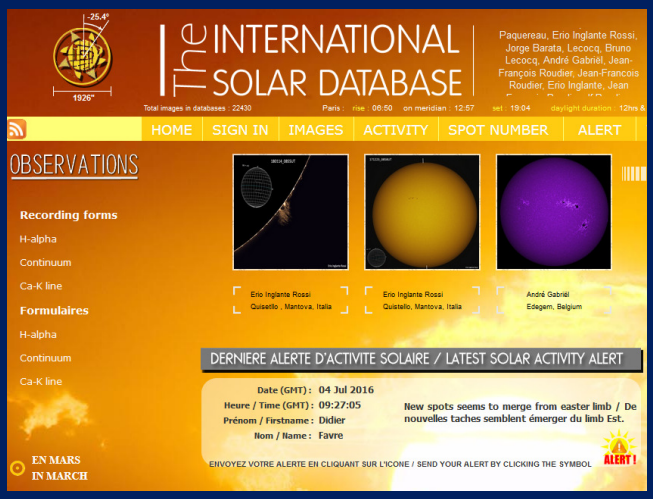
Réalisées avec HELIO, Des grilles sont disponibles dans Solartabase, dans Bass2000, etc.



Grilles réalisées par l'auteur et grille à télécharger sur le net

Faire connaître ses images

- Le club…
- La galerie d'ASTROSURF
- Le forum Soleil de WEBASTRO
- La base de données SOLAR DATABASE
- Le forum SOLARCHAT (US)
- Le forum CloudyNight (US)
- SpaceWeather
- Picture of the Day…



http://astrosurf.com/jiaifer

matériel

observations

réalisations et essais

le Soleil

rencontres (ROS)

histoire du Pic

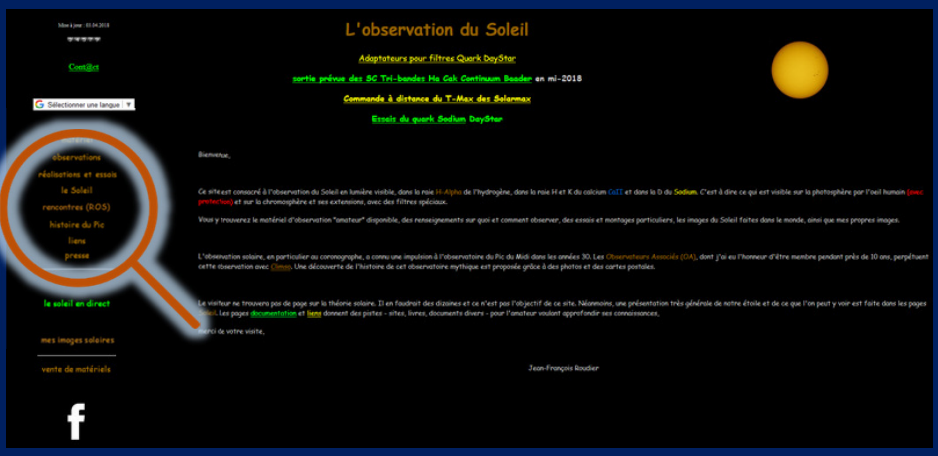
liens

presse

---

le soleil en direct

mes images solaires



INTERNET

http://www.astrosurf.com/viladrich/

http://www.astrosurf.com/luxorion/

http://soleilactivites.fr/

http:/astrosurf.com/gfoes

Octobre 2018, sortie du livre « Observation solaire. Observer, photographier et étudier le Soleil ». Ouvrage collectif