
Imagerie solaire HR en lumière visible

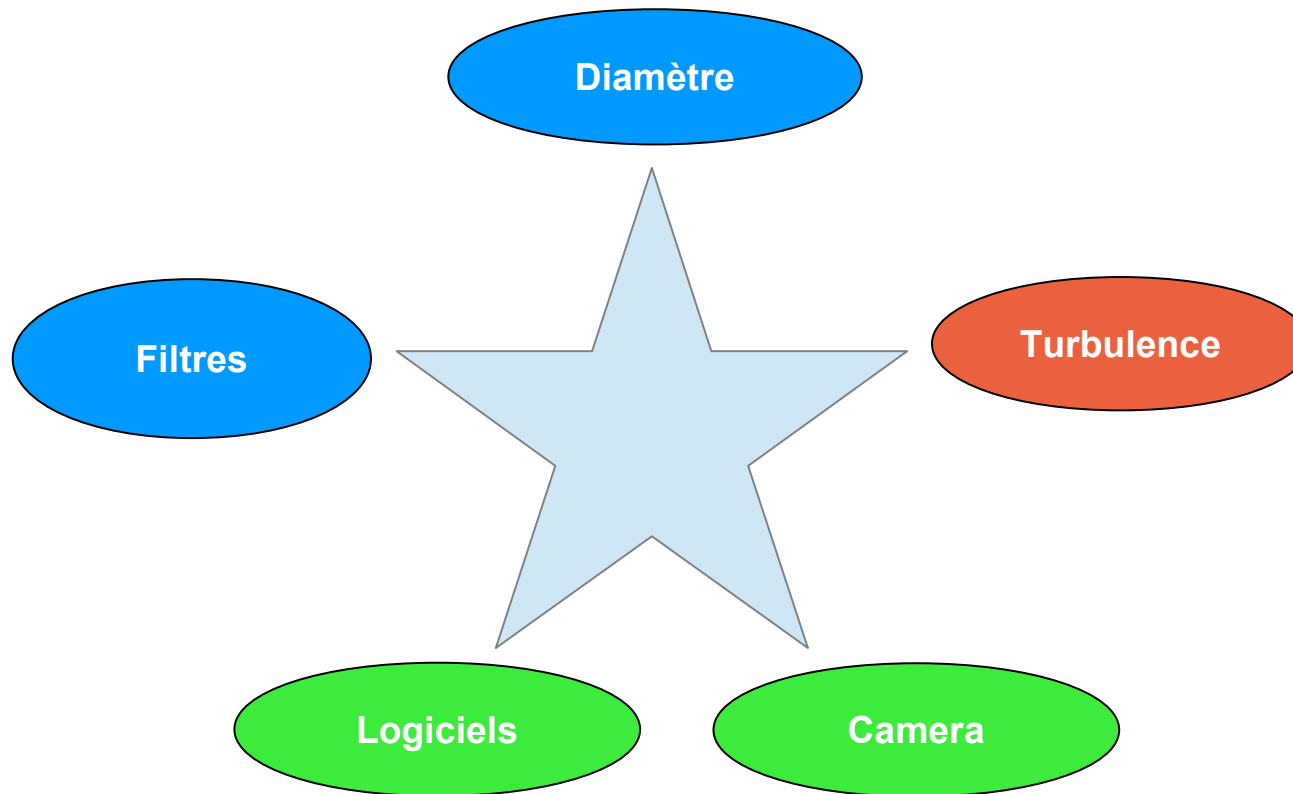
Avec les images de :

Emmanuel Carrère - Dany Cardoen - Père Josset – Pascal Paquereau
Wolfgan Lille - François Rouvière - Arthur Whipple

...



La résolution : une combinaison de différents facteurs ...



Quel diamètre pour
la
haute résolution solaire ?



Diamètre 100 mm

Takahashi FSQ 106 mm – Filtre continuum

20 June 2008 - 13h15mnUT - NOAA 10999 - Baader Hershel + Continuum filter 540 nm FWHM 8nm - Takahashi FSQ 106N
Skynyx 2.1 M - exposure time = 2.8 ms - gain = 1.8 - 15 fps - 40 staked images - North up - East left
Christian Viladrich

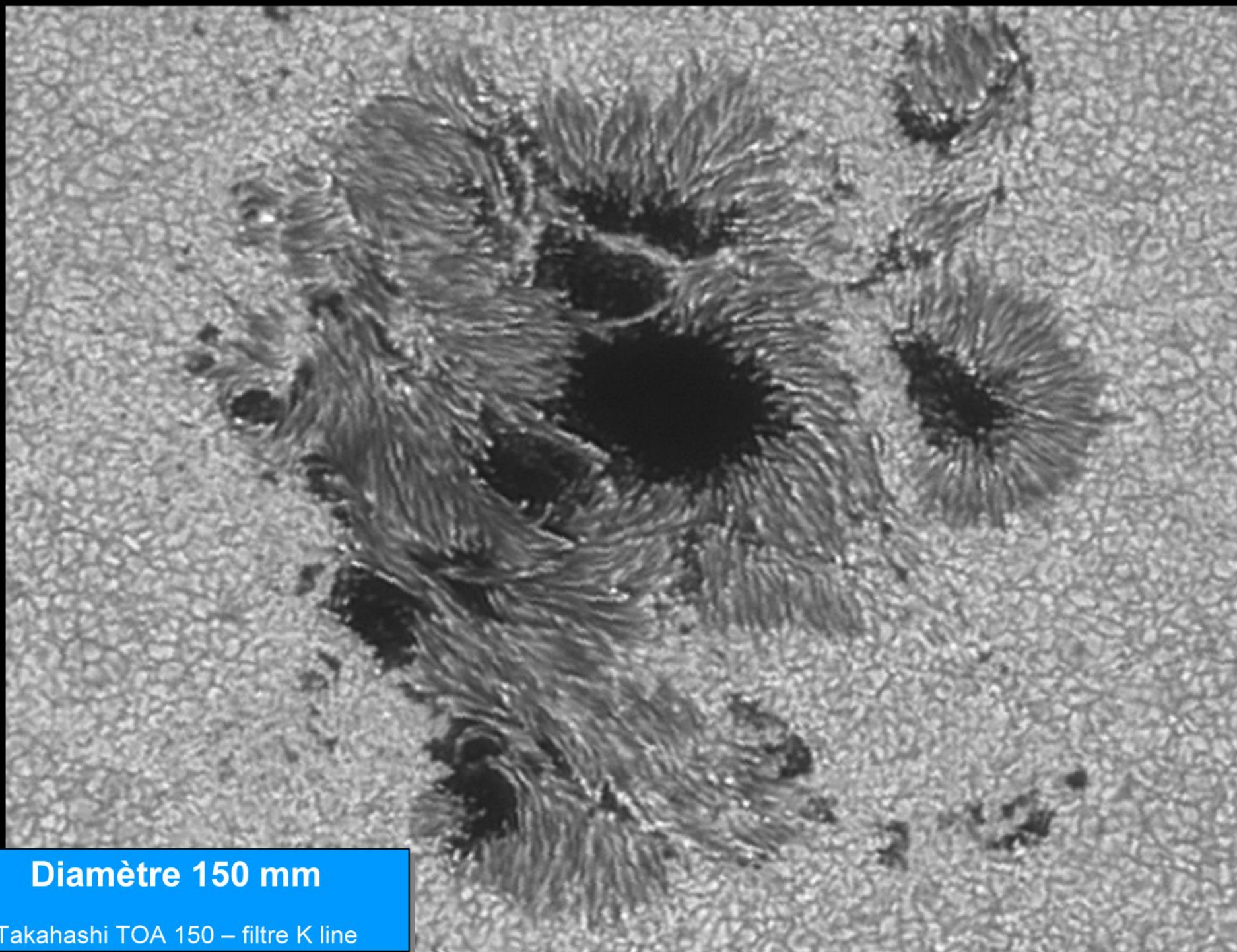
Diamètre 150 mm

Takahashi TOA 150 – filtre continuum

1 August 2009 - 12h20mn UT - Takahashi TOA 150 - Baader FFC + helioscope + 540 nm (FWHM 10nm) filter + L Astronomik filter

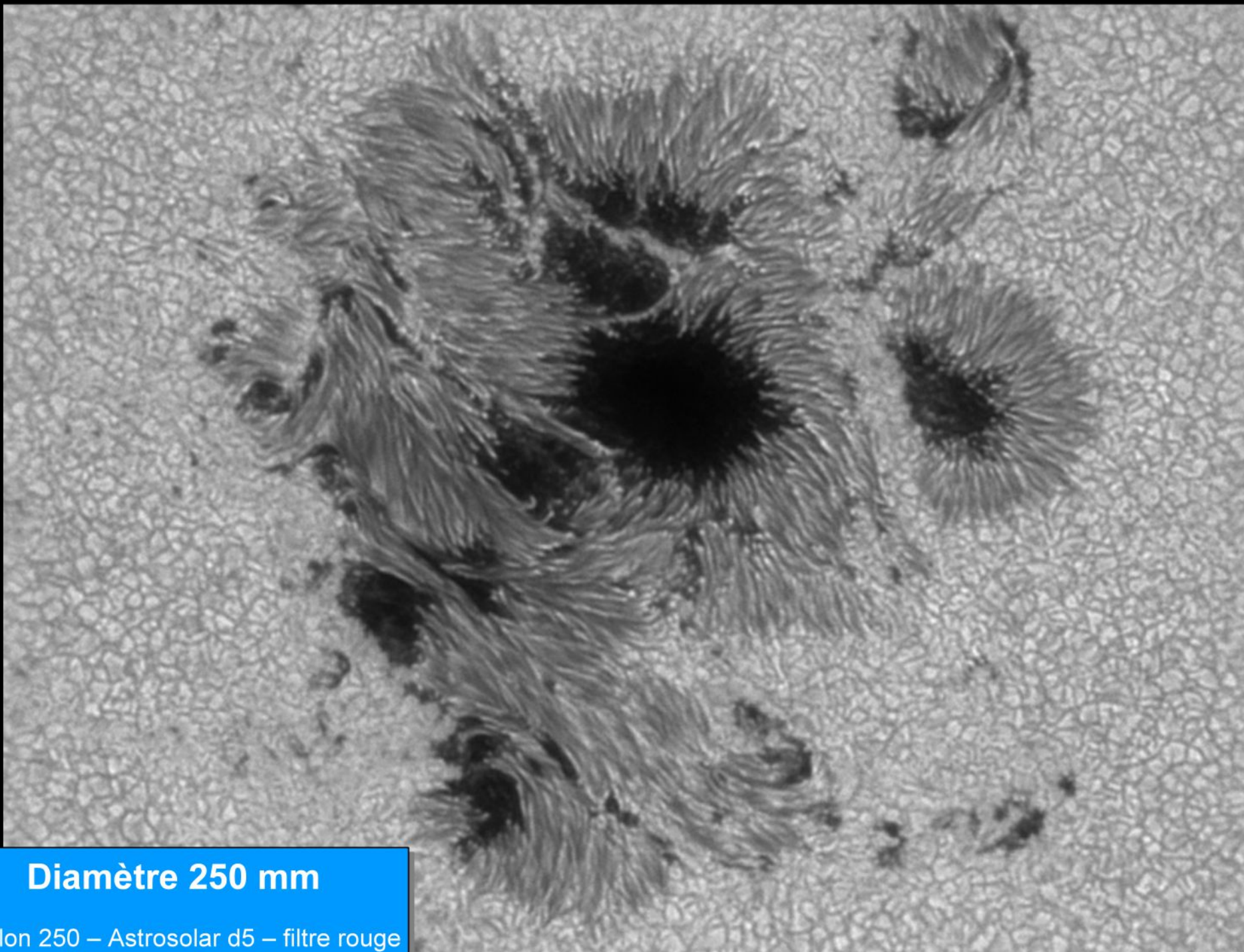
Approximate scale : 0.15 arcsec/pixel - Skynyx 2.1 M - 60 x 1.82 ms exposure - gain = 1 - 8 bits acquisition

Christian Viladrich



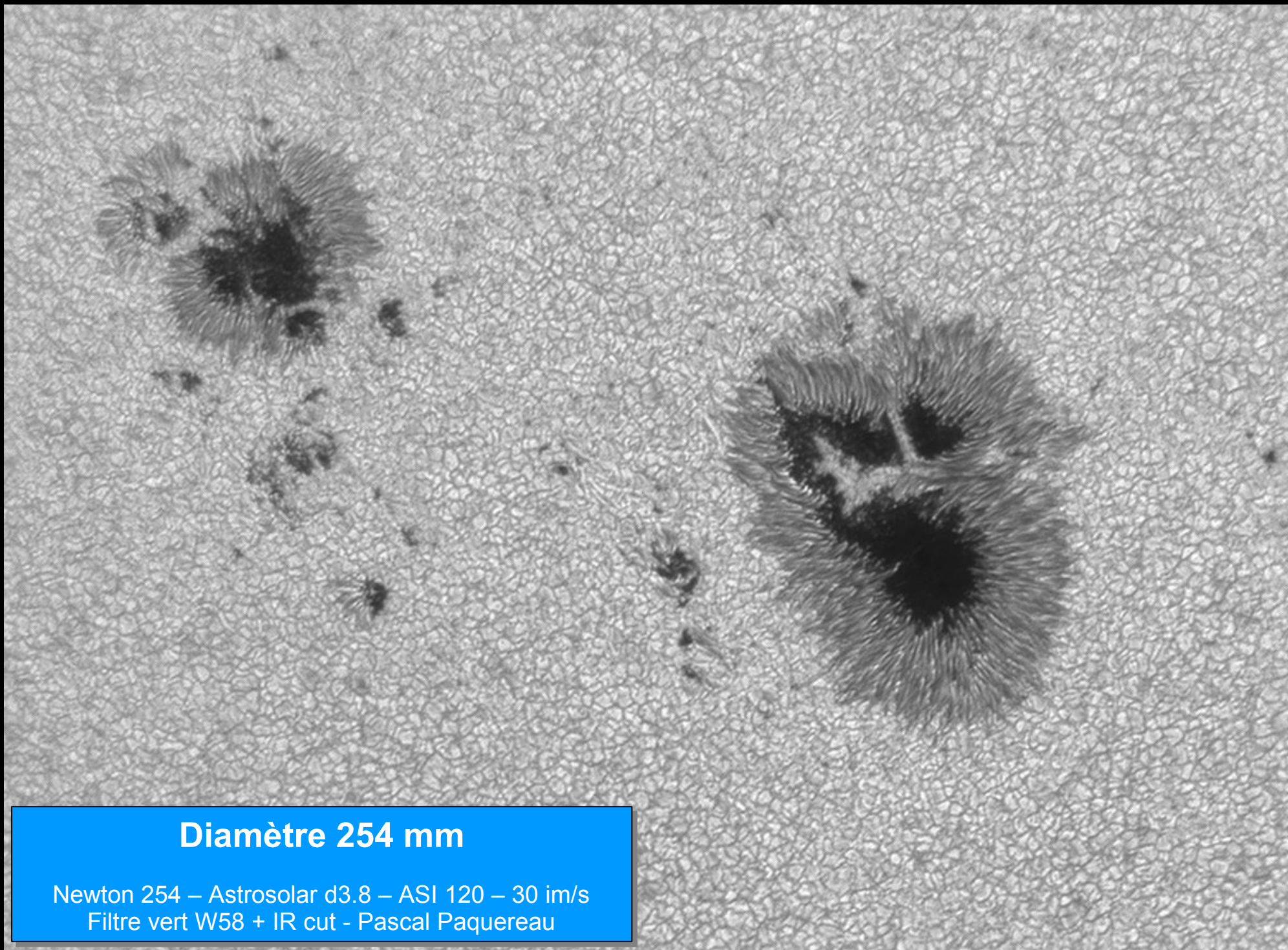
Diamètre 150 mm

Takahashi TOA 150 – filtre K line



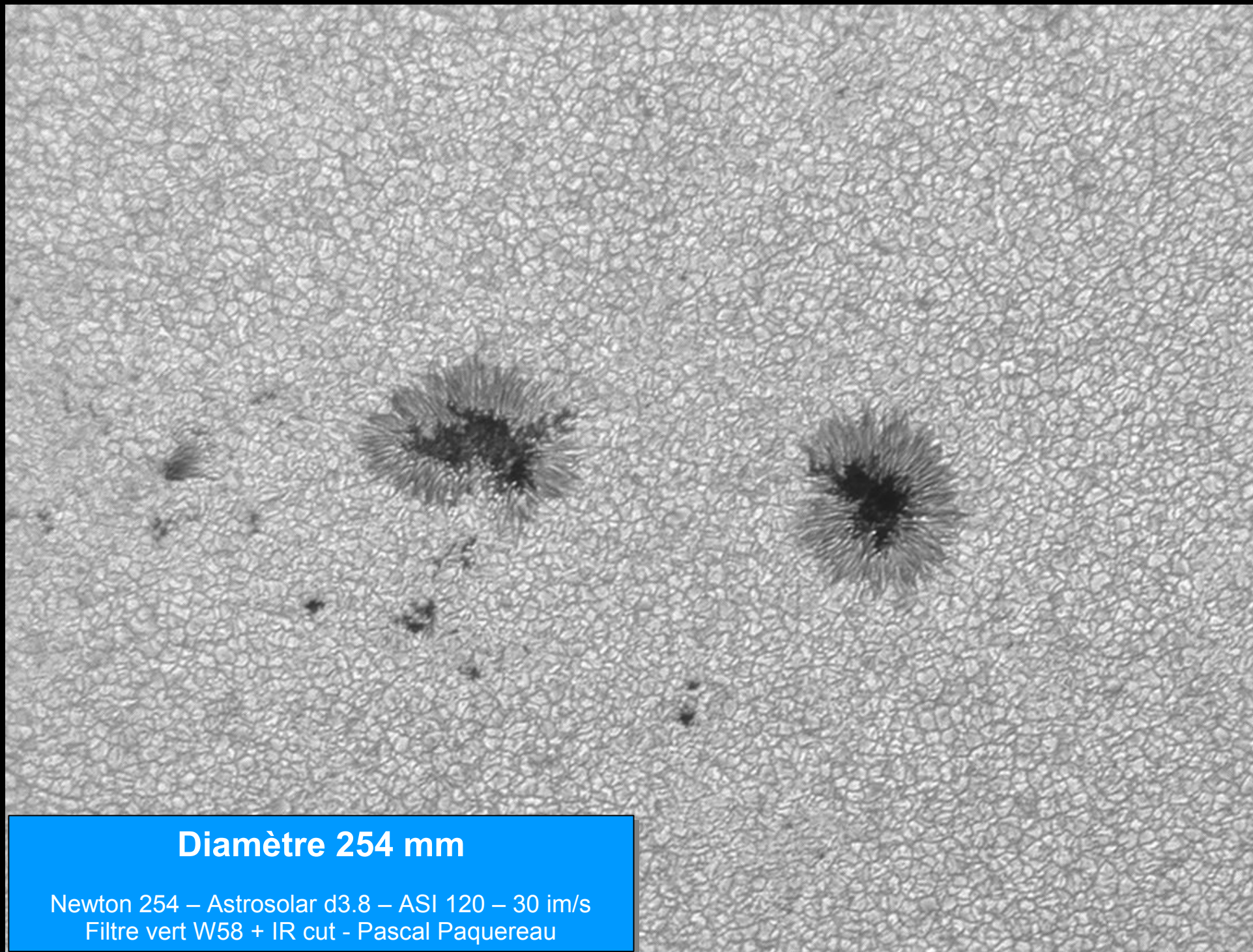
Diamètre 250 mm

Mewlon 250 – Astrosolar d5 – filtre rouge
Emmanuel Carrère



Diamètre 254 mm

Newton 254 – Astrosolar d3.8 – ASI 120 – 30 im/s
Filtre vert W58 + IR cut - Pascal Paquereau



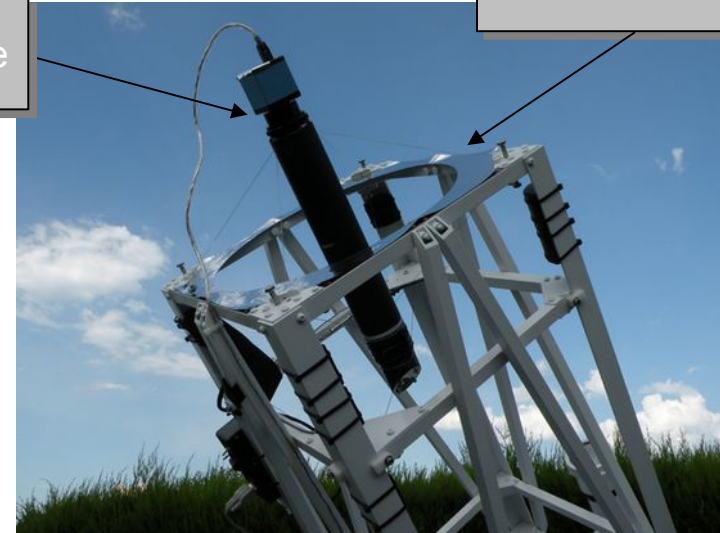
Diamètre 254 mm

Newton 254 – Astrosolar d3.8 – ASI 120 – 30 im/s
Filtre vert W58 + IR cut - Pascal Paquereau

Et si on passait à 355 mm de diamètre ?

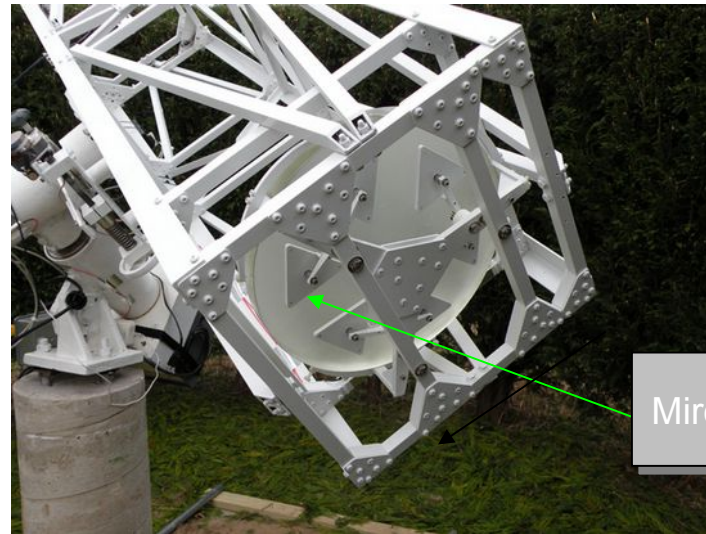


Télescope solaire de Arthur L. Whipple (2009)



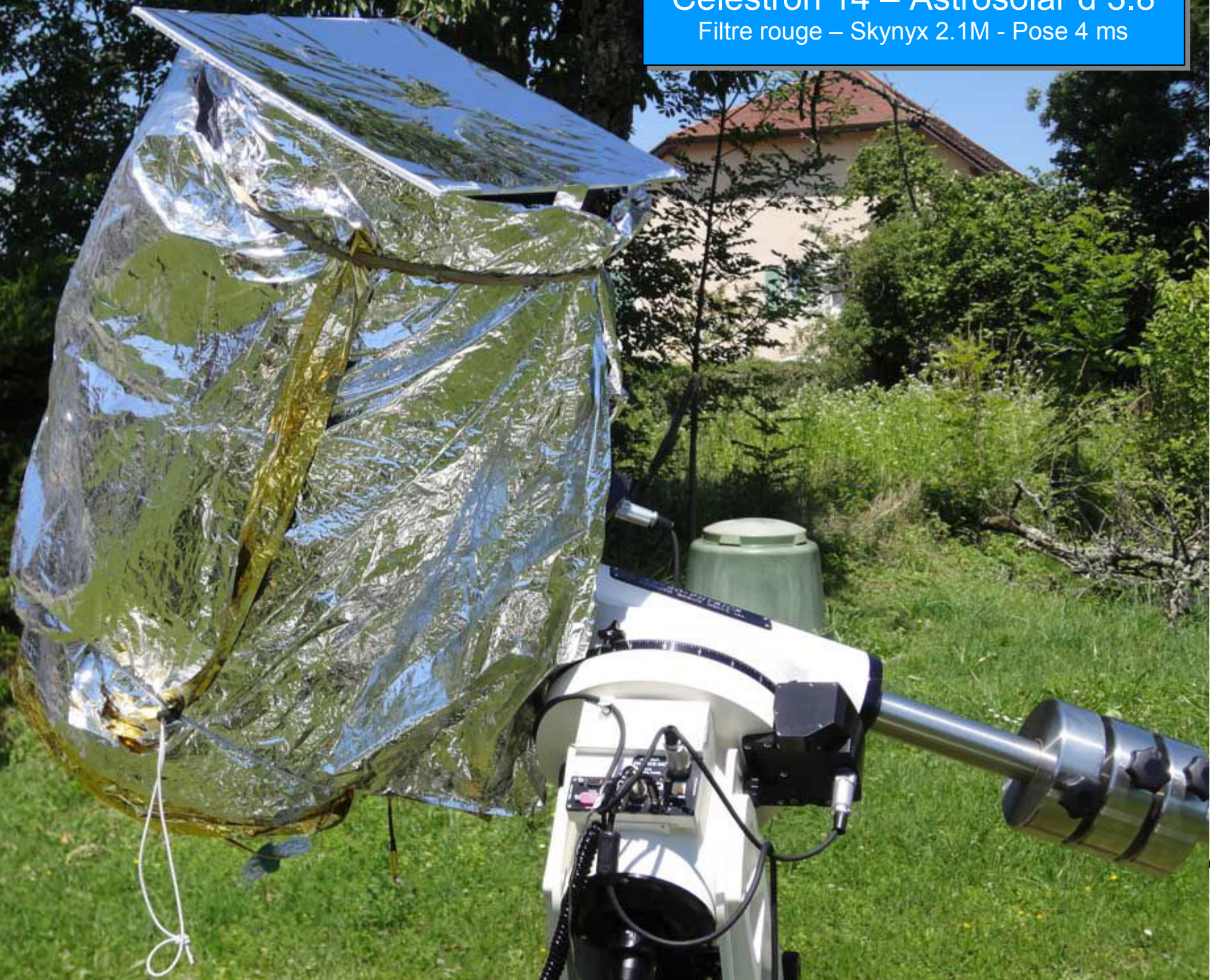
Caméra sur l'axe optique

Diaphragme en alu poli

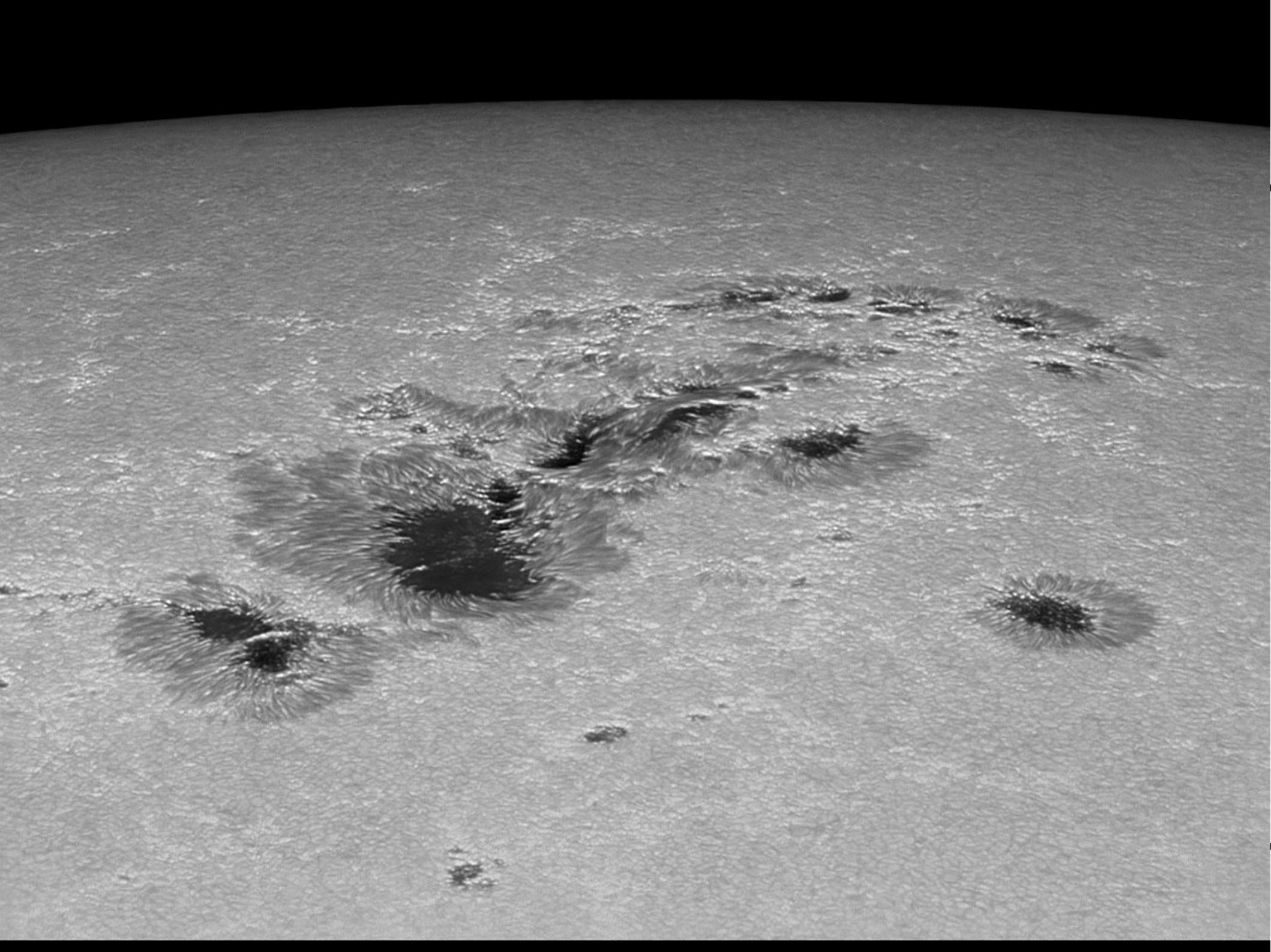


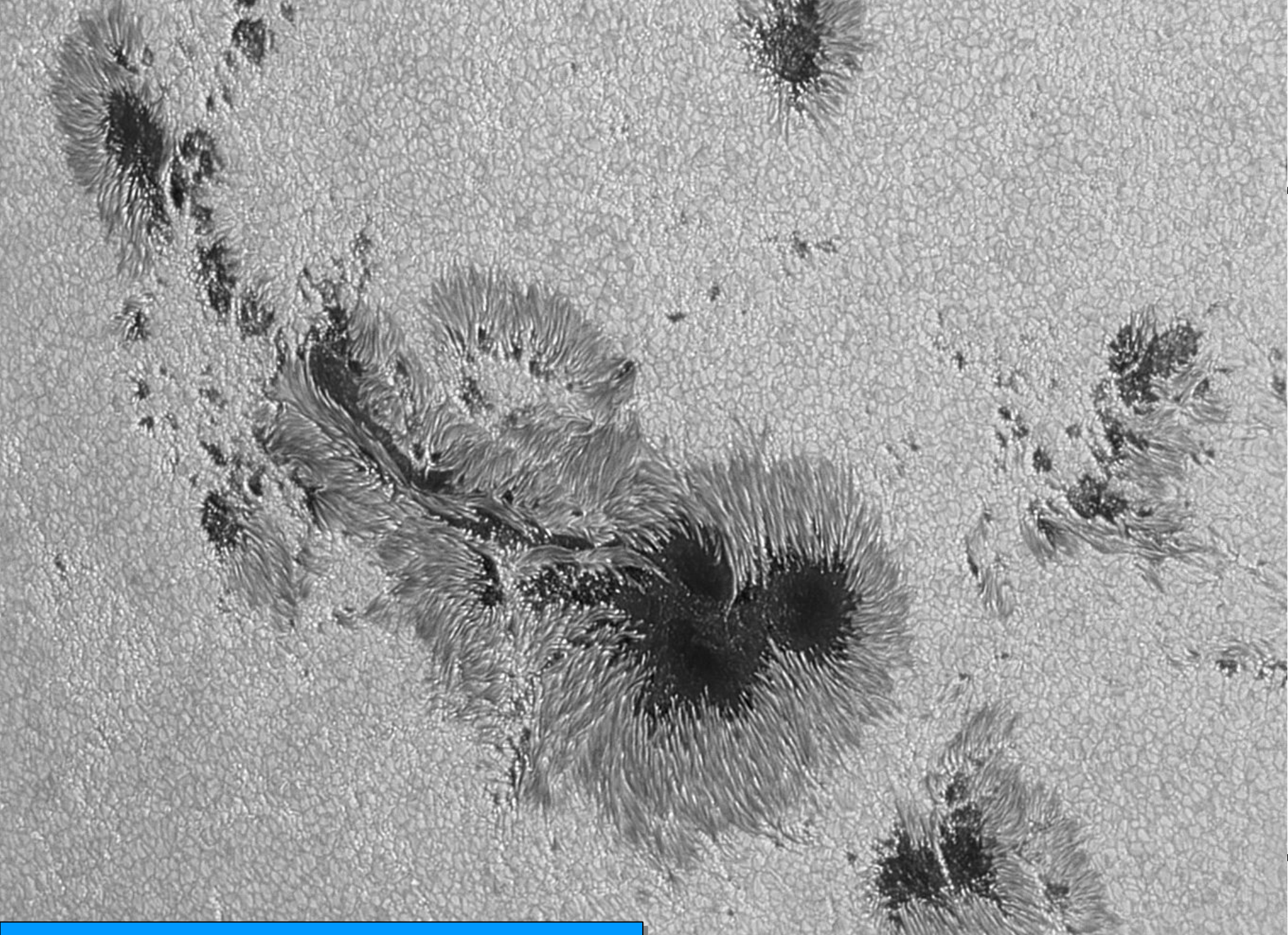
Miroir 355 mm non aluminé

Celestron 14 – Astrosolar d 3.8
Filtre rouge – Skynyx 2.1M - Pose 4 ms









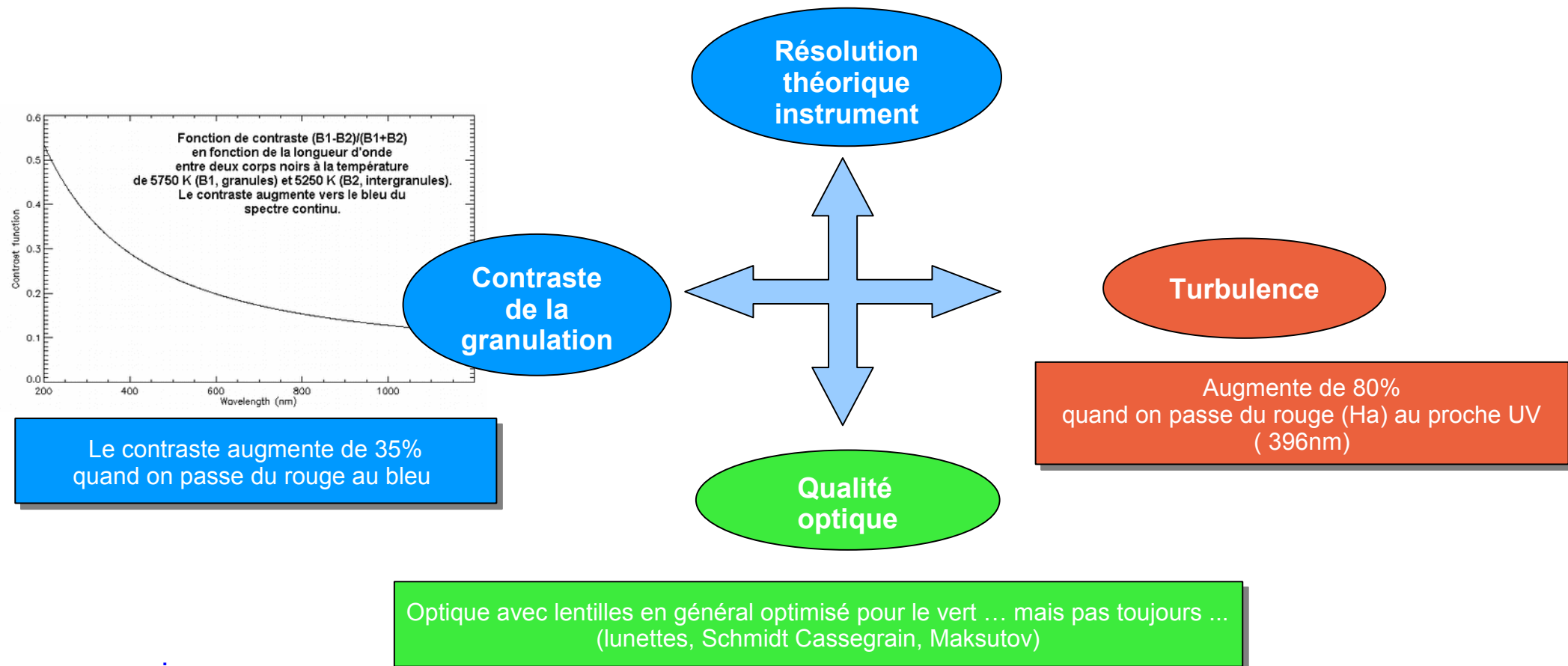
Résolution de l'ordre de 0.35 " (environ 250 km sur le soleil)

Le choix des filtres pour la haute résolution solaire ?



Le choix du filtre complémentaire : une question d'équilibre ...

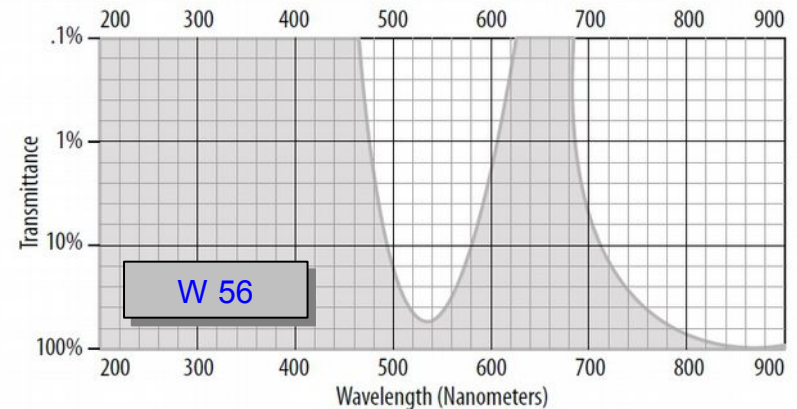
La résolution augmente de 64 %, quand on passe du rouge (Ha) au proche UV (K line – 396 nm)
(une lunette de 150 mm devient équivalente à un télescope de 240 mm)



Filtres complémentaires : lesquels ?

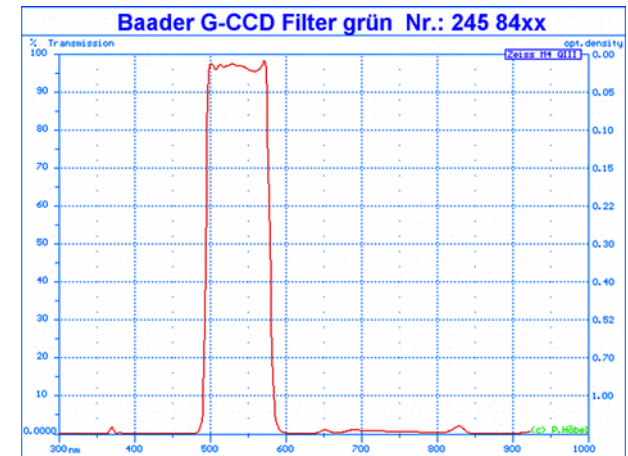
→ Filtre Wratten :

- Fuite dans l'IR => ajout filtre anti-IR
- Transmission assez faible.



→ Filtre RVB photo

- Bande passante carrée (FWHM = 100 nm environ)
- Bonne transmission (> 90 %)
- Pas de fuite dans l'IR (en général)

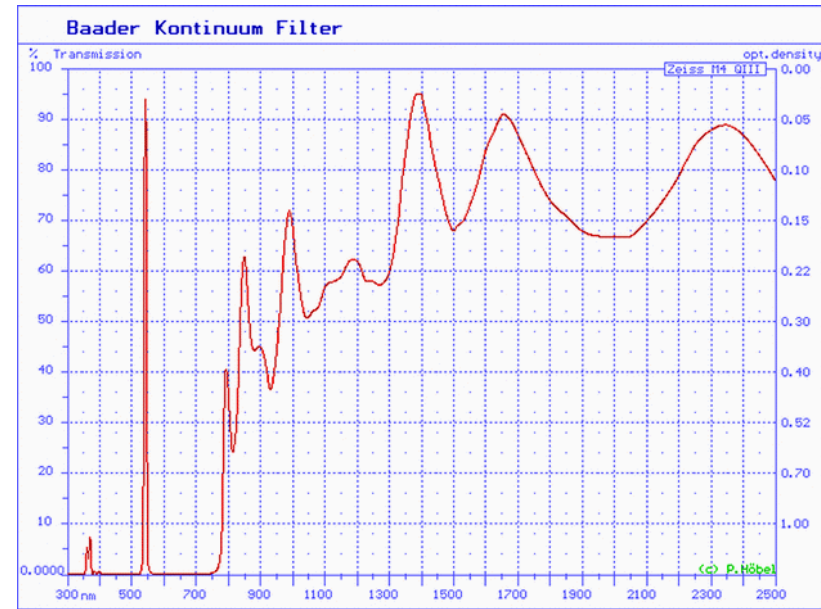
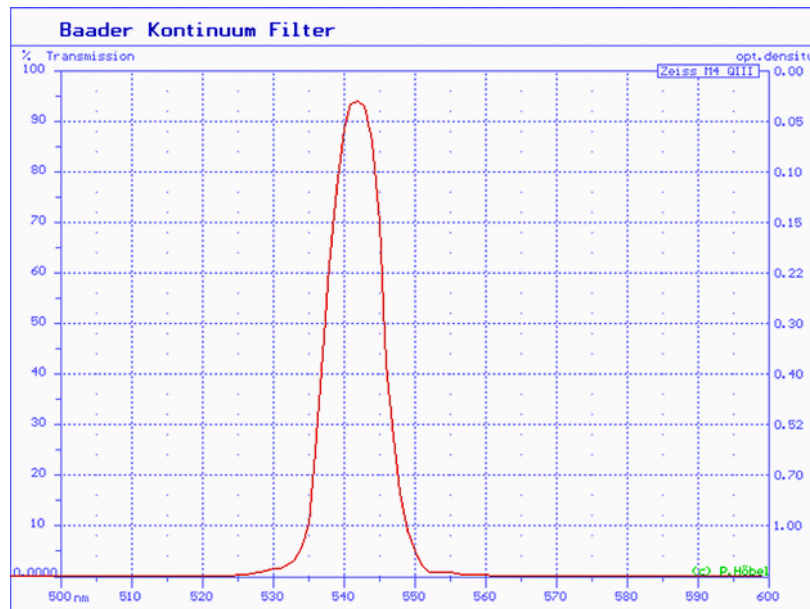


Filtres complémentaires : lesquels ?

→ Filtres à bandes étroites : réduction (légère) de la turbulence et de la dispersion atmosphérique.

→ Baader continuum (vert) :

- 540 nm – FWHM = 10 nm
- Fuite dans l'IR => ajout filtre anti-IR
- Bon contraste granulation, taches et facules.



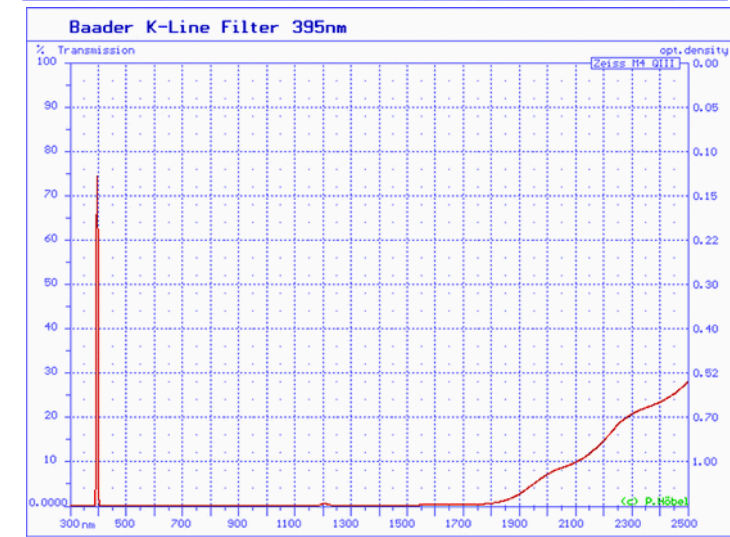
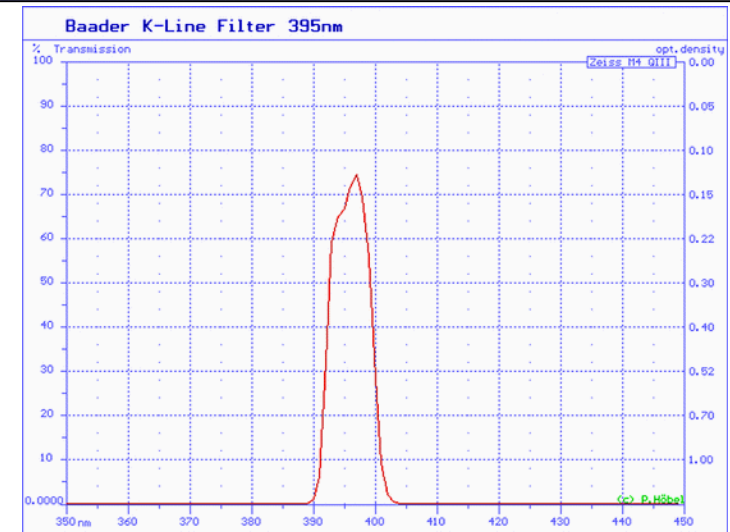
Le filtre K-line

→ Baader K-line :

- Ce n'est pas un filtre Ca K
- Proche UV : 396 nm - FWHM 10 nm
- Très bon blocage de l'IR
- Fort contraste sur la granulation (trop sur les taches?)

→ Difficultés de mise en œuvre du K-line :

- Très peu de lunettes sont bonnes dans l'UV
- Les SC souffrent de sphérochromatisme dans l'UV
- Effet transparence de l'atmosphère assez marqué.
- Turbulence 45% plus forte que dans continuum.
- Capteurs 50% moins sensible dans UV que dans vert.



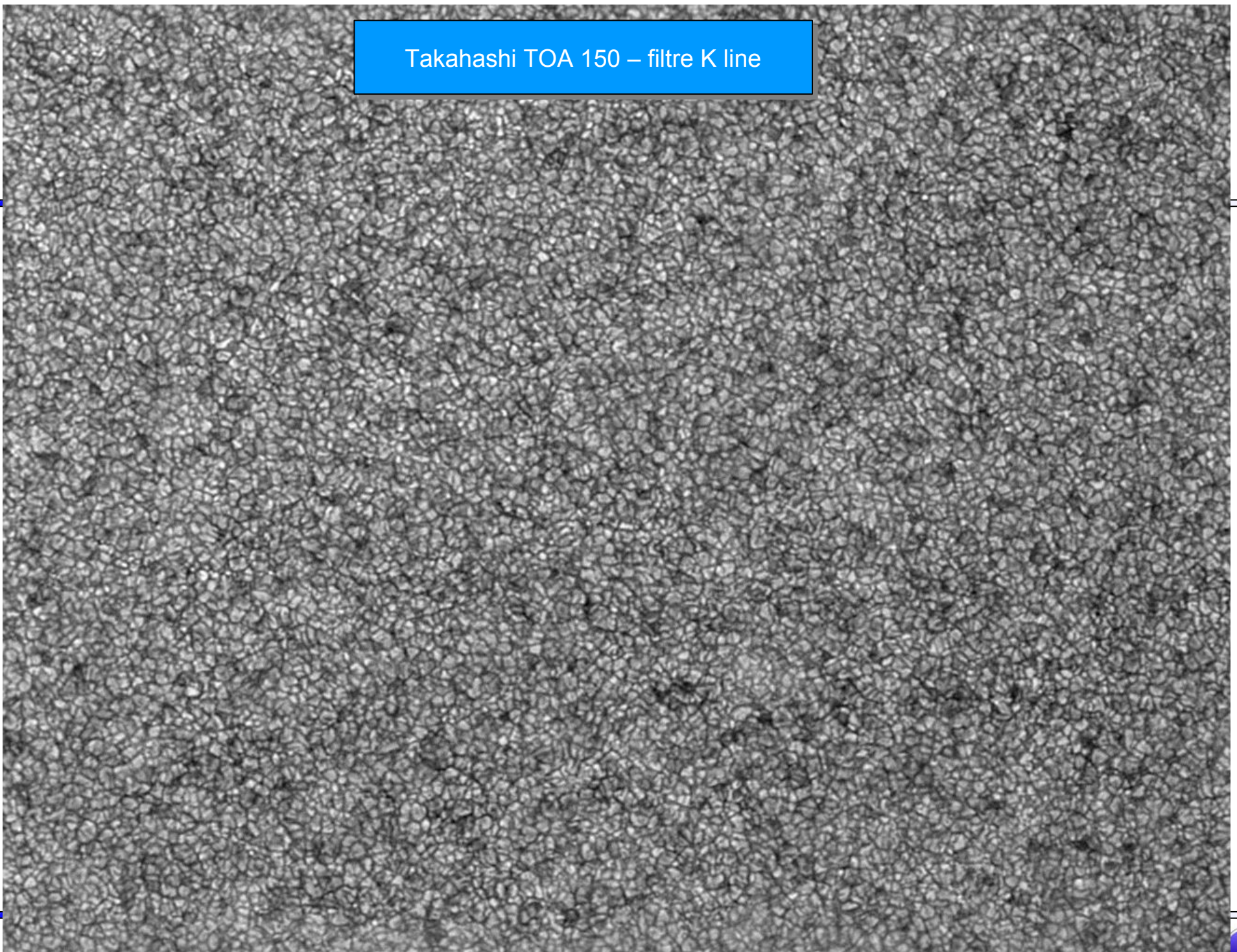
Takahashi TOA 150 – filtre continuum



1 August 2009 - 12h20mn UT - Takahashi TOA 150 - Baader FFC + helioscope + 540 nm (FWHM 10nm) filter + L Astronomik filter
Approximate scale : 0.15 arcsec/pixel - Skynyx 2.1 M - 60 x 1.82 ms exposure - gain = 1 - 8 bits acquisition
Christian Viladrich



Takahashi TOA 150 – filtre K line



1 August 2009 - 8 h35 mn UT - Takahashi TOA 150 - Baader helioscope + FFC + K-line 396 nm (FWHM 10 nm) filter
Approximate scale : 0.15 arcsec/pixel - Skynyx 2.1 M - 30 x 2 ms exposure - gain = 1 - 8 bits acquisition - Avistack processed
Christian Viladrich

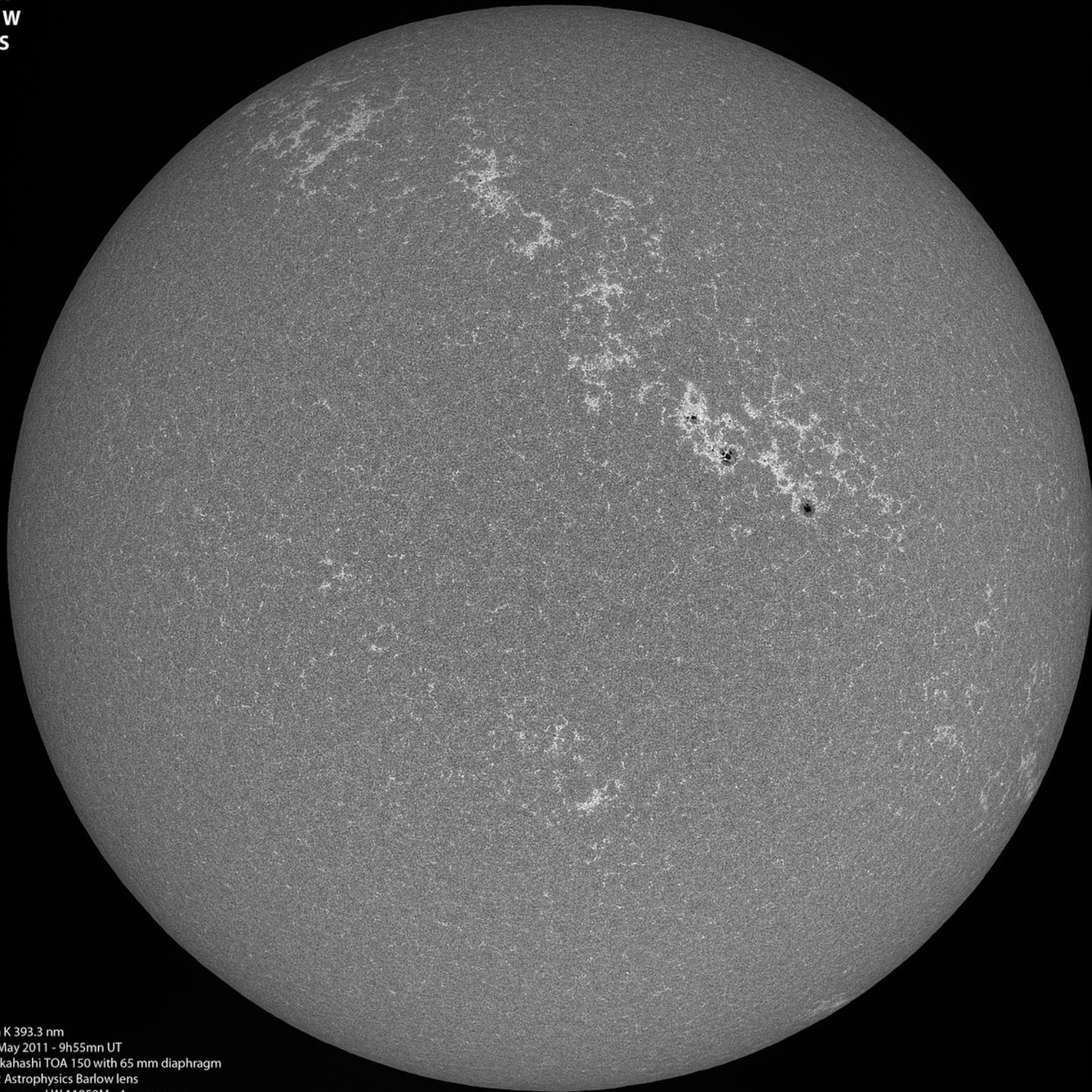


Et le Ca K ?

- Bande d'absorption de la chromosphère .
- Centre de la raie : 393.38 nm – FWHM = 0.2 à 0.5 nm, soit 20 à 50 fois plus étroit que K- line
- Daystar, Lunt, Barr Associates (Coronado?)
- Nettement plus difficile à mettre en œuvre en Haute Résolution que le K line, pour les mêmes raisons et en plus ... le manque de lumière conduit à des temps de pose devenant "important" (similaire à Ha).
- Pour le disque entier : 60 mm d'ouverture suffit.
- Pour la haute résolution :
 - Attention au problème thermique (mesurer la température du filtre avec thermomètre IR)
 - Quelques idées : utiliser un bloqueur d'IR (hélioscope, filtre anti-IR ou bleu ou K-line, etc)



N
E W
S



La

Ca K 393.3 nm
6 May 2011 - 9h55mn UT
Takahashi TOA 150 with 65 mm diaphragm
X2 Astrophysics Barlow lens
Lumenera LW 11059M - 4 ms exposure
Christian Viladrich

23

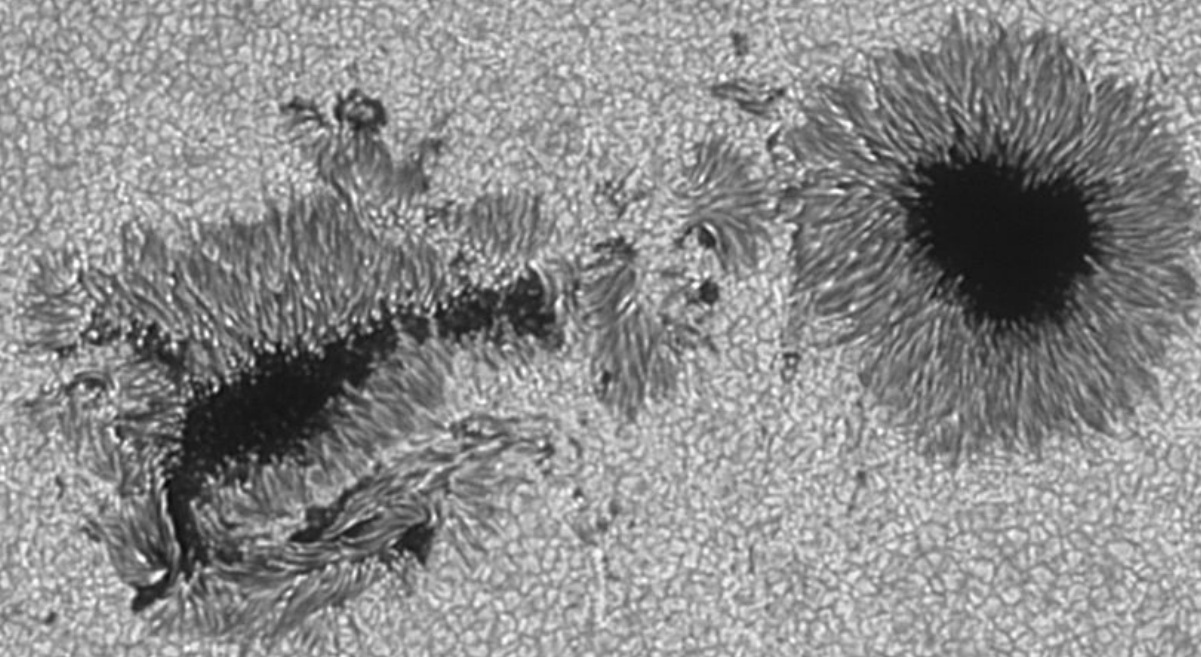


Takahashi TOA 150 – filtre Ca K

N
E W
S

AR 1263 - 2 August 2011 - Takahashi TOA 150 - Ca K 393.3 nm FWHM = 0.24 nm
Approximate scale = 0.24 arsec/pixel - Skynyx 2.1M - 40 x 10 ms - gain = 5 - 12 bits acquisition
Christian Viladrich

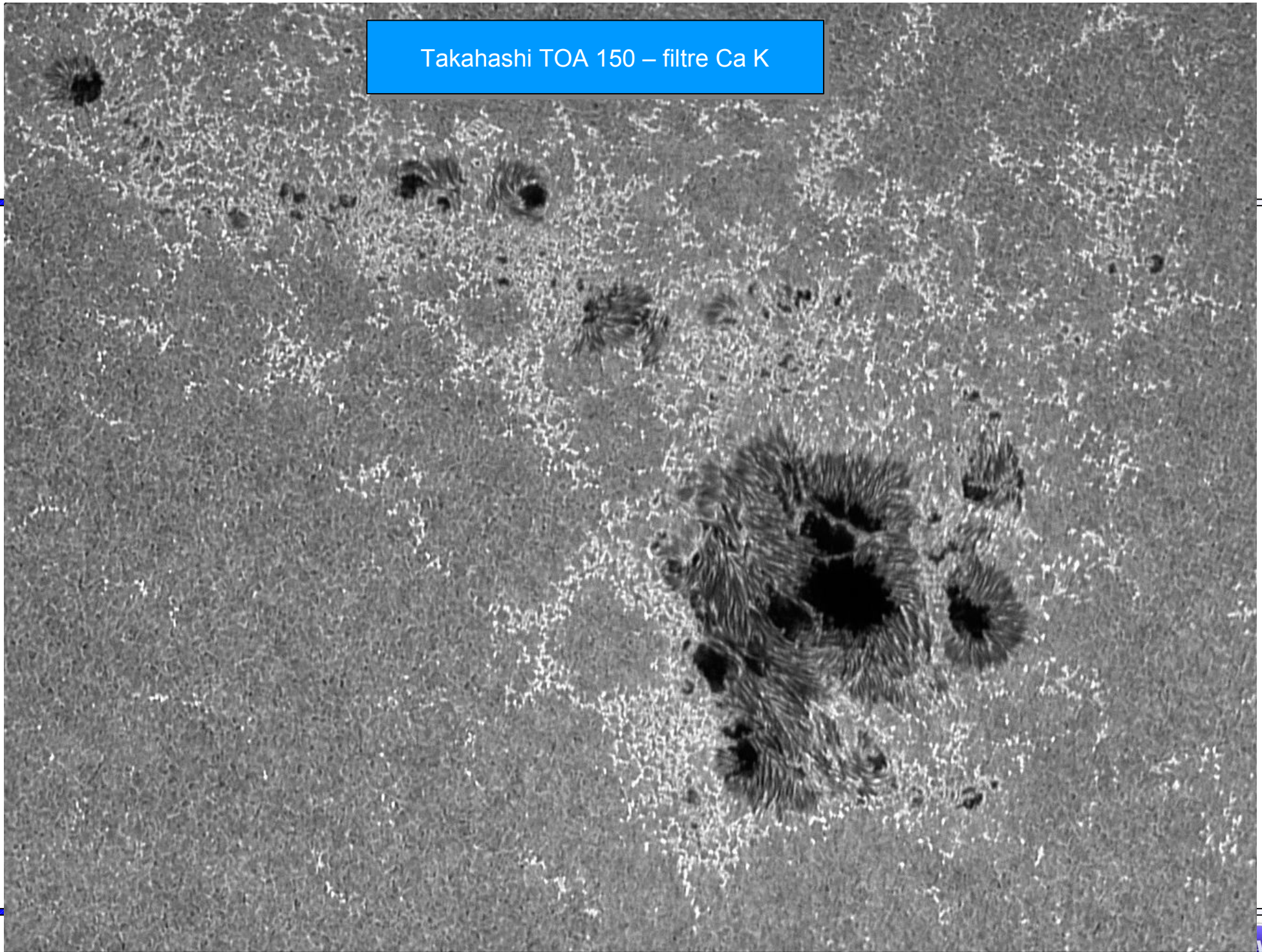
Takahashi TOA 150 – filtre K line



N
E W
S

AR1263 - 2 August 2011 - 8 h49 mn UT - Takahashi TOA 150 - K line filter (396 nm FWHM 10 nm) - Baader helioscope and FFC
Approximate scale = 0.17 arcsec/pixel - Skynyx 2.1M camera - 20 x 0.56 ms exposure - gain = 1 - 12 bits acquisition
Christian Viladrich

Takahashi TOA 150 – filtre Ca K



N
EW
S

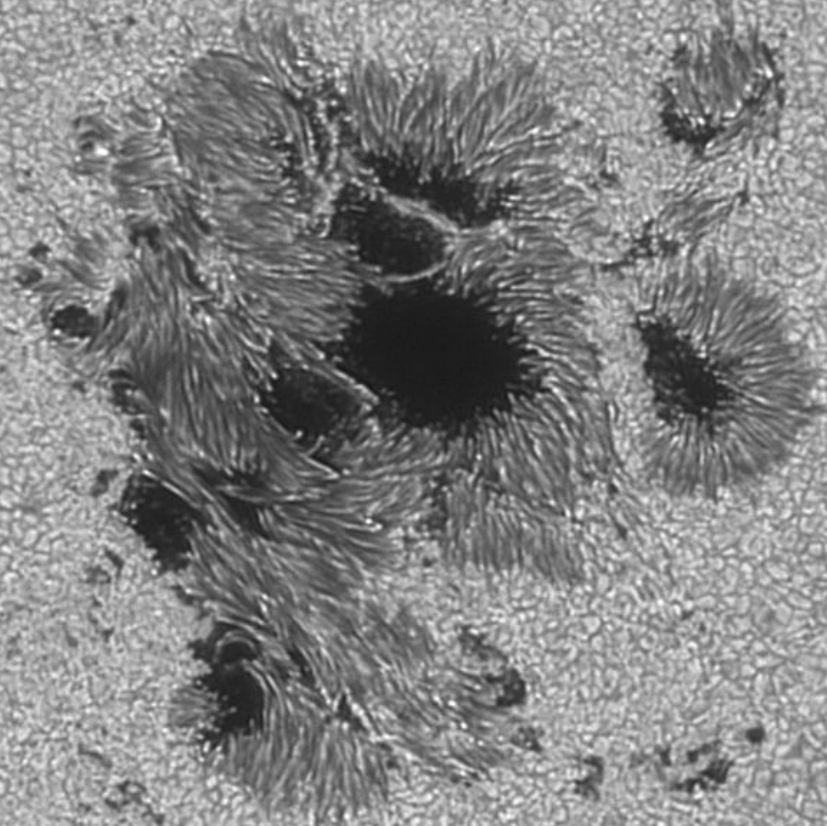
AR1476 - 11 May 2012 - 11h27mn20s UT - Takahashi TOA 150 - Ca K 393.3 nm FWHM = 0.24 nm - Baader Hershell - Taka X1.5 ED and APM X1.8 ED

Approximate scale = 0.23 arcsec / pixel - Skynyx 2.1M camera - gain = 4.8 - Exposure = 60 x 10.7 ms - 12 bits acquisition

Christian Viladrich



Takahashi TOA 150 – filtre K line



N
E W
S

AR1476 - 11 May 2012 - 9h59 mn UT - Takahashi TOA 150 - K line filter (396 nm FWHM = 10 nm - Baader helioscope and FFC
Approximate scale 0.17 arcsec/pixel - Skynyx 2.1M camera - gain = 1 - exposure = 30 x 0.88 ms - 12 bits acquisition
Christian Viladrich



La turbulence ...



L'ennemie n° 1 la turbulence ...

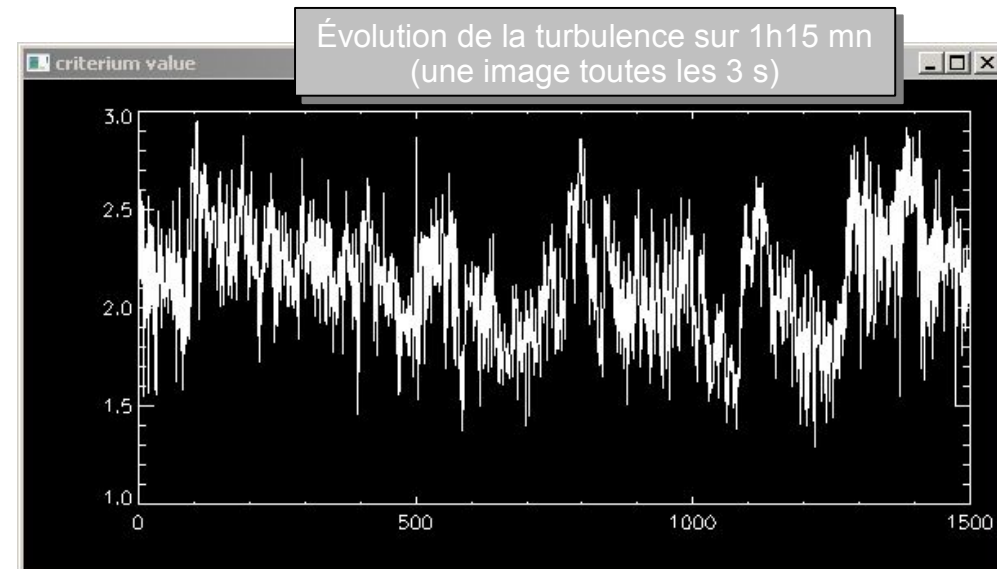
Quelles pistes pour combattre la turbulence :

- Prendre un maximum d'images pour augmenter la probabilité d'obtenir de bonnes images.
- Utiliser une caméra la plus rapide possible (en terme de nombre images/s)
- Utiliser le temps de pose le plus court possible pour geler la turbu (demande suffisamment de flux lumineux):
 - Proche UV (filtre K-line) : 1 ms
 - Rouge (filtre Ha) : difficile de descendre en dessous de 10 ms
- Moins de turbulence dans le rouge que dans le bleu, mais moins de résolution et de contraste...
- Adapter la couleur du filtre au niveau de turbulence : travailler dans le rouge (avec par ex un filtre Ha ciel profond), le vert (continuum ou OIII) ou le bleu (K-line).
- Travailler avec un filtre à bande étroite (10 nm), à condition de pouvoir conserver un temps de pose court (< 5 à 10 ms).



Turbulence ... quand observer ?

- En général, les meilleures images sont obtenues le matin (soleil $> 30^\circ$) jusqu'à 1 ou 2 h après le méridien : le sol n'a pas encore échauffé les basses couches de l'atmosphère. Mais cela dépend largement du site et de son environnement.
- Un peu de vent peut s'avérer favorable.
- En montagne : la turbulence fluctue très rapidement.
- Il faut surveiller l'évolution du seeing en permanence.



- A quand un logiciel qui lance automatiquement les acquisitions quand la qualité des images est bonne ?
- Ou bien pilotage de l'acquisition par un seeing monitor solaire ?



Turbulence locale : où observer ?



Dutch Open Telescope – La Palma



Swedish 1 m solar Telescope – La Palma

Big Bear - USA



La Grande Garenne - Juin 2014



Christian Viladri

Lunette 150 mm – Alpes

Quelle camera ?

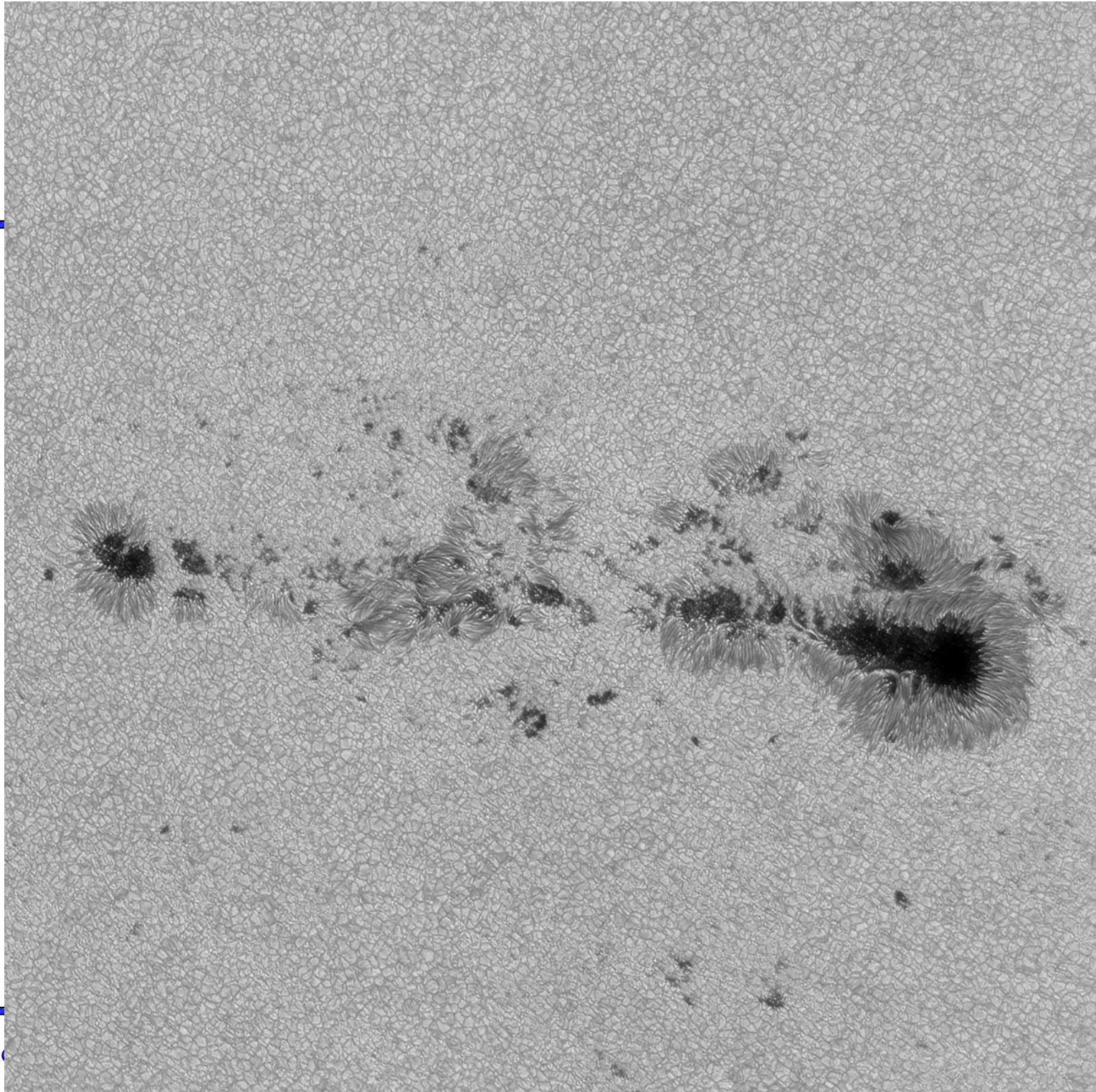


La camera idéale ...

La lettre au Père Noël :

- Un grand nombre de pixels : pour avoir le plus grand champ possible.
 - Une grande cadence d'acquisition : pour lutter contre la turbulence.
 - Un très bon rapport S/N : pour diminuer le nombre d'images à additionner.
 - Mais attention à la vitesse d'écriture du disque dur ...
-
- Exemple de l'IDS 3370 : capteur CMOSIS 4000 : 2000 x 2000 pixels, 77 fps, USB3, 380 Mo/s





Un mot sur l'acquisition des images ...



Méthode de mise au point



Avantage d'un système gradué (moteur pas à pas ou comparateur à cadran) :

- Réglage par encadrement successif de la zone de netteté.
- Ou bien faire la moyenne de plusieurs mises au point successives.
- Réglage suit évolution de la température.



Durée d'acquisition max ?

- Dépend bien sûr de la résolution de l'image, mais aussi de la longueur d'onde utilisée.
- En lumière "blanche" (K-line, continuum) et en haute résolution : éviter de dépasser 30 à 40 s
- En Ha, dépend de la vitesse d'évolution des phénomènes ...



Le logiciel de traitement ?



Autostakkert 2

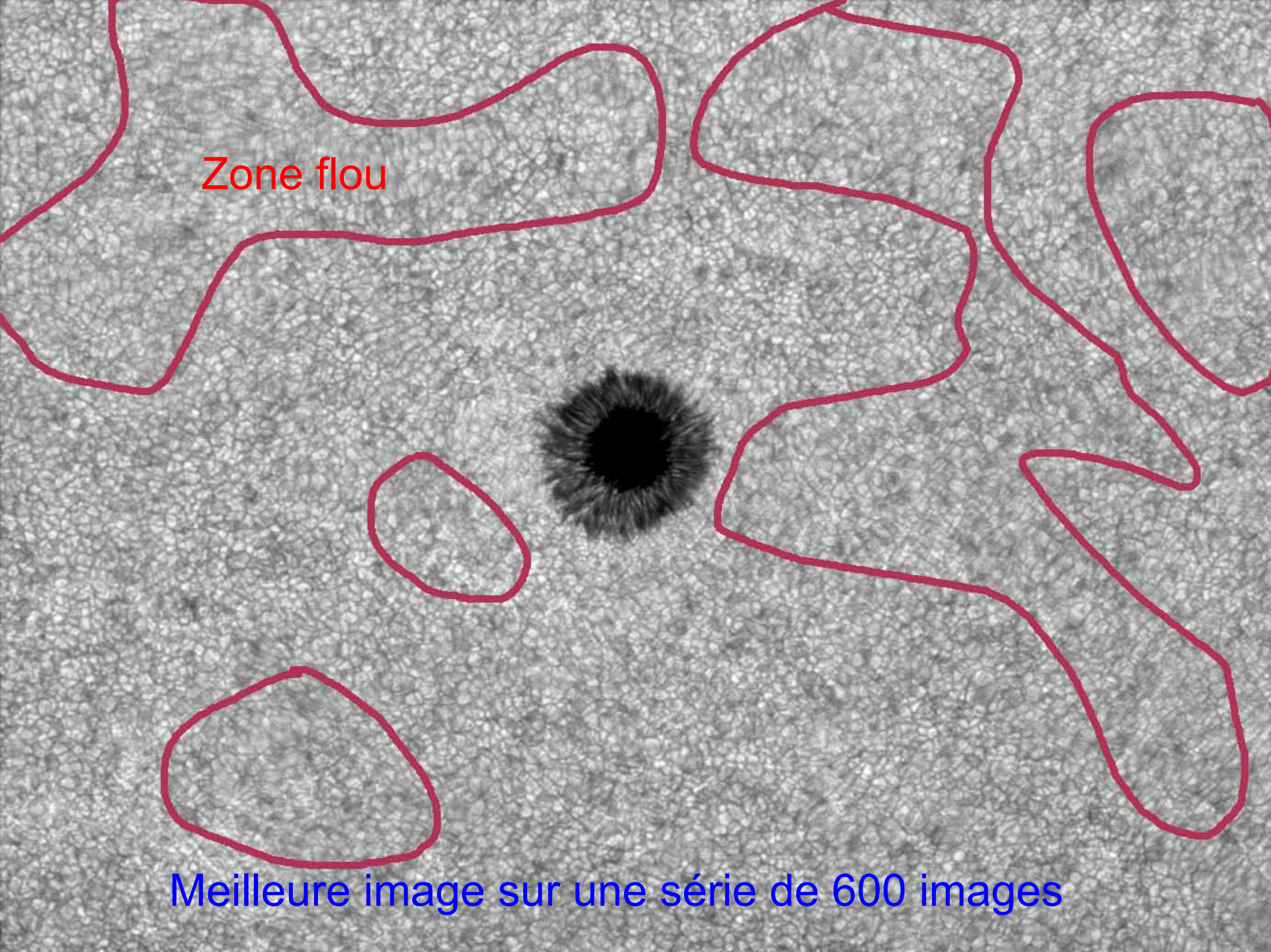
La turbulence a plusieurs effets qui se cumulent :

- les images sont déformées tout en restant nettes : effet tip / tilt => distorsion.
- les images ne sont pas nettes sur tout le champ : effet du champ de cohérence.
- les images sont flous : effet de defocus.

Les deux grands principes d'Autostakkert 2 (et d'Avistack2 et Registax 6) :

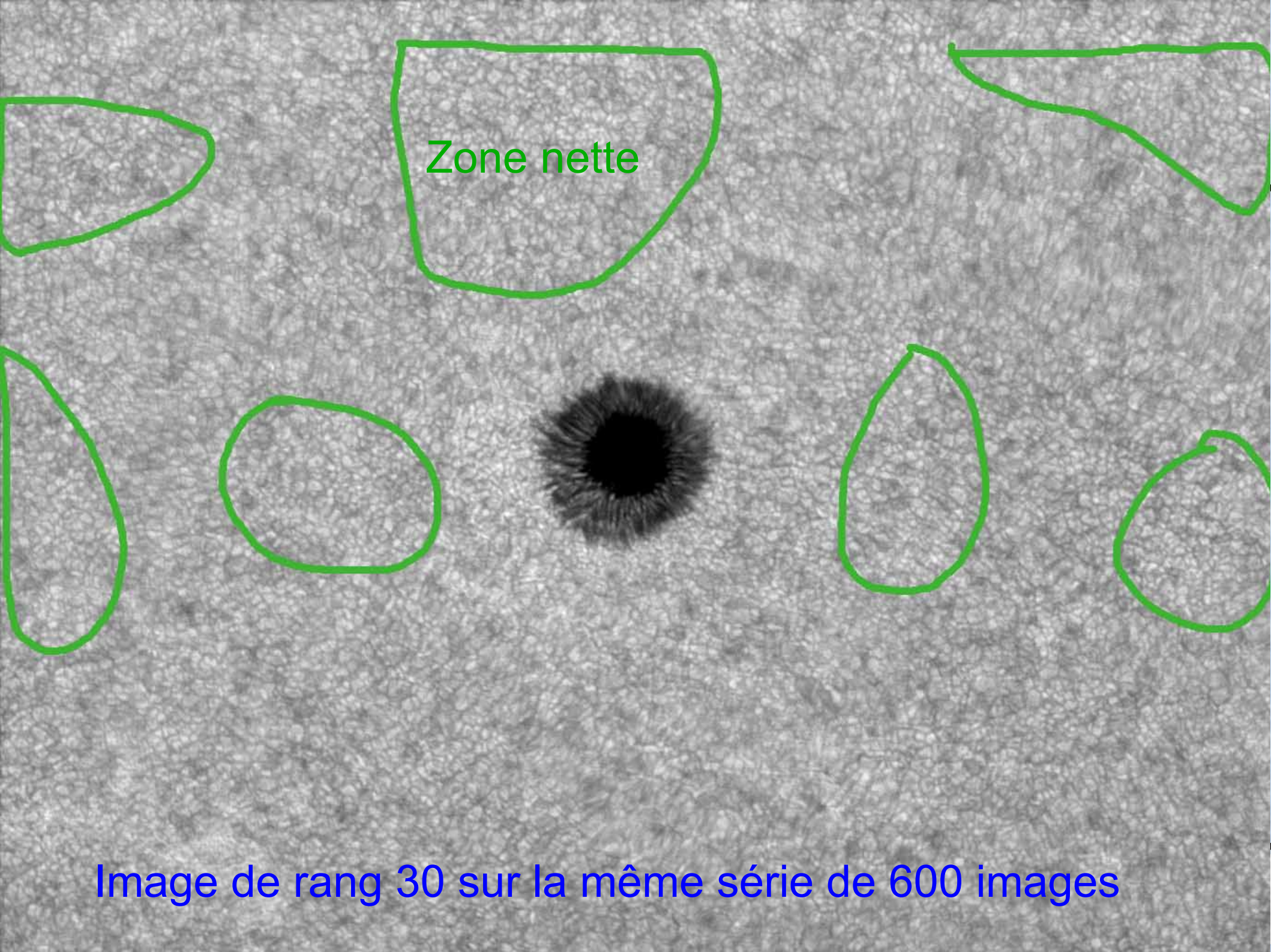
- recentrage multi-points => pour correction de la distorsion des images.
- décomposition de chaque image du film en "morceaux", puis sélection et addition des meilleurs "morceaux" : les parties "floues" des images ne contribuent pas à l'image compositée finale.





Zone flou

Meilleure image sur une série de 600 images

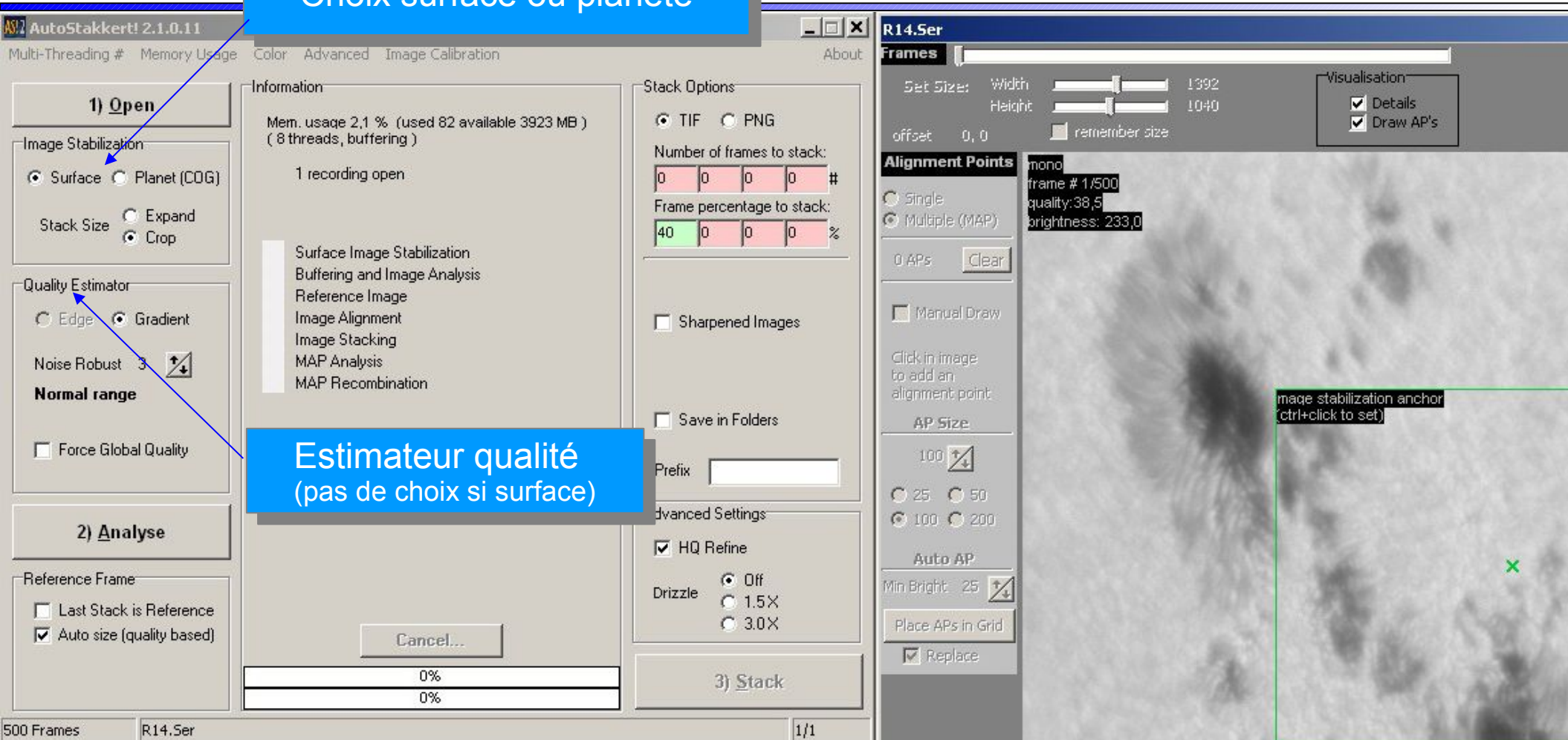


Zone nette

Image de rang 30 sur la même série de 600 images

Etape 1 : ouverture fichier

Choix surface ou planète



Etape 2 : analyse

AutoStakkert! 2.1.0.11 (c) Emil Kraaikamp

Multi-Threading # Memory Usage Color Advanced Image Calibration About

1) Open

Image Stabilization

☒ Surface ☐ Planet (COG)

Stack Size ☐ Expand ☒ Crop

2) Analyse

Reference Frame

☐ Last Stack is Reference ☒ Auto size (quality based)

Information

Mem. usage 38,4 % (used 1538 available 2468 MB)
(8 threads, buffering)

Done!

✓ Surface Image Stabilization 9,9 sec.
✓ Buffering and Image Analysis 9,4 sec.
Reference Image
Image Alignment
Image Stacking
MAP Analysis
MAP Recombination

Stack Options

☒ TIF ☐ PNG

Number of frames to stack:
0 0 0 0 #

Frame percentage to stack:
40 0 0 0 %

☐ Sharpened Images

☐ Save in Folders

Prefix

Advanced Settings

☒ HQ Refine

Drizzle ☒ Off ☐ 1.5 X ☐ 3.0 X

Alignment Points

☐ Single ☒ Multiple (MAP)

0 APs Clear

☐ Manual Draw

Click in image to add an alignment point

AP Size

100

☐ 25 ☐ 50 ☒ 100 ☐ 200

Auto AP

Min Bright 25

Place APs in Grid ☒ Replace

Visualisation

☒ Details ☒ Draw AP's

mono
frame % 0,0 (1/500) #333
quality % 100,0 (59,4)
brightness: 232,0

Quality Graph

Cancel...

100%
100%

3) Stack

500 Frames R14.Ser Done 1/1



Etape 3 : choix nombre points registration.

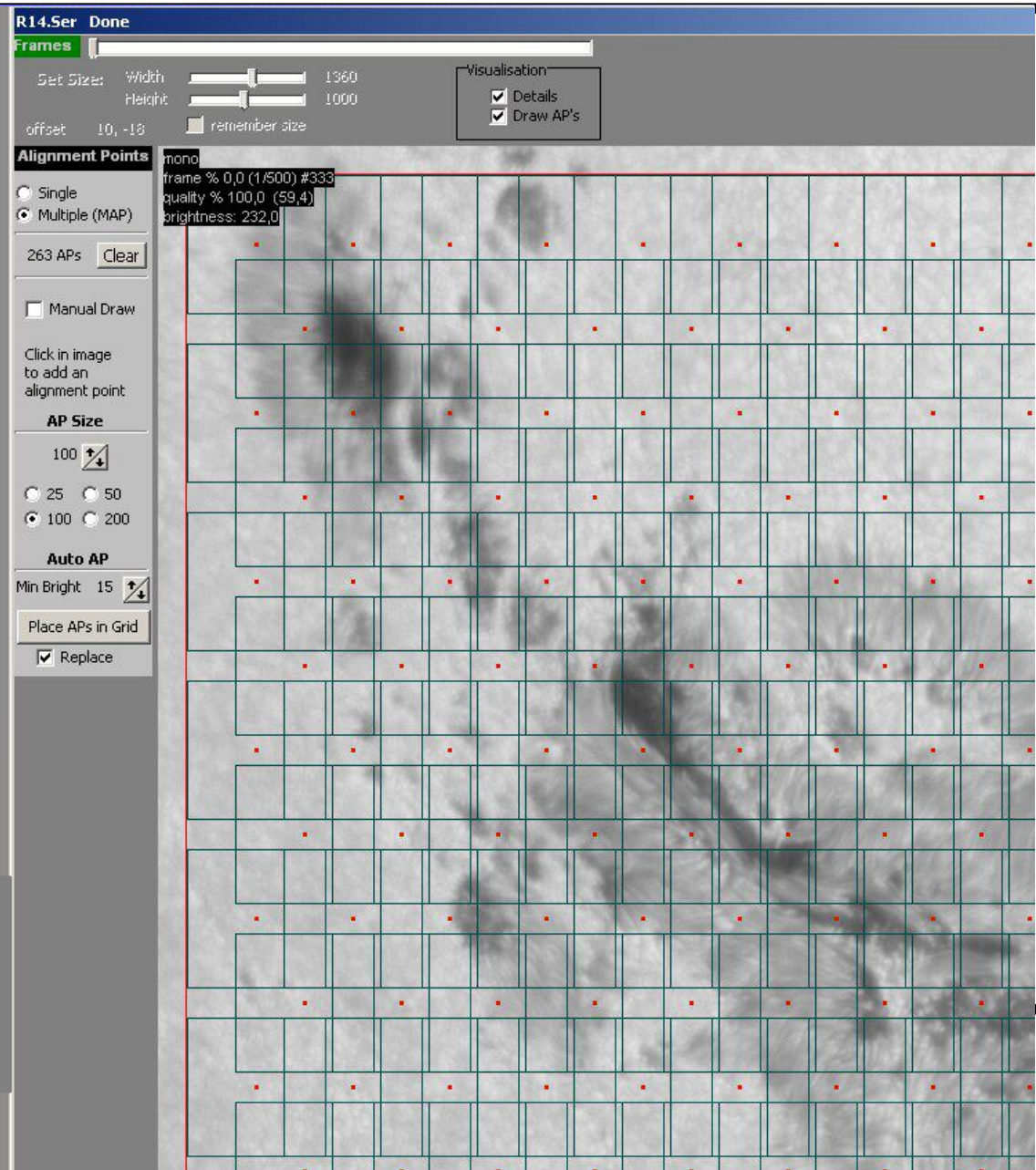
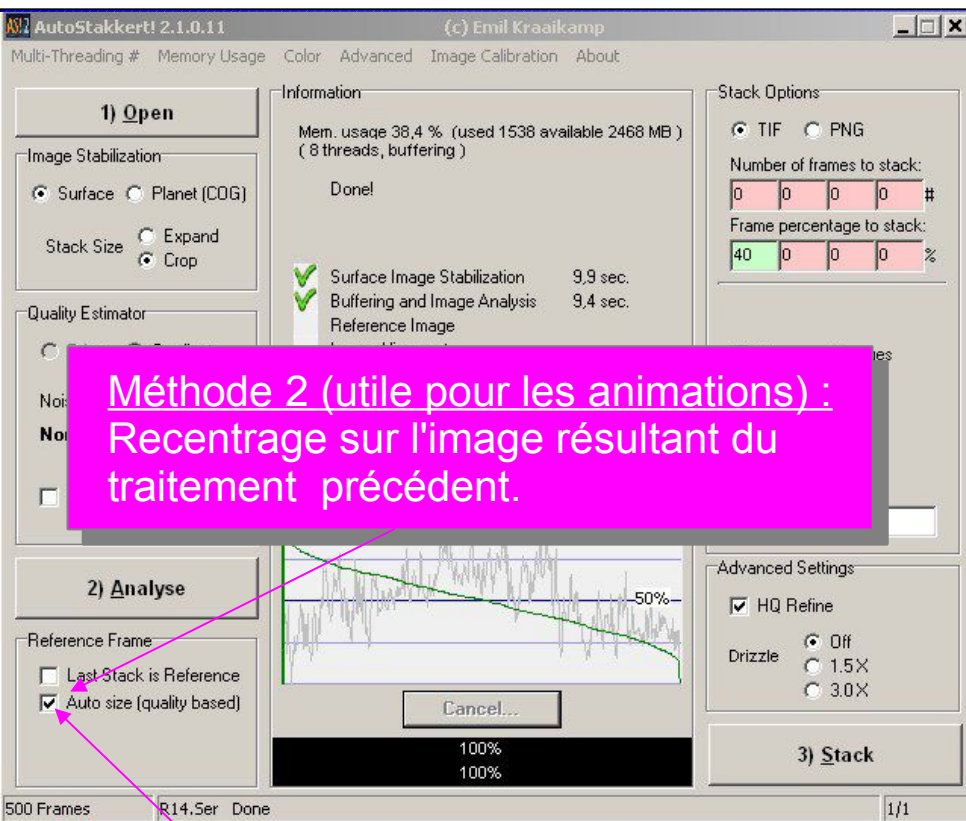
The screenshot shows the AutoStakkert! 2.1.0.11 software interface. The main window is titled "(c) Emil Kraaikamp" and has a menu bar with options: Multi-Threading #, Memory Usage, Color, Advanced, Image Calibration, and About. The interface is divided into several sections:

- 1) Open:** Contains options for Image Stabilization (Surface, Planet (COG)), Stack Size (Expand, Crop), and Quality Estimator (Edge, Gradient). It also has a Noise Robust slider and a Force Global Quality checkbox.
- 2) Analyse:** Contains a Reference Frame section with checkboxes for "Last Stack is Reference" and "Auto size (quality based)".
- 3) Stack:** Contains a "3.0X" button and a "Cancel..." button.
- Information:** Displays "Mem. usage (8 threads, 100%)", "Done!", and a "Quality Graph" showing a line graph of quality over time.
- Advanced Settings:** Includes a "Save in Folders" checkbox and a "Prefix" text field.
- R14.Ser Done:** A panel on the right showing "Frames" (0 to 1360), "Set Size" (Width: 1360, Height: 1000), "offset" (10, -10), and "remember size". It also has a "Visualisation" section with checkboxes for "Details" and "Draw AP's".
- Alignment Points:** A section with radio buttons for "Single" and "Multiple (MAP)", a "263 APs" count, a "Clear" button, and a "Manual Draw" checkbox. It also has an "AP Size" section with radio buttons for 25, 50, 100, and 200, and an "Auto AP" section with a "Min Bright" slider and a "Place APs in Grid" button.
- 4 -Affichage des points:** A large grid of alignment points (red dots) overlaid on a grayscale image of a celestial object.

Four blue callout boxes with white text and arrows point to specific features:

- 1- Type registration:** Points to the "Surface" radio button in the "Image Stabilization" section.
- 2 - Taille cellule registration:** Points to the "AP Size" section, specifically the "100" radio button.
- 3 - Intensité pixel min:** Points to the "Min Bright" slider in the "Auto AP" section.
- 4 -Affichage des points:** Points to the "Place APs in Grid" button in the "Auto AP" section.

Quelle est l'image de référence utilisée pour le recentrage ?



Méthode 1 :
L'image de référence est la moyenne des N meilleurs images de la série.
=> moyenne les effets de la turbulence

Quelle valeur pour AP size ?

AP size fixe indirectement le nombre de points de registration :

Si AP size = 100 pixels, cela signifie que :

- les cellules de "registration" font 100 x 100 pixels (centrées sur les points de registration),
- les cellules pour la mesure de la "qualité" font 200 x 200 pixels (centrées sur les points de registration).

Quelle valeur utiliser ?

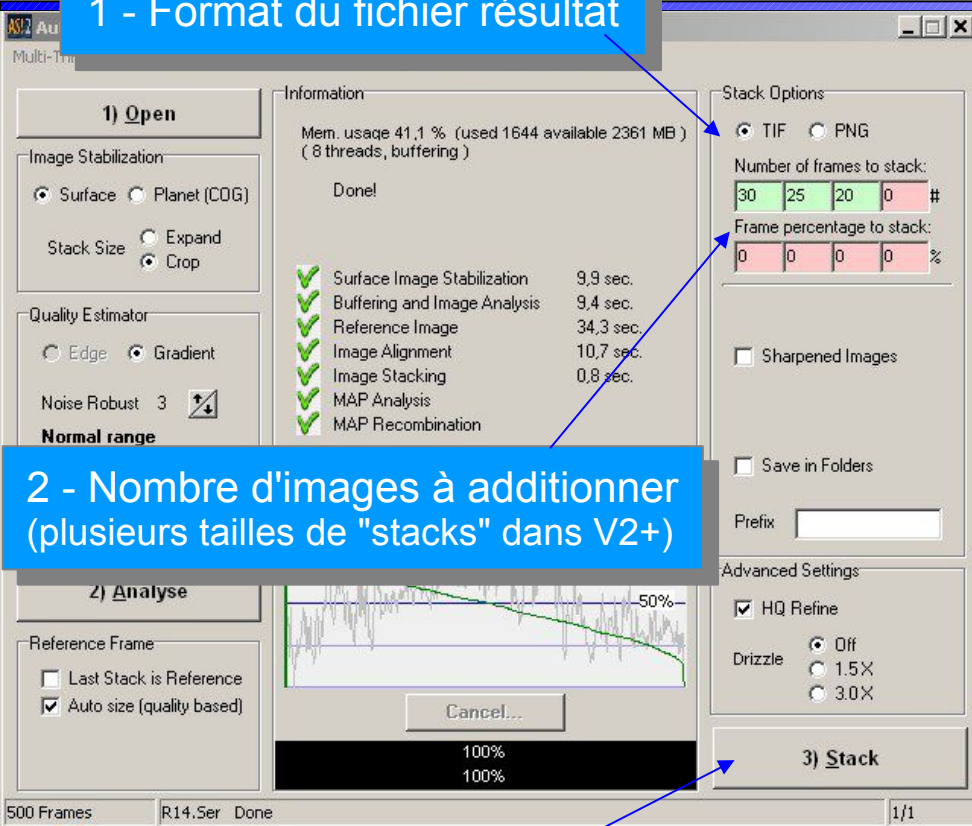
Ne pas choisir des valeurs trop petites, sinon difficulté pour mesurer la qualité dans ces cellules trop petites.

- 80 à 100 pixels constitue une bonne base de départ.

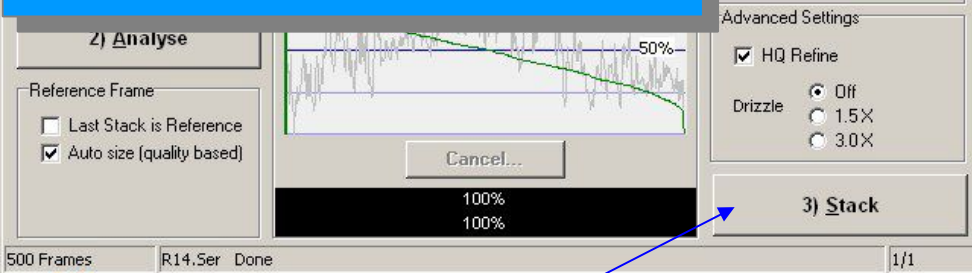


Etape 4 : addition des images

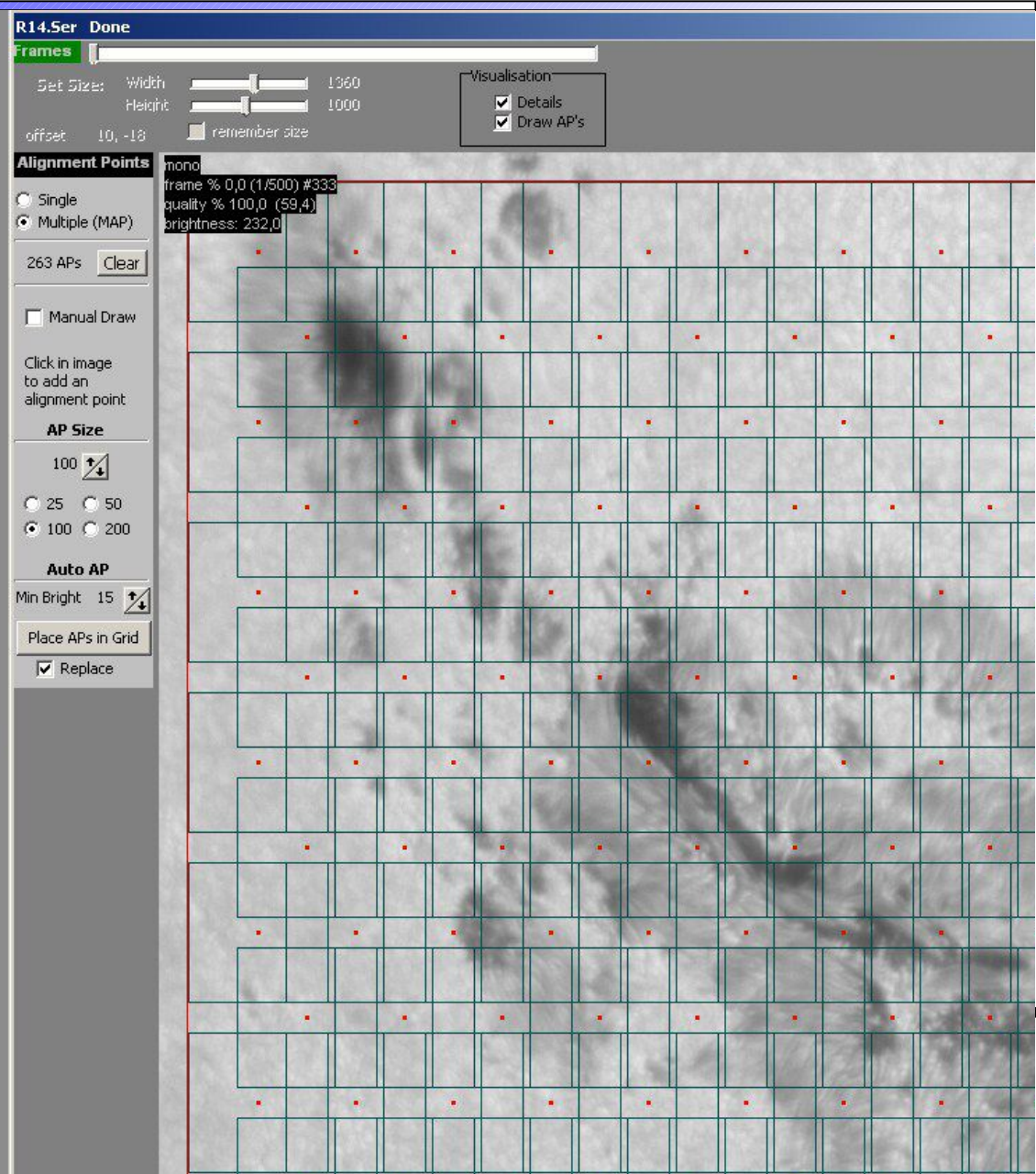
1 - Format du fichier résultat



2 - Nombre d'images à additionner (plusieurs tailles de "stacks" dans V2+)



3 - Addition



Merci de votre attention

Des questions ?

En français : liste Yahoo Astrosoleil
En anglais : liste Yahoo Solar-ALPO

