
Vers plus de résolution en imagerie solaire

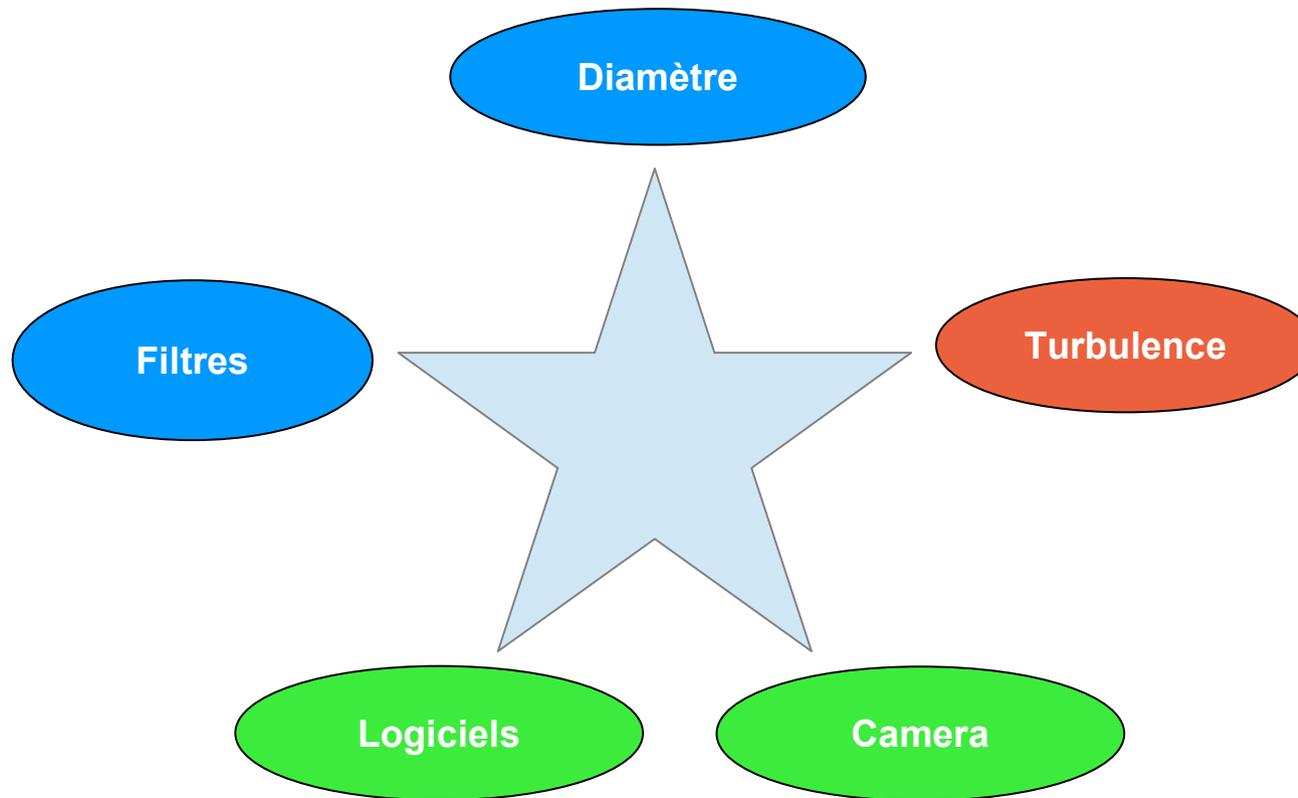
Avec les images de :

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

...



La résolution : une combinaison de différents facteurs ...



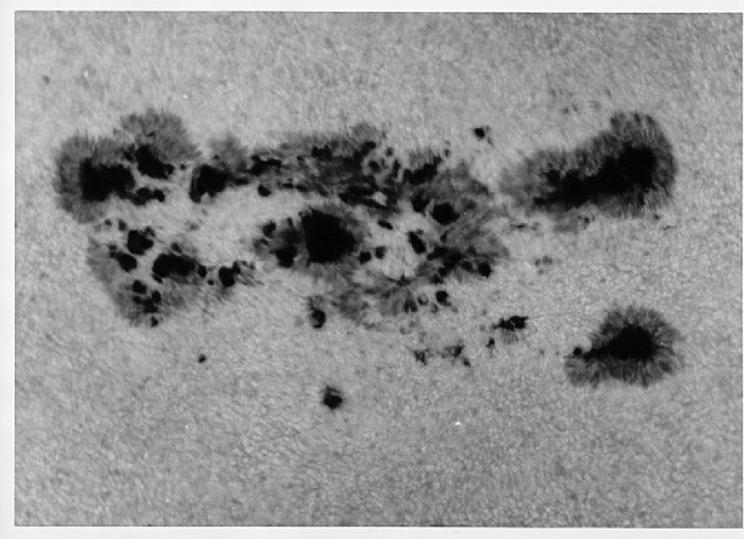
Quel diamètre pour
la
haute résolution solaire ?



100 mm suffisant en imagerie argentique ?

→ Pendant longtemps, on nous a dit que le diamètre optimal pour le solaire était (une lunette) de 100 mm

→ Et pourtant ...



(1968) Père Josset – Lunette 232 mm

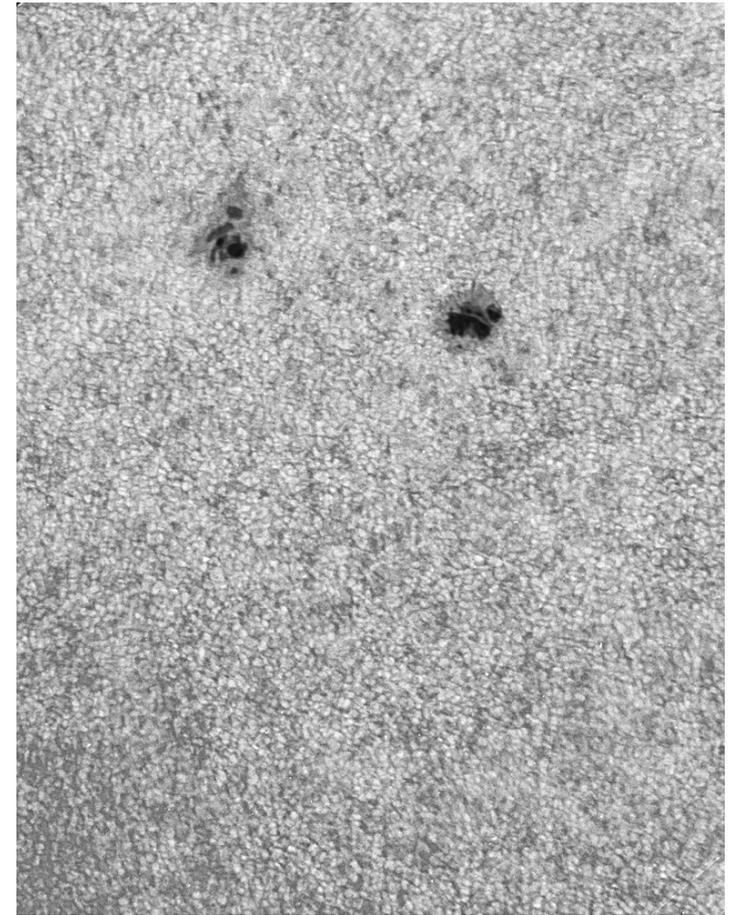
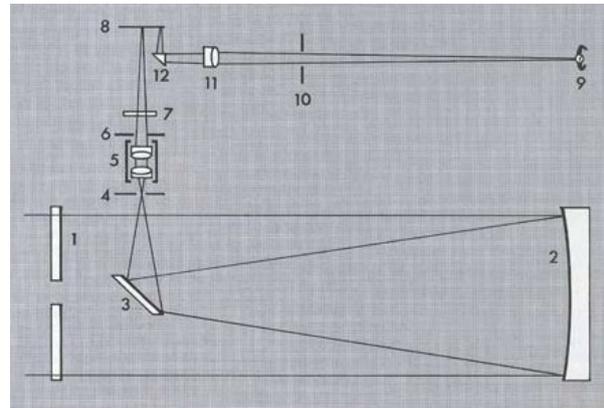
Filtre vert + hélioscope



100 mm suffisant en imagerie argentique ?

(1978) François Rouvière - Newton solaire de 200 mm

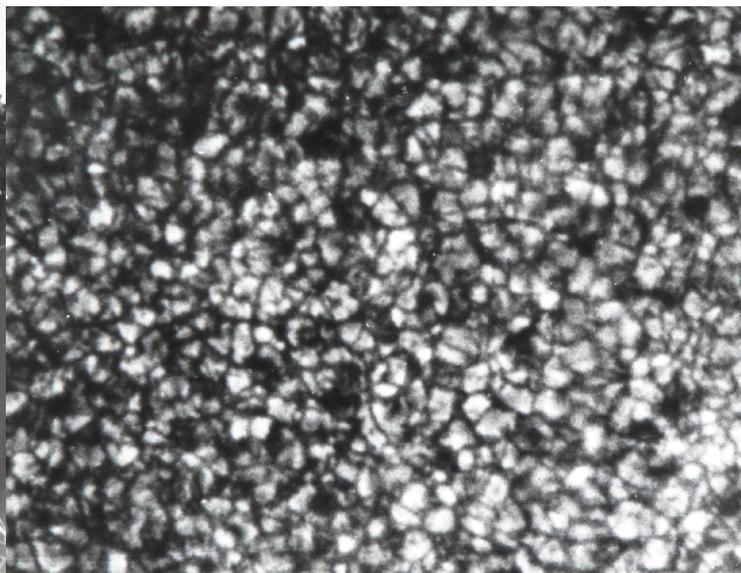
- lame de fermeture aluminé 1/500
- Secondaire en Zerodur
- Filtre vert VG6
- Système d'horodatage des clichés
- Résolution 1 "



100 mm suffisant en imagerie argentique ?

1990 : Wolfgang Lille :

- réfracteur de 30 cm, lentille simple asphérique taillée par D. Cardoen
- filtre vert 575 nm
- résolution 0.3"



Et maintenant en imagerie numérique ?



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

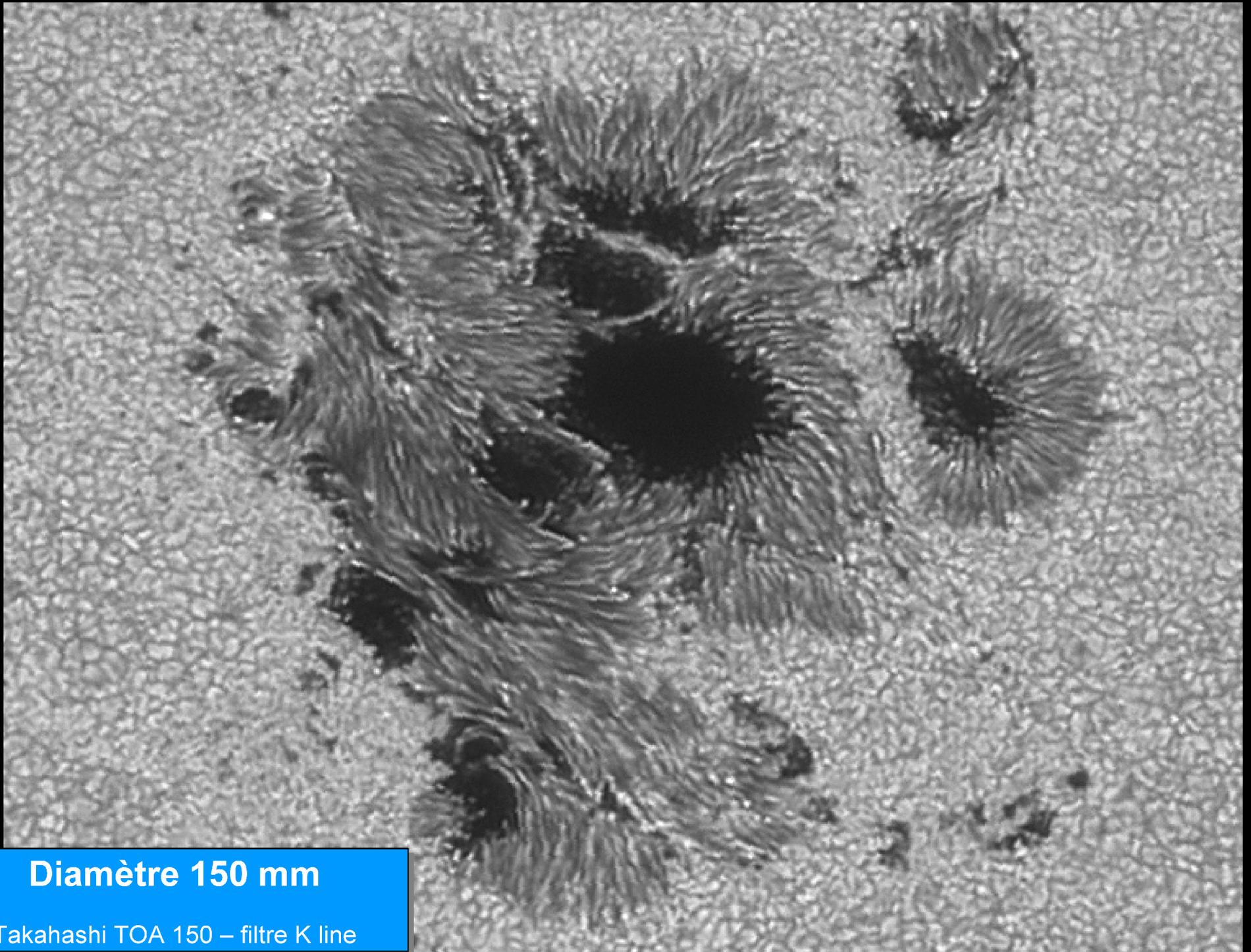
Diamètre 150 mm

Takahashi TOA 150 – filtre continuum

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

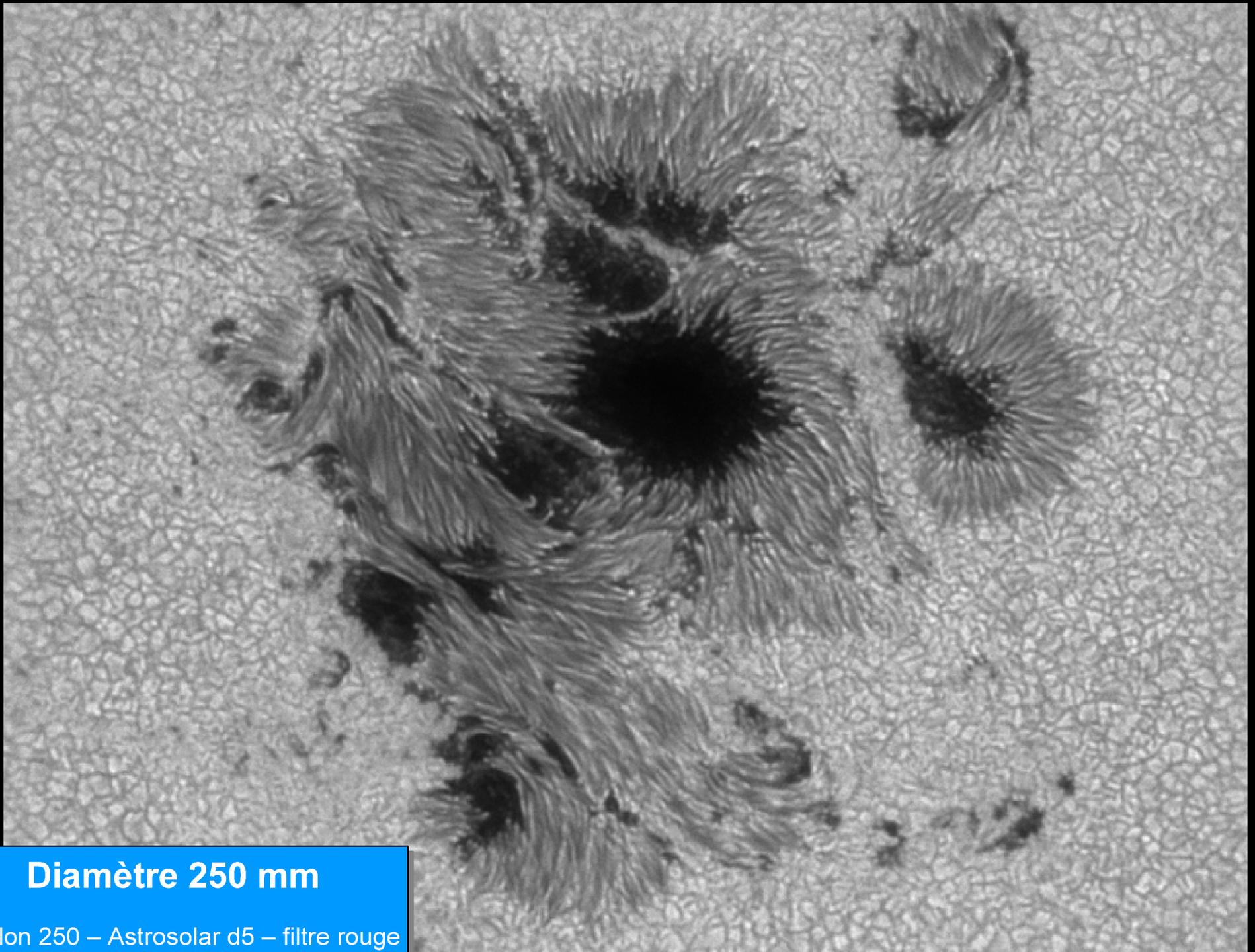
Approximate scale : 0.15 arcsec/pixel - Skynyx 2.1 M - 60 x 1.82 ms exposure - gain = 1 - 8 bits acquisition

Christian Viladrich



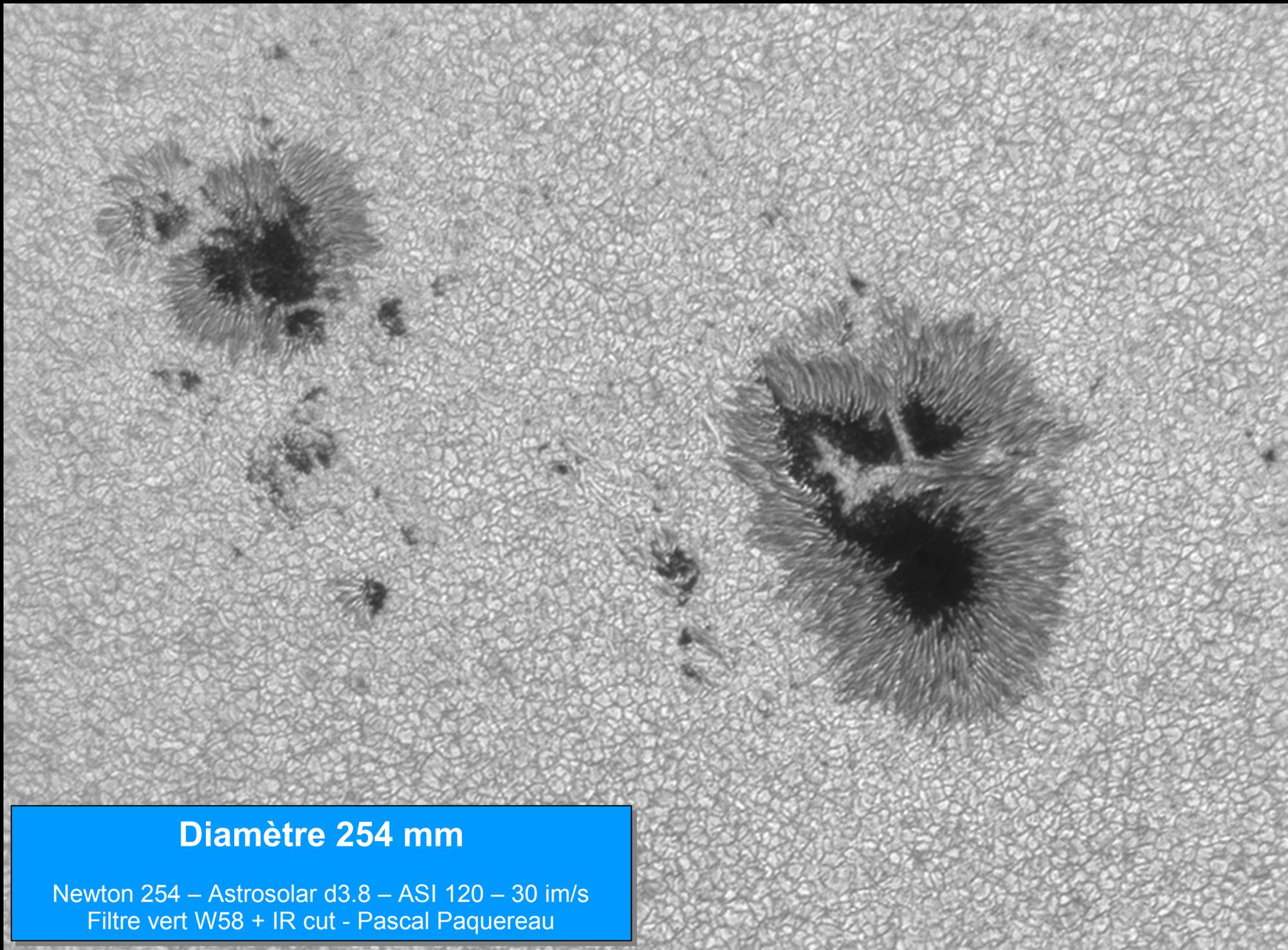
Diamètre 150 mm

Takahashi TOA 150 – filtre K line



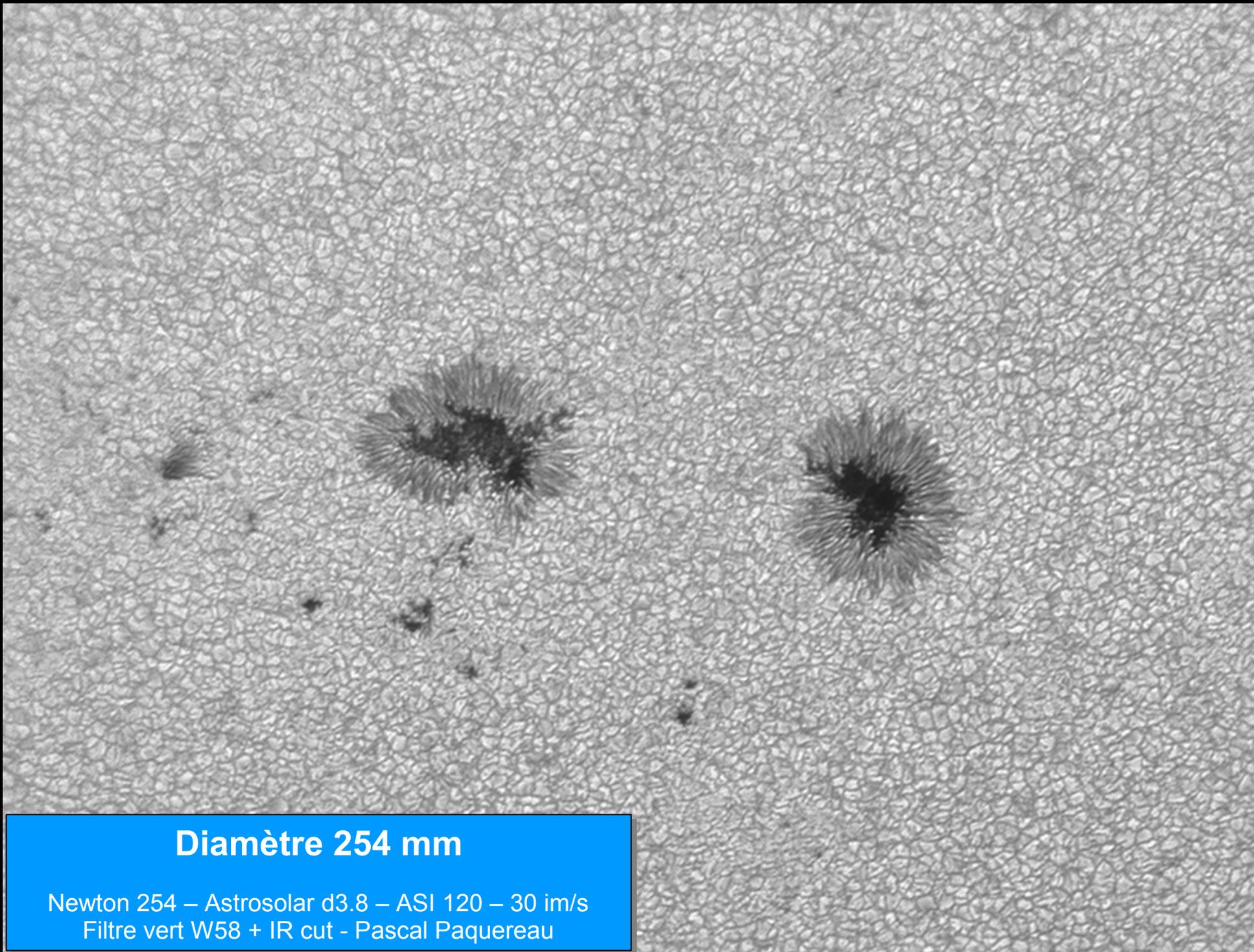
Diamètre 250 mm

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



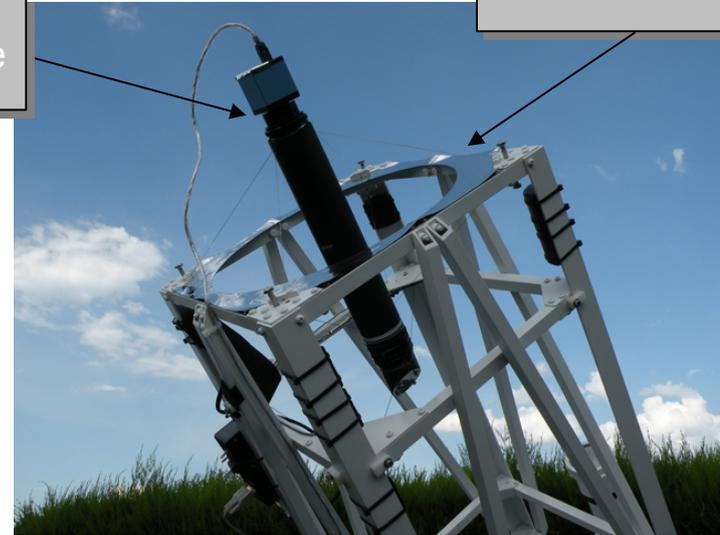
Diamètre 254 mm

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

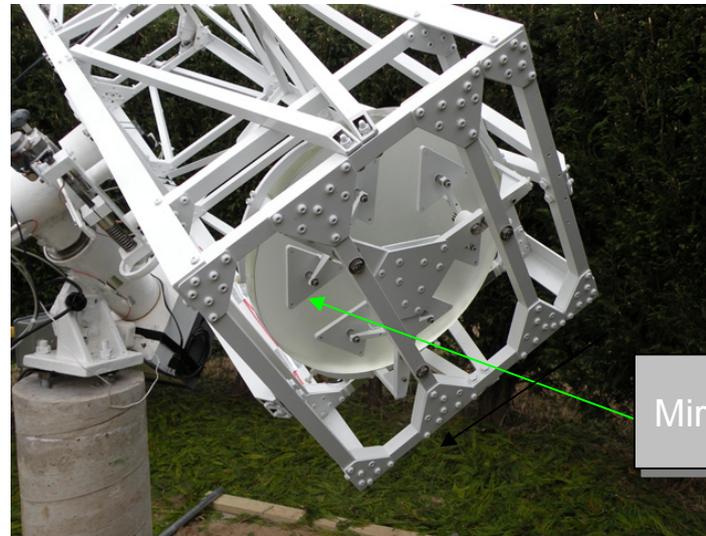
Et si on passait à 355 mm de diamètre ?

Diaphragme en alu poli

Caméra sur l'axe optique

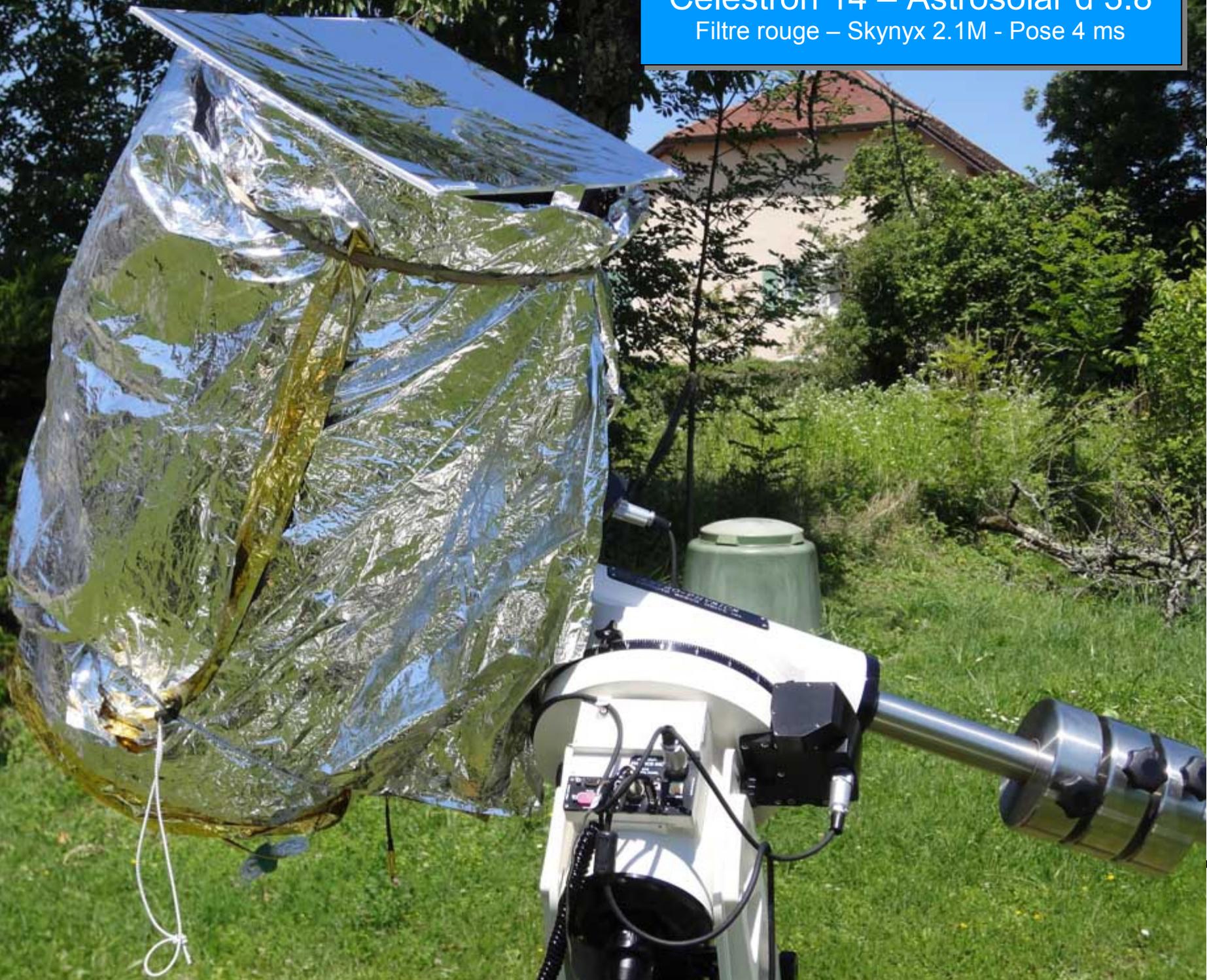


Télescope solaire de Arthur L. Whipple (2009)

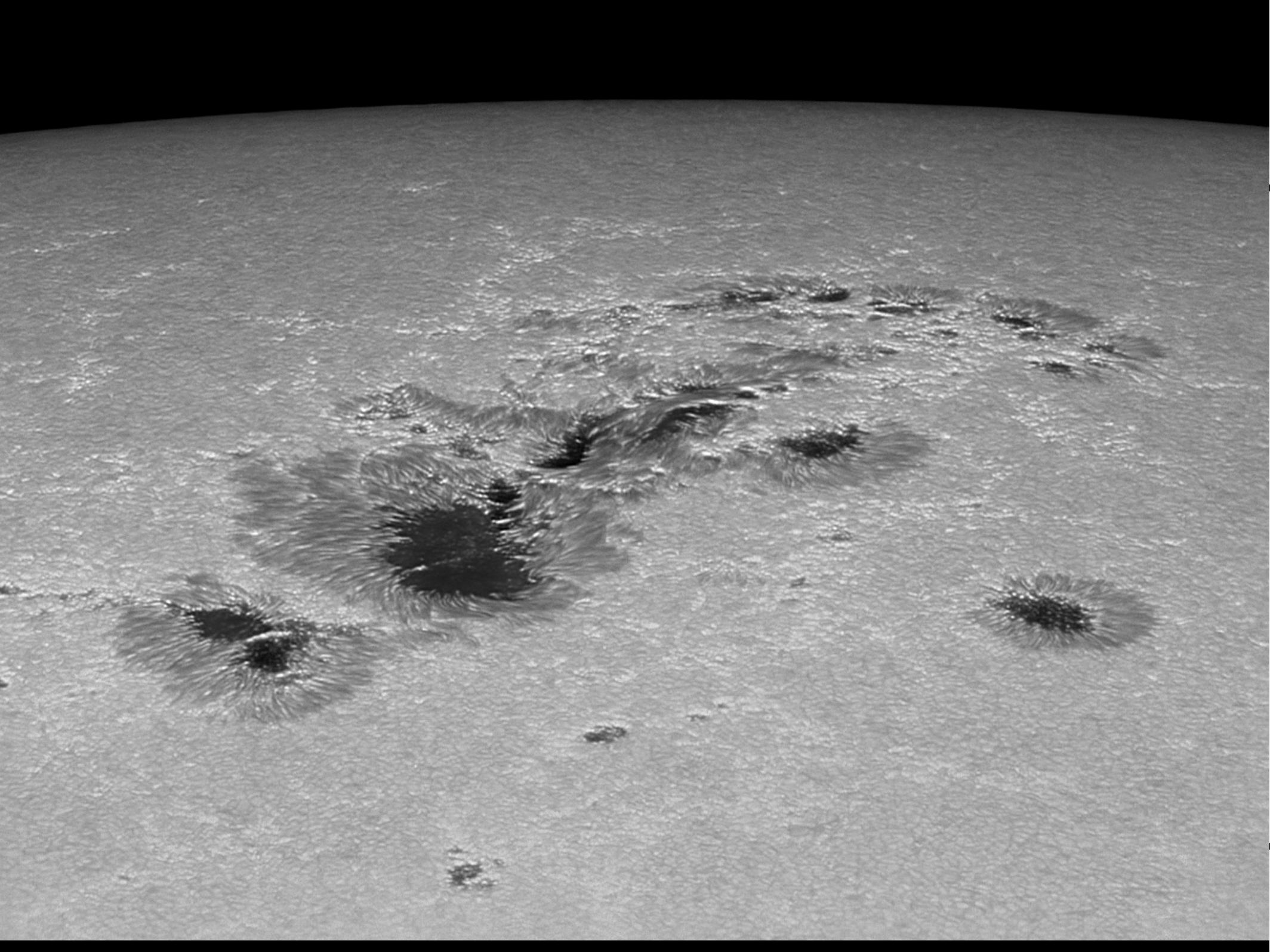


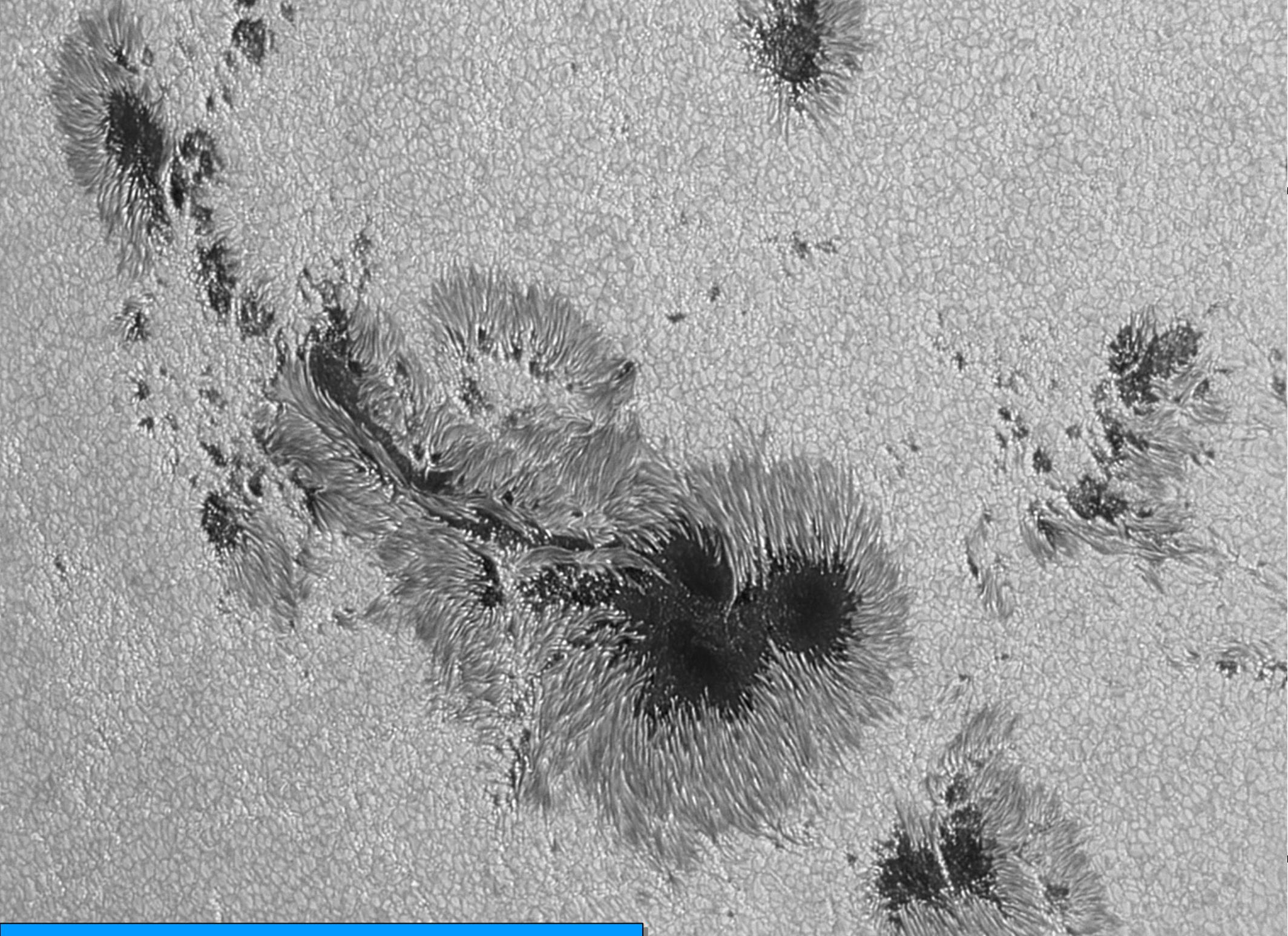
Miroir 355 mm non aluminé

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





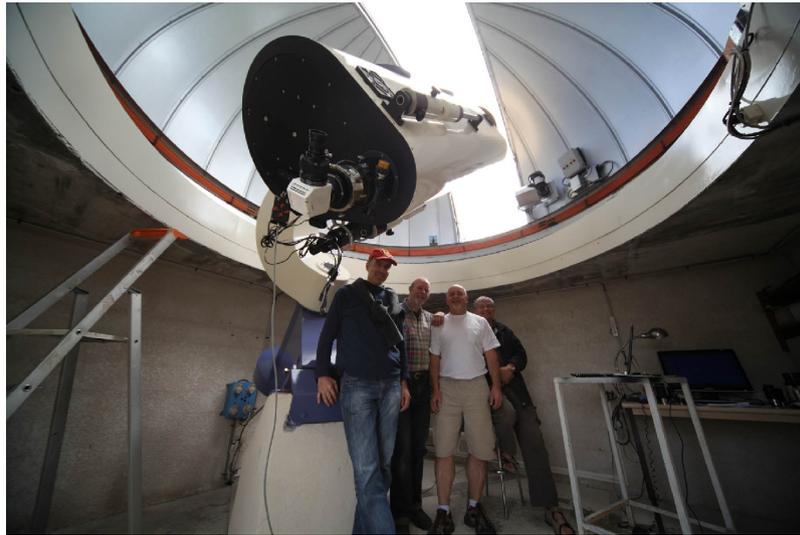




Résolution de l'ordre de 0.35 " (environ 250 km sur le soleil)

Et 435 mm de diamètre ?

Lunette Schaer 435 mm F/15 de Puimichel : S. Deconihout (mécanique) – D. Cardoen (optique)

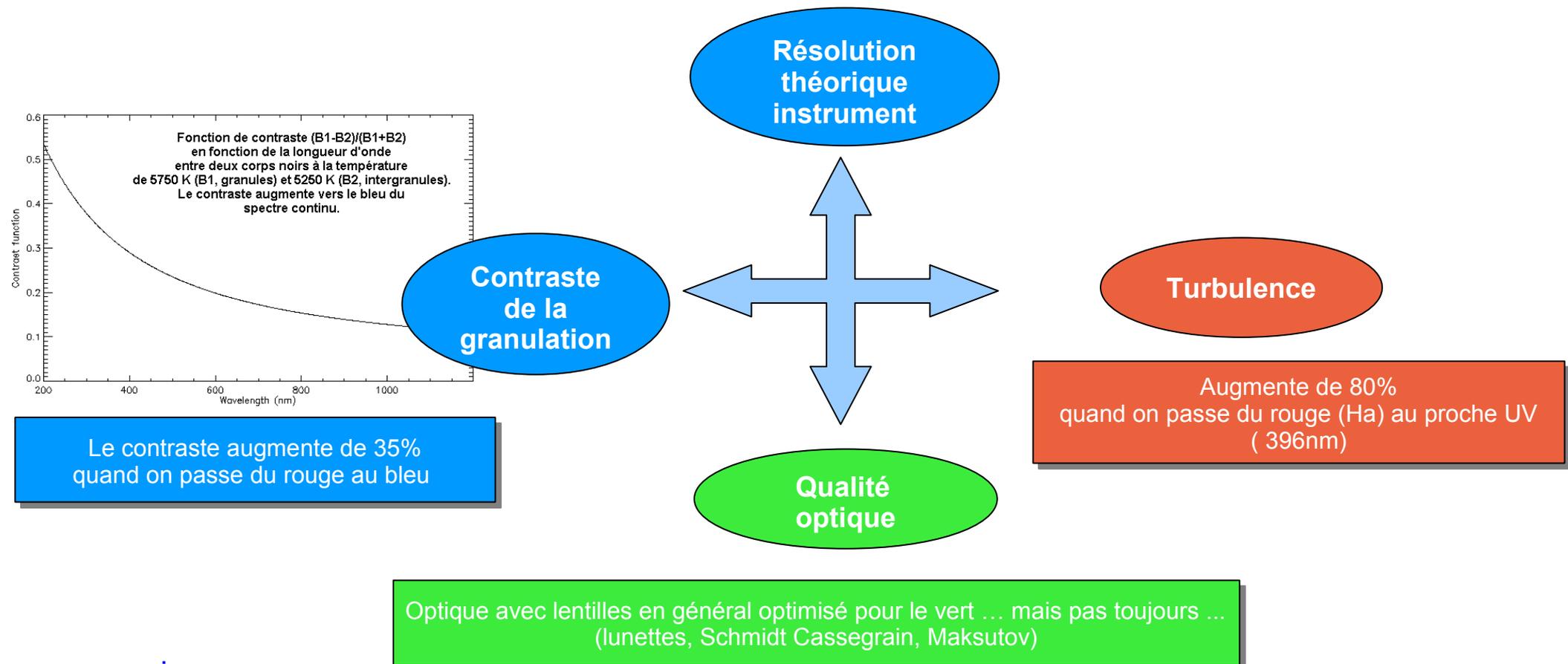


Le choix des filtres pour la haute résolution solaire ?



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

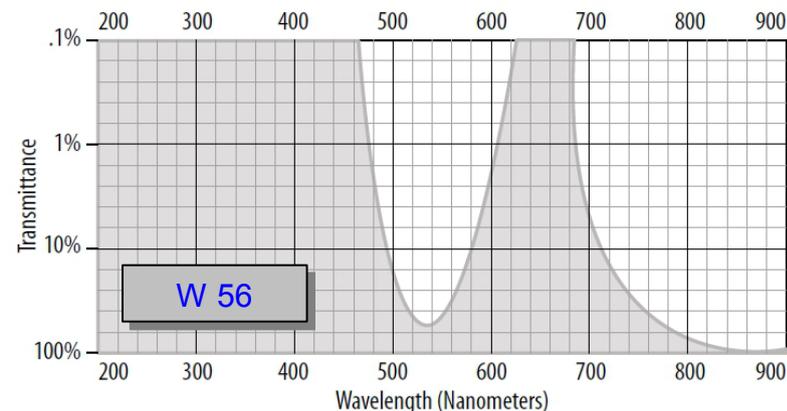
La résolution augmente de 64 %, quand on passe du rouge (Ha) au proche UV (K line – 396 nm)
(une lunette de 150 mm devient équivalente à un télescope de 240 mm)



Filtres complémentaires : lesquels ?

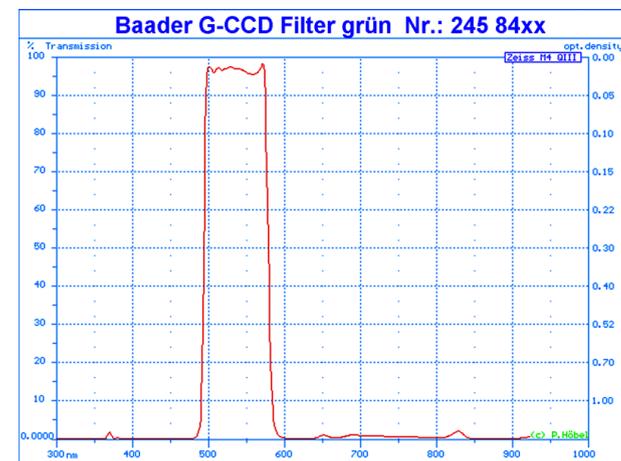
→ Filtre Wratten :

- 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)

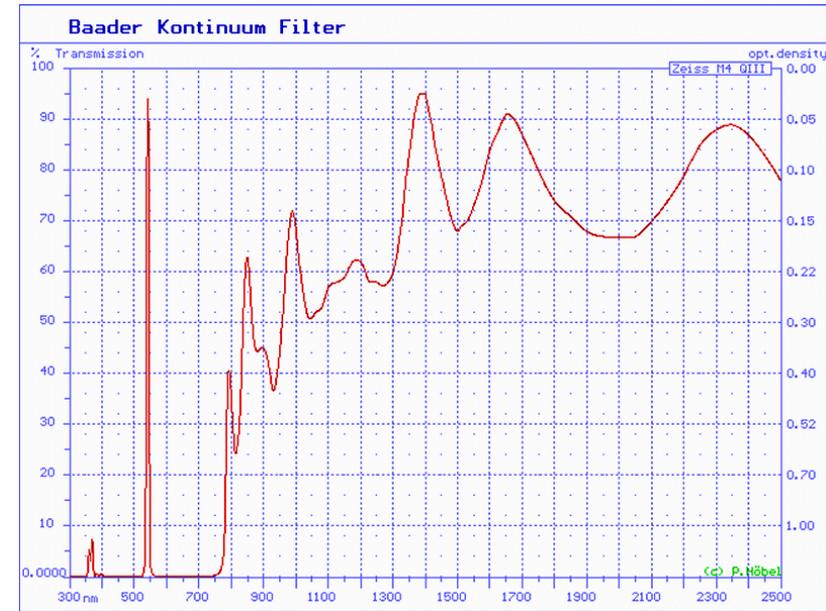
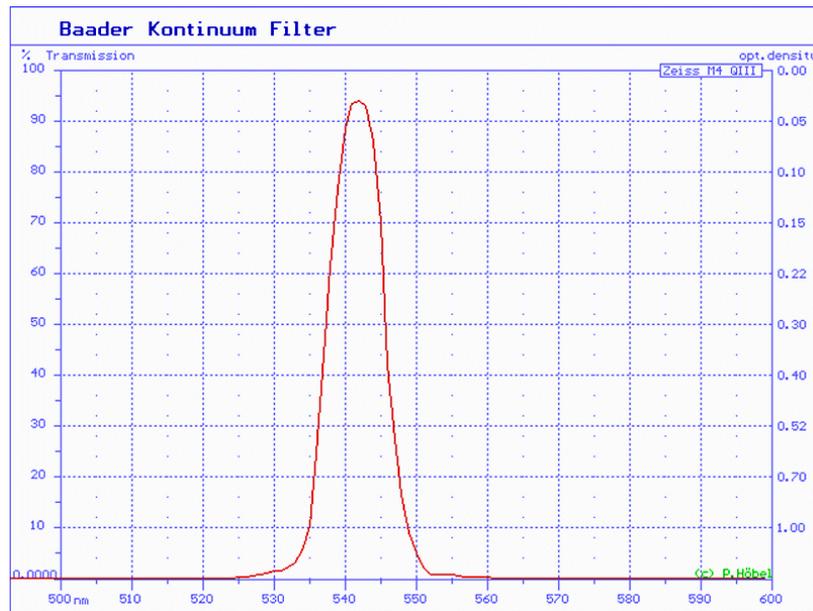


Filtres complémentaires : lesquels ?

→ 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.



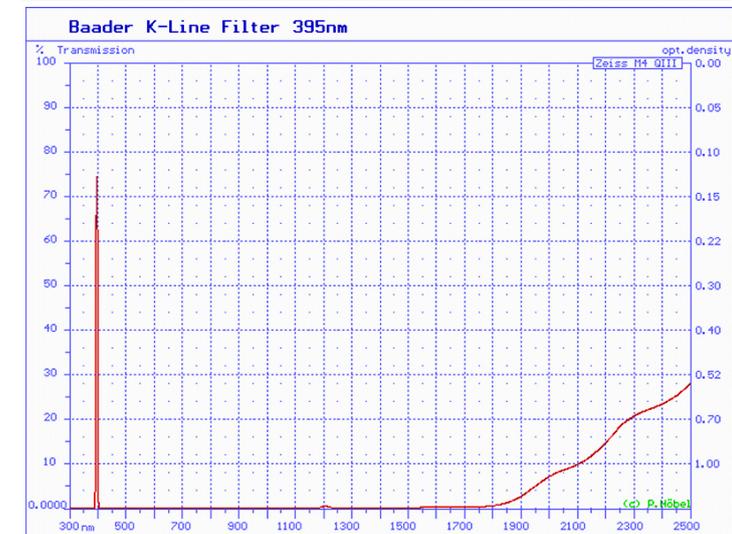
Le filtre K-line

→ 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.



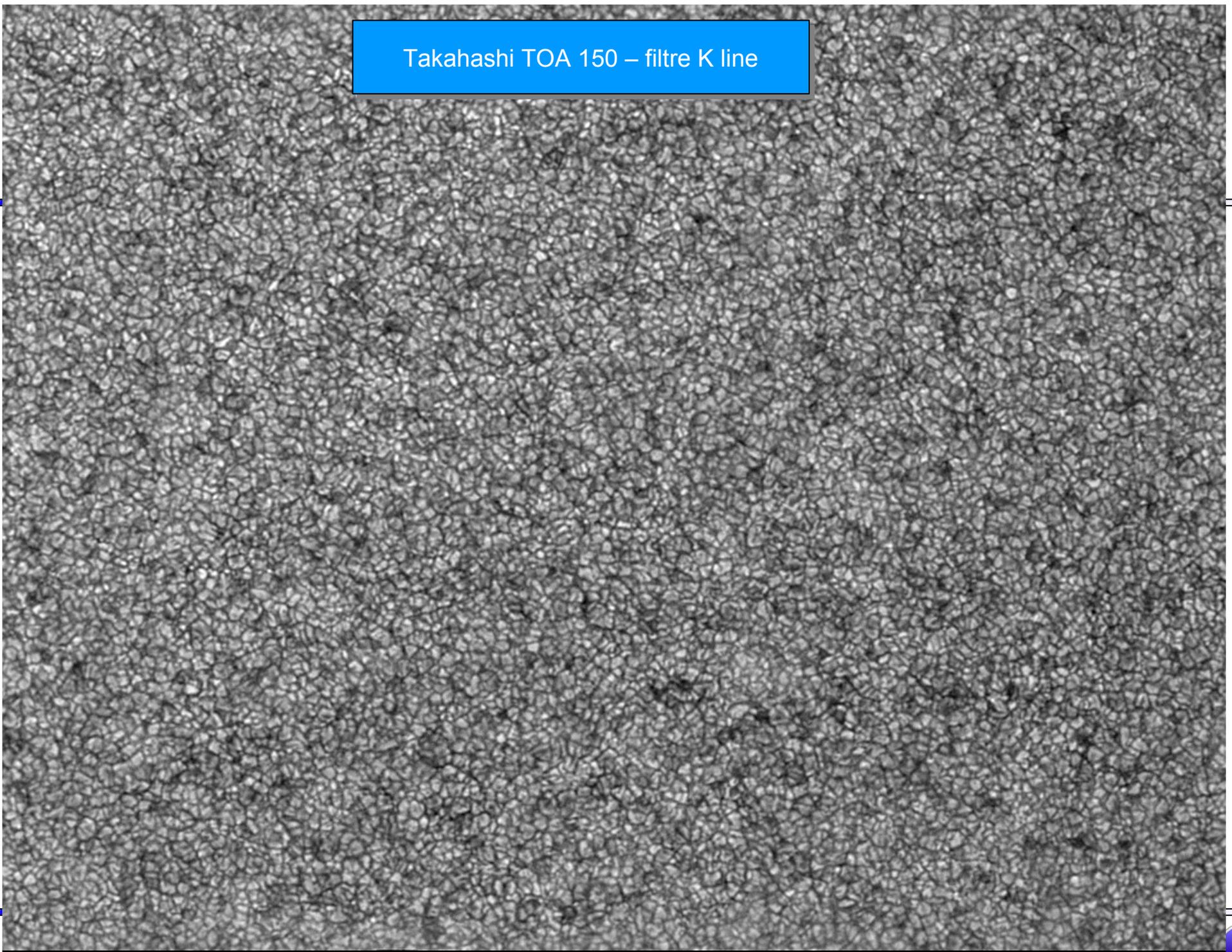
Takahashi TOA 150 – filtre continuum



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



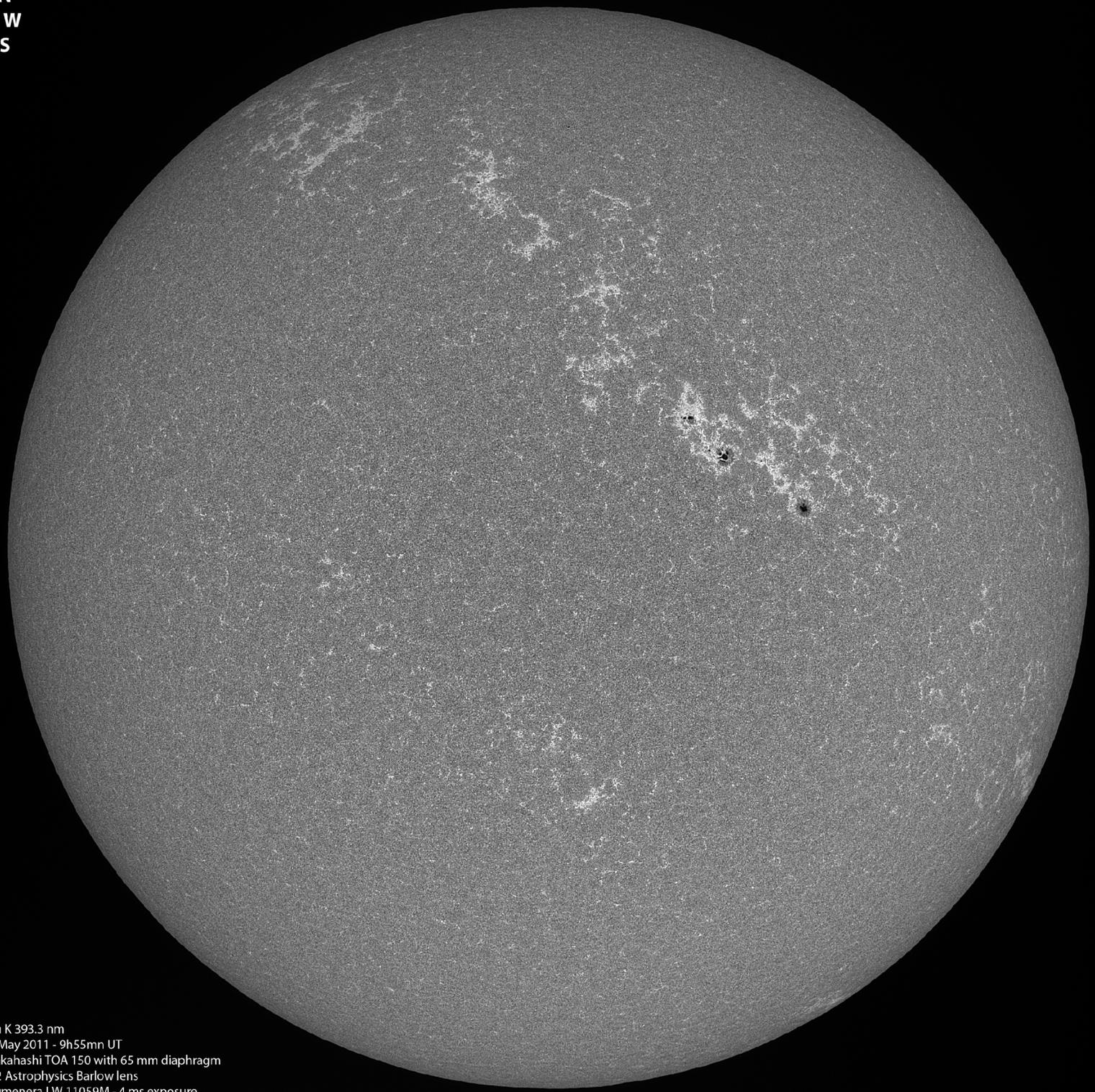
1 August 2009 - 8 h35 mn UT- Takahashi TOA 150 - Baader helioscope + FFC + K-line 396 nm (FWHM 10 nm) filter
Approximate scale : 0.15 arcsec/pixel - Skynyx 2.1 M - 30 x 2 ms exposure - gain = 1 - 8 bits acquisition - Avistack processed
Christian Viladrich



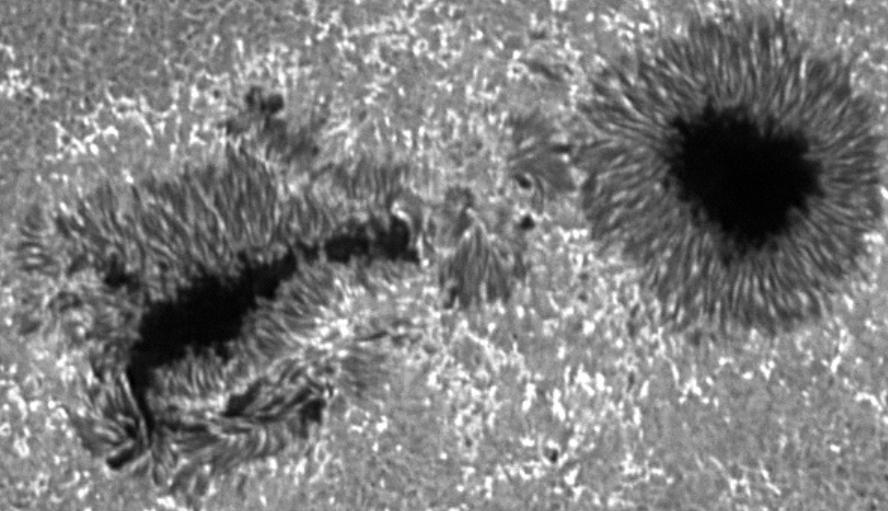
Et le Ca K ?

- 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 même 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)





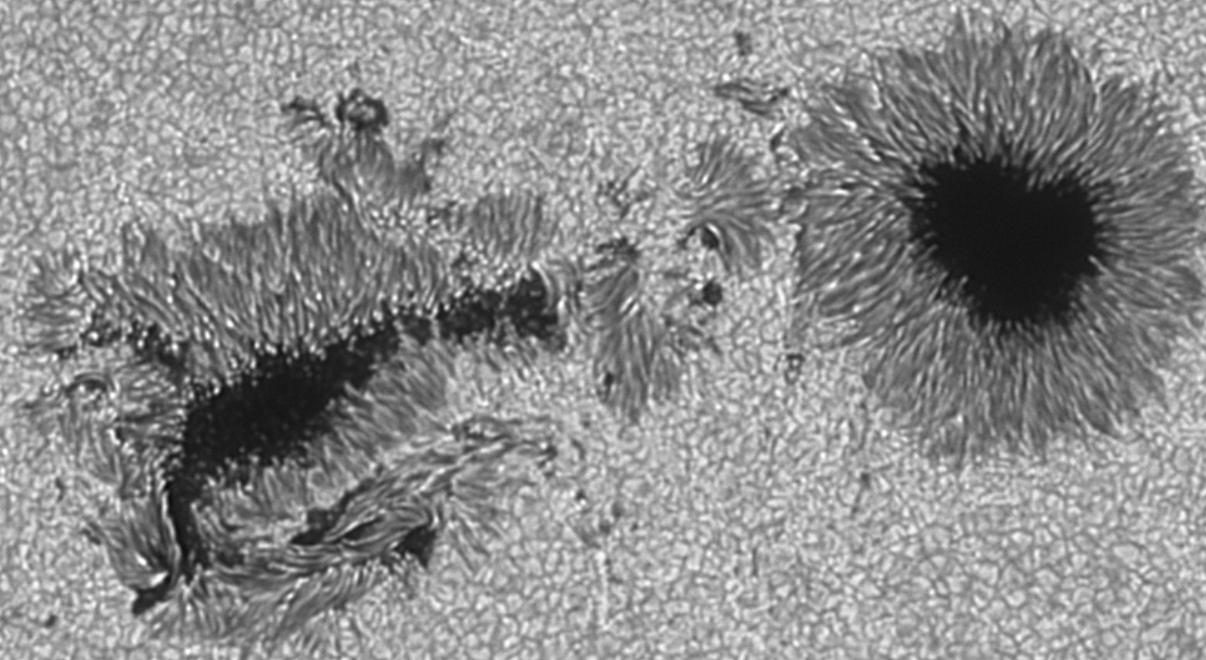
Takahashi TOA 150 – filtre Ca K



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

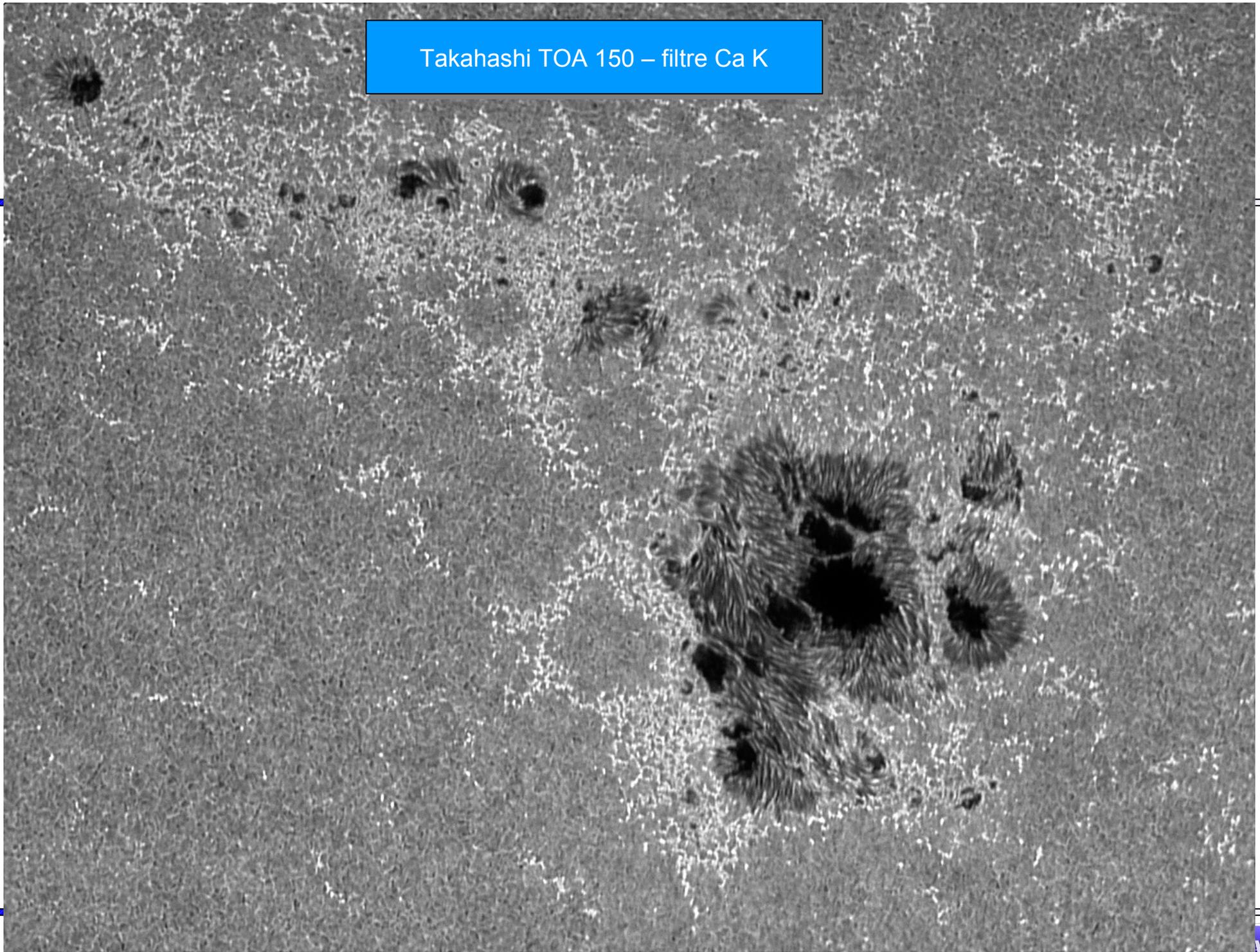


N
E W
S

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



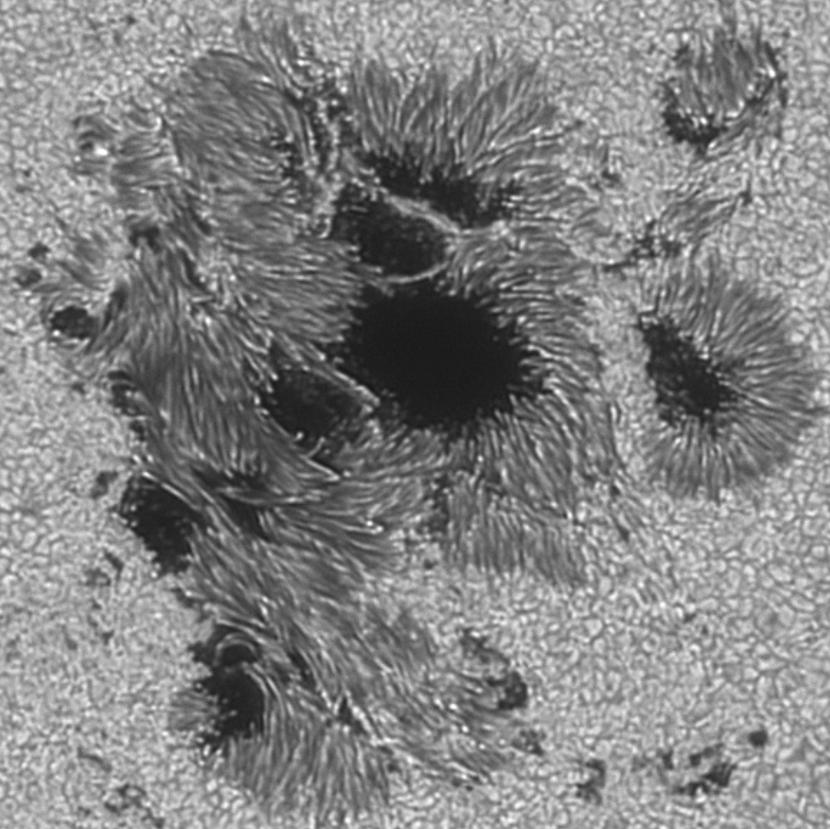
N
EW
S

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 ...

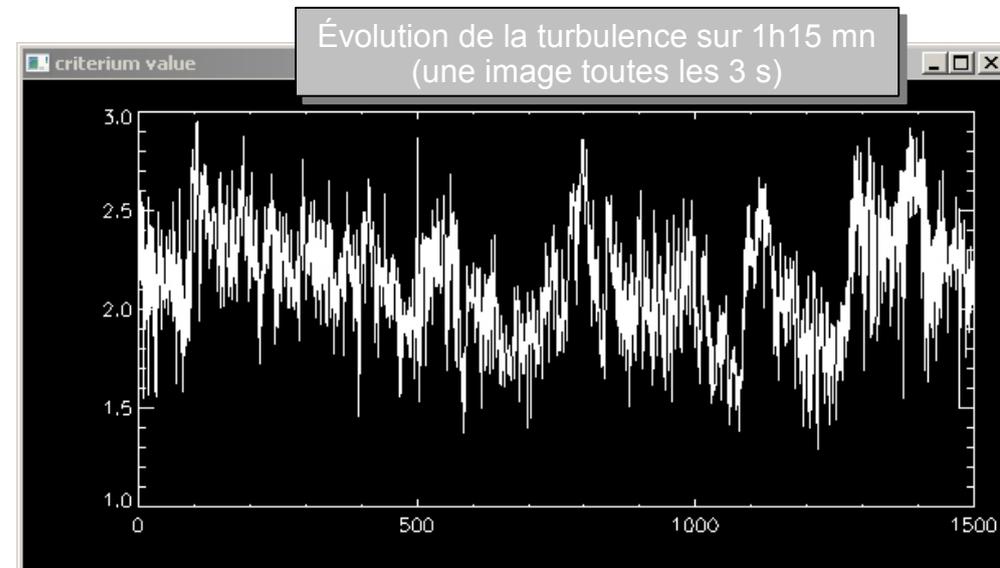
Quelles pistes pour combattre la turbulence :

- 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 bases 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



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.
- Quelques exemples de caméras intéressantes (liste non exhaustives ...)

IDS	2000 x 2000	CMOSIS	5.5 μ	37 <u>im/s</u>	12 bits	USB2
<u>Skynyx</u> 2.2 M	1616 x 1232	ICX274	4.4 μ	12 <u>im/s</u>	12 bits	USB2
<u>Skynyx</u> 2.1M	1340 x 1024	ICX205	4.65 μ	15 <u>im/s</u>	12 bits	USB2
<u>Basler sca</u> 1300	1296 x 966	ICX445	3.75 μ	30 <u>im/s</u>	12 bits	<u>Giga-E</u>
PLB-MX	1296 x 966	ICX445	3.75 μ	23 <u>im/s</u>	12 bits	USB3

- Mais attention à la vitesse d'écriture du disque dur ...



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

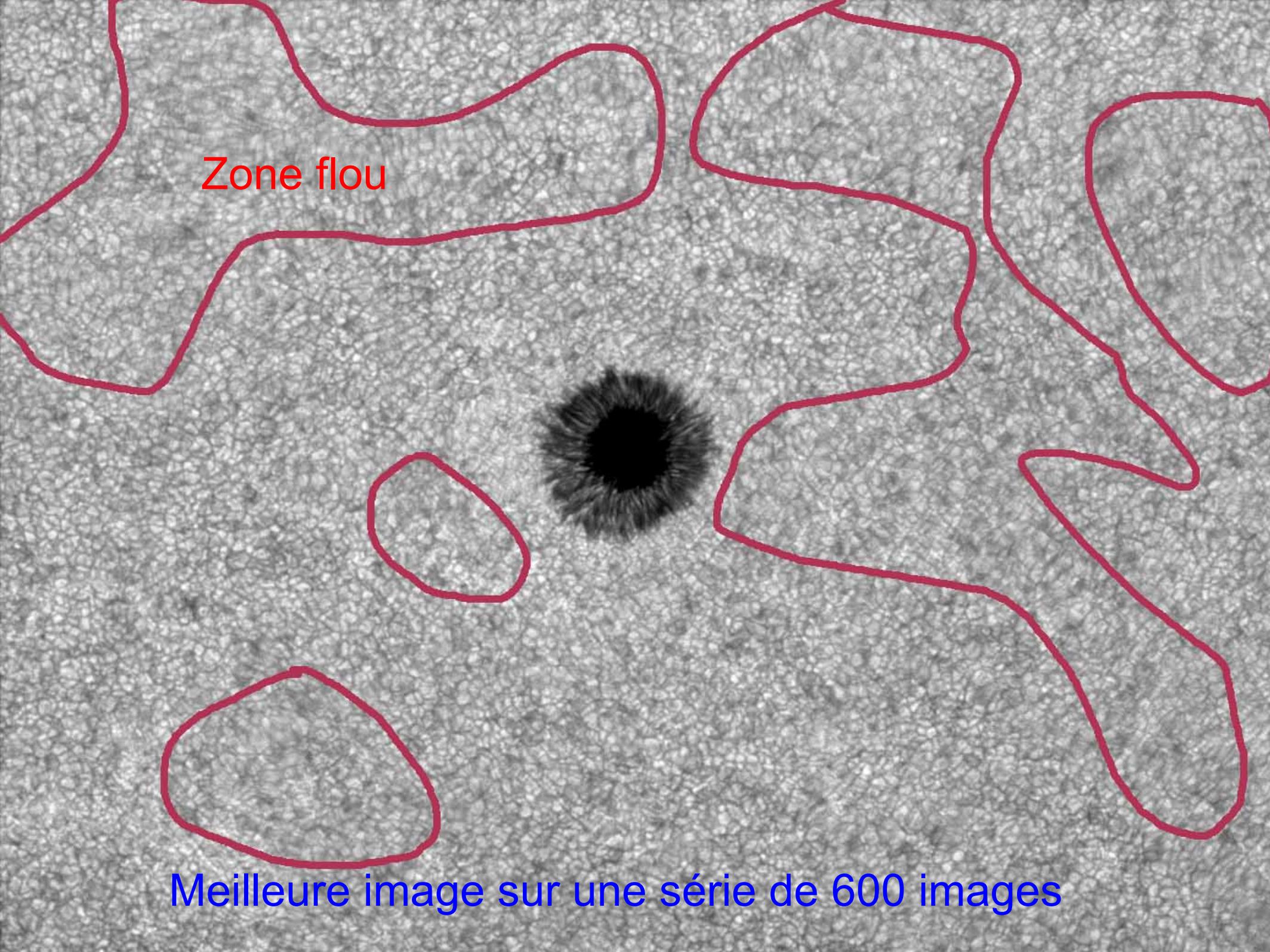
La turbulence a plusieurs effets qui se cumulent :

- 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) :

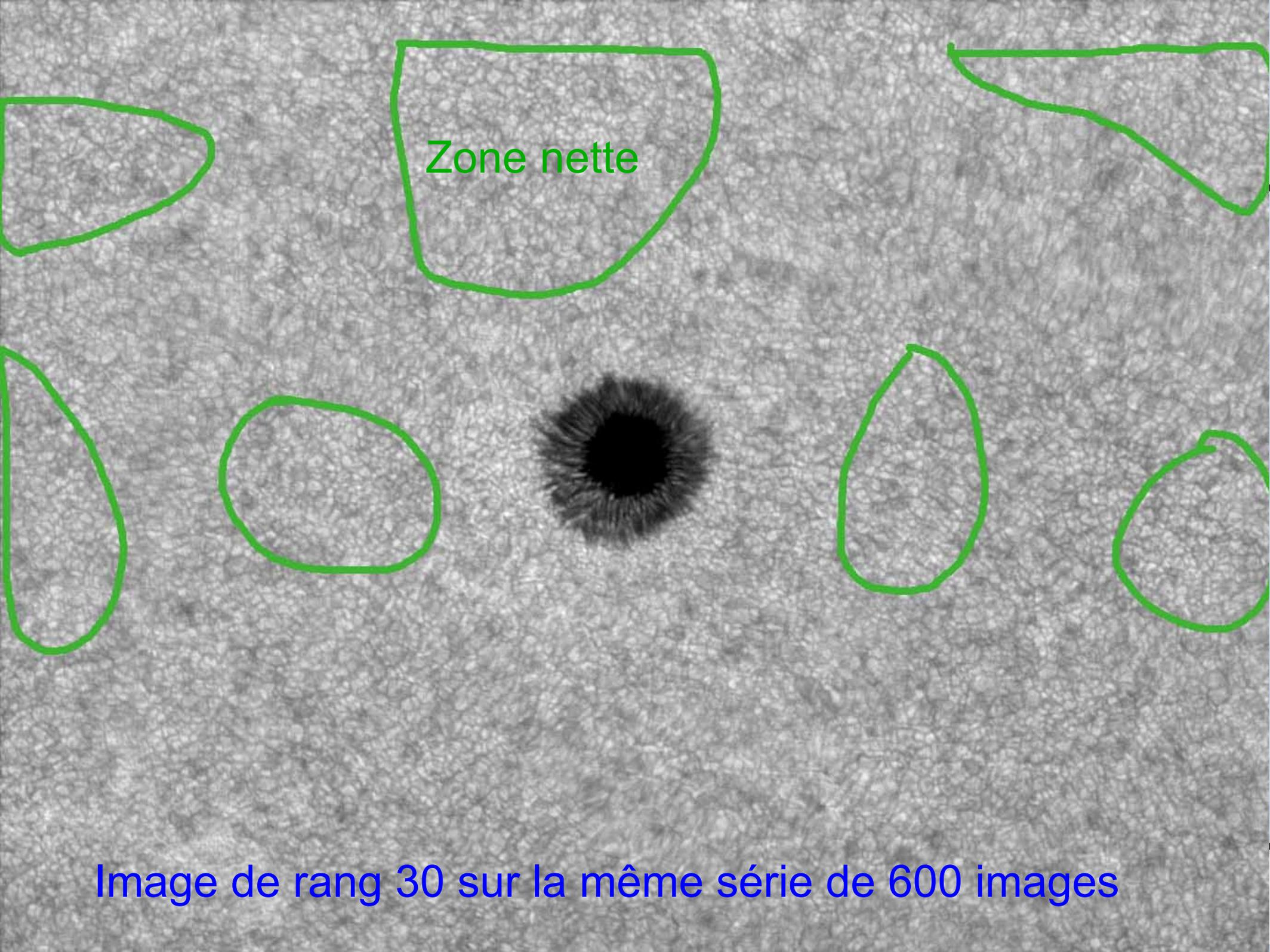
- recentrage multi-points => pour correction de la distorsion des images.
- décomposition de chaque image du film en "morceaux", puis sélection et addition des meilleurs "morceaux" : les parties "floues" des images ne contribuent pas à l'image compositée finale.





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

AutoStakkert! 2.1.0.11

Multi-Threading # Memory Usage Color Advanced Image Calibration About

1) Open

Image Stabilization

Surface Planet (COG)

Stack Size Expand Crop

Quality Estimator

Edge Gradient

Noise Robust 3

Normal range

Force Global Quality

Information

Mem. usage 2,1 % (used 82 available 3923 MB)
(8 threads, buffering)

1 recording open

Surface Image Stabilization
Buffering and Image Analysis
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 1.5X 3.0X

3) Stack

R14.Ser

Frames

Set Size: Width 1392 Height 1040

offset 0, 0 remember size

Visualisation

Details Draw AP's

Alignment Points

Single Multiple (MAP)

0 APs

Manual Draw

Click in image to add an alignment point

AP Size

100

25 50 100 200

Auto AP

Min Bright 25

Replace

image stabilization anchor (ctrl+click to set)

500 Frames R14.Ser 1/1

Estimateur qualité
(pas de choix si surface)



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

Quality Estimator

Edge Gradient

Noise Robust 3

Normal range

Force Global Quality

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!

Quality Graph

50%

Cancel...

100% 100%

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 1.5X 3.0X

3) Stack

R14.Ser Done

Frames

Set Size: Width 1360 Height 1000

offset 10, -18 remember size

Visualisation

Details Draw AP's

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

500 Frames R14.Ser Done 1/1



Etape 3 : choix nombre points registration.

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

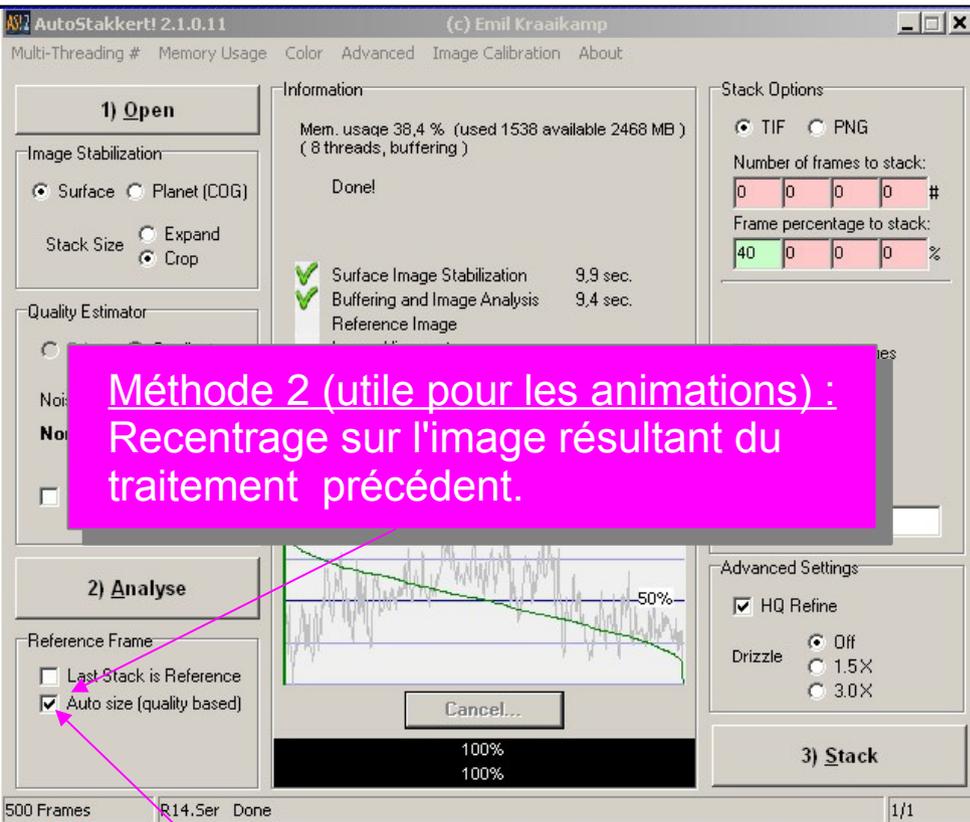
- 1) Open:** Contains "Image Stabilization" options (Surface, Planet (COG)), "Stack Size" (Expand, Crop), and "Quality Estimator" (Edge, Gradient).
- 2) Analyse:** Contains "Reference Frame" options (Last Stack is Reference, Auto size (quality based)) and a "Quality Graph" showing a line graph with a peak and a dip.
- 3) Stack:** Contains "Advanced Settings" (Save in Folders, Prefix) and a "3.0X" zoom level.
- Alignment Points:** A separate panel on the right with "Set Size" (Width: 1960, Height: 1000), "offset" (10, -10), "remember size", "Alignment Points" (Single, Multiple (MAP)), "AP Size" (25, 50, 100, 200), "Auto AP" (Min Bright: 15), and "Place APs in Grid" (Replace).

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

- 1- Type registration:** Points to the "Multiple (MAP)" radio button in the "Alignment Points" section.
- 2 - Taille cellule registration:** Points to the "AP Size" dropdown menu, which is currently set to "100".
- 3 - Intensité pixel min:** Points to the "Min Bright" slider, which is currently set to "15".
- 4 -Affichage des points:** Points to the "Place APs in Grid" checkbox, which is checked.

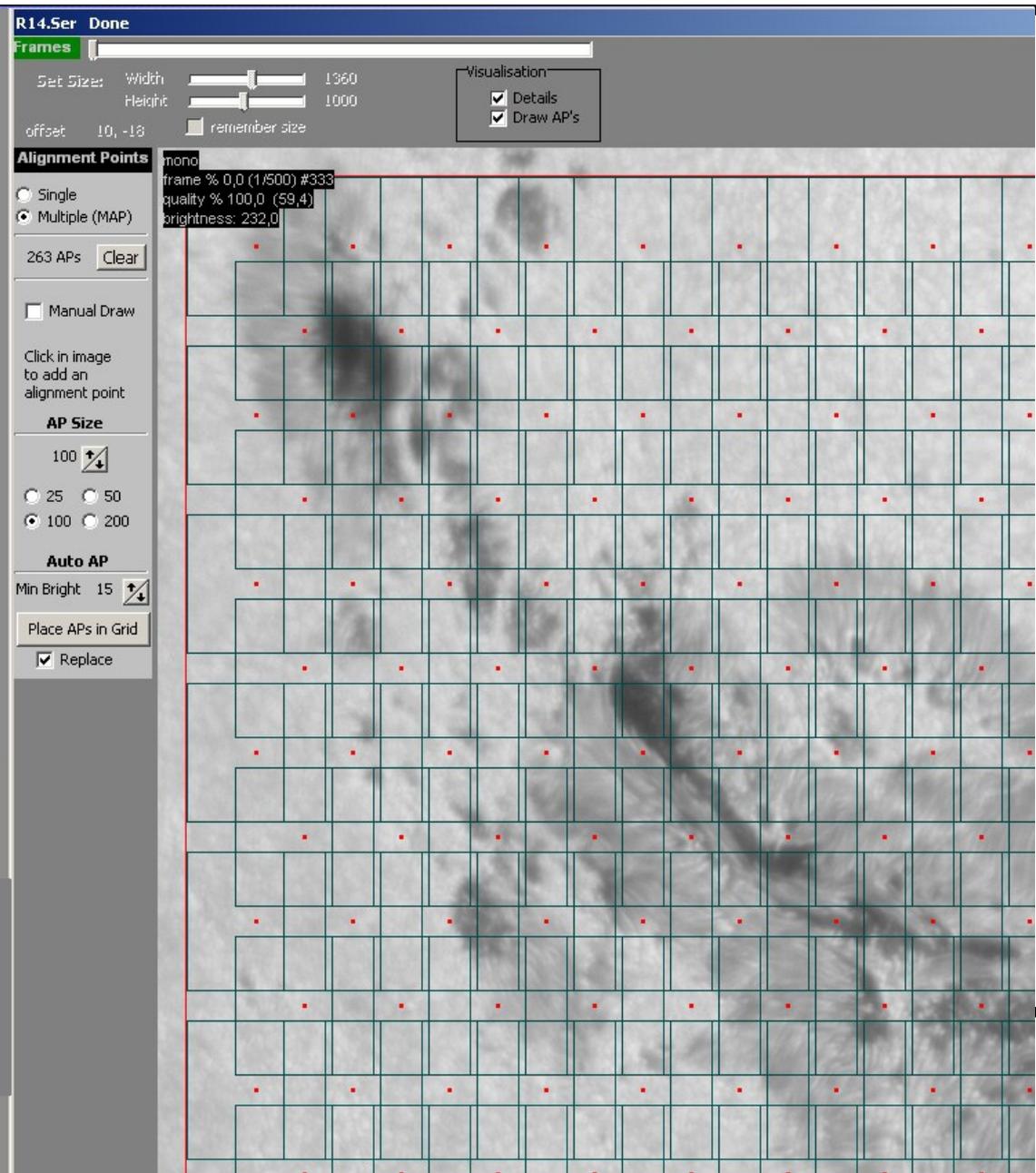
The main image area shows a grayscale image of a biological specimen with a grid overlay and red dots representing alignment points. The status bar at the bottom indicates "500 Frames", "R14.Ser Done", and "1/1".

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



Méthode 2 (utile pour les animations) :
Recentrage sur l'image résultant du traitement précédent.

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

Information

Mem. usage 41,1 % (used 1644 available 2361 MB)
(8 threads, buffering)

Done!

Stack Options

TIF PNG

Number of frames to stack:
30 25 20 0 #

Frame percentage to stack:
0 0 0 0 %

Sharpened Images

Save in Folders

Prefix

Advanced Settings

HQ Refine

Drizzle Off 1.5X 3.0X

3) Stack

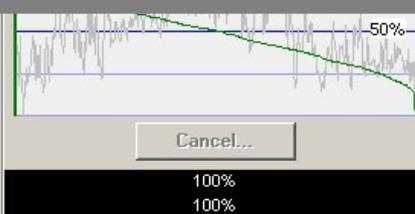
2 - Nombre d'images à ajouter
(plusieurs tailles de "stacks" dans V2+)

4) Analyse

Reference Frame

Last Stack is Reference

Auto size (quality based)



3 - Addition

R14.Ser Done

Frames

Set Size: Width 1360 Height 1000

offset 10, -18 remember size

Visualisation

Details

Draw AP's

Alignment Points

mono

frame % 0,0 (1/500) #333

quality % 100,0 (59,4)

brightness: 232,0

263 APs Clear

Manual Draw

Click in image to add an alignment point

AP Size

100

25 50 100 200

Auto AP

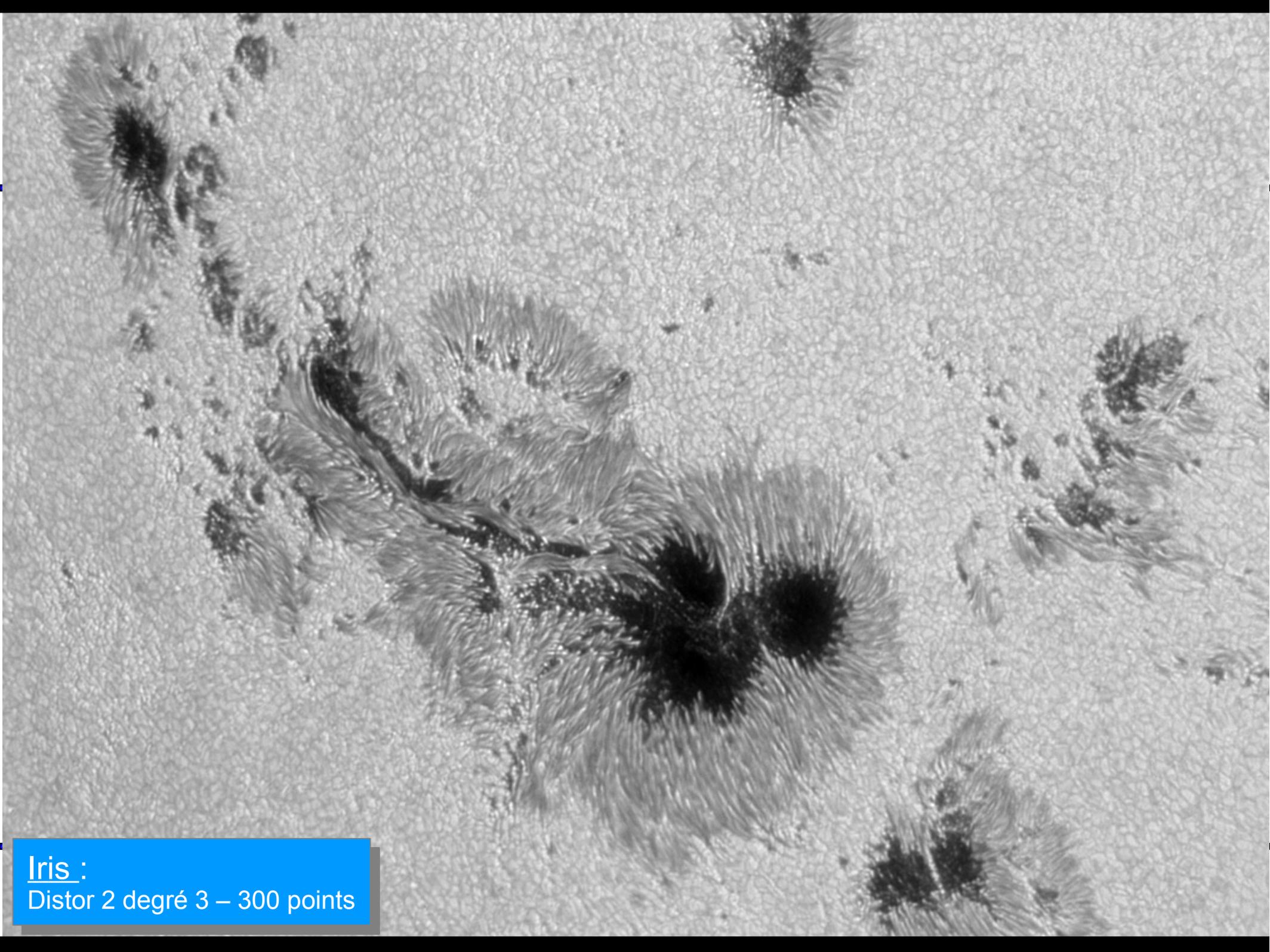
Min Bright 15

Place APs in Grid

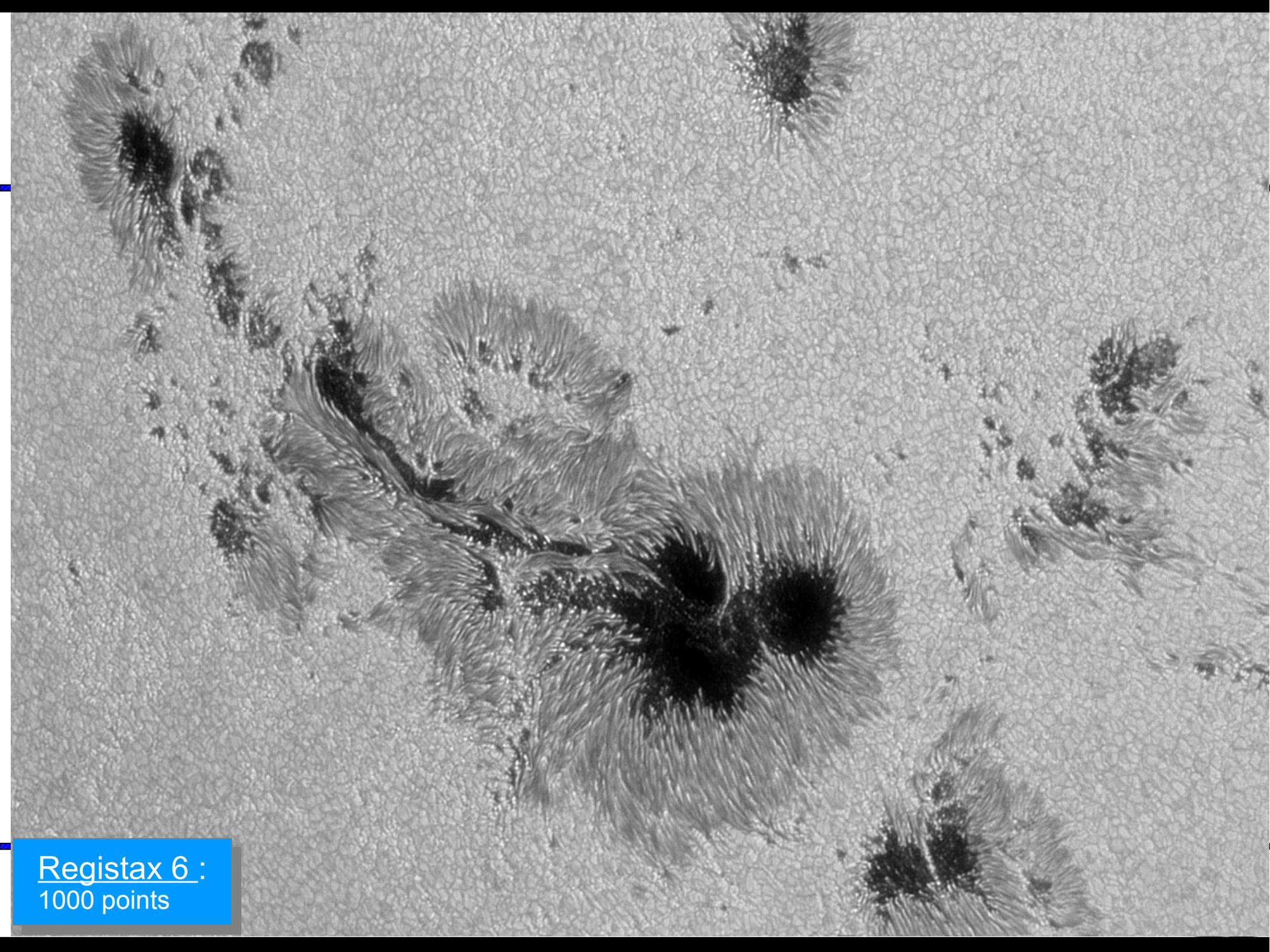
Replace

Comparaison en images ...

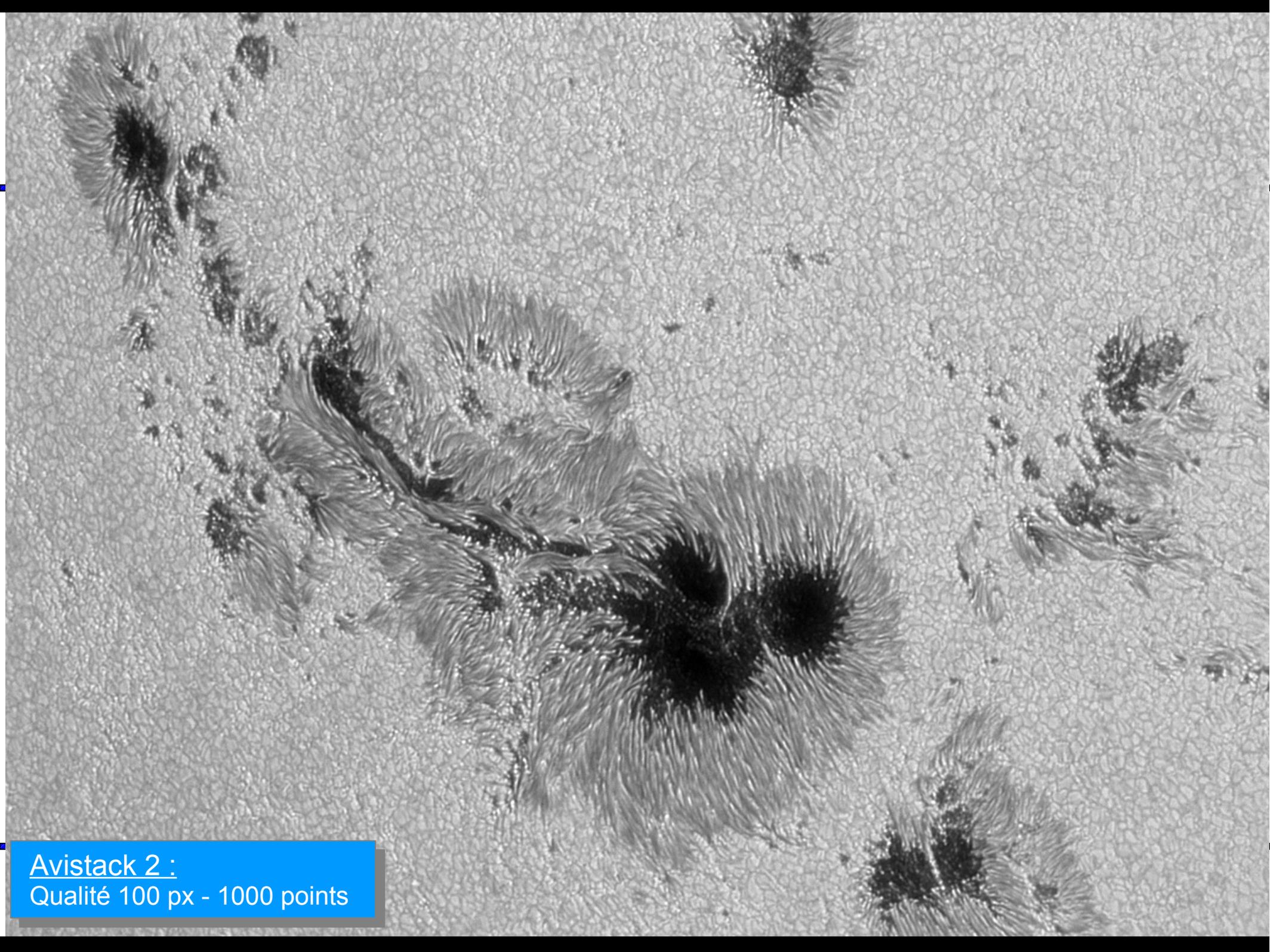




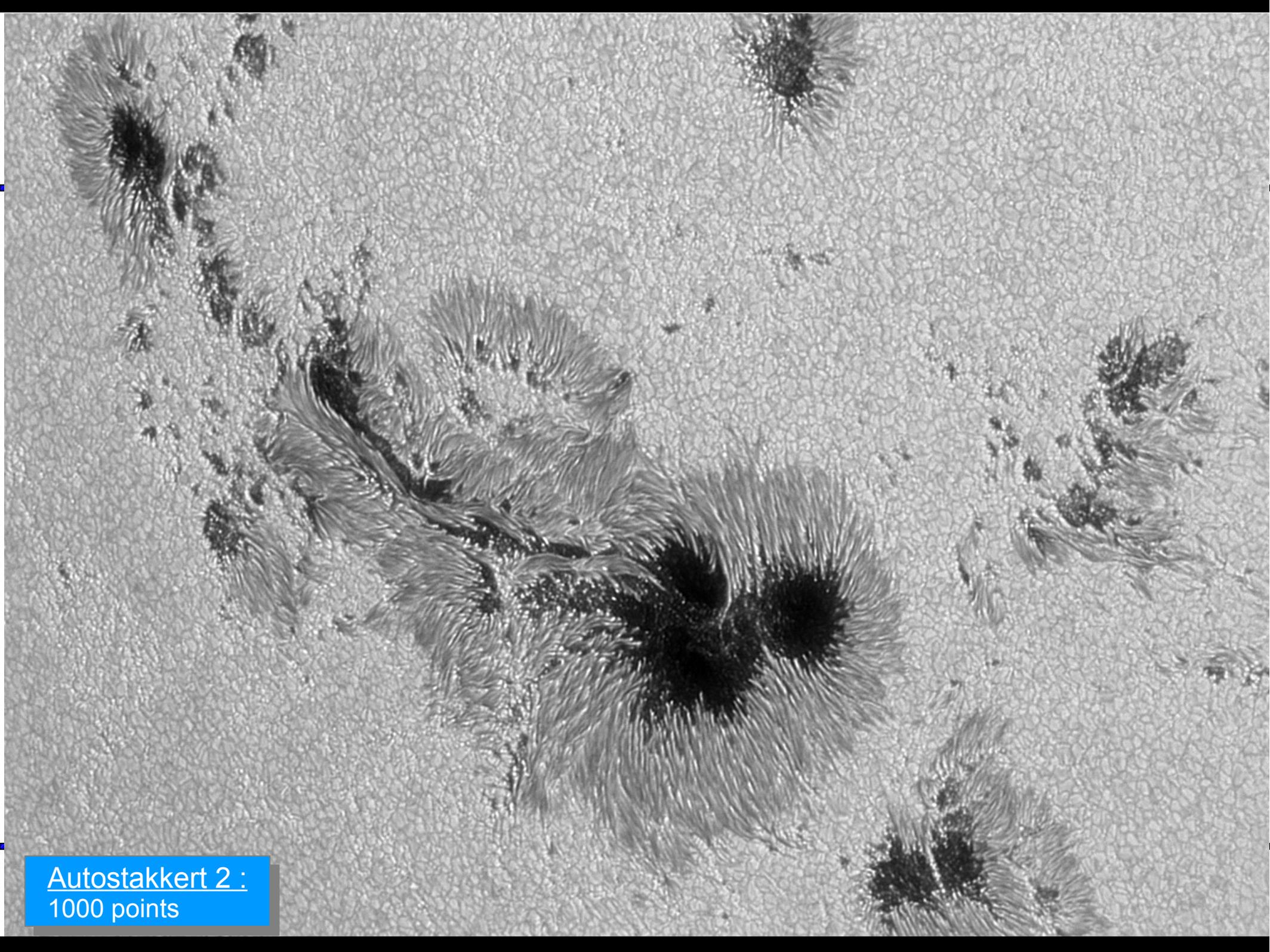
Iris :
Distor 2 degré 3 – 300 points



Registax 6 :
1000 points



Avistack 2 :
Qualité 100 px - 1000 points



Autostakkert 2 :
1000 points

En conclusion

- Sur le solaire : légèrement supérieur à Avistack 2 terme de résolution, contraste et bruit.
- Simplicité d'utilisation, avec essentiellement un seul paramètre à régler (nombre de points de registration).
- Robustesse des réglages.
- Nettement plus rapide que Avistack 2 (calcul multi-threads, comme Registax 6) : facteur 2 à 7.
- Quatre tailles de piles (stacks) possible (dans la prochaine version).
- Mode batch (comme dans AV2 et R6).



Merci de votre attention

Des questions ?

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

