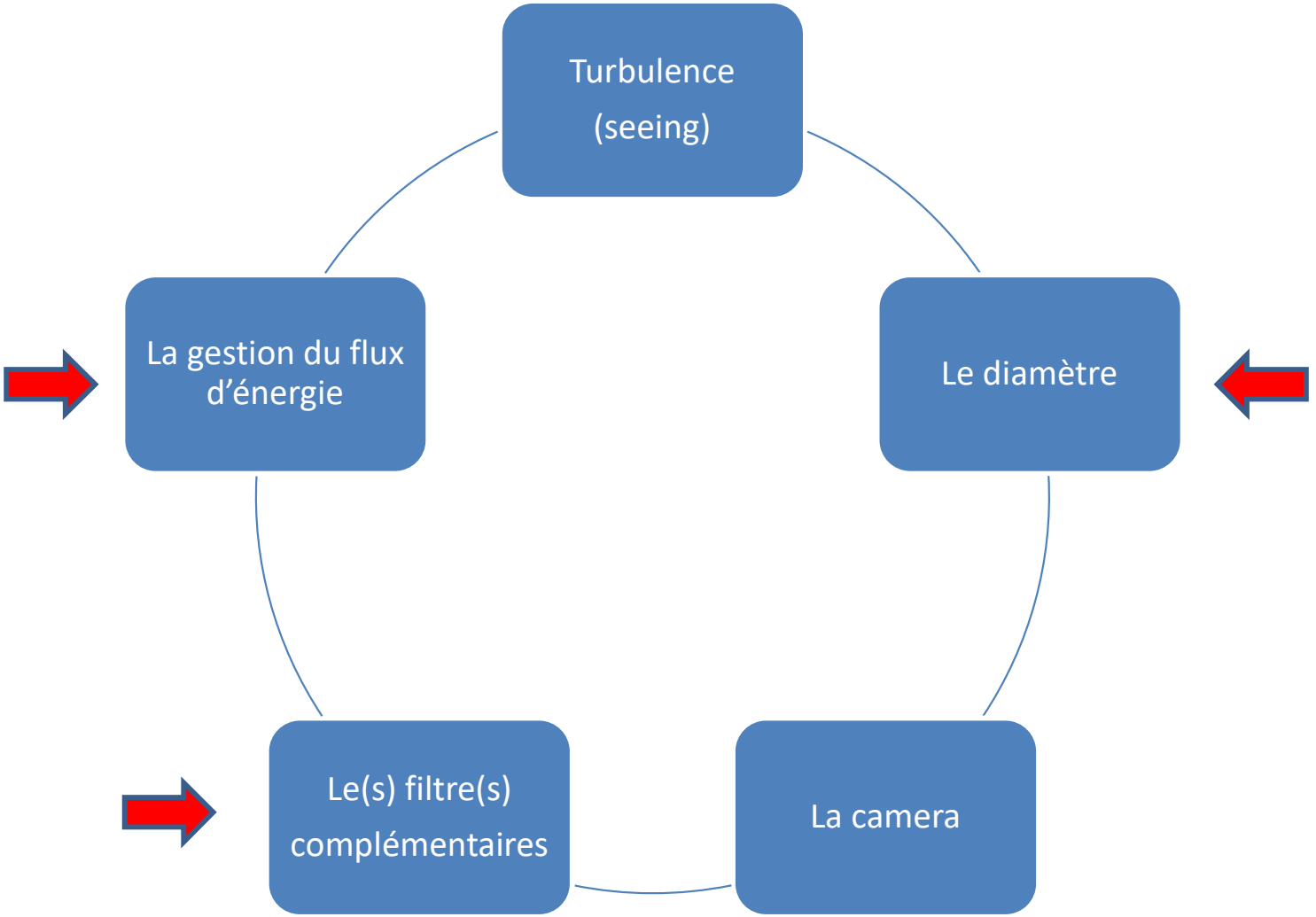
Progrès récents en haute résolution solaire (visible, Ca K&H et Hα)

Christian Viladrich
http://www.astrosurf.com/viladrich/
http://www.astronomiesolaire.com/
http://solar-astronomy-book.com/

Le cocktail nécessaire pour la HR



Imagerie en lumière blanche

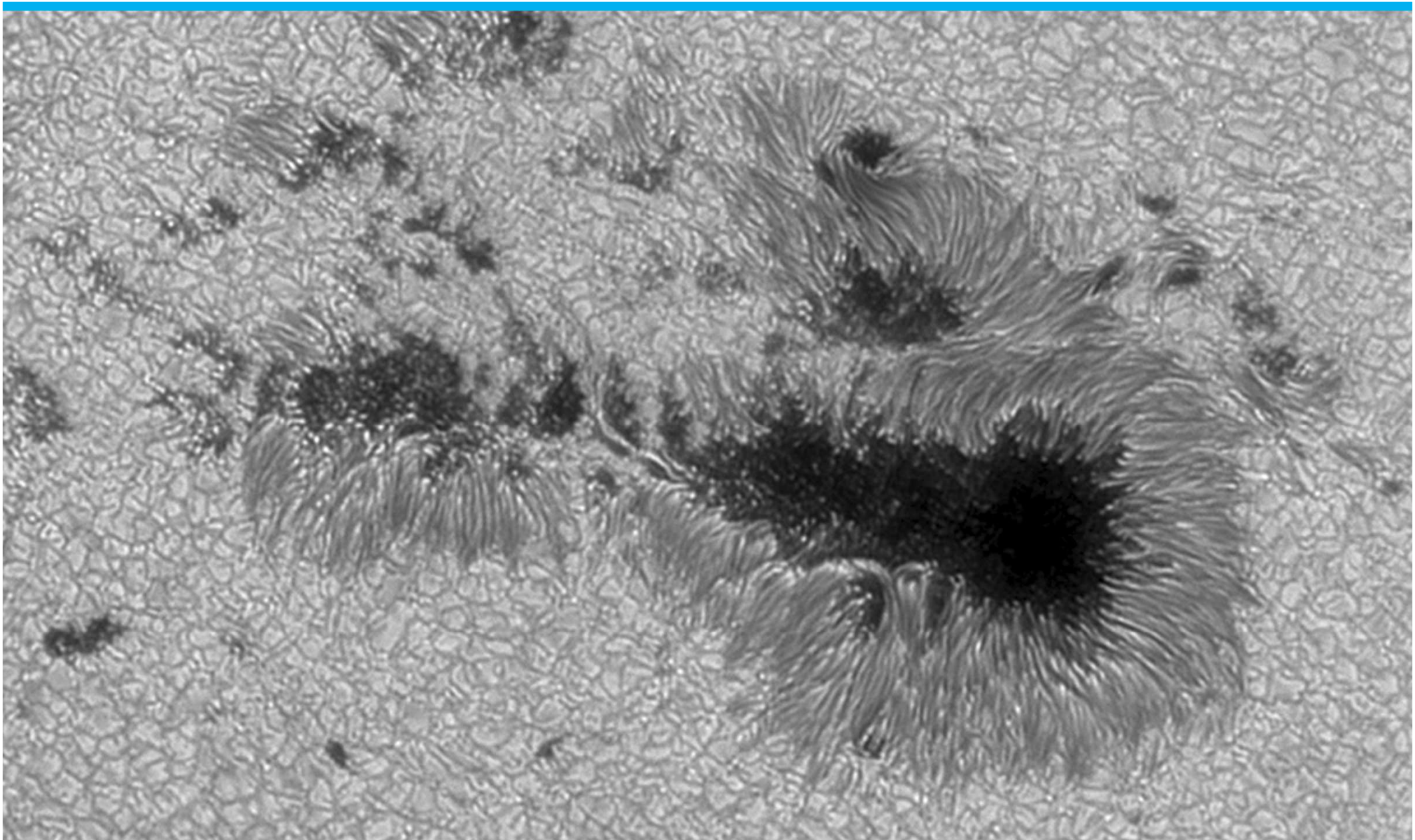
1- Feuille Baader Astrosolar d3.8

- Pour lunette ou télescope.
- Bonne qualité optique
- Peu onéreux.

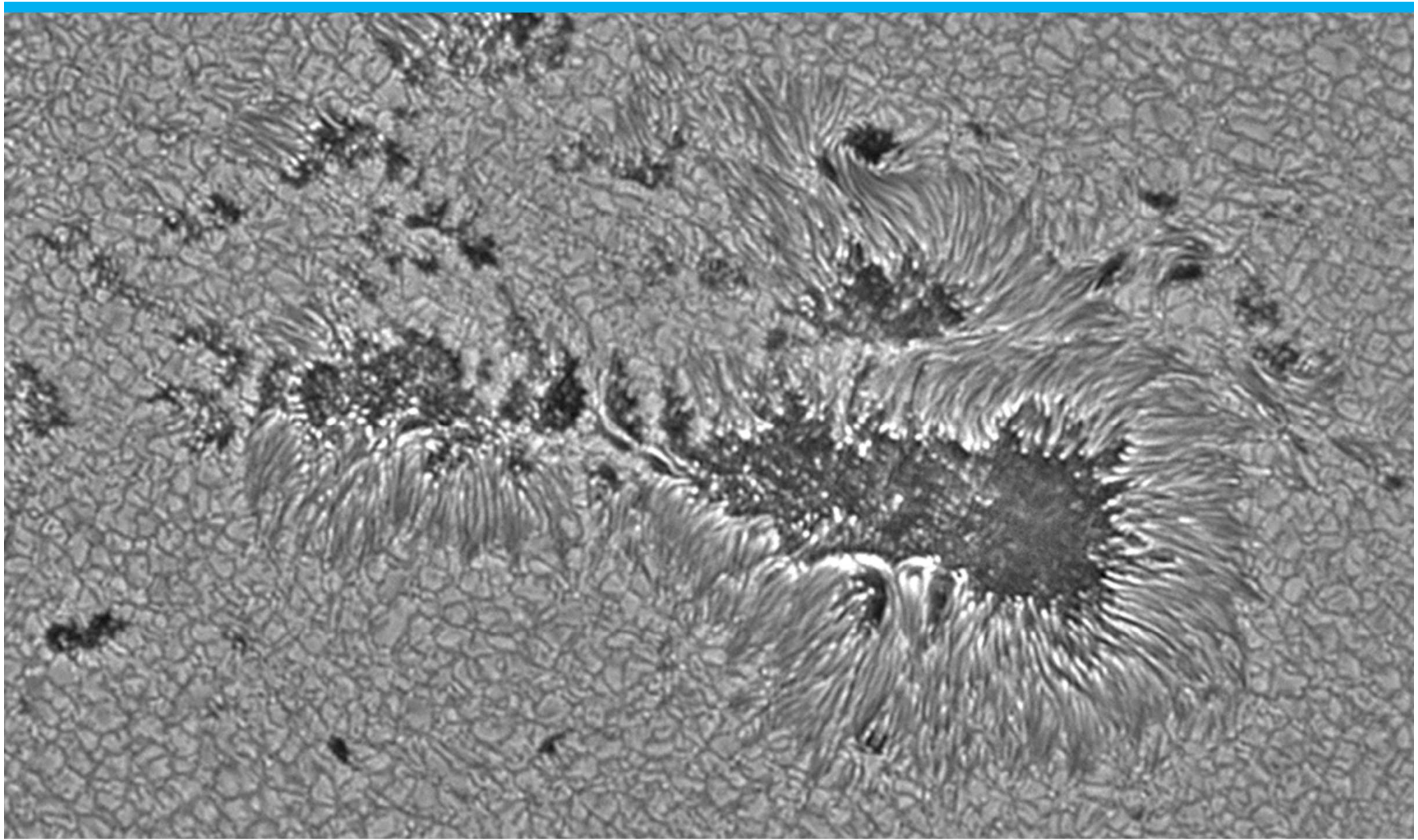
- Précédemment dispo en feuille de 1 m de large, mais maintenant limitée au format A4, soit 200 mm de diamètre max.

- Transmission 1/6300 (densité 3.8), un peu sombre pour utilisation filtres de 10 nm de bande passante (continuum, K-line, bande G, etc.)

C14 +Astrosolar d 3.8 + filtre rouge



C14 +Astrosolar d 3.8 + filtre rouge



2- Hélioscope d'Herschel

- Très bonne qualité optique
- Transmission 5% => utilisation filtres à bande étroite.
- Peut être utilisé sur des lunettes de grand diamètre :
  - A condition d'adapter la taille du prisme (ex: 4 pouces sur la lunette de 430 mm f/15) de S. Deconihout.
- Pour lunette uniquement.

3- Télescope à miroir non aluminé

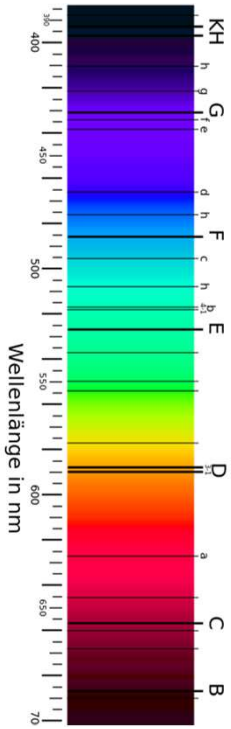
- Pas de limite au diamètre
  - max actuel = 300 mm
- Transmission 4% => utilisation filtres à bande étroites.
- Nombre de surfaces air-verre minimal.

- Télescope uniquement dédié à l'observation solaire

Imagerie en lumière blanche

- La gestion du flux d'énergie
- Les filtres complémentaires
- Exemples

Les filtres complémentaires



Astrosolar (densité 3.8)

Hélioscope ou miroir non aluminé

B

K-line 396-10 nm
(Altair 395-7 nm)

G-band 430-2 nm

V

OIII 500-12 nm

continuum 540-10 nm

R

Ha 656-12 nm

Dispersion interbande

Dispersion interbande

Turbulence

Contraste

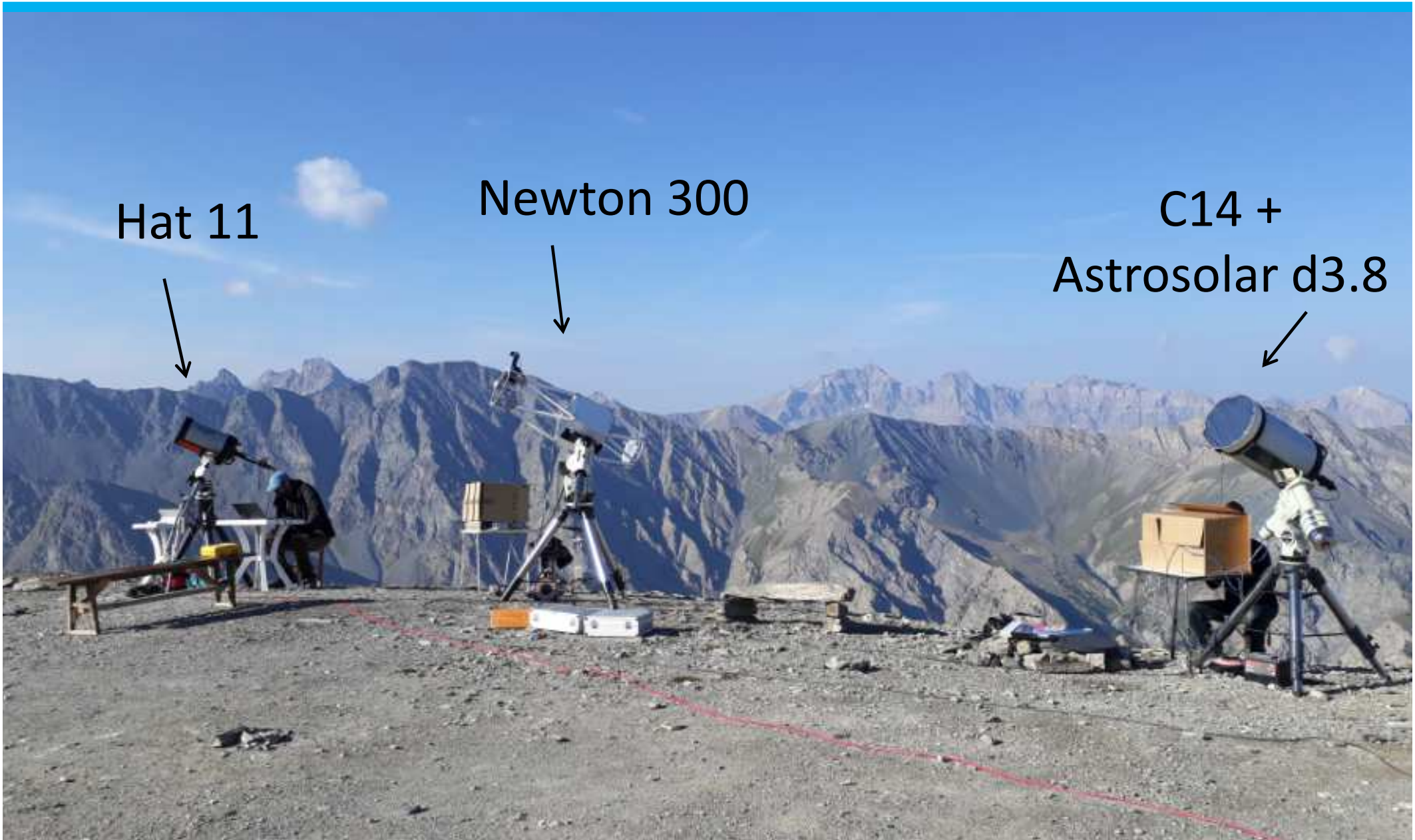
Résolution

AS

Exemples avec le Newton 300 mm non aluminé

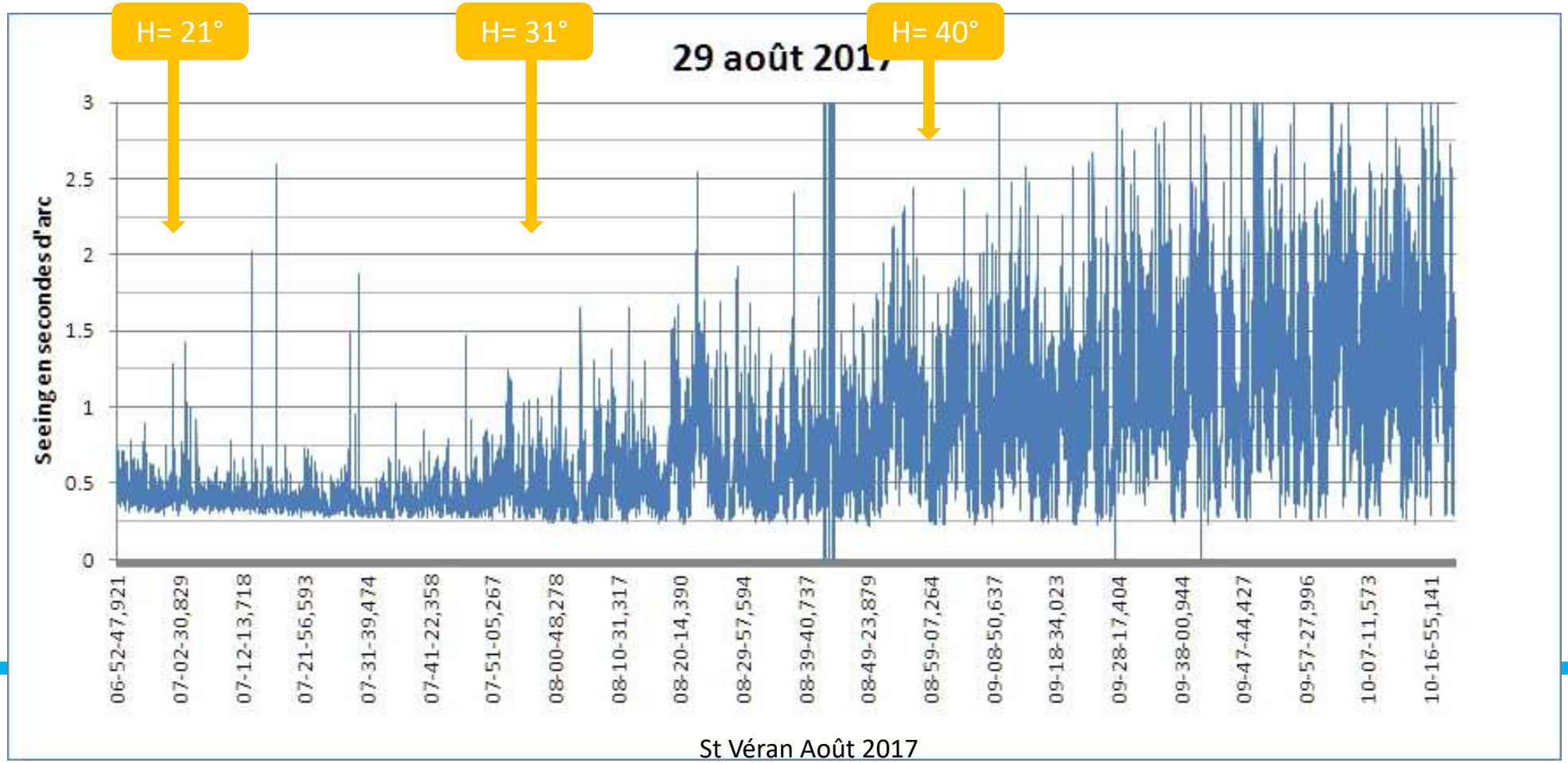
- La gestion du flux d'énergie
- Les filtres complémentaires
- Exemples

Astroqueyras-Pic Château Renard



Evolution du seeing le jour

- Meilleures conditions le matin quand le Soleil est encore bas.
- Influence favorable très nette du vent sur le seeing (20-25 km/h).

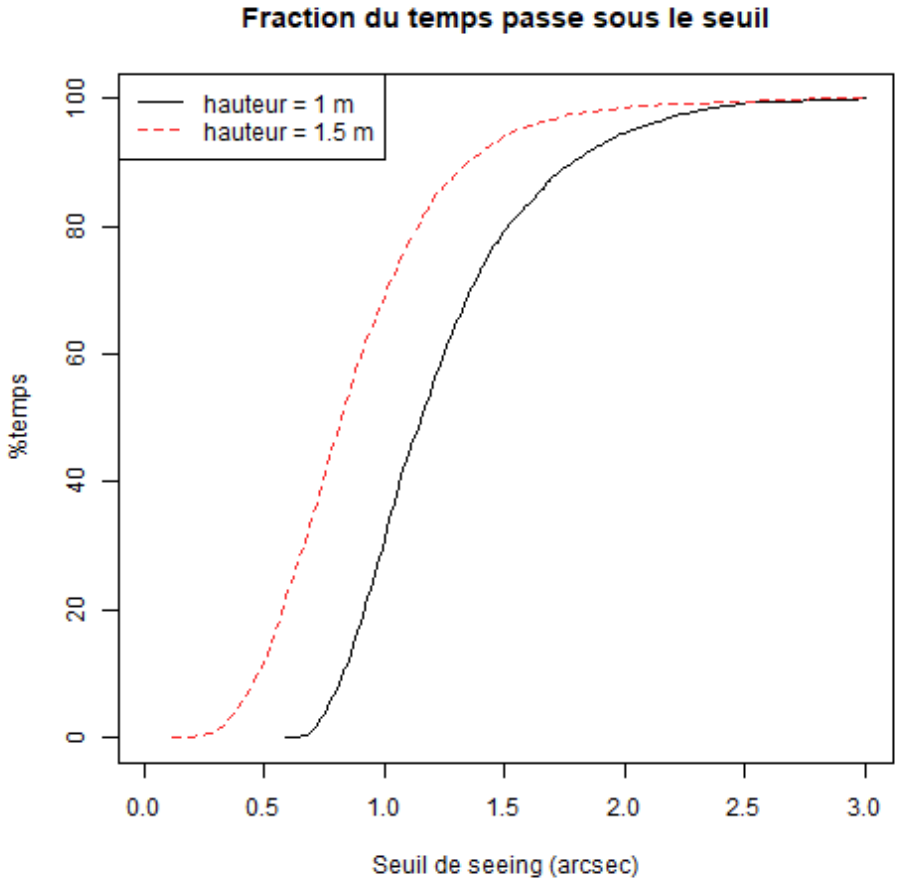


St Véran Août 2017

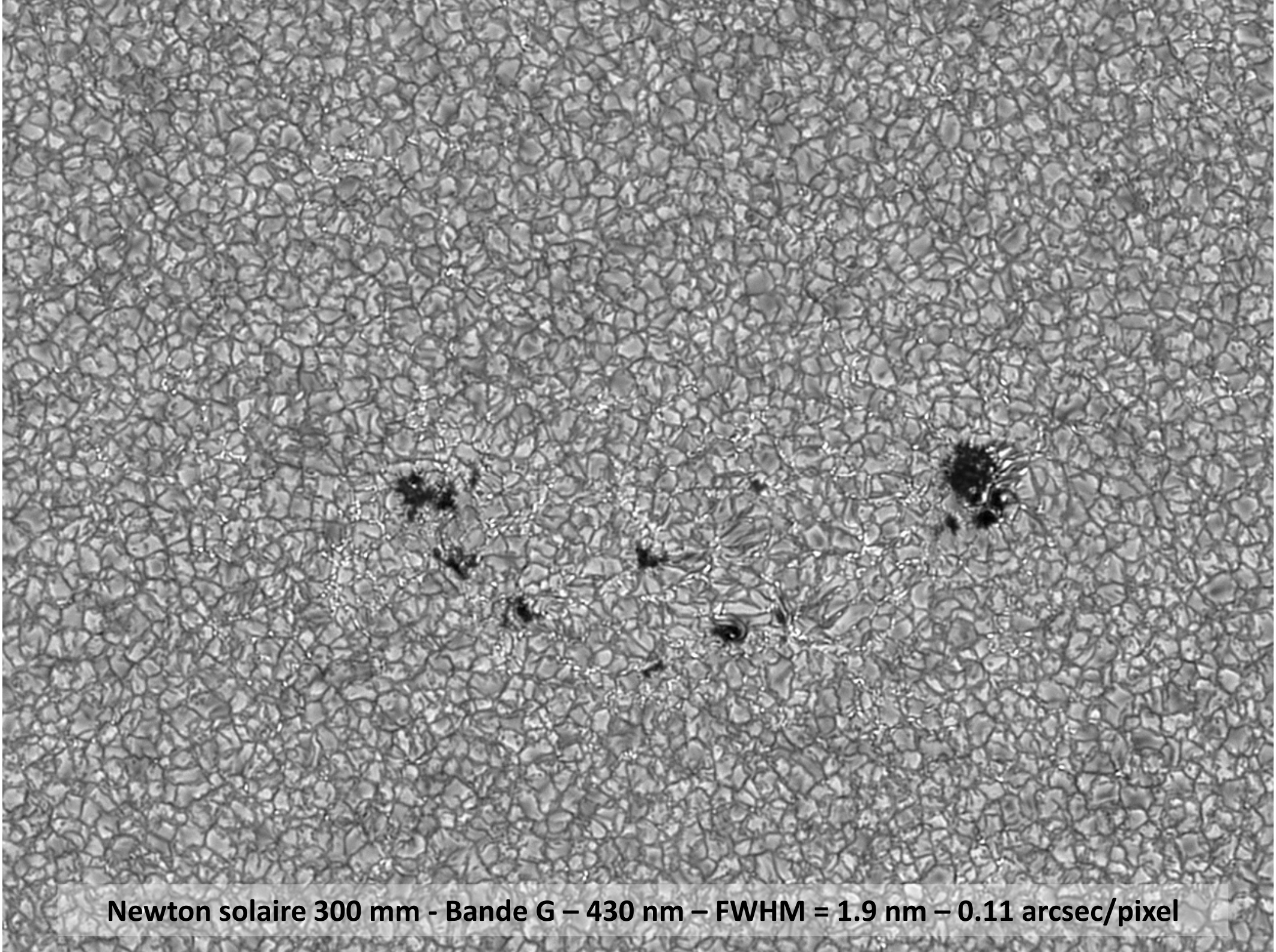
Influence hauteur instrument sur seeing (St Véran)

Quantile	Seeing à 1 m de hauteur	Seeing à 1,5 m de hauteur
0%	0,59"	0,12"
5%	0,72"	0,32"
10%	0,76"	0,38"
50%	1,04"	0,70"
95%	1,83"	1,40"

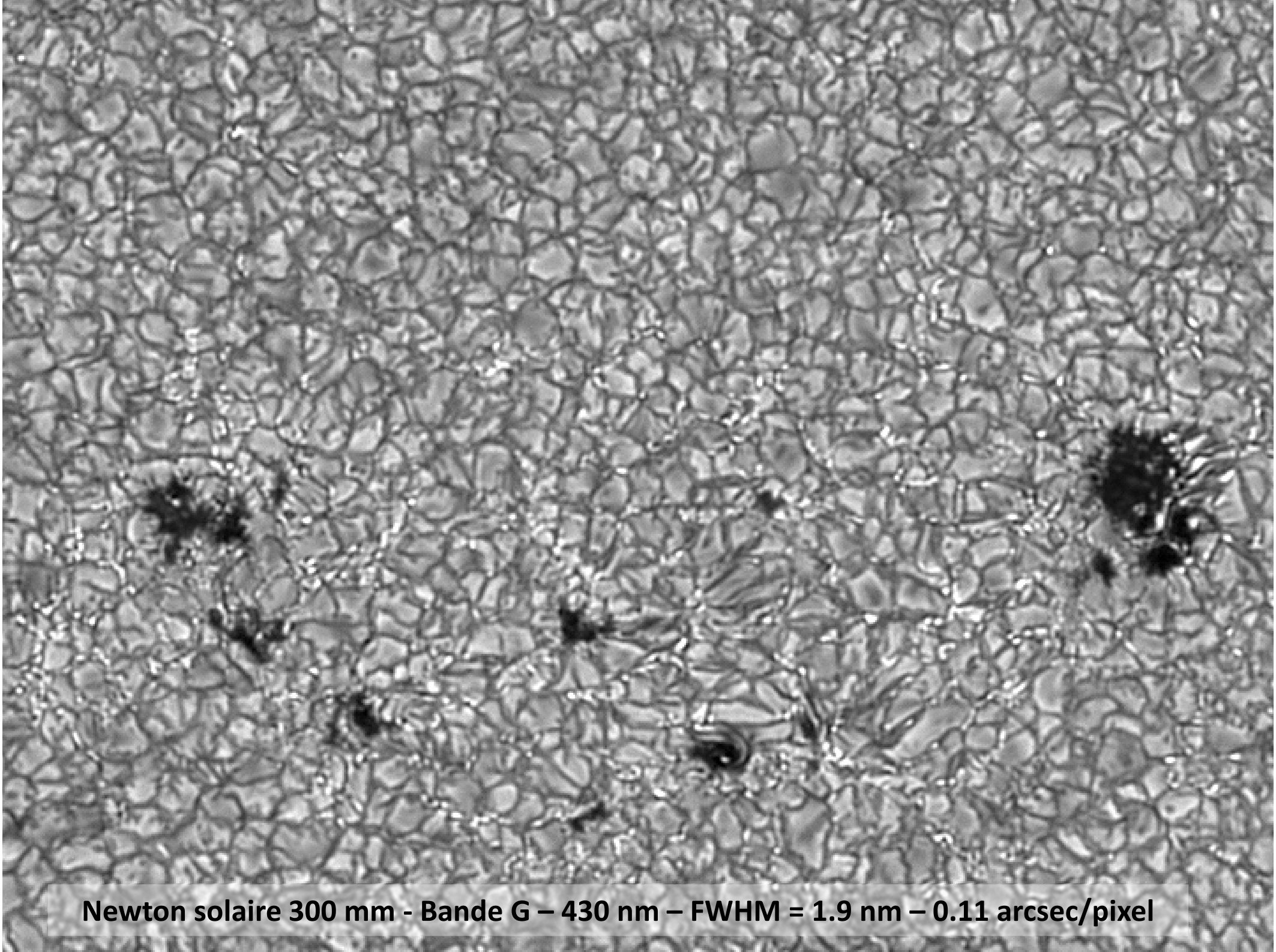
Mesures pendant environ 1h. Pas/peu de vent.
Gain d'environ 0.35 arcsec sur la médiane.
Gain de 0.4 arcsec sur le quantile 5%.



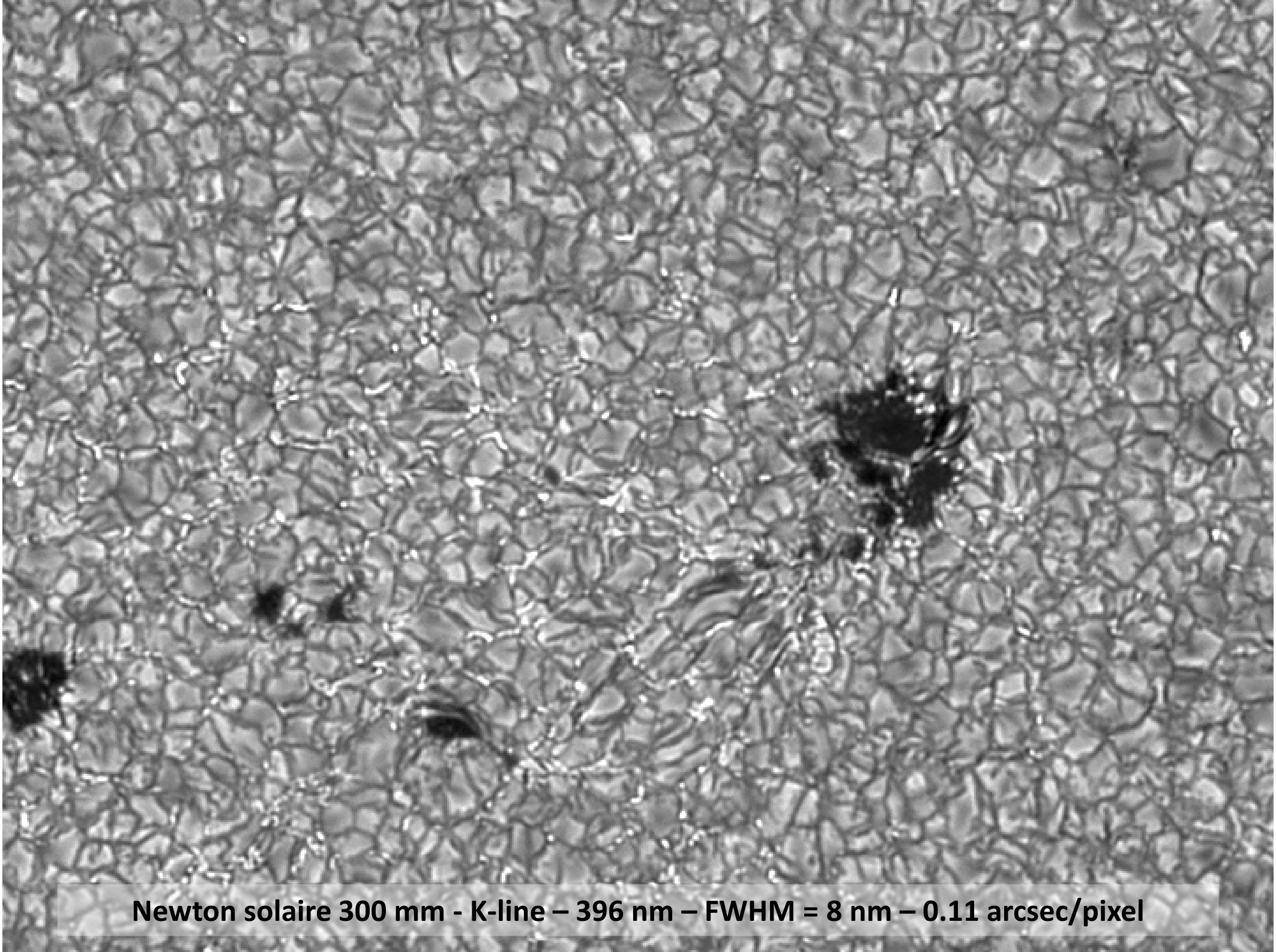
Mesures et traitements Karine Chevalier – St Véran (Août 2018)



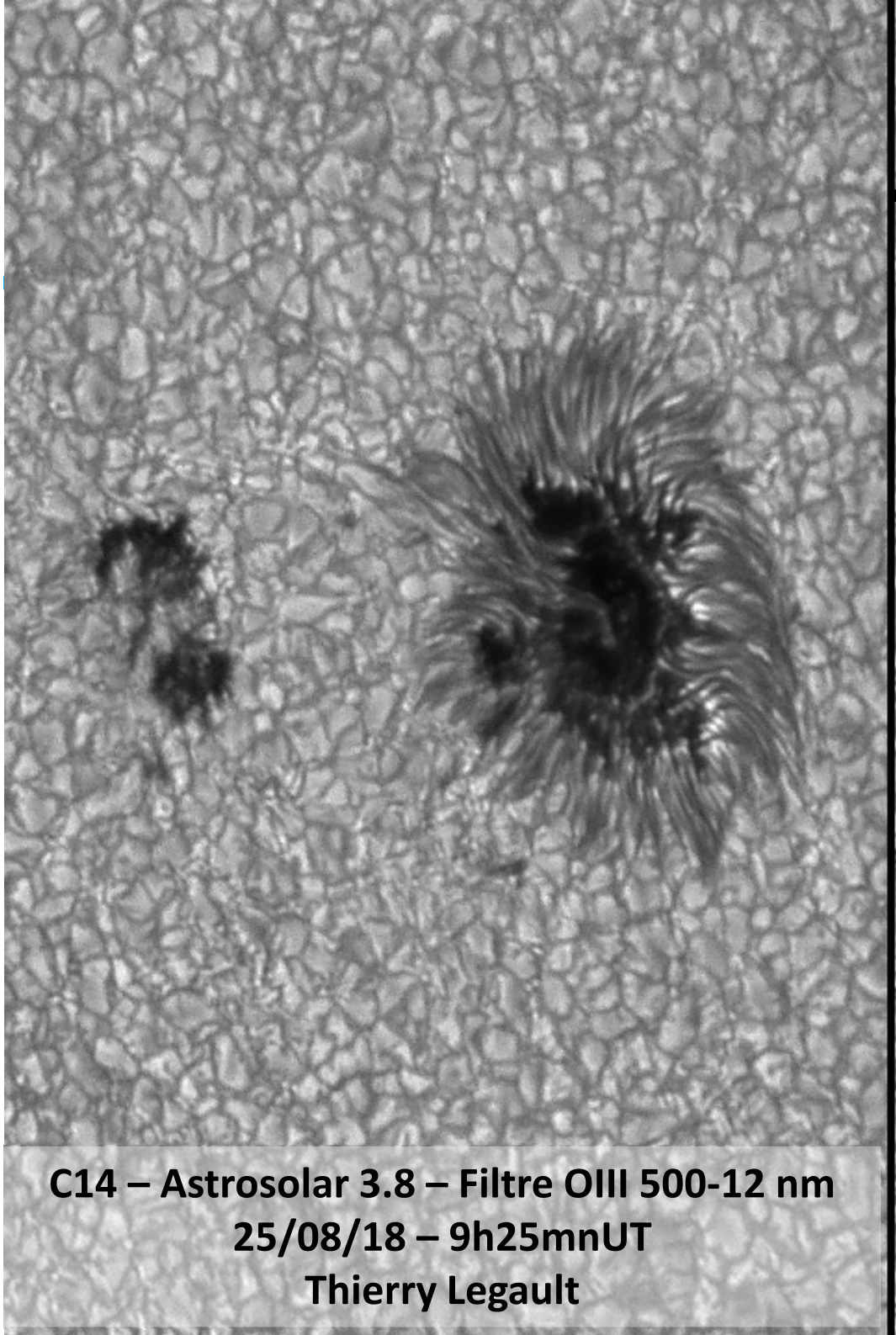
Newton solaire 300 mm - Bande G – 430 nm – FWHM = 1.9 nm – 0.11 arcsec/pixel



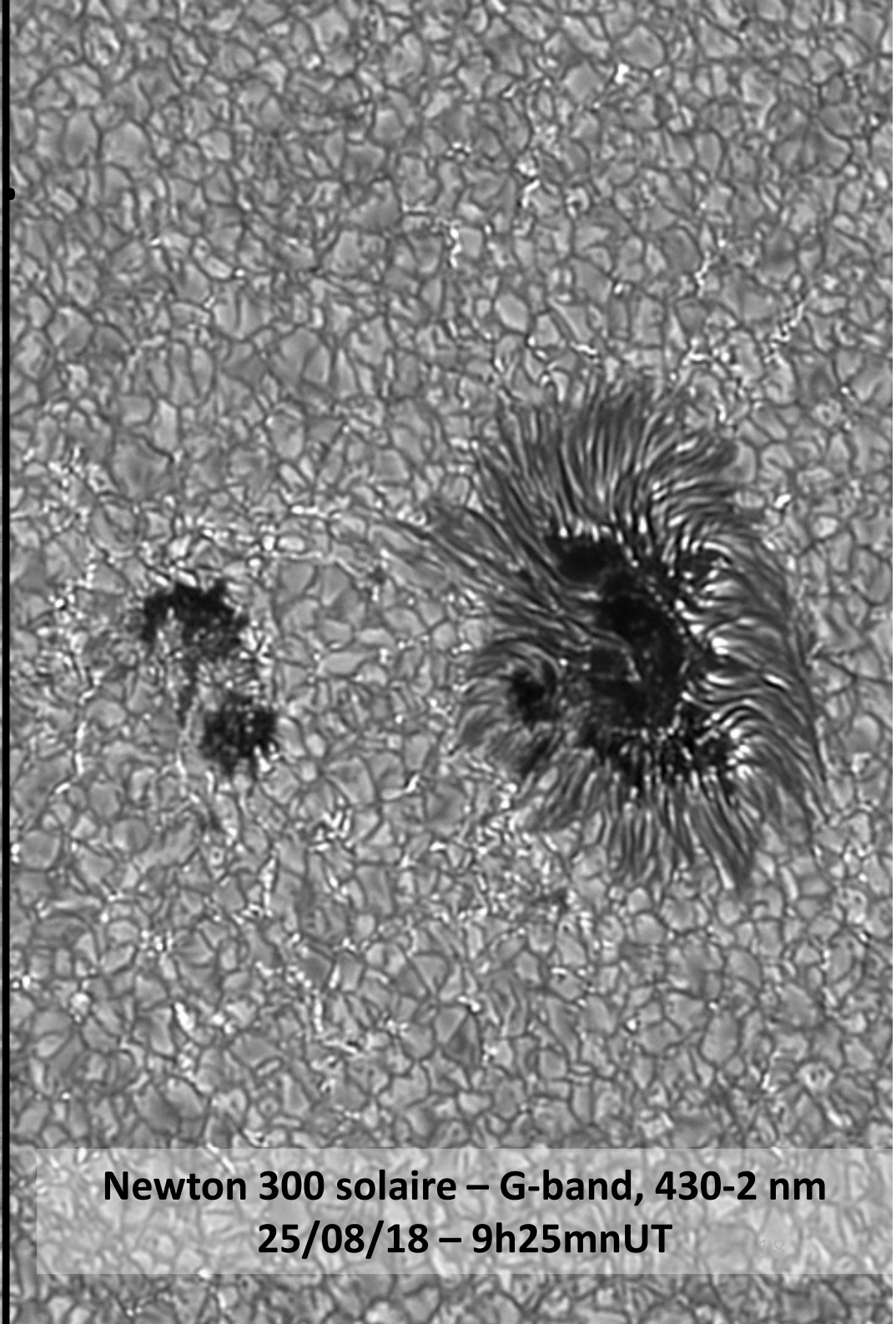
Newton solaire 300 mm - Bande G – 430 nm – FWHM = 1.9 nm – 0.11 arcsec/pixel



Newton solaire 300 mm - K-line – 396 nm – FWHM = 8 nm – 0.11 arcsec/pixel



C14 – Astrosolar 3.8 – Filtre OIII 500-12 nm
25/08/18 – 9h25mnUT
Thierry Legault

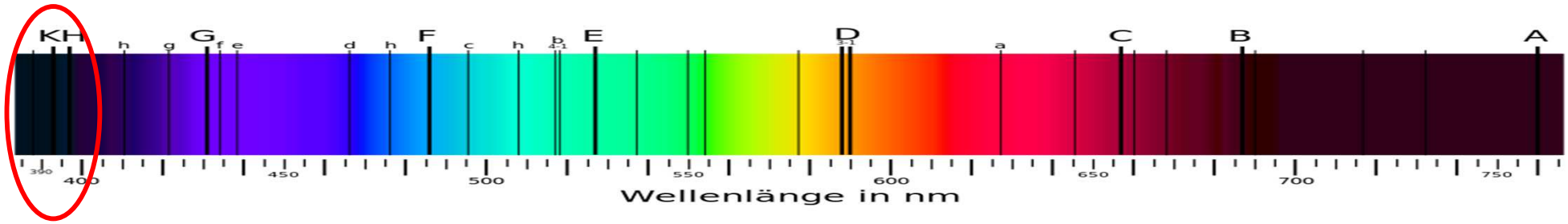


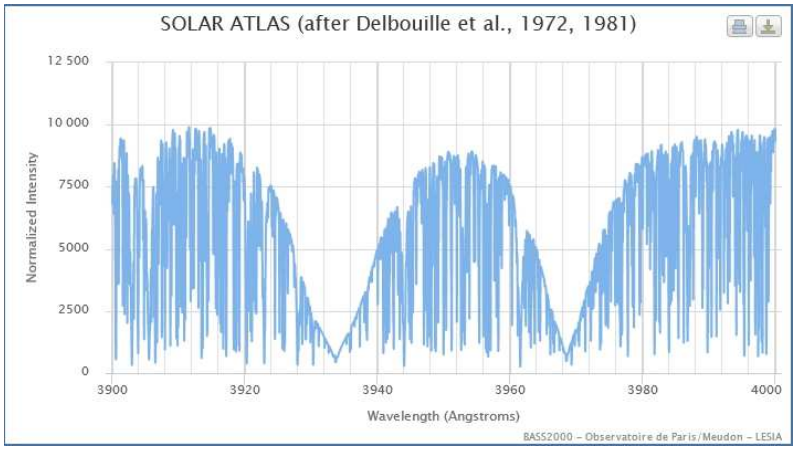
Newton 300 solaire – G-band, 430-2 nm
25/08/18 – 9h25mnUT

Imagerie en Ca K et H

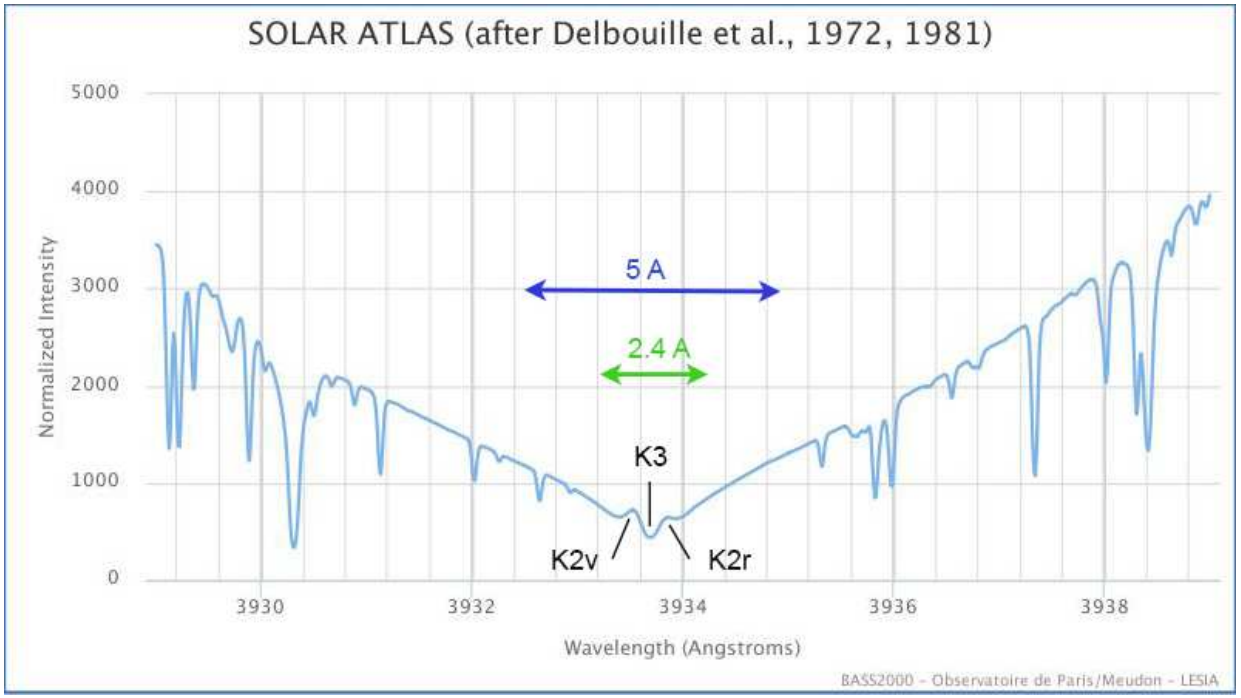
- Ca K et H : c'est quoi ?
- Quel instrument ?
- Le Ca K avec un Newton solaire de 300 mm
- Exemples

Imagerie haute résolution Ca K



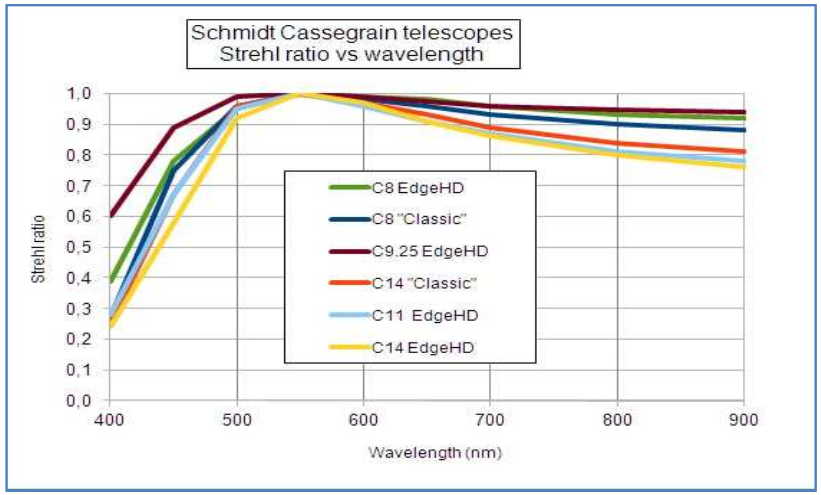


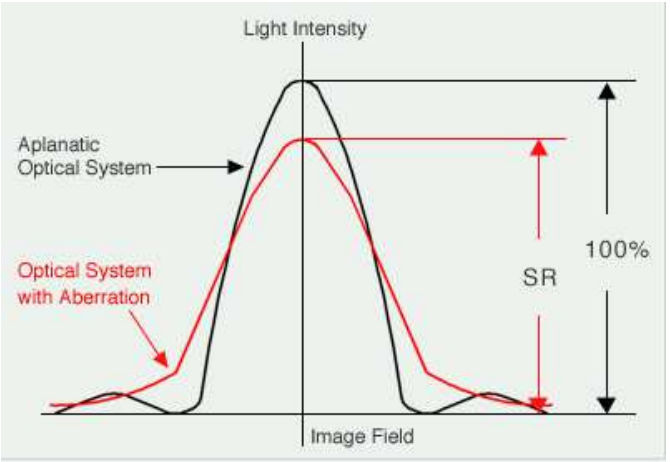
Filtre K-line



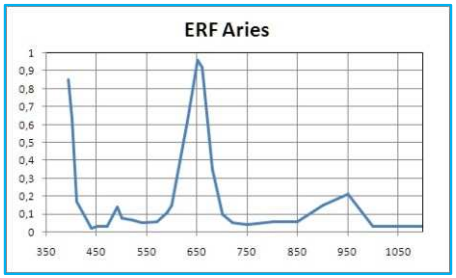
Une difficulté pour l'optique …

- Les Schmidt-Cassegrain et bon nombre de lunettes ne conviennent pas (non limités par la diffraction en UV):





- Instrument idéal : télescope à miroirs (Newton, Cassegrain, DK)
  - Pas d'aberration optique dans l'UV.
  - Mais problème de la disponibilité de l'ERF :
    - Existe seulement en bi-bande (Aries / Ukraine)
    - Taille max : 250 – 300 mm
    - Prix …



Les lunettes pour l'imagerie HR Ca K ?

- La grande majorité des lunettes sont calées dans le vert et ne sont pas limitées par la diffraction dans le proche UV (forte aberration de sphéricité).
  - Re-spacing : changer l'espacement entre les deux lentilles de l'objectif.

- Exception : Takahashi 150 TOA (triplet orthochromatique), limitée par la diffraction dans le proche UV.

- Bonne nouvelle : une lunette de 150 mm en Ca K a la même résolution théorique qu'un instrument de 250 mm en Hα.

Ca K

Ha

Résolution (seconde d'arc)	1,4"	1,0"	0,8"	0,55"	0,41"	0,33"	0,28"
Diamètre (mm)	60	80	100	150	200	250	300
Diamètre (mm)	100	133	166	249	332	415	498

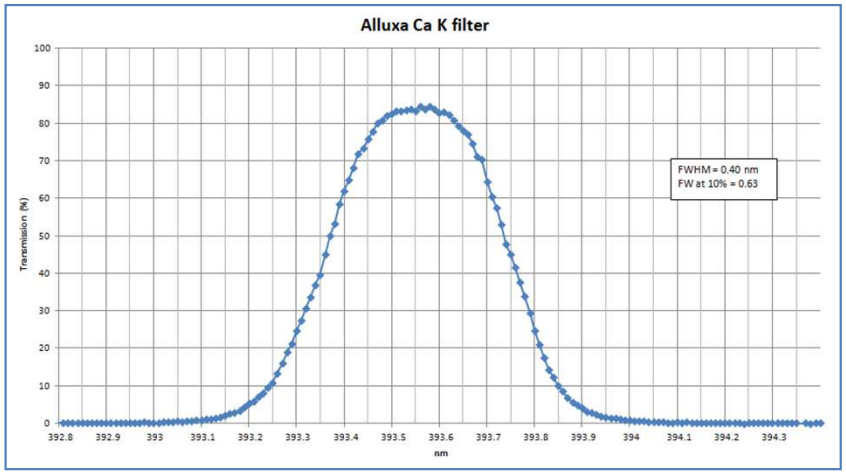
Ca K avec Newton solaire de 300 mm

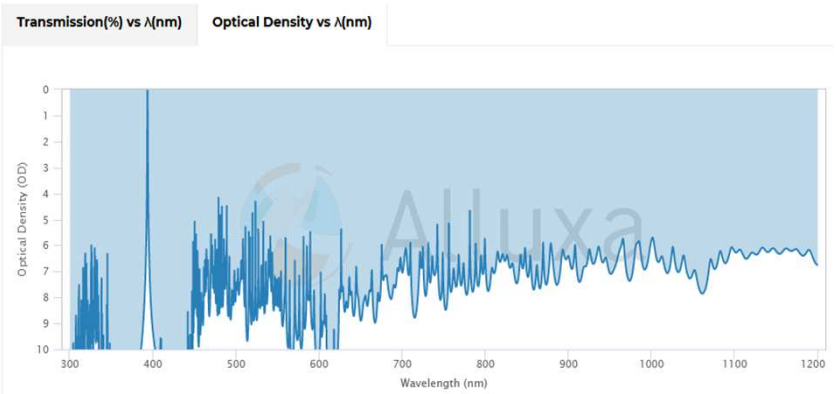
- Miroir non aluminé : réduit le flux d'énergie renvoyé sur le miroir secondaire et le filtre (4 W réfléchi par un miroir de 300 mm au lieu de 100 W).

- Mais pas beaucoup de lumière : coefficient de réflexion = 4%.

- Solution : utilisation d'un filtre Ca K « hardcoated » à haute transmission et bande passante de 0.4 nm (Alluxa/USA)

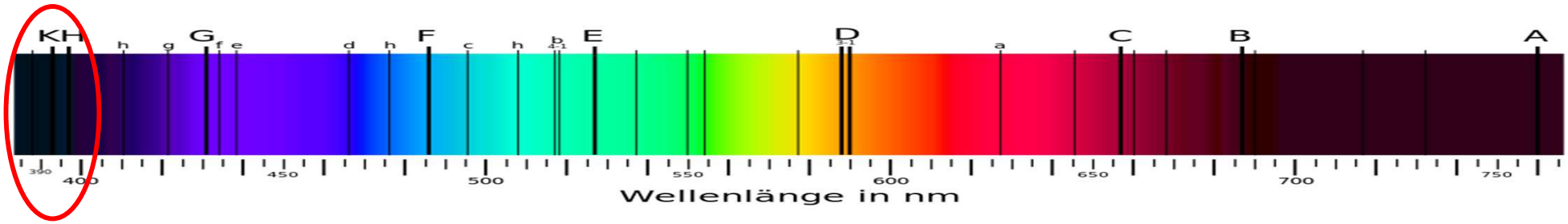
Filtre Ca K Alluxa – 0.4 nm FWHM





- Transmission max > 80% versus 5% à 30% (DayStar, Lunt).
- FWHM = 0.4 nm (0.5 nm pour Quark Ca H, 0.2 nm pour Lunt CaK, 0.2 et 0.4 nm pour DayStar Ca K).
  => temps de pose reste acceptable.
- Filtre 4 cavités (équivalent quadruple-stack).
- Blocage hors bande: densité 6 (pas besoin de filtre complémentaire).
- Hardcoated : durée de vie très longue.
- Réglage fin bande passante par inclinaison du filtre

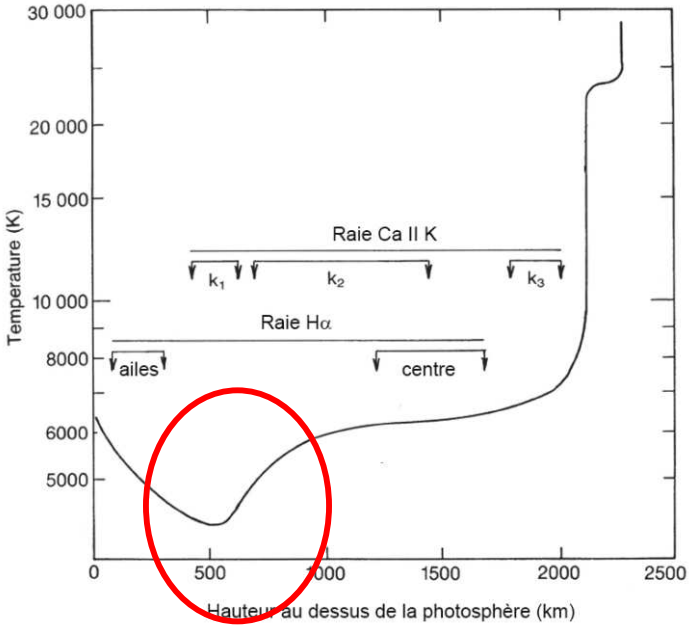
Que voit-on en Ca K et H ?

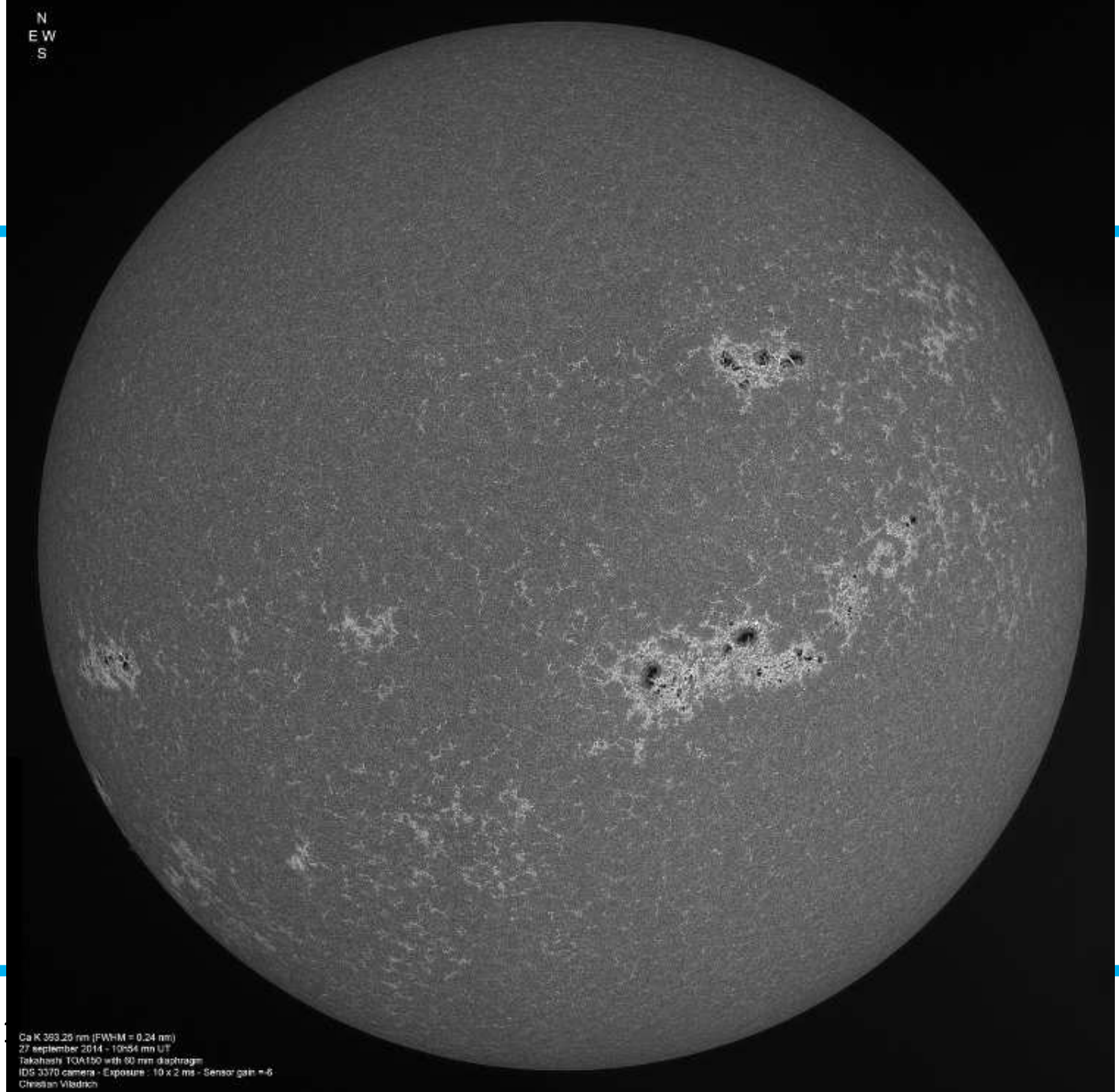


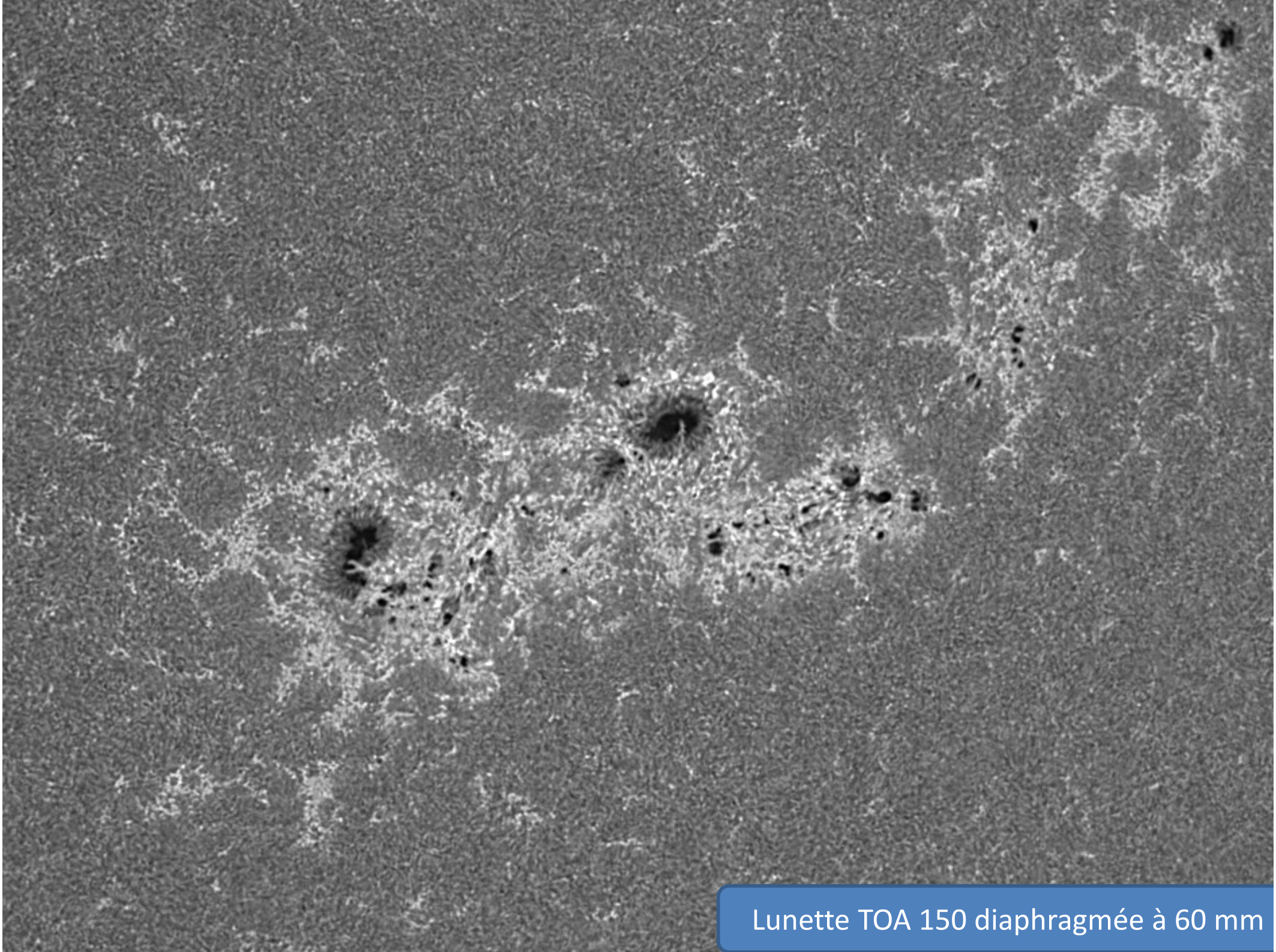
Avec un filtre Ca H ou K classique (0.2 à 0.4 nm FWHM) :

- Les couches qui contribuent le plus à l'image sont situées vers 200 – 300 km de hauteur = photosphère moyenne et haute.
- La contribution à l'image des couches au-delà de 800km (= chromosphère) est de l'ordre de 10%.
- Les émissions chromosphériques ne sont visibles que dans les zones actives ou sur le limbe.

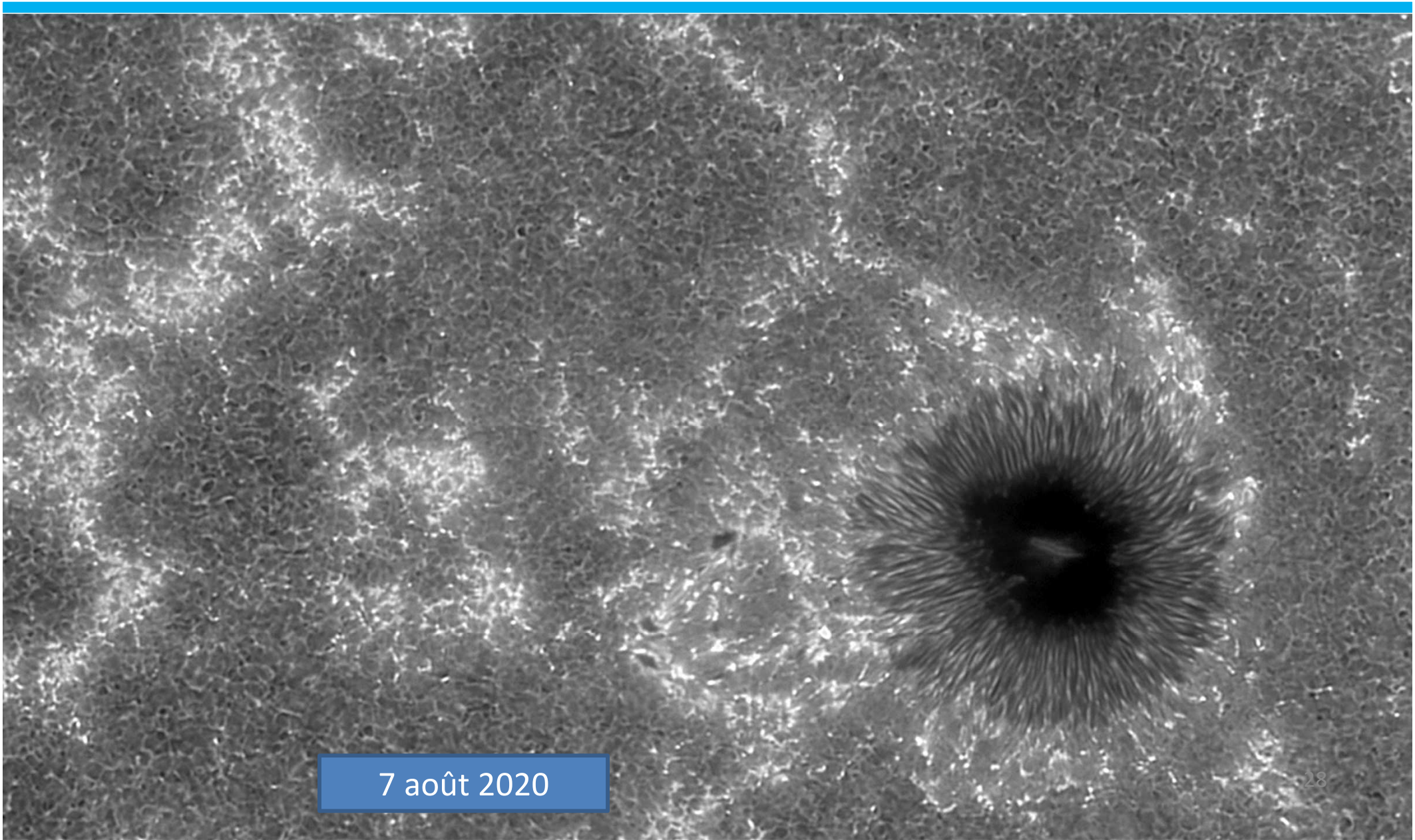
Pour voir la chromosphère en Ca K ou H (filaments, fibriles) au centre du disque solaire, il faudrait un filtre < 0.1 nm => Projet en cours

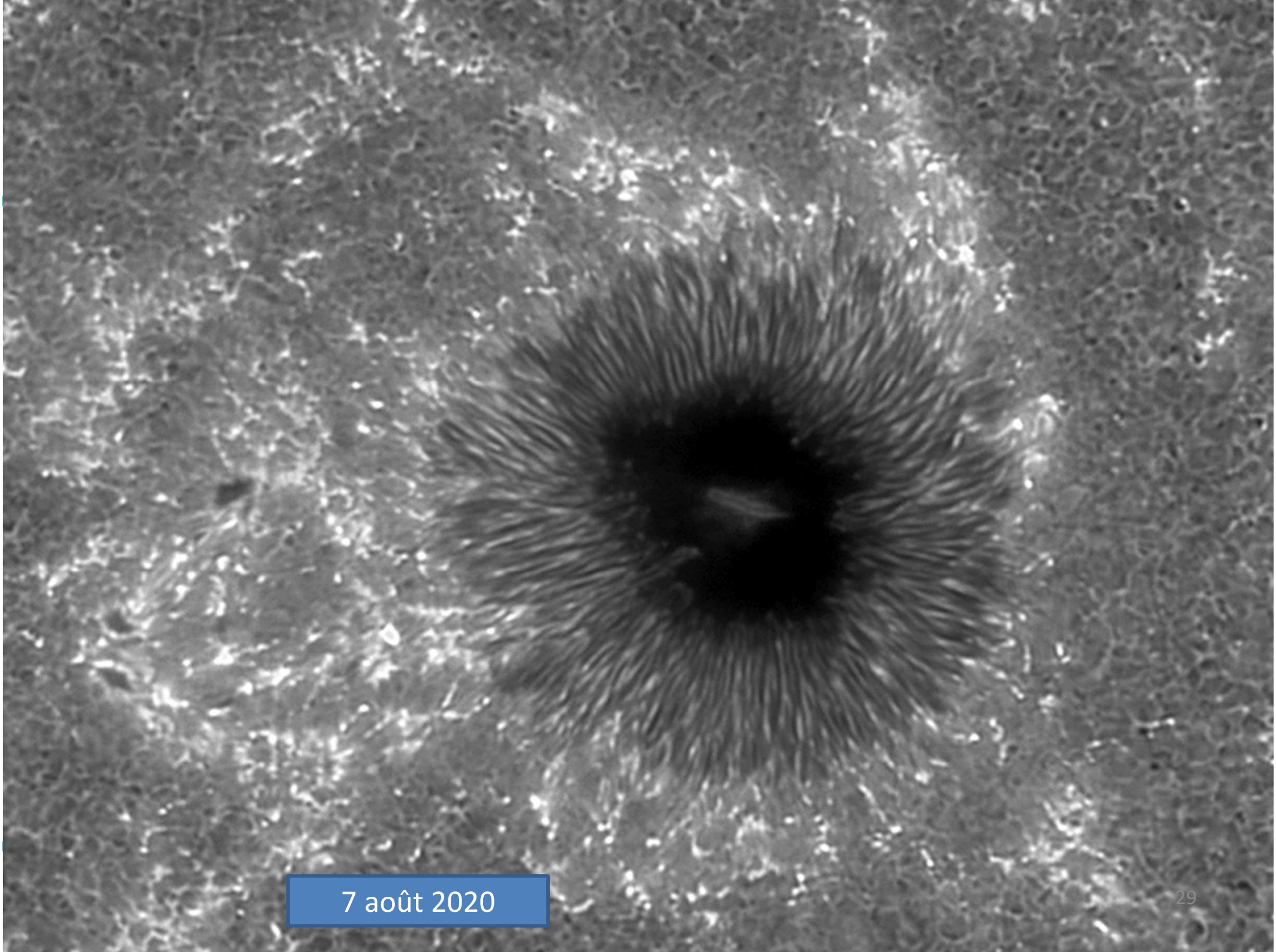



N
E W
S
Ca K 393.26 nm (FWHM = 0.24 nm)
27 september 2014 - 10h54 mn UT
Takahashi TOA150 with 60 mm diaphragm
IDS 3370 camera - Exposure : 10 x 2 ms - Sensor gain =6
Christian Viladrich


Lunette TOA 150 diaphragmée à 60 mm

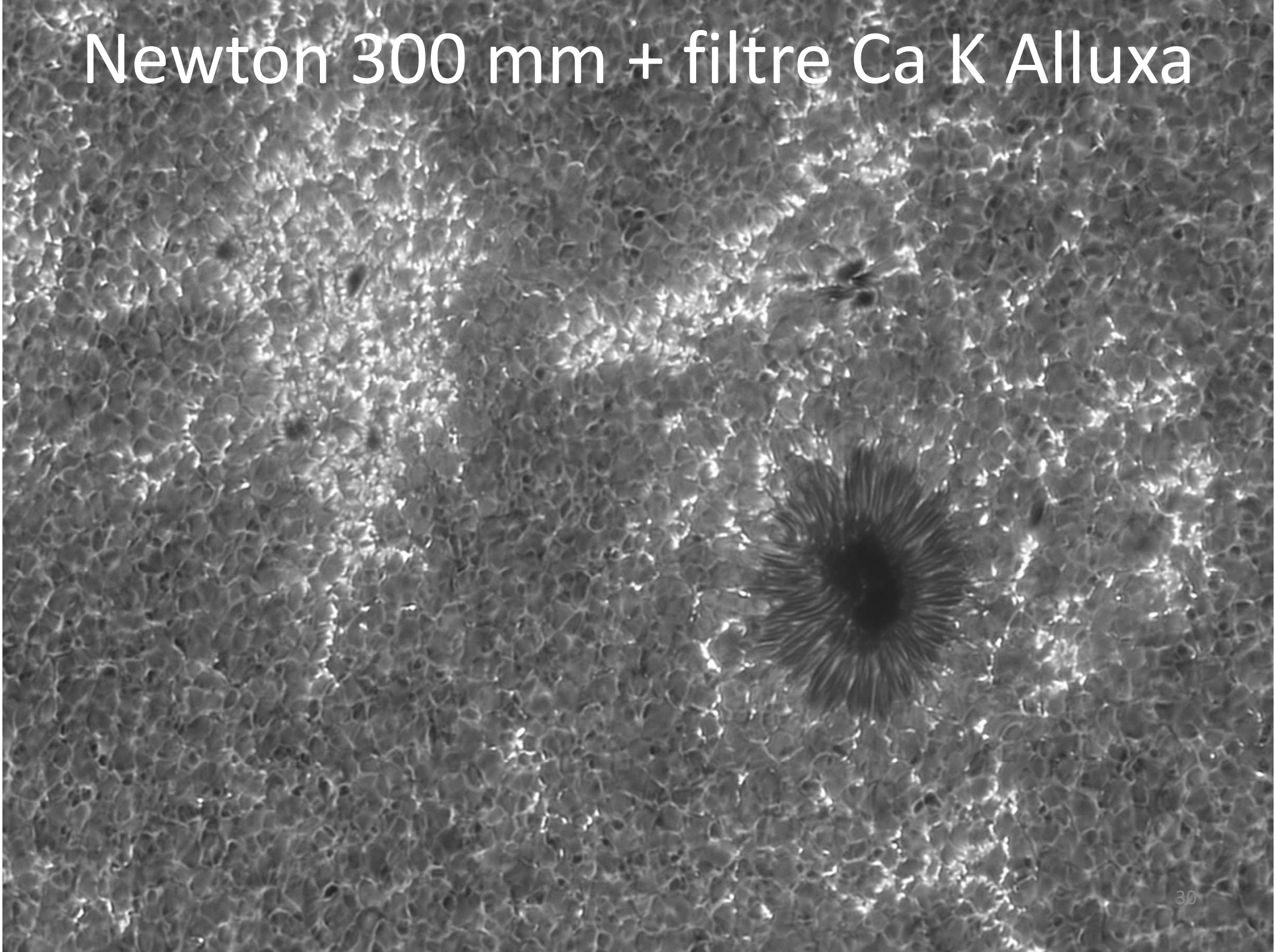
Ca K à la TOA 150

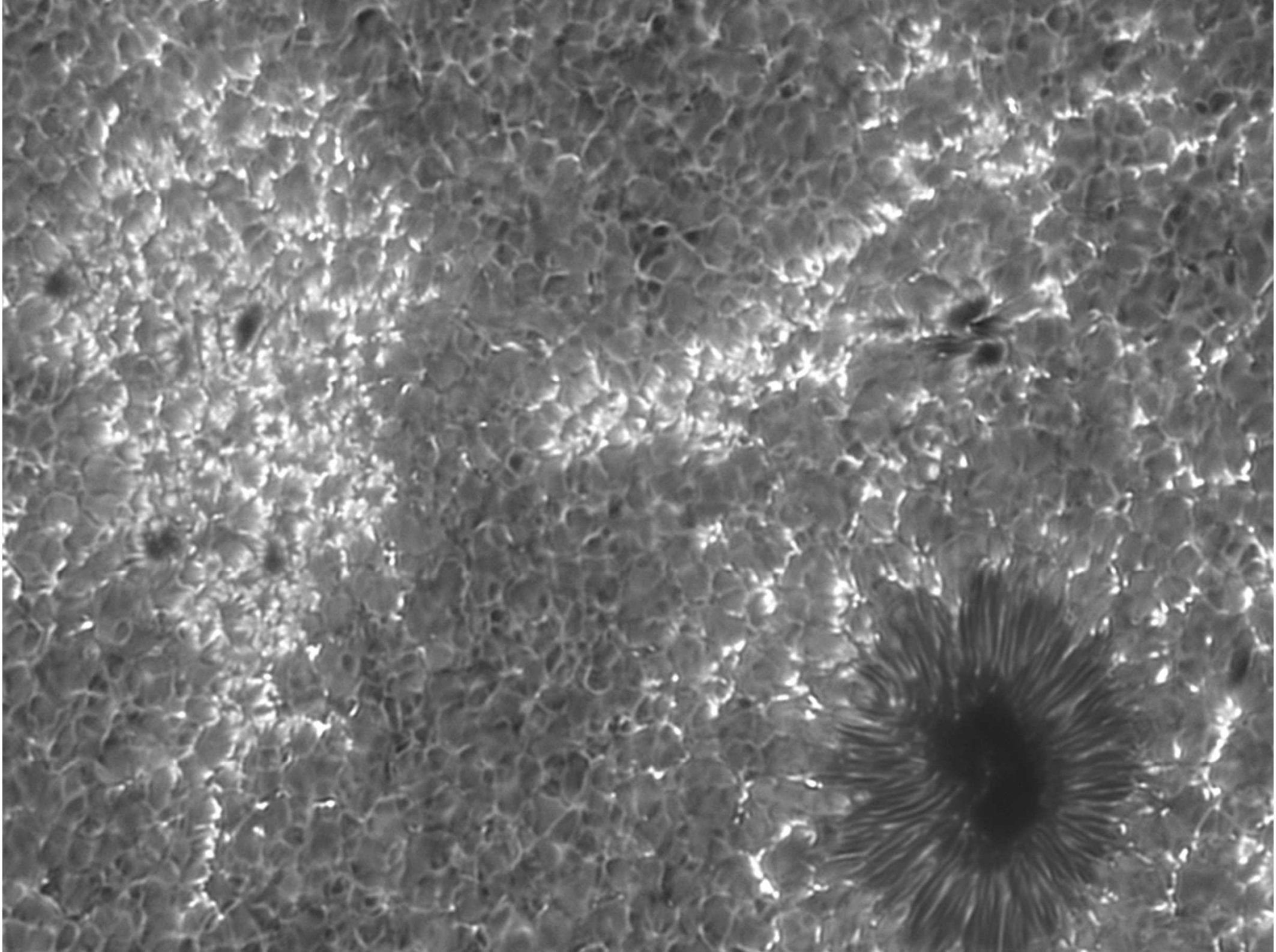




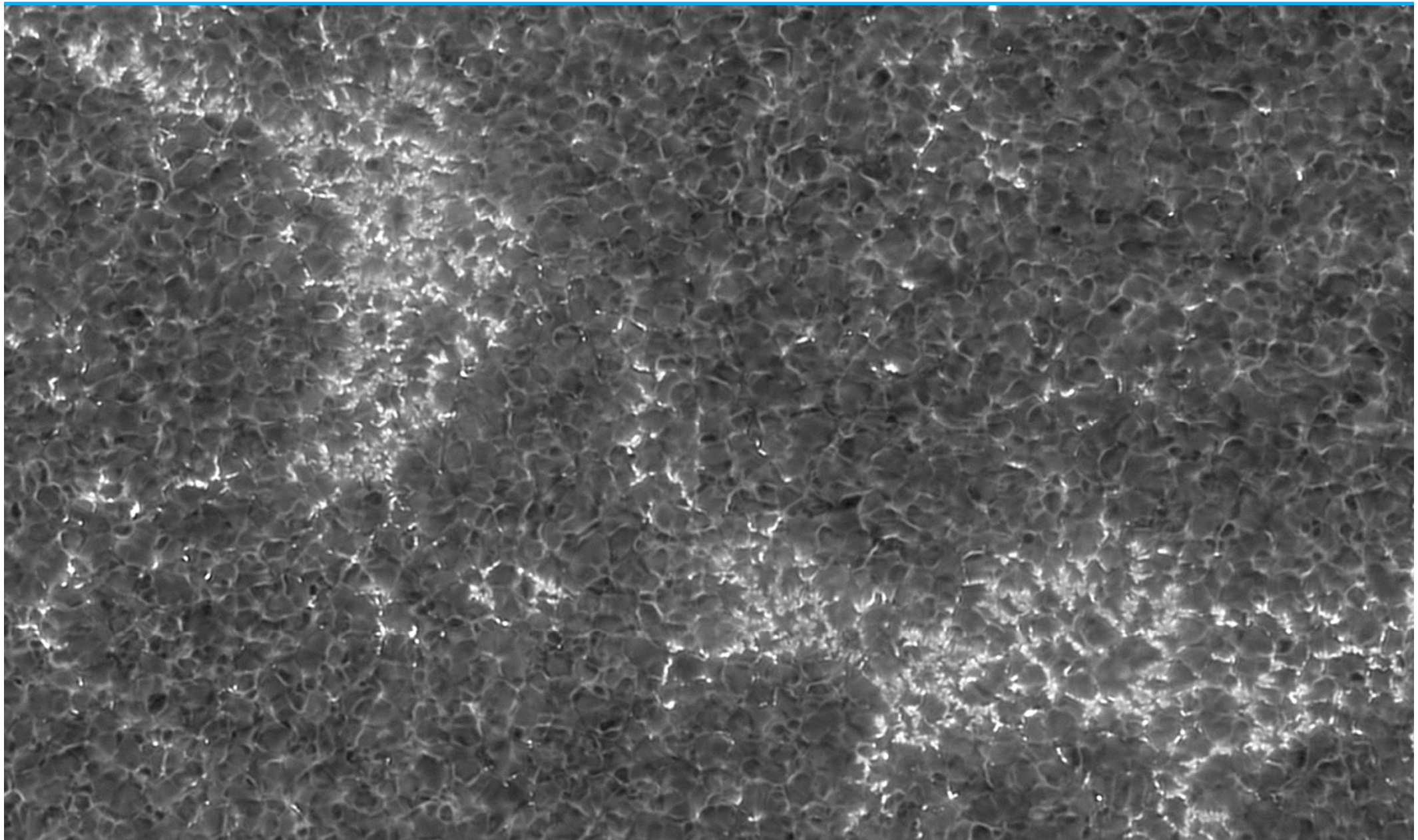
7 août 2020

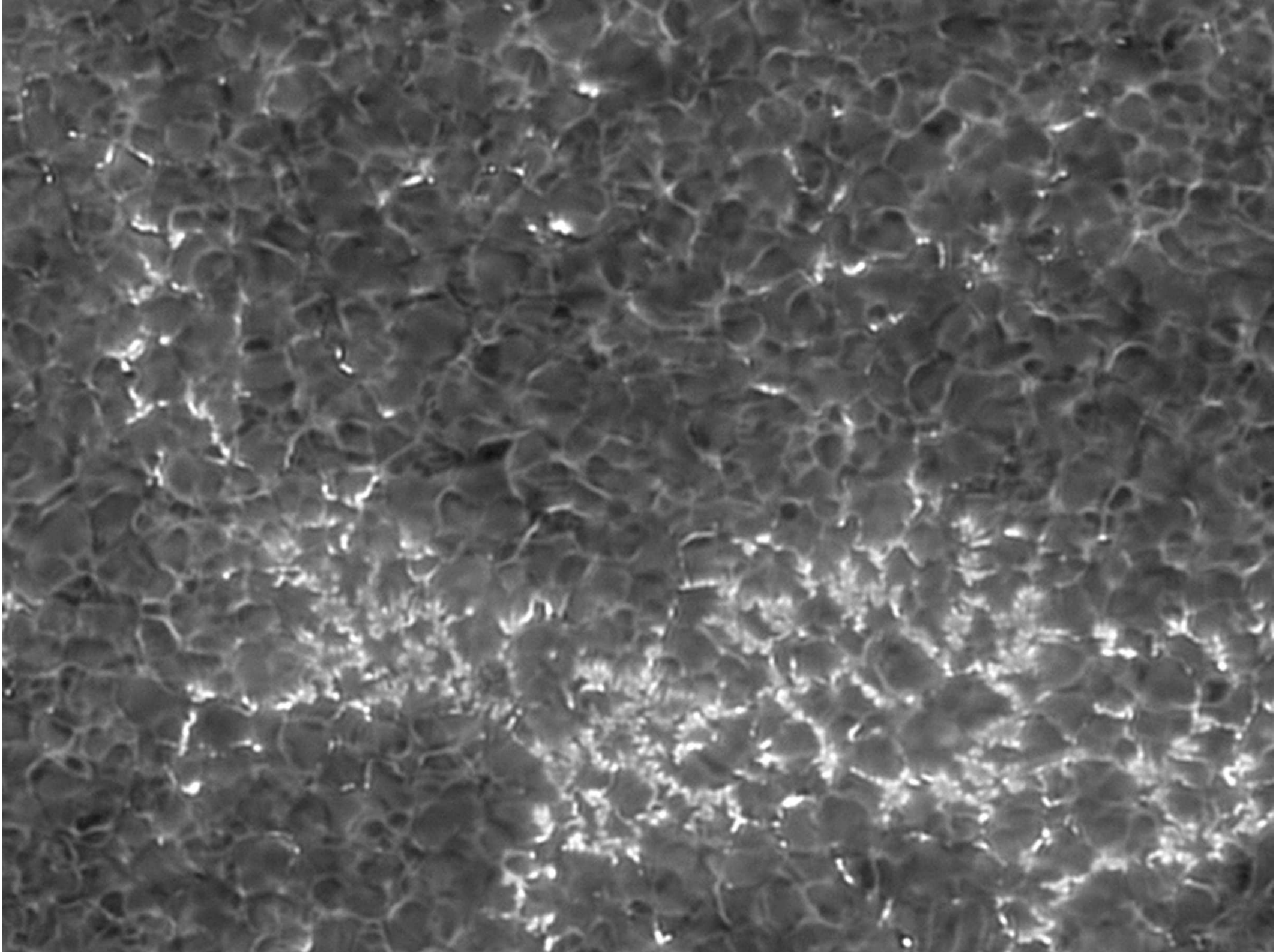
Newton 300 mm + filtre Ca K Alluxa



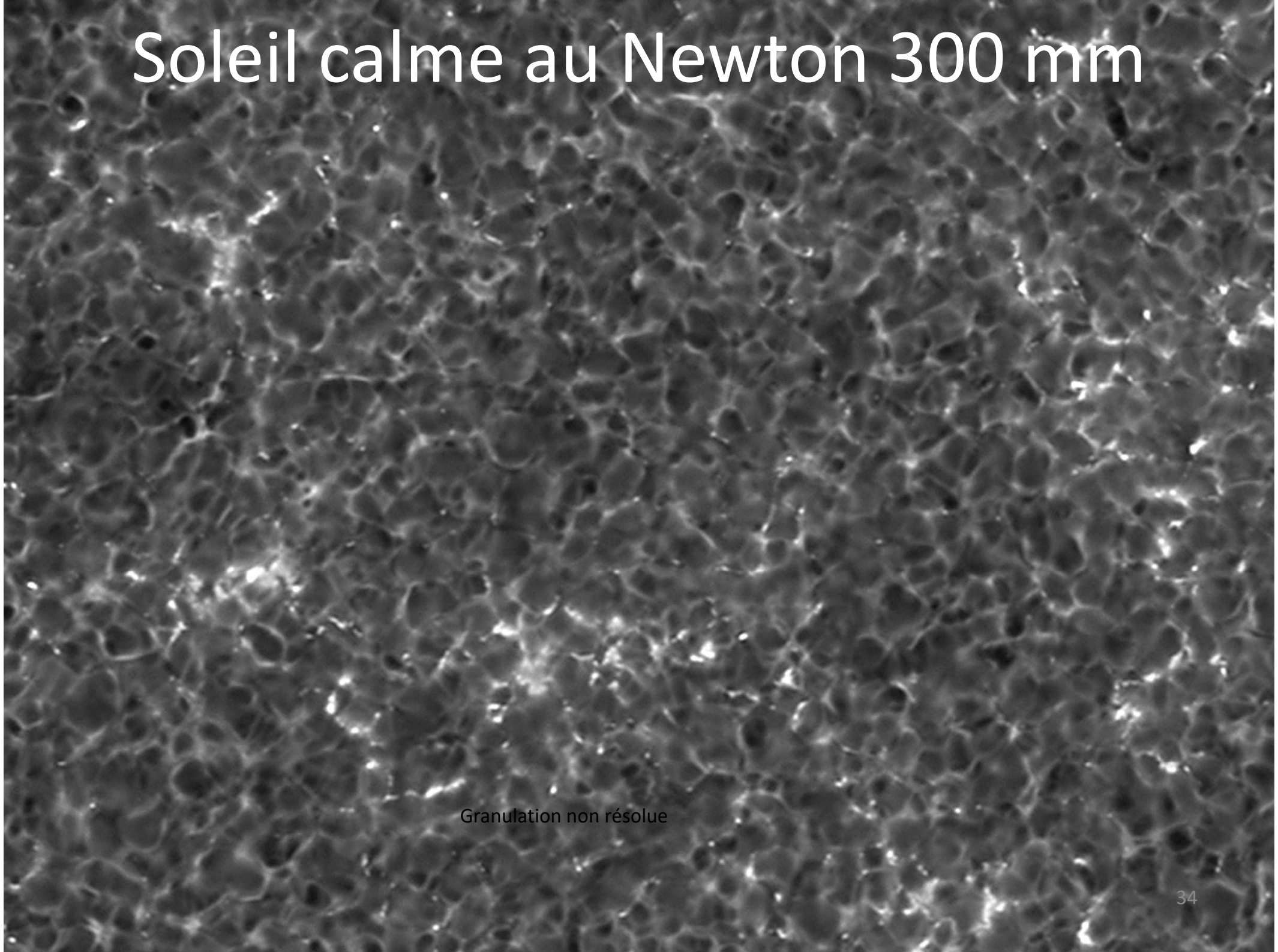


Plages faculaires
Newton solaire 300 mm + filtre Alluxa





Soleil calme au Newton 300 mm



Granulation non résolue

Les grands diamètres en Hα

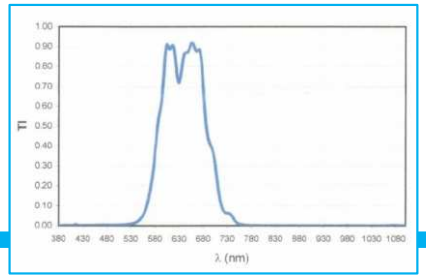
Facteurs favorables :
- Seeing meilleur qu'en Ca K & H
- De nombreux types de filtres Hα disponibles.

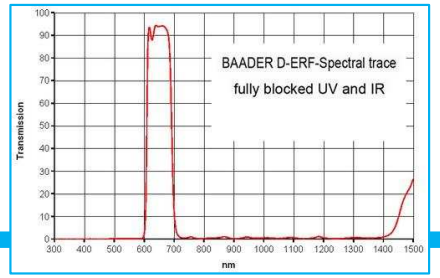
1 - Filtre ERF devant télescope ou lunette :
Baader : max 180 mm (280 mm ?), Aries : max 300 mm

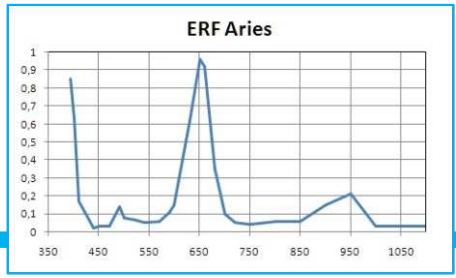
2 - Lunette avec filtre ERF interne (ratio min 50%) :
Max : lunette 250 mm (S. Deconihout).

3 - Schmidt-Cassegrain à lame traitée ERF :
AiryLab Hat, max 280 mm (2015) – Baader Triband, max 210 mm ?

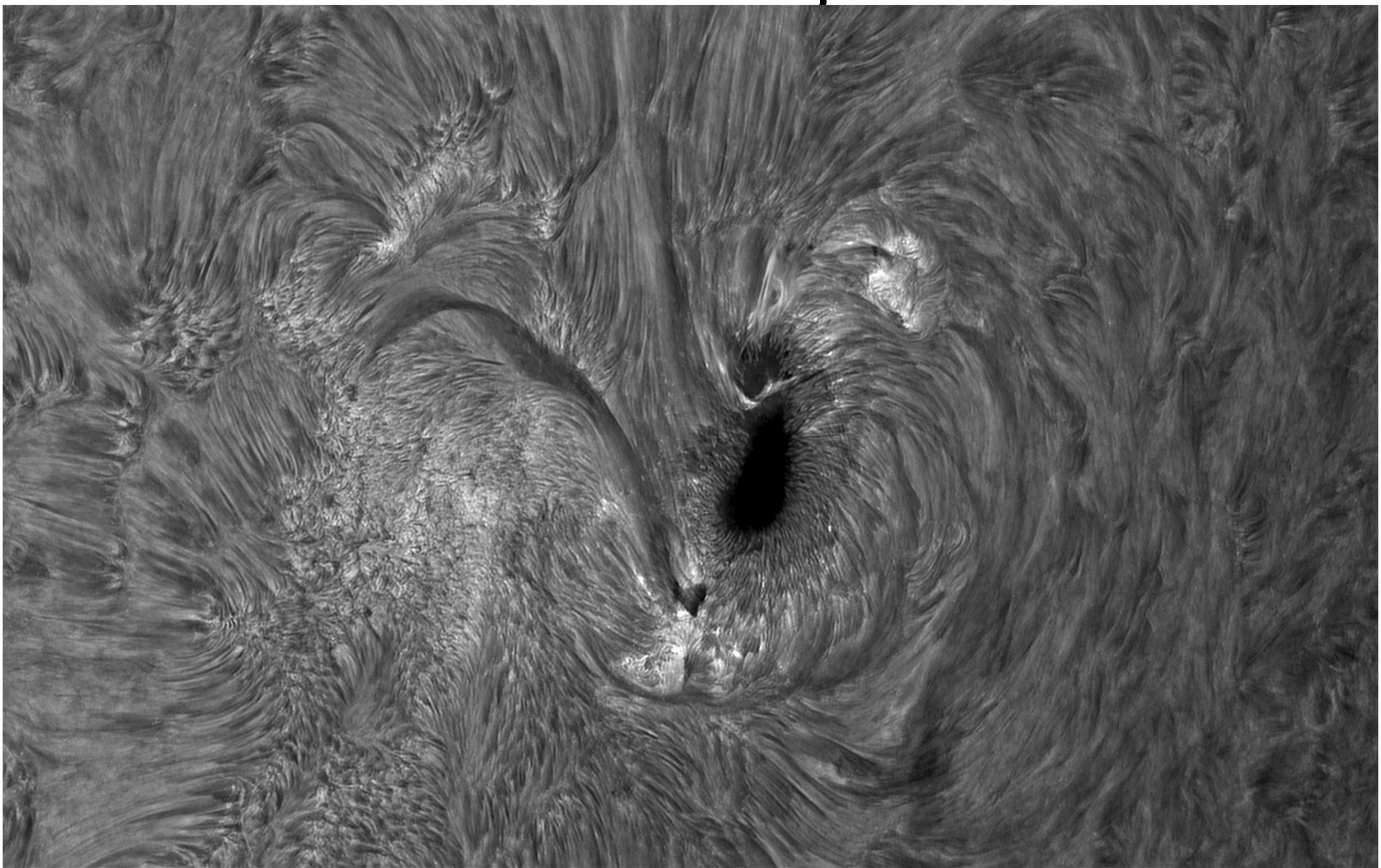
4 - Miroir traité ERF (MCM) : max 260 mm. A. Lhoest – 2015.

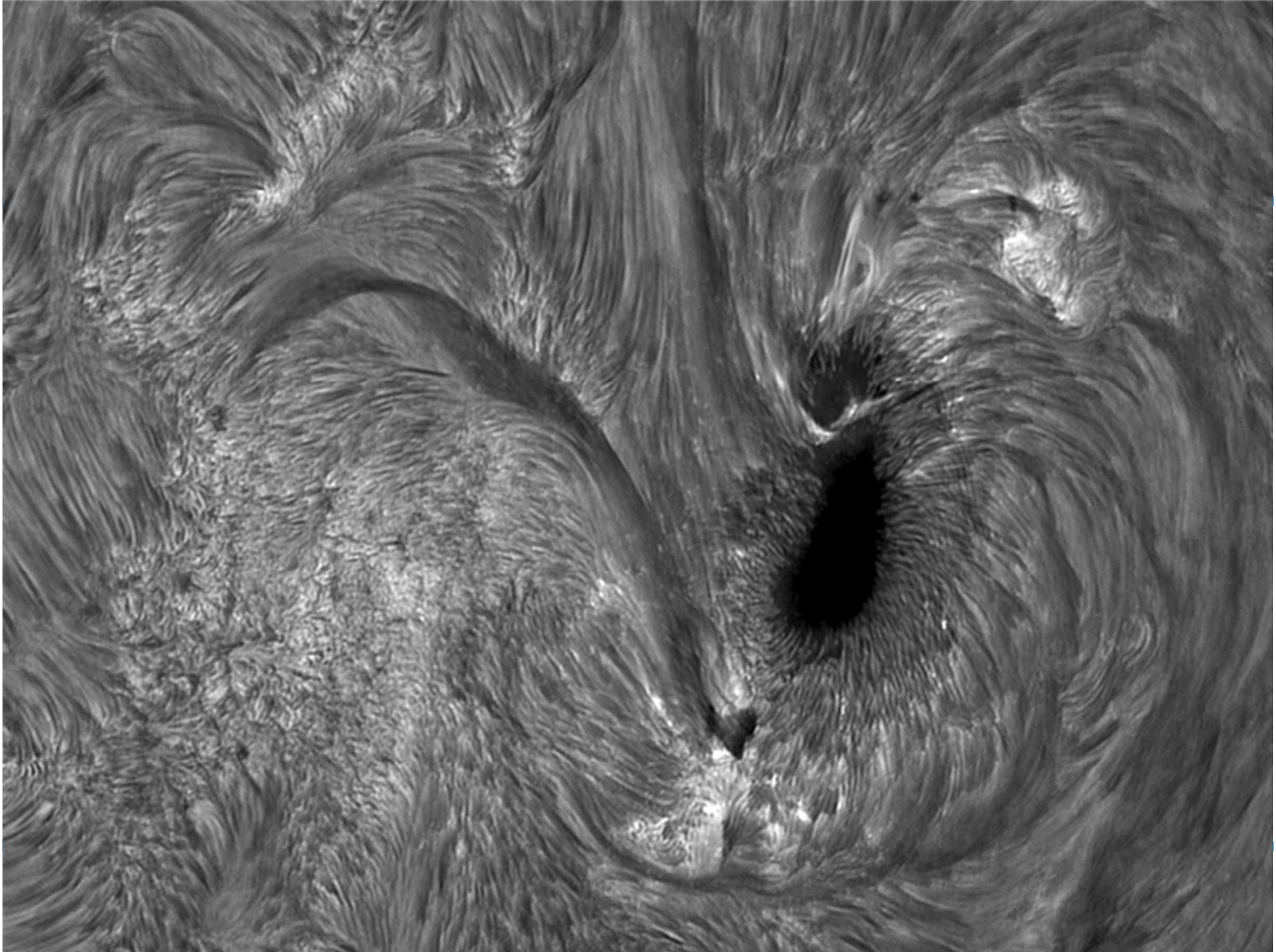






Hat 280 mm + SolarSpectrum 0.3A

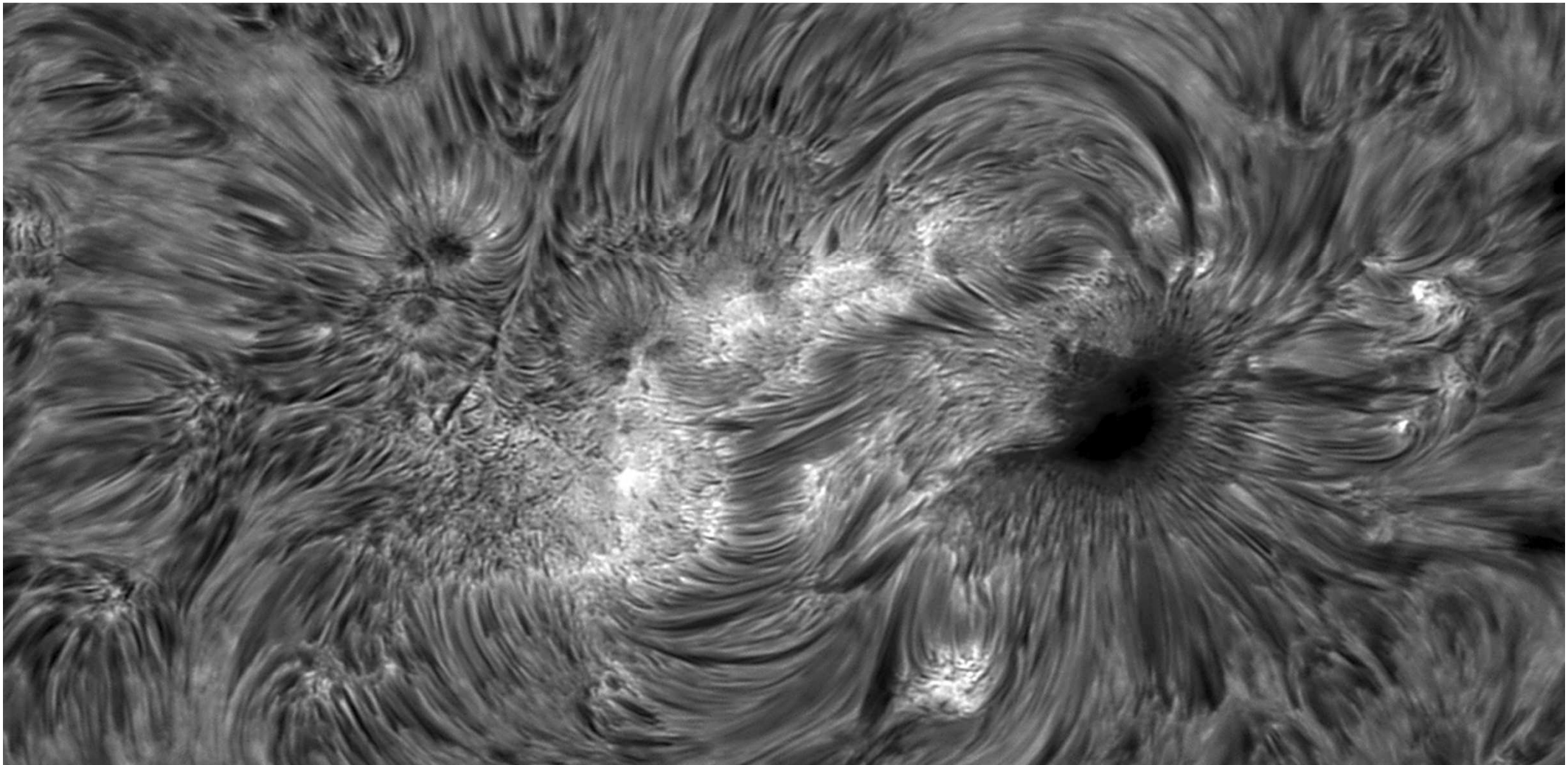




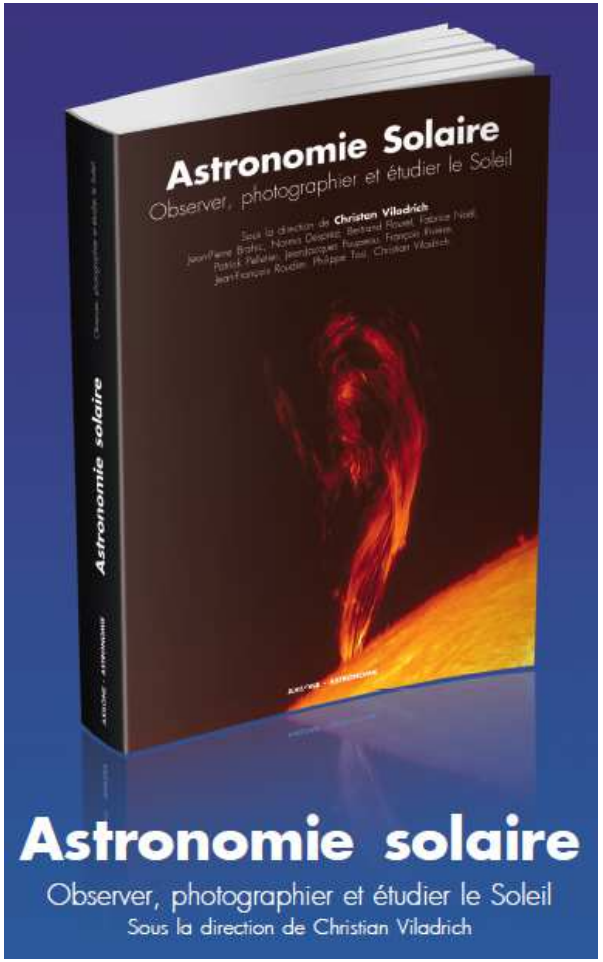
Les filtres Hα : un sujet en soit …

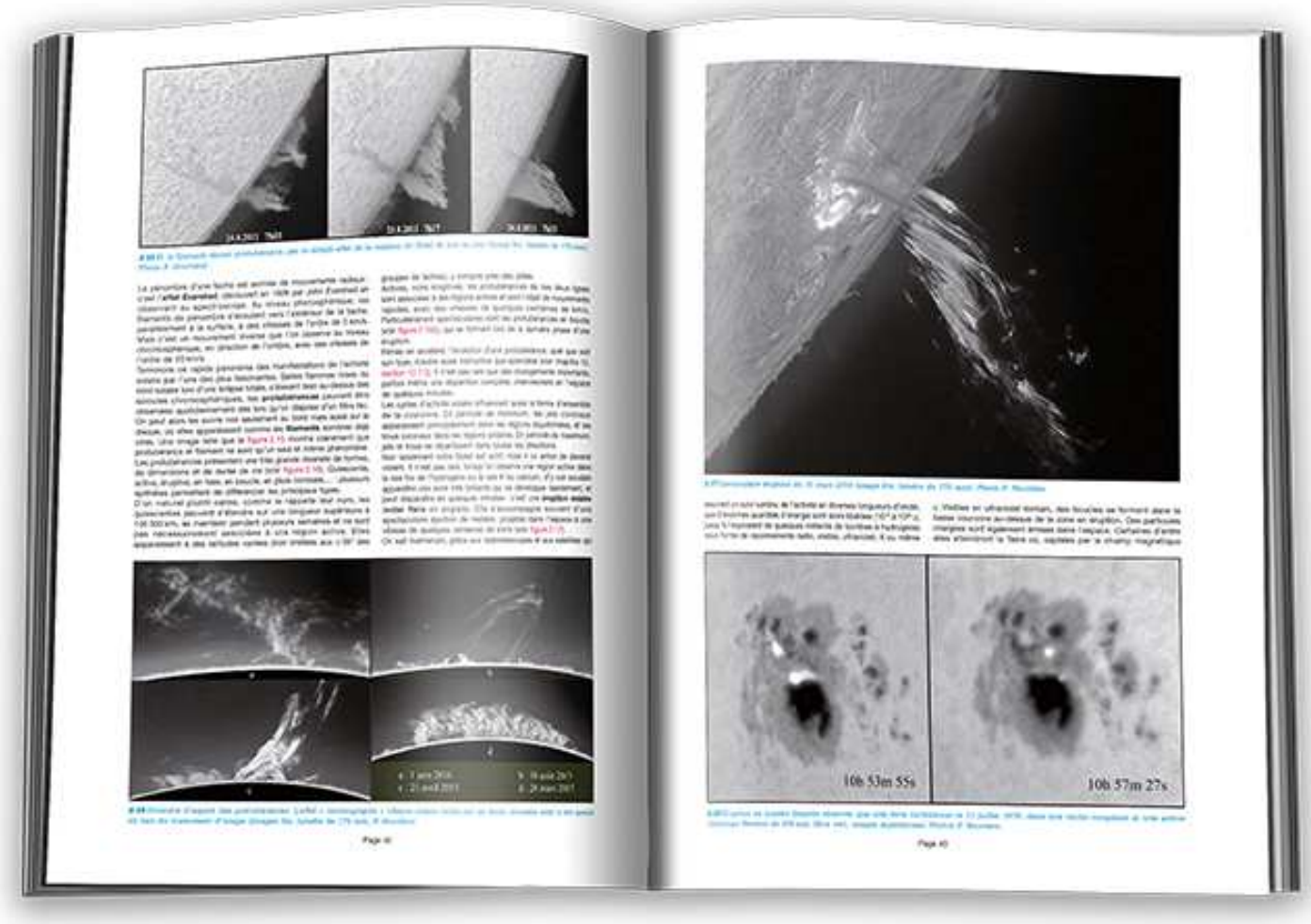
- Filtres à lame de mica (DayStar, Solar Spectrum) ou à lame d'air (Lunt, Coronado) ?

- Montage télecentrique ou collimaté ? Intérêt du double stack ?



Merci de votre attention …





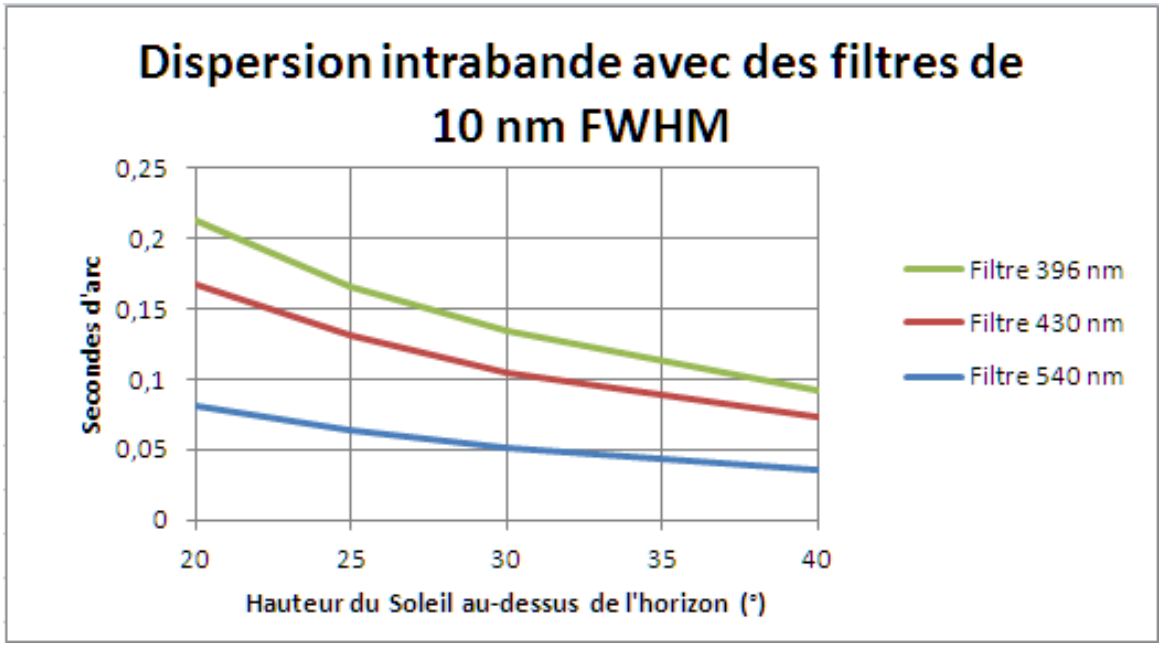
http://www.astronomiesolaire.com/

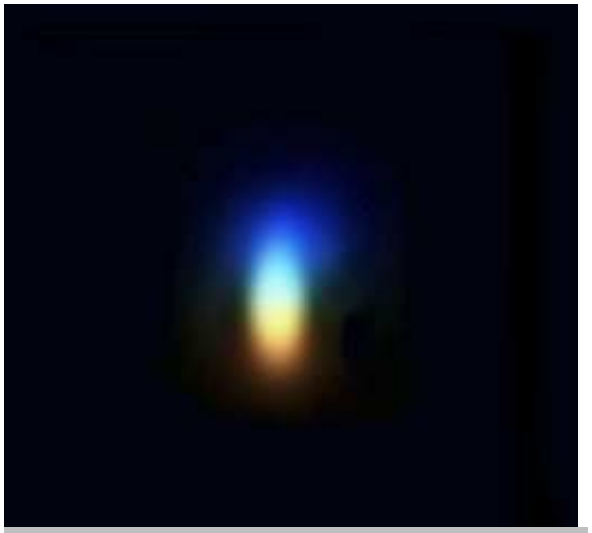
Comment gérer le flux d'énergie?

- Sans filtre ERF :
  - Filtre Lunt Ca K : OK avec lunette de 100 mm sans ERF (10 W).
  - Une ouverture de 150 mm capte 24 watt.
- Utilisation d'un filtre Astrosolar (d = 3.8, t = 0.016%) ?
  - temps de pose trop long.
- Utilisation d'un hélioscope (t = 4%) ?
  - Temps de pose trop long, sauf si …
- Sans filtre ERF (Ca K ou bi-bande) de grand diamètre, reste l'option du filtre ERF interne.

Filtre Lunt Ca K sur lunette de 200 mm sans ERF (43 watt).

Dispersion intrabande avec les filtres à bande étroite





Martin Lewis – www.skyinspector.co.ik

D = 200 mm : pas de problème, même si Soleil à 20° de hauteur.
D = 300 mm, OK en bande G même à 20° de hauteur.
Pas besoin de correcteur de dispersion atmosphérique.

Pouvoir séparateur en secondes d'arc

Longueur d'onde (nm)	Diamètre (mm)	
	200	300
550	0,6	0,4
430	0,5	0,31
396	0,4	0,29

Le Newton solaire de 300 mm

- Newton solaire Stellarzac de 300 mm.
- Primaire : silice fondue non aluminé.
- Polissage : M. Bonin, Skyvision, 17 nm rms.
- Secondaire Quartz Antares Optical $\lambda/30$ P-V, $\lambda/200$ rms (dans le rouge).
- 22% obstruction.
- Basler 1920-155
- Temps de pose < 2 ms.
- Echelle 0.11 arcsec/pixel.
- Addition de 7 à 30 images / 2400.
- Vidéos de 25 s / 8 bits.