

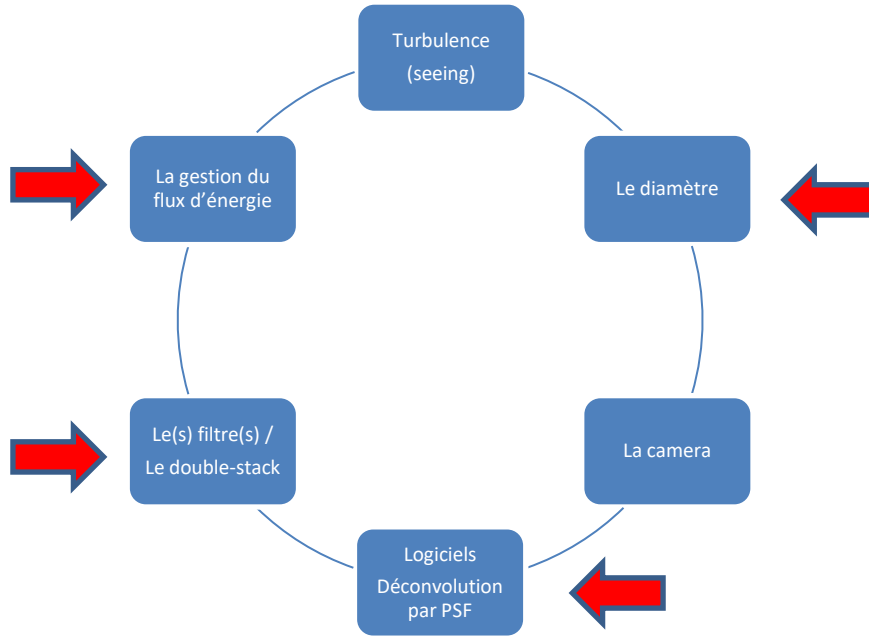
Progrès récents en imagerie solaire haute résolution

Christian Viladrich

<http://astrosurf.com/viladrich/>

<http://www.astronomiesolaire.com/>

Le cocktail nécessaire pour la HR



- Photosphère (lumière blanche)
- Chromosphère en Ca K ou H
- Chromosphère en H α

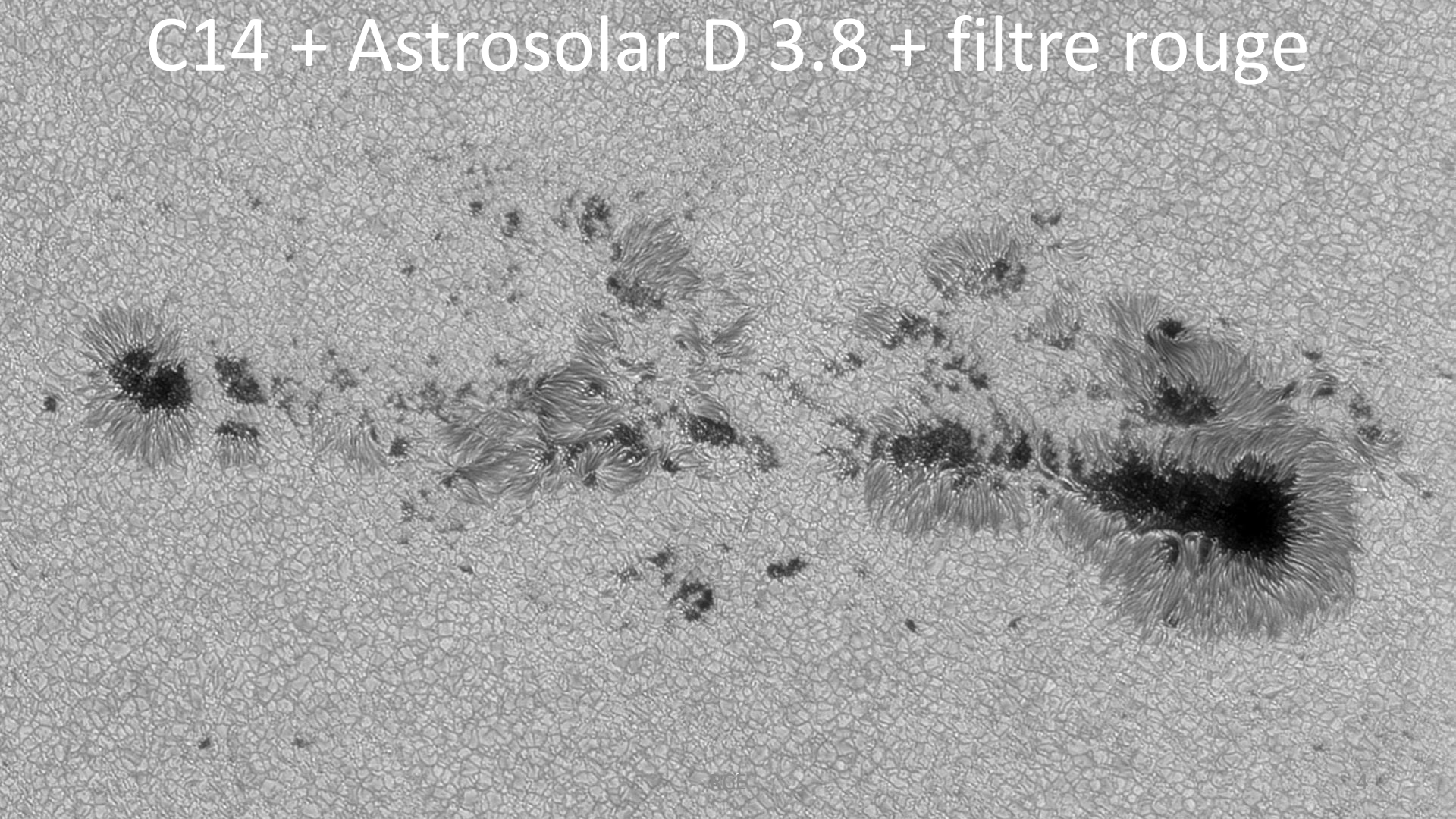
Feuille Baader Astrosolar d 3.8



- Pour lunette ou télescope.
- Bonne qualité optique
- Peu onéreux.
- Actuellement limité au format A4.
- Disponible à nouveau prochainement ?
- Transmission 1/6300 (densité 3.8), un peu sombre pour filtres de 10 nm de bande passante (continuum, K-line, bande G, etc.)



C14 + Astrosolar D 3.8 + filtre rouge



Helioscope 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.



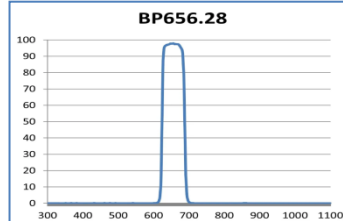
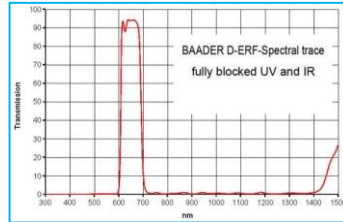
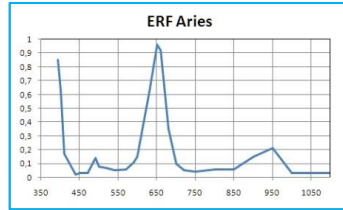
Télescope à miroir non aluminé



- Pas de limite au diamètre
 - max actuel = 400 mm (Alexandre Lhoest)
- Transmission 4% => utilisation filtres à bande étroites, un peu sombre pour Ca K (sauf filtre haute transmission), manque de flux en H α .
- Nombre de surfaces air-verre minimal.
- Télescope uniquement dédié au solaire.



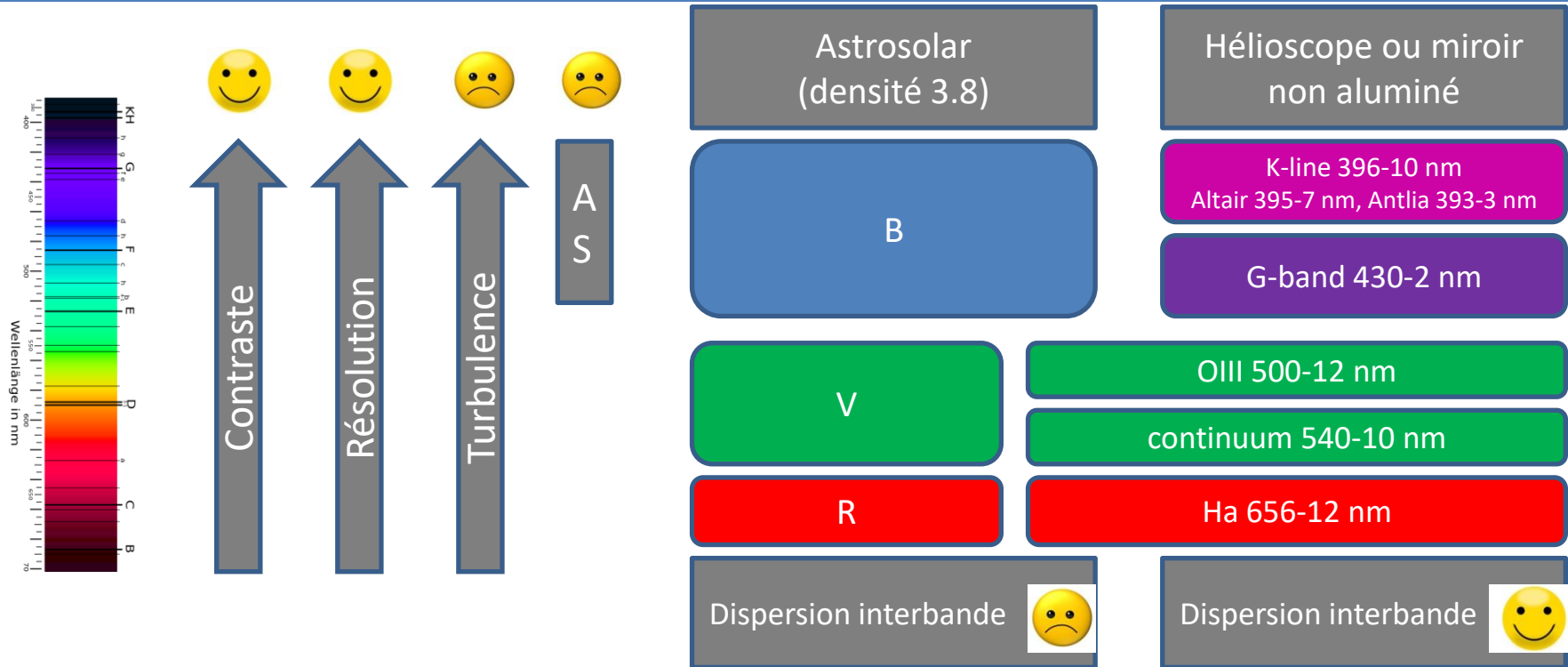
Filtre ERF (energy rejection filter)



- Filtre ERF devant télescope ou lunette :
 - Altair ($H\alpha$ ou triband) : max 160 mm
 - Aries ($H\alpha$ ou bi/triband) : max 300 mm
 - Baader ($H\alpha$) : max 180 mm (290 mm)
 - Hutech ($H\alpha$) : max 190 mm
- Lunette avec filtre ERF (ou rouge diélectrique) en position interne (ratio min 50% ?) :
 - Lunette 250 mm (S. Deconihout)
- Schmidt-Cassegrain à lame traitée ERF :
 - AiryLab Hat (2015) : max 280 mm,
 - Baader SC Triband : max 280 mm
- Miroir traité ERF (MCM) :
 - max 260 mm. A. Lhoest – 2015.

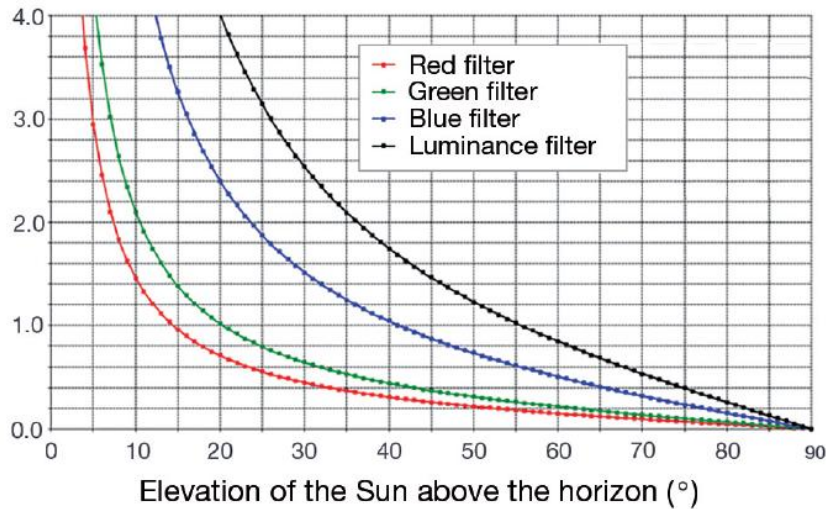
-
- La gestion du flux d'énergie
 - Les filtres complémentaires pour l'imagerie de la photosphère
 - Exemples

Filtres pour la « lumière blanche »



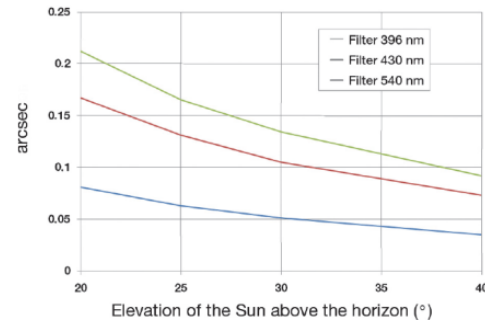
Dispersion interbande

Intra-band dispersion according to filter used (in arcsec)



Telescope aperture	60 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm
Minimum elevation acceptable with luminance filter	35°	50°	60°	70°	72°
Minimum elevation acceptable with green filter	10°	17°	15°	31°	37°
Minimum elevation acceptable with red filter	8°	12°	17°	25°	27°

Intra-band dispersion with 10 nm FWHM filters



Exemple Newton 300 non aluminé



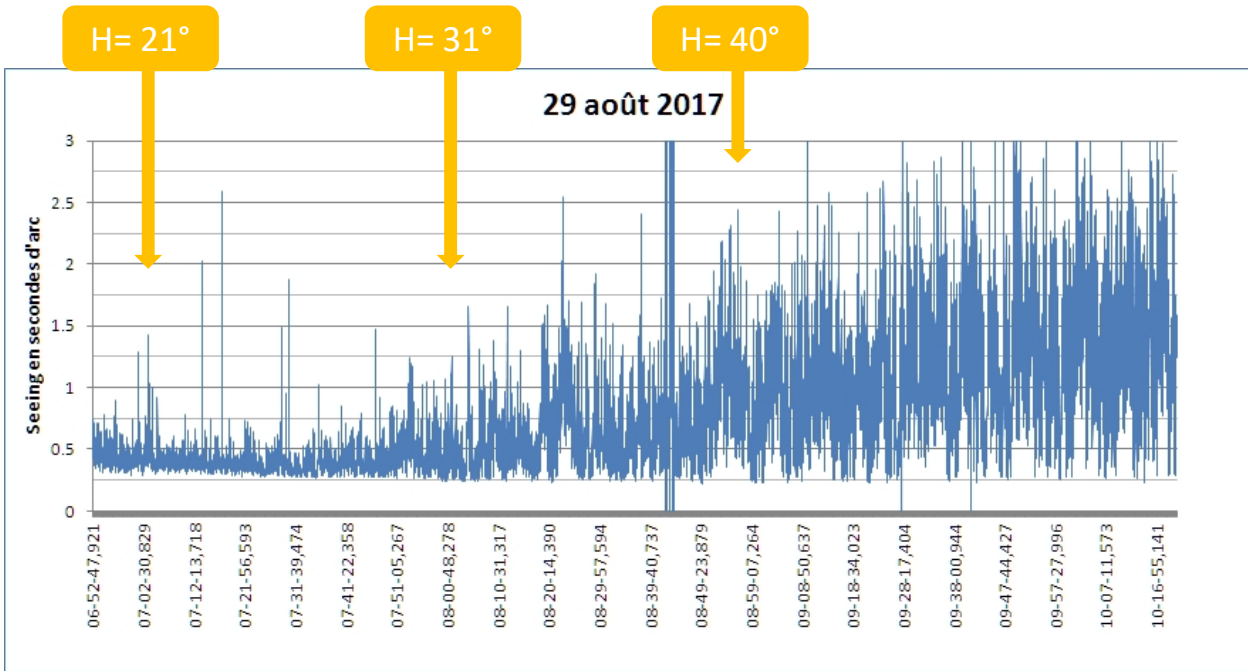
Newton solaire 400 mm

Cassegrain 300 mm

Newton solaire 300 mm

Hat 280 mm

Evolution du seeing

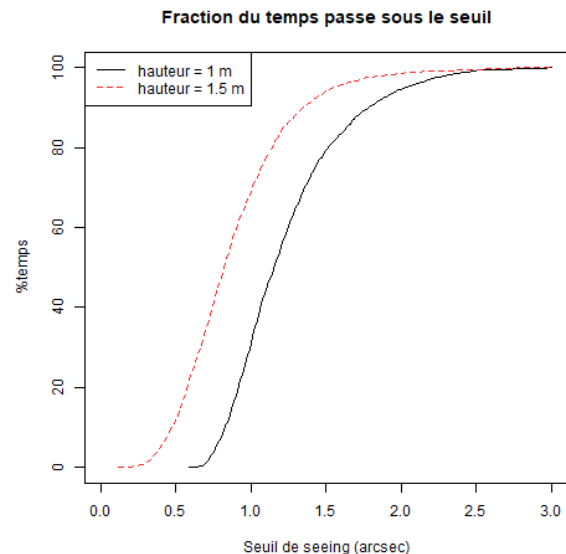


- Meilleures conditions le matin quand Soleil est encore bas.
- Par vent d'ouest.
- Influence favorable très nette du vent sur le seeing (20-25 km/h).

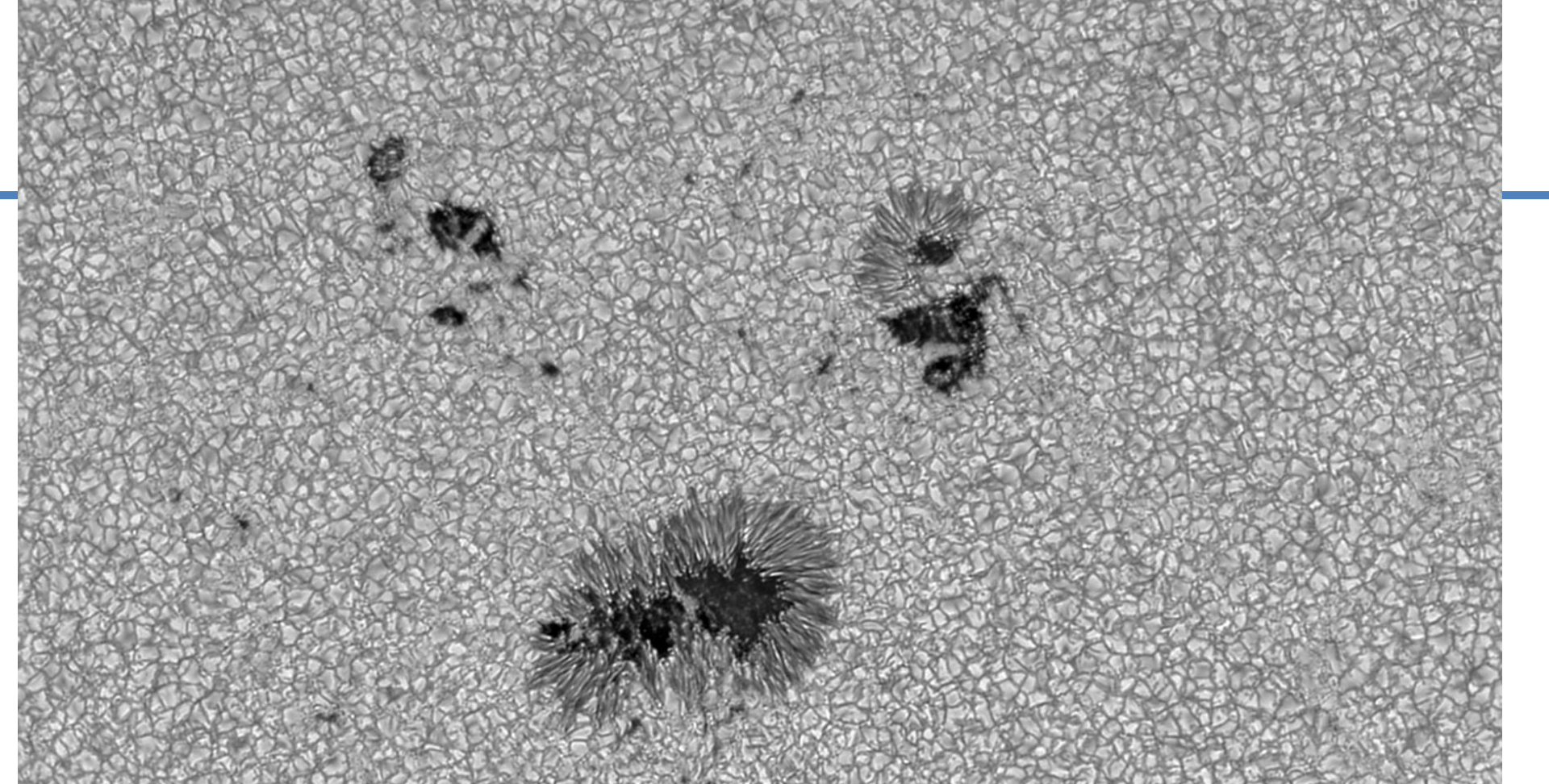
Seeing en fonction hauteur télescope

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"

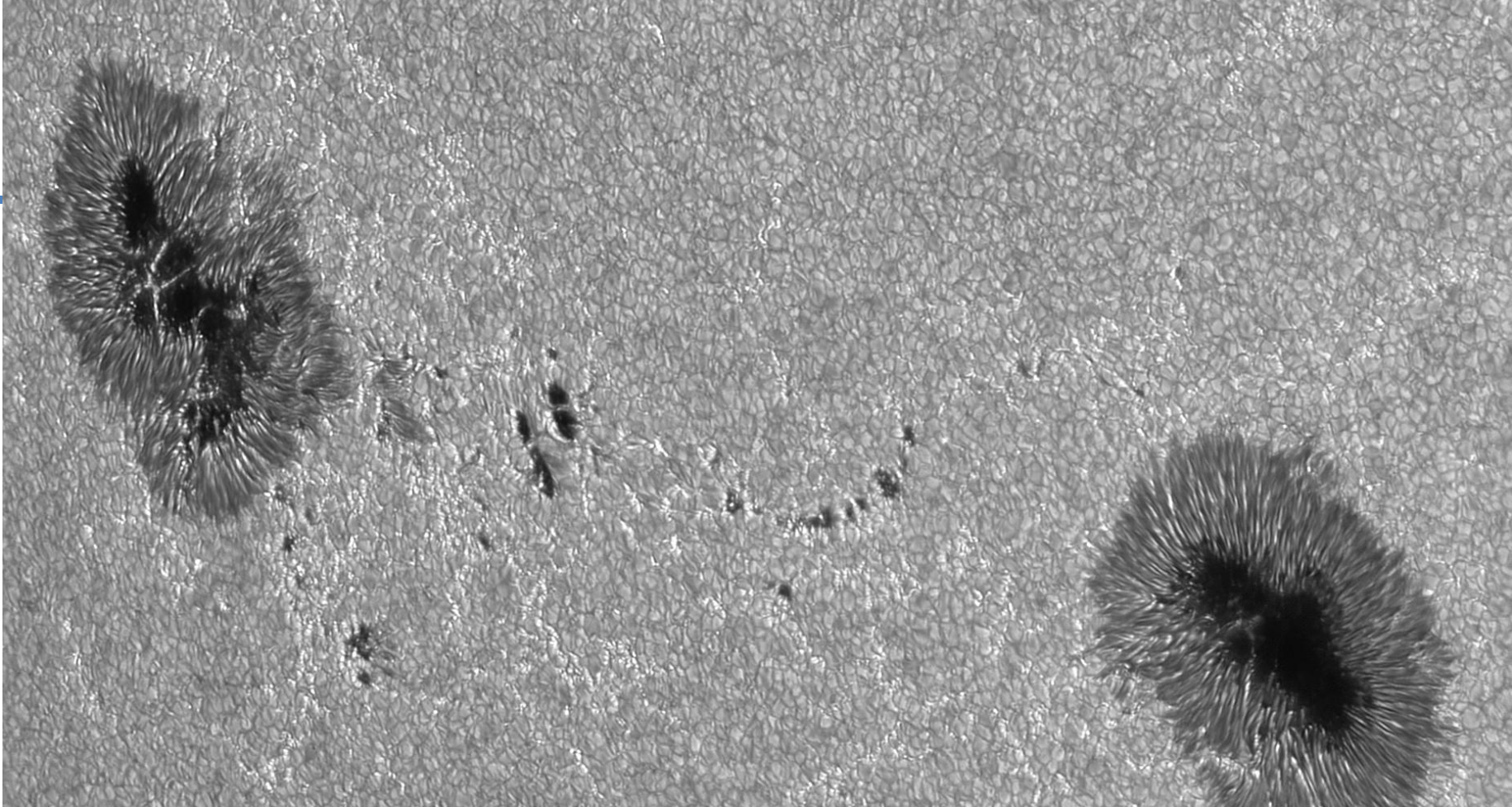
Mesures pendant environ 1h. Pas/peu de vent.
Gain d'environ 0.35 arcsec sur la médiane.
Gain de 0.4 arcsec sur le quantile 5%.



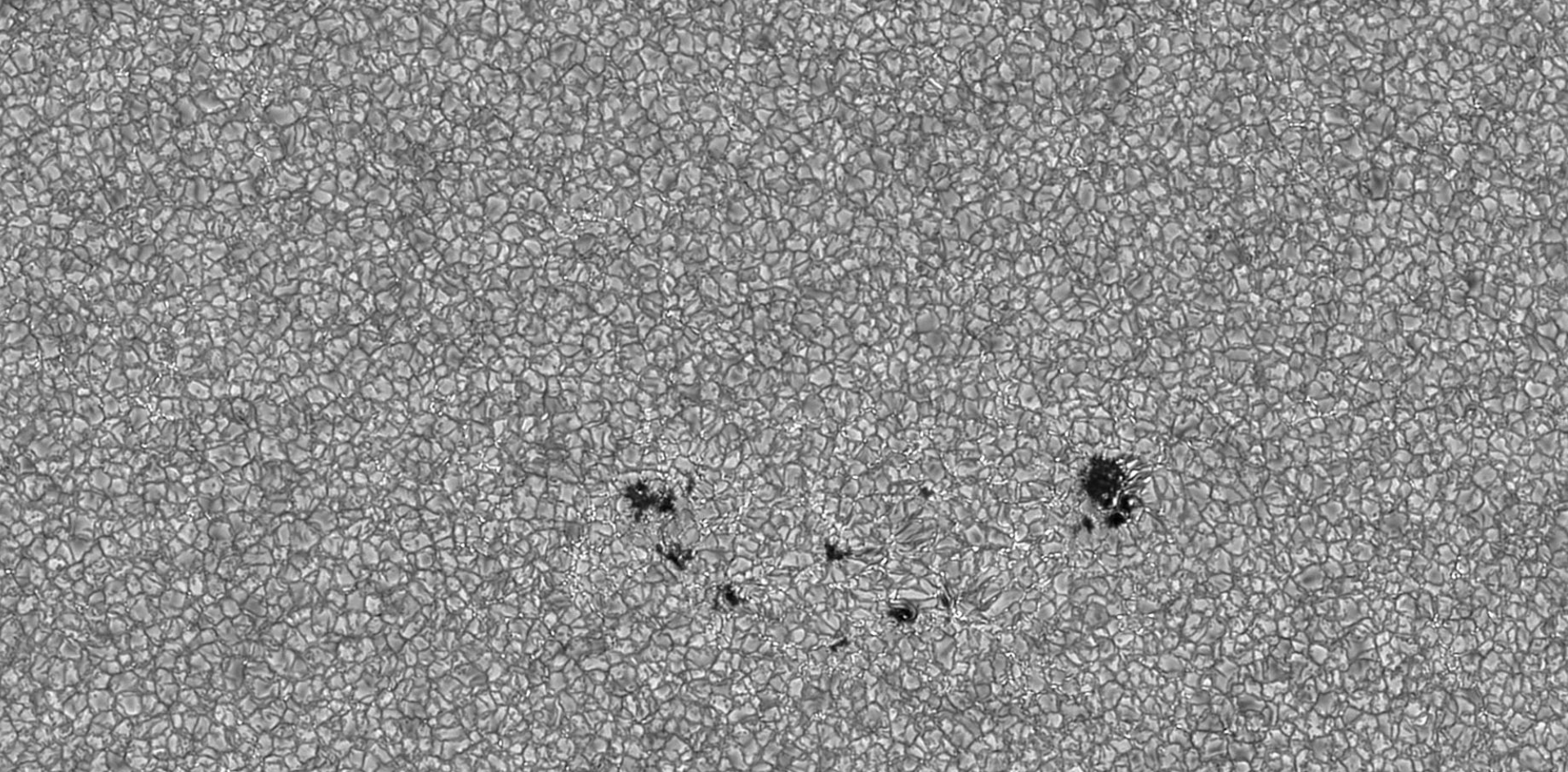
Mesures et traitements Karine Chevalier – St Véran (Août 2018)



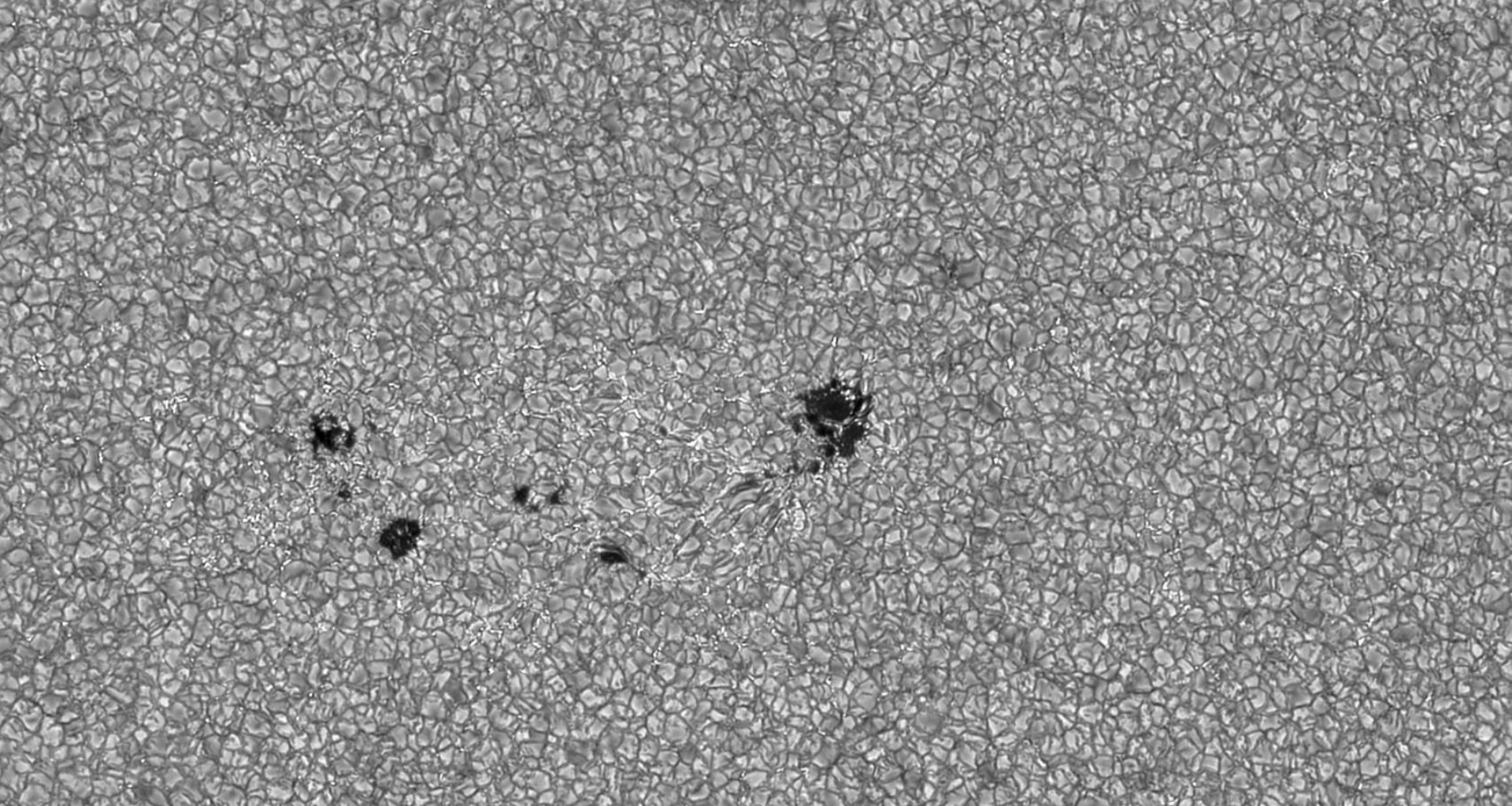
Newton solaire 300 mm – Filtre OIII – 500 nm – FWHM = 12 nm



Newton solaire 300 mm - Bande G – 430 nm – FWHM = 1.9 nm



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



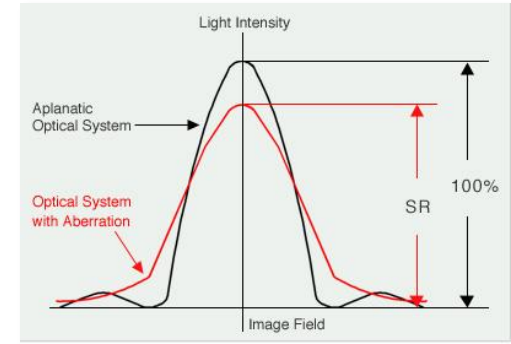
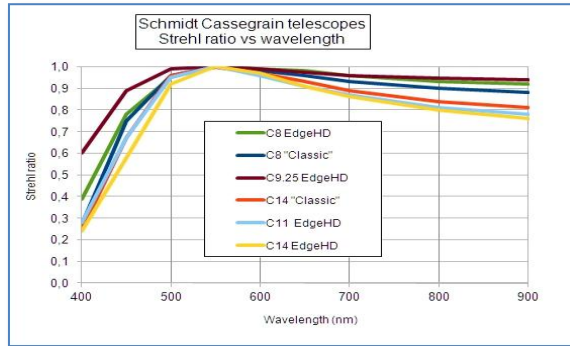
Newton solaire 300 mm – K-line – 396 nm – FWHM = 10 nm

La chromosphère en Ca K et H

- Des questions d'optique : sphérochromastime des lunettes en proche UV
- Des questions sur la gestion du flux d'énergie :
 - Quel filtre ERF en Ca H et K ?
 - Miroir non aluminé ?
- Résolution spectrale des filtres Ca H et K :
 - bande passante et contraste des images, double-stack ?

Une difficulté pour l'optique ...

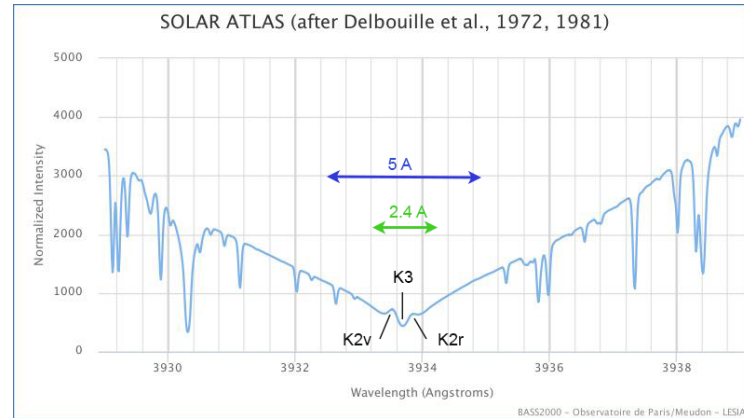
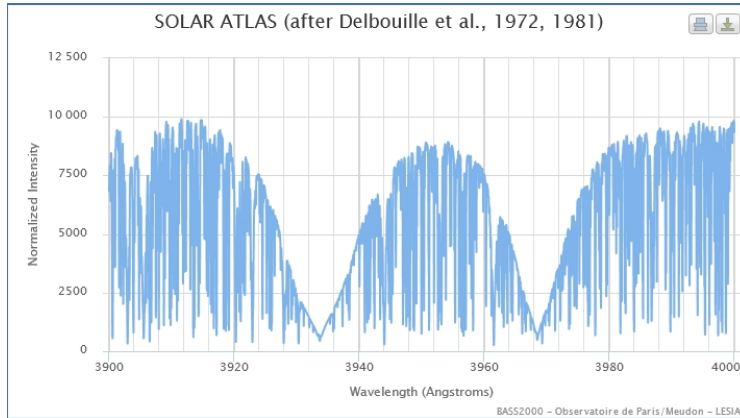
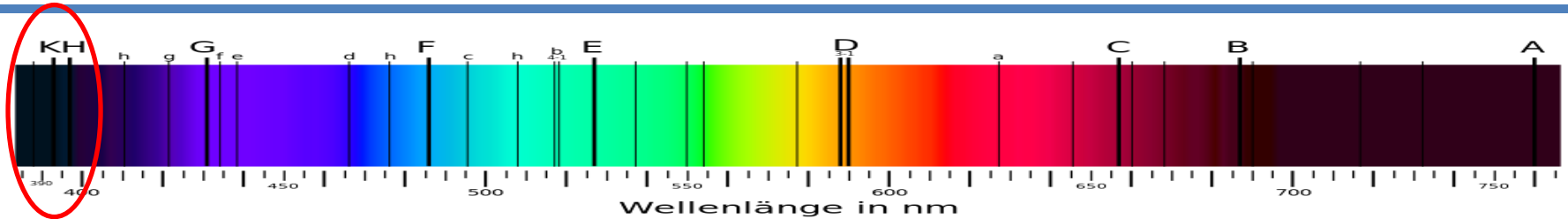
- Les Schmidt-Cassegrain ne conviennent pas (non limités par diffraction en UV):



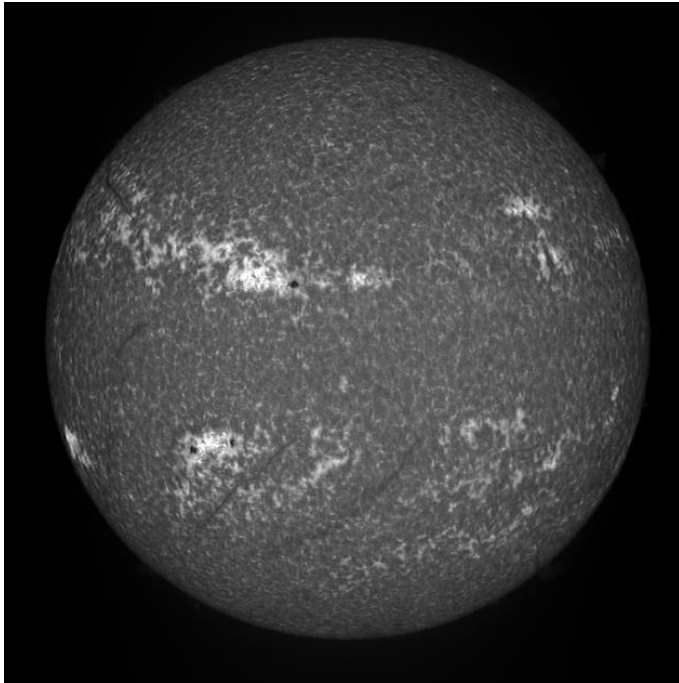
- La grande majorité des lunettes est calée dans le vert, non limitées par diffraction dans proche UV (forte aberration de sphéricité).
 - Re-spacing : changer l'espace entre les deux lentilles de l'objectif.
- Lunette avec ouverture diaphragmée.
- Instrument idéal : télescope à miroirs (Newton, Cassegrain, DK)

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

La bande passante ...

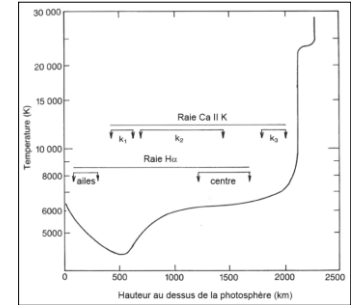
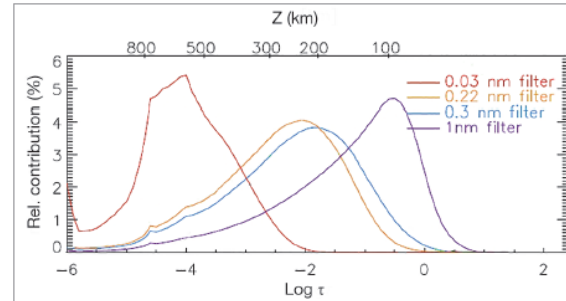


L'influence de la bande passante



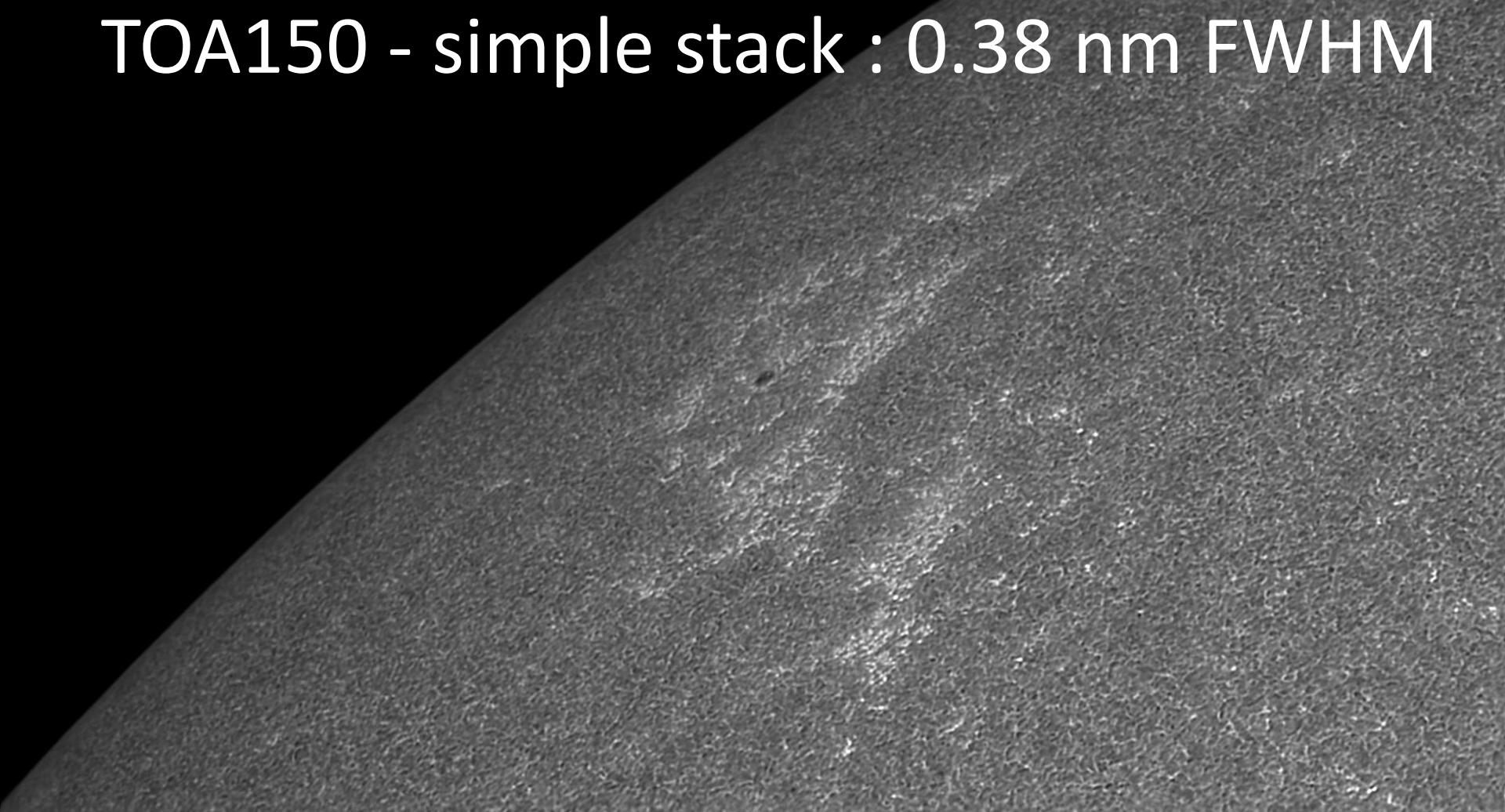
Guillaume Poignant – Sol'eX – 10/07/2022
(résolution spectrale 0.5 à 1 Å ??)

- Quand bande passante diminue, on échantillonne une hauteur plus élevée dans la chromosphère.



- Les filaments sont moins contrastés en Ca II qu'en H α du fait d'une profondeur optique nettement plus faible.
- Filaments et les fibrilles commencent à devenir visibles (difficilement) en-dessous de 1.5 Å FWHM.
- Les filtres Ca K commerciaux « classiques » vont de 2 à 5 Å FWHM.
- Série « limitée » à 1 Å FWHM.
- Intérêt du double stack (comme en H α).

TOA150 - simple stack : 0.38 nm FWHM



31 May 2020 - 8h40min UT - Takahashi TOA 150 - 50 mm sub-aperture blue ERF - EO 394-10 nm filter - Ca K Alluxa filter 393.44-0.37 nm
Scale : 0.18 arcsec/pixel - ASI290 camera - Exposure : 60 frames x 01.2 ms - Solar Scintillation Monitor (Min/Avg/Max) : 0.65 / 1.01 / 1.41 arcsec

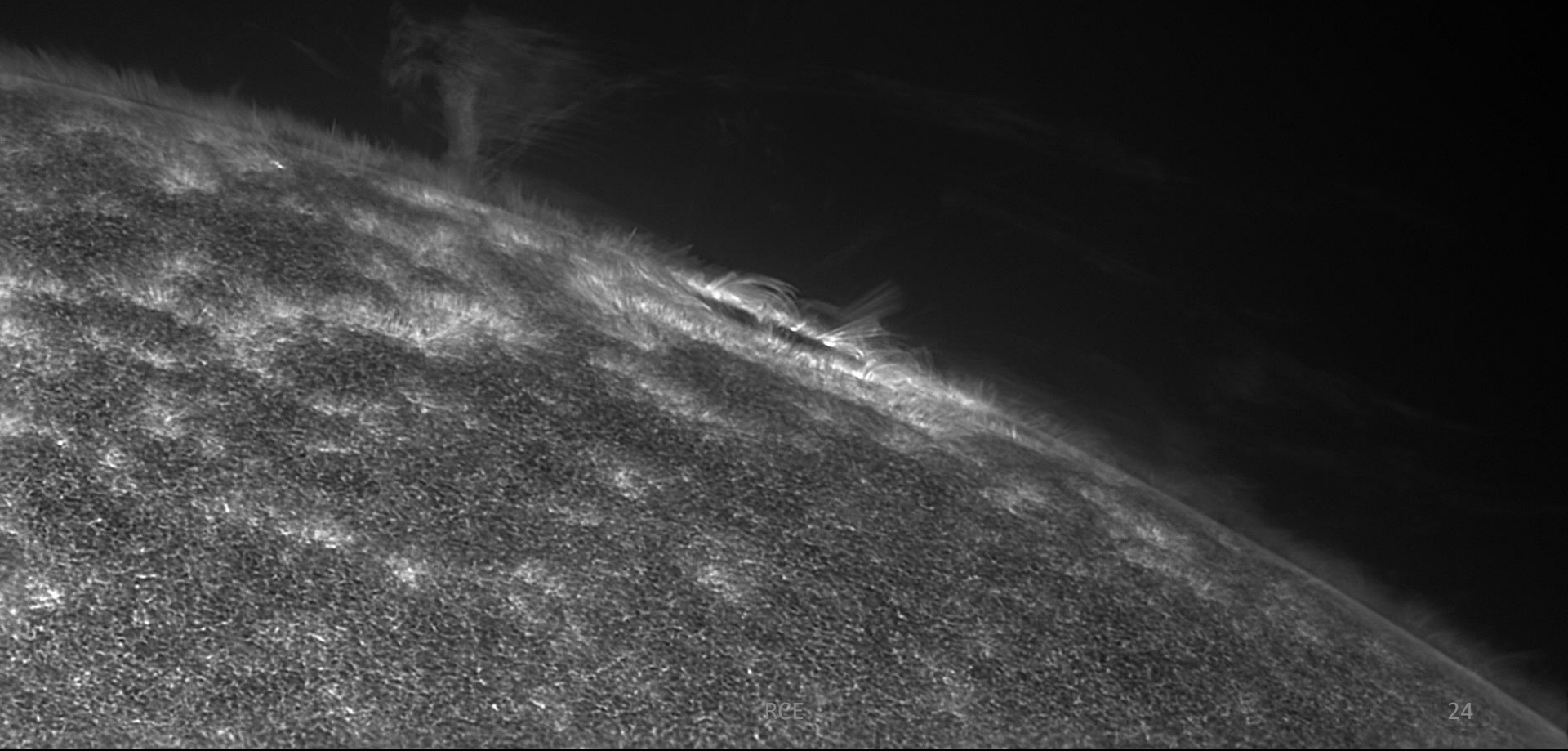
Double stack : 0.38 nm + 0.24 nm



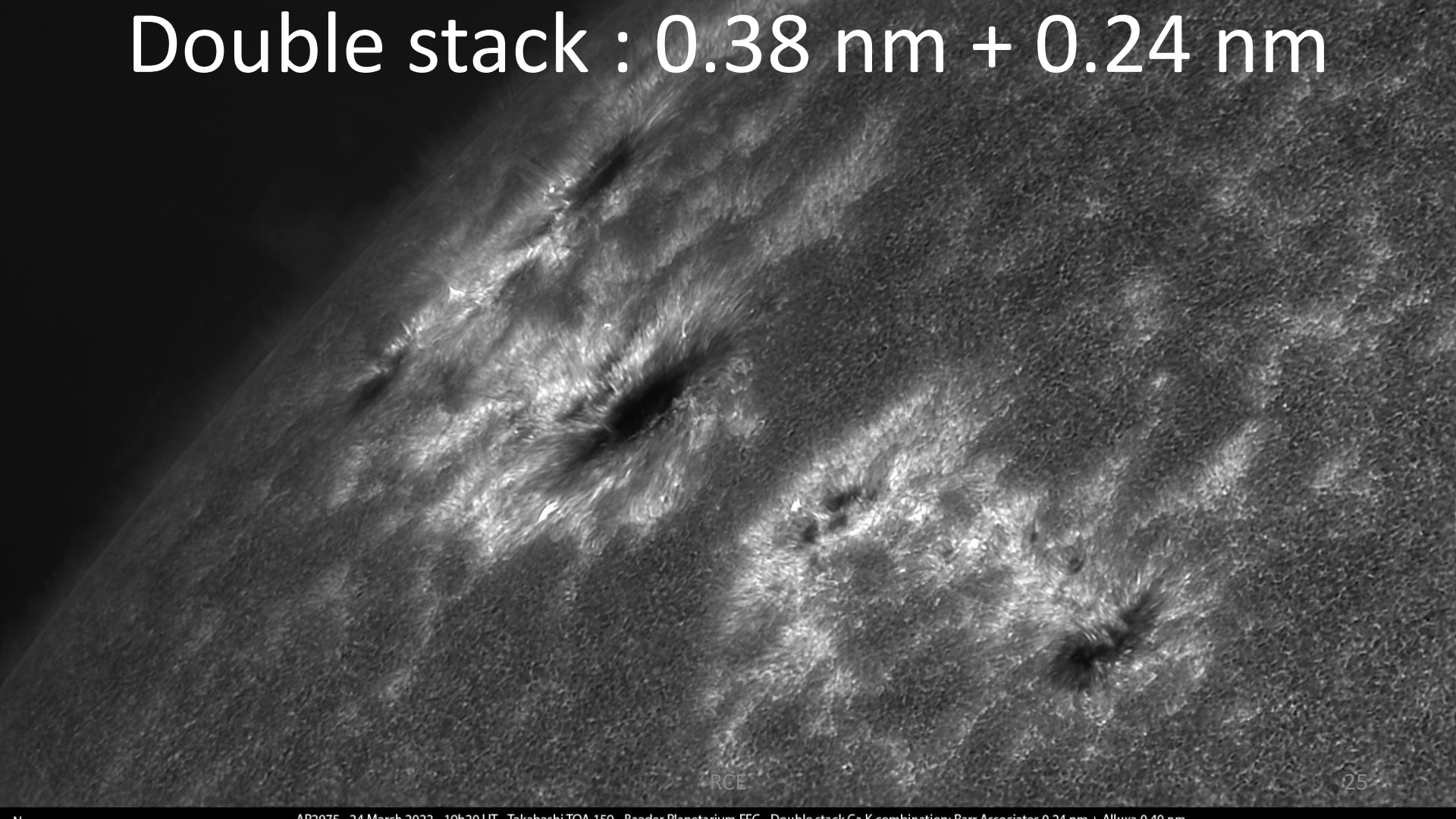
58min UT - Takahashi TOA 150 - 50 mm sub-aperture blue ERF - EO 394-10 nm filter - Barr filter 393.25-0.24 nm - Alluxa filter 393.44-0.37 nm
5 sec/pixel - ASI290 camera - Exposure : 120 frames x 6 ms - Gain = 100 - Solar Scintillation Monitor (Min/Avg/Max) : 0.37 / 0.81 / 1.85 arcsec

RCE

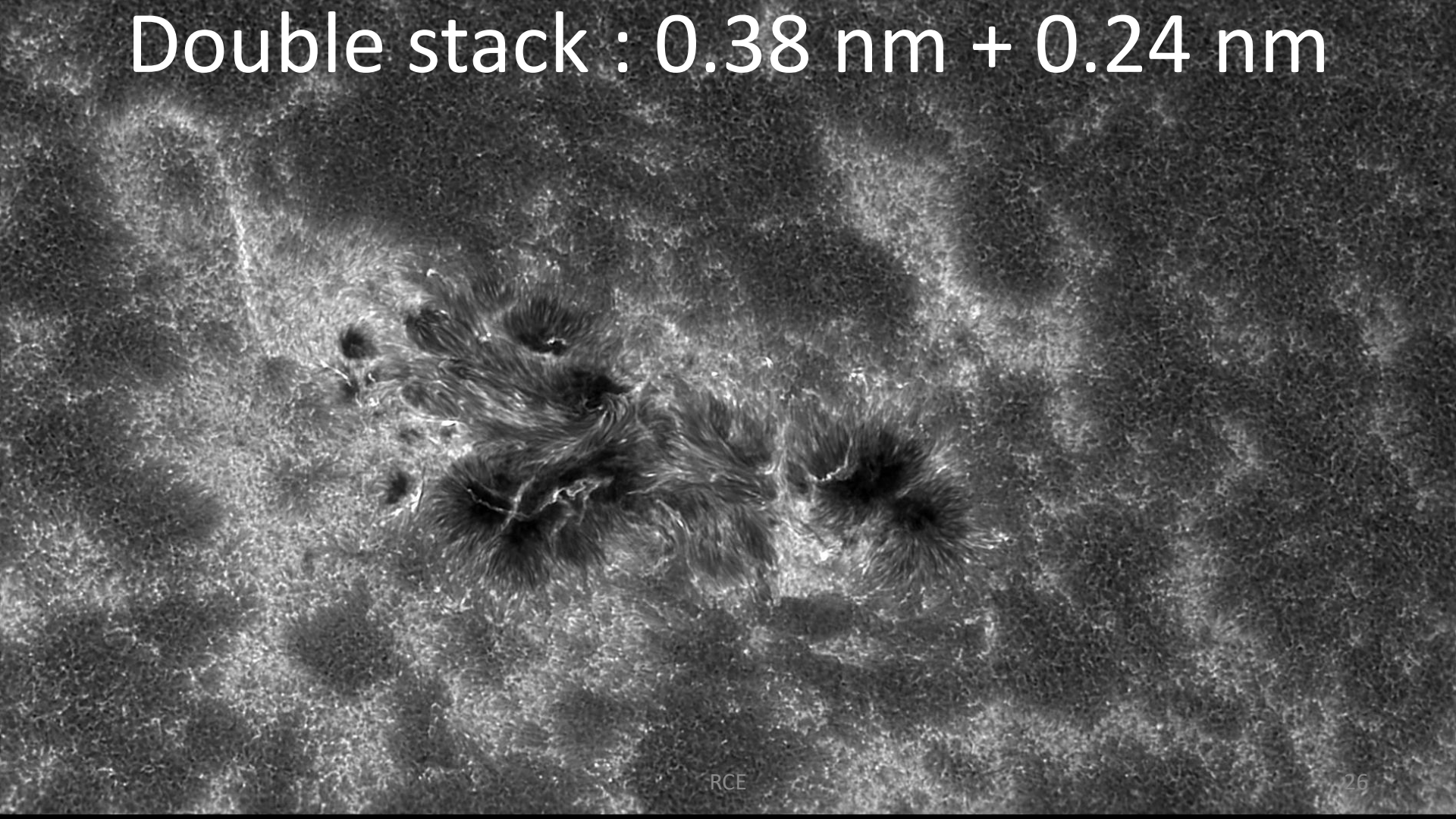
Double stack : 0.38 nm + 0.24 nm



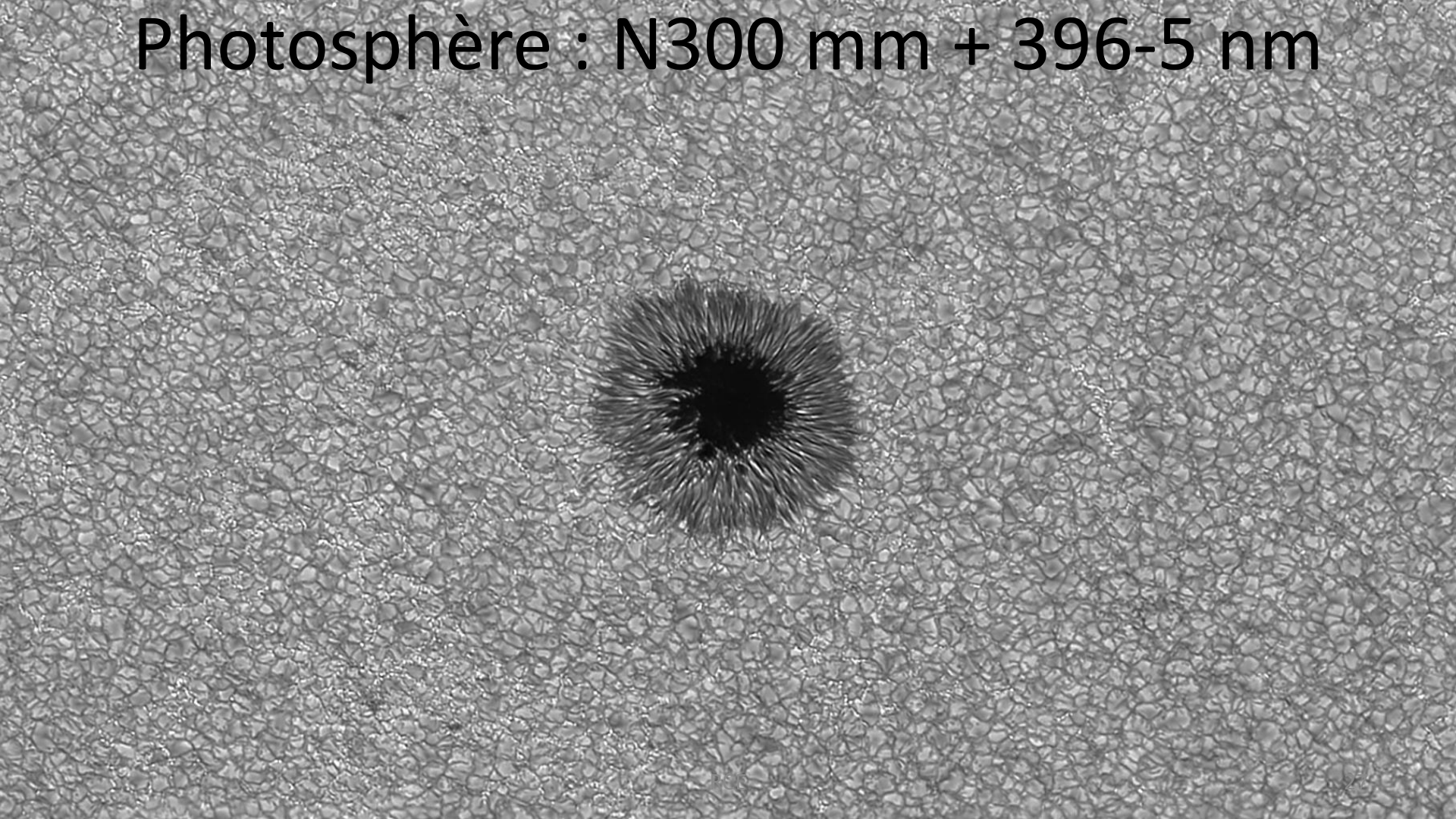
Double stack : 0.38 nm + 0.24 nm



Double stack : 0.38 nm + 0.24 nm



Photosphère : N300 mm + 396-5 nm



Chromosphère: N300 + Ca K 0.38 nm

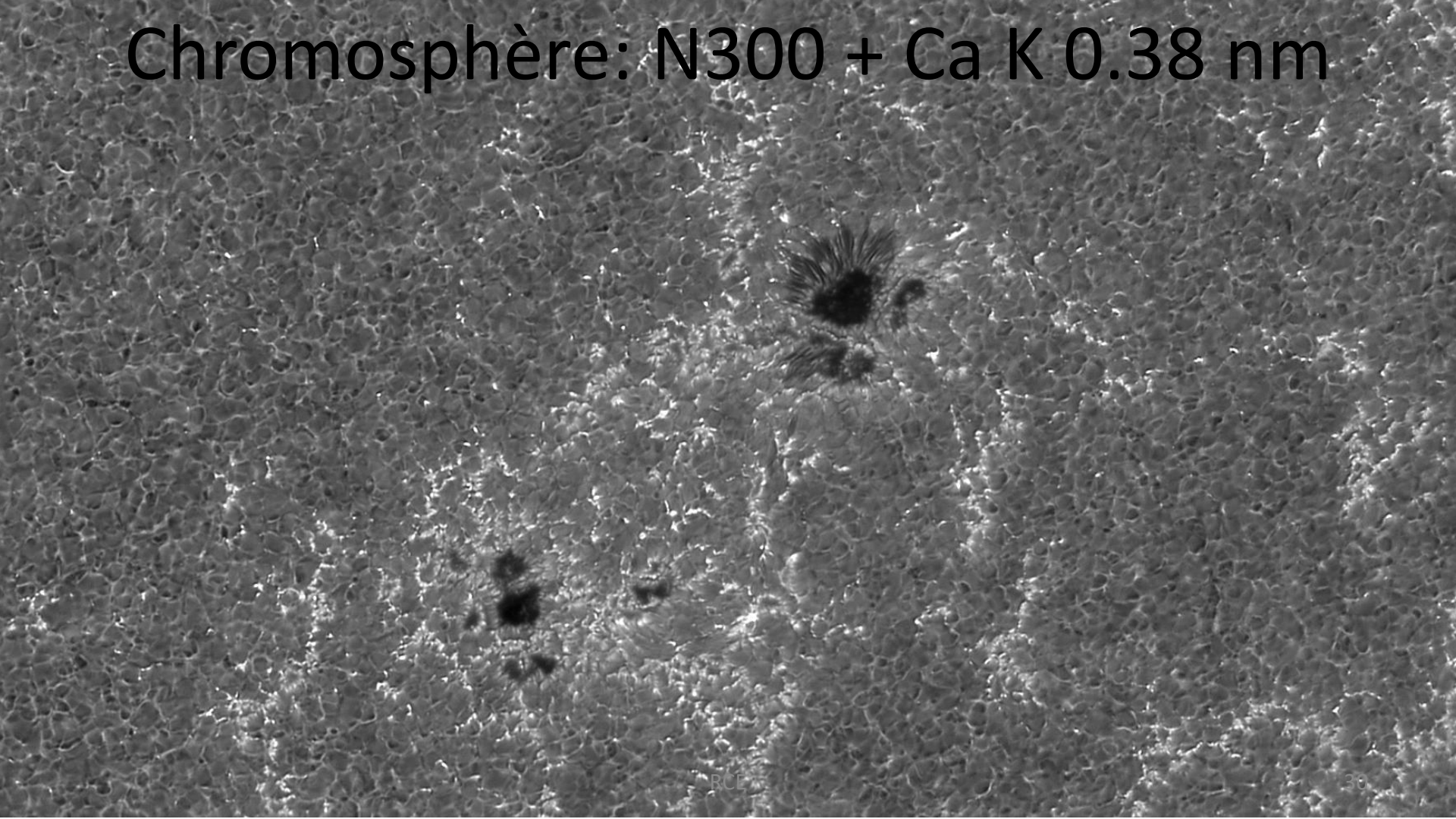


AR3074 - 10 August 2022 - 9h26 UT - 300 mm solar Newtonian - Baader Planetarium FFC - Alluxa 0.37 nm Ca K filter
Scale : 0.09 arcsec/pixel - ASI 290 camera - Exposure = 150 frames x 4 ms - Gain = 100 - Solar Scintillation Monitor (Min / Avg / Max) = 0.32 / 0.73 / 1.69 arcsec
RCE
Christian Viladrich

Photosphère : N300 mm + 396-5 nm



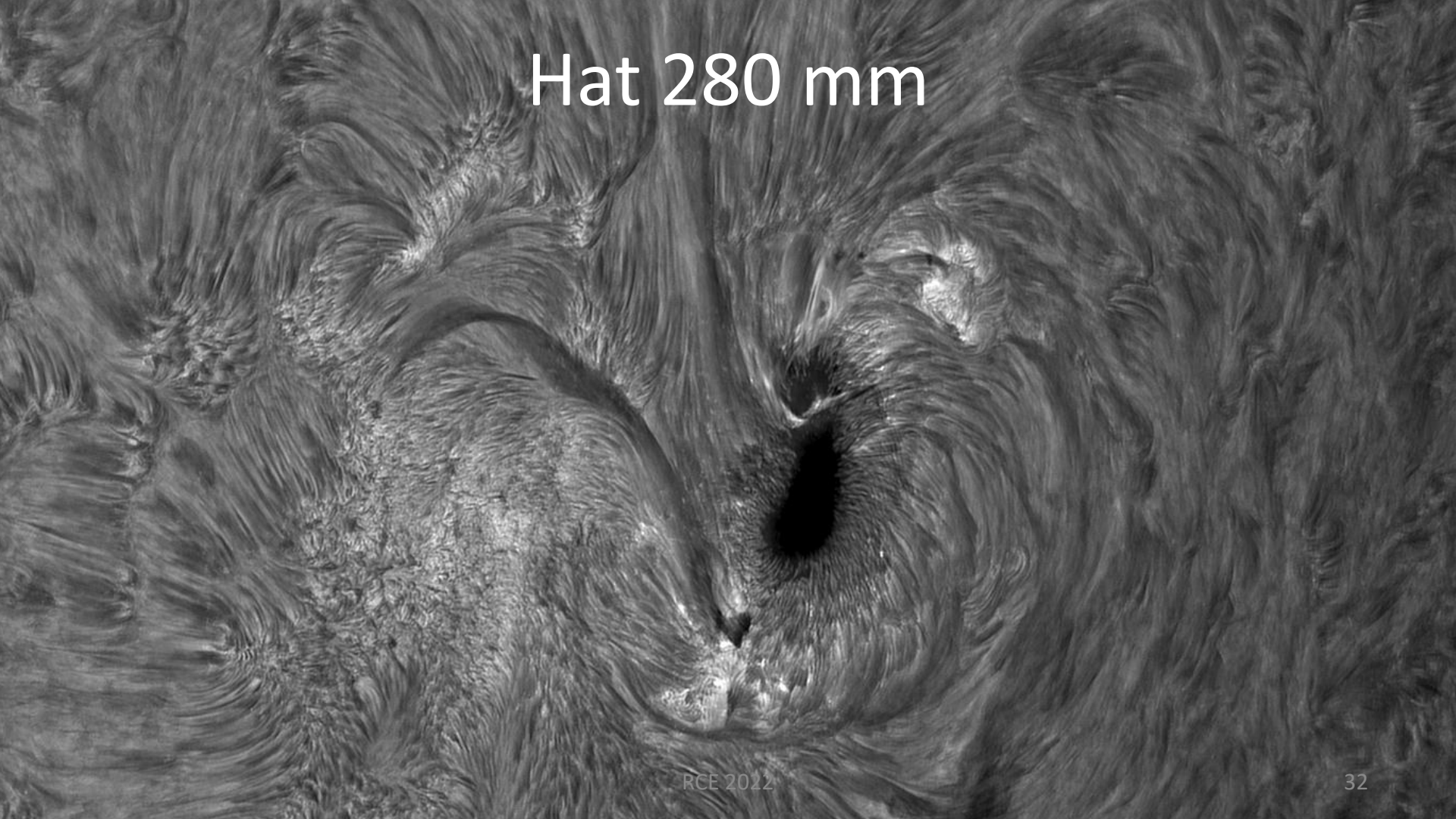
Chromosphère: N300 + Ca K 0.38 nm



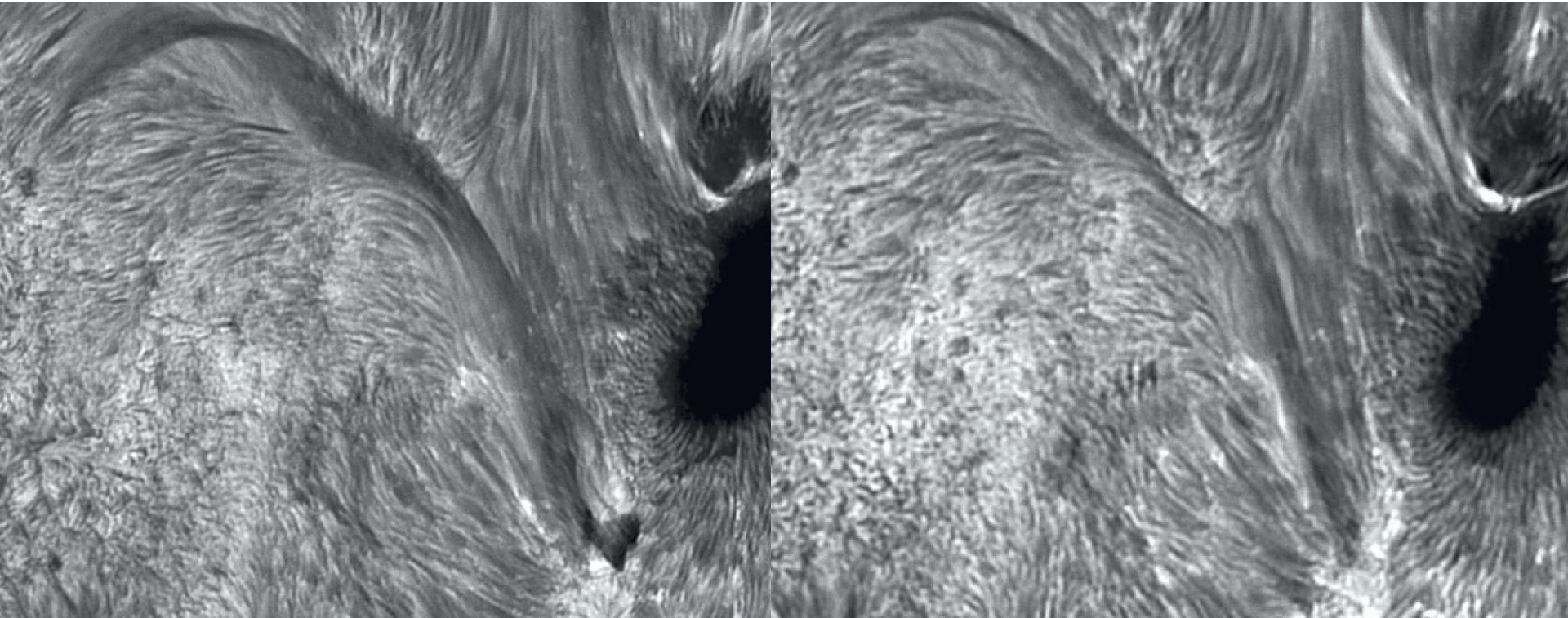
La chromosphère en H α

- Gestion du flux d'énergie :
 - ERF pleine ouverture : diamètre max 160 à 300 mm.
 - ERF en position interne pour lunette.
 - Baader Schmidt-Cassegrain triband (280 mm), Airylab Hat 280 mm.
- Résolution spectrale des images :
 - Intérêt du double stack pour augmenter la sélectivité et le contraste des images.

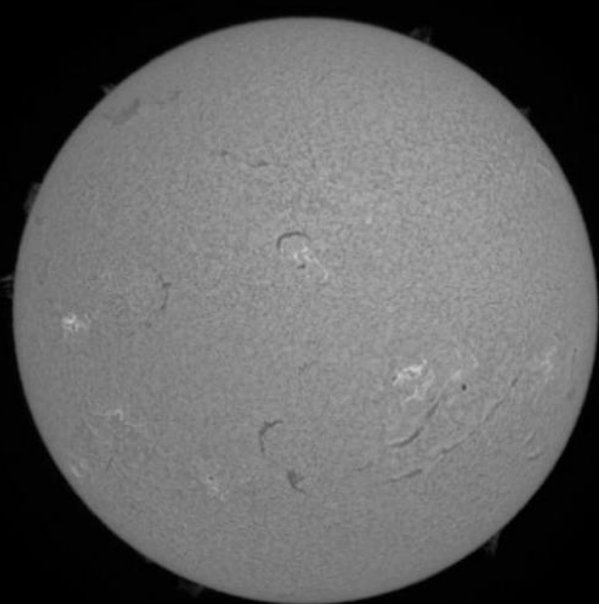
Hat 280 mm



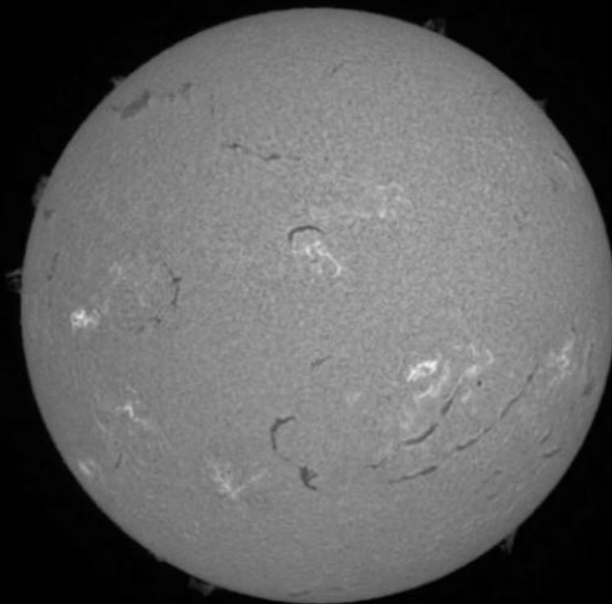
Hat 280 mm versus C8



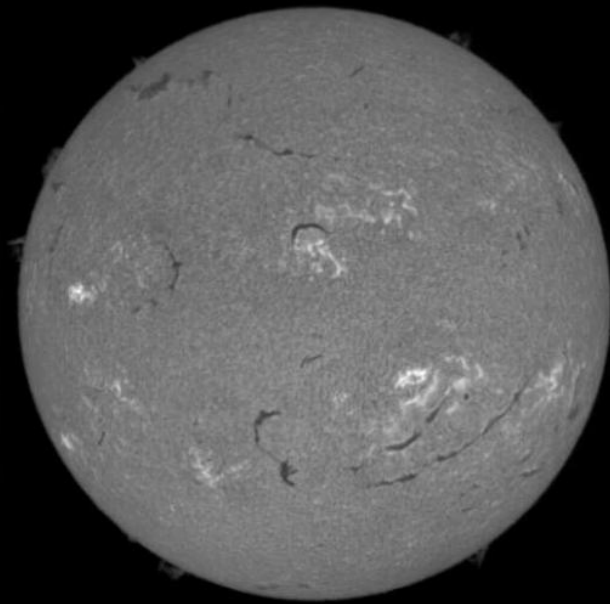
Simple/double/triple stack



Lunt 60mm BF 1200
GSO 0,5 + ZWO ASI178mm

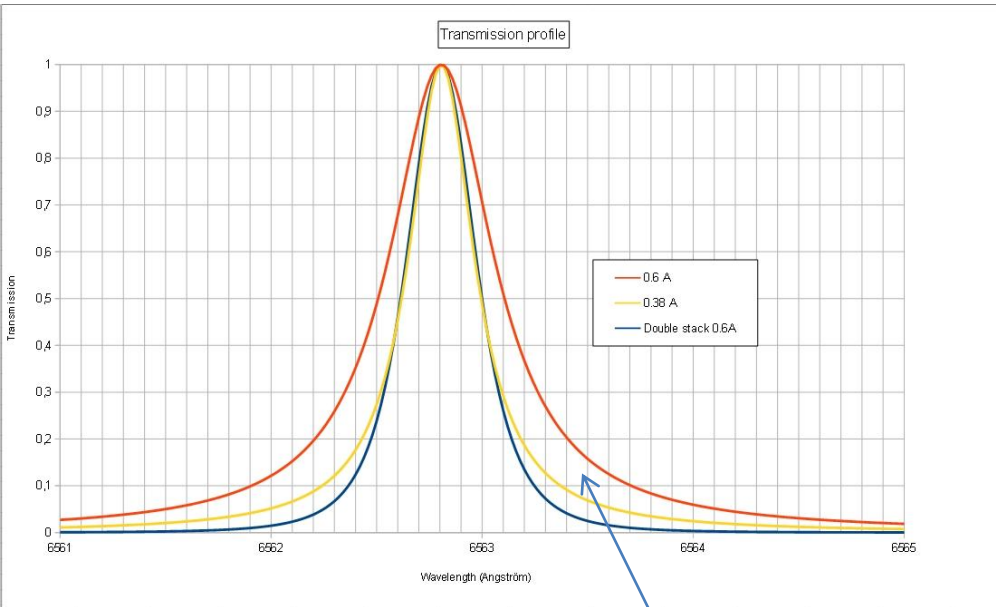


Lunt 60mm BF1200
Coronado SM II 60mm
GSO 0,5 + ZWO ASI178mm

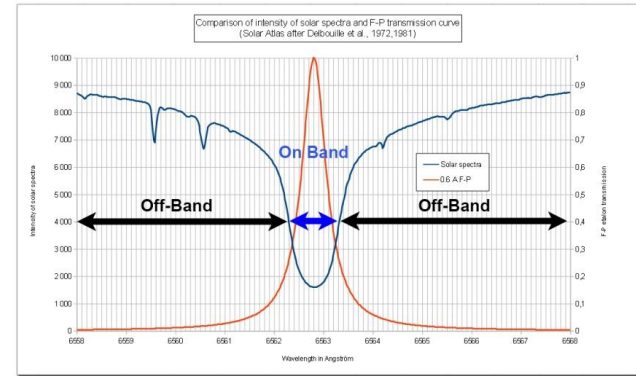


Lunt 60mm
Coronado SM II 60mm
Daystar Combo Quark Cromo
GSO 0,5 + ZWO ASI178mm

Double stack et sélectivité d'un filtre



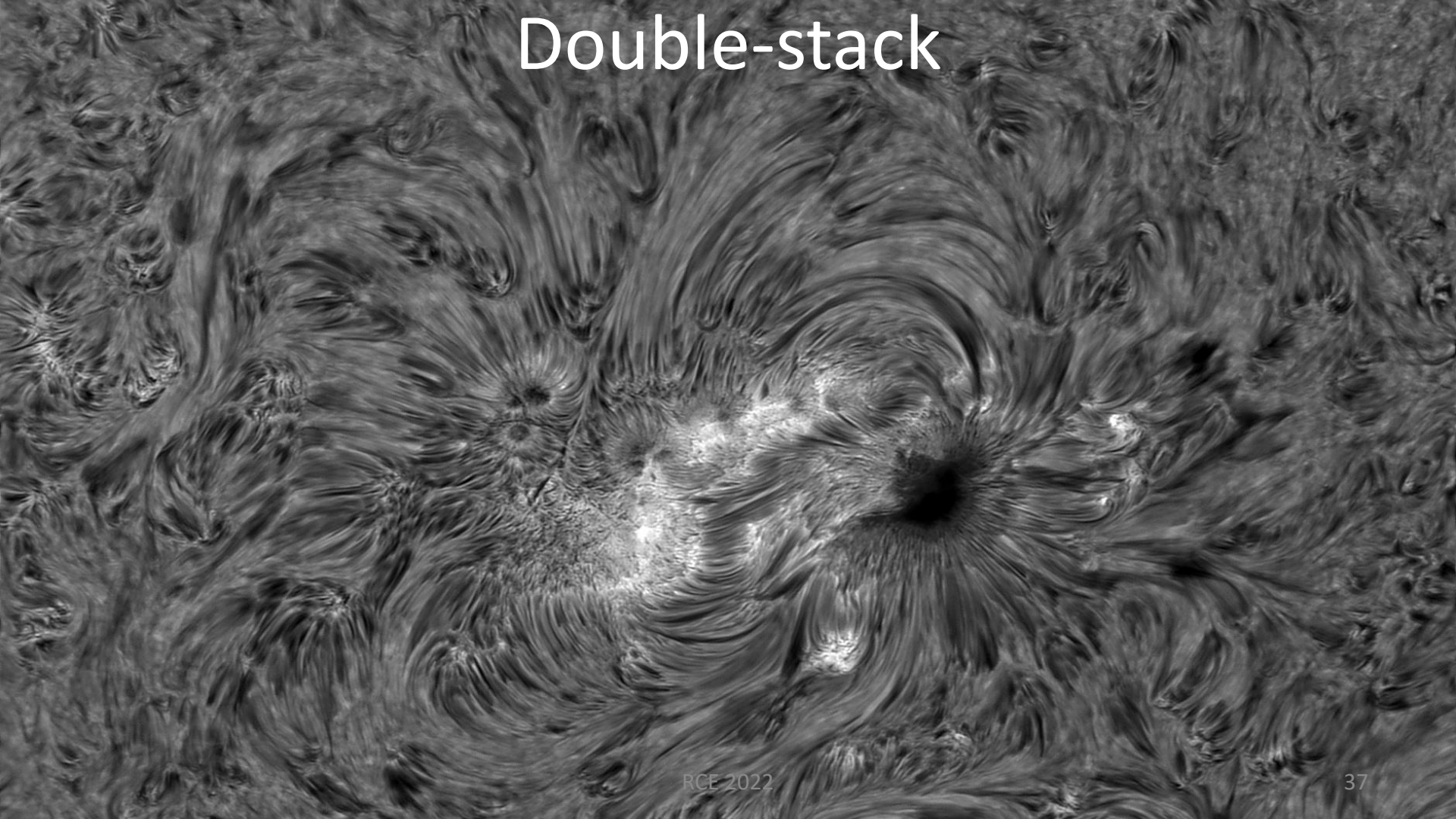
Blocage lumière de la
photosphère



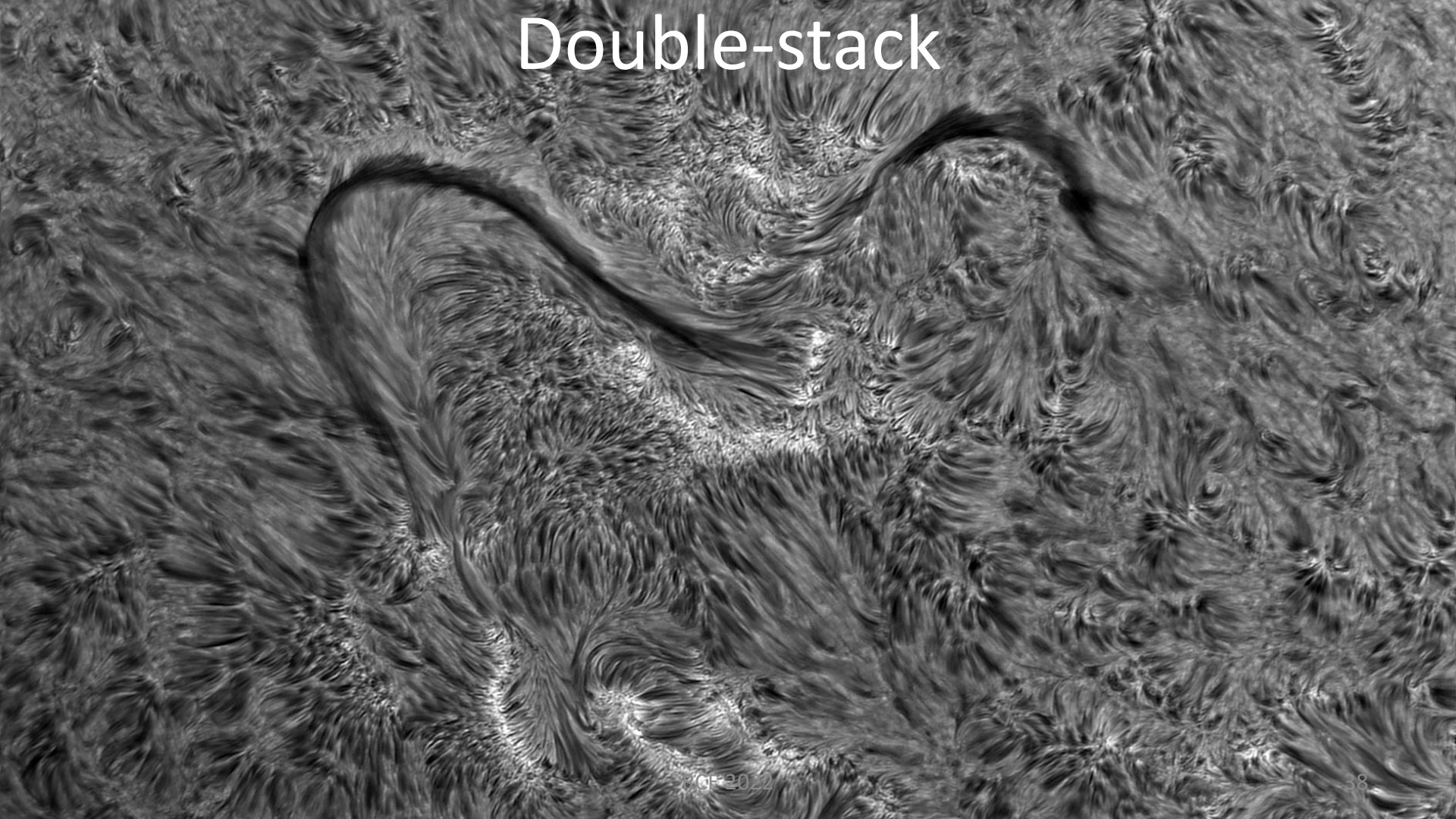
Faisceau télécentrique f/28			
Etalon mica			
Etalon 1	Etalon 2	Etalon 3	Selectivity
FWHM	FWHM	FWHM	
0.6 Å			36%
0.6 Å	2 Å		50%
0.3 Å			53%
0.6 Å	1.5 Å		54%
0.7 Å	0.7 Å		63%
0.7 Å	0.7 Å	0.7 Å	77%

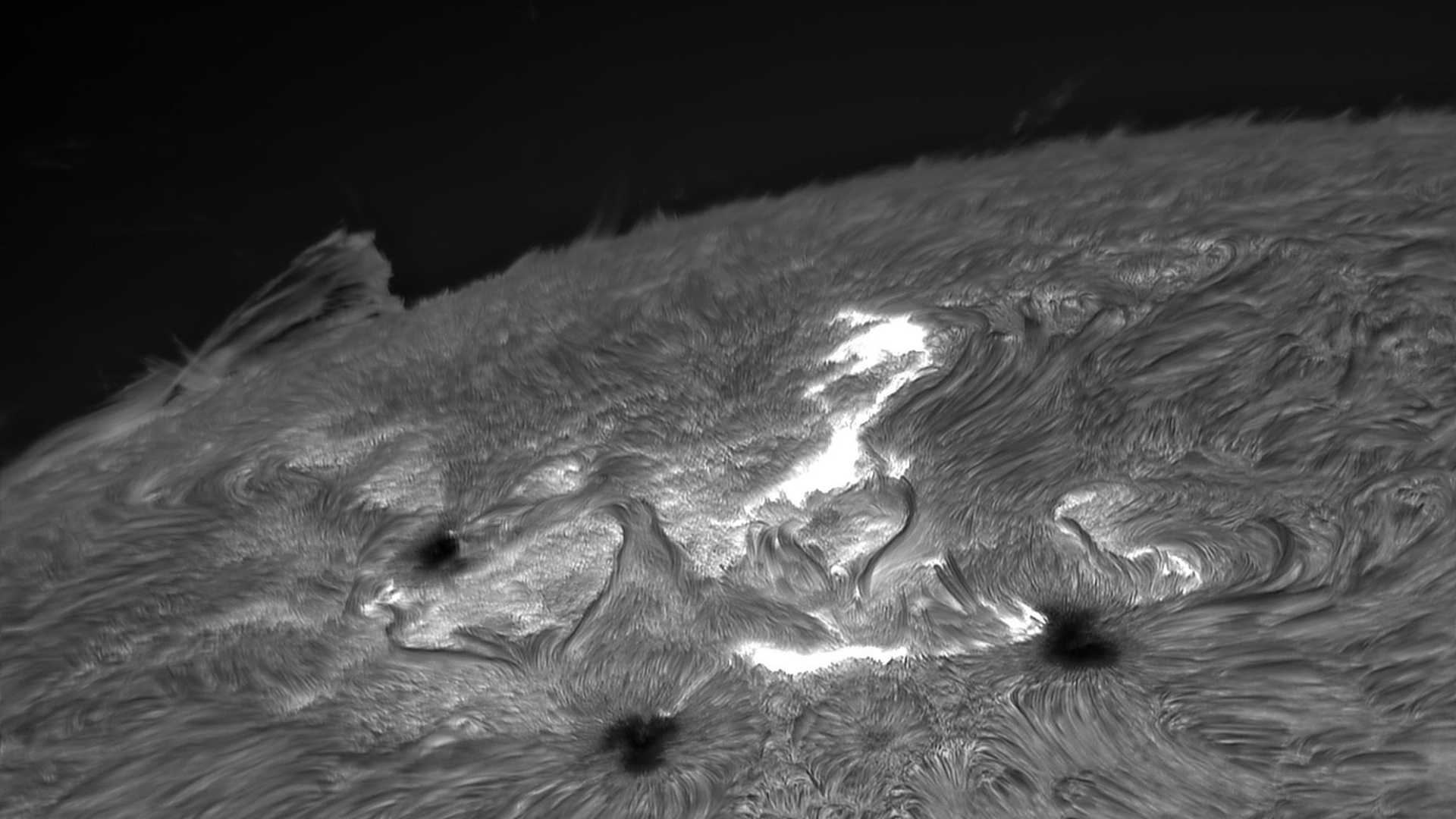
Simple stack

Double-stack

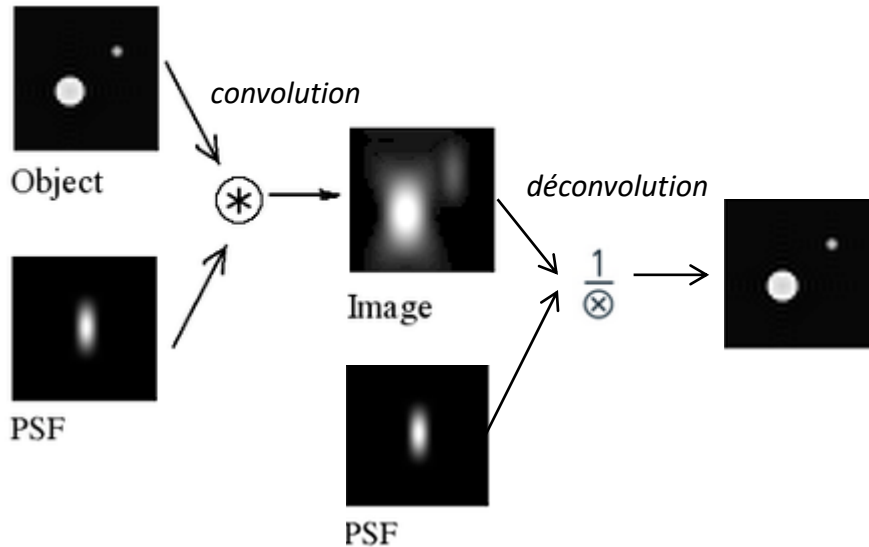


Double-stack

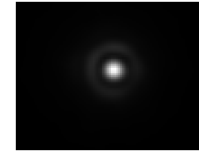




Déconvolution par PSF (Wiener)

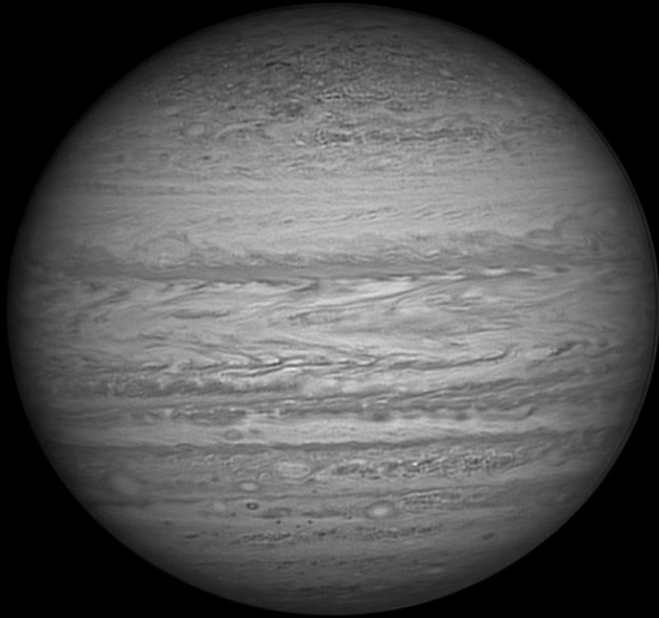


- PSF (Point Spread Function) = fonction d'étalement de l'instrument = image d'une étoile non déformée par la turbulence.

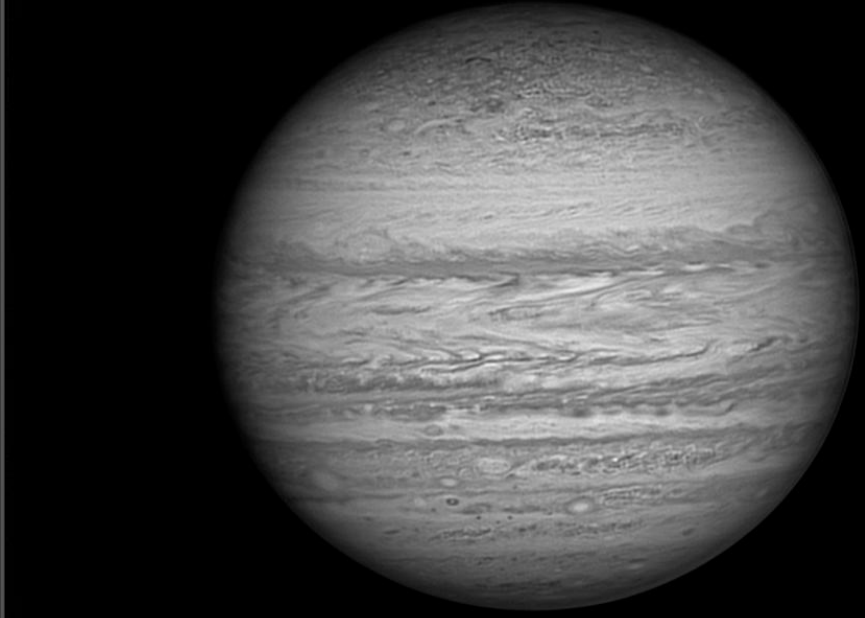


- La PSF intègre tous les « défauts » optiques de l'instrument (obstruction centrale, trefoil, coma, astigmatisme, etc.).
- La PSF dépend de la longueur d'onde (donc du filtre utilisé).
- Attention : après déconvolution par la PSF, l'image sera toujours limitée par la diffraction, mais les problèmes de rebonds dus au 1^{er} et 2^e anneau de diffraction, et les aberrations optiques seront atténués.
- La collimation de l'instrument doit être très stable.

A tester en imagerie solaire HR ?

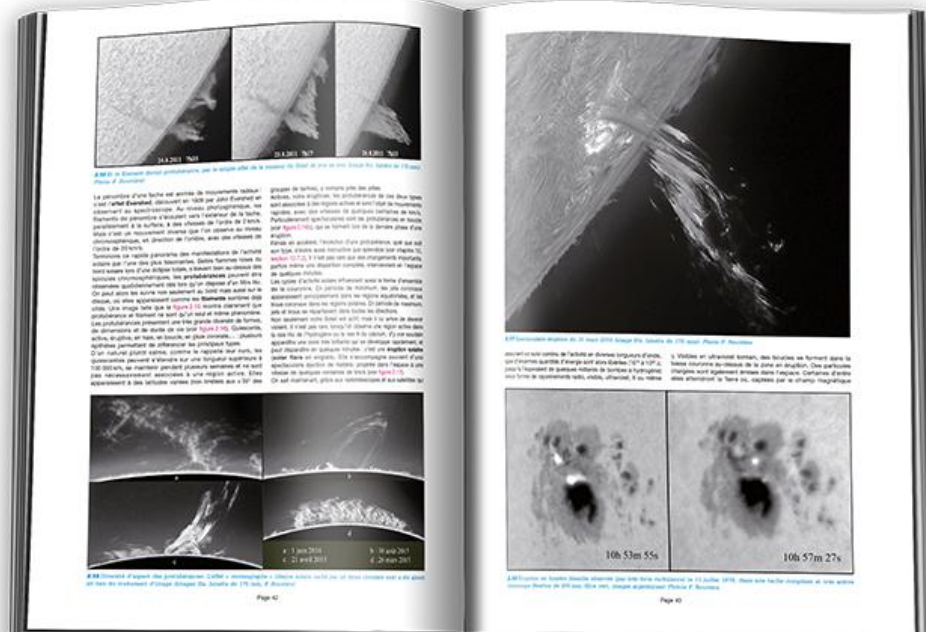
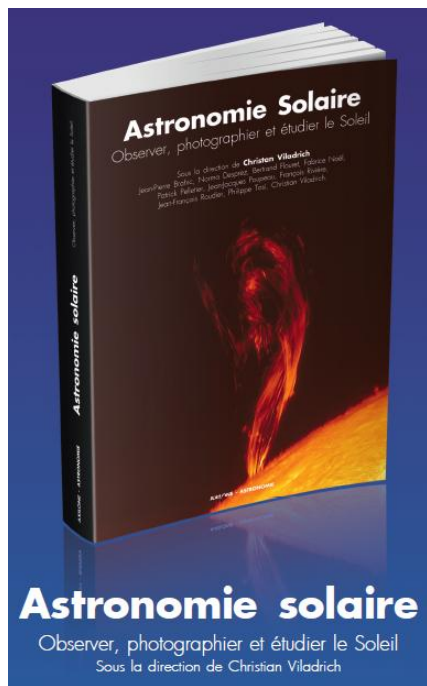


Traitement « classique » (par ondelettes)



Wiener PSF deconvolution + ondelettes

Merci de votre attention ...Questions ?



<http://www.astronomiesolaire.com/>