

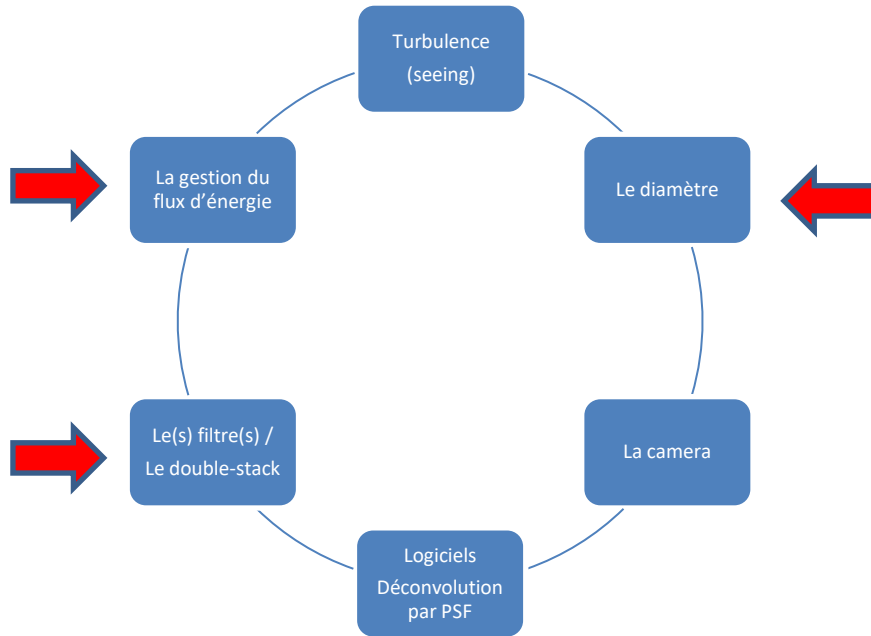
La haute résolution solaire en 2025

Christian Viladrich

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

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

Le cocktail nécessaire pour la HR



- Photosphère :
 - bande G, filtres proche-UV,
 - couleur des taches.
- Chromosphère en $H\alpha$:
 - simple-stack et double-stack.
- Chromosphère en Ca K (ou H) :
 - simple et double-stack,
 - miroir traité Ca K.

La photosphère: beaucoup de progrès

- Des télescopes de diamètres de plus en plus grands :
 - Jusqu'aux années 2000 (argentique): lunette de 100 mm était sensé être « l'optimum ».
 - 2012 : premières images au C14.
 - 2015 : premières images au Newton solaire de 300 mm.
 - Actuellement: diamètres de 200 à 400 mm (surtout en Europe, et en particulier en France)
- De plus en plus de télescopes solaires à miroir non aluminé (notamment pour les grands diamètres).
- Mise sur le marché amateurs de filtres à bande étroite (FWHM = 2 à 3 nm)
 - G-band : 430 nm.
 - Proche UV : 393 nm.

Feuille Baader Astrosolar d 3.8



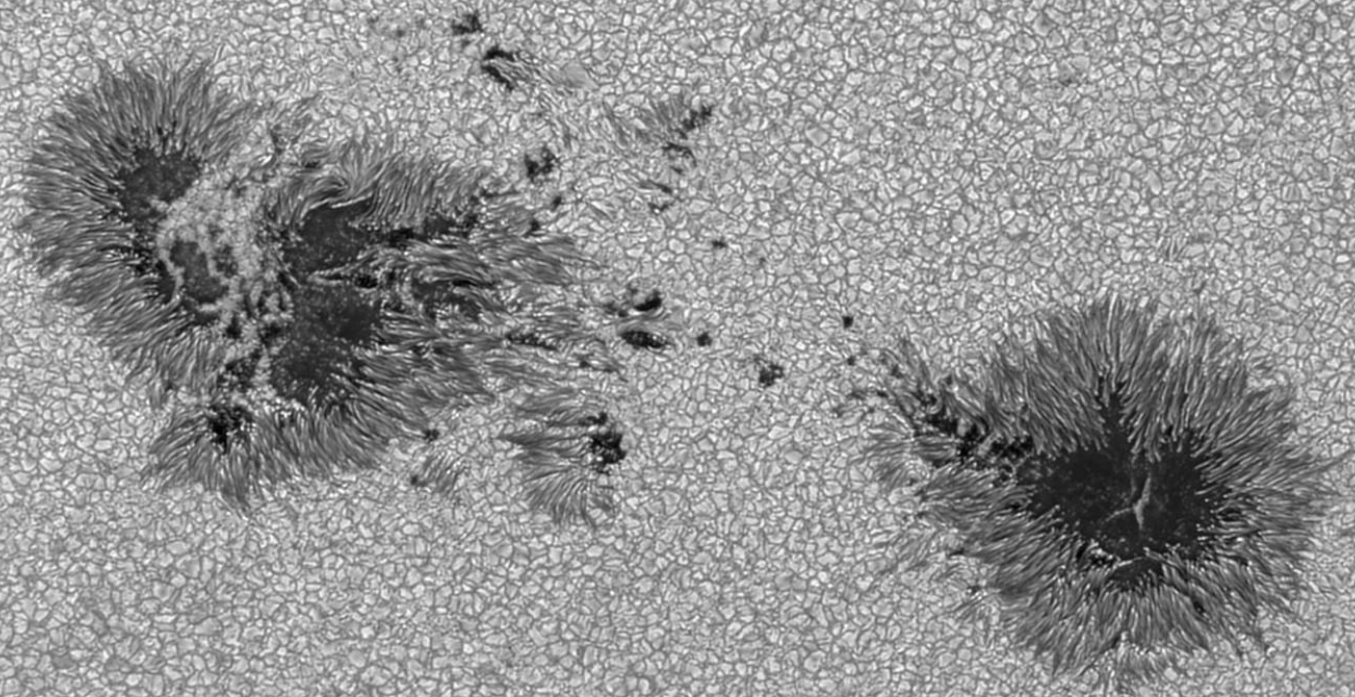
- Pour lunette ou télescope.
- Bonne qualité optique
- Peu onéreux.
- Limité au format A4 (télescope 200 mm).
- Transmission 1/6300 (densité 3.8), un peu sombre pour filtres de 10 nm de bande passante (continuum, K-line, bande G, etc..)



C14 + Astrosolar D 3.8



Mewlon 250 + Astrosolar D 3.8 + OIII



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.



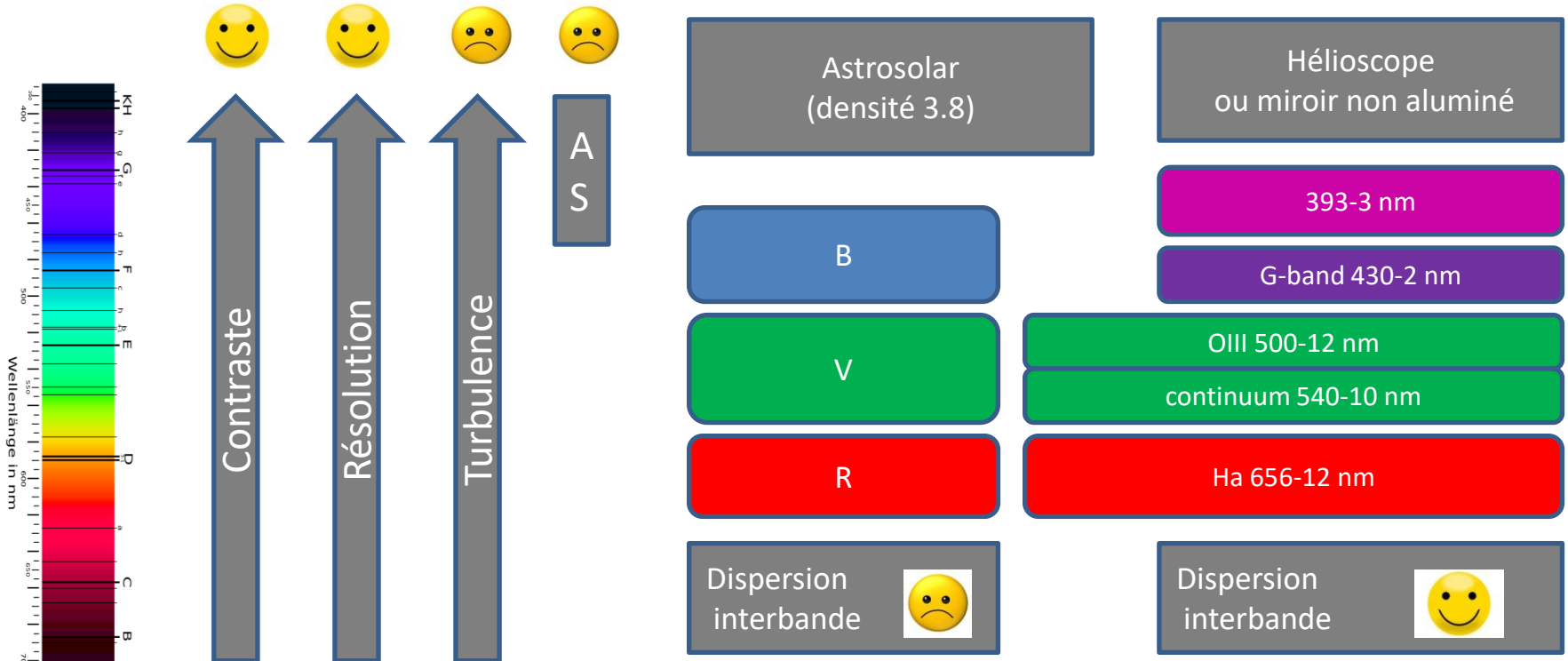
Télescope à miroir non aluminé



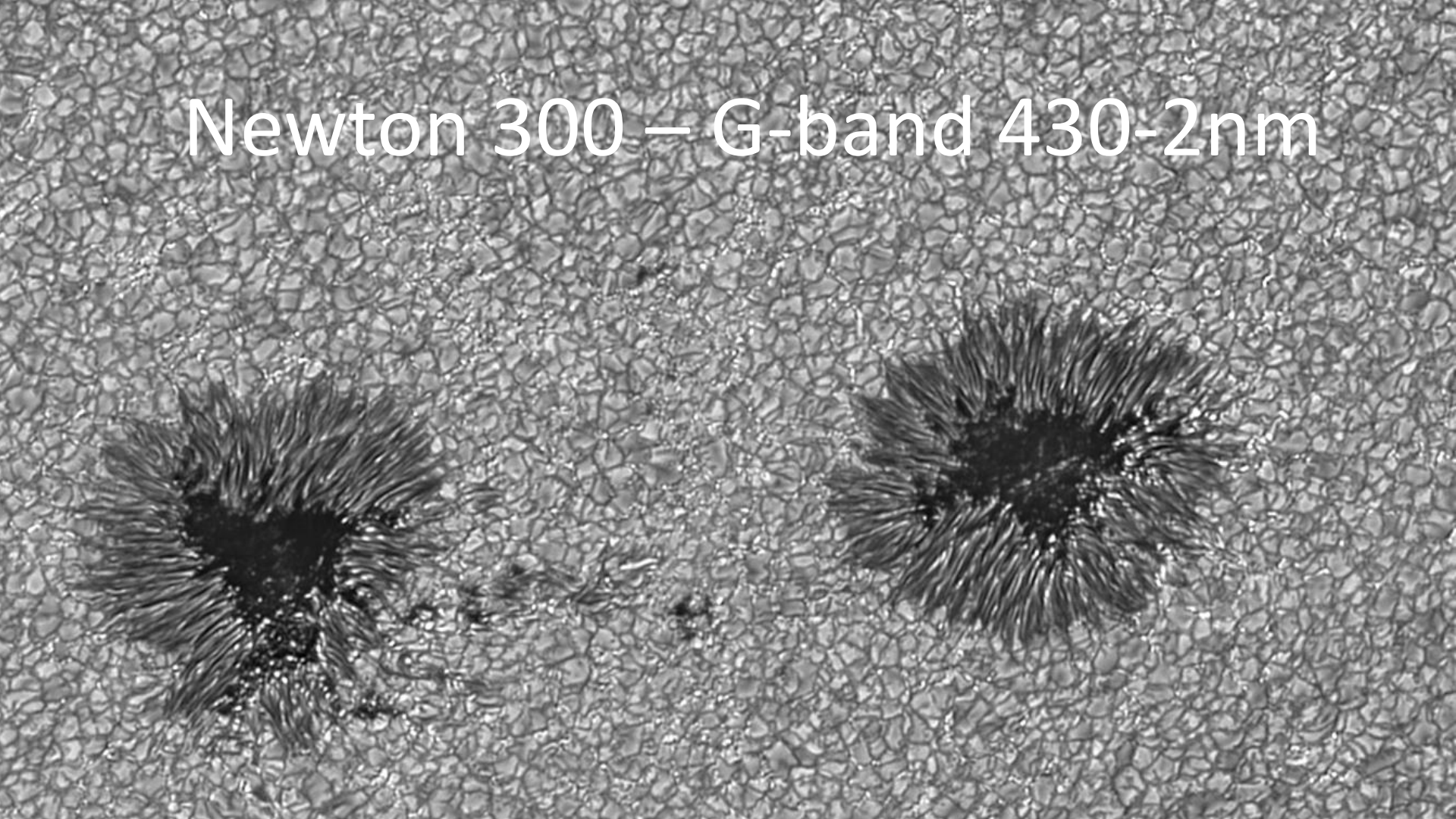
- Pas de limite au diamètre
 - max actuel = 400 mm (Alexandre Lhoest et David Domine)
- Transmission 4% => utilisation filtres à bande étroite, Ca K 0.38 nm faisable (si filtre haute transmission), mais pas assez de flux en H α .
- Nombre de surfaces air-verre minimal.
- Télescope uniquement dédié au solaire.



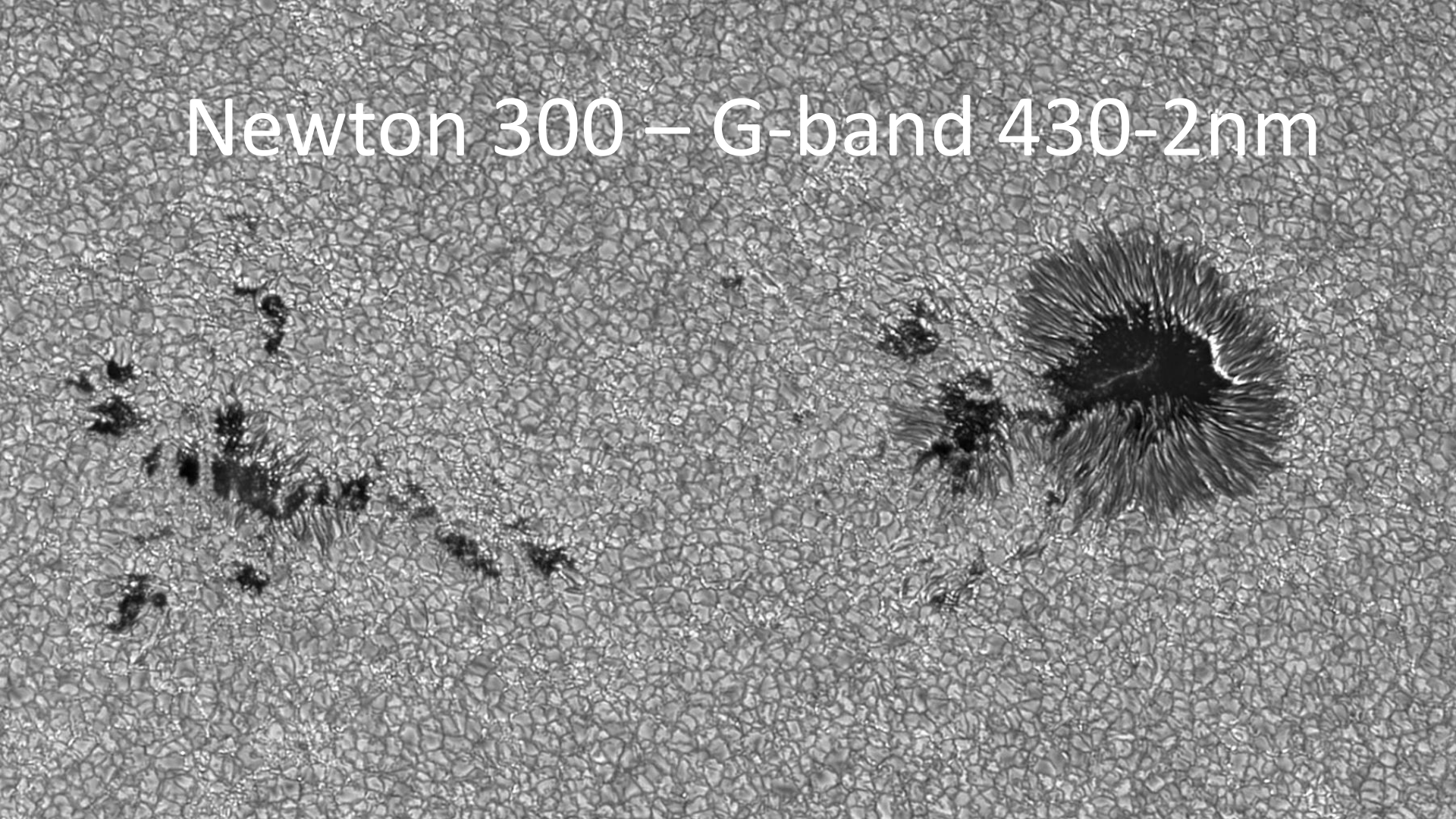
Les filtres complémentaires



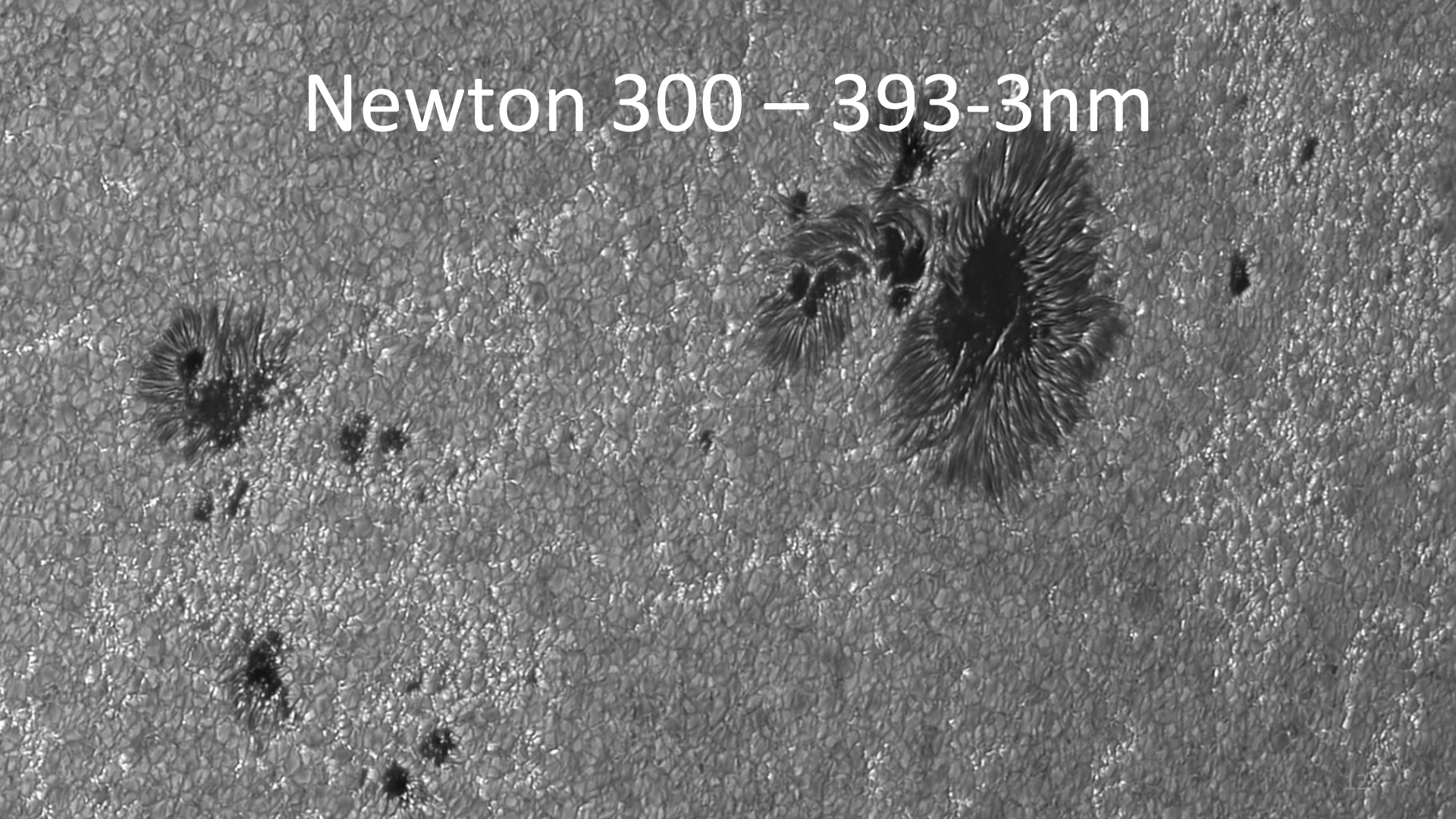
Newton 300 – G-band 430-2nm



Newton 300 – G-band 430-2nm

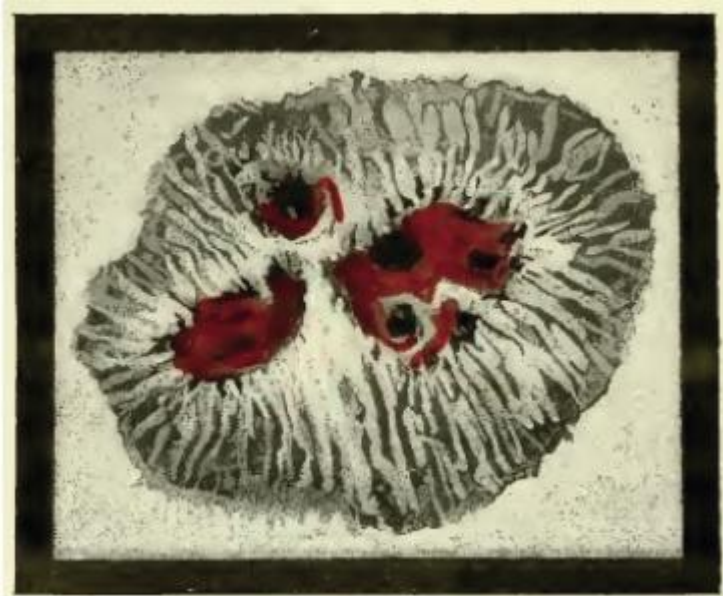


Newton 300 – 393-3nm



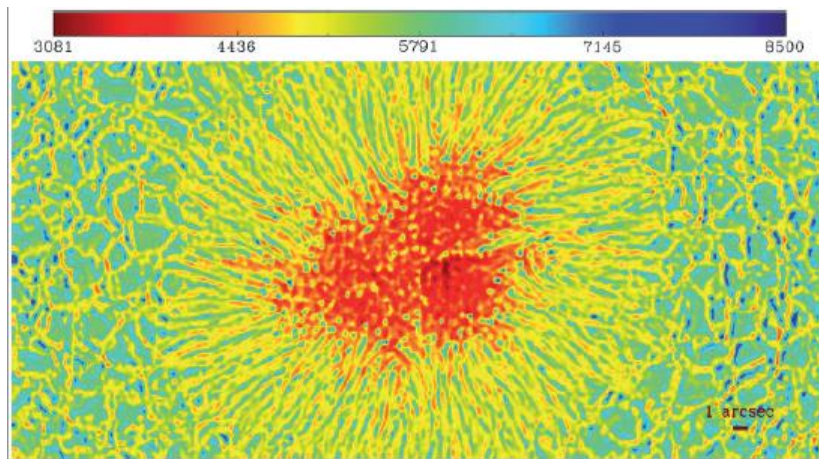
La couleur des taches

- Observations historique du Père Secchi à l'observatoire du Vatican (« Le Soleil » 1875).
- « Voiles roses à l'intérieur des taches » : certains uniformes, d'autres structurés.



La couleur dépend de la température

- 5800 K dans les granules, 5100 K dans zones intergranulaires, à 3800 K dans l'ombre.

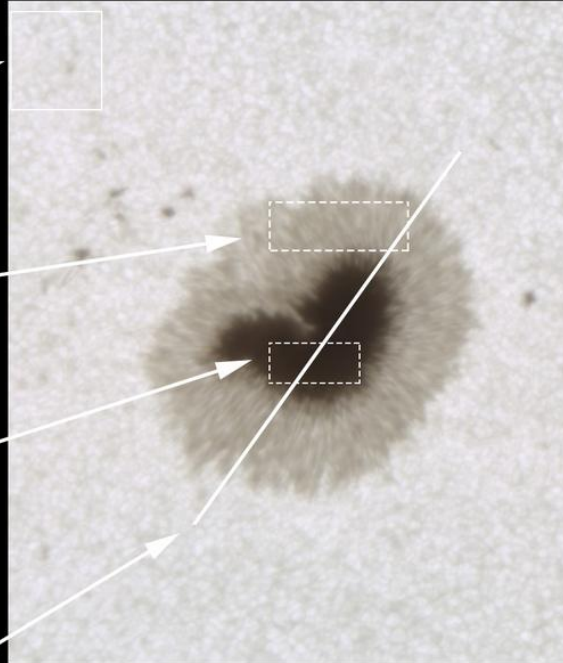
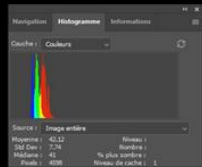
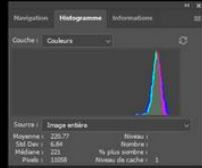


S. Koutchmy et al, Photometric properties of umbral dots, SOT, 2016

- Détectable en imagerie, mais en visuel ?

En imagerie : Mewlon 250 + ND3.8 + IMX662

Histograms of granulation , penumbra and umbra areas

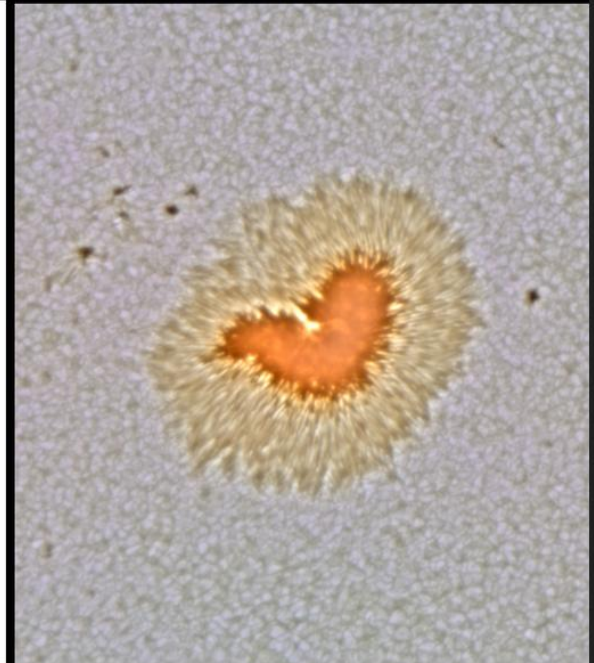


True color and linear visualisation

Christian Viladrich - France



True color and linear visualisation
with different
visualisation threshold

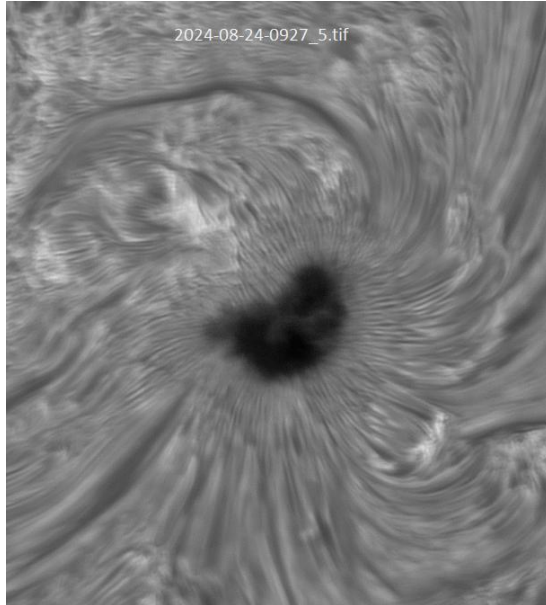


High dynamic range display :
Displayed image = Image / (Gaussian (Image (L), 10 pixel)
Equivalent to a composite image made of increasing exposure times.

- Ombre -

Voiles roses = umbral brightening ?

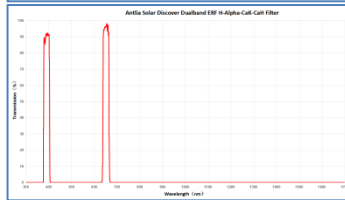
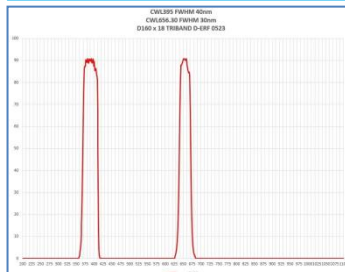
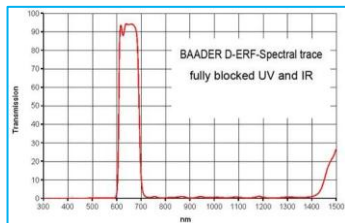
- Umbral brightening au Mewlon 250 (sans modification du contraste)
 - Luminosité = 50% de la chromosphère (mais avec filtre Ha).



La chromosphère en H α : les progrès

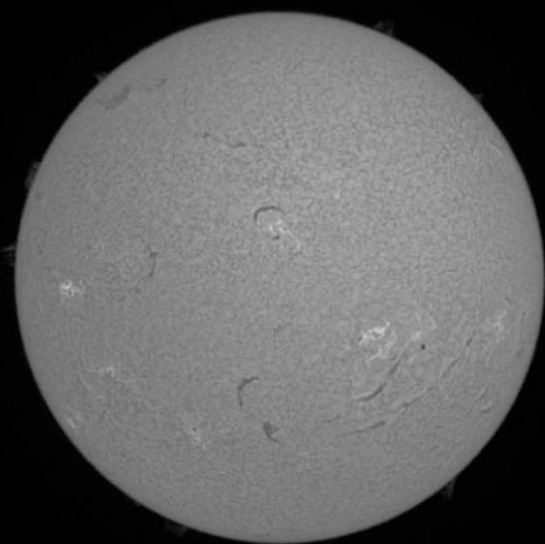
- En général, instruments « nocturnes » utilisés avec filtres Ha solaires.
- Diamètre et gestion du flux d'énergie
 - Filtres ERF : jusqu'à 200-230 mm.
 - Télescopes Newton à miroir traité : jusqu'à 300 mm.
- Amélioration du système de filtres H α pour la haute résolution (> 200 mm)
 - 2019 : début du double-stack en haute résolution.
 - 2023 : double-stack se démocratise (DayStar Quark + Lunt40).
 - 2025 : passage au double-stack à base d'étalons à air (beaucoup plus lumineux qu'étalons mica).

Filtre ERF (Energy Rejection Filter)

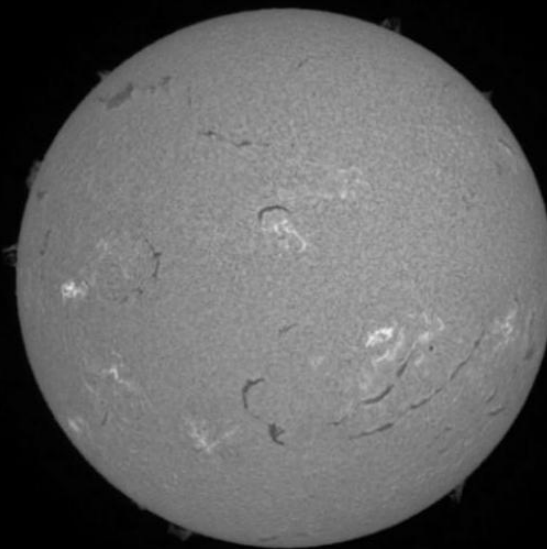


- Filtre ERF devant télescope ou lunette :
 - Baader ($H\alpha$): max 180 mm (290 mm), BW = 80 nm,
 - Altair ($H\alpha$ ou $CaII$ / $H\alpha$) : max 230 mm, BW = 40/30 nm,
 - Antlia dual band : max 200 mm, BW = 25/25 nm,
 - Hutech ($H\alpha$): max 190 mm, BW = 60 nm.
- Lunette avec filtre ERF (ou rouge 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.

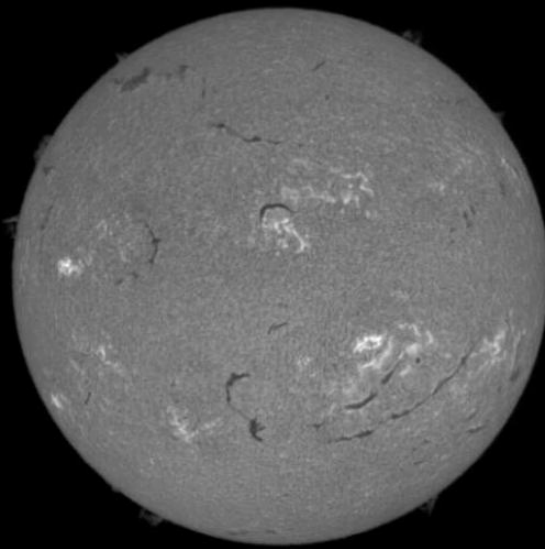
Du simple au triple stack



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

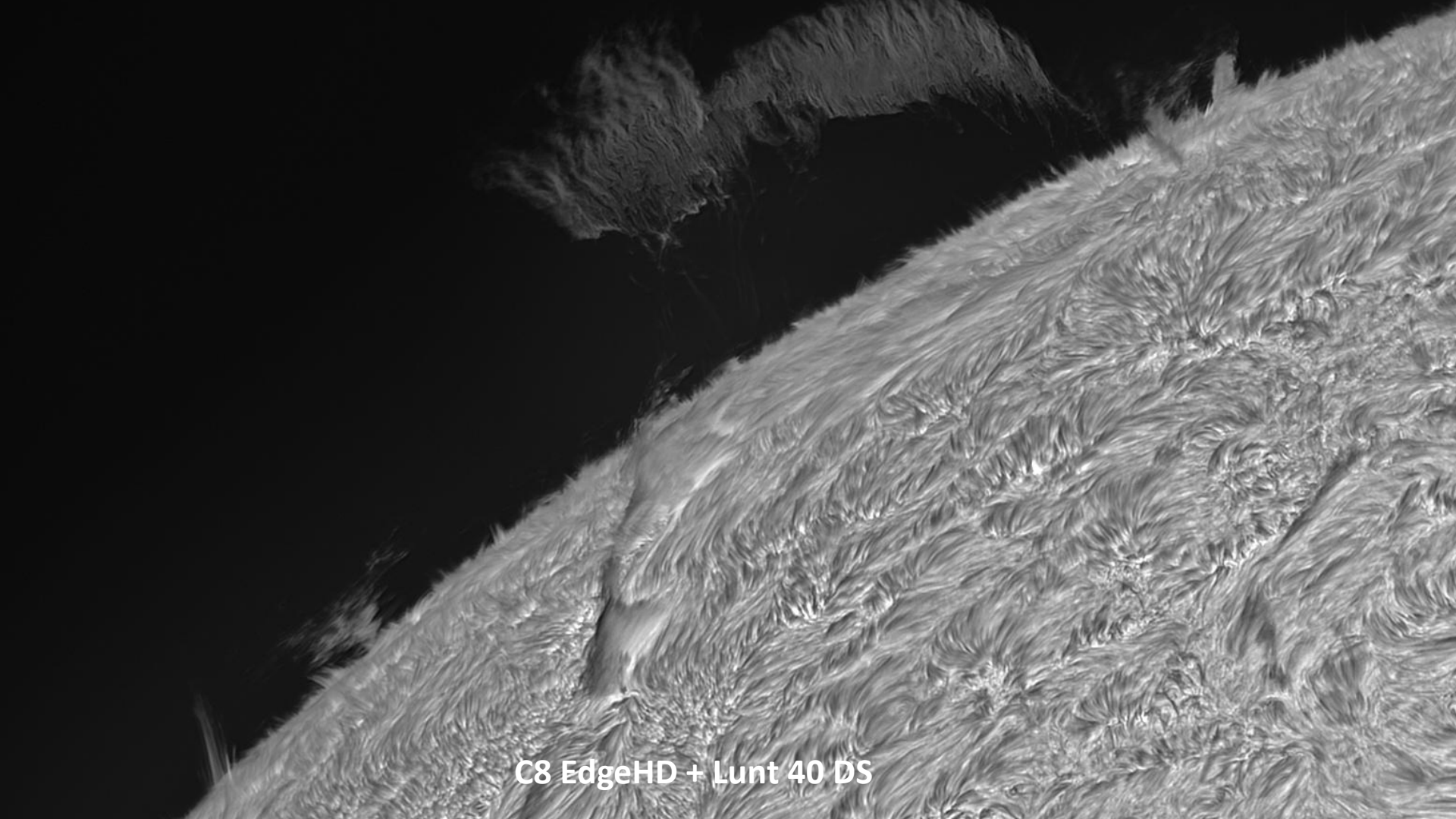
Montage double-stack



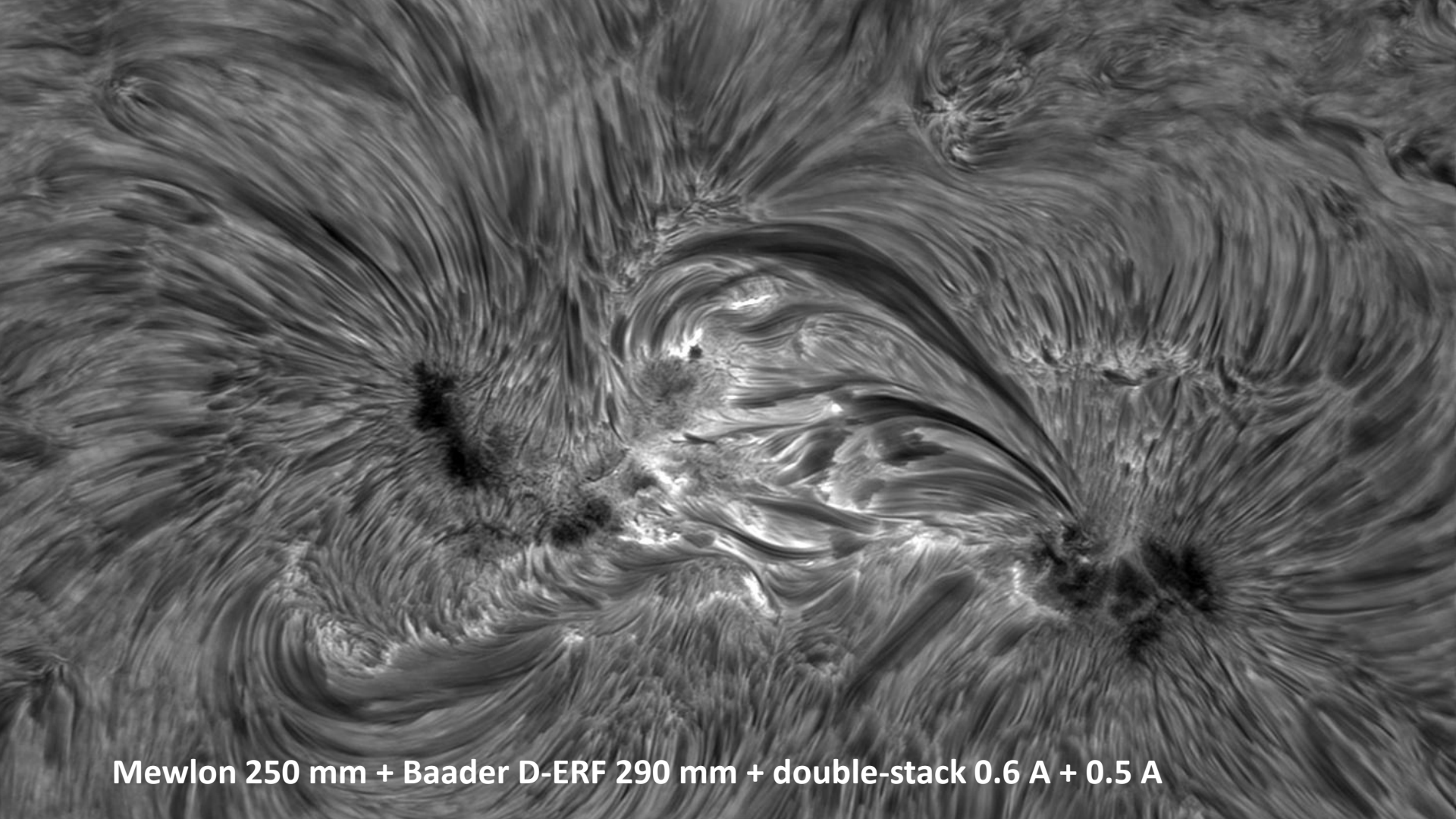
2025



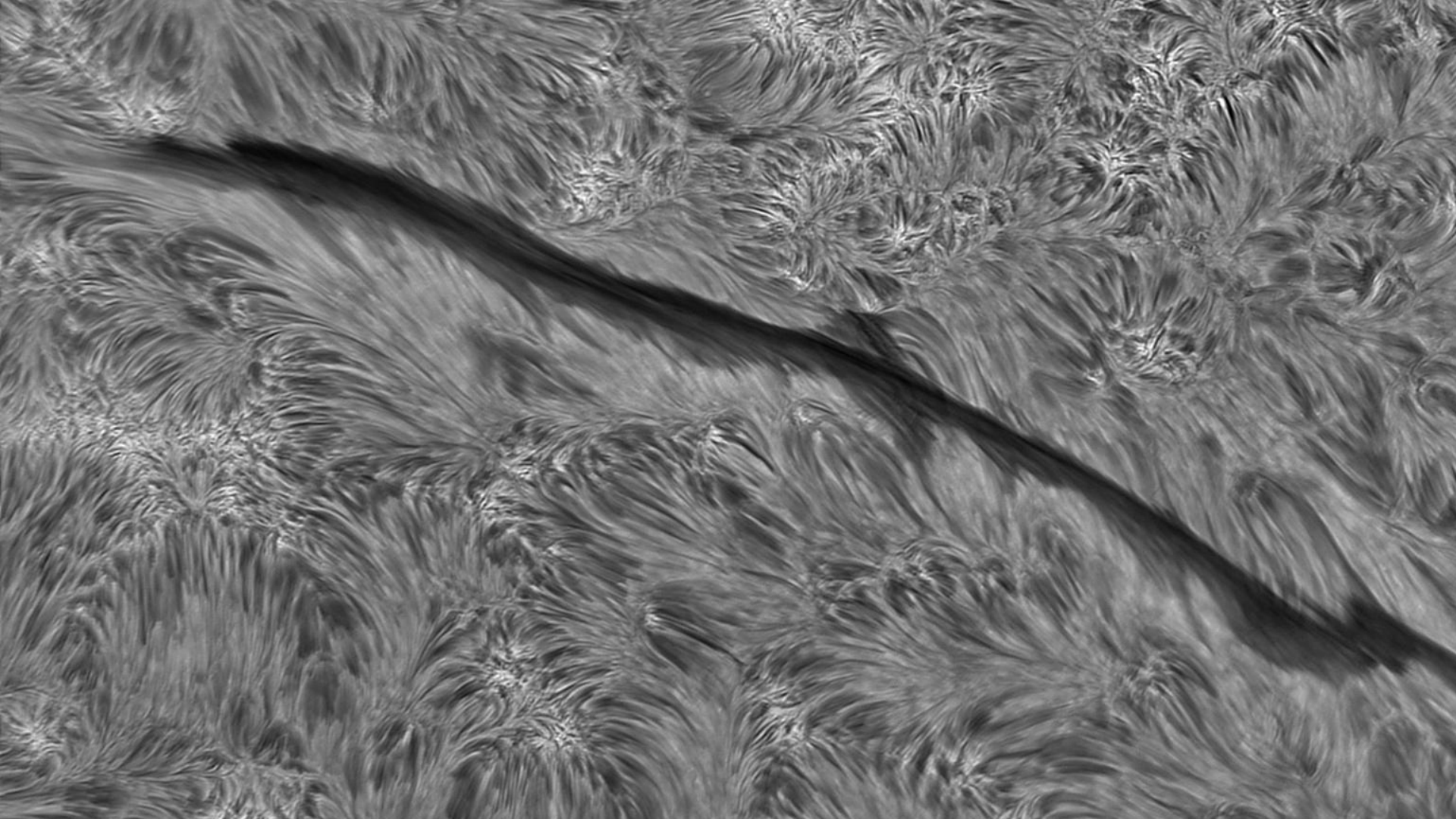
20

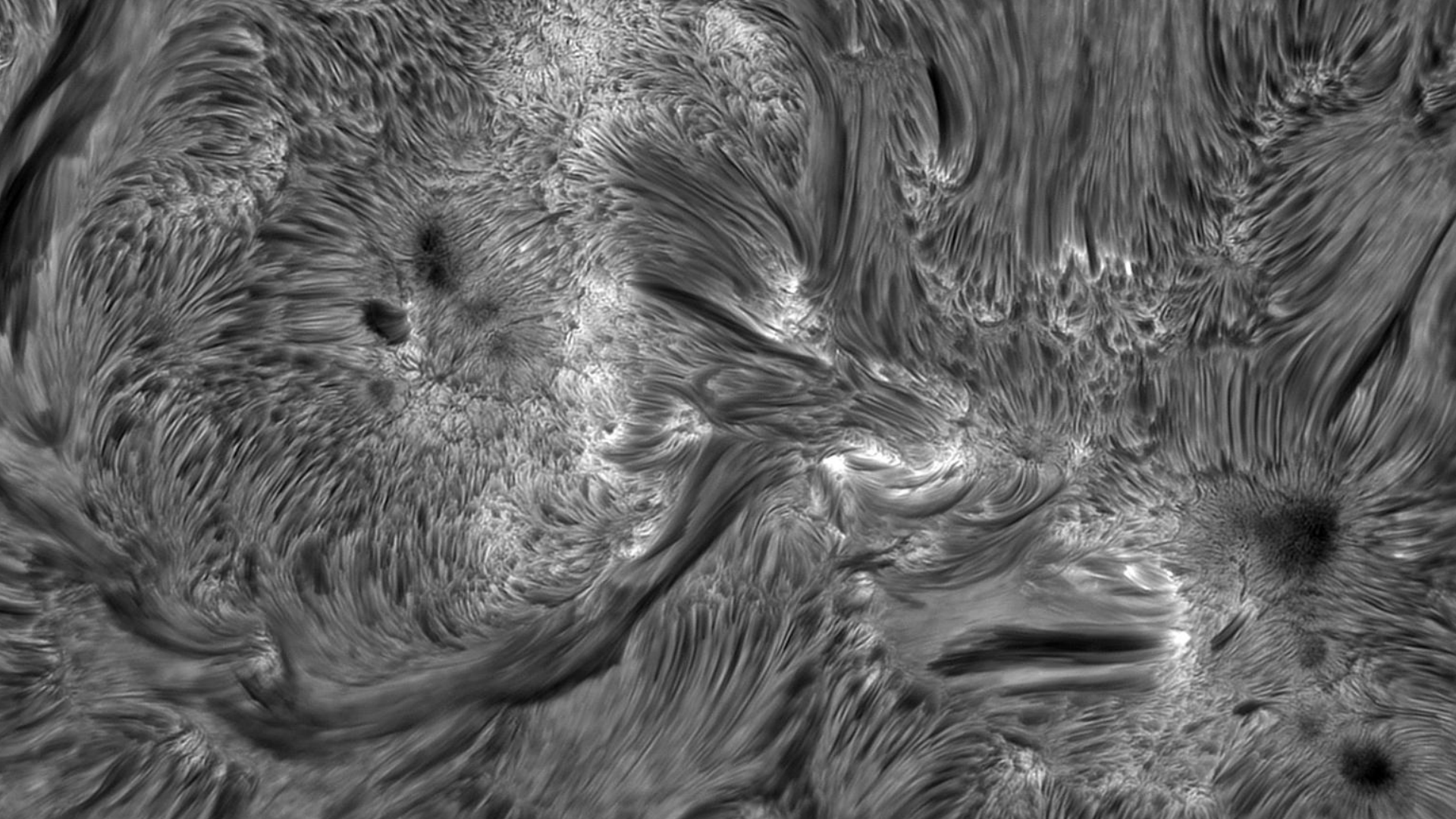


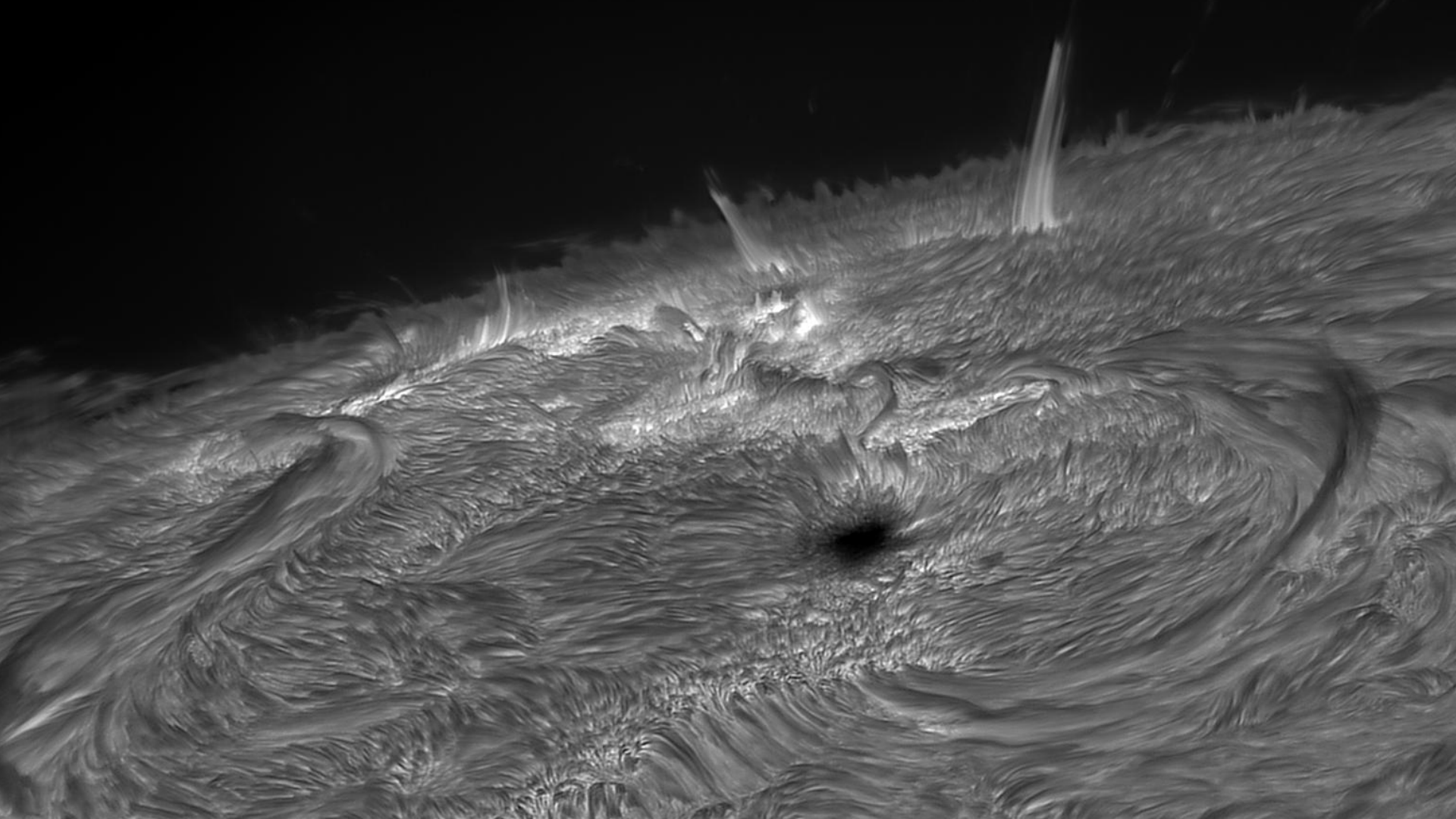
C8 EdgeHD + Lunt 40 DS

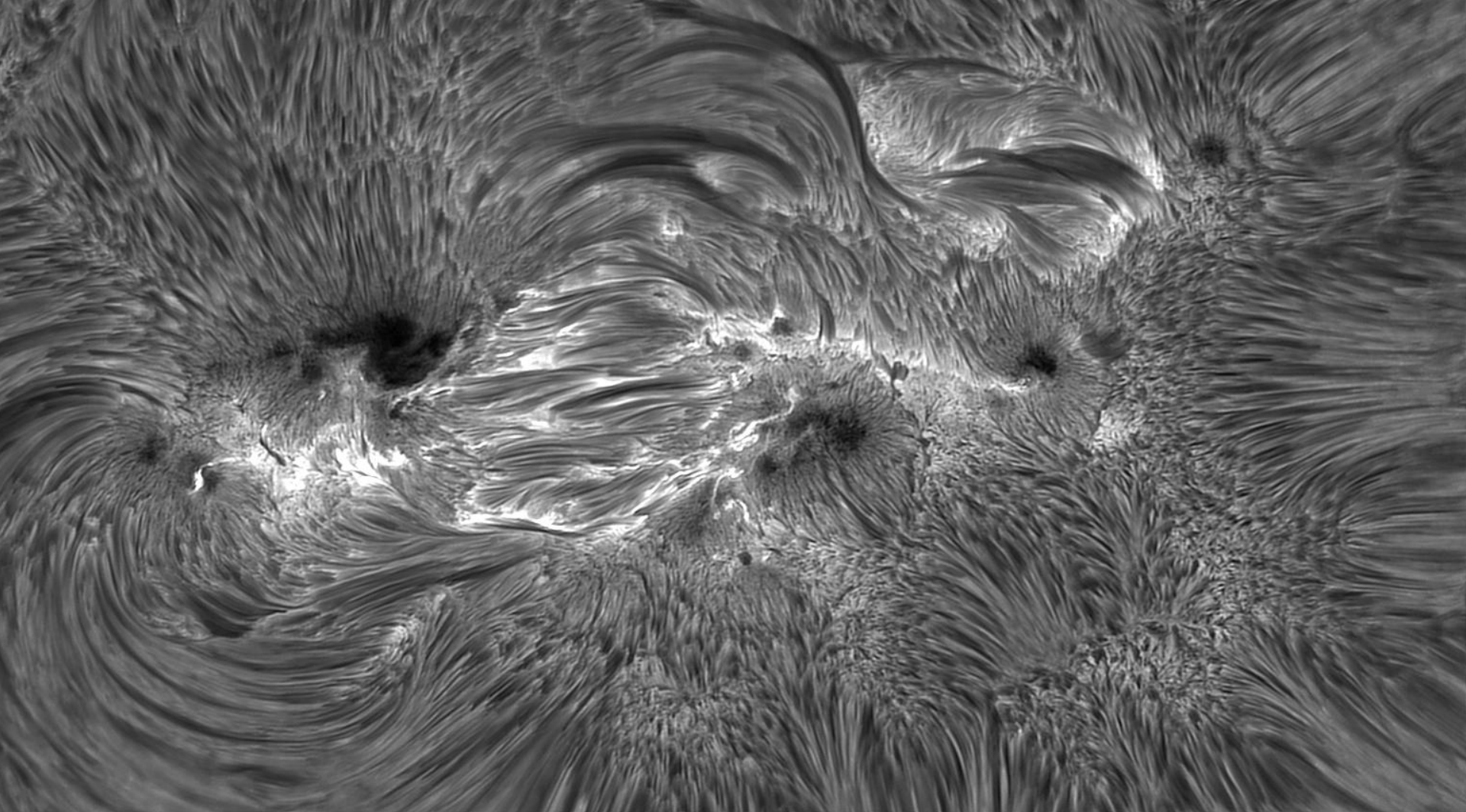


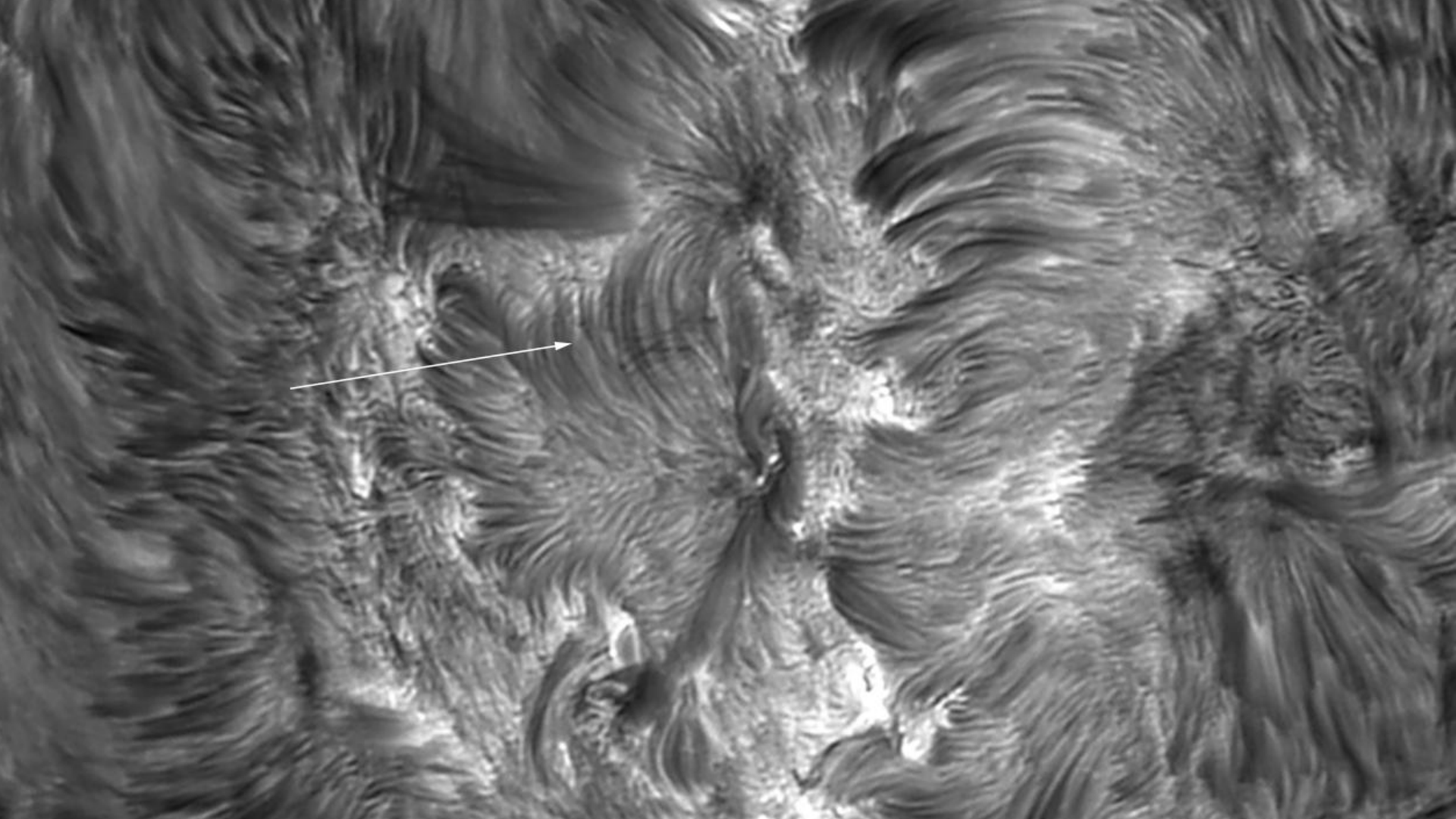
Mewlon 250 mm + Baader D-ERF 290 mm + double-stack 0.6 A + 0.5 A

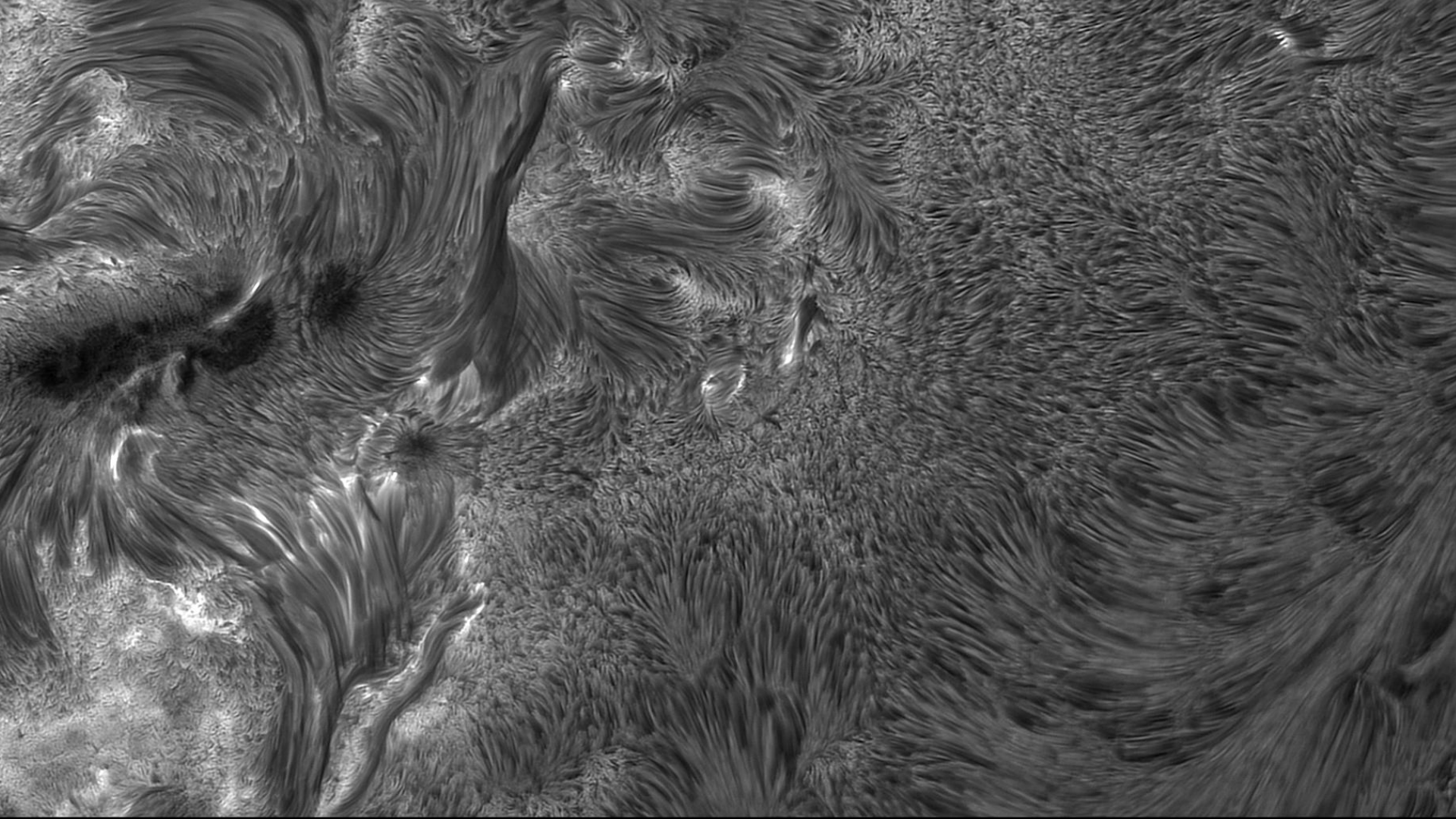










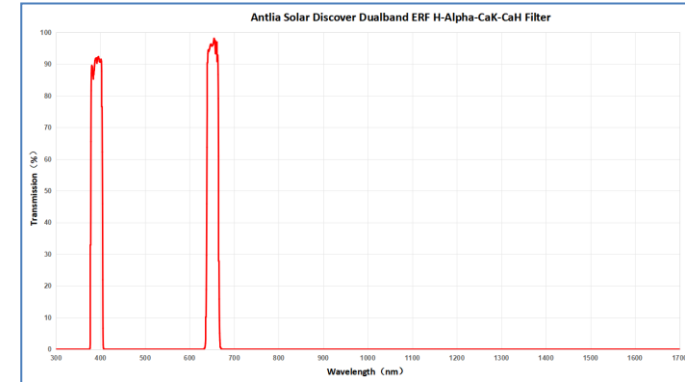
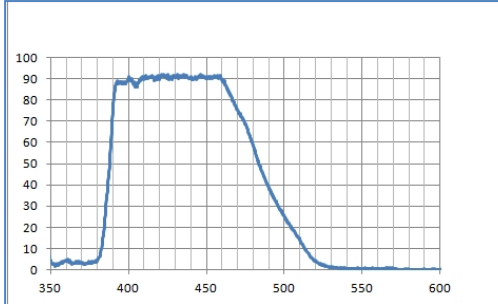


La chromosphère en Ca K : les progrès

- Diamètre et gestion du flux d'énergie :
 - A partir de 2022 : filtres ERF (bi-bande Ca II et Ha), jusqu'à 200-230 mm
 - 2024 : télescopes Newton à miroir traité, jusqu'à 300 mm
- Depuis peu, des filtres Ca K très performants :
 - Pendant très longtemps : filtre Ca K de 0.24 nm FWHM à faible transmission.
 - Depuis 2022: filtre Ca K de 0.1 nm FWHM très lumineux (pic transmission > 80%).
 - Depuis 2024 : filtre Ca K 0.1 nm FWHM en double-stack.

Ca K et gestion flux thermique

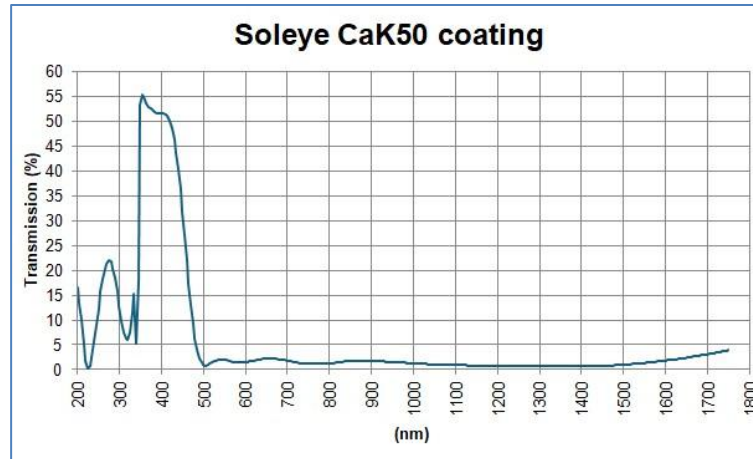
- D-ERF dual-band pleine ouverture :
 - Altair (triband) : max 240 mm.
 - Antlia (dual band) : max 200 mm.
- D-ERF sous-ouverture :



Télescope à miroir primaire traité



- 2015 : première réalisation par MCM (200 mm, JC Dalouzy)
- 2024 : Newton solaire Soleyte 300 mm (Laszlo Francsics, HUN)
 - Plusieurs versions : primaire non traité, primaire traité Ca II, primaire dual band (Ca II, Ha) avec filtre complémentaire devant le secondaire.

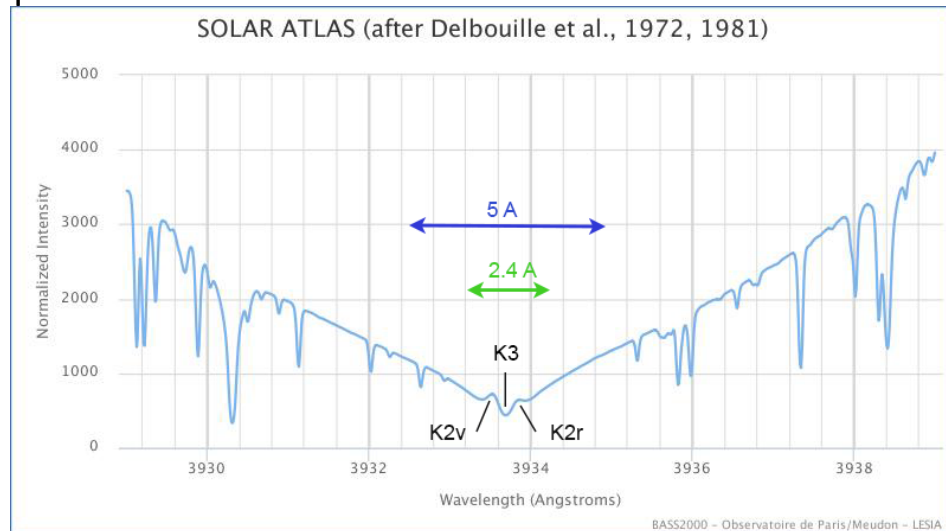
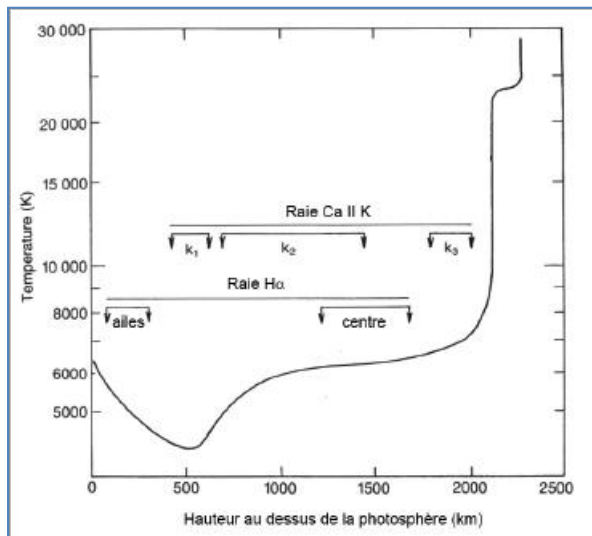


```
coating CaK50 - space
total energy      = 111.7 W.m^-2 100.0 %
band 280_400nm   = 35.6 W.m^-2 31.8 %
band 400_700nm   = 58.4 W.m^-2 52.3 %
band 700_1100nm  = 5.3 W.m^-2 4.8 %
band 1100_4000nm = 13.4 W.m^-2 12.0 %
ERF filter transmission coefficient= 8.3 %
```

Energie au foyer = 8.9 W pour un 300 mm, soit environ 2x miroir non aluminé.

Ca K : influence de la bande passante

- Hauteur de la couche observée dépend de la largeur de la bande passante.
- Chromosphère visible (mix chromosphère/photosphère) quand $\text{FWHM} < 5 \text{ \AA}$.
- Filaments / fibriles commencent à être visibles quand $1.5 \text{ \AA}$.
- Contribution photosphère largement effacée quand FWHM tend vers $0.3 \text{ \AA}$.

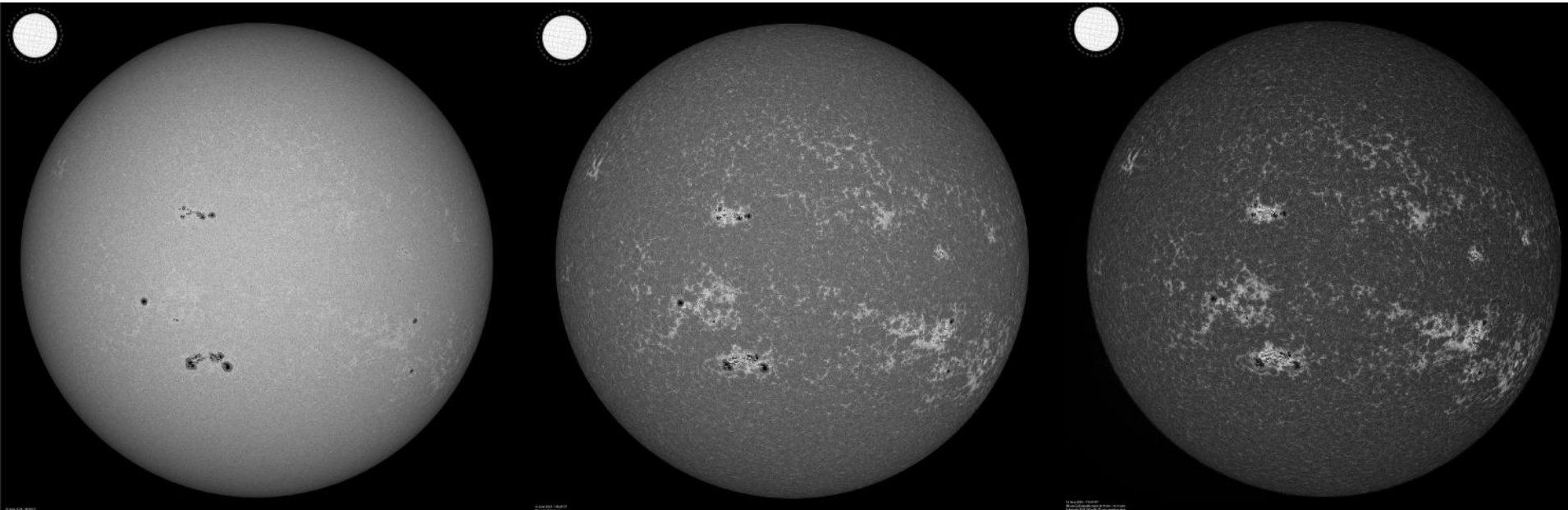


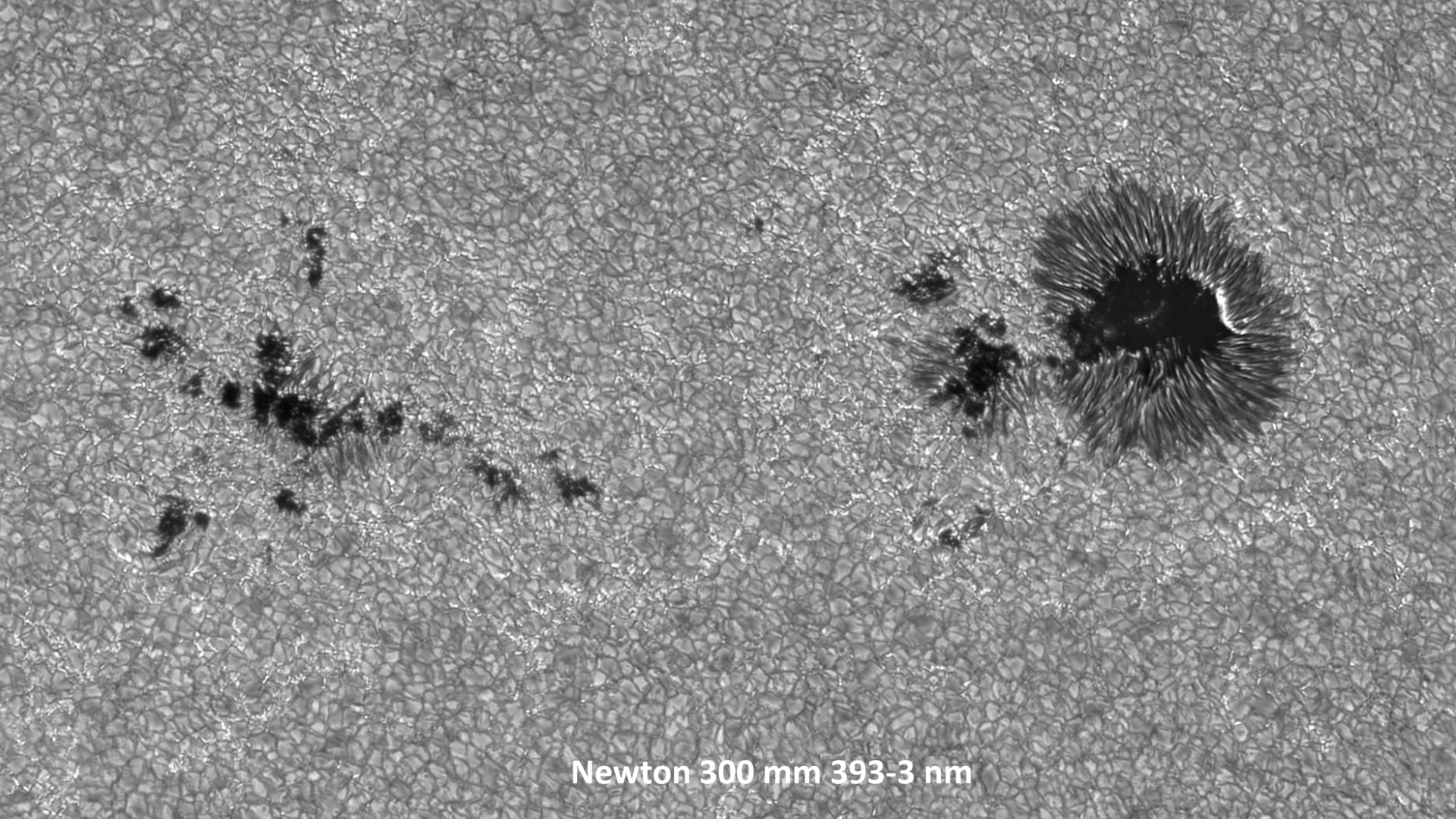
De la photosphère à la chromosphère

Photosphère 393-3nm

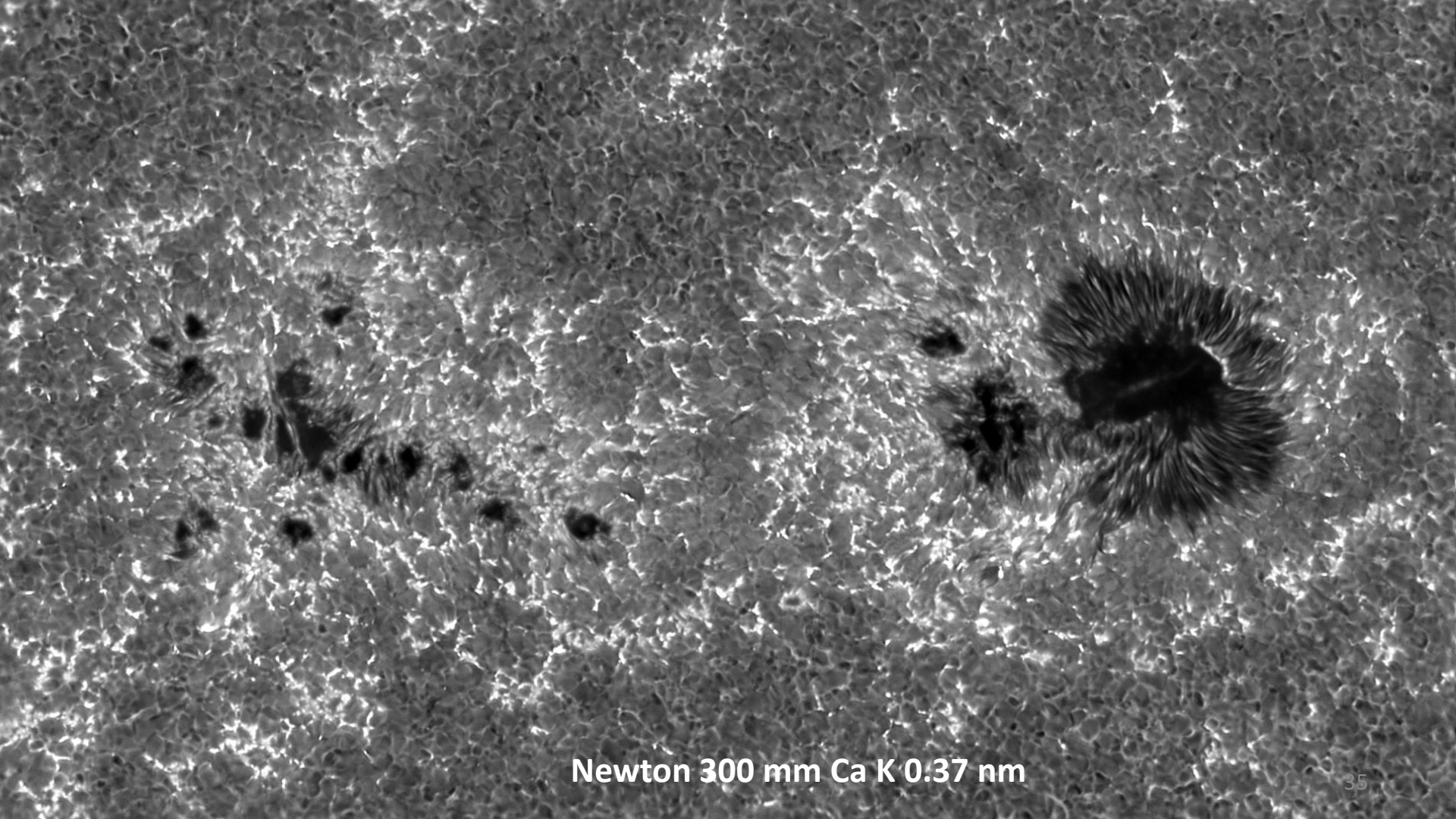
Ca K 0.14 nm

Ca K 0.14 nm + 0.14 nm

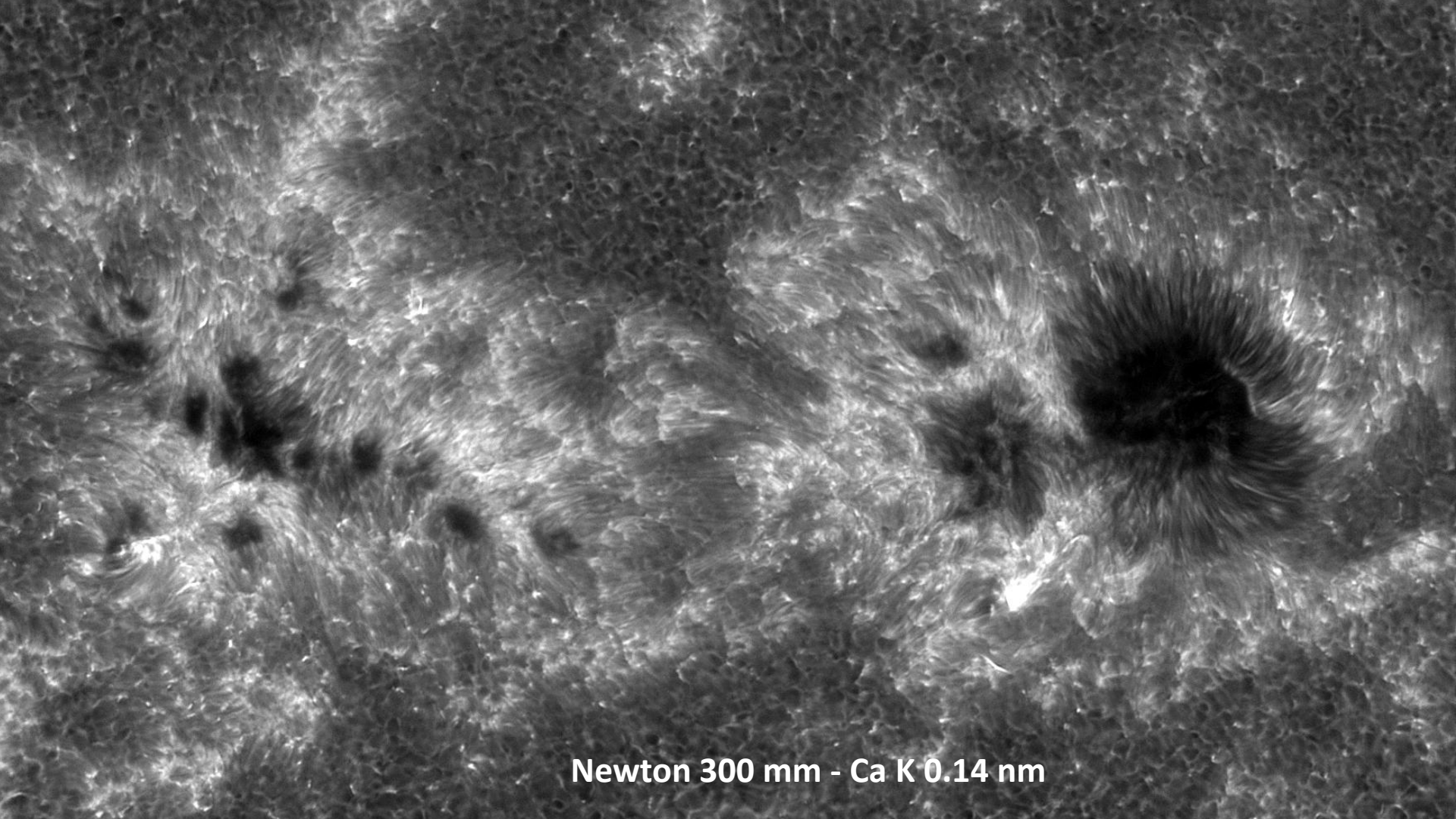




Newton 300 mm 393-3 nm

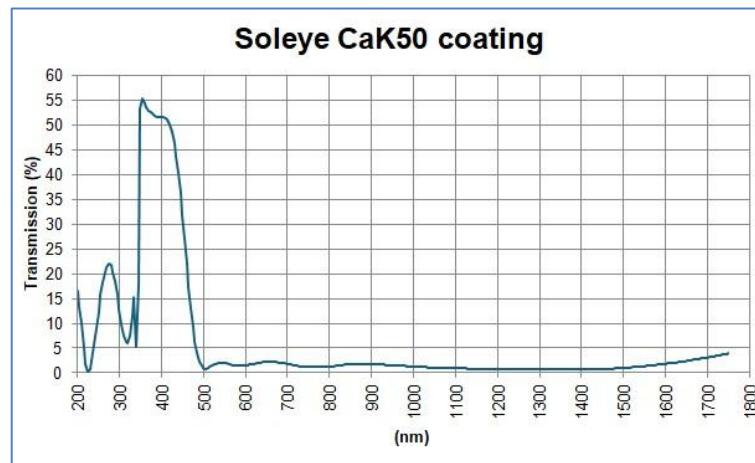


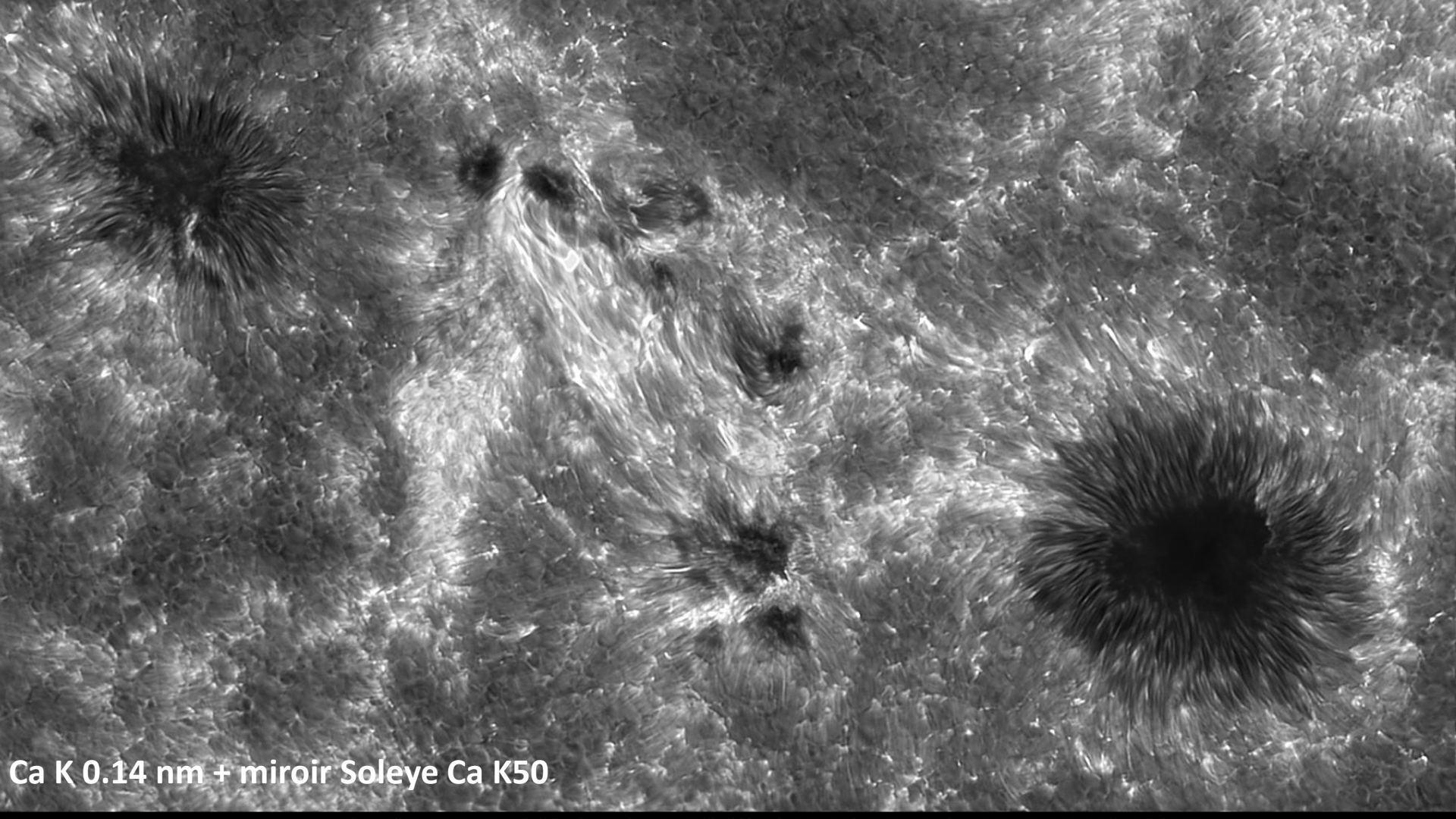
Newton 300 mm Ca K 0.37 nm



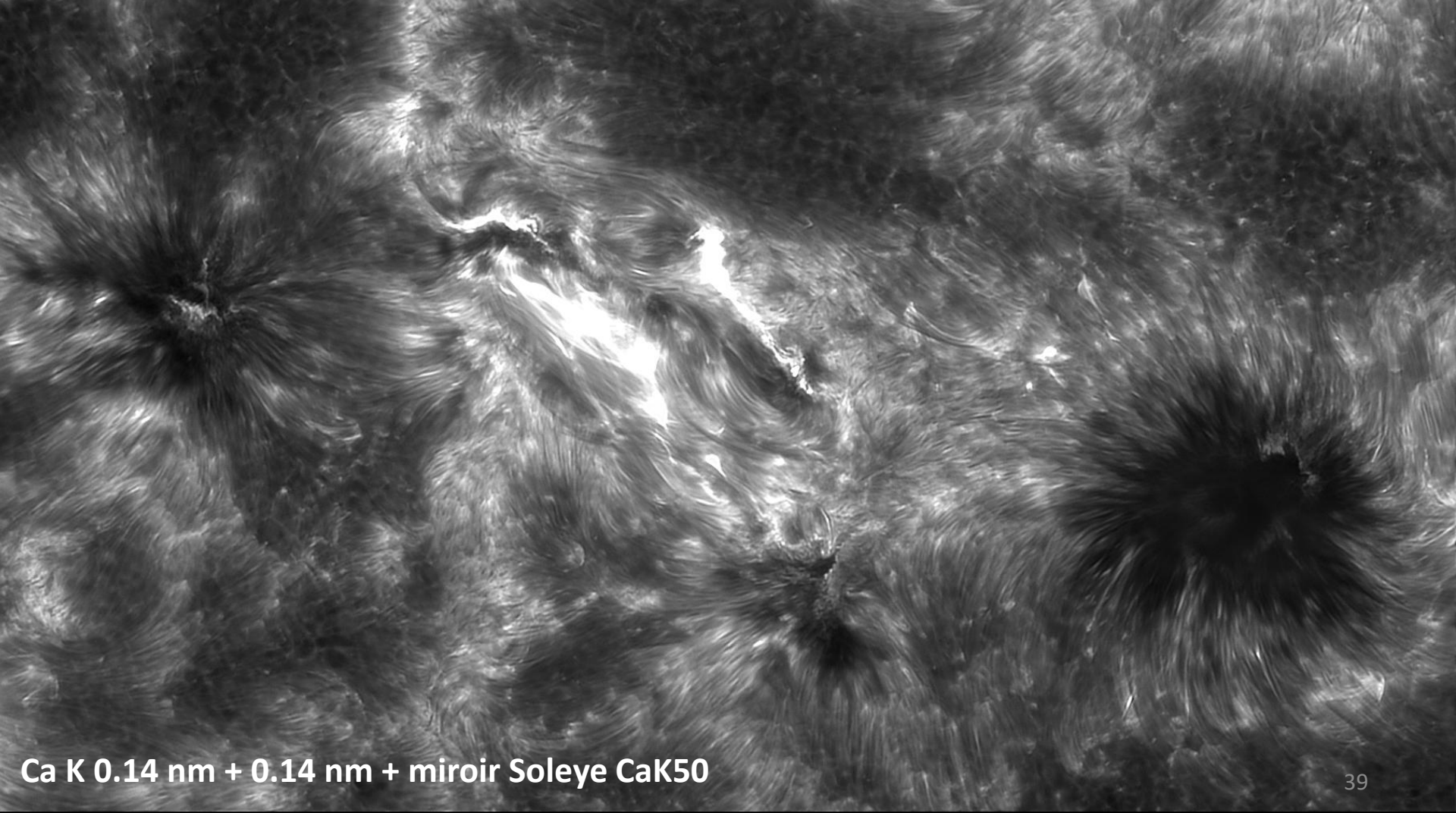
Newton 300 mm - Ca K 0.14 nm

Newton 300 avec miroir Soley CaK50

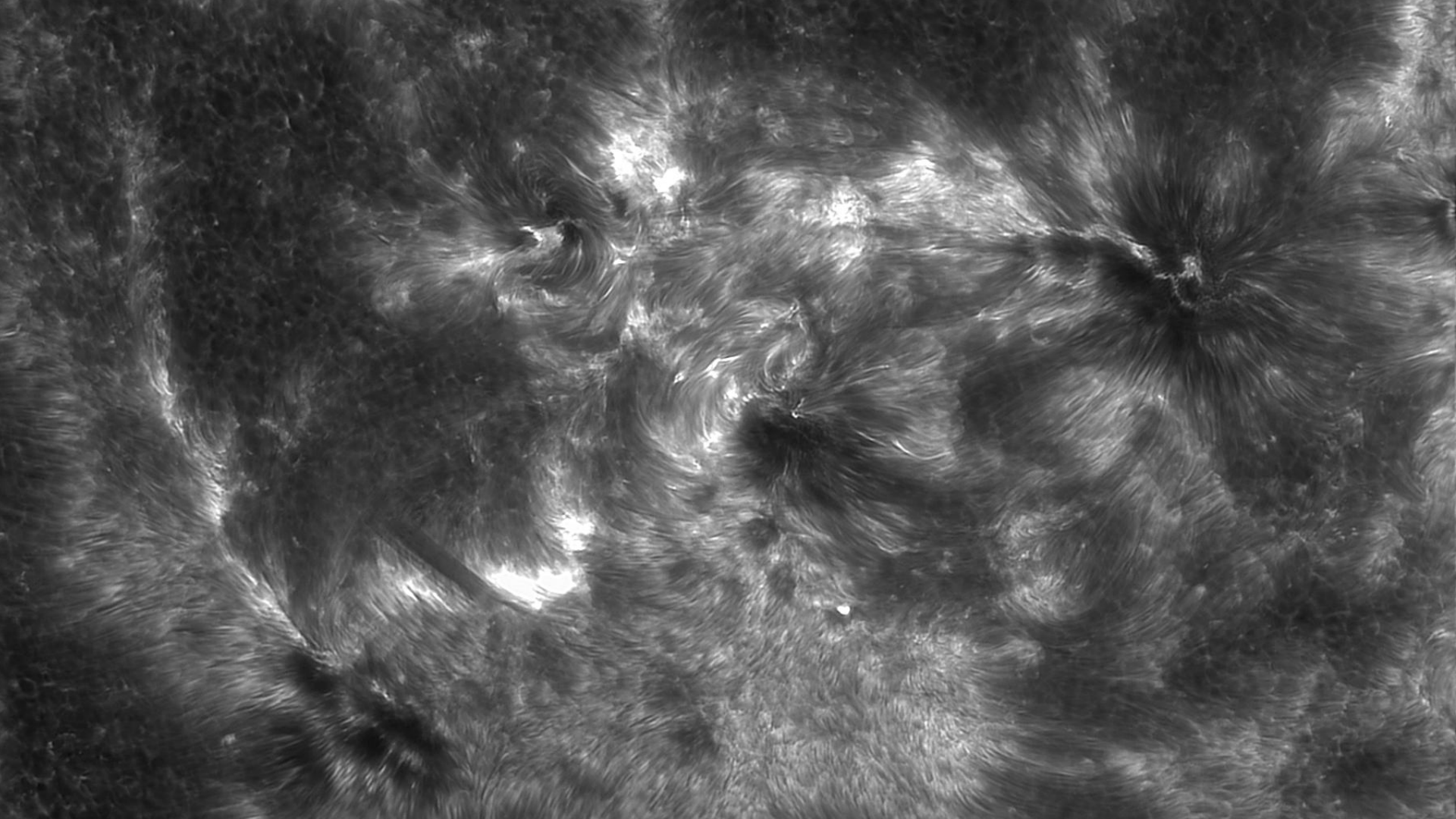


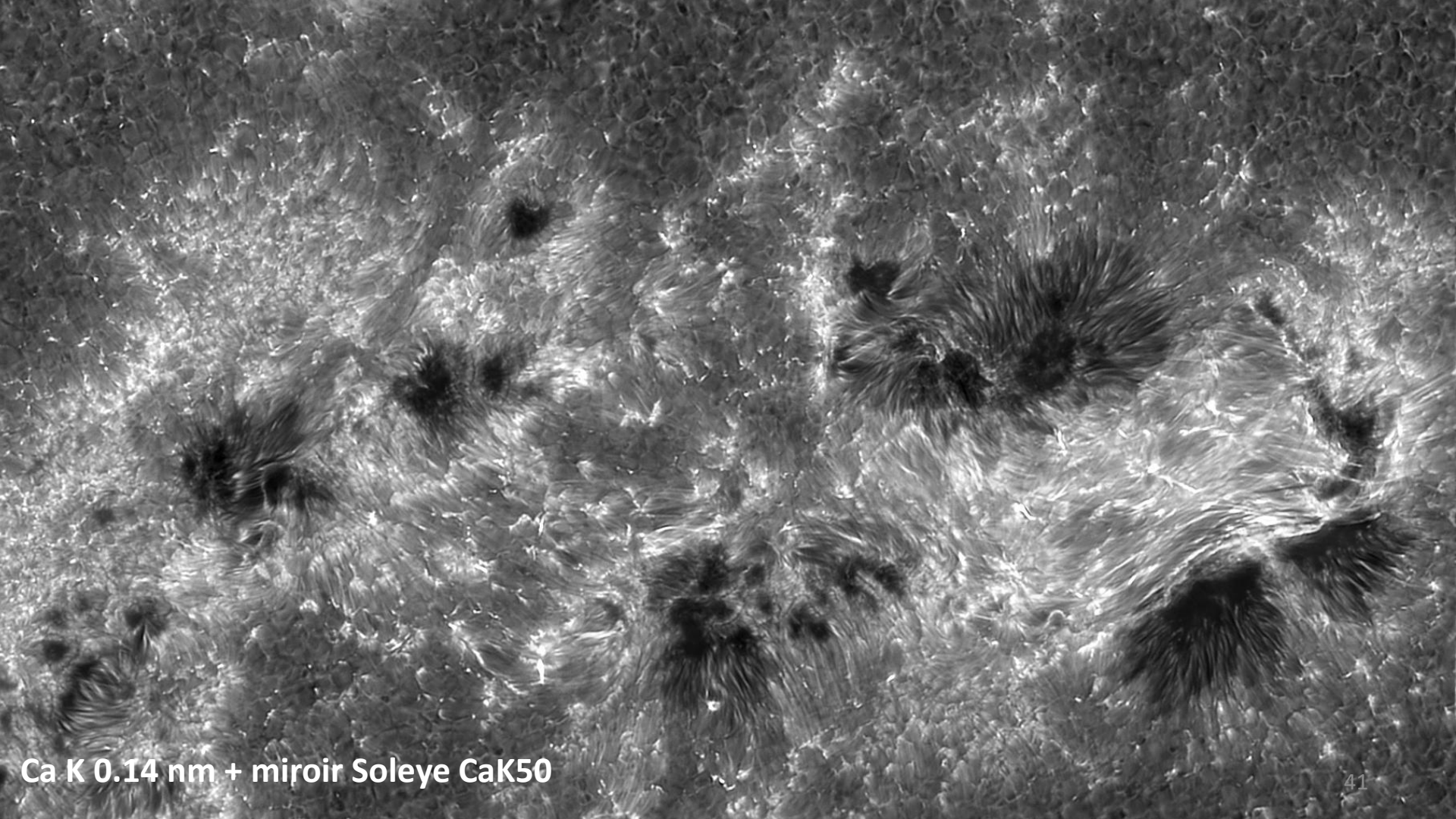


Ca K 0.14 nm + miroir Soley Ca K50

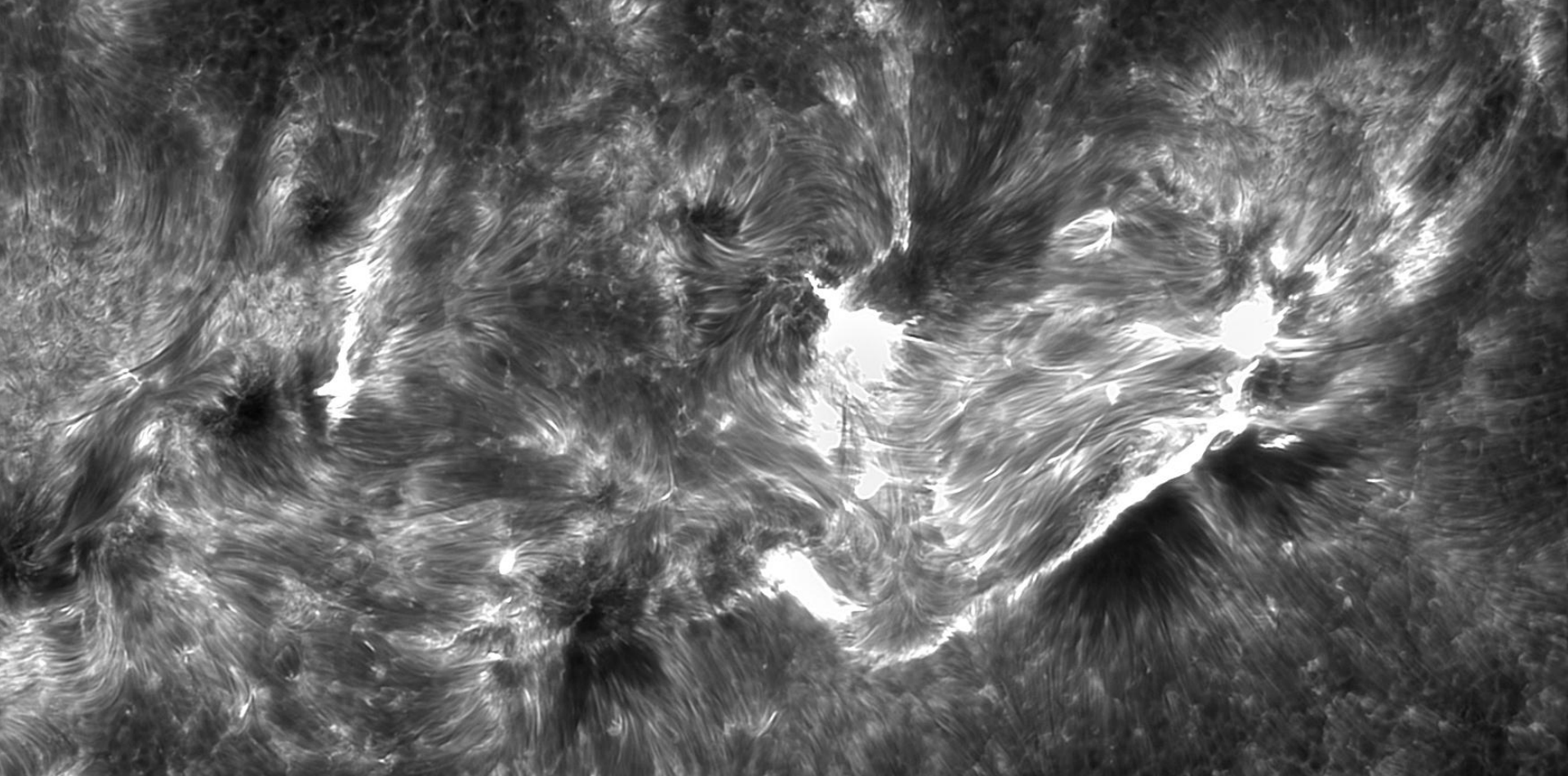


Ca K 0.14 nm + 0.14 nm + miroir Soley CaK50





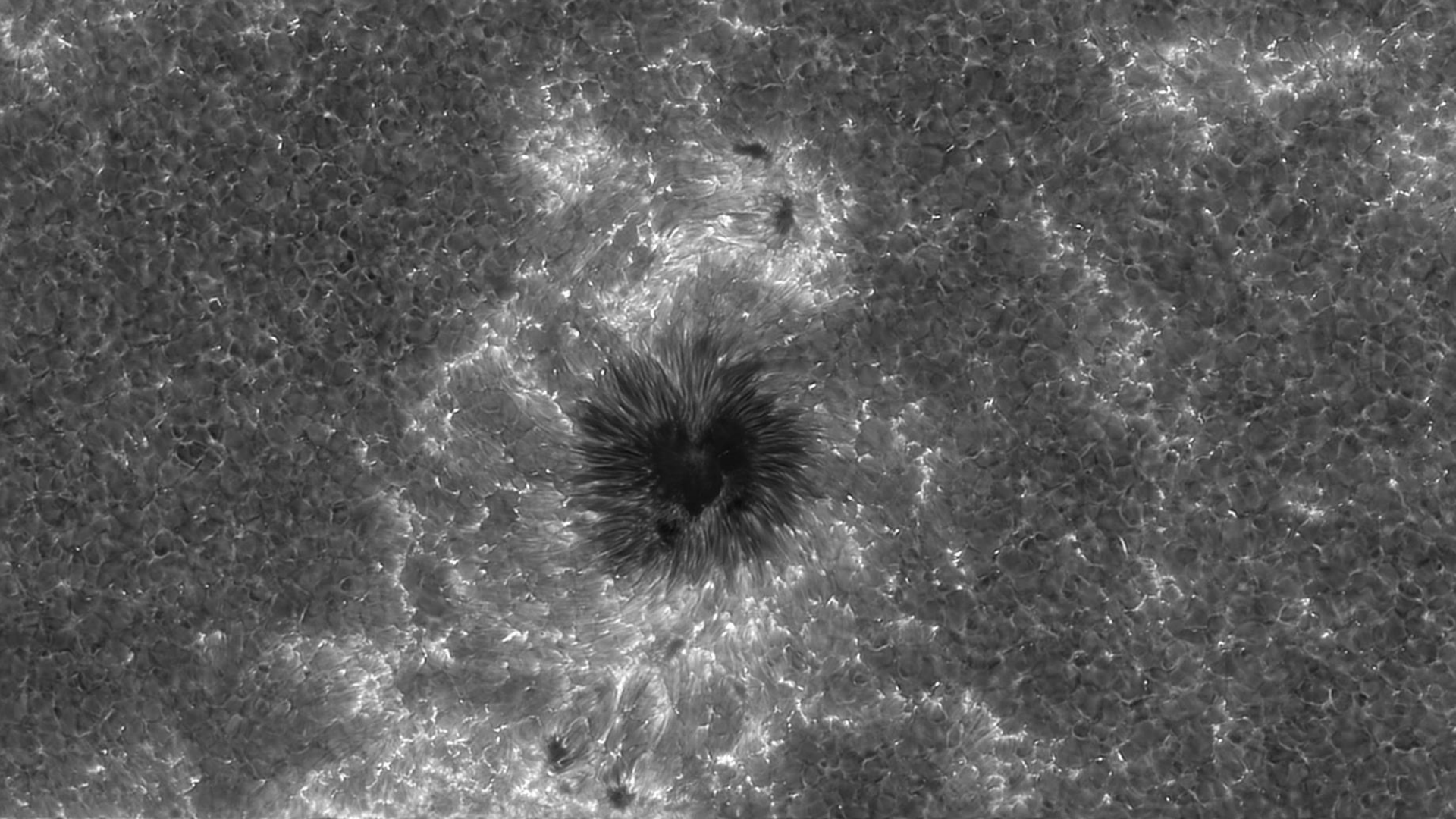
Ca K 0.14 nm + miroir Soley CaK50

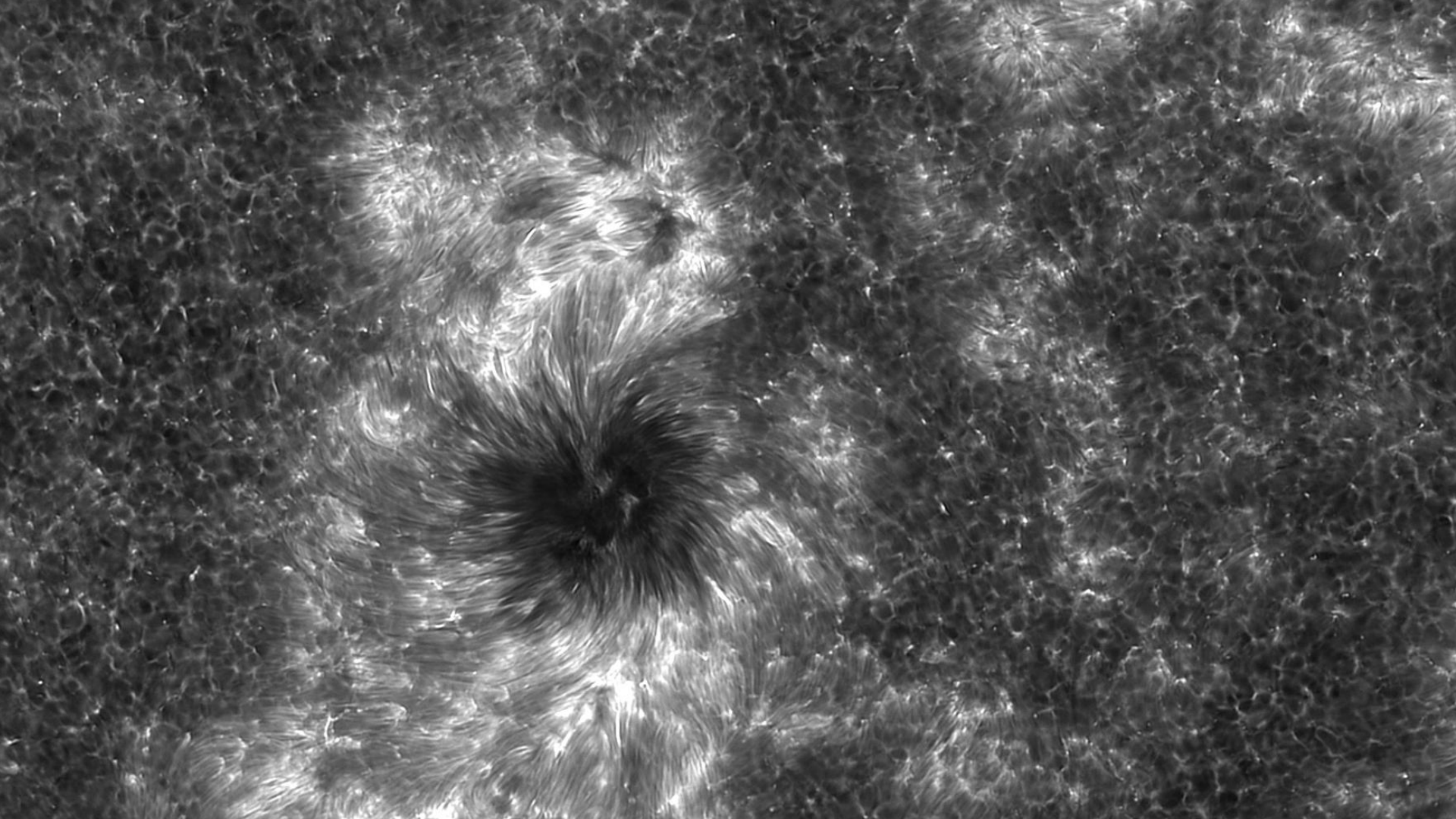


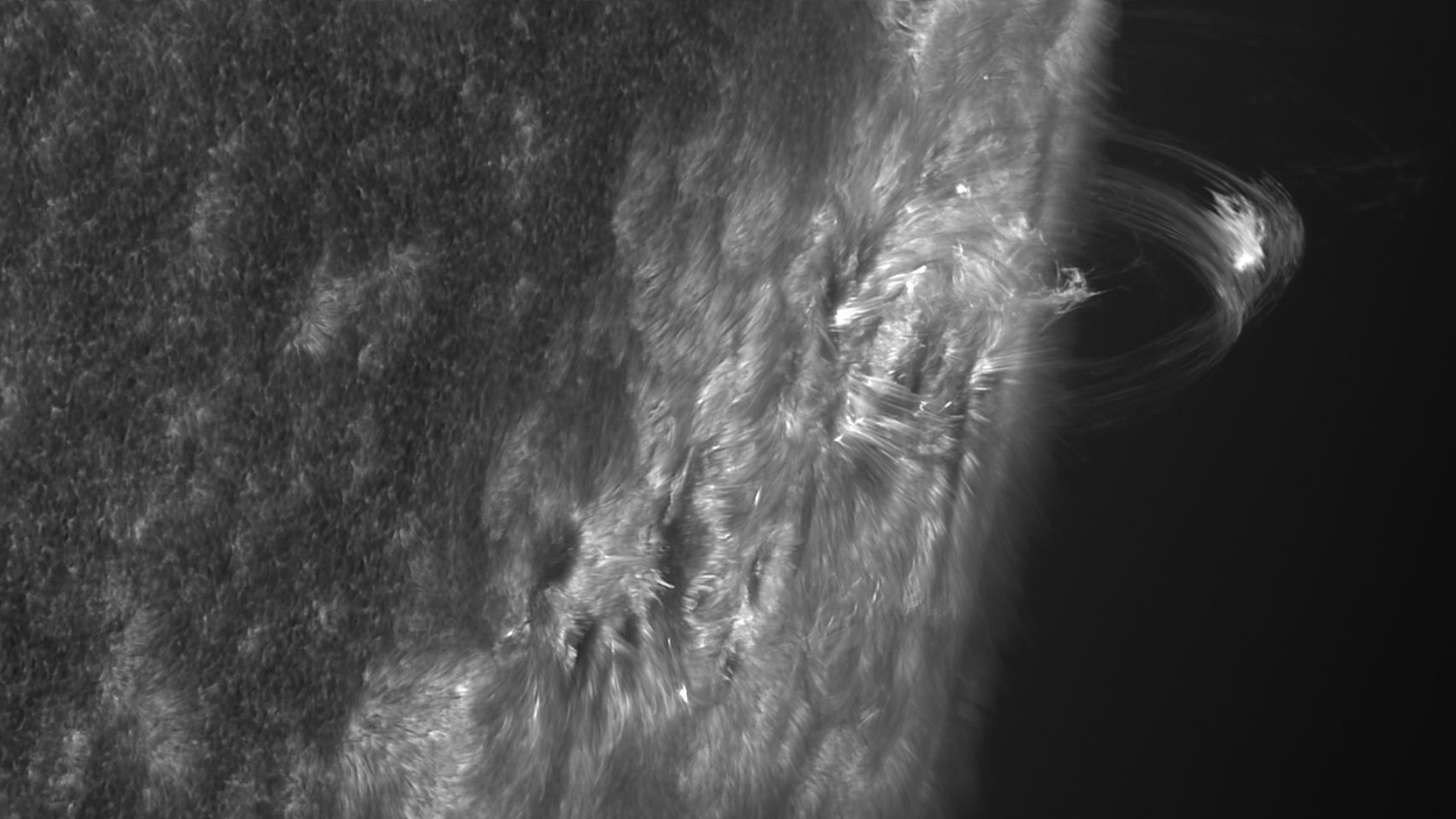
Ca K 0.14 nm + 0.14 nm + miroir Soley CaK50

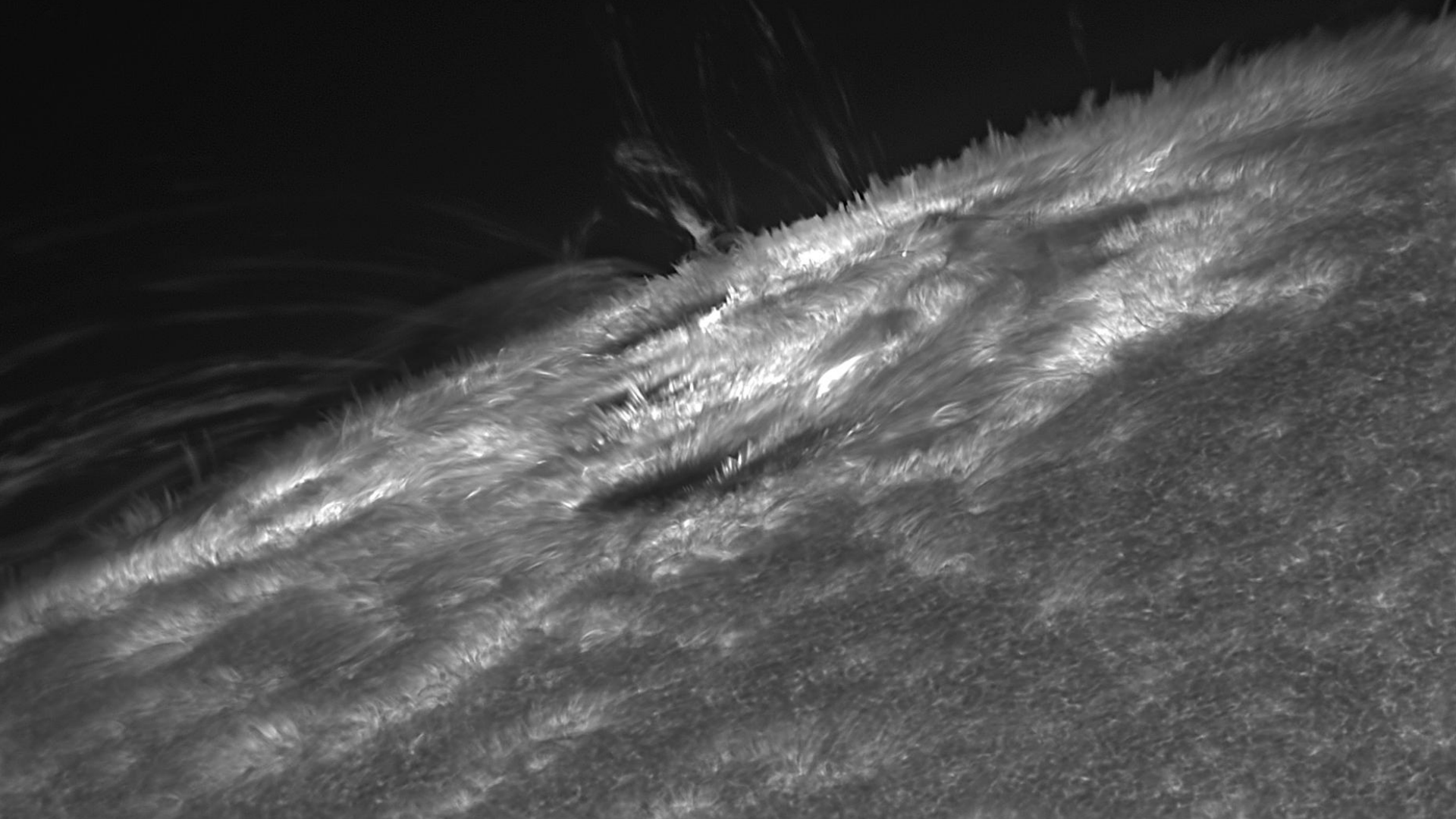
N
E W

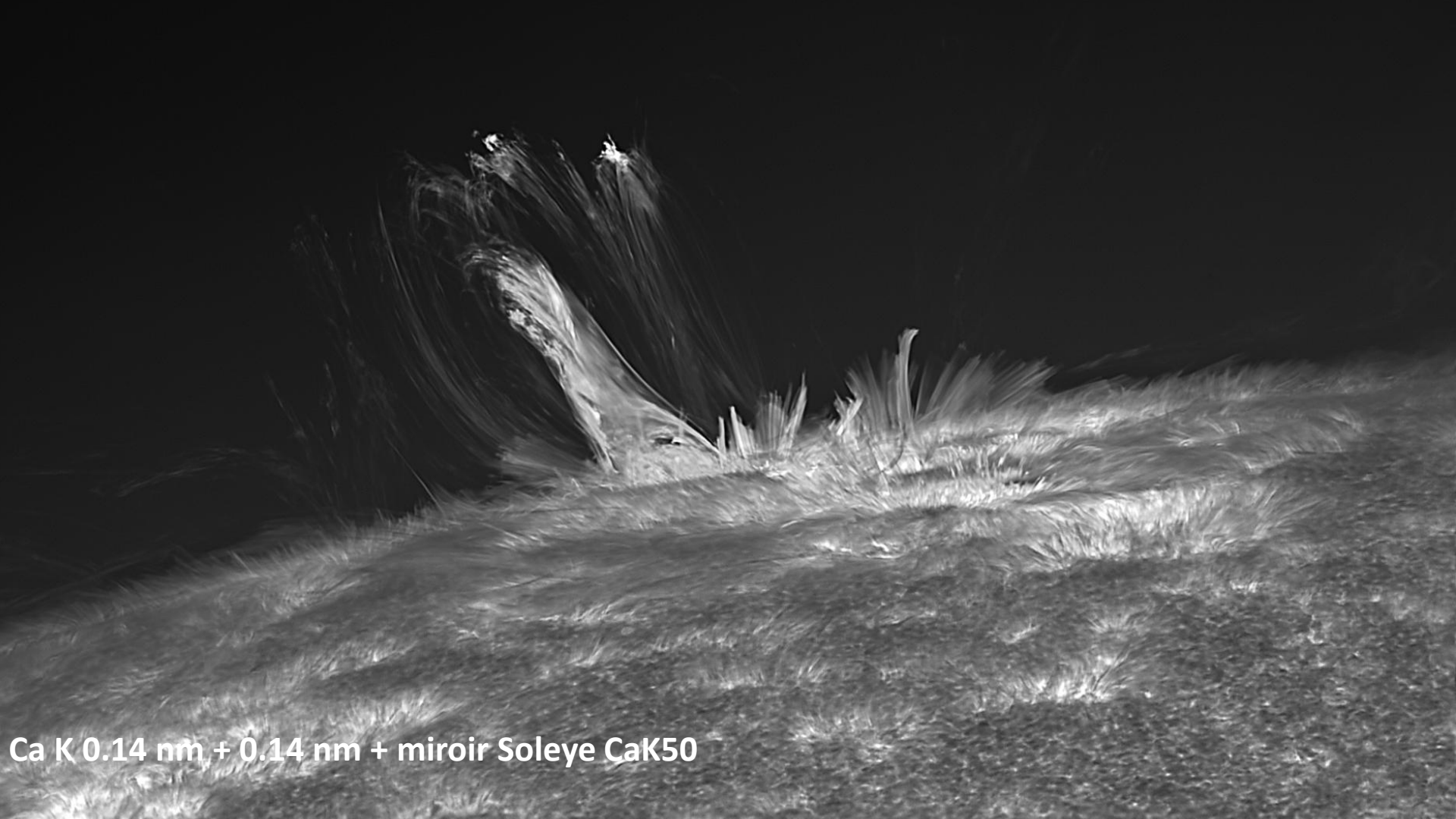
AR3762 - 27 July 2024 - 10h46 UT - 300 mm solar Newtonian with Soley CaK50 coating - Baader Planetarium TZ4-S - Altair 393-3 nm + double-stack Alluxa Ca K 0.14 nm + 0.14 nm
Scale = 0.09 arsec/pixel - ASI464 camera - Gain = 0 - Exposure = 120 frames x 2.7 ms





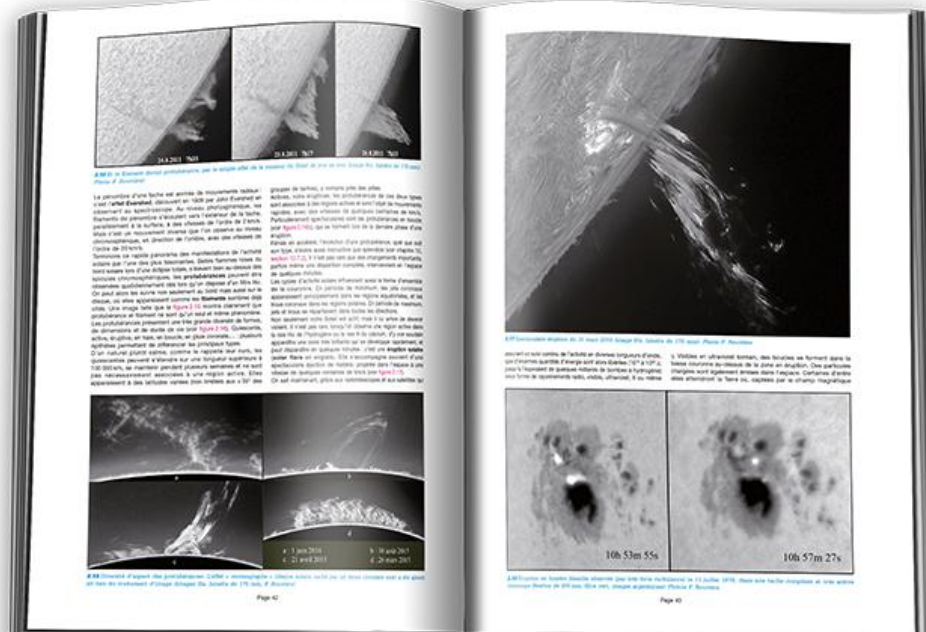
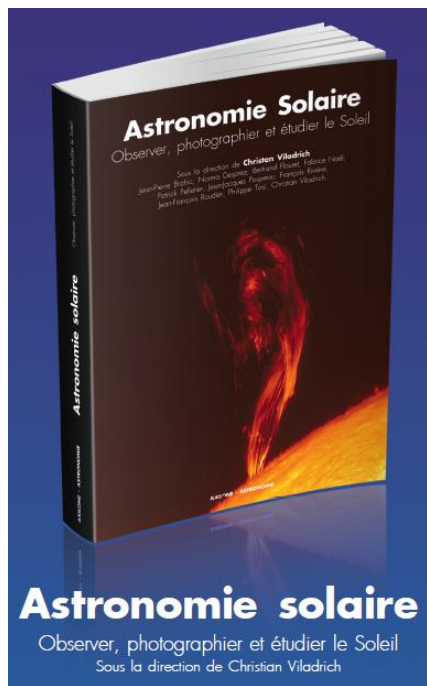






Ca K 0.14 nm + 0.14 nm + miroir Soley CaK50

Merci de votre attention ...Questions ?



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