



*Observer et photographier les
protubérances et les éruptions*

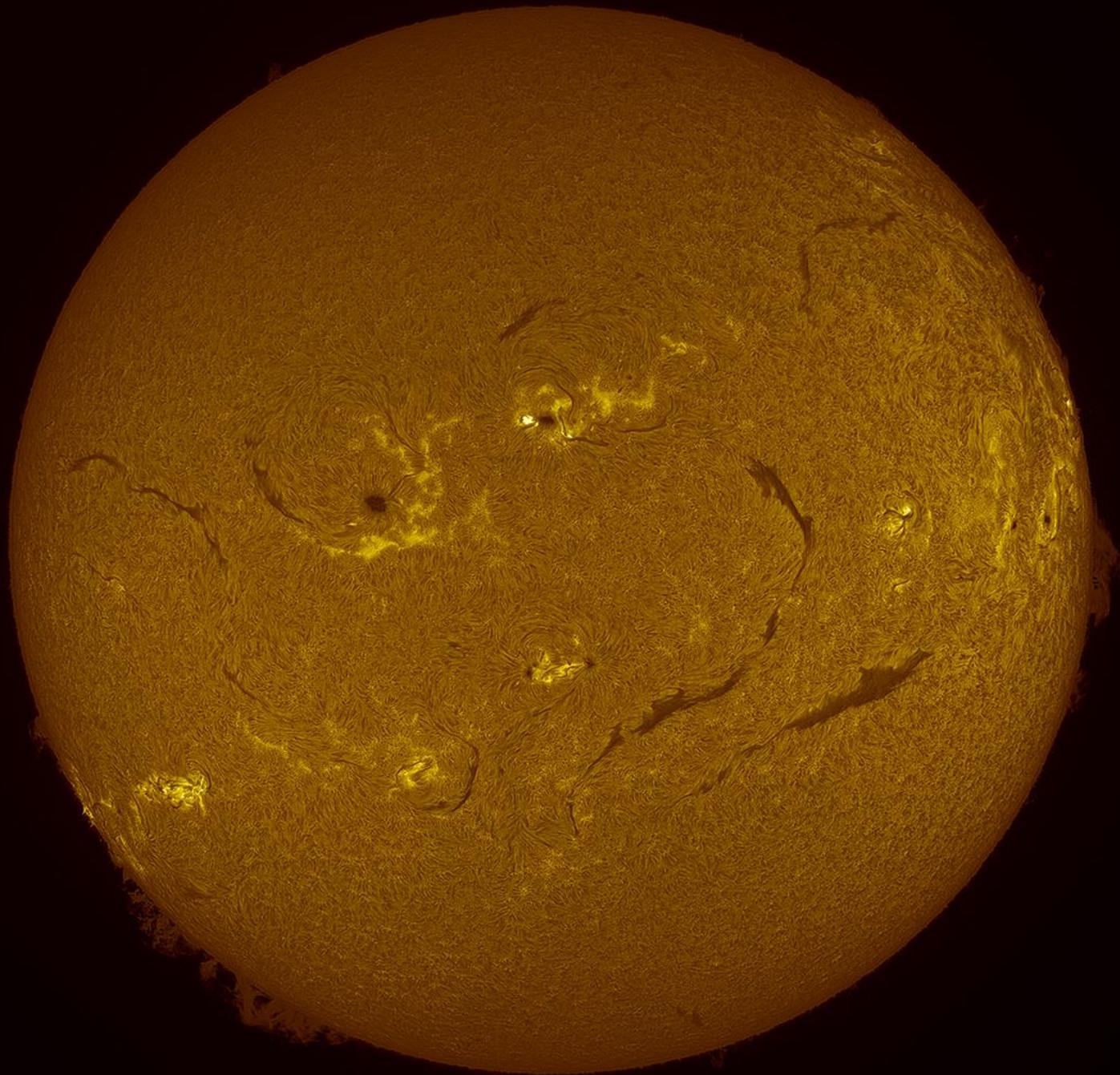
RCE 10 novembre 2024
Thierry Legault

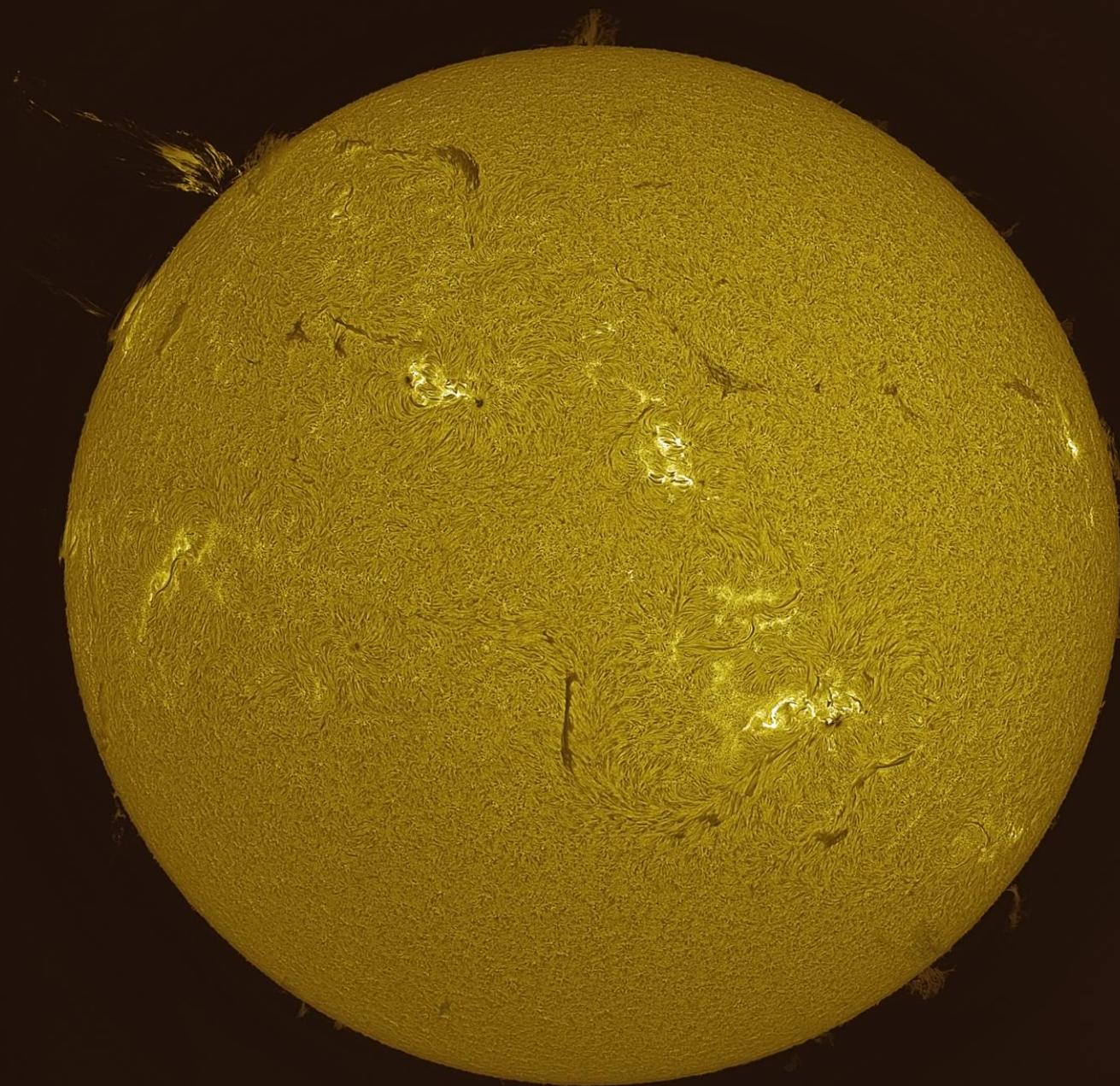
Le Soleil en H α (656,28 nm)

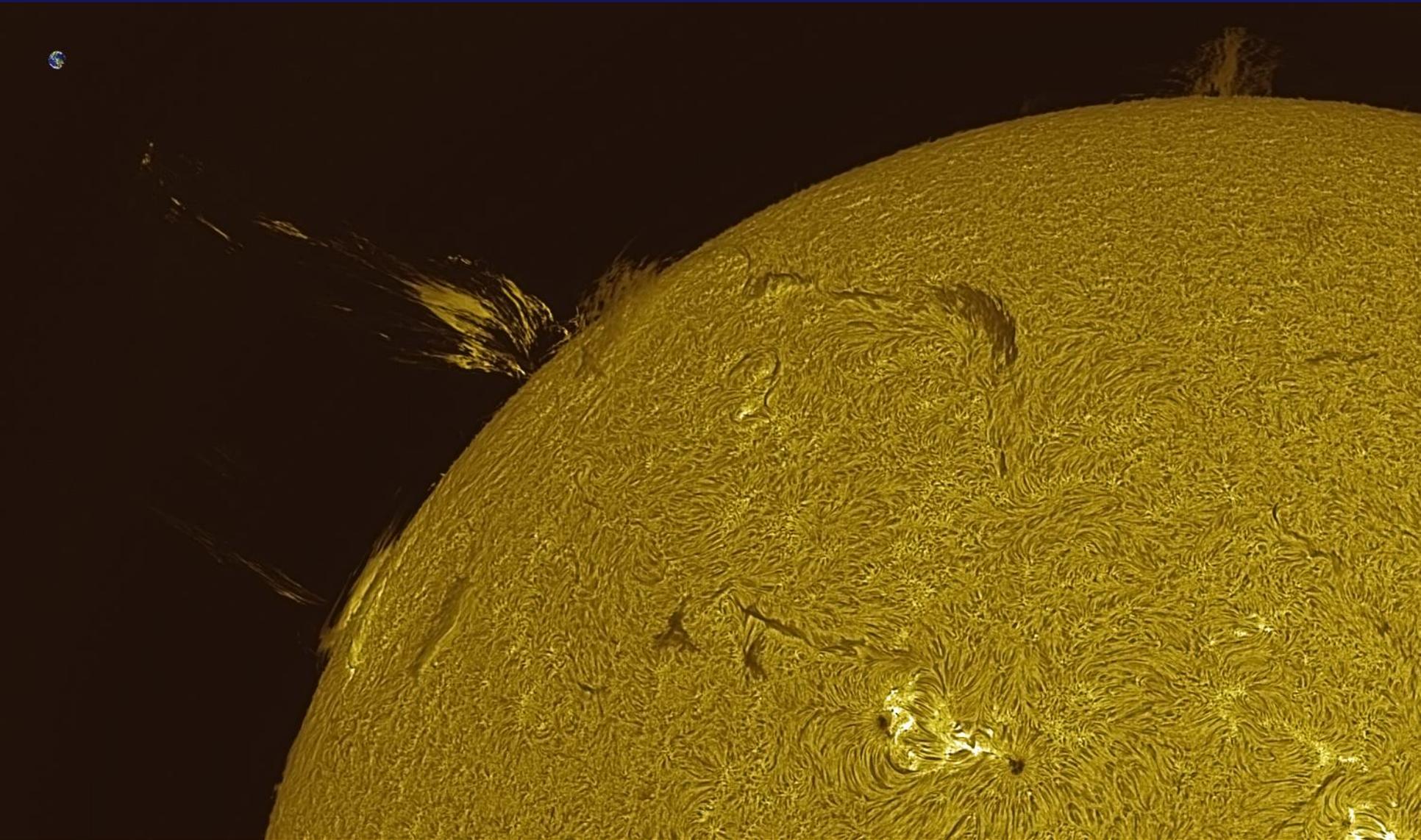


Sont visibles :

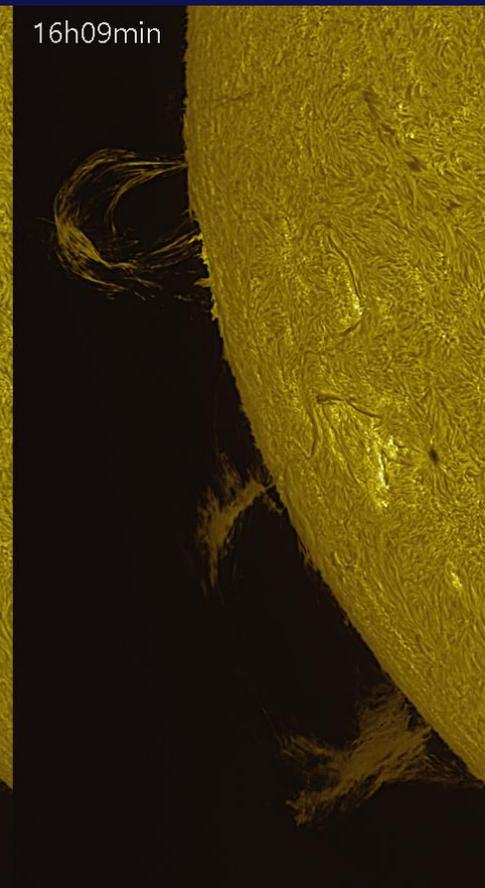
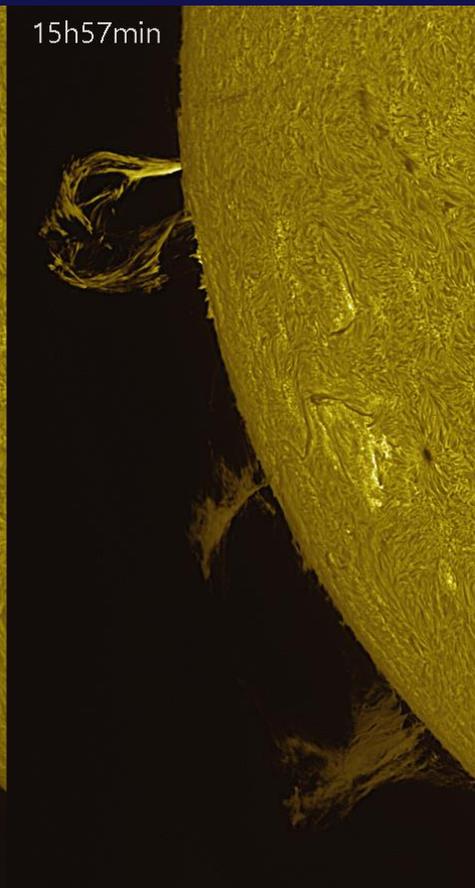
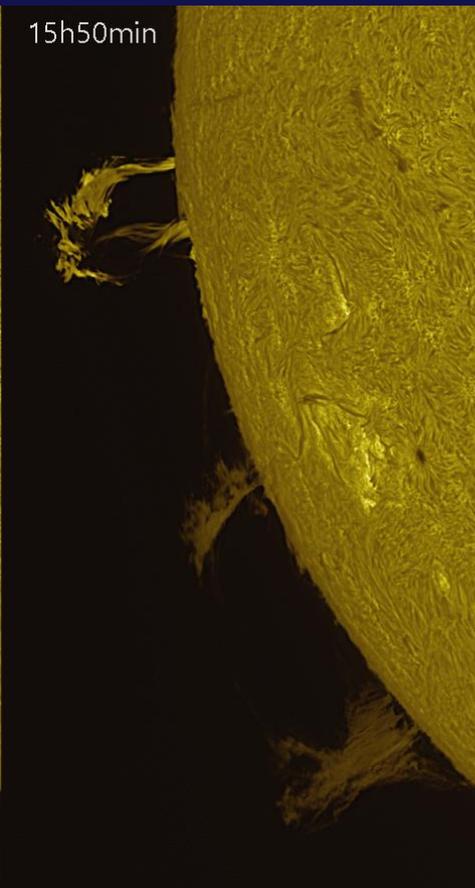
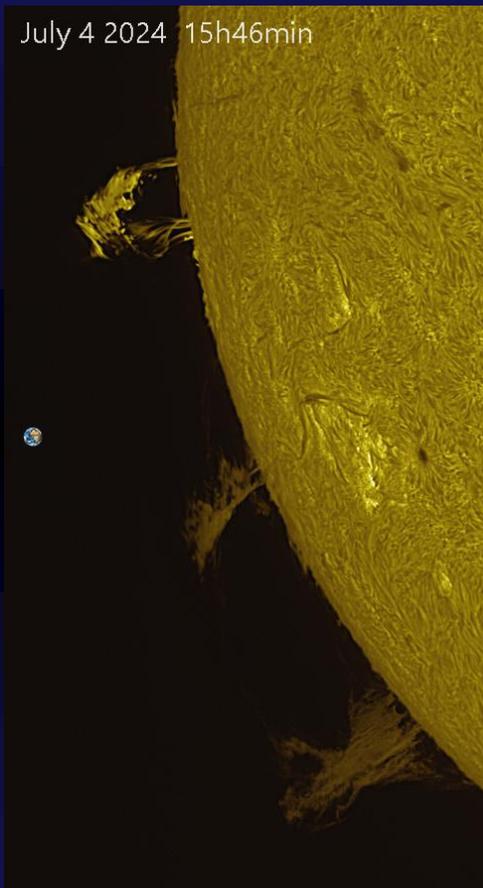
- La structure chromosphérique
- Les spicules
- les zones actives
- les éruptions
- les protubérances (et filaments)





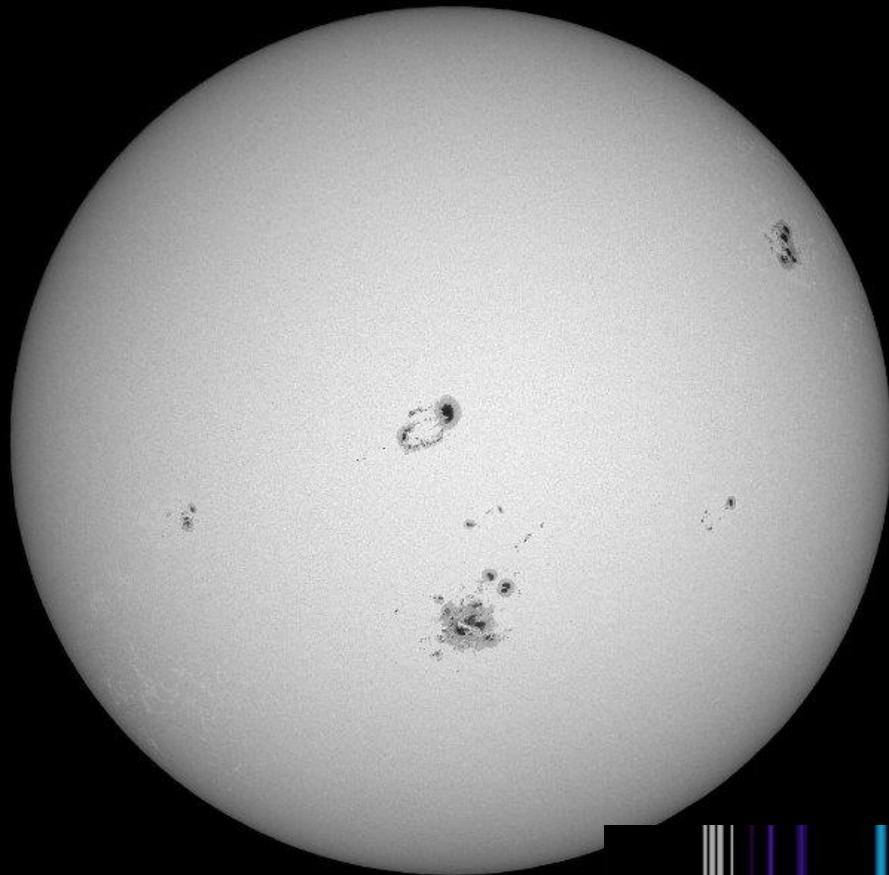


Le Soleil en H α (656,28 nm)

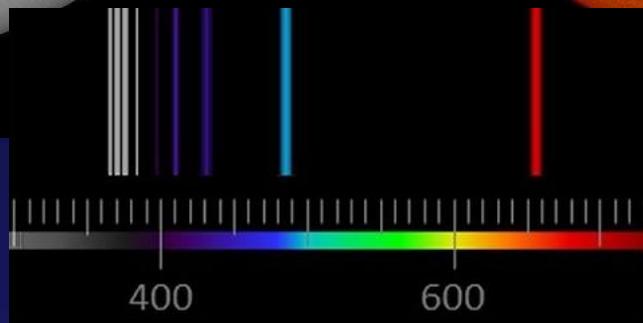
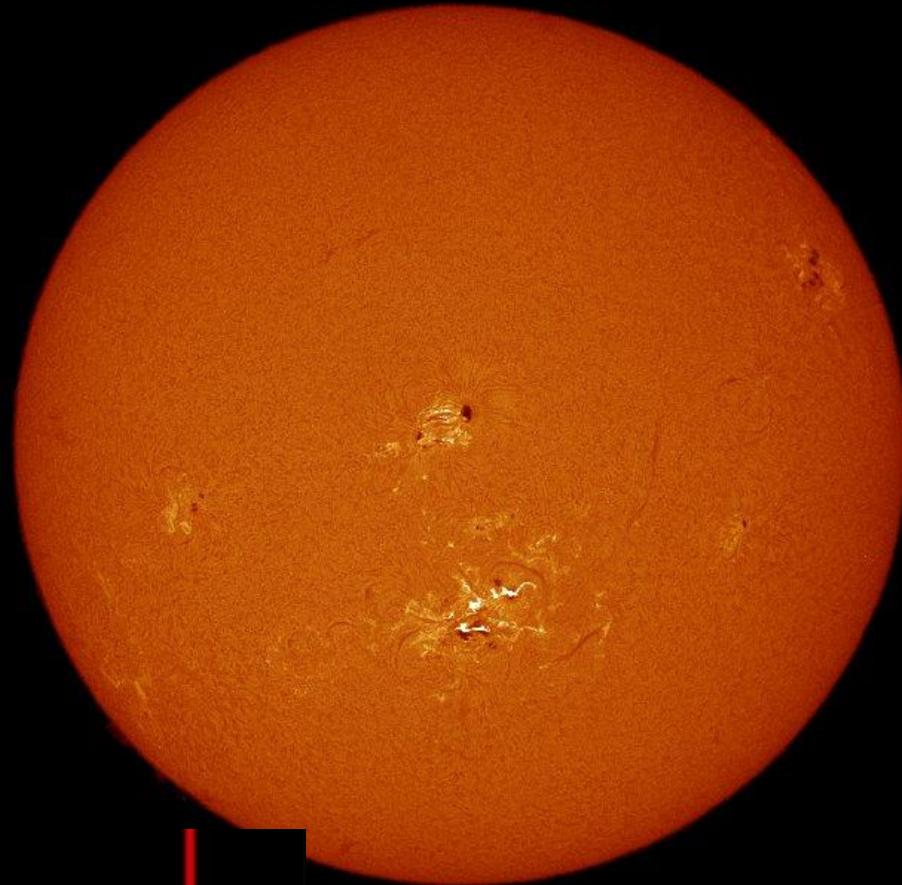


H α et lumière blanche

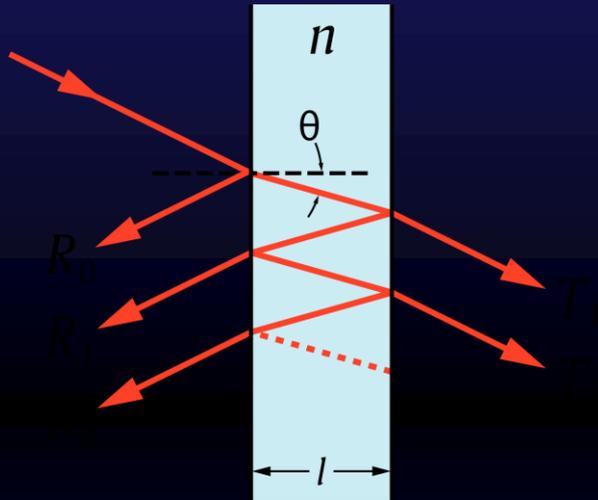
Bande large



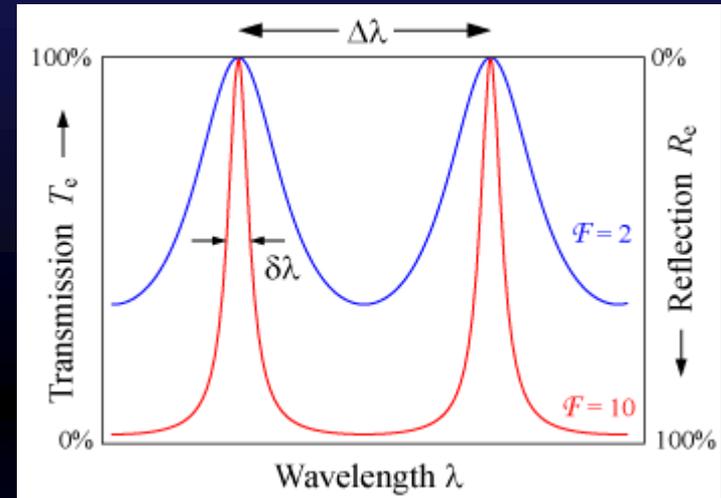
Bande étroite



La pièce maîtresse : l'étalon $H\alpha$



Une cavité entre deux surfaces semi-réfléchissantes pour générer des interférences...



...qui vont conduire à une bande passante très étroite

...si la précision de surfaçage est d'au moins $\lambda/40$!

La bande passante d'un filtre $H\alpha$ solaire est comprise entre $0,3 \text{ \AA}$ et 1 \AA
(à ne pas confondre avec les $H\alpha$ pour photo stellaire, de bande passante $> 30 \text{ \AA}$)

Le filtrage en H α : étalons « air »



Lunettes ‘clés en mains’ ou...



...éléments à monter à l'avant d'une lunette

La position de la bande passante dépend de la température du filtre => le réglage sur la raie H α s'effectue par inclinaison du filtre ou par variation de pression (« Pressure Tuner »)

Les fabricants : Lunt, Coronado, Solarscope (diamètres : 40 à 90 mm)

Le complément indispensable : le « BF »



Le BF (Blocking Filter) est destiné à éliminer les raies inutiles générées par l'étalon

Sa largeur de bande est de 6 à 10 Å

On le trouve en plusieurs diamètres selon le fabricant : 5, 6, 12, 15, 18, 30 mm...

Lui est adjoint un filtre « ITF » pour éliminer l'IR résiduel

Ces éléments peuvent s'oxyder au fil du temps (solution : le remplacement par un ITF Beloptik)

Le filtrage en $H\alpha$: étalon « mica »



L'étalon mica est toujours en position arrière et nécessite une régulation de température car il est plus sensible aux variations thermiques qu'un étalon air

Systeme avantageux pour les grands diamètres (> 80-90 mm)

Les fabricants : Daystar et Solar Spectrum (diamètres ~20 à 42 mm)

Le filtrage en H α : filtre mica « tout en un »



Daystar Quark : 2 modèles de bande passante différente :

« Protubérances » et « Chromosphère »

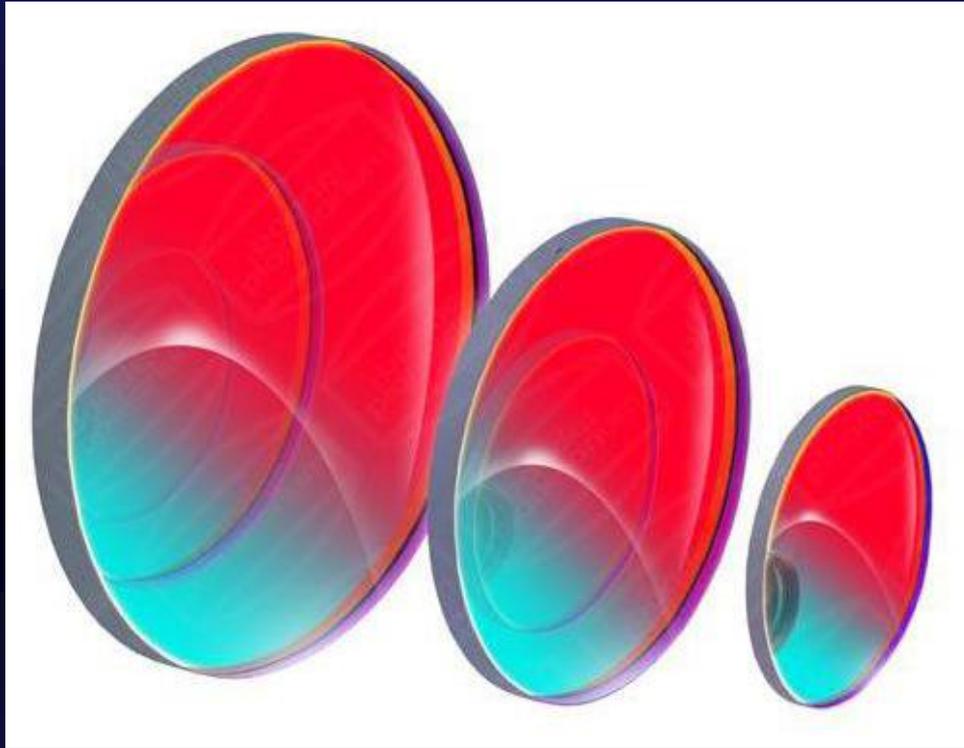
Avec régulation de température, BF et télécentrique 4,2x (sauf modèle « Combo »)

Nécessite un ERF au-delà de 80 mm, filtre anti-UV/IR recommandé dans tous les cas

Etalon de 21 mm :
disque solaire entier accessible
jusqu'à 450 mm de focale

Le Sundancer Baader (Solar Spectrum) présente des caractéristiques proches

Le filtrage en $H\alpha$: l'ERF



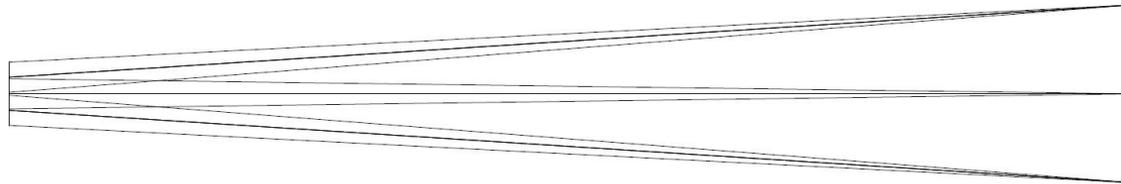
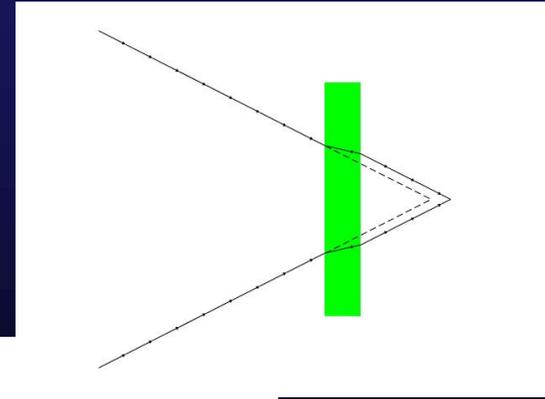
L'ERF (Energy Rejection Filter) est un filtre rouge à bande passante large destiné à protéger l'étalon

Un ERF peut être inséré à l'intérieur d'une lunette (mais pas trop près du foyer !) 13

Etalon interne : la contrainte du rapport F/D



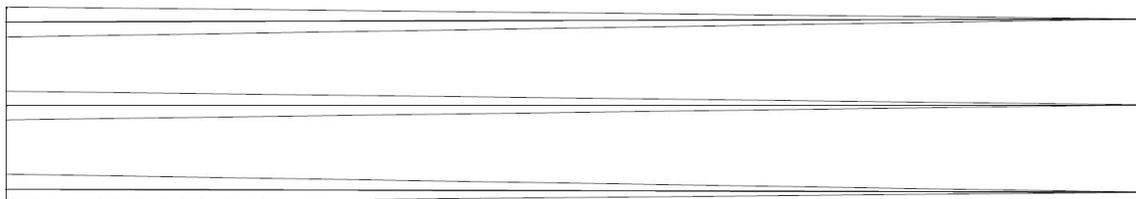
F/30 avec Barlow



Inconvénient : champ en H α réduit (« sweet spot »)



F/30 avec système télécentrique



Position d'un étalon air



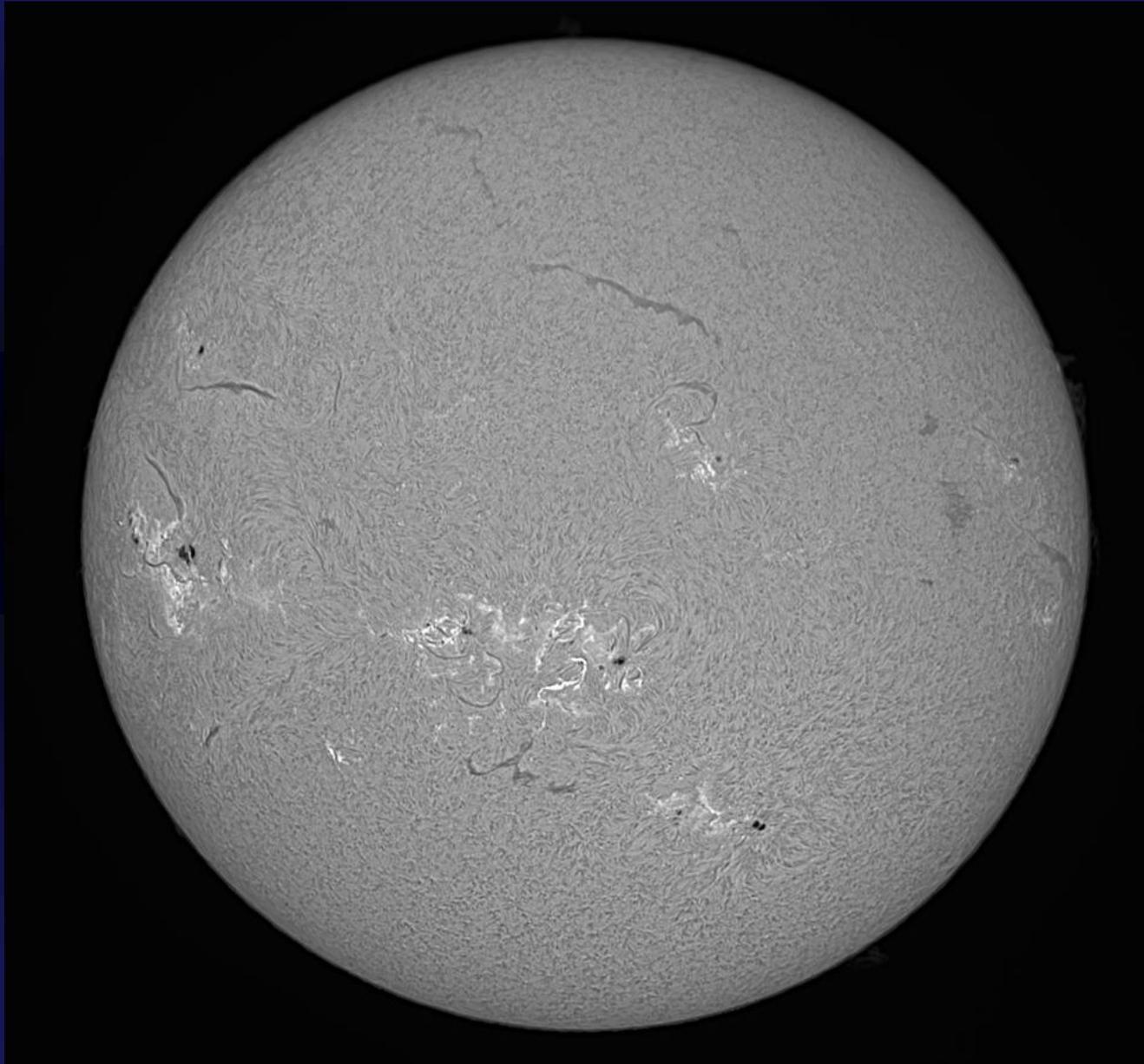
Externe



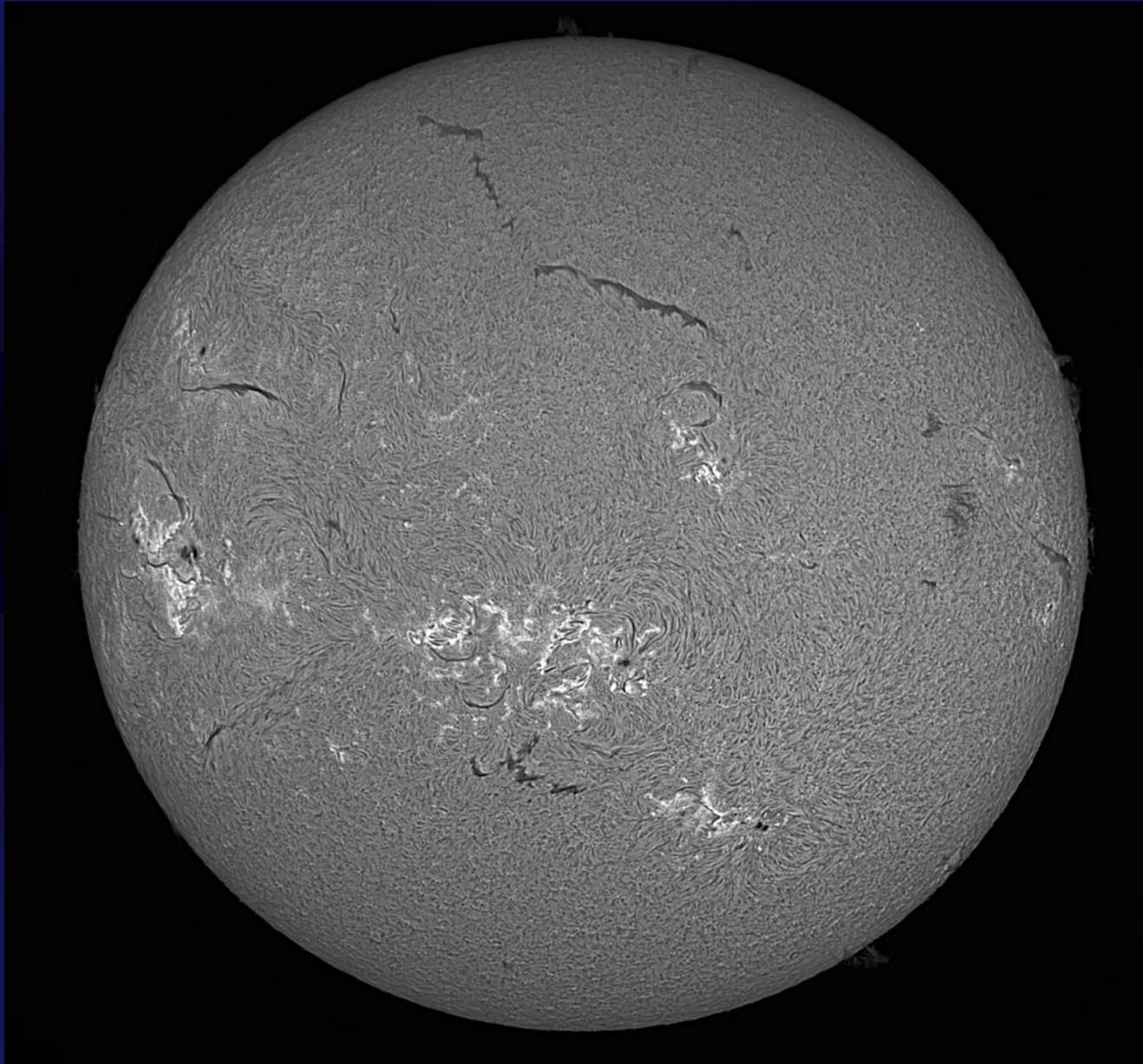
Interne

Un étalon air a une meilleure transmission lumineuse mais requiert un faisceau plus fermé qu'un étalon mica (typiquement F/40 contre F/30), ainsi qu'un ERF

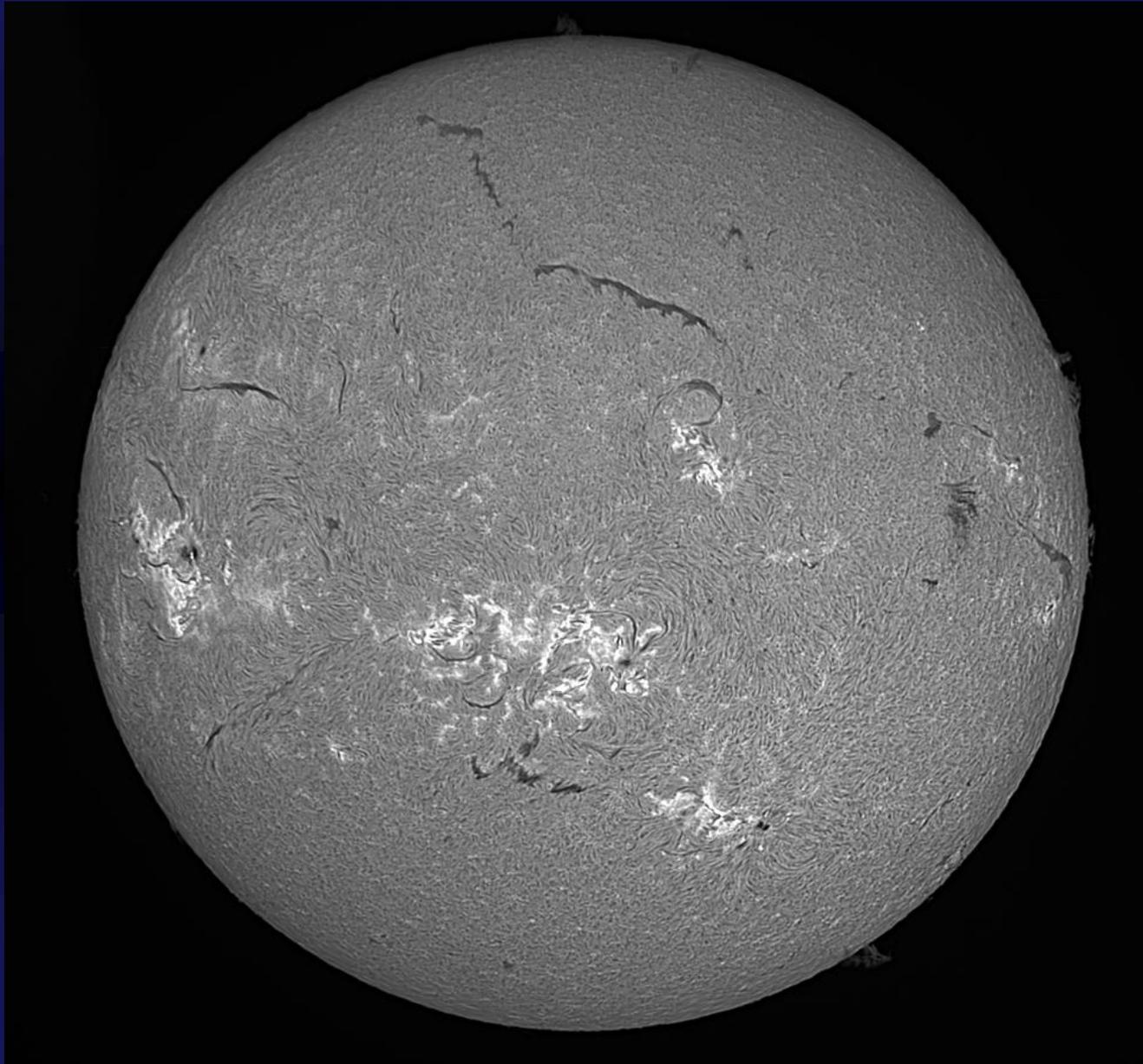
Le filtrage en H α : simple, double et triple filtration



Le filtrage en H α : simple, double et triple filtration



Le filtrage en H α : simple, double et triple filtration

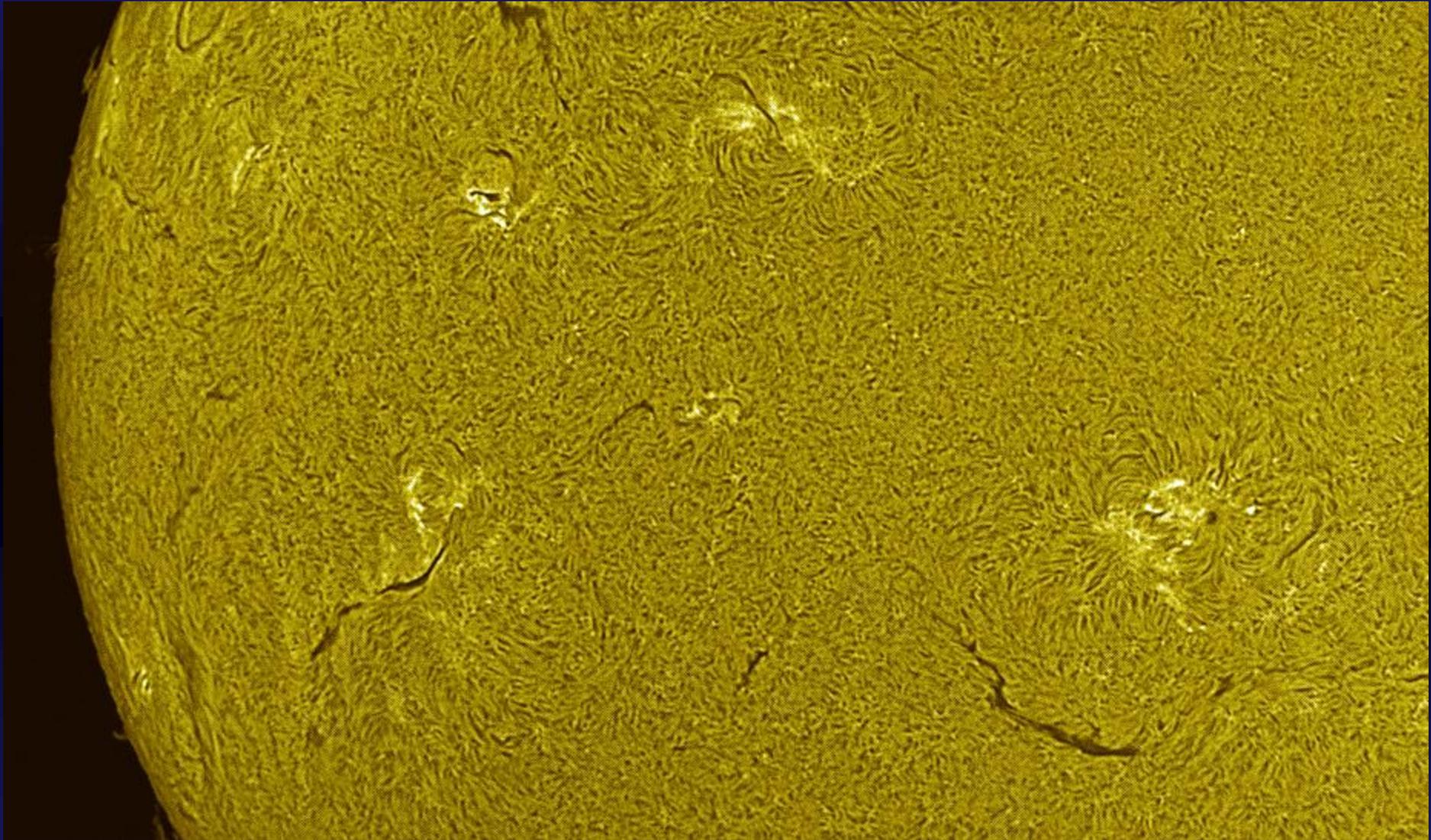


Quelle résolution en fonction du diamètre ?



Lunt 40 mm (double stack)

Quelle résolution en fonction du diamètre ?



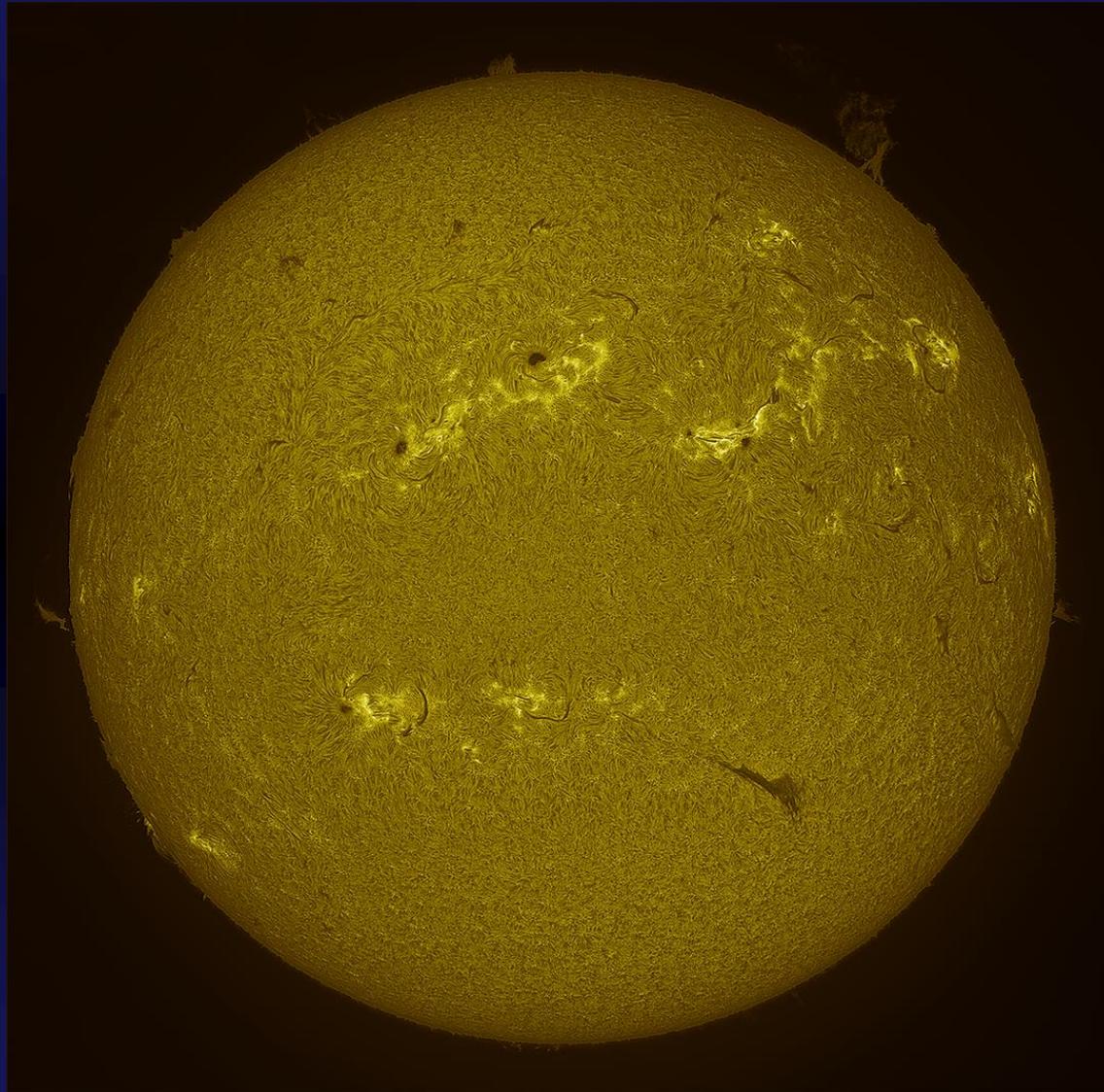
Lunt 40 mm (double stack)

Quelle résolution en fonction du diamètre ?



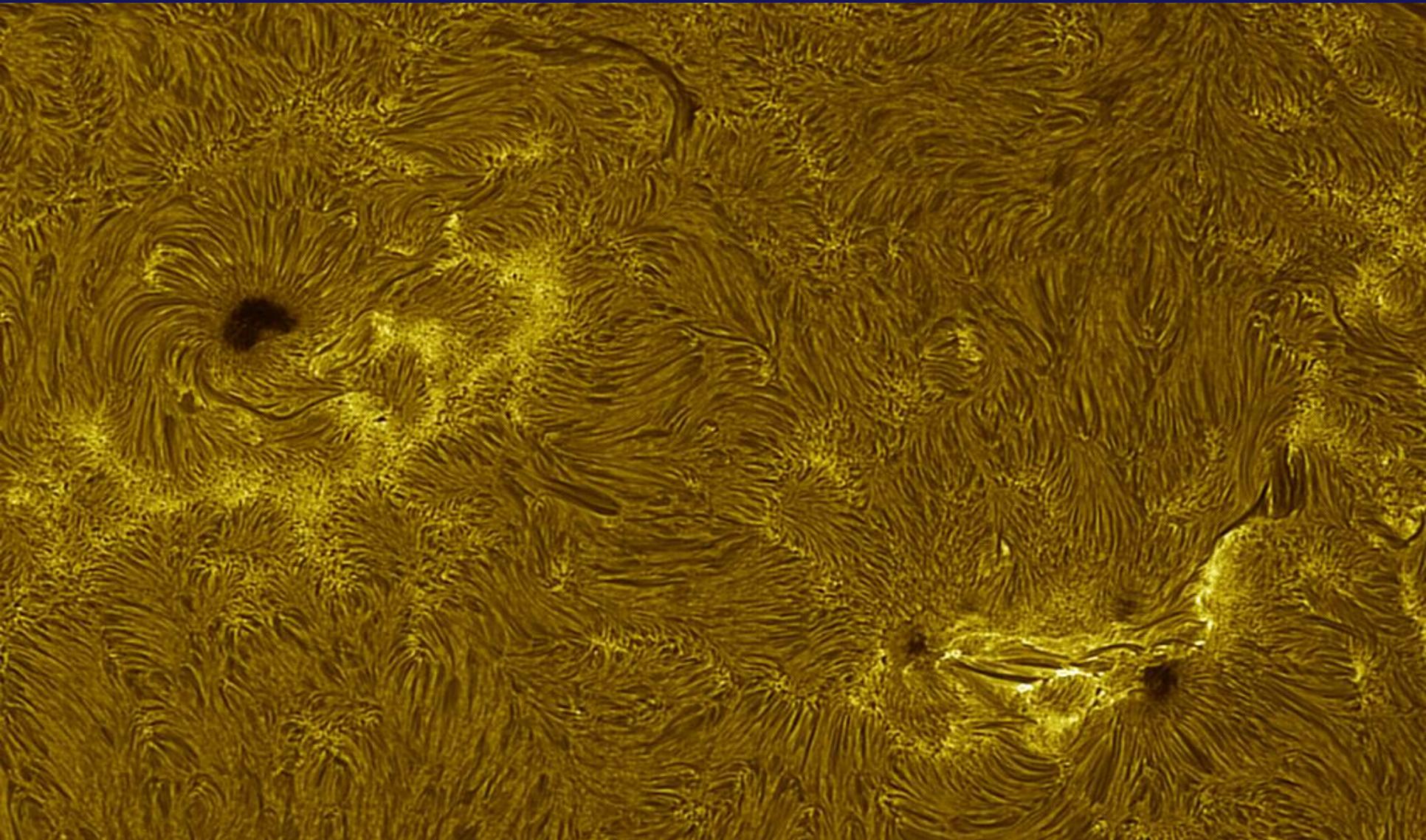
Coronado 90 mm (double stack)

Quelle résolution en fonction du diamètre ?



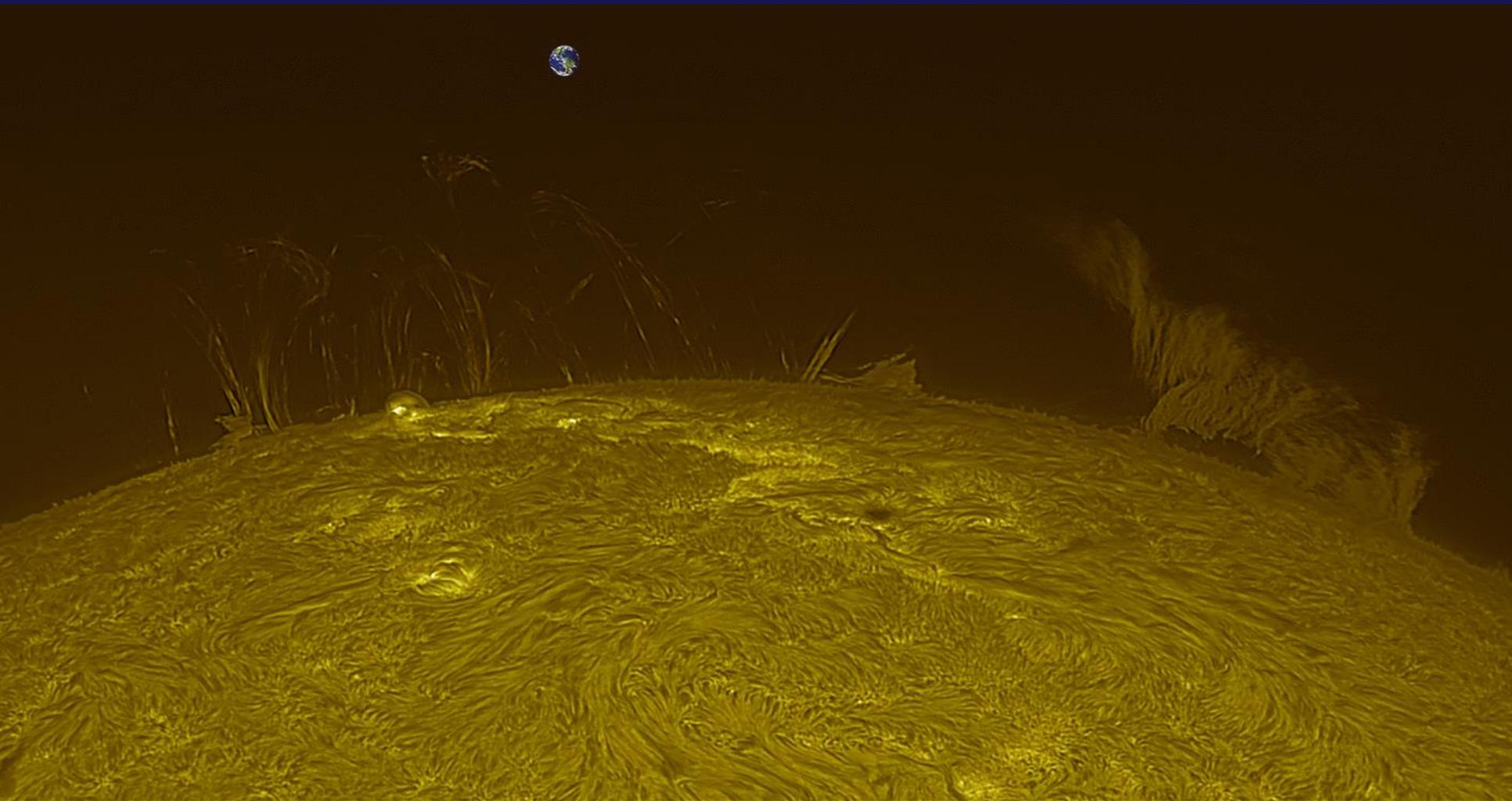
Coronado 90 mm (double stack)

Quelle résolution en fonction du diamètre ?



Coronado 90 mm (double stack)

Quelle résolution en fonction du diamètre ?



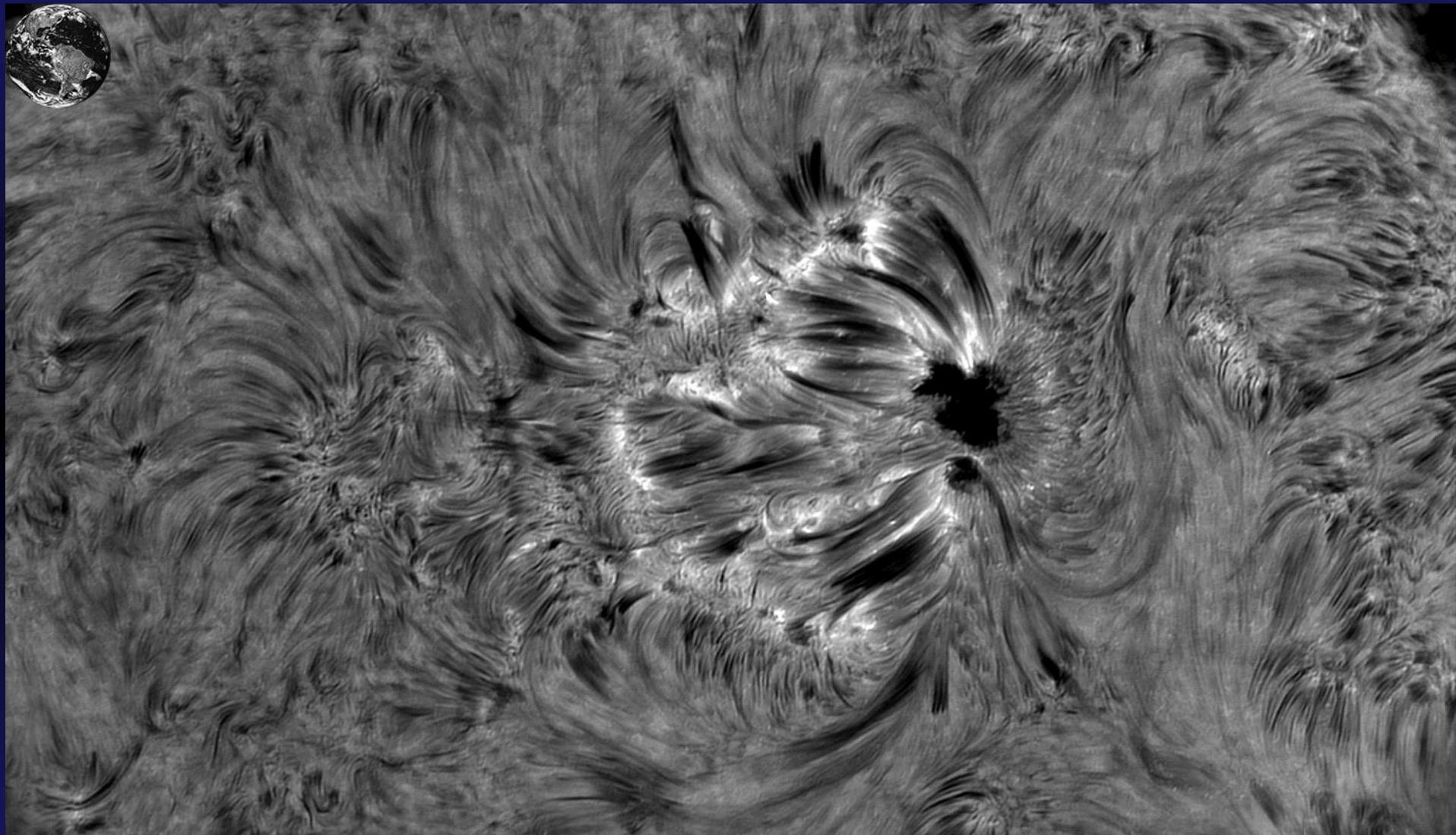
Coronado 90 mm (double stack)

Quelle résolution en fonction du diamètre ?



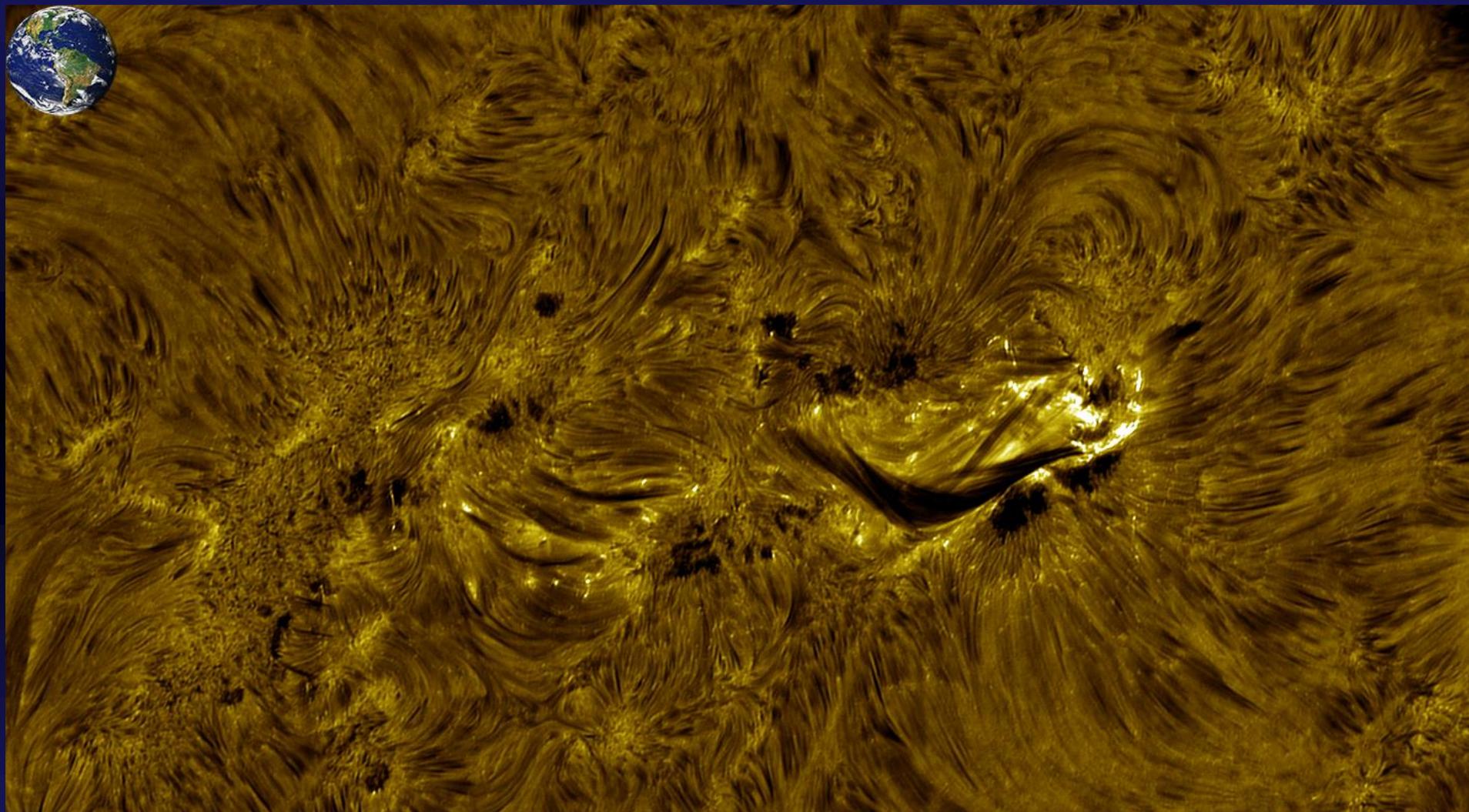
C11 HaT (280 mm), Lunt 40 mm (double stack)

Quelle résolution en fonction du diamètre ?



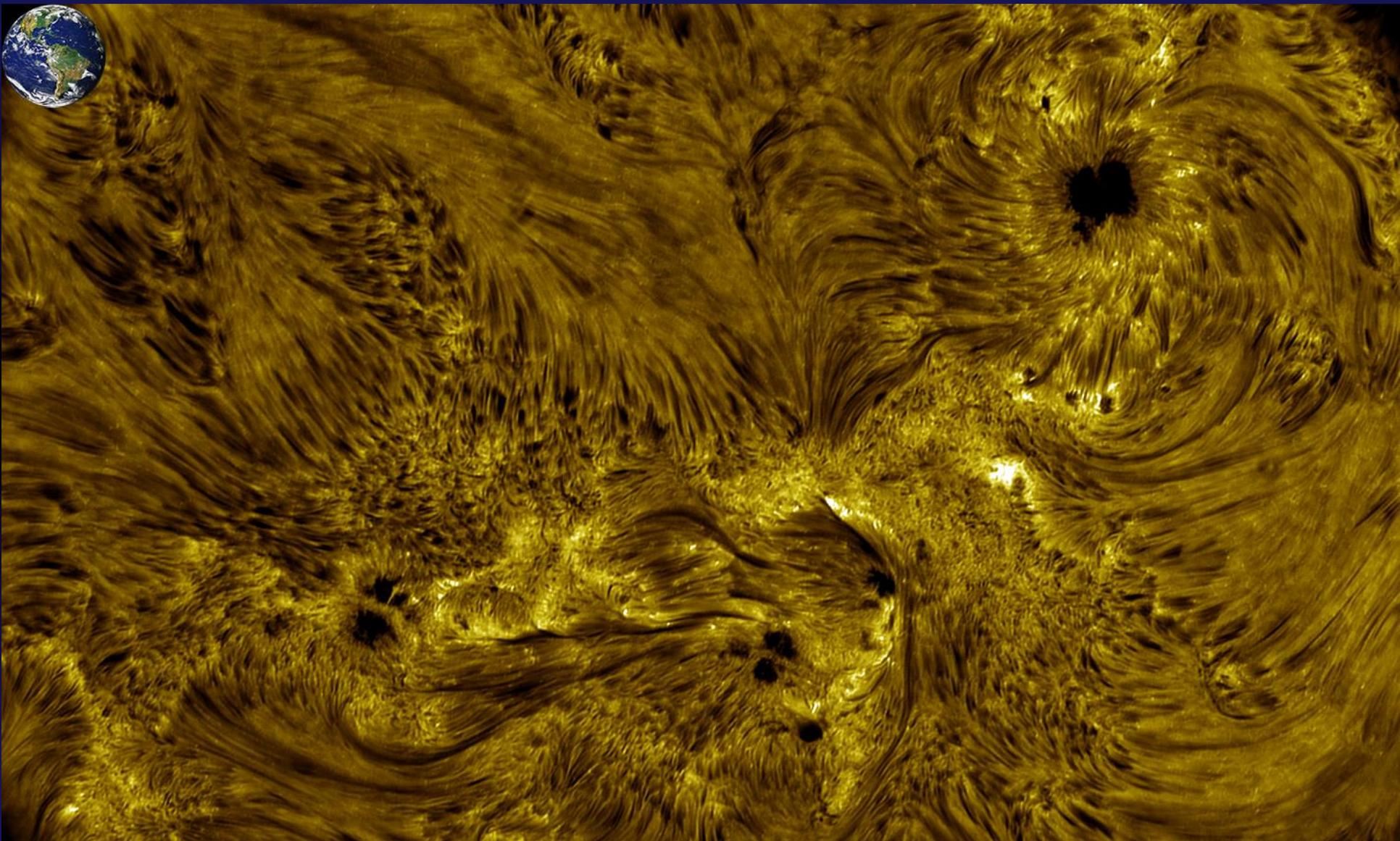
C11 HaT (280 mm), Lunt 40 mm (double stack)

Quelle résolution en fonction du diamètre ?



C11 HaT (280 mm), Lunt 40 mm (double stack)

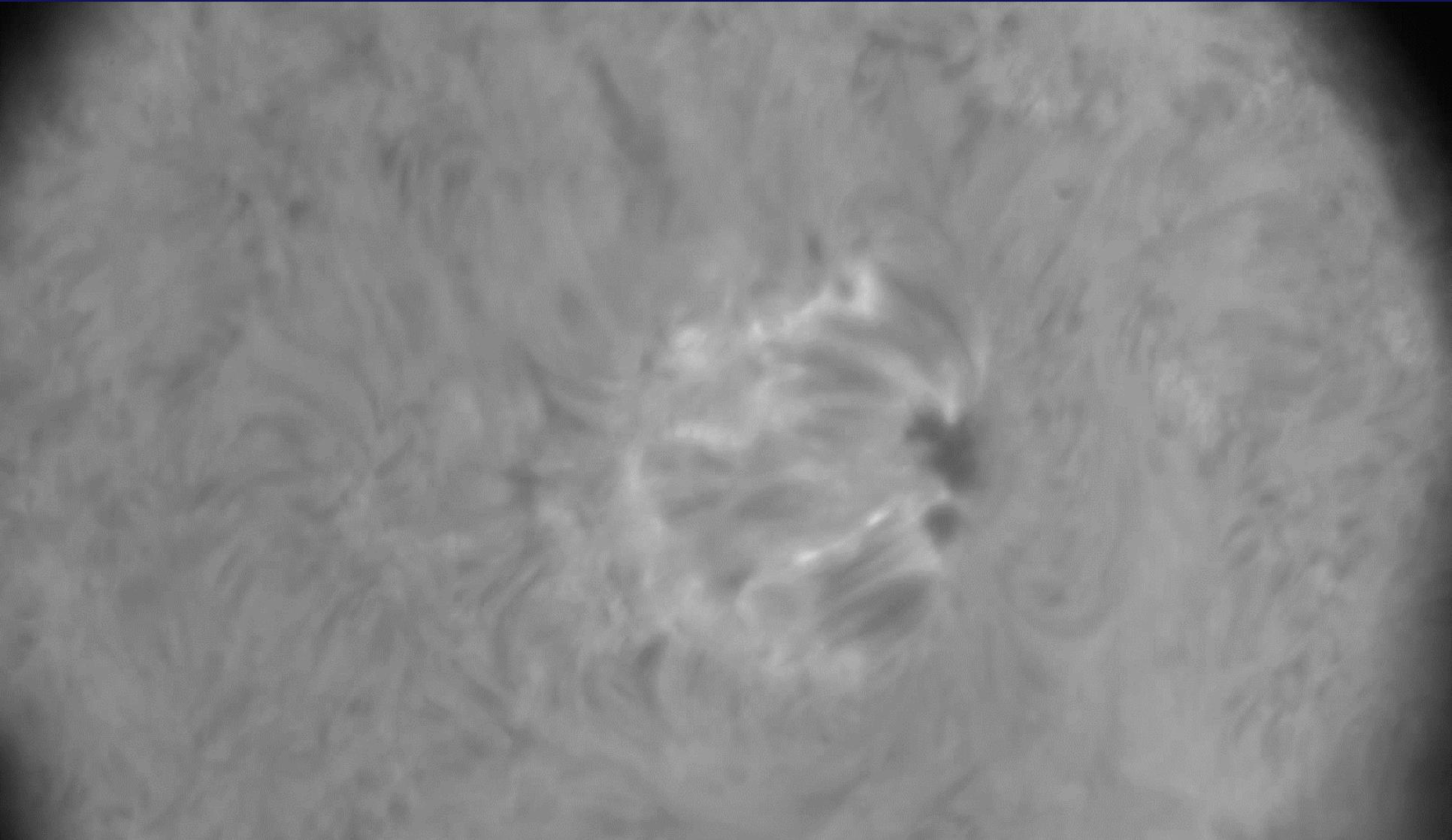
Quelle résolution en fonction du diamètre ?



...et de la turbulence ! (« seeing »)

- Elle pénalise le rendement d'un instrument d'autant plus que son diamètre est grand
- Elle est en général plus forte et plus instable de jour que de nuit
- Turbulence à haute altitude (jet stream...) : on n'y peut rien !
- Turbulence locale :
 - Souvent meilleure le matin
 - Éviter les sols qui chauffent (pierre, ciment, bitume...)
 - Éviter les fenêtres et les coupoles
 - Éviter les lieux au relief accidenté (fond de vallée, forte pente...)
 - Une brise peut aider à dissiper la turbulence
 - Bénéfique : une étendue d'eau du côté d'où vient le vent
- Dans tous les cas :
 - Réduire le temps de pose si la turbulence est gênante (quelques ms si possible)
 - Utiliser une caméra à haute fréquence d'images
 - ...et persévérer pour profiter du moindre « trou » de turbulence !
- L'installation d'un instrument solaire de diamètre important (> 150 mm) peut bénéficier d'une évaluation préalable du site avec un SSM (Solar Seeing Monitor)

...et de la turbulence ! (« seeing »)



Le réglage du filtre

Filtre inclinable : à régler pour obtenir une image :

- La plus contrastée et homogène possible
- La plus sombre possible (la raie $H\alpha$ est une raie d'absorption !)

Filtre thermostaté : procéder par étapes successives en attendant la stabilisation du filtre à chaque étape (à faire en imagerie de préférence)

Le choix de la lunette

- pas besoin d'une APO pour le H α , une bonne lunette achromatique suffit
- pas besoin d'aplanisseur de champ



Diamètre du BF et focale de la lunette sont liés. Pour observer le Soleil en entier, il faut un BF de diamètre supérieur ou égal à la taille du disque solaire au foyer :

$$\text{Taille Soleil (mm)} = F / 100$$

Imagerie : quel capteur ?

- Critères de choix :

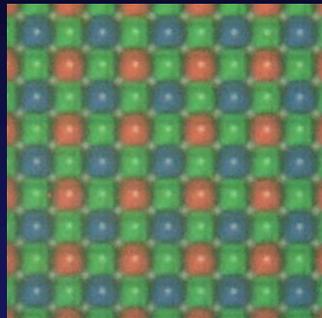
- Type monochrome/couleur
- Dimensions (par rapport à la taille du Soleil ou du « sweet spot »)
- Taille des photosites (grande focale => grands photosites)
- Fréquence d'images (si possible > 100 ips)

$$\text{Champ (minutes d'arc)} = 3440 \, d/F$$

d : dimension du capteur (hauteur ou largeur)

F : focale instrument

Un capteur couleur (« matrice de Bayer ») ne comporte qu'un photosite sur 4 sensible au rouge



Matrice de Bayer

Attention, le mode N&B d'une caméra couleur n'est pas équivalent à un capteur monochrome !

Imagerie : quel capteur ?



Imagerie : quel échantillonnage ?

Echantillonnage ("/pixel)

$$E = 206 p/F$$

d : dimension du photosite

F : focale instrument

Pouvoir séparateur (")

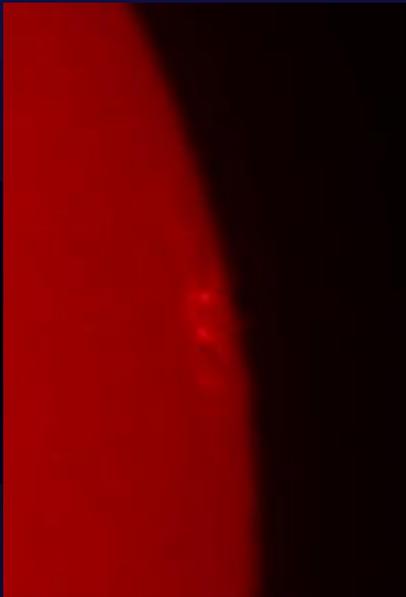
$$PS = 140/D$$

D : diamètre instrument

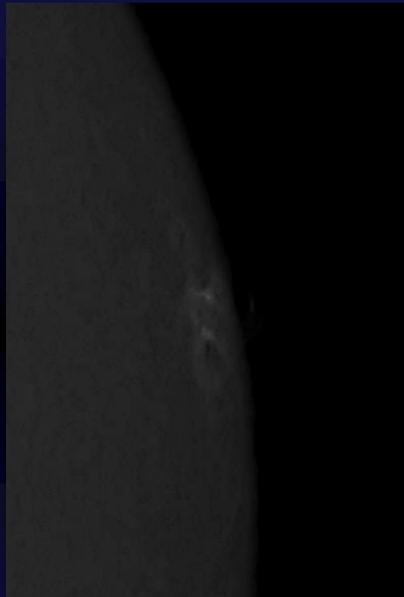
L'échantillonnage doit être choisi :

- Soit pour avoir le disque solaire entier sur le capteur : diviser 1900 (taille moyenne du disque solaire en ") par le nombre de photosites sur le petit côté du capteur pour obtenir E, et prendre un peu de marge
- Soit pour maximiser la résolution : une base de départ est $E = PS/2$

Capteur couleur ou mono ?



Capteur couleur



*Capteur couleur
en mode N&B*

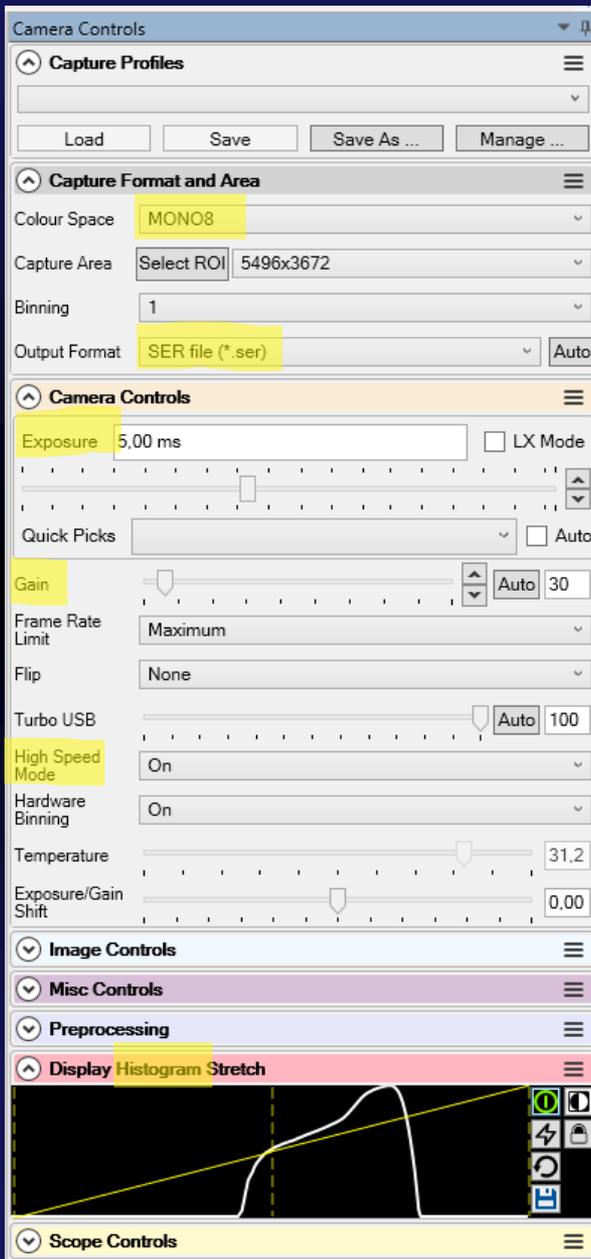


*Capteur couleur,
couche rouge*



*Capteur
monochrome*

Quels réglages caméra ?



Les deux réglages fondamentaux : expo et gain

Baisser l'expo (et monter le gain) réduit les effets de la turbulence mais les images sont plus bruitées et doivent être compositées en plus grand nombre

Format d'enregistrement : SER

10/12/14/16 bits : peu ou pas utile, diminue la cadence d'images par 2 !

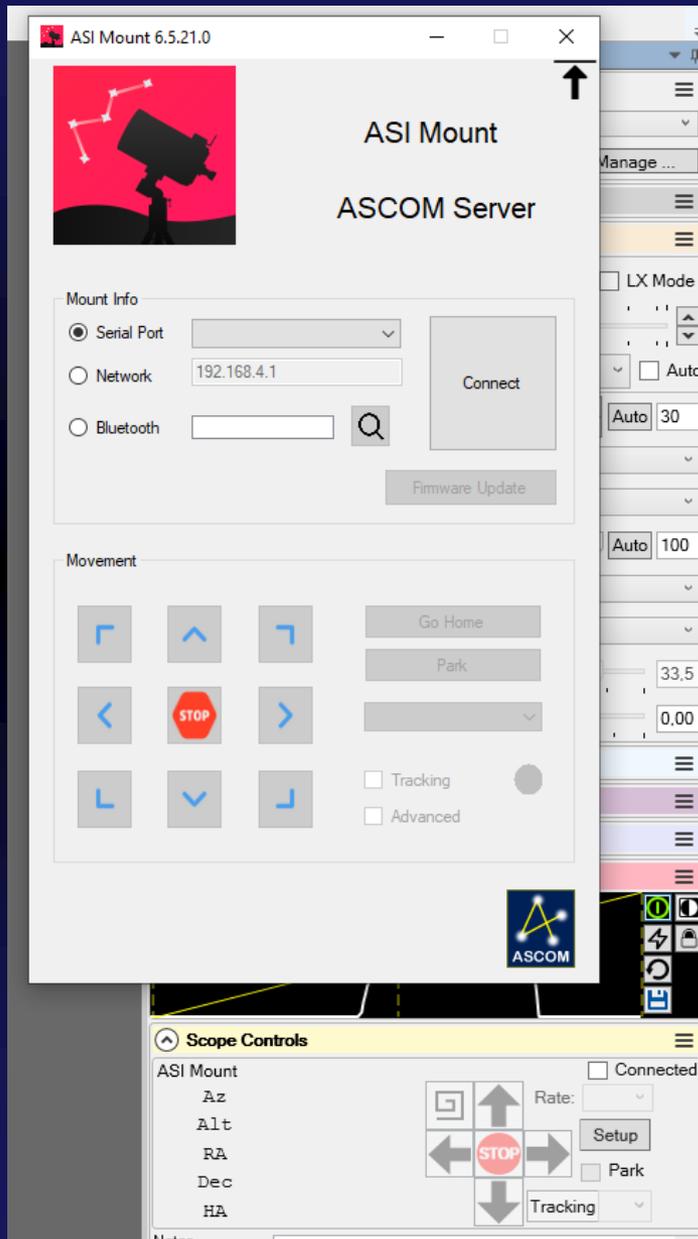
Durée de chaque séquence : 30 à 60 s

Histogramme : garder un peu de marge pour les éruptions !

La mise en station et le suivi

- Monture GOTO azimutale : à « synchroniser » sur le Soleil
...mais attention à la rotation de champ !
- Monture équatoriale :
 - Une mauvaise mise en station se traduit par une dérive et une rotation de champ. Solutions possibles :
 - Mise en station de nuit avec viseur polaire ou alignement multi-étoiles
 - Mise en station de jour avec alignement sur le méridien (boussole, repères au sol...) pour l'azimut et graduations ou inclinomètre pour la latitude
 - Possibilité d'utiliser la méthode de Bigourdan sur le Soleil pour affiner la mise en station
- Dérive du Soleil en vitesse sidérale : $1^\circ/\text{jour}$ soit $2,5''$ par minute vers l'est

Et l'autoguidage ?



Pilotage de la monture par Sharpcap en
ASCOM après étalonnage
(comme pour l'autoguidage stellaire)

La mise au point

En solaire, la mise au point varie fortement en cours de journée avec la température !

-Utiliser un dispositif de mesure de la position de mise au point (ex : comparateur)

-Vérifier et retoucher souvent la mise au point

Précision de mise au point en $H\alpha$ à $\lambda/4$:

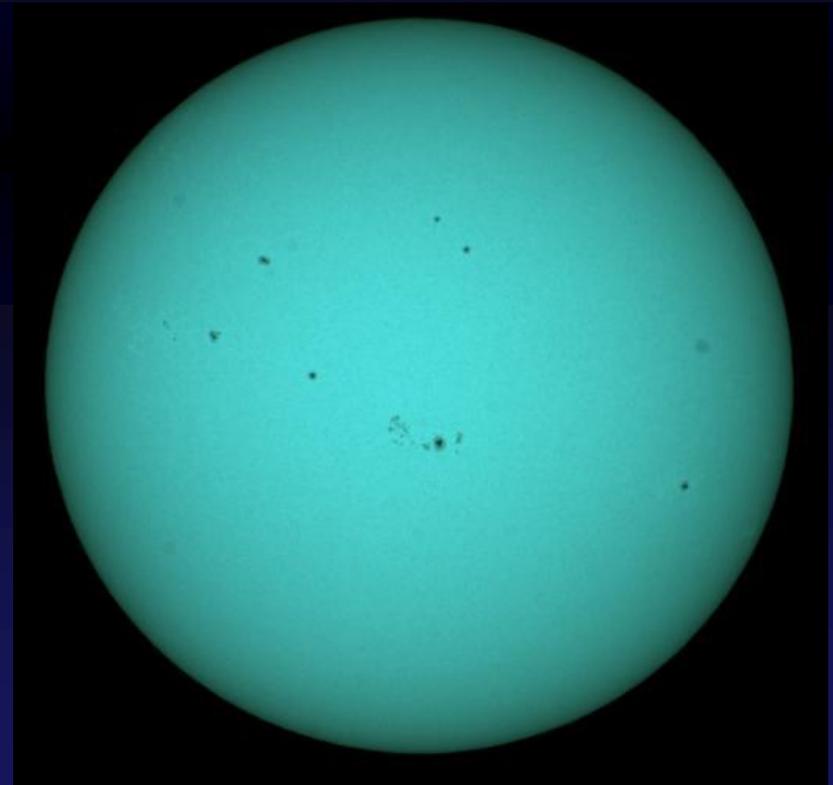
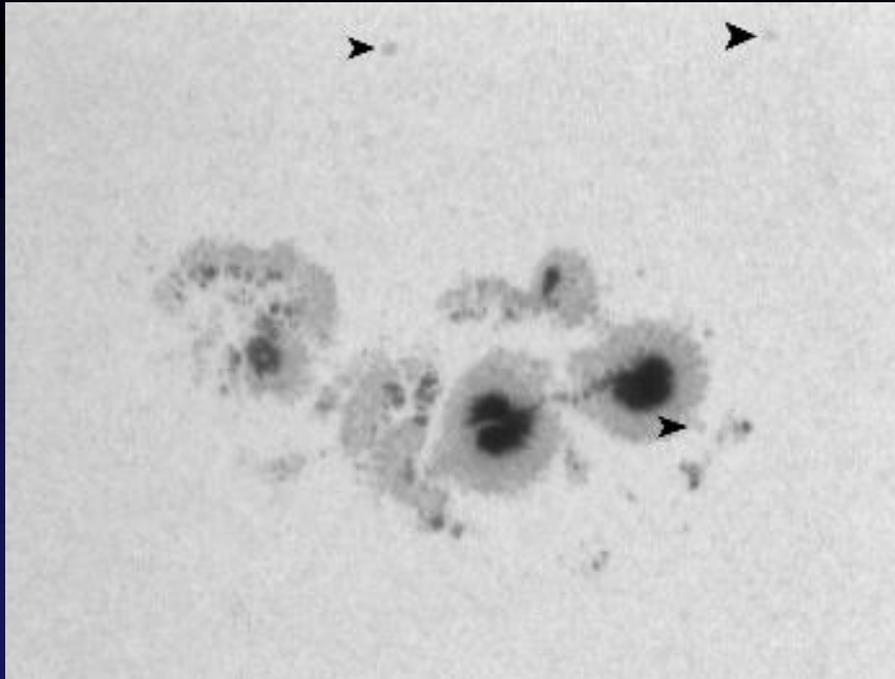
| <i>Rapport F/D (élément mobile)</i> | <i>Tolérance</i> |
|-------------------------------------|------------------|
| 5 | $\pm 0,03$ mm |
| 10 | $\pm 0,13$ mm |
| 15 | $\pm 0,3$ mm |



La réalisation des PLU/flats

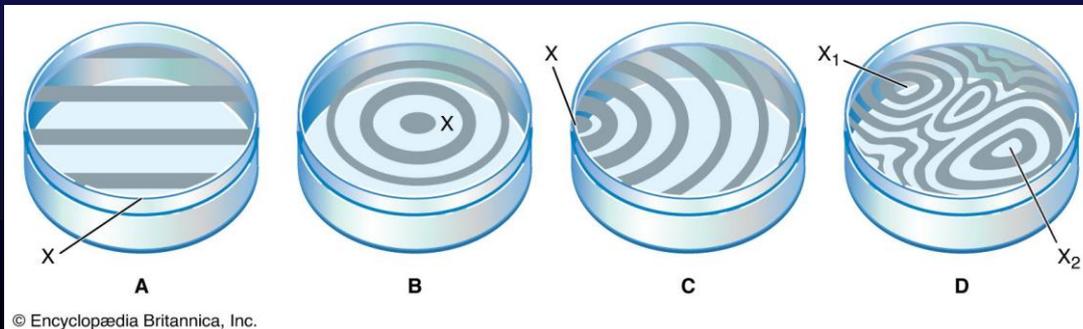
L'utilisation de PLU (plage de lumière uniforme) permet d'éliminer le vignetage et les ombres de poussières

Solution habituelle : défocaliser et centrer une zone uniforme sur le capteur, lancer une acquisition en « agitant » l'instrument à la main



Eviter les franges et anneaux d'interférence

En bande très étroite (lumière monochrome), des franges et anneaux peuvent apparaître dans les images, elles proviennent d'interférences au niveau du capteur ou du hublot caméra



Elles ne sont pas (ou peu) éliminées par les PLU/flats.

La solution : incliner le capteur à l'aide d'une bague de « tilt » :



Le traitement des séquences

4 phases principales :

- Sélection et empilement des images
- Accentuation des détails
- Travail sur les hautes et basses lumières (harmonisation disque/protubérances)
- Réglage final : contraste, gamma, colorisation...

L'incontournable : Autostakkert

The screenshot displays the AutoStakkert! 3.1.4 (x64) software interface. The main window is titled "fsqha 2024-08-10T09_08_49Z.ser".

Left Panel (Settings):

- 1) Open:** Includes "Expand Limit" and "Filter" options.
- Image Stabilization:** Radio buttons for "Surface" (selected) and "Planet (COG)". Checkboxes for "Disable Stabilization", "Improved Tracking", "Expanded", and "Cropped" (selected).
- Quality Estimator:** Checkboxes for "Laplace Δ", "Noise Robust", "Local AP" (selected), and "Global (Frame)".
- 2) Analyse:** Radio buttons for "Auto size" (selected) and "Manual size".
- Reference Frame:** Checkboxes for "Double Stack Reference" and "Auto size" (selected).

Right Panel (Stack Options):

- Format: FIT, TIF, PNG.
- Number of frames to stack: 100 (circled in red).
- Frame percentage to stack: 0%.
- Advanced Settings: "Drizzle" set to Off, "Resample" set to 2.0 X.
- 3) Stack:** A button at the bottom of the panel.

Top Panel (Image Properties):

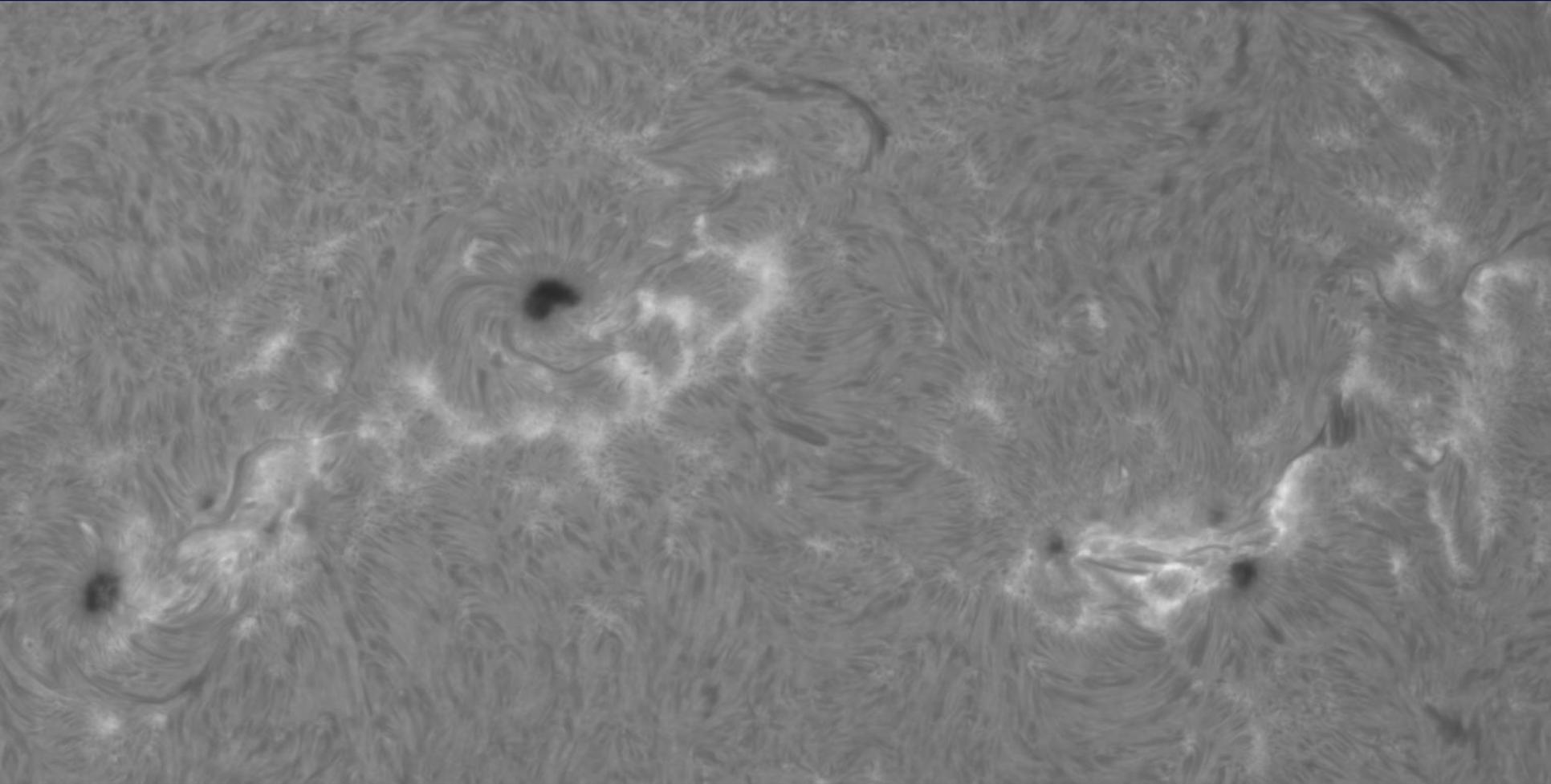
- Image Size: Width 3872, Height 3872.
- Display Options: Draw AP's, Brightness 1 x.
- Scaling (FIT / SER): Auto, Range 8 bit.
- Export Frame(s): "Current" and "All" buttons, "As displayed here" option.

Main Image: A grayscale astronomical image of a star field. A green box highlights a region, and a red circle around a green 'x' marks the "image stabilization anchor (ctrl+click to set)".

Bottom Panel (Status):

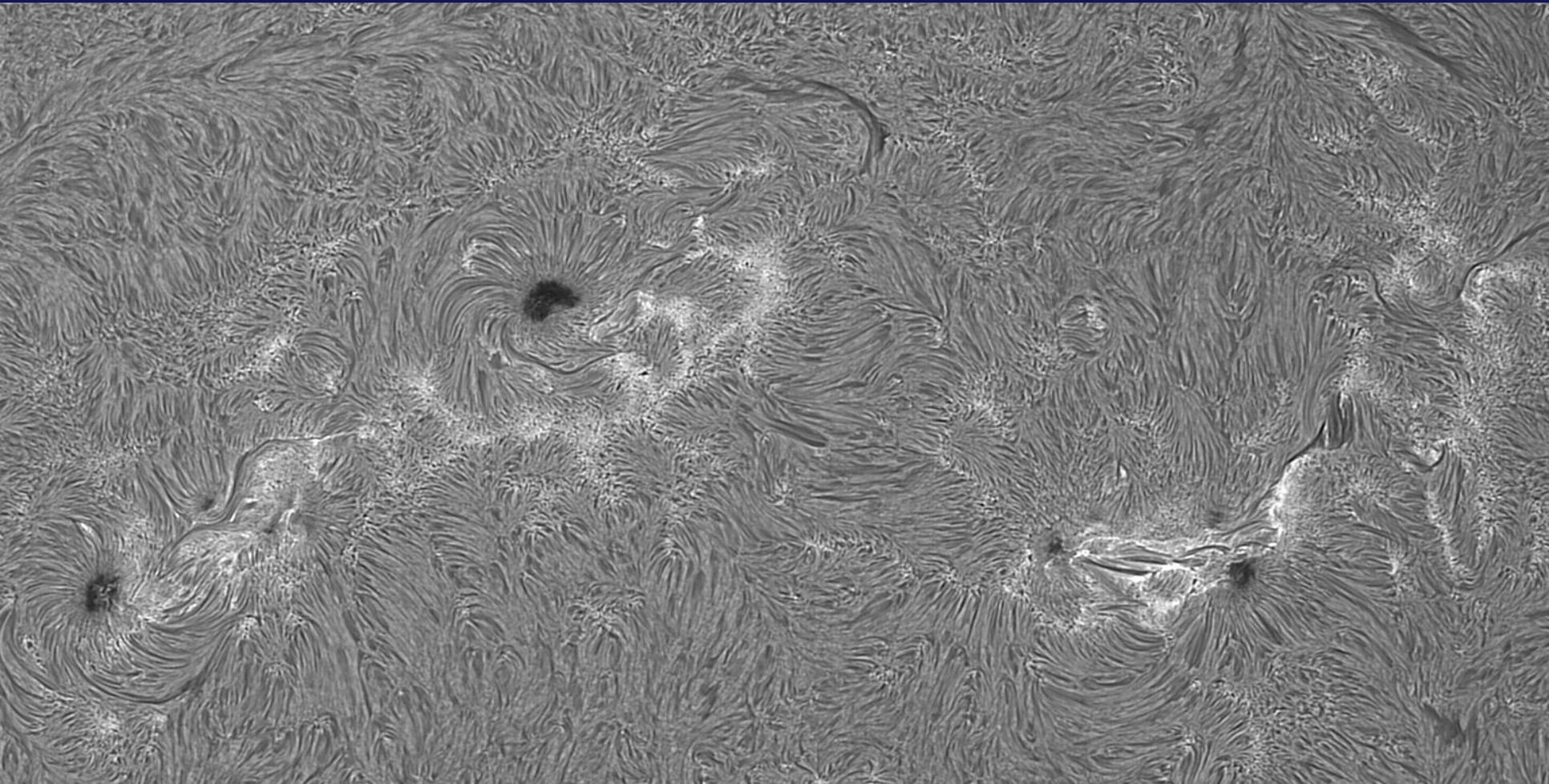
- Threads: 6 / 12.
- Mem. usage: 6,0 % (used 0,1 GB, available 1,5 GB).
- AVX2: 1 recording open.
- Progress bars for "0%" and "0%".
- Bottom status bar: #F 738, 8 bpp, fsqha 2024-08-10T09_08_49Z.ser, 1/1.

Renforcement des détails



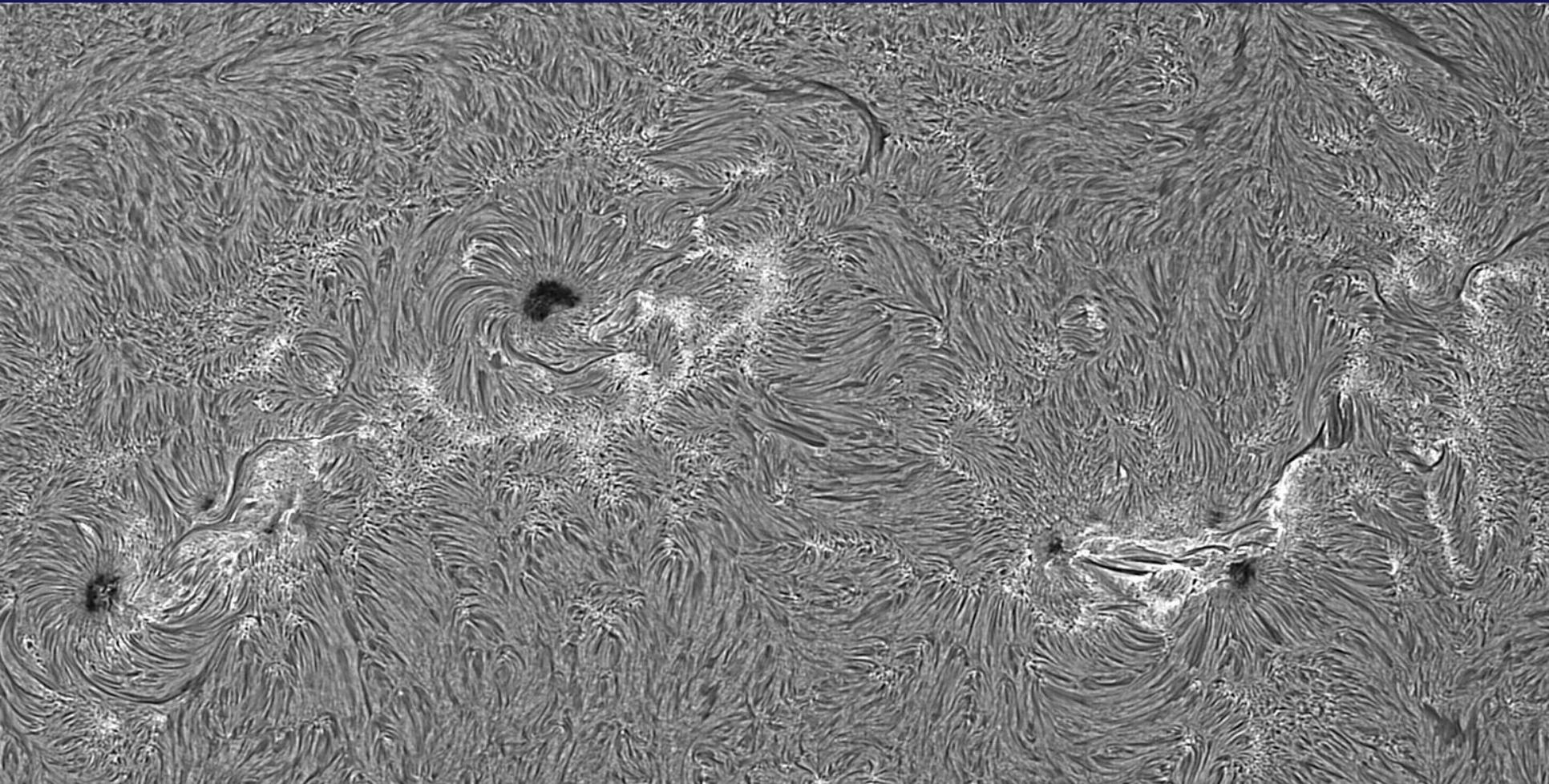
Sortie d'Autostakkert

Renforcement des détails



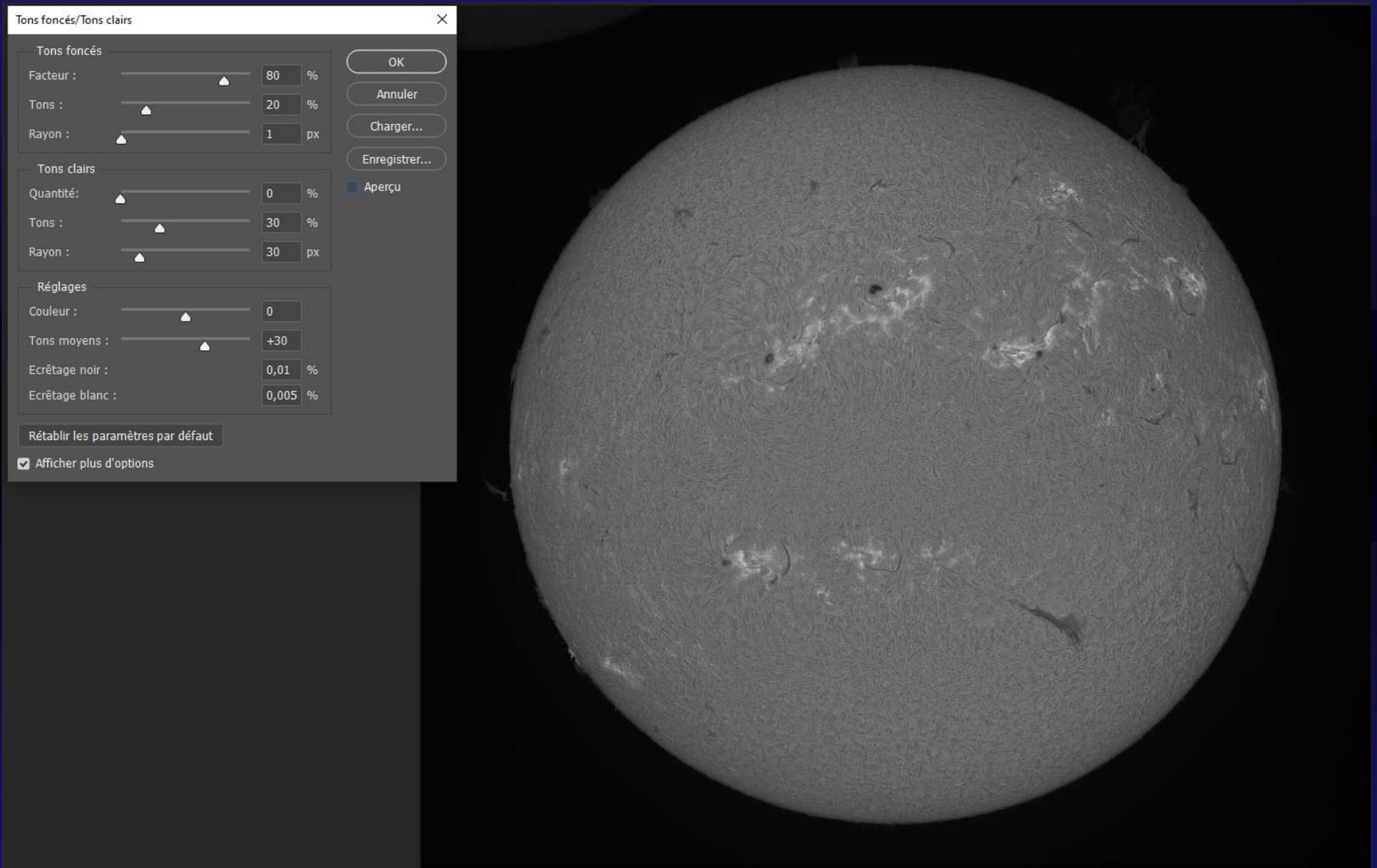
Détails fins (acutance)
Masque flou $\sigma = 1$ $\text{coeff} = 20$

Renforcement des détails

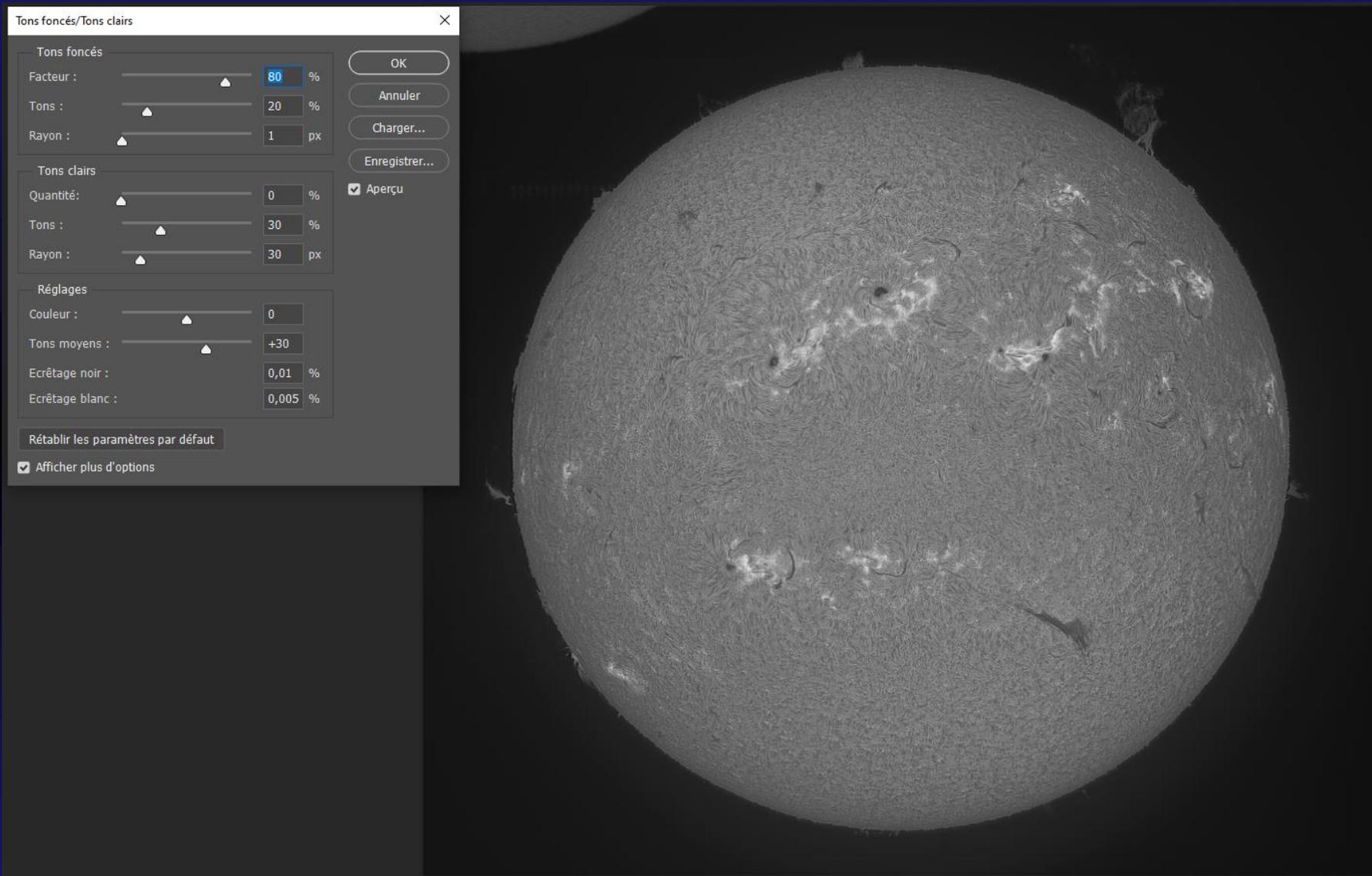


Détails plus larges (modélé)
Masque flou $\sigma = 10$ $\text{coeff} = 0,5$

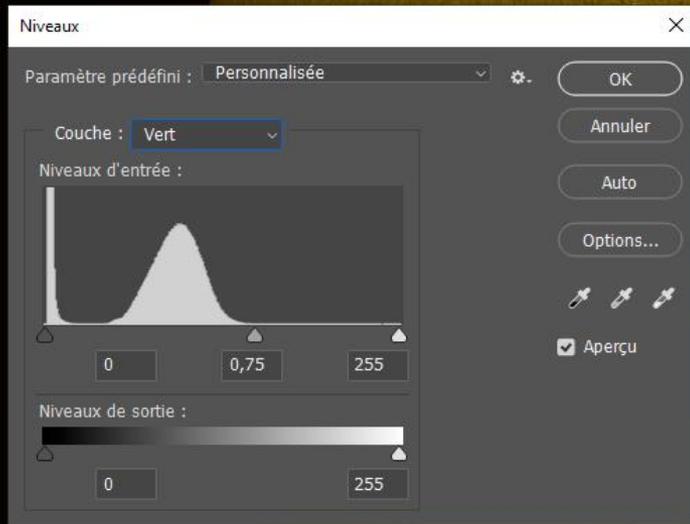
Harmonisation des lumières disque/protubérances



Harmonisation des lumières disque/protubérances



Retouches finales



Les mosaïques

- Morceaux à réaliser dans un laps de temps le plus court possible (quelques minutes)
- Conserver les mêmes réglages caméra
- Prévoir une zone de recouvrement suffisante
- PLU/flats conseillés !
- L'intensité des images finales peut varier (transparence du ciel, traitements autostakkert...) : à harmoniser avant réalisation de la mosaïque
- Nombreux logiciels possibles : Photomerge (Photoshop), Microsoft ICE, PtGui...

Les animations

- Conserver les mêmes réglages caméra
- Essayer de réaliser les prises avec un intervalle le plus régulier possible
 - Environ une minute pour les phénomènes lents
 - Plus fréquemment pour les phénomènes éruptifs
- Toutes les séquences doivent être :
 - traitées en bloc avec Autostakkert et enregistrées en fits
 - alignées avec un logiciel astronomique (Iris, Prism, Siril, ImPPG...)
 - Traitées comme les images fixes (ex : scripts dans Photoshop)
 - Sauvegardées en jpeg de plus haute qualité (images finales)
 - Chargées dans PIPP et mises en animation AVI/MP4 à la fréquence désirée
- L'intensité des images finales peut varier (transparence du ciel, réglages filtres, traitements autostakkert...) : à harmoniser avant réalisation de l'animation
- La netteté des images peut également varier en fonction de la turbulence
- Attention au remplissage du disque dur !

Le Soleil en H α 24/24

NSO NISP

GONG H-Alpha data (Greyscale)

Recent Quality Notes at ML,BB see NOTE
See Color images

| Site | Date | Time | Status | Duration |
|-----------------------|------------|----------|--------|--------------------------|
| 568 Learmonth | 2024/11/06 | 09:49:42 | ✗ | 11 hour(s) 35 minute(s) |
| 540 Udaipur | 2024/11/06 | 11:24:02 | ✗ | 10 hour(s) 0 minute(s) |
| 431 El Teide | 2024/11/06 | 15:33:22 | ✗ | 5 hour(s) 51 minute(s) |
| 638 Cerro Tololo | 2024/11/06 | 21:21:42 | ✓ | 3 minute(s) 18 second(s) |
| 332 Big Bear | 2024/11/06 | 21:21:02 | ✓ | 3 minute(s) 58 second(s) |
| 466 Mauna Loa | 2022/11/26 | 23:47:52 | ✗ | 710 day(s) 21 hour(s) |
| 162 Engineering sites | 2024/11/05 | 20:59:02 | ✗ | 1 day(s) 0 hour(s) |

<http://gong2.nso.edu/products/tableView/table.php?configFile=configs/hAlpha.cfg>

Il a tout des grands : le Sol'Ex !



Le Ha ultime : le SolEye !



Merci de votre attention !

Vos questions ?

