

# Traitement semi-automatique des images de l'éclipse totale du 8 avril 2024

Christian Viladrich

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

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

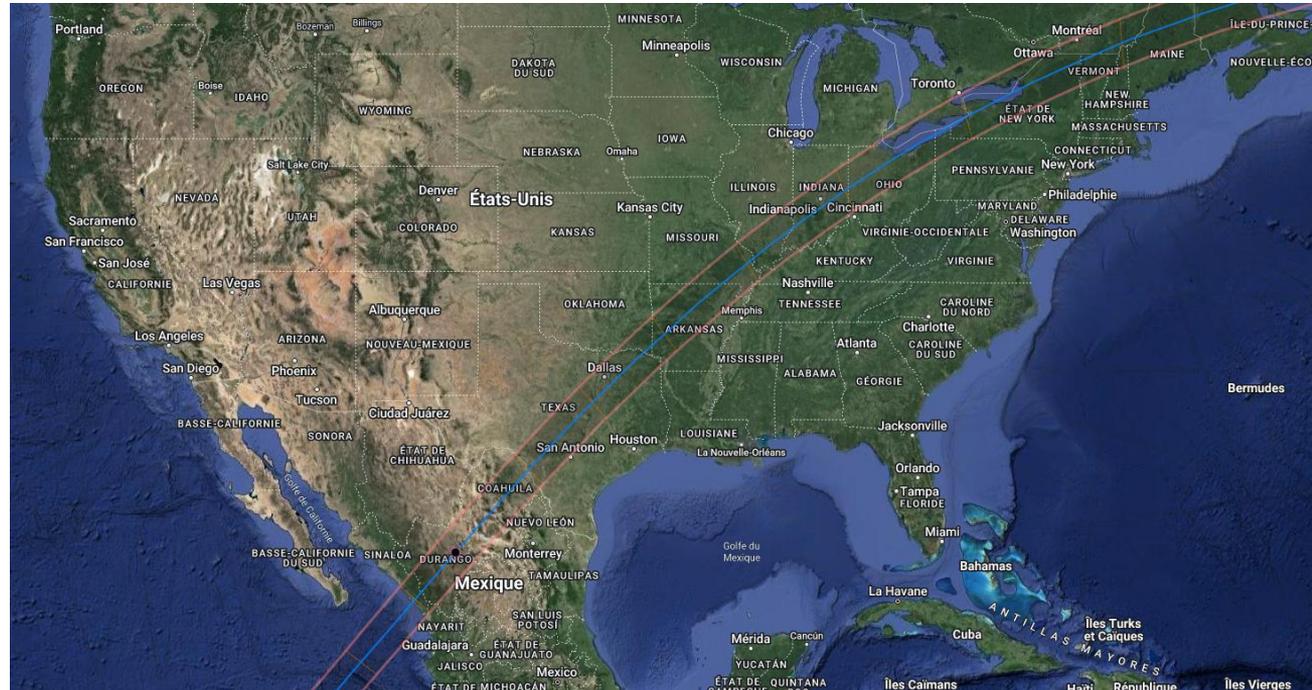
# Sommaire

---

- L'éclipse
- L'instrumentation (Lunette, APN, monture)
- Les images brutes/dynamique de la couronne solaire.
- Traitement :
  - recentrage,
  - stack HDR,
  - correction gradient.
- Résultats
- Résultats remarquables TSE 2023 - 2024

# L'éclipse

- Maximum solaire (couronne symétrique).
- Soleil  $70^\circ$  au-dessus de l'horizon.
- 4 mn 20 s à Mazatlan.
- 4 mn 13 s à Cacalotan.
- Passage de cirrus ...

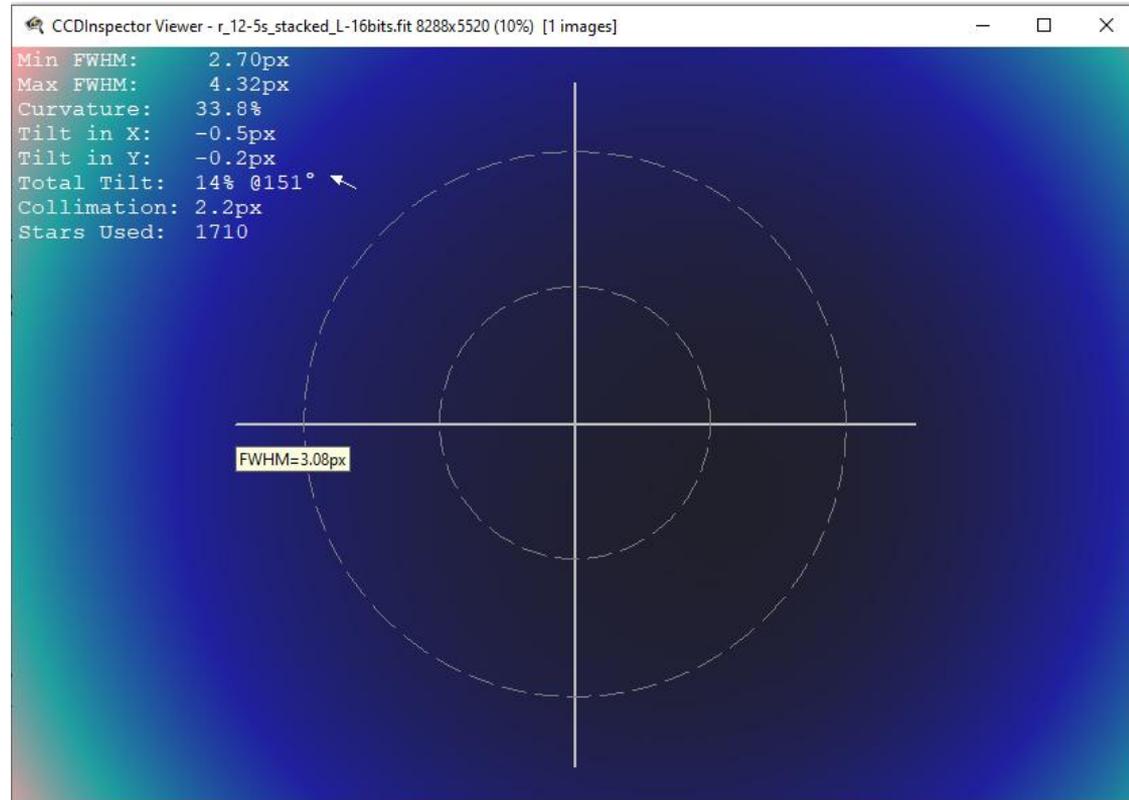
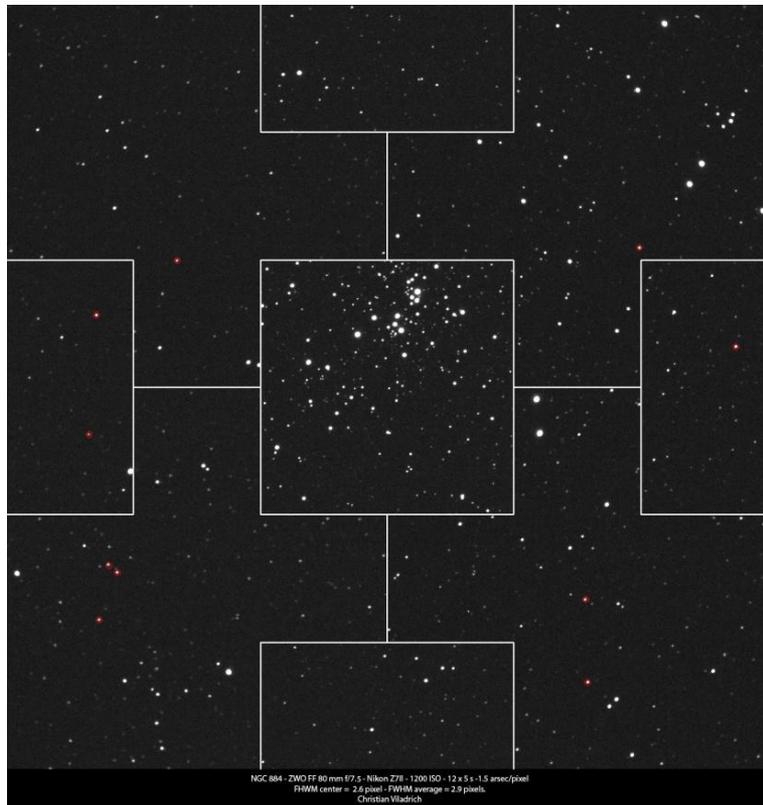


# ZWO 80/600

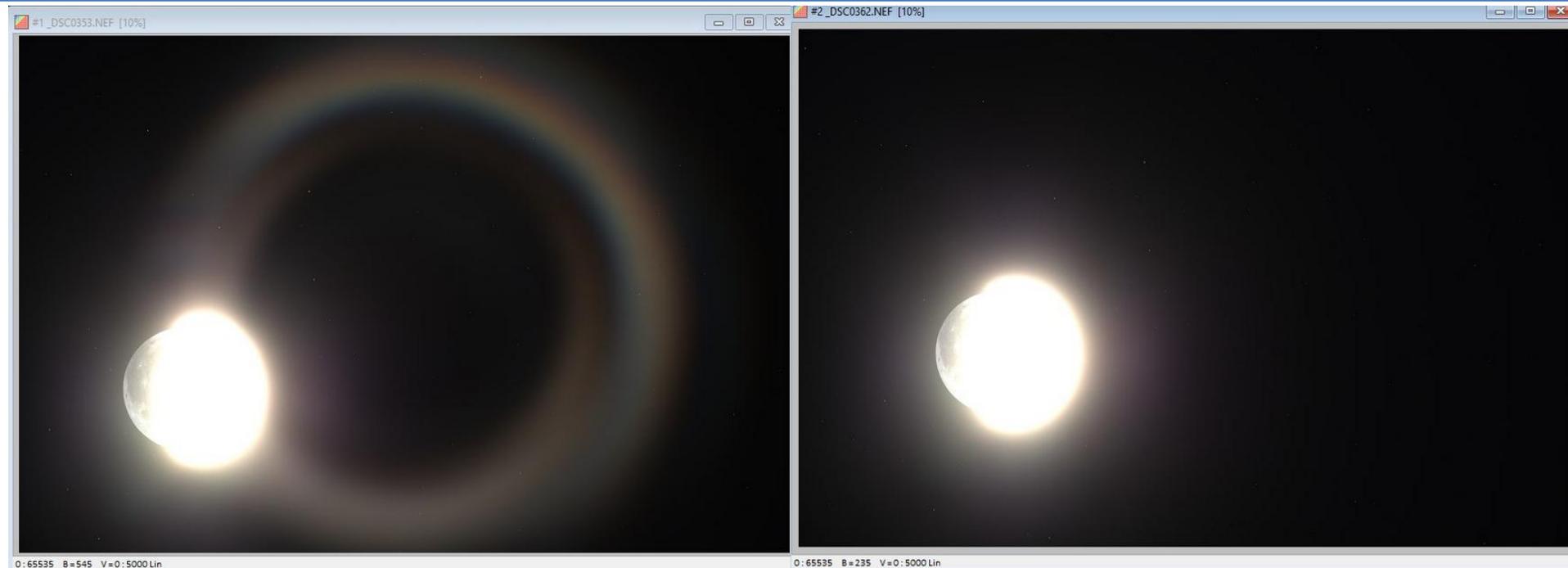
- Configuration limitée par poids max en avion 😞
- Lunette ZWO FF80/600
  - Couverture de champ (quadruplet).
  - Rotateur de champ (alignement est-ouest).
  - Mise au point démultipliée.
- Nikon Z7 II
  - mode RAW 14 bits, 13.8 bits de dynamique mesurée,
  - obturateur électronique (pas de bougé),
  - bracketing auto : 9EV de 1/250s à 1 s (cycle 3 s),
  - télécommande sans fil : 65 cycles de 3 s + 1 s (pas de PC),
  - Map sur écran (Soleil à 70° de hauteur),
  - 1.5 arsec/pixel,
- Monture iOptron HAE29 EC (pas de CTP, codeur optique en RA)
- Trépied carbone



# ZWO 80/600 : couverture de champ



# ZWO 80/600 : gestion des reflets



Pleine ouverture 😞

Avec diaphragme de 75 mm 😊

# Mise au point et dilation thermique

- Latitude de map à  $F/8 = \pm 0.07$  mm
- Focuser démultiplié :
  - Un tour = 3 mm (= 60 dents)
  - Une dent = 0.05 mm
- Repérage map par « vernier »
- Dérive de map de  $1/8$  tr = 0.38 mm au cours de l'éclipse.
- FWHM éclipse = 2.8 pixels = 4.2 arsec (idem FWHM mesurée la nuit).

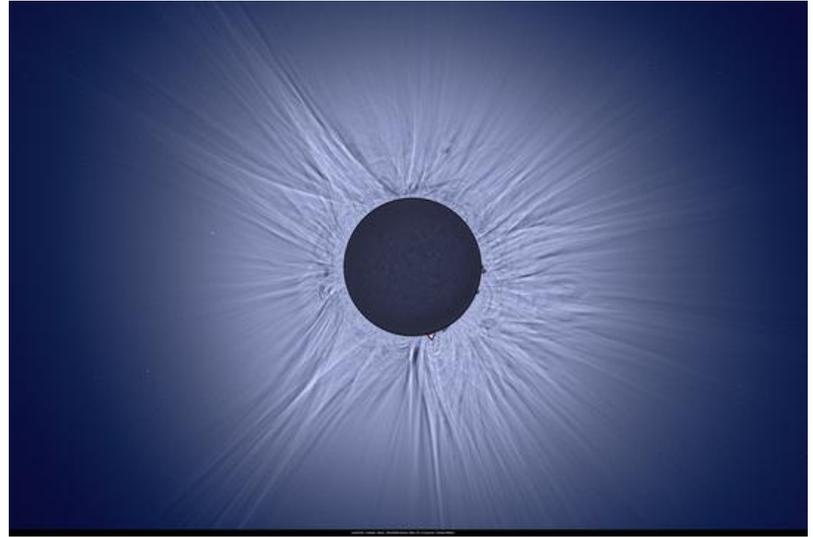
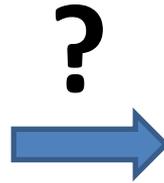


# Dynamique de la couronne solaire

- Etant données les différences de luminosité, il faut utiliser une large plage de temps de pose : 1/250 s (protu) à 1 s (lumière cendrée).
- 65 cycles de 9 images = 585 images.
- Trop d'images pour un traitement manuel : comment faire pour automatiser le traitement au maximum ?



# Quel traitement pour mettre en évidence les détails ?



# Les trois étapes du traitement

---

- 1) Recentrage des images sur la couronne solaire (et pas la Lune ou les étoiles).
- 2) Addition HDR.
- 3) Réduction du gradient radial de luminosité et mise en évidence des détails, à la fois dans les zones très lumineuses (protu) et très faibles (lumière cendrée).
  
- NB :
  - Travail alimenté par les échanges sur Cloudy Night Forums (François Ayello, Colin Legg, Jonathan Hill, Valentin Volchkov) + thèse H. Druckmüllerova.
  - Vers de l'open source ?

# Recentrage des images

- 1<sup>er</sup> tentative : recentrage automatique par mesure position Lune + correction déplacement Lune/Soleil.
  - Détection du limbe lunaire (filtre de Sobel).
  - Détection centre cercle : transformée de Hough.
  - Au final : pas bon à cause des nuages ☹️
- Approche retenue : mesure position étoile(s)
  - Plate solving : OK, mais seulement pour pose de 1s sans nuages ☹️
  - Astroart (semi-manuel) : poses 1/125 s à 1s.
- Puis translation des images en fonction de la dérive étoile/Soleil calculée à partir des éphémérides.



Stars #11\_DSC4420\_PH-reg-soleil.fit

N#	Xc	Yc	ADU	A
1	2146.32	3032.90	193723	

# Addition HDR des images

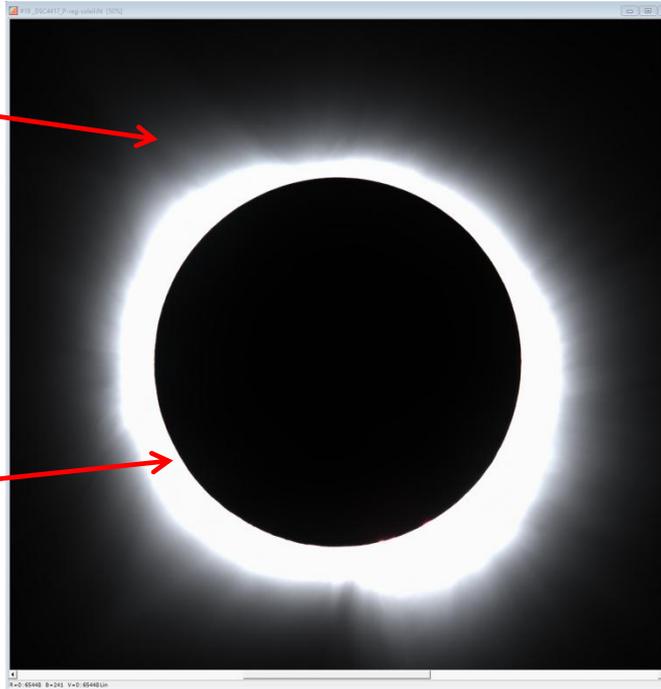
- Principe :
  - Additionner les images recentrées.
  - En prenant en compte les différences de temps de pose, autrement dit renormaliser les images comme si elles étaient toutes prises avec le même temps de pose de 1 s. Par exemple, une image posée  $1/250$  s est multipliée par un facteur 250.
- Pas si simple que cela :
  - N'ajouter que les « bonnes parties de chaque image », autrement dit supprimer les parties surexposées ou sous-exposées.
  - Et aussi corriger les non linéarités du capteur (même en mode RAW !).

# Application fonction de pondération avant addition des images

Partie sous-exposée



Partie surexposée



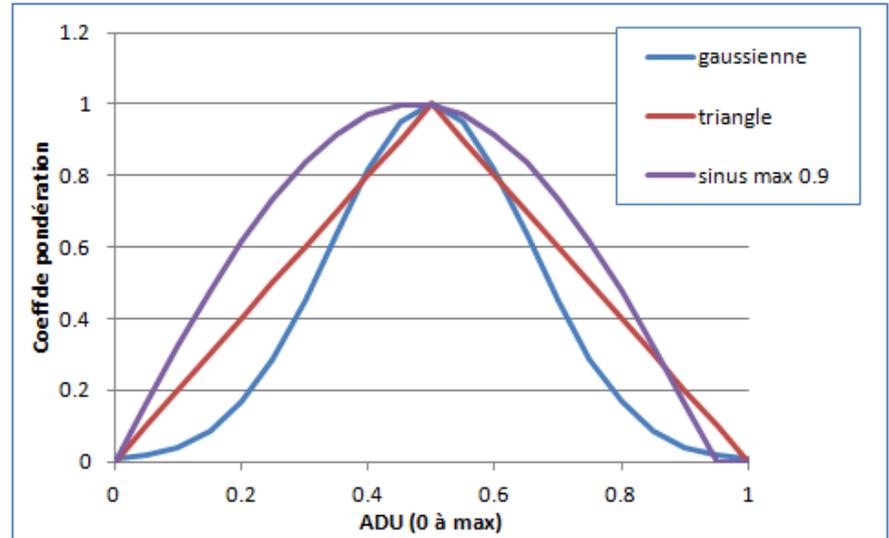
Pose : 1/8s



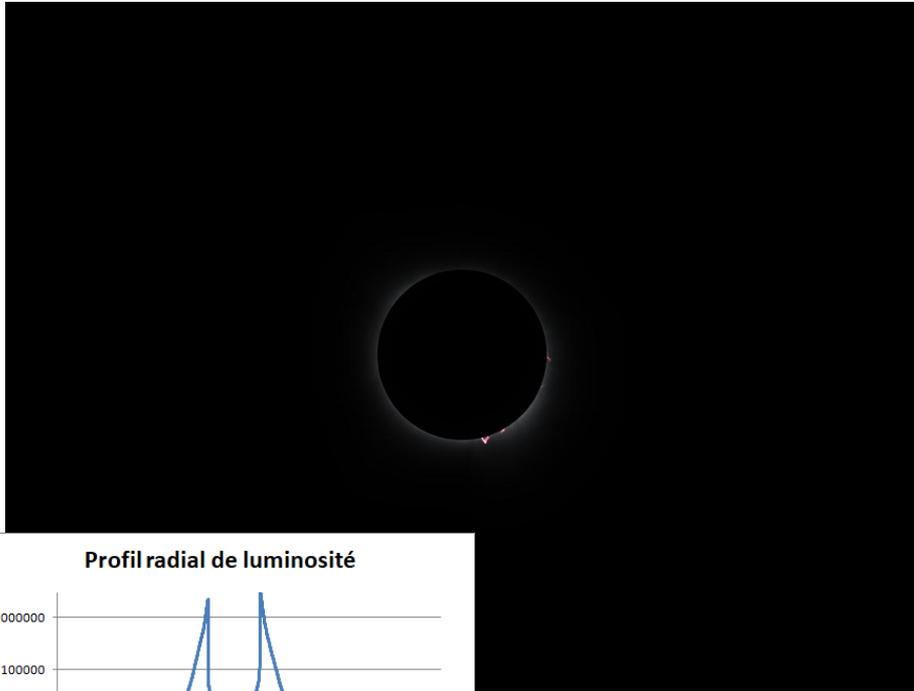
Image après fonction de pondération

# Fonction de pondération

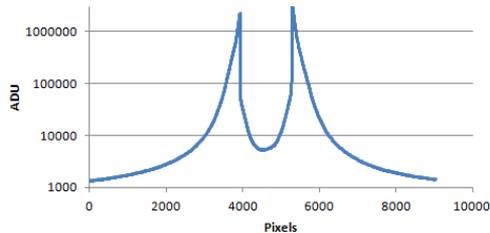
- Solution :
  - Utiliser une fonction pondérant le poids de chaque pixel de chaque image en fonction de son degré de saturation (poids nul pour les pixels sous-exposés ou sur-exposés).
  - Utilisation d'une sinusoïde.
- Bonne surprise : pas besoin de linéariser la courbe réponse du capteur du Nikon Z7II.
- Code développé en Julia.



# Image HDR sur 32 bits

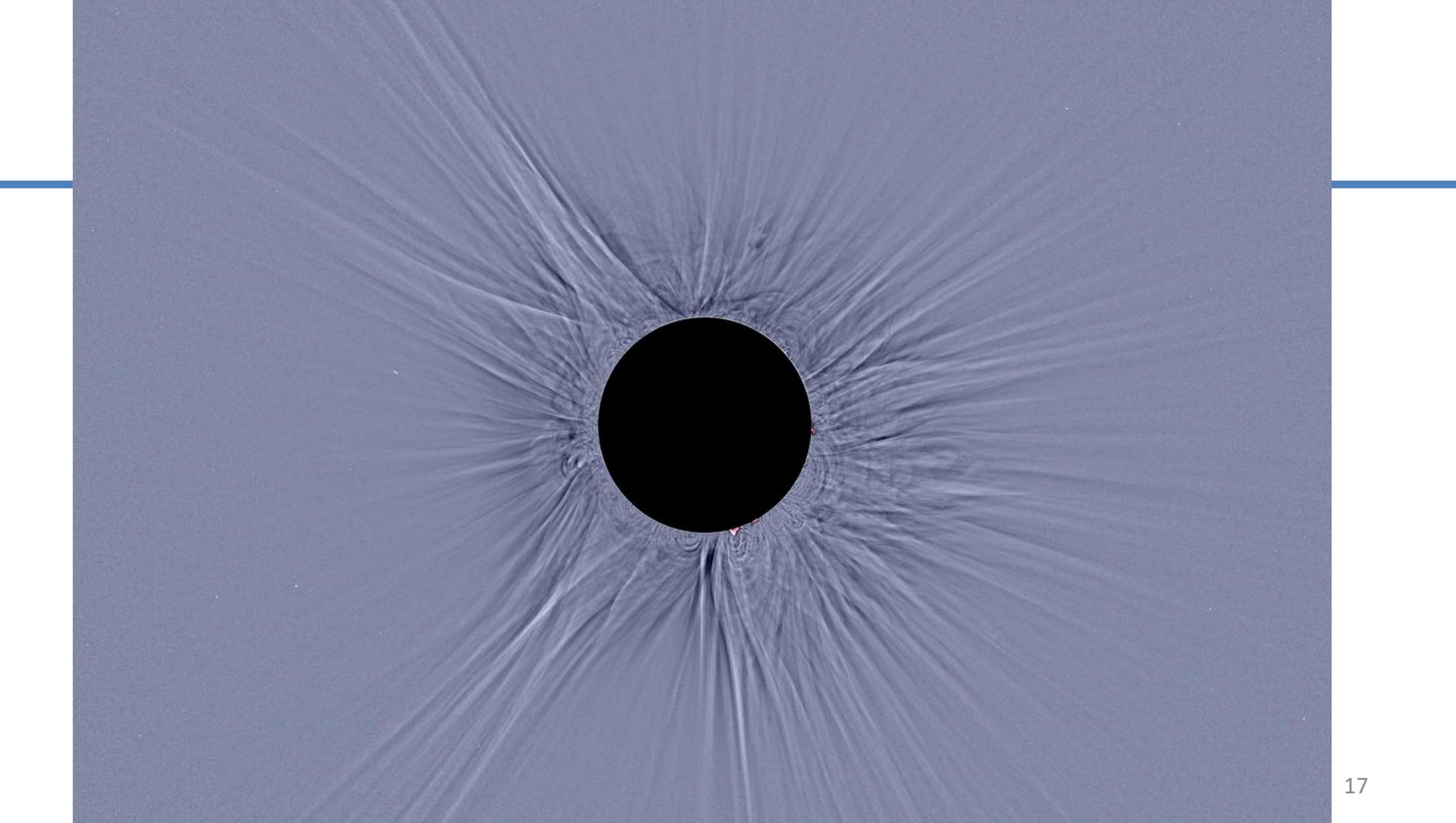


Profil radial de luminosité

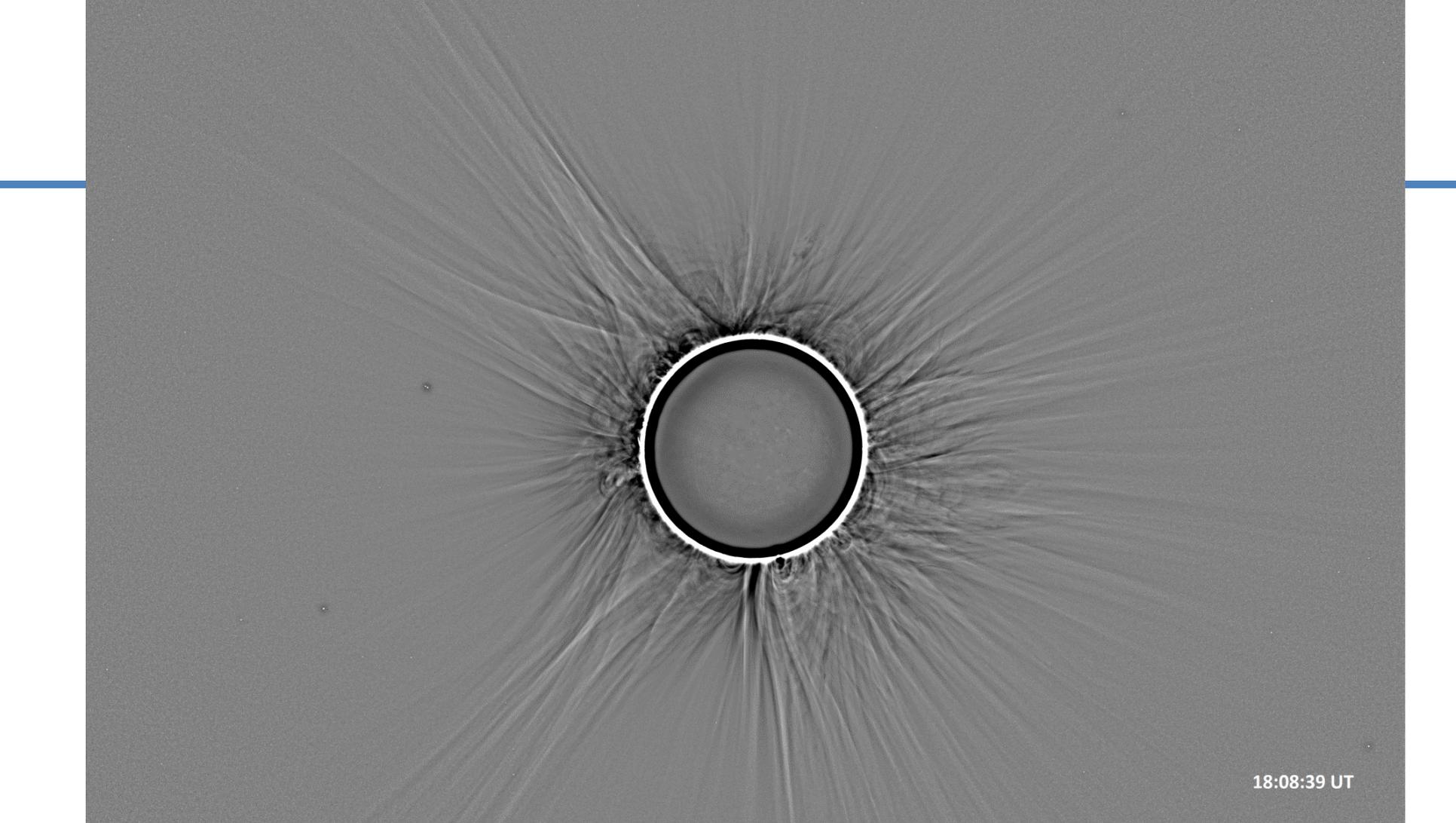


# Visualisation des détails dans image HDR

- Nombreuses approches possibles, plus ou moins performantes, plus ou moins automatisées (tone mapping, gradient rotationnel, filtre radial symétrique ou non, modélisation profil couronne, etc.).
- Première piste explorée : algo FNRGF (Fourier Normalizing Radial Gradient Filter) développé par H. Druckmuller :
  - Code redéveloppé en Python (thèse de H.D) et dispo dans bibliothèque Sunpy/Sunkit (free and open-source solar data analysis environment for Python, <https://sunpy.org/>) 😊
  - Mais artefacts énormes 😞
- Deuxième piste, plus rustique (et qui semble marcher...)
  - Utilisation d'un masque radial gaussien, avec sigma variant avec distance au centre du Soleil :  
$$\text{image\_visu} = \text{image\_HDR} / [\text{gaussian}(\text{image\_HDR}, \text{sigma}(r)) + \text{constant}]$$
  - Code développé en Julia



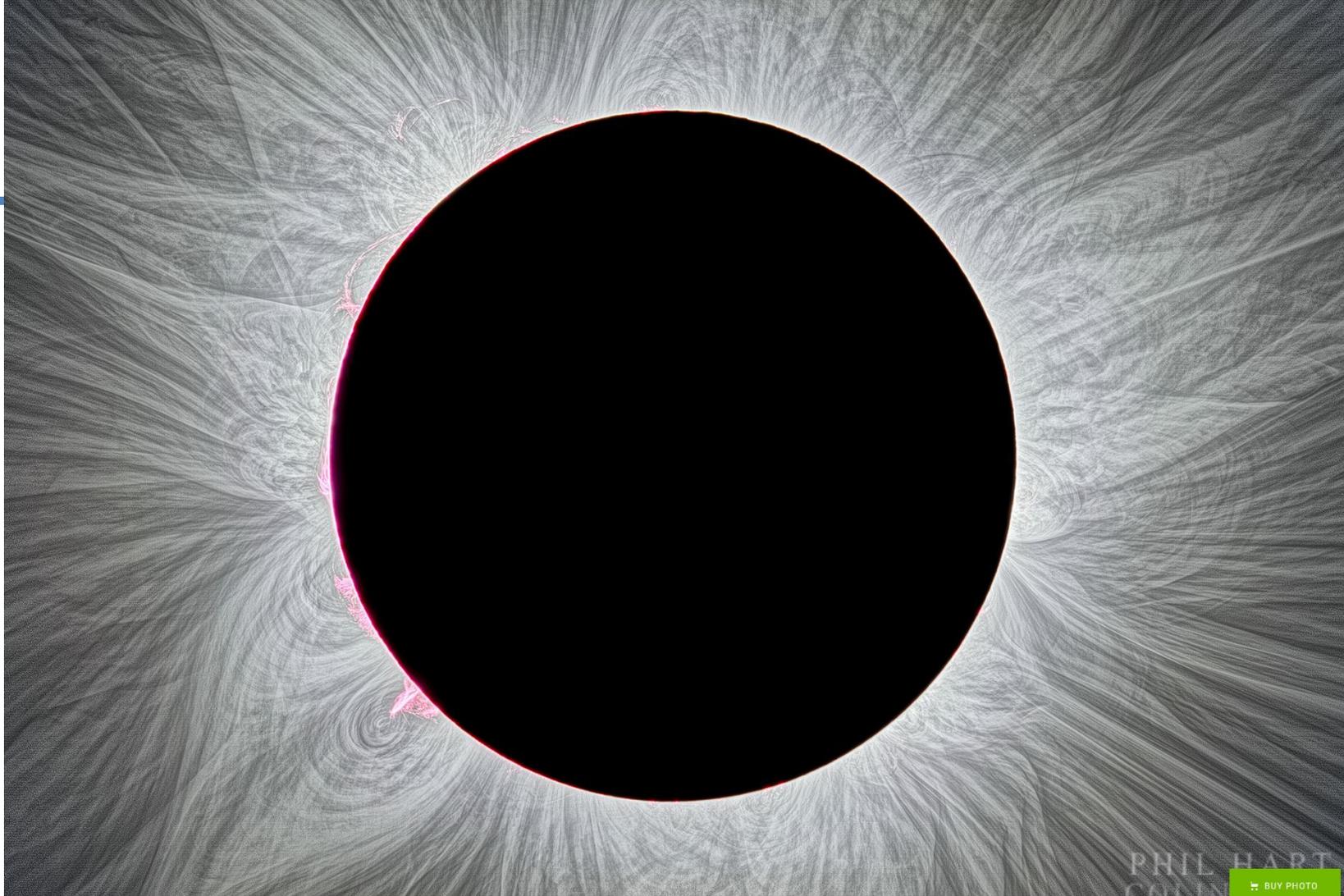




18:08:39 UT

# Phil Hart – Colin Legg – TSE 2023



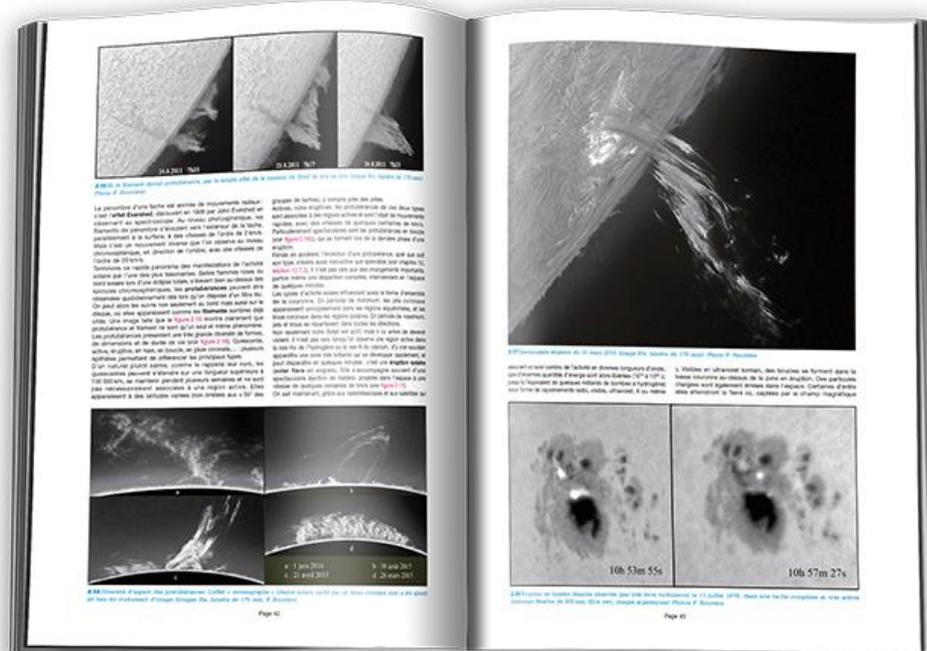
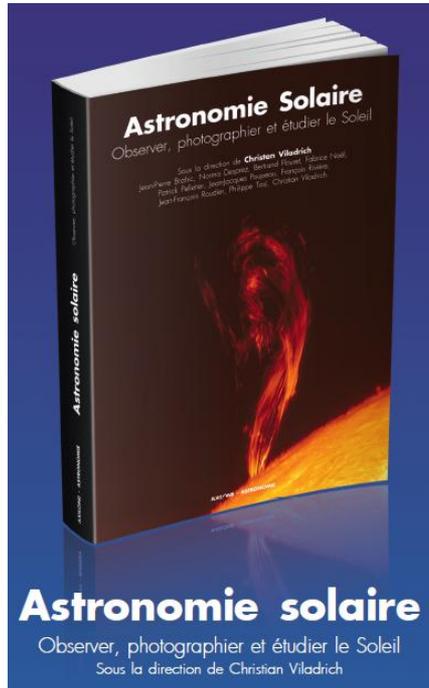


# Nicolas Lefaudeux – TSE 2024

- Première détection de la mésosphère
- Détection des coronal waves
- <https://hdr-astrophotography.com/2024-total-solar-eclipse/>



# Merci de votre attention ...Questions ?



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