

Baptiste & Christophe ZLOCH
Club d'Astronomie d'Antony

# Introduction à l'ASTROPHOTOGRAPHIE

ZLOCHTEAM©2014

# Présentation de l'astrophotographie

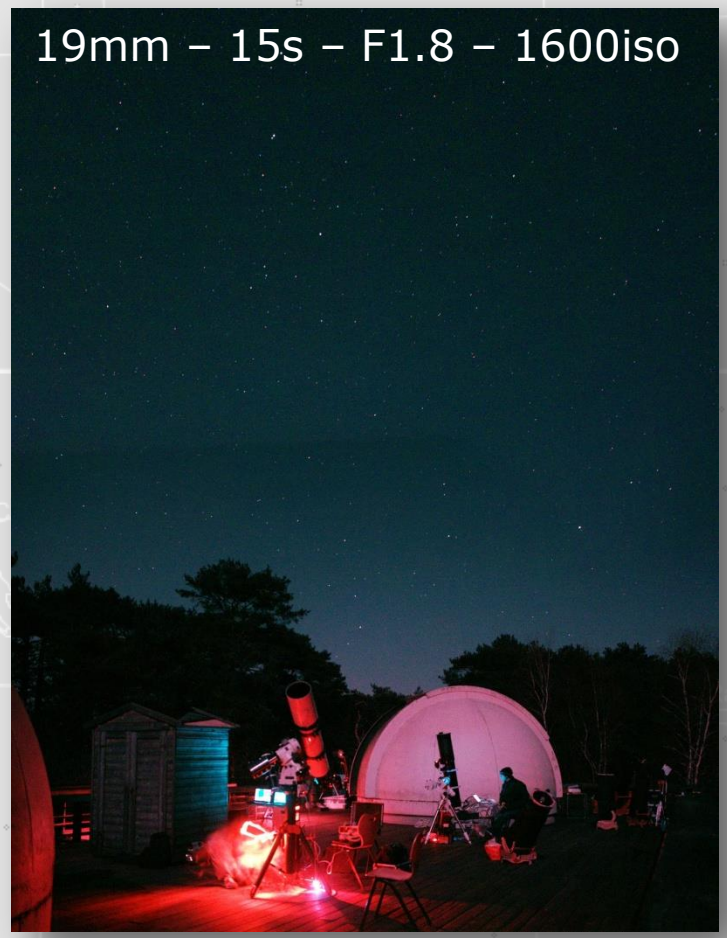
- Introduction à l'astrophotographie
- Les différents télescopes
- Les montures
- La mise en station
- La mise au point
- Les outils d'imagerie
- Les logiciels de capture
- Les prises de vues
- Les traitements
- Filtres et correcteurs
- Auto-guidage
- Quelques unes de nos Images

# Introduction à l'astrophotographie

- L'astrophotographie est une technique photo dédiée à la prise d' image photographique pour différents objets célestes :
  - Voie lactée et Filés d'étoiles
  - Lunaire
  - Planétaires
    - Jupiter, Mars, Vénus…
  - Solaire
  - Le ciel profond
    - Nébuleuses et Galaxies
  - Cométaires… plus rare
- C'est une activité très appréciée par les astronomes amateurs puisque cela permet d'immortaliser des évènements marquants ou des phénomènes exceptionnels et surtout de les partager.

# La photographie astronomique sans instrument

- Il s'agit du domaine de l'astrophotographie le plus simple, qui ne nécessite pas beaucoup de matériel, mais qui donne déjà des résultats spectaculaires.
- Outre, un reflex numérique, la photographie sur pied demande un objectif, le plus lumineux possible,
  - de 10 à 55 mm de focale,
  - voir en plus un zoom de 70 à 200 mm.
- Bien évidemment, il faut disposer d'un trépied solide et stable, ainsi que d'une télécommande qui permet la pose longue.




- Photographier des rapprochements planétaires
  - Matériel : reflex + objectif de 18 à 200 mm de focale, télécommande
    pose longue.
  - Sensibilité : 200 à 1600 iso
  - Mode RAW - JPEG
  - Pose : de 3 à 20 secondes selon l'ouverture de l'objectif et la luminosité ambiante

# La photographie astronomique sans instrument

- Photographier des constellations ou voie lactée
  - Matériel : reflex + objectif de 10 à 55 mm de focale, télécommande pose longue.
  - Sensibilité : 400 à 3200 iso
  - Mode : RAW & JPEG
  - Pose : de 10 à 30 secondes selon l'ouverture de l'objectif
  - Dans la pratique, pour conserver des étoiles fixes, il faut tenir compte de la focale de l'objectif et de la rotation de la Terre. La formule suivante, permet d'avoir une idée assez précise du temps de pose maximum pour conserver des étoiles ponctuelles
    - 40/F (focale en cm).



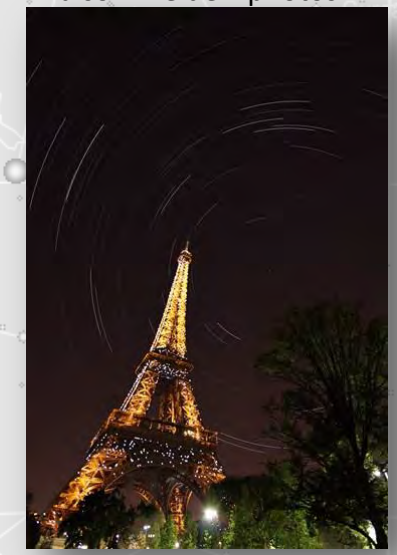
# La photographie astronomique sans instrument
# Filés d'étoiles & TimeLaps

- Photographier des filés d'étoiles
  - Matériel : reflex + objectif de 18 à 200 mm de focale, télécommande pose longue.
  - Réglez la sensibilité et le temps de pose.
    - La théorie dit entre 100 iso si le site est pollué par la lumière et jusqu'à 800iso si le site est préservé
    - Le temps de pose entre 30s et 2mn.
    - Comme les deux paramètres sont liés, il faut plutôt faire des essais. La pratique est qu'il faut essayer de faire varier ces paramètres l'un par rapport à l'autre pour voir les rendus obtenus.
    - Dans le cas traité ici, c'est 10s à 200iso.
  - Utilisation de Starmax pour la composition final.

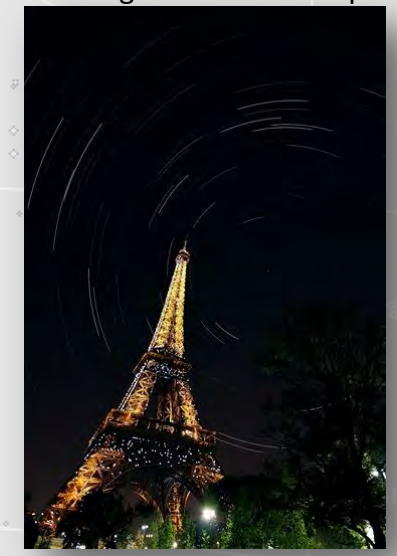
Une photo individuelle



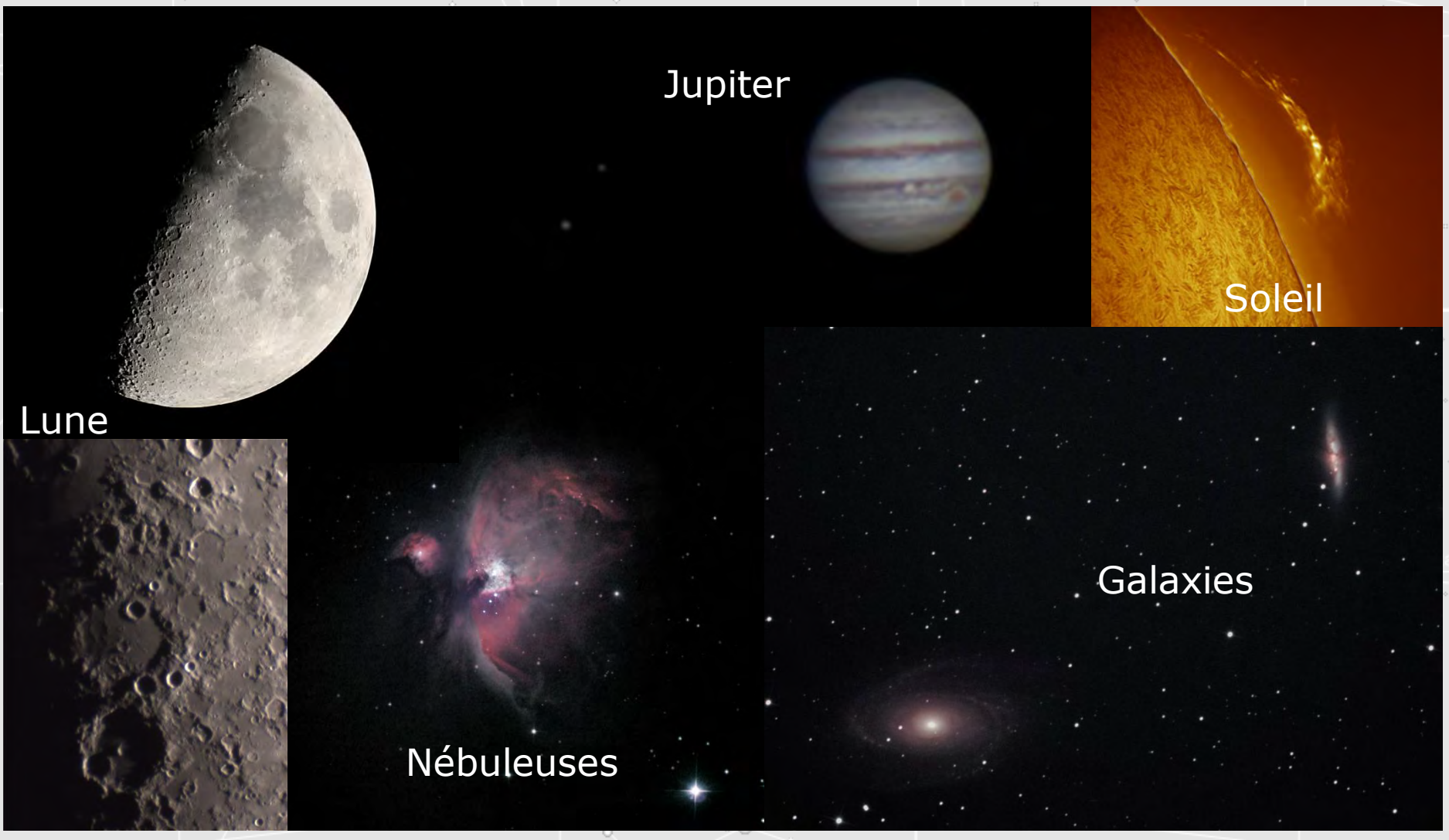
La somme de x photos



Passage sous Photoshop

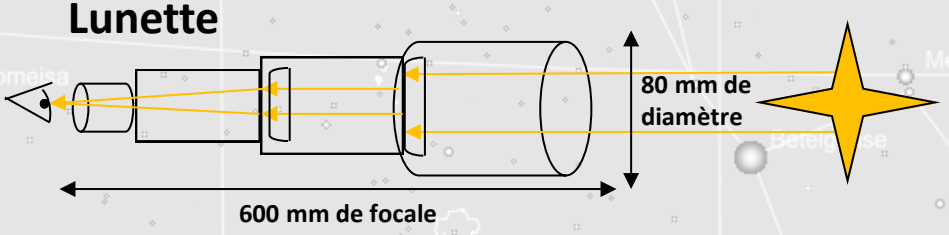


# L’astrophotographie aux instruments



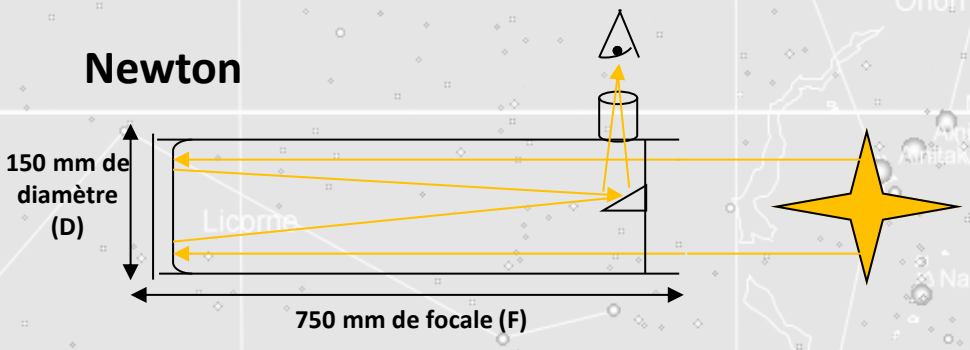
# Les différents télescopes

## Lunette



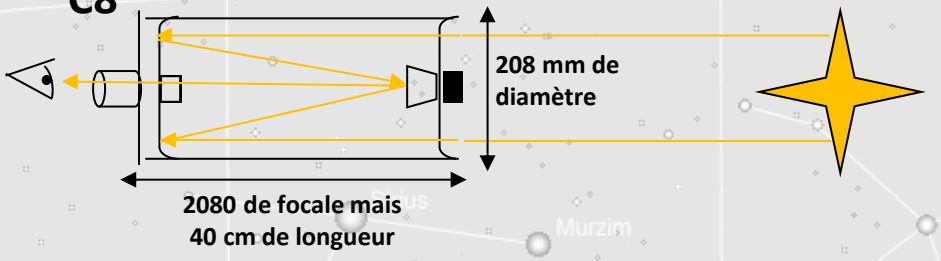

Les Lunettes sont équipées de lentilles concaves ou convexes. Il y a plusieurs types de lunettes : apochromatiques (contre le chromatisme) et achromatique (sans traitements anti-chromatisme). Dans chaque type de lunettes il y a plusieurs types de montage: Doublets (avec 2 lentilles), les Triplets (avec 3 lentilles) et les Quadruplets (avec 4 lentilles). A savoir que plus le nombre de lentilles augmente plus le prix est élevé ! La longueur de la focale est égale à celle de l'instruments.

## Newton




Les Télescopes de type 'Newton' (du nom de son inventeur Isaac Newton 1643-1727) est un télescope dont la focale est de la taille de l'instrument, très encombrant. Il est plus lumineux que les Schmidt-Cassegrain car son rapport F/D (Ouverture) est généralement de 5.

## C8

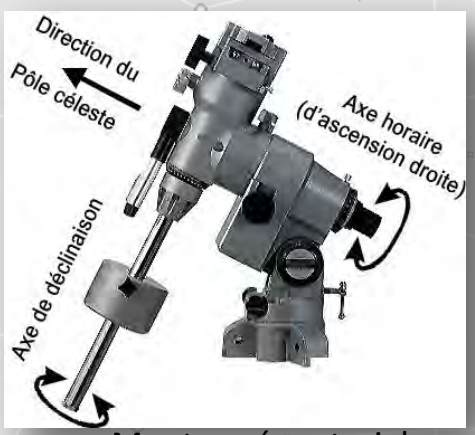



Dans les Télescopes de type 'Schmidt-Cassegrain', la focale est plus longue que le tube puisque le nombre de réflexions est plus important. La focale est d'autant plus grande que ce télescope est équipé d'une lame de Schmidt à l'avant sur laquelle est accroché la miroir secondaire. Son rapport F/D est généralement de 10.

# Les montures

- Il y a communément  2 types de montures,
  - Equatoriale avec ses axes : ascension droite (AD) et déclinaison (DEC)
  - Alt-Az avec ses axes : altitude (ALT) et azimut (AZ).
- En astrophotographie, il est préférable d'utiliser une monture équatoriale,
  - le problème de la monture AZ est la rotation de champ : non seulement il faut que les 2 moteurs d'axes tournent mais aussi que l'APN tourne sur lui même pour compenser la rotation de champ en longue pose
  - sur les montures Equatoriales, grâce à la mise en station, la monture suit l'objet qu'avec le mouvement d'1 axe (AD)

    ➔ **moins de mouvements pour la photographie**



Monture équatoriale

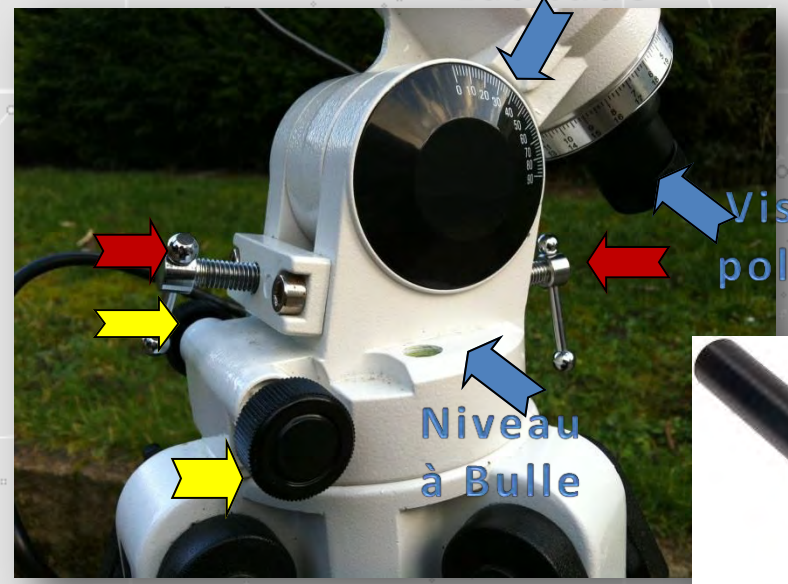

Monture Alt-AZ

# Méthodologie en astrophotographie

- La préparation
  - Mise en station et mise en place du matériel, au minimum 30 mn avant pour la mise en température des éléments
  - Sélection de l'objet à photographier *en fonction de la saison*
  - Sélection de la technique et du capteur (appareil photographique numérique, CCD, caméra planétaire...)
  - Sélection de la focale (grand champ, zoom, télescope, lentille de Barlow...)
  - Sélection du temps des poses unitaires (durée en secondes : 30 s, 60 s..., 5mn, 10mn, …)
  - Sélection des filtres
- Les prises de vues
  - Le sujet : des photos doivent être prises avec un temps de pose suffisamment long pour le ciel profond, ou plutôt court pour le planétaire (limitation de la turbulence)
  - Les poses techniques (darks, Offsets et Flats)
- Le traitement
  - Prétraitement (organisation, sélection, montage des dark, offset, flat)
  - Traitement (alignement, addition...)
  - Post-traitement (amélioration)

# La mise en station – La MES

Dans le cas des montures Equatoriales, la mise en station est le fait d'aligner la monture avec l'étoile polaire grâce au viseur polaire. La monture va ainsi suivre qu'avec le mouvement d'un seul axe, l'axe d'ascension droite.

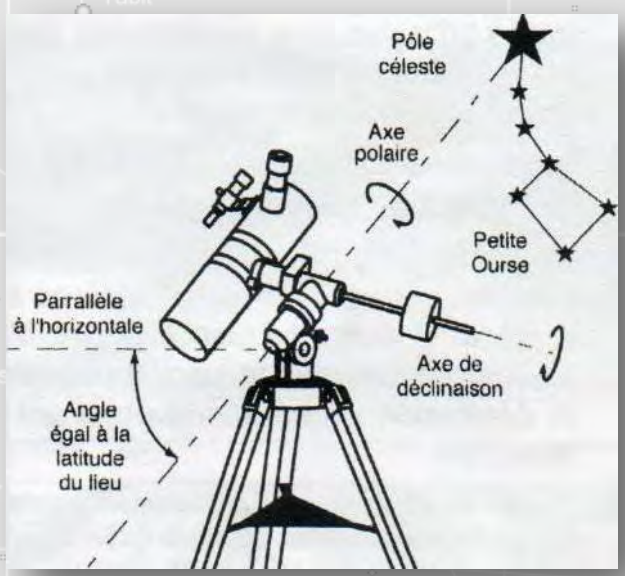


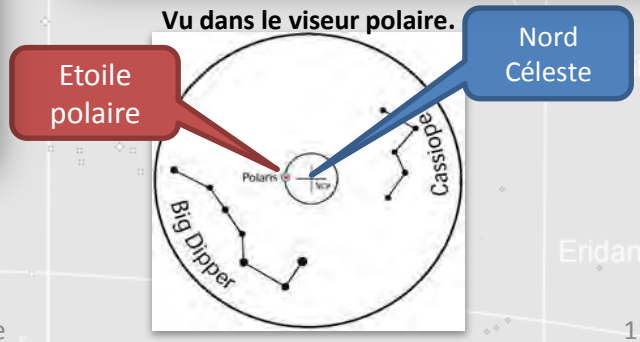

Vis de réglage d'Azimut

Vis de réglage de Latitude



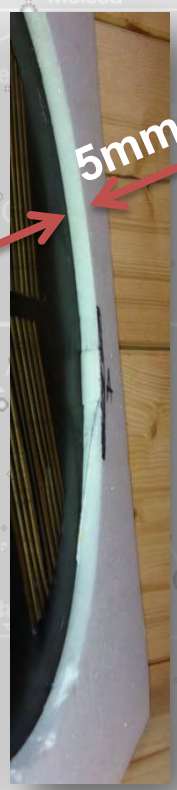
Viseur polaire



# La mise au point – la MAP
# Technique de Mise au point sur étoile avec un masque de Bathinov








La mise au point est faite lorsque tous les secteurs ont la même taille

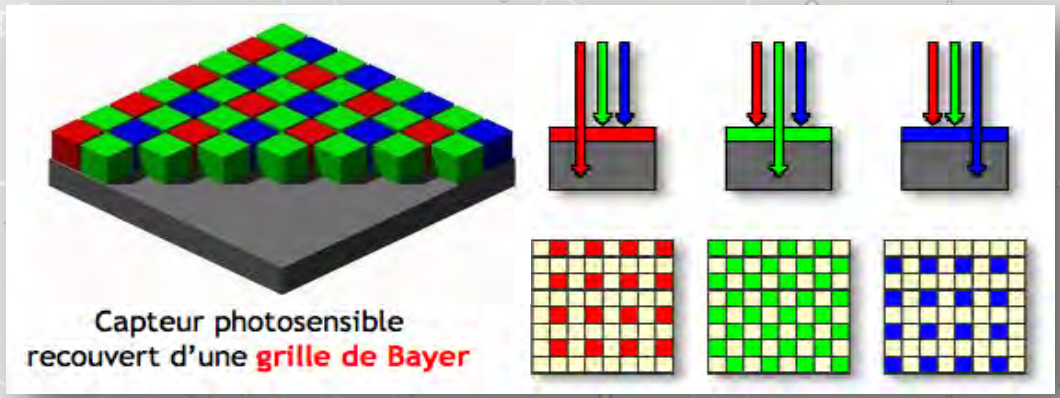
Le masque de Bathinov est imprimé sur une feuille plastique transparente puis collé sur du polystyrène de 5mn d'épaisseur.
Celui-ci s'emboite sur la bouche du newton pour faire la mise au point

# Les outils d'imagerie

- Rappel du principe de la Matrice bayer
- APN (Appareil Photo Numérique)
- La caméra à capteur CCD
- Caméra CCD mono, technique du LRVB , Roue à filtres
- Caméra CCD couleur
- CCD couleur Vs Canon 500d
- Caméra planétaire

# Les outils d'imagerie
# Rappel du principe de la Matrice Bayer

- La matrice de bayer
  - La mosaïque (ou matrice) de Bayer, un filtre coloré composé de bleu, de vert et de rouge qui est placée au-dessus du capteur. Les photosites du capteur permettent ainsi de générer les pixels de l'image.




  - il y a 2 fois plus de pixels verts que de bleus ou rouges, 4 motifs possibles sont répétés sur tout le capteur

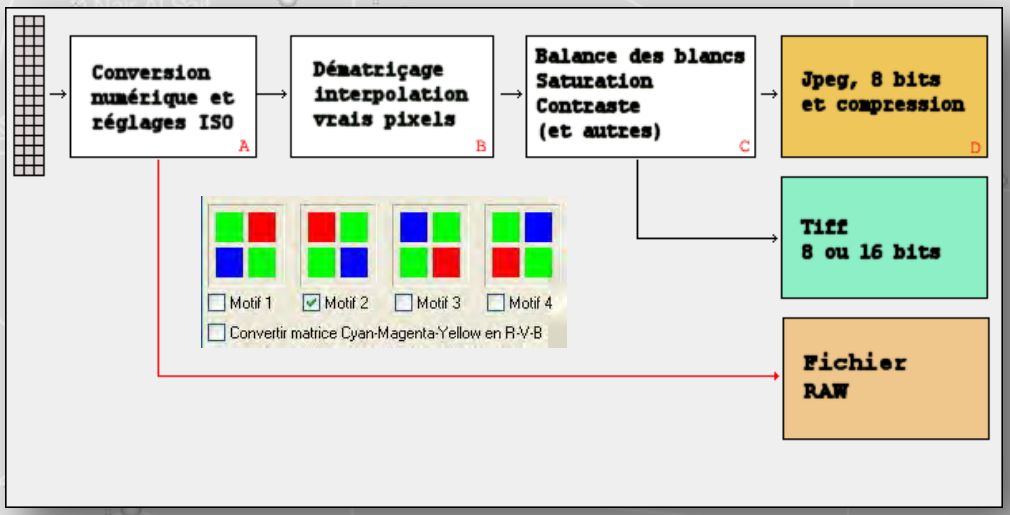



  - Pour rappel, les capteurs CCD ou CMOS sous cette couche de Bayer sont **monochromes,** même sur les APN

# Les outils d'imagerie
# Rappel du principe de la Matrice Bayer

- Le dématriçage (débayerisation)
  - Le dématriçage est une des phases du traitement du signal brut issu du capteur d'un APN.
  - Il consiste, à partir des données de chacun des photosites monochromes du capteur numérique, d'obtenir des valeurs colorées Rouge, Vert et Bleu (RVB)
  - Pour retrouver la composante en Rouge Vert et Bleu de chaque pixel, les logiciels utilisent les pixels adjacents et font une interpolation (i.e. une «moyenne» pour les 2 autres couleurs)

- Grâce à cette technique, les APN sont en couleur (technique RVB)



# Les outils d'imagerie
# APN (Appareil Photo Numérique)

- L'APN est le premier outil de prise d'image en astronomie.
- L'utilisation d'un Reflex numérique pour la capture des images permet :
  - L'utilisation du Mode Manuel
    - Réglage du temps de pose
    - Choix du gain (ISO)
    - l'ouverture est fixé par l'instrument monté
  - L'utilisation d'un adaptateurs pour télescopes et lunettes ( Bague T2)
  - L'utilisation exclusive du Format RAW (brut)
  - Le pilotage de celui-ci par la connexion PC-USB( la plupart du temps)
  - Le relevage du miroir
  - Le codage 12 bits ( voire 14)
  - L'utilisation du Liveview pour aide à la mise au point
- Les inconvénients de l'usage d'un APN en Astrophoto
  - Le filtrage anti-infra rouge natif réduit la transmission dans le rouge, mais reste modifiable sur certains appareils de la gamme EOS Canon
  - Matrice de bayer ( perte d 'informations)
  - génération de bruit thermique ( pas de refroidissement)
  - Autonomie de la batterie ( prévoir une seconde batterie, ou un cordon secteur)
- Son prix reste nettement plus abordable que la caméra CCD






# Les outils d'imagerie
# La caméra à capteur CCD

- Pourquoi utiliser une caméra CCD
  - Leur capteur noir et blanc, de différentes tailles, est très sensible, beaucoup plus que ceux des webcams ou des appareils photos numériques.
  - De plus il est refroidi par un module Peltier, ce qui occasionne un bruit numérique peu important pendant les longues expositions
  - Les caméras CCD n'ont pas de filtre natif comme les APN, le rendement quantique s'en trouve amélioré

- Néanmoins, pour faire de la couleur avec une caméra CCD, le capteur étant noir et blanc, il est indispensable de faire une collecte au moyen d'une roue à filtres et à travers 4 filtres différents (LRVB par exemple).
- La mise en oeuvre semble contraignante, mais les résultats sont beaucoup plus spectaculaires que ceux obtenus par un reflex numérique et plus fidèle en rendu des couleurs.
- Le temps de transfert des prises est plus long qu'avec un capture CMOS.
  (20-30s pour un format « APS-c »)

- Les caméras CCD restent le moyen le plus performant pour obtenir des images astronomiques.
- L'inconvénient majeur de la caméra CCD reste son coût : environ 2000 € pour un modèle classique de base.

# Les outils d'imagerie
# CCD mono, technique du LRVB, Roue à filtres

- Comme vue précédemment, il est possible d'obtenir une image couleur, en additionnent une série d'image :
  - Rouge,
  - Vert,
  - Bleu,
  - En supplément, la Luminance,
    qui se fait avec un filtre de luminance qui laisse passer tout le spectre visible : R, V, B (et ne coupe que les Ir et Uv)




**Roue à filtre manuelle ou Pilotée**

- On capture en priorité la luminance en binning 1, c'est la couche noble qui donne tout le détail. Ensuite on capture les couches RVB en binning 2 pour aller plus vite et pas besoin de détail en général (pixels regroupés par 4 : 2x2). En général on fait au moins 3 fois plus de luminance que de RVB.

- Cette technique nécessite plus de manipulation lors de l'acquisition qu'avec une caméra couleur, mais le résultat en est bien meilleur. Utilisation des 100% des photosites
  (pas de couche Bayer – «¼» des photosites/couleur)

- D'autres techniques de composition 'couleur' peuvent être réalisées à partir d'images filtrées par des filtres OIII (Oxygène$^3$) , SII(Soufre$^2$) et H-alpha (Cas de la palette couleur du télescope spatiale Hubble)



# Les outils d'imagerie
# Caméra CCD couleur

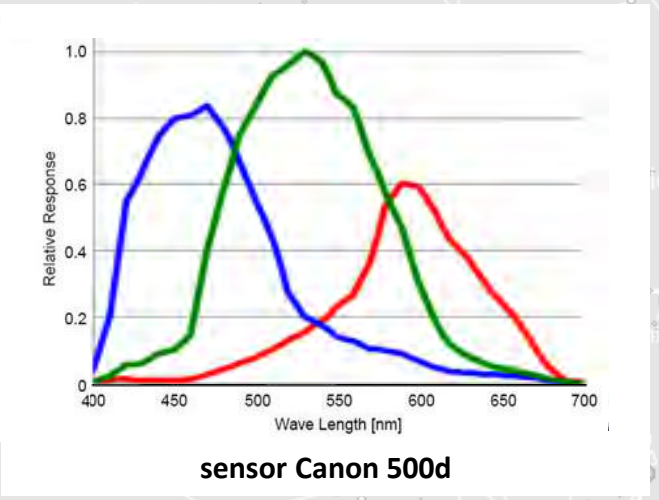
- Caractéristiques de la QHY10 – 10 millions Pixels - 2.595 €

Total pixel : 3964 x 2712
Active pixels: 3900 x 2616
Pixel Size: 6.05um x 6.05um square
Color method: **RGB BAYER film on CCD**
Sony Super HAD CCD sensor ICX493AQA
Readout noise: 8-10 e- @600 Kpixel/s
System Gain: 0.7e-/ADU
Fullwell:45ke-
Support Binning: 1*1,2*2,4*4
Download speed: **18sec/4sec for full image**
Preview speed: 1sec for 4*4binning image
One 2*2binning ROI mode to increase the focus speed
Microlensing on chip
ABG: -100dB
16bit ADC with CDS and Preamp
USB2.0 High Speed interface
Two Stage TEC, Low power consumption
Build in Active Fan
Max Delta **T=40-43C** degree below ambient (*Note)
Low Power consumption: 13Watte @ 50% TEC power
Center and Tilt Adjustable construction
Build in temperature sensor
DC201 with TEC controller/Regular
Ultra small size suitable for primary focus imaging and Hyperstar
Weight: 400g

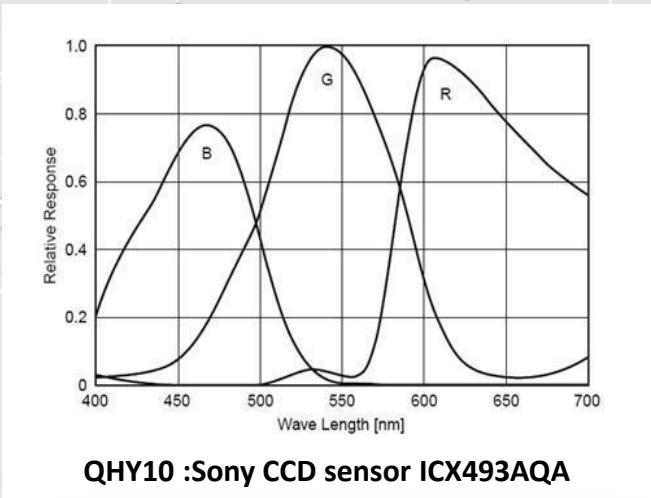


# Les outils d'imagerie
# CCD couleur Vs Canon 500d

- Comparaison des rendements quantiques des 2 capteurs.




**sensor Canon 500d**

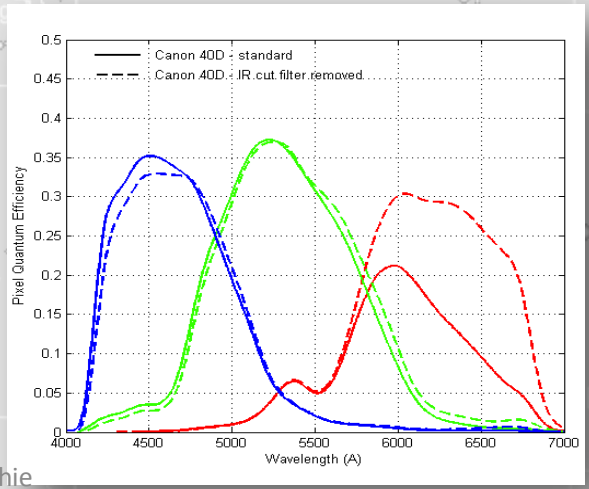



**QHY10 :Sony CCD sensor ICX493AQA**

- Le rendement quantique du Rouge est nettement inférieur pour le capteur du canon 500d que le capteur de la QHY10.

- Ceci est lié à la sensibilité du capteur, mais également au filtre natif ajouter à la fabrication dans les APN (voir le graphique en mode défiltré ---)

➔



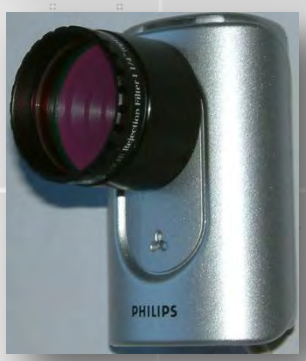
# Les outils d'imagerie
# Caméra planétaire

Camera QHY5L-II



- Les caméras planétaires sont des caméras dédiées à la photographie planétaire (Jupiter, Saturne, Mars, Venus, Lune, Soleil….).
- Elles ne font pas exactement des photos mais des films (vidéos).
- Comme les planètes sont relativement petites <1', il faut beaucoup grossir, les effets de la turbulence en sont grandement augmenter.
- Pour figer cette turbulence, on fait donc des films de 100-500-1000…… images et lors du traitement, nous garderons les meilleurs images <à la moitié des images du films, pour avoir une image nette.
  - Les logiciels de captures planétaires sont ; ICcapture, FireCapture, Ezplanetary, Genika, PLXcapture……
  - Et les principales caméras planétaires sont ; QHY, I-Nova, Basler, The Imaging Source (DMK-DBK-DMK)…….
- Il est possible de faire de la capture planétaire avec des webcams telles que les Toucams ou SPC 900.
- Il est aussi possible de faire de la capture planétaire avec les appareils photos pilotés grâce à des logiciels, comme EOS camera movies recorder, Backyard EOS, …
- L'importance de la collimation est cruciale pour une bonne image dans tous les cas.

***<u>Collimation</u> : Alignement des miroirs***




Webcam
Toucam pro 2



Exemple de photo planétaire avec une QHY5Lii-C

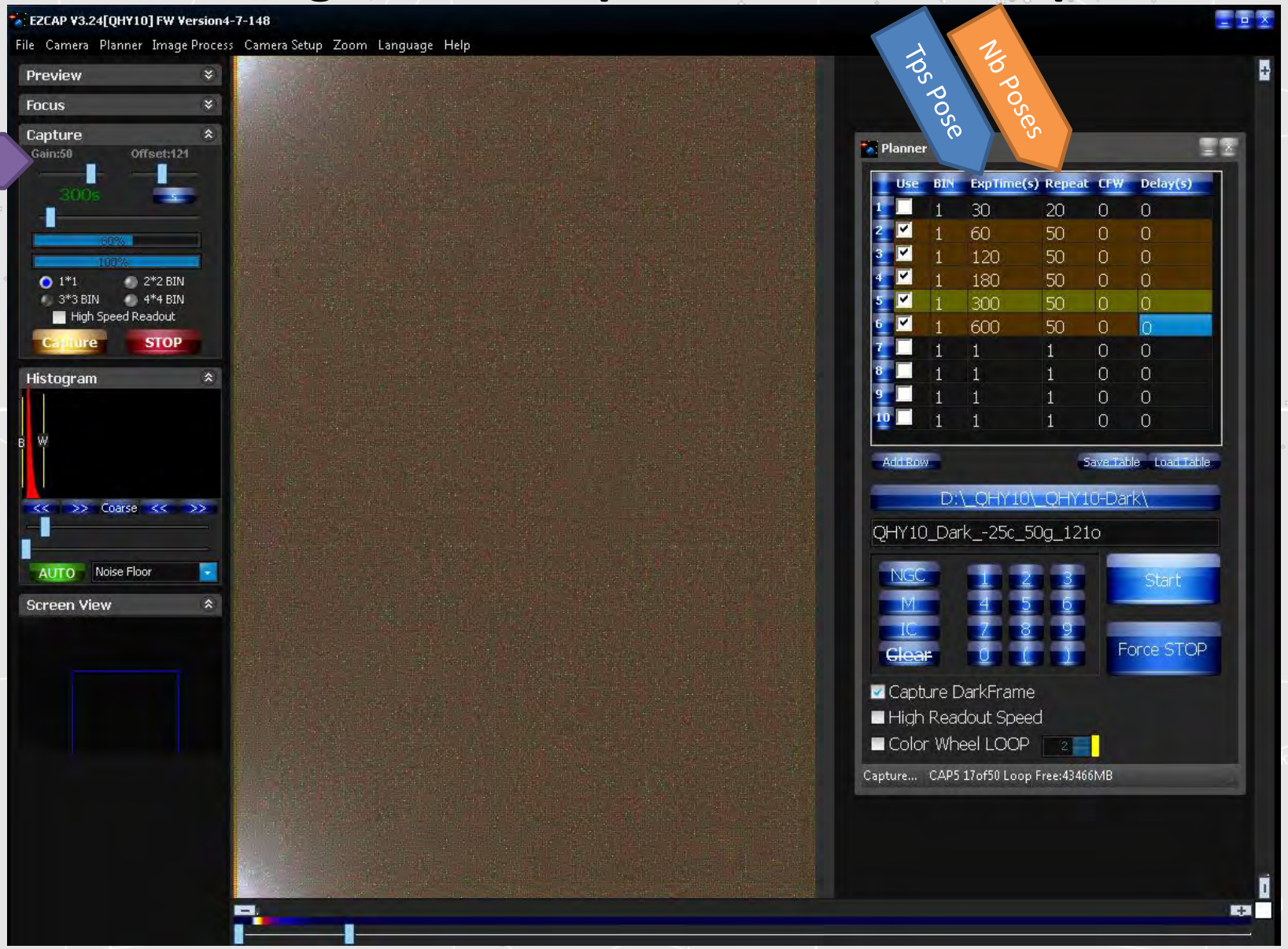
# Les logiciels de capture

- Appareil Photo Numérique – APN
  - BackyardEOS,
  - APT (Astro Photography Tool)
  - EOS Utility de Canon
  - …
- CCD
  - QHY – EzCap
  - MaximDL via pilote Ascom
  - Nebulosity
  - …
- Vidéo Planétaire
  - QHY - Ezplanetary.
  - ICcapture,
  - FireCapture, Genika, PLXcapture……

# Les logiciels de capture – BackyardEos



# Les logiciels de capture - QHY – EzCap



# Les logiciels de capture - QHY - EzPlanetary



# Les prises de vues

- Il faut toujours choisir un objet en fonction de sa hauteur (>30°), sinon il y aura énormément de turbulence et/ou de perturbations atmosphériques
- Ne pas oublier qu'à chaque saison ses objets, par exemple
  - M42 en hiver, …
  - M104 au printemps, …
  - M27 en été , …
  - et M31 en automne, …
- Calcul de temps de pose unitaire
  - Faire un « offset » sur le terrain pour mesurer dans le logiciel iris le bruit du fond du ciel (sigma).
  - Il faudra que le temps de pose unitaire ait un bruit de fond du ciel (sigma) =3 fois supérieur à « l'offset »

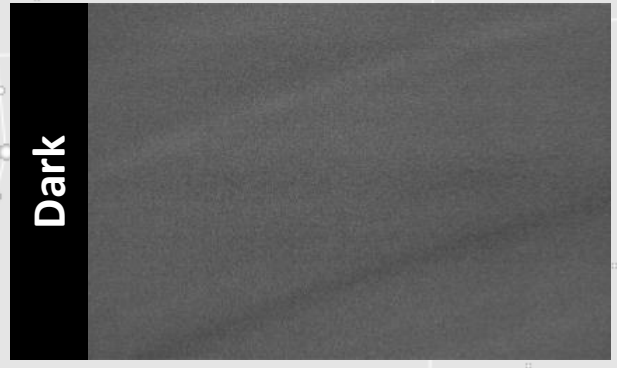
# Les prises de vues
# Les poses techniques

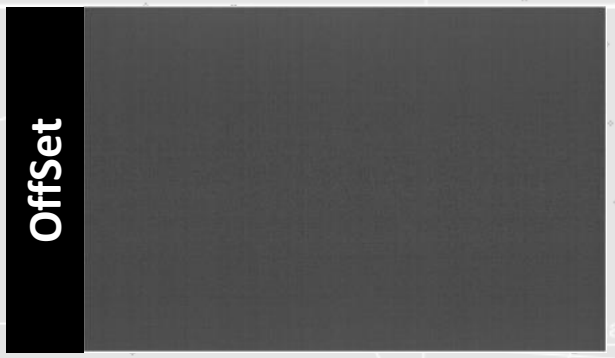
- Les **darks** : ce sont les photos prises avec le même temps de pose que les photos du sujet mais avec le cache.
  Cela permet de révéler le signal thermique (bruit de chauffe du capture lors des longues poses) et une partie du bruit numérique.
  - Au moins le double de poses unitaires du sujet.

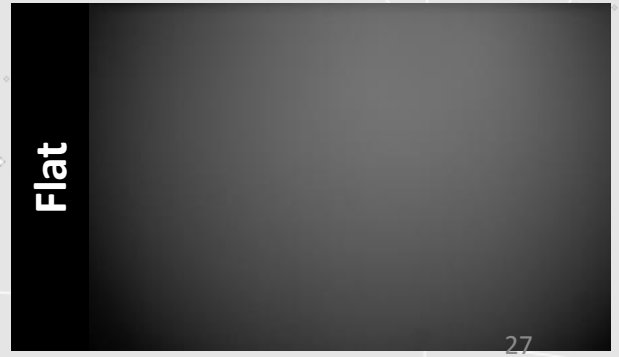
- Les **offsets** : ce sont les photos prises avec le temps de pose le plus rapide disponible sur l'appareil photo numérique. Cela permet de révéler le signal (bruit) de lecture du capteur.
  - Au moins une bonne centaine.

- Les **flats** : en français P.L.U. (plage lumineuse uniforme) : ces photos sont réalisées sur une surface uniformément éclairée, sans modifier notamment la mise au point. Cela permet de révéler le vignettage et les éventuelles taches, poussières dans le chemin optique.
  - Au moins une vingtaine.

- Toutes ces poses techniques permettent d'améliorer le résultat final lors de la phase de  pré-traitement



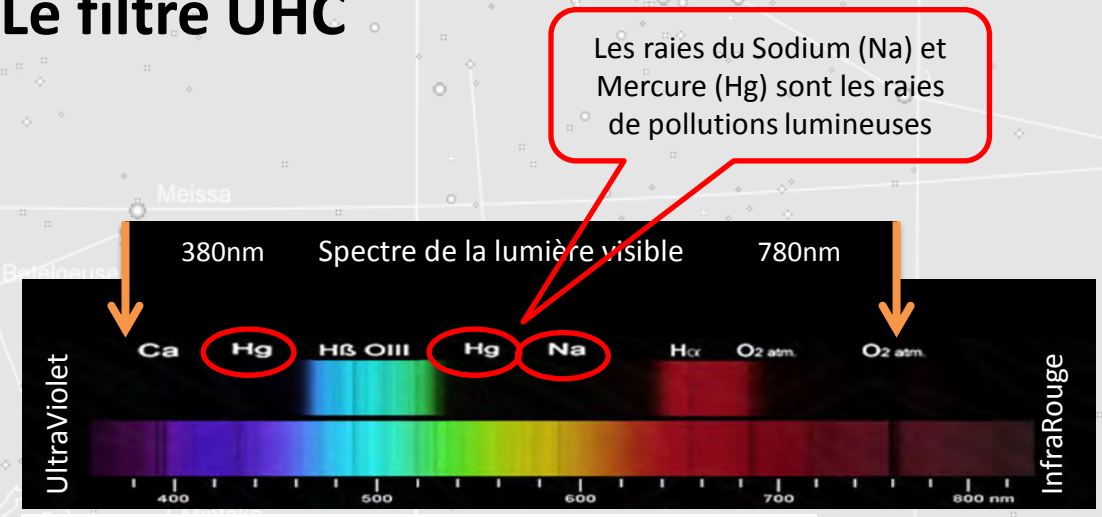



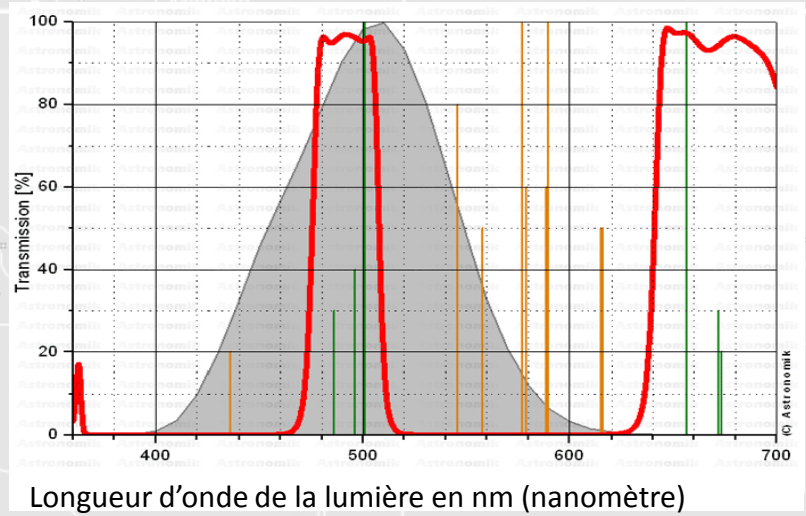



# Filtres et correcteurs
# Le filtre UHC

- Comme en photographie traditionnelle, l'usage de filtre permet de jouer sur les effets sur la lumière.

- Ci-contre la courbe de transmission d'un filtre UHC




Longueur d'onde de la lumière en nm (nanomètre)

# Filtres et correcteurs
# Exemple d'utilisation du filtre UHC



Canon 500d non dé-filtré
Avec correcteur de coma

M27
90s-400iso
**Sans filtre**
(oh! La belle pollution lumineuse depuis Antony



M27
70s-800iso
**+ filtre Baader UHC-s**

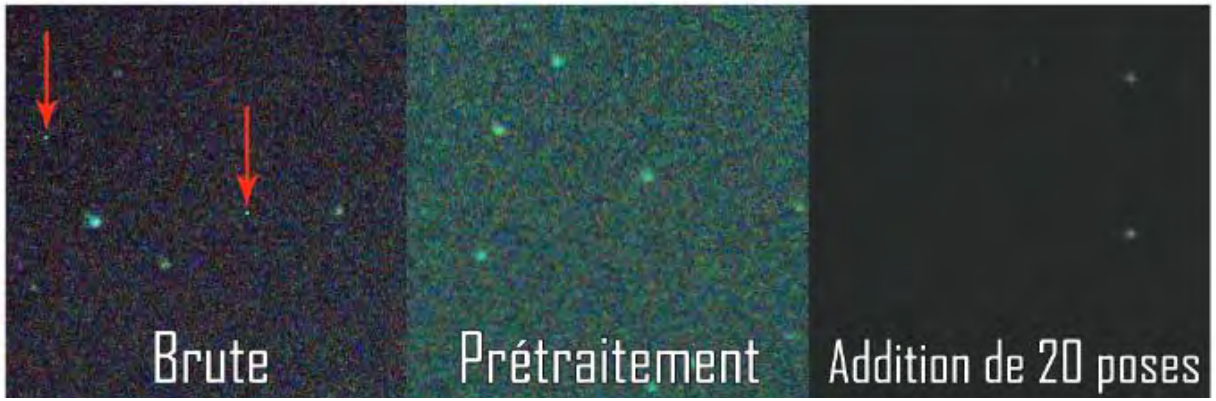
Nous voyons nettement l'apport du filtre UHC-s sur la pollution

# Filtres et correcteurs
# Les Différents filtres

| Filtre | Elément | Longueur d'onde (nm) | Couleur | Utilisation |
|---|---|---|---|---|
| H-Alpha | Hydrogène | 656 | rouge | Photo |
| SII | Soufre | 674 | Rouge profond | Photo |
| OIII | Oxygène | 501 | Vert-bleu | Visuel-Photo |
| H-Beta | Hydrogène | 489 | Bleu | Visuel-Photo |
| IDAS-LPS | | 410->430 440->540 550->580 600->620 640->680 | | Photo |
| UHC | | 470->520 630->700 | | Photo-Visuel |
| ND polarisant variable | | | gris | Visuel (pleine lune) |

# Les traitements
# Utilisation de logiciels

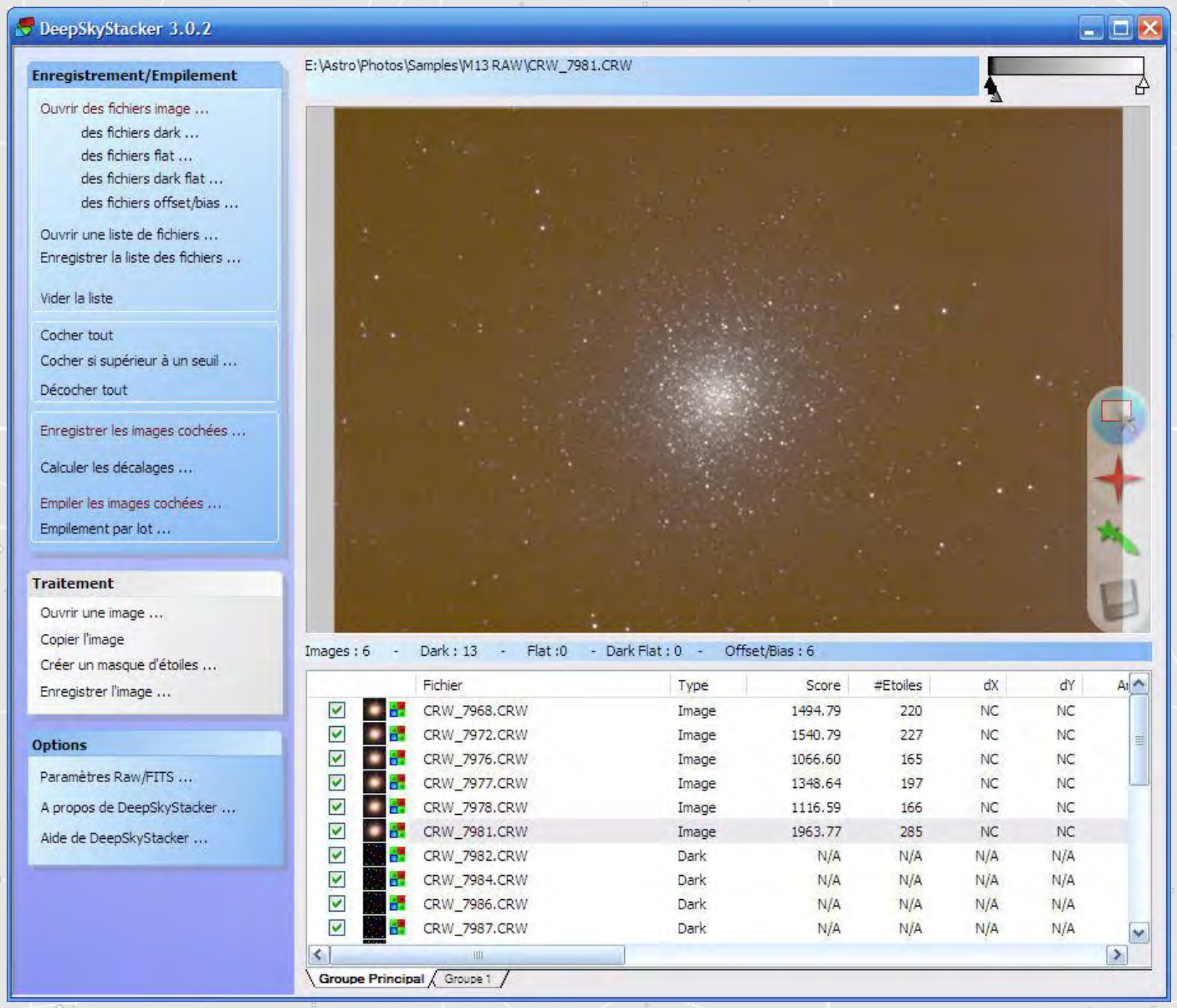
- Prétraitement & Traitement
  (alignement, addition, soustraction...)



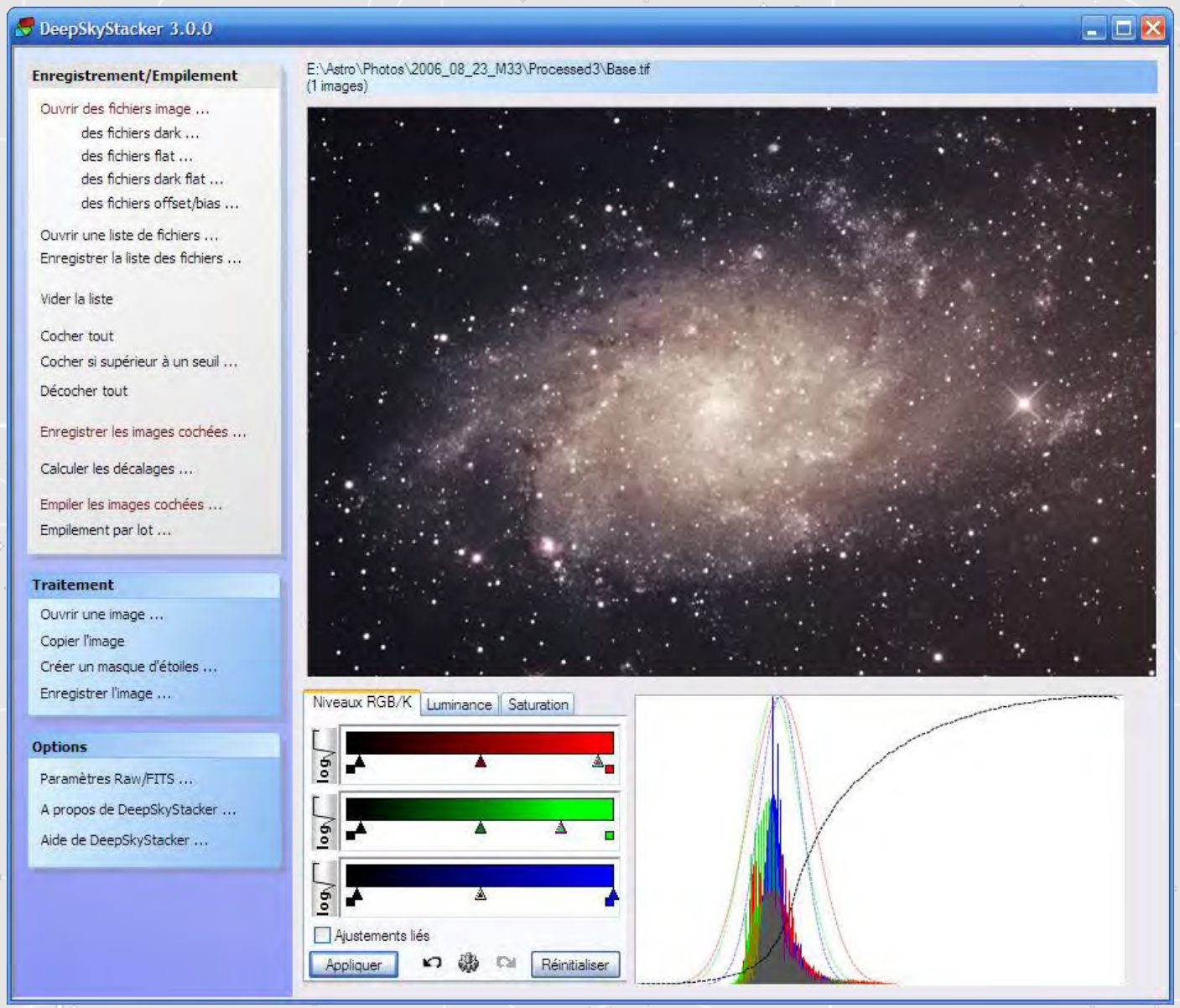

But du prétraitement et du cumul des poses, les flèches rouges montrent les pixels chauds

  - Deep Sky Stacker
  - MaximDL
  - …
- Post-traitement (amélioration)
  - Utilisation de logiciels ‘Cosmétiques’ comme PhotoShop, Gimp, …
  - Ou des logiciels spécifiques Astro comme Pixinsight, starTools, …

# Les traitements - Deep Sky Stacker - Prétraitement

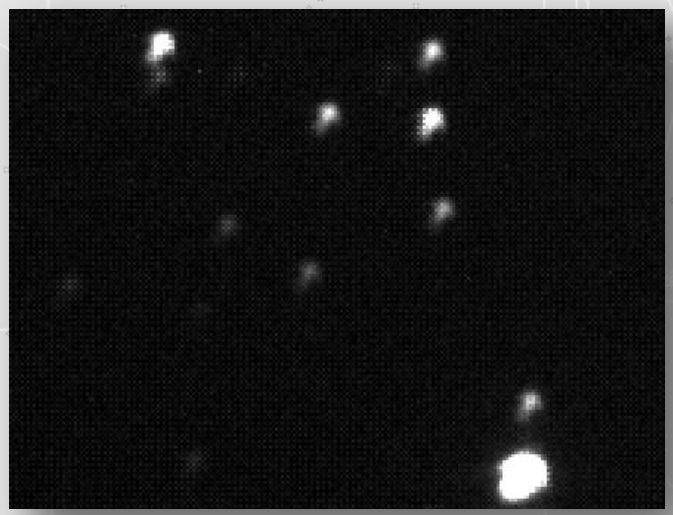


# Les traitements - Deep Sky Stacker - Traitement

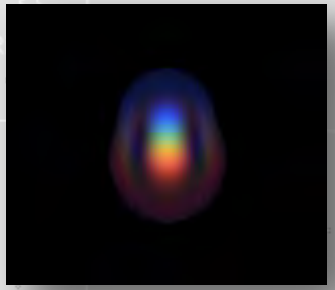


# Filtres et correcteurs
# Correcteur coma, distorsion atmosphérique

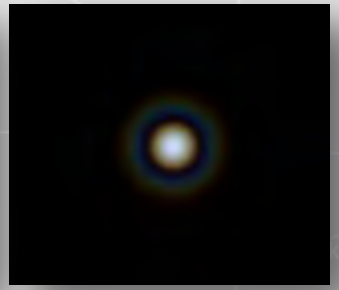
- Le correcteur de coma comme son nom l'indique corrige la coma,
  - l'étirement des étoiles dans les coins du miroir qui ressemblent à des comètes.



- A.D.C. Correcteur de dispersion atmosphérique
  - La lumière provenant des étoiles, des planètes et des autres objets du ciel profond, voyage dans le "vide" puis traverse l'atmosphère terrestre avant de nous parvenir. Ce changement de milieu provoque alors une dispersion chromatique en déviant cette lumière verticalement, plus ou moins fortement, en fonction des longueurs d'onde de ses composantes, à la manière d'un prisme.



Sans ADC



Avec ADC

# Auto-guidage

- L'autoguidage est un asservissement de la monture.
  Il corrige les erreurs de suivi du à une mauvaise mise en station ou autre…
- Les logiciels d'autoguidage sont PHDguiding, Guidemaster, …
- Il faut un autre axe optique sur une lunette guide ou un diviseur optique dans lesquels on choisit une étoile guide
- Le logiciel va se calibrer avec la monture et dès que l'étoile se déplace de <1 pixel, le système corrige grâce à une petite impulsion sur la monture
- Il est très important de faire d'un bon équilibrage sur la monture afin de pas faire forcer les moteurs
- Le principe d'un diviseur optique est un petit miroir placé en dehors du champ du capteur de la camera ou APN qui renvoie la lumière dans un autre axe optique utilisé pour le guidage.
- L'autoguidage  est utile seulement en astrophoto.
- L'autoguidage nécessite une seconde prise d'image, caméra d'autoguidage qui peuvent être nos caméras planétaires

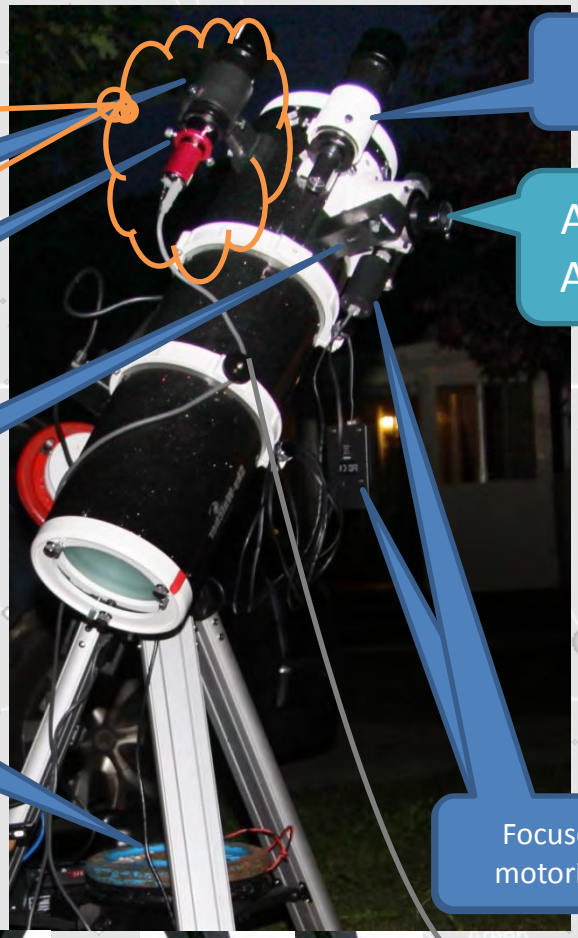



**Exemple de lunette guide pointée par la flèche rouge.**



**Diviseur optique**

# Le matériel monté
# Newton 150/750 Skywatcher sur Eq3.2 goto



Auto-guidage

Mini Guide scope Orion (50)

Caméra QHY5iic

Quick Finder

Chercheur 9x50

Appareil Au foyer

Canon 500d



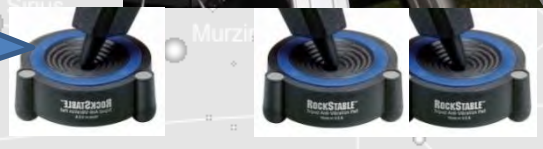
Correcteur De coma

Filtre 2'' UHC-S

Bague eos-M48

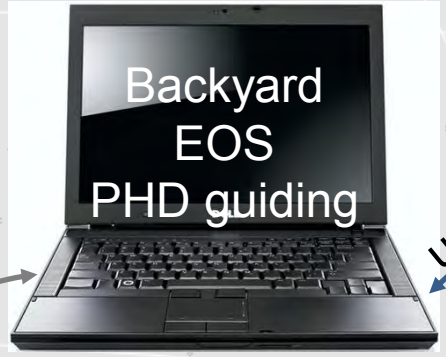
Stabilisation décathlon Poids 2x 5Kg

Plots anti vibration Orion



Focuser motorisé

usb




usb

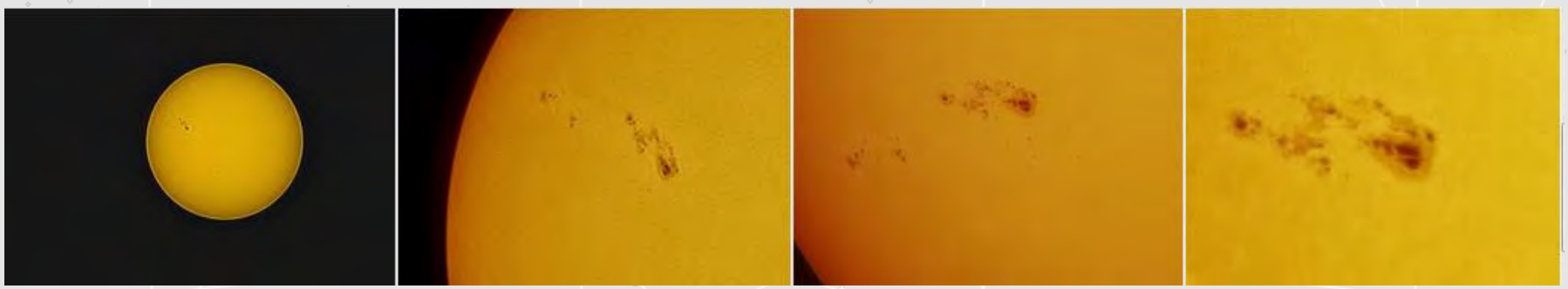
# Cas de la collecte solaire

/!\ toujours désaxer le télescope du soleil pendant les périodes de non observation



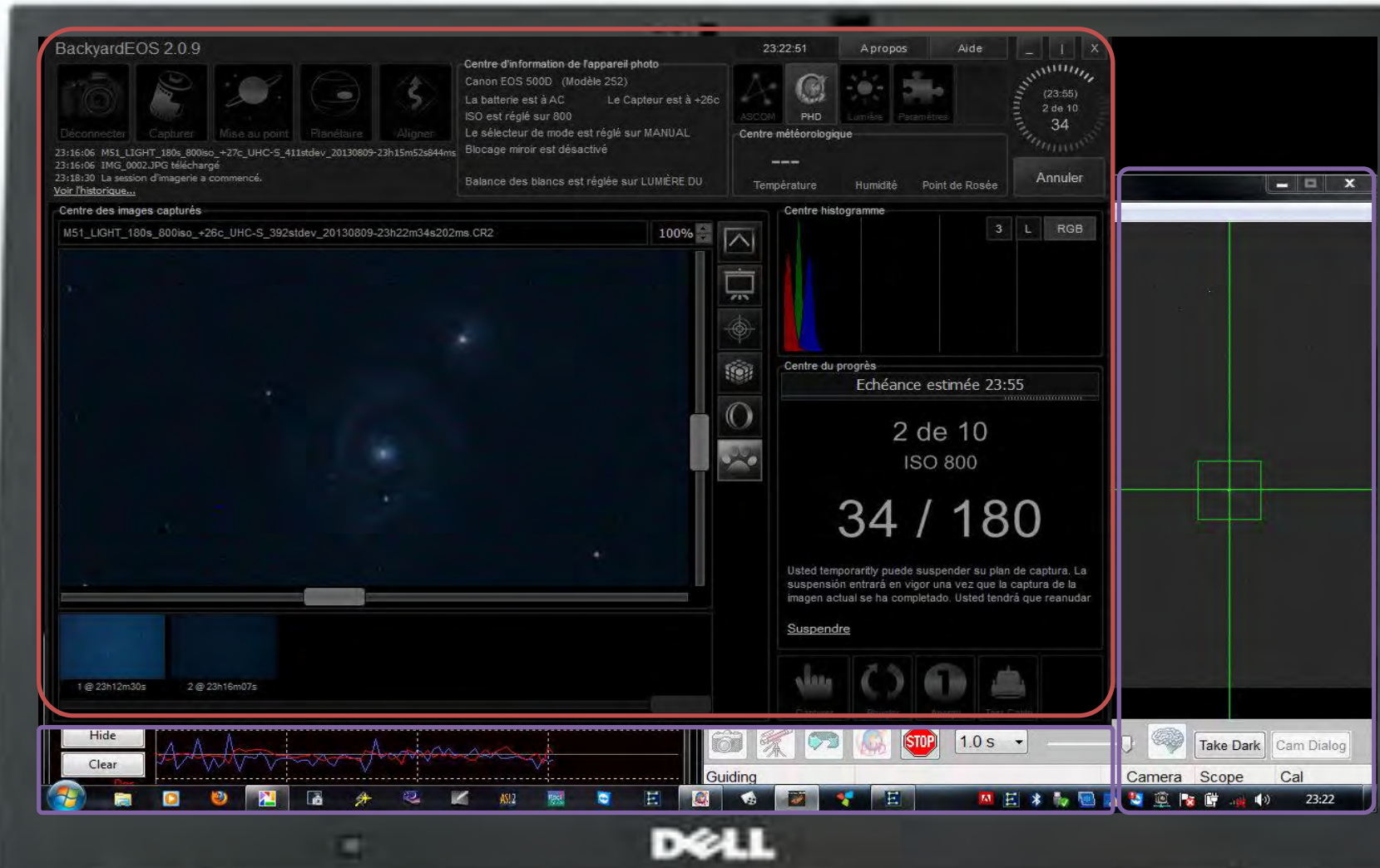


Feuille Baader Astrosolar collée sur du polystyrène de 5mn d'épaisseur. Celui-ci s'emboite sur la bouche du newton et du chercheur.

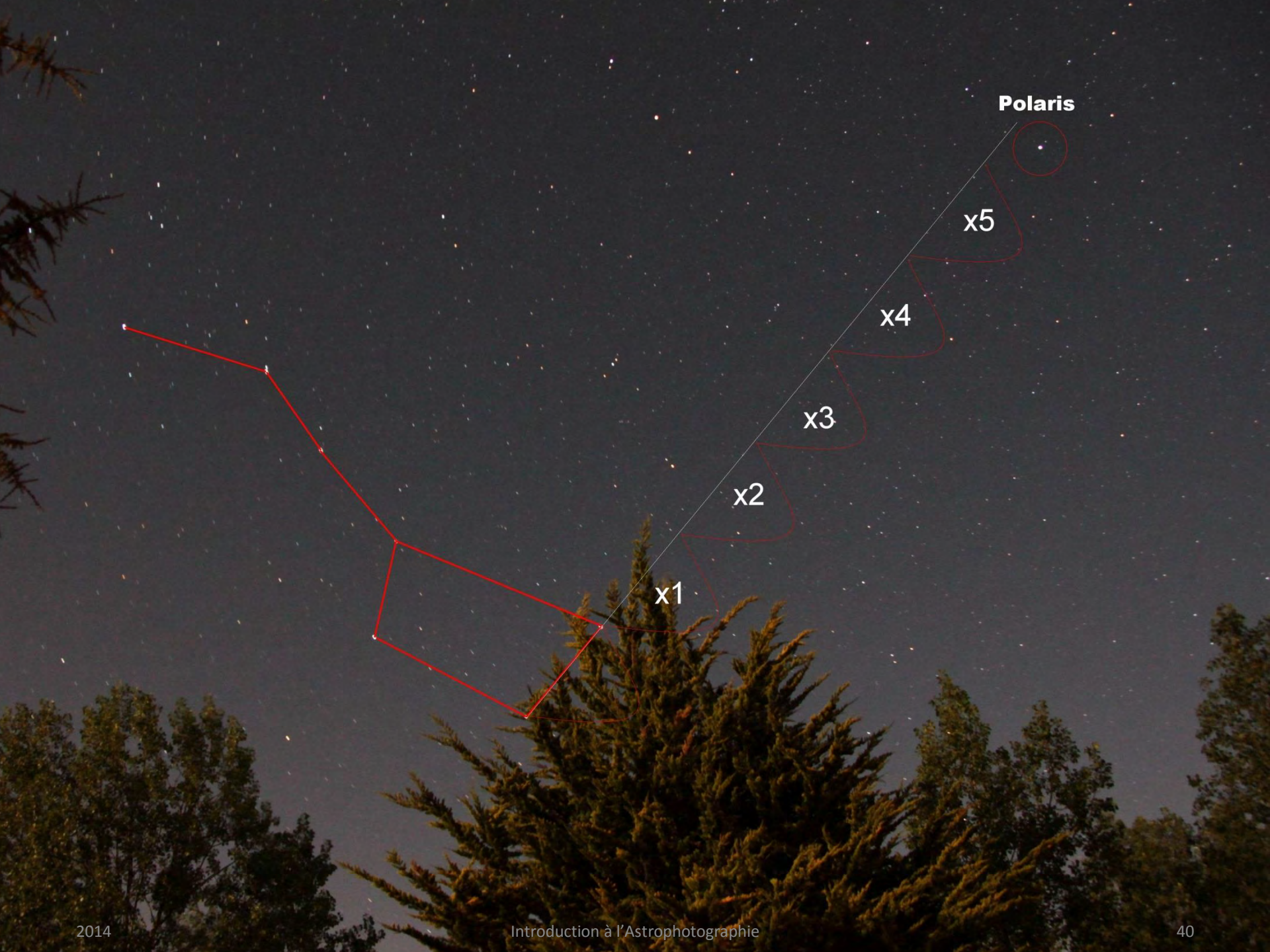


# Les logiciels de capture

## Capture avec BackyardEos & Auto-guidage PHDGuiding

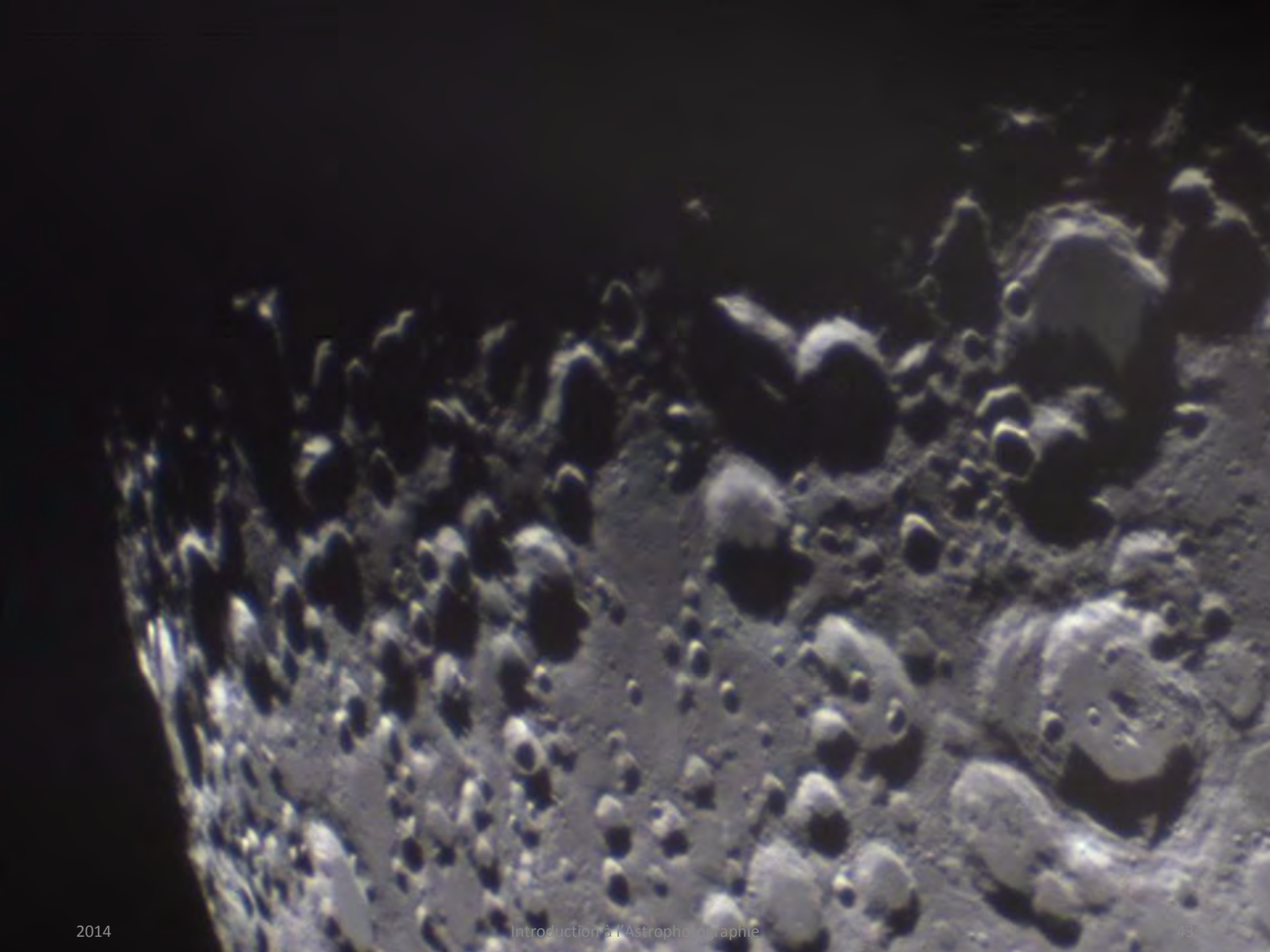


# QUELQUES UNES DE NOS IMAGES

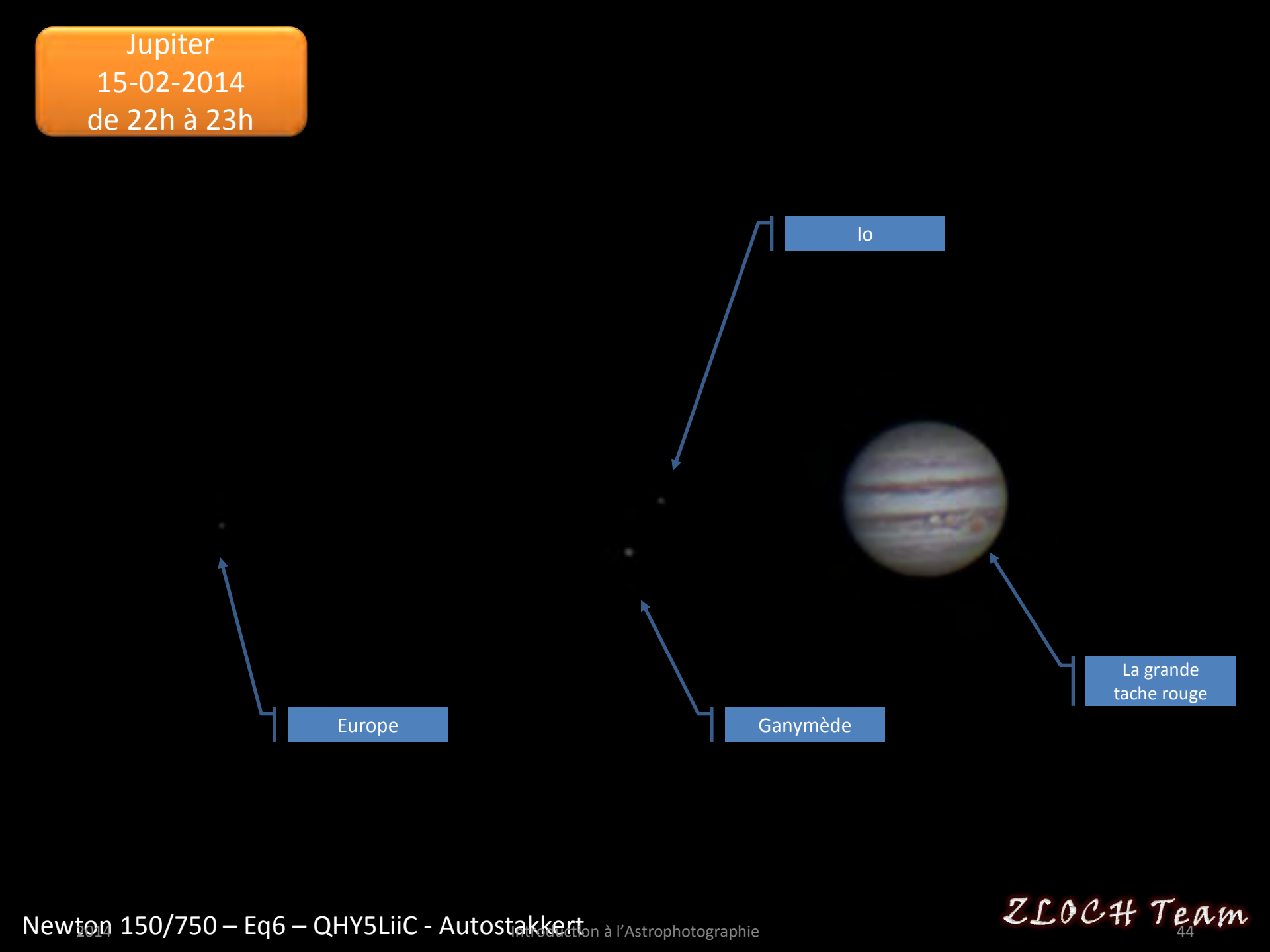

Polaris
x5
x4
x3
x2
x1







Jupiter
15-02-2014
de 22h à 23h




Newton 150/750 – Eq6 – QHY5LiiC - Autostakkert



ZLOCH Team

# Notre belle étoile : le Soleil

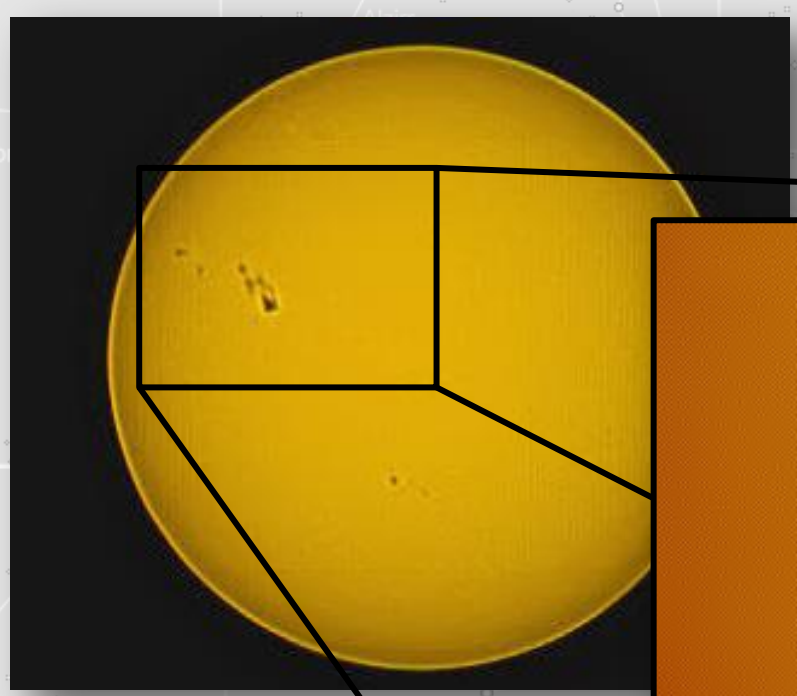


Photo au canon 500d
100iso – 1/4000s
Colorisée avec Photoshop



Photo, réalisée via Autostakkert
issue d'un film à la QHY5iic avec Barlow x2
puis colorisée avec photoshop

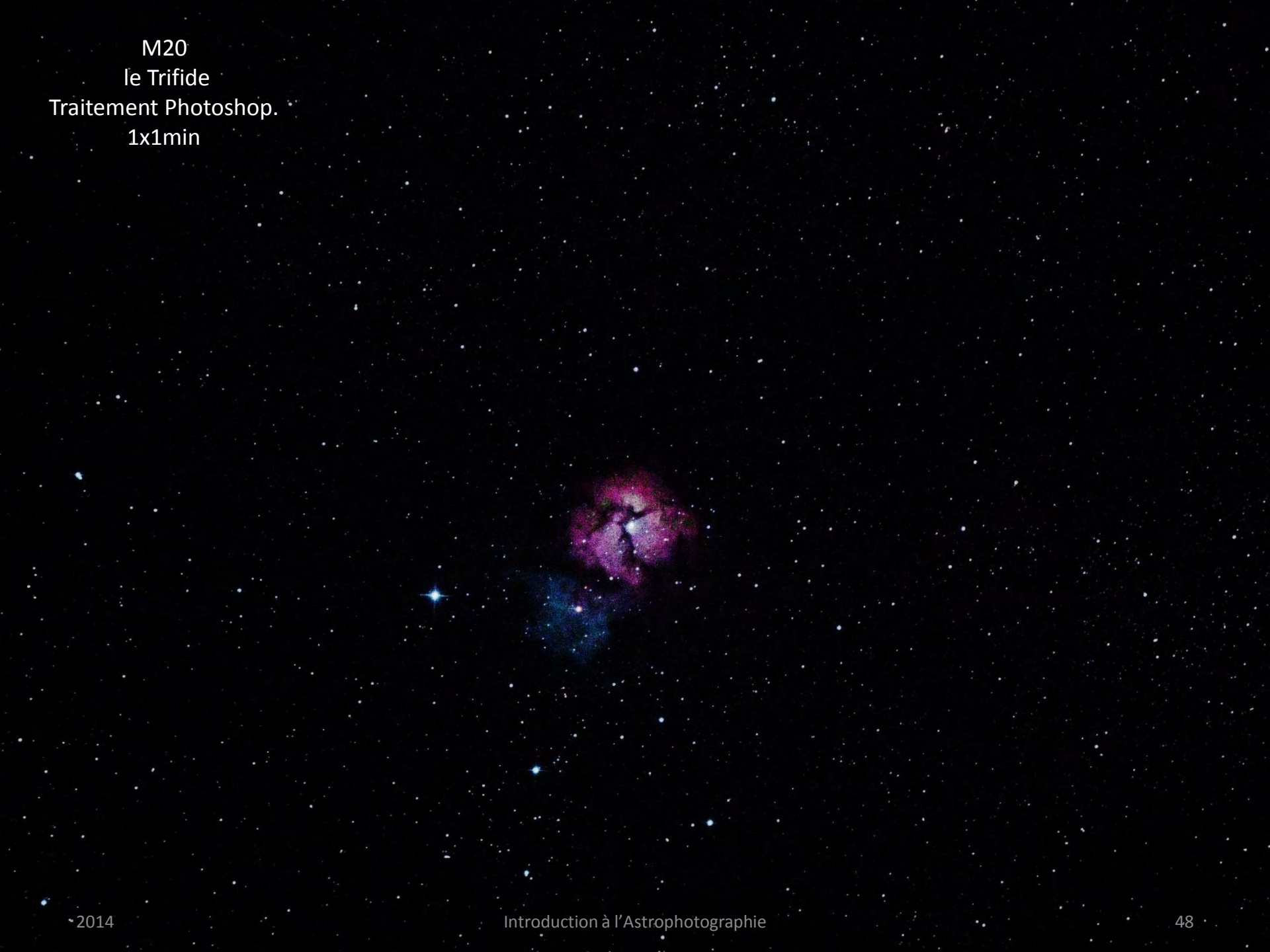


M51
Traitement Deep sky stacker
puis Photoshop.

8x3min + (1x5min + 5x2min) = 33 min


NGC7000
(le golfe du mexique de north america)
Traitement Photoshop.
1x3min

M20
le Trifide
Traitement Photoshop.
1x1min




NGC 6888
Nébuleuse du croissant
Deep Sky Stacker & Photoshop.
2x3mn + (6x3mn + 1x5mn)
Total 29 mn



M42
Deep Sky Stacker & Photoshop.
10x30s+5x1mn+10x2mn+14x3mn
Total 1h12 mn



NGC2237
La Rosette
Deep Sky Stacker
& Photoshop.
5x3mn+1x5mn
Total 20 mn


M104
Galaxie du sombrero
Deep Sky Stacker
& Photoshop.
4x5mn
Total 20 mn


M81-M82
Deep Sky Stacker
& Photoshop.
15x5mn
Total 1h15 mn



Photo de Christopher Bon du CAA
NGC2264 - Nébuleuse du cône
24-02-14 - Lune (0/10) - +5°C - Balandy - T°CCD : -10°C
Ha,L,R,V,B (8,3,3,4,6x5mn=>120mn, Bin 1x1)
160 offset - 25 flats (Ha,L,R,V,B) - 62 dark
PixInsight (mixage (HaL),(RHa),V,B)
APM107 - Atik 314L+ - Atlas (EQ6) - Filtres Astronomik

# Merci pour votre participation

