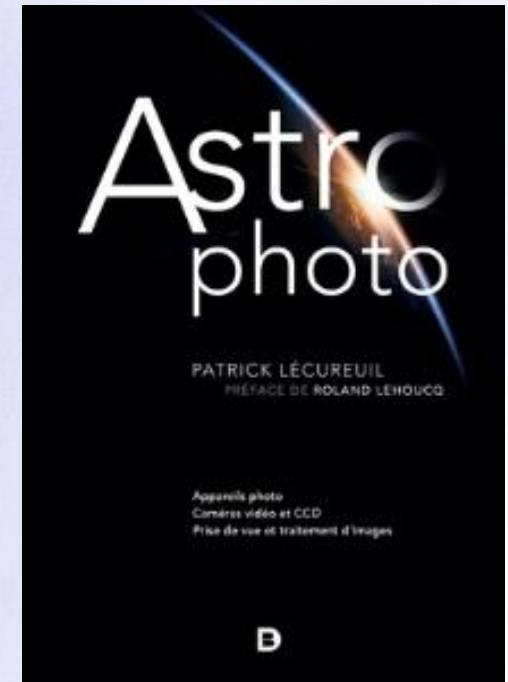
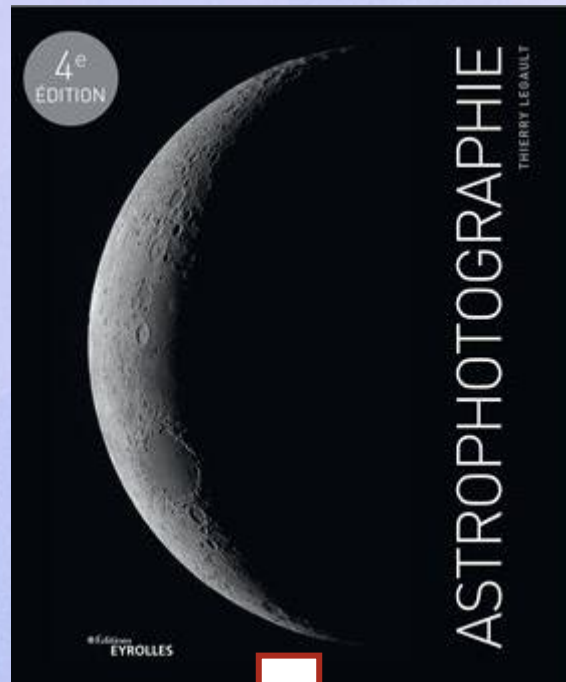


La photo planétaire avec une caméra vidéo



La photo planétaire - Bibliographie

Diaporama réalisé à partir des informations contenues dans les livres ci-dessous, le stage « Astrophoto » suivi en 2020 à Mauroux, animé par Patrick Lécureuil et le site <https://www.planetary-astronomy-and-imaging.com/reussir-images-planetaires/>



Extrait : chapitre 5 – Les planètes et la Lune

La photo planétaire - Plan

Que photographier

Le matériel

- La caméra
 - Les paramètres : taille, etc.
- L'instrument
 - L'échantillonnage
- Les accessoires
 - Filtres, ADC, etc.

La prise de vue

Conseils

Que photographier ?

Les objets du Système Solaire

- 4 planètes sont particulièrement faciles à photographier, de part leur luminosité, même en ville et en présence de la Lune, Ce sont Vénus, Mars, Jupiter, Saturne.
- Mercure , planète la plus proche du Soleil (à 0,4 ua) et la plus petite du système solaire, est difficile à photographier et du fait de son orbite, elle ne s'éloigne que très peu du Soleil. On ne peut la voir, depuis la Terre, que quelques heures avant le lever du Soleil, ou quelques heures après (car l'angle qui la sépare du Soleil – son élongation – est toujours inférieure à 28°.
- Uranus , Neptune , sont également difficiles à localiser et capturer,
- Enfin, la Lune , en entier, lumière cendrée, gros plans !

Le matériel nécessaire – La caméra

Caméra vidéo ou APN ?

- Même s'il est possible de photographier la Lune (en entier, quartiers, lumière cendrée) avec un APN, seule une **caméra vidéo** permettra d'acquérir des centaines ou milliers d'images en quelques secondes.
- Ex : une vidéo de 2 mn à 25 img/s donnera $2 \times 60 \times 25 = 3000$ images !
- Avantages : **lutte contre la turbulence** (le logiciel de traitement va classer les photos et rejeter les plus mauvaises) et d'**amélioration du rapport signal / bruit** (par empilement de centaines de photos).

Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo

- La grande majorité des caméras vidéos sont équipées d'un **capteur CMOS**. Cette technologie a fait d'énormes progrès, en particulier les capteurs Sony, très sensibles et à faible bruit de lecture.
- Les caractéristiques importantes, lors du choix de la caméra vidéo, sont :
 - La **taille du capteur**
 - Le **nombre et la taille des photosites**
 - **Couleur ou Noir et Blanc**
 - Le **rendement quantique**
 - La **sensibilité**
 - La **cadence des images**
 - Le **nombre de bits du convertisseur**

Le matériel nécessaire – La caméra

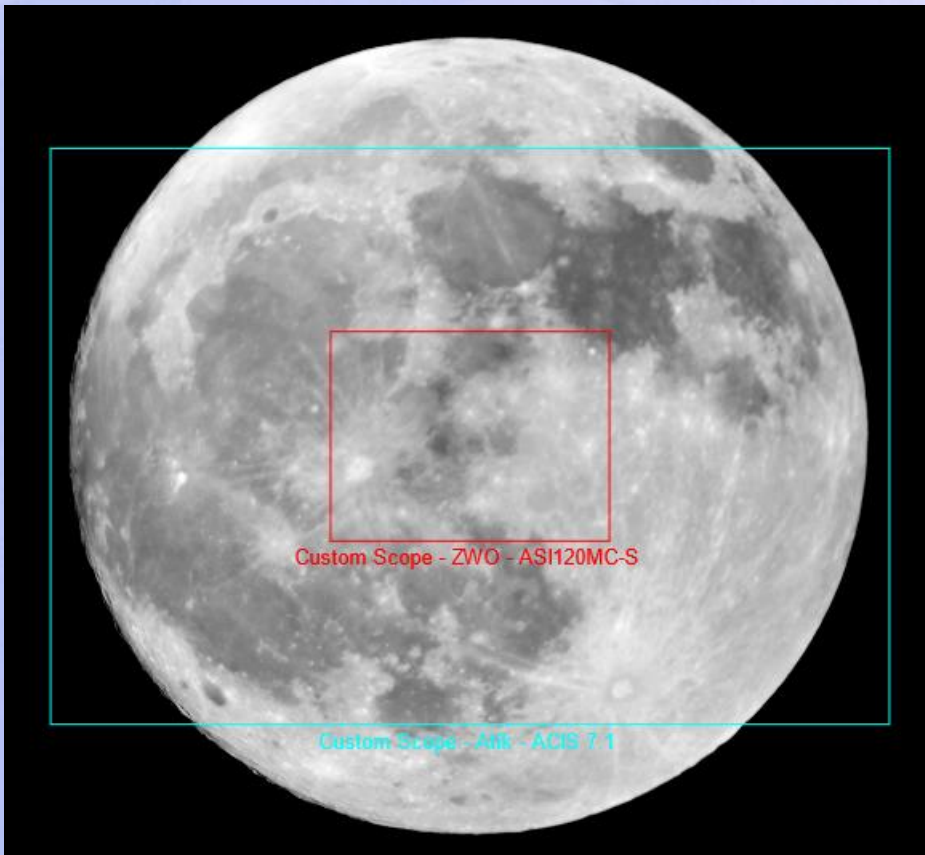
Choisir la caméra vidéo – Taille du capteur

- Pour les planètes, il n'est pas nécessaire d'avoir une caméra avec un grand capteur, mais pour la Lune, c'est mieux. Ex de taille de capteur : ASI 120 MC : 4,8 mm x 3,6 mm - Caméra Atik ACIS 7.1 : 14,5 mm X 9,95 mm
- La **taille des photosites est également importante**, Plus elle est grande, plus les photosites pourront accumuler de l'information.
- Rq : Le nombre de photosites est fonction de la taille du capteur mais aussi de leur taille.

Il faut ensuite adapter la focale de l'instrument à la taille des photosites. C'est l'échantillonnage.

Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo – Taille du capteur



Choose Equipment Add New Equipment To Database

Telescope: Sky-Watcher - Skymax 127 Focal Length: 1500.00 mm Aperture: 127.00 mm

Camera: Atik - ACIS 7.1 Resolution: 3208 x 2200 px Pixel Size: 4.50 x 4.50 μm

Choose Equipment Add New Equipment To Database

Telescope: Sky-Watcher - Skymax 127 Focal Length: 1500.00 mm Aperture: 127.00 mm

Camera: ZWO - ASI120MC-S Resolution: 1280 x 960 px Pixel Size: 3.75 x 3.75 μm



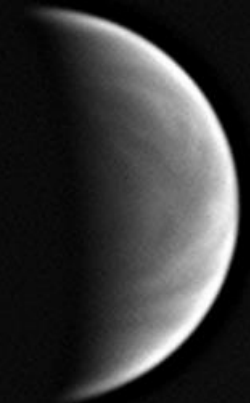
https://astronomy.tools/calculators/field_of_view/
(imaging mode)

Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo – Couleur ou monochrome ?

- La caméra couleur est l'outil le plus intéressant pour la photographie de la plupart des planètes, avec peu de contraintes techniques. De plus le traitement est relativement simple. Il existe de très bonnes caméras couleurs donnant d'excellents résultats (capteur IMX 462 ou IMX 662).
- La caméra à capteur noir et blanc, plus sensible (permettra d'obtenir des images plus piquées pour la Lune), et surtout elle permet l'imagerie infrarouge ou UV, pas du tout accessible au capteur couleur : bien pour imagerie UV de Jupiter (bloque la longueur d'onde supérieure à 400 nm permet de photographier ses nuages), infrarouge sur Jupiter ou Uranus ...

UV 365 nm
Baader Johnson U



Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo – Couleur ou monochrome ?

- Si on dispose d'une caméra monochrome, il sera nécessaire d'avoir un jeu de filtres LRVB ou RVB pour reproduire l'image couleur (acheter des filtres de la même marque car calibrés de la même façon pour conserver la même mise au point au changement du filtre).
- Avec des filtres LRVB, il est conseillé d'utiliser un correcteur de dispersion atmosphérique.
De plus le traitement de l'image est un peu plus compliqué qu'avec la méthode RVB.

Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo – Le rendement quantique

L'évaluation quantique est la mesure du pourcentage de photons de lumière convertis en électrons et captés par un pixel dans une longueur d'onde.

- Actuellement, il dépasse souvent 80% dans certaines longueurs d'onde.
- Plus d'informations <https://ciel-astro-ccd.com/wp/rendement-quantique/>

Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo – La vitesse d'acquisition

- Actuellement, grâce à l'USB3, nombreuses sont les caméras à capteur de 2 millions de photosites, qui permettent d'acquérir des images avec une fréquence entre 50 et 170 img/s.
- Remarque : en diminuant la résolution, on augmente la vitesse d'acquisition.
- Comme on l'a vu plus haut, une vidéo de 2 mn à 25 img/s donnera $2*60*25 = 3000$ images !

Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo – Le nombre de bits

- Plus il est important, plus le nombre de niveau de gris ou de couleurs de l'image est élevée.
- Pour les caméras d'entrée de gamme : 8 bits soit 2^8 ou 256 niveau de gris).
- Actuellement 10, 12, 14 bits pour des caméras destinées à l'imagerie planétaire, en sachant que 8 à 10 est largement suffisant.

Attention ... il faudra régler le gain à un niveau peu élevé.

Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo

- 4 fabricants : **ZWO**, **QHYCCD**, **ALTAIR** et **PLAYER ONE**
- On y retrouve assez souvent les mêmes capteurs, certaines sont même munies d'un système de refroidissement ce qui permet de s'en servir pour le ciel profond.
- Pour faire du **lunaire**, il est préférable de choisir une **caméra NB avec un grand capteur**.
- *Mais attention à la focale et à l'échantillonnage !*
-

Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo

ASI 290 MM

ASI IMX 462 MM

Monochrome

Monochrome

Taille capteur : 5,61 mm x 3,18 mm

Taille capteur : 5,61 mm x 3,18 mm

Jusqu'à 170 img / s en 320 x 240 px

Jusqu'à 136 img / s

12 bit

12 bit

Capteur CMOS IMX290

Capteur SONY CMOS IMX462

300 € environ

350 € environ

Rendement quantique : 80%

Rendement quantique : 89% à une longueur d'onde de 800-1000 nm



Le matériel nécessaire – La caméra

Choisir la caméra vidéo

QHY5 III 462C

Couleur

Taille capteur : 5,57 mm x 3,13 mm

Jusqu'à 135 img / s en pleine résolution

12 bit

CMOS IMX462 STARVIS couleur (6ème génération) de Sony

350 € environ



ASI 432 MM

Monochrome

Taille capteur : 14,44 mm x 9,9 mm

Jusqu'à 120 img/s à la résolution de 1608 x 1104 px

12 bit

Capteur Sony - IMX432 LLJ-C Monochrome

700 € environ



Le matériel nécessaire – L'instrument

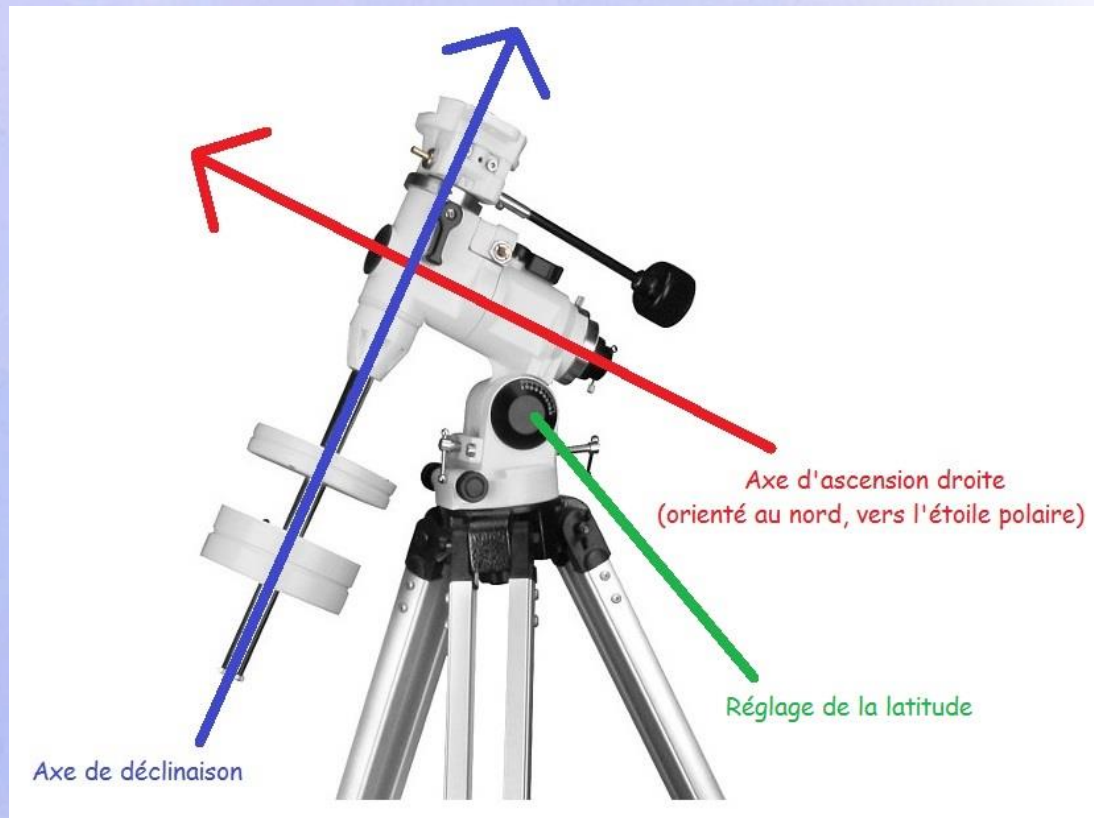
Lunette ou télescope ?

- Les 2 sont utilisables. L'instrument parfait n'existe pas !
- Le critère le plus important est le **diamètre de l'instrument** qui détermine la quantité de lumière collectée et la quantité de détails fins visibles. L'idéal, pour le planétaire, est un diamètre de **200 à 400 mm**.
- A diamètre égal, **ne pas négliger la qualité optique** qui aura une influence sur la finesse et le contraste de l'image.
- Mais pour obtenir une image détaillée, il sera nécessaire d'**augmenter la focale native** de l'instrument.

Le matériel nécessaire – La monture

Quelle monture ?

- La monture idéale est une monture équatoriale.



Le matériel nécessaire

L'échantillonnage

<https://www.planetary-astronomy-and-imaging.com/echantillonnage/>

- L'échantillonnage correspond au champ vu par 1 photosite de la caméra.
- L'échantillonnage E (en seconde d'arc par photosite), dépend de la taille des photosites du capteur de la caméra, de la focale du télescope et de la longueur d'onde dans laquelle on observe.

$$E = 206 \times \frac{T_p}{F}$$

T_p : taille d'un photosite en μ - F : focale du télescope en mm

Le matériel nécessaire

L'échantillonnage (suite)

- Un autre élément important : le pouvoir séparateur P_s (en secondes d'arc), exprime l'aptitude qu'a un télescope à séparer 2 détails fins rapprochés.

$$P_s = 0,252 \times \frac{\lambda}{D} \text{ ou formule simplifiée : } P_s = \frac{120}{D}$$

λ : longueur d'onde en nm – D : \emptyset du télescope en mm

- La théorie et la pratique montrent que la valeur de l'échantillonnage idéal doit être égale à environ $\frac{1}{2} P_s$
- Mais ... ce pouvoir séparateur est conditionné par la **turbulence atmosphérique**, la **qualité optique** de l'instrument et la **collimation**.

Le matériel nécessaire

L'échantillonnage (suite)

- Exemple Newton 200 / 2000 - caméra avec photosites $4,65 \mu$

$$T_p = 4,65 \mu - F = 2000 \text{ mm} - D = 200 \text{ mm}$$

- Formule simplifiée : $P_s = \frac{120}{200} = 0,6$ secondes d'arc
- Pour un échantillonnage idéal, la valeur de E doit être $\frac{1}{2} \times P_s$ soit 0,3 sec. d'arc environ.
- $E = 206 * \frac{T_p}{F} = 206 * \frac{4,65}{2000} = 0,48$ secondes d'arc

Donc on est sous-échantillonné. La focale du télescope ne convient pas, elle est trop courte et on risque de ne pas voir les + petits détails.

La focale « idéale » devrait être $F = 206 \times \frac{4,65}{0,3} = 3193 \text{ mm}$ (soit $F/D = 3193/200 \sim 16$) - Une lentille de Barlow est indispensable pour arriver à ce résultat ou il faudra ajuster avec la taille des px de la caméra.

Le matériel nécessaire

L'échantillonnage (suite)

- En conclusion, le calcul de l'échantillonnage permet d'avoir une idée précise de la configuration optimale.
- En planétaire, comme on travaille avec une grande focale et à une forte cadence d'image, on va arriver assez facilement à passer au travers des périodes de forte turbulence et donc il faut aller vers un échantillonnage presque idéal.

Le matériel nécessaire

L'échantillonnage (suite)

- Pour agrandir l'image, on peut utiliser **une ou plusieurs Barlow** (d'excellente qualité de préférence).
- Mais **attention** Ce n'est pas parce que l'on va mettre une Barlow x 2 sur un instrument à F/D = 10, qu'on aura forcément F/D = 20.
- Il faut tenir compte du **Tirage, distance entre le capteur de la caméra et la lentille de Barlow** selon la formule $G = \frac{T}{f} + 1$ (où f est la focale de la Barlow et T le tirage – en mm)

Le matériel nécessaire

L'échantillonnage (suite)

- Par exemple, si l'on place une lentille de Barlow de focale 64 mm et si le capteur est placé à 64 mm à l'arrière de la lentille, alors, oui on a un facteur de grandissement de 2 ($G = \frac{T}{f} + 1 = \frac{64}{64} + 1 = 2$),
- En augmentant ou en diminuant le tirage, on pourra ainsi ajuster le facteur de grandissement pour ajuster l'échantillonnage.
- <https://www.pierro-astro.com/fiches-pratiques/166-une-solution-planetaire>

Le matériel nécessaire – Les accessoires

Les accessoires : les filtres

- Si caméra couleur : il faut utiliser un filtre bloquant le rayonnement proche infrarouge (vers 700 nm). Cela permet d'augmenter la netteté. Tout dépend du modèle de la caméra, certains sont équipés de ce filtre (ex la camera ASI 120 M Couleur) mais d'autres pas et il faut donc ajouter ce filtre (vissé). Il faut utiliser un filtre anti-infrarouge avec un capteur couleur, sinon les longueurs d'onde enregistrées par la caméra ne sont pas les mêmes que celles vues par l'oeil humain. Exemple ...

Le matériel nécessaire – Les accessoires

Les accessoires : les filtres

- Si caméra monochrome, il sera nécessaire d'avoir un jeu de filtres LRVB montés sur une roue à filtres, motorisée ou non, pour reproduire l'image couleur (acheter des filtres de la même marque car calibrés de la même façon pour conserver la même mise au point au changement du filtre).
- De plus, lors de la prise de vue, la vitesse d'exposition et le gain seront différents pour chaque filtre (voir plus loin).



Le matériel nécessaire – Les accessoires

Les accessoires : les filtres

- Si turbulence importante, on peut essayer de figer cette turbulence avec un filtre rouge. Mais, comme la résolution est meilleure dans le bleu que dans le rouge, on gagne en figeant la turbulence, mais on perd en résolution ...
- Ce filtre permet d'obtenir des images plus fines, il est utile pour les planètes (sauf Vénus) et la Lune.
- Il fait ressortir des détails dans l'atmosphère de Jupiter et Saturne, et sur Mars, il renforce la visibilité des détails.

<https://www.planetary-astronomy-and-imaging.com/>

Le matériel nécessaire – Les accessoires

Le correcteur de dispersion atmosphérique (ADC)

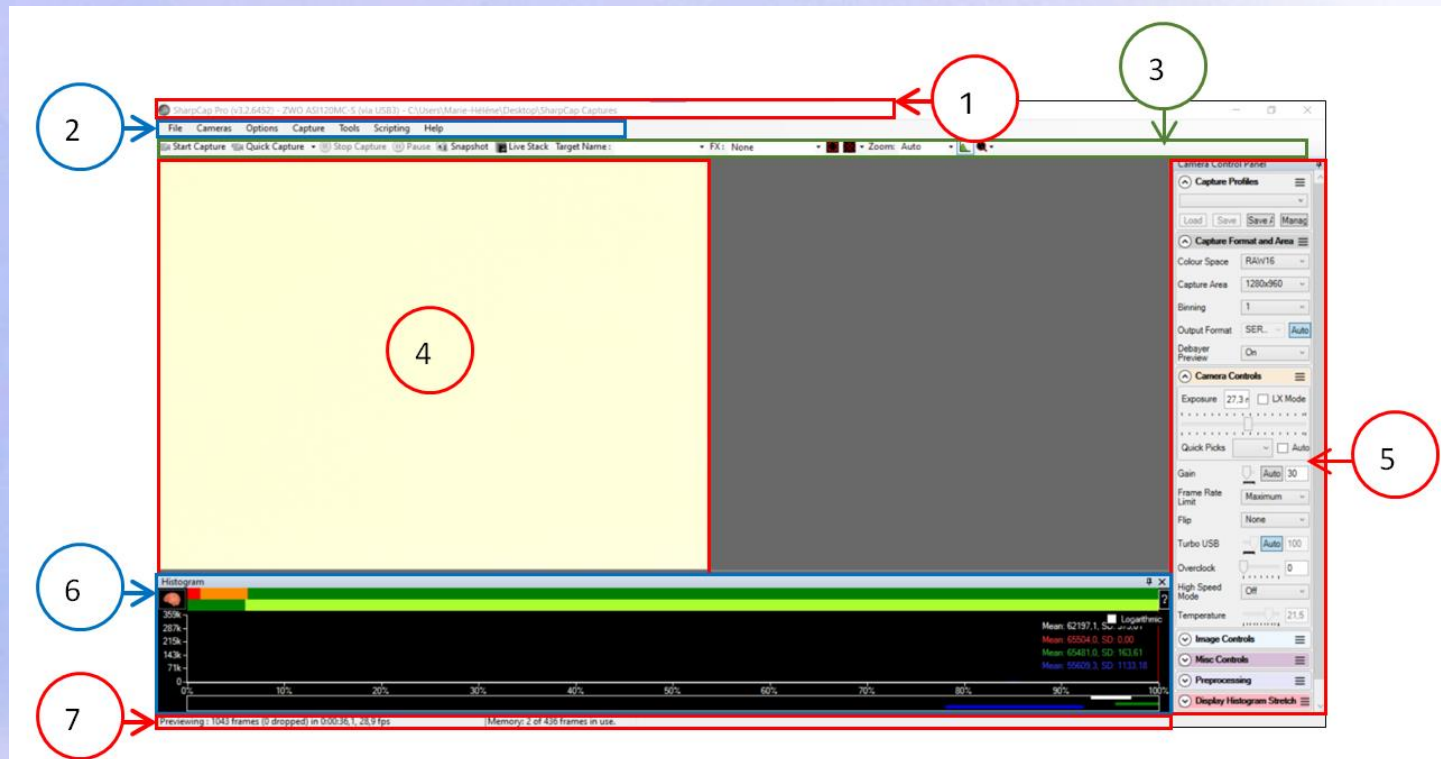
- Utile si on photographie un **astre bas sur l'horizon**.
- Comme la lumière traverse une épaisse couche atmosphérique, il y a une **grosse réfraction** (dispersion des couleurs différente suivant la longueur d'onde, l'atmosphère jouant le rôle d'un prisme, les rayons bleus étant plus déviés que les rouges). Un **liseré bleu** apparaît d'un côté de la planète, un rouge, de l'autre.
- A placer **entre la lentille de Barlow et la caméra**.
- **Très efficace** si la planète se situe **entre 20 et 50°**.
- Peut s'utiliser **en visuel**.



La prise de vue

La prise de vue - Les logiciels

- La caméra vidéo est pilotée avec un logiciel.
- Certains sont gratuits, tels **Fire Capture** ou **SharpCap**, d'autres payants comme **Prism**.



La prise de vue

La prise de vue – Le réglage des paramètres

- L'objectif est de **créer un film contenant un grand nombre d'images**. Un logiciel de traitement permettra de trier et d'additionner les meilleures afin d'obtenir une seule image avec un rapport S/N optimisé.
 - La **MAP** : elle doit être précise.
 - **3 paramètres d'acquisition** à bien régler :

Pour obtenir une image correctement exposée. Il ne faut pas de zone sur ou sous-exposée. Utiliser [l'histogramme](#).

La fréquence d'image

La vitesse d'obturation

Le gain (sensibilité iso)

La fréquence d'img est fonction de la vitesse d'obturation. Si on a par ex. 60 img/s, il sera impossible d'avoir une vitesse d'obturation de 1/10 s

La prise de vue

La prise de vue – Le réglage des paramètres

- La **vitesse d'obturation** : de 1/10 000 à plusieurs s de pose.
- Pour essayer de figer la turbulence, on essaye d'avoir des **temps de pose brefs**, ce qui oblige à augmenter un peu le gain. Mais augmenter le gain entraîne des images plus bruitées, donc il faudra en empiler un plus grand nombre. Il faut arriver à trouver un bon équilibre.
- La **fonction ROI** (**R**egion **O**f **I**nterest) permet de sélectionner une partie de l'image (utile pour une planète par ex. qui n'occupe pas toute la surface du capteur).

La prise de vue

La prise de vue – Le réglage des paramètres

- La **mise au point** : à cause de la turbulence, elle n'est pas toujours facile à réaliser, surtout sur les planètes de petite dimension angulaire.
- **Méthode pour les planètes** :
 - Si la **Lune est présente**, faire la MAP sur la Lune puis pointer la planète.
 - Sinon, pour **Jupiter**, faire la MAP sur les satellites, pour **Saturne**, sur la division de Cassini.

La prise de vue

La prise de vue – Déroulement pour une planète

- **Installation du télescope** (plusieurs heures avant). Le chercheur doit être bien aligné avec le tube optique, contrôle de la collimation si nécessaire, alignement polaire.
- **Centrage de la planète à l'oculaire.**
- Retirer l'oculaire, **mettre la caméra et le système Barlow** dans le porte oculaire.
- Régler la **vitesse d'obturation à environ $\frac{1}{4}$ s** et le **gain au maximum**, pour être sûr de voir la planète.
- Faire la **mise au point.**
- Régler le **gain et la vitesse d'exposition** pour avoir une image bien exposée (visualiser [l'histogramme](#)).
- **Prise de la séquence vidéo**, en faisant varier la vitesse d'obturation et le gain si nécessaire.

La prise de vue

La prise de vue – Déroulement pour une planète

- **Installation du télescope** (plusieurs heures avant). Le chercheur doit être bien aligné avec le tube optique, contrôle de la collimation si nécessaire, alignement polaire.
- **Centrage de la planète à l'oculaire.**
- Retirer l'oculaire, **mettre la caméra et le système Barlow** dans le porte oculaire.
- Régler la **vitesse d'obturation à environ $\frac{1}{4}$ s et le gain au maximum**, pour être sûr de voir la planète.
- Faire la **mise au point.**
- Régler le **gain et la vitesse d'exposition** pour avoir une image bien exposée (visualiser l'histogramme).
- **Prise de la séquence vidéo**, en faisant varier la vitesse d'obturation et le gain si nécessaire.

La prise de vue

La prise de vue – Remarque durée maxi d'exposition

- **Lune** : pas de problème.
- **Planètes** : il faut tenir compte de la période de rotation. Si l'enregistrement est trop long, certains détails de la planète auront bougé entre le début et la fin de l'enregistrement et lors de l'empilement, il y aura du flou.
- Pour calculer le **temps de pose maxi**, utiliser la formule

$$T_{max(mn)} = \frac{6 * P}{d * \pi * \theta}$$

P : période de rotation de la planète (en mn)

d : diamètre du télescope (en cm)

θ : diamètre apparent de la planète (en seconde d'arc)

La prise de vue

La prise de vue – Exemple durée maxi d'exposition

Diamètre du telescope	150 mm	200 mm
Vénus	12 mn 7 s	9 mn 5 s
Mars (rot. 24h40mn)	7 mn 31 s	5 mn 38 s
Jupiter (rot. une dizaine d'heure env.)	1 mn 31 s	1 mn 9 s
Saturne	3 mn 49 s	2 mn 51 s

Quelques conseils

- La qualité des images dépend fortement des conditions atmosphériques. Pour le planétaire, le facteur le plus important est la stabilité de l'atmosphère.
- La turbulence (le seeing), est le brassage des masses d'air en mouvement, de températures différentes, qui provoquent des déviations des rayons lumineux.
- De plus, les effets de la turbulence varient selon la position de la planète au dessus de l'horizon : plus elle est proche de l'horizon, plus l'épaisseur de la couche d'atmosphère à traverser est grande, donc plus l'image sera dégradée.
- Par rapport au zénith, l'épaisseur du trajet à traverser est x 2 si l'astre est à 30° au dessus de l'horizon, x 4 si 15°.

Quelques conseils (suite)

- Donc pour filmer, privilégier les heures entourant la culmination de l'astre.
- Formule pour connaître la hauteur au méridien :
 $h = 90^\circ - L + \delta$ (L : latitude du lieu – δ : déclinaison) ou Stellarium !
- Un moyen facile et efficace de juger la turbulence à l'oeil nu est d'observer des étoiles brillantes situées au zénith, puis à 40° ou 50° et enfin à 20° ou 30° au-dessus de l'horizon. Si les étoiles situées au zénith ou entre 40° et 50° scintillent, la turbulence est forte.
- Il y a aussi de la turbulence dans le tube dès que le miroir est plus chaud de 2° par rapport à la température ambiante. Ne pas oublier de mettre le télescope en température en l'installant dehors une heure avant de filmer.

Quelques conseils (suite)

- Autre problème : la dispersion atmosphérique. En traversant l'atmosphère les rayons lumineux sont plus ou moins dispersés suivant leurs longueurs d'ondes et l'incidence avec laquelle ils pénètrent dans l'atmosphère.
- La dispersion est d'autant plus importante que l'objet photographié est bas dans le ciel.
- Cette dispersion est visible par des liserés colorés sur les bords d'une image planétaire.

Quelques liens

- <https://www.meteoblue.com/fr/meteo/>
- <http://www.skippysky.com.au/Europe/index.html>
(site de prévision de seeing)
- <https://www.meteociel.com/accueil/vent.php>
(carte du vent en temps réel)
- <http://astro.dialou.fr/techniques/astrophotographie/photographie-lunaire-en-haute-resolution-partie-1/>
- [Pourquoi une caméra couleur demande un filtre IR-cut \(planetary-astronomy-and-imaging.com\)](http://planetary-astronomy-and-imaging.com)