

# **ASTROPHOTOGRAPHIE AU 45° PARALLÈLE**

## **Partie 1**

### **Matériel et techniques de base**



*Le guide « Astrophotographie au 45° parallèle » s'adresse aux astronomes amateurs et photographes amateurs intéressés par la photographie des objets et phénomènes que l'on peut observer dans le ciel boréal. La technologie ayant beaucoup évolué au cours des dernières années, nous croyons important d'effectuer une synthèse des outils tant matériels que logiciels qui sont maintenant à la portée des amateurs.*

*La première partie de ce guide s'intitule « Matériel et techniques de base » et traite du matériel, des techniques élémentaires d'astrophotographie et de la mise en place de l'équipement. Disons-le tout de suite, certaines techniques sont très simples à mettre en œuvre et sont à la portée de tous alors que d'autres s'adressent à des amateurs expérimentés. Les deuxième et troisième parties qui seront publiées en 2010 porteront respectivement sur les techniques d'acquisition des images et sur le traitement des images.*

*Ce document est le fruit de lectures, d'expérimentation personnelle et surtout d'expériences partagées parmi un groupe très dynamique de passionnés du Club des astronomes amateurs de Longueuil (CAAL). Il n'aurait jamais été possible sans l'appui de ces collègues astronomes amateurs pour qui la plus grande joie semble être de partager leur passion d'observateur du ciel. Jamais avares de leurs découvertes et astuces, ces astronomes amateurs ne demandent pas mieux que d'accompagner les nouveaux adeptes qui désirent pousser plus avant leur exploration par l'observation directe ou par l'astrophotographie.*

*Ce guide est dédié à la communauté grandissante des francophones passionnés d'astrophotographie. Ainsi, au terme de cette Année mondiale de l'astronomie, nous espérons qu'ils sauront tirer profit du guide et qu'ils pourront partager leur passion avec leurs proches.*

*Robert Saint-Jean*

Le guide « Astrophotographie au 45<sup>e</sup> parallèle » peut être distribué librement dans sa forme intégrale pour toute utilisation non commerciale. En cas de reproduction partielle ou intégrale, vous êtes priés d'en citer la source selon les normes établies.

Version 1.0 Décembre 2009

© Club des astronomes amateurs de Longueuil (CAAL), 2009

Pour toute suggestion ou tout commentaire, veuillez nous contacter par courriel à l'adresse :  
[astrophoto45parallele@astrocaal.org](mailto:astrophoto45parallele@astrocaal.org)



## REMERCIEMENTS

Merci aux membres du CAAL qui ont contribué à ce guide : Patrice Amyot, Michèle Aubin, Daniel Choinière, Jacques Demers, Jérôme Laufer, Ugo Marsolais et Sébastien St-Jean.

Mes remerciements vont aussi à Paul Paradis pour ses précieux conseils et pour sa critique détaillée du manuscrit.

Enfin, une mention bien spéciale à Monique Rondeau et à Olivier Saint-Jean pour leur relecture patiente, minutieuse, critique et jamais définitive...

Décembre 2009

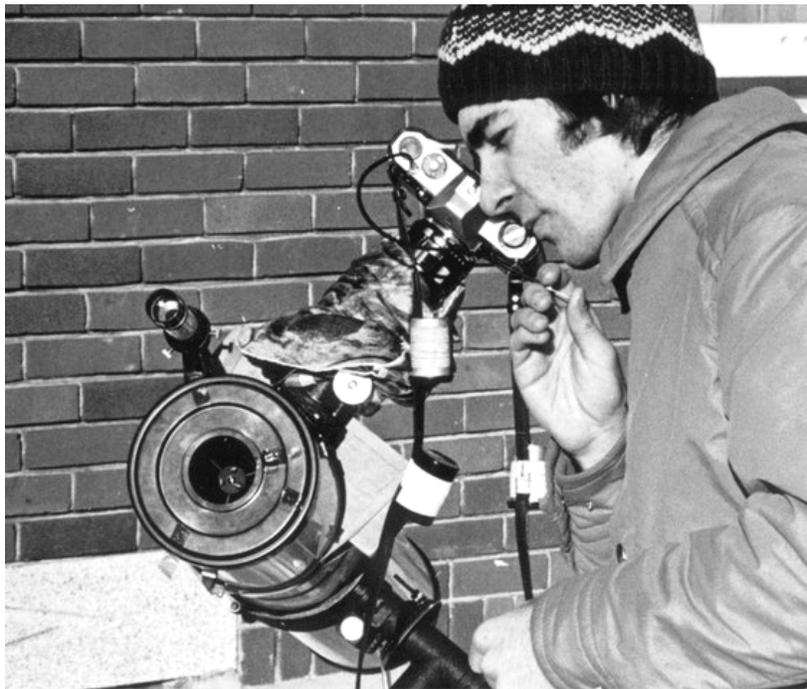


Figure 1 : L'auteur photographiant le Soleil en 1972.



# **Partie 1**

## **Matériel et techniques de base**



# Table des matières

1	L'équipement pour l'astrophotographie .....	6
1.1	L'appareil photo à pellicule argentique .....	7
1.2	L'appareil photo numérique (APN) .....	8
1.3	L'appareil dédié à l'astrophotographie .....	12
1.4	Supports et montures .....	15
1.5	Le segment optique .....	18
1.6	Guide d'achat du matériel .....	21
2	Les techniques d'astrophotographie .....	24
2.1	Astrophotographie « fixe » .....	25
2.2	Astrophotographie « avec suivi » .....	26
3	Les préparatifs d'une nuit d'observation .....	30
3.1	Avant de partir .....	31
3.2	Plan de sortie : Qu'allez-vous observer? .....	32
3.3	Choix du lieu d'observation .....	32
3.4	Installation de l'équipement .....	33
3.5	Collimation du train optique .....	33
3.6	Alignement polaire .....	34
3.7	Préparation de l'appareil photo .....	34
3.8	Mise au point .....	36
	Références des photographies et dessins .....	42
	Liens .....	44
	Glossaire .....	46



# 1 L'équipement pour l'astrophotographie

L'astrophotographie est une spécialité de la photographie que l'on pourrait qualifier « d'extrême ». En effet, le défi de l'amateur est de photographier des objets du ciel qui sont soit très petits, soit peu lumineux, soit les deux à la fois! Le photographe doit donc utiliser une optique avec des focales très longues (500 mm à 3000 mm et parfois beaucoup plus!) et des temps de pose allant jusqu'à plusieurs heures.

L'équipement nécessaire pour l'astrophotographie est constitué de trois segments : le support et la monture, l'appareil photo et l'optique. On peut croire que l'appareil photo est la pièce la plus importante, mais en fait, les trois segments ont une importance à peu près égale.

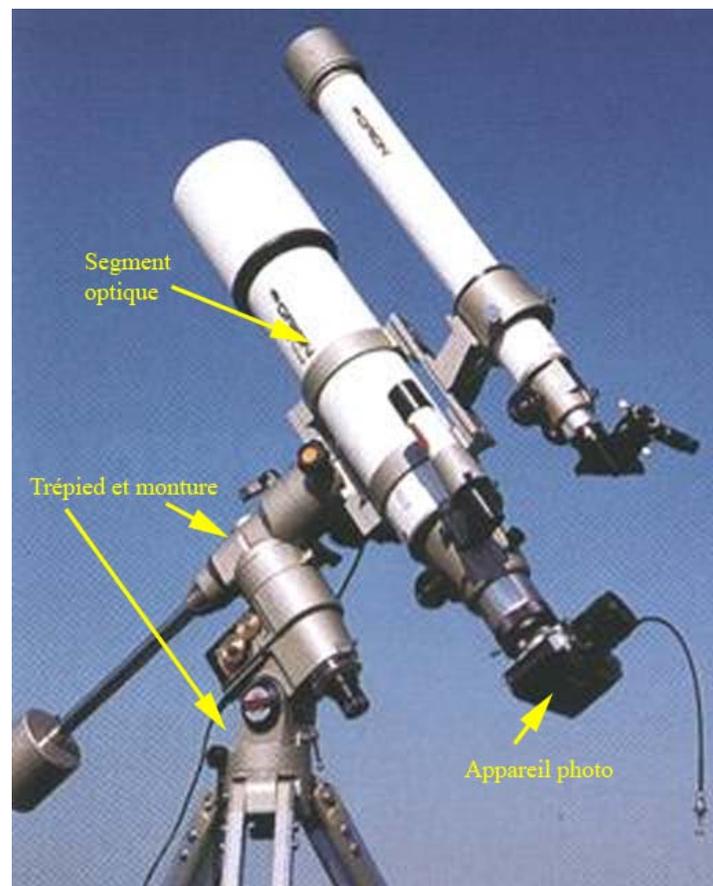


Figure 2 : Les trois segments du matériel pour l'astrophotographie.

## 1.1 L'appareil photo à pellicule argentique

Pour plusieurs photographes, tant amateurs que professionnels, les beaux jours de la photographie argentique sont chose du passé. Les capteurs numériques ont maintenant envahi le marché à un point tel qu'il devient difficile pour les photographes argentiques qui persévèrent de s'approvisionner en pellicules photo. Mais faut-il pour autant oublier cette technique qui utilisait de l'optique de haute qualité, une gamme de sensibilité appréciable, une finesse de grains remarquable? La réponse n'est pas évidente compte tenu des sommes importantes que certains passionnés de photographie ont investies dans leur équipement.

Pour la photographie conventionnelle (studio, nature, journalisme, tourisme, etc.), le plus grand attrait du numérique est souvent la rapidité du résultat. Le passage à la photographie numérique exige l'achat d'un nouvel équipement, l'utilisation d'un ordinateur et de logiciels ainsi que l'apprentissage de nouvelles techniques d'acquisition et de traitement. Tout cela exige une importante adaptation qui peut rebuter à certains amateurs.

Pour l'astrophotographie cependant, les capteurs numériques ont des atouts qui vont bien au-delà de la simple rapidité du résultat. Ils surclassent l'argentique sous de nombreux autres aspects comme la photographie à faible niveau d'illumination, à longue durée d'exposition et à haute résolution. La facilité à laquelle la photo numérique se prête au traitement numérique des images vient s'ajouter à ces avantages. Ainsi, tous les astronomes professionnels et la plupart des astronomes amateurs se sont convertis à la technologie numérique.

C'est donc essentiellement sous l'angle de la photographie numérique que tous les thèmes d'astrophotographie abordés dans ce guide seront traités. Mentionnons toutefois que certaines techniques d'astrophotographie numérique peuvent être adaptées, en partie, à la photographie argentique. En effet, il est possible d'utiliser des techniques hybrides en numérisant des négatifs d'images acquises avec un appareil argentique, pour y effectuer des traitements numériques.

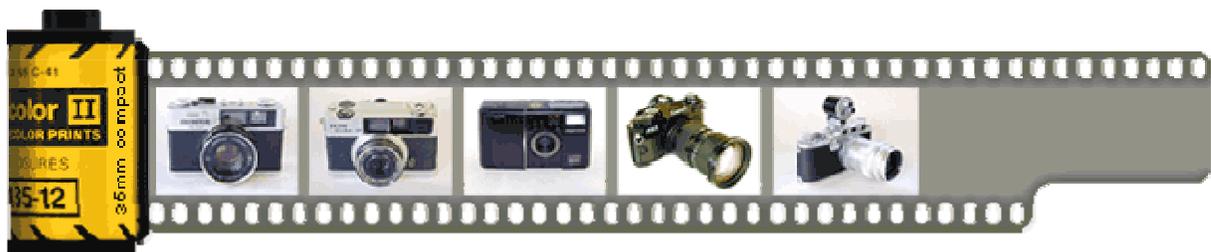


Figure 3 : Quelques appareils utilisés pour la photographie argentique.

## 1.2 L'appareil photo numérique (APN)

La photographie a connu une révolution majeure au début des années 2000 avec l'arrivée des capteurs numériques à prix abordable. Pour les astronomes amateurs, adeptes ou aspirant à l'astrophotographie, un horizon de possibilités s'est alors ouvert. Des capteurs d'une sensibilité accrue, offrant l'instantanéité des résultats ainsi qu'une grande polyvalence d'utilisation sont enfin à leur portée. Quelques secondes après leurs prises de vue, ils peuvent en voir le résultat, détecter les problèmes, y remédier sur le champ et poursuivre leurs prises de vue. Ils peuvent aussi traiter leurs images à l'ordinateur au moyen de quelques applications logicielles choisies parmi la panoplie disponible et publier leurs résultats sur Internet; le tout en moins de temps qu'il ne fallait auparavant pour porter sa pellicule photo au service de développement.

Tous les appareils numériques, de la simple Webcam à la caméra vidéo et de [l'APN réflex](#) à l'appareil dédié à l'astrophotographie utilisent des capteurs photosensibles de type [CCD](#) ou [CMOS](#) qui peuvent être utilisés pour l'astrophotographie. Nous présenterons d'abord les appareils photo numériques accessibles au grand public. Ces appareils sont généralement peu coûteux et disposent d'un réseau de distribution étendu qui facilite le service en cas de problème. Nous nous en tiendrons à des commentaires d'ordre général ne favorisant aucune marque de commerce en particulier.

Nous aborderons en premier les appareils compacts dont l'objectif principal est non amovible. Ces appareils sont très répandus et, bien qu'ils aient une utilité limitée en astrophotographie, il est possible de les utiliser pour photographier des objets brillants. Nous passerons ensuite en revue les appareils à visée réflex mono-objectif (*DSLR : Digital Single Lens Reflex*) qui conviennent particulièrement bien à l'astrophotographie. En fait, en utilisant un adaptateur aussi simple qu'une bague de couplage, il est possible d'utiliser l'optique du télescope comme objectif pour l'appareil photo. Enfin, nous jetterons un coup d'œil sur les Webcams et caméras vidéos qui, de façon inattendue, ont à leur tour modifié la façon de faire en astrophotographie.

### L'APN compact



Figure 1 : L'APN compact.

Très simple et peu dispendieux, l'appareil compact à optique non amovible est très répandu et donne des résultats étonnants. On en compte des centaines de modèles qu'il serait impossible de décrire en détail ici, mais qui possèdent les caractéristiques générales suivantes : objectif principal non amovible, écran à cristaux liquides (LCD) au dos de l'appareil, flash intégré, peu ou pas de choix de vitesses d'obturation, peu ou pas de choix de sensibilité. Ces appareils peuvent être utilisés pour la photographie de paysages où on voit la Lune et les planètes, les couchers de Soleil flamboyants, les aurores boréales, les éclipses de Lune, les planètes les plus brillantes et les cratères de la Lune. Il suffit de pointer l'appareil directement à

l'oculaire d'un petit télescope pour obtenir des photos remarquables de la Lune ou des planètes

brillantes. Il est même possible de photographier le Soleil en montant l'appareil sur un instrument muni d'un filtre approprié. Comme les objets célestes brillants ne demandent pas des temps d'exposition très longs, il est possible d'en faire de bonnes photos avec ce type d'appareils. Un trépied ou un support sera nécessaire pour toutes les scènes exigeant une vitesse d'obturation inférieure à 1/30 s afin d'éviter les vibrations.

## L'APN réflex mono-objectif

Si le domaine de la photographie a été transformé à l'apparition des appareils photo numériques à prix abordable, au début des années 2000; c'est à l'arrivée des APN à visée réflex mono-objectif à prix abordable, que l'astrophotographie a connu sa « démocratisation ». Avec leur large éventail de sensibilités, de résolutions, de vitesses d'obturation et munis de capteurs relativement grands ([format APS](#) : 22,2 sur 14,8 mm; format « 35 mm » : 36 sur 24 mm), les APN à visée réflex mono-objectif offrent une polyvalence inouïe. Sans atteindre les sensibilités des appareils dédiés à l'astronomie, ces formidables appareils photo conçus pour un usage de tous les jours se prêtent tout à fait à la photo de nuit à grand champ. D'aucuns apprécieront l'autonomie de ce système qui ne nécessite pas d'ordinateur pour contrôler l'appareil, stocker ou prévisualiser les images et tire sa source d'énergie de piles rechargeables intégrées au boîtier. En résumé, l'APN réflex mono-objectif combine accessibilité (prix abordable et facilité d'utilisation), polyvalence et autonomie.



Figure 5 : L'APN réflex mono-objectif

Les APN offrent, en outre, la possibilité d'utiliser un temps d'exposition de durée illimitée en tournant le bouton de vitesse d'obturation à la position « B » (*Bulb*). Lorsqu'on appuie sur le déclencheur, le miroir se soulève et le capteur est exposé pour une période de temps déterminée par l'utilisateur (la durée étant limitée par la capacité de la pile de l'appareil). L'utilisation de cette fonction demande l'utilisation d'un déclencheur souple afin de limiter les vibrations de l'appareil.

On peut utiliser l'APN de plusieurs façons :

1. La configuration la plus simple consiste à fixer l'appareil à un trépied photographique. Avec un objectif normal ou un grand-angulaire, il suffit de pointer l'appareil et d'ouvrir l'obturateur pendant quelques minutes. Il en résultera une série de traces d'étoiles. La même configuration s'utilise pour photographier les météorites ou les aurores boréales.
2. L'appareil peut aussi s'installer sur une monture convenablement alignée sur le pôle céleste comme une [table équatoriale de type Poncet](#) (en anglais : *Barn Door*) ou un télescope à monture équatoriale. On pourra ainsi prendre des photographies à large champ montrant des nébuleuses, des galaxies et d'autres objets du ciel.

3. Finalement, l'approche la plus délicate demande l'utilisation d'un adaptateur constitué d'une bague générique du fabricant (*T-Ring*) et d'un tube que l'on adapte à la bague (*T-Adapter*). On enlève l'objectif de l'appareil que l'on remplace par la bague et le tube et on insère l'appareil ainsi équipé directement dans le porte-oculaire du télescope. Le télescope devient alors l'objectif de l'appareil photo. On peut ainsi obtenir des photographies montrant le détail et les couleurs des nébuleuses, des galaxies ou des planètes. Cette configuration permet d'atteindre un grossissement important. Le champ de vision est alors relativement restreint et la mise au point et le suivi deviennent critiques.



Figure 2 : Bague (*T-ring*) et tube d'adaptation (*T-Adapter*) au télescope.

La beauté du système APN adapté au télescope réside dans sa simplicité. En utilisant un télescope normal avec un appareil photo de série, l'on obtient un système autonome et portatif au potentiel énorme. Toutefois, le photographe devra s'astreindre à une série de manipulations parfois longues ou fastidieuses avant de pouvoir réussir sa première photo. La patience et la rigueur sont des qualités précieuses pour l'astrophotographe amateur.

## La Webcam

Les Webcams sont ces petites caméras que l'on branche à l'ordinateur pour faire des vidéos que l'on peut conserver sous forme de fichiers et échanger sur Internet. En raison de la sensibilité réduite de ces appareils, leur utilisation est généralement limitée aux objets les plus lumineux tels que les planètes ou la Lune. C'est en France qu'on a eu l'idée d'adapter ces Webcams à un télescope et les résultats ont dépassé toutes les attentes. La technique d'adaptation de la Webcam au télescope est très simple. On débarrasse d'abord la Webcam de sa lentille et on ajuste un bout de tube au coulé 1½" sur la Webcam. On insère ensuite la Webcam dans le porte-oculaire du télescope et on fait la mise au point. Un ordinateur est alors nécessaire afin d'enregistrer le signal de l'appareil.



Figure 3 : La « *To-U-Cam* » et le tube d'adaptation au télescope.

La plupart des Webcam permettent d'enregistrer des fichiers de type « .avi » qui constitués en fait d'une série d'images (entre 10 et 30 images à la seconde) qui défilent rapidement et qui donnent l'illusion d'un mouvement continu. Le temps d'exposition est généralement court, ce qui se prête à des objets passablement brillants comme la Lune et les planètes qui constituent les

cibles privilégiées de la Webcam. On peut ensuite traiter le fichier vidéo produit à l'aide d'applications spécialisées que l'on trouve gratuitement sur le Web. Les applications les plus connues sont *Registax* et *AVIStack*.

Pour comprendre l'intérêt de la technique Webcam, il faut savoir qu'un des problèmes auquel sont confrontés les observateurs du ciel au 45° parallèle est la turbulence atmosphérique (*seeing*). Le phénomène de la turbulence est engendré par le déplacement de couches d'air de température différente dans l'atmosphère et se manifeste sous l'apparence d'un mouvement plus ou moins rapide des objets observés que l'on nomme le scintillement ou la scintillation. Quand la turbulence atmosphérique est importante, les étoiles scintillent et, à fort grossissement, on voit les planètes ou la Lune comme s'ils étaient sous un filet d'eau. Il est malheureusement très rare que l'atmosphère soit assez calme pour nous permettre de voir les détails de la surface de Jupiter ou les fins détails de la surface de la Lune.

La Webcam permet de réduire les effets de la turbulence de façon astucieuse. On fait d'abord une bonne mise au point. Ensuite, on démarre la Webcam et on effectue une vidéo de quelques minutes. À une fréquence de 20 images par seconde, une vidéo de 2 minutes comprendra  $20 \times 2 \times 60 = 2400$  images! Grâce à des algorithmes ingénieux, les applications telles que *Registax* ou *AVIStack* liront ce fichier vidéo, le sépareront en images individuelles et classeront les images en fonction de leur netteté. L'utilisateur peut ensuite décider de n'utiliser que 10, 50 ou 250 des meilleures images et ainsi éliminer les images trop floues. L'addition et le traitement des images retenues permettent d'obtenir des images d'une netteté remarquable en ne conservant que les instants où l'atmosphère était stable. C'est ainsi que les amateurs peuvent produire des images d'une qualité digne des grands observatoires en utilisant un matériel très simple et une technique très peu coûteuse.

Ce sont ces avantages qui font de la Webcam l'appareil le mieux adapté à l'imagerie planétaire, un type d'astrophotographie où les conditions de stabilité de l'atmosphère sont primordiales.

## Les caméras vidéos



Figure 4 : La *StellaCam II* de *Astrovid*.

La caméra vidéo est une variante de la Webcam. Elle est cependant munie d'un capteur plus grand et plus sensible; et certains modèles permettent d'enregistrer les images sur un ruban ou une carte magnétique, ce qui procure une certaine indépendance. Certains capteurs sont adaptés aux très faibles luminosités (caméras de surveillance) et peuvent même être utilisés pour afficher, sur un écran en temps réel, les objets du ciel profond.

Un système comme la *StellaCam II* de *Astrovid* permet d'intégrer plusieurs images pour en réduire le bruit et augmenter le contraste sans l'utilisation d'un ordinateur.

## 1.3 L'appareil dédié à l'astrophotographie

### L'APN modifié

Si les APN décrits plus haut offrent à l'amateur des possibilités inouïes, ils ont aussi leurs limites. On aura tôt fait de remarquer que la sensibilité de ces instruments est très limitée dans la région du rouge et du [proche infrarouge](#) du [spectre électromagnétique](#), alors que plusieurs nébuleuses émettent un rayonnement important dans cette partie du spectre. En effet, les atomes d'hydrogène excités émettent une lumière d'une couleur rouge bien particulière du spectre visible, d'une longueur d'onde de 656,3 [nanomètres](#) et que l'on nomme [H-Alpha](#). Or les APN sont habituellement conçus pour filtrer cette longueur d'onde qui est nuisible en photographie conventionnelle, mais qui s'avère très intéressante pour l'astrophotographie.



Figure 5 : La Canon 20Da dont la sensibilité au proche infrarouge est améliorée.

Il est possible de faire modifier un APN pour en retirer le filtre d'origine et d'en faire un appareil beaucoup plus performant pour la photographie de ce type de nébuleuses. Évidemment, la modification invalide la garantie de l'appareil et comporte certains risques. Les bricoleurs voudront entreprendre eux-mêmes la modification de leur APN, mais il faut savoir qu'une telle manipulation exige des connaissances en électronique et en optique ainsi qu'une aptitude certaine pour les travaux minutieux. On ne saurait trop recommander le recours à un technicien familier avec ce type de modifications. Une fois modifié, l'appareil aura une sensibilité accrue pour l'astrophotographie, mais demandera certains ajustements pour la photographie conventionnelle.

### L'appareil dédié à l'astrophotographie



Figure 6 : L'appareil dédié SBIG ST2000 XM.

Plutôt que d'envisager la modification d'un APN, certains voudront posséder un appareil dédié à l'astrophotographie. Ces appareils sont spécialisés et leur utilisation est essentiellement limitée à la photographie du ciel. Leur [réponse spectrale](#) est bien établie et leur sensibilité peut être extrêmement élevée (certains appareils dédiés à l'astrophotographie peuvent atteindre 80 et même 90 % [d'efficacité quantique](#), comparés à environ 20 % pour un APN). Cependant, ces appareils étant destinés à un marché d'utilisateurs plus restreint, leur prix est relativement élevé. De plus, ces appareils exigent l'assistance permanente d'un ordinateur. Les principales caractéristiques des appareils dédiés actuellement sur le marché (en 2009) se déclinent ainsi :

- Le nombre d'éléments sensibles va de 1 à 16 millions et plus;
- La taille des [photosites](#) varie entre 6 et 21 microns;
- Ils comportent des capteurs couleur ou panchromatiques (voir la section 1.3.3);
- Ils sont munis de microlentilles;
- Les capteurs ont une sensibilité accrue dans certaines plages du spectre électromagnétique;
- Ils peuvent offrir d'autres caractéristiques (capteur à efficacité quantique accrue, [Anti Blooming \(AB\)](#) et [Non-anti Blooming \(NAB\)](#), etc.).

Le choix d'un tel appareil doit évidemment tenir compte de nombreux facteurs, à commencer par l'intérêt et le budget de l'acquéreur!

## Capteurs couleur ou panchromatiques?

Parmi les appareils dédiés à l'astrophotographie, il faut d'abord distinguer deux grandes familles de capteurs : les capteurs couleur, qui permettent de produire une image couleur en une seule opération; et les capteurs [panchromatiques](#) qui exigent l'utilisation de divers types de filtres pour produire une image couleur.

Les capteurs couleur ont l'avantage de fournir rapidement une image reproduisant assez fidèlement la vision humaine, mais avec une grande capacité d'accumulation! Le traitement des images s'en trouve assurément simplifié, mais le tout se fait aux dépens de la sensibilité et de la polyvalence de l'appareil.

L'utilisation des capteurs panchromatiques est plus complexe puisqu'il faut faire un minimum de trois images pour produire une image couleur. Toutefois, ces capteurs sont beaucoup plus flexibles puisqu'ils permettent d'explorer d'autres parties du spectre électromagnétique (proche infrarouge, proche ultraviolet) et permettent de profiter de la pleine sensibilité des capteurs. Ce type de capteurs exige de manipuler les filtres, d'effectuer la mise au point et d'étalonner la durée d'exposition en fonction de chaque filtre et ensuite d'effectuer le traitement pour chaque canal séparément, etc.

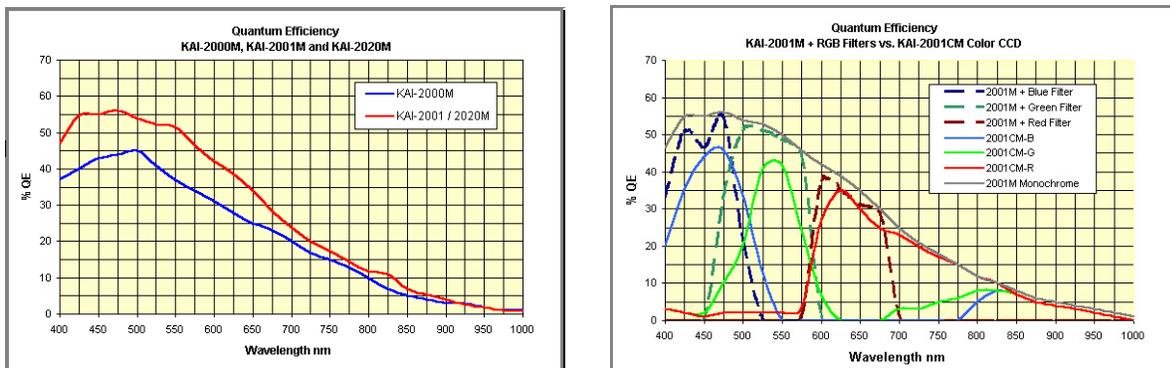


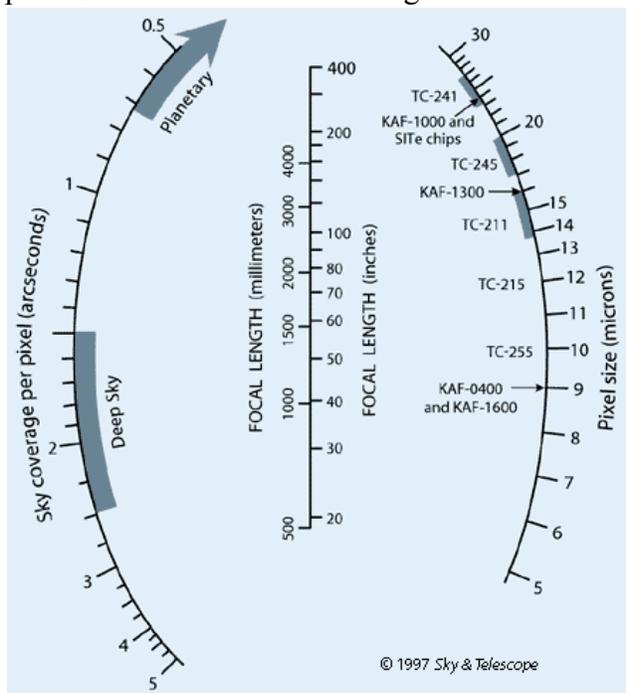
Figure 7 : Les courbes de réponse spectrale d'un capteur panchromatique (à gauche) et couleur (à droite).

L'acquéreur d'un tel instrument aura donc avantage à définir clairement ses besoins et intérêts personnels en astrophotographie avant d'effectuer tout achat.

## Taille du capteur et taille des photosites

Il est important de bien faire la distinction entre la taille du capteur et la taille des photosites. La taille du capteur est la dimension de la surface sensible de l'appareil photo. En général, un capteur plus grand couvrira une plus grande surface du ciel à chaque prise de vue, mais il sera plus sensible aux effets de [vignettage](#). L'utilisation d'un télescope possédant une longueur focale courte avec un petit capteur permettra d'obtenir un champ de vision aussi grand qu'un télescope à longueur focale plus longue équipé d'un capteur plus grand. Il conviendra donc de faire un choix judicieux tenant compte du domaine d'intérêt et du budget de chacun.

La taille des photosites est la dimension de chacun des éléments sensibles du capteur qui sont habituellement de forme carrée. Il existe une règle pour déterminer la taille optimale des photosites en fonction de la longueur focale de votre télescope. Cette règle prend en compte la



limite de résolution qu'il est possible d'atteindre à votre site d'observation habituel en raison de la turbulence atmosphérique à cette latitude. Sous les latitudes qui nous intéressent (45<sup>e</sup> parallèle Nord), il est rare que les conditions d'observation permettent une résolution plus fine qu'environ 2 [secondes d'arc](#). Ainsi, un système produisant une résolution de 0,5 seconde d'arc atteindra pratiquement la même performance qu'un système optimisé pour une résolution de 2 secondes d'arc. Encore une fois, il convient de faire un choix éclairé puisqu'un système dont la taille des photosites est plus grande est habituellement plus sensible et moins « bruité ».

Figure 8 : Diagramme illustrant la relation entre la taille des photosites et la résolution obtenue en fonction de la longueur focale.

## 1.4 Supports et montures



Le support et la monture sont des éléments essentiels du matériel de l'astrophotographe. La gamme des supports s'échelonne du simple trépied photographique, extrêmement mobile et polyvalent jusqu'au pilier fixe sur lequel on installe une monture équatoriale à pointage et pilotage par ordinateur. La stabilité sera la qualité essentielle à privilégier pour ce type d'équipement. Il est toujours frustrant de constater que la photo si soigneusement préparée et tant attendue est ratée à cause d'un mouvement du trépied ou à cause d'un coup de vent qui a fait vibrer la monture. Il est à noter que les facteurs de perturbation sont d'autant plus nombreux que l'exposition est longue et que le grossissement est important.

La monture peut être fixée sur un trépied qui se doit d'être stable et transportable, ou sur un socle ou un pilier qui, par définition, est très lourd, stable et habituellement fixe.

Figure 9 : Une très bonne monture pour l'astrophotographie, la *Losmandy GM 11*.

### Niveau introduction

Pour la photographie à grand champ à l'aide d'un objectif photo normal ou d'un petit téléobjectif, il est recommandé d'utiliser un trépied photographique afin de limiter les vibrations.



Figure 10 : Un appareil compact sur trépied.

Une règle empirique stipule que si l'inverse de la durée d'exposition est inférieur à la longueur focale utilisée, il faut utiliser un trépied. Par exemple, si la vitesse d'obturation est de  $1/60^{\circ}$  de seconde et que l'objectif utilisé a une longueur focale de 70mm, on a «  $60 < 70$  » et il faut utiliser un trépied.

On doit s'assurer que le trépied photo est stable et qu'il est installé sur une surface solide (dalle de béton, asphalte, terre battue, etc.). Les vis de serrage des pattes doivent être bien bloquées. Un trépied muni de renforts à la base des pattes est un choix intéressant. Pour une meilleure stabilité, il convient de conserver l'appareil photo au niveau le plus bas possible. Les plus astucieux vont jusqu'à suspendre un poids sous le trépied pour en abaisser le centre de gravité et ainsi en augmenter la stabilité.



Figure 11 : Un appareil photo installé sur une table de Poncet.

On peut aussi fixer une table de Poncet ou planchette équatoriale (en anglais : *Barn door*) sur un trépied photographique. La table de Poncet est un dispositif ingénieux qui permet de suivre le déplacement des objets de la voute céleste pendant une période pouvant aller jusqu'à une vingtaine de minutes. La photographie s'effectue en installant l'appareil sur la table de Poncet.

Le trépied constitue l'instrument de choix pour la photographie à grand champ (coucher de Soleil, alignement de planètes, photos de paysages avec la Lune, photographies de traces d'étoiles, etc.). L'appareil photo est maintenu immobile par la vis de serrage du trépied.

Notez qu'un instrument installé sur une [monture de type Dobson](#) peut aussi être utilisé pour l'astrophotographie d'objets brillants (Lune, certaines planètes, etc.). Toutefois, on devra porter une grande attention à limiter les vibrations et à assurer un équilibre adéquat de l'instrument.

## Niveaux intermédiaire et avancé

Pour l'amateur qui désire aborder la photographie d'objets du ciel à l'aide d'un instrument plus puissant, l'utilisation d'une monture plus solide et plus stable s'impose. On parle ici de montures assurant un suivi motorisé des objets de la voute céleste. Plusieurs types de montures se retrouvent sur le marché, les principales étant la monture à fourche (à un ou deux bras) et la monture allemande qui peuvent être utilisées en configuration azimutale ou équatoriale. Nous présenterons ici les montures motorisées avec ou sans ordinateur de pointage. Les montures de niveau intermédiaire et de niveau avancé se distinguent principalement par la qualité de fabrication des composantes, ce qui se répercute directement sur la qualité du suivi. Ainsi, un instrument de niveau intermédiaire montrera des erreurs de suivi de l'ordre de dizaines de secondes d'arc, alors qu'un instrument haut de gamme aura une précision de guidage d'une fraction de seconde d'arc. Comme on doit s'y attendre, le prix des montures va de pair avec la qualité du suivi qu'elles peuvent offrir!



**Monture à fourche** : la fourche peut être simple ou double. La monture à fourche double offre une plus grande rigidité. Ces montures sont généralement lourdes, ce qui peut compliquer leur mise en place. La monture

Figure 12 : Une monture azimutale à fourche.

à fourche est habituellement adaptée à une optique spécifique

qu'il n'est pas possible de modifier. L'équilibrage d'une monture à fourche peut s'avérer difficile. Selon la configuration de l'instrument, l'ajout d'un appareil photo peut rendre la photographie difficile dans certaines régions du ciel (près du zénith ou près du pôle) à cause d'interférences mécaniques avec la fourche.

**Monture « allemande »** : cette monture offre une plus grande polyvalence que la monture à fourche. On peut facilement changer l'instrument optique; l'équilibrage est facile et se fait par déplacement de l'optique et des contrepoids. Bien que le poids total de la monture soit comparable à celui de la monture à fourche, le montage de l'instrument est plus facile compte tenu du plus grand nombre de pièces faciles à manipuler. Ce type de montures a cependant aussi ses inconvénients. Les mouvements de ces montures près du [méridien](#) (là où les objets du ciel sont à leur meilleur pour la photographie) peuvent être difficiles à cause d'interférence mécanique alors que les mouvements aux approches du pôle céleste demandent parfois une rotation complète de l'instrument autour de l'axe d'ascension droite.



Figure 13 : Une monture équatoriale allemande.

**Configuration azimutale** : cette configuration est « naturelle » pour les montures à fourche : un axe vertical pour les déplacements dans le plan horizontal et un axe horizontal pour les déplacements dans le plan vertical. Le suivi des objets du ciel est rendu possible grâce à l'utilisation d'un ordinateur qui commande simultanément les deux axes, mais se fait aux dépens de la rotation du champ d'observation. Aujourd'hui, les plus grands observatoires du monde utilisent ce type de configuration pour guider leurs instruments.

**Configuration équatoriale** : il s'agit de la configuration normale de la monture allemande. La configuration équatoriale comporte un axe [d'ascension droite](#) (AD) qui doit être aligné sur l'axe de rotation de la Terre, et un axe de [déclinaison](#) (DEC) qui est perpendiculaire à celui-ci. Lorsque l'axe d'AD est précisément aligné sur le pôle céleste, cette configuration offre l'avantage de ne nécessiter le déplacement que d'un seul axe pour suivre le mouvement des objets de la voûte céleste. Toutefois, cet alignement « parfait » est difficile à obtenir et demande une certaine expérience. La monture à fourche peut être adaptée en configuration équatoriale par l'ajout d'une table équatoriale (en anglais : « *wedge* »).

**Ordinateur de suivi et de pointage** : toutes les montures de niveaux intermédiaire et avancé sont maintenant munies d'un ordinateur de suivi qui permet de contrôler les moteurs d'entraînement des deux axes de la monture. Pour l'astrophotographie, cette fonctionnalité est très utile pour ne pas dire essentielle.

En plus des systèmes de suivi, les fabricants offrent maintenant des dispositifs de pointage plus ou moins automatisés qui permettent de guider le télescope vers l'objet désigné. Désignés par le terme « *GO TO* », qui décrit très bien leur fonction, ces systèmes sont parfois capricieux. L'astrophotographe devrait donc s'assurer de ne pas dépendre uniquement d'un tel système lors d'une sortie d'astrophotographie.

## 1.5 Le segment optique

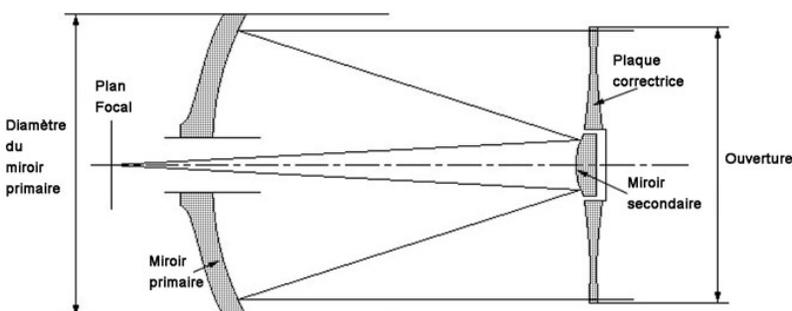


Figure 14 : Coupe d'un télescope de type Schmidt-Cassegrain.

Au début de ce guide, nous avons mentionné que l'astrophotographie est un prolongement des techniques de photographie conventionnelles tant du point de vue des longueurs focales que des temps d'exposition utilisés. Les segments optiques utilisés pour l'astrophotographie reflètent aussi cette continuité puisque le matériel de niveau

introduction fait partie de l'arsenal de tout photographe amateur averti. Aux niveaux intermédiaire et avancé, le matériel devient plus spécifique et plus adapté aux techniques de l'astrophotographie.

Dans cette section, nous présenterons les instruments que nous considérons comme essentiels à la pratique de l'astrophotographie par les amateurs de différents niveaux. La technologie a beaucoup évolué au cours des dernières années et les prix diminuent continuellement. Il convient donc de se renseigner adéquatement avant de se lancer dans l'aventure et surtout dans les achats.

Avant tout, l'amateur devra faire un choix quant au domaine de l'astrophotographie qui attire particulièrement son attention. L'intérêt porte-t-il sur la photographie de la Lune ou sur la photographie d'objets du ciel profond? Selon le champ d'intérêt privilégié, le matériel peut être assez différent. Celui qui s'intéresse à la photographie planétaire ou lunaire aura intérêt à rechercher une lunette apochromatique qui produit une image d'une très grande netteté ou un télescope de type Maksutov qui produit un grossissement important dans un tube optique très compact. Par contre, l'amateur de ciel profond choisira un système qui favorise une grande accumulation de lumière, donc un instrument qui possède un diamètre important. Les télescopes de type Newton, Schmidt-Cassegrain ou Ritchey-Chrétien sont mieux adaptés à ce domaine.

Notez que les fabricants mentionnés ci-dessous constituent une liste non exhaustive qui n'est fournie qu'à titre indicatif.

### Niveau introduction



Figure 15 : Une lunette de type ED constitue un excellent choix pour l'astrophotographie.

L'amateur débutant en astrophotographie devra faire un choix selon son intérêt et son budget. Si l'intérêt n'est pas totalement confirmé, il conviendra d'opter pour un

système très polyvalent qui pourra être utile en d'autres occasions. Si on dispose d'un APN mono-objectif réflex, la solution la plus judicieuse est d'utiliser les objectifs à grand champ ou les téléobjectifs offerts sur le marché. Ces instruments sont généralement de très bonne qualité, se vendent à un prix raisonnable et sont très bien adaptés à la photographie conventionnelle.

De nombreux systèmes optiques sont aujourd'hui proposés à l'amateur qui désire se lancer en astrophotographie. Il maximisera ses chances de succès en optant pour une lunette utilisant du verre « ED » (*Extra Low Dispersion*) que l'on qualifie de « semi-apochromatique ». Ces lunettes, qui sont généralement fabriquées en Asie, offrent un rapport qualité/prix absolument remarquable. Le modèle le plus courant a une ouverture de 80 mm et une longueur focale de 600 mm, ce qui en fait un instrument très performant, facile à utiliser, de taille et de poids raisonnables et qui pourra servir à photographier les planètes autant que les nébuleuses brillantes. De nombreux amateurs chevronnés considèrent ce modèle comme essentiel.

L'amateur ambitieux intéressé par la photographie du ciel profond pourrait vouloir opter pour un instrument de plus grand diamètre. Un télescope Newton ou Schmidt Cassegrain de 200 à 250 mm (8 à 10 pouces) constitue un choix très intéressant s'il est installé sur une monture appropriée.

## Niveau intermédiaire



Figure 16 : Un instrument de type Schmidt-Cassegrain, niveau

À ce niveau, l'amateur est conscient de son domaine d'intérêt et recherche un instrument performant avec lequel il pourra approfondir sa technique et satisfaire sa soif de connaissances. Ce segment du marché est en pleine ébullition et des dizaines de nouveaux produits sont disponibles. Depuis les dix dernières années, les prix ont chuté de manière importante avec l'arrivée de produits fabriqués en Asie qui offrent une qualité variant de bonne à excellente. Dans cette catégorie, nous retrouvons les instruments de *Celestron*, *Meade*, *Williams Optics*, *Stellarvue*, *Vixen*, *Televue* et de *TMB*. Récemment, la compagnie *AstroTech* faisait l'annonce d'un télescope Ritchey-Chrétien 6" f/9 à 795 \$ US, ce qui était impensable il y a une année seulement! L'équipement de pointe à la portée des amateurs semble toujours s'affiner, alors que les prix diminuent.

## Niveau avancé

L'amateur expérimenté connaît bien la technique et recherche un instrument qui sera à la hauteur de ses capacités. À ce niveau, les instruments disponibles sont de très haute qualité et parfois destinés aux professionnels. Les prix sont toutefois élevés ou très élevés, mais les résultats vont de pair. Les instruments *Takahashi*, *Televue*, *TMB*, *RC Optical Systems*, *Astrophysics*, *PlaneWave Instruments* et de *ASA* font partie de cette catégorie bien que cette liste ne soit pas exhaustive.



Figure 17 : Un instrument de type Ritchey-Chrétien pour l'amateur avancé.

Il convient de noter que l'équipement le plus cher et le plus sophistiqué ne peut compenser le manque de connaissances et d'expérience de son acquéreur. À ce niveau, il n'y a pas de raccourci possible. L'utilisateur d'instruments de pointe doit s'astreindre à un apprentissage long et ardu pour en tirer les performances et résultats dont ils sont capables.

Un mot en terminant pour présenter un autre type de matériel spécialisé que l'on peut considérer comme étant de niveau avancé, les lunettes solaires, dont les plus répandues opèrent dans les longueurs d'onde H-Alpha (656,28 nm) et [Ca-K](#) (393,37 nm). Les lunettes H-Alpha de *Coronado* ou de *Lunt* sont conçues uniquement pour l'observation solaire, mais récemment, d'autres systèmes ont fait leur apparition comme le *Daystar Filters*. Ces derniers peuvent s'installer sur des lunettes que l'on utilise normalement pour l'observation du ciel.



Figure 18 : Les lunettes spécialisées pour l'observation du Soleil de *Lunt* et *Coronado*.

## 1.6 Guide d'achat du matériel

Ce chapitre présente un aperçu du matériel nécessaire aux astronomes amateurs qui voudront prolonger leur passion par l'astrophotographie. Nous mentionnerons les qualités recherchées dans chaque type d'équipement ainsi que la gamme de prix. Bien entendu, les montants sont donnés à titre indicatif et l'auteur ne saurait être tenu responsable des différences observées sur le marché. Les prix sont donnés en dollars canadiens pour du matériel neuf, compte tenu du marché en 2009.

On ne saurait trop insister sur l'importance d'une bonne monture comme élément essentiel du matériel de l'astrophotographe. Au moins la moitié du budget prévu pour le matériel devrait y être consacré. La monture sera, sans jeu de mots, le pilier sur lequel reposera votre équipement. Judicieusement choisie, elle vous permettra d'optimiser l'utilisation des autres segments de votre système, résistera à la désuétude et verra défiler plusieurs éléments de matériel au cours des ans.

Voici quelques recommandations d'achat de matériel pour chaque type d'utilisateurs :

### Niveau introduction



Figure 20 : Un instrument de niveau introduction

**Appareil compact** : s'assurer que l'on peut contrôler la vitesse d'obturation et peut-être la sensibilité. La possibilité de faire des expositions de plus de 30 secondes et la fonction de déclencheur à retardement sont des atouts. S'assurer que l'on peut adapter l'appareil sur un trépied. Gamme de prix : 300 à 500 \$.

**APN** : s'assurer que l'appareil peut prendre des expositions de plus de 30 secondes (position « B »), qu'il est muni d'un déclencheur à distance ou à retardement et que l'appareil peut sauvegarder les images en format brut (« RAW »). Gamme de prix : 500 à 1500 \$.

**Monture** : un bon trépied photographique solide et stable ou une monture équatoriale allemande. Gamme de prix : 200 à 700 \$.

**Optique** : une lunette de 80 mm d'ouverture utilisant un verre de



Figure 19 : Un amateur et sa vaste collection d'instruments.

type ED. Les prix varient selon le distributeur, les accessoires fournis et la qualité de la finition. La lunette peut être fixée à un trépied photographique. Gamme de prix : 500 à 1200 \$.

## Niveau intermédiaire

**Appareil photo dédié à l'astrophotographie** : ce segment de marché est en pleine ébullition et de nombreux systèmes sont offerts dont plusieurs nouveautés. Citons ici les instruments DSI-II, DSI-III à capteurs « couleur » ou « panchromatique » de la compagnie *Meade* qui sont dotés d'une interface intéressante et sont à l'avant-garde de la technologie. Les appareils *SBIG* ou *Atik* sont aussi à considérer. Gamme de prix : 400 à 3000 \$.

**Appareil WebCam** : préférer les capteurs pour faible intensité lumineuse, les capteurs « noir et blanc » sont très intéressants. S'assurer de la possibilité de créer des fichiers de format « .avi ». Il existe des appareils modifiés pour les expositions de plus longue durée. Gamme de prix : 50 à 500 \$.

Des caméras vidéos dédiées à l'astronomie sont aussi disponibles (*MalinCAM*, appareils *DMK*, etc.). Gamme de prix : 500 à 1500 \$

**Monture** : cette catégorie comprend plusieurs modèles. Citons la série EQ de *Skywatcher*, les nombreuses montures de *Celestron* et de *Meade*, de *Vixen*, et de *Losmandy*. Gamme de prix : 500 à 5000 \$.

**Optique** : nous suggérons un télescope Schmidt-Cassegrain de 11" ou une lunette APO de 100 mm ou encore un télescope Ritchey-Chrétien *AstroTech* de 10". Gamme de prix 2000 à 3500 \$.

## Niveau avancé

Pour cette catégorie, il n'est pas surprenant de trouver une très vaste gamme de qualité et, par conséquent, de prix. Les instruments de niveau avancé peuvent parfois se confondre avec ceux du niveau semi-professionnel. La technologie évoluant très rapidement, les produits qui faisaient partie de l'équipement professionnel il y a quelques années sont maintenant accessibles aux astrophotographes amateurs de niveau avancé.



**Appareil photo dédié à l'astrophotographie** : ces instruments sont surtout de type panchromatique et utilisent des filtres à bande passante. Ils fonctionnent principalement sous 120 volts de tension et ont besoin d'être refroidis. Les fabricants les plus connus sont *SBIG*, *Atik*, *Yankee Robotics*, *QSI*, *Finger Lake Instruments*, *Apogee Instruments*. Gamme de prix :

Figure 21 : Un système lourd et sophistiqué pour amateur avancé. Monture équatoriale de très haute qualité et optique de grand diamètre

3000 à 9000 \$.

**Monture** : la gamme de produits est, encore une fois, très étendue et la qualité très élevée. Les principaux fabricants sont *Astro-Physics*, *Takahashi* et *Paramount*. Gamme de prix : 5000 à 15 000 \$.

**Optique** : Citons les télescopes de type Ritchey-Cassegrain de *RC Optics Systems* de 12 ½" , les lunettes de *Takahashi*, et les télescopes de type Newton de *ASA* de 250 mm. Gamme de prix 8000 à 15 000 \$.

## 2 Les techniques d'astrophotographie

Dans cette section, nous présenterons les principales techniques d'astrophotographie ainsi que leurs applications. Selon la patience et l'expérience de chacun, les techniques peuvent être plus ou moins difficiles à maîtriser. À chaque essai, il faut prendre nos résultats non pas comme des succès ou des échecs définitifs, mais comme les jalons de notre apprentissage.



Figure 22 : Traces d'étoiles en début de soirée dans la banlieue de Montréal. Les nombreux avions produisent les lignes et les pointillés.

## 2.1 Astrophotographie « fixe »

L'astrophotographie fixe s'apparente à la photographie conventionnelle. Le seul matériel nécessaire est un trépied solide sur lequel on fixe l'appareil photo. Cette simple installation permet de faire la photographie de traces d'étoiles, d'aurores boréales et de météorites en réglant l'appareil photo à sa vitesse d'obturation la plus lente soit la position « B » ou 30 secondes, et en utilisant un déclencheur à distance ou un déclencheur souple pour éviter les vibrations. Des vitesses d'obturation plus rapides peuvent être utilisées pour des photographies à grand champ du Soleil (avec un filtre approprié), de la Lune ou des planètes.

### Traces d'étoiles et météorites



Figure 23 : La configuration la plus simple pour l'astrophotographie.

La photographie de traces d'étoiles est une expérience très simple à réaliser qui produit des résultats d'une grande beauté. La région de l'étoile Polaire recèle des possibilités très intéressantes pour ce type de photos. Choisissez de préférence un site où la pollution lumineuse n'est pas trop importante. Voici la procédure à suivre :

- Installez le trépied sur une surface stable dans un endroit où l'horizon nord-est bien dégagé;
- Fixez l'appareil photo sur le trépied et installez le déclencheur souple;
- Réglez l'appareil afin que l'ouverture du diaphragme soit maximale et ajustez la sensibilité à environ ISO 400. Utilisez un grand champ de visée;
- Composez votre photo en pointant en direction de l'étoile Polaire, intégrez, si vous le voulez, un élément du paysage (un arbre, une église, une montagne) et déclenchez!

La durée de chaque exposition individuelle doit être d'au moins 30 secondes et d'au plus 5 minutes afin de limiter le [bruit thermique](#) du capteur. On prend ainsi une série de photos dont la durée d'exposition doit être aussi longue que possible. Les photos doivent toutes être de même durée. Les résultats sont intéressants à partir d'une exposition cumulée d'environ 20 minutes, mais ils deviennent vraiment spectaculaires pour les durées d'une, deux, quatre, voire douze heures! Assurez-vous que les piles soient bien chargées avant le début de la séquence et que le délai entre chaque photographie soit le plus court possible, une dizaine de secondes au maximum, sans quoi, les traces seront tirées. L'appareil ne doit absolument pas bouger durant et entre les poses. Le résultat d'une seule image ne sera peut-être pas très impressionnant, mais la magie s'opèrera lorsque 10, 20, 50 ou 100 images seront superposées.

La même technique peut être utilisée pour photographier les météorites. Évidemment, il n'est pas possible de prédire le moment où l'objet passera dans le champ de visée, mais lors d'une pluie de météorites, la chasse aux « étoiles filantes » peut être assez fructueuse. Et si la chance vous sourit, vous aurez capté un moment d'espace-temps absolument unique. Faites un vœu!

## Aurores boréales et phénomènes astronomiques

Pour la photographie d'aurores boréales, de phénomènes atmosphériques (éclairs, nuages noctiluents), de conjonctions de planètes, etc., il convient de procéder comme indiqué précédemment, mais en utilisant des vitesses d'obturation plus rapides. Par exemple, pour les aurores boréales, il faudra utiliser des vitesses d'obturation allant jusqu'à 30 secondes selon la sensibilité de votre appareil. Il convient alors de faire plusieurs essais selon l'intensité du phénomène. Pour les conjonctions de planètes et de la Lune, il faut parfois utiliser la fonction zoom de l'appareil pour mieux cadrer le sujet. L'intégration d'un élément du paysage améliorera la qualité artistique de la photo. Selon le sujet de la photographie, on peut parfois se fier au photomètre intégré à l'appareil, mais il est préférable de toujours prendre plusieurs photos en modifiant légèrement le temps d'exposition de chaque pose.

## Le Soleil, la Lune et les planètes

On peut photographier ces objets avec un appareil photo conventionnel lorsqu'ils font partie d'une photographie à grand champ. Mais si on désire voir des détails de surface ou les lunes de Jupiter, l'utilisation d'un téléobjectif ou d'un petit télescope s'impose. Ces objets sont faciles à capturer avec un téléobjectif à la condition d'utiliser un trépied. Les photographies de la Lune peuvent se faire à 1/200 s et même à 1/500 s selon la luminosité et le type de téléobjectif. On peut aussi utiliser le photomètre intégré pour déterminer les paramètres optimaux d'exposition de la photo.



**ATTENTION AU SOLEIL!** Il faut toujours utiliser un filtre approprié pour observer ou photographier le Soleil. Tout manquement à cette règle de sécurité peut entraîner des dommages permanents aux yeux, aux instruments d'observation ou aux appareils photo.

## 2.2 Astrophotographie « avec suivi »

La photographie du ciel avec suivi, c'est-à-dire, avec un appareil photo installé de façon à suivre le mouvement de la voûte céleste demande une bonne connaissance de la position de l'axe de rotation de la Terre. En effet, tout écart d'alignement de la monture par rapport à cet axe entraînera une dérive du suivi qui prendra la forme de traînées indésirables sur l'image. Pour une revue des techniques d'alignement des montures, voir le guide « Observer au 45° parallèle nord – Niveau intermédiaire ».

### Appareil photo monté en parallèle



La technique de l'appareil monté en parallèle (en anglais : *Piggyback*) est la plus facile à mettre en œuvre. Dans sa forme la plus simple, il s'agit de fixer un appareil photo muni d'un objectif grand-angulaire sur le télescope ou sur une monture préalablement alignée, de démarrer le suivi et d'actionner le déclencheur. La plupart des fabricants d'accessoires

Figure 24 : Appareil monté sur le dos du télescope.

pour l'astronomie amateur vendent un adaptateur de type « 1/4" - 20 » qui permet de fixer les appareils photo sur les télescopes. Pour cette technique, on utilise fréquemment un appareil photo compact ou APN avec un objectif normal ou de puissance moyenne selon le champ de visée désiré.

Cette technique est particulièrement intéressante pour photographier, par exemple, une constellation ou une grande région du ciel comme la Voie lactée dans la région du Sagittaire. Les meilleurs résultats sont obtenus en accumulant une séquence de plusieurs images que l'on empile pour en améliorer la qualité. La durée d'exposition varie habituellement entre 30 secondes et 5 minutes par image. L'utilisation d'un déclencheur souple ou d'un déclencheur à distance aura l'avantage de minimiser les vibrations.

## Foyer primaire



Figure 25 : Appareil photo monté au foyer primaire du télescope.

Lorsque l'appareil photo est monté de façon à ce que l'instrument optique devienne l'objectif du système, nous avons une configuration dite « au foyer primaire ». On obtient ainsi un instrument ayant un pouvoir de grossissement important. Il suffit d'enlever l'objectif de l'APN pour y substituer la lunette ou le télescope. Il n'est pas possible d'utiliser un appareil compact dans cette configuration (voir la section 2.2.3 pour une technique alternative). Heureusement, certaines normes se sont imposées dans le marché et il est relativement simple d'adapter les APN à l'optique. En effet, tous les APN mono-objectif réflex disposent d'une bague (*T-Ring*) comportant un filet au

pas standardisé auquel on adapte divers accessoires (*T-Adaptor*) au coulant de 1/4" ou de 2" qui permettent de fixer les appareils aux instruments.

Une lunette de 80 mm d'ouverture avec une longueur focale de 600 mm devient un puissant téléobjectif avec lequel on peut aisément photographier la Lune ou des objets du ciel profond pendant une durée d'exposition pouvant varier. L'utilisation d'un télescope de type Newton ou Schmidt-Cassegrain permet des longueurs focales et des ouvertures encore plus grandes. Toutefois, l'utilisation de longueurs focales importantes comporte plusieurs défis : plus la focale est longue plus le système produira des grossissements importants et plus il sera sensible aux vibrations et aux erreurs de guidage. Ici, vous vous félicitez d'avoir opté pour une monture stable et d'avoir pris le temps qu'il faut pour effectuer le meilleur alignement possible.

## Projection oculaire

La projection oculaire est une technique simple et pratique qui convient particulièrement à la photographie des objets brillants exigeant des grossissements importants tels que la Lune, le Soleil (à travers un filtre approprié) ou les planètes. Cette technique a beaucoup d'adeptes puisqu'elle permet d'adapter un APN compact à un télescope afin de produire un grossissement

important. Pour la mise en place, on observe visuellement l'objet à imager à travers l'instrument et lorsque l'objet est centré et que la mise au point est effectuée, on prend la photographie directement à travers le train optique, sans enlever l'objectif de l'appareil photo. On peut ainsi atteindre de forts grossissements en utilisant le zoom optique de l'appareil photo, mais il faudra prendre garde aux mouvements et aux vibrations. Certains astrophotographes obtiennent des résultats étonnants en tenant l'appareil photo à main levée pour des objets très brillants telle la Lune. Toutefois, il vaut toujours mieux utiliser un trépied ou un adaptateur spécial pour fixer l'appareil sur le télescope. Plusieurs fabricants d'accessoires pour l'astronomie amateur vendent des adaptateurs pour la projection oculaire. Cette technique utilisant l'objectif de l'appareil photo en plus de l'oculaire et de l'optique du télescope, il faudra porter une attention particulière à la propreté du train optique.

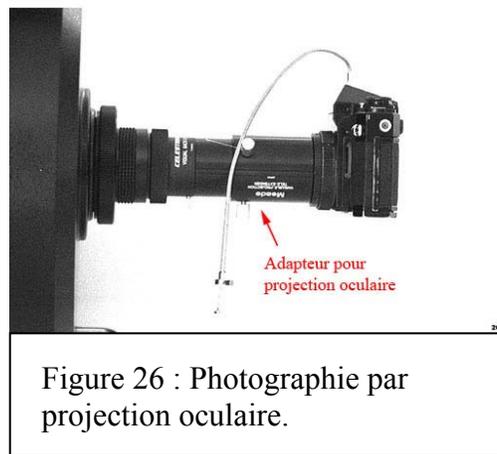


Figure 26 : Photographie par projection oculaire.

## Augmentation et réduction de la longueur focale



Figure 27 : Un réducteur de focale.

Le grossissement obtenu avec un instrument est directement lié à la longueur focale du système. Une certaine polyvalence dans la longueur focale sera nécessaire pour pouvoir observer et imager à différents grossissements.

Ainsi, pour l'observation des planètes, qui occupent généralement une petite partie du champ de vision, on voudra augmenter le grossissement. Cela est possible en augmentant la longueur focale de l'instrument à l'aide d'une lentille de Barlow. Selon les modèles, il est possible de doubler, de tripler et même de quintupler la longueur focale d'un instrument et ainsi, d'en augmenter proportionnellement le facteur de grossissement. L'observation et la photographie avec une lentille de Barlow exigent des conditions atmosphériques stables sans quoi la mise au point sera très difficile à effectuer.

À l'opposé, si on désire observer des objets étendus, telles des nébuleuses ou des galaxies, qui peuvent s'étendre au-delà du champ de visée, il devient nécessaire de réduire le grossissement en diminuant la longueur focale de l'instrument. Cela se fera au moyen d'un réducteur de focale dont les types les plus courants offrent des facteurs de réduction de 0,63 x et 0,34 x. L'utilisation du réducteur de longueur focale convient particulièrement lorsque les conditions de scintillations sont médiocres, car le mouvement apparent des étoiles en sera d'autant diminué.

## Réduction de la courbure du plan focal

La plupart des instruments utilisés par les amateurs produisent un plan focal non plat, qui suit la courbure d'une sphère de rayon assez important. La dimension des premiers capteurs utilisés

dans les Webcams et les appareils photo allait de quelques millimètres à un ou deux centimètres de côté. La taille réduite de ces capteurs fait qu'ils accommodent la plupart des instruments d'observation puisqu'ils occupent une petite partie du plan focal.

Les nouveaux capteurs maintenant disponibles sur le marché (comportant 12, 16 voire 20 millions de photosites) ont des tailles beaucoup plus grandes qui atteignent la limite des plans focaux des instruments. Les images produites avec ces capteurs ont une mise au point parfaite au centre, mais les étoiles y sont étirées ou floues en bordure d'image. Il est possible de corriger ce problème avec un réducteur de courbure de plan focal ou aplanisseur de champ (*field flattener*).

### 3 Les préparatifs d'une nuit d'observation

Abordons maintenant une question moins technique, mais tout aussi importante, celle des préparatifs nécessaires à une sortie sur le terrain. Qu'il s'agisse d'une installation dans votre cour arrière pour observer le Soleil ou d'une longue nuit d'observation pour le marathon Messier, toute session d'observation mérite d'être soigneusement préparée. Mais si vous effectuez une sortie de terrain à bonne distance de votre résidence, vous devrez toujours avoir un plan de sortie afin de vous assurer d'avoir tout le matériel requis. Dans les pages qui suivent, nous présentons quelques étapes jugées essentielles pour le succès d'une sortie d'astrophotographie. Évidemment, nous vous conseillons d'adapter ce plan en fonction de votre expérience, de votre équipement et de vos intérêts personnels.



Figure 28 : Plus que quelques instants d'attente...

## ***3.1 Avant de partir***

### **Rangement du matériel**

Rien de plus frustrant que d'arriver sur le terrain pour constater qu'on a oublié une pièce essentielle du matériel. Que ce soit le trépied, l'appareil photo ou simplement le pare-buée, tous les amateurs ont déjà vécu ce genre d'expérience. Il convient donc d'essayer de réduire ce risque. Comment? L'expérience démontre que si tout l'équipement est toujours rangé au même endroit, les chances d'oubli sont alors fortement réduites. Une liste adaptée à nos besoins et constamment mise à jour s'avère un outil indispensable. On trouve des modèles de listes sur plusieurs sites de clubs d'astronomes amateurs. Il va sans dire que le matériel pourra varier selon la saison.

### **Entretien et bricolage**

Les astronomes amateurs du 45<sup>e</sup> parallèle Nord déplorent souvent le nombre relativement restreint de soirées qui se prêtent à l'observation sous cette latitude. En contrepartie, il faut admettre qu'ils ne manquent pas de soirées nuageuses pour entretenir et préparer leur matériel! Si vous constatez qu'un élément d'équipement (par exemple, un pare-buée) vous fait cruellement défaut lors d'une sortie, il ne faut surtout pas attendre la prochaine belle soirée pour entreprendre la fabrication de cet outil indispensable! Les bricolages et réparations mineures s'avèrent bien souvent plus longs que prévu. De même, n'oubliez pas de recharger les batteries aussitôt que possible. Assurez-vous que vous avez des piles supplémentaires pour le viseur Telrad, pour l'appareil photo et pour l'éclairage rouge. Les piles peuvent s'épuiser très rapidement lorsque la température approche de 0 °C.

### **Pensez aussi à vous...**

Pensez d'abord sécurité. Il est préférable d'informer quelqu'un de votre destination, surtout si vous observez seul dans une région peu peuplée. Un téléphone cellulaire est toujours utile dans ces circonstances, mais il ne saurait remplacer la présence d'une personne sur place. Dans la mesure du possible, observez avec quelqu'un d'autre ou en groupe : c'est plus sécuritaire et vous pourrez profiter de l'expérience de vos camarades.

La pratique de l'astrophotographie demande parfois une grande concentration. Cependant, une fois le matériel en place, il s'agit d'une activité physique assez peu dynamique. On peut rester de longues minutes sans bouger à observer un objet. Il importe donc de prévoir les vêtements qui vous permettent de vivre la soirée dans un confort suffisant pour vous inciter à recommencer à la prochaine occasion. En été, les températures peuvent atteindre 30 ou 35 degrés le jour et 10 degrés la nuit. Dans ces conditions, il n'est pas superflu de prévoir une [tuque](#) et des mitaines ou des gants pour être à l'aise. Lors des nuits sans nuages, une grande partie du rayonnement thermique est perdu vers l'espace et notre corps ressent cette perte très rapidement. En automne, en hiver et au printemps, portez une attention encore plus grande aux vêtements. Il faut alors prévoir quelques couches de vêtements que l'on pourra enlever ou ajouter au besoin. En hiver, il vaut mieux prévoir l'accès à un endroit chauffé où l'on puisse se reposer. Bien habillés, et selon la tolérance de chacun, certains passionnés peuvent rester près de leurs instruments pendant plus de deux heures à -15 °C.

## **Boire et manger**

La nourriture est un point souvent négligé, mais combien important à notre confort. Lors des sorties de terrain, prévoyez toujours une ou deux collations durant la soirée. Pas besoin de haute gastronomie (bien que ce soit toujours très apprécié!), des fruits ou des barres d'énergie vous permettront de rester éveillé, concentré et vous rentrerez ainsi plus sûrement à la maison. Il est primordial de boire tout au long de la soirée. Les boissons chaudes sont toujours appréciées, mais les jus et l'eau font aussi bien l'affaire. Évitez les boissons alcoolisées qui produisent l'effet inverse de celui auquel on s'attend, et n'amélioreront sans doute pas votre concentration et vos images! En général, prévoyez cinq minutes de pause toutes les heures ainsi qu'une pause plus longue en milieu de soirée.

### ***3.2 Plan de sortie : Qu'allez-vous observer?***

Vendredi soir. Votre matériel est fin prêt pour une sortie et, les cieux sont avec vous : le temps est clair! Question fondamentale à votre démarche : Qu'allez-vous observer? Certains établissent un plan à long terme. Par exemple, photographier tous les objets du catalogue de Messier ou encore tous les amas globulaires. On peut aussi y aller avec les objets les plus faciles à observer selon les saisons. Ainsi, en hiver, on retrouve les Pléiades, la Grande Nébuleuse d'Orion, les amas du Cocher; au printemps, les galaxies du Lion et de la Grande Ourse; en été, les nébuleuses du Sagittaire et en automne, la grande galaxie d'Andromède, etc.

On peut se laisser guider par les recommandations de revues spécialisées comme l'*Observateur* de la Société d'astronomie du Planétarium de Montréal (SAPM), l'*AstroInfo* de la Fédération des astronomes amateurs du Québec (FAAQ), *Astronomy, Sky & Telescope, Ciel et Espace*, etc. On peut aussi utiliser des logiciels tels *Coelix, Cartes du ciel* ou *Starry Night*.

Il faut, tout comme en observation directe, tenir compte de l'ordre d'apparition des objets à imager et commencer par ceux qui passeront au méridien en premier.

Une soirée d'astrophotographie demande cependant un plan d'attaque plus raffiné qu'une soirée d'observation astronomique directe. Pendant une nuit où d'autres observateurs auront visité une dizaine de cible, l'astrophotographe d'expérience aura porté toute son attention à imager deux ou trois objets tout au plus.

### ***3.3 Choix du lieu d'observation***

Le site idéal pour l'astrophotographie sera exempt de pollution lumineuse, présentera un minimum d'obstruction (arbres ou constructions) à plus de 15 degrés au-dessus de l'horizon, sera situé loin des plans d'eau (pour diminuer les effets pervers de l'humidité) et le plus haut possible au-dessus des environs (les sommets de montagnes sont à privilégier).

On doit éviter de façon particulière les toits d'édifices qui ont tendance à perturber localement l'atmosphère tant le jour que la nuit. À éviter aussi, les surfaces de couleur sombre qui ont

tendance à accumuler énormément de chaleur le jour et à dégager cette chaleur pendant la nuit, ce qui produit de la turbulence atmosphérique.

Paradoxalement, les plans d'eau sont très intéressants si on fait la photographie ou l'observation du Soleil. En effet, la surface d'eau aura tendance à diminuer les mouvements de convection de l'air qui perturbent l'observation durant le jour.

### ***3.4 Installation de l'équipement***



Figure 33 : Soyez prêts avant la tombée de la nuit.

Il est préférable de connaître sa destination à l'avance et d'arriver au site d'observation avant la tombée de la nuit. Choisissez une surface plane, dure, sans obstacle et sèche, à portée raisonnable de votre véhicule de transport. Déchargez le matériel et commencez l'installation.

- Assurez-vous que rien n'obstrue la région polaire et alignez grossièrement votre monture sur l'étoile Polaire dès qu'elle apparaît.
- Aligned le cherche-étoiles avec l'instrument principal en pointant un objet éloigné.

- Branchez tous les fils pendant qu'il fait encore jour.
- Si vous utilisez une monture équatoriale allemande, équilibrez votre matériel sur l'axe de déclinaison en avançant ou en reculant la plaque de montage ou dans les anneaux de retenue.
- Équilibrez le matériel sur l'axe d'ascension droite (avec un léger déséquilibre du côté est) en élevant ou en descendant le contrepoids. Ces ajustements doivent être refaits chaque fois qu'on ajoute ou enlève du matériel.
- Assurez-vous que tous les boulons soient bien serrés.

Il est recommandé de commencer l'installation environ une heure avant la tombée de la nuit afin de permettre à vos instruments de s'adapter à la température ambiante.

### ***3.5 Collimation du train optique***

La collimation consiste en un alignement précis de tous les éléments du train optique. Il s'agit d'une étape essentielle si vous voulez tirer le plein potentiel de votre matériel. La collimation devrait être vérifiée après chaque déplacement au cours duquel les instruments sont susceptibles

de subir des chocs ou des vibrations. Pour les instruments ayant un miroir secondaire (Newton, Schmidt Cassegrain, Ritchey-Chrétien, etc.), la collimation se vérifie en pointant une étoile de brillance moyenne et en tournant le bouton de mise au point de part et d'autre du foyer. Lorsque la collimation est parfaite, on observe un disque brillant avec un cercle plus foncé en plein centre (tel un beigne). Si le cercle foncé est décentré, vous n'avez pas atteint la collimation parfaite.

Les instruments de type Newton nécessitent des collimations assez fréquentes. L'opération s'effectue en ajustant le miroir principal et le miroir secondaire à l'aide des vis d'ajustement prévus à cet effet. Pour les instruments de type Schmidt-Cassegrain, Cassegrain et Ritchey-Chrétien, la collimation, moins fréquente, mais tout aussi importante, se fait en ajustant le miroir secondaire. Comme les instruments de type Maksutov et les lunettes sont ajustés en usine, il faut éviter de s'aventurer à modifier leur alignement.

La collimation est particulièrement importante si vous utilisez un instrument ayant une focale courte ( $\leq f/5$ ). Afin d'obtenir la collimation la plus précise possible tout en réduisant les problèmes de [flexion](#) et de déplacement du miroir, pointez tout de suite le télescope dans la région de la cible à photographier. Consultez le manuel d'utilisation de votre propre instrument pour apprendre à effectuer la collimation de cet instrument en particulier.

### ***3.6 Alignement polaire***

Dès que vous pourrez voir l'étoile Polaire, vous devriez entreprendre l'alignement de la monture. Cette opération permet d'orienter la monture de façon à ce que l'axe d'ascension droite soit parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Lorsque l'alignement polaire est réussi, tout instrument installé sur la monture peut facilement suivre les objets du ciel lorsqu'on actionne le moteur d'ascension droite qui assure le suivi.

La procédure d'alignement polaire pour les montures équatoriales est décrite dans le guide « Observer au 45° parallèle, niveau intermédiaire ».

### ***3.7 Préparation de l'appareil photo***



Figure 34 : Installation de l'appareil photo.

Opération en apparence simple, la mise en place de l'appareil photo n'en demeure pas moins un moment clé de l'installation. On doit protéger l'appareil de la poussière et veiller à ce que tout soit solidement fixé. Il faut redoubler d'attention si les instruments ne sont pas à la température ambiante lors de l'installation. En effet, la dilatation thermique peut vous causer des surprises. Les vis de serrage auront tendance à perdre leur mordant lors du

refroidissement. Mieux vaut vérifier à plusieurs reprises que de risquer de retrouver son précieux appareil au sol! Il n'est pas superflu de prendre l'habitude d'assujettir l'appareil photo au télescope au moyen d'une bande *Velcro* en laissant un jeu suffisant pour la mise au point.

Une bonne connaissance de l'appareil photo que vous utilisez vous permettra de tirer pleinement parti de l'information que vous allez recueillir. Le choix judicieux et la stabilité des paramètres au moment de l'acquisition des images (même temps d'exposition, mise au point faite de la même façon et suivi précis) faciliteront grandement le traitement des images.

### **Sensibilité (Appareils compacts et APN)**

Dans la mesure du possible, choisissez une sensibilité entre ISO 400 et 1600. Les sensibilités trop élevées ont tendance à accentuer grandement le bruit thermique de l'image.

### **Format de l'image sauvegardée**

**APN** : dans la mesure du possible, utilisez le format brut « RAW », sinon, utilisez le format produisant le moins de compression (fichiers de plus grande taille) afin de conserver un maximum d'information.

**Compact** : si possible, utilisez le format « TIFF » qui produit le moins de compression (fichiers de grande taille) afin de conserver un maximum d'information. En dernier recours, utilisez le format « JPEG » en choisissant l'option qui produit les fichiers de la plus grande taille possible.

**Webcam et caméra vidéo** : ces appareils produisent habituellement des fichiers vidéos de type « .avi » qui peuvent être lus directement par plusieurs logiciels de traitement (*Registack*, *AVISlack*, *Iris*, etc.) Certains appareils tels les DSI de *Meade* offrent la possibilité de sauvegarder les images individuelles ou cumulées en format « .fit » ou « .jpg », ce qui constitue un avantage marqué dans certaines conditions.

**Appareil dédié** : en général, ces appareils permettent de faire la sauvegarde en format « .fit » qui est à privilégier. Ce format est le seul qui permet de tirer pleinement parti de ce type d'instruments.

### **Ajustement des couleurs**

**Appareils compacts, APN** : on doit toujours utiliser l'ajustement des couleurs selon la lumière du Soleil (6400 K) au risque de fausser complètement les couleurs de l'image résultante. Il vaut toujours mieux choisir l'ajustement à « Lumière du jour » (« *Daylight* ») que de laisser l'appareil en position de sélection automatique, car l'utilisation en conditions de faible luminosité peut amener l'appareil à faire un choix erroné et parfois même étonnant!

### **Ouverture (diaphragme)**

**Appareils compacts, APN** : dans la plupart des situations, il est préférable d'utiliser l'ouverture maximale des objectifs. Les objectifs modernes sont conçus pour être utilisés à pleine ouverture.

### **Mise au point automatique**

**Appareils compacts, APN** : il faut désactiver la mise au point automatique, car la plupart des images seront acquises en condition de faible luminosité, condition sous laquelle la mise au point

automatique ne fonctionne pas. De même, il faut désactiver le flash afin de réduire la consommation d'énergie. De toute façon, les objets photographiés sont toujours beaucoup trop loin pour que le flash ait un effet appréciable. Dans certaines situations on pourra utiliser le flash pour mettre en valeur des éléments du paysage (arbre, bâtiment, personne, etc.) sur un fond de ciel étoilé.

## Temps d'exposition

**Appareils compacts, APN** : les appareils photo de série ne sont pas conçus pour être utilisés dans les conditions propres à l'astrophotographie. À moins de photographier des objets très brillants tels la Lune et le Soleil, il ne faut pas se fier à la mesure du photomètre intégré à l'appareil. Selon le rapport focal de l'équipement et des filtres utilisés, les photos de la Lune, du Soleil et des planètes se feront à des vitesses d'obturation se situant entre 1/10 et 1/500 de seconde.

Pour les autres objets du ciel, il est préférable d'utiliser des vitesses beaucoup plus lentes. Le mode « *Bulb* » ou « *B* » (temps de pose non déterminé) est à privilégier. Sinon, il faut utiliser le temps de pose le plus long possible (habituellement 30 secondes). L'utilisation d'un déclencheur souple est toujours de mise lorsqu'on prend des images à une vitesse d'obturation plus lente qu'environ 1/30 de seconde.

Il faut toutefois noter qu'il existe une certaine limite au temps d'exposition utilisable. Cette limite est déterminée par la qualité du ciel (pollution lumineuse) et par le bruit thermique de ces appareils qui, contrairement à certains appareils dédiés à l'astrophotographie, ne sont pas refroidis (ou thermorégulés). Selon le type d'appareil, les conditions de pollution lumineuse et de température, il vaut mieux ne pas dépasser 10 à 15 minutes d'exposition par image.

**Webcam et caméra vidéo** : selon les modèles et les fabricants, ces appareils n'offrent pas ou peu de choix de temps d'exposition. En général, pour les objets brillants, on choisira des temps d'exposition de 1/30 de seconde afin de profiter des courts moments où l'atmosphère est calme. Pour les objets moins brillants, on veillera à utiliser les temps d'exposition les plus longs possible. Les DSI de *Meade*, *Skyshoot* de *Orion*, *StellaCam II* de *Astrovid* ou *MalinCam* offrent le plus de flexibilité sur cet aspect.

**Appareil dédié à l'astrophotographie** : ce sont bien sûr ces instruments qui offrent le plus de flexibilité, en particulier dans la gamme des temps d'exposition les plus longs. Plusieurs de ces instruments offrent la possibilité de refroidir le capteur à des températures de 30 à 60 °C sous la température ambiante au moyen d'un élément de Pelletier, ce qui réduit grandement le problème de bruit thermique. On peut alors allonger les temps d'exposition du capteur et la limite de temps d'exposition maximale est alors déterminée par la qualité du ciel.

## 3.8 Mise au point

Votre matériel est installé sur un bon site, la collimation est parfaite, la monture est alignée sur le pôle céleste et l'appareil photo est installé. Il ne vous reste plus qu'à faire la mise au point (MAP). La MAP est une étape particulièrement importante au cours de laquelle on doit harmoniser toutes les composantes de système pour produire une image sur laquelle la planète, la

galaxie ou la nébuleuse montrera tous les détails que votre système peut révéler. Une MAP précise est essentielle; cependant, elle est difficile à atteindre dans les conditions de faible luminosité de la plupart des objets célestes.

L'œil et le cerveau humains peuvent faire une MAP continue sur tous les objets situés dans le champ de vision, et ce, même dans des situations d'éclairage faible. Les appareils photo n'ont pas cette capacité. Et si les éléments de la scène sont hors foyer, même légèrement, les photons seront étalés sur une plus grande surface et les détails de l'image seront perdus.

Les étoiles sont des sources de lumière ponctuelles qui, en théorie, ne devraient occuper qu'un seul photosite du capteur. Dans la pratique, on observe que l'étoile a une forme de disque pour les raisons suivantes :

- La turbulence atmosphérique produite par les différences de température des couches de l'atmosphère;
- Les effets de diffraction produits, entre autres, par l'atmosphère;
- Les aberrations optiques produites par les diverses surfaces optiques;
- L'état de la collimation du système optique.

Les images suivantes nous montrent les effets de la MAP sur la qualité d'une image. À la figure 37, l'image en bas à droite montre un grand nombre d'étoiles ponctuelles et bien séparées.

L'image du bas à gauche est dégradée par une MAP inadéquate, une grande partie des étoiles a disparu et les étoiles les plus brillantes sont grosses et moins brillantes. La différence entre les deux images est une minuscule différence de mise au point qui se traduit par une dépréciation importante de la qualité de l'image. La zone critique de mise au point (ZCM) est la zone dans laquelle l'image sera la plus nette dans les limites de l'instrument utilisé. La fenêtre de la ZCM est très étroite et par conséquent difficile à atteindre, et ce problème est accentué lorsque la focale est courte.

Il existe plusieurs méthodes pour faire la MAP en astrophotographie. En général, le processus est itératif et peut être plus ou moins long à réussir selon l'approche, le grossissement, la stabilité de l'atmosphère et le type d'instrument utilisé. Il convient de vérifier la MAP à plusieurs reprises au cours d'une même soirée d'observation, car la MAP est sensible aux variations de température.

Lorsque le plan focal de l'appareil photo est situé devant ou derrière le point de MAP optimal, les étoiles apparaissent sous la forme d'un disque plus ou moins brillant au centre duquel on aperçoit un point noir formé par le miroir secondaire (les lunettes ne montrent évidemment pas ce point au centre du cercle de lumière!). À mesure que l'on s'approche du point de MAP, le disque brillant devient de plus en plus petit et brillant. La MAP est atteinte au moment où le disque n'est plus qu'un point. Plus le rapport focal (le nombre  $f$ ) de l'instrument est petit, et plus la turbulence de l'atmosphère est importante, plus il sera difficile d'atteindre la MAP.

## **Méthode visuelle**

La méthode visuelle est celle qui semble la plus facile, mais elle n'est pas très fiable. Si on utilise un APN, on essaie d'obtenir l'image la plus nette possible dans le viseur. Pour une plus grande précision, il est recommandé d'utiliser un adaptateur qui grossit l'image du viseur au moins de

2,5 à 5 fois (voir figure 35 ci-dessous).

Certains nouveaux appareils APN offrent aussi la fonction « *LiveView™* » qui permet d'utiliser l'écran à cristaux liquides de l'appareil et un grossissement logiciel pour faire la MAP.



Figure 35 : Pour faire la mise au point d'un APN, on peut utiliser un viseur (ici un vieux cherche-étoile) que l'on adapte directement sur l'ocilleton.

## Méthode logicielle

Pour les APN, certaines applications, dont *DSLR Focus™*, permettent de faire la MAP à l'aide d'un ordinateur. L'application prend des photos en rafales et fournit des outils permettant de calculer, en temps réel, la qualité de l'image téléchargée.

La méthode logicielle est très répandue et est disponible avec la plupart des applications de contrôle des appareils d'acquisition d'images (*Maxim DL*, *CCDSOFT*, *Meade Envisage*, etc.) Une fois la vitesse d'exposition choisie par l'utilisateur, le système commande l'appareil photo, choisit le filtre approprié, expose le capteur, télécharge et enfin, affiche l'image. L'utilisateur peut ensuite ajuster la MAP manuellement. La MAP est habituellement faite sur une étoile de magnitude intermédiaire. On débute l'ajustement de la MAP en utilisant un facteur de combinaison des pixels (en anglais : *Binning*) de 3 ou 4, ce qui améliore la sensibilité et augmente la vitesse de transfert. On choisira d'abord une vitesse d'exposition de quelques dixièmes de seconde afin d'éviter de saturer le capteur. Cette courte exposition permet d'afficher les images à un rythme d'une image par seconde (compte tenu de la vitesse de transfert et d'affichage). On se rapproche ainsi de la MAP en quelques minutes. On change ensuite le facteur de combinaison à 1 (image à pleine grandeur) pour raffiner l'opération.

## Méthode motorisée avec encodeurs

La méthode motorisée avec encodeurs est semblable à la méthode logicielle décrite ci-dessus, sauf que dans ce cas, c'est l'ordinateur qui effectue la MAP en avançant et en reculant le porte

oculaire à l'aide d'un moteur à pas numérique (par exemple : *RoboFocus*). Cette méthode est rapide et fiable, mais elle est sensible à la turbulence.

## Méthode par interférence

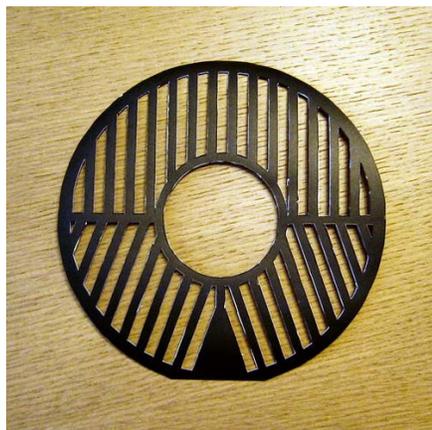
La technique de MAP par interférence utilise la nature ondulatoire de la lumière. En effet, les ondes en phase produisent un renforcement de l'intensité lumineuse alors que les ondes déphasées produisent une réduction de l'intensité de la lumière. Les techniques d'interférence sont généralement très précises et certaines d'entre elles sont à la portée de tous.

**Test de Ronchi** : cette technique permet de déterminer très précisément la position du plan focal du train optique. La technique est relativement simple d'utilisation avec l'appareil conçu par *Stiletto*<sup>TM</sup>. Il suffit d'insérer l'instrument de mise au point à la place de l'appareil photo pour faire la MAP. Il s'agit ensuite de retirer l'instrument et de remettre l'appareil photo en place très délicatement afin de préserver la MAP.

**Technique des aigrettes** : cette vieille technique a été mise au point par des utilisateurs de télescopes Newton qui ont constaté que les supports du miroir secondaire de leur instrument produisaient des aigrettes de plus en plus fines à l'approche de la MAP. Elle n'a pas connu de réelle implantation en raison de ses résultats jugés plutôt aléatoires et peu probants.

**Masque de Hartman** : cette technique utilise un masque opaque percé de deux, trois ou même quatre trous circulaires ou triangulaires. On installe le masque devant le pare-buée ou à l'entrée du tube optique et on pointe une étoile de brillance moyenne. Loin de la MAP, les deux ou trois cercles du masque apparaissent dans le champ de vision sous l'aspect de disques brillants. À l'approche de la MAP optimale, les disques se rapprochent et ceux-ci se superposent parfaitement lorsque la MAP est atteinte. La difficulté de cette méthode réside dans la détermination du moment optimal de MAP. La méthode du disque de Hartman a l'inconvénient de diminuer grandement l'ouverture du train optique et de ce fait, il modifie le rapport focal de l'instrument.

**Masque de Bahtinov** : c'est en 2006 que le Russe Pavel Bahtinov a perfectionné cette technique qui porte aujourd'hui son nom. Le masque de Bahtinov est formé d'une série de rainures orientées avec précision qui produisent l'interférence de la lumière. Comme les rainures utilisent toute l'ouverture de l'instrument, le rapport focal de l'instrument n'est pas modifié. Facile à fabriquer et à utiliser, le masque de Bahtinov s'applique à tous les types d'instruments (réfracteurs, réflecteurs, catadioptriques, etc.) Il suffit de le fixer devant le pare-buée ou à l'entrée du tube optique et de pointer une étoile de brillance moyenne. Lorsqu'on est loin de la



MAP optimale, la plage lumineuse observée montre les rainures du masque. À l'approche de la MAP, les figures d'interférence apparaissent sous la forme d'un X et d'une ligne mobile qui croise deux des branches du X. La MAP est atteinte lorsque la ligne est au centre du X. Cette technique peut être utilisée visuellement ou photographiquement. Une fois la MAP atteinte, il suffit d'enlever le masque et de démarrer la séance de photos. La manipulation du masque est très simple et la méthode très efficace. Cette technique s'applique aussi très bien

Figure 36 : Le masque de Bahtinov.

pour les filtres à bandes passantes étroites (de type H-Alpha, O III ou S II) pour lesquels la MAP est toujours difficile à effectuer. La figure 37 montre l'effet de la mise au point en présence du masque de Bahtinov.



Figure 37 : Mise au point effectuée à l'aide du masque de Bahtinov. Le même champ d'étoiles est représenté dans une image hors foyer (à gauche) passant à une image parfaitement au point (à droite). L'aigrette centrale se déplace lorsqu'on tourne le bouton de mise au point et la mise au point parfaite est atteinte lorsque l'aigrette est centrée.



# Références des photographies et dessins

- Figure 1 Daniel Choinière  
Figure 2 [media.skyandtelescope.com/images/astrophotography\\_m.jpg](http://media.skyandtelescope.com/images/astrophotography_m.jpg)  
Figure 3 [35mm-compact.com/](http://35mm-compact.com/)  
Figure 4 [www.dpreview.com/news/0902/09021801canona2100isa1100is.asp](http://www.dpreview.com/news/0902/09021801canona2100isa1100is.asp)  
Figure 5 [fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Canon\\_EOS\\_300D\\_\(1\).jpg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Canon_EOS_300D_(1).jpg)  
Figure 6 [www.astro.shoregalaxy.com/dslr\\_astro.htm](http://www.astro.shoregalaxy.com/dslr_astro.htm)  
Figure 7 [www.astronomie.be/Tranquility.Base/Fotos/Equipment/toucam2.jpg](http://www.astronomie.be/Tranquility.Base/Fotos/Equipment/toucam2.jpg)  
Figure 8 [www.lafterhall.com/stellacam2.html](http://www.lafterhall.com/stellacam2.html)  
Figure 9 [www.livingroom.org.au/photolog/canon-20da.jpg](http://www.livingroom.org.au/photolog/canon-20da.jpg)  
Figure 10 [www.stargazing.net/coolastronut/equip/st2000.jpg](http://www.stargazing.net/coolastronut/equip/st2000.jpg)  
Figure 11 [www.sbig.com/sbwhtmls/online.htm](http://www.sbig.com/sbwhtmls/online.htm)  
Figure 12 [www.skyandtelescope.com/howto/astrophotography/3304356.html](http://www.skyandtelescope.com/howto/astrophotography/3304356.html)  
Figure 13 [www.users.bigpond.com/telescopes/losmandy\\_g11.gif](http://www.users.bigpond.com/telescopes/losmandy_g11.gif)  
Figure 14 [prodmod.com/wp-content/uploads/2008/11/nightvlogger-on-tripod.JPG](http://prodmod.com/wp-content/uploads/2008/11/nightvlogger-on-tripod.JPG)  
Figure 15 [www.ellenrooneydesign.com/gsproduction/sites/default/files/images/Tracker\\_1.jpg](http://www.ellenrooneydesign.com/gsproduction/sites/default/files/images/Tracker_1.jpg)  
Figure 16 [www.radioinc.com/oscmx/catalog/images/RCX400\\_header.jpg](http://www.radioinc.com/oscmx/catalog/images/RCX400_header.jpg)  
Figure 17 [www.skiesunlimited.net/images/products/972\\_02.jpg](http://www.skiesunlimited.net/images/products/972_02.jpg)  
Figure 18 [www.jb.man.ac.uk/~tob/solar/spectra/web.html](http://www.jb.man.ac.uk/~tob/solar/spectra/web.html)  
Figure 19 [www.skywatchertelescope.net](http://www.skywatchertelescope.net)  
Figure 20 [www.celestron.com/c3/product.php?CatID=93&ProdID=576](http://www.celestron.com/c3/product.php?CatID=93&ProdID=576)  
Figure 21 [www.planewaveinstruments.com](http://www.planewaveinstruments.com)  
Figure 22 [www.astrotelescope.com/catalog/coronado/solarmax60.jpg](http://www.astrotelescope.com/catalog/coronado/solarmax60.jpg)  
[www.optcorp.com/product.aspx?pid=471-306-10774&kw=&st=0](http://www.optcorp.com/product.aspx?pid=471-306-10774&kw=&st=0)  
Figure 23 [www.scopereviews.com/](http://www.scopereviews.com/)  
Figure 24 [www.optique-perret.ch/O\\_SVP80ED-APO.html](http://www.optique-perret.ch/O_SVP80ED-APO.html)  
Figure 25 [www.pwtec.com/images/brc\\_mono.jpg](http://www.pwtec.com/images/brc_mono.jpg)  
Figure 26 Robert Saint-Jean  
Figure 27 Robert Saint-Jean  
Figure 28 Robert Saint-Jean  
Figure 29 Robert Saint-Jean  
Figure 30 [samsastro.com/Astrophotography/Basic.htm](http://samsastro.com/Astrophotography/Basic.htm)  
Figure 31 [www.escience.ca/telescopes/RENDER/5/2033/3093/12000.html](http://www.escience.ca/telescopes/RENDER/5/2033/3093/12000.html)  
Figure 32 Robert Saint-Jean  
Figure 33 James Laflamme  
Figure 34 Robert Saint-Jean  
Figure 35 Robert Saint-Jean  
Figure 36 [farm4.static.flickr.com/3069/2911956642\\_fb055e81ff.jpg?v=0](http://farm4.static.flickr.com/3069/2911956642_fb055e81ff.jpg?v=0)  
Figure 37 Robert Saint-Jean



# Liens

## Logiciels et applications

AVIStack : [www.avistack.de](http://www.avistack.de)  
Cartes du ciel : [www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm](http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm)  
CCDSOft : [www.bisque.com/Products/CCDSOft](http://www.bisque.com/Products/CCDSOft)  
*Coelix* : [www.ngc7000.com](http://www.ngc7000.com)  
DSLR Focus : [www.dsrlrfocus.com](http://www.dsrlrfocus.com)  
IRIS : [www.astrosurf.com/astropc/cartes/index.html](http://www.astrosurf.com/astropc/cartes/index.html)  
Maxim DL : [www.cyanogen.com](http://www.cyanogen.com)  
PHDGuiding : [www.stark-labs.com/phdguiding.html](http://www.stark-labs.com/phdguiding.html)  
Registax : [www.registax.astronomy.net](http://www.registax.astronomy.net)  
Starry Night : [www.starrynight.com](http://www.starrynight.com)

## Appareils photo et caméras vidéo

Apogee Instruments : [www.ccd.com](http://www.ccd.com)  
Astrovid : [www.astrovid.com](http://www.astrovid.com)  
Atik : [www.atik-cameras.com](http://www.atik-cameras.com)  
Canon : [www.canon.ca](http://www.canon.ca)  
DMK : [www.theimagingsource.com](http://www.theimagingsource.com)  
Finger Lake Instruments : [www.flicamera.com](http://www.flicamera.com)  
MalinCAM : [mallincam.tripod.com](http://mallincam.tripod.com)  
Nikon : [www.nikon.ca](http://www.nikon.ca)  
QSI : [www.qsimaging.com](http://www.qsimaging.com)  
SBIG Santa Barbara Instrument Group : [www.sbig.com](http://www.sbig.com)  
Yankee Robotics : [www.yankee.us.com](http://www.yankee.us.com)

## Matériel (Trépieds, montures, optique, etc.)

Astrophysics : [www.astro-physics.com](http://www.astro-physics.com)  
AstroTech : [www.astronomytechnologies.com](http://www.astronomytechnologies.com)  
ASA : [www.astrosysteme.at](http://www.astrosysteme.at)  
Celestron : [www.celestron.com](http://www.celestron.com)  
Ceravolo : [www.ceravolo.com](http://www.ceravolo.com)  
Coronado : [www.coronadofilters.com](http://www.coronadofilters.com)  
Losmandy : [www.losmandy.com](http://www.losmandy.com)  
Lunt : [www.luntsolarsystems.com](http://www.luntsolarsystems.com)  
Meade : [www.meade.com](http://www.meade.com)  
Orion : [www.telescope.com](http://www.telescope.com)  
Paramount : [www.bisque.com](http://www.bisque.com)  
PlaneWave Instruments : [www.planewaveinstruments.com](http://www.planewaveinstruments.com)  
RC Optical Systems : [www.rcopticalsystems.com](http://www.rcopticalsystems.com)  
RoboFocus : [www.robofocus.com](http://www.robofocus.com)  
Sky Watcher : [www.skywatchertelescope.net](http://www.skywatchertelescope.net)

Stellarvue : [www.stellarvue.com](http://www.stellarvue.com)  
Stiletto : <http://www.stellar-international.com>  
Takahashi : [www.takahashiamerica.com](http://www.takahashiamerica.com)  
Televue : [www.televue.com](http://www.televue.com)  
TMB : [www.tmboptical.com](http://www.tmboptical.com)  
Vixen : [www.vixenoptics.com](http://www.vixenoptics.com)  
Williams Optics : [www.williamoptics.com](http://www.williamoptics.com)

### **Clubs, associations et revues**

Astronomie magazine : [www.astronomie-magazine.fr](http://www.astronomie-magazine.fr)  
Astronomy : [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)  
Ciel et Espace : [www.cieletespace.fr](http://www.cieletespace.fr)  
Club des astronomes amateurs de Longueuil : [www.astrocaal.org](http://www.astrocaal.org)  
Fédération des astronomes amateurs du Québec (FAAQ) : [www.faaq.org](http://www.faaq.org)  
Société d'astronomie du Planétarium de Montréal (SAPM) : [www.sapm.qc.ca](http://www.sapm.qc.ca)  
Sky & Telescope : [www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com)

# Glossaire

**Anti Blooming (AB)** : Caractéristique d'un capteur dédié à l'astrophotographie qui le protège contre les débordements d'électrons accumulés dans les photosites lorsqu'une étoile brillante est imagée. Cette caractéristique est intéressante, car elle permet d'obtenir une image plus nette aux dépens de la sensibilité.

**APN réflex** : Appareil photo numérique caractérisé par l'utilisation d'un seul objectif servant à la fois au cadrage et à la prise de vue grâce à un miroir mobile et à un prisme.

**APS (Format)** : Format de capteur CCD ou CMOS faisant environ 23 mm sur 15 mm.

**Ascension droite** : Système de coordonnées par lequel on localise les objets sur la voûte céleste. Le découpage en ascension droite sépare le ciel en 24 segments identiques allant du pôle Nord au pôle Sud. Le segment zéro a pour origine le point vernal l'intersection de l'équateur céleste et l'écliptique. Les coordonnées d'ascension droite sont données en « heures », « minutes » et « secondes ». L'ascension droite est l'équivalent sur la voûte céleste à la longitude terrestre.

**Bruit thermique** : Signal parasite que l'on retrouve sur les images de capteurs numériques sous l'aspect d'une granulosité aléatoire. Le bruit thermique est produit par l'échauffement des composantes électroniques des capteurs. L'importance du bruit thermique est proportionnelle à la durée de l'exposition.

**Ca-K** : Raie d'émission du Calcium d'une couleur bleu foncé (393.4 nanomètres) difficilement visible pour l'œil humain. Le filtre Ca-K permet d'observer les mégagranulations de la surface du Soleil. Le filtre Ca-K est utilisé uniquement pour la photographie du Soleil.

**CCD** : Dispositif à transfert de charge (en anglais : *Charged Couple Device*). Le CCD est un type de capteur utilisé en astrophotographie. Le CCD est généralement plus sensible que le capteur CMOS, il est aussi plus stable (linéaire) et moins bruyé.

**CMOS** : Semi-conducteur à oxyde de métaux complémentaires (en anglais : *Complementary Metal Oxyde Semi-conductor*). Le CMOS est de plus en plus utilisé en astrophotographie, car sa sensibilité a été grandement améliorée. De plus, les coûts de fabrications sont moindres, le CMOS est plus rapide et moins

énergivore que le CCD.

**Déclinaison** : Système de coordonnées par lequel on localise les objets sur la voûte céleste. Le découpage en déclinaison sépare l'hémisphère nord de la voûte céleste en 90 degrés et de même pour l'hémisphère sud. L'équateur céleste constitue la déclinaison zéro. Les coordonnées de déclinaison sont données en « degrés », « minutes » et « secondes ». La déclinaison est l'équivalent sur la voûte céleste à la latitude terrestre.

**Efficacité quantique (EQ)** : Mesure de la sensibilité d'un capteur. Une efficacité quantique de 1.0 (100 %) signifie que le capteur a compté tous les photons qui l'ont frappé. Les APN ont des EQ évaluées à environ 20 % alors que les capteurs dédiés peuvent avoir des EQ allant jusqu'à 90 % selon la longueur d'onde (couleur).

**Flexion** : Phénomène de désalignement mécanique qui se produit lorsqu'un instrument n'est pas assez solidement fixé à son support.

**H-Alpha** : Raie d'émission Alpha de l'Hydrogène que l'on retrouve dans la partie rouge foncé (656,3 nanomètres) du spectre visible. La version « solaire » du filtre H-Alpha permet d'observer les granulations de la surface du Soleil ainsi que les éruptions solaires. La version « visuelle » du filtre H-Alpha permet d'observer le détail des nébuleuses entourant certaines étoiles.



**Attention!** Il ne faut pas observer le Soleil avec la version « visuelle » du filtre H-Alpha sous peine de subir des dommages permanents aux yeux, aux instruments d'observation ou aux appareils photo.

**Méridien** : Ligne imaginaire allant du pôle Nord au pôle Sud céleste et passant par le zénith. C'est au méridien céleste qu'il est le plus intéressant de photographier les objets du ciel puisque c'est au méridien que les objets sont à leur point le plus élevé par rapport à l'horizon.

**Monochromatique** : Un capteur est dit monochromatique lorsqu'il n'est sensible qu'à une bande étroite de longueurs d'onde du spectre visible.

**Monture altazimutale** : Monture simple comportant un axe vertical pour le déplacement dans le plan horizontal et un axe horizontal pour le déplacement en élévation.

**Monture Dobson** : Monture altazimutale très simple et très populaire chez les amateurs et sur laquelle on peut fixer un télescope de grand diamètre. Cette

monture n'est pas idéale pour l'astrophotographie, mais peut être adaptée.

**Nanomètre (nm)** : Unité de mesure équivalant à un milliardième de mètre. Le nanomètre est utilisé pour mesurer les longueurs d'onde comprises entre l'infrarouge (environ 745 nm) et l'ultraviolet (environ 400 nm).

**Non-Anti Blooming (NAB)** : Caractéristique d'un capteur dédié à l'astrophotographie qui ne le protège pas contre les débordements d'électrons accumulés dans les photosites lorsqu'une étoile brillante est imagée. Les capteurs NAB sont certes plus sensibles, mais les images produites sont souvent fortement détériorées par des trainées blanches autour des étoiles les plus brillantes.

**Panchromatique** : Un capteur est dit panchromatique lorsqu'il est sensible à toutes les longueurs d'onde du spectre visible.

**Photosite** : Sur un capteur numérique, le photosite est le plus petit élément qui réagit à la lumière. Le photosite est souvent confondu avec le pixel.

**Pixel** : De l'anglais *Picture Element*, c'est le plus petit élément d'une image.

**Proche infrarouge** : Partie du spectre électromagnétique située au-delà du rouge et à laquelle nos yeux ne sont pas sensibles.

**Réponse spectrale** : Mesure de la sensibilité d'un capteur à une partie déterminée du spectre électromagnétique.

**Résolution** : Capacité d'un système à discerner deux éléments situés à proximité l'un de l'autre.

**Seconde d'arc** : Unité de mesure angulaire correspondant à 1/3600 de degré.

**Spectre électromagnétique** : décomposition du rayonnement électromagnétique selon ses différentes composantes en terme de fréquence (ou période), d'énergie des photons ou encore de longueur d'onde associée. La partie visible du spectre électromagnétique va du violet (environ 400 nm) au rouge (environ 700 nm).

**Table de Poncet** : Monture simple permettant de déplacer un instrument d'observation afin de compenser pour la rotation de la Terre et ainsi de garder les objets observés au centre du champ de vision de l'instrument. Aussi connu sous le nom de *Barn Door*, *Haig Mount* ou *Scotch Mount*.

**Tuque** : Pour nos amis d'outre Atlantique, une tuque est un bonnet généralement agrémenté d'un ponpon et qu'il est essentiel de se mettre sur la

tête lors des sorties sur le terrain en hiver.

**Vignettage** : Assombrissement du pourtour d'une image provoqué soit par une insuffisance de l'objectif photographique, soit par l'utilisation d'un objectif dont le cercle-image ne couvre pas totalement le capteur ou tout simplement par un pare-buée mal adapté à la longueur focale de l'instrument.