

# Les bases de l'astrophotographie numérique

Jean-Claude Mario

Novembre 2020

Ce document s'adresse à tous ceux qui voudraient débiter dans la pratique de l'astrophotographie numérique, il tentera de répondre aux questions légitimes que tout débutant se pose ; il s'articule autour de plusieurs chapitres traitant aussi bien des aspects théoriques que pratiques de la discipline. Il est le fruit d'un travail réalisé pour l'insertion dans le journal interne de mon club : le GAPRA d'Antibes. Ont également participé à cette réalisation : **Jean-Paul Thomas** pour le travail de mise en page du document, **Lionel Fromion** pour la correction orthographique, **Aurélien Faucheux** pour la sélection des images.

Je les en remercie grandement et me joins à eux pour vous souhaiter une bonne lecture.

Jean-Claude Mario



## Sommaire

- Page 2 : I) Présentation générale
- Page 7 : II) Les appareils d'acquisition
- Page 12 : III) Les instruments
- Page 18 : IV) Imager le ciel profond
- Page 24 : V) Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop
- Page 33 : VI) Les masques de fusion avec Photoshop
- Page 36 : Conclusion



Le cœur de la nébuleuse de la Rosette  
filtre H alpha 3 nanomètres.  
14 poses de 10 minutes.

# Partie 1 : présentation générale

## Partie 1 : présentation générale

J'avais prévu d'écrire un document sur les défauts des instruments d'optique, mais l'actualité récente du GAPRA (Groupement Astronomique Populaire de la Région d'Antibes) m'a fait changer d'idée : tout d'abord des images de Georges et Alex qui se lancent dans l'astrophoto, puis une discussion avec Jean-Bernard autour du projet, tous ces éléments m'ont conforté dans l'idée de réaliser un document autour de l'astrophoto numérique en partant de la base.

C'est donc dans cette « optique » (remarquez bien le choix de la formule !) que cette première partie est réalisée, tout d'abord en dissertant sur des questions assez générales, pour ensuite entrer plus dans les détails.

Puisque l'on part de la base, tout débutant s'est sans doute posé les mêmes questions :

*"Vais-je y arriver ? Quel bud-*

### Vais-je y arriver ?

*get, quels instruments, pour quels objets ?"*

Difficile de répondre de façon catégorique, mais la plupart des astrophotographes débutants arrivent à des résultats pour peu qu'ils soient motivés. Comme dans tous les domaines, il est primordial de ne pas brûler les étapes, même s'il y aura toujours l'exemple de personnes qui débuteront directement sur des cibles difficiles avec du matériel compliqué à mettre en œuvre et qui

obtiendront rapidement des résultats. La voie la plus sereine sera de passer par des pré-requis avant de se lancer dans la photographie astronomique.

Ces notions de bases sont celles qui sont utilisées en astronomie visuelle :

- ◆ Connaître globalement le ciel, les constellations.
- ◆ Savoir aligner une monture équatoriale.
- ◆ Savoir se servir de son instrument d'optique, l'équilibrer, le monter rapidement.
- ◆ Avoir des notions d'informatique, et être à l'aise dans l'utilisation des logiciels de traitement d'image et de données.

En plus de ces maîtrises, avant de se lancer dans l'aventure, il faudra anticiper sur l'investissement « temps », en effet réaliser des photographies d'objet célestes peut demander d'y consacrer beaucoup de temps, que ce soit pour l'installation du matériel, les acquisitions de données, ou le traitement des images, tous ces maillons de la chaîne sont chronophages, et souvent incompressibles.

Il n'est pas rare que certains se lancent dans l'aventure et abandonnent faute de temps à y consacrer. Un facteur aggravant est aussi que les automatismes sont vite perdus si la pratique est irrégulière.

Vous l'aurez compris, pour bien débuter en astrophotographie, il faudra donc avoir une bonne maîtrise de son instrument, pratiquer régulièrement afin de travailler les automatis-

mes d'acquisitions et traitements d'images, pour progresser crescendo.

### Quel budget ?

La question du budget est comme dans tous les domaines une question importante, mais que l'on soit tout de suite rassuré : de petits budgets sont possibles pour pratiquer l'astrophotographie, se faire plaisir et réaliser de belles choses.

Par ordre croissant de coût, il y aura tout d'abord la pratique de l'astrophoto sans instrument d'optique, c'est-à-dire uniquement avec un appareil photo numérique (APN) et un trépied. Il faudra compter un budget d'environ 300/600 euros permettant de trouver du matériel d'occasion, c'est-à-dire un boîtier photo, un objectif et un trépied. Cela va permettre de réaliser des images des plus beaux spectacles célestes comme les éclipses lunaires et solaires, les rapprochements Lune / planètes, les images d'ambiance avec des monuments ou autres en premier plan, les phénomènes atmosphériques tels que les aurores polaires, les constellations, les filés d'étoiles...

Pas mal de choses à faire qui peuvent être très sympathiques. Ajoutons à cela que certains clichés comme les constellations ou filés d'étoiles ne pourront se faire qu'avec ce matériel spécifique, et qu'une optique plus grosse type lunette ou télescope ne sera dans ce cas d'aucune utilité.

Les objets pouvant être imagés avec une optique seront le Soleil, la Lune et les planètes, nous sommes donc là dans le domaine d'astrophotographie dit "planétaire", il demande un

# Partie 1 : présentation générale

matériel d'acquisition spécifique qui sera le plus souvent une caméra rapide Cmos, une lunette ou un télescope, une monture, un ordinateur pour réaliser les traitements.

Le budget de départ sera de 700 euros, pour exemple, on peut partir sur une lunette ED80 avec une monture basique, l'ensemble peut être trouvé à 500 euros toujours en occasion, ajoutons une caméra à 200 euros et c'est parti pour de belles photos "planétaires", disque entier du Soleil et de la Lune, ou croissant de Lune à faible grossissement. Pour faire de la haute résolution, c'est-à-dire avoir des images nettes avec des grossissements plus poussés, les optiques vont évoluer jusqu'aux 600 mm de diamètre (niveau amateur), pour des budgets bien plus importants.

Un autre domaine sera celui dit du « ciel profond », il portera sur les galaxies, les nébuleuses, les étoiles, mais englobera également les comètes et les astéroïdes, car ces deux derniers sujets demanderont d'utiliser les mêmes techniques que pour les galaxies et nébuleuses.

Le budget de départ pour le ciel profond sera le même que celui du planétaire, il augmentera en fonction des caméras d'acquisition et des optiques. En ciel profond une contrainte supplémentaire sera la nécessité de réaliser un suivi rigoureux de l'astre convoité, en effet les temps de pose seront plus longs qu'en planétaire, il peut y avoir une dérive dégradant l'image. Cela aura pour conséquence de devoir utiliser une monture plus robuste et d'y adjoindre un système d'auto-guidage, ce qui au final augmentera les coûts.

En conclusion les budgets de départ restent raisonnables, ensuite, plus l'astrophotographe voudra évoluer, plus le matériel sera performant et abouti, plus il sera cher, et au final plus il sera lourd et difficile à mettre en œuvre.

D'où l'importance déjà évoquée plus haut, de ne pas brûler les étapes, c'est-à-dire commencer par des petits setups moins onéreux, ne pas prendre le risque de mettre beaucoup d'argent dans un matériel que l'on ne saura pas utiliser, ou que l'on n'aura pas le temps de maîtriser, quitte à le remplacer plus tard. En général ce type de matériel, s'il est bien entretenu, se revend assez facilement, et tous les amateurs passent par des phases d'acquisition et de vente de matériels au gré de leur progression.

## Quels instruments, pour quels objets ?

Pour débiter, pas besoin de lunette ou télescope, en effet, il est tout à fait possible de réaliser des images de phénomènes ou objets astronomiques uniquement avec un boîtier photo muni d'un objectif sur un trépied photo. Les cibles typiques seront :

Les images d'ambiance (Soleil, Lune, planètes etc. .... avec ambiance en premier plan).

Ci-dessous : Voie lactée avec coupole au 1<sup>er</sup> plan

Les éclipses ;

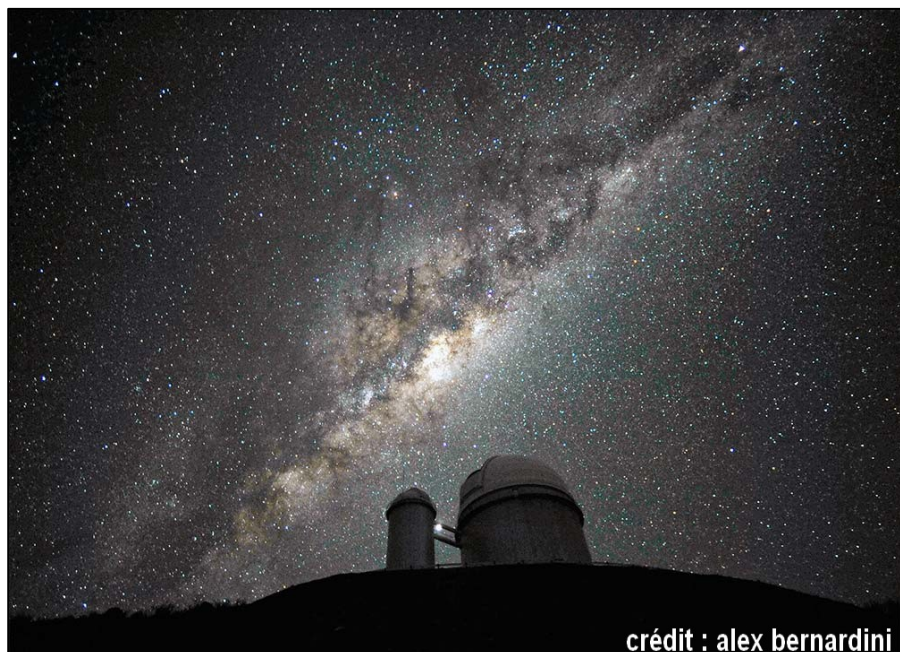
Les aurores polaires ;

Les constellations ;

Les filés d'étoiles ;

Les passages de satellites ou ISS.

Ensuite viendront les classiques lunettes et télescopes. Pour les lunettes, elles sont toutes de conception identique (un objectif, un oculaire), seules leurs performances seront différentes (nombre de verres dans la lentille-



crédit : alex bernardini



# Partie 1 : présentation générale

le, correction). Pour les télescopes, il existe de nombreuses formules optiques. Les 3 principales sont le Newton, le Schmidt-Cassegrain (SC), le Ritchey-Chrétien (RC). Les lunettes ou télescopes peuvent indifféremment être utilisés en planétaire ou en ciel profond, même si nous verrons plus tard que certaines formules optiques sont plus ou moins adaptées pour telle ou telle application.

Lorsque l'on évoque un instrument d'optique, deux caractéristiques viennent immédiatement à l'esprit : le diamètre (D), la focale (F), et par extension le rapport F/D.

C'est à juste titre qu'il faut considérer avec attention ces deux paramètres importants, même si un troisième, directement lié à la focale mais dépendant aussi de l'appareil d'acquisition, va intervenir, ce sera l'échantillonnage.

Mais revenons donc aux deux caractéristiques de base de l'optique, diamètre et focale, et voyons quelles sont leurs influences.

## Le diamètre

Le diamètre détermine en premier lieu la capacité d'un instrument donné à capturer les photons, plus celui-ci est important, plus l'énergie collectée sera élevée. Ceci est valable pour un type d'instrument donné, en effet toutes les optiques ne se valent pas, on ne peut pas comparer une formule optique de très grande précision, ayant une très bonne transmission avec des optiques plus basiques, qui ne vont

pas concentrer toute l'énergie en un seul point, et donc étaler une focalisation. Pour une même marque et conception d'instrument d'optique, on peut considérer que l'augmentation de lumière collectée est directement proportionnelle au carré du diamètre.

Prenons l'exemple de deux tubes de la firme bien connue CELESTRON, un C8 a un diamètre d'environ 200 mm, contre 280 mm pour un C11, le calcul nous montre que le rapport des diamètres vaut :

$280/200 = 1.4$  donc le rapport des surfaces vaut  $1.4^2$ , soit 1.96.

Nous pouvons en conclure que le C11 apportera globalement deux fois plus de lumière que le C8.

Le diamètre détermine également la résolution spatiale d'un instrument, aussi appelée pouvoir séparateur. Plus le diamètre sera important, meilleure sera la résolution, mais attention ce critère sera rapidement limité par la turbulence atmosphérique qui aura pour conséquence de ne pas pouvoir amener son instrument vers ses limites théoriques. Il sera bon avant d'acquérir un matériel de connaître les valeurs de turbulence locale, aussi appelée seeing, en effet ces valeurs changent d'un lieu géographique à un autre (malheureusement pour les habitants des Alpes-Maritimes, elles ne sont pas excellentes, le Nord de la France est bien meilleur), en prenant garde de mesurer cela à différentes époques et jours de l'année, car la turbulence peut différer complètement d'un jour à l'autre.

Globalement il faut considérer qu'en ciel profond, au-dessus de 200 mm de diamètre et de

1500 mm de focale, les conditions de seeing vont être prépondérantes dans la qualité de l'image finale, et ce sont ces conditions de seeing qui vont permettre ou non qu'un instrument de diamètre supérieur puisse s'exprimer à pleine capacité.

Il en est autrement en photographie planétaire, grâce au développement de caméras d'acquisition sensibles et rapides qui vont permettre de réaliser de très courtes poses qui figeront la turbulence. Ces caméras fonctionnent en mode acquisition vidéo. De nos jours de telles caméras pourront prendre plusieurs dizaines d'images par secondes, qui seront ensuite traitées avec des logiciels spécifiques pour tirer le plus d'informations possibles de chaque image. Nous sommes donc là clairement dans un domaine où le diamètre de l'instrument peut être augmenté tout en conservant un bénéfice. Mais tout n'est pas gagné : un bon seeing donnera tout de même de meilleures images qu'un mauvais seeing.

Le dernier aspect concernant l'augmentation de diamètre est son influence directe sur le poids d'un instrument et en définitive sur la qualité de la monture.

Là encore le ciel profond est à différencier du planétaire, le ciel profond demande la plupart du temps de prendre plusieurs poses d'un même objet tout en assurant un suivi précis de la cible dans le temps (typiquement des poses allant de 30 s à 20 minutes), l'importance de la précision mécanique de la monture est donc primordiale. En planétaire, compte tenu des poses très rapides et du recentrage de l'astre qui sera fait de façon logicielle, il n'est pas nécessaire d'avoir des



# Partie 1 : présentation générale

échelles de précision aussi grandes. Certains amateurs utilisent même des télescopes « Dobson » avec des tables équatoriales basiques et obtiennent de bons résultats en planétaire, cette technique est inenvisageable (ou très aléatoire) en ciel profond.

Un petit mot sur la monture, c'est vraiment un organe du setup à ne pas négliger, mieux vaut un petit instrument sur une bonne monture, qu'un instrument plus gros sur une monture inadaptée. Dans le 1<sup>er</sup> cas, on sortira des images, dans le 2<sup>ème</sup> cas, on aura un beau tube sur une monture inutilisable, et on n'imagera rien du tout, ou avec une très mauvaise qualité. J'insiste vraiment sur ce point car c'est l'erreur de beaucoup de débutants de vouloir le plus gros tube possible au détriment de la monture, alors que c'est précisément l'inverse qu'il faut privilégier.

## La focale

D'une manière simpliste c'est elle qui détermine le « grandissement » d'une image et le champ imagé. En ciel profond, on travaillera avec des focales allant de 100 mm (APN + objectif) pour les vues d'ensemble de constellations, à rarement plus de 3 000 mm (télescope) pour les nébuleuses et galaxies les plus petites. Plus la focale est élevée, plus la pratique est exigeante, c'est la raison pour laquelle le débutant pourra commencer avec des instruments de 500 à 1200 de focale. Au-delà de ces valeurs, l'expérience est de mise, passé 1500 mm, une solide maîtrise est nécessaire. Quelquefois les instruments disponibles auront de par leur conception une focale trop élevée, il sera alors utile d'interposer des réducteurs de focale pour adapter celle-ci à une valeur cohérente et exploitable.

En planétaire, des focales plus élevées seront nécessaires, cela est dû à la faible taille des objets imagés (sauf Soleil et Lune dans leur ensemble). Cette focale sera typiquement supérieure à 2000 mm, c'est là que peuvent intervenir des lentilles Barlow qui doubleront ou multiplieront la focale native, une projection oculaire peut être réalisée, mais la préférence ira tout de même pour la lentille Barlow qui est plus simple d'utilisation.

Les deux images de la page précédente montrent bien la diversité de taille apparente que l'on peut trouver dans les objets du ciel, il existe une énorme différence de taille entre la galaxie d'Andromède et Jupiter, ce qui explique qu'une faible focale sera employée pour imager Andro-



*Diversité dans la taille apparente des objets, image comparant la galaxie d'Andromède vs la Lune (crédit Adam block)*

*Autre image comparant la taille apparente de la Lune vs Jupiter*



# Partie 1 : présentation générale



mède, et une très grande focale pour imager Jupiter.

Les objets planétaires nécessiteront soit une grande focale pour la haute résolution sur les planètes, soit une faible focale pour la Lune et le Soleil en entier (éclipses et croissants). Mais il en sera de même pour les objets du ciel profond, car la diversité d'éloignement des objets, et/ou la diversité des objets (nébuleuses ou galaxies par exemple) feront que les cibles auront des tailles apparentes complètement différentes, voir image ci-dessus :

Image de M51 que j'ai réalisée avec un Celestron 11 ayant une focale de 1800 mm. L'image de la galaxie d'Andromède vue précédemment a été réalisée avec une focale de 180 mm. Si M51 avait été faite dans les mêmes conditions, on aurait obtenu la petite image qui est en encart.

Un enseignement à tirer de cela est que selon le type d'objet convoité, le type de matériel diffèrera, même si des instruments peuvent se montrer plus ou

moins polyvalents, l'instrument unique pour toutes les cibles n'existe pas, il faudra adapter ses cibles à son setup, ou bien avoir des setups différents pour des cibles différentes.

# Partie 2 : Les appareils d'acquisition

Après une 1<sup>ère</sup> partie plutôt générale, entrons dès à présent dans le cœur du sujet : les appareils d'acquisition.

## Numérique vs argentique

Aujourd'hui les appareils photographiques à capteurs numériques sont omniprésents, en 20 ans ils ont complètement détrôné leurs ancêtres qui étaient les boîtiers munis de la bonne vieille pellicule argentique, et cela non sans raison : une simple comparaison entre des images d'amateurs réalisées de nos jours et celles des grands observatoires datant des années 1980 enlèvera tout doute. La qualité des premières réalisées avec des optiques souvent inférieures à 30 cm de diamètre sera supérieure à celle des secondes réalisées avec des télescopes de 5 mètres de diamètre !

Il faut bien comprendre une chose, les améliorations optiques n'interviennent pas ou peu, c'est-à-dire que la qualité optique d'un instrument amateur des années 80 est globalement la même que celle des instruments actuels, le gain de qualité est principalement dû au développement des capteurs numériques et aux logiciels de traitement.

Une des principales raisons à cela est que le film photographique présentait un défaut appelé « défaut de réciprocity ». Ce défaut accentué par les faibles lumières qui sont

courantes en astrophotographie, a pour conséquence de ne pas restituer la lumière proportionnellement à sa valeur réelle. Le film photo peut même présenter un effet de seuil, c'est-à-dire que par faible éclaircissement, toute l'information est perdue, et ce, quel que soit le temps de pose.

Et ça c'est une super nouvelle car cela implique que si on double le temps de pose, et bien on aura au final le double de signal, mais également que si une étoile est deux fois plus lumineuse qu'une autre, le signal en sortie aura également une valeur double. C'est très satisfaisant pour

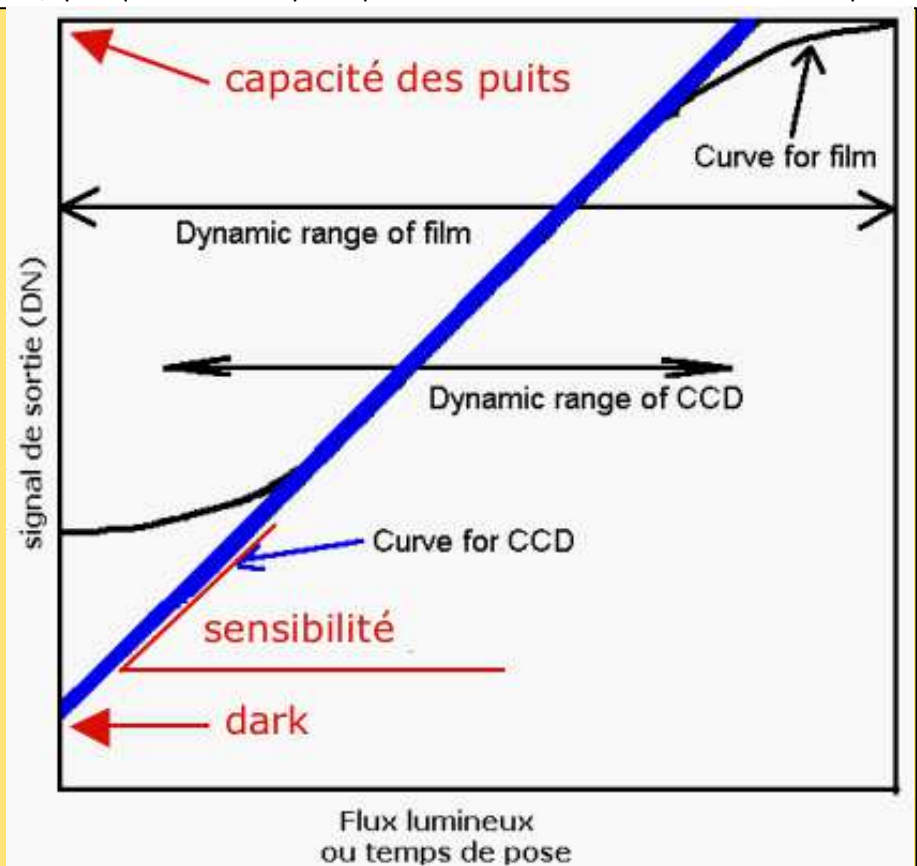


Fig 1 (crédit lesia obspm.fr).

*En bleu, la réponse d'un capteur numérique, en noir la réponse d'un film argentique.*

Avec un capteur numérique cela n'existe pas (sous réserve que l'on soit dans sa zone d'exploitation normale), l'information restituée est proportionnelle à l'information reçue !

l'astrophoto « artistique », mais c'est également parfait pour le scientifique car avoir un capteur de lumière qui réponde linéairement ouvre la voie à toute une série de mesures, notamment les mesures de magnitude donc d'étoiles variables et autres



# Partie 2 : Les appareils d'acquisition

transits d'exoplanètes.

Ajoutons à cela les avantages classiques des appareils à capteurs numériques : sensibilité augmentée, stockage facilité, traitement d'image numérique etc... Voilà qui sonne le clap de fin définitif de l'argentique.

## Les appareils d'acquisition numériques

Il existe plusieurs types d'appareils d'acquisition numériques, et par définition ce peut être tout appareil doté d'un capteur numérique. On va trouver des :

- ⇒ Webcam (de moins en moins utilisées de nos jours)
- ⇒ APN compact ou reflex
- ⇒ Caméra CCD
- ⇒ Caméra Cmos

Chaque type d'appareil a sa place dans le domaine d'imagerie numérique, mais chacun a une prédisposition pour tel ou tel domaine.

Un peu plus de compréhension générale :

- ⇒ Une Webcam est une petite caméra initialement dédiée à être installée sur un pc pour des utilisations principalement orientées vers la communication vidéo. Ces instruments ont été détournés pour des usages « astro » sous l'impulsion de bricoleurs géniaux qui s'en sont servi en l'état ou qui ont modifié leur driver pour permettre des poses plus

longues, tandis que d'autres ont remplacé leur capteur couleur par des capteurs noir et blanc pour gagner en sensibilité. Les images sortant de ces appareils sont normalement des films. Ils sont dotés de capteur Cmos.

- ⇒ Un APN est un Appareil Photo Numérique. Il peut être avec ou sans objectif amovible, le plus pratique est qu'il en soit équipé, ce qui permet de substituer cet objectif par tout instrument d'optique (lunette ou télescope). Cet accouplement se fait par l'utilisation de bagues spécifiques, et l'instrument d'optique sert alors de super-téléobjectif. Les images issues de ces appareils sont plutôt des photos, mais sur les appareils les plus récents cela peut également être des films. Ils sont dotés de capteurs Cmos.

- ⇒ Une caméra CCD n'est en fait pas une caméra au sens « vidéo ». L'amalgame vient du mot anglais « camera »

pour « appareil photo ». Au sens astronomique, une caméra CCD est un appareil de prise de vue spécifique dédié à l'astronomie doté d'un capteur CCD. C'est l'appareil qui est longtemps resté le must pour l'astrophotographie du ciel profond, mais qui aujourd'hui commence à être concurrencé par certains APN et autres caméras Cmos, leur mode de prise de vues est type photo, non vidéo. Selon la taille du capteur, le temps de lecture d'une pose peut être élevé.

- ⇒ Une caméra Cmos se présente un peu comme une caméra CCD, elle a un capteur de type Cmos, et permet les prises de vues en mode vidéo grâce à une vitesse de lecture rapide, elle permet également des prises d'images unitaires en longue pose.

En simplifiant il existe deux principaux domaines d'astrophoto : celui du ciel dit



# Partie 2 : Les appareils d'acquisition

profond, et celui du planétaire. La raison de cette distinction est que les principes d'acquisition des images sont différents : pour le planétaire, on réalise des films. Ces films sont ensuite décomposés en images unitaires de très courte pose, pour être assemblés et traités, le but étant toujours d'avoir les poses les plus courtes possibles pour figer la turbulence.

Ceci n'est possible que pour des objets très lumineux (typiquement les planètes et la Lune), c'est le domaine des anciennes webcams, des caméras Cmos, et éventuellement d'APN en mode vidéo

En ciel profond, ce qui est recherché c'est l'acquisition de très faibles lumières, donc exit les poses inférieures à la seconde qui seraient bien trop sombres, les poses unitaires seront beaucoup plus longues (de la minute à la dizaine de minutes). C'est le domaine de prédilection de caméras CCD et APN qui permettent ces longues poses.

Un 3<sup>ème</sup> domaine émerge avec l'aboutissement des caméras Cmos, c'est le ciel profond en « poses courtes », quelquefois nommé « lucky imaging ». Nous sommes aux débuts, mais la technique est prometteuse. L'idée est la suivante : les longues poses sont affectées par la turbulence qui peut être différente d'un instant à l'autre, augmentée du défaut de suivi de la monture

pendant la pose. Sans espérer poser 30 millisecondes pour figer la turbulence, il est intéressant de faire des poses de l'ordre de la seconde en pariant que sur 10 minutes de poses, il y ait des périodes plus calmes. Ensuite il faudra sélectionner et traiter les poses présentant un bon niveau de netteté et détruire les autres. Les caméras sont du type Cmos, avec des vitesses de lecture rapides. Cette méthode a ses limites et ne peut être utilisée que sur les nébuleuses ou galaxies brillantes, mais les résultats en terme de définition sont époustouflants.

Avant un tableau comparatif (fig 3), voici les grandes

## Particularités de chaque appareil

différences entre chaque appareil.

Les anciennes webcams sont dotées de petits capteurs, et conviennent de par leur mode vidéo à l'imagerie planétaire, éventuellement à celle du ciel profond si elles ont été modifiées pour permettre des longues poses. Elles sont très peu onéreuses, ce qui explique leur grand succès à une certaine époque.

Les APN sont très utilisés en astronomie, leur diffusion en grande quantité fait diminuer leur coût de fabrication. Ils peuvent

être peu onéreux pour des tailles de capteurs respectables, ils peuvent également servir à la photo de tous les jours, ils ne nécessitent pas d'ordinateur portable pour les piloter, l'image de sortie est le plus souvent directement en couleur.

Les caméras CCD peuvent être refroidies. Le refroidissement d'un capteur est en effet un bon moyen pour diminuer le bruit de fond thermique. Elles peuvent être équipées de capteurs couleur ou noir et blanc qui sont bien plus sensibles. Si elles ont un capteur noir et blanc, l'utilisation de filtres est alors possible soit pour recombinaison des couleurs (filtres RVB), soit pour imager en bande étroite (filtre h alpha, oxygène ou soufre). On peut les utiliser en mode fenêtrage, c'est-à-dire que l'on ne prend qu'une partie du capteur, l'avantage étant une lecture plus rapide. On peut faire du binning, c'est-à-dire regrouper les pixels entre eux pour former des super pixels captant plus de lumière avec là encore une lecture plus rapide. Certaines d'entre elles (SBIG) ont deux capteurs, un pour l'acquisition, et l'autre pour le guidage. Elles peuvent être équipées de très grands capteurs.

Toutes ces raisons expliquent pourquoi elles ont longtemps dominé le marché de l'astrophoto du ciel profond.

Fig 3. Tableau comparatif

	cout	Refroidissement	Binning	fenetrage	ordinateur	vitesse lecture	Blooming	capteur de guidage	pré-disposition
APN					Non	rapide			ciel profond, Soleil et Lune
CCD					Oui	lente		possible	Ciel Profond
Cmos		possible	possible		Oui	rapide			Planétaire et ciel profond

# Partie 2 : Les appareils d'acquisition

Les caméras Cmos sont les toutes dernières évolutions du marché de l'astrophoto. Leur avantage principal est leur faible prix. Leur polyvalence est également très appréciée car elles permettent tout aussi bien de faire du planétaire que du ciel profond. Elles grignotent petit à petit du terrain sur les CCD et autres APN.

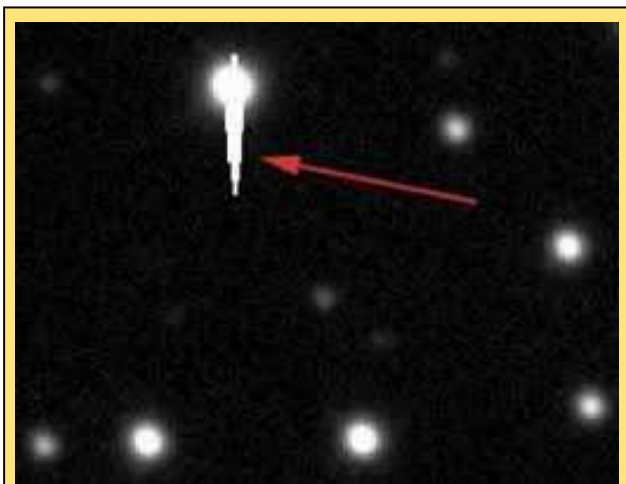


Fig 4. Conséquence du blooming sur image caméra CCD

Le blooming se produit lorsqu'un photosite du capteur CCD est saturé. Cela a pour conséquence de donner des étoiles qui « bavent » car les électrons se propagent sur les photosites adjacents. Beaucoup de capteurs CCD sont équipés d'anti blooming. C'est une correction numérique qui modifie ce phénomène, mais attention car cela influe sur la courbe de linéarité. Pour des mesures scientifiques de photométrie, il faudra se tenir éloigné de cette zone, ou en faire une mesure pour éventuellement corriger les données.

## Taille des capteurs numériques

Les capteurs numériques peuvent avoir différentes tailles, tout comme les photosites constituant ceux-ci.

Pour ce qui est de la taille du capteur, à focale égale un grand capteur couvrira un champ plus grand qu'un petit capteur, il sera adapté aux objets étendus ou à l'imagerie grand champ. Le prix d'un appareil d'acquisition croît rapidement avec la taille de son capteur pour une raison simple : les capteurs ont des défauts, ils sont contrôlés en sortie de fabrication. Il est beaucoup plus facile de faire un petit capteur sans défaut qu'un grand. Les plus gros capteurs se retrouvent sur les APN et caméras CCD. Le plus grand actuellement disponible couramment sur le marché amateur étant le 36x36.

Les petits capteurs sont bien adaptés aux images planétaires, je rappelle que c'est une technique de prise de vue en mode vidéo, imposant une vitesse de lecture rapide qu'un grand capteur ne peut pas avoir. Les planètes étant de taille apparente faible, le petit capteur n'est pas un problème, seule la Lune pose problème, c'est pourquoi les spécialistes d'imagerie lunaire composent des mosaïques de plusieurs images pour constituer leur image finale. On les trouve sur les caméras

Cmos.

Fig 5. Taille de différents capteurs numériques : voir page suivante

Pour la taille des photosites, grossièrement, plus ils sont gros, plus ils capturent des électrons et meilleure est la sensibilité. Leur taille moyenne est de 5 à 9 microns. Associés à la focale de l'instrument, c'est leur taille qui va déterminer l'échantillonnage, notion très importante qui sera vue lors du chapitre concernant les instruments d'optique.

## Les conseils aux débutants

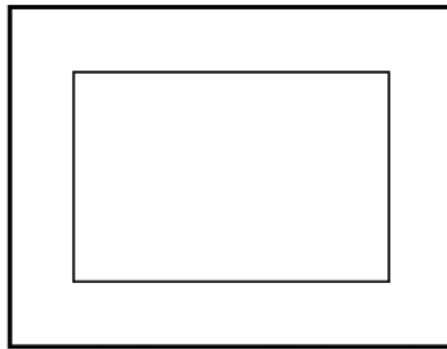
En ciel profond, commencer par un APN d'occasion, on limite les frais, ou une Cmos qui est maintenant abordable, et surtout à courte focale. Le débutant devra éviter de cumuler les problèmes potentiels, c'est-à-dire que s'il travaille toute la chaîne d'acquisition (les temps de pose, les réglages iso, le binning etc...), il ne faut pas qu'il soit ennuyé en plus par le guidage, la mise au point ou la recherche d'une cible. Pour cela les courtes focales sont nécessaires. Ensuite lorsqu'une bonne maîtrise de ces procédures est acquise, il pourra augmenter les focales et se tourner vers des caméras à capteurs noir et blanc dotées de filtres RVB ou bande étroite.

En planétaire, c'est un peu plus simple, et c'est peut être une bonne voie pour justement acquérir des automatismes, commencer par cela est également une bonne option.



# Partie 2 : Les appareils d'acquisition

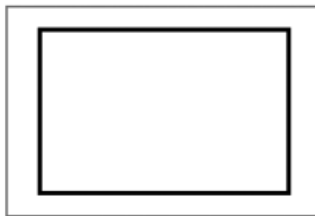
Fig 5. Taille de différents capteurs numériques



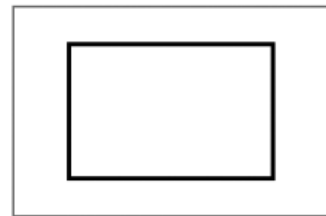
Medium format (Kodak KAF 39000 sensor)  
50.7 × 39 mm  
1977 mm<sup>2</sup>



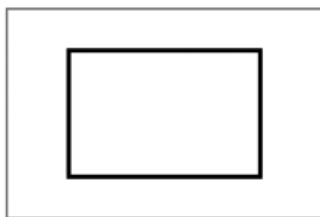
35mm "full frame"  
36 × 24 mm  
864 mm<sup>2</sup>



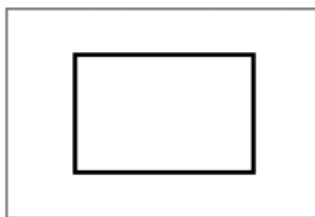
APS-H (Canon)  
28.7 × 19 mm  
548 mm<sup>2</sup>



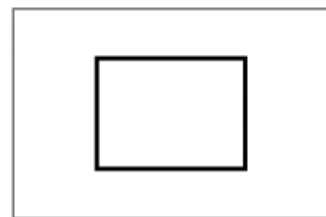
APS-C (Nikon, etc.)  
~23.6 × 15.7 mm  
~370 mm<sup>2</sup>



APS-C (Canon)  
22.2 × 14.8 mm  
329 mm<sup>2</sup>



Foveon (Sigma)  
20.7 × 13.8 mm  
286 mm<sup>2</sup>



Four Thirds System  
17.3 × 13 mm  
225 mm<sup>2</sup>



1/1.7"  
7.6 × 5.7 mm  
43 mm<sup>2</sup>



1/1.8"  
7.18 × 5.32 mm  
38 mm<sup>2</sup>



1/2.5"  
5.76 × 4.29 mm  
25 mm<sup>2</sup>

## Partie 3 : Les instruments

Dans cette 3<sup>ème</sup> partie nous allons aborder les aspects optiques et mécaniques des instruments.

### Les montures

En astrophotographie l'usage d'une monture équatoriale correctement alignée est indispensable, il est pré-requis que ceci soit correctement maîtrisé. On trouve sur le marché amateur deux grands types de montures : les montures dites « allemandes » et les montures à fourche.

On ne met pas un moteur de formule 1 sur un châssis de 4L !!! Et bien pour l'astrophotographie et l'astronomie en général, c'est exactement la même chose : il faut porter une attention particulière au choix de la monture, à sa capacité de charge. Elle doit être conçue pour supporter sans problème l'optique, les caméras d'acquisition, les roues à filtres, les contrepoids, tout cela avec une marge de réserve lui permettant d'assurer des mouvements souples et précis, sans perte de couple.

Une monture correcte en visuel peut être très limite en astrophotographie, en effet les erreurs de suivi admissibles sont de l'ordre d'un ou de quelques secondes d'arc, faute de quoi ces défauts vont détériorer la qualité des images.

La plupart des montures amateurs sont des montures dites « allemandes », elles couvrent

une large gamme de qualité permettant de s'adapter à tous les budgets, allant des montures pour une lunette astronomique de 60 mm de diamètre à celles pour des télescopes de 20 pouces.

« Allemandes » et à fourche ont leurs avantages et leurs inconvénients. Pour les allemandes, le côté positif est la possibilité de leur adjoindre un viseur polaire, permettant de mettre rapidement la monture en station (un atout en cas de nomadisme). Démontables, elles ont un faible encombrement, les moteurs s'intègrent bien sur ce type de monture, elles sont relativement compactes et présentent donc peu de flexions mécaniques.

Leur principal défaut est qu'elles ne « passent » pas le méridien, ce qui implique que lorsque le tube optique est à proximité du méridien, côté Ouest du tube, il faut réaliser un retournement de la monture pour amener le télesco-



Fig1. Une monture allemande : la lunette va se bloquer contre le pied, il faut opérer un retournement de la monture !

pe coté Est du tube. Si cette opération n'est pas réalisée, le tube optique va toucher le pied du télescope et il y aura un risque de détérioration de l'ensemble.

Certaines montures vont toutefois de par leur conception permettre un suivi d'une ou deux heures après le passage du méridien, mais cela ne fait que reporter le problème, à un moment donné, il faudra bien opérer ce retournement !

Plusieurs inconvénients sont liés à ce retournement : pendant le temps où le télescope se retourne pour réaliser un nouveau pointage, les images ne sont plus acquises, c'est un moindre mal en astrophoto, mais qui peut être plus gênant lors du suivi d'astéroïdes ou d'étoiles variables. Une fois la monture retournée, la caméra d'acquisition a pivoté de 180°, ce qui a deux conséquences :

L'orientation de l'image est modifiée (cela peut encore se rectifier de manière logicielle).

Si un autoguidage était réalisé, l'étoile guide n'est plus la même, puisque le champ pointé est inversé, il faut donc prendre une autre étoile guide sous réserve qu'il y en ait une, ce qui n'est pas toujours le cas.

Pour les montures à fourche, point de problème de retournement au méridien, mais ce sont des montures qui dans le monde amateur présentent souvent plus de flexions, elles sont donc la plupart du temps de moindre qualité pour un usage en astrophotographie. Dommage car leur concept présente les avantages vus plus haut, c'est la raison pour laquelle les amateurs les plus pointus fa-

# Partie 3 : Les instruments

briquant eux-mêmes leur monture se tournent souvent vers ce type d'instrumentation.

Il existe d'autres types de montures, mais « allemandes » et à fourche sont celles qui sont le plus couramment utilisées dans le monde amateur.

A noter également que l'astrophotographie planétaire ne nécessite pas des montures d'aussi bonne qualité mécanique car les poses sont beaucoup plus rapides (de l'ordre de la fraction de seconde).



Fig 2. Un télescope Meade sur une monture à fourche

Le défaut de suivi n'est qu'un inconvénient minime, il suffit simplement que la planète reste dans le champ visé pendant la durée du film qui est de l'ordre de quelques minutes. L'image sera ensuite réalignée avec des logiciels spécifiques.

La monture reste donc un élément important du setup, aussi bien pour ce qu'elle apporte qu'en termes de budget, il n'est en effet pas rare que la monture ait un coût supérieur à l'optique !

Le choix d'une monture est à mettre en adéquation avec l'optique supportée, c'est principalement une question de poids, en effet il y a une énorme différence entre une lunette de 60 mm et un télescope de 500 mm.

## Les optiques

Une optique pour faire quel type d'objet ? C'est la première question à se poser, car le choix est vaste et l'instrument totalement polyvalent n'existe pas.

Pour faire simple, un instrument est caractérisé par son diamètre optique, sa focale, son poids n'intervenant que pour le choix de la monture.

Plus le diamètre optique est important, plus la lumière collectée est grande.

Plus la focale est importante, plus le grandissement est grand, plus le champ est petit.

Plus le rapport entre focale et diamètre  $F/D$  est petit, plus celui-ci est lumineux, on dit que l'instrument est « ouvert ».

C'est donc en toute logique que si on veut faire des images en grand champ, on va s'orienter vers des optiques de courtes focales (150 / 600 mm), munies de caméras à grand capteurs. Si on veut faire des objets du ciel profond de taille moyenne, il faudra une focale moyenne (600 / 1000 mm), et si on veut faire des petits objets du ciel profond, il faudra de grandes focales (1000 / 3000 mm). Au-delà de 3 mètres de focale, cela demandera du matériel de grande qualité, on est là à la limite haute du praticable, d'autant plus que la turbulence affectera fortement les images à grande focale.

Pour le planétaire, on est en présence de très petits objets, il faudra suivre le même raisonnement : petit objet = grande focale.

Les lunettes ont souvent un plus petit diamètre que les télescopes, c'est pour cela qu'en astrophotographie grand champ, on va surtout trouver des objectifs photographiques, des lunettes astronomiques ou éventuellement des télescopes de petits diamètres.

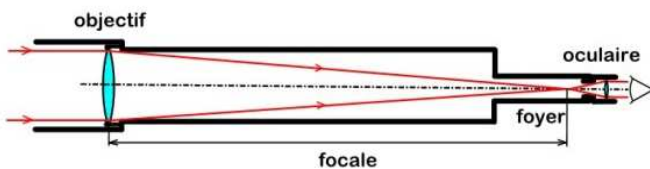
Pour les petits objets du ciel profond, la discipline est dominée par les télescopes, ou éventuellement des lunettes d'un diamètre supérieur à 120 mm.

En imagerie planétaire, lunettes et télescopes se partagent le secteur, avec un avantage pour les télescopes, en effet ils atteignent plus facilement les grandes focales.



# Partie 3 : Les instruments

Lunette astronomique



Télescope Newton

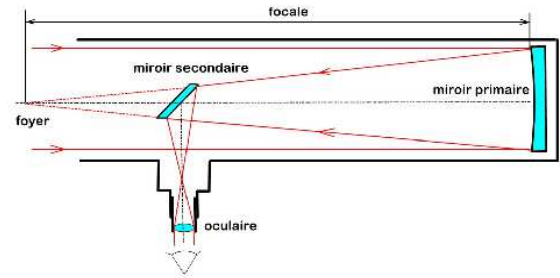
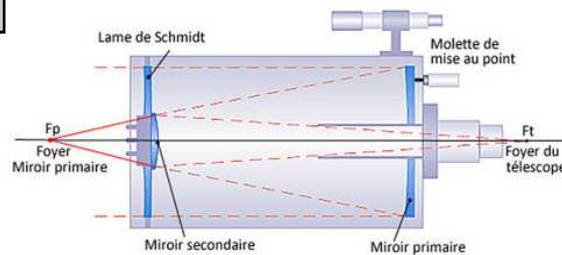


Fig 3. Les 3 conceptions optiques les plus courantes.

Télescope Schmidt Cassegrain



## Alors : lunette ou télescope ?

Une lunette astronomique est un instrument d'optique constitué d'une lentille qui focalise la lumière en un point donné, cette lumière traverse la lentille c'est la raison pour laquelle on parle aussi de « réfracteur ». Elle a une seule formule optique.

Un télescope est constitué d'un miroir réfléchissant la lumière. Celle-ci peut ensuite passer par diverses pièces optiques pouvant même lui permettre des allers-retours dans le tube optique pour être finalement focalisée en un

point donné. La lumière étant en premier lieu réfléchi, on parle aussi de « réflecteurs ». Les télescopes englobent plusieurs formules optiques (Newton, Schmidt-Cassegrain, Ritchey-Chrétien ....)

Comme dans tous domaines, chaque instrument a ses aficionados avec quelquefois un peu d'impartialité par affection pour leur instrument personnel. Mais globalement voici les principaux avantages et inconvénients de chacun :

## Les lunettes

### Avantages :

Les lentilles sont bien maintenues, les lunettes nécessitent peu d'entretien, pas de reprise de collimation. Elles sont très hermétiques à l'air, et donc il y a peu de pénétration de poussières dans le tube.

Il n'y a pas d'obstruction par des miroirs ou supports, cela influe quelque peu sur le piqué des images.

Elles permettent de travailler avec de très courtes focales.

Pour les petites lunettes, le poids sera faible, et leur prix reste raisonnable.

# Partie 3 : Les instruments

## Inconvénients :

La lumière traversant la lentille principale implique que la lunette est sujette au chromatisme.

Pour des diamètres supérieurs à 120 mm, une lunette de qualité va vite atteindre des prix supérieurs à ceux d'un télescope.

Comme il n'y a pas d'allers-retours sur le chemin optique, le tube optique des lunettes est souvent de longueur supérieure à celle d'un télescope.

Toutes ces raisons font qu'au-delà de 200 mm de diamètre, il est très rare de trouver des lunettes dans le monde amateur.

## Les télescopes Newton

### Avantages :

Permettent d'avoir de très gros diamètres avec des F/D relativement faibles.

Restent de conception assez basique accessible à la fabrication amateur.

N'engendrent pas d'aberration chromatique.

### Inconvénients :

Nécessitent un alignement rigoureux des optiques (collimation) à refaire régulièrement si les instruments sont transportés.

Pour des diamètres et focales im-

portants, le tube peut vite prendre de grosses dimensions.

Le rapport F/D faible engendre une plage de focalisation plus réduite, la conséquence est qu'il faut refaire régulièrement la mise au point en fonction des variations de températures à cause de la dilatation du tube.

Sortie optique située sur le côté du tube, cela peut engendrer plus de flexions sur les portes oculaires.

## Les télescopes catadioptriques

Ils regroupent plusieurs formules optiques, la plus courante est celle fabriquée depuis longtemps par les firmes CELESTRON et MEADE, c'est le Schmidt-Cassegrain.

### Avantages :

Les formules optiques catadioptriques donnent des instruments très compacts, moins sensibles au vent, même pour de très gros diamètres.

Ils permettent d'obtenir des rapports F/D égaux ou supérieurs à 10.

La sortie optique située dans l'axe, à l'arrière du télescope, donne souvent une meilleure tenue mécanique du porte-oculaire.

Les tarifs des Schmidt-Cassegrain (SC) sont très attractifs à cause d'une grande diffusion auprès du public amateur.

Les qualités optiques des formules Ritchey-Chrétien (RC) sont bien

supérieures aux Newton (bien moins de déformation) mais au détriment de leur coût.

### Inconvénients :

Réglage des optiques (collimation) à refaire régulièrement si l'instrument est transporté.

Coût supérieur aux Newtons, voire très supérieurs selon les formules optiques.

Présence d'une obstruction centrale importante.

## L'échantillonnage

Au début de cette 3<sup>ème</sup> partie, nous avons caractérisé un instrument d'optique par son diamètre D et sa focale F. En astrophotographie numérique, un autre composant intervient, c'est l'appareil d'acquisition qui au final va faire correspondre un photosite du capteur à un pixel de votre écran d'ordinateur.

Prenons l'exemple d'une image d'une galaxie qui serait focalisée au foyer d'un instrument d'optique, on sent bien que si les photosites de l'appareil d'acquisition sont gros, ils verront plus de champ que s'ils sont petits. De surcroît, si les photosites sont vraiment très gros et bien les détails seront perdus puisque deux détails différents seront vus par le même photosite et qu'un photosite ne peut par conception donner qu'une information (voir partie 2). L'échantillonnage est une notion très importante qui peut se définir comme « la portion de ciel que voit un photosite du capteur nu-

# Partie 3 : Les instruments

mérique »

Il se calcule avec la formule suivante :  $E = 206 \times P/F$

E : Échantillonnage en secondes d'arc

P : Taille des pixels en microns

F : Focale de l'instrument en mm.

Super ! On a une formule qui renvoie une valeur tenant compte à la fois de l'instrument d'optique et de la caméra utilisée, et de plus seule la focale de l'instrument intervient, on se moque du diamètre.

A quel échantillonnage réaliser les acquisitions ?

Cela dépend des cibles et de la turbulence atmosphérique.

**En ciel profond :**

Si on travaille à courte focale sur des objets étendus, on pourra échantillonner à 3" ou plus. Pour des galaxies et nébuleuses étendues l'échantillonnage sera compris entre 1" et 3", et pour les mêmes objets de petites tailles en haute résolution, l'échantillonnage sera compris entre 0.5" et 1".

En dessous de 0.5" d'arc d'échantillonnage, les poses longues ne sont plus possibles car la turbulence dégrade fortement les images, il faudra employer les techniques de lucky imaging vues en partie 2.

**Exemple :**

J'ai un instrument de 1000 mm de focale, une caméra avec des pixels de 7 microns, quel est l'échantillonnage de l'ensemble ?

$$E = 206 \times P/F$$

$$E = 206 \times 7 / 1000$$

$$E = 1.44''$$

On a donc un instrument bien adapté aux nébuleuses et galaxies de taille moyenne à grande.

**En planétaire :**

On est de fait dans des techniques de pose rapide, la turbulence intervient moins, les objets sont de petite taille, il faudra donc des échantillonnages encore plus petits (entre 0.1 et 0.5").

**Exemple :**

Un instrument de 3000 mm de focale, une caméra avec des pixels de 4 microns, quel est l'échantillonnage de l'ensemble ?

$$E = 206 \times P/F$$

$$E = 206 \times 4 / 3000$$

$$E = 0.27''$$

Cela correspond bien à un instrument dédié aux images planétaires.

Mon instrument n'atteint pas l'échantillonnage optimal pour un objet donné, que faire ?

Rassurez-vous il existe heureusement des possibilités de changer focale et taille des pixels. Pour ce qui est des changements de focale, il existe des multiplicateurs et

diviseurs de focale. Mais au-delà d'un certain seuil il faudra changer d'instrument ou en avoir plusieurs.

**Multiplicateurs de focale**

Plus communément appelée lentille de « Barlow », un multiplicateur de focale augmente la focale d'un facteur fixe, le plus souvent deux, mais d'autres valeurs sont possibles. Ils se positionnent en sortie du tube optique, que ce soit lunettes ou télescopes, ils sont surtout utilisés en planétaire pour obtenir de très faibles échantillonnages.

**Réducteurs de focale**

Un réducteur de focale diminue la focale d'un instrument. Il se retrouve généralement sur des télescopes dont le rapport F/D est de 8 à 15, son facteur de réduction varie entre 0.5 à 0.8, il permet donc de diminuer sensiblement la focale, donnant plus de lumière et plus de champ pour une configuration donnée. La réduction de focale provoque une déformation de champ qui est souvent corrigée par une lentille additionnelle, on parle alors de réducteur/ correcteur de champ.

**Changer la taille des pixels : le binning**

Pour les caméras CCD, le binning est un bon moyen de changer radicalement l'échantillonnage. Je rappelle que le binning est le fait de regrouper les photosites entre eux, par exemple pour des photosites de 5 microns, si on fait du binning 2x2, on va regrouper 4 photosites entre eux, et au final



# Partie 3 : Les instruments

on aura virtuellement la même chose qu'une caméra avec des photosites de 10 microns.

## Le porte-oculaire

Il est à noter que pour un usage en astrophotographie, l'oculaire

lentille barlow X 2



Fig 4. Une barlow et un réducteur de focale

destiné à une pratique visuelle de l'astronomie doit être remplacé par l'appareil d'acquisition d'image (appareil photographique numérique, caméra vidéo ou caméra CCD).

C'est la raison pour laquelle le porte-oculaire doit être de conception précise et cossue. Le poids des caméras, roues à filtres, et divers autres éléments peut vite dépasser le kilogramme. Un porte-oculaire de moindre qualité va engendrer des flexions ayant pour effet de positionner le capteur de la caméra en biais par rapport au plan focal (le TILT). Un

autre problème est que selon la position du tube optique, si le porte-oculaire subit une pression vers le bas, avec une pièce de mauvaise facture, il y a risque de glissement de l'ensemble, la sanction est alors immédiate :

## Les conseils aux débutants

réducteur de focale perte complète de focalisation.



Comme pour le choix des caméras d'acquisition, les conseils seront les mêmes pour ce qui est de la monture et de l'optique : ne pas brûler les étapes avant de

passer à l'imagerie, commencer par maîtriser parfaitement l'utilisation de l'ensemble en visuel. Nous avons vu l'impor-

tance capitale de la mécanique (pour ma part je la place devant l'importance des optiques). Selon les budgets, privilégier dès le début une bonne monture, et une petite optique munie d'un très bon porte-oculaire, l'optique elle-même pourra se changer par la suite...

Cette partie ne fait que survoler le sujet, bien d'autres ressources sont disponibles sur la toile, il faut en profiter.

J'ai peu parlé ici d'autoguidage, le sujet est complexe, il sera abordé au prochain numéro, mais il faut être conscient qu'à partir d'un certain temps de pose et d'un certain échantillonnage, il faudra mettre en œuvre un système d'autoguidage. La monture aussi parfaite soit-elle (sauf pour les montures direct-drive de dernière génération) ne pourra assurer un suivi parfait de plus de quelques secondes.

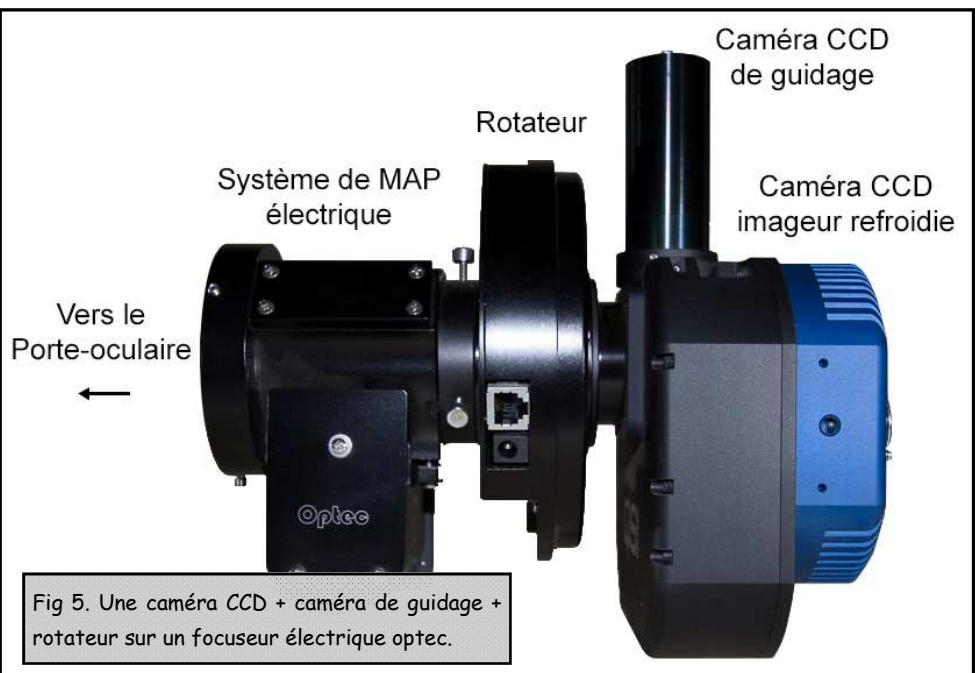


Fig 5. Une caméra CCD + caméra de guidage + rotateur sur un focuseur électrique optec.

# Partie 4: Imager le ciel profond

Dans cette 4<sup>ème</sup> partie nous allons aborder l'imagerie du ciel profond et le prétraitement des images.

## Généralités

Ce chapitre concerne aussi bien les APN que les caméras CCD, en effet les principes d'acquisition étant communs aux deux types d'appareils, les prétraitements et traitements seront pratiquement identiques.

## Rappel des principales différences entre APN et CCD

Aujourd'hui les appareils APN ont fait d'énormes progrès, la voie a été ouverte il y a une dizaine d'années avec le célèbre boîtier CANON EOS 350 D qui a permis à une multitude d'astrophotographes de débiter à moindre coût. Depuis cette époque les boîtiers n'ont cessé d'évoluer. Actuellement le plus apprécié est sans doute l'A7s de SONY, doté d'un grand capteur très sensible avec un bruit de lecture très faible.

Une des principales différences entre un APN et une CCD est liée à la présence de filtres devant ou dans le capteur d'un APN. Ces filtres Rouge, Vert, Bleu constituent une matrice, et ont pour but de permettre une restitution de l'information chromati-

que d'une image, c'est pour cela que les images issues des APN sont directement en couleur. Des réglages sur les logiciels spécifiques sont nécessaires pour interpréter correctement ces couleurs (voir matrice de Bayer en fonction du logiciel et de l'APN).

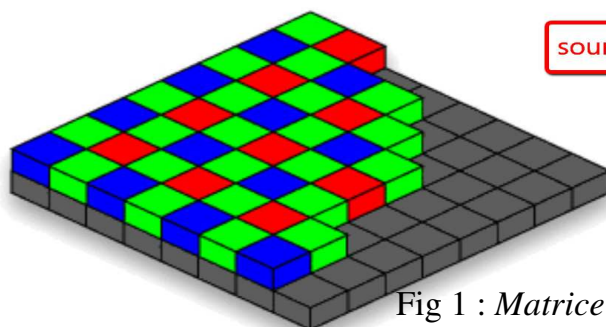
Les caméras CCD n'ont pas de filtres (sauf dans le cas moins courant des caméras CCD couleur, où le principe est le même que pour l'APN).

Lorsque l'on filtre un signal, on l'affaiblit, même si cet affaiblissement peut être faible, il est bien réel, c'est pourquoi pour le même capteur, le signal final réellement reçu par un capteur dans un boîtier APN sera toujours

Oui Monsieur, mais alors on ne fait que des images noir et blanc avec des CCD ?

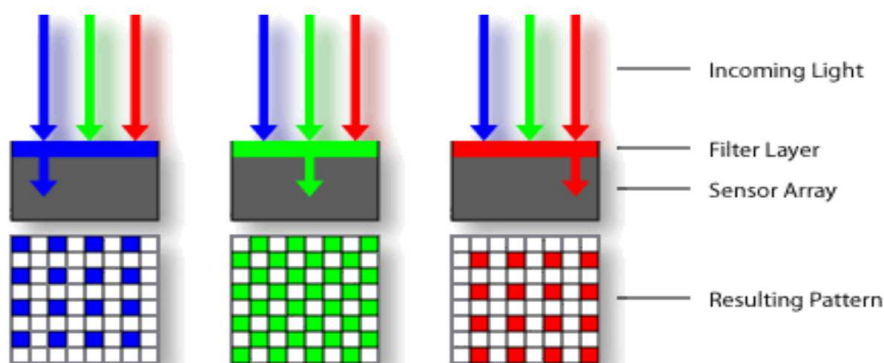
Et bien non ! Il suffit de rajouter des filtres Rouge, Vert, Bleu devant le capteur CCD, dans une roue à filtres par exemple, et de faire des images avec ces filtres pour ensuite recombinaison les couleurs.

Ah, ça c'est super malin, on prend un capteur noir et blanc pour qu'il n'y ait pas de perte de sensibilité, et on y ajoute finalement les mêmes filtres qu'un APN couleur ! Au final on n'a absolument rien gagné du tout, tu parles d'une bonne idée ! Et en



source: wikipédia

Fig 1 : Matrice de Bayer d'un APN



plus faible que le signal reçu dans une caméra CCD noir et blanc.

Avantage aux CCD pour ce qui est de la sensibilité finale, et donc la détection des faibles objets du ciel profond (petites galaxies et faibles nébuleuses).

plus c'est plus onéreux.

C'est ici qu'intervient une astuce ! Le raisonnement ci-dessus serait vrai si les 3 couleurs Rouge, Vert, Bleu étaient assemblées

# Partie 4: Imager le ciel profond

telles qu'elles sont issues de la caméra CCD. Ce sera bien le cas, mais on fait intervenir une 4<sup>ème</sup> image, c'est l'image dite de LUMINANCE.

La LUMINANCE consiste à prendre des images d'un objet sans aucun filtre (ou avec un filtre infrarouge sans affaiblissement dans le visible) pour avoir ce fameux signal maximum frappant le capteur. Une fois cette image de LUMINANCE acquise, elle va être combinée à l'image de CHROMINANCE (combinaison des 3 couleurs Rouge, Vert, Bleu) pour former au final une image en couleur.

La pratique de cette méthode montre que tous les détails sont seulement apportés par la LUMINANCE, et que la CHROMINANCE ne donne qu'une information de



Fig 2 : *Filtres CCD sur une roue à filtres (source QSI)*

colorimétrie, une « colorisation » de l'image. C'est pourquoi très souvent il est recherché une image de LUMINANCE sans filtre avec une résolution maximale faite donc avec un binning 1X1, et des images RVB moins résolues faites avec un binning 2 X 2. L'inconvénient de pratiquer ainsi est que

les temps de poses sont multipliés par les prises dans chaque couleur, mais c'est le prix à payer pour tirer le maximum d'un capteur numérique.

Une autre différence fondamentale entre APN et CCD est encore due à la présence ou non de filtres devant le capteur : pour une caméra CCD, de la même façon que l'on peut insérer des filtres RVB pour restituer les couleurs, on peut également positionner des filtres à bande étroite H-alpha, soufre ou oxygène, ce qui est impossible avec un APN. Ces filtres vont permettre de faire ressortir beaucoup plus les lumières centrées sur une longueur d'onde spécifique (en principe celle dans laquelle l'objet a une forte émission). L'avantage étant de bloquer les autres lumières, qui peuvent même être les



**Filtre Rouge**



**Filtre Vert**



**Filtre Bleu**



**Filtre Transparent "L"**

Fig 3 : *Assemblage LRVB*



**Image couleur**

**Assemblage d'images en LRVB**

Source : Olivier Garde

# Partie 4: Imager le ciel profond

lumières parasites provenant des éclairages publics, permettant ainsi d'imager dans des conditions de pollution lumineuse importante. Cette technique d'imagerie est nommée « Narrow band ».

Pour le reste je vous invite à vous reporter au chapitre 2 qui était consacré aux capteurs numériques.

## Défauts des images numériques du ciel profond

Une fois les images acquises (soit directement en couleur, soit en Luminance RVB), il faut passer au prétraitement des images dites « brutes ». En effet les images issues des capteurs numériques sont entachées de défauts provenant du capteur lui-même et des optiques utilisées. Pour ces raisons elles sont souvent dénommées « brutes ». Les défauts présents sur ces images doivent être traités pour rendre les images utilisables, et pour éliminer chaque défaut, il faudra prendre d'autres images techniques afin d'effectuer les corrections nécessaires sur les « brutes ».

**Les différents défauts sont :**

1) Les défauts provenant de la chaîne optique se répercutant sur le capteur : le vignettage d'un instrument est le fait que souvent l'image est plus claire au centre

du champ que sur les bords. Ce défaut est fonction de la conception optique de votre imageur, de son obstruction, et du chemin de lumière. La présence de pièces mécaniques sur le chemin optique tels qu'araignées, diviseurs optiques ou autres peuvent donner des ombres sur le capteur, et enfin les poussières qui se déposent sur les capteurs et les filtres vont apparaître sur l'image « brute ».

2). Les défauts provenant du capteur lui-même sont de deux ordres : les pixels chauds se caractérisent par des photosites qui indiquent un signal alors qu'il n'a pas lieu d'être. Cela donne au final des points blancs sur l'image, alors qu'ils devraient être noirs. Le capteur numérique n'étant pas parfait ce défaut est inévitable, il est proportionnel au temps de pose et à la température de prise de vue. Enfin un bruit de lecture qui vient s'ajouter aux informations de l'image elle-même.

La figure 4 (page suivante) montre une image « brute », le vignettage assombrissant les bords est bien visible, ainsi que les poussières et les pixels chauds.

## Correction des défauts : le prétraitement

Nota bene : j'alternerai entre la dénomination française et anglaise des images techniques, car les deux sont couramment utili-

sées, comme souvent plus en Anglais qu'en Français.

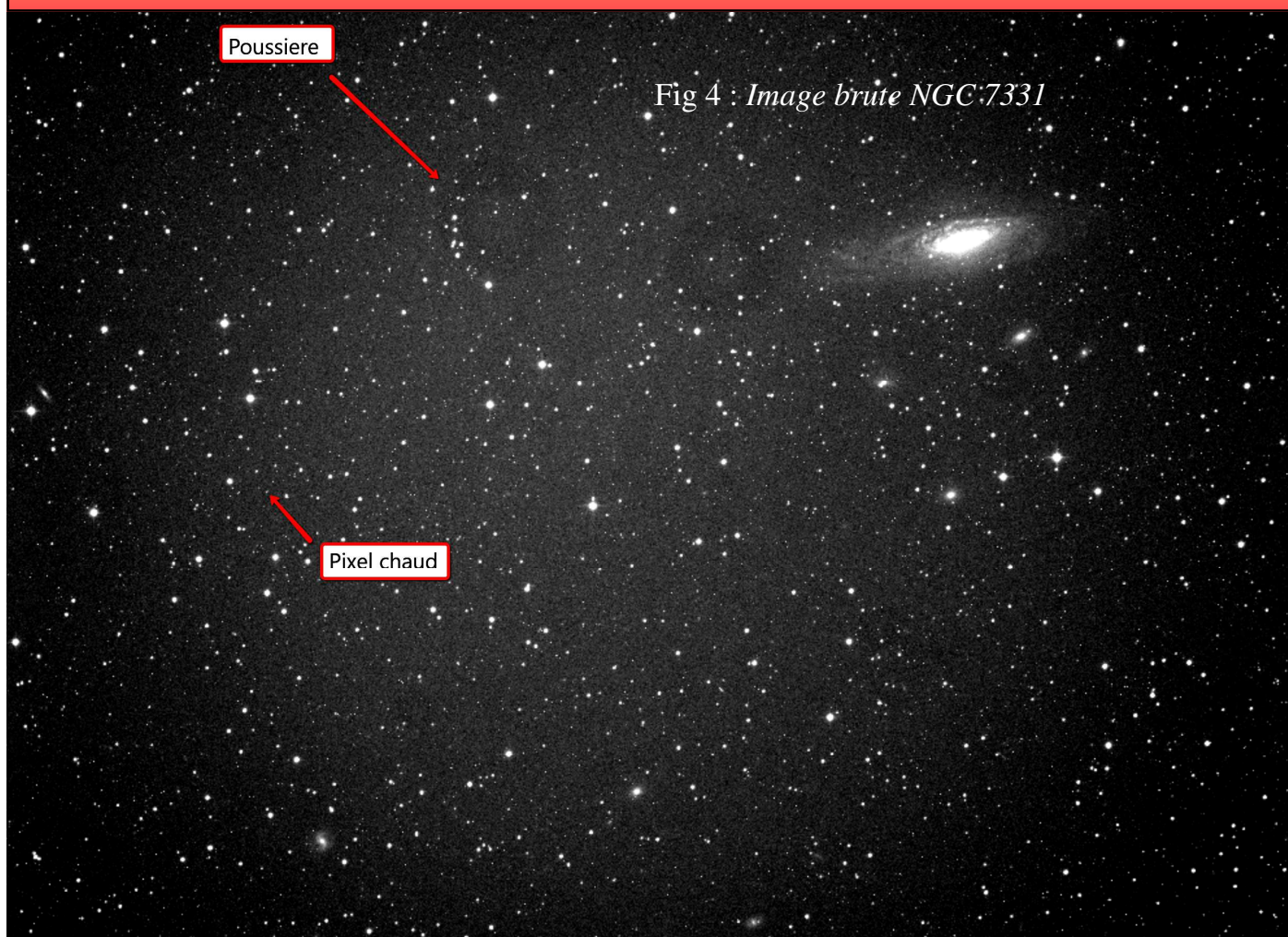
Les défauts sont corrigés par d'autres images techniques chargées de les enregistrer, par exemple pour corriger les défauts engendrés par les optiques (vignettage, poussières et autres obstructions). On va prendre une image d'un écran blanc, ceci a pour but de n'enregistrer que les défauts. Généralement ces images demandent peu de temps de pose (quelques secondes) car la caméra peut vite arriver à saturation. Une valeur de signal maxi à 2/3 de la dynamique est souvent décrite comme une bonne méthode.

Ces images sont appelées image PLU en Français pour « Plage de Lumière Uniforme » ou FLAT en Anglais. Il existe en fait 3 méthodes pour les réaliser : soit une prise de vue sur un écran blanc éclairé de façon indirecte, soit la pose devant le tube de la lunette ou du télescope d'une boîte éclairée appelée « boîte à flat », soit une prise directe sur le ciel au crépuscule ou à l'aube, lorsque la lumière solaire baisse et avant l'apparition des étoiles. Chaque méthode a ses avantages et inconvénients, le débutant privilégiera plutôt les deux premières.

Une procédure commune à chacune des trois méthodes est que la chaîne optique ne doit surtout pas être modifiée : même réglage de focalisation, évidemment même capteur numérique, même orientation dans le support, et j'ajouterai pour le puriste même température, car la dilatation des tubes et optiques va changer la mise au point et in-



## Partie 4: Imager le ciel profond



fluer sur le vignelage.

Dans le cas d'imagerie CCD avec filtres, les flats doivent être réalisés pour chacun d'eux.

Pour les pixels chauds, le principe est un peu le même, on sait que ces pixels sont déviants proportionnellement à la température et à la durée de la pose, on va donc se mettre dans les mêmes conditions de durée et de pose et imager un objet complètement noir (en pratique, on obstrue le tube optique, et on réalise cela de nuit ou dans un observatoire fermé). Il en résultera alors une image montrant uniquement les pixels chauds (ou froids, et oui cela existe aussi !). Cette image est appelée image de NOIR ou DARK (Anglais). Concrètement, si on a pris des poses sur la galaxie

NGC 7331 de durée 5 minutes et à une température de 0°, les NOIRS devront être également pris avec ce temps de pose et cette température. On voit ici un autre avantage des caméras CCD refroidies par rapport aux APN, en effet pour les caméras CCD, le système de refroidissement permet de travailler avec une caméra qui soit toujours à la même température stabilisée. La création d'une bibliothèque de Darks est alors possible, contrairement aux APN qui sont tributaires de la température ambiante des prises de vue.

Le dernier traitement à faire sera celui du bruit de lecture. Pour l'enregistrer il faut prendre une image obturateur fermé avec un temps de pose le plus court

possible (idéalement zéro seconde), sans trop d'importance de température puisque le temps de pose étant très court, les pixels déviants ne se manifesteront pas. Ces images sont appelées BIAS ou OFFSET (en Anglais). Puisque les Bias sont indépendants de la température et du chemin optique, ils peuvent être pris pour plusieurs sessions, en veillant de les renouveler environ une fois par an, en effet des évolutions sur le capteur peuvent apparaître au cours du temps.

Il est à noter que la prise d'une seule image de FLAT, DARK et OFFSET n'est pas correcte, en effet, il faut « moyenner » les images, un défaut peut toujours être présent sur une seule pose, et la prise de plusieurs images

## Partie 4: Imager le ciel profond

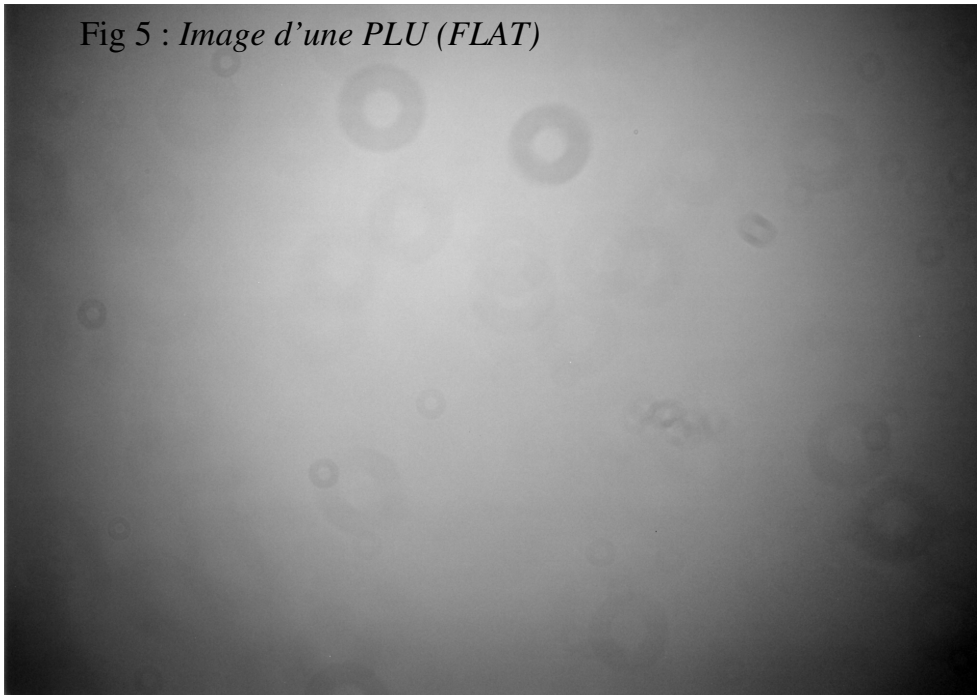
permet de ne pas rajouter du bruit au prétraitement. En pratique une quinzaine de FLATS, une dizaine de DARKS et une vingtaine d'OFFSETS sont de bonnes valeurs. Pour les offsets, certaines écoles préconisent d'en faire beaucoup plus, à tester selon les gains apportés en terme de diminution de bruit sur l'image finale, mais comme les offsets ont un temps de pose nul, il peut être assez rapide d'en prendre beaucoup (ce qui est bien plus pénalisant pour les darks).

Une fois ces images techniques prises, il reste à passer au prétraitement. Tous les logiciels d'astronomie savent faire cela, avec une ergonomie différente, ils emploient tous la formule :

**IMAGE PRETRAITEE =**

Une fois l'image prétraitée réalisée, il faut procéder à sa registration, c'est-à-dire son alignement. En effet pour imager une nébuleuse ou une galaxie, ce n'est pas une seule pose qui est réalisée, mais une multitude de poses fractionnées. Si un autoguidage est en place, et selon la focale employée, ces poses ont en général une durée de 1 à 30 minutes. Le but de ce fractionnement est d'éviter qu'un objet ou un incident ne gâche la photo. Par exemple si on décidait de ne faire qu'une seule pose de 90 minutes sur un objet, et qu'un avion ou un satellite passe dans le champ, tout le travail d'acquisition serait ruiné à cause de cet incident. De même si un câble se débranche ou si un coup de pied malencontreux est donné à la

Fig 5 : Image d'une PLU (FLAT)



monture.

$$\frac{(\text{BRUTE} - \text{OFFSET}) - (\text{DARK} - \text{OFFSET})}{(\text{FLAT} - \text{OFFSET})}$$

La 2<sup>ème</sup> raison de ce fractionnement est qu'il est établi que le bruit dans une image diminue en

fonction du carré du nombre d'images empilées. Concrètement si on fait 16 poses au lieu de 4, on aura diminué le bruit d'un facteur 2. Pour ces raisons il est bien de faire environ 40 poses par cible, au-delà la diminution du bruit est plus difficile à obtenir puisque si l'on voulait encore diminuer le

Image d'un dark, tous ces points blancs n'existent pas réellement

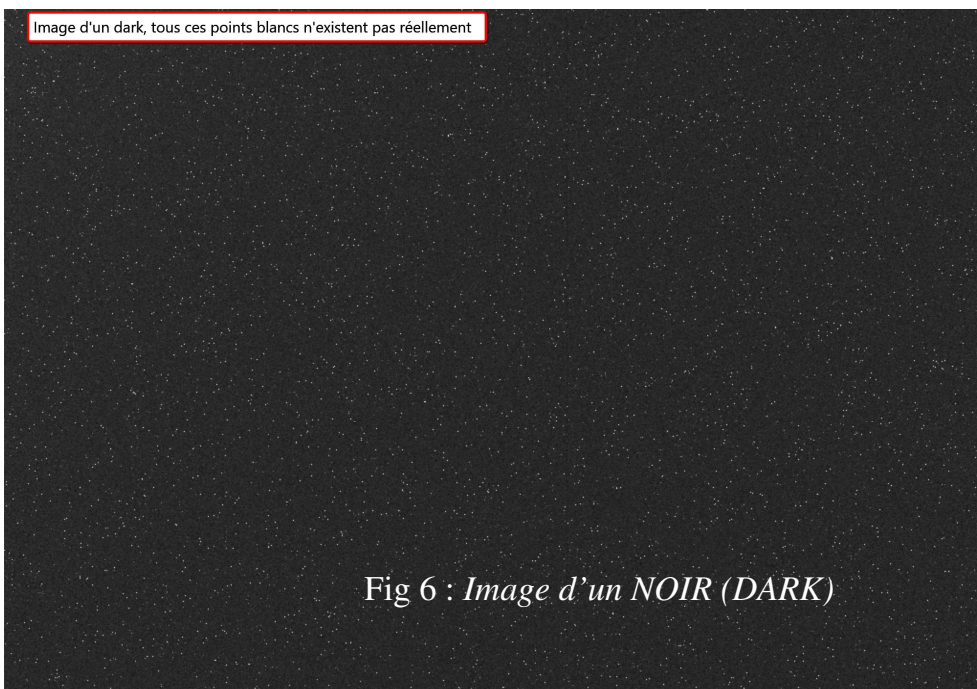


Fig 6 : Image d'un NOIR (DARK)



# Partie 4: Imager le ciel profond

bruit d'un facteur 2, il faudrait faire 4 fois plus de poses, soit 160, ce qui deviendrait très lourd (pour des poses de 3 à 5 minutes).

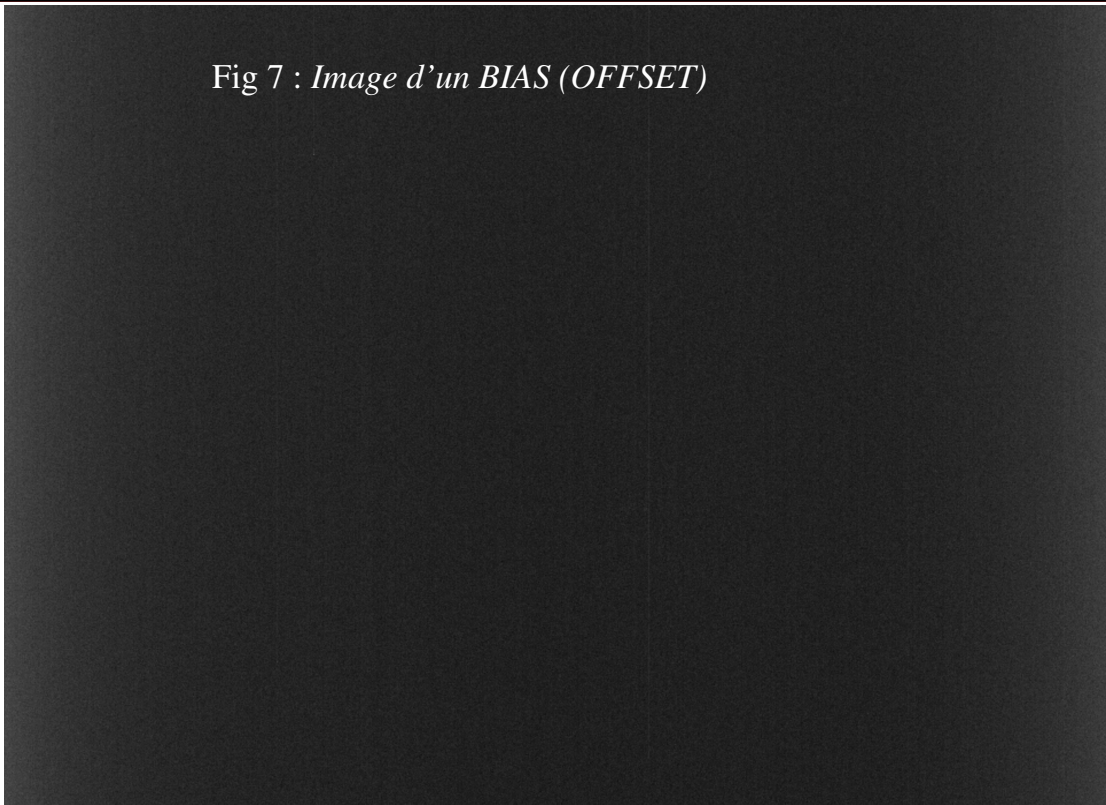
D'un point de vue théorique, pour ce qui concerne le niveau du signal, il est sensiblement identique de faire une pose de 90 minutes ou 30 poses de 3 minutes.

La registration consiste à réaligner les images les unes par rapport aux autres. En effet au cours d'une session d'imagerie, les défauts liés au suivi de la cible font qu'il peut y avoir un décalage entre les images.

Une fois les images alignées, il faut passer à leur empilement, c'est à dire additionner le signal de toutes les poses unitaires. Plusieurs méthodes d'empilement existent, il faudra privilégier les méthodes qui élimineront les pixels déviants ou les informations non désirées comme les rayons cosmiques ou passages de satellites. Toutes ces méthodes sont basées sur une élimination de valeurs trop déviantes d'une moyenne, elle peuvent donner de bien meilleurs résultats qu'une simple addition arithmétique.

Encore une fois tous les logiciels de traitement d'images dédiés à l'astronomie savent réaliser ce travail, avec leurs avanta-

Fig 7 : Image d'un BIAS (OFFSET)



ges et contraintes.

Une fois le prétraitement réalisé, il sera temps de passer au traitement proprement dit, c'est-à-dire l'assemblage des couleurs, et l'extraction du maximum d'information contenue dans l'image,

## Les conseils aux débutants

le traitement « cosmétique » de l'image finale.

Entraînement, entraînement, entraînement ..... c'est le maître mot ! Comme pour tout logiciel, ceux d'acquisition et de traitement d'images astro doivent « s'approprier » petit à petit, au fil du temps les fonctions les plus utiles seront maîtrisées et réalisées automatiquement, les améliorations viendront au gré des

tests et quelquefois des déboires constructifs.

Lors du numéro précédent, j'avais écrit que le sujet de l'auto-guidage serait abordé dans ce chapitre, mais je m'aperçois que ce sujet est bien trop vaste pour être inséré dans un autre, il fera sans doute l'objet d'un chapitre à part.

Le prochain numéro sera consacré au traitement des images astro ciel profond avec Photoshop qui est un logiciel accessible incontournable dans ce domaine.

## Partie 5

# Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop

### Généralités

Comme le chapitre précédent, celui-ci concerne aussi bien les APN que les caméras CCD et Cmos. Il sera question du logiciel Photoshop mais les principes de traitement d'images peuvent être transposés à d'autres logiciels utilisant les masques.

### Caractéristiques d'une image astronomique du ciel profond

Au chapitre précédent nous avons vu comment prétraiter une image, nous sommes partis d'une image dite « brute » pour la corriger des défauts de l'optique en utilisant des images de PLU (Flats in English). Les défauts de bruit de lecture et les pixels chauds ont été traités par les images d'OFFSETS (Bias) et de Noirs (darks). Les images brutes ont été ensuite alignées et empilées. Un assemblage des couches couleur ou des images prises avec des filtres interférentiels a été fait. Nous voilà donc avec une image finale dite « prétraitée » qu'il va falloir améliorer.

A ce stade, il faut maintenant révéler un maximum de détails, et tirer le plus d'informations possibles de cette image, l'embellir, la mettre à son goût,

ce qui peut être quelquefois subjectif. En général la partie de traitement concernant les détails, la diminution du bruit, l'augmentation de la dynamique, tout ce qui est appliqué à l'image sans employer des techniques de retouches est appelée « traitement », tandis que la partie qui emploie des méthodes de modifications directes de l'image (remplacement de couleur, correction au tampon ...) est appelée « cosmétique ».

Une astrophotographie de CP (Ciel Profond) est toujours constituée de 3 parties différentes :

Une zone qui constitue le fond de ciel, qui est logiquement la moins lumineuse.

Une zone comprenant l'objet convoité (nébuleuse, galaxie etc... ) et ses extensions, c'est généralement une zone de faible à très faible lumière, quelquefois d'un niveau à peine supérieur au fond de ciel.

La dernière zone étant constituée des étoiles, c'est-à-dire un haut niveau de lumière, pouvant dépasser la valeur de saturation du capteur.

Les zones de fond de ciel ayant pour caractéristiques d'être très peu lumineuses, elles ont de fait un rapport signal sur bruit S/B très faible. Conséquence : ce sont les zones

les plus bruitées de l'image. Le traitement va consister à débruiter, adoucir ces zones.

Les zones des galaxies / nébuleuses et leurs extensions sont des zones de très faibles lumières, il faudra leur appliquer un processus de rehaussement de la dynamique pour augmenter leur luminosité, et les contraster. Pareillement aux zones de fond de ciel, elles nécessiteront une réduction du bruit, mais comme en plus ce sont généralement des zones où on va chercher à avoir le maximum de détails, il faudra accentuer les détails dans les parties les plus lumineuses (les parties présentant le plus grand rapport S/B ), tout en maîtrisant l'augmentation du bruit généré. En effet toute action d'accentuation de détails va inexorablement augmenter le bruit, toute la difficulté sera d'avoir plus de détails tout en restant à un niveau de bruit acceptable.

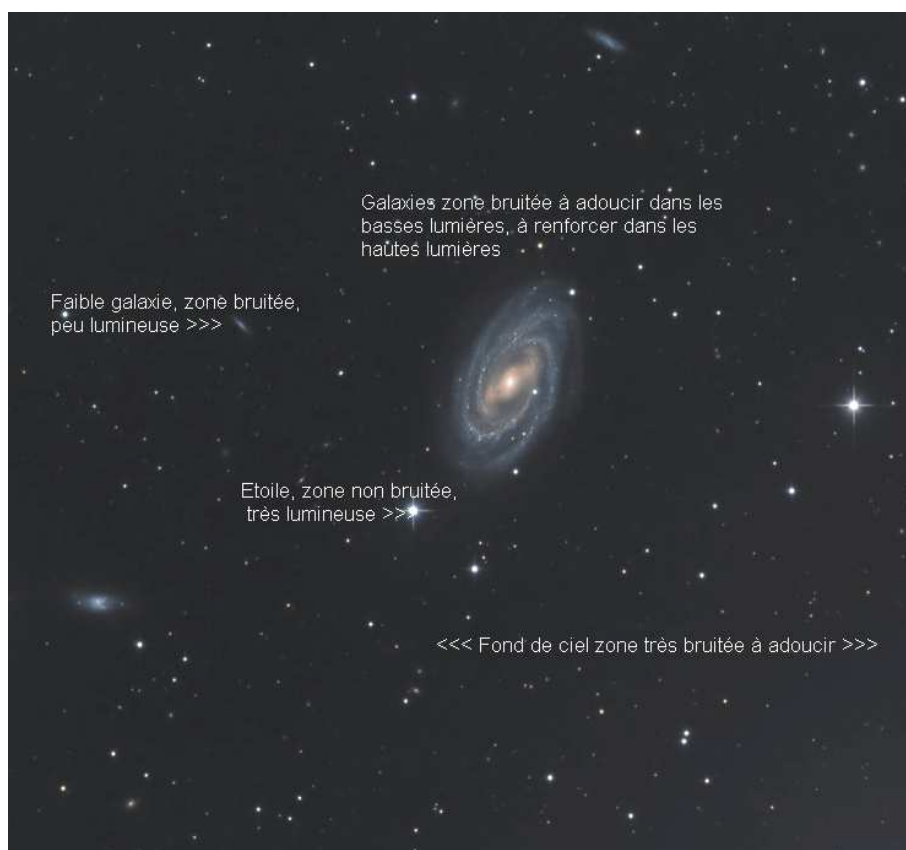
Les zones comprenant les étoiles sont les plus lumineuses, elles ont un rapport S/B élevé, certaines étoiles auront besoin d'un traitement spécifique comme une correction de leur halo, une réduction de leur diamètre, une saturation de leur couleur, un réglage de l'histogramme.

Fig 1 : Une image avant traitement de la galaxie M109.

(haut page suivante)



# Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop



Pour ces raisons, le traitement d'une image va consister à avoir une action sur chacune de ces 3 zones. En résumé : débruiter le fond de ciel, renforcer la dynamique et les détails des galaxies/nébuleuses, atténuer, colorer les étoiles. Compte tenu des particularités de chaque zone, ces traitements ne pourront être appliqués sur l'ensemble de l'image.

Par exemple si une réduction de bruit est appliquée sur toute l'image sans que la cible soit protégée par un moyen quelconque, des détails seront perdus alors que précisément pour la cible notre souhait est d'avoir un maximum de détails.

A l'inverse une augmentation de détails sur la totalité de l'image sans protéger le fond de ciel va rendre le fond de ciel

encore plus bruité que son état d'origine, là encore on a tout faux.

C'est là qu'intervient toute la puissance d'un logiciel comme Photoshop permettant de travailler avec des calques et des masques.

## Le logiciel Photoshop

Photoshop est un des logiciels les plus employés en retouche d'image numérique, sa diffusion grand public a permis à la communauté d'astrophotographes de l'utiliser aisément pour le traitement de leurs clichés. Je ne parlerai pas ici du principe général de l'utilisation de ce logiciel, mais je rappelle

simplement qu'il fonctionne avec des calques, une image finale étant la résultante de la superposition de ces calques. Il existe énormément de ressources sur ce sujet facilement accessibles dans des sites et tutoriels internet.

Une connaissance minimale de ces bases est nécessaire pour ce qui suit.

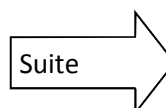
Pour nos besoins en astrophotographie, il n'est pas nécessaire d'avoir la dernière version du logiciel, une version du type CS 2 sera amplement suffisante.

## Traitement d'une zone

Pour pouvoir traiter une zone, nous avons vu qu'il faut pouvoir l'isoler du reste de l'image. Il existe dans Photoshop au moins deux façons de faire :

- \* La sélection d'une zone manuelle ou par plage de couleur.
- \* Le traitement par masque de fusion.

Les deux méthodes peuvent avoir leur utilité selon les cas. Les sélections directes et par plages de couleurs étant les plus basiques, elles seront abordées en premier dans ce chapitre, tandis que le traitement par masque de fusion bien plus puissant sera vu au prochain chapitre.



# Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop

## Sélection manuelle

Réglages des outils de sélection (voir fig 2) :

1 Dans la boîte à outils, sélectionner le lasso.

2 Dans le choix du mode de sélection, il est proposé 4 modes différents. En les survolant avec la souris, une information apparaît pour chaque mode. Les 3 premiers sont les plus utiles :

*Nouvelle sélection*

*Ajouter à la sélection*

*Soustraire à la sélection*

*Nouvelle sélection* permet de sélectionner une zone de l'image en effaçant la sélection précédente.

*Ajouter à la sélection* permet de réaliser des sélections multiples, par exemple : une galaxie, puis une supplémentaire, puis encore une autre etc...

*Soustraire à la sélection* permet de supprimer une sélection existante. Par exemple j'ai sélectionné toutes les étoiles, il y en a une que je ne veux pas inclure, je la soustrais avec cet outil.

Concrètement je souhaite sélectionner la galaxie M109 (fig 3) :

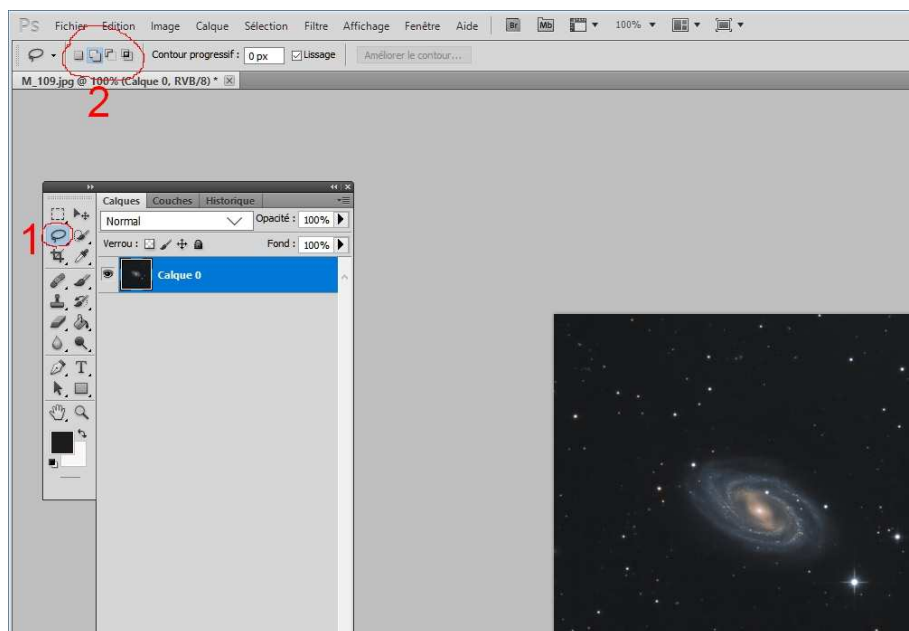


Fig 2 : Réglages des outils de sélection

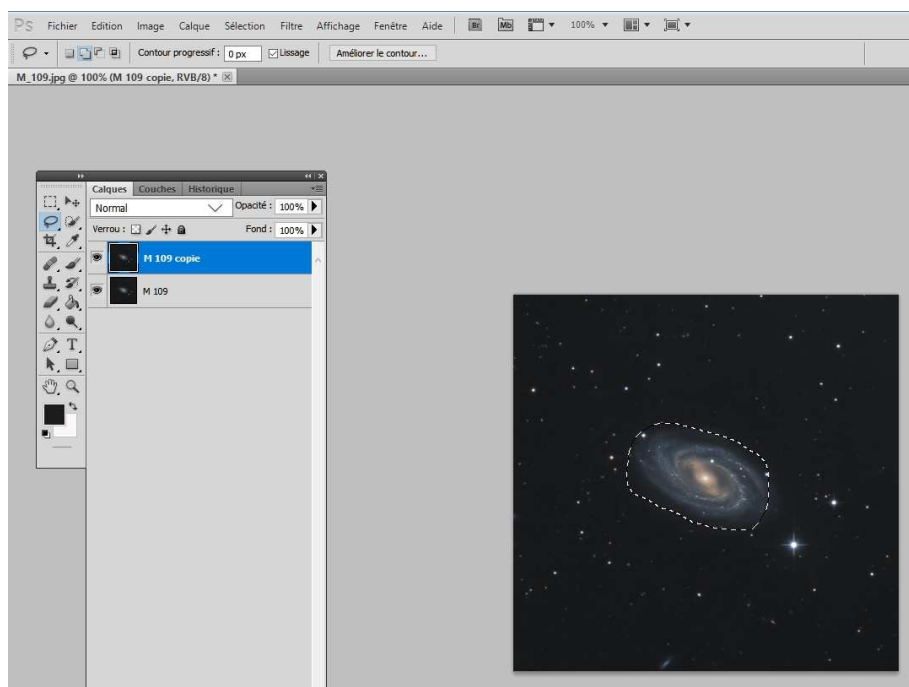


Fig 3 : Sélection de la galaxie M109

# Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop

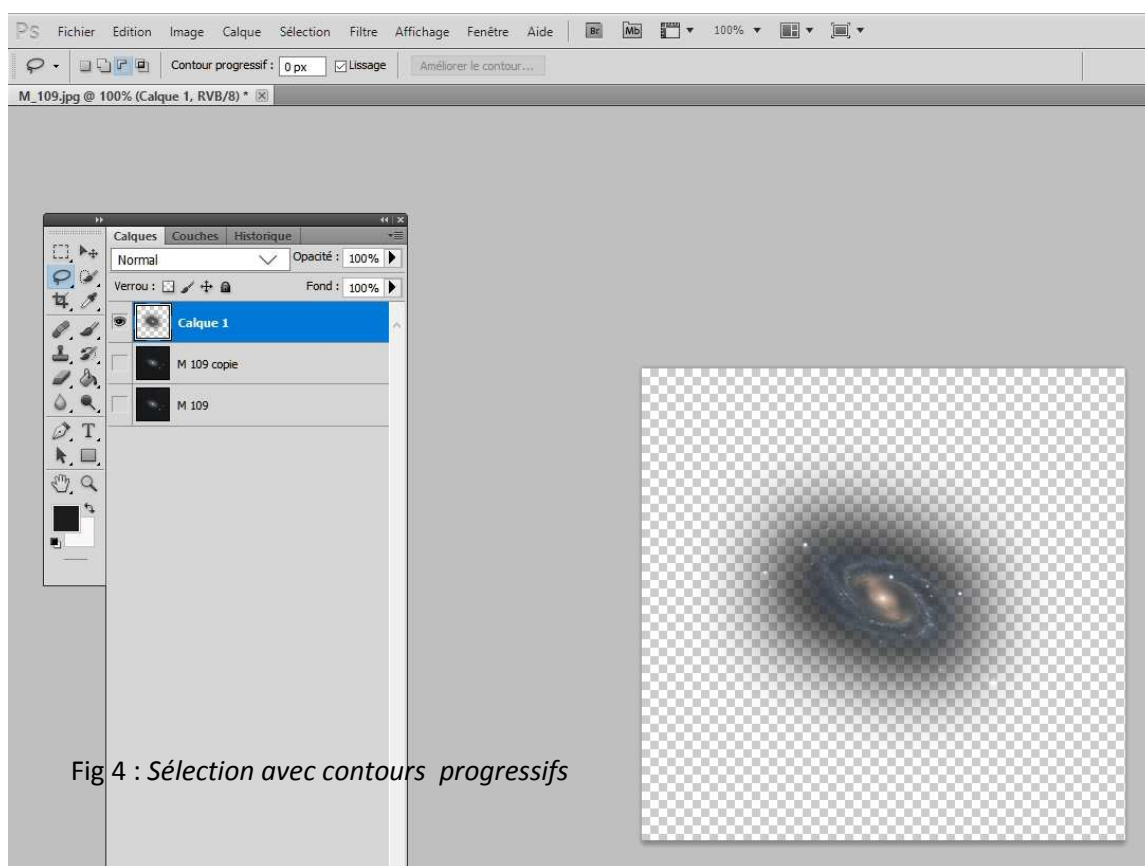


Fig 4 : Sélection avec contours progressifs

- ◆ Mettre le focus sur le calque voulu, ici le *M 109 copie*.
- ◆ Sélectionner le lasso dans la boîte à outils.
- ◆ Sélectionner *Ajouter à la sélection* dans les options de sélection.
- ◆ Avec le lasso faire un « clic droit » et entourer la galaxie sans relâcher la souris, relâcher le bouton droit lorsque la sélection est terminée.

Le résultat doit ressembler à la figure 3 page précédente :

La galaxie est sélectionnée, cela est matérialisé par les pointillés l'entourant. Si je veux

sélectionner une deuxième galaxie, comme mon réglage est sur *Ajouter à la sélection*, je réitère la même opération sur une autre partie de l'image.

Nous pourrions en rester là mais la pratique montre qu'une sélection trop franche d'un objet donne de très mauvais résultats. Les transitions sont en effet trop visibles, pour améliorer cela il faut utiliser un contour progressif de sélection.

Pour ce faire, dans la barre de menu, aller dans l'onglet sélection, dérouler la liste faire dans un premier temps *Modifier*, puis *dilater*. Pour cette galaxie, je règle dilater à 30 pixels. Nous venons simplement d'augmenter la taille de la sélection. Maintenant pour la rendre

progressive, il faut faire *Sélection >>> Modifier >>> Contour progressif* et là encore mettre le réglage à 30 pixels.

Une fois cette manip réalisée, copier la sélection et la coller dans la pile de calques. Vous devriez obtenir une belle image de la seule galaxie avec des transitions très douces comme à la figure 4.

Nota : les calques M109 et M109 copies ont été désactivés pour bien voir le résultat.

Maintenant il ne reste plus qu'à appliquer le traitement voulu sur ce calque, par exemple une augmentation des lumières, et seule cette partie de l'image sera traitée sans en affecter le reste, le fond de ciel restera strictement identique.

# Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop

## Sélection par plage de couleur

La sélection par plage de couleur est une sélection automatique des pixels (et donc éventuellement des objets) dans une image. Son principe est simple : on sélectionne une zone de l'image avec la pipette, et une proposition de sélection apparaît automatiquement, celle qui est la plus proche des caractéristiques de couleur de la plage initiale.

1. Sélectionner l'outil pipette, dans les options régler l'échantillonnage à 3 pixels.
2. Amener la pipette dans l'image, et faire un clic droit pour «prélever un échantillon», ici le fond de ciel.
3. Aller dans le menu déroulant de Sélection, et choisir «plage de couleur».
4. Une fenêtre «plage de couleur» apparaît. Régler la tolérance à une valeur qui convient, cela permet de prendre plus ou moins d'objets dans le champ.
5. Visionner le résultat. En blanc c'est ce qui est sélectionné, en noir ce qui ne l'est pas.
6. Cliquer sur « ok » lorsque la sélection vous convient, vous devriez avoir une image similaire à celle de la figure 6.

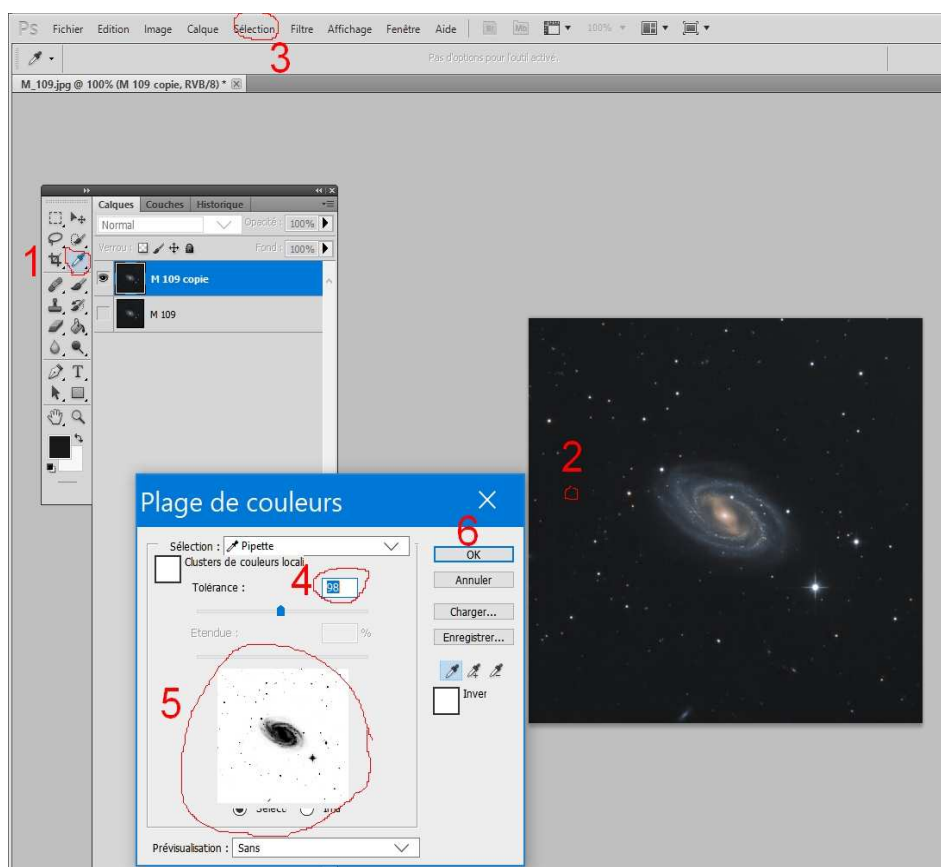


Fig 5 : Sélection par plage de couleur



Fig 6 : Sélection du fond de ciel par plage de couleur, résultat



# Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop

Copier ensuite la sélection et la coller dans la pile de calques :

Voir figure 7.

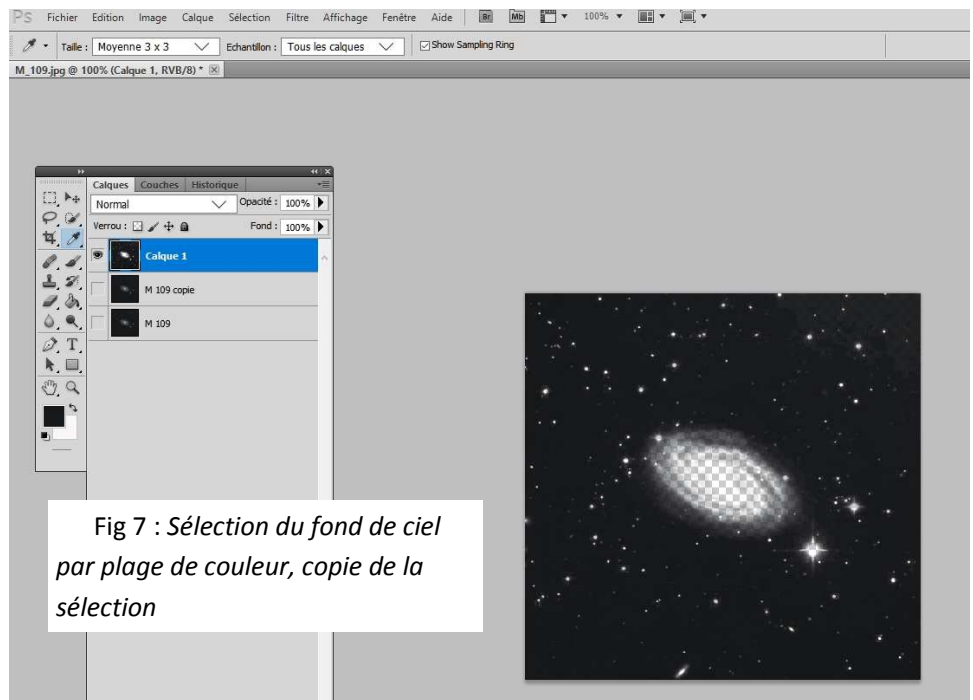
Nous voici maintenant avec un calque qui ne contient que le fond de ciel. Les étoiles et la galaxie ne seront pas affectées par un traitement du fond de ciel.

Il est à noter que la sélection avec la pipette aurait tout aussi bien pu être faite sur une étoile, ce qui aurait eu pour conséquence de sélectionner toutes les étoiles. Elle aurait pu également se faire sur une zone de la galaxie qui aurait donné comme résultat une sélection de la ou des galaxies.

Il faut aussi garder en tête qu'une fois la sélection faite, on peut également la modifier exactement comme si on était en mode manuel, c'est-à-dire additionner, soustraire à la sélection, dilater, contracter, ajouter des contours progressifs etc... Cela donne une énorme souplesse dans le processus de sélection.

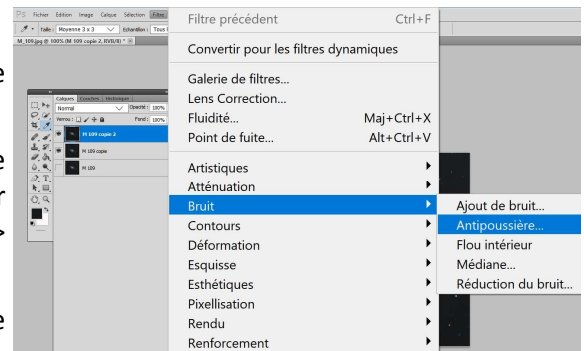
## Un procédé redoutable de sélection d'étoiles

Il a été vu plus haut que la sélection des étoiles est possible par la plage de couleur. Cette méthode a ses limites car dans une image les étoiles peuvent avoir des niveaux lumineux très différents, certaines vont être saturées alors que d'autres seront à peine visibles. Un autre problème est qu'avec cette méthode certaines parties des galaxies peuvent être sélectionnées en même temps que les étoiles. C'est une

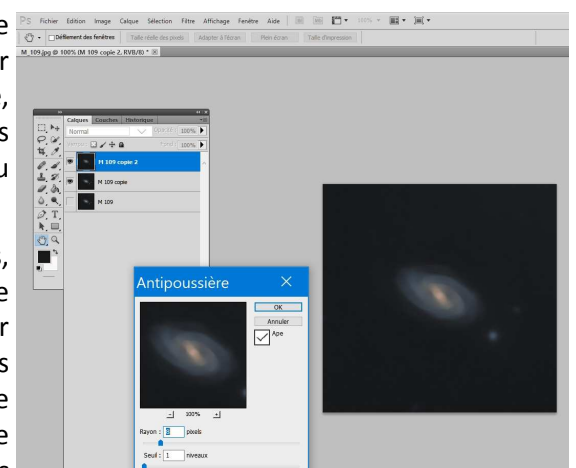


méthode de base qui peut convenir, mais nous allons voir une façon bien plus efficace de ne sélectionner que les étoiles, et avec de bon réglages, vraiment que les étoiles.

1. Copier 2 fois le calque (CTRL + J) (CTRL + J)
2. Mettre le focus dans le calque du haut, et aller dans Filtre >>> Bruit >>> Antipoussières.
3. Régler le rayon pour ne plus voir que la galaxie floue, presque sans aucune étoile.
4. Cliquer sur OK.



5. Revenir dans le calque M109 copie 2, et le passer en mode différence, l'image ne montre plus que les étoiles et un peu de galaxie.
6. Aller dans couches, mettre le focus sur chaque couche et sélectionner celle qui montre le plus d'étoiles et le moins de galaxies, ici c'est la couche bleue, faire ensuite un clic droit et cliquer sur « dupliquer cette couche ».



# Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop

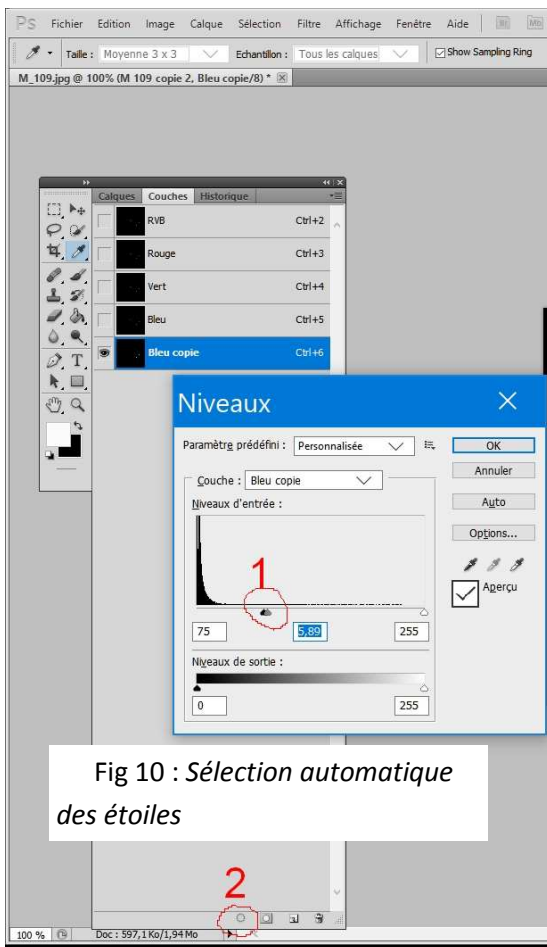


Fig 10 : Sélection automatique des étoiles

7. Sélectionner la couche dupliquée, ouvrir la fenêtre des niveaux (CTRL + L) et régler les 2 flèches de gauche pour avoir des étoiles bien blanches, cliquer sur OK, puis cliquer sur le cercle blanc marqué 2 dans la figure 10.

8. Cette action a créé une sélection automatique des étoiles, revenir maintenant dans l'onglet calques, supprimer le calque «M 109 copie 2» qui n'a plus d'utilité, faire un focus sur le calque «M 109 copie», la sélection est toujours là. S'agissant des étoiles, pour améliorer leur transition, on peut appliquer à ce stade une dilatation de 2 pixels, ainsi qu'un contour progressif de 2 pixels, faire ensuite un copier (CTRL + C), et coller (CTRL + V) de la sélection.

Nota : pour mieux visualiser les

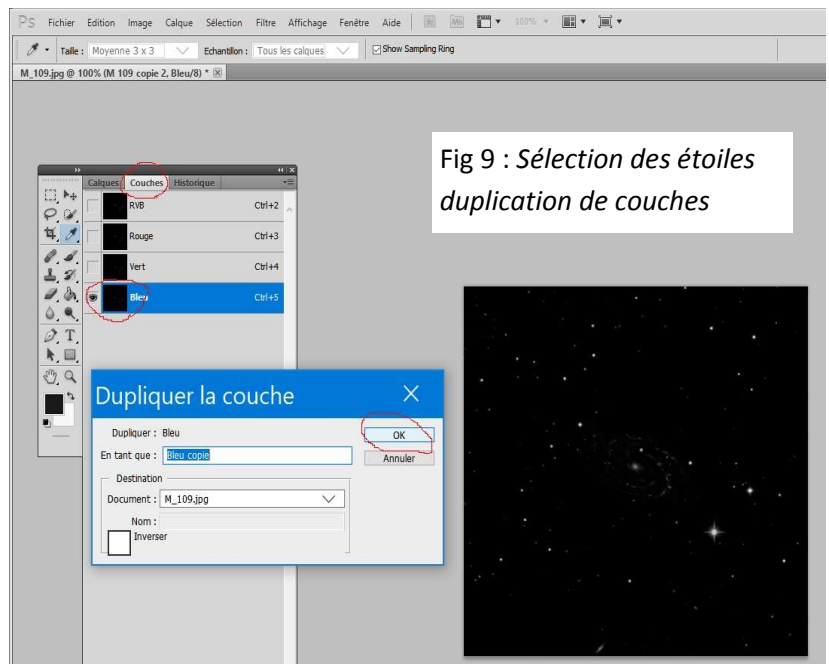


Fig 9 : Sélection des étoiles duplication de couches

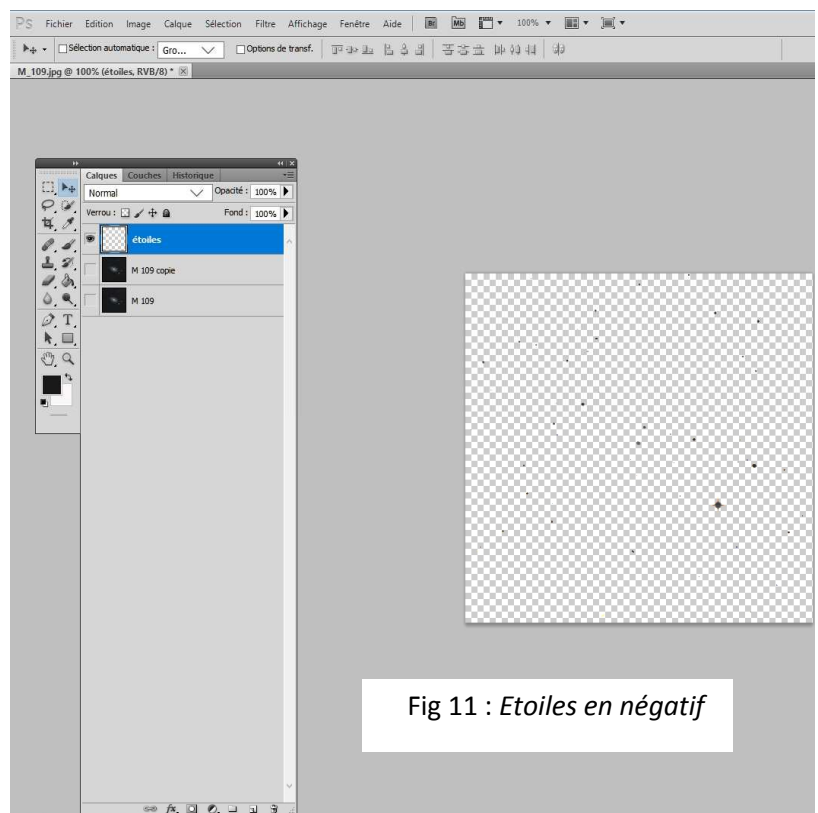
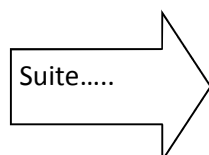


Fig 11 : Etoiles en négatif

étoiles, dans cet exemple je les ai mises en négatif. (Fig 11)

9. Nous avons maintenant un calque avec uniquement les étoiles aux contours adoucis que nous pouvons traiter sans affecter le reste de l'image.



# Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop

## Sélections : les bonus

Quelques astuces bien utiles concernant les sélections :

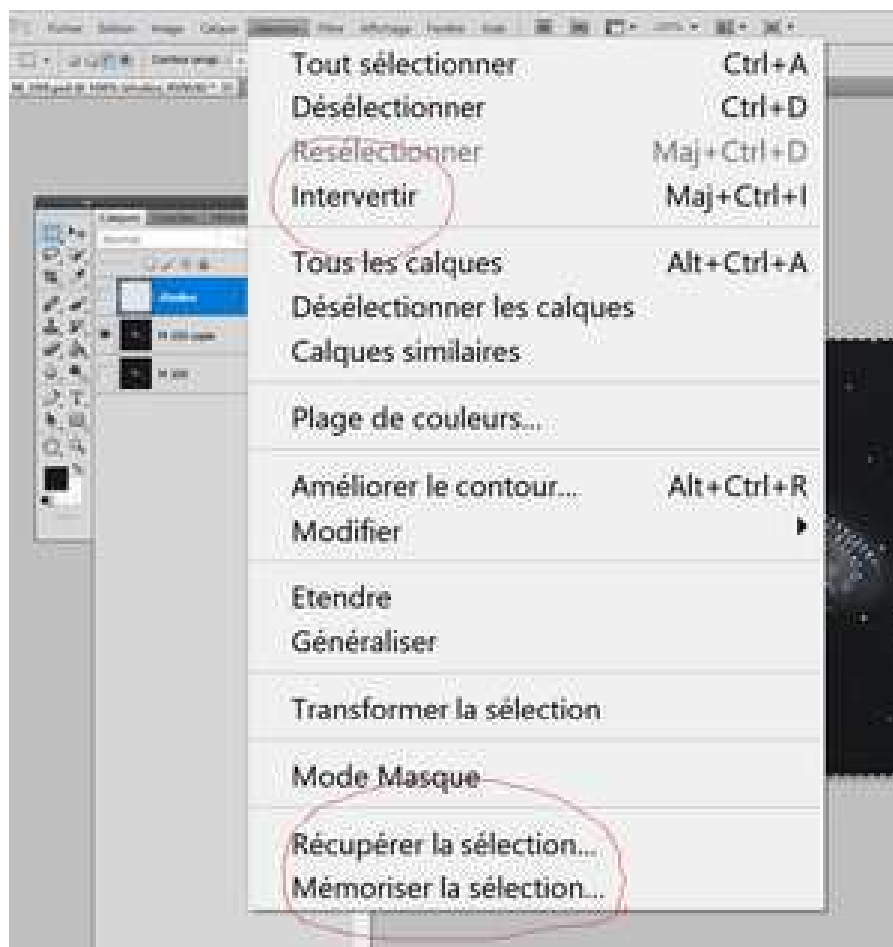
À partir du menu sélection une liste propose des fonctions qui peuvent être bien utiles, trois d'entre elles sont souvent utilisées.

*Intervertir la sélection* permet tout simplement d'inverser une sélection, exemple : je sélectionne uniquement le fond de ciel, si j'applique *intervertir la sélection*, le résultat sera une sélection de tout ce qui n'est pas fond de ciel, donc les étoiles + les galaxies et nébuleuses.

*Mémoriser la sélection* est bien pratique pour garder en mémoire une sélection, c'est même indispensable car bien souvent il faudra revenir sur des traitements. Si par exemple les étoiles ne conviennent pas en fin de traitement, il est bien plus simple de reprendre une sélection des étoiles existantes plutôt que de refaire tout le processus de sélection d'étoiles.

Il est très utile également de donner un nom très explicite à la sélection mémorisée, si la sélection correspond à des étoiles, pourquoi ne pas la nommer tout simplement « étoiles » ?

*Récupérer la sélection* permet de reprendre une sélection mémorisée, d'où l'intérêt du nom explicite vu plus haut.



## Les raccourcis clavier

Il est également pratique d'utiliser quelques raccourcis clavier :

Ctrl+D >> Désélectionner

Maj+Ctrl+D >> Resélectionner

Maj+Ctrl+i >> Intervertir la sélection

Ctrl+H >> faire apparaître / disparaître la sélection, c'est utile si les pointillés de la sélection gênent la vision du traitement appliqué, mais attention seuls les pointillés de la sélection disparaissent, pas la sélection elle-même, ce qui peut porter à confusion.

## Conseils aux débutants

Arrivés au terme de ce chapitre, on a les bases pour pouvoir traiter le fond de ciel, les étoiles, et les galaxies ou nébuleuses de façon dissociée. Maintenant seule la pratique permettra de trouver et d'affiner les réglages.

L'essentiel est de bien comprendre ce que l'on fait. Photoshop est un outil formidable pour le traitement des images numériques, les différentes fonctions offertes notamment avec la gestion des calques font qu'il n'y a pas une méthode unique pour arriver à ses fins, la trame est souvent

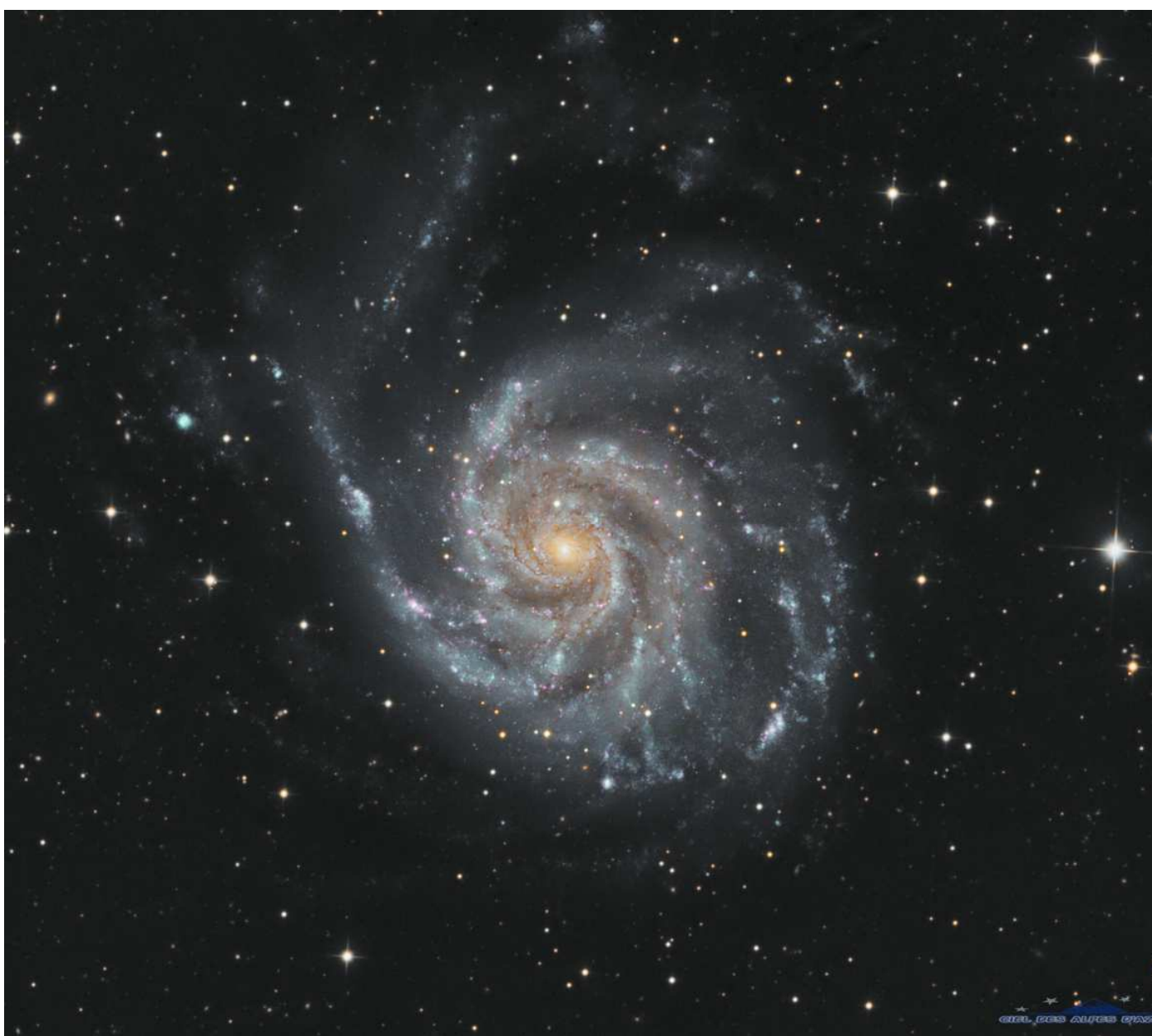
## Traitement images numériques du ciel profond avec Photoshop

grossièrement la même, mais le détail des réglages peut être différent.

Bien comprendre ce que l'on fait permet presque d'inventer ses propres techniques, de tester des processus et de valider ou pas.

Fréquemment toute la problématique d'un traitement d'image se résume à la gestion du bruit, comment faire pour accentuer les détails sans en augmenter trop le bruit. Photoshop permet de résoudre en partie l'équation, mais ce n'est pas pour autant un magicien, c'est également à nous de fixer les limites pour que l'image finale soit harmonieuse, sans transitions visibles.

La prochaine partie sera consacrée au traitement des images avec les masques de fusion de Photoshop. C'est là encore une autre méthode à mon avis encore plus puissante pour réaliser des transitions invisibles dans une image ou appliquer des traitements de façon non linéaire.



*Galaxie M101 dans la Grande Ourse, télescope Astrosib 360, Jean-Claude MARIO*



# Partie 6 :

## Les masques de fusion avec Photoshop

### Introduction

Dans le chapitre précédent nous avons vu quelles étaient les caractéristiques d'une image photographique du ciel profond, mis l'accent sur la nécessité de traiter séparément certaines parties et utilisé une méthode de sélection d'image avec des contours progressifs. Dans cette dernière partie nous allons voir une autre fonctionnalité de Photoshop permettant également de ne traiter qu'une partie du signal d'une image.

### Les masques de fusion avec Photoshop

Pour rappel une image photographique du ciel profond est généralement constituée de 3 éléments ayant chacun des caractéristiques différentes :

- ◆ Les étoiles brillantes et peu bruitées.
- ◆ La cible (galaxie, nébuleuse ...) peu brillante avec un rapport signal/bruit assez faible.
- ◆ Le fond de ciel très bruité avec un rsb faible.

Le but d'un traitement d'image est de tirer le maximum de détails dans les parties intéressantes sans en augmenter le bruit, et de diminuer ce bruit dans les parties sombres ou intermédiaires.

L'utilisation des sélections vues dans la partie 5 permet de ne travailler qu'une partie de l'image. Avec la méthode des masques de fusion nous allons travailler sur toute l'image, et ce n'est qu'ensuite que le traitement sera appliqué que sur la partie voulue.

Le principe d'un masque de fusion est le suivant :

- ◆ On part d'une image d'origine que l'on duplique.
- ◆ On applique un traitement sur l'image dupliquée (accentuation des détails, adoucissement, etc.)
- ◆ On applique un masque qui va filtrer les informations de l'image dupliquée vers l'image d'origine.

Le masque lui-même est toujours

noir et blanc. La plupart du temps les parties blanches du masque laissent passer l'information, alors que les parties noires les coupent. Entre les deux c'est progressif, on peut avoir l'inverse, il suffit de régler Photoshop en ce sens, mais il est d'usage de laisser ce réglage et de bien mémoriser :



**BLANC = LE SIGNAL PASSE**

**NOIR = LE SIGNAL EST BLOQUÉ**

**GRIS = LE SIGNAL EST ATTÉNUÉ LINÉAIREMENT**

L'application d'un masque de fusion à une image se fait en cliquant sur le petit symbole en pointillé de forme circulaire. Il faut tout d'abord sélectionner le calque auquel on veut appliquer le masque et cliquer ensuite sur le symbole. Un carré blanc devrait apparaître à droite du calque comme le montre la figure 1.

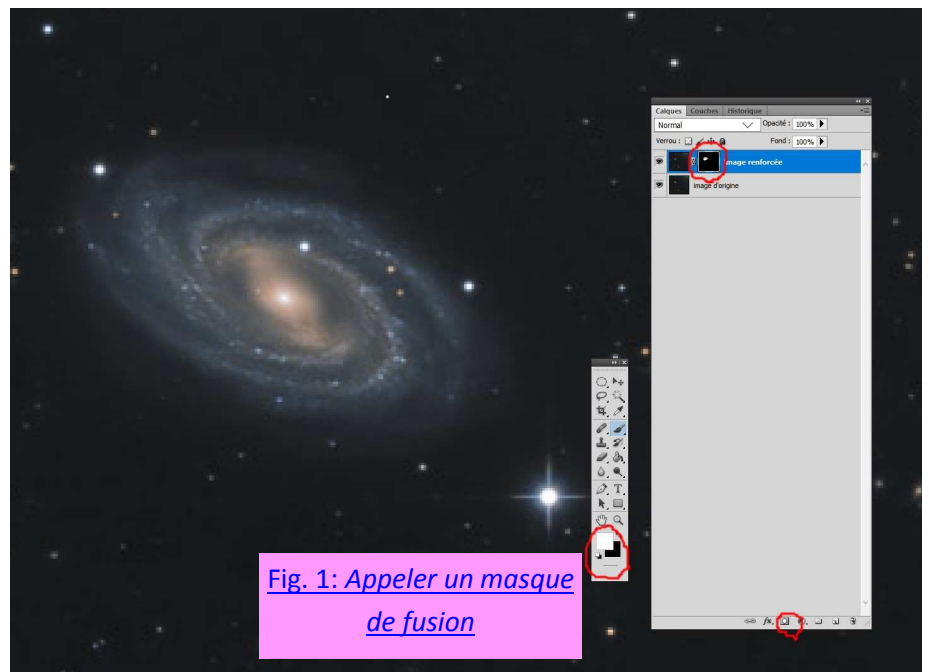


Fig. 1: Appeler un masque de fusion

# Partie 6 :

## Les masques de fusion avec Photoshop

Pour l'instant ce masque de fusion est totalement blanc, il laisse donc complètement passer le signal, pas beaucoup d'intérêt, mais voyons ce cas plus concret : on part d'une image d'origine, que l'on copie (CTRL + C), on applique un renforcement des détails sur la copie, on « appelle » un masque de fusion.

Il faut maintenant inverser la couleur du masque de fusion pour le rendre complètement noir (CTRL + I), ensuite sélectionner le pinceau dans la boîte à outils, sélectionner la couleur blanche et « peindre » le masque de fusion en blanc. Toutes les parties blanches du masque vont laisser passer l'image renforcée, alors que les parties noires vont la bloquer.

Voir la figure 2 ci-contre.

[Voici donc une méthode pour n'augmenter uniquement que les détails dans les bras de la galaxie. Cette méthode a un avantage et un inconvénient : l'avantage est que l'on cible vraiment les détails que l'on veut accentuer, l'inconvénient est que c'est une méthode manuelle qui peut prendre un certain temps s'il y a beaucoup de zones à renforcer dans l'image. De plus la transition \(bien que réglable en agressivité\) peut être assez franche.](#)

Il existe une alternative beaucoup plus aboutie qui est ce que l'on appelle le « masque de fusion intelligent ». Son principe est assez simple : on utilise comme masque

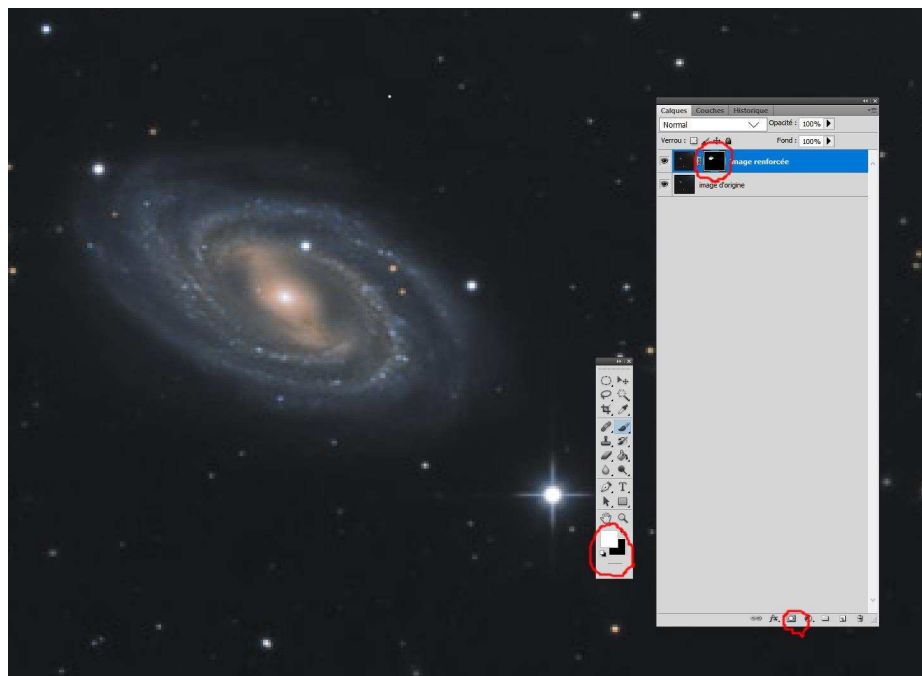


Fig. 2 : Renforcement des détails par masque de fusion

de fusion l'image elle-même que l'on travaille avec des courbes, niveaux ou autres pour obtenir le résultat souhaité.

Prenons un autre exemple de traitement : débruiter le fond de ciel tout en préservant les détails de la galaxie. Pour ce faire, en partant d'une image d'origine, le processus est le suivant :

- ◆ Ouvrir l'image, c'est le calque « image d'origine ».
- ◆ Copier ce calque (CTRL + J) et le renommer « fond de ciel ».
- ◆ Appliquer un flou gaussien pour débruiter l'image « fond de ciel ».
- ◆ Appeler un masque de fusion (petit symbole rond au bas de l'onglet calque).

- ◆ Revenir sur le calque d'origine, le sélectionner (CTRL + A), le copier (CTRL + C), ouvrir le masque de fusion (ALT + clic sur le masque de fusion) et coller le calque d'origine dans le masque de fusion (CTRL + V).

- ◆ Inverser le masque de fusion (CTRL + I) pour obtenir une image négative avec le fond de ciel blanc et la galaxie noire.

A ce stade vous devriez avoir des fenêtres semblables à la figure 3 page suivante.

[Ici la galaxie n'est pas complètement sombre et le fond de ciel pas complètement blanc. Pour un meilleur résultat, il faut travailler ce masque avec des courbes et niveaux afin d'obtenir un résultat](#)

# Partie 6 :

## Les masques de fusion avec Photoshop

[plus progressif, c'est ce qui a été fait à la figure 4.](#)

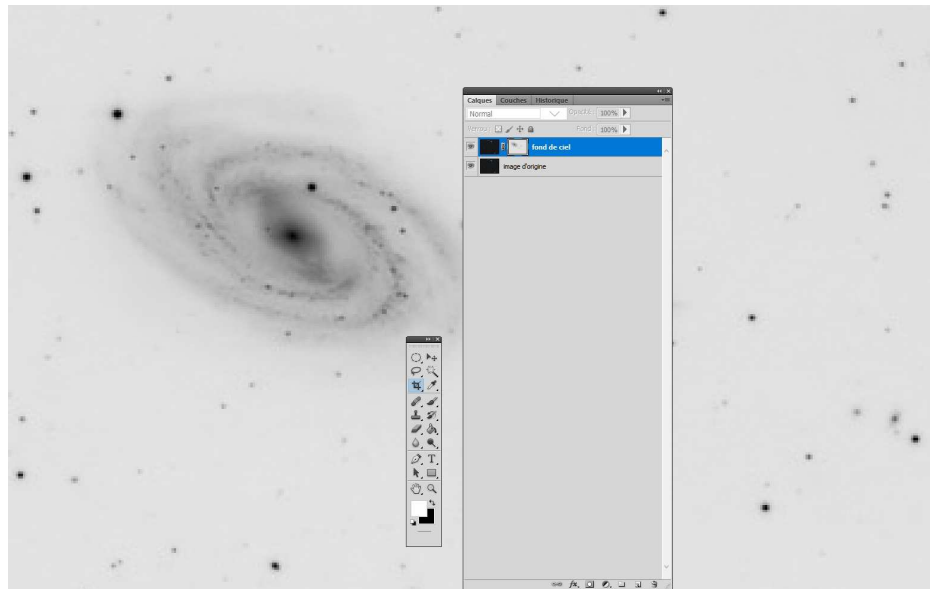
Voilà un bel exemple de traitement « intelligent » du signal. Les parties complètement noires bloquent la modification d'adoucissement de l'image, tandis que les parties blanches laissent complètement passer le fond de ciel adouci. Les parties grises quant à elles laissent passer les informations au prorata de leur luminosité.

Rien n'empêche de retoucher également ponctuellement avec le pinceau certaines parties comme vu précédemment.

Une fois comprise la philosophie des masques de fusion, ceux-ci deviennent des outils très pratiques pour de nombreux cas de traitement d'image. Leur puissance tient dans le fait que seules les parties voulues d'une image sont traitées.

Les applications les plus courantes sont les accentuations de détails, les adoucissements de fond de ciel, les augmentations de luminosité de nébuleuses ou galaxies, les saturations en couleur d'étoiles. En fait la liste est longue et c'est au pratiquant du logiciel de s'inventer ses propres applications.

Une autre application très intéressante est la fusion d'images à forte dynamique. Un cas d'école est la nébuleuse d'Orion qui présente un cœur très lumineux et des extensions beaucoup plus faibles. La technique couramment employée est alors de faire des



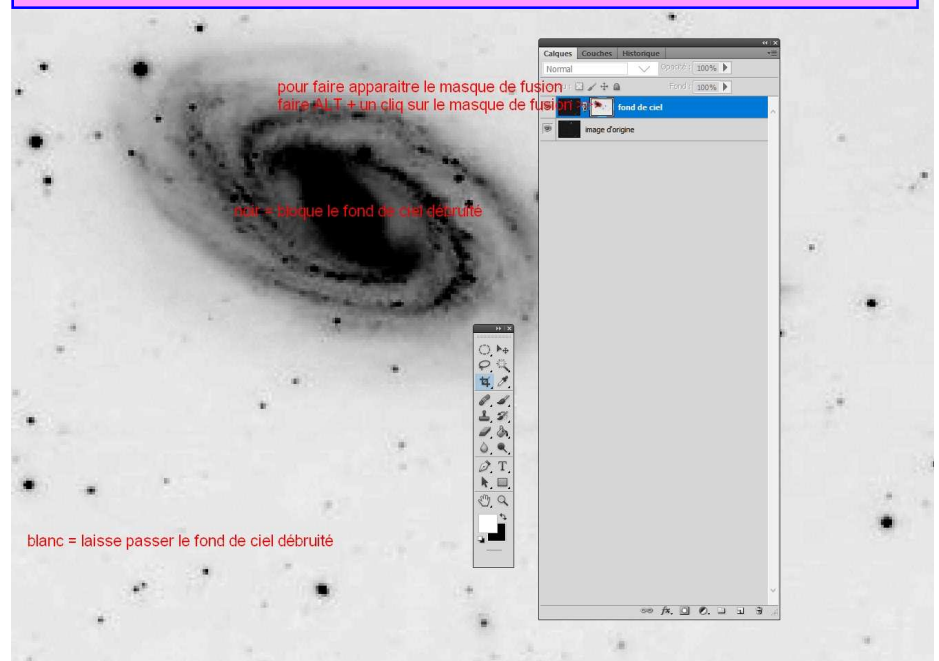
[Fig. 3 : Diminution du bruit de fond de ciel par masque de fusion](#)

poses courtes pour ne pas saturer le cœur et des poses plus longues pour les extensions, l'assemblage final se faisant pas masque de fusion ...

La clé de l'utilisation des masques de fusion passe par une bonne

compréhension de l'influence des actions faites. Des ressources orientées sur leurs applications en astrophoto sont accessibles sur le net.

[Fig. 4 : Courbes et niveaux sur le masque de fusion](#)





# Conclusion

Nous voilà rendus à la fin de cet ouvrage, j'espère qu'il vous aura été utile et si vous y avez trouvé certaines réponses, alors le but sera atteint.

La clé de la réussite sera d'avoir une pratique assez régulière pour ne pas perdre l'expérience acquise au fil des nuits, mais surtout il ne faudra jamais que cela devienne une contrainte, cela devra toujours rester un plaisir, c'est à cette condition que vous aurez envie de progresser, d'y consacrer du temps.

Gardez tout de même à l'esprit que les meilleurs astrophotographes ne sont pas parvenus à leur niveau du jour au lendemain, l'astrophotographie est école de patience, il est tout à fait normal que vos premières images n'aient pas le même rendu.

Mais il y a une chose dont je suis certain, c'est que malgré le décalage qu'il pourra y avoir entre vos images et celles des meilleurs, vous serez tout aussi fiers et émerveillés de découvrir vos réalisations, et cela à juste titre. L'important n'est certainement pas de faire la "meilleure" image, l'important est de faire le mieux possible avec le matériel que l'on a, rien n'est plus gratifiant que d'atteindre les limites de son matériel.

C'est maintenant à vous de jouer.

**Jean-Claude Mario**

