

# NGC 69

La Nouvelle Gazette du Club



N° 60

# La Photographie numérique en Astronomie

## II

J.Paul ROUX

Suite à l'article très complet d'Olivier sur le précédent NGC, je voudrais ici vous faire part de mes premières impressions avec le coolpix 990.



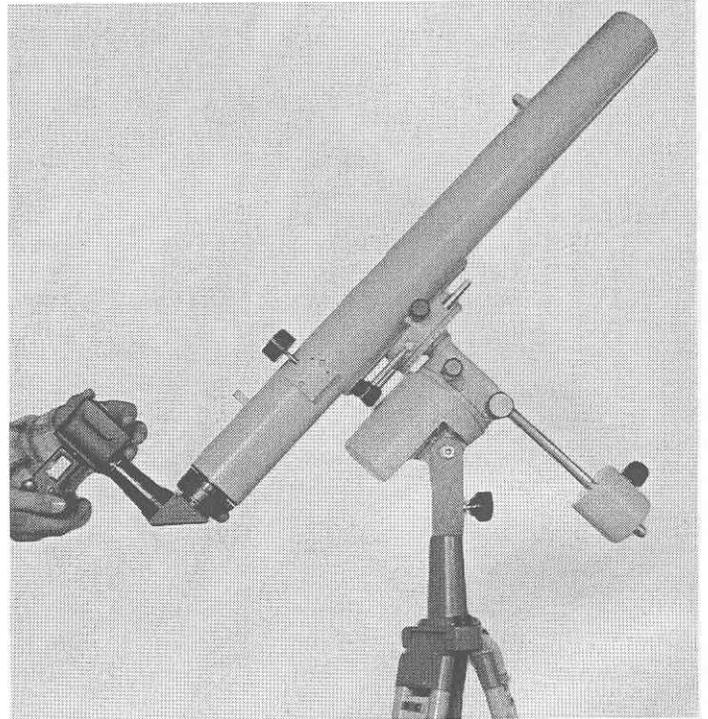
J.P. Roux. Coolpix 990 et Oculaire Clavé 35mm

Techniquement, j'ai travaillé avec la plus faible compression (3.3 Mpixel, fichiers bruts d'environ 9 Mo passant à 1.5 Mo en mode «fine»), la perte liée à la compression n'est pas trop gênante. Il existe un mode unique et très intéressant : le mode BBS, destiné à limiter le flou de bougé en téléphotographie ou en macrophotographie. Ce mode permet d'acquérir le plus grand nombre d'images à la suite, tant que le déclencheur est enfoncé, et en final de n'en garder qu'une seule, la meilleure bien entendue de façon presque instantanée et automatiquement ! Ceci évite de saturer rapidement la carte mémoire, élimine le tri fastidieux ainsi que la sélection des quelques images exploitables sur un grand nombre. Attention tout de même, pour que ce mode fonctionne correctement, il faut que le cadrage reste constant, et que la proportion objet / ciel reste identique, sinon l'image sélectionnée sera probablement celle dont la surface lunaire sera la plus élevée car contenant le plus grand nombre de détails.

Pratiquement, j'ai réalisé pour ces premiers essais quelques clichés lunaires, solaires de mon jardin avec ma petite lunette Zeiss de 63mm et mon AstroPhysics de 120mm équipé d'un oculaire Clavé de 35mm. Pour ces premiers essais, ne disposant d'aucune bague d'adaptation, j'ai réalisé les clichés à main levée en retenant ma respiration, l'objectif du Coolpix derrière l'oculaire, à la touriste !!! Et à ma grande surprise, ça n'a pas si mal marché, merci au

mode BBS qui a sélectionné les meilleures et certainement éliminé celles qui avaient du flou de

bougé. Ce qui est assez géniale avec un numérique, c'est que l'on peut essayer n'importe quoi, on visualise instantanément et on garde ou on efface sans se poser de question. Le côté instantané permet tout de suite de modifier un paramètre pour tenter d'améliorer les résultats.

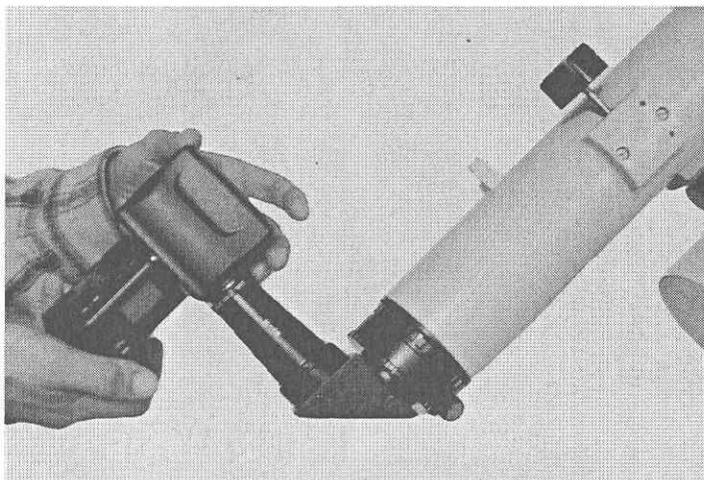


J.P. Roux. Lunette Zeiss 63mm et Coolpix

Malheureusement, il n'existe pas encore d'appareil numérique disposant d'un objectif amovible et interchangeable à des prix abordables. L'objectif n'étant pas amovible, les montages optiques traditionnels d'astrophotographie (foyer, projection oculaire ou amplification négative par lentille de barlow) ne seront pas envisageables. Seule la combinaison afocale, qui consiste simplement à remplacer l'œil de l'observateur par le boîtier équipé de son objectif réglé à l'infini, sera utilisable. Cette méthode imposée par l'absence de possibilité d'enlever l'objectif a de nombreuses limitations et n'est certainement pas la plus noble. Un des problèmes majeurs sera de limiter le vignettage qui se caractérise par un assombrissement des bords de l'image, pour cela il faudra :

- Plutôt utiliser des oculaires de focales longues ou moyennes (16 à 40mm).

- Positionner la face avant de l'objectif de l'appareil photo au plus près de la lentille d'œil de l'oculaire.
- Régler le zoom à une focale assez longue (l'utilisation du grand angle favorisera le vignetage)



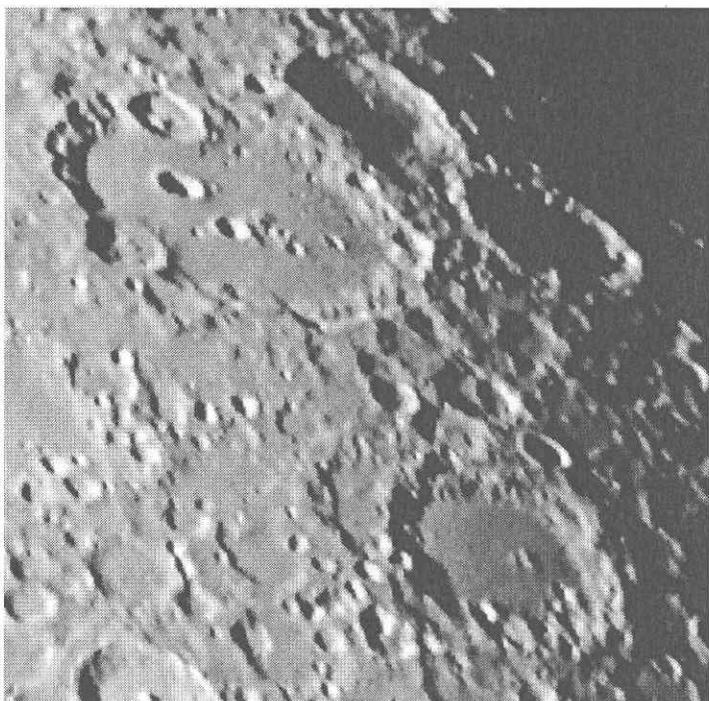
*J.P. Roux. Lunette Zeiss 63mm et Coolpix*

De nombreux adaptateurs sont aujourd'hui proposés pour monter les appareils numériques sur nos instruments astronomiques. Il faut cependant que ceux-ci disposent d'un objectif disposant d'un filetage et de nombreux appareils n'en disposent pas. De plus, certains zooms se déploient à l'allumage ou pendant le zooming, ce qui n'est pas idéal pour fixer de façon rigide et stable le boîtier. D'autres tels les Coolpix Nikon possèdent un objectif à lentille frontale fixe, le zooming s'effectuant par des déplacements internes, ce qui est beaucoup plus fiable et permet une fixation plus aisée. Nikon microscopie propose un adaptateur pour monture C avec système optique afocal intégré. J'ai pu l'utiliser en microscopie, il me restera à l'essayer en astro.

L'adaptateur idéal n'existe malheureusement pas et toutes les solutions proposées ne sont pas universelles. Pour obtenir les meilleurs résultats, il est préférable de disposer d'oculaire avec une pupille de sortie le plus rejetée possible, ce qui est le cas pour les oculaires à longue focale mais devient limite avec les focales moyennes ou courtes. La gamme d'oculaires Vixen Lanthanum est certainement un des meilleurs choix, car ceux-ci ont tous un rejet pupillaire très confortable de 20mm et ce quelles que soient les focales qui s'étendent de 2.5 à 30mm. Vixen propose une bague d'adaptation spécifique à cette gamme d'oculaires, c'est certainement un des meilleurs choix proposés aujourd'hui. Il existe aussi des bagues de conversion vers les courantes bagues T qui permettent d'utiliser les classiques systèmes de projection par oculaire, mais dans ce cas, il n'est pas toujours possible de réduire suffisamment la distance objectif-oculaire.



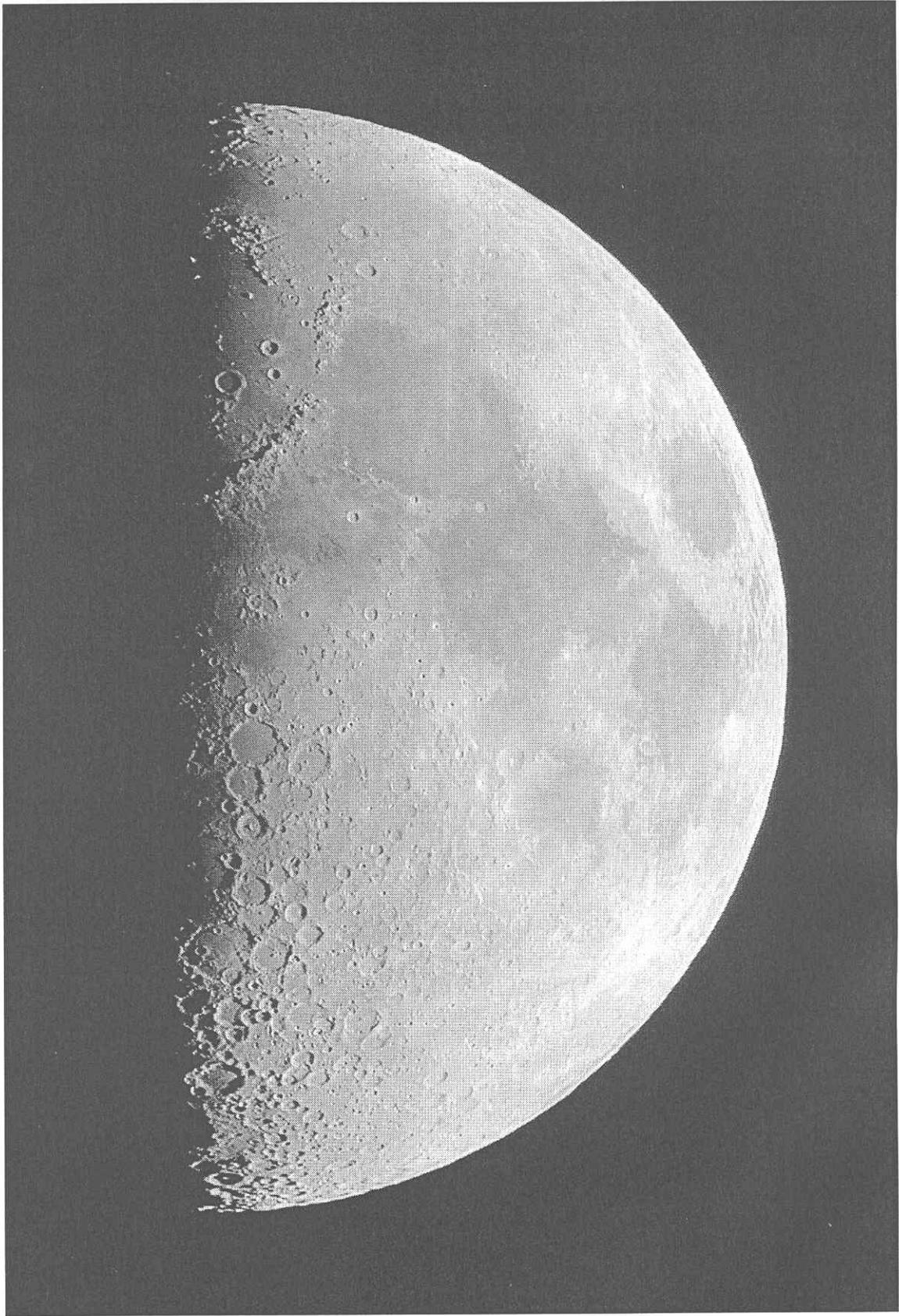
*JP Roux. Lunette Zeiss 63mm*



*JP Roux. Lunette AstroPhysics 120mm*



*JP Roux. Venus en plein jour. Lunette Zeiss 63mm*



*JP Roux. Lunette Zeiss 63mm*

En conclusion, les appareils numériques offrent un potentiel certain pour la photographie astronomique lunaire ou solaire, et cela avec une facilité assez déconcertante ! Par contre, mes premiers essais en imagerie planétaire n'ont pas été très concluants, certainement à cause de la tenue manuelle du boîtier et de l'utilisation d'oculaires de courtes focales avec des pupilles de sortie faiblement

rejetées peu adaptées au montage afocal. Il me faudra poursuivre les essais avec une liaison mécanique correcte entre le boîtier et l'oculaire et éventuellement essayer les oculaires Lanthanum de courte focale. Je conseille donc vivement à tous ceux qui peuvent disposer d'un appareil numérique de faire des essais et de nous en faire profiter sur notre gazette préférée !

# La caméra CCD Audine

Jacques Michelet

Dans cet article, je vais présenter rapidement la caméra CCD Audine, en essayant d'en signaler les points forts et les faiblesses tels qu'ils sont apparus à l'utilisation.

A ce jour, au moins 2 membres du CALA (François Cochard et moi-même) en possèdent un exemplaire.

## Historique

La caméra Audine est une caméra CCD conçue pour des astronomes amateurs. Elle est l'aboutissement d'un projet qui a pris naissance au sein d'un sous-groupe toulousain de l'association AUDE (Association des Utilisateurs de Détecteurs Electroniques), sous-groupe animé par Christian Buil, qui est lui-même à l'origine de l'essor de la technique CCD amateur en France.

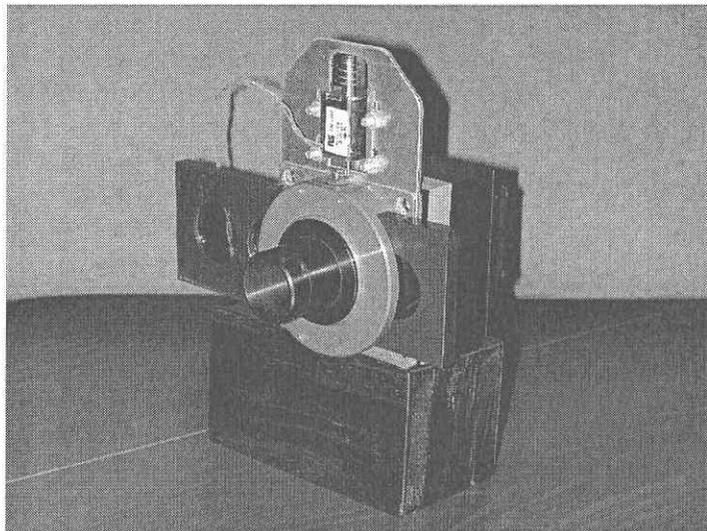
Les premiers exemplaires de cette caméra ont été présentés lors des Rencontres de Carcassonne, en mai 1999. A ce jour, quelques 200 exemplaires de cet outil ont été construits, et plusieurs variantes en ont été dérivées (caméra Genesis, etc...), tous basés sur le même capteur CCD et la même électronique associée.

L'esprit de ce projet est un peu similaire à celui de l'"open source" dans le domaine de l'informatique : le dossier de fabrication (électronique et mécanique) est public, et n'importe qui peut s'inspirer de cette réalisation pour créer sa propre caméra.

## Caractéristiques générales

Le capteur CCD retenu est le KAF-400 fabriqué par Kodak. C'est un capteur de 768x512 pixels carrés de 9  $\mu\text{m}$ , soit une surface utile de 6.9 mm x 4.6 mm. En autres caractéristiques, il a un bruit de lecture particulièrement faible. Son rendement quantique (nombre d'électrons créés par photons reçus) est compris entre 40% et 60% suivant les longueurs d'onde.

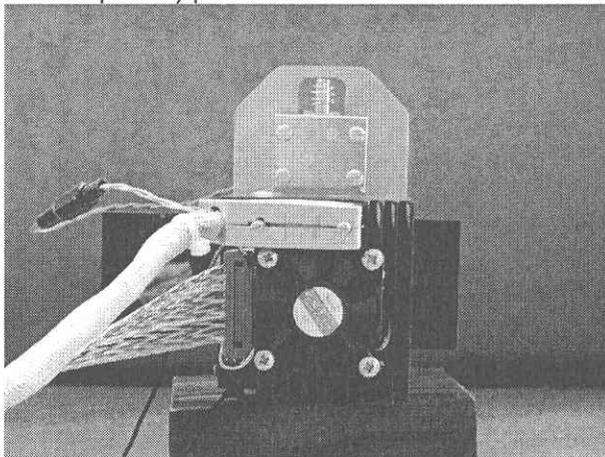
L'électronique associée permet la conversion du signal issu du capteur sur 15 bits (32768 niveaux), ce qui compte tenu des différentes sources de bruit électroniques est plus que suffisant. Le signal (aligné, amplifié et numérisé) est transmis par une nappe se connectant au port parallèle du PC hôte. Pour diminuer le bruit d'origine thermique, le capteur est refroidi par un drain lui-même accolé à un élément Peltier (composant électronique qui a la propriété de refroidir une de ses faces lorsqu'il est



La caméra Audine équipée d'un obturateur, d'un porte-filtre à barrette et d'un adaptateur pour C8.

parcouru par un courant continu). Ainsi le capteur peut se trouver à une température inférieure de 25 à 30° par rapport à la température ambiante.

Coté mécanique, la caméra dans sa version originelle se présente sous la forme d'un parallélépipède de 8x8x10.5 cm, en aluminium anodisé noir. Sa masse est de 900g, lorsqu'elle est équipée du porte-filtre et de l'obturateur. Elle est dotée en face arrière d'un radiateur associé à un ventilateur pour évacuer les calories de la face chaude de l'élément Peltier. On y trouve aussi 2 connecteurs (l'un pour acheminer l'alimentation de l'électronique et du Peltier, l'autre pour accueillir la nappe connectée au PC). Sur la face avant, se trouve l'ouverture optique, fermée par un hublot en verre. Cette ouverture est de diamètre 42 mm, avec un pas de vis de 1mm, ce qui fait qu'on peut directement visser un objectif photo sur la caméra. Enfin sont percés 2 trous taraudés (dont un au pas Kodak photo) pour mettre cette caméra sur un pied.

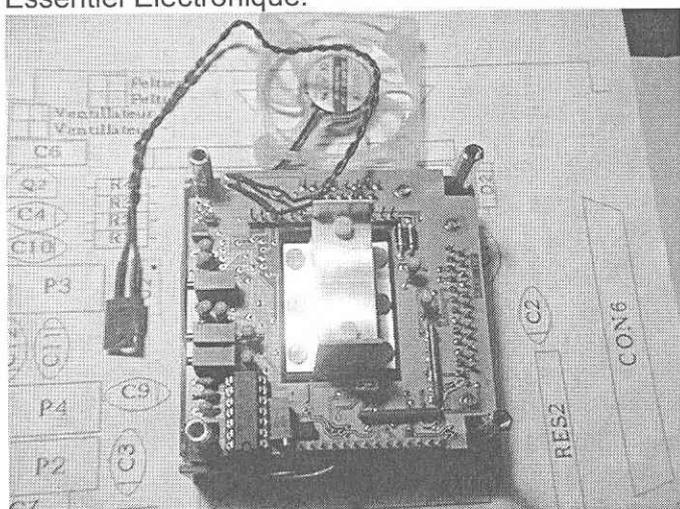


La caméra vue de l'arrière, avec le câble d'alimentation et la nappe des signaux numériques.

## Fourniture et construction de la caméra

Les plans de la caméra étant libres de droit, tout bricoleur maîtrisant l'électronique et la mécanique peut se construire une Audine.

Ceux qui désirent arriver plus rapidement à un résultat peuvent s'adresser à la société toulousaine Essentiel Electronique qui est à même de fournir plusieurs versions des composants de cette caméra. Ainsi existent 2 niveaux de kit de l'électronique et 1 kit mécanique, auquel il faut ajouter le capteur CCD. Cette société propose aussi une version complète câblée, montée et testée de cette caméra. Les données de prix sont disponibles sur le site de l'association AUDE. Les accessoires tels que l'obturateur, le porte-filtre et les filtres ne font pas partie de l'équipement standard proposé par Essentiel Electronique.



La caméra en cours de montage (image extraite du CD Audine)

J'ai personnellement choisi la version en kit que j'ai équipée d'un capteur KAF401E (meilleure sensibilité dans le bleu). Outre le fait que cette solution est moins onéreuse que la version toute montée, ce choix m'a permis de faire quelques modifications mineures (gain vidéo, capteur de température), et surtout de bien me familiariser avec la caméra.

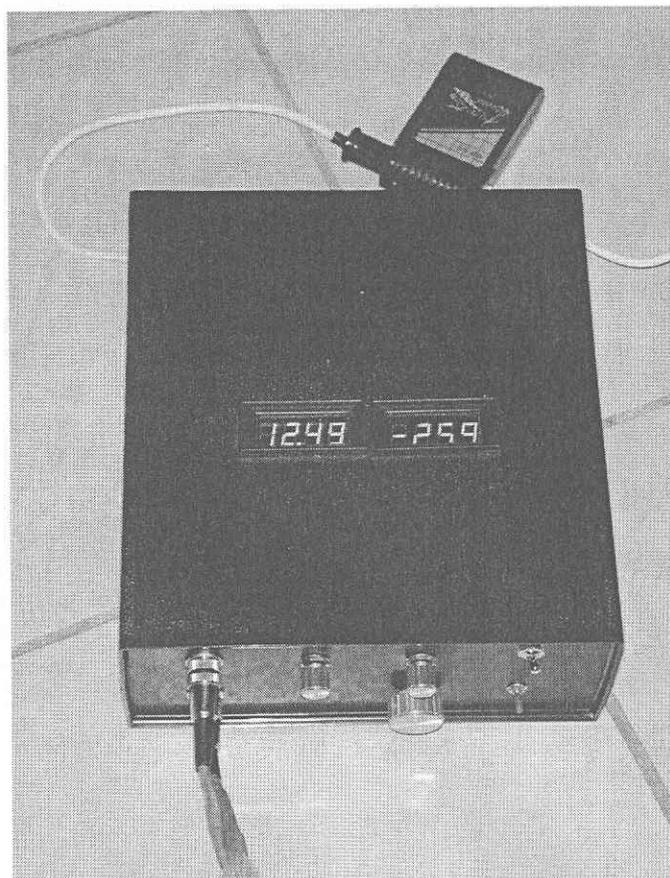
A tout ceci, il convient d'ajouter une alimentation pour fournir l'énergie nécessaire.

### L'alimentation électrique

Elle doit permettre de fournir une tension continue à l'électronique proprement dite de la caméra et aux accessoires éventuels, mais aussi un important courant à l'élément Peltier qui consomme de l'ordre de 3 A (soit approximativement 15W). La société Essentiel Electronique est à même de fournir une alimentation qui répond à ce cahier des charges.

François Cochard et moi-même en avons conçu un modèle "à découpage", donc dotée d'un très bon rendement (>92%). De plus le courant du Peltier est régulé par la température retournée par une sonde fixée sur le drain du capteur, en fonction d'une consigne fixée par l'utilisateur. On peut alors

stabiliser la température du CCD, et ainsi augmenter la qualité des images acquises, et en faciliter le traitement ultérieur.



L'alimentation à découpage fournit le courant nécessaire à la caméra, à l'élément Peltier et à l'obturateur

### Les points forts

Le concept de la caméra Audine est excellent, tant dans l'esprit de sa création que dans sa conception et son évolutivité. En énumérer in extenso tous les points remarquables serait quelque peu fastidieux, j'en ai donc isolé quelques-uns :

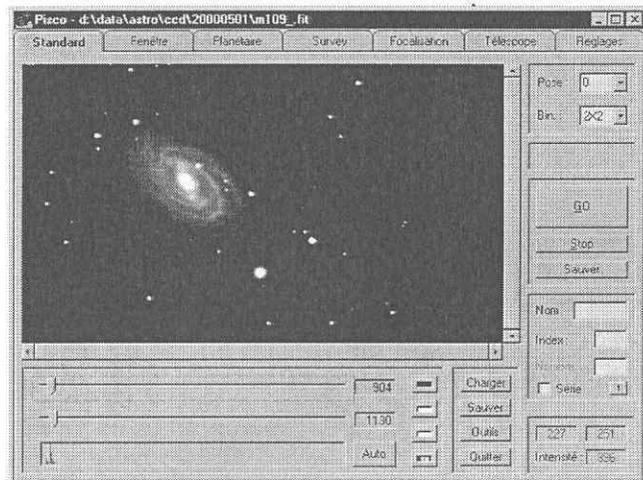
#### Le dossier de conception et de fabrication :

C'est un dossier très complet, disponible sur l'Internet, mais aussi fourni sur un CD à tout acheteur d'un kit de la caméra. Ce dossier présente et justifie les choix techniques, décrit l'électronique interne de la caméra (fonctionnement, nomenclature, référence fournisseurs, plans et schémas), mais aussi indique comment construire l'ensemble, et surtout comment le tester. Les procédures sont détaillées, permettent de détecter d'éventuels défauts, et mènent le futur utilisateur à prendre confiance dans la qualité de sa réalisation.

#### Les logiciels fournis :

A ce jour, plusieurs logiciels savent piloter la caméra Audine de façon satisfaisante. Le premier d'entre eux est le logiciel Pisco, qui a été conçu pour permettre le test et l'utilisation de cette caméra uniquement. Outre les modes d'acquisition standard

(binning 1x1 et 2x2), il dispose de plusieurs modes auxiliaires pour effectuer la mise au point aisément, pour faire des images planétaires (mode demi-trame) ou des acquisitions de petites zones d'image (fenêtrage). C'est la boîte à outil principale. Il est disponible gratuitement sur l'Internet, et n'existe qu'en version Windows 95/98/Me



Le panneau principal d'acquisition d'image de Pisco.

Mais d'autres logiciels existent qui savent aussi piloter cette caméra. Prism en est un exemple. Il permet dans le même logiciel de faire des acquisitions d'images, mais aussi de traiter à fond ces images, et de faire tourner des "scripts" (tâches de fond) pour automatiser les acquisitions et les traitements. Il est donc très complet, vaut quelques 350F, et ne fonctionne lui aussi que dans les environnements Windows 95/98/Me.

Enfin l'ensemble logiciel Audela/Audace est une boîte à outils complète d'acquisition et de traitement d'images que l'utilisateur peut à volonté enrichir de ses propres programmes. Cet ensemble est très prometteur quant à son potentiel, même si à ce jour, l'ensemble des fonctions n'est pas totalement implémenté. Il fonctionne sous Windows, mais aussi sous Linux, et est totalement gratuit.

### Le rapport qualité-prix :

A ce jour, la caméra fournie montée, testée et dotée d'une alimentation revient à 7 800 F. Si on ajoute à ceci un porte-filtre, un obturateur et un jeu de filtres RVBI, le budget est de l'ordre de 10 500 F TTC. C'est un excellent rapport qualité-prix, puisqu'une caméra du commerce dotée du même capteur coûte au minimum de l'ordre de 20 000 F (sans porte-filtre et filtres), n'offre pas plus de possibilités à l'utilisateur, et donc ne lui permet pas de faire de meilleures images du ciel.

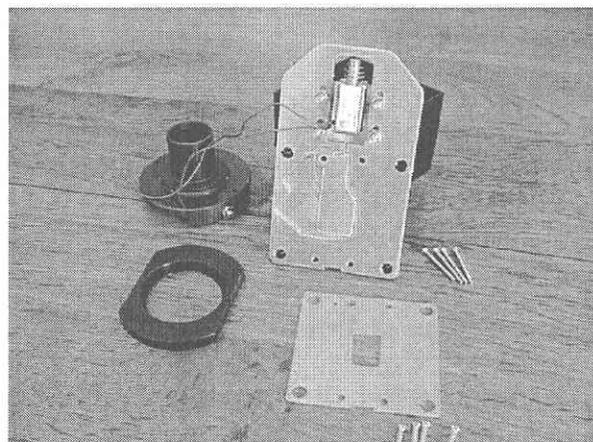
### **Les points faibles**

Après un an et demi d'utilisation, j'ai identifié 3 aspects de cette caméra qui méritent un peu d'attention et quelques commentaires:

#### L'absence d'obturateur:

A l'origine, cette caméra a été conçue sans obturateur, et donc rien n'obstrue la fenêtre du capteur pendant la phase de lecture et de transfert de l'image acquise, alors que des photons continuent à arriver sur la surface sensible. Ceci se traduit par des images qui présentent des traînées au niveau des étoiles. On peut pallier ce défaut de plusieurs façons:

- Par un post-traitement. Les logiciels cités plus hauts ont des commandes spécifiques permettant ainsi de « nettoyer » les images (commandes "deconflat" ou "unsmear").
- En effectuant une obturation manuelle du tube du télescope ou de l'objectif photo. Cette méthode est très simple puisqu'elle ne requiert rien de plus qu'un bout de carton noir. Son seul inconvénient réside dans le fait qu'il faut se tenir à côté de la caméra pour pouvoir obturer à la fin du temps d'acquisition. Et pendant ce temps-là, vos copains qui, eux, ont un obturateur sur leur caméra, boivent un chocolat chaud dans la cuisine du chalet...
- En fabriquant donc un obturateur. L'équipe conceptrice de l'Audine est en train de mettre au point un tel dispositif. Mais dans l'attente, plusieurs solutions ont été développées de-ci de-là, qui donnent toute satisfaction. Pour ma part, j'ai retenu celle conçue par François Cochard, qui a l'avantage de ne pas avoir à modifier la caméra. Evidemment, cet obturateur, comme tous les autres, nécessite une électronique de commande spécifique.



L'obturateur en cours de montage (image extraite du site de François Cochard)

#### La formation et le dépôt de givre sur le capteur.:

Du fait du système de refroidissement, la température au sein de la caméra est souvent négative. Si on n'y prend pas garde, la vapeur d'eau

présente au sein du boîtier se solidifie brutalement sur les surfaces froides sous forme de givre qui opacifie la vitre du CCD. Ce défaut a pour origine le fait que la caméra n'est pas étanche, et que par conséquent le taux d'humidité régnant dans son enceinte n'est pas maîtrisé. Ce défaut peut être corrigé par 3 astuces.

- La première consiste à étancher la caméra en déposant du mastic silicone sur le pourtour de toutes les découpes, et en particulier au niveau des connecteurs externes. Cela réduit notablement les échanges entre l'extérieur et l'intérieur du boîtier.
- Le deuxième truc consiste à assécher l'air intérieur en le remplaçant par un air sec. Pour cela, on perce le boîtier par un trou taraudé à 4mm, par lequel on introduit de l'air via le capillaire d'une bombe d'air dépoussiérant. Evidemment, ceci fait, on rebouche soigneusement ce trou par une vis et un joint de 4 mm.
- Enfin, pour favoriser le dépôt de l'humidité résiduelle au niveau des doigts froids du drain, et non sur la surface vitrée du capteur, lors de refroidissement de la caméra en début de soirée, une dernière astuce consiste à faire un palier d'une dizaine de minutes à une température de consigne de l'ordre de  $-1^{\circ}\text{C}$ . Ainsi le drain sera à une température légèrement négative, alors que le capteur sera encore au voisinage de  $0^{\circ}\text{C}$ , et le givre ira plus volontiers se déposer sur le drain.

#### Le champ couvert sur le ciel :

Ce point n'est pas du tout spécifique à cette caméra, puisqu'il est inhérent à la taille physique du capteur CCD. Toute caméra dotée du même capteur (Hisis22, ST7, etc...) a le même défaut. Pour fixer les idées, le tableau suivant effectue la comparaison du champ couvert par une caméra équipée du KAF-400 et par un appareil photo 24x36 (mesuré suivant une diagonale) pour 2 longueurs focales.

Type / Focale	50 mm	2000 mm
Pellicule 24x36	$41^{\circ}$	$74'$
KAF-400	$9^{\circ}$	$14'$

On peut pallier ce défaut en effectuant des mosaïques pour les objets étendus à l'aide des logiciels de traitement d'image.

### Conclusion

Le lecteur l'aura deviné, je suis ravi de ma caméra Audine. Tous les défauts que j'ai identifiés ont trouvé

une solution satisfaisante à ce jour. Mais surtout cette caméra m'a permis de prendre pied dans le monde de l'astrophotographie CCD à un coût raisonnable, de bien me familiariser avec cette nouvelle technologie et les techniques de prise de vue et de traitement, et d'arriver en peu de temps à faire les images dont je rêvais il y a encore 2 ans.



M51 (C8 F/D 6.3 + Audine, 15 poses de 1mn)

#### *Quelques liens et adresses utiles :*

L'association AUDE : <http://www.ccdaude.com>.  
 Le site dédié à l'Audine : <http://audine.ccdaude.com>  
 Existe en outre la liste de diffusion Aude-L. On peut s'y inscrire en passant par le serveur de liste <http://www.egroups.fr>  
 Le site de Christian Buil : <http://www.astrosurf.com/buil/>  
 Le logiciel Pisco (acquisition) : <http://www.astrosurf.com/audine/pisco/index.htm>  
 L'ensemble de logiciel Audela/Audace : <http://software.audela.free.fr/>



Linear S4 (Objectif 200 mm + Audine sur GP-DX - 10 poses de 1 mn)

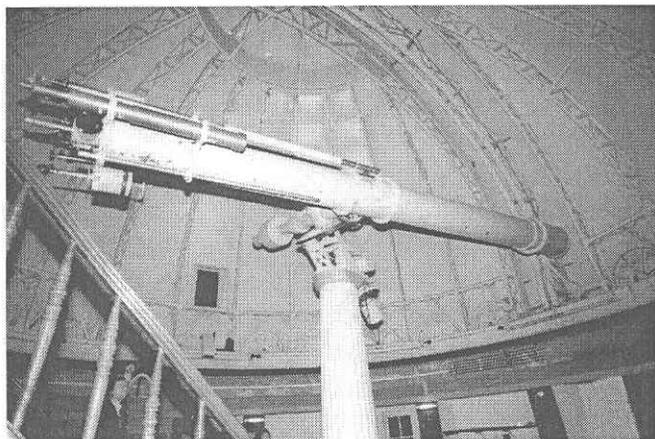
Le logiciel Iris (traitement d'image) : <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>  
 Les caractéristiques du CCD KAF-400 : <http://www.astrosurf.com/audine/pdf/kodak.htm>  
 Le Guide Pratique de l'Astronomie CCD (P. Martinez et A. Klotz, ISBN 2 9508242 0X)  
 Le dossier obturateur de François Cochard : <http://perso.wanadoo.fr/francois.cochard/Obturateur.htm>  
 Le dossier technique de Jacques Michelet : <http://www.astrosurf.com/michelet/astrotech.htm>  
 La société Essentiel Electronique peut être contactée par mël à [RDavid8672@aol.com](mailto:RDavid8672@aol.com) et par téléphone au 05 61 21 39 93

# Séminaire A.U.D.E. 2001 à Strasbourg

Olivier Garde (o.garde@wanadoo.fr)

Les 24 et 25 mars dernier, avait lieu à Strasbourg, le Séminaire A.U.D.E. (Association des Utilisateurs de Détecteurs Electronique ou CCD). Jacques MICHELET, Olivier THIZY et moi même nous sommes rendus à ce rassemblement d'utilisateurs de caméra CCD, car cette manifestation permettait de faire un tour complet sur les dernières innovations en la matière.

En arrivant vendredi soir, nous avons pu visiter la grande lunette de l'observatoire de Strasbourg. Réalisée par un opticien de Hambourg et par Merz à Munich pour l'objectif, elle a un diamètre de 487 mm et une longueur focale de 7 m.



Lunette de 487 mm de l'observatoire de Strasbourg

C'est la troisième lunette de France par la taille après celle de Meudon (930 mm) et celle de Nice (760 mm). La coupole d'une masse de 34 tonnes, tournait à l'époque sous l'effet de deux poids de 880 kg chacun que l'on remontait par la seule force des bras. Elle est entourée d'une terrasse qui servait à l'installation d'instruments plus petits comme un chercheur de comètes de 162 mm de diamètre.

Après plusieurs tartes flambées dégustées dans un restaurant Alsacien, nous étions fin prêts à suivre les différents exposés.

Tout d'abord un exposé de Christophe DEMEAUTIS pour faire le point sur les "Asterauide" (traduire : les astéroïdes découverts par certains membres de l'association A.U.D.E) et sur les difficultés à venir pour des amateurs dans la découverte de nouveaux astéroïdes : en 1997 la magnitude de découverte se situait aux alentours de 15,5, 16,5 en 1998 et 1999, 17,5 en 2000 et 18,5 pour les premiers mois de l'année 2001. Pour les astronomes amateurs qui possèdent généralement un 200 ou

300 mm et une CCD avec un capteur classique (non aminci) cela va devenir très dur de faire une découverte dans ce domaine. Par contre le domaine des supernovae leur reste encore accessible, Laurent BRUNETTO et Laurent BERNASCONI sont les plus actifs de l'association en ce qui concerne la surveillance systématique des galaxies à la recherche de Supernovae.



Laurent Bernasconi durant son exposé sur la recherche des Supernovae

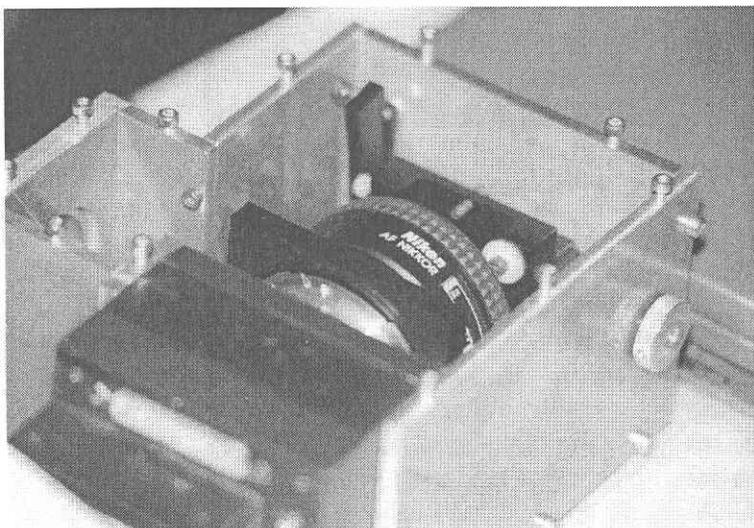
Tous deux possèdent un LX 200 qui assure la surveillance automatique de plus de 500 galaxies par nuit !. Après avoir défini une liste de galaxies à observer dans la nuit, un script d'acquisition d'images est généré par un logiciel (développé en parallèle du logiciel Prism par J.C. PELLE) ; une fois le script mémorisé dans le logiciel d'acquisition et de pilotage du télescope, il n'y a plus qu'à récupérer l'ensemble des images le lendemain et à faire la comparaison avec les images du DSS (Digital Sky Survey). Mais, malgré cette automatisation qui permet d'accumuler une grande quantité de données par nuit, les supernovae candidates se font rares : L. BERNASCONI a pu faire 4 nuits d'observation depuis le début de l'année et a obtenu plus de 2.000 images de galaxies différentes, mais pas une supernova sur les clichés !

Autre domaine propice à de futurs adeptes : la Spectrographie grâce notamment au spectro développé par Christian Buil, le « Spectraude ».

Il permet l'étude de spectres d'étoiles jusqu'à la magnitude 11 avec un 200 mm. Pour une mise de fonds d'environ 4.000 Frs on pourra acquérir un kit complet (comme pour la caméra CCD Audine), à savoir, la partie mécanique avec toutes les pièces nécessaires usinées, le réseau, ainsi que l'optique qui est assurée par un objectif photo de 35 mm. Un seul inconvénient, ce spectro n'accepte que la caméra Audine et est difficilement adaptable sur une autre caméra CCD. Le traitement des données spectrales recueillies par la CCD est assuré par un logiciel développé par Valérie DESNOUX qui permet d'étalonner le spectre et de dessiner la courbe spectrale d'une étoile.



Christian BUIL avec son "SPECTRAUDE"

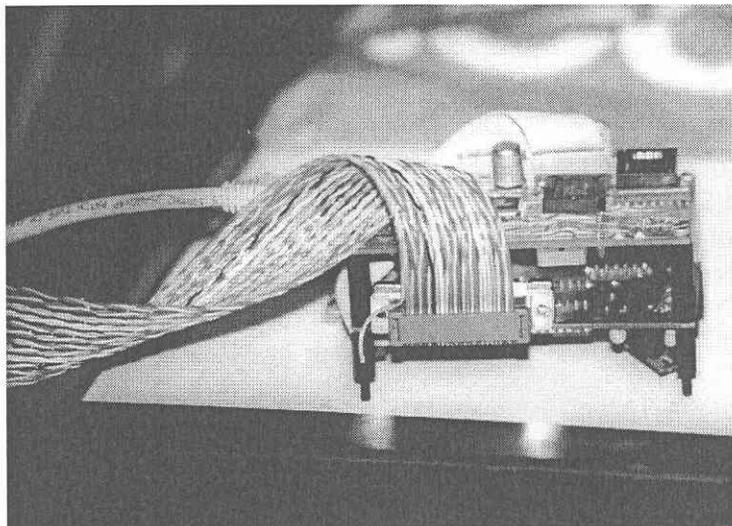


Détail de l'intérieur du "SPECTRAUDE"

Enfin, Didier MORATA nous montra les différents spectres d'étoiles Be qu'il a obtenu avec son spectro ainsi que les différentes informations que l'on pouvait en tirer. Il a commencé à réaliser un atlas de spectres. A voir absolument sur son site web dédié à ces observations : <http://perso.wanadoo.fr/sdmorata>.

L'un des projets A.U.D.E. pour l'année 2001 est de lancer l'observation de 257 étoiles Be dont la magnitude maximum est inférieure à 8 comme par exemple 7 Delta Scorpion, 47 Oméga Orion ou encore HD 210775.

Petite révolution dans le domaine de la CCD, c'est la liaison Ethernet entre la caméra et le PC (au lieu des liaisons série ou parallèle classiques).



Interface Parallèle => Ethernet

Le gain de temps au niveau des transferts de données est très important, de l'ordre d'un facteur 3. Il faut 65 secondes pour "Vider" une CCD avec un KAF 1600 (matrice de 1.600.000 pixels) avec une liaison sur le port parallèle, il ne faut plus que 21 secondes avec la liaison Ethernet. Pour un capteur plus petit comme le KAF 400, il ne faut plus que 6-7 secondes pour le transfert de la matrice en binning 1x1. Autre avantage, c'est de pouvoir "tirer" une grande longueur de câble entre la caméra et le PC ; on peut envisager alors, avec cette solution, de pouvoir observer chez soi, bien au chaud devant son PC, tout en laissant sa caméra et son télescope à plusieurs dizaines ou centaines de mètres de distance. Cyril CAVADORE nous a présenté le prototype qu'il a réalisé : il comprend deux petits circuits imprimés de quelques centimètres carrés, pour un coût global de l'ordre de 600 à 800 francs.



Alain KLOTZ et Cyril CAVADORE

En ce qui concerne la caméra Audine, Raymond DAVID nous informe que 280 caméras ont été

construites à ce jour. Un projet de caméra Audine plus compacte et de forme circulaire (d'un diamètre de 70mm) est en cours de réalisation.

Suite à la polémique au sujet du nouveau concept de télescope "Clavius", P.L. PINEL nous apporta quelques éléments de réponse au niveau de la conception optique de ce télescope.

Il possède un miroir primaire sphérique de 160mm à F/5.7 ou 250 mm à F/5 selon les versions, avec une obstruction centrale de 23%. La correction des différentes aberrations sera effectuée grâce à un système de 6 lentilles. C'est ce dernier point qui pose vraiment beaucoup de problèmes selon les spécialistes d'optiques présents dans la salle (précision de montage entre autre).

La construction des éléments optiques sera confiée à la société CLAVE, mais aucun ordre de prix ne nous a été communiqué.

Samedi soir, après un buffet Alsacien fort mal organisé (le traiteur était parqué dans une petite salle à l'accès difficile qui ne permettait pas à toutes les personnes de pouvoir passer facilement devant le buffet !), nous avons suivi une conférence très intéressante sur l'utilisation des différents catalogues de données stellaires centralisés par l'observatoire de Strasbourg au niveau mondial sur Internet.

A part quelques fonctions qui ne sont accessibles que par des utilisateurs référencés, toute personne ayant une connexion à Internet peut consulter les bases de données SIMBAD, VIZIER et ALADIN. En voici les adresses :

<http://simbad.u-strasbg.fr/>

<http://vizier.u-strasbg.fr/>

<http://aladin.u-strasbg.fr/>

N'hésitez pas lors de la programmation de vos prochaines observations astronomiques à consulter ces données, l'ergonomie du site est vraiment très bien faite.

La base de données SIMBAD regroupe 2.820.000 objets, VIZIER contient 2.940 catalogues d'objets et ALADIN est une base de données d'images venant du DSS1 et 2.

Le lendemain, dernier jour du séminaire, François COLAS nous parla de l'occultation de l'astéroïde Diomate et de la procédure à suivre afin de pouvoir garantir une précision suffisante pour interpréter les mesures venant de plusieurs observateurs situés sur la ligne d'occultation. Un des problèmes soulevés

vient de la nécessité de caler pour tout le monde à la même heure au 1/10ème de seconde près.

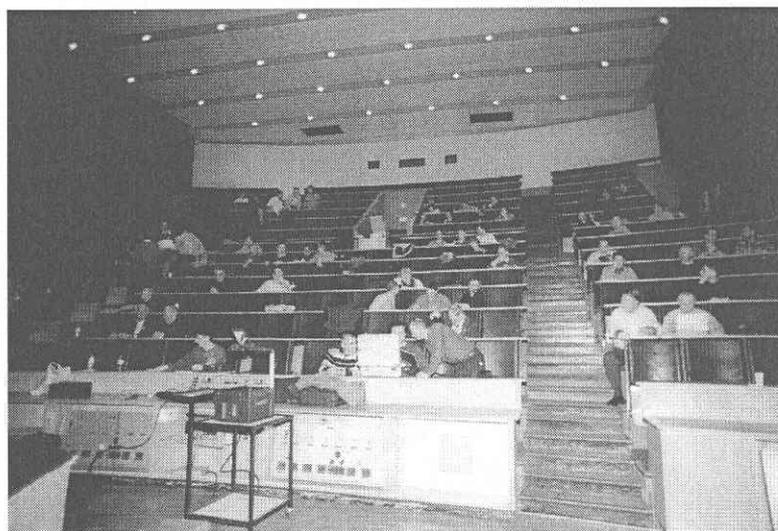
Enfin le séminaire se terminait par un exposé d'Alain KLOTZ sur le logiciel gratuit modulable et évolutif "Audela". C'est un logiciel d'acquisition CCD qui peut être personnalisé par chaque utilisateur et complété par des modules faisant des tâches bien précises.

Ainsi François COCHARD et Jacques MICHELET ont conçu un module d'aide à la mise en station par la méthode de King : le programme prend 2 images à plusieurs minutes d'intervalle et calcule la différence de position d'une étoile sur les deux clichés, le programme informe alors l'utilisateur sur les mouvements à effectuer sur la monture afin de parfaire la mise en station.

Olivier THIZY a lui, conçu un module "Photométrie" qui permet, à partir des images d'astéroïdes prises tout au long de la nuit, de tracer automatiquement la courbe de lumière de celui ci.

Autre avantage de Audela, c'est d'être réellement multi-plateforme : il peut fonctionner sur Mac, Windows ou Linux. Pour télécharger le programme Audela sur Internet, consulter le site <http://audela.cddaude.com/>.

Après cet exposé, nous devons quitter rapidement l'amphi Fresnel de l'Université de Strasbourg, car une longue route nous attendait pour revenir à Grenoble.

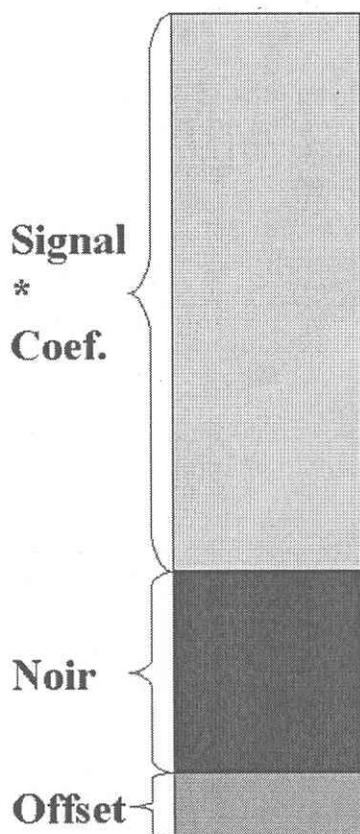


*L'Amphi FRESNEL pendant le séminaire A.U.D.E.*

# Pré-Traitement des Images C.C.D

Olivier Thizy

## L'Image brute



Une image prise par une caméra CCD souffre de trois défauts principaux, systématiques mais heureusement reproductibles: le niveau d'offset, le bruit du noir, et une sensibilité variable par pixel liée au capteur lui-même et aux poussières et vignetage sur le chemin optique.

Ces défauts peuvent être corrigés en prenant trois images de base:

l'offset, le noir (ou "dark" en anglais), et la plage de lumière uniforme ou "flat" en anglais.

Le signal enregistré sur le CCD par l'ordinateur peut s'exprimer ainsi:

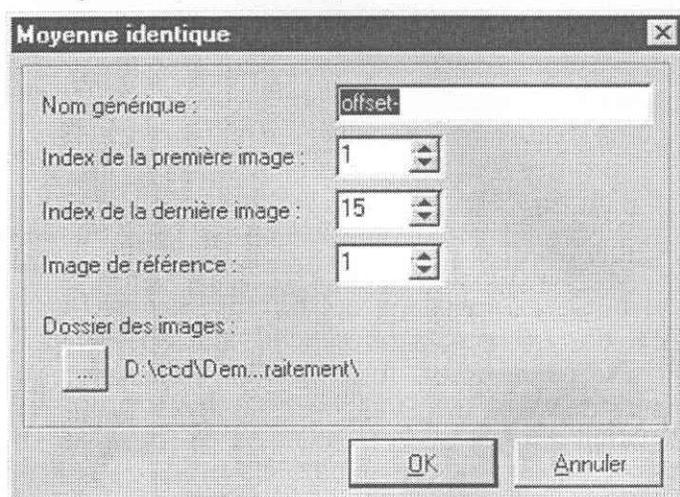
$$\text{Signal CCD} = \text{Signal}(t) * \text{Coef} + \text{Noir}(t^{\circ}, t) + \text{Offset}$$

L'objectif du pré-traitement est donc de retrouver le signal original à partir du signal enregistré (ou image brute).



## L'offset

Le système électronique de lecture des pixels de la caméra CCD introduit systématiquement un seuil fixe appelé offset. Il est bon de connaître ce seuil, et il est utile d'avoir une image représentant ce seuil. Avec le programme de gestion de caméra CCD et de traitement d'image PRISM, rien de plus facile. Il suffit, une fois la caméra CCD connectée et déclarée dans le logiciel, de lancer le menu '*camera*', '*acquisition des offsets*'. Comme il n'est pas nécessaire de refaire l'offset à chaque nuit (une fois par an suffit), vous pouvez en faire une centaine afin de minimiser le bruit de la caméra. Entrer donc un nombre assez important comme paramètre. Nous en avons pris 15 pour l'exemple ci-contre.



Faire tout d'abord une moyenne identique (menu '*pré-traitement*', '*moyenne identique*') de toutes les images d'offset qui calibre l'ensemble des images par rapport à la première image. Elles ont ainsi toutes la même moyenne de leur ensemble de pixels – elles sont "cohérentes". Puis on en fait la médiane (menu '*pré-traitement*', '*pile médiane*'). On obtient ainsi une image que l'on peut sauvegarder dans "offset.cpa" et conserver pour tous ses traitements futurs.

Si votre caméra n'a pas d'obturateur, il est possible de prendre des offsets en faisant des poses très courtes avec le cache du télescope pour faire le noir.

Une astuce permet par ailleurs de s'affranchir du bruit thermique pendant le temps de pose :

faire un offset avec un temps de pose de 1s et un autre avec un temps de pose de 2s. Multiplier le premier par 2, puis soustraire le deuxième. Le bruit thermique étant proportionnel au temps de pose, le résultat est un offset plus pur.

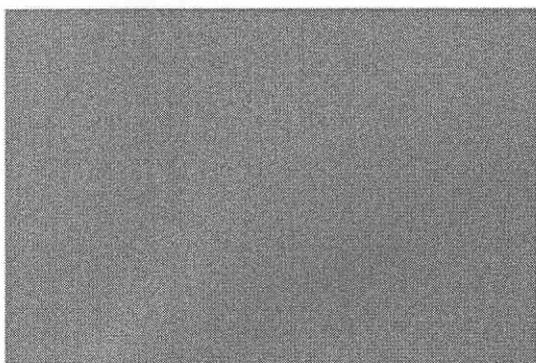
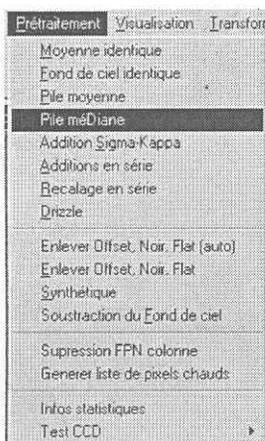


Image d'offset d'une ST7

### Le noir

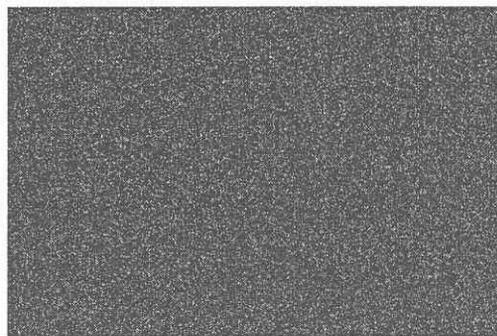
Le CCD possède un bruit thermique proportionnel au temps de pose et d'autant plus grand que la température du composant est élevée. En refroidissant le CCD, on minimise ce bruit thermique, mais il est très important quand même pour les longues poses nécessaires au ciel profond. On peut se passer du noir avec des temps de pose très courts, mais pas au-delà de quelques secondes.

Le principe est assez simple : il s'agit de prendre une série d'images dites de 'noir' avec l'obturateur fermé, ainsi que le tube du télescope afin d'éviter les lumières parasites (notamment sur la caméra ST7). Je prends personnellement mes images de noir avec le même temps de pose que mes images; mais ce n'est pas obligatoire car le logiciel pourra optimiser le noir automatiquement pendant le pré-traitement.

Le programme PAP98 permet de faire automatiquement ces noirs avec le menu '**caméra**', '**acquisition des noirs**'. Les images doivent être prises avec le CCD à la même température que les

images. Je les fais souvent en fin de nuit, avant ou après la série des flats.

Le traitement des noirs est identique à celui des flats : enlever l'offset sur chaque image (il est d'ailleurs possible de le faire en même temps et en une seule opération pour les flats et pour les noirs), faire une '**moyenne identique**' puis une '**pile médiane**' (bien faire attention à utiliser les images sans l'offset, soit avec le préfix 't'). Changer le temps de pose de l'image (menu '**fichier**', '**informations**'; ou icône d'information) car il n'est pas correct après l'opération de '**pile médiane**'. Nous avons ainsi une image de noir que nous appellerons dans notre exemple "dark.cpa".



Exemple d'image de noir (comparer avec l'image brute)

Il est ensuite conseillé d'identifier les pixels chauds de sa caméra CCD. PRISM permet de le faire en quelques clics de souris. Avec le fichier "dark.cpa" ouvert, lancer le menu '**pré-traitement**', '**générer une liste de pixels chauds**'.

Donner un nom de fichier (exemple : "dark.cos"), puis une valeur de seuil. J'utilise généralement une valeur entre 1000 et 5000, ce qui me permet d'obtenir environ une centaine de points chauds. Ces points chauds peuvent être gênants quand le pixel est saturé par le signal et le bruit thermique ; cela se traduit ensuite par des points noirs sur l'image finale. Le fichier de points chauds peut être conservé pour ses traitements futurs, un peu comme le fichier d'offset.

### Le flat

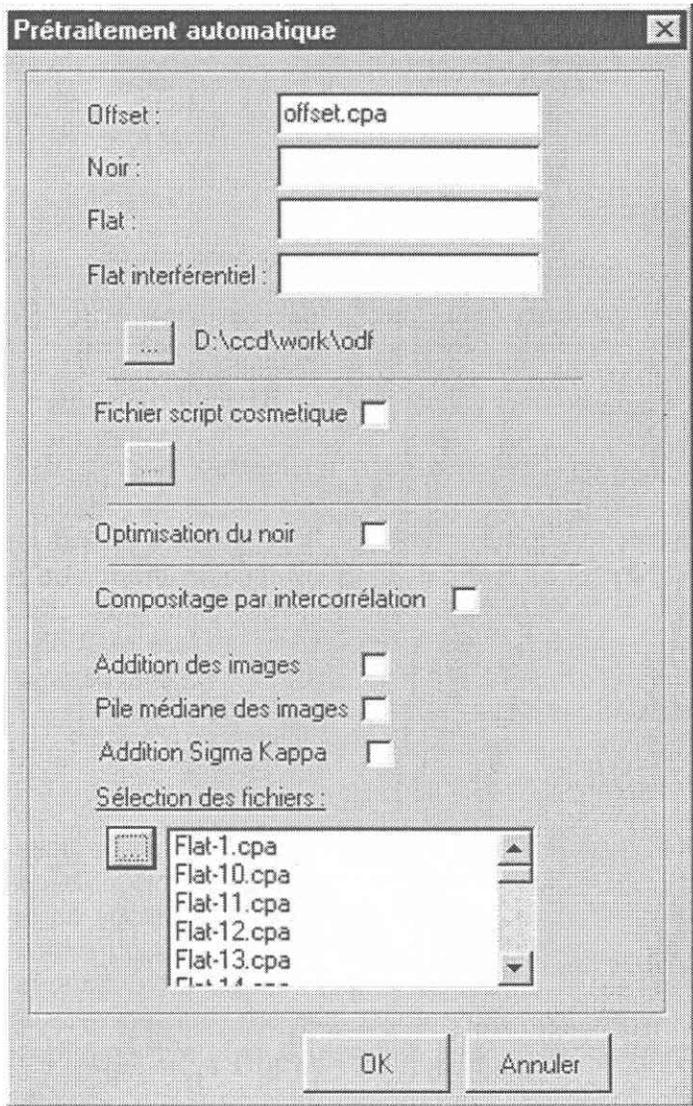
Le CCD est linéaire, ce qui fait qu'un temps de pose deux fois plus long enregistrera deux fois plus de signal. Mais les pixels ne réagissent pas tous de la même façon. Tout d'abord, ils sont plus ou moins sensibles à la lumière – leur rendement quantique est différent. Surtout, la lumière qui arrive sur chaque pixel n'a pas parcouru le même chemin que pour le voisin.

Certains obstacles, comme les poussières ou le vignetage de l'instrument, font que l'image d'une source de lumière uniforme ne l'est pas elle-même. Le 'flat', ou plage de lumière uniforme (PLU), permet de corriger ce défaut. C'est certainement la partie la plus délicate du pré-traitement et demande sur le terrain beaucoup de soin et de patience pour obtenir des bons fichiers de flat.

Les meilleurs flat sont généralement obtenus à l'aurore, juste avant le lever du Soleil, dans la direction opposée au Soleil mais à 45° d'altitude. Bien penser à arrêter le moteur du télescope afin que les étoiles éventuellement visibles dans le champ fassent des traînées qui seront éliminées facilement lors du traitement. Le programme PRISM permet de prendre les flats automatiquement grâce au menu '**caméra**', '**acquisition des flats**'. En prendre un grand nombre afin de minimiser le bruit de lecture ; nous en avons pris 29 dans notre exemple.

'**enlever offset, noir, flat (auto)**' et ne renseigner que la case 'offset' avec le nom du fichier précédent. Sélectionner l'ensemble des fichiers flat bruts pour l'opération. Les fichiers traités auront un préfixe 't' ; ainsi "tflat-1.cpa" est l'image "flat-1.cpa" sans l'offset.

Faire la '**moyenne identique**' puis la '**pile médiane**' (voir traitement des fichiers d'offset) pour obtenir l'image de flat que l'on sauvegardera dans le fichier "flat.cpa" final. On aperçoit généralement les poussières qui sont sur la vitre du CCD et le vignetage du système optique. Ce fichier ne doit servir que si le télescope et la caméra CCD restent dans la même configuration. Si la caméra est enlevée ou même légèrement tournée, il faut en théorie refaire un flat. Pour des images purement esthétiques, avec un télescope à tube fermé comme le C8, j'ai parfois réutilisé des anciens flats – ça fonctionne plutôt bien.

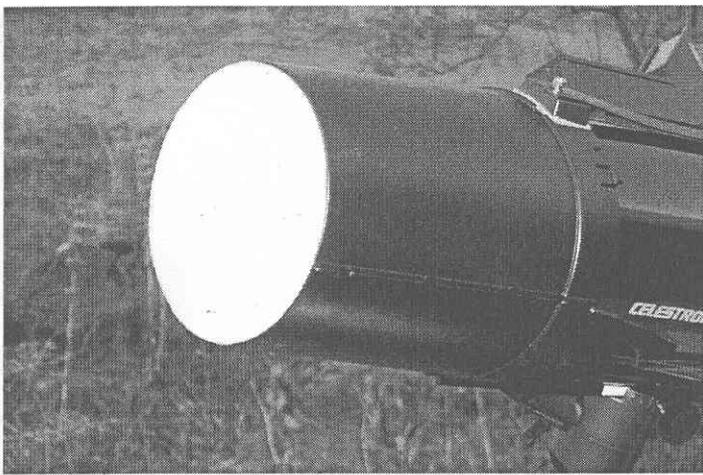


Exemple de flat obtenu sur un C8 avec une ST7

Il est possible de faire un flat à partir de nombreuses images de la nuit, en faisant grosso modo une moyenne de toutes les images mais le résultat est bien inférieur à celui obtenu avec des images faites à l'aurore ou au crépuscule.

Il est aussi possible de mettre une feuille de papier ou une plaque de mousse devant le télescope et de faire un flash de lumière à une distance précise; cette méthode est très utile quand on change de configuration optique pendant la nuit. La construction d'une boîte noire autour du système télescope & flash permet de faire un système qui ne gênera pas les autres observateurs autour de soi.

La première action lors du traitement est d'enlever à chaque image flat l'offset. Avec PRISM, ce n'est pas très intuitif: il faut lancer le menu '**pré-traitement**',



"Boîte à flat" faite à partir d'un pare buée et d'un bloc de mousse  
(méthode de Thierry Legault, réalisation Jacques Michelet)

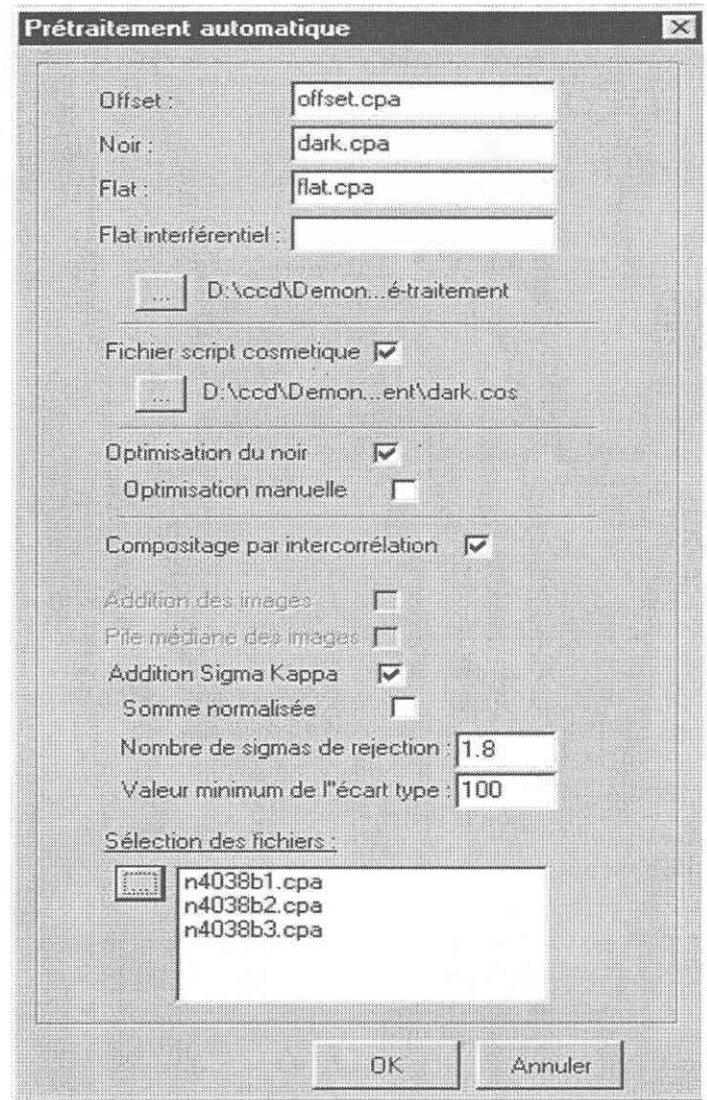
### Pré-traitement

Une fois les fichiers "offset.cpa", "flat.cpa", et "dark.cpa" obtenus, l'opération de pré-traitement est alors un jeu d'enfant, surtout avec le programme PRISM. Sélectionner le menu '**pré-traitement**', '**enlever offset, noir, flat (auto)**' ; entrer les informations relatives aux noms de fichiers (bien penser à mettre le suffixe '.cpa') ; et valider le fichier cosmétique (la liste de points chauds).

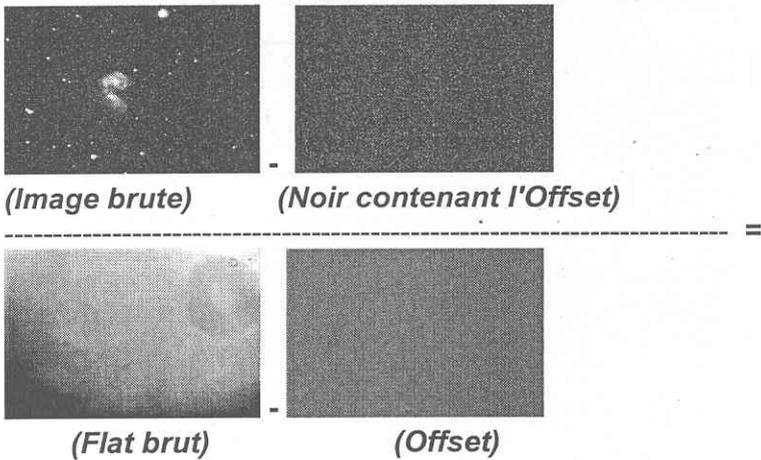
L'optimisation du noir est indispensable si les temps de pose des noirs et des images sont différents. L'optimisation manuelle est fastidieuse mais parfois utile si le fond de l'image est plus lumineux que le fond du ciel, dans le cas d'une nébuleuse étendue par exemple ; dans ce cas, il est préférable d'avoir un noir de même temps de pose que l'image et de ne pas utiliser l'optimisation du noir.

Le compositage par intercorrélacion permet de recentrer automatiquement les images. Il y a ensuite le choix entre additionner les images, faire une pile médiane ou faire une somme 'sigma kappa'. Le premier choix est le plus simple. Le deuxième permet de mieux supprimer le bruit ou les parasites (comme les rayons cosmiques). Le troisième est très puissant car il fait une somme d'images en éliminant les pixels incohérents, comme le bruit trop fort ou des rayons cosmiques.

Sélectionner ensuite votre série d'images. Dans l'exemple proposé, il y a uniquement trois images du même objet. Mais PRISM est assez intelligent pour traiter en une seule fois plusieurs séries d'objets différents ; il reconnaît automatiquement les séries et n'additionne que les images d'un même objet - il suffit pour cela d'être cohérent dans ses noms de fichiers!



Résultat final du prétraitement



Principe du pré-traitement en CCD (exemple sur NGC4038)

## Conclusion

Le pré-traitement est une opération très facile, elle nécessite surtout du sérieux et de la patience.

Ce chapitre vous a donné les étapes à suivre; elles sont indispensables pour pouvoir ensuite tirer partie de vos images.

Les exemples donnés ont été faits avec le logiciel PRISM; d'autres logiciels existent, dont Qmips32 qui est tout aussi performant mais un peu moins convivial et surtout IRIS qui est le successeur GRATUIT (!) de Qmips32 – indispensable à celui qui débute en CCD et ne souhaite pas dépenser 500F dans un logiciel!

Des scripts peuvent être écrits avec PRISM ou AUDE-LA (seuls ou associés à IRIS).

Les opérations précédentes peuvent se résumer dans le cadre ci-contre – à découper pour avoir toujours près de soi.

Avec des images bien pré-traitées, les traitements d'images seront plus faciles et auront moins de défauts à exagérer ! Surtout, vos images pourront être utilisées pour la photométrie et l'astrométrie.

Astro-NGC

### Pré-traitement en 5 étapes...

#### 1) **Au télescope:**

Faire une série d'Offset (pose de 0sec): offset-1 à offset-No  
 \* Faire une série de Noir: noir-1 à noir-Nn  
 (temps de pose si possible proche de celui des images)  
 \* Faire une série de Flat: flat-1 à flat-Nf

#### 2) **Faire l'image d'offset:**

Faire une moyenne identique => toffset-1 à toffset-No  
 \* Faire la médiane des images => OFFSET.CPA

#### 3) **Enlever l'offset aux images de noirs et de flat:**

(utiliser le pré-traitement automatique!)  
 =>tnoir-1 à tnoir-Nn & tflat-1 à tflat-Nf

#### 4) **Faire le noir:**

\* Faire une moyenne identique => tnoir-1 à tnoir-Nn  
 \* Faire la médiane des images  
 \* Changer le temps de pose dans l'info de l'image  
 => NOIR.CPA

#### 5) **Faire le flat:**

\* Faire une moyenne identique => tflat-1 à tflat-Nf  
 \* Faire la médiane des images => FLAT.CPA

## PROCHAIN NGC

La Rédaction

Afin de nous permettre la mise en pages de notre prochain NGC 69 nous vous invitons à nous faire parvenir dès aujourd'hui vos articles.

Ce journal est celui de tous les adhérents et tous y compris les nouveaux et jeunes peuvent collaborer à sa rédaction.

N'hésitez donc pas à prendre votre plume pour nous raconter vos premières impressions, vos comptes rendus d'observations ou vos premières photographies argentiques ou numériques à l'observatoire de Saint Jean de Bournay.