

Cartographie automatique du ciel profond sous Iris

Christian Buil

13 janvier 2008

1 Introduction

Cette note décrit un ensemble de fonctions disponibles dans le logiciel Iris (V5.52 et supérieur) permettant d'assembler automatiquement des images du ciel profond plus spécialement acquises avec un appareil photo numérique (le traitement des fichiers RAW est direct). Il est question d'outils spécialisés, qui en partant d'un ensemble d'images RAW, permettent d'aboutir au final à un « mosaïquage » de cet ensemble dans une projection cartographique de son choix. Les images ciblées sont plus particulièrement celles réalisées avec des optiques photographiques de courtes focales, idéalement entre 50 mm et 200 mm de focale. Les applications envisageables sont la réalisation de vues plus ou moins globales de la voûte céleste dans un but esthétique et éducatif, ainsi que l'intercomparaison d'images acquises à des dates différentes (éventuellement avec des instruments différents) afin de faciliter la détection d'étoiles variables, de novae ou encore de découvertes de nouvelles comètes).

Ces fonctions sont écrites pour permettre un traitement massif, du type *survey*, sur de grands lots d'images. Les opérations répétitives à réaliser sont précisées dans des fichiers textes appelés comme paramètres des fonctions. Vous avez la charge d'écriture ces fichiers (en vous aidant d'une petite application comme le *Bloc-notes* de Windows par exemple). Pour l'essentiel, l'ensemble des opérations repose sur trois macro commandes que vous pouvez lancer depuis la console de commande de Iris :

1. SV1 : cette commande réalise le développement des fichiers RAW de l'appareil photo numérique, le prétraitement complet et la réduction astrométrique.
2. SV2 : cette commande reprend les images de l'étape précédente en les transformant géométriquement dans un certain référentiel cartographique, puis elle les assemble dans une image unique.
3. SV3 : cette commande permet de tracer un réseau de coordonnées dans la représentation cartographique, de dessiner la trajectoire d'un objet mobile ou encore de délimiter le contour des constellations.

2 Initialisation

Avant tout, vous devez procéder à quelques réglages dans le logiciel. Ouvrir la boîte de dialogue **Réglages** du menu **Fichier** (voir la figure 1)

Dans notre exemple d'application nous allons utiliser le catalogue TYCHO-2. Ce catalogue est ici recommandé compte tenu de la nature « grand-champ » des images exploitées. Il offre une densité d'étoiles idéale, très précisément positionnées, tout en étant un catalogue de volume relativement réduit tout en étant complet. Ce catalogue de 2,5 millions d'étoiles,

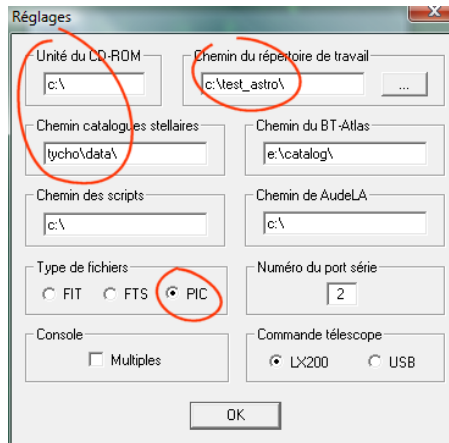


FIG. 1 – La boîte de dialogue permettant de paramétrer Iris. Il est important de sélectionner le format PIC et de définir le chemin désignant le lieu du disque dur où se trouve les images à traiter (c’est le répertoire de travail), ainsi que la localisation du catalogue d’étoiles qui servira lors de la réduction astrométrique.

jusqu’à la magnitude 12 environ, peut être téléchargé sur le Web. Dans l’exemple le catalogue est placé dans le répertoire c : \tycho\ data du disque dur (voir la figure 2). Vous pouvez télécharger ce catalogue à l’adresse Web donnée à la fin de cette section.

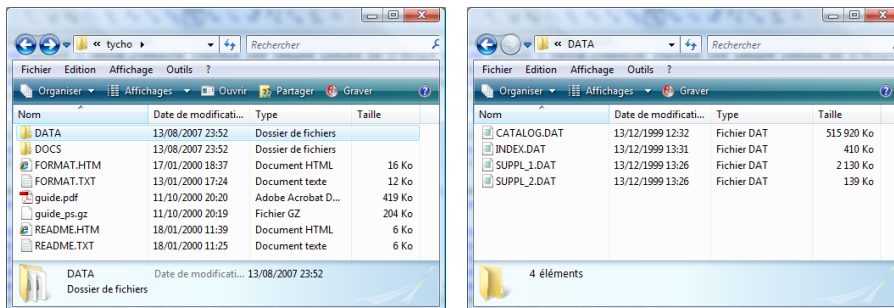


FIG. 2 – La localisation du catalogue TYCHO-2 dans le disque dur pour notre exemple.

Le second réglage à réaliser est la définition du type de boîtier photo numérique utilisé. Cliquer sur l’icône **APN** de la barre d’outils pour faire apparaître la boîte de dialogue de réglage de la caméra (voir la figure 3) et sélectionner le type d’APN dont sont issus les images RAW.

A ce stade, prenez la précaution de vérifier que vous arrivez à bien lire le catalogue d’étoiles. Le plus simple pour cela est d’afficher une petite carte synthétique du ciel à partir de ce catalogue. A partir du menu **Base de données** lancer la commande **Afficher une carte...** Remplir la boîte de dialogue, puis **OK** (voir par exemple la figure 4). Cette opération est aussi utile car elle valide pour le logiciel le type de catalogue par défaut qui sera utilisé pour lors des traitements à suivre. Il est en particulier recommandé de la lancer au moins une fois après la sélection d’un nouveau catalogue d’étoiles (ce réglage est conservé par Iris s’il n’est pas modifié, même lors du lancement d’une prochaine session de travail).

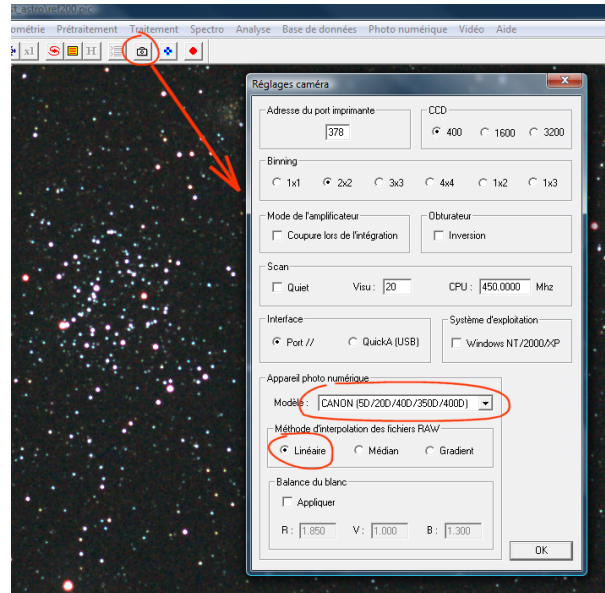


FIG. 3 – Sélectionner le type de boîtier photo utilisé (ici nous allons exploiter un canon EOS 40D). Il est recommandé de choisir l'option **Linéaire** pour le développement du RAW. Les images stellaires sont moins fines avec cette option, mais on minimise aussi les risques d'artefacts et la qualité photométrique de l'image RAW originale est bien préservée.

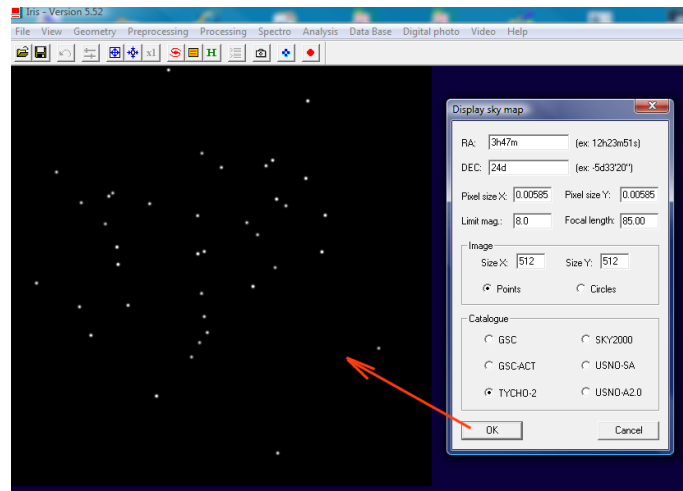


FIG. 4 – Affichage du champ de l'amas Messier 45 à partir des informations du catalogue TYCHO-2 (coordonnées équatoriales $\alpha=3h47m$ et $\delta=24^\circ$). La taille de l'image de sortie (512 par 512) est choisie arbitrairement. Si vous voulez relancer la commande il est généralement utile d'effacer le contenu de l'image actuelle en faisant par exemple `>FILL 0`. Sans cela, la carte synthétique s'affiche en superposition dans l'image courante, ce qui peut être aussi un but recherché (voir plus loin un exemple).

Bien que moins précis et dense, vous pouvez parfaitement utiliser le catalogue SKY2000 (charger pour cela la version V5.52a et supérieur, qui corrige un bug de la version 5.52). Voir un exemple de configuration sur la figure 5.

Vous pouvez télécharger le catalogue SKY2000 ici (taille 6,7 Mo) :

<http://astrosurf.com/buil/iris/zip/sky2000.zip>

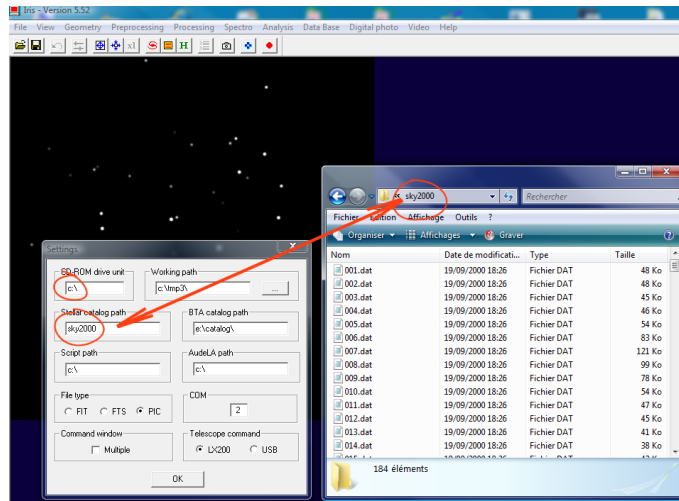


FIG. 5 – Configuration du logiciel pour utiliser le catalogue d'étoiles SKY2000.

Vous pouvez télécharger le catalogue TYCHO-2 ici (taille 168 Mo) :
<http://astrosurf.com/buil/iris/zip/tycho.zip>

3 SV1 : le prétraitement et la réduction astrométrique

Déroulons un exemple pour bien montrer le mécanisme du traitement. Nous allons exploiter 4 images de la région de l'amas Messier 35 prises avec un boîtier photo Canon 40D standard équipé d'un objectif Canon 85mm f/1,2 diaphragmé à f/2. Le temps de pose des clichés individuels est de 30 secondes avec un gain de 100 ISO. L'observation est faite en milieu urbain.

Dans le répertoire de travail les fichiers RAW à traiter (extension CR2) ont pour nom IMG_1237.CR2, IMG_1238.CR2, IMG_1239.CR2 et IMG_1240.CR2 (voir la figure 6).

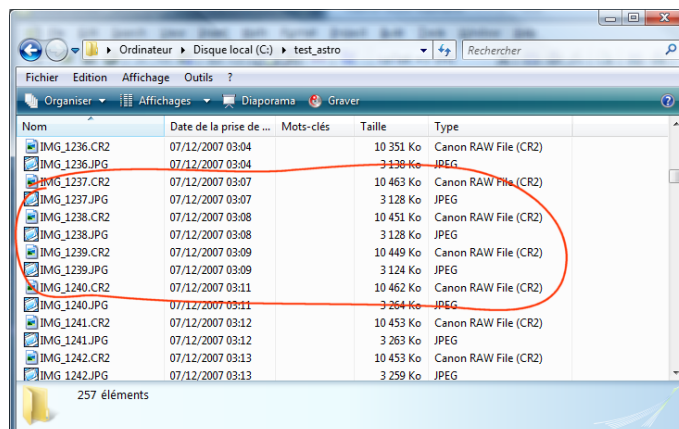


FIG. 6 – La liste des fichiers à traiter dans le répertoire de travail. Les fichiers RAW sont ici doublé par des fichiers JPEG. Ces derniers ne sont pas indispensables.

Un certain nombre d'éléments doivent être rassemblés pour exécuter correctement la commande **SV1**. Vous devez en premier disposer des images maîtres d'*offset* (ou *bias*), de *noir* (*dark* ou signal thermique) et de *flat-field*. Ces images sont indispensables pour réaliser un prétraitement sérieux et performant. La manière de réaliser ces images n'est pas discutée ici, tous les détails sont donnés les pages http://astrosurf.com/buil/iris/tutorial3/doc13_fr.htm et <http://astrosurf.com/buil/iris/roadmap/helpfr.htm>.

Nous allons supposer que les images maîtres sont dans le répertoire de travail et ont pour nom **OFFSET**, **DARK** et **FLAT85** (voir la figure 7). Nous avons par ailleurs construit une carte des points chauds *COSME.LST* avec la commande **FIND_HOT** (typiquement, ajuster le paramètre de seuil de cette commande pour identifier les 20 à 200 pixels les plus intenses dans la carte du signal thermique - ici l'image **DARK**).

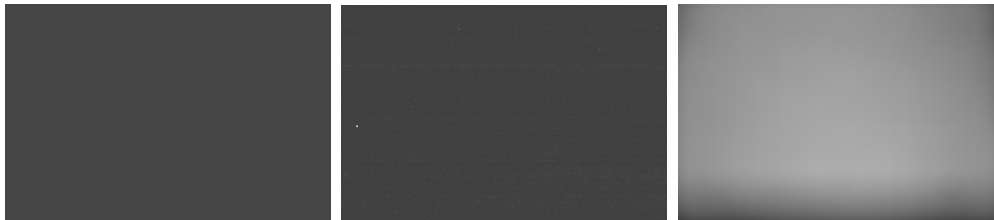


FIG. 7 – De gauche à droite, l'image **OFFSET**, l'image **DARK**, l'image **FLAT85**.

Nous devons aussi connaître approximativement la taille des pixels du capteur en millimètres et la distance focale de l'objectif photo, toujours en millimètres. La vraie distance focale des optiques photos n'est souvent pas strictement celle affichée par le fabricant, les écarts peuvent atteindre quelques pourcent. . . Pour simplifier, nous adoptons ici une focale ronde pour l'objectif, soit 85,0 mm et nous ajustons la taille du pixel pour respecter l'échelle effective de l'image (nombre de seconde d'arc par pixel). Ce travail d'ajustement peut être fait à tâton et il peut s'améliorer au fil de l'expérience des traitements successifs (nous verrons plus loin un critère de succès). Pour le boîtier Canon 40D nous adoptons une taille de pixel de 0,00585 mm (la vraie dimension doit être de l'ordre de 5,8 microns). L'incidence de ce choix est peu critique mais il est recommandé de se tenir à la même valeur de focale et de taille de pixel pour toutes les images faites avec un couple objectif/boîtier donné.

Nous devons connaître aussi les coordonnées équatoriales approximatives du centre de l'image (les valeurs précises seront trouvées automatiquement par le logiciel lors de l'exécution de la commande **SV1**). Une astuce (voir la figure 8) consiste à matérialiser le centre géométrique de l'image en mémoire en demandant au logiciel de tracer une croix à cet endroit. Pour cela, charger l'une des images RAW, puis lancer la commande **CENTER** depuis la console de commande :

>CENTER

Une précision de quelques minutes d'arc sur les coordonnées du centre est tout à fait acceptable. Inutile de chercher ici une précision astrométrique, cela n'aurait aucun effet. Nous adoptons dans notre exemple : AD=6h07m et DEC=24°17'.

Il nous faut à présent écrire dans un logiciel de traitement de texte (le *Bloc-notes* de Windows convient parfaitement) un petit *fichier de tâches* qui désigne les images à traiter et qui fournit les paramètres du traitement.

La première ligne de ce fichier, qui doit commencer par le caractère « @ », contient le nom des images maîtres et les paramètres de la réduction astrométrique choisis. Cette ligne

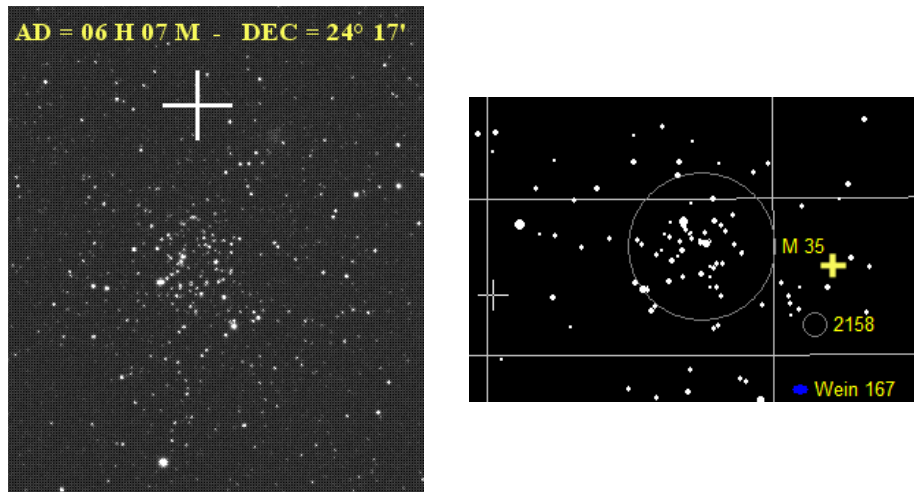


FIG. 8 – A gauche, un extrait de l’image IMG_1237.CR2, vers son centre (la croix est générée avec la commande **CENTER**). A droite, une carte du même champ générée avec le logiciel Megastar (tout autre logiciel de cartographie peut convenir bien sur). Les coordonnées approximatives du centre sont obtenues en comparant ces deux documents.

contient 13 colonnes (ou 13 champs si on préfère), séparées par au moins un blanc. Voici leur description :

- Champ 1 : obligatoirement le caractère @.
- Champ 2 : le nom du fichier image d’*offset*.
- Champ 3 : le nom du fichier image de *dark* (cette image ne doit contenir que le signal d’obscurité, ce qui signifie que le signal d’offset y est retiré - c’est une image à moyenne quasi nulle donc). Le temps d’intégration employé pour réaliser le fichier *dark* doit être le même que celui employé lors de la prise de vue des images du ciel.
- Champ 4 : le nom du fichier image *flat-field* (une vraie image de *champ plat* donc, avec le signal d’offset retiré).
- Champ 5 : le nom du fichier liste des défauts cosmétiques (il contient la liste des points chauds par exemple - indiquer un fichier texte vide si vous ne voyez aucun défaut dans l’image digne d’être pris en compte).
- Champ 6 : la taille de la sous-fenêtre de recherche des étoiles pour la registration des images (l’opération qui consiste à superposer exactement les images d’une séquence). Iris utilise ici la méthode à trois zones (voir la boîte de dialogue **Registration des images stellaire...** du menu **Traitement** ainsi que les explications détaillées ici : http://astrosurf.com/buil/iris/tutorial2/doc10_fr.htm). Une taille de 200 à 350 pixels est en général un bon choix.
- Champ 7 : un drapeau permettant de faire le choix entre un traitement couleur ou d’un traitement en noir et blanc. Si ce champ vaut 0, alors le processus délivre à la fin une image couleurs 48 bits. Si ce champ vaut 1, alors le résultat est une image noir et blanc (la somme non pondérée des canaux rouge, vert et bleu de l’image APN). Pour un traitement expéditif, moins demandant en ressource d’ordinateur, et visant purement la détection d’objets nouveaux, le mode noir et blanc est s’en doute le plus approprié.
- Champ 8 : l’ascension droite du centre de l’image dans le format heures, minutes, secondes. Par exemple, les syntaxes suivantes sont acceptables 9, 9h, 9H, 9h30m, 9H30M34.3S, ...

- Champ 9 : la déclinaison du centre de l'image dans le format degrés, minutes, secondes. Par exemple, les syntaxes suivantes sont acceptables 9d, 9D, 9d30', 9D30'34.3", 9d30'34.387" ...
- Champ 10 : la distance focale en millimètres de l'objectif de prise de vue.
- Champ 11 : la taille des pixels en millimètres.
- Champ 12 : l'orientation du nord dans les images de départ. Vous avez la possibilité d'indiquer *haut*, *bas*, *droite* ou *gauche* suivant que le nord est situé respectivement en haut, en bas, à droite, ou à gauche (les termes anglais *up*, *down*, *right* et *left* sont aussi utilisables).
- Champ 13 : le nom générique de l'image résultat traitée. Iris ajoute un index à ce nom, qui s'incrémente d'une unité chaque fois qu'une ligne commençant par le caractère @ est rencontrée.

Dans notre exemple la première ligne du fichier de commande s'écrira donc (nous choisissons un traitement en couleur 48 bits) :

@ offset dark flat85 cosme 200 0 6h07m 24d17' 85.0 0.00585 gauche t85_

Le fichier image de sortie aura ici le nom *t85_1.pic* (au nom générique *t85_*, Iris ajoute l'index *1* et complète par l'extension *.pic*). Nous allons bien produire une image en couleur (le champ numéro 7 a une valeur nulle).

A la suite de cette première ligne, on trouve un ensemble de lignes contenant le nom des images à traiter (une ligne par image). Le premier caractère d'une ligne image est obligatoirement « # », suivi d'un blanc au moins, puis du nom du fichier. Dans notre exemple nous avons :

```
# img_1237
# img_1238
# img_1239
# img_1240
```

Noter que le nom des fichiers peut être précédé par un chemin s'il faut aller chercher les images ailleurs que dans le répertoire de travail.

L'aspect final du fichier descriptif de tâches est donné dans la figure 9. Sauvegarder ce fichier sous le nom de votre choix, mais avec obligatoirement l'extension *.lst*. Par exemple ici RUN1.LST.

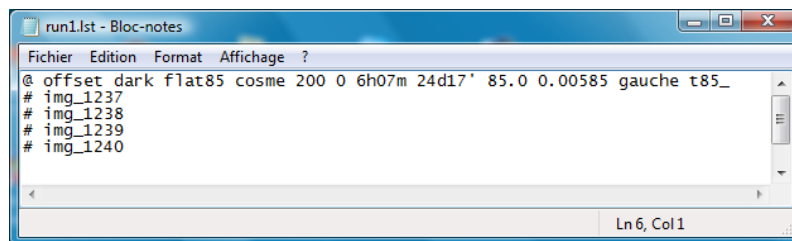


FIG. 9 – Le contenu caractéristique du fichier de description de tâches pour le prétraitement et la réduction astrométrique.

Pour lancer le traitement, depuis la console de commande, entrer (il ne faut pas indiquer l'extension du fichier de paramètres) :

>SV1 RUN1

Le traitement réalisé est complexe, et suivant la vitesse de votre ordinateur, le nombre d'images concerné et la grosseur des fichiers, il peut prendre plusieurs minutes à plusieurs dizaines de minutes par image. Voici une description sommaire des opérations réalisées :

1. Le décodage (ou developpement) des images RAW.
2. Le prétraitement complet (soustraction de l'offset, du dark, division par le flat-field, correction des défauts cosmétiques). Ce traitement est conforme à celui réalisé à partir de la boîte de dialogue **Prétraitement...** du menu **Photo numérique**. Noter que l'optimisation du signal thermique n'est pas réalisée. Il faut donc que l'image du *dark* (ou signal thermique) soit acquise dans des conditions proches de celles des images à traiter (ou ajustée au préalable).
3. La registration trois points des images (le logiciel évalue la translation, la rotation et le changement d'échelle entre les images individuelles).
4. L'addition des images de la séquence.
5. L'évaluation du fond de ciel et la soustraction de ce fond à l'image composite (on utilise une méthode à deux passages, tout d'abord un ajustement polynomial, puis un estimateur local, ce qui correspond à un usage successif, avec masquage, des commandes **Retrait du gradient (estimateur polynomial)...** et **Retrait (estimateur local)...** du menu **Traitement**).
6. L'évaluation précise de la distorsion optique en comparant la position des étoiles dans l'image et dans le catalogue (Iris calcule les coefficients $A1$, $A3$ et $A5$ d'un polynôme impair du cinquième ordre décrivant la distorsion).
7. La correction de la distorsion optique en modifiant géométriquement l'image.
8. La réduction astrométrique (le lien entre les coordonnées pixels (x, y) dans l'image et les coordonnées équatoriales).
9. La transformation géométrique de l'image dans un repère gnomonique avec le nord en haut (repère *gnomonique* : projection des objets en s'appuyant du centre de la sphère céleste sur un plan tangent à cette sphère).

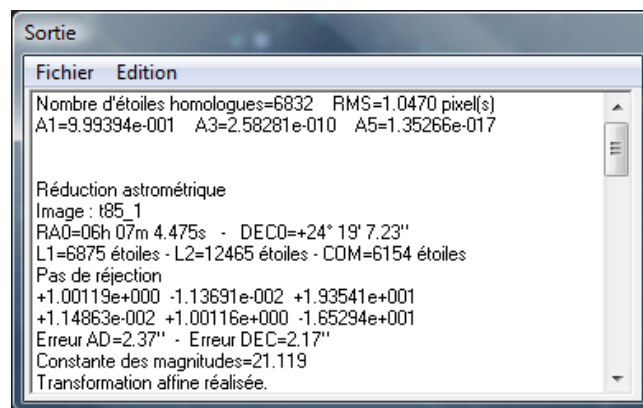


FIG. 10 – Données numériques de sortie lors de la correction de la distorsion géométrique des images et lors de la réduction astrométrique.

Au terme du processus, la dernière image traitée est en mémoire et affichée (et aussi sauvegardée dans un fichier dans le répertoire de travail, ici sous le nom *t85_1.pic*). La fenêtre de sortie retourne par ailleurs des éléments clefs du calcul, voir la figure 10. On y trouve le nombre d'étoiles homologues entre le catalogue d'étoiles et celles trouvées dans

l'image en cours de traitement. Ces étoiles sont exploitées pour le calcul de la distorsion optique. Les coefficients $A1$, $A3$ et $A5$ sont aussi retournés. A ce stade, une valeur proche de l'unité pour le coefficient $A1$ est le signe que le couple formé par la distance focale de l'objectif et la taille des pixels est correctement ajusté. C'est bien le cas ici à 10^{-3} près, ce qui est très satisfaisant. Le choix d'une taille de pixel de 0,00585 mm pour une focale de 85,0 mm est donc le bon choix.

Le logiciel donne aussi les coordonnées équatoriales du centre effectivement utilisées pour la réduction astrométrique (le point tangent). Puis ensuite, le nombre d'étoiles trouvées dans l'image (L1), dans le catalogue d'étoiles (L2) et les étoiles en fin de comptes employées pour la réduction astrométrique (COM). On trouve ensuite les six coefficients de la transformation affine utilisée pour rendre l'image conforme avec l'échelle spécifiée (couple focale/pixel) et orienter l'image avec le nord en haut. L'erreur RMS de la réduction est donnée en seconde d'arc. Enfin, on trouve la constante des magnitudes (la magnitude correspondant à un signal égal à un compte numérique).

L'ensemble des paramètres astrométriques est sauvegardé dans l'entête du fichier image calculé. Vous pouvez retrouver ces paramètres chaque fois que vous chargez l'image en mémoire. Ils peuvent être affichés en utilisant la commande **INFO _ ASTRO**. Par exemple :

```
>LOAD T85_1
>INFO _ ASTRO
```

Le résultat s'affiche dans la fenêtre de sortie, comme le montre la figure 11.

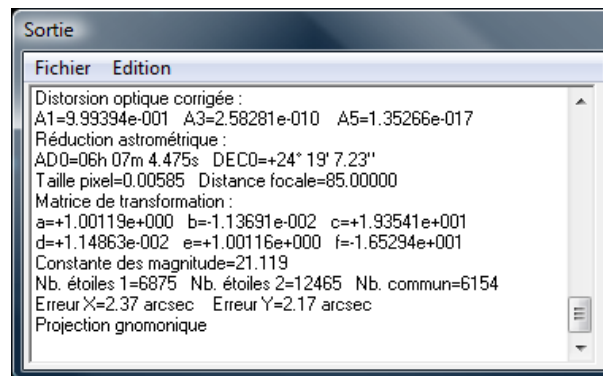


FIG. 11 – Le résultat de la commande **INFO _ ASTRO**. Pour effacer les données astrométriques de l'image, lancer la commande **RESET _ ASTRO**.

L'image traitée, somme des 4 images RAW de départ et réduite astrométriquement, est montrée sur la figure 12.

Un soin important a été apporté à la soustraction du fond de ciel. Celui-ci prend un aspect très plat et neutre après le traitement, ce qui n'est pas du tout le cas sur les images originales, prises sous un ciel très pollué, comme le montre la figure 13

Iris s'arrange pour que dans l'image traitée le fond de ciel ai la même intensité dans le bleu, dans le vert, et dans le rouge (d'où la couleur neutre) mais aussi une intensité nulle en moyenne (déplacer le curseur dans l'image et relever l'intensité des pixels pour s'en rendre compte). Cette disposition est particulièrement utile pour réaliser la balance du blanc de l'image, c'est-à-dire multiplier les couches RVB par des coefficients distincts afin qu'un astre naturellement blanc apparaisse effectivement avec cette couleur dans l'image. Compte tenu de la température de couleur de la lampe utilisée pour faire le flat-field (une table éclairante de diapositive), la balance du blanc est effective en multipliant la couche



FIG. 12 – L'image du champ de l'amas Messier 35 (très réduite dans cette représentation). Noter que le nord est à présent en haut et que le fond de ciel a une couleur très neutre malgré la pollution lumineuse ambiante importante (lampes d'éclairage urbain à haute pression de vapeur de sodium).

rouge par 2,00, la couche verte par 1,00 et la couche bleu par 1,35 (commande **Balance RGB...** du menu **Photo numérique** - voir la figure 14). Les couleurs des étoiles sont alors correctement restituées au sens visuel, et simultanément, puisque le niveau du fond de ciel à une valeur nulle, la balance de ce fond n'est pas modifiée, i.e. elle demeure neutre.

A ce stade, entourer une étoile d'un petit rectangle de sélection avec le pointeur de souris, faire ensuite un click droit dans l'image pour afficher le menu contextuel, et lancer la commande **Calcul astrométrique**. Iris retourne les coordonnées équatoriales de l'étoile sélectionnée (voir l'exemple de la figure 15).

Soit à présent à localiser dans l'image l'amas ouvert NGC 2158, situé aux coordonnées $\alpha = 6^{\text{h}}07^{\text{m}}26^{\text{s}}$ et $\delta = +24^{\circ}05'48''$. Nous allons tracer un cercle d'ascension droite et un cercle de déclinaison qui se coupent au niveau de cet objet. Depuis le menu **Analyse** lancer la commande **Trace de cercles de coordonnées...** Les champs sont déjà pré-rempli avec les informations lues dans l'entête de l'image. Vérifier que la projection gnomonique est bien sélectionnée. Entrer les coordonnées voulues pour les cercles et cliquer sur le bouton **OK** correspondant. La figure 16 montre le résultat.

A titre de contrôle, ou à des fins éducatives, vous pouvez superposer aisément à l'image réduite astrométriquement l'ensemble des étoiles du catalogue TYCHO-2. Appeler pour cela la boîte de dialogue **Afficher une carte du ciel...** depuis le menu **Base de données**. Dans l'exemple de la figure 17 les étoiles TYCHO-2 sont affichées sous la forme de cercle. Les coordonnées *AD* et *DEC* à fournir sont les coordonnées du centre de l'image calculées lors de la réduction astrométrique (ces champs sont normalement pré-remplis).

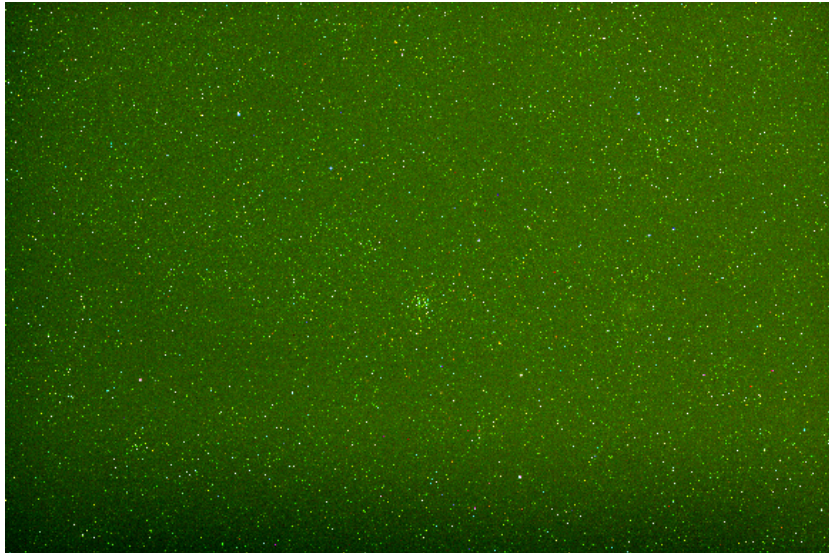


FIG. 13 – Une des images RAW d’origine seulement décodée. La couleur verte est typique d’un fichier RAW non traité. Elle traduit simplement le fait que le capteur utilisé est notoirement plus sensible dans le vert que dans le rouge ou le bleu. Noter aussi la présence d’un vignettage optique sensible dans la partie basse de l’image (c’est l’ombre du miroir reflex relevé des appareils photo au format APS-C qui obstrue notoirement le faisceau des optiques très ouvertes).



FIG. 14 – La balance du blanc de l’image t85 _ 1.

La grande force du fichier descripteur de tâche tiens dans la possibilité de traiter des lots d’images sans intervention, par exemple comme une tâche de fond. La figure 18 montre qu’il est possible de définir des séquences de traitement très longues. Ici nous traitons un ensemble d’images RAW trois par trois pour produire la séquence résultat $t1$, $t2$, $t3$, ...

La commande **SV1** génère dans le répertoire de travail le fichier LOG.DAT qui contient des informations sur la séquence d’image calculée (voir un exemple figure 19. Les colonnes donnent à la suite le numéro d’ordre dans la séquence, le nom de l’image réduite astrométriquement (et au besoin compositée) avec sa localisation dans le disque dur, les coordonnées équatoriales du centre de l’image, le nombre d’étoiles trouvées dans l’image, le nombre

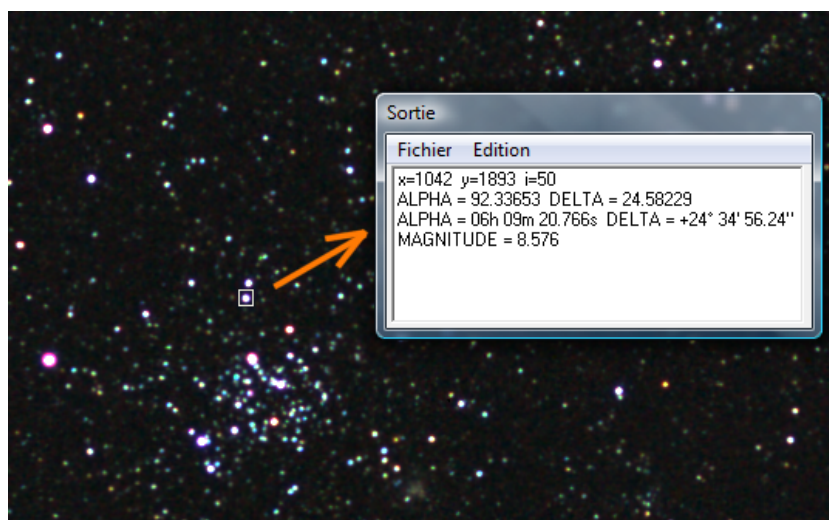


FIG. 15 – Une fois l'image réduite astrométriquement, il est facile de connaître les coordonnées précises de tous les objets qui s'y trouve (commande **Calcul astrométrique** du menu contextuel ou les commandes **COMPUTE** et **REC2SKY** depuis la console.

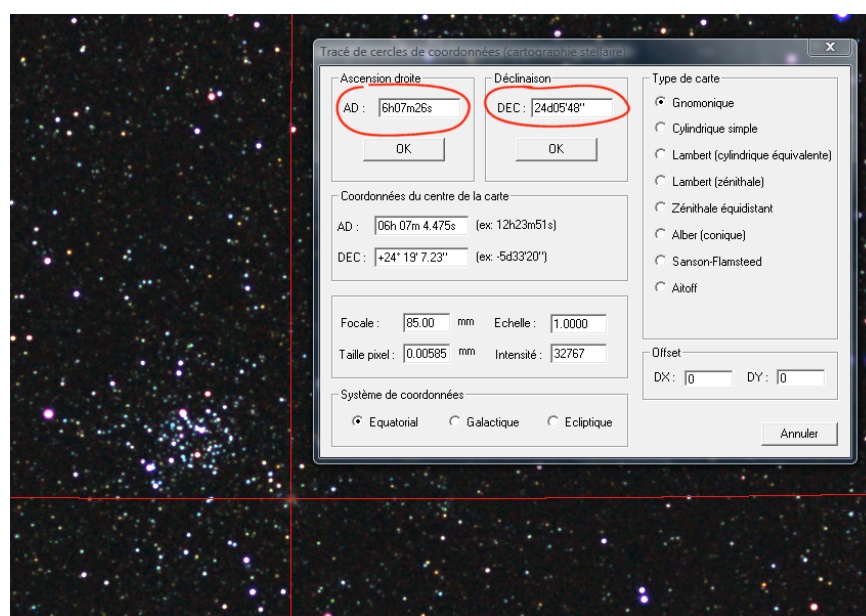


FIG. 16 – L'amas NGC 2158 est localisé en traçant des cercles de coordonnées.

d'étoiles trouvées dans le catalogue, le nombre d'étoiles similaires, l'erreur RMS de réduction en ascension droite et en déclinaison et la constante des magnitude pour la bande V approximativement. Si la réduction échoue pour une des images cela est signalé par un message d'erreur dans le fichier LOG.DAT. Il est donc recommandé d'examiner ce fichier, même succinctement, avant d'entamer la suite de l'exploitation.

Si l'objectif du survey est uniquement la détection d'objets nouveaux ou variables, il est probable qu'un traitement en noir et blanc des données sera suffisant. Ceci permet d'économiser de la place sur le disque dur et d'accroître la vitesse du *pipeline*. La durée typique du traitement réalisé par **SV1** est alors de 2 minutes par image (Canon 40D) sur un PC por-

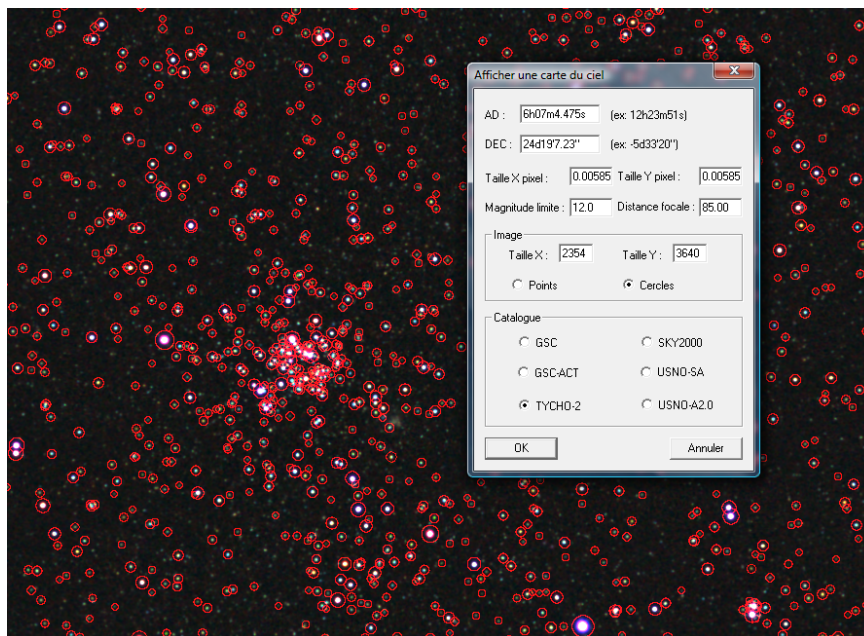


FIG. 17 – Affichage des étoiles du Tycho-2 dans l’image réduite astrométriquement.

```

astro1.list - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
@ offset dark flat cosme 250 1 8h00m 00d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1738
# img_1739
# img_1740
@ offset dark flat cosme 250 1 8h30m 00d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1741
# img_1742
# img_1743
@ offset dark flat cosme 250 1 9h00m 00d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1744
# img_1745
# img_1746
@ offset dark flat cosme 250 1 8h30m -10d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1747
# img_1748
# img_1749
@ offset dark flat cosme 250 1 8h00m -10d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1750
# img_1751
# img_1752
@ offset dark flat cosme 250 1 7h30m 20d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1756
# img_1757
# img_1758
@ offset dark flat cosme 250 1 7h30m 10d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1759
# img_1760
# img_1761
@ offset dark flat cosme 250 1 7h30m 00d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1762
Ln 1, Col 1

```

FIG. 18 – Exemple de fichier de description de tâches concernant un ensemble d’images contigües en vue de constituer un panorama. Noter que les images sont ici traitées en noir et blanc 16 bits (la colonne 7 a la valeur 1).

table équipé de 2 Gb de mémoire et d’un microprocesseur Intel Dual Core cadencé à 2Ghz (chipset T7300).

4 SV2 : projection cartographique

La commande SV2 fonctionne suivant le même principe que la commande SV1, à partir d’un fichier de description de tâches. Le but est de faire suite à la réduction astrométrique en

Fichier	Edition	Format	Affichage ?																	
31	c:\test_astros\t31.pic	07h 31m 38.456s	+30° 11' 1.38"	5028	7004	4414	2.49	2.35	21.398											
32	c:\test_astros\t32.pic	07h 29m 56.964s	+50° 11' 4.28"	4332	5378	3822	3.32	2.15	21.420											
33	c:\test_astros\t33.pic	06h 59m 50.960s	+50° 10' 27.24"	5224	6685	4601	3.41	2.22	21.425											
34	c:\test_astros\t34.pic	06h 29m 43.693s	+50° 09' 39.55"	5543	7539	4878	3.42	2.28	21.435											
35	c:\test_astros\t35.pic	05h 59m 36.875s	+50° 08' 52.43"	5547	8002	4947	3.52	2.33	21.442											
36	c:\test_astros\t36.pic	05h 29m 29.826s	+50° 07' 57.33"	5668	7904	4899	3.58	2.30	21.477											
37	c:\test_astros\t37.pic	05h 27m 33.988s	+60° 08' 26.25"	4875	6595	4319	4.52	2.35	21.452											
38	c:\test_astros\t38.pic	04h 57m 23.686s	+60° 07' 29.41"	4919	6340	4301	4.64	2.40	21.461											
39	c:\test_astros\t39.pic	04h 27m 13.118s	+60° 06' 28.71"	4898	6548	4360	4.32	2.16	21.461											
40	c:\test_astros\t40.pic	04h 29m 9.363s	+50° 07' 6.64"	5287	7142	4512	3.38	2.46	21.495											
41	c:\test_astros\t41.pic	05h 31m 11.565s	+30° 06' 43.96"	6086	9363	5208	2.74	2.39	21.509											
42	c:\test_astros\t42.pic	04h 32m 18.939s	+00° 02' 34.08"	3757	4570	3279	2.10	2.18	21.382											
43	c:\test_astros\t43.pic	05h 02m 18.796s	+00° 03' 31.91"	4811	6524	4249	2.22	2.23	21.372											
44	c:\test_astros\t44.pic	05h 02m 3.050s	+10° 02' 43.92"	4690	5703	3967	2.15	2.17	21.434											
45	c:\test_astros\t45.pic	04h 32m 1.949s	+10° 01' 19.42"	3334	3455	2710	2.14	2.18	21.387											
46	c:\test_astros\t46.pic	04h 32m 28.473s	-09° 59' 2.09"	3030	4340	2780	2.09	2.21	21.285											
47	c:\test_astros\t47.pic	05h 02m 27.773s	-09° 58' 4.21"	3740	5368	3435	2.18	2.23	21.283											

FIG. 19 – Un exemple de fichier LOG.DAT donnant pour chaque images (ici *t1.pic*, *t2.pic*, ...) des informations sur la réduction astrométrique et photométrique réalisée.

projetant les images dans un certain repère cartographique, puis en réalisant l'assemblage proprement dit des images individuelles en une image unique.

Les fonctions de cartographie stellaire de Iris sont décrites avec quelques détails à cette adresse :

http://astrosurf.com/buil/iris/new550/new550_fr.htm

Rappelons simplement ici quelques principes et définitions de base.

L'objet d'une projection cartographique est de réaliser le passage entre des coordonnées sphériques (les ascension droite et déclinaison de la sphère céleste par exemple) en coordonnées planes (x, y). Dans Iris, nous passons par une étape intermédiaire, réalisée avec la commande **SV1** : l'image est réduite dans un repère dit *gnomonique*, proche des conditions de prise de vue (projection de la sphère sur un plan tangent au centre de l'image). C'est à partir de cette projection élémentaire que sont réalisées de nouvelles projections correspondant à des cartes du ciel plus ou moins spécialisées et sophistiquées.

Il existe un grand choix de projections cartographiques. Cette profusion traduit le fait qu'il n'existe pas de projection qui puisse simultanément préserver les longueurs, les aires, les angles et les formes initialement définies sur la surface de la sphère céleste.

Les grandes classes de projection peuvent se décliner en (voir aussi la figure 20) :

- Projection azimutale. Elles sont particulièrement appropriées pour visualiser les régions polaire de la sphère. Les méridiens (axe des ascensions droites) convergent vers un point central et les cercles de déclinaison sont concentriques relativement à ce point.
- Projection conique. Ce type est intéressant pour représenter les zones de déclinaison intermédiaires. Les méridiens convergent vers un point qui est en dehors de la carte calculée et le réseau de déclinaison apparaît sous la forme d'arc de cercles.
- Projection cylindrique. Idéale pour représenter la zone équatoriale. Pour obtenir cette projection on développe par exemple un feuillet autour de la sphère, tangente à l'équateur. Le réseau de coordonnées est alors rectangulaire.

On peut aussi rencontrer des cartes de construction hybride.

En outre, à ces projections sont associées des caractéristiques géométriques particulières. On distingue les projections

- Équivalentes, dans lesquelles les aires sont conservées. Cette propriété est très importante en astronomie car elle préserve la photométrie des surfaces. Les projections les plus employées en astronomie sont donc « équivalentes ». On les utilise par ailleurs dès lors qu'il faut représenter une distribution statistique dans une carte.

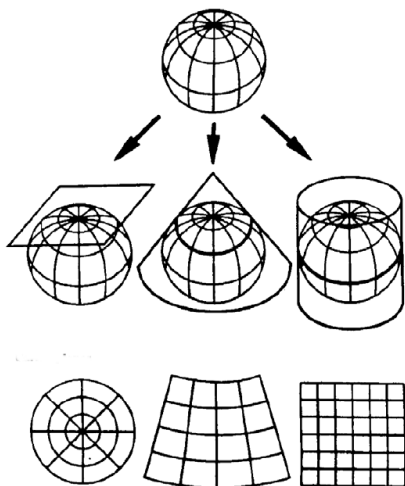


FIG. 20 – Différentes manières de développer une sphère. De gauche à droite, une projection azimutale, une projection conique et une projection cylindrique. Noter l'impact sur l'aspect du réseau de coordonnées (la trace des *graticules*).

- Conformes, dans lesquelles les angles autour d'un point sont conservés (ainsi que les formes localement). Ces projections sont importantes pour la navigation, mais d'un intérêt mineur en astronomie.
- Equidistantes, dans laquelle les distances sont préservés. C'est sans doute le type le plus utilisé pour la construction de cartes de la Terre (elles permettent d'accéder directement à la distance linéaire entre deux points).

Une carte ne peut être à la fois équivalente et conforme, ni conforme et équidistante. Devant la multiplicité des projections il faut faire des choix qui répondent au mieux à un besoin précis. Dans cette profusion on n'a sélectionné dans Iris que des projections générales et pratiques pour l'astronomie, Par exemple la projection cylindrique équivalente dite de *Lambert* ou la projection conique équivalente dite de *Alber*. Nous allons faire plus particulièrement référence dans l'exemple à suivre à une projection dite *Aitoff* (Hammer-Aitoff pour être plus précis), fort souvent utilisée pour montrer une vision globale de la voûte céleste, avec une déformation relativement réduite (voir la figure 21). Comme il se doit, cette projection est équivalente.

Nous allons traiter un ensemble de 12 zones contigües du ciel acquises avec un objectif de 85 millimètres de focale (Canon 85 mm f/1,2L, diaphragmé à f/2) et un boîtier reflex Canon 40D. En fait ces zones se chevauchent légèrement afin qu'il y ait une continuité dans l'image assemblée. Le pas adopté entre chaque zone est de 30 minutes de temps en ascension droite et de 10 degrés en déclinaison. Lors de la prise de vue, le grand axe de l'appareil photo est orienté suivant l'axe des déclinaison. Pour chaque zone nous disposons de 3 clichés individuels exposés chacun 30 secondes. En tout nous avons donc à traiter $3 \times 12 = 36$ images. La région du ciel couverte comprend une partie des constellations du Cocher, des Gémeaux et de la Licorne.

Nous utilisons tout d'abord la commande **SV1** pour prétraiter les images, les composer et les réduire astrométriquement. La figure 22 montre le contenu type du fichier de description de tâches pour la commande **SV1**. Comme résultat nous obtenons les 12 images traitées de nos zones, ici de nom générique *t1.pic*, *t2.pic*...

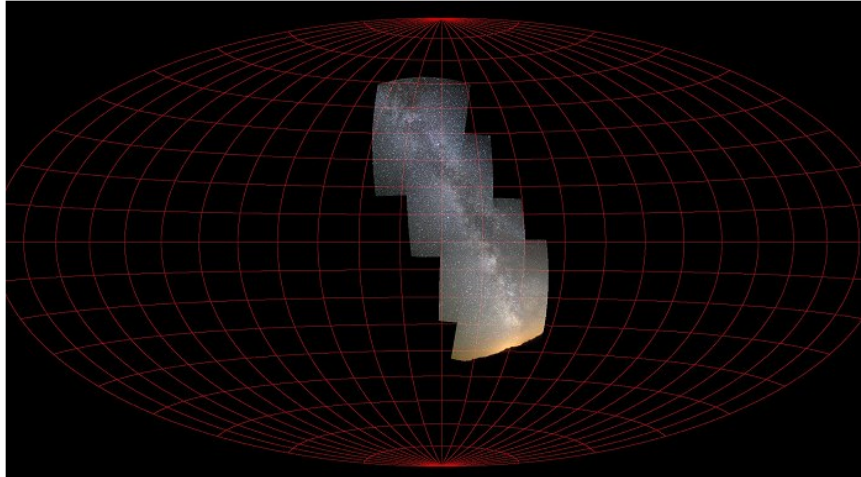


FIG. 21 – L’aspect de la projection Hammer-Aitoff, avec sa forme ovale caractéristique. Il s’agit d’une projection dite *pseudocylindrique*. Une petite portion du ciel est représentée dans cette image globale.

```

astro11st - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
@ offset dark flat cosme 250 0 4h30m 20d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1448
# img_1449
# img_1450
@ offset dark flat cosme 250 0 5h30m 20d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1451
# img_1452
# img_1453
@ offset dark flat cosme 250 0 6h00m 20d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1454
# img_1455
# img_1456
@ offset dark flat cosme 250 0 6h30m 20d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1457
# img_1458
# img_1459
@ offset dark flat cosme 250 0 6h30m 30d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1460
# img_1461
# img_1462
@ offset dark flat cosme 250 0 6h00m 30d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1463
# img_1464
# img_1465
@ offset dark flat cosme 250 0 5h30m 30d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1466
# img_1467
# img_1468
@ offset dark flat cosme 250 0 5h30m 40d 85.0 0.00585 gauche t
# img_1469
# img_1470
# img_1471
Ln 29, Col 31

```

FIG. 22 – Le fichier de description de tâche de la commande **SV1**.

L’examen du fichier de sortie LOG.DAT permet de constater que la constante des magnitudes caractéristiques dans les images composés est d’environ 21,5 (pour c’est exemple particulier). On note cette valeur, elle va nous servir plus loin.

La commande **SV2** permet de projeter ces images dans le repère cartographique de son choix, puis de les assembler dans une carte unique, tout ceci de manière automatique.

Il faut tout d’abord choisir le type de projection cartographique, l’échelle de la carte et les coordonnées céleste qui vont se situer au centre de la représentation. Un autre problème important à résoudre est celui de la taille du support de la carte. On devine aisément qu’une représentation globale du ciel à l’échelle originale de nos images ne pourra tenir que dans une image de taille gigantesque. Ingérable et impenssable. La solution passe soit par une réduction de l’échelle de l’image dans la carte (un même angle est représenté par une distance linéaire dans la carte plus petite que dans l’original), soit en ne montrant qu’une partie

de la voute céleste dans la carte. Nous allons adopter ici un mélange des deux : la taille des images originales est réduite d'un facteur 2 et la taille de la carte est circonscrite uniquement à la zone couverte par la mosaïque des 12 clichés.

Ouvrir la boîte de dialogue **Cartographie stellaire...** du menu **Analyse**. Remplir les champs de la boîte de dialogue tels que le montre sur la figure 23.

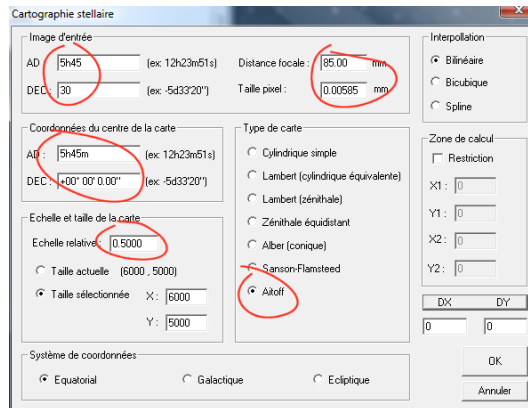


FIG. 23 – La boîte de dialogue de cartographie stellaire.

Bien vérifier que la distance focale et la taille des pixels est conforme au *setup* utilisé. Sélectionner la projection *Aitoff* (noter que c'est la projection de rang 7 dans la liste proposée). Adopter un facteur d'échelle de 0,5 pour que la taille des images dans la carte soit deux fois plus petite que dans les originaux.

Nous décidons que le point qui se situera au centre de notre carte correspondra aux coordonnées équatoriales $AD=5h45m$ et $DEC=30^\circ$. Ce choix est suggéré par la position moyenne sur le ciel des images acquises. Cependant, une projection Aitoff est fondamentalement équatoriale, c'est-à-dire que le logiciel s'attend à ce que le centre de la carte comprenne l'équateur céleste (avec une projection Aitoff il faut *obligatoirement* spécifier une déclinaison nulle pour le centre de la carte). Compte tenu de l'échelle des images, si le centre de la carte est effectivement $AD=5h45m$ et $DEC=0^\circ$, alors notre point de coordonnées $AD=5h45m$ et $DEC=30^\circ$ est situé très loin en hauteur. Pour visualiser ce dernier il sera nécessaire d'adopter un très large support, avec de vastes surfaces qui ne seront pas couvertes par des clichés (elles apparaîtront en noir). Pour résoudre ce problème Iris peut ajouter suivant les axes X et Y de la carte des constantes distinctes de telle manière à amener le point de coordonnées $(5h45m, 30^\circ)$ au centre de la représentation tout en réalisant une projection équatoriale correcte (par exemple avec un centre *calcul* de coordonnées $(5h45m, 0^\circ)$). Le bouton **DX DY** de la boîte de dialogue permet de calculer ce décalage. Entrer les coordonnées du centre de la carte (au sens *calcul de la projection*), entrer des coordonnées fictives pour le centre de l'image d'entrée $(5h45, 30^\circ)$, puis cliquer sur le bouton **DX DY**. Dans la petite boîte de dialogue qui s'ouvre en réponse, Iris donne le décalage à produire, soit ici $DX = 0$ pixels et $DY = -3760$ pixels, que nous allons arrondir à $DY = -3800$ pixels.

La taille du support (la dimension en pixel de la carte) doit être suffisante pour couvrir le champ souhaité. Compte tenu du facteur d'échelle, un support de 6 000 par 5 000 pixels s'avère suffisant (faire des essais successifs au besoin pour mieux évaluer cette quantité ou faire quelques petits calculs élémentaires). C'est déjà une taille d'image conséquente (en

conservant l'échelle de départ, c'est une image de 12 000 par 10 000 qui serait nécessaire, ce qui exige une configuration informatique très musclée !).

Nous avons à présent en main tout le nécessaire pour remplir le fichier de description de tâches de la commande **SV2**. Une ligne dans ce fichier commençant par le caractère « @ » décrit les paramètres de la projection cartographique. Il faut définir 13 champs, séparés par au moins un espace. Voici la description de ces champs :

- Champ 1 : obligatoirement le caractère @.
- Champ 2 : le type de projection, identifié par un numéro. C'est le rang d'apparition dans la liste de la boîte de dialogue **Cartographie stellaire...**
- Champ 3 : l'ascension droite du centre de la projection (ce n'est pas nécessairement le centre de l'image visualisée en fin de compte en raison de l'introduction du concept de décalage). Le format est du type HMS.
- Champ 4 : la déclinaison du centre de la projection (ce n'est pas nécessairement le centre de l'image visualisée en fin de compte en raison de l'introduction du concept de décalage). Le format est du type DMS.
- Champ 5 : la déclinaison du point tangent lors d'une projection conique. Le format est du type DMS.
- Champ 6 : le facteur d'échelle de l'image finale.
- Champ 7 : le type de référentiel utilisé. Mettre 0 pour un référentiel équatorial, 1 pour un référentiel galactique (l'équateur galactique prend la place de l'équateur céleste habituel), 2 pour un référentiel écliptique (pratique pour représenter le plan du système solaire, la position des planètes et des astéroïdes).
- Champ 8 : la taille horizontale en pixel de la carte finale.
- Champ 9 : la taille verticale en pixel de la carte finale.
- Champ 10 : le décalage éventuel suivant X en pixels.
- Champ 11 : le décalage éventuel suivant Y en pixels.
- Champ 12 : la constante des magnitudes objectif pour la carte finale. Pour cela, chaque image de la séquence est multipliée par un coefficient distinct de manière à ce que le signal relatif des images assemblée soit homogène. Ceci permet de réaliser des mosaïques à partir d'images acquises avec des temps de pose différents, ou plus simplement, avec des conditions de transparence du ciel variables. Par exemple, si la constante des magnitude initiale est de 21.2 pour l'une des images de la séquence et si on vise une constante des magnitude de 21,5 dans la mosaïque, alors le niveau de tous les pixels de cette image est multiplié par le coefficient 1,3182. Si on ne souhaite pas voir l'intensité des images modifiée alors il faut donner une valeur nulle à ce champ.
- Champ 13 : le nom générique de l'image de sortie.

Une ligne commençant par le caractère « # » identifie le nom d'un fichier image d'entrée. Ce nom suit la caractère # sur la même ligne. Il y a une ligne par image.

Les opérations réalisées consistent en une projection cartographique, au détournage les images individuelles pour leur donner un bord net (une opération critique et assez délicate) puis en une fusion de l'ensemble des images dans une image unique (pour générer par exemple une mosaïque couvrant une vaste superficie du ciel).

La figure 24 donne le contenu du fichier descriptif de tâches pour traiter notre exemple. Comme nous n'avons qu'une seule séquence à traiter, le fichier image de sortie est unique (ici de nom *out1.pic*, rappelez-vous que Iris ajoute lui-même le numéro d'index). Noter que nous égalisons le signal de toutes les images de la séquence de manière à viser une constante des magnitudes de 21,5 (un signal de 1 pas codeur correspond au stimuli produit par une étoile de magnitude 21,5 dans la bande V). La valeur précise sélectionnée est quelque peu

arbitraire. Ici nous avons choisi la constante typique des images individuelles de la séquence (après addition 3 par 3 des clichés de départ).

Sauvegarder le fichier texte de description de tâches sous le nom RUN4.LST (par exemple), puis faire depuis la console de commande

>SV2 RUN4

Attention, le temps de traitement peut être long (plusieurs dizaines de minutes, voir plusieurs heures). Soyez patient. Entraînez-vous au départ sur de petits lots d'images.

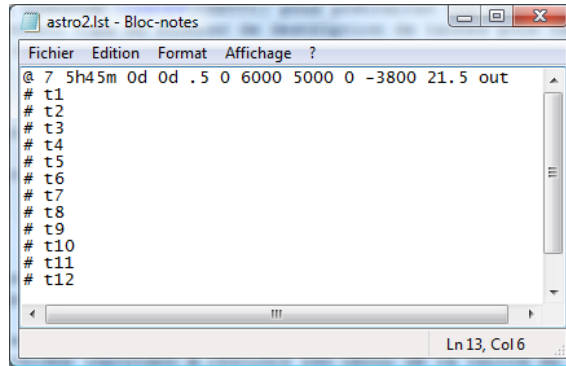


FIG. 24 – Le fichier de description de tâche de la commande **SV2**.

La figure 25 montre une vue du résultat final en négatif à haut contraste et très réduite. Les 12 zones ont été assemblées de manière satisfaisante. On remarque en particulier l'absence de transitions artificielles marquées entre les zones, ce qui est le signe d'un traitement satisfaisant (en particulier en ce qui concerne l'estimation du fond de ciel - il faut se rappeler que ces images sont acquises en milieu urbain, avec une magnitude limite à l'oeil comprise entre 2 et 3 environ !).

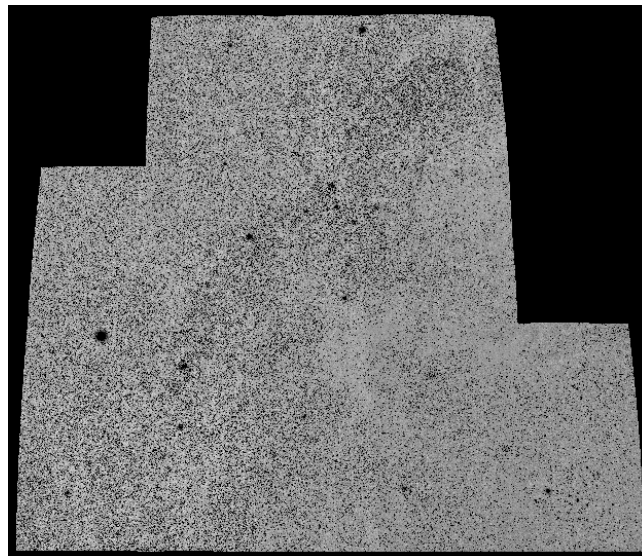


FIG. 25 – Les 12 champs élémentaires regroupés en une image unique. Cette image finale est ici convertie en noir et blanc et visualisée avec un fort contraste.

Dans l'image résultat OUT1.PIC le niveau du fond de ciel est volontairement remonté de 500 comptes numériques (la même valeur arbitraire pour les trois couches). Le but est de faciliter la visualisation. Vous pouvez revenir à un fond de ciel à moyenne nulle aisément (pour réaliser une balance du blanc par exemple) en faisant,

>OFFSET -500

Vous pouvez parfaitement utiliser les outils exploitants les informations astrométriques, par exemple la commande **INFO_ ASTRO** (figure 26), le calcul astrométriques depuis le menu contextuel, ou encore le tracé des cercles de coordonnées (voir la figure 27).

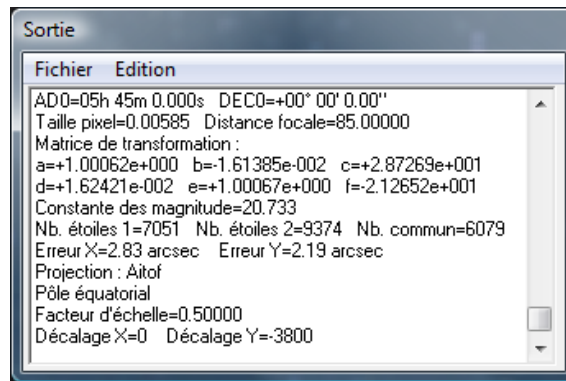


FIG. 26 – Les informations astrométriques et cartographiques disponibles après l'exécution de la commande SV2.

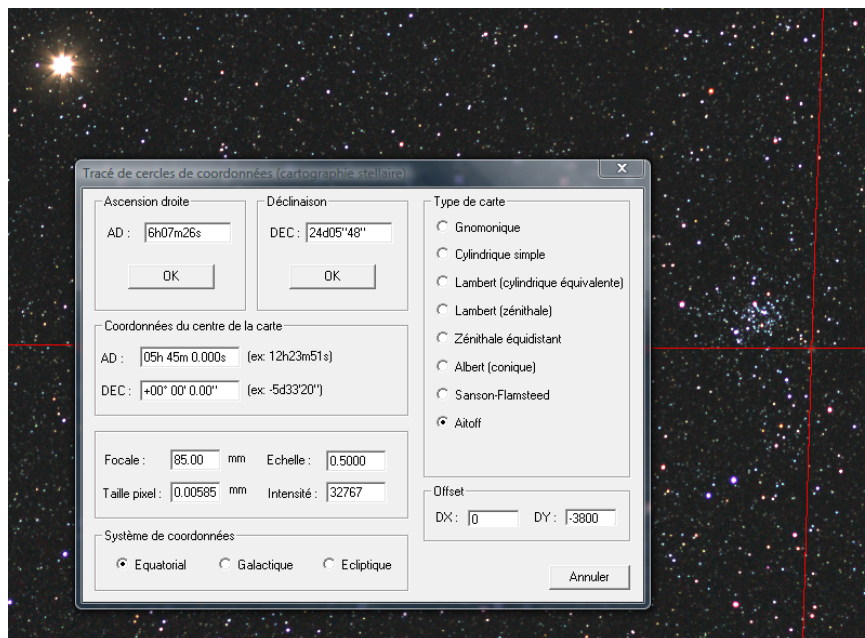
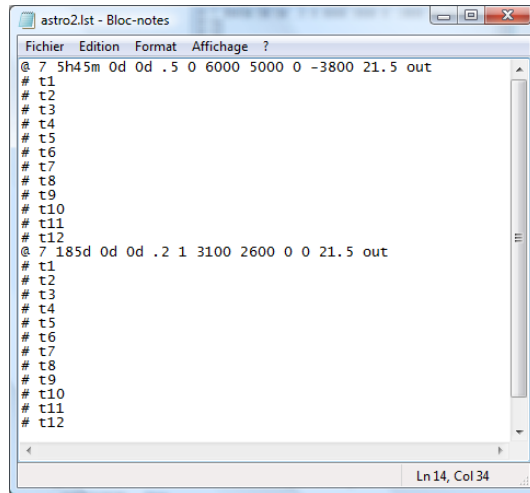


FIG. 27 – La tracé d'un graticule dans une projection Aitoff. L'objet brillant en haut à gauche est la planète Mars. Bien noter que les coordonnées du centre de la carte entrées sont celles spécifiées lors de la construction de la dite carte. Idem pour ce qui concerne les décalages en X et Y.

Il est parfaitement possible d'enchaîner la construction de plusieurs projections cartographiques à partir du même fichier de description comme l'illustre la figure 28. La seconde image produite (de nom OUT2.PIC) est définie dans un repère galactique. Dans ce cas, le

centre de la carte correspond à des longitudes et latitudes galactiques, données en degrés, minutes et secondes. Dans l'exemple, la longitude galactique choisie pour figurer au centre de la carte est $L = 185^\circ$. La figure 29 montre le résultat.



```
astro2.lst - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
@ 7 5h45m 0d 0d .5 0 6000 5000 0 -3800 21.5 out
# t1
# t2
# t3
# t4
# t5
# t6
# t7
# t8
# t9
# t10
# t11
# t12
@ 7 185d 0d 0d .2 1 3100 2600 0 0 21.5 out
# t1
# t2
# t3
# t4
# t5
# t6
# t7
# t8
# t9
# t10
# t11
# t12
Ln 14, Col 34
```

FIG. 28 – Un fichier de description de tâches qui permet d'enchaîner deux projections successives à partir d'un même lot d'images, l'une équatoriale, l'autre galactique.

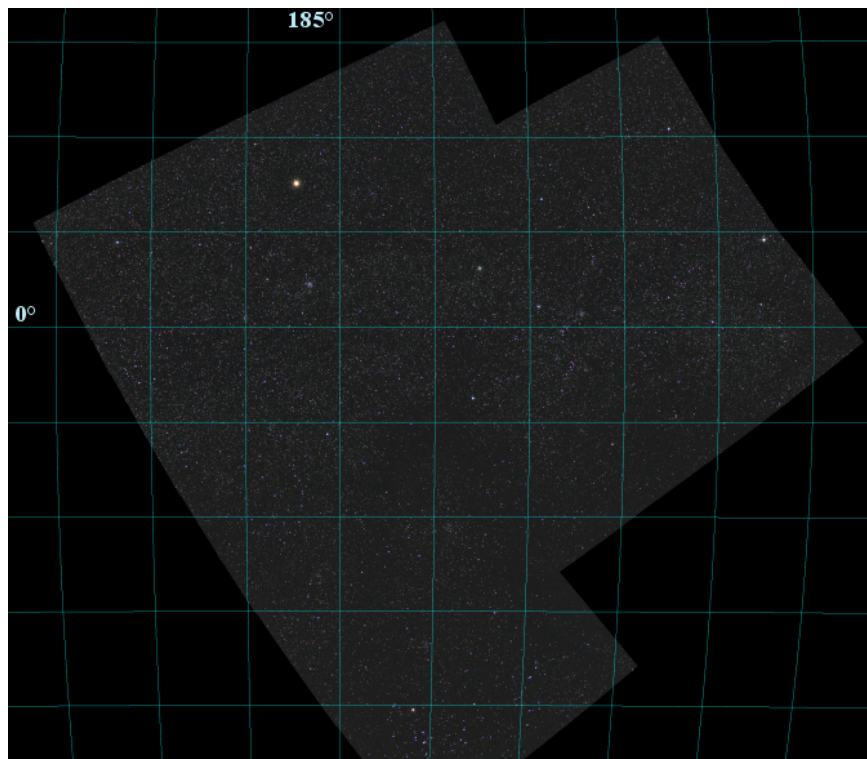


FIG. 29 – Les 12 zones projetées dans le repère galactique. Le plan de la Galaxie est définie par le trait horizontal marqué 0° .

Une des applications les plus prolifiques des projections cartographiques est s'en doute la capacité de comparer des données prises à des dates différentes ou avec des instruments différents. Ceci constitue un véritable outil de découverte.

Dans l'exemple de la figure 30 nous avons projeté dans le même repère cartographique des images du même champs (région de l'amas Messier 35) acquises avec des optiques photographiques très différentes. Le traitement est quasi identique pour ces quatre images. La seule différence tiens dans le facteur d'échelle. Nous avons projeté toutes les images dans le repère de l'image obtenue avec la focale de 200 mm. Pour cette dernière, le facteur d'échelle est pris égal 1,0 exactement. Le facteur d'échelle adopté pour l'image réalisée avec la focale de 50 mm est dans le rapport des distances focales, soit ici 4,0 exactement ($200 \text{ mm} / 50 \text{ mm} = 4$). Pour les photos prises avec les focales de 85 mm et 135 mm, les facteurs d'échelles sont respectivement de 2,3529 et 1,4815. Rien d'autre n'est modifié dans les paramètres astrométriques des images (mêmes coordonnées du centre, mêmes décalages DX et DY éventuels, etc). La surposition des images est donc aisée, et aussi très précise.

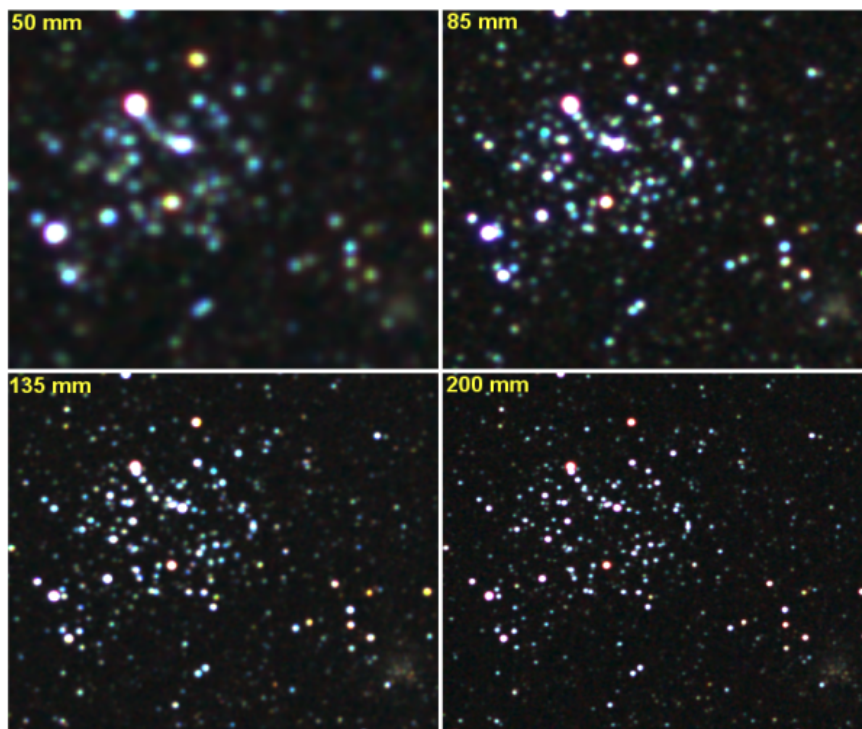


FIG. 30 – Le champ de l'amas Messier 35 photographié avec un Canon 40D équipé successivement d'optiques de focale de 50 mm, 85 mm, 135 mm et 200 mm. Pour les trois premières focales le rapport d'ouverture est de $f/2$. Pour la focale de 200 mm, le rapport d'ouverture est de $f/2,8$. Chaque image est un composite de 4 clichés exposés 30 secondes à 100 ISO. On a choisie une projection Aitoff pour le repère commun de ces images. L'effet de la résolution spatiale en fonction de la distance focale est bien visible.

5 SV3 : tracé graphique

La commande **SV3** lit et exécute un fichier de description de tâches permettant de tracer des points, des lignes ou encore des cercles dans l'image cartographique. Les positions de ces points, lignes et cercles sont définies en coordonnées équatoriales (ou en coordonnées galactiques). La commande **SV3** est pratique pour délimiter des champs, tracer les

limites des constellations, ou encore dessiner la trajectoire d'un objet mobile directement dans l'image (comète, astéroïde, ...).

Pour tracer un arc de grand cercle entre deux points de coordonnées équatoriales (AD1, DEC1) et (AD2, DEC2), écrire une ligne dans le fichier commençant par la lettre « L » (Line), suivi des paramètres du tracé dans le format

L AD1 DEC1 AD2 DEC2 R V B

avec *R*, *V* et *B* l'intensité du tracé respectivement dans les plans rouge, vert et bleu, en valeurs pixel (un nombre entre 0 et 32767).

Par exemple :

L 3H45M23S 56D21'22" 3H46M49S 54D18'02" 32767 20000 10000

Pour tracer un cercle d'ascension droite, débiter la ligne par la lettre « A », puis faire

A AD R V B

avec *AD*, l'ascension droite du cercle.

Pour tracer un cercle de déclinaison, débiter la ligne par la lettre « D », puis faire

D DEC R V B

avec *DEC*, la déclinaison du cercle.

Ces deux dernières commandes sont très pratiques pour dessiner un réseau de coordonnées dans une image.

Pour tracer un petit cercle de diamètre *DIAMETRE* (en pixels) autour d'un point de coordonnées (*AD*, *DEC*) faire

C AD DEC R V B DIAMETRE

Cette dernière possibilité est par exemple très utile pour marquer dans l'image la position des étoiles variables déjà connues ou suspectées. Vous pouvez obtenir une liste de ces étoiles sur le site de l'AAVSO à l'adresse <http://www.aavso.org/vsx/>. On trouvera le résultat d'une requête VSX dans la figure 31, mis dans le format du fichier de tâche accepté par la commande **SV3**. La figure 35 montre le résultat dans l'image.

	RA	DEC	R	V	B
C	5h26m57s	21d52'41"	1000	3000	300 14
C	5h26m59s	22d57'46"	1000	3000	300 14
C	5h27m5s	21d35'25"	1000	3000	300 14
C	5h27m10s	29d55'16"	1000	3000	300 14
C	5h27m15s	26d43'3"	1000	3000	300 14
C	5h27m18s	23d6'24"	1000	3000	300 14
C	5h27m18s	23d6'25"	1000	3000	300 14
C	5h27m24s	28d40'46"	1000	3000	300 14
C	5h27m38s	32d12'33"	1000	3000	300 14
C	5h27m50s	22d59'23"	1000	3000	300 14
C	5h27m52s	22d38'0"	1000	3000	300 14
C	5h28m13s	30d12'33"	1000	3000	300 14
C	5h28m14s	24d33'48"	1000	3000	300 14
C	5h28m21s	29d28'13"	1000	3000	300 14
C	5h28m29s	18d34'24"	1000	3000	300 14
C	5h28m41s	21d41'24"	1000	3000	300 14
C	5h28m51s	29d48'38"	1000	3000	300 14
C	5h28m51s	32d25'22"	1000	3000	300 14
C	5h28m52s	32d28'39"	1000	3000	300 14

FIG. 31 – La liste des étoiles variables et suspectes sur un champ de 15 degrés centré autour de Messier 35.

Enfin, pour tracer un point aux coordonnées (*AD*, *DEC*), faire

P AD DEC R V B

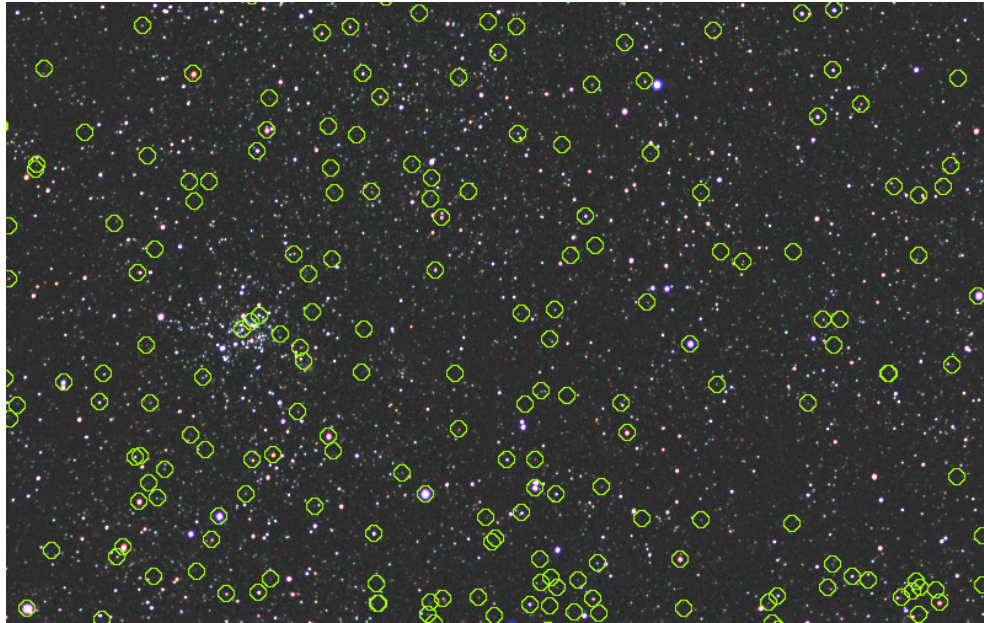


FIG. 32 – La position des étoiles variables dans le champ de Messier 35. Certaines positions correspondent à des étoiles bien identifiables dans le champ, d'autres correspondent à des objets de magnitude trop élevée pour l'objectif photo utilisé. Cette identification est une étape clef avant d'annoncer par exemple la présence d'un objet variable nouveau.

Par exemple, soit le contenu d'un fichier RETI.LST tel que défini dans la figure 33. Lancer la commande

>SV3 RETI

La figure 34 donne le résultat dans l'image.

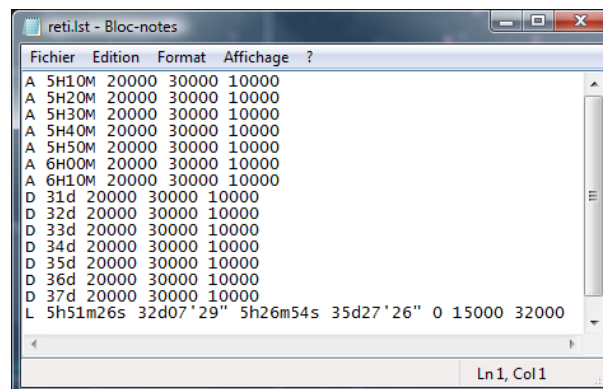


FIG. 33 – La définition d'un fichier de tracé graphique. On y trouve un réseau de coordonnées ainsi qu'une ligne à tracer entre les étoiles HD39045 et HD35519 (un arc de grand cercle entre ces deux objets).

Comme autre application, on peut songer tracer la trajectoire d'une comète dans l'image pour contrôler la présence d'un objet douteux ou pour constituer une carte de champ. La figure 35 montre un exemple avec l'image réduite astrométriquement la comète 8P/Tuttle observée le 17,8 décembre 2007 avec un Canon 40D équipé de l'objectif de 85 mm f/1.2

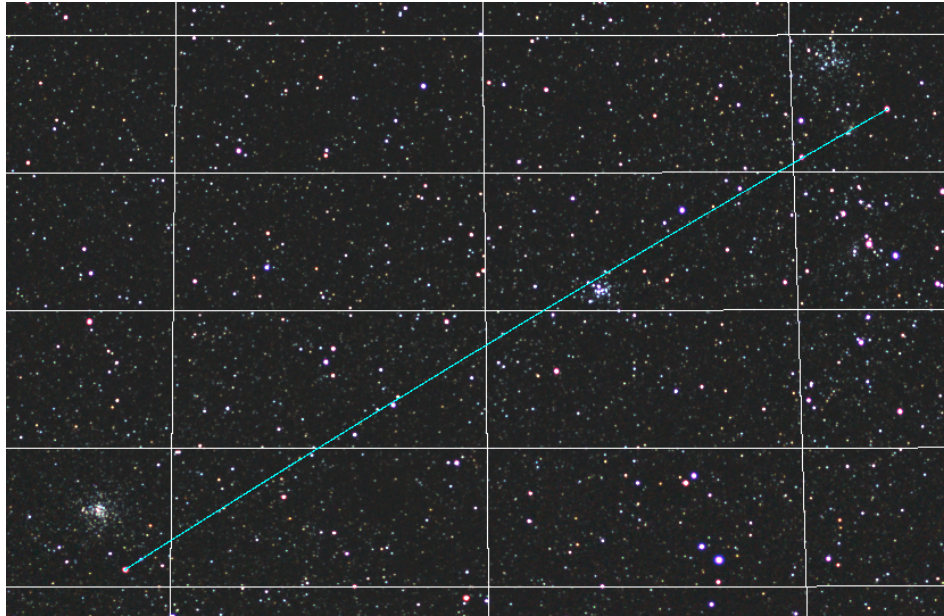


FIG. 34 – Le résultat de l'exécution de la commande **SV3** avec comme paramètre le fichier RETI.LST (la zone représentée correspond au centre de la constellation du Cocher).

fermé à $f/2$ (pose de 3×30 secondes). La figure 36 montre un extrait du fichier de description de tâche dont les données proviennent d'un générateur d'éphémérides.



FIG. 35 – Extrait d'image montrant le champ de la comète 8P/Tuttle le 17,8 / 12 / 2007. La comète est l'objet diffus de couleur verdâtre, aisément détectée sur des poses de 30 secondes (Canon 40D + objectif de 85 mm $f/2$). On a superposé à l'image la trajectoire théorique de la comète extraite des éphémérides.

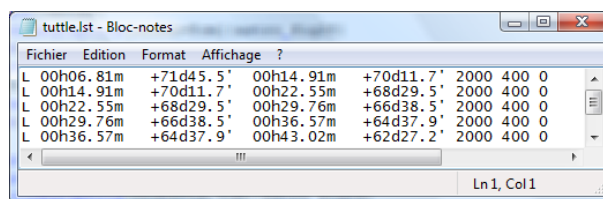


FIG. 36 – Le fichier permettant de tracer la trajectoire de la comète 8P/Tuttle.

6 SV0 : prétraitement

La commande **SV0** est un sous ensemble de la commande **SV1** qui isole la section pré-traitement de cette dernière. **SV0** peut être utile pour effectuer certains contrôles, analyser le principe de fonctionnement du jeu de commandes **SV1**, **SV2**, **SV3** et permet de pré-traiter vos lots d'images très simplement, avec un fort degré d'automatisation. La constitution du fichier de description de tâche est habituelle. Par exemple, le fichier pourra être de la forme montré dans la figure 37.

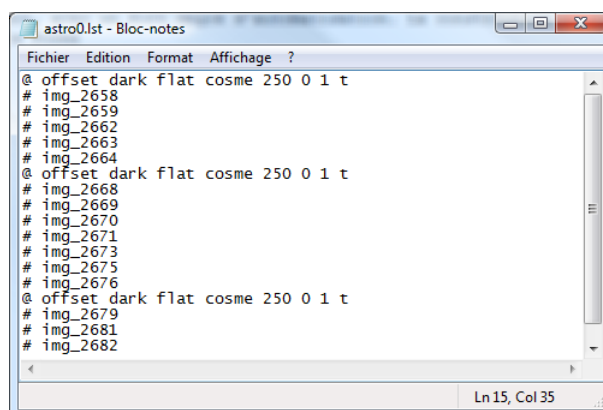


FIG. 37 – Exemple de fichier de description de tâche de la commande **SV0**.

Pour lancer le traitement faire ici

>SV0 ASTRO0

Dans l'exemple logiciel prétraite les images `img_2658`, `img_2659`, `img_2662`, `img_2663`, `img_2664` puis additionne ces 5 images, ce qui donne l'image `t1`. Il fait de même pour le lot d'images suivant en produisant l'image `t2` et ainsi de suite. La description de la ligne qui commande par le caractère `@` est :

- Champ 1 : obligatoirement le caractère `@`.
- Champ 2 : le nom du fichier image d'*offset*.
- Champ 3 : le nom du fichier image de *dark* (cette image ne doit contenir que le signal d'obscurité, ce qui signifie que le signal d'offset y est retiré - c'est une image à moyenne quasi nulle donc). Le temps d'intégration employé pour réaliser le fichier *dark* doit être le même que celui employé lors de la prise de vue des images du ciel.
- Champ 4 : le nom du fichier image *flat-field* (une vraie image de *champ plat* donc, avec le signal d'offset retiré).

- Champ 5 : le nom du fichier liste des défauts cosmétiques (il contient la liste des points chauds par exemple - indiquer un fichier texte vide si vous ne voyez aucun défaut dans l'image digne d'être pris en compte).
- Champ 6 : la taille de la sous-fenêtre de recherche des étoiles pour la registration des images (l'opération qui consiste à superposer exactement les images d'une séquence). Iris utilise ici la méthode à trois zones (voir la boîte de dialogue **Registration des images stellaire...** du menu **Traitement** ainsi que les explications détaillées ici : http://astrosurf.com/buil/iris/tutorial2/doc10_fr.htm). Une taille de 200 à 350 pixels est en général un bon choix.
- Champ 7 : un drapeau permettant de faire le choix entre un traitement couleur ou d'un traitement en noir et blanc. Si ce champ vaut 0, alors le processus délivre à la fin une image couleurs 48 bits. Si ce champ vaut 1, alors le résultat est une image noir et blanc (la somme non pondérée des canaux rouge, vert et bleu de l'image APN). Pour un traitement expéditif, moins demandant en ressource d'ordinateur, et visant purement la détection d'objets nouveaux, le mode noir et blanc est sans doute le plus approprié.
- Champ 8 : un drapeau permettant de choisir si on aplatit le fond de ciel ou non. Si la valeur est 0, le traitement du fond de ciel n'est pas réalisé. Si la valeur est 1, le fond de ciel est recherché et soustrait dans les images produites.
- Champ 9 : le nom générique de l'image résultat traitée. Iris ajoute un index à ce nom, qui s'incrémente d'une unité chaque fois qu'une ligne commençant par le caractère @ est rencontrée.