

Dans ce troisième volet de la série de quatre articles consacrés à l'initiation au logiciel PRISM, nous allons nous intéresser à l'astrométrie des images numériques.

Initiation au logiciel PRISM

(3/4)

Olivier Bautista - Association AIP

Depuis l'année 1887, avec le projet « La carte du ciel », les astronomes photographient le ciel afin de le cartographier le plus précisément possible. Aujourd'hui encore le projet **GAIA**, mission de l'Agence Spatiale Européenne, lancé le 13 décembre 2013, va mesurer la position de plus d'un milliard d'objets célestes jusqu'à la magnitude 20, avec une précision si importante qu'il pourra mesurer le diamètre d'un cheveu à 1000 km ! Dans cet article, je vous propose de faire la même manipulation que les professionnels : de l'astrométrie sur vos clichés célestes avec le logiciel PRISM et ceci à quelques cheveux près. Dans les articles précédents (AstroSurf n°66 et 67), nous avons vu comment faire les paramétrages de base du logiciel PRISM : entrer les coordonnées du site d'observation et gérer l'heure du PC afin qu'il pilote la monture le plus précisément possible. Nous avons aussi vu comment renseigner les entêtes des images avec le diamètre et la focale de notre télescope. Ces informations et leurs précisions sont primordiales pour la suite de notre manipulation, c'est pour cela que nous avons utilisé une tête GPS. Imaginez le gain de précision avec nos "outils d'amateur" par rapport aux astronomes professionnels de la fin du XIXe siècle ! Pour commencer, je vais vous présenter un outil puissant de PRISM : la gestion de la carte du ciel.

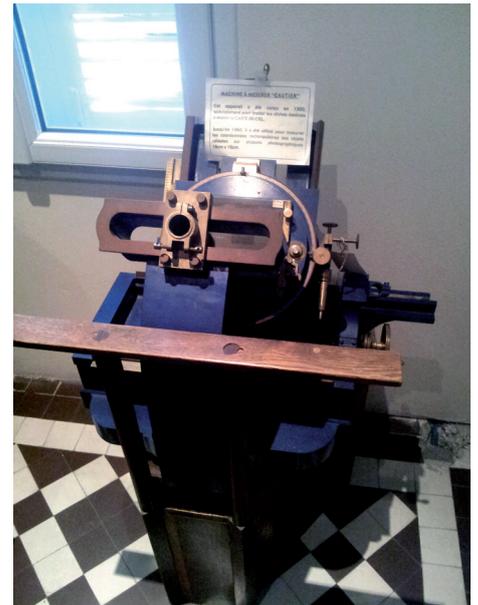
La carte du ciel de PRISM

Voici l'outil qui va vous permettre de préparer vos observations et vos prises de vues, mais aussi de piloter votre monture et de visualiser sur la carte la direction dans laquelle pointe votre télescope ainsi que le champ couvert par votre caméra. Dans la

barre de titres de la fenêtre "Le ciel" (voir figure 2), vous avez les informations de la carte en cours : la référence des coordonnées célestes (équinoxe 2000), le zoom en cours sur la carte, la position du centre du champ, la date, l'heure et le lieu. Sous la barre de titre, on retrouve un ensemble d'icônes assez explicites pour une fenêtre de planétarium virtuel (voir figure 3).

Nous allons nous attarder sur les quatre dernières icônes du bandeau, ce sont les différents modes de pointage sur la carte. Quand le mode **Flèche** (bouton 1) est activé, ceci permet de centrer la carte à l'endroit où l'on clique, on peut zoomer avec la molette de la souris ou avec les deux premières icônes **Zoom plus** (bouton a) ou **Zoom moins** (bouton b). Le mode **Jumelles** (bouton 2), permet de sélectionner une zone du ciel et de faire un zoom rectangulaire directement dessus. Quand l'outil **Identification d'un objet** (bouton 3) est activé, l'icône de la souris prend la forme d'un viseur avec un petit carré au centre et quand on clique sur un objet de la carte, PRISM ouvre une fenêtre d'identification avec toutes les informations astronomiques calculées et contenues dans les bases de données du logiciel sur l'objet en question. La dernière des icônes de ce groupe, en forme de peigne (bouton 4), est un outil de mesure sur la carte bien utile pour mesurer un déplacement du télescope sur la carte ou la taille d'un champ d'étoiles.

On retrouve dans la barre d'outils (voir figure 3) des fonctions classiques de recherche d'objets (bouton e), d'impression de carte (bouton f), de gestion de la taille d'affichage des étoiles (bouton g), de retour à la vue précédente (bouton h), de



Machine mécanique à faire des réductions astrométriques, fabrication 1900. Elle a servi jusqu'en 1960 à l'Observatoire de Floirac (Bordeaux)

rafraîchissement de la carte (bouton j), de pointage en RA/DEC ou Alt-Az (bouton i) sur la carte et aussi des fonctions d'animation (bouton k). Pour les astronomes amateurs qui veulent des informations sur la mécanique de notre système solaire, deux outils sont à leur disposition : le premier calcule une table d'éphémérides des planètes (bouton l) de notre système solaire pour une période paramétrable et le second est un outil de visualisation polaire (bouton m) de notre système solaire afin de visualiser la position des objets qui gravitent autour du soleil (comètes et astéroïdes inclus). La dernière fonction de cette barre d'outils n'est active que si le télescope est connecté à PRISM, elle a alors la forme d'une cible circulaire jaune sur fond noir (bouton n) et elle permet de centrer la

l'affichage dans la carte du ciel. Le logiciel permet même de gérer vos propres fichiers d'orbites de comètes. Je vous renvoie au forum et à l'aide en ligne du soft pour plus d'informations sur les formats et procédures.

Onglet "Astéroïdes"

Cet onglet permet la recherche, l'affichage et la mise à jour des éléments d'orbites des astéroïdes. Il fonctionne de la même façon que la gestion des comètes. Cliquer sur le sous-onglet **Internet** et charger sur le site du MPC le fichier **MPCorb.dat** ou, sur le site du Lowell, le fichier **astrorb.dat**. Ici, la procédure est bonne et les fichiers sont au bon format ! Mettre les fichiers dans le même répertoire que pour les comètes et aller dans l'onglet **Compilation**, puis cliquer sur **Compiler**. Un message de succès de compilation s'affiche, PRISM recharge la base et affiche le nombre d'astéroïdes dans le système (460 248 à la fin mars). On peut maintenant cocher la case **Charger la base des astéroïdes** et ensuite faire des recherches, des tris, des sélections et gérer l'affichage dans la carte du ciel. Attention, si vous cochez **Afficher tous les astéroïdes**, dans le sous-onglet **Général**, il y a du monde aux abords du plan de l'écliptique ! ce qui peut ralentir votre PC. N'hésitez pas à faire des tris et des zooms. Pour une plus grande précision d'affichage (notamment suite à une série de zooms) décochez la case **Ne pas recalculer la position des astéroïdes lors d'un zoom ou d'un décalage**.

Attention, ceci peut ralentir votre PC.

Onglet "Tri"

Cet onglet permet de filtrer la magnitude et/ou la taille des objets, ceci pour différentes familles d'objets du ciel. Il permet aussi de filtrer suivant la distance à la terre en unité astronomique pour les objets du système solaire (comètes et astéroïdes).

Onglet "Etoiles"

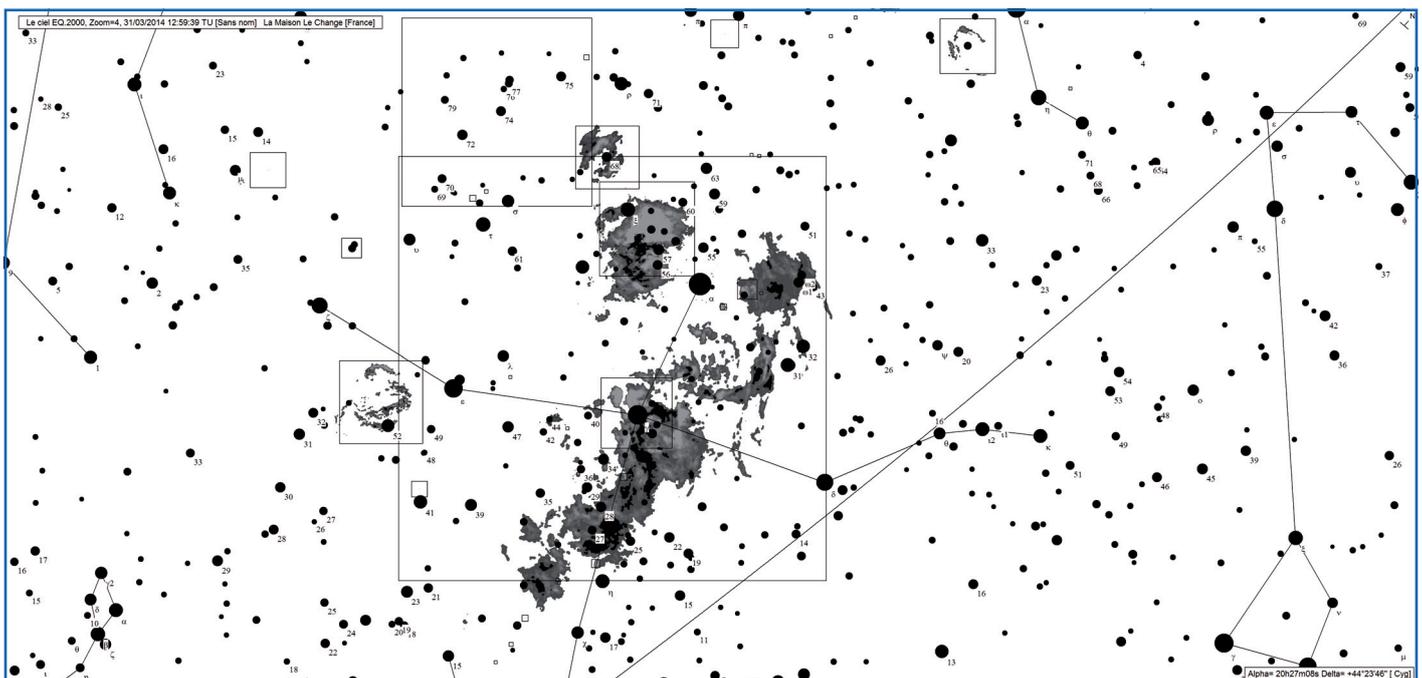
Cet onglet permet de gérer l'affichage des étoiles en sélectionnant les nombreux catalogues d'étoiles inclus dans PRISM (le Bright Star Catalog, les étoiles Variables : GCVS4, le SAO, HIPPARCOS, le catalogue de DRAPER, etc.). On peut aussi intégrer les catalogues GSC, USNO, UCAC et NOMAD1 qui seront utiles pour faire les réductions astrométriques de nos images. Pour cela, vous devez dans un premier temps charger ces catalogues sur Internet. Les liens sont sur le site de PRISM :

<http://www.prism-astro.com/fr/Catalogues.html>

Attention, certains catalogues sont énormes : le catalogue NOMAD contient 1,13 milliard d'étoiles dans les bandes B, V, R, J, H et K et il pèse 100 Go. Faites-vous un répertoire **Catalogues** et dans des sous-répertoires avec des noms explicites (ex : usno1, gscact,usnoa2) sans espace et sans caractères spéciaux (pas d'accent !), téléchargez les catalogues que vous voulez. Ensuite, dans les sous-onglets

GSC, USNO, UCAC et NOMAD1, définissez les chemins des catalogues en question. On peut faire le même paramétrage en passant par la barre de menu : **Option**, sous-menu **Chemin des catalogues USNO/GSC et ATLAS**, la procédure est bien plus détaillée.

Toujours dans sous-onglets de gestion des catalogues supplémentaires, faites des essais d'affichages des étoiles. Vous pouvez faire des tris par magnitude/zoom, de bande R V B J H K pour l'USNO ou le NOMAD. Attention, si vous affichez plusieurs catalogues, ceci peut ralentir votre PC, faire des zooms. Si vous activez plusieurs catalogues, il ne faut pas être étonné de voir des étoiles portant le même nom (et donc deux mêmes étoiles provenant de deux catalogues différents) être décalées à l'affichage sur la fenêtre du ciel (surtout à zoom important). Les coordonnées provenant de catalogues non astrométriques (comme le GSC) sont plus ou moins précises contrairement à des catalogues modernes comme le catalogue Hipparcos. D'après le nom de l'étoile, on reconnaît facilement le catalogue de provenance. PRISM ne peut être incriminé : ce dernier dessine l'étoile à la position indiquée par le catalogue et ne peut en aucun cas faire un choix délibéré entre les catalogues. Attention à ne pas conclure à la présence de deux étoiles, alors qu'en réalité il n'y en a qu'une. On peut limiter ce problème dans l'onglet **Affichage général** en cochant la case **Etoiles séparées**.



4. Carte du ciel en HD en négatif avec le contour des nébuleuses dans le Cygne.

Onglet "Atlas"

Cet onglet permet de rajouter deux bases de données images gratuites : l'atlas des Pises et le Buil-Thouvenot Atlas (BT-Atlas, 4700 images, 620Mo) qui est téléchargeable sur Internet à l'adresse suivante :

<http://www.deverchere.com/astronomie/catalogs/BT.zip>

Cette fonction a perdu son intérêt avec la possibilité de charger en ligne des champs du DSS.

Je ne parlerai pas ici de l'onglet **CCD/ Télescope**, qui sera abordé lors du prochain article.

Menu contextuel

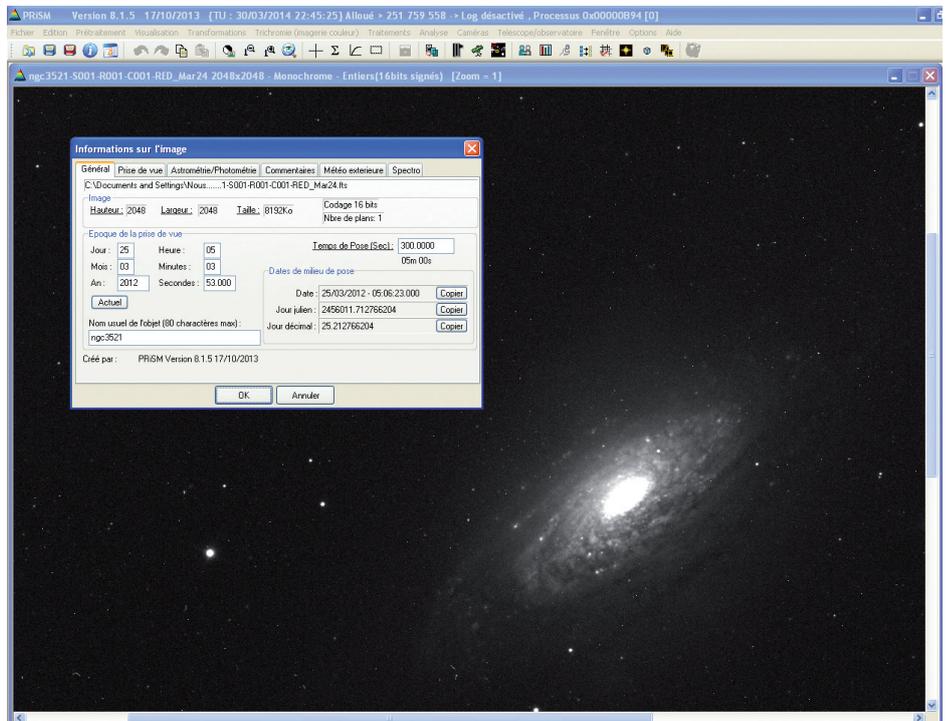
Nous avons fait le tour des outils de la carte du ciel, faisons un petit tour du côté du menu contextuel. Cliquez sur le bouton droit de la souris quand vous êtes sur la carte du ciel et le menu contextuel apparait (voir figure 5).

Le premier ensemble permet de gérer le niveau de zoom et l'horizon N, S, E, W ou Zénith que l'on affiche.

On trouve des fonctions de "copier-coller" de coordonnées et de remplissage de liste d'objets, qui sont bien pratiques. La fonction **Réaligner les codeurs/position télescope** est importante, car elle permet de synchroniser les codeurs de la monture sur la carte du ciel. Il y a aussi la fonction pour **Déplacer le télescope sur ce point** de la carte ou l'inverse **Aller sur la position du télescope**, qui

Zoom	▶
Horizon	▶
Envoyer alpha-delta vers entête image	
Inclure une image CCD dans la carte du ciel	
Centrer la carte du ciel sur une image CCD	
Mettre la carte à la date d'une image CCD	
Recevoir Focale/Orientation CCD depuis une image CCD	
Envoyer coordonnées dans presse-papiers	
Ajouter alpha-delta à la liste des objets générale	
Réglage de la carte	
Aller au point anti-solaire	
Réaligner les codeurs/position telescope	
Envoyer alpha-delta pour calcul modele de pointage...	
Déplacer le telescope sur ce point	
Aller sur la position du telescope	
Sauver position telescope dans fichier CSV (Excel)	
Ajouter un champ pour le modèle de pointage	
Trouver objets autour de ce point	
Ajouter ce point à la liste des objets [OBJL]	
Télécharger champ Dig. Sky Survey (DSS) à cette position	
Objets à 2' autour sur CDS (WEB)	
Réaliser une copie haute résolution	
Dupliquer cette carte vers une autre fenêtre	
Sauver rapidement cette carte	

5. Menu contextuel de la fenêtre de la carte du ciel



6. Image de la galaxie NCG3521 du premier concours AIP

permet de centrer la carte sur la position du télescope dans le ciel.

Il y a des fonctions de recherche d'objets autour du point cliqué sur la carte dans les bases de PRISM ou en ligne sur le CDS. On trouve ici la fonction de chargement de champ du DSS au point cliqué sur la carte. Les réglages de cette fonction se font dans le menu **Fichier / Rapatrier une image du DSS**.

On peut faire une copie de la fenêtre de la carte du ciel, soit dans le "presse-papier" avec un facteur d'agrandissement pour récupérer une image de très bonne résolution pour une publication (voir la carte HD en négatif de la figure 4), soit dans une autre fenêtre pour essayer d'autres paramètres. On peut même sauver la fenêtre pour qu'elle s'ouvre exactement aux mêmes coordonnées dans le ciel et avec les mêmes réglages à la prochaine ouverture de PRISM.

Certaines fonctions du menu contextuel ne s'activent que lorsque certaines conditions sont remplies, c'est le cas du deuxième bloc : la gestion de vos images, comme l'incrustation de ces dernières dans la carte du ciel. Pour que ce bloc du menu soit actif, il faut qu'une image réduite astrométriquement soit ouverte. Nous avons fini la présentation de la carte du ciel de PRISM, passons maintenant à l'analyse de vos images.

Réduction astrométrique d'une image

Qu'est-ce qu'une réduction astrométrique d'image ? Quand on déplace le curseur de la souris sur une image, dans la barre d'état (en bas de la fenêtre de PRISM), on peut voir la position X et Y du curseur sur l'image. La réduction astrométrique transforme les coordonnées X et Y des pixels de l'image en coordonnées sur le ciel (Ascension Droite et Déclinaison). Les applications sont nombreuses : on pourra ainsi trouver des objets très faibles sur l'image à partir de ses coordonnées prises dans une base de données, faire des recherches d'astéroïdes ou de comètes, voire afficher cette image dans la carte du ciel à sa vraie position dans le ciel.

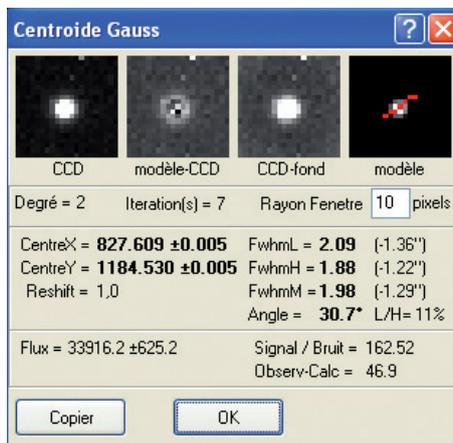
Pour notre manipulation, j'ouvre une image de la galaxie NCG3521 du premier concours AIP (voir figure 6). Un rapide tour sur la carte du ciel montre que cette galaxie est dans la constellation du Lion et à deux degrés en dessous de l'écliptique.

Une analyse de l'en-tête de l'image (ce n'est pas un fichier CPA mais un fichier de type fit) montre que cette photo a été prise le 25 mars 2012, mais il manque des informations : on ne sait pas où (sur quel site et sa position sur terre) et les champs **focale** et

diamètre du télescope sont soit faux soit non remplis. De plus, l'en-tête nous informe que l'image est en binning 1x1 avec des pixels de 18 μm , alors qu'il s'agit plutôt de binning 2x2 avec des pixels de 9 μm car il s'agit d'une image dans le rouge. Cette image a été faite avec le télescope Schulman de 0.81 mètre de diamètre ouvert à F/7 qui est dans un observatoire en Arizona, à la latitude de 32° 26' 32" Nord et la longitude 110° 47' 22" Ouest. Il ne me reste plus qu'à remplir l'en-tête avec ces informations. Si j'avais une série d'images à faire, il existe une fonction dans PRISM qui permet de remplir les en-têtes d'image par lot (menu **Fichier / Remplir l'en-tête de fichiers images avec...**

Nous allons vérifier la FWHM des étoiles car le traitement de recherche d'étoile dans une image supporte mal les valeurs de FWHM supérieures à 5. Pour cela, pointez une étoile avec le curseur et cliquez sur le bouton droit de la souris, vous activez ainsi le menu contextuel sur l'image. Le premier choix que PRISM propose est la fonction **Centroïde**. Une fenêtre s'ouvre avec une masse d'informations sur notre étoile : le rapport Signal/Bruit et la FWHM en Hauteur, Largeur et la Moyenne (voir figure 7).

Si vous avez des FWHM supérieures à 5 et que le traitement suivant ne fonctionne pas, faites une réduction



7. Fenêtre "Centroïde"

de vos images en Binning 2x2 "par somme" à l'aide du menu **Transformation / Binning / Réduction et somme**. La taille de vos images est réduite par deux mais la FWHM est fortement améliorée. Pour de l'astrométrie avec la taille de nos capteurs, ceci n'est pas trop gênant. Passons à la réduction de notre image. Allez dans le menu **Analyse / Etalonnage Automatique**.

Si votre en-tête d'image est valide comme nous l'avons vu en amont, la position du centre de l'image, la focale et la taille des pixels sont automatiquement correctement remplis (voir figure 9). Vous pouvez choisir le catalogue dans lequel PRISM va prendre ces étoiles pour faire la réduction. Faites des essais avec les différents catalogues que vous avez chargés et paramétrés.



8. Fenêtre "Etalonnage astrométrie"

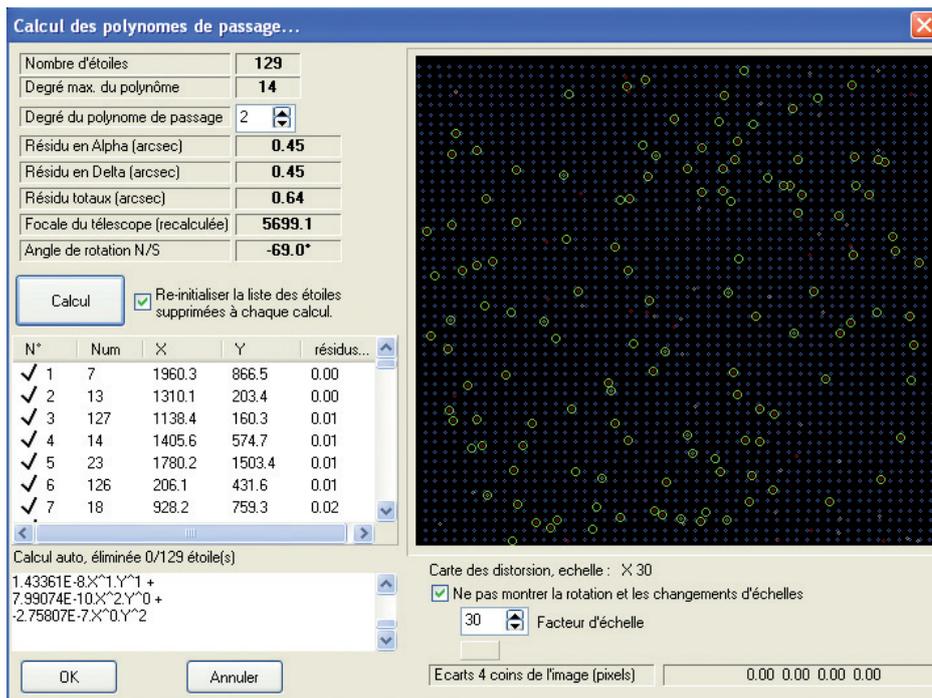
Attention, il faut quand même un catalogue assez complet pour trouver un nombre d'étoiles suffisant pour que l'algorithme fonctionne. Dans les deux champs suivants, vous réglez le nombre d'étoiles dans le catalogue et dans l'image (par défaut, il est réglé sur 60). On peut augmenter le nombre d'étoiles si le processus vous le demande.

Ne cochez pas l'orientation Nord/Sud si vous n'avez pas orienté votre caméra en Nord/Sud sur votre porte oculaire. Validez en cliquant sur le bouton **OK**.

Une fenêtre de calcul s'ouvre et le processus commence, ceci est assez rapide et s'il y a un problème, PRISM affiche un message pour que vous puissiez refaire vos réglages. Si vous avez suivi l'ensemble des recommandations de l'article, la fenêtre **Calcul des polynômes de passage** s'ouvre (voir figure 9).

Regardez le détail du calcul dans la fenêtre **Information de calcul**, les opérations que PRISM réalise sont détaillées, ceci permet de comprendre comment PRISM travaille et l'intérêt de tous les paramètres que nous avons réglés ensemble.

Il ne reste plus grand-chose à faire, par défaut, le **Degré du polynôme de passage** est sur 1, cliquer sur le bouton **Calcul**. Un polynôme est une fonction



9. Fenêtre de calcul des polynômes de passage

mathématique simple de la forme :

$$a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$$

où n est le degré du polynôme. Plus n est grand plus la fonction est précise. Pour faire simple, cette fonction permet le passage des coordonnées de l'étoile du catalogue que l'on a choisi vers la position X et Y des étoiles de notre image, en déformant l'image. Augmentez la valeur du **Degré du polynôme de passage**, on voit le canevas de l'image se déformer, les étoiles en vert sont bonnes, les étoiles en rouge sont exclues du calcul. Ne pas prendre 1 pour le degré du polynôme, mais 2 ou 3, pas plus, car on déforme beaucoup l'image et de nombreuses étoiles sont alors exclues du calcul. Quand le réglage est bon, faire un dernier calcul et finir en cliquant sur le Bouton OK.

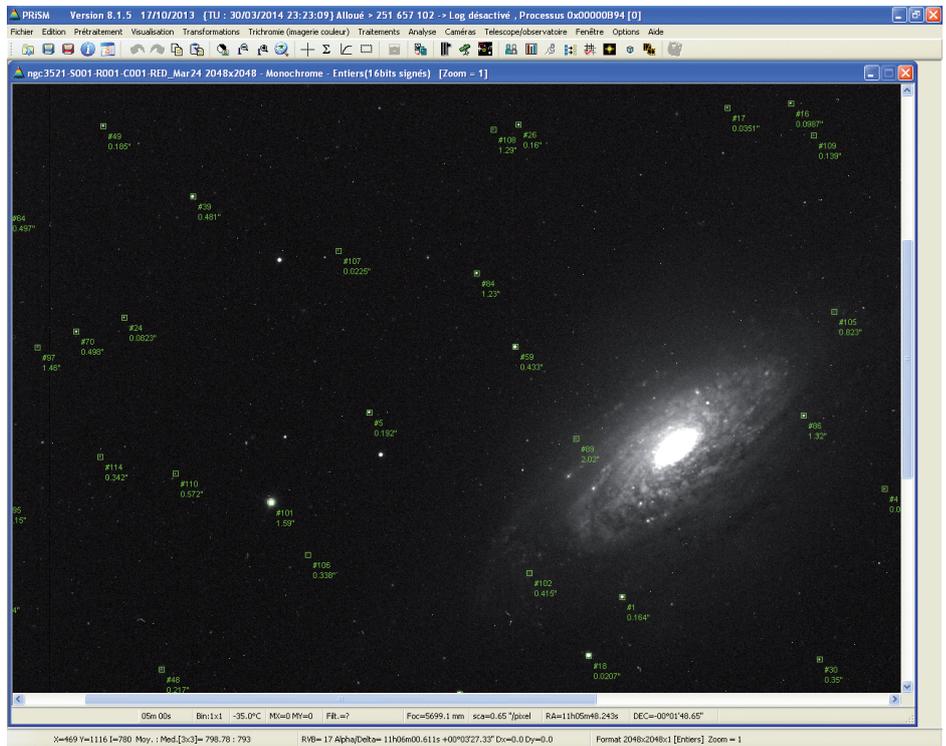
Notre image est réduite astrométriquement et les étoiles qui ont servi au calcul sont marquées en vert avec leurs écarts en seconde d'arc (voir figure 10). Les étoiles exclues sont en rouge sur l'image. Quand on déplace le curseur sur l'image, dans la barre d'état de PRISM, il y a la position du curseur en X et Y mais aussi en Ascension Droite et Déclinaison.

Une des premières applications quand notre image est réduite est d'afficher les astéroïdes connus dans l'image à l'aide du menu **Analyse / Montrer les astéroïdes**. Après un calcul assez long les astéroïdes de la base de données (que vous avez mis à jour en début d'article) s'affichent en rouge avec leur nom et leur magnitude.

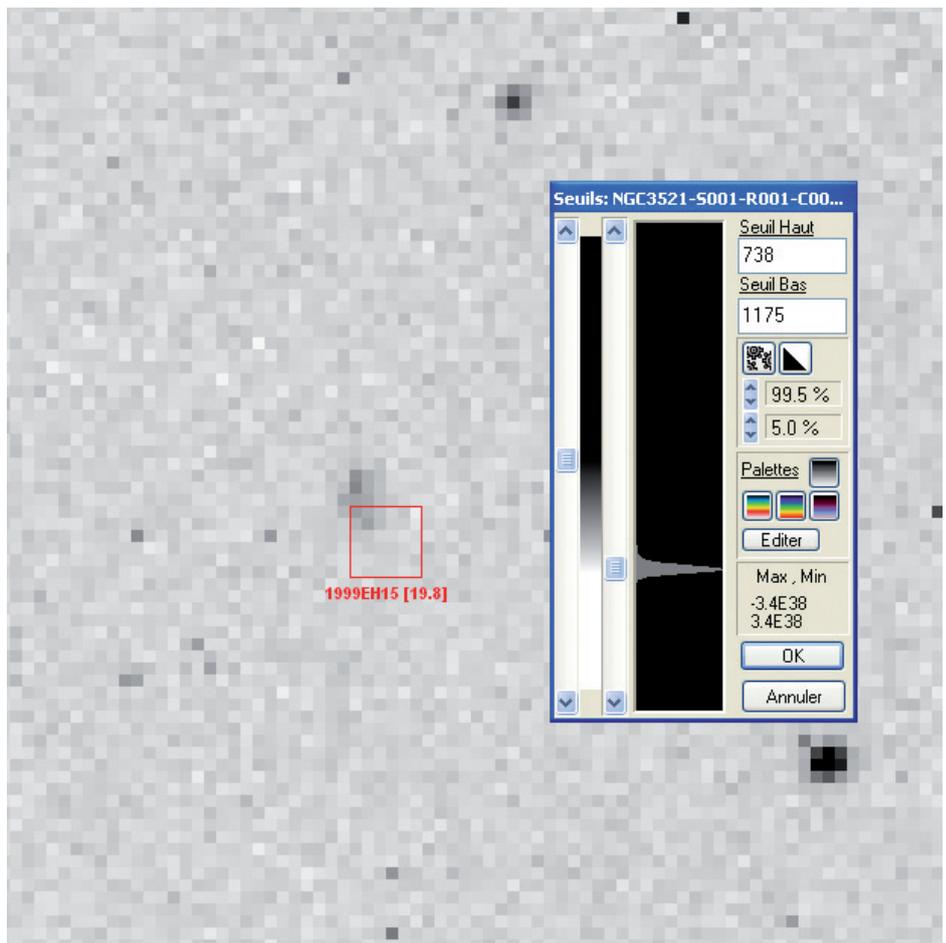
Si vous zoomez sur l'image vous verrez l'astéroïde concerné (sur l'image de la figure 11, c'est l'astéroïde 1999EH15 de magnitude 19.8)

Un joli caillou de 1 à 3 km à 1.8 unités astronomiques de la terre.

Il est possible maintenant d'inclure notre image dans la carte du ciel. Pour cela activez votre carte du ciel, et dessus cliquez sur le bouton droit de la souris pour ouvrir le menu contextuel, choisir « Inclure une image CCD dans la carte du ciel », une fenêtre vous permet de choisir quelle image inclure (si vous avez plusieurs images ouvertes, PRISM ne vous propose que les images réduites). Pour retrouver rapidement votre image dans la carte du ciel, utiliser la



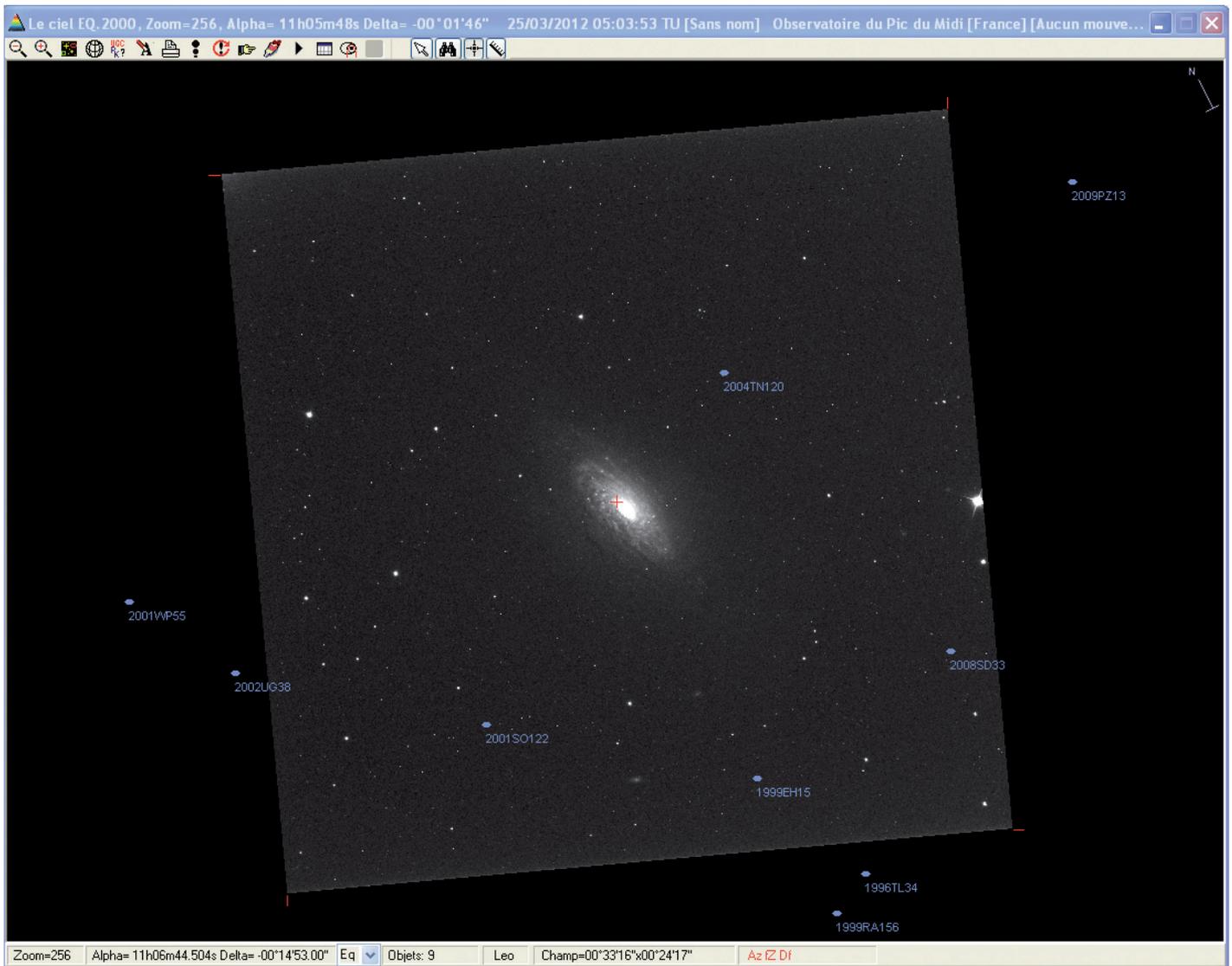
10. Résultat de l'image après sa réduction astrométrique



11. L'astéroïde 1999EH15 de magnitude 19.8

fonction **Centrer la carte du ciel sur une image CCD** (voir figure 12). On peut afficher les astéroïdes de la carte du ciel (voir en début d'article) et faire une animation (de la carte du ciel)

pour voir les astéroïdes qui passeront dans notre image. Attention à bien mettre la carte au lieu d'observation et à la bonne heure. Pour cela il existe la fonction du menu contextuel **Mettre**



12. L'image de NGC3521, centrée sur la Carte du Ciel après sa réduction astrométrique

la carte à la date d'une image CCD.

Maintenant, vous avez tous les outils et méthodes pour pouvoir faire des mesures astrométriques sur vos images et projeter sur une carte du ciel vos observations à quelques dixièmes de secondes d'arc près. Les applications sont importantes en astronomie même en tant qu'amateur. Cela passe par la préparation de vos observations, préparation et reprise de vos cadrages, recherche d'objets très faibles ou d'étoiles spécifiques dans un champ comme les exoplanètes ou la recherche de comètes ou astéroïdes. Nous verrons dans un prochain article la recherche d'astéroïdes avec les outils et les scripts de PRISM. De tout temps, les astronomes ont cherché à se repérer le plus précisément possible dans le ciel, encore de nos jours c'est un sujet d'actualité avec le satellite GAIA de l'ESA.

✓ Sur le net

Le projet de la Carte du Ciel :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Carte_du_Ciel

La mission spatiale Gaia :

http://www.whip.obspm.fr/~arenou/Wiki/Satellite_Gaia.html

Aide en ligne de PRISM :

<http://www.prism-astro.com/fr/aide/index.html>

Forums de discussion de PRISM :

<http://www.prism-astro.com/forum>

✓ L'auteur



Olivier Bautista (Astro-Images-Processing)

J'ai commencé l'astronomie à 12 ans. Dans le même club astronomie depuis 22 ans (section astronomie FLEP en Dordogne), j'en suis le responsable depuis quelques années. Je suis impliqué dans les associations AIP et T60, cette dernière gère un télescope de 60cm à l'observatoire du Pic du Midi. Je monte régulièrement pour la maintenance informatique ou l'optimisation des moteurs sur cet outil de rêve. J'essaie de ne pas me spécialiser dans tel ou tel secteur de l'astronomie. Je suis plus doué dans la réalisation et le traitement d'images « scientifiques » (astrométrie, recherche d'astéroïde, photométrie et spectrométrie), mais j'aime bien aussi faire de "belles images" même si cela est parfois plus complexe que l'imagerie scientifique.