MISSION KALLIOPE

Association T 60 – Observatoire du Pic du Midi

Du 9 au 15 décembre 2006
Christophe Lehénaff et Alain Sallez (RM)

PRÉSENTATION

Les longues nuits hivernales se prêtent parfaitement à l'observation dans la durée des astéroïdes.
Prévu dans un premier temps début 2007, la mission Kalliope fut avancée à la mi décembre en raison d'un premier trimestre 2007 bien chargé.
Pour Christophe Lehénaff, il s'agissait de sa première mission au T60 et pour Alain Sallez, la deuxième (la première ayant eu pour objectif la publication d'un article sur le T 60).
Cette mission Kalliope avait pour but de se familiariser avec le T60 dans le cadre d'un objectif scientifique, certes bien modeste.

DÉROULEMENT DU SÉJOUR

Samedi 9
Après avoir traversé une partie de l'Hexagone, nous arrivons à La Mongie où le Soleil et la neige nous accueillent pour notre plus grand plaisir.
Arrivée au sommet, Christophe découvre pour la première fois les installations du Pic. Mais les nuages de plus en plus denses occultent le panorama.
L'après-midi, déjà bien entamée, sera essentiellement consacrée à la présentation du T60 à Christophe.

Nous rencontrons François Colas du T1M et son équipier et allons saluer les Observateurs Associés.
Le soir, les nuages restent accrochés au sommet et quelques flocons blanchissent les terrasses.
Pour l'anecdote, une équipe de France 5 (Echappées Belles) fait quelques images le soir venu…

Dimanche 10
Le ciel est toujours chargé mais au lever du Soleil, les nuages semblent se morceler. Espoir vite contrarié par l'arrivée massive de nuages. Le matin, alors que quelques flocons voltiges, une journaliste de France 5 vient faire quelques plans du labo et du télescope.
En début d'après-midi, le ciel s'illumine avant de devenir complètement dégagé et coronal alors que la chaîne reste dissimulée sous les nuages !
La nuit sera propice à quelques observations et photos du ciel profond avant le lever de la Lune vers 22h.

Nous faisons, entre autre, quelques images de Kalliope pour déterminer les temps de pose les mieux adaptés à l'étude de la rotation de l'astéroïde. Cette est aussi l'occasion de se familiariser avec le T60.

Lundi 11

Vers 7h 30, nous sommes sur le pied de guerre : le Soleil doit émerger de l'horizon à 8h 24 et nous préparons le matériel photo pour immortaliser, nous l'espérons, le rayon vert.

Les Pléiades avec un télé de 300 mm et un APN Canon 400D.

Nous nous installons sur la terrasse Est. Le ciel est visiblement très pur… Nous jetons un œil du côté des températures (-14°C et un vent en rafale qui ajoute un peu plus à la sensation de froid !). A l'heure dite, un point de lumière s'enflamme au dessus d'un sommet montagneux : le rayon vert est au rendez-vous !
La journée est ensuite absolument superbe. Nous rencontrons France 3 Aquitaine, qui prépare un reportage de 52 minutes sur le Pic du Midi : l'occasion nous est donnée de présenter le T60 et d'indiquer aux journalistes et réalisateur les sujets qu'ils pourraient aborder.
La première partie de nuit est consacrée à la prise de vues de l'astéroïde Kalliope : les champs stellaires sont repérés et photographiés ; les résultats étudiés de près.

Mardi 12
La météo du Pic, surtout orchestrée par François Colas, est d'une précision diabolique ! Assis nonchalamment devant sont écran d'ordinateur, François nous avait décodé en début de séjour les données pointues d'un illustre site Internet allemand dédié à la météo … Il nous avait ainsi décrit notre semaine et avait annoncé que les fins et débuts de nuit des 12 et 13 décembre se passeraient sous les nuages ! Et ce mardi matin, vous l'aurez compris, a été pour nous la chance de nous coucher tôt afin de reprendre des forces en vue de notre fin de mission…

NGC 2420, amas ouvert de la constellation des Gémeaux.

Durant la journée, nous mettons en place le programme de la nuit suivante, traitons des images réalisées les jours précédents et visitons le télescope de 2 m (le fameux télescope Bernard Lyot). Nous en profitons pour apprécier le panorama du Pic en faisant le tour de la passerelle. Le temps se dégage, laissant espérer d'une nuit intégralement étoilée… Pas de chance, ou plutôt "bien vu François !", le temps se bouche et nous oblige à mettre le réveil vers 2 heures le lendemain pour aborder ce qui sera, sans doute, l'apothéose de notre mission…

Mercredi 13

Soyons franc : ce matin du 13 restera sans doute, pour Christophe, un de ses grands souvenirs d'amateur ! Les raisons ? Ciel cristallin, Lune en quartier illuminant la mer de nuages et… étoiles filantes prolixes des Géminides ! Le décor est donc planté… Pendant que Alain se déchaîne photographiquement au T60 (de nombreux amas d'étoiles sont passés en revue), Christophe arpente consciencieusement l'Observatoire en quête des meilleures images à faire. De temps à autre, il jette un œil en direction des Gémeaux : en 30 secondes, 4 étoiles filantes zèbrent le ciel. Quelques instants plus tard, un bolide traverse la voûte étoilée durant près de 3 secondes, terminant sa course folle en trois morceaux distincts sous la Lune !

Avant de terminer notre nuit d'observation, nous découvrons la Lune dans le T60, équipé pour l'occasion d'une tête bino. Lorsque la turbulence s'efface, les images sont hallucinantes.
Vers 6 h 30, nous retournons dans nos chambrées, avec la perspective d'une autre nuit pleine de promesses.

M 33. 5 poses de 3min à 800 iso avec un APN Canon 400D.

La journée du 13 est très ensoleillée. Le coucher de Soleil superbe. Le crépuscule spectaculaire. La nuit tombe déjà et nous nous mettons à pied d'œuvre. Avant d'entamer le programme de photographies de l'astéroïde Kalliope (4 heures non stop de prises de vues !), nous nous échauffons sur les objets classiques du ciel hivernal. Un exercice rendu facile par le diamètre et la luminosité du T60 : par exemple, en 2 minutes de pose à 1600 iso, M 33 montre déjà sa structure particulière. Alain finalise le programme de travail : T60, boîtier photo numérique, accessoires divers et atlas célestes sont dans les starting blocks !

Jeudi 14

Le petit matin est dans la veine des nuits précédentes. Alain termine les 4 heures de prises de vues de l'astéroïde Kalliope. Côté ciel, les étoiles filantes continuent à rythmer nos coups d'œil célestes. Sur la terrasse Sud, un groupe d'amateurs encadré par un animateur de la Ferme des Etoiles scrute les grands classiques du ciel hivernal. Soudain, tous poussent un "oh !" d'enthousiasme après l'embrasement d'un météore particulièrement spectaculaire en direction du Nord !

Après un sommeil assez court, nous constatons que le très beau temps est toujours au rendez-vous. Nous dépouillons les résultats de la nuit et préparons la soirée à venir. Une petite séance de bronzage sur la terrasse, à nous amuser de l'engouement des enfants venus visiter en nombre le fameux Observatoire, et nous obtenons l'autorisation de contempler le coucher de Soleil depuis la terrasse du bâtiment interministériel ! Un spectacle grandiose, enregistré sur le capteur de nos APN préférés : les coupoles du Pic rougissent puis rosissent, tandis que le TBL domine une partie de la vallée environnante. Après les derniers rayons solaires, les couleurs deviennent d'un gris métallique renforçant cette impression glaciale.

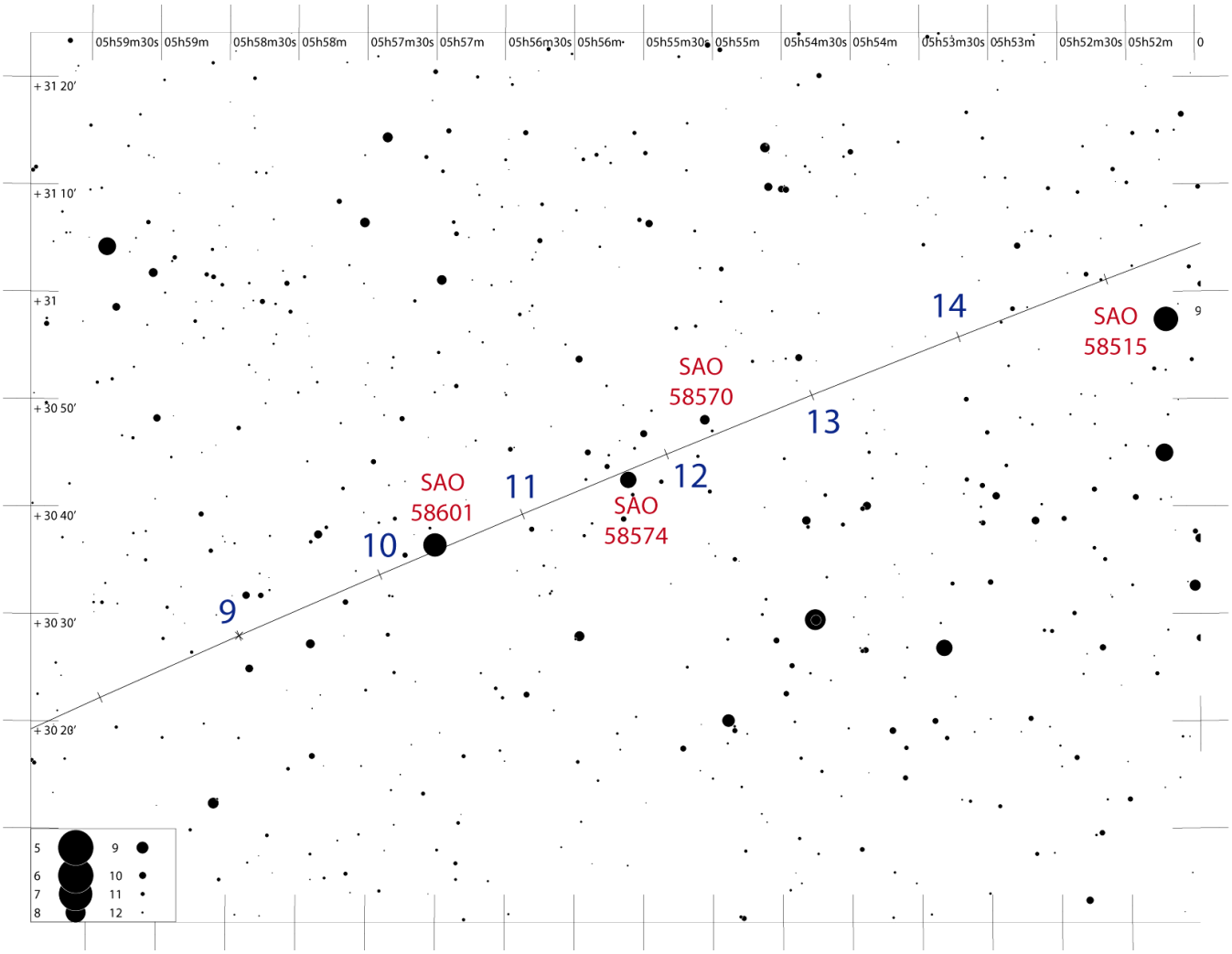
Vendredi 15
C'est notre dernière nuit d'observation ! La voûte céleste est transparente et ponctuée une nouvelle fois de nombreuses étoiles filantes ! Nous optons pour des horaires de prises de vues et d'observations différents : Alain se concentre sur le T60 avec quelques amas du Cocher et des Gémeaux tandis que Christophe continue les images généralistes de l'Observatoire. Nous nous croisons vaguement dans la chambre : lorsque l'un se lève, l'autre se couche…
Le lever du Soleil n'offre pas de rayon vert, contrairement à la veille au soir où le déplacement de notre étoile sur les crêtes nous a gratifiée de deux beaux rayons aux teintes turquoise.
Lorsque la matinée est bien avancée, nous bouclons nos bagages pour repartir vers la vallée.
Nous remercions une nouvelle fois le personnel sur place pour son accueil chaleureux, ainsi que François Colas pour son aide précieuse. Le téléphérique nous attend...
Sur la route, au départ de la Mongie, nous jetons un dernier coup d'oeil à ce Pic qui nous a tant offert... C'est sûr, nous y reviendrons très bientôt...

NGC 2281 est un amas ouvert d'une quinzaine de minutes de diamètre apparent.
Cet objet est situé dans la constellation du Cocher.
Pose unique avec un APN Canon 400D.

La Lune au foyer du T60 (image recadrée).
En haut, avec correcteur de champ, en bas sans.
L'efficacité du correcteur est-elle à démontrer ?

PROJET SCIENTIFIQUE

Le but premier de la mission était de suivre quelques astéroïdes dont Kalliope.
Cette petite planète passait en opposition le 19 décembre 2006 avec une magnitude de 9,9 ce qui en faisait un objet facilement repérable et identifiable sur une image faite au T60.
François Colas nous a suggérer une manip intéressante : photographier le planétoïde sur un peu plus de 4h, durée correspondant à une révolution de Kalliope sur lui-même (4,147 h) pour établir une courbe de luminosité.
Les résultats peuvent montrer une variation d'éclat au cours du temps résultant de l'hétérogénéité de l'albédo de Kalliope.

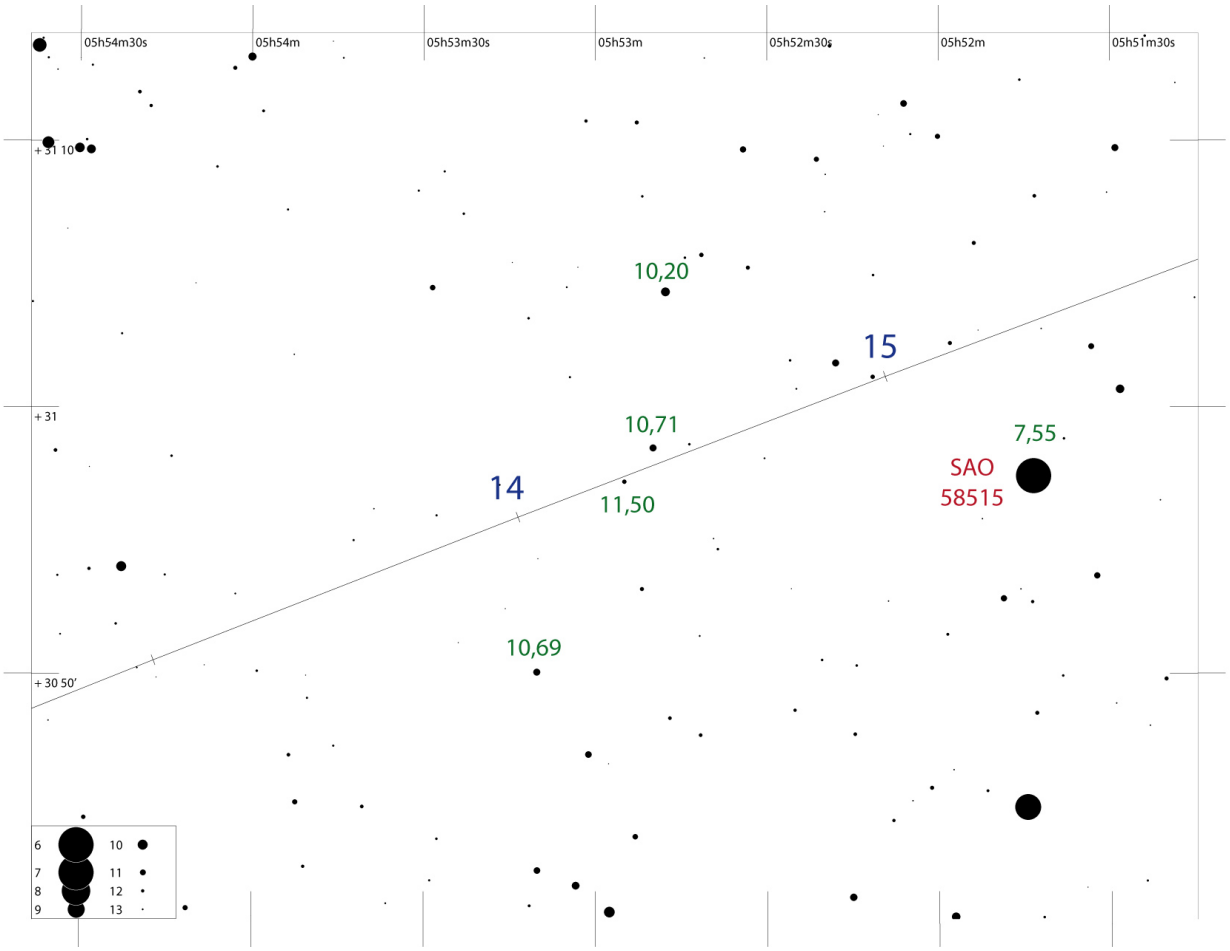


Position de Kalliope du 9 au 14 décembre 2006.

Les 10 et 11 décembre, nous avons repéré l'astéroïde situé dans la constellation du Cocher et donc facilement accessible avec le T60 en cette période de l'année.
En l'espace de 24h, Kalliope s'est déplacé d'environ 14,6' soit 36" par heure.

Assemblage de deux photos, l'une prise le 10 décembre (à gauche), l'autre le lendemain (contour jaune). Le déplacement de Kalliope est évident.

Pour réussir la manip, il fallait dans un premier temps déterminer le temps de pose idéal de façon à ne pas saturer l'astéroïde.
Après analyse, le temps d'exposition retenu est de 90 s à 100 iso avec un APN Canon 350D non modifié et avec un délai de 3min entre chaque pose. Il conviendra de placer dans le champ photographique des étoiles d'une magnitude proche de 10 qui serviront de référence pour déterminer le plus précisément possible la magnitude de la petite planète.
Une petite défocalisation est souhaitable pour étaler sur plusieurs pixels de l'image le flux de Kalliope et des étoiles.

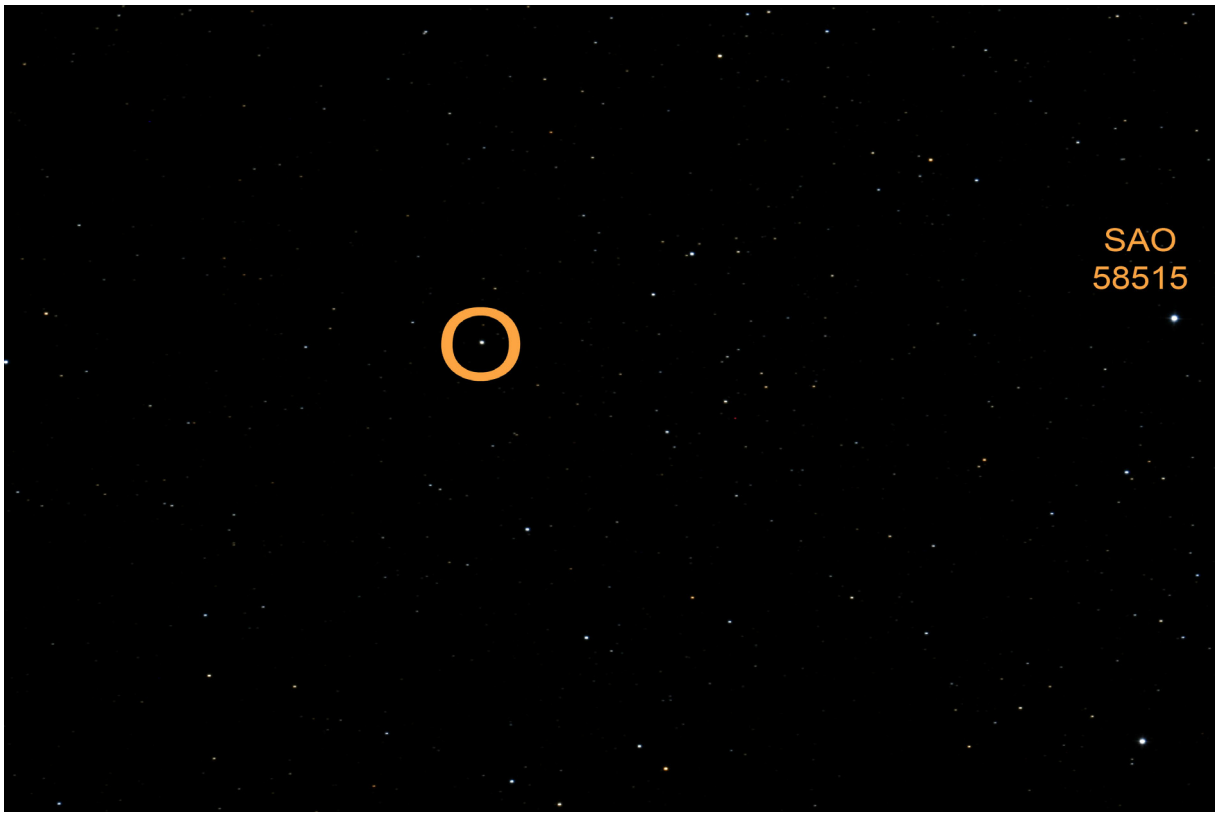


Trajectoire de Kalliope vers les 14 et 15 décembre 2006.
La magnitude des étoiles environnantes est indiquée en vert.

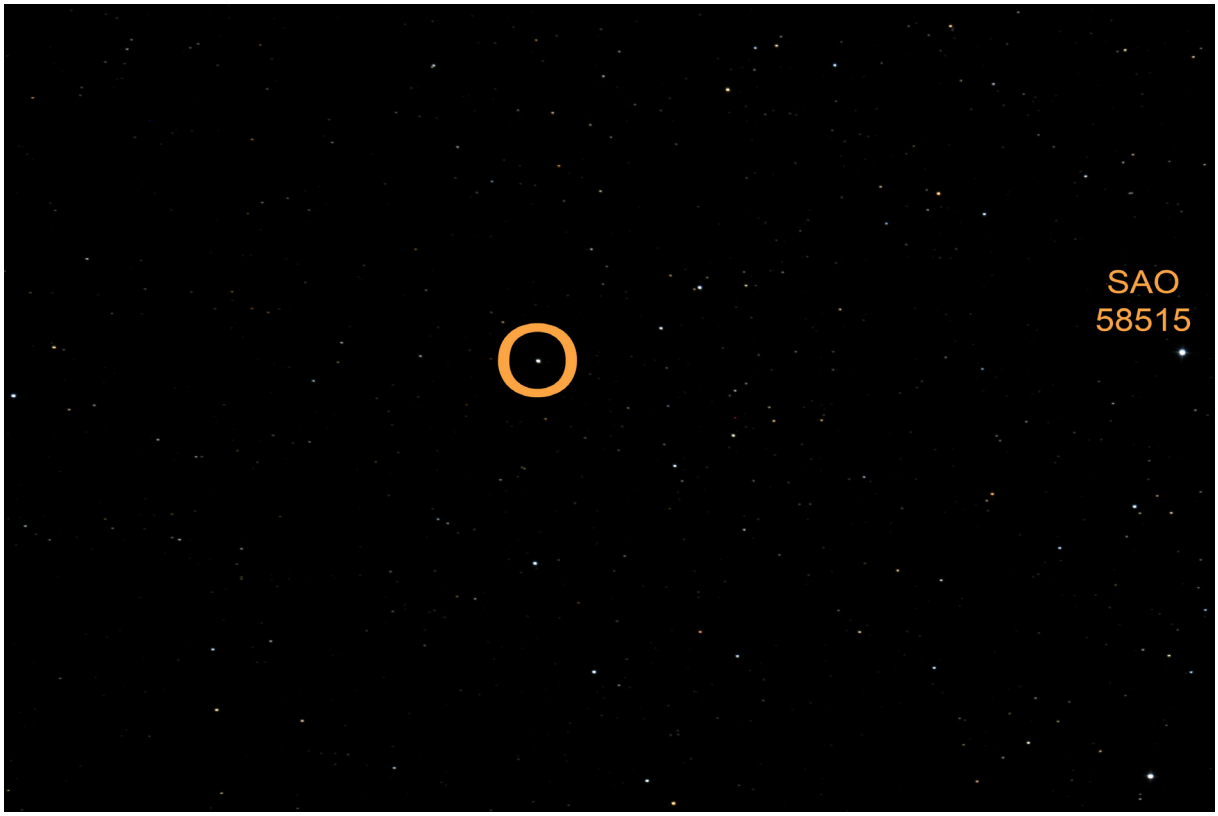
Dans la nuit du 13 au 14, le ciel limpide nous permet de nous lancer dans l'acquisition des images. Nous commençons par faire une image pour être certain de la position de Kalliope dans le champ, puis les incontournables Dark et lançons la première série d'images.

Cette opération répétitive et astreignante est heureusement automatisée avec un séquenceur Canon destiné au 10D mais modifié pour un 350D !
Cette première série de 43 images, qui s'étale sur 2h 24min, est limitée par l'arrivée en fin de course du secteur.
Il faut donc arrêter les poses, remettre le secteur en début de course, recentrer Kalliope qui maintenant a passé le méridien, ce qui complique un peu l'opération…
Nous en profitons pour effectuer quelques Dark avant de reprendre les poses en ayant pris soin de vérifier à nouveau la présence de l'astéroïde dans le champ ainsi que des étoiles de magnitude voisine de 10 (voir la carte).

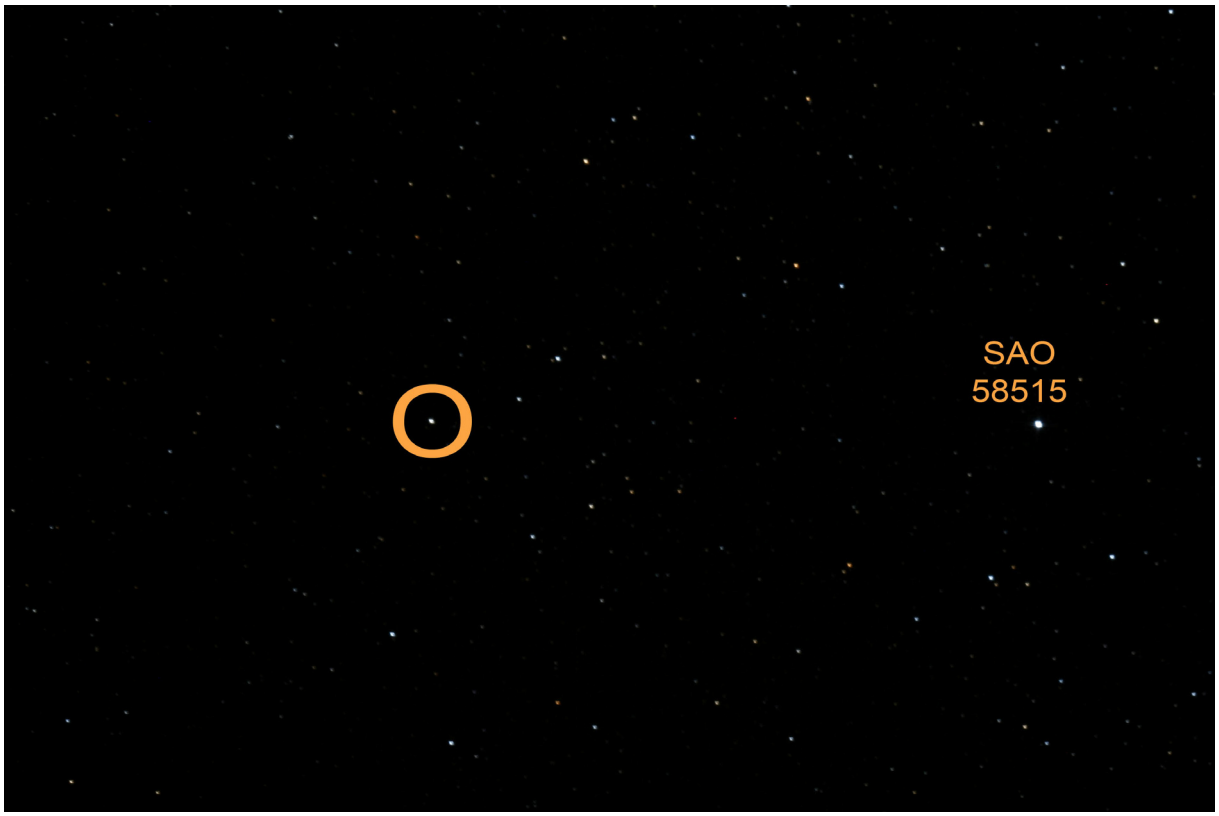
Le premier cliché de cette deuxième série reprend une quinzaine de minutes après l'arrêt de la première série. 29 prises de vue constituent cette dernière série.



Premier cliché.



Dernier cliché de la deuxième série.



Dernière image de Kalliope après plus de 4h de prise de vue.

Au total, c'est 72 images qui couvrent la totalité de la rotation de Kalliope et qui devraient pouvoir servir à établir sa courbe de lumière.
Le lendemain matin, nous avons profité d'un ciel uniformément clair pour faire plusieurs PLU sans avoir démonté l'APN depuis la fin de nuit.
A sa demande, toutes les images ont été transmises à François Colas pour analyse.
Avec le précieux concours de Hervé Moreau, nous avons défini la photométrie de Kalliope.

PHOTOMÉTRIE DE KALLIOPE LE 13 DÉCEMBRE 2006

On dispose de deux séries d'images :

- 42 images réalisées entre 17h 19 TU et 19h 42 TU
- 28 images réalisées entre 20h 00 TU et 21h 33 TU

1 - Prétraitement

La première étape consiste à prétraiter les 70 images avec IRIS :

- Soustraction de l'offset maître (créé à partir de 7 offsets)
- Soustraction du dark maître (créé à partir de 5 darks)
- Division par le flat field maître (créé à partir de 3 flat fields)

2 - Registration

Afin de faciliter les mesures photométriques, il faut recadrer précisément les images les unes par rapport aux autres.

La registration automatique d'IRIS n'est pas utilisable dans un premier temps car les images de la deuxième série présentent un décalage important par rapport à celle de la première du fait de la remise en début de course du secteur d'entraînement du T60 et de rattrapages en déclinaison.

Les 28 images de la deuxième série sont recadrées manuellement par translation en se basant sur la position d'une étoile proche du centre du champ.

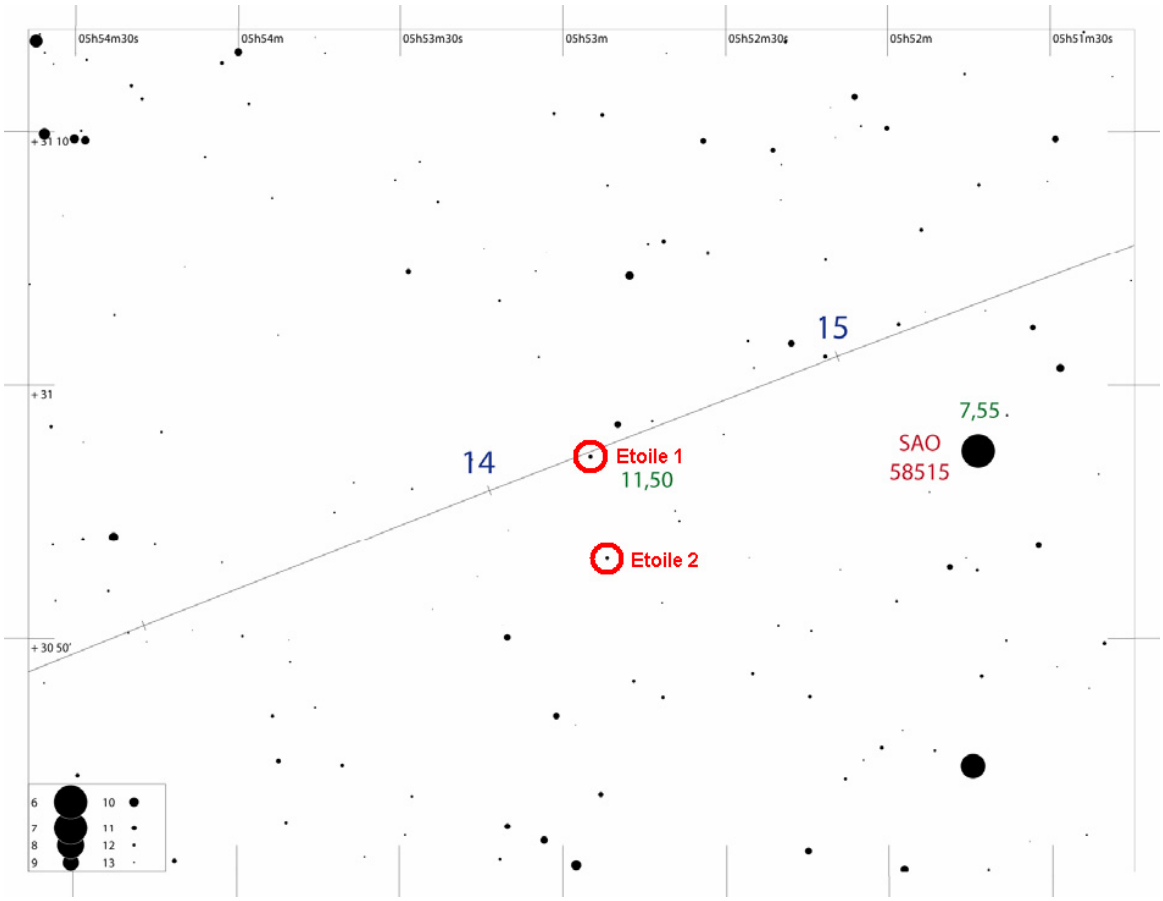
Une fois cette opération effectuée, on réalise une registration automatique par IRIS sur l'ensemble des 70 images pour les ajuster finement.

Une addition confirme le recadrage correct des images et met en évidence le déplacement de Kalliope.

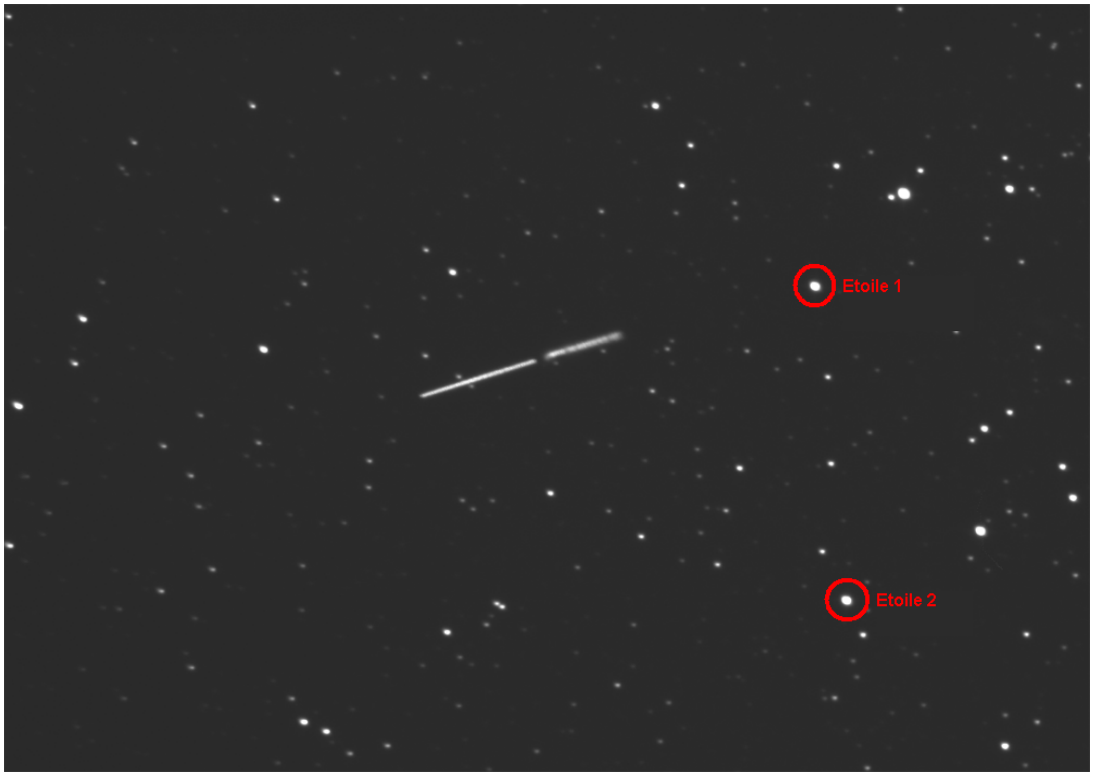
3 - Photométrie

Pour établir la courbe de lumière de Kalliope, on ne peut se contenter de mesurer son intensité sur chaque image. Il faut aussi s'assurer que les images sont calibrées entre elles.

On va donc effectuer des mesures d'intensité sur des étoiles de référence (qu'on espère non variables…). On les choisit d'intensité moyenne (ni trop faibles, ni trop saturées), assez proches de Kalliope pour minimiser les aberrations optiques, et isolées afin qu'une étoile voisine ne perturbe pas la mesure.



On retient les étoiles marquées ici 1 et 2.
La magnitude connue de l'étoile 1 (mag 11,50) permettra de plus de calibrer la courbe de lumière de Kalliope en magnitude plutôt qu'en flux relatif.



D'autre part, IRIS peut dater chaque image de manière à obtenir une base de temps pour la courbe résultat.

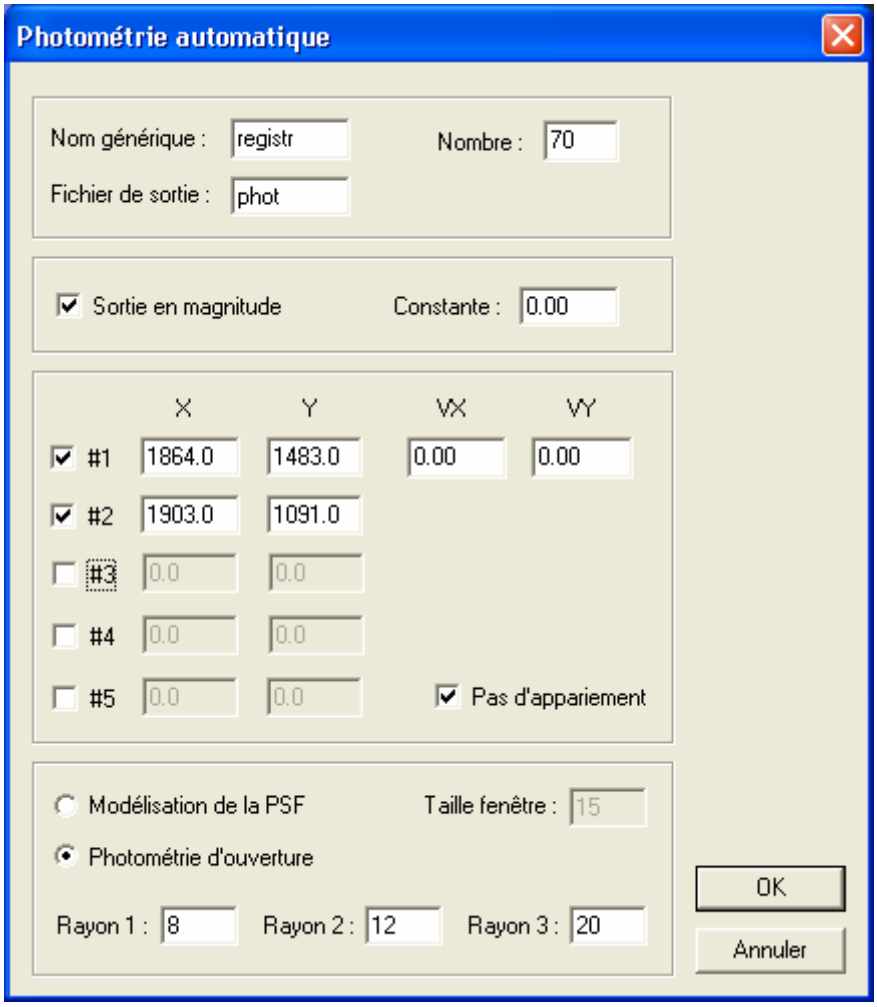
Cette base de temps est indispensable du fait de l'acquisition en deux séries d'images.

3.1 - Photométrie des étoiles 1 et 2

La fonction Photométrie Automatique d'IRIS fournit une mesure de l'intensité relative des deux étoiles de référence.

On utilise la Photométrie d'Ouverture avec les paramètres de rayon : 8, 12 et 20. Le premier cercle sert à mesurer le flux de l'étoile. Le flux de fond de ciel est mesuré dans l'anneau délimité par le deuxième et le troisième cercle.

Les données sont exprimées en magnitude relative par rapport au fond de ciel. On choisit dans un premier temps un seuil de 0,00.

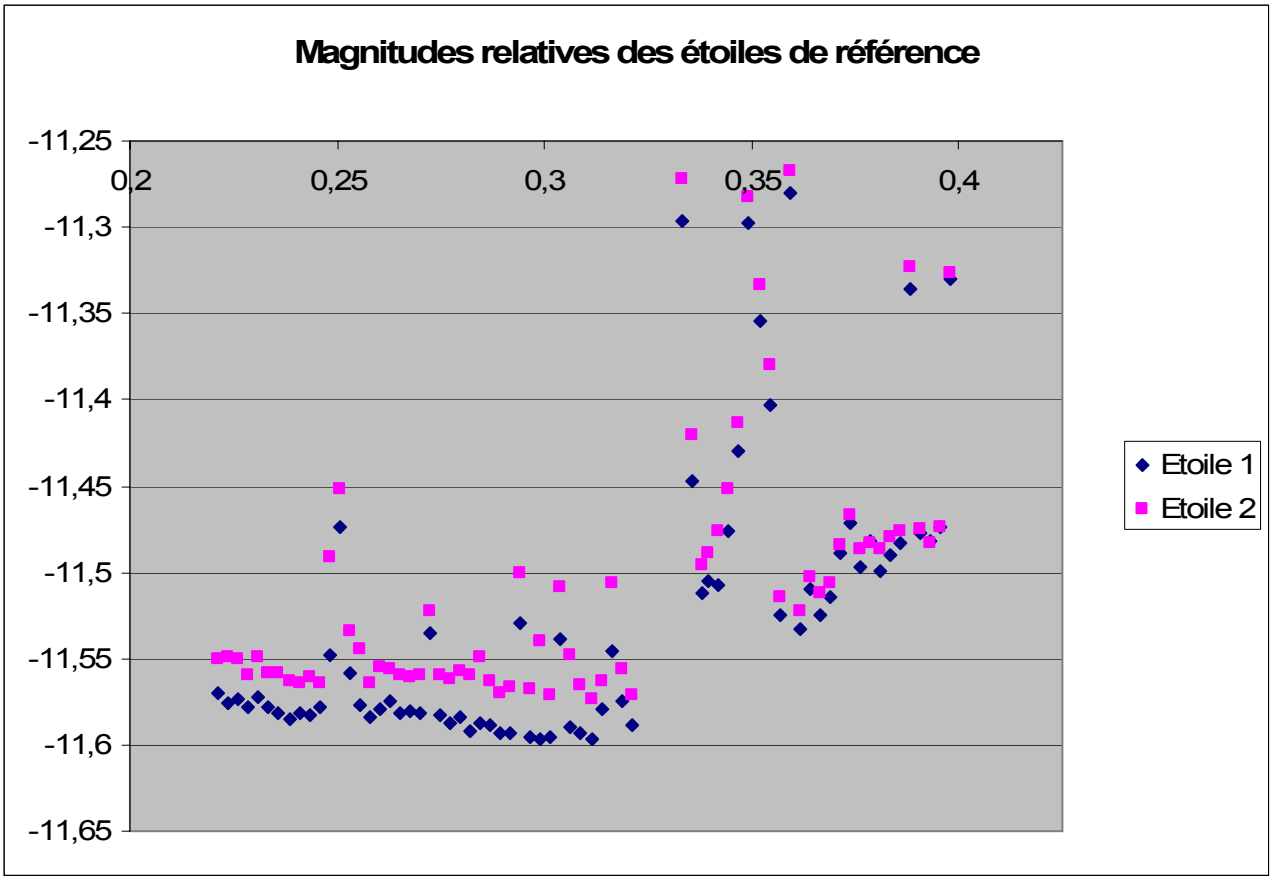


Les données sont importées dans une feuille du tableur Excel pour interprétation.

Le graphique obtenu montre les intensités des deux étoiles sur chaque image en fonction du temps.

Le temps est exprimé en fraction de jour depuis le 13/12/2006 à 12h 00 TU.

Les intensités sont exprimées en magnitudes relatives, non calibrées.

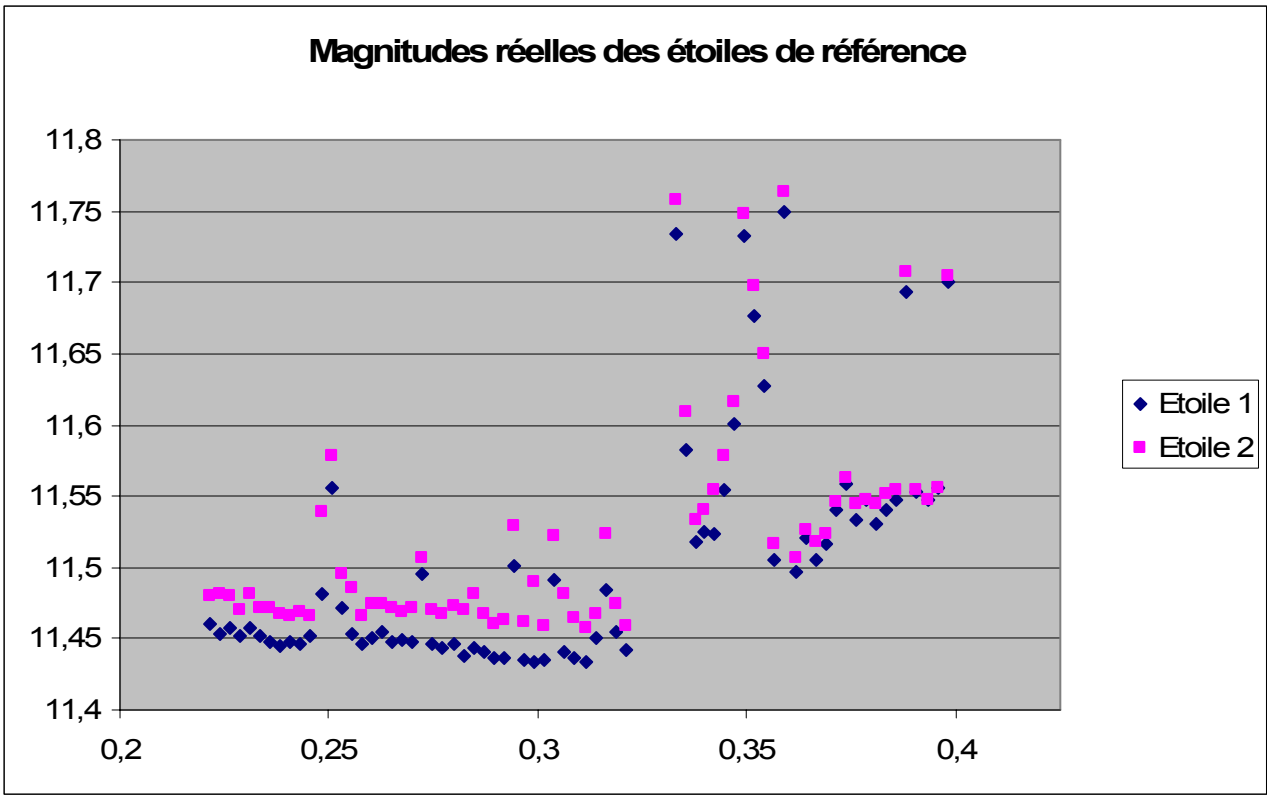


On constate que les intensités des étoiles sont assez stables sur la première série de 42 images mais que la deuxième série présente des variations assez importantes.

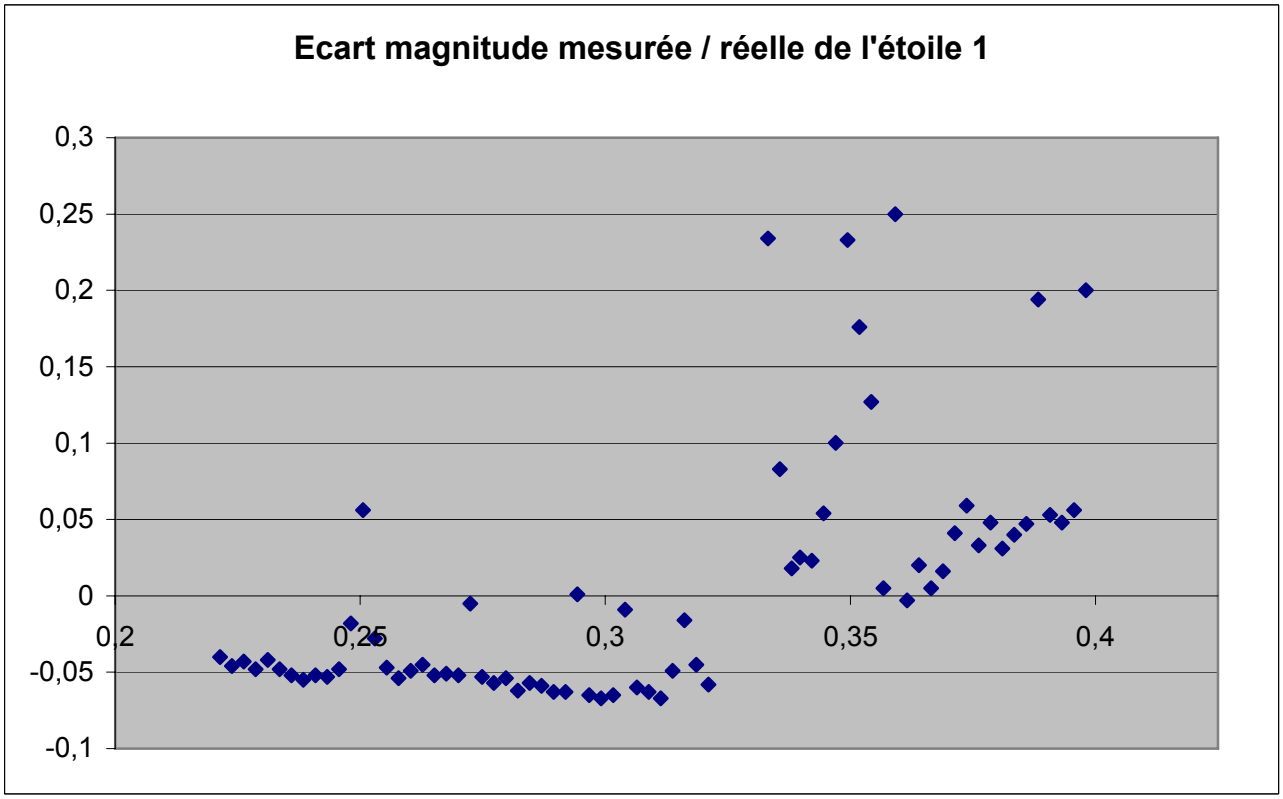
Ces variations peuvent être attribuées à des erreurs de suivi du télescope mais aussi à des différences de transparence de l'atmosphère.

L'étoile 1 est mesurée en moyenne à la magnitude relative -11,53 et l'étoile 2 à la magnitude relative moyenne de -11,51.

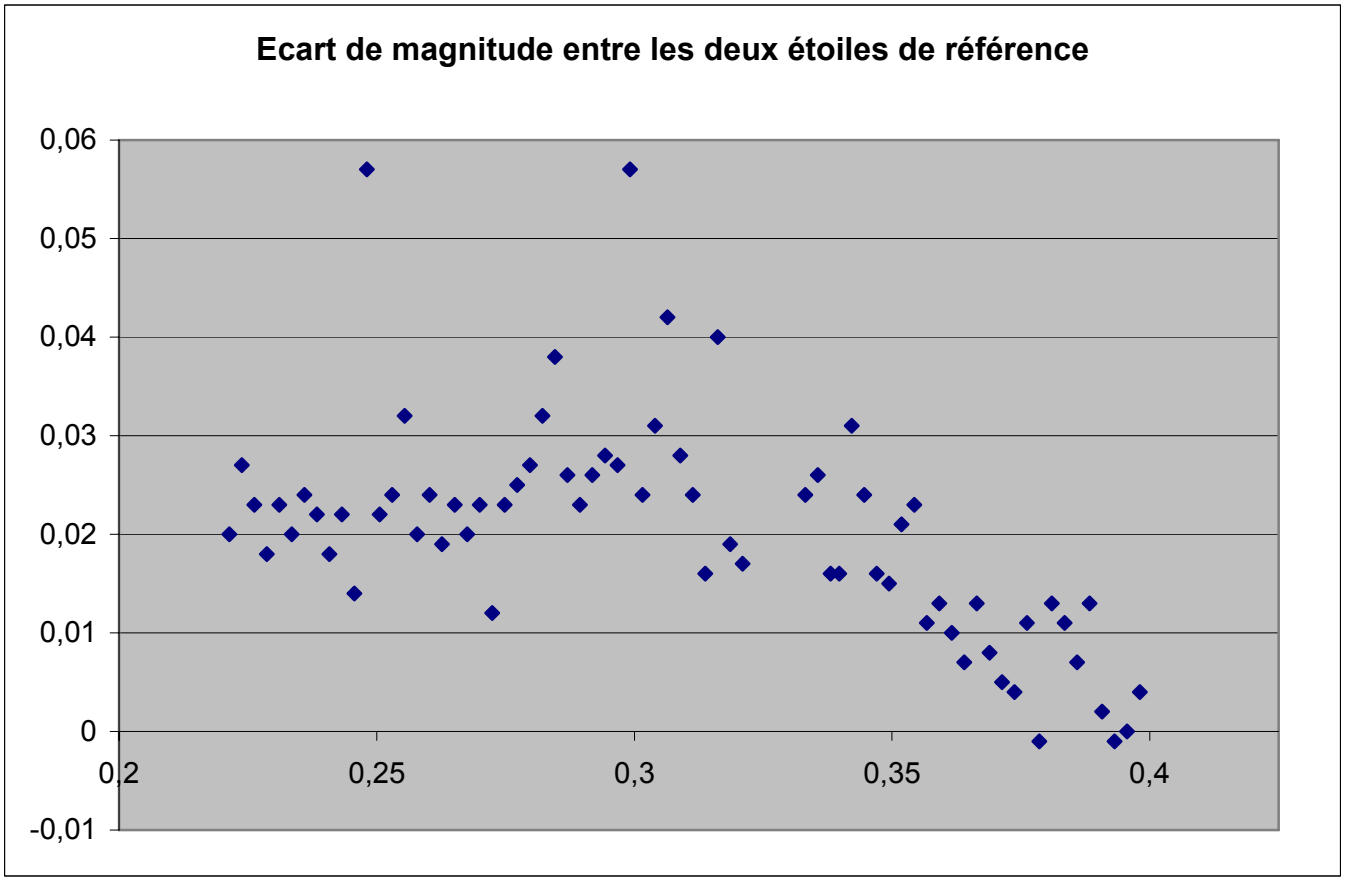
Comme on connaît la magnitude réelle de l'étoile 1, (11,50), on refait les mesures en appliquant dans IRIS une correction de 11,50 – (-11,53) soit 23,03 magnitudes. Les magnitudes générées seront maintenant réelles et non plus relatives.



L'écart entre les magnitudes mesurées de l'étoile 1 et sa magnitude réelle donne la correction qu'on devra appliquer sur chaque mesure de magnitude de Kalliope.



On mesure enfin les écarts entre les deux étoiles de référence. Ces écarts fourniront l'incertitude sur les mesures de magnitude de Kalliope.



Les écarts entre les deux étoiles sont relativement constants à 0,02 magnitude en moyenne, avec un écart maximum de 0,057 magnitude sur les images 13 et 34.

La différence par rapport à la moyenne de 0,02 donne l'incertitude sur les mesures de magnitude de Kalliope.

3.2 - Photométrie de Kalliope

Il faut tenir compte du déplacement apparent rapide de Kalliope. La fonction Photométrie Automatique prévoit ce déplacement. Il suffit de lui fournir les déplacement en pixels par jour sur les axes X et Y.

3.2.1 - Mesure du déplacement apparent de Kalliope

La fonction INFO d'IRIS donne en jour julien les dates de prise de vue de la première et de la dernière image :

Image	Jour Julien
1	2454083,2214
70	2454083,3980

Soit une différence de temps de 0,1766 jour ou 4 heures et 14 minutes. Cette durée couvre normalement la durée de rotation de Kalliope (4 heures et 9 minutes).

On mesure les positions en X et en Y de Kalliope sur la première et sur la dernière image.

Image	X	Y
1	1374,5	1346,7
70	1620,3	1423,2

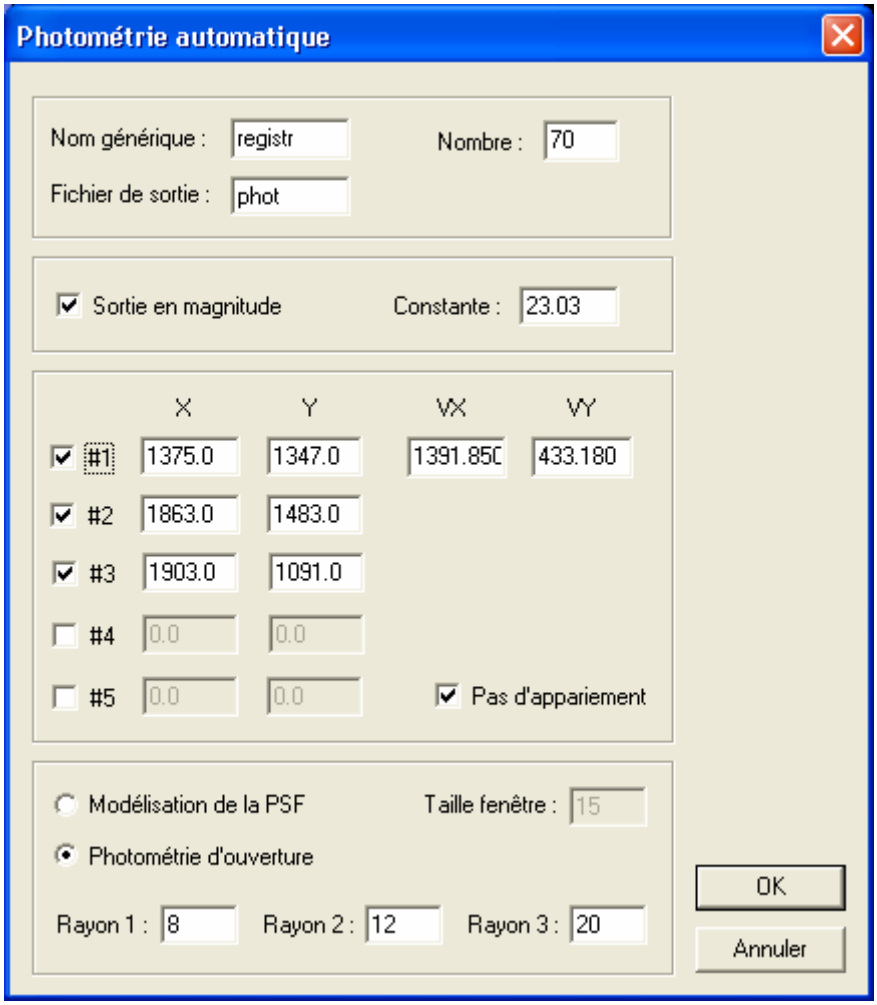
Entre les deux images, le décalage en X est de 245,8 pixels et en Y de 76,5 pixels.

Le déplacement journalier de Kalliope est donc de :

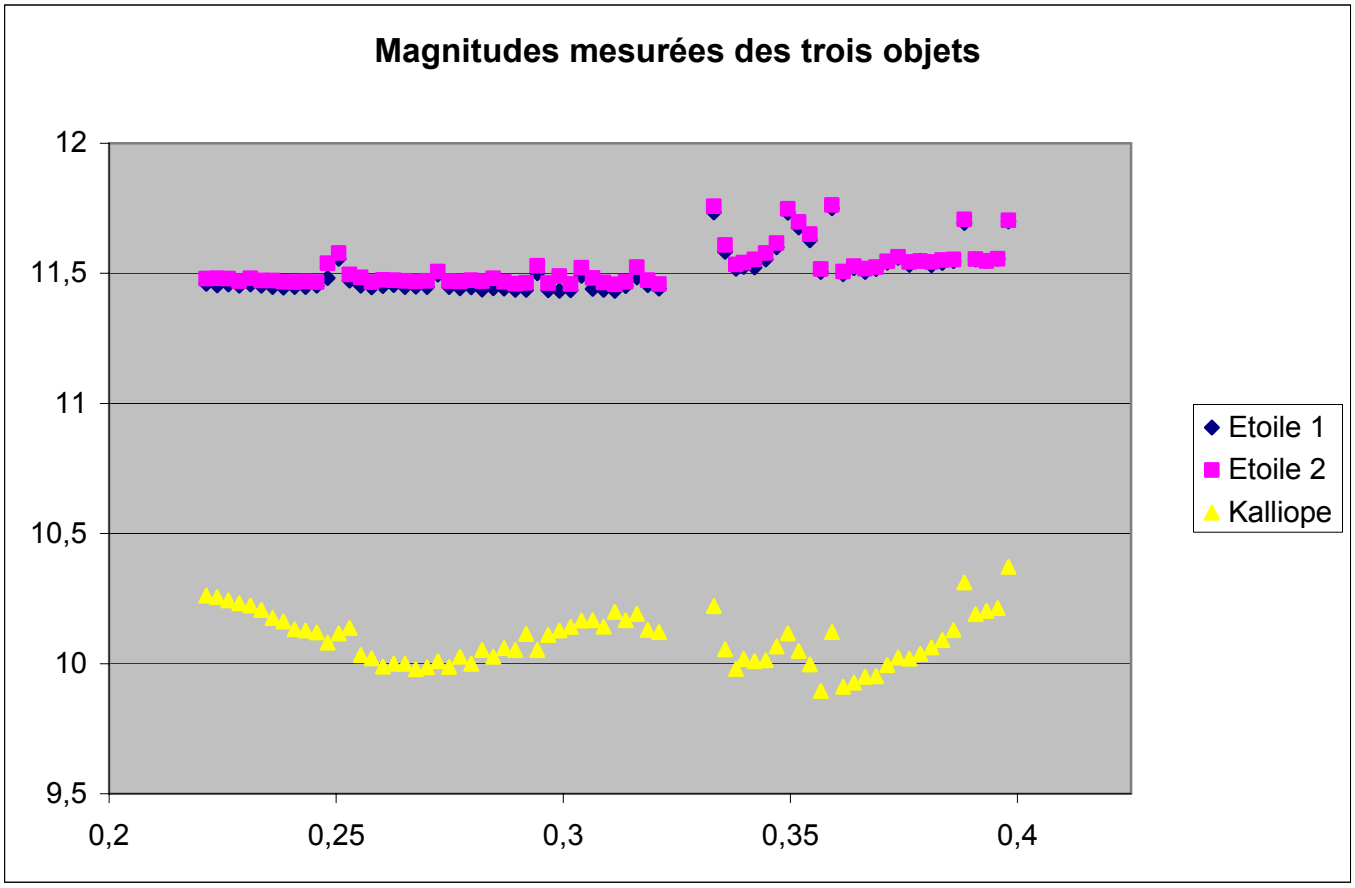
245,8 / 0,1766 = 1391,85 en X
76,5 / 0,1766 = 433,18 en Y

3.2.1 - Mesure photométrique de Kalliope

On utilise toujours la fonction Photométrie Automatique mais en prenant en compte cette fois ci Kalliope et les étoiles 1 et 2.



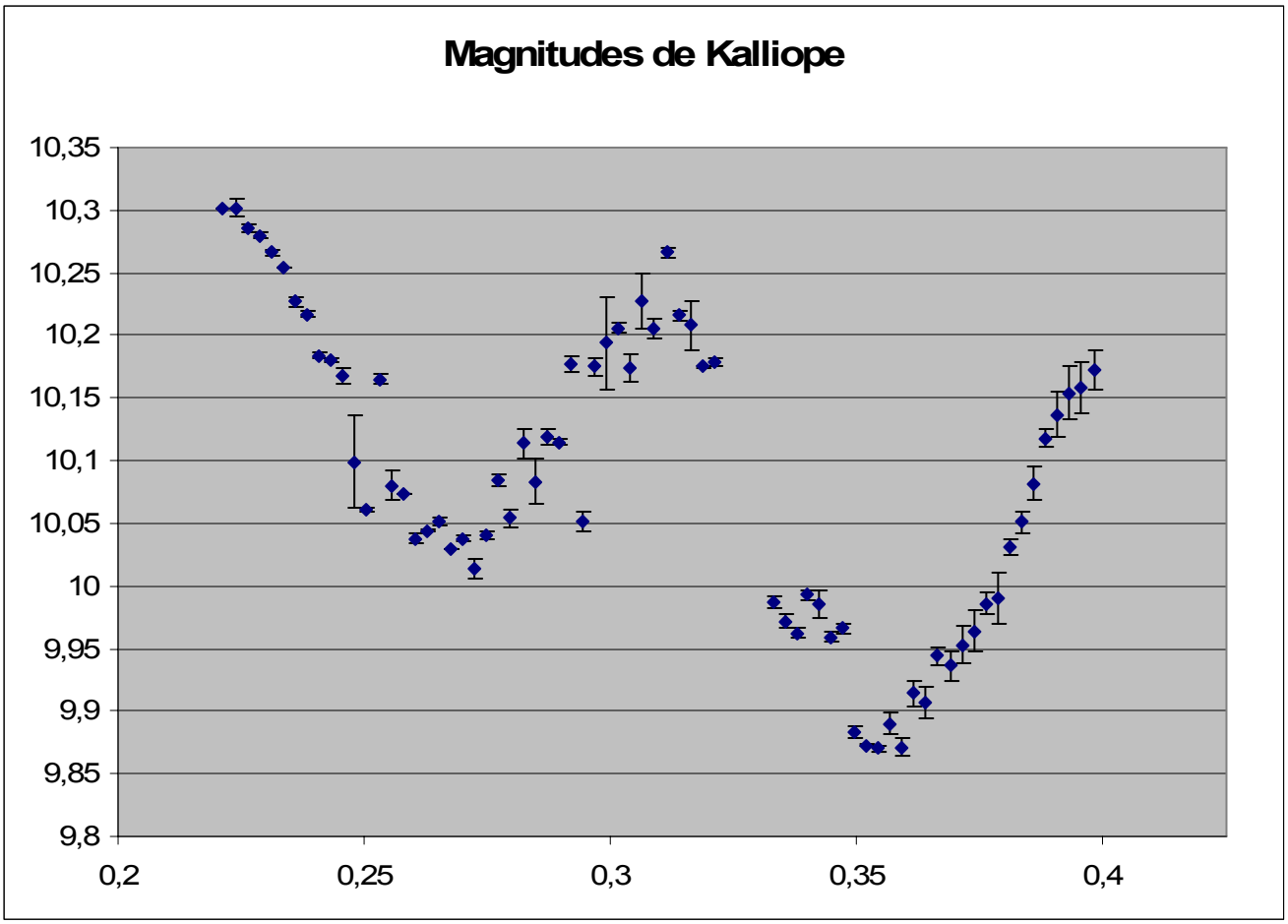
On utilise le seuil de magnitude de 23,03 calculé précédemment. Les magnitudes mesurées par IRIS seront maintenant réelles et non plus relatives.



Les mesures de magnitude fournies par IRIS sur Kalliope et les étoiles 1 et 2 restent entachées de variations dues entre autres aux erreurs de suivi du télescope et aux différences de transparence de l'atmosphère.

On peut maintenant construire la courbe de magnitude de Kalliope en fonction du temps.

On applique pour cela la correction "Magnitude mesurée / réelle de l'étoile 1". On positionne aussi les barres d'erreur construites d'après les écarts de magnitude entre les deux étoiles de référence.



Les mesures sont conformes aux éphémérides en ce qui concerne la magnitude maximum prévue (magnitude de 9,9 à l'opposition le 19 décembre).

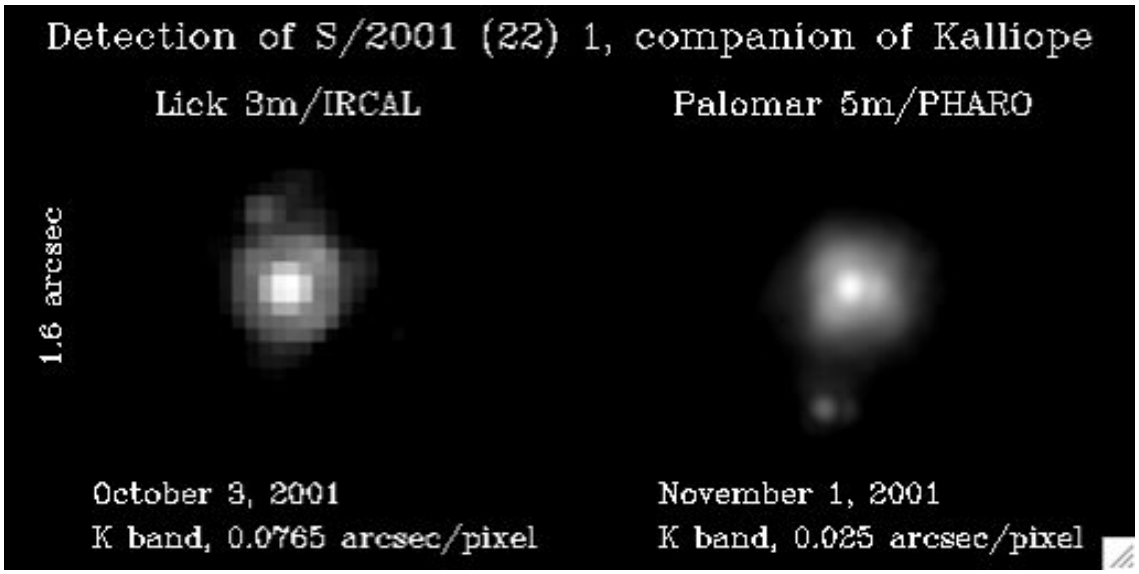
Conclusion

Notre séjour s'est déroulé avec une météo plutôt bonne et des échanges fructueux avec les scientifiques et le personnel de l'Observatoire.
Une démarche scientifique associée à l'utilisation du T60 dans un cadre exceptionnelle reste une formidable aventure pour les amateurs.

ANNEXES

Caractéristique de 22 Kalliope

Kalliope est un astéroïde binaire qui circule entre Mars et Jupiter.
En 2007, la Terre passera dans le plan de l'orbite de Linus, son compagnon. Des phénomènes mutuels semblables à ceux que l'on peut observer sur les satellites galiléens se produiront du 23 février au 2 juin.
Pour plus d'informations, reportez-vous au site de l'IMCCE :
http://www.imcce.fr/page.php?nav=fr/observateur/campagnes_obs/kalliope/index.php



Kalliope et son compagnon.

Période de révolution : 4,96 ans (1812.1 jours)
Distance au périhélie : 2,61 AU
Distance à l'aphélie : 3,21 AU
Dimension de Kalliope : environ 181 km.
Période de révolution sur lui-même : 4.147 heures

Découvert le 16 novembre 1852 par Hind, J. R. à Londres.

COORDONNÉES DE KALLIOPE EN DÉCEMBRE

Date	α	δ	r	Δ	mag	Elongation
1 Dec 2006	06h 05m 51,66s	+29° 39' 23,1"	2,626	1,693	10,2	156,5
2 Dec 2006	06h 05m 00,12s	+29° 45' 40,3"	2,627	1,688	10,2	157,6
3 Dec 2006	06h 04m 07,23s	+29° 51' 54,6"	2,627	1,684	10,2	158,7
4 Dec 2006	06h 03m 13,04s	+29° 58' 05,8"	2,628	1,680	10,2	159,8
5 Dec 2006	06h 02m 17,62s	+30° 04' 13,4"	2,628	1,677	10,2	161,0
6 Dec 2006	06h 01m 21,01s	+30° 10' 17,1"	2,628	1,673	10,1	162,1
7 Dec 2006	06h 00m 23,27s	+30° 16' 16,7"	2,629	1,670	10,1	163,1
8 Dec 2006	05h 59m 24,49s	+30° 22' 11,9"	2,629	1,668	10,1	164,2
9 Dec 2006	05h 58m 24,71s	+30° 28' 02,3"	2,630	1,665	10,1	165,3
10 Dec 2006	05h 57m 24,01s	+30° 33' 47,7"	2,630	1,663	10,0	166,3
11 Dec 2006	05h 56m 22,46s	+30° 39' 27,8"	2,630	1,661	10,0	167,3
12 Dec 2006	05h 55m 20,14s	+30° 45' 02,3"	2,631	1,659	10,0	168,2
13 Dec 2006	05h 54m 17,13s	+30° 50' 30,9"	2,631	1,658	10,0	169,1
14 Dec 2006	05h 53m 13,51s	+30° 55' 53,5"	2,632	1,657	10,0	169,9
15 Dec 2006	05h 52m 09,35s	+31° 01' 09,7"	2,632	1,656	10,0	170,6
16 Dec 2006	05h 51m 04,74s	+31° 06' 19,4"	2,633	1,656	9,9	171,2
17 Dec 2006	05h 49m 59,78s	+31° 11' 22,3"	2,633	1,655	9,9	171,7
18 Dec 2006	05h 48m 54,54s	+31° 16' 18,3"	2,633	1,655	9,9	171,9
19 Dec 2006	05h 47m 49,12s	+31° 21' 07,2"	2,634	1,656	9,9	172,0
20 Dec 2006	05h 46m 43,61s	+31° 25' 48,8"	2,634	1,656	9,9	171,9
21 Dec 2006	05h 45m 38,10s	+31° 30' 23,0"	2,635	1,657	9,9	171,7
22 Dec 2006	05h 44m 32,68s	+31° 34' 49,7"	2,635	1,659	10,0	171,2
23 Dec 2006	05h 43m 27,44s	+31° 39' 08,8"	2,636	1,660	10,0	170,6
24 Dec 2006	05h 42m 22,48s	+31° 43' 20,3"	2,636	1,662	10,0	169,9
25 Dec 2006	05h 41m 17,88s	+31° 47' 24,0"	2,637	1,664	10,0	169,1
26 Dec 2006	05h 40m 13,73s	+31° 51' 20,0"	2,637	1,667	10,0	168,2
27 Dec 2006	05h 39m 10,12s	+31° 55' 08,2"	2,638	1,669	10,0	167,3
28 Dec 2006	05h 38m 07,14s	+31° 58' 48,6"	2,638	1,672	10,1	166,3
29 Dec 2006	05h 37m 04,86s	+32° 02' 21,3"	2,639	1,676	10,1	165,3
30 Dec 2006	05h 36m 03,37s	+32° 05' 46,3"	2,639	1,679	10,1	164,2
31 Dec 2006	05h 35m 02,72s	+32° 09' 03,7"	2,639	1,683	10,1	163,2