

# CONVENTION OCA-AQUILA

## Rapport d'activité 2007-2010



Ce rapport rend compte des activités de l'association AQUILA autour du télescope Schaumasse et de la coupole qui l'abrite, effectuées dans le cadre de la Convention OCA-AQUILA signée le 15 juin 2007.

La première partie de ce rapport traite des travaux d'astronomie amateur réalisés avec le télescope Schaumasse et des soirées organisées avec les membres d'AQUILA.

La deuxième partie présente une synthèse des travaux de recherche effectués depuis 2007 au télescope Schaumasse, portant sur la photométrie d'étoiles variables, d'exoplanètes et d'astéroïdes. Quelques tentatives de mesures d'occultations d'étoiles par des astéroïdes ont également été menées.

## Sommaire

1. Observations Amateur.....	3
1.1 Observations au foyer Cassegrain .....	3
1.2 Observations au foyer du miroir primaire .....	5
1.3 Lunette-guide.....	6
1.4 Eclipses de Lune avec la lunette guide .....	6
1.5 Observations avec les membres de l'Association AQUILA.....	7
2. Travaux Scientifiques.....	7
2.1 Courbes de lumière d'astéroïdes .....	7
2.2 Etoile variable gsc1354.338.....	10
2.3 Occultations d'étoiles par des astéroïdes.....	10
2.4 Exoplanètes .....	11
3. Encadrement d'étudiants et de stagiaires.....	12
Conclusion : .....	12

## Préambule

L'activité du télescope Schaumasse, au ralenti depuis quelques années, a repris courant février 2005, avec l'implication de Matthieu Conjat et le changement du porte-oculaire, dont le diamètre ne correspondait plus aux standards actuels des oculaires et caméras CCD modernes. Dès lors, de nouvelles observations ont pu être menées, autant dans le domaine de l'astronomie amateur que dans le domaine de la recherche scientifique.

Depuis le remplacement du miroir secondaire du télescope en février 2008, le foyer du miroir primaire est accessible à une caméra CCD ou un appareil photo numérique, ce qui permet d'obtenir un champ de 12x8' avec une focale de 2000 mm et une caméra Audine, au lieu de 4.9x3.3' en configuration Cassegrain. Cette focale offre donc la possibilité de réaliser des images d'objets plus étendus et de trouver d'avantage d'étoiles de référence lorsqu'on fait de la photométrie.

Nous avons donc continué à prendre des photos de type amateur, avec notamment l'utilisation de filtres interférentiels (H $\alpha$ ), et à réaliser des campagnes d'observations d'exoplanètes, commencées en 2007, avec des étudiants de l'Université de Nice Sophia Antipolis ou de Classe Préparatoire.

En novembre 2008, grâce à un financement de la Fondation Total, des travaux ont été engagés pour une durée d'un an, afin de rénover la coupole, qui présentait des fuites et dont certaines parties en bois étaient vermoulues.

# 1. Observations Amateur

## 1.1 Observations au foyer Cassegrain

La grande focale du télescope Schaumasse en configuration Cassegrain (6 mètres) permet de réaliser des images planétaires de haute résolution, lorsque la qualité du ciel le permet, avec l'adjonction éventuelle d'un doubleur de focale. L'utilisation d'un filtre de Mylar à l'entrée du tube a permis d'obtenir des clichés de taches solaires, avec une simple webcam. L'utilisation prochaine d'une caméra vidéo à haute sensibilité nous permettra d'obtenir des images planétaires de meilleure qualité.

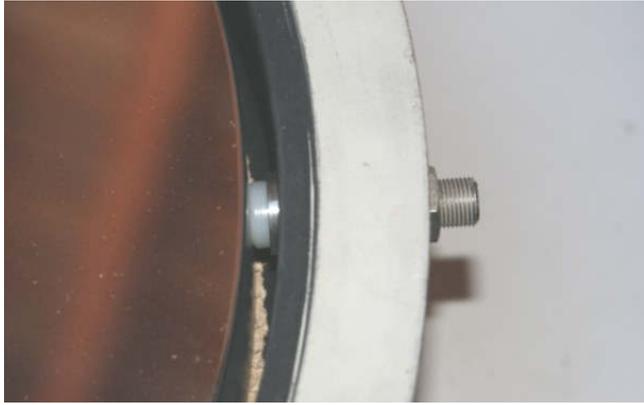


Le barillet soutenant le miroir primaire est assez sommaire, c'est pourquoi les images stellaires présentent parfois un aspect triangulaire selon la position du tube, comme en témoigne l'image de l'étoile Castor ci-dessous.



Photo de l'étoile double Castor, présentant un aspect triangulaire à cause des déformations du miroir principal sur son barillet. Le 1<sup>er</sup> anneau d'Airy est visible sous la forme de 3 points à 120° autour de la tache centrale. Les défauts sont ici renforcés par un traitement en ondelettes.

Pour supprimer les déformations du miroir qui donnaient cet aspect triangulaire aux étoiles, nous avons démonté le barillet pour placer une épaisseur de feutre sous le miroir. Nous avons également placé des lamelles de téflon entre les 3 vis latérales et le miroir, afin de relaxer les forces de serrage. Les images semblent à présent exemptes de déformations, même si le support du miroir reste grossier.

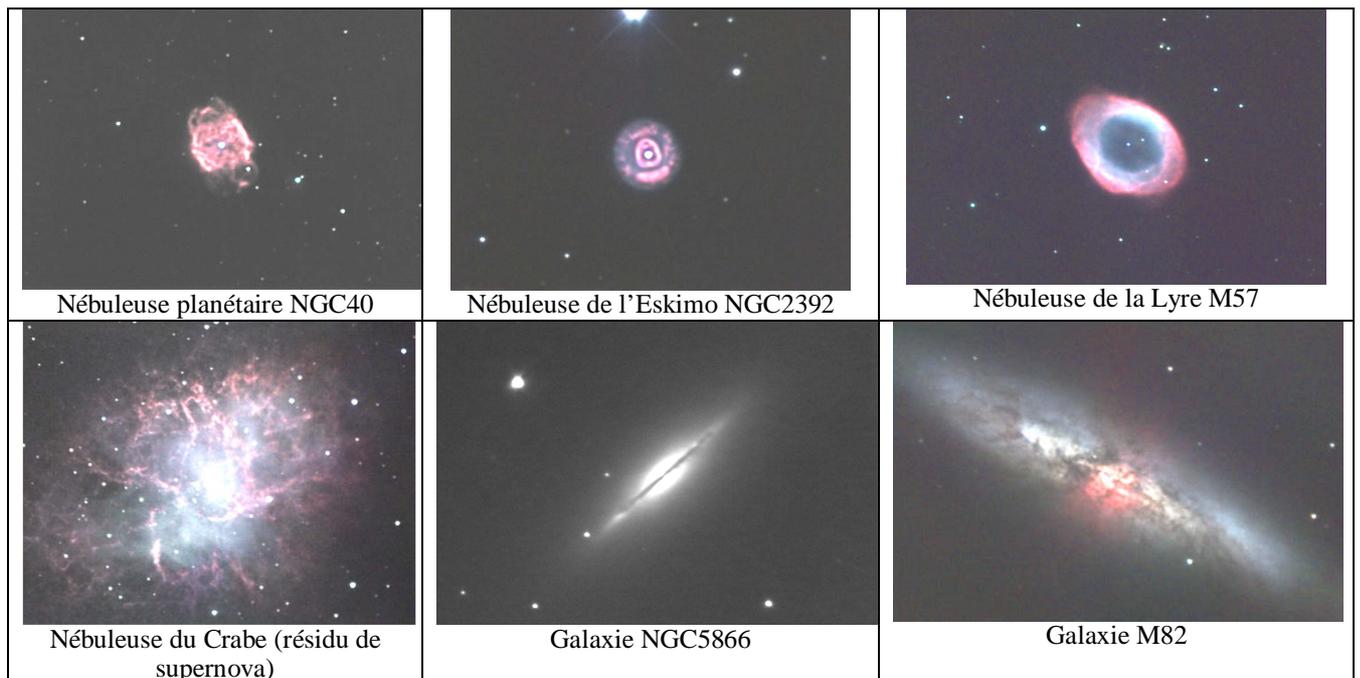


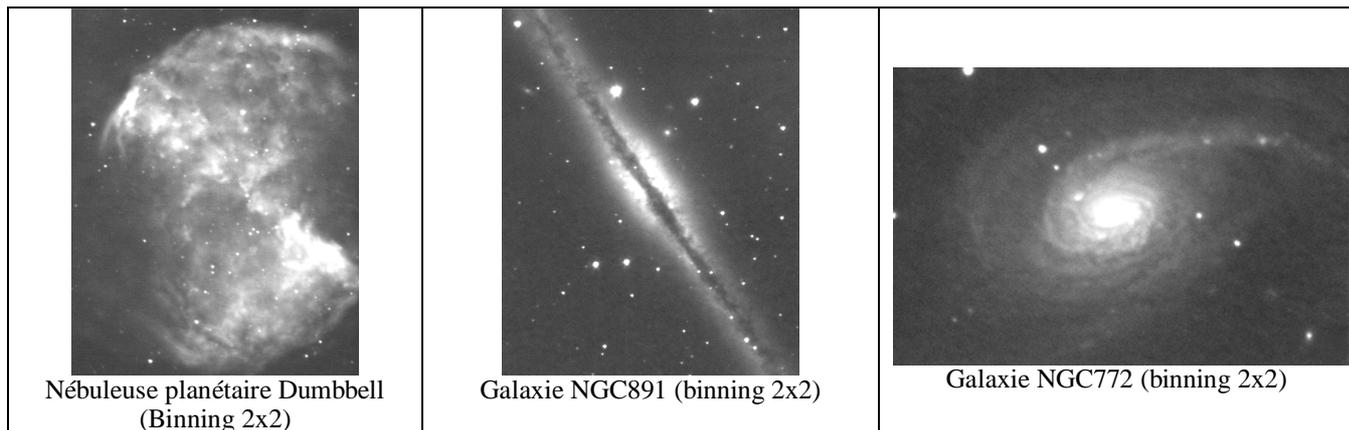
Vis latérale en téflon. Le serrage déformait les images, nous avons donc mis des lamelles entre la vis et le miroir pour distribuer la force sur une plus grande surface

Jusqu'en mars 2008, les images étaient obtenues au foyer Cassegrain du télescope Schaumasse, qui a une focale de 6 mètres (ramenée à 5m avec un réducteur de focale). De nombreuses images de ciel profond ont été réalisées, mais les pixels de  $9\ \mu\text{m}$  donnaient un fort échantillonnage de  $0.35''$  par pixel. La moyenne 2 à 2 des pixels proches ('binning 2x2') permettait donc d'obtenir un échantillonnage plus correct, au prix d'une réduction de la taille des images.

Seules les meilleures images sont présentées ci-dessous. Les nébuleuses planétaires sont des objets parfois petits et très contrastés, ce qui rend leur observation aisée avec une telle focale, lorsque la turbulence atmosphérique n'est pas trop élevée. Les images ont été déposées sur la photothèque du site Internet de l'Observatoire de la Côte d'Azur, à l'adresse suivante:

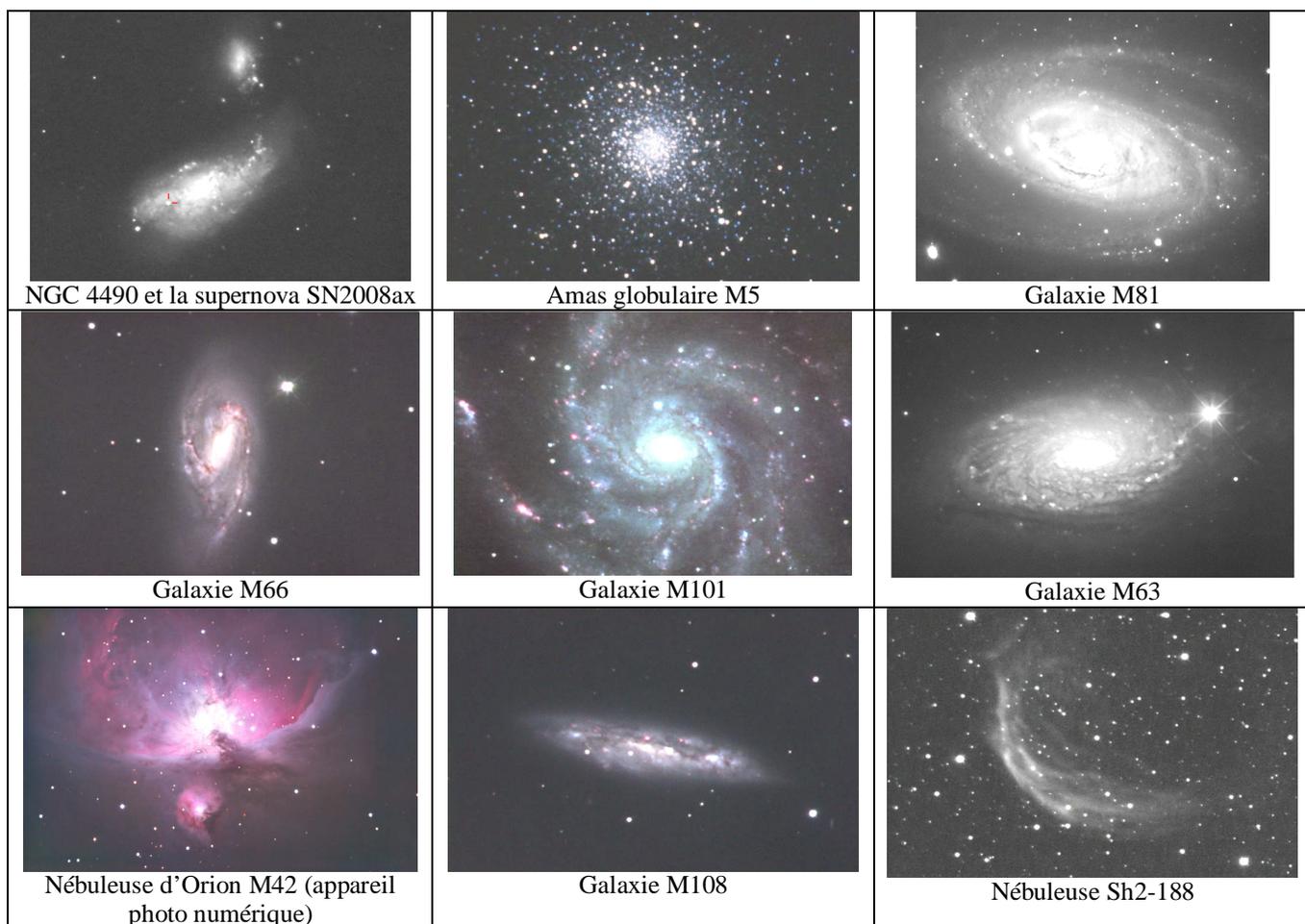
<http://www.oca.eu/phototheque/galerie/thumbnails.php?album=31>





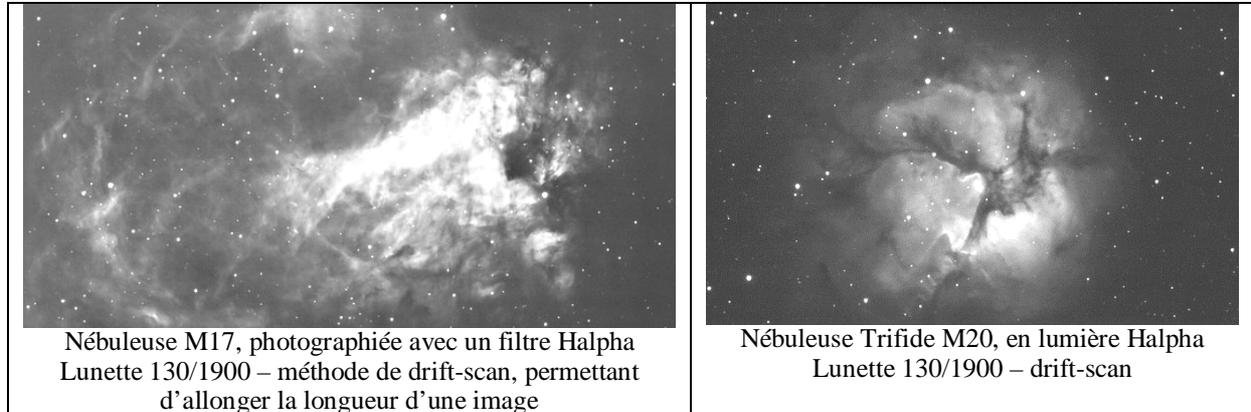
### 1.2 Observations au foyer du miroir primaire

Au foyer du miroir primaire (2 mètres de focale), le champ obtenu est 3 fois plus grand qu'au foyer Cassegrain, ce qui permet de réaliser des images d'objets plus étendus. L'inconvénient de cette nouvelle configuration est que le foyer du miroir primaire est inaccessible pour une observation visuelle, c'est pourquoi la caméra CCD reste en permanence en place.



### 1.3 Lunette-guide

La lunette-guide du télescope Schaumasse présente des aberrations chromatiques importantes, surtout dans le bleu, mais reste de très bonne qualité avec l'utilisation de filtres interférentiels. Par son diamètre plus faible, elle est également moins sensible à la turbulence atmosphérique.



Le Télescope Schaumasse ainsi que sa lunette guide sont tous deux des instruments de grande qualité optique, permettant de réaliser des images d'une grande finesse. Le support du miroir primaire du télescope est très basique et présente des défauts ; il pourrait être changé, en collaboration avec l'atelier mutualisé de l'Observatoire.

### 1.4 Eclipses de Lune avec la lunette guide



Animation de l'éclipse de Lune du 3 mars 2007

La lunette guide, par sa focale plus courte que le télescope Schaumasse, est un instrument bien adapté à l'observation de phénomènes tels que les éclipses de Lune. Un capteur d'appareil photo numérique réflex, bien que légèrement petit, permet d'obtenir des images de qualité, malgré le chromatisme important de l'instrument dans le bleu.

## 1.5 Observations avec les membres de l'Association AQUILA

Des observations sont régulièrement organisées à l'aide du télescope Schaumasse, avec les membres d'Aquila à jour de leur cotisation. Le covoiturage est optimisé au mieux afin de limiter le nombre de véhicules sur le site. La petitesse de la coupole ne permet pas de faire venir plus de 5 personnes autour du télescope. Un télescope de 20 cm ou de 15 cm de diamètre est généralement entreposé au rez-de-chaussée pour permettre des observations à l'extérieur en même temps qu'une lecture du ciel lorsque le groupe est plus important.

## 2. Travaux Scientifiques

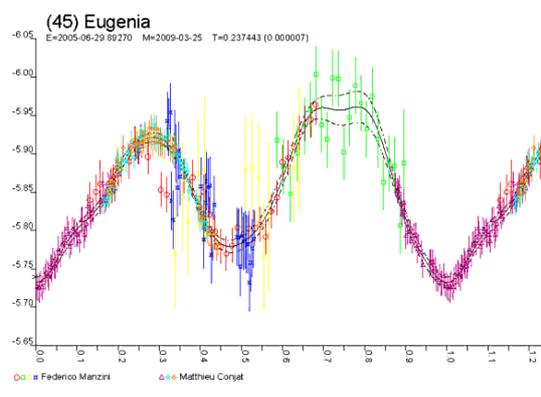
Depuis Juin 2007, les images amateur ont quelque peu été délaissées au profit des travaux de photométrie, rendus possibles grâce à l'observation au foyer du miroir primaire. Auparavant, seules 2 exoplanètes présentant des étoiles de comparaison proches étaient observables facilement. Avec un champ plus grand et la découverte de nouveaux candidats, c'est à présent quelques dizaines d'exoplanètes qui sont accessibles avec le télescope Schaumasse.

La mauvaise qualité du ciel niçois et le diamètre du télescope Schaumasse ne permettent pas l'implication de ce dernier dans les grands programmes nationaux ou internationaux de recherche astronomique. Néanmoins, l'utilisation de filtres et la rigueur apportée aux traitements des images permettent de réaliser des projets scientifiques sérieux, notamment en matière de photométrie.

### 2.1 Courbes de lumière d'astéroïdes

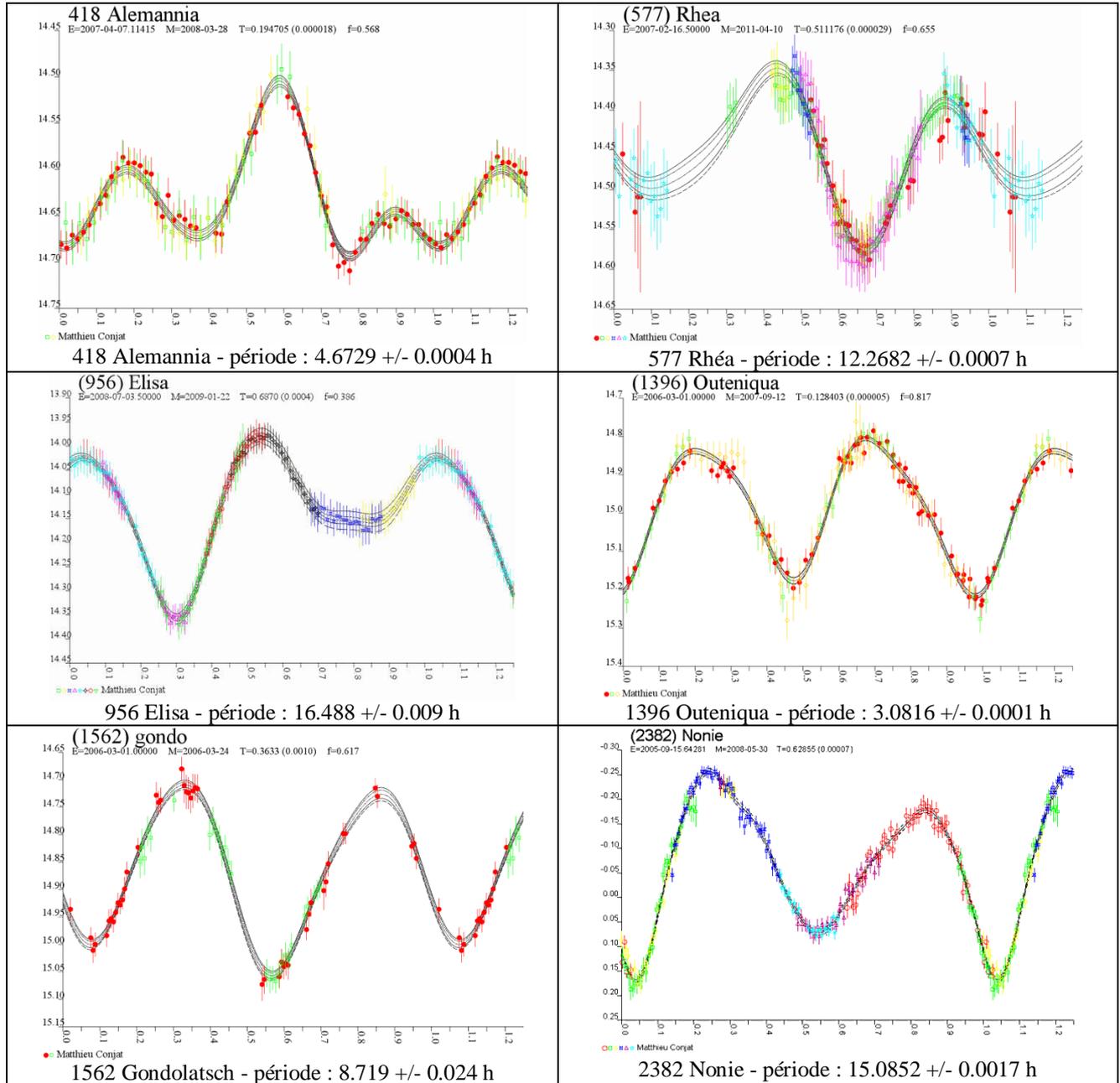
La courbe de lumière d'un astéroïde (variation de sa magnitude apparente au cours du temps) permet de déterminer plusieurs paramètres physiques importants, comme sa période de rotation ou l'inclinaison de son axe de rotation. On peut également en déduire sa forme approximative ou encore la présence d'un satellite. De telles mesures sont rarement entreprises par les grands observatoires internationaux car elles nécessitent des temps de télescope de plusieurs heures, pendant plusieurs nuits. Les télescopes de petite taille comme le télescope Schaumasse sont donc particulièrement indiqués pour réaliser ce genre de campagnes d'observations.

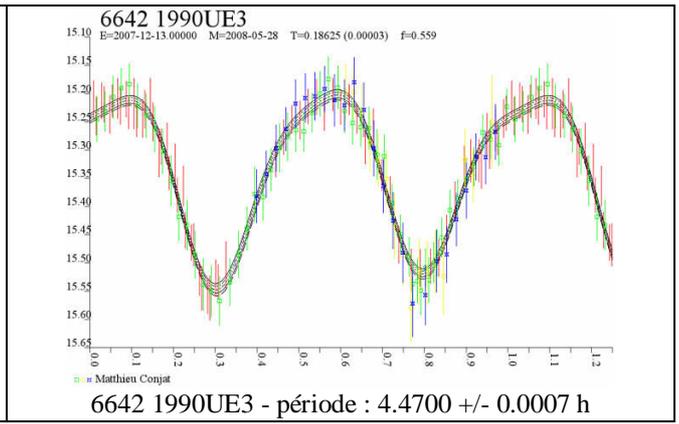
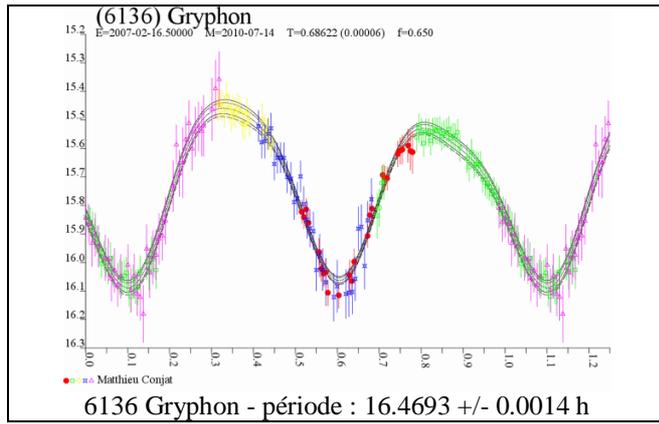
En juin 2005, Philippe Bendjoya, sur proposition de Daniel Hestroffer, de l'IMCCE, a contacté Matthieu Conjat, afin de préparer une observation de l'Astéroïde 45 Eugénia par le télescope spatial Hubble. Cet astéroïde étant double, la mesure précise de la phase était nécessaire avant de faire une demande de temps de télescope, c'est pourquoi nous avons réalisé une courbe de lumière de Eugénia.



Courbe de lumière de l'astéroïde 45 Eugénia, obtenue en collaboration avec Federico Manzini. Remarquons que les mesures les plus précises (barres d'erreur plus faibles) ont été obtenues avec le télescope Schaumasse.

Plusieurs autres astéroïdes ont été observés avec le télescope Schaumasse et une caméra CCD Audine. Aucun d'entre eux n'avait une période de rotation connue (excepté Gondolatsch), c'est pourquoi les résultats ont tous été transmis à Raoul Behrend, de l'Observatoire de Genève, qui tient à jour un catalogue complet de courbes de lumières d'astéroïdes, de comètes et d'étoiles variables.



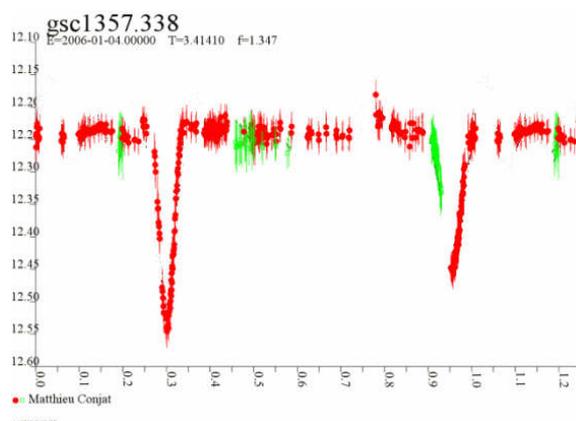


Quelques observations n'ont pas pu être menées à terme, parfois à cause du faible éclat de l'astéroïde ou la proximité d'étoiles perturbant la photométrie. Ce fut le cas notamment pour 4684 Bendjoya dont nous n'avons obtenu qu'une période très approximative de 0.9 jours.

Les observations de 956 Elisa ont été utilisées par Nick Moskovitz (Université de Hawaï) dans le cadre d'une collaboration pour un article en cours d'écriture. L'astéroïde a été observé en août 2008 par le télescope spatial Spitzer, et une contrainte sur la phase de rotation était nécessaire. Les observations du télescope Schaumasse, menées en juillet 2008, ont permis de réduire à 30 secondes l'incertitude sur la phase de l'astéroïde au moment de l'observation par Spitzer.

## 2.2 Etoile variable gsc1354.338

En janvier 2002, le suivi de l'astéroïde 1107 Lictoria a permis à Matthieu Conjat de remarquer que l'une des étoiles de référence semblait être variable, alors qu'elle n'était pas recensée dans le catalogue GCVS (General Catalogue of Variable Stars). L'instrument utilisé était un télescope de 20 cm de diamètre, équipé d'une caméra CCD Sbig ST4. Le lendemain, son éclat est demeuré constant, alors aucune mesure ultérieure n'a été entreprise. Le 3 décembre 2005, les observations ont repris à l'aide du télescope Schaumasse, et ont montré à nouveau une variation d'éclat. Durant les jours qui ont suivi, l'éclat est resté constant, à part quelques variations très ponctuelles. Après plusieurs semaines d'observation, il s'est avéré qu'il s'agissait finalement d'une binaire à éclipse, présentant une excentricité assez forte. Les mesures ont été transmises à Edouard Oblak, spécialiste des étoiles doubles à l'Observatoire de Besançon. Afin de préciser les paramètres orbitaux de cette étoile double, une future campagne de mesures spectroscopique est envisagée à l'aide du spectrographe Elodie de l'Observatoire de Haute-Provence.



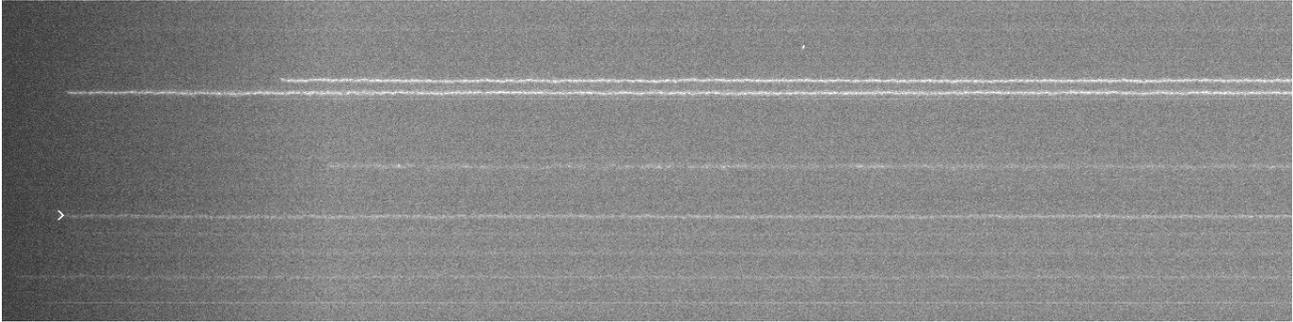
Courbe de lumière de l'étoile gsc 1357.338, obtenue en 2005. Les parties en vert ont été obtenues à l'aide d'un télescope de 20 cm. Les parties en rouge ont été obtenues avec le télescope Schaumasse. La période de révolution est de 3.4141 jours.

## 2.3 Occultations d'étoiles par des astéroïdes

L'observation des occultations d'étoiles permet de contraindre très fortement le diamètre des astéroïdes, notamment lorsque le phénomène est mesuré par un réseau international d'observateurs. Le mouvement des astéroïdes étant connu avec précision, la durée de l'occultation permet d'obtenir une limite inférieure à sa taille. Couplée avec une mesure de la période de rotation (et de la phase de l'astéroïde), cette méthode permet de déterminer avec une bonne précision la forme de l'objet. L'imagerie conventionnelle est insuffisante dans ce cas, car elle ne permet pas de faire de la datation. On utilise la méthode de l'imagerie drift-scan (ou scan), qui permet d'étaler l'image de l'astéroïde et des étoiles environnantes le long des pixels de l'image. L'instant de l'occultation se traduira par une perte d'intensité des pixels de l'étoile occultée, tandis que les étoiles alentour resteront constantes.

L'occultation de TYC 1065-02122-1 par 225 Henrietta le 16 juillet 2007 a été suivie par CCD à l'aide de la lunette guide du télescope Schaumasse. Un suivi en visuel a été effectué en parallèle avec le télescope.

L'observation a été négative, (pas d'occultation), preuve que l'astéroïde est passé légèrement à côté de l'étoile. Un résultat négatif reste malgré tout utile, car il permet d'écarter la présence d'un satellite ou de contraindre un peu mieux la trajectoire d'astéroïdes mal connus.



Scan de l'observation de 225 Henrietta. La trace laissée par l'étoile et l'astéroïde est marquée par une flèche (en bas à gauche). Au cours de l'observation, aucune perte d'intensité n'a été remarquée

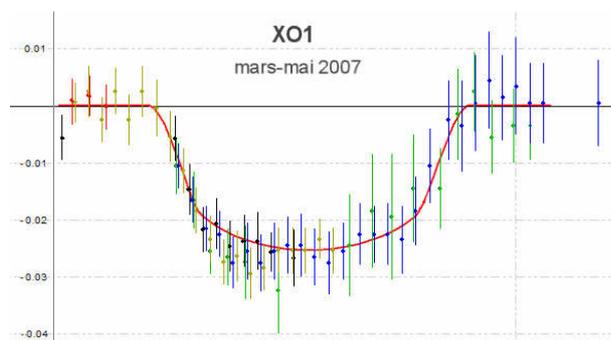
Le compte-rendu de l'observation a été envoyé au réseau Euraster : <http://www.euraster.net/results/2007/index.html#0716-225>

## 2.4 Exoplanètes

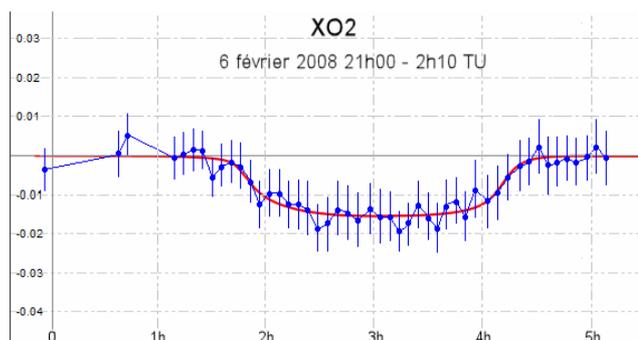
Avec Philippe Bendjoya, nous avons décidé depuis 2 ans de participer aux campagnes d'observations de transits exoplanétaires. L'amplitude de la variation de luminosité au cours d'un transit étant extrêmement faible, de telles observations permettaient de tester le télescope Schaumasse et de valider nos méthodes de traitement d'images et de réduction des données. Les mesures de photométrie se faisant généralement par comparaison de la lumière émise par l'objet cible et de celle d'une ou de plusieurs étoiles de référence se trouvant dans le champ, il nous fallait trouver des étoiles à la fois brillantes (pour avoir une bonne précision sur les mesures) et entourées d'étoiles de référence proches. Le faible champ apparent du télescope Schaumasse, équipé d'une caméra Audine au foyer Cassegrain, rendait difficile la réunion de ces différentes conditions. En mars 2007, seule XO1 était observable. Les résultats de cette observation sont présentés ci-dessous.

En mai 2007, l'étoile XO2 a été découverte, qui présente 2 étoiles de comparaison à proximité. C'est pourquoi nous avons choisi cette exoplanète comme cible de notre campagne de 2008.

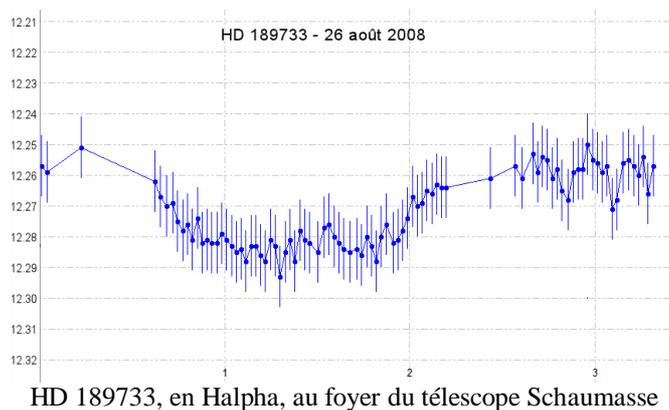
Les observations de 2007 et 2008 ont été faites avec un filtre rouge, afin de réaliser des mesures photométriques précises. Le flux reçu sur le capteur est plus faible, mais le fond de ciel est plus uniforme et la pollution lumineuse sensiblement diminuée, ce qui nous permet malgré tout d'obtenir une bonne précision relative sur les intensités lumineuses reçues.



Courbe de lumière de l'exoplanète XO1, obtenue lors de 4 transits différents de mars à mai 2007



Transit de l'exoplanète XO2

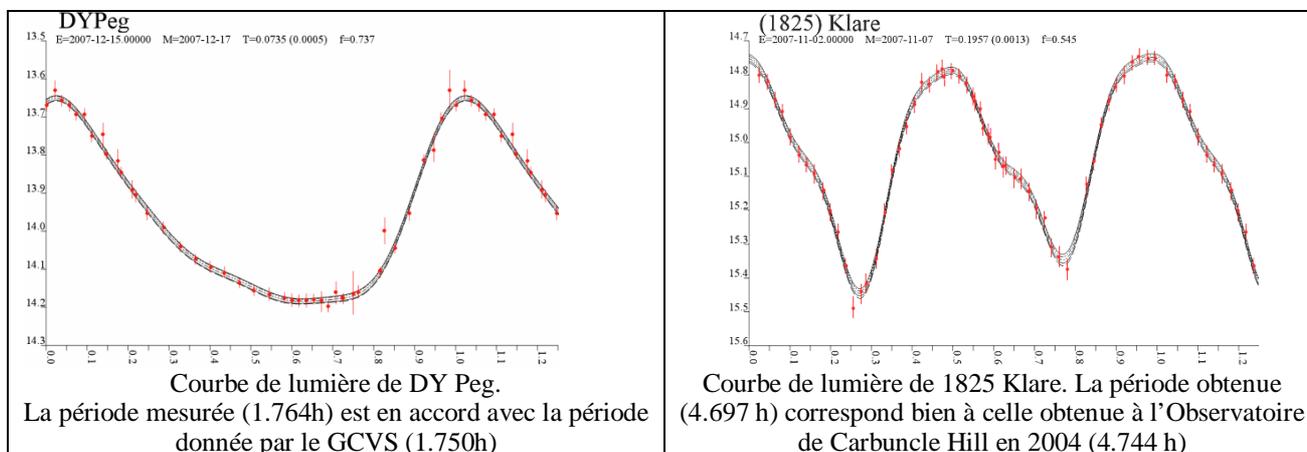


Une quatrième exoplanète a été observée (GJ436), mais sans succès. La profondeur du transit (0.007m) est à la limite de détectabilité du télescope Schaumasse.

### 3. Encadrement d'étudiants et de stagiaires

Plusieurs observations ont été faites en 2007-2008 dans le cadre de 2 TIPE d'élèves du lycée Masséna (TIPE « Variabilité, limite, stabilité », encadré par Jean-Pierre Rivet) et d'étudiants de Licence de Physique 2 de l'Université de Valrose, encadrés par Philippe Bendjaya. Il s'agit essentiellement de mesures de photométrie d'astéroïdes, d'étoiles variables et d'exoplanètes.

Les observations de TIPE étant faites sur un nombre limité de nuits, et l'accent étant mis sur l'analyse des données et la méthode de travail plutôt que sur les résultats scientifiques obtenus, il était préférable de choisir des cibles déjà connues. Nous avons donc choisi 1 astéroïde et 1 étoile variable, de période relativement courte, afin d'obtenir des résultats fiables nous permettant d'illustrer la thématique « Variabilité » du TIPE. La précision des périodes aurait pu être améliorée avec quelques nuits d'observations supplémentaires, mais la disponibilité des étudiants ne le permettait pas.



### Conclusion :

Les transits d'exoplanètes sont observables avec un télescope de 40 cm de diamètre sous un ciel de qualité moyenne, sous réserve de réaliser des images de calibration précises et un traitement de données strict. Comme pour la photométrie d'astéroïde, les mesures sont tout de même tributaires du champ de la caméra CCD, qui n'est que de 4.8x3.2' au foyer Cassegrain du télescope.

En mars 2008, nous avons ôté le miroir secondaire afin de placer directement la caméra CCD au foyer du miroir primaire, de 2m de focale (contre 5m pour la configuration Cassegrain avec un réducteur de focale). Le champ ainsi obtenu est de 12x8', ce qui permet d'utiliser d'avantage d'étoiles de comparaison. Matthieu Conjat a également commandé une caméra CCD Yankee Robotics 6303E, présentant un bruit bien plus faible que l'Audine, ce qui permettra d'obtenir un champ de 48x32' et une sensibilité sans doute meilleure.

Une nouvelle campagne d'Observation d'exoplanètes est en préparation avec le télescope Schaumasse, sur proposition de François Fressin.

Références Internet :

<http://obswww.unige.ch/~behrend/page2cou.html#000418>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/page2cou.html#000577>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/page3cou.html#000956>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/page4cou.html#001396>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/page4cou.html#001562>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/page4cou.html#001825>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/page4cou.html#002382>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/page5cou.html#006136>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/page5cou.html#006642>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/page7cou.html#v00014>  
<http://obswww.unige.ch/~behrend/pagedcou.html#v00409>  
<http://www.euraster.net/results/2007/index.html#0716-225>  
<http://www.oca.eu/phototheque/galerie/thumbnails.php?album=31>