



NGC69

Nouvelle Gazette du Club - N° 109 - Janvier 2016

Transit de Mercure

Aussi rare que spectaculaire, un rendez-vous à ne pas manquer !

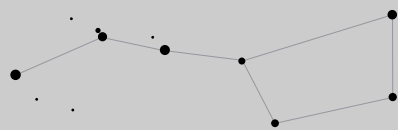
Un télescope de 200mm transportable en avion

Un incroyable défi en passe d'être réalisé !

Le carbone

Présent aussi bien dans les étoiles carbonées que dans les comètes, sa détection permet de mieux comprendre l'univers





La Nouvelle Gazette du Club est éditée à 180 exemplaires environ par le CALA : Club d'Astronomie de Lyon-Ampère et Centre d'Animation Lyonnais en Astronomie.

Cette association loi 1901 a pour but la diffusion de l'astronomie auprès du grand public et le développement de projets à caractère scientifique et technique autour de l'astronomie.

Le CALA est soutenu par le Ministère de la Jeunesse et des Sports, la région Rhône-Alpes, le département du Rhône, la ville de Lyon et la ville de Vaulx en Velin.

Pour tout renseignement, contacter:

CALA
Bâtiment Planétarium
Place de la Nation
69120 VAULX EN VELIN

Tél/fax: 09.51.18.77.18

E-Mail : cala@cala.asso.fr
Internet : <http://www.cala.asso.fr>



| | |
|--|----|
| EDITO | 3 |
| Brèves de coupole | 4 |
| Centre d'Animation | 6 |
| Découverte | 8 |
| Un premier pas en photométrie | |
| Sciences | 11 |
| Comète en vue - De la flamme d'une bougie au spectre d'une comète | |
| Galerie photos | 14 |
| Sciences | 16 |
| Spectrométrie des étoiles carbonées | |
| Technique | 18 |
| Réalisation d'un Newtonien de 200mm transportable en avion | |
| Bibliographie | 22 |
| Éphémérides | 24 |
| Fiction | 28 |
| Chroniques d'un Pirate de l'Espace | |

En couverture

Voie Lactée - Pierre FARISSIER, Sophie COMBE, Laurence BRET-MOREL

En mission au Pic du Midi, Pierre, Sophie et Laurence ont pu profiter du spectacle qu'offre le ciel pur de la haute montagne. Perché à plus de 2800m d'altitude, l'observatoire du Pic du Midi est un balcon idéal pour observer la Voie Lactée.



L'année 2015 restera dans les mémoires comme une année terrible, succession d'événements nationaux et internationaux effroyables. Il n'est pas certain que les prochaines années soient plus sereines. L'éducation, la culture et les actions collectives forment une partie des indispensables réponses à l'ignorance et notre association malgré sa petite taille, assume pleinement sa part, comme nous allons le voir.

Le nombre d'adhérents reste très élevé à 150 ! Le programme d'activités internes est toujours plus riche avec des cycles d'ateliers théoriques, pratiques et techniques très fréquentés, des rencontres, des camps et des événements d'une grande simplicité et convivialité, notre marque de fabrique !

L'observatoire est aussi très fréquenté, le CALA étant un club de « pratiquants » !

La rénovation de ses bâtiments, enjeu majeur des prochaines années, est complexe. 2015 aura vu la reprise de l'étanchéité horizontale et un nouvel aménagement de l'hébergement. La rénovation des façades, le drainage et le réaménagement du bâtiment scientifique sont programmés en 2016. L'amélioration de la rotation des coupoles est aussi à l'étude.

Enfin, les missions à l'OHP, à Saint Véran et au Pic du Midi, malgré les aléas météo ont produit de très bons résultats scientifiques. A noter que nous avons co-organisé les WETAL 2015, rencontre sur les collaborations professionnels- amateurs en astrophysique.

Notre programme événementiel (nuit de l'équinoxe, nuit des étoiles etc.) a été marqué par des annulations à cause de la météo, ce qui est extrêmement frustrant quand toute l'organisation est prête. Il faudra probablement repenser cette programmation avec de nouvelles actions et collaborations, par exemple en relançant les soirées d'observation publique avec le parc de Miribel Jonage.

Un fait marquant de l'année 2015 a été la reprise de notre cycle de conférences dans le cadre d'un nouveau partenariat avec le Musée des Confluences, dans leur grand amphithéâtre. C'est un succès foudroyant car dès la troisième conférence, nous avons rempli les 330 places, strapontins compris !

Lors de l'AG 2015, j'ai évoqué le nécessaire changement de modèle économique du CALA avec une baisse dramatique des subventions que nous devons compenser par un développement des animations et des partenariats. La cible en volume d'activités du centre d'animation a alors été positionnée assez haut et a été atteinte : nos animateurs ont su se positionner sur le périscolaire et développer les stages et les animations scolaires. L'association reste budgétairement viable même si l'équilibre est précaire et nécessite une attention soutenue.

Pour terminer et c'est aussi un événement majeur, après 35 ans de bons et loyaux services, nous changeons de charte graphique ! Nous nous sommes dotés d'un logo plus lisible, très dynamique avec des couleurs toniques tout en restant en continuité avec l'ancien. Cette charte se décline aussi dans ce numéro du NGC (bravo Christophe), notre papeterie, notre Facebook et bientôt dans un nouveau site web.

En conclusion, je pense que collectivement, adhérents, salariés, bénévoles, équipes de direction, nous pouvons être fiers des actions conduites et du travail accompli et je suis confiant que quoi qu'il arrive, notre dynamisme et notre ouverture feront rayonner le CALA encore en 2016.

Merci à vous tous et l'aventure continue !



Carnet rose

En provenance directe et sans escale de la constellation de la Cigogne, le petit Léo est arrivé le 6 novembre dernier, pour le plus grand bonheur de sa grande sœur Maïa et de ses parents Chloé et Matthieu ! Bienvenue à toi petit lutin :o). Nous vous souhaitons à tous les quatre, tout le bonheur du monde sous les étoiles !



Voisins - Voisines

Le CALA a de nouveaux voisins ! Les permanents de l'association Planète Sciences Rhône-Alpes ont emménagé le 18 janvier dernier, au troisième étage de la tour du planétarium. Bien connue pour organiser entre autres, « Festiciels » et « les Trophées de robotique », gageons que la complémentarité historique de ses activités avec celles du CALA et du Planétarium, offriront de belles occasions de prolonger la Fête des Voisins jusque tard dans la nuit !



Les conférences

Après deux années d'absence, le cycle de conférences du CALA a repris au Musée des Confluences. Et c'est un véritable succès ! Après Jennifer FERNANDO et Pierre THOMAS, pas moins de 330 personnes ont répondu « présent » le 19 janvier dernier pour « Des aurores de toutes les couleurs ». Jean LILENSTEN et sa capacité innée à transmettre sa passion nous ont transportés très loin dans la ionosphère ! Record d'affluence battu à plates coutures pour cette conférence extraordinaire, où la salve d'applaudissements du public a frisé la standing ovation ! La suite du programme :

Mardi 23 février à 19h00

« L'Univers de toutes les couleurs » par Emmanuel PECONTAL, astronome au Centre de Recherche Astrophysique de Lyon - Observatoire de Lyon.

Mardi 22 mars à 19h00

« Mirages cosmiques : des télescopes naturels » par Johan RICHARD, astronome au Centre de Recherche Astrophysique de Lyon - Observatoire de Lyon.

Mardi 19 avril 19h00

« L'environnement des trous noirs super massifs » par Pierre-Olivier PETRUCCI, chercheur à l'IPAG, l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble.



Programmation CALA

Les Ateliers techniques

Deux nouvelles dates sont programmées pour ce premier trimestre :

- * Le 13 février 2016 : Imagerie Planétaire
- * Le 12 mars 2016 : Introduction à la CCD

Les ateliers ont lieu au siège social du CALA. Il est toujours sympa de nous prévenir de votre participation, histoire d'installer le bon nombre de sièges et de prévoir de quoi grignoter en fin d'après-midi, autour du verre de l'amitié !

Star Party à l'OHP

Du lundi 9 au samedi 14 mai 2016 - Observatoire de Haute-Provence

Les inscriptions pour notre star-party annuelle sont d'ores et déjà ouvertes. Le principe : chaque participant apporte son instrument et observe à son rythme, selon son propre programme. Une semaine hors du temps et du monde dans un environnement exceptionnel, et une ambiance toujours à la fête ! Avec une belle cerise sur le gâteau cette année : le transit de Mercure ! Avis aux retardataires : il est toujours temps de vous inscrire : <https://goo.gl/awgyBy>

Nuit de l'Équinoxe

Samedi 19 mars - Théâtre gallo-romain de Fourvière

Organisée par le CALA, cette nouvelle édition proposera cette année encore des ateliers découvertes, des expositions et des animations avant la grande soirée d'observation, ponctuée de conférences. Plus d'infos suivront en temps voulu sur la liste CALANET mais si, amateur débutant ou confirmé, participer à l'animation de cette grande fête vous tente, ne soyez pas timides : faites-le nous savoir sur la liste !

Save the date ! Transit de Mercure

Le Lundi 9 mai 2016, à la manière d'une éclipse, Mercure occultera une (petite) partie du disque solaire. Les paramètres pour la région lyonnaise (en temps local) sont : début à 13h12 / maximum à 16h57 / fin à 20h42 (coucher du Soleil à 20h56). Une observation publique du phénomène sera organisée pour tous ceux qui n'auront pas la chance de voir le transit depuis l'OHP !

Sortez voir

Festiplanètes

Du 9 avril au 30 mai 2016

Organisé par le Centre Culturel Associatif du Beaujolais, Festiplanètes réunit des scientifiques et des artistes autour d'expositions, de spectacles, de rencontres et d'ateliers sur le thème de l'astronomie avec un seul mot d'ordre : interdit de ne pas comprendre ! Destiné à tous les publics et sous le parrainage d'Hubert Reeves, le programme en cours de finalisation sera bientôt disponible sur internet à l'adresse : <http://www.ccab.fr>

Les Trophées de robotiques

Organisée par Planète Sciences Rhône-Alpes et le planétarium de Vaulx en Velin, la finale des Trophées de robotique aura lieu le Samedi 13 février 2016 au centre culturel Charlie Chaplin, face au planétarium. Concours par équipes destiné aux jeunes de 7 à 18 ans, le thème cette année est : la plage. Les robots conçus par les jeunes participants devront respecter un cahier des charges strict : ramasser des coquillages, pêcher des poissons, ouvrir un parasol ou construire un château de sable ! La finale est ouverte au public, tout comme les ateliers de pratique scientifique et les rencontres avec des professionnels du secteur de la robotique, en marge du concours. Programme détaillé à l'adresse : <http://www.planete-sciences.org/rhone/spip.php?article52>



Expositions

« **100 ans de la Théorie de la Relativité Générale** » Jusqu'au 3 Avril 2016 - Palais de la Découverte - Paris

Si vous avez l'occasion de faire un saut à Paris, ne manquez pas cette exposition temporaire en l'honneur d'Albert Einstein et du centenaire de la théorie de la relativité générale. A l'origine d'une nouvelle conception de l'espace et du temps, les applications du principe de relativité sont nombreuses. Du très concret GPS à la description de l'évolution de l'Univers, en passant par la trajectoire des planètes autour de notre étoile, cette exposition est une plongée dans les idées souvent simples mais toujours géniales qui ont permis l'émergence de cette théorie. Plus d'infos et toute la programmation du Palais de la Découverte, c'est par-là : <http://www.palais-decouverte.fr>

« **Comètes, à la poursuite de Rosetta** »

Planétarium de Vaulx en Velin – jusqu'au 31 juillet 2016

Produite et réalisée par la Cité de l'espace à Toulouse et destinée à tous les publics à partir de 6 ans, l'exposition propose un parcours en compagnie des astres les plus méconnus de notre Système Solaire.

Une reproduction fidèle de Philae à l'échelle permet de (re)découvrir la célèbre mission Rosetta, une grande première dans l'histoire de l'humanité. Le « Labo Comètes » complète le dispositif et offre, au travers d'expériences originales animées par les médiateurs scientifiques du planétarium, la possibilité de fabriquer des comètes ! Toutes les infos sur le site du plané : <http://www.planetariummv.com>

Sophie COMBE



Le réseau 123

L'Association Française d'Astronomie (AFA) est connue du grand public principalement par le biais de grandes manifestations tels les Nuits des étoiles ou les grands événements astronomiques comme les Rencontres du Ciel et de l'Espace (RCE) tous les deux ans, les Rencontres techniques de Valbonne, des voyages et bien sûr via le désormais bi-mensuel Ciel & Espace.



La vocation de cette association étant la promotion de l'astronomie, elle oeuvre aussi de façon plus diffuse et continue dans l'année pour toucher petits et grands. Son action directe est cependant limitée par la centralisation de l'association (parisienne) et ses adhérents qui sont principalement des membres bienfaiteurs et des personnes morales. C'est pourquoi l'AFA a mis en place un réseau national s'appuyant sur le tissu associatif des amateurs d'astronomie.

Ce premier réseau répond à la demande lors d'actions nationales de type événementielles.

En 2005, l'AFA a fait le constat qu'il n'existait pas d'offre de stage d'astronomie unifiée sur le territoire, elle a donc mis en place le réseau 123 pour répondre à cette lacune. Elle s'appuie donc sur un ensemble de structures plus professionnelles ayant les capacités d'assurer une programmation continue et un niveau constant de qualité d'animation. Dès 2005, le CALA a adhéré au réseau et se trouve désormais impliqué dans l'élaboration d'une partie du contenu de ses stages.

Pour répondre à la demande, le réseau 123 propose un ensemble de stages pour tous les âges et différents niveaux de pratique astronomique.

La Petite Ourse



La Petite Ourse est un stage de sensibilisation à l'astronomie à destination des 9-12 ans. Aucune connaissance préalable n'est demandée.

Initialement, ce stage avait un format contraint sur deux journées et deux soirées. Bénéficiant de notre relation avec le Planétarium, la première après-midi est consacrée à la partie théorique avec une séance de planétarium, et des ateliers sur les bases de l'astronomie (orientation, mouvements de la Terre, la Lune, système solaire, carte du ciel, etc) et ensuite une soirée découverte avec les parents. Le lendemain, les enfants se retrouvent à l'observatoire et l'après-midi est orientée sur la pratique avec manipulation et réglages des instruments en vue de leur utilisation le soir venu.

Le CALA produit 6 stages dans l'année lors des vacances scolaires.

Depuis les dernières années, le format s'est assoupli et nous déclinons la Petite Ourse "à toutes les sauces". Depuis la réforme des rythmes scolaires, près de 80 enfants de Vaulx-en-velin passe leur Petite ourse chaque année en périscolaire. Nous proposons aussi le diplôme en classe astronomique et dès que le nombre d'heures le permet lors d'une prestation.

L'équipe d'animation du CALA est aussi amenée depuis l'année dernière à former des animateurs pour d'autres structures dans le cadre du projet SIDERAL de l'AFA qui prévoit à terme le passage 40000 Petites Ourses par an en France.



Les stages 123 étoiles

L'offre est destinée aux adultes désirant s'initier à l'observation du ciel. Beaucoup de gens reçoivent un instrument qui, par manque de temps, en raison de la complexité de mise en oeuvre, se retrouve dans un placard en attendant des jours meilleurs. D'autres voudraient sauter le pas et acheter mais ne savent pas sur quel instrument jeter leur dévolu. Nous avons enfin un public simplement curieux venant en touriste découvrir le ciel.

Le stage se déroule sur la journée et la soirée. Une première partie théorique (optique et astronomie générale) au siège social, puis le groupe transite dans l'après-midi à l'observatoire pour apprendre à manipuler les instruments (le leur ou ceux de l'obs).

Le stage 1^{ère} étoile pose les bases de la pratique, le deuxième étoile a pour but d'approfondir afin de profiter de tout les capacités de son instrument (réglages fins, collimation, utilisation des filtres, ...) et le troisième stage est une initiation à l'astrophotographie.

Le CALA planifie six stages 1^{ère} étoile et deux stages 2^{ème} étoile par an, les premiers étant quasiment toujours complets !! Le stage 3^{ème} étoile n'a encore jamais été programmé.



L'école d'astronomie

Depuis notre arrivée au sein des locaux du Planétarium, l'AFA a mis en place le réseau des écoles d'astronomie. La première École d'astronomie a été ouverte par le Planétarium de Vaulx-en-Velin en décembre 2013, dans le cadre des investissements d'avenir, 50 à 70 Écoles d'ici 2017 seront ouvertes en France. Il s'agit de lieu de formation, d'accompagnement du public à l'initiation, la pratique et la découverte de l'astronomie.

Au delà de la métropole lyonnaise et sa région, le CALA contribue ainsi avec ses partenaires régionaux et nationaux au développement de l'astronomie pour tous !

Matthieu GAUDÉ
Animateur



Un premier pas en photométrie

La photométrie, ou astrophotométrie pour utiliser le terme exact, consiste à mesurer l'intensité lumineuse des étoiles. Contrairement à la spectrométrie, la photométrie prend en compte l'ensemble du spectre ou au moins des bandes larges. Cette science s'est développée dès l'antiquité. Les observateurs avaient réparti les étoiles en six classes selon leur grandeur et nous utilisons toujours aujourd'hui cette notion de magnitude. Le plus souvent, on mesure des variations de magnitude en fonction du temps. Ces variations renseignent sur l'activité de l'étoile. Il existe de nombreuses classes de variables, par exemple, les binaires à éclipse, les Céphéides, les RR Lyrae ou les RV Tauri. Mesurer les étoiles variables est une science à elle seule, certains amateurs se spécialisent et contribuent parfois à des études scientifiques professionnelles, ce sont les variabilistes.

Poussé par la curiosité, j'ai voulu en savoir plus, et surtout, j'ai eu envie de faire mes propres mesures. Romain Montaigut et Christophe Gillier avaient tracé la voie au sein du club, mais c'est le WETAL 2015 qui m'a donné l'opportunité de mettre le pied à l'étrier. Le WETAL est une rencontre entre astronomes amateurs et professionnels et le niveau des intervenants est absolument époustouflant. Cette année, il y avait aussi des écoles de formation à la spectrométrie et à la photométrie. C'est ainsi que du mercredi 11 novembre au samedi 14, j'ai découvert les principes et les techniques fondamentales de la photométrie.

Il n'est pas question de dire que c'est très simple, mais ce n'est pas compliqué non plus. Surtout lorsqu'on maîtrise déjà les principes d'acquisitions CCD, flats, bias et darks. En effet, le secret de la photométrie réside dans le soin apporté à la prise des informations. Les pauses n'ont pas besoin d'être très longues, les étoiles ne doivent pas saturer

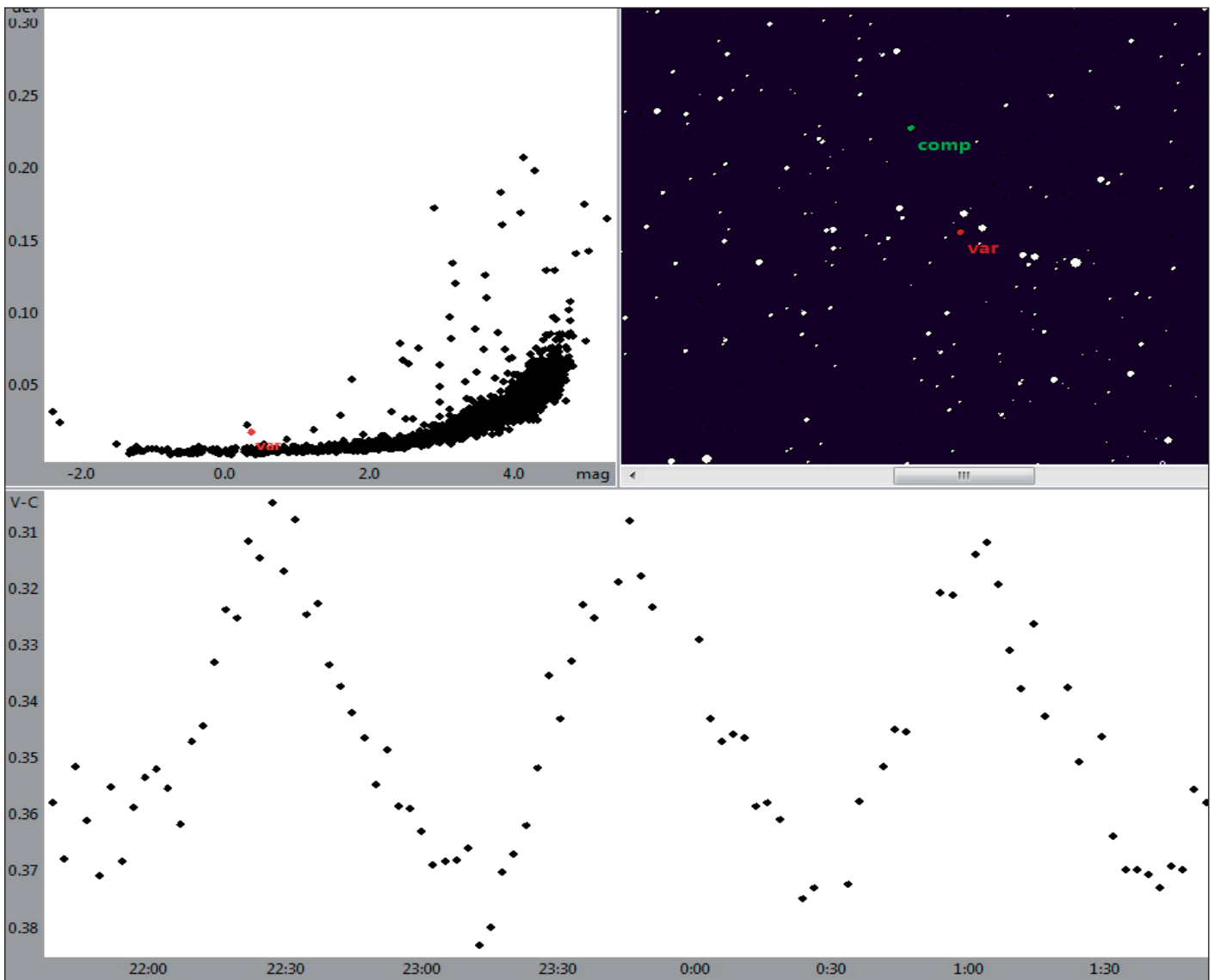
le capteur. Contrairement à l'imagerie, la mise au point n'a pas besoin d'être parfaite, au contraire, il est préférable de défocaliser légèrement pour étaler la lumière des étoiles sur un certain nombre de pixels. Lors des sessions du WETAL, nous avons travaillé sur des données déjà prétraitées et nous nous sommes concentrés sur l'utilisation d'un logiciel de réduction de données, Muniwin.

Fort de cette expérience théorique, je me suis lancé dans des essais sur mes propres acquisitions dès mon retour chez moi. Par chance, nous avons eu quelques belles nuits sans lune et j'ai pu faire des séries de plus de 100 pauses sur une première cible facile. J'ai choisi TYC 109-811-1 grâce au site de David ROMEUF

«*Quoi observer ce soir*» qui est extrêmement utile et facile d'utilisation lorsqu'on recherche une cible facilement visible sur une nuit donnée. TYC-109-811-1 (Mag 10.35) au milieu de la carte de champ ci-dessous est une variable de période 1h17 minutes environ, sur une plage de 0.12 Mag de variation. Une fois ses coordonnées AD 5h25'56" Dec +3°49'32" entrées dans la monture 10micron et le pointage effectué, il m'a fallu un peu de temps pour faire correspondre l'image faite avec la CCD SBIG STL11000 et la carte de champ. C'est une étape importante car il faut être sûr de sélectionner la bonne étoile lors du traitement avec Muniwin. Une fois la cible identifiée sur la caméra, il reste à déterminer le temps de pose, et lancer les acquisitions sur une période assez

Champ de l'étoile variable TYC-109-811 (au centre)





Capture d'écran du logiciel Muniwin. Le graphique en-haut à gauche positionne l'ensemble des étoiles de l'image en fonction de leur magnitude relative (par rapport à une étoile de référence) sur l'axe des X et en fonction de leurs variations de luminosité sur la série d'images. Les étoiles ne variant pas se placent ainsi le long d'une séquence en forme de "spatule de ski" tandis que les étoiles variables auront tendance à s'en écarter vers le haut. La courbe du bas représente les variations de luminosité de l'étoile variable TYC-109-811 au cours de la nuit d'observation.

longue afin de disposer d'une durée d'observation de plusieurs heures si possible. Bien sûr, il faut soigner les darks, flats et bias pour diminuer au maximum les erreurs de mesure. Dès le lendemain, j'ai pu utiliser Muniwin avec mes propres données. Son utilisation est très simple, on « entre » la séquence d'images, si possible une nuit complète et après un formatage des données, on paramètre quelques conditions de réduction comme le nombre d'étoiles (magnitude minimum) ou bien l'ouverture (rayon) du cercle de mesure autour des étoiles. Muniwin affiche alors un graphique (en haut à gauche de la fenêtre) très approprié pour le repérage d'étoiles variables, chaque étoile est placée sur

le graphique en fonction de sa magnitude, sur l'axe X et de ses variations de luminosité sur l'ensemble des images sur l'axe Y. L'image obtenue ressemble vaguement à une spatule de ski. Les étoiles stables forment cette spatule et au-dessus de cette zone, il y a quelques points (étoiles) qui sont des variables possibles. Pour s'en assurer, il suffit de sélectionner une étoile de cette zone, on obtient immédiatement, sur la courbe du bas (figure 1) la magnitude de l'étoile en fonction du temps (graduée en heure UTC). Chaque point représente une image. Il y a parfois des « trous » dans la courbe car certaines pauses ont pu être rejetées par Muniwin, par exemple à cause d'un passage nuageux ou un défaut de gui-

dage. La sélection de TYC-109-811-1 permet de voir la courbe de lumière dans le graphique du bas. On retrouve bien la période de 1h17 minutes et à peu près la variation de magnitude.

C'est un réel plaisir de voir le résultat s'afficher aussi clairement validant ainsi la compréhension de la méthode et la bonne mise en œuvre pratique. Mais la partie ludique ne fait que commencer. En effet, le jeu consiste ensuite à rechercher d'autres étoiles variables dans le champ des prises de vues. Il suffit de cliquer sur les points du graphique en haut à gauche, chaque point représente une étoile et plus elle se situe vers le haut et plus ses variations d'amplitude sont importantes.

J'ai pu repérer une autre étoile variable dont la courbe de lumière n'est pas ambiguë. Il m'a fallu un peu de temps pour retrouver ses coordonnées AD et Dec puis l'identifier dans le catalogue des étoiles variables. Il s'agit de V* FH Ori, une binaire à éclipse de type Algol, Mag 11.3, période de 2 jours et 4h environ. Elle est bien connue des variabilistes et elle n'a pas besoin d'être suivie en ce moment mais sa courbe de lumière (ci-dessous) est indiscutablement celle d'une étoile variable. Ceci démontre que

la méthode et les outils fonctionnent bien et qu'il est assez facile de se lancer dans cette spécialité si l'on maîtrise bien son matériel et si l'on sait faire les prétraitements de manière rigoureuse. L'étape suivante sera de rechercher dans les forums et les catalogues les étoiles à suivre et ainsi contribuer au travail de classement voire de participer à un programme de recherche professionnel.

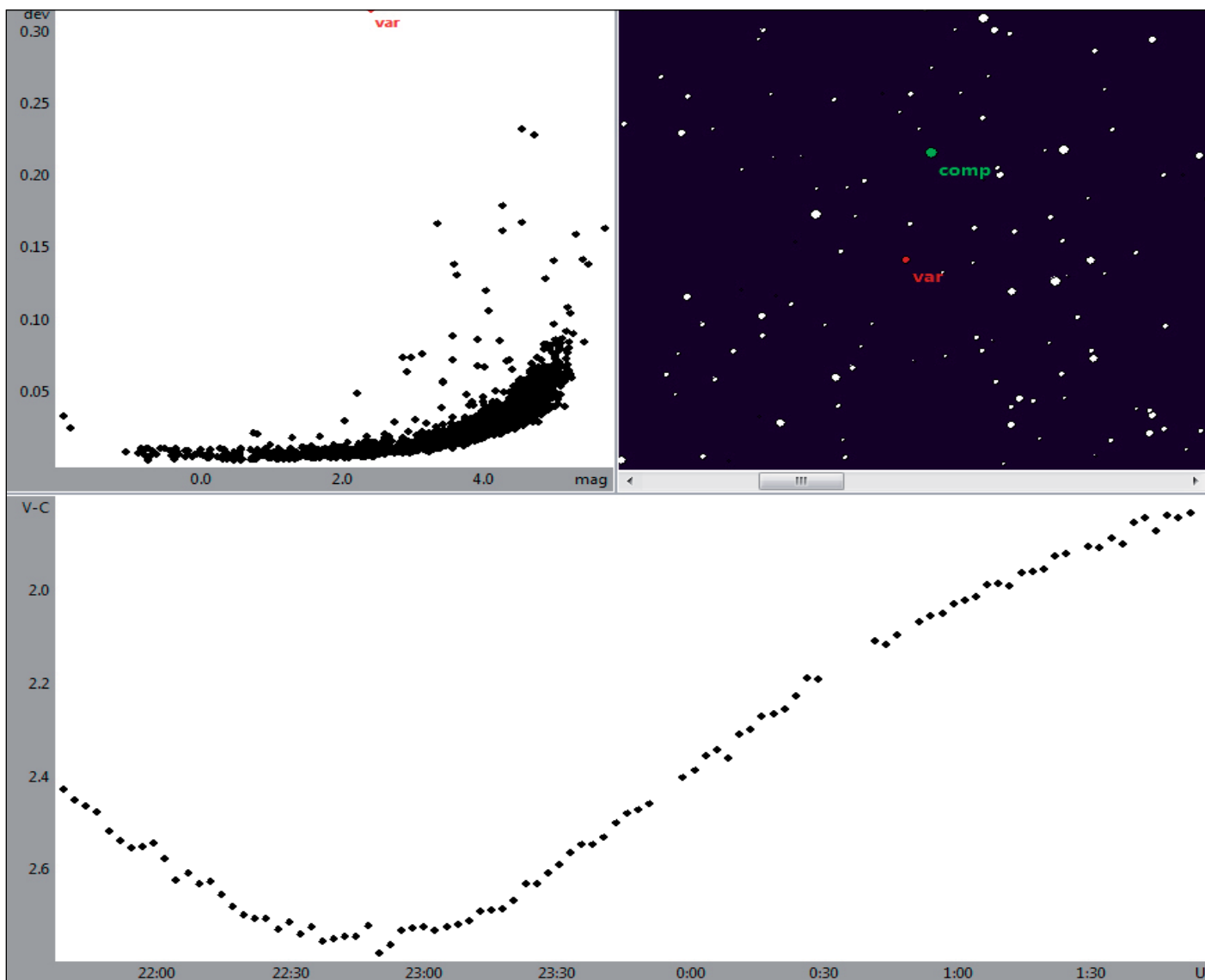
Je tiens à remercier chaleureusement Romain Montaigut et Christophe Gillier qui ont créé et animé cette école de

photométrie durant le WETAL. J'ai pu grâce à eux faire une progression rapide et très agréable dans cette spécialité très passionnante. Si cela intéresse d'autres membres du club, je suis sûr que nous pourrons faire une formation de ce genre lors d'un samedi de la pleine lune.



Christian HENNES

A l'instar de l'étoile variable TYC-109-811, le logiciel Muniwin permet de repérer les autres étoiles variables présentes dans le champ photographié. La variation de l'étoile V* FH Ori est ainsi clairement visible.



Illustrations : Christian HENNES

Comète en vue

De la flamme d'une bougie au spectre d'une comète

Quel est le point commun entre la flamme d'une bougie et la lumière émise par une comète ? Allumez une bougie et regardez la base de la flamme, la réponse est donnée par la figure de droite. On distingue une couleur bleu-vert correspondant à l'émission de radiations par les molécules C₂ et CH.

La molécule C₂ a été très étudiée en particulier par spectroscopie et nous servira de fil conducteur pour comprendre les spectres des radiations émises par les comètes. Le spectre d'émission de C₂ dans le visible présente des bandes appelées "bandes de Swan". Elles seraient observées depuis deux siècles.

C₂ est une molécule composée de deux atomes de carbone, d'où son nom courant de dicarbone. Elle n'existe que sous forme gazeuse au dessus de 3642 °C. Sa présence est détectée dans l'atmosphère des comètes par spectroscopie. On peut le voir notamment dans le spectre de la comète C/2014 Q2 Lovejoy obtenu par François COCHARD.

Le but est d'attribuer à chacun des pics, ou bandes, le nom de la molécule et l'identification des transitions correspondantes. Pour cela on cherchera d'abord à comprendre les origines du spectre et dans les publications les attributions aux pics et bandes des longueurs d'ondes correspondantes.

Comme on peut le constater sur le spectre on ne distingue pas de raies bien définies comme en spectroscopie atomique, cette structure complexe provient du fait que

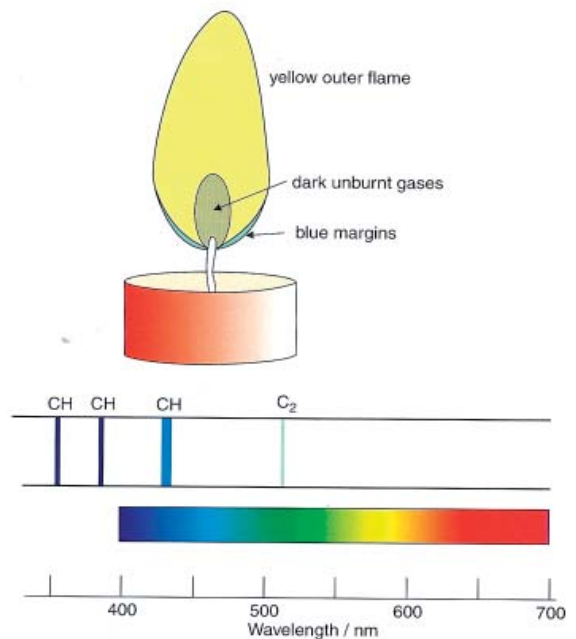


Schéma de flamme d'une bougie montrant à la base une couleur bleu vert correspondant à l'émission de la molécule C₂. D'après « *Color and the optical properties of materials* », RICHARD J. D. TILLEY, WILEY 2011

pour un état défini par la répartition des électrons dans la molécule (état électronique), celles-ci vibrent et tournent sur elles mêmes.

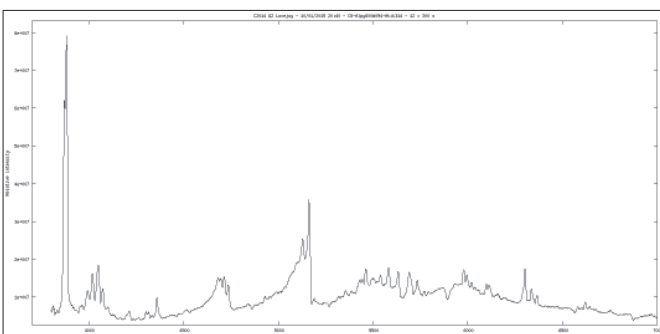
L'énergie d'une molécule sera donc la somme de trois termes : un terme pour l'énergie électronique dépendant de la répartition des électrons dans la molécule, un terme pour l'énergie de vibration et un terme pour l'énergie de rotation.

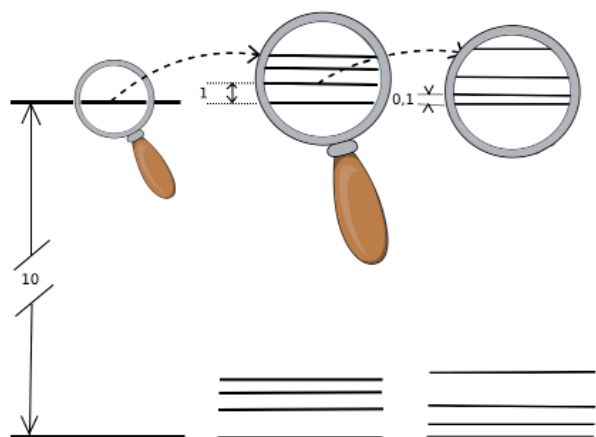
$$E_{\text{totale}} = E_{\text{électronique}} + E_{\text{vibration}} + E_{\text{rotation}}$$

De la même manière que pour les atomes l'énergie est quantifiée, c'est à dire que l'énergie de la molécule varie de manière discontinue, le passage d'un niveau à l'autre s'effectue comme lorsqu'on monte ou descend une échelle, on ne peut pas mettre un pied entre les barreaux. On convient de représenter les niveaux d'énergie par un trait horizontal affecté d'un symbole.

Pour les niveaux électroniques la notation est un peu complexe, comme on n'aura à considérer que deux niveaux on dira niveau excité et niveau fondamental.

Spectre de la comète C/2014 Q2 Lovejoy enregistré le 10/01/2015 par François COCHARD.





Représentation schématique des niveaux d'énergie électronique, de vibration et de rotation. La loupe est nécessaire pour séparer les niveaux d'énergie vibration et de rotation.

L'énergie des niveaux de vibration s'exprime en fonction d'un nombre entier noté v qui prend les valeurs entières 0, 1, 2, 3, ...

L'énergie des niveaux de rotation s'exprime en fonction d'un nombre entier noté J qui prend les également les valeurs également entières 0, 1, 2, 3, ... Pour une transition, la différence d'énergie entre deux niveaux sera :

$$\Delta E \text{ totale} = \Delta E \text{ électronique} + \Delta E \text{ vibration} + \Delta E \text{ rotation}$$

Pour apprécier la différence entre les niveaux d'énergie, admettons que la différence entre les niveaux électroniques vaut 10. Celle entre les niveaux de vibration vaudrait alors 1 et celle entre les niveaux de rotation vaudrait 0,1.

La théorie est développée tout d'abord à partir d'un modèle de molécule vibrant de manière symétrique (dite vibration harmonique) conduisant à des niveaux d'énergie équidistants pour la vibration. Pour une molécule réelle la vibration n'est plus symétrique et les niveaux d'énergie ne sont plus équidistants, ils se rapprochent quand v augmente.

Pour la rotation les niveaux s'écartent quand J augmente mais compte tenu de faible différence entre ces niveaux on ne tiendra compte de la rotation que de manière qualitative.

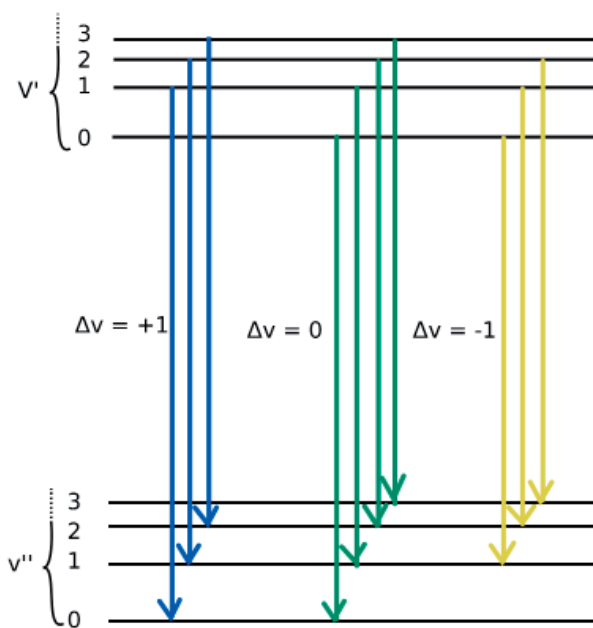
La figure ci-contre représente schématiquement les niveaux conduisant aux radiations émises par la molécule C2. On note v' les niveaux de l'état excité et v'' ceux de l'état fondamental. Les flèches vers le bas représentent les transitions d'un niveau caractérisé par une valeur de v' vers un niveau caractérisé par une valeur de v'' . On n'a représenté que les transitions pour lesquelles $\Delta v = v' - v''$ vaut +1, 0 ou -1.

Remarque : les spectroscopistes utilisent souvent comme unité le cm^{-1} qui est l'inverse de la longueur d'onde mais qui présente l'avantage d'être proportionnelle à l'énergie. (Attention les longueurs d'onde varient en sens inverse de l'énergie).

Les longueurs d'onde ont été mesurées et attribuées aux transitions pour différentes valeurs de Δv elles sont données dans le tableau de la page de droite. Celles de la première colonne ont été calculées à partir des données en cm^{-1} de la référence 1. On peut remarquer le bon accord entre les deux études, l'écart entre les valeurs donnant une idée de la résolution des spectroscopes utilisés.

Nous pouvons maintenant identifier sur le spectre les raies d'émission de la molécule C2 (page de droite).

On constate que les positions des raies données pour la molécule C2 correspondent bien à des maxima du spectre de la comète. Le fait de ne pas observer des raies étroites provient de l'existence de niveaux d'énergie dus à la rotation de la molécule. Ces niveaux sont très nombreux et très proches. Les raies correspondantes ne peuvent être séparés qu'en utilisant une très haute résolution. Ils sont responsables de la largeur des raies et de la forme des bandes. Les raies correspondant à $\Delta v = 2$ présentent l'aspect d'un seul pic pour cette raison et du fait de leur rapprochement.



Représentation des transitions entre les premiers niveaux de vibration de l'état excité vers les premiers niveaux de vibration de l'état fondamental.

On peut remarquer que l'intensité des raies diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la raie la plus intense (0 - 0). L'intensité dépend de l'écart d'énergie entre les niveaux elle est maximale pour l'écart le plus faible.

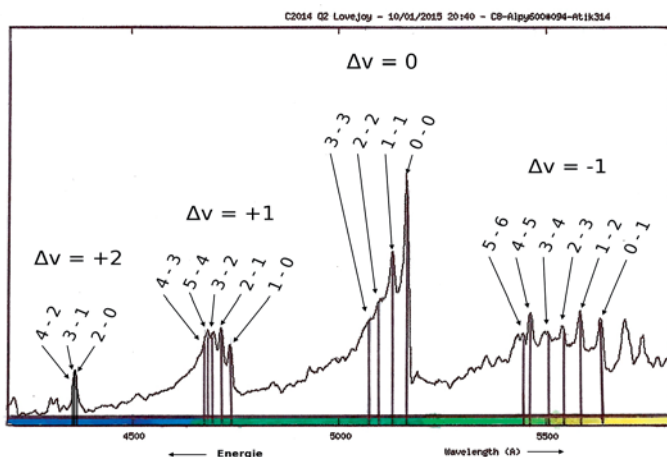
Les autres raies ou bandes proviennent d'autres molécules qui pourront également être identifiées par leur spectre.

Si les spectres de molécules diatomiques sont "relativement faciles" à interpréter même avec un peu de théorie, cela se complique dès trois atomes car ces molécules ont plusieurs possibilités de vibration.

Comme nous venons de le faire pour C2 on recherche alors les correspondances avec les spectres des molécules étudiées au laboratoire et publiés dans les revues scientifiques.

Il est très important de noter que le spectre d'émission de la comète est le spectre de la phase gazeuse portée à haute température par le Soleil et n'est pas celui du noyau qui est froid. Les molécules, ou ions, que nous voyons sont issus de réactions chimiques à partir des molécules du noyau. La chimie nous permet de formuler des hypothèses sur ces molécules, cependant le seul moyen de les identifier avec certitude est d'aller voir. Mais ceci est une autre histoire qui nous a été contée par le professeur Pierre Thomas au cours de sa passionnante conférence : *Août 2014 - Août 2015 : un an d'exploration géologique de la comète Churyumov-Gerasimenko.*

Marcel ASTIER



Position sur une portion agrandie du spectre des raies données par les études spectroscopiques de la molécule C2 en laboratoire.

| SYSTEME SWAN C2 | | | | |
|-----------------|-----|----------------|----------------|--|
| | | ref 1 | ref 2 | |
| v' | v'' | wavelength (Å) | wavelength (Å) | |
| 0 | 1 | 5637 | 5635 | |
| 1 | 2 | 5587 | 5585 | |
| 2 | 3 | 5542 | 5541 | |
| 3 | 4 | 5503 | 5502 | |
| 4 | 5 | 5472 | 5470 | |
| 5 | 6 | 5449 | | |
| 0 | 0 | 5167 | 5165 | |
| 1 | 1 | 5131 | 5129 | |
| 2 | 2 | 5099 | 5097 | |
| 3 | 3 | 5072 | 5070 | |
| 1 | 0 | 4738 | 4037 | |
| 2 | 1 | 4717 | 4715 | |
| 3 | 2 | 4699 | 4697 | |
| 4 | 3 | 4686 | 4685 | |
| 5 | 4 | 4679 | 4678 | |
| 6 | 5 | 4682 | 4669 | |
| 2 | 0 | 4384 | 4382 | |
| 3 | 1 | 4373 | 4371 | |
| 4 | 2 | | 4365 | |

Références

Données sur molécule C2 : Wikipedia

Données spectroscopiques :

A. TANABASHI, T. HIRAO, T. AMANO and P.F. BERNATH. The Astronomical Journal Supplement Series, 169 :472-484, 2007

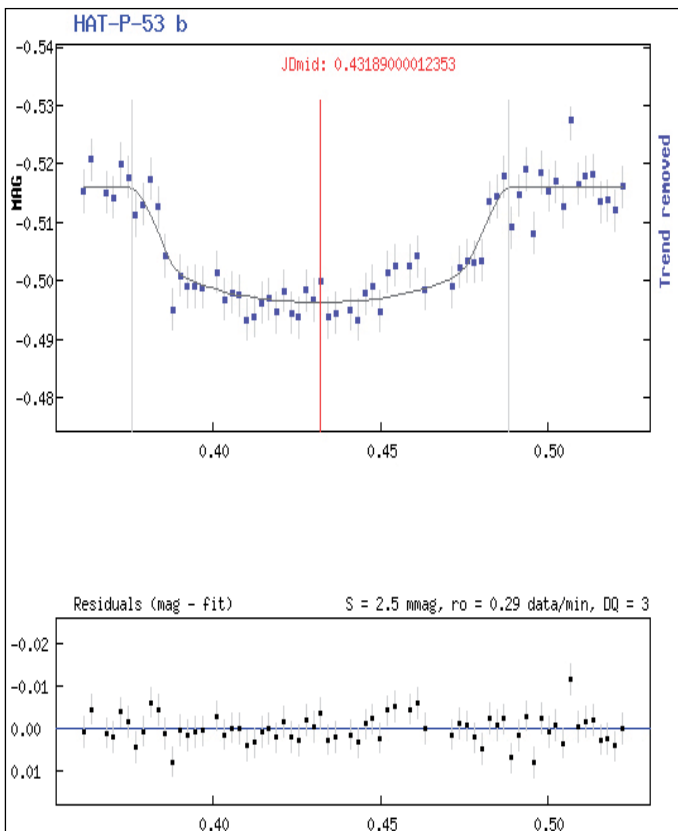
S. S. Harilal, Riju C. Issac, C.V. Bindhu, V.P.N. Nampoori and C.P.G. Vallabhan. J. Phys. D : Appl. Phys. 30 (1997) 1703-1709

Ouvrages de référence :

Technique spectroscopique « Guide pratique pour (bien) débiter en spectroscopie astronomique ». François COCHARD. Edp sciences

Spectroscopie moléculaire : « Fundamental of molecular spectroscopy », Colin N. Banwell and Elaine M. McCash. MCGRAW-HILL BOOK COMPANY





| | |
|---|---|
| 1 | 3 |
| 2 | 4 |

- 1. Les Pléiades (M45) - Christian HENNES**
 Joyau du ciel boréal d'hiver, l'amas des Pléiades est facilement reconnaissable grâce à ses sept étoiles principales du nom des sept filles d'Atlas et de Pléioné. Photographié ici avec une lunette William Optics FLT132 munie d'une caméra SBIG STL11000 en 1h20 de poses en LRGB, Les étoiles de l'amas sont principalement des géantes bleues qui éclairent le vaste nuage de poussières qui les entoure.
- 2. La nébuleuse Trifide (M20) - Romain MONTAIGUT**
 Cette discrète nébuleuse située dans le Sagittaire à quelques encablures de la grande nébuleuse de la Lagune (M8) a été la cible du télescope de 200mm, muni d'une caméra Atik 314L+, de Romain. En 55 minutes de pose, toute l'étendue de la nébuleuse se dévoile ainsi que les bandes de poussières qui lui donnent cette forme si particulière.
- 3. Ballet planétaire - Pierre FARISSIER, Sophie COMBE, Laurence BRET-MOREL**
 Le 14 octobre dernier, les planètes Jupiter (à gauche de la coupole), Mars (juste au-dessus) et Vénus (au-dessus de la coupole) se sont données rendez-vous dans le ciel du matin. Pierre, Sophie et Laurence ont assisté au spectacle depuis l'observatoire du Pic du Midi, dans les Pyrénées.
- 4. Exoplanète - Pierre FARISSIER, Sophie COMBE, Laurence BRET-MOREL**
 En mission au Pic du Midi en octobre dernier, Pierre, Sophie et Laurence ont réalisé des observations depuis le télescope de 60 cm de diamètre. L'une des cibles était la planète extra-solaire HAT-P-53 b. Celle-ci a comme particularité de transiter régulièrement devant le disque de son étoile hôte. Ce phénomène est détectable depuis la Terre en mesurant la variation de luminosité de l'étoile lors du transit.

Spectrométrie des étoiles carbonées

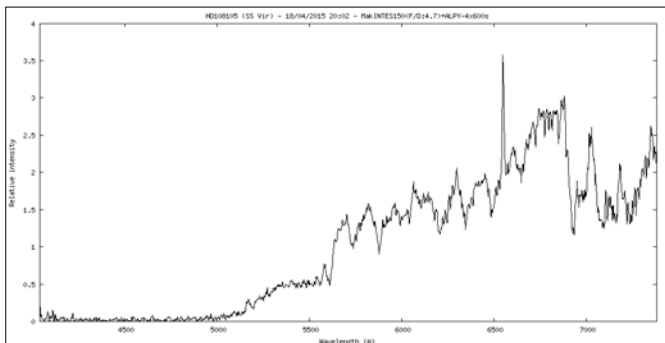
L'œil humain est assez peu sensible aux différences de couleurs des étoiles. On remarque bien que certaines étoiles apparaissent plus blanches, voire très légèrement bleutées, alors que d'autres semblent un peu plus rougeâtres, mais rien de très spectaculaire. Cependant, grâce aux Calanciens, infatigables observateurs visuels de la voûte céleste, j'ai découvert l'existence d'un type d'étoiles qui se distinguent nettement de ses congénères par une magnifique teinte rubis.

J'ai cherché à en savoir un peu plus sur ces astres étonnants et j'ai découvert qu'ils devaient leur couleur au fait qu'ils sont entourés de disques ou de coquilles de carbone qui « bloquent » les courtes longueurs d'onde (ie le bleu et le vert) du spectre visible, d'où leur couleur très rouge. Ces étoiles sont parmi les plus froides, avec une température

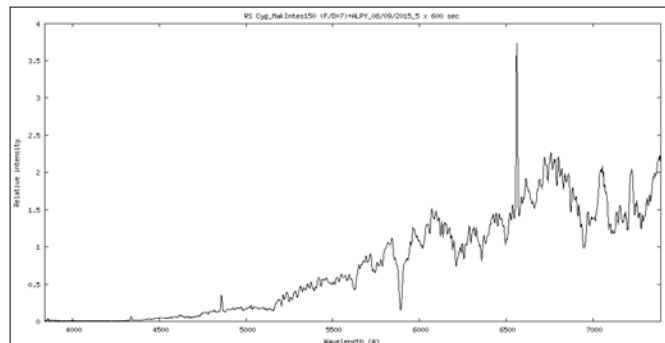
de surface de 2000 à 3000 ° K . Ils s'agit de géantes rouges dans lesquelles la convection est si efficace qu'elle ramène vers la surface des éléments lourds, comme le carbone, qui sont ensuite évacués et se retrouvent sous forme de nuages, de disques ou d'enveloppes circumstellaires. Le carbone se trouve majoritairement sous forme de composé C2 (deux atomes de carbone liés). Ces radicaux C2, qui forment les bandes de Swan, sont bien connus des observateurs de comètes, puisque ce sont eux qui donnent la couleur verte caractéristique des astres chevelus en provenance directe du nuage de Oort. Alors, pourquoi les comètes sont-elles vertes, et les étoiles carbonées rouges ? Cela vient du fait que, dans le cas des comètes, les bandes de Swan sont en émission, alors qu'elles sont en absorption dans le cas des carbonées.

Etoiles carbonées de longue période et magnitude min < 7
Détection de H alpha

| nom | | Mag min | Mag max | Période (jours) | Etoile de ref | Passage méridien à 24h TU |
|--------|-----------|---------|---------|-----------------|---------------|---------------------------|
| WZ Cas | HD 224855 | 6,9 | 11 | 186 | HD 19065 | Circumpolaire octobre |
| AQ And | HD 2342 | 6,9 | 8,6 | 346 | HD 14212 | Circumpolaire sept-oct |
| ST Cam | HD 30243 | 6,7 | 8,4 | 300 | HD 19065 | Circumpolaire décembre |
| R Lep | HD 31996 | 5,5 | 11,7 | 427 | HD 36473 | décembre |
| W Ori | HD 32736 | 5,8 | 10 | 212 | HD 34203 | décembre |
| TU Tau | HD 38218 | 5,9 | 9,2 | 190 | HD 31373 | nov-déc |
| Y Tau | HD 38307 | 6,5 | 9,2 | 242 | HD 31373 | nov-déc |
| UU Aur | HD 46687 | 5,1 | 7 | 234 | HD 58142 | décembre |
| X Cnc | HD 76221 | 5,6 | 7,5 | 195 | HD 66664 | janv-fev |
| U Hya | HD 92055 | 4,5 | 6,2 | 450 | HD 97277 | mars |
| V Hya | HIP 53085 | 6,5 | 12 | 531 | HD 97277 | mars |
| SS Vir | HD 108105 | 6 | 9,6 | 364 | HD 104181 | avril |
| Y Cvn | HD 110914 | 4,8 | 6,4 | 157 | HD 118214 | mars |
| V Crb | HD 141826 | 6,9 | 12,6 | 358 | HD 136849 | mai |
| V Aql | HD 177336 | 6,6 | 8,4 | 353 | HD 177756 | juillet |
| RS Cyg | HD 192443 | 6,5 | 9,5 | 417 | HD 183534 | juillet |
| U Cyg | HD 193680 | 5,9 | 12,1 | 463 | HD 183534 | juillet |
| | | | | | | |



Spectre de l'étoile SS Vir Cette étoile carbonée présente une forte raie H-alpha en émission.



L'étoile RS Cyg présente un profil spectral typique des étoiles carbonées avec une intense raie d'émission en H-alpha et un pic en absorption dans la raie du sodium.

Il existe plusieurs types de carbonées, avec différentes classifications. Pour ceux qui souhaitent en savoir plus sur la physique de ces étoiles, je vous invite à lire le document rédigé par Alain Brémond, de la SAL (Société Astronomique de Lyon), que vous trouverez ici : http://www.astrosurf.com/jpmasviel/Docu_A.Bremond.pdf

Un grand nombre de carbonées sont accessibles avec du matériel d'amateur (cf liste dans le document d'A. Brémond) Il n'est donc pas très réaliste de chercher à toutes les suivre et il convient de restreindre ses observations à un type donné de carbonées. Une recherche sur le web m'a appris que certaines carbonées présentaient une raie H alpha en émission. Il s'agit des étoiles qui ont le taux de perte de masse le plus élevé, qui présentent une longue période de variation de luminosité (plusieurs centaines de jours) ainsi qu'une grande amplitude de variation en magnitude. J'ai essayé d'établir un catalogue (non exhaustif) de ce type particulier de carbonées (tableau).

J'ai eu l'occasion, lors de la star party du CALA à l'OHP, et aussi depuis chez moi à Lyon, d'observer en spectroscopie quelques carbonées.

Ci-contre, mon observation de Y Cvn faite le 15 avril 2015 avec un Maksutov 150 mm équipé d'un spectrographe ALPY 600. Le spectre de l'étoile, en bas, est comparé au spectre de la comète C/2014 Q2 (Lovejoy) enregistré par François COCHARD le 10 janvier 2015, également avec un spectrographe ALPY 600. Les bandes de Swan du C2 apparaissent nettement dans les deux spectres, en émission pour la comète, et en absorption pour l'étoile.

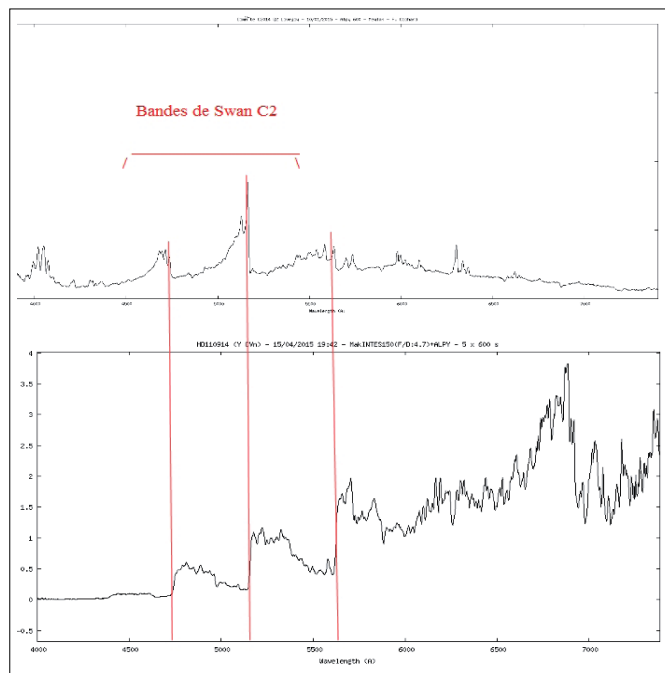
D'autres spectres d'étoiles carbonées obtenus en 2015 avec un spectrographe basse résolution ALPY 600 sont visibles en haut de cette page. Pour toutes ces étoiles, on constate que le continuum est à zéro dans la partie gauche du spectre correspondant aux courtes longueurs d'ondes (bleu).

SS Vir présente une forte raie H alpha en émission (raie à 6562 Angstr.). RS Cyg est aussi une carbonée intéressante qui, en plus d'une raie H alpha en émission, présente également une forte raie du sodium Na I (à 5890-5896 Angstr.) en absorption, une caractéristique qu'on retrouve dans plusieurs carbonées.

L'étude des étoiles carbonées est donc un domaine facilement accessible à l'amateur équipé d'un spectrographe basse résolution comme l'ALPY 600. Le carbone, par ses caractéristiques chimiques, est un composant de base de la vie. Sans lui, la Terre serait sans doute dépourvue de toute forme de vie... et donc pas d'astronomes pour admirer ces joyaux couleur rubis auxquels nous devons sans doute beaucoup.



Jean-Pierre MASVIEL



La comparaison des spectres de l'étoile Y Cvn (en-bas) et de la comète C/2014 Q2 (Lovejoy) (en-haut) met en évidence, ici, la présence de radicaux C2 dans les deux astres. Ceux-ci sont en émission dans la comète et en absorption dans l'étoile.

Illustrations : Jean-Pierre MASVIEL, François COCHARD

Réalisation d'un Newtonien de 200 mm transportable en avion

Pendant longtemps j'ai observé le ciel avec une lunette achromatique de 120 mm de fabrication asiatique. Assez portable et rapide à installer, elle m'a permis de découvrir le ciel même sans disposer d'une voiture pour me déplacer. Cependant, le diamètre réduit, ainsi que les aberrations optiques (non seulement celles théoriques, qui viennent du design, mais aussi celles qui viennent de l'exécution de l'objectif) limitent les capacités de l'instrument.

Je voulais un télescope plus grand (autour de 200 mm) avec des miroirs d'une très bonne qualité d'exécution et très portable, idéalement transportable comme bagage à main dans l'avion. Ce dernier critère est particulièrement difficile à satisfaire, car le bagage ne doit pas dépasser 55 x 35 x 23 cm et doit peser moins de 8 kg (les limites exactes varient d'une compagnie aérienne à l'autre). Il n'y a aucun télescope de ce diamètre sur le marché qui respecte ces critères, ce qui m'a motivé de construire l'instrument moi-même.

La fabrication du miroir principal

Un Newtonien de 200 mm ouvert à f/5 permet d'observer pas mal de choses grâce à son diamètre et le rapport focal court donne un champ suffisant même avec des oculaires de 1,25". J'ai décidé de fabriquer moi-même le miroir principal afin de contrôler la qualité sans trop augmenter le coût, et d'acheter un miroir secondaire de bonne qualité.

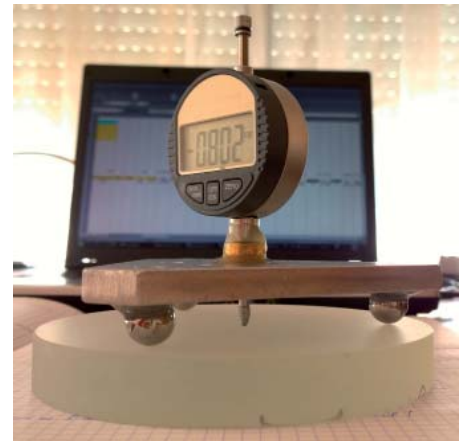
La fabrication du miroir principal commence avec un disque plan en verre (dans mon cas, du Schott Borofloat 33, avec un coefficient d'expansion thermique très faible, comme le Pyrex) dans lequel il faut creuser une face concave afin qu'elle renvoie la lumière vers un foyer. Pour ce faire, on

dispose d'un deuxième disque, appelé "disque-outil", réalisé en plâtre résistant à l'eau sur lequel on a collé une mosaïque en porcelaine ou en verre.

Ébauchage du miroir principal

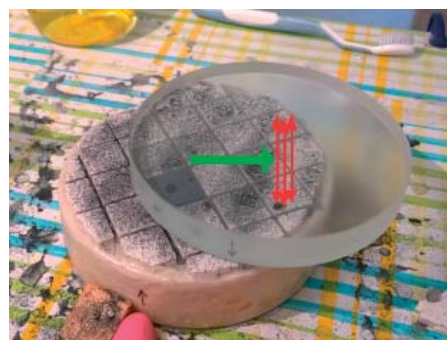
La première étape s'appelle l'ébauchage. En frottant le centre du miroir contre le bord de l'outil, avec interposition d'abrasif mouillé, on augmente l'usure au centre du miroir et on génère une concavité. Après quelques courses, on tourne le miroir environ 1/8 de tour entre les mains et on tourne autour du poste de travail (ou on tourne le disque-outil dans son support), ensuite on fait encore quelques courses, on tourne encore etc. afin de varier l'angle d'attaque et obtenir une courbure uniforme dans toutes les directions.

Quand la profondeur du "trou" qu'on creuse dans le centre du miroir commence de se rapprocher de la valeur cible (2,5 mm pour un miroir de 200 mm à f/5), il faut employer ce qu'on appelle des "coursures normales", avec



Sphéromètre utilisé pour mesurer le rayon de courbure d'un miroir: la dépression par rapport à une surface plane est de 0,802 mm.

une amplitude de 1/3 du diamètre du miroir et sans déport latéral. Les courses normales vont élargir le "trou" en surface et le répandre jusqu'au bord, conduisant à une surface bien sphérique et uniforme.



Un disque de verre, un disque-outil et de l'abrasif mouillé. Les flèches rouges indiquent les courses de va-et-vient et leur amplitude. La flèche verte indique le déport latéral des courses qui sert à augmenter la pression (donc l'usure) sur le centre du miroir afin de créer une concavité.

Pour obtenir un miroir d'une distance focale de 1000 mm, il faut réaliser une sphère avec un rayon de courbure de 2000 mm (la parabolisation est une étape bien plus tard). La vérification du rayon de courbure est facile à faire si on dispose d'un sphéromètre: ce qu'on mesure est la dépression de la pointe par rapport aux trois pieds, et en connaissant la géométrie du sphéromètre, on peut calculer le rayon de courbure.

L'ébauchage d'un miroir de 200 mm f/5 nécessite environ 6 heures de travail (temps effectif passé en frottant le miroir contre l'outil), sans compter le temps passé pour mesurer l'évolution du rayon de courbure et pour vérifier le bon contact entre l'outil et le miroir.



La surface rugueuse du verre après le travail avec du carbo #80 (doigts pour donner l'échelle).



Quelques abrasifs : carbo #80, #180 et #320 et oxyde d'aluminium de 25 microns.

Doucissage du miroir principal

Dans le travail d'un miroir, on utilise des abrasifs de différentes granulations. Pour l'ébauchage, on commence avec l'abrasif le plus gros, la carbure de silicium (carbo) #80, qui permet d'obtenir assez rapidement le rayon de courbure souhaité mais qui laisse la surface du miroir très rugueuse. La prochaine étape est le doucissage, qui consiste à travailler avec des abrasifs de plus en plus fins, qui produiront des surfaces de moins en moins rugueuses. On utilise des courses "normales" en alternant la position miroir-dessus avec miroir-dessous afin de garder le rayon de courbure du miroir. Pour chaque étape (chaque grain d'abrasif), il faut absolument éliminer tous les accidents de surface laissés par l'abrasif précédent, ce qui demande un examen détaillé de la surface avec une loupe de bijoutier, et de s'assurer toujours qu'on a un bon contact entre le disque-outil et le miroir, afin d'obtenir une surface bien sphérique.

A la fin du doucissage, après l'abrasif le plus fin (oxyde d'aluminium de 3 microns), on a obtenu une sphère à environ 3 microns près, suffisant pour pouvoir lire du texte à travers.

Pour chaque granulation d'abrasif, le doucissage nécessite entre une et trois heures de temps effectif de travail (passé en frottant le miroir contre l'outil), mais les vérifications du rayon de courbure, du contact entre le miroir et l'outil et surtout l'examen en détail de la surface avec une loupe de bijoutier (pour vérifier que tous les trous laissés par l'abrasif précédent ont été enlevés)

prennent beaucoup plus. A la fin, chaque granulation nécessite environ une journée de travail pour un miroir, et j'ai eu sept granulations à faire (carbo #180, carbo #320 et oxyde d'aluminium 25µm, 15µm, 9µm, 5µm et 3µm).

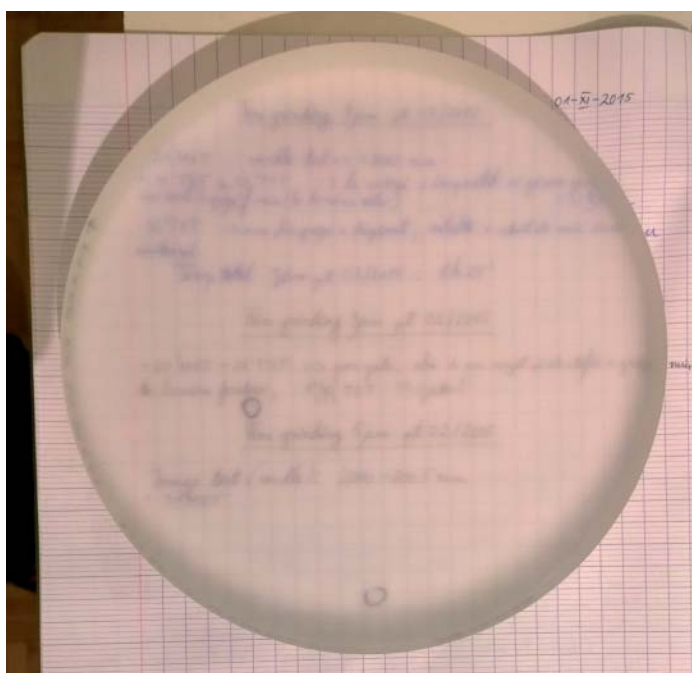
Polissage du miroir principal

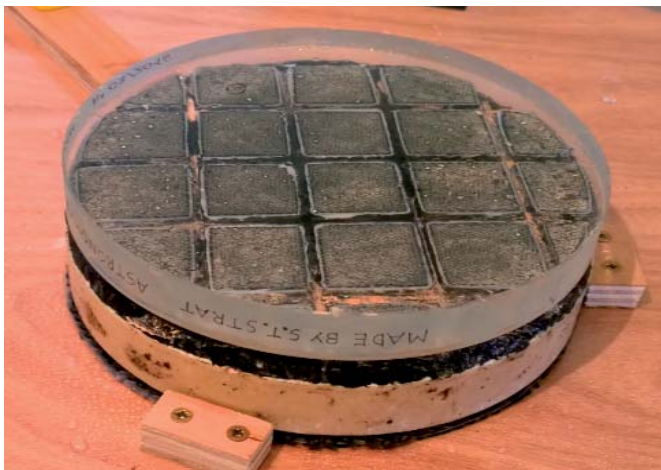
Après le doucissage avec de l'abrasif de 3 microns, on peut dire qu'on possède une surface à 3 microns près d'une sphère parfaite. Cette précision de 0,003 mm peut sembler impressionnante, mais d'un point de vue optique, la surface est encore trop "rugueuse", pleine de petits trous laissés par le der-

nier abrasif. La surface disperse beaucoup de lumière, d'où son aspect "laidetoux". Il faut enlever ces petits trous et obtenir une surface lisse à une échelle sous-nanométrique (moins de 0,000001 mm) afin de rendre la surface parfaitement transparente.

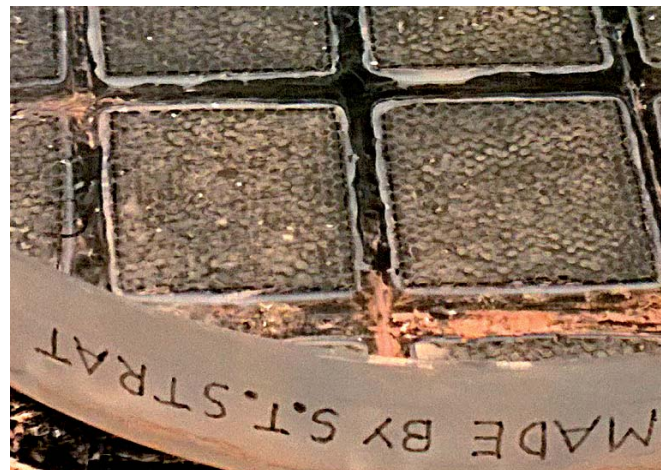
Pour le polissage, on emploie un outil différent, constitué d'une couche de poix de polissage collée sur un support rigide (un disque en plâtre résistant à l'eau et imperméabilisé avec de l'époxy). La poix de polissage est un matériau spécial : elle est "presque" solide, mais en réalité elle coule très, très lentement, ce qui lui permet de se mouler parfaitement sur la surface du

Miroir douci avec de l'abrasif de 5 microns. Déjà on peut lire du texte à travers.





Miroir posé sur l'outil de polissage.



Micro-canaux dans la poix
(les irrégularités sur chaque carré)

miroir. Cette même propriété fait que même si l'abrasif de polissage (oxyde de cérium) est constitué de particules “grandes” (0,5 à 3µm en moyenne), ces particules s'incrudent dans la poix et ne sortent que très peu, ce qui permet d'obtenir notre surface lisse à une échelle sous-nanométrique.

Le polissoir est constitué de plusieurs carreaux de poix divisés par des canaux. Les canaux permettent à l'outil de se mouler mieux à la forme du miroir, car la poix doit couler sur une distance moins longue pour obtenir un bon contact avec le miroir. Pour des résultats encore meilleurs, on peut

prendre une feuille de moustiquaire et presser aussi des “micro-canaux” dans la poix, ce qui nous aidera à avoir un contact encore meilleur pendant une session de polissage. De temps en temps il va falloir renouveler les canaux et les micro-canaux, car la poix coule lentement pendant le travail et les ferme.

Pressage avant une session de polissage.



Le bon contact entre le polissoir et le miroir est essentiel. Un mauvais contact conduira à une surface irrégulière, ondulée, avec des résultats désastreux pour la qualité d'image. C'est pour cette raison que chaque session de polissage commence par un pressage de l'outil contre le miroir. Ensuite, on fait des courses “normales” pour polir le miroir. Les courses normales, d'une amplitude d'environ 1/3 du diamètre et sans déport latéral, conduiront à une surface bien sphérique à la fin du polissage. Une session de polissage dure environ 0,5-1 heure.

Après 30 min de travail, le centre du miroir commence à perdre son aspect laiteux (le bord commencera à ressentir l'effet plus tard). Après 2 heures de travail, le centre du miroir semble bien transparent et poli à l'oeil nu, mais une inspection en détail avec la loupe de la surface éclairée du miroir révèle encore de très, très petits trous comme des points lumineux. Le bord du miroir a encore un aspect un peu laiteux. Pour bien polir le miroir entier (centre+bord) il faut environ 12 heures de temps effectif de travail, sans comp-

ter les pressages, le renouvellement des canaux et micro-canaux et les inspections de la surface.

Vers la fin du polissage, à l'oeil nu le miroir semble être poli, et à la loupe on a du mal à voir les trous même dans un éclairage spécialement conçu pour les mettre en évidence. Il devient plus facile de juger la qualité du polissage avec un laser rouge de faible puissance. On dirige le laser sur la surface du miroir, et si on voit facilement le laser sur la surface, alors elle n'est pas encore bien polie. Avec ce test, des surfaces qui à l'oeil nu semblent être bonnes vont se révéler comme nécessitant encore du travail. Il est très important d'avoir un bon polissage, car un mauvais polissage disperse la lumière et réduit le contraste.

Seulement quand le laser sera presque invisible partout sur la surface du miroir, on pourra déclarer le polissage fini. Sur l'image ci-dessous, le polissage est tellement bon que le spot sur la surface du miroir (celui d'en haut à droite) est pratiquement invisible à l'oeil nu même dans une pièce non éclairée, presque aussi sombre que la lumière dispersée à l'intérieur du verre. Il a fallu l'appareil photo avec un long temps de pose pour mettre ces deux derniers en évidence, alors que le spot sur le dos du miroir (avec un polissage ordinaire) est facilement visible même à l'oeil nu.

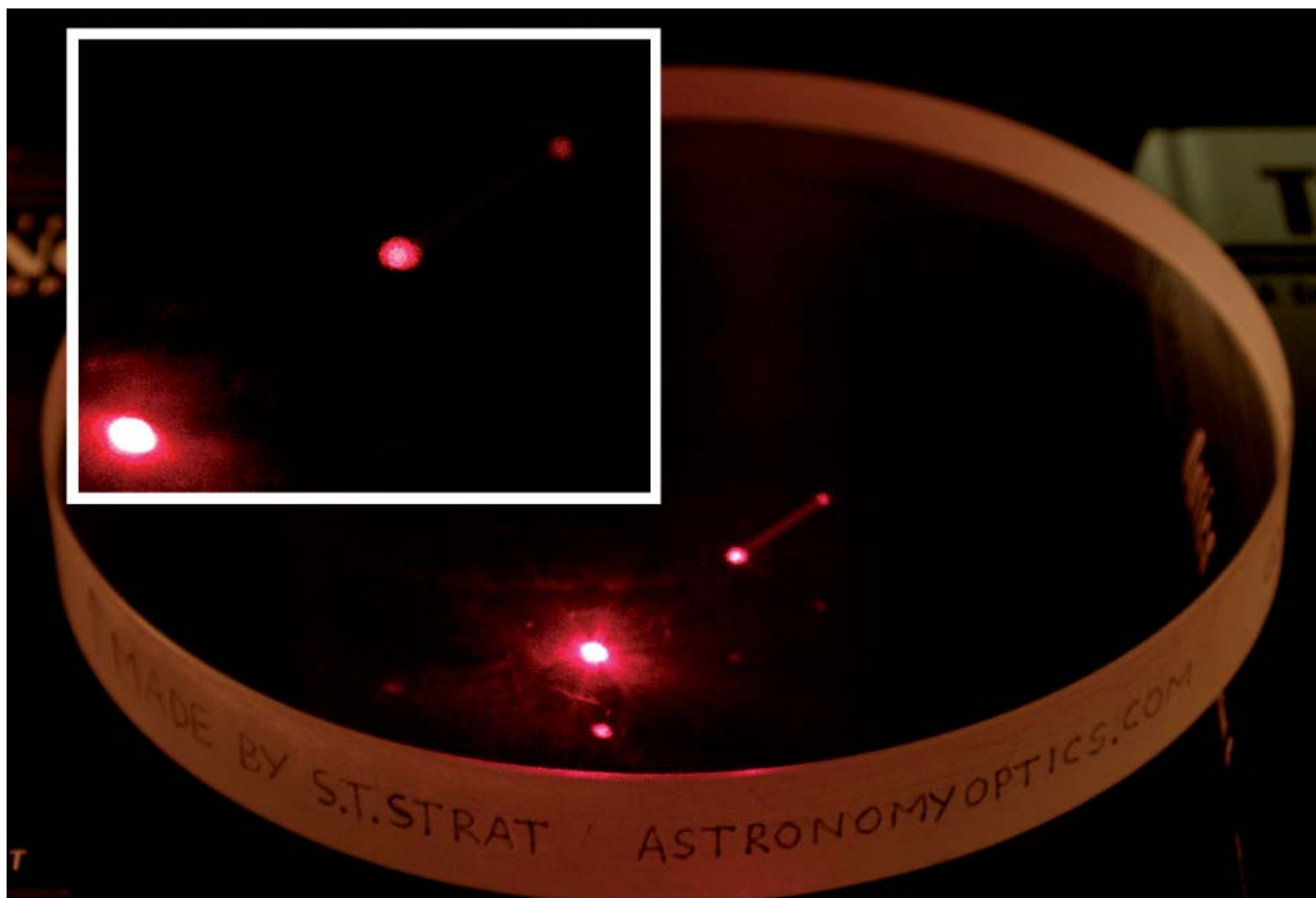
Dans le prochain numéro

La parabolisation, le test de Foucault et les critères de mesure de la qualité optique. Stay tuned!



Sabin Tiberius STRAT

Inspection de la qualité du polissage avec un laser rouge. Photo avec long temps de pose (30 s, ISO 400, f/6.7). Le faisceau laser vient d'en haut à droite. Le premier point (en haut à droite) est sur la surface du miroir. Ensuite on voit la lumière dispersée à l'intérieur du verre Schott Borofloat 33 (courte ligne droite). Le deuxième point, plus brillant, est sur le dos du miroir, qui a un polissage ordinaire, non-optique (comme le vitre d'une fenêtre). Le troisième point, très brillant, est sur un chiffon noir placé en-dessous pour donner un fond noir.



C'est avec un plaisir immense que je peux annoncer la sortie de mon livre : « Guide pratique pour (bien) débuter en spectroscopie astronomique », aux éditions EDP Sciences¹. Il est officiellement disponible début janvier 2016, dans toutes les bonnes librairies – et bien entendu sur le site de la société Shelyak Instruments², ainsi que chez Axilone^{3,4} (société qui héberge le serveur Astro-surf, et qui diffuse de nombreux ouvrages d'astronomie).

Tout ça, c'est un peu à cause de vous. Oui, vous, le CALA, structure étrange, faite d'astronomes pratiquants et de sympathisants, de débutants et de vieux routards, de jeunes et de moins jeunes, qui ne perd jamais une occasion de mettre les gens derrière des jumelles, lunettes ou télescopes... le tout dans une joyeuse ambiance ; c'est dans ce creuset que ma pratique de l'astronomie s'est développée depuis pas mal d'années.

C'est au CALA que j'ai pu voir mon premier spectre d'étoile – souvenirs mémorables dans la coupole de l'observatoire, avec un petit montage bricolé – c'est aussi avec le CALA que l'on a pu faire quelques missions extraordinaires en altitude (St-Véran, Pic du Midi...). C'est enfin au CALA que l'on s'est trouvé un petit groupe de passionnés avec qui on chemine depuis lors.

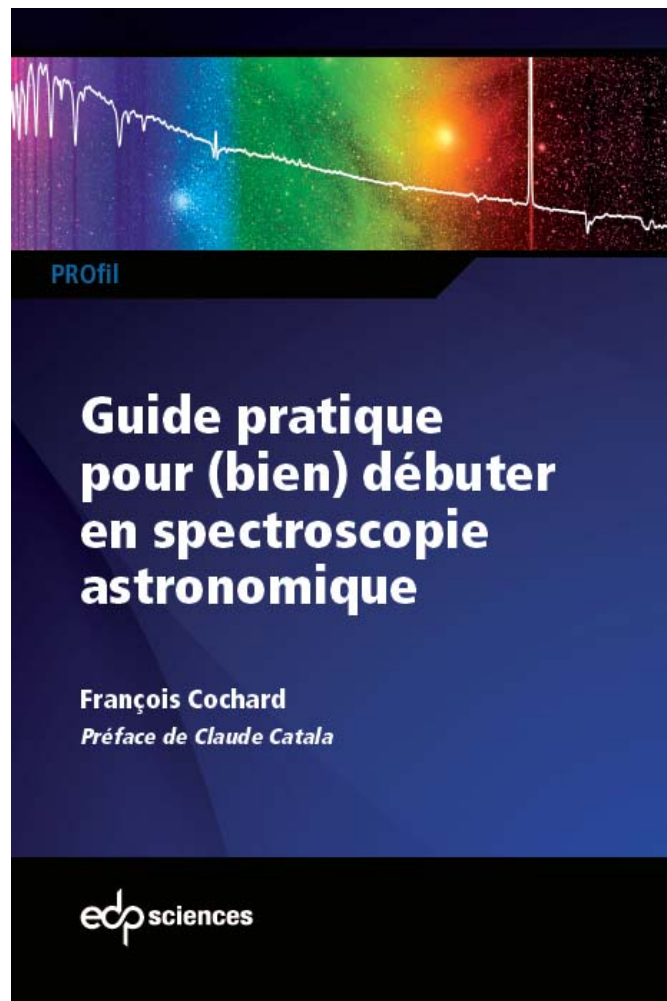
La fascination de la découverte s'est petit à petit transformée en compétence affermie, au point de créer avec Olivier Thizy (du CALA!) la société Shelyak Instruments qui conçoit et diffuse des instruments de spectroscopie.

Dans ce cadre, nous avons vu et accompagné de nombreux astronomes amateurs dans leurs premiers pas en spectroscopie – et j'ai pu petit à petit repérer les différents points de difficultés rencontrés par les uns et les autres. Après avoir souvent répondu aux questions a posteriori, il m'a semblé pertinent de proposer une méthodologie pour aborder la spectroscopie de manière plus déterministe, avec moins de tâtonnements ; le but étant bien sûr de permettre au plus grand nombre d'accéder à cette discipline extraordinaire.

Mais pourquoi diantre faire de la spectroscopie ?

Pour beaucoup d'astronomes amateurs, le plaisir est dans l'observation contemplative – visuelle ou en imagerie – et les spectroscopistes passent pour des fous furieux, des geeks qui se complaisent dans une débauche de matériel, au point d'en oublier la beauté du ciel.

Accéder à la spectroscopie, ce n'est pas tourner le dos à cette contemplation (je suis avant tout un contemplatif !), mais c'est la prolonger. Découvrir le ciel est une première étape : comment il tourne, quels objets on peut y trouver – étoiles, constellations, planètes, nébuleuses, galaxies, etc.

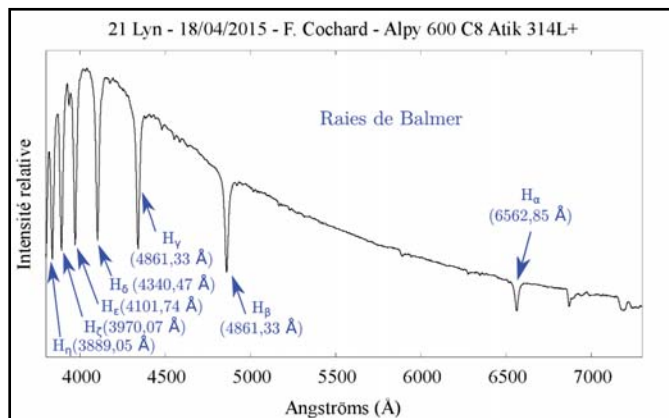


Mais il arrive toujours un moment où l'envie vient d'aller plus loin : que cache la couleur des étoiles ? quelle est la source de cette lumière ? pourquoi certaines sont variables ? comment savoir à quelle distance se trouve chaque objet ?

Cette envie de comprendre est renforcée par la littérature – particulièrement abondante dans la période actuelle – sur l'astronomie et l'astrophysique, qui parle de Big Bang, d'exoplanètes, d'univers multiples, de matière et d'énergie noires... comment peut-on, à partir de ces simples points lumineux que sont les étoiles (ou les petites taches que sont les galaxies et nébuleuses) accéder à une représentation aussi complexe et riche de l'univers ? Ne seraient-ce là que des spéculations sans fondement ?

La clef de cette compréhension réside pour une très grande part dans la spectroscopie. Il s'agit d'une technique qui consiste à décomposer la lumière en fonction de la couleur (de la longueur d'onde pour les scientifiques), par un procédé purement optique. C'est Isaac Newton qui a ouvert la voie au 17^{ème} siècle, avec ses expériences autour du prisme. Quand on décompose la lumière des étoiles, on découvre très vite – dès les toutes premières observations – que chaque étoile produit un spectre très différent de ses congénères, signature des phénomènes physiques qui ont conduit à produire sa lumière propre.

De fait, le spectre d'une étoile nous renseigne sur plusieurs phénomènes physiques : température, composition chimique, vitesse radiale par rapport à l'observateur, pression, champ magnétique ; ce sont toutes ces informations qui ont permis de bâtir petit à petit tout l'édifice scientifique qui permet aujourd'hui de décrire l'univers.



Aborder la spectroscopie, c'est comme se trouver dans une caverne qui renferme un trésor, et dans laquelle on allume soudain la lumière : ce qui était inaccessible devient évident. Ce qui était à portée de main est maintenant dans votre main.

Une idée fausse largement répandue dans le grand public est que pour accéder à ces mesures physiques, il faut un énorme bagage scientifique et une instrumentation gigantesque, seulement accessible à des instruments professionnels entourés d'une armée de spécialistes. C'est profondément faux parce que les phénomènes évoqués sont très facilement observables avec un modeste instrument amateur – c'est certainement ce qui m'a le plus impressionné lors de la fameuse première observation au CALA avec un petit réseau de diffraction : il avait suffi de très peu de matériel pour montrer des différences notables entre les spectres de différentes étoiles.

Certes, on ne fait pas la même chose avec un matériel amateur en ville et un télescope de 10m installé dans un ciel pur, mais la différence porte principalement sur la magnitude accessible ou sur la précision des mesures ; pas sur la nature des observations.

Selon que vous êtes littéraire ou scientifique, que vous êtes bricoleur ou non, plus ou moins à l'aise avec l'informatique, que vous aimez l'observation ou plutôt les lectures, vous n'aborderez pas la spectroscopie de la même manière, mais chacun d'entre vous peut y entrer ; chacun y trouvera des trésors.

Certes, quand on tire un peu plus fort sur la ficelle, on peut aller vers des observations plus complexes, plus techniques – il y a pour certains un vrai plaisir dans la technique de l'observation, dans la course à la performance, dans la recherche d'efficacité d'observation. Mais dans le fond, la nature des observations reste simple, et je vous encourage tous à y jeter un œil, simplement en partant de votre curiosité.

Il y a un autre aspect magique dans la spectroscopie. Si les instruments professionnels permettent d'accéder à des observations très pointues, les astronomes amateurs ont de leur côté un atout majeur : ils sont nombreux, et répartis sur toute la planète. Ce nombre permet des observations inaccessibles aux professionnels. Par leur réactivité, par leur répartition sur Terre (qui permet des observations en continu 24h/24, et qui permet de s'affranchir des caprices de la météo), par la diversité des matériels, les amateurs ont aujourd'hui une capacité d'observation très complémentaire de celles des professionnels ; au point que de nombreux programmes de collaborations entre amateurs et professionnels ont vu le jour ces dernières années – participer à ces programmes, mêmes très humblement, c'est ouvrir une nouvelle fenêtre de l'astronomie. C'est comprendre la nature des recherches en cours, c'est apporter sa petite contribution, c'est se mettre dans la posture du chercheur... C'est une histoire sans fin.

Au travers du livre qui vient de paraître, j'ai essayé de vous apporter toutes les clés qui permettent de démarrer dans cette discipline : ce que la lumière nous dit des étoiles, comment fonctionne un spectroscope, comment faire un premier spectre de la lumière ambiante, comment mettre en œuvre le spectroscope sur le terrain, etc. Et si cela ne vous suffisait pas, vous avez la chance, heureux adhérents du CALA, d'avoir tout près de vous plusieurs observateurs talentueux qui ont une grosse expérience en spectroscopie. Plus rien ne devrait donc vous arrêter.

François COCHARD



Illustrations : François COCHARD

- ¹ <http://laboutique.edpsciences.fr/produit/826/9782759817849>
- ² http://www.shelyak.com/produit.php?id_produit=119&id_rubrique=15
- ³ <http://www.spectroguide.com/>
- ⁴ <http://www.astrosurf.com/>

Spectre du Soleil



Dans cet article, je vous propose un résumé des principaux phénomènes astronomiques du 01/02 au 31/05/2016. Cette période sera riche de quatre planètes bien visibles, deux événements rares et deux comètes. Les heures indiquées dans cet article sont en temps légal : TU+1h jusqu'au samedi 26/03 puis TU+2h suite au passage à l'heure d'été. Sauf mention contraire, les éphémérides sont calculées pour l'observatoire de notre club et peuvent varier de quelques minutes pour Lyon ou Grenoble.

RETOUR PROGRESSIF DU SOLEIL

D'ici peu, vous pourrez enfin sortir du travail avant qu'il ne fasse sérieusement sombre ! La durée du jour sera inférieure à 10 heures début février, mais de plus de 15 heures fin mai. Nous passerons au printemps lors de l'équinoxe du 20 mars, avec bien sûr 12 heures de jour à cette

date. Inversement, la nuit se fera de plus en plus courte : compter presque 11 heures d'obscurité au 01 février pour moins de 6 heures au 31 mai. Le passage à l'heure d'été dimanche 27 mars vous laissera bien du temps pour installer votre instrumentation avant de scruter le ciel étoilé.

LA LUNE

Les phases de la Lune sont résumées en bas de cette page. Les premiers quartiers auront lieu en milieu de chaque mois et, en cette période proche de l'équinoxe de printemps, haut perchés dans le ciel. Ceci ravira les observateurs en quête de beaux cratères et de montagnes sur notre satellite et gênera ceux qui préfèrent les cibles du ciel profond. Par ailleurs, la nouvelle lune du 09 mars sera particulière : une éclipse totale sera visible en Indonésie et dans l'Océan Pacifique. Nous n'en verrons rien d'ici, mais de belles images devraient inonder le web dans les jours suivants – si le climat très humide des régions concernées ne frustre pas les chasseurs d'éclipses.

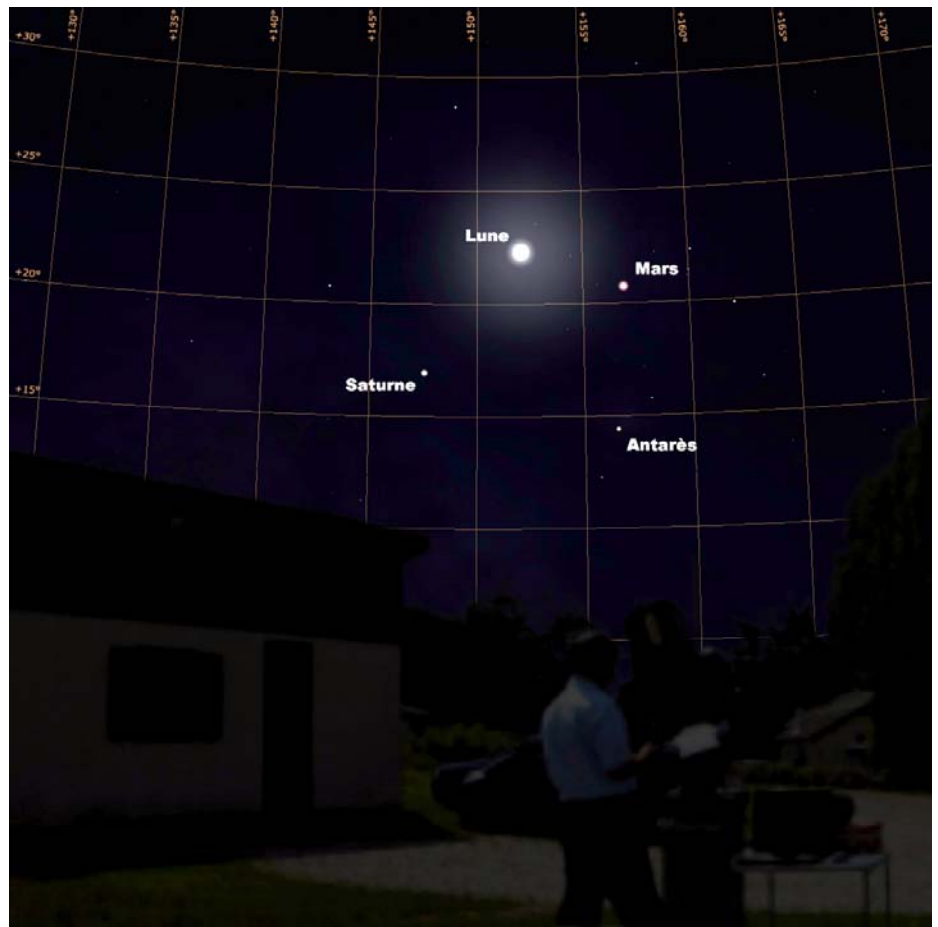
| PQ | PL | DQ | NL |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| 15 février | 22 février | 01 février | 08 février |
| 15 mars | 23 mars | 02 mars | 09 mars |
| 14 avril | 22 avril | 31 mars | 07 avril |
| 13 mai | 21 mai | 30 avril | 06 mai |
| | | 29 mai | |



Apparence des planètes

LES PLANÈTES

La période à venir sera inhabituellement propice à l'observation des planètes, puisque nous pourrons voir au moins brièvement toutes celles perceptibles à l'œil nu. La plus fugace d'entre elles, **Mercury**, fera une longue apparition en avril. On pourra la voir environ trois-quarts d'heure après le coucher de soleil pendant une vingtaine de jours autour du pic de visibilité, qui aura lieu le 17 avril. A l'inverse, après avoir longuement dominé l'aube, **Vénus** se fera discrète. Vous n'aurez que jusqu'au 20 février pour la contempler peu avant le lever de Soleil, et ce de plus en plus difficilement au fil du temps. Au télescope, elle sera presque « pleine » et de taille modeste. Pour sa part, **Mars** passera d'astre du matin à cible visible toute la nuit. En effet, la planète rouge sera en opposition le 22 mai et atteindra le périhélie 8 jours plus tard. Son diamètre apparent atteindra alors 18,8". Hélas, son emplacement dans la constellation du Scorpion en fera une cible basse sur l'horizon ; Ses paysages risquent donc de s'estomper sous la turbulence atmosphérique. **Jupiter** ne sera pas en reste : elle sera en opposition le 08 mars dans la constellation du Lion, bien mieux placée que Mars. Son diamètre apparent atteindra 45,3". Plus généralement, la géante gazeuse sera une cible facile pendant toute la période à venir. Enfin, **Saturne** aussi sera bien en vue. Malgré une déclinaison aussi défavorable que celle de Mars, ses anneaux très ouverts devraient être faciles à contempler au télescope. Elle sera en quadrature ouest le 06 mars : son orientation par rapport au Soleil et à la Terre facilitera l'observation de l'ombre de la planète elle-même sur ses anneaux – ou l'inverse pour qui



La conjonction du 29 mars

bénéficierait d'excellentes conditions d'observation – en fin de nuit. Par la suite, à l'approche de son opposition du 03 juin, Saturne sera visible de plus en plus tôt pour finalement briller pendant presque toute la nuit.

Quelques conjonctions dans le Scorpion – Nous l'avons vu, les oppositions de Mars et de Saturne se produi-

ront à quelques semaines d'intervalle. Une conséquence est que ces deux planètes se côtoieront de mi-avril à mi-mai dans la constellation du Scorpion, à proximité de la brillante Antares. Les trois astres recevront en prime la visite de la Lune à plusieurs reprises : vous pourrez sortir trépied et appareil photo le 03 février vers 6h30, le 02 mars aux alentours de 6h00, le 29 mars vers 4h00 puis les nuits du 24 avril et du 21 mai.

OCCULTATION DE VÉNUS PAR LA LUNE

Le 06 avril, la Lune va occulter une planète, Vénus. Il s'agit d'un événement assez rare, ne se produisant que toutes les quelques années en un lieu donné. Celui-ci donnera du fil à retordre aux observateurs car il se passera de jour. L'élongation du duo Lune-Vénus sera d'à peine plus de 15° , assez près du Soleil pour rendre l'observation délicate. Sauf à jouir d'un ciel particulièrement pur, un instrument s'imposera pour observer l'occultation. Des jumelles devraient suffire, mais un télescope sera indispensable si vous voulez voir Vénus comme plus qu'un simple point. Pour éviter tout risque d'éblouissement par le Soleil, placez-vous à l'ombre d'un grand obstacle (mur, arbre, etc.) ; vous devrez probablement vous déplacer entre l'immersion (disparition) de la planète et son émergence (réapparition) pour vous maintenir à l'ombre. Enfin, ceux qui veulent photographier ou filmer l'événement pourraient gagner à placer un filtre orange devant leur capteur, de manière à augmenter le contraste – n'hésitez pas à faire quelques essais de configuration instrumentale avant l'occultation.



La Lune sera en croissant très fin regardant vers la gauche, tandis que Vénus aura l'apparence d'un petit disque presque plein de tout juste $10''$ de diamètre. Le tableau ci-dessous résume les phases de l'occultation pour Lyon et l'observatoire de notre club. L'immersion et l'émergence dureront une trentaine de seconde chacune, soyez prêts à temps !

| | Immersion | Émergence |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Heure à Lyon | 09h15m40s à 09h16m11s | 10h08m05s à 10h08m37s |
| Heure à l'observatoire | 09h15h14s à 09h15h44s | 10h08m28s à 10h08m59s |
| Hauteur | 24° | 32° |
| Azimut | 120° | 132° |

Pour aller plus loin

Dans cet article, je n'ai pas mentionné certains événements tels que les transits d'exoplanètes et les phénomènes liés aux satellites artificiels (transits de l'ISS, flashes Iridium, etc.). A ce titre, je vous invite à compléter ces éphémérides à l'aide de logiciels de simulation tels que Stellarium et des sites suivants : page de Steve Preston (www.asteroidoccultations.com) pour les dernières prévisions d'occultations d'étoiles par des astéroïdes, l'Exoplanet Transit Database (var2.astro.cz/ETD) pour les transits d'exoplanètes, Heavens Above (www.heavens-above.com) pour les passages de l'ISS et les flashes Iridium, Space Weather (www.spaceweather.com) pour l'activité solaire et les dernières nouvelles, etc. Et bien sûr, n'oubliez pas de nous faire part de vos expériences, photos et mesures à venir !

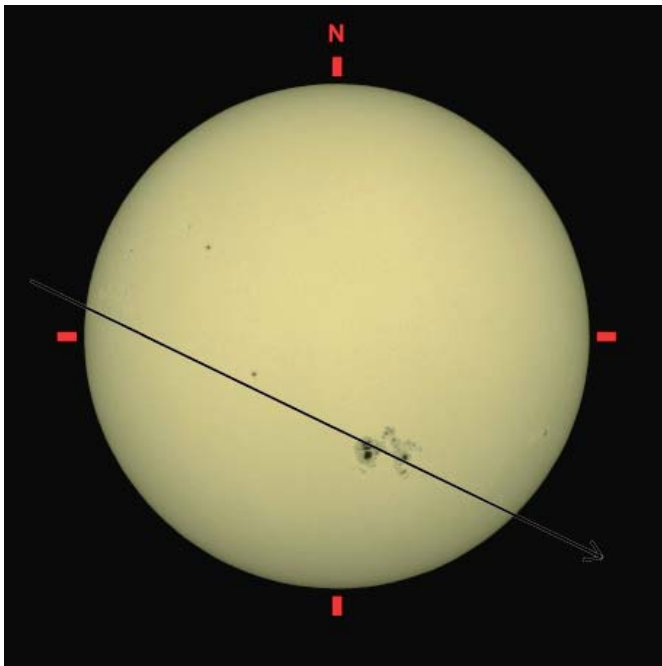
LUC JAMET



Trajectoire de la comète Catalina.



TRANSIT DE MERCURE



Après une apparition notable dans le ciel d'avril, Mercure fera parler d'elle d'une manière curieuse : elle passera devant le Soleil, un événement appelé « transit ». Le dernier transit de Mercure visible en France date de 2003, et en dehors de celui qui nous intéresse ici, il faudra attendre 2019 pour le suivant : à vos télescopes ! Rendez-vous, donc, l'après-midi du 09 mai. Pour ceux qui se rendront à l'OHP le même jour, installez vos instruments dès votre arrivée, placez vos filtres solaires et suivez la petite silhouette mercurienne se déplacer sur le disque solaire. Les données du transit sont résumées ci-dessous. Ce dernier se déroulera d'Est en Ouest, ou encore de la gauche vers la droite, par rapport au Soleil, et dans la moitié sud de celui-ci. A la fin du transit, le Soleil sera presque couché : gare aux obstacles sur l'horizon. N'hésitez pas à grossir assez fort pour résoudre l'image de Mercure. Et bien sûr, prenez toutes les précautions habituelles en observation solaire pour éviter de perdre la vue...

| | Heure | Hauteur | Azimut |
|--------------|--------|---------|--------|
| 1er contact | 13h12m | 62° | 168° |
| 2ème contact | 13h15m | 62° | 169° |
| Maximum | 16h57m | 40° | 253° |
| 3ème contact | 20h39m | 2° | 293° |
| 4ème contact | 20h42m | 2° | 294° |

COMÈTES ET ÉTOILES FILANTES

Ces prochains mois, nous aurons deux comètes à observer. La première fait parler d'elle depuis quelques semaines déjà : **C/2013 US10 Catalina**. Début février, elle luira toute la nuit, près du pôle céleste nord, aux alentours d'une confortable magnitude 6. Par la suite, elle s'éloignera du pôle et sera observable de plus en plus tôt la nuit, tout en s'affaiblissant au rythme de deux magnitudes par mois. On pourra la scruter dans de bonnes conditions jusqu'à début mars. La seconde comète d'intérêt est **C/2014 S2 PanSTARRS**, qui devrait briller entre les magnitudes 9 et 10 jusqu'à mi-mars et sera visible l'essentiel de la nuit. Quant aux étoiles filantes, seul un essaim significatif se profile : les **eta-aquariides**, dont le maximum est prévu pour le 05 mai vers 22h00. Cet essaim n'est guère favorable aux observateurs de nos latitudes, néanmoins nous pourrions en observer une dizaine de météores par heure en direction Est en fin de nuit.

Trajectoire de la comète PanSTARRS.



CHRONIQUES D'UN PIRATE DE L'ESPACE

Précédemment, dans les Chroniques d'un Pirate de l'Espace, Le fameux Capitaine Urètre tentait de s'infiltrer parmi les sbires de la NASA dans la plus grosse mine d'Uranium existante : la planète Luzerne.



Le vaisseau d'Urètre s'était posé sans encombre dans un cratère sombre de la petite planète, il regarda sa main gauche dans laquelle il avait tracé un petit planisphère de Luzerne. Horreur ! La carte avait dû s'effacer tandis qu'il tenait le gouvernail de Joubarbe III. Il se retrouvait donc perdu au milieu de Luzerne, sans savoir dans quelle direction se situait vraiment la base de la NASA. Évidemment, impossible de se connecter à un réseau quelconque (même carambole,

le réseau pirate qu'on pouvait capter de toutes parts dans l'Univers) : les astronautes possédaient sûrement un de ces fameux BLP-8000-VSW, un brouilleur d'ondes longue portée...

Heureusement pour lui, Urètre ne sortait jamais sans son astrolabe électronique configurable selon toutes les planètes répertoriées, adaptable aux situations les plus extrêmes, vendu dans toutes les stations services de l'univers. L'instrument lui indiqua la route à suivre, il devait franchir le petit col de la montagne face à lui.

Au bout de quelques heures de marche, il aperçut entre les rochers ce qui semblaient être des bâtiments et des véhicules. Il venait de trouver la base Nasarienne ! Urètre décida de contourner les roches pour arriver de côté dans les quartiers habitables de la carrière. Malheureusement, il avait à peine fait

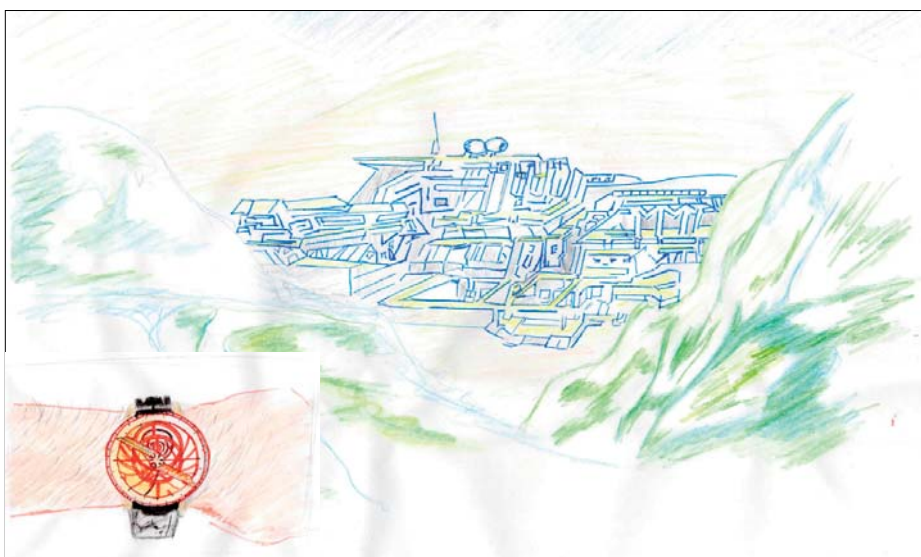


trois pas que quelque chose agrippa sa cheville. Le capitaine Urètre se retrouva soudain suspendu en l'air par un pied, la tête en bas. Il étouffa un cri de surprise, de peur d'être repéré par un astronaute. Une silhouette inquiétante sortit alors de l'ombre, Urètre l'entendit crier :

-Il est pris au piège !

Un deuxième individu apparut, puis un troisième jusqu'à ce qu'une dizaine de personnages le regardent par en dessous. C'était la première fois que quelqu'un le regardait « de bas ».

Le Capitaine eut à peine le temps de comprendre qu'on l'avait descendu et détaché qu'il reçut un coup sur la tête et sombra dans l'inconscience...



Céline GASSER
Lucile PAUGET

