



1. CaVa 1 H00

NÉBULEUSES PLANÉTAIRES

DE NOUVELLES CANDIDATES

La recherche d'objets non référencés dans le ciel est devenue une activité courante dans le milieu amateur. Les cibles convoitées sont de différentes natures : comètes, étoiles variables, étoiles Be* (* renvoie au glossaire) nébuleuses planétaires (NP)*... L'amateur dispose maintenant de nombreuses données professionnelles pour réaliser ses recherches, mais il lui est encore possible de découvrir un objet par ses propres moyens, avec son matériel d'observation, à partir de ses images.

Dans le cadre de la recherche de nébuleuses planétaires, les détections sont nombreuses, mais il est souvent délicat de déterminer la nature réelle de l'objet découvert. En premier lieu, il faut bien évidemment s'assurer qu'il soit vraiment inconnu, non référencé dans le milieu professionnel. Pour cela, de nombreux catalogues sont disponibles sur Internet et facilement accessibles avec des outils comme VizieR ou Simbad du Centre de données astronomiques de Strasbourg (CDS). La base de données HASH (encadré 1), base mondiale de nébuleuses planétaires, est maintenant accessible au public. Il est possible de la consulter et, en quelques clics, de déterminer si l'objet repéré est bien inconnu. Dans l'affirmative, les relevés d'images professionnelles réalisées à différentes longueurs d'onde permettent de préciser la nature de l'objet mais souvent sans certitude. Seul un spectre à basse résolution peut lever le doute sur sa nature, bien que l'interprétation de certains spectres prête parfois à discussion, comme le souligne l'excellente publication de David J. Frew et Quentin Parker [1] commentée dans le chapitre « Détection de candidates NP, les pièges à éviter ».



2. Tan 1 Pan-STARRS

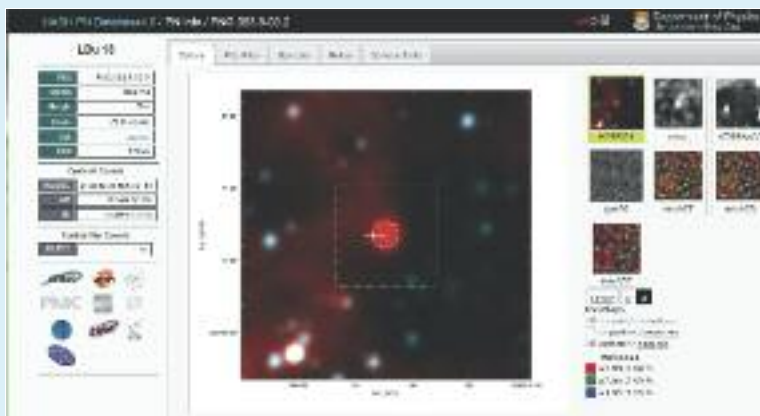
Découvertes d'objets

Les objets repérés depuis février 2017 [2] comptent 65 candidates NP (cf. *Observations & Travaux*), ce qui porte à 259 le nombre total d'objets de la liste française entretenue par l'auteur de cet article. À cette liste, s'ajoutent 4 objets de nature inconnue.

À partir de leurs propres images acquises au Chili, l'équipe Apo [3] a détecté pas moins de 21 candidates NP sur ce total de 259, essentiellement à l'aide d'acquisitions d'images réalisées avec des filtres à bandes étroites. Les objets d'aspect stellaire se révèlent par leur colorimétrie particulière qui se distingue des autres étoiles. Laurent Huet [2] recherche également des candidates à partir de ses propres images. Son catalogue s'est étoffé de deux candidates supplémentaires. Thierry Raffaelli [4], Trygve Prestgard [2], Khadija El Kanbi [2] et Pascal Le Dû [5] ont également rajouté des objets à leurs catalogues respectifs en scrutant des images professionnelles, comme celles de DSS (Digitized Sky Survey), WISE (Wide-Field Infrared Survey Explorer), SHS (SuperCosmos

1. HASH Database

HASH (Hong Kong/AAO/Strasbourg Halpha planetary nebula database [arXiv1603.07042]) : base de données exhaustives de toutes les nébuleuses planétaires connues à ce jour, qu'elles soient à l'état de candidates ou confirmées. À chaque objet sont associées des images à différentes longueurs d'onde ainsi que des spectres, s'ils sont disponibles [figure ci-contre]. Cette base, issue d'une collaboration entre l'université de Hong Kong, l'observatoire astronomique d'Australie et l'observatoire astronomique de Strasbourg, est entretenue par Quentin Parker et Ivan Bojičić à Hong Kong et est accessible au public depuis peu (HASH PN Database4.5).



Halpna Survey. La candidate Pre 30 découverte par Trygve montre deux lobes remarquables qui sont parfaitement visibles sur l'image de Johannes Schedler [//chart32.de/component/k2/planetaty/pre-30-planetary-nebula-in-sagittarius]. Mais vu l'éclat de l'étoile centrale, cet objet est peut-être une étoile symbiotique*.

De nouveaux découvreurs

Pas moins de six astronomes amateurs se sont manifestés depuis février 2017 (*Observations & Travaux*). La plupart recherchent des objets en scrutant des images professionnelles. À ce titre, le programme Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System) offre de remarquables images à haute résolution qui permettent d'inspecter très précisément les objets repérés comme Tan 1 (fig. 2), première candidate NP découverte par Hanjie Tan, et celle de Guoyou Sun, Su 1, qui montre comme Pre 30 deux lobes bien distincts (fig. 3).



Une candidate remarquable : CaVa 1

La candidate CaVa 1 est repérée début avril 2017 par Jean-Paul Cales et Michael Vanhuyse sur une image acquise avec un filtre H α * à partir de leur observatoire situé à Nerpio, en Espagne, à 1 650 m d'altitude. L'image, acquise avec un Newton ASA de 305 mm de diamètre à F/D 3,6, a nécessité 7 h 45 min de pose. L'objet a une belle morphologie de nébuleuse planétaire avec une forme de disque bien net, pratiquement complet. Ce qui rend remarquable la découverte de cet objet, c'est son grand diamètre qui avoisine 7' ! Christian Hennes et Stéphane Zoll, stationnés à AstroQueyras au mois de septembre, réussissent à saisir CaVa 1 avec des filtres à bande étroite à l'aide d'un Newton de 250 mm de diamètre à F/D 3,6. Une image couleur H00* est même réalisée (fig. 1). Fin octobre, Pascal arrive à capturer le spectre de CaVa 1 avec son Newton de 200 mm à F/D 5. Ce spectre montre parfaitement les raies [OIII] λ 4 959/ λ 5 007, H α λ 6 563 et [NII] λ 6 548/ λ 6 583. Les raies du doublet [NII] sont quant à elles très intenses, ce qui conforte la nature de l'objet (encadré 2). Cava 1 est très certainement une véritable NP. Profitant du colloque professionnel APN VII [6] qui se déroule à Hong Kong, Matthias Kronberger [7], Pascal et d'autres scientifiques rédigent en commun un poster [8] sur des NP de grande dimension, découvertes par des astronomes amateurs. CaVa 1, avec son spectre et son statut de « True PN », y figure en bonne place, ainsi que 15 autres objets de la liste française

Détection : les pièges à éviter

Comme le précise la publication de Quentin Parker et David J. Frew, de nombreux objets dans le passé ont été classés à tort comme nébuleuses planétaires, faute de données disponibles, car ils avaient l'aspect d'une NP ou leurs spectres ressemblaient à celui d'une NP. La définition même d'une nébuleuse planétaire était et reste encore sujette à controverse. Les auteurs dressent ainsi une liste exhaustive de critères qui permettent d'identifier avec précision une NP : objet de forme ronde ou asymétrique avec, si elle est visible, une étoile bleue et faible au centre, raies spectrales en émission de recombinaison et interdites, pic d'émission de poussières possible... Tous ces critères dépendent du stade d'évolution de la NP, son degré d'excitation, si elle est bipolaire, rouge, de son

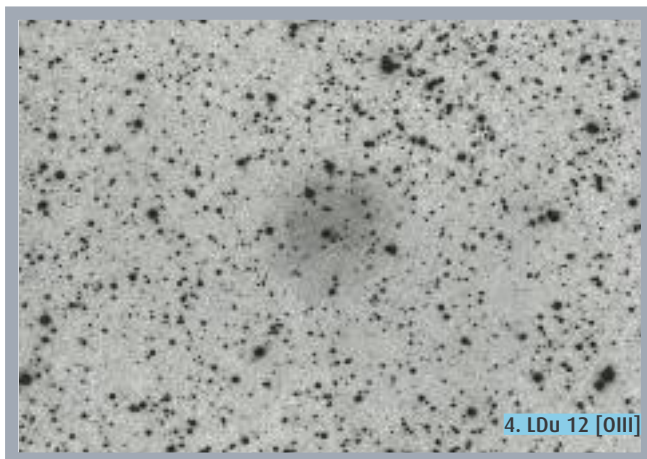
2. Spectre NP

Les nébuleuses planétaires se caractérisent par l'émission très intense de certaines raies spectrales comme celles excitées par collision, de l'oxygène et de l'azote ionisé ([OIII], [NII]) ou comme celles de recombinaison de l'hydrogène (H α , H β). Des paramètres physiques de la NP sont déterminés à partir des rapports d'intensité de ces raies.

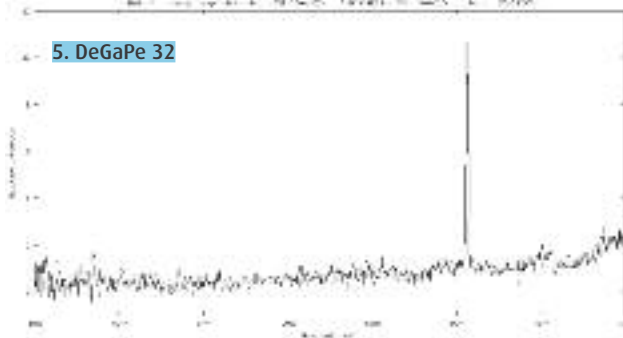
origine aussi : évolution post-AGB* d'une étoile unique, double... Certains très jeunes NP sont par exemple dépourvus d'émission en [OIII]. Des bornes sont données sur la brillance de surface, la vitesse d'expansion, la densité... L'étoile origine, la naine blanche, doit également être étudiée avec attention mais tout se complique si cette étoile est binaire. Le sujet n'est pas simple. Un nombre impressionnant d'objets peut ressembler à une NP d'un point de vue morphologique mais parfois aussi spectral : région HII compacte*, sphère de Stromgrèn*, galaxie*, nébuleuse par réflexion*; jeune objet stellaire (YSO)*; objet Herbig-Haro (HH)*; rémanent de supernova (SNR); étoile Wolf-Rayet*, B[e]*, symbiotique*, LVB*, variable... Pour classifier avec précision une candidate NP, il faut l'étudier à différentes longueurs d'onde dans le visible mais également dans l'ultraviolet, l'infrarouge et le domaine radio. Des analyses sont effectuées sur les paramètres physiques de l'étoile ionisante et de la nébulosité (rapports sur les raies spectrales), mais aussi sur l'environnement local de l'objet (interaction avec la matière interstellaire) et sa latitude galactique. Des données photométriques peuvent parfois être nécessaires. Cette étude n'est évidemment pas à la portée d'un amateur. Pour cette raison, la classification finale d'une candidate est réalisée par un professionnel. Chaque nouvel objet est ainsi analysé avant sa migration et sa classification dans la base HASH.

3. PNST

PNST (Planetary Nebulae Spectra Trackers): groupe d'astronomes amateurs créé par Pascal Le Dû et Olivier Garde qui se sont spécialisés dans la confirmation de nébuleuses planétaires par spectroscopie. Ce groupe compte, en plus de Pascal et d'Olivier, 4 astronomes amateurs : Thierry Lemoult, Stéphane Charbonnel, Pierre Dubreuil et Alain Lopez.



4. LDU 12 [OIII]

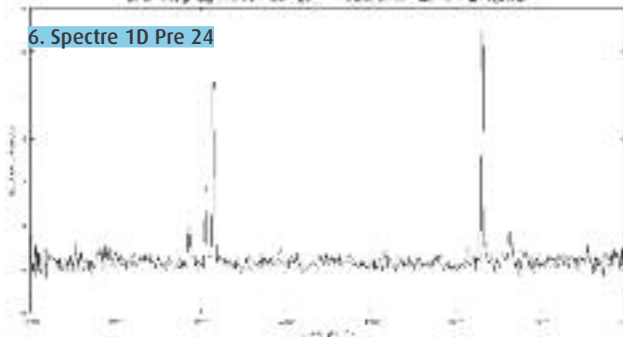


5. DeGaPe 32

Quelques exemples concrets illustrent ce besoin d'analyse pour une classification rigoureuse

- LDU 12 montre un beau halo ponctuel avec un filtre [OIII] (figure 4); pourtant, Quentin Parker précise que cet objet est certainement une sphère de Stromgrèn ou une région HII, car l'étoile centrale ne ressemble pas à une étoile bleue pâle, mais plutôt à une étoile chaude brillante, sans doute ionisante.
- Le spectre de DeGaPe 32, objet repéré par sa colorimétrie particulière sur une image SHO, ne montre qu'une seule raie en émission en H α (figure 5). D'après Steve Shore, de l'université de Pise, il s'agirait d'une étoile massive, fortement rougie, peut-être une supergéante bleue du groupe LVB*, mais pas d'une NP.
- Pre 24 est un objet qui montre des raies en émission [OIII] et H α qui sont décalées vers le rouge (figure 6). L'objet présente un redshift* de $z = 0,014$. C'est certainement une galaxie à noyau actif*.

Afin de limiter les échecs, les candidates proposées aux professionnels doivent répondre au mieux aux critères que s'imposent ces mêmes professionnels, pour classifier les objets non répertoriés.



6. Spectre 1D Pre 24

Missions de confirmation de candidates nébuleuses planétaires

Comme en 2015 et en 2016, des équipes d'astronomes amateurs se sont retrouvées durant l'année 2017 pour tenter de confirmer par spectroscopie des nébuleuses planétaires. Forte de cet entrain, l'équipe du PNST (encadré 3) est née et a été citée pour la première fois à l'occasion du colloque APN VII début décembre. Cette équipe est pour l'instant composée de six astronomes amateurs qui se retrouvent chaque année pour tenter de détecter les fines raies nébulaires de candidates NP. Pour chaque mission, les cibles potentielles

issues de la liste française et de la liste du DSH (Deep Sky Hunter) sont répertoriées. Les observations sont ensuite menées sur différents sites de qualité, par des membres du PNST ou d'autres groupes d'amateurs. À l'issue des missions sur le terrain, les spectres et les métadonnées qui les accompagnent sont collationnés pour une analyse professionnelle et une migration éventuelle dans la base HASH.

OHP 21-26 juillet 2017

Comme chaque année, l'association Aude et la société She-lyak organisent une « spectro party » à l'OHP (observatoire de Haute-Provence). Un télescope de 356 mm de diamètre auquel a été rajouté un spectrographe Lisa permet d'observer 6 cibles dont 2 qui montrent des raies spectrales en émission. Le spectre de la candidate App 2 permet de confirmer l'objet en vraie nébuleuse planétaire et d'être citée en tant que telle dans le poster du colloque APN VII.

Calern 18-23 septembre 2017

Le site de Calern, qui dépend de l'observatoire de la Côte d'Azur (OCA), se trouve au nord de Grasse, à 1 270 m d'altitude. Le projet C2PU (Centre pédagogique Planète Univers) a permis de réhabiliter deux télescopes astronomiques professionnels de 1 m de diamètre afin qu'ils soient utilisés pour de la recherche scientifique et de l'enseignement. Profitant d'une occasion rare, grâce notamment à Jean-Pierre Rivet, chargé de recherche au CNRS, le PNST bénéficie du télescope nommé Epsilon, pour réaliser des spectres de candidates nébuleuses planétaires. La semaine est très productive. Pas moins de 21 candidates sont observées ainsi que 2 étoiles Be. Les spectres de 10 objets retiennent l'attention. Sept sont certainement des nébuleuses planétaires, vu les raies nébulaires mises en évidence. Dans ce lot, 3 candidates de Thierry Raffaelli, avec un très beau spectre de NP: Ra 24 (figure 7).

AstroQueyras 23 septembre-1^{er} octobre

Les conditions météorologiques sont nettement moins favorables durant cette semaine 39. Pourtant deux équipes d'astronomes amateurs comptent confirmer des candidates nébuleuses planétaires par spectroscopie. L'une menée par Philippe Bazar de la SAL et l'autre composée de Thierry Lemoult et de Nicolas Huguenin du CALA. Les deux équipes observent quelques candidates hélas sans succès. Deux autres membres de l'équipe du CALA, Christian et Stéphane, déjà cités au début de cet article, réussissent tout de même à imager CaVa 1 avec des filtres à bandes étroites.

Pic du Midi 14-22 octobre

À l'aide du T60 du Pic du Midi, l'équipe de Jean-Pierre Nougayrède et Gérard Arlic réussit à saisir le spectre de Te 11, une candidate DSH. Hélas, l'objet a déjà été étudié par spectroscopie au SALT [Southern African Large Telescope] et a même fait l'objet d'une publication (arXiv:1511.04212v1). Cette petite déconvenue rappelle qu'avant toute observation il est souvent utile de contrôler si le statut d'un objet n'a pas évolué.

Autres observations

Le spectre de Pre 35, une candidate découverte par Trygve Prestgard est saisi depuis le Mirranook Observatory, à Armidale en Australie par Terry Bohlsen. De l'autre côté du globe, depuis la pointe bretonne, Pascal Le Du confirme la nature de cinq autres candidates NP par spectroscopie.

À ce jour, 55 candidates observées par des astronomes amateurs ont révélé des raies en émission sur leurs spectres. Vingt spectres ont été acquis en 2017 (*Observations & Travaux*).



Bilan

L'intégralité des travaux de découverte de nébuleuses planétaires et de spectroscopie est transmise à Quentin Parker et Ivan Bojčić pour alimenter la base de nébuleuses planétaires HASH. Quentin Parker ne manque pas de le souligner lors du colloque et de préciser dans un mail: « ... we are very keen to support and encourage this excellent amateur work » (nous sommes très désireux de soutenir et d'encourager cet excellent travail amateur).

Comme Agnès et Quentin, Jean-Pierre Rivet et David Vernet font partie de ces professionnels qui croient aux travaux des astronomes amateurs. Un grand merci pour les aides des professionnels et pour la confiance qu'ils témoignent à la communauté amateur. Pour 2018, des missions se préparent déjà. Dès mars, Gérard Arlic et son équipe prévoient de retourner sur le T60 du Pic du Midi pour réaliser des spectres d'étoiles Be faibles, mais aussi de candidates nébuleuses planétaires à confirmer. Le PNST prépare également plusieurs missions mais rien n'est encore décidé: Calern, Observatoire de Mars, AstroQueyras... ? Un déplacement en Afrique du Sud est également envisagé pour saisir les spectres des nombreuses candidates visibles uniquement dans l'hémisphère Sud. Tout un programme!



GLOSSAIRE

- AGB:** Branche asymptotique des étoiles géantes. Branche du diagramme température-luminosité (diagramme HR) empruntée par les étoiles de masse 0,6 à 10 masses solaires vers la fin de leur vie.
- Étoile Be:** Étoile chaude de type spectral B présentant des raies en émission.
- Étoile B[e]:** Étoile supergéante B présentant des raies d'émission interdites, c'est-à-dire violant les règles de la mécanique quantique.
- Étoile LVB (Luminous Blue Variable):** Étoile variable bleue.
- Étoile symbiotique:** Système binaire composé d'une géante rouge et d'une étoile plus chaude. Un transfert de matière est réalisé entre les étoiles qui peut provoquer deux bulles en expansion.
- Étoile Wolf-Rayet:** Étoile chaude, massive et évoluée présentant un taux de perte de masse très élevé.
- Filtre H α , [OIII], [SII]:** Filtrés qui ne laissent passer qu'une bande étroite du spectre électromagnétique (H α : 656 nm, [OIII]: 500,7 nm, [SII]: 671,6 nm).
- Galaxie:** Ensemble d'étoiles, de poussières et de gaz interstellaires dont la cohésion est assurée par la gravitation.
- Galaxie à noyau actif:** Galaxies avec un noyau très lumineux d'intensité couramment variable qui peut montrer des raies en émission très intenses.
- H00:** Image composite réalisée avec des filtres H α et [OIII].
- Jeune objet stellaire (YSO):** Étoile jeune encore entourée des volutes de son nuage de naissance.
- Nébuleuse par réflexion:** Nuages de poussières qui réfléchissent la lumière d'une ou plusieurs étoiles voisines.
- Nébuleuse planétaire:** Nuage de gaz éjecté par une étoile de masse comprise entre 0,8 et 8 masses solaires, en fin de vie, ionisé par le rayonnement ultraviolet de cette même étoile.
- Objet Herbig-Haro:** Petite nébulosité associée à certaines très jeunes étoiles qui se forment lorsque de la matière éjectée par ces étoiles entre en collision avec les nuages de gaz et de poussières environnants.
- Redshift:** Décalage vers les grandes longueurs d'onde des raies spectrales d'un objet produit par l'expansion de l'Univers ou par effet Doppler-Fizeau.
- Région III compacte:** Nébulosité compacte composée d'hydrogène ionisé.
- Sphère de Stromgrén:** Zone d'hydrogène ionisé de forme sphérique située autour d'une étoile jeune de type spectral O ou B.

Pour se procurer le numéro d'*Observations & Travaux* il vous suffit de vous connecter au site de la société astronomique de France, rubrique Boutique : www.saf-astronomie.fr ou de téléphoner au numéro suivant : 01 42 24 13 74

RÉFÉRENCES

- [1] David J. Frew et Quentin Parker, « Planetary Nebulae: Observational Properties, Mimics and Diagnostics » (arXiv:1002.1525v1).
- [2] *l'Astronomie* n° 102.
- [3] Atacama Photographic Observatory (<http://www.atacama-photographic-observatory.com/presentation.php>)
- [4] *l'Astronomie* n° 91.
- [5] *l'Astronomie* n° 68.
- [6] APN VII. Colloque professionnel sur les nébuleuses planétaires, organisé par l'université de Hong Kong (<https://apn7.com/>).
- [7] Matthias Kronberger, Deep Sky Hunter Collaboration (DSH).
- [8] http://www.cielocan.fr/uploads/images/FichiersPDF/Poster_APN%20VII%20V1-1.pdf