

50 **L'ASTRONOMIE** – Juin 2016 vol.130 | **95** | 50

Les objets convoités sont souvent très peu lumineux et nécessitent des conditions optimales pour être observés. De ce fait, des clubs d'astronomes amateurs comme le CALA ou la SAL à Lyon n'hésitent pas à réserver des périodes d'observation dans des sites pourvus de télescopes de gros diamètre, exempts de toute pollution lumineuse et disposant le plus souvent d'un ciel limpide, pour tenter de réaliser les spectres de ces objets très discrets (l'Astronomie n° 130).

DES CANDIDATES À LA PORTÉE DE TÉLESCOPES DE PETITS DIAMÈTRES

Toutefois, parmi les 144 découvertes réalisées par des astronomes français, auxquelles se rajoutent plus de 650 autres objets répertoriés par l'équipe autrichienne, le Deep Sky hunter (DSH), il faut savoir que seulement 12 % des candidates ont été confirmées par spectroscopie (figure 1, image Aladin). Parmi le nombre d'objets potentiels restants (582), certaines candidates, plus lumineuses, sont à la portée de télescopes de petit diamètre, situés dans des sites moins favorables. Le fait d'utiliser un spectroscope à basse résolution pour confirmer la nature d'une candidate en véritable nébuleuse planétaire allège les contraintes matérielles. Les télescopes de gros diamètre sont plutôt réservés à la spectroscopie à haute résolution pour l'analyse des nébuleuses et ainsi pour déterminer leurs températures, leurs densités ou leurs vitesses d'expansion.

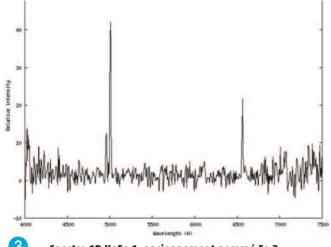


<u>TENTATIVES BRETONNES</u>

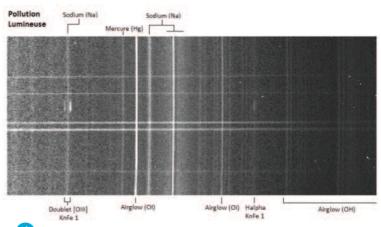
Après avoir finalisé l'agrandissement de son observatoire situé à la pointe bretonne (figure 2), Pascal Le Dû confirme, à l'aide d'un télescope Newton de 200 mm à F/D 5 et d'un spectroscope Alpy 600, la nature de l'objet KnFe 1 (Fe 2) en véritable nébuleuse planétaire. L'objet, codécouvert par l'Autrichien Matthias Kronberger et le Français Laurent Ferrero, était jusqu'à présent classé comme candidate nébuleuse planétaire possible (figure 3). Fort de ce premier spectre concluant, d'autres cibles sont tentées, mais le plus souvent elles se soldent par des échecs. La tâche n'est pas aisée, car il faut être absolument certain de placer la fente du spectroscope sur la cible... qui est invisible dans le champ, et ensuite il faut détecter du signal... Par

expérience, une fois la fente correctement placée, deux spectres de 10 minutes de pose sont maintenant réalisés. Ces spectres bruts sont ensuite immédiatement analysés à fort grossissement et à fort contraste. Les zones inspectées sont bien entendu celles où peuvent se trouver les raies nébulaires, en l'occurrence le doublet [OIII] et la raie H\(\alpha\). Ces zones sont facilement identifiables sur le spectre 2D en se repérant par rapport aux raies inhérentes à la couche atmosphérique et à la pollution lumineuse (figure 4). Si aucun signal nébulaire confirmé n'apparaît dans ces zones, il est préférable de passer à l'objet suivant!

51



Spectre 1D KnFe 1, anciennement nommé Fe 2.



Raies nébulaires de KnFe 1 et autres raies observées.

vol.130 | **95** | 51 Juin 2016 – **L'ASTRONOMIE**

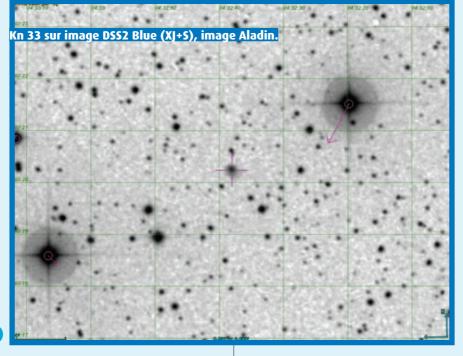
UNE CANDIDATE NÉBULEUSE PLANÉTAIRE, Kn 33

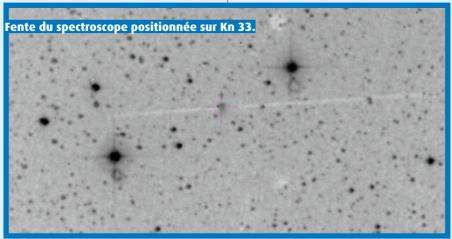
Kn 33

Toutes les candidates nébuleuses planétaires des listes françaises et DSH sont importées dans le logiciel Skytools. L'application permet ainsi de repérer immédiatement les meilleures cibles qui peuvent être observées sur un site donné à une date donnée. Le soir du 13 mars 2016, un des objets proposés est une candidate nébuleuse planétaire découverte par Matthias Kronberger et nommée Kn 33. Cet objet est classé comme nébuleuse planétaire probable sur la liste du DSH. Une image avec un filtre [OIII] a certainement été réalisée, seul manque un spectre pour confirmer la nature de l'objet. Cette candidate est choisie (figure 5).

Détails techniques

0bjet	Kn 33		
Coordonnées J2000	Ra: 04 h 32′ 38,1″ Décl.: +60° 20′ 12,12″		
Date	13/03/2016		
Lieu	Porspoder (Finistère)		
Optique	Newton 200/1 000		
CCD principale	ATIK 414EX refroidie à -15 °C en binning 2 x 2		
Spectroscope	ALPY600 R~600		
CCD de guidage et de pointage	ATIK 314L+ refroidie à 0° en binning 2 x 2		
Nombre de poses sur Kn 33	19 poses de 600 s		
Étoile de référence	HD26670		
Nombre de poses étoile de référence	10 poses de 15 s		
Image de calibrage	Sur lampes argon-néon, 3 poses de 0,5 s		
Flats	10 poses de 0,5 s		
Darks	23 poses de 600 s		
Offsets	30 poses de 0,01 s		





Les prises de vue

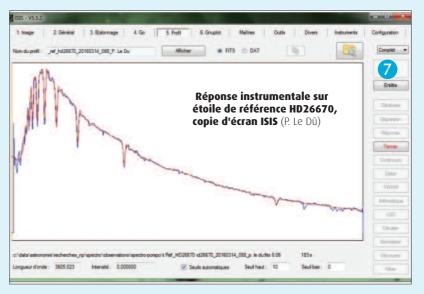
Les conditions météorologiques ne sont pas optimum ce soir-là. Le vent en rafales provoque des sauts que l'autoquidage compense difficilement. La fente est positionnée avec la plus grande précision sur l'objet. Grâce au calage astrométrique d'une image brute, il est possible avec l'outil Aladin du CDS Portal de définir un champ CCD avec une fente à l'intérieur, qui représente exactement le champ vu par la caméra d'autoguidage. En positionnant graphiquement la fente sur l'objet, les coordonnées de pointage du télescope correspondent ainsi à celles qui figurent au centre du champ CCD vu par Aladin (figure 6). L'autoguidage est actionné et, au bout de dix minutes de pose, le premier spectre apparaît à l'écran. Comme pour KnFe 1, le spectre 2D brut de Kn 33 montre des raies caractéristiques d'une nébuleuse planétaire, toutefois le spectre semble plus fourni et les signaux plus contrastés. La fente du spectroscope étant bien positionnée sur l'objet, il ne reste plus qu'à acquérir des poses pour réduire le bruit et faire ressortir un maximum de signal, une fois les images compilées. Au bout de 3 heures de pose, la cible commence à se rapprocher de l'horizon. Les acquisitions sont stoppées, il est temps d'observer les spectres d'une étoile de référence située à proximité de Kn 33 pour déterminer la réponse instrumentale liée aux observations. L'étoile choisie pour Kn 33 est une étoile de type B7V et se nomme HD26670. À ce titre, le fichier de recherche d'étoiles A ou

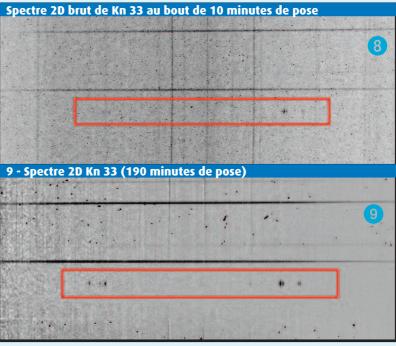
52 **L'ASTRONOMIE** – Juin 2016 vol.130 | **95** | 52

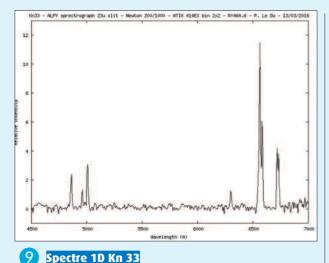
B fourni sur le site de François Teyssier (http://www.astronomie-amateur.fr/) est vraiment d'une grande utilité pour les astronomes amateurs. Les images de calibrages sont ensuite acquises à l'aide du module d'étalonnage du spectroscope Alpy, pourvu de lampes néon-argon mais également d'une lampe au tungstène utilisée pour générer les flats qui clôturent la fin de la séance d'acquisition. Les autres images de prétraitement (darks et offsets) sont déjà disponibles car effectuées au préalable.

Traitement de Kn 33

Le logiciel ISIS de Christian Buil est optimisé pour traiter les données spectroscopiques acquises par un amateur. Les spectres bruts de Kn 33 sont prétraités à l'aide des images d'offset, de dark et de flat. L'étalonnage spectral est d'abord réalisé uniquement sur les raies du néon et de l'argon observées avec les lampes de calibrage de l'Alpy. Pour étalonner plus finement l'ensemble du spectre acquis, notamment pour les longueurs d'onde plus courtes que 3 900 Å, l'étoile de référence de type B est utilisée pour étalonner la partie bleue du spectre. Enfin, le spectre résultant de l'étoile de référence, comparé à un profil générique, permet de déterminer la réponse instrumentale au moment des prises de vue. Il faut noter que cette réponse englobe aussi tout le signal transmis par l'atmosphère. Hélas, le profil théorique d'étoile de type B7V, type de l'étoile HD26670, est absent de la base spectrale Pickles utilisée par le logiciel. Le profil générique choisi est celui le plus proche, de type B8V. Bien que les prises de vue de HD26670 aient été réalisées assez bas sur l'horizon, la réponse instrumentale calculée par le logiciel est tout de même correcte, comme le montre la superposition des spectres observé et théorique (figure 7). Le spectre de Kn 33 est divisé par la réponse instrumentale calculée et les spectres 2D et 1D de kn 33 sont finalisés (figures 8 et 9). Le pouvoir de résolution final est R = 564,6.







Analyse des résultats

Le spectre 1D de Kn 33 correspond à celui d'une nébuleuse planétaire. Les raies interdites de l'oxygène ionisé observées à 4 960,7 Å et à 5 008,8 Å (valeurs théoriques 4 958,9 Å et 5 006,8 Å) sont bien présentes. Le spectre à basse résolution permet d'observer à 6 584,1 Å (valeur théorique 6 583,6 Å) une des raies du doublé [NII] de l'azote qui se distingue de la raie $H\alpha$ observée à 6 563,2 Å (valeur théorique 6 562,8 Å). En imagerie traditionnelle, le filtre [SII] du soufre ionisé n'est généralement pas un bon révélateur pour détecter des nébuleuses planétaires (l'Astronomie n° 130). Pour Kn 33, les raies du doublet [SII] sont en revanche très présentes et observées à 6720,3 Å et à 6733,1 Å (valeurs théoriques 6718,3 Å et 6 732,7 Å). La raie de l'oxygène ionisé [OI] est également bien visible à 6 300,4 Å (valeur théorique 6 300,2 Å). La raie Hβ, souvent présente dans les galaxies, est observée à 4 863,0 Å. Fort de cette première analyse, les données sont transmises à Agnès Acker, astrophysicienne à l'observatoire de Strasbourg, pour le verdict final quant à la nature de Kn 33.

53

Juin 2016 – L'ASTRONOMIE vol.130 | 95 | 53

ANALYSE DES RAIES PAR AGNÈS ACKER SUR LE SPECTRE DE KN 33

Les propriétés physiques des gaz nébulaires peuvent être estimées à partir de rapports d'intensités de raies d'émission.

- L'extinction interstellaire est connue grâce au rapport des raies de Balmer de l'hydrogène (décrément de Balmer) ; puis toutes les intensités de raies mesurées seront dérougies.
- La température électronique est obtenue par le rapport des intensités (dérougies) du doublet vert de [OIII] à celle de la très faible raie de [OIII] à 4363 Å.
- La densité électronique se mesure grâce au rapport des raies du doublet vert de [SII] (6717/6732).

Mesures du spectre de Kn 33

Une simple estimation de l'intensité (intégrale de la surface de la raie) des raies est donnée par sa « hauteur », ce qui est acceptable pour des rapports d'intensités.

Hβ: 4862,99 « hauteur »: 2,39

[OIII]: 4 960,74 et 5 008,81 « hauteurs »: 1,31 et 3,08

[NII] : 6 584,07 « hauteur » : 6,05 H α : 6 563,24 « hauteur » : 11,49

[SII]: 6 720,28 et 6 733,10 « hauteurs »: 4,20 et 3,77

Raie	Valeur théorique (Å)	Valeur observée (Å)	Delta λ (Å)	Vitesse radiale (km/s)
нβ	4 861,1	4 863,0	1,9	(117)
Doublet [OIII]	4 958,9/5 006,8	4 960,7/5 008,8	1,8/2,0 ~1,9	(114)
[01]	6 300,2	6 300,4	0,2	10
Ηα	6 562,8	6 563,2	0,4	18
Raie plus intense Doublet [NII]*	6 583,6	6 584,1	0,5	23
Doublet [SII]	6 718,3/6 732,7	6 720,3/6 733,1	2,0/0,4 ~1,2	53

 $^{^*}$ L'autre raie du doublet est englobée dans le profil « bombé » vers le bleu de la raie $H\alpha$.

1. Vitesse radiale de Kn 33

Les décalages observés pour H β , H α et les raies interdites de l'oxygène 0, du soufre S, de l'azote N ionisés, permettent d'estimer la vitesse radiale V de Kn 33 : $\Delta\lambda/\lambda = V/c$.

La vitesse moyenne est estimée à 56 km/s ou à 26 km/s ±6 km/s en éliminant les raies HB et [OIII] qui semblent peu fiables.

2. Estimation des paramètres physiques Notons que la température électronique,

obtenue par le rapport des intensités du doublet vert de [OIII] à celle de la très faible raie de [OIII] à 4363 Å, ne peut être déterminée ici vu l'absence de cette raie.

2a. Extinction interstellaire

À cause du rougissement interstellaire, la valeur observée du rapport théorique (IHα/I Hβ) = 2,85 est toujours plus grande que 3, dépassant 10 pour des objets très lointains. Pour Kn 33, le rapport est égal à 11,49/2,39 (soit environ 4,8), ce qui signifie que l'objet est éloigné.

2b. Densité des gaz nébulaires

Le rapport I (6717)/I (6731) est très sensible à la densité; il varie de 1,5 pour les basses densités à 0,38 pour les hautes densités.

Pour Kn 33, on aura 4,20/3,77 = 1,11, ce qui signifie une densité très basse : ~70 particules par cm³ – semblable aux densités typiques des régions HII, et pouvant être atteinte pour les nébuleuses planétaires en fin d'expansion –, ce qui serait le cas de Kn 33.

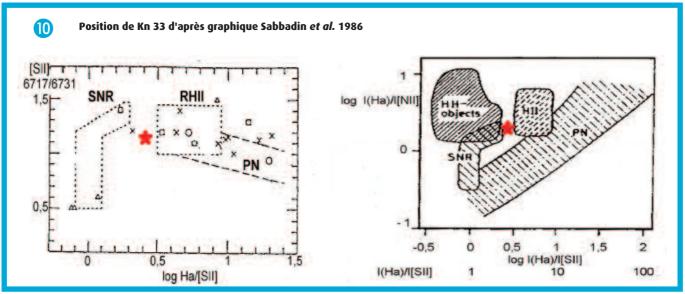
Comme le précise l'analyse minutieuse réalisée par Agnès Acker, les raies situées dans le bleu demandent à être calibrées encore plus finement.

Avec un meilleur calibrage des raies en intensité, il est possible de déterminer la nature de l'objet observé en étudiant la relation entre le rapport d'intensité des deux raies [SII] et le rapport $H\alpha/[SII]$ ou en étudiant la relation entre le rapport $H\alpha/[NII]$ et le rapport $H\alpha/[SII]$ (Sabbadin *et al.* 1986, extrait livre A. Acker).

Par une première approximation, en prenant la hauteur de raies à la place de leurs surfaces, l'objet Kn 33 se positionne entre une région HII, un SNR et une NP (figure 10).

54 **L'ASTRONOMIE** – Juin 2016 vol.130 | **95** | 54





BILAN

La confirmation de candidates nébuleuses planétaires par spectroscopie est donc à la portée d'astronomes amateurs faiblement équipés. Les expériences sur KnFe 1 ou Kn 33 montrent que cette activité ne manque pas de surprises et est très gratifiante. Elle permet à un amateur d'améliorer ses connaissances sur l'étude d'un spectre, comme le précise Agnès Acker : « L'étude spectrographique de la nébuleuse planétaire Kn 33 récemment découverte a permis de déterminer le rougissement interstellaire

- indiquant une grande distance et la densité très faible de l'objet. Cette observation conduite par un amateur peut encourager la communauté des amateurs en France à poursuivre et exploiter scientifiquement leurs observations. » Toutefois, le satellite Gaia, muni de trois spectromètres (2 à basse résolution et 1 à haute résolution), qui scanne de larges champs d'étoiles, risque de confirmer ou d'infirmer dans l'avenir une grande quantité de candidates repérées par des amateurs (l'Astronomie avril 2016)...

INFO

- Liste NP France au 14/04/2016 : 144 dont 35 non publiées, 10 confirmées PN.
- Liste DSH au 03/03/2016 : 362 publiées + 161 non publiées, 72 confirmées PN.