



# DE NOUVELLES NÉBULEUSES PLANÉTAIRES DECOUVERTES PAR DES ASTRONOMES AMATEURS

3. Nébuleuse à proximité de Sh2-91 : image composite en [OIII], [SII], H $\alpha$ . (© Le Dù)

**D**es nébuleuses planétaires (NP) marquent la phase finale de l'évolution des étoiles de masse inférieure à 6-8 masses solaires – soit 90 % des étoiles d'une galaxie comme la nôtre, avec une forte concentration des étoiles (et donc des NP) dans la Voie lactée. Comme le stade NP a une durée de quelque  $10^4$  ans, le nombre de NP dans notre galaxie serait d'environ 30 000 (incluant les NP à noyau binaire), dont environ 3 000 (le 10<sup>e</sup>) a été découvert. Les brillantes raies d'émission des NP permettent de les détecter et les étudier à très grande distance : plus de 10 000 NP ont été découvertes dans les Nuages de Magellan, dans la galaxie d'Andromède, et dans d'autres galaxies.

**Le nombre de NP galactiques** connues évolue de 123 en 1888 (catalogues NGC et IC), à 1 036 objets en 1967 (cat. Perek & Kohoutek), à 1 150 NP + 347 possibles NP en 1992-1996 (catalogue Strasbourg-ESO, Acker *et al.*), nombre enrichi de plus de 1 500 nouvelles NP en 2006-2008 – résultant du Survey en H $\alpha$  de Parker *et al.* (base de données MASH).

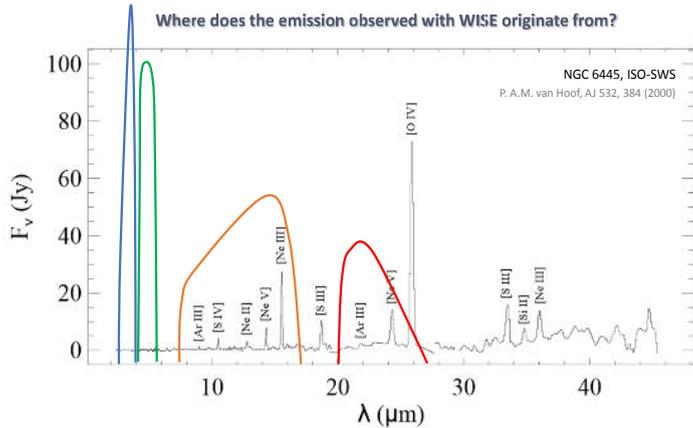
**La morphologie des NP** découle d'épisodes de pertes de masse par l'étoile centrale : « supervent » épais et poussiéreux au stade de supergéante AGB, en interaction avec le vent ténu et très rapide émis ensuite par l'étoile se contractant, étoile assez chaude pour ioniser les gaz éjectés. Une morphologie bipolaire est liée à la binarité des étoiles centrales. Le suivi de la luminosité des étoiles centrales, sur les images individuelles additionnées pour obtenir l'image finale, peut permettre de détecter une variation, dont une étude approfondie pourrait révéler une binarité à éclipses.

**L'analyse des images infrarouges WISE** est un nouvel outil de découverte des NP – comme montré par le DSH (DSH = *Deep Sky Hunter*, Kronberger *et al.* 2013, Poster APN VI, 2013/11/04 – 08, Playa del Carmen, Mexico). Certaines NP sont presque indétectables dans le visible, car fort rouges – en particulier les NP à haute excitation –, par les émissions de molécules PAH et H $_2$ , et l'émission continue due aux poussières. Les 4 filtres WISE couvrent bien le spectre d'une NP, en particulier les filtres W3 et W4 très sensibles à l'émission des poussières.

Ainsi les DSH ont découvert 25 nouvelles NP (invisibles en optique) : les NP compactes (< 30 secondes d'arc) sont entièrement visibles avec WISE, contrairement aux NP étendues ; les NP elliptiques, asymétriques et non sphériques sont bien détectées avec WISE. Les amateurs français ont découvert sept NP par WISE.

Comme présenté début 2014 dans *l'Astronomie* (n° 68 de janvier 2014), des astronomes amateurs ont scruté les images acquises soit par leurs soins, soit par des professionnels et disponibles sur le Web. Parmi les amateurs, ceux qui ne font que de « belles images » conduisent leurs observations autrement que ceux qui « font de la science », via des images prises avec des filtres spécifiques, ou/et en réalisant un spectre de leurs objets.

Aussi, en quelques mois, de nombreuses nouvelles candidates nébuleuses planétaires (NP) ont été découvertes, et, sous la houlette d'Agnès Acker, une rencontre s'est déroulée en février 2014 à l'Institut d'astrophysique de Paris (IAP) réunissant cinq découvreurs de NP et des spécialistes amateurs en spectroscopie.



Spectre ISO-SWS de la NP NGC 6445 (Van Hoof 2000). Les domaines spectraux des filtres WISE (W1 à W4 de gauche à droite) ont été placés par Kronberger *et al.* 2013.

## Recherches actives de nouvelles candidates NP

### PAR L'OBSERVATION

#### Un choix délicat pour l'astrophotographe

Quand on a l'habitude de réaliser de belles images astronomiques, il est difficile de « sacrifier » de bonnes nuits pour imager des zones pauvres et dépourvues de grands objets, uniquement dans le but de rechercher d'hypothétiques nébuleuses planétaires non répertoriées.

Pour résoudre ce dilemme, plusieurs options peuvent s'offrir à l'opérateur :

- continuer à imager des objets répertoriés dans des catalogues mais en choisissant ceux qui sont le moins visités. Ainsi, il est possible de trouver des candidates NP tout en réalisant de belles images ;

- se servir de l'atlas interactif du ciel Aladin pour repérer de vastes zones HII qui peuvent être à la fois très photogéniques et propices à la détection de nouvelles candidates ;

- effectuer une recherche active et spécifique pour trouver des NP en réalisant des prises de vue quand la période est moins favorable pour réaliser de belles images, par exemple en présence de la Lune.

Déjà adepte de la première méthode, Pascal Le Dû a testé les deux suivantes au cours de l'année 2014.

#### Sondages systématiques avec un filtre [OIII] de zones « inexplorées »

Il peut être intéressant d'effectuer des recherches systématiques de NP en présence de la Lune. En effet, pendant ces périodes sélènes, les images acquises sont moins contrastées et souvent vignettées, et ne permettent pas de réaliser de belles images, mais, en réglant

les niveaux, elles peuvent se révéler intéressantes pour détecter de petites taches suspectes. Comme le précise Agnès Acker, le ciel a été bien exploré en H $\alpha$ , mais pour détecter une nébuleuse planétaire, une image avec un filtre [OIII] est nécessaire, ce qui n'a été réalisé par les professionnels que pour des objets individuels.

Aussi, d'avril à mai, depuis la pointe bretonne, des séries d'images [OIII] ont-elles été réalisées par l'auteur avec son matériel habituel composé d'une lunette apochromatique de 106 mm à F/D 3,6 et d'une CCD munie d'un capteur KAF8300. Son logiciel d'acquisition, Prism, permettait d'effectuer les prises de vue automatiquement pendant la nuit.

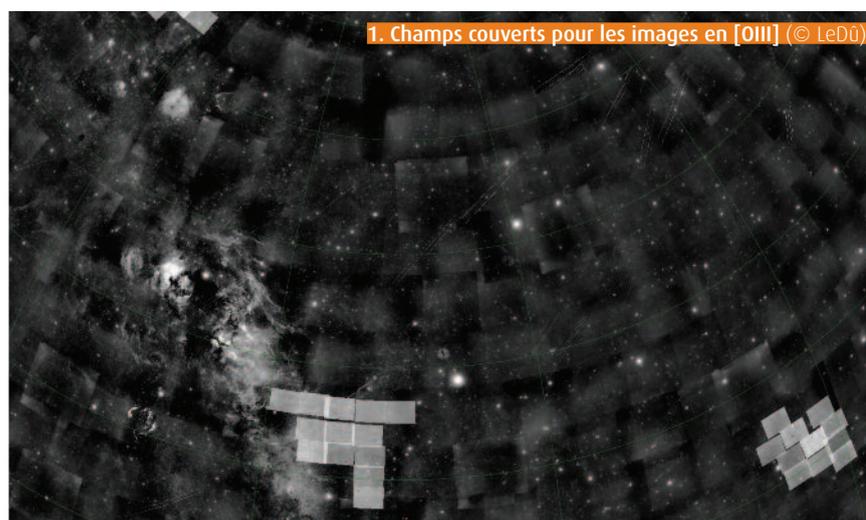
Les expositions sur chaque champ duraient une heure (3 images unitaires de 20 minutes) et, pour améliorer la détectivité, les images étaient réalisées en binning 2 x 2. Il fallait tout d'abord repérer des zones susceptibles d'héberger des

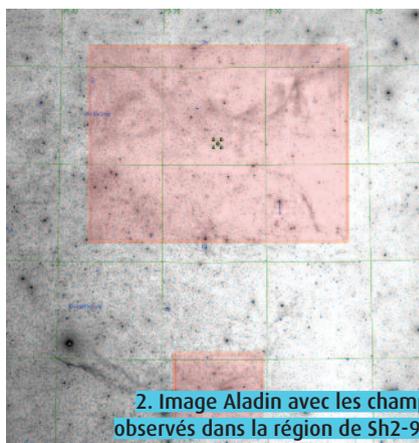
nébuleuses planétaires, en privilégiant les régions denses en étoiles dans la Voie lactée. Ont aussi été repérées des zones riches en gaz ionisé, en dehors des objets bien connus des catalogues d'astronomie, par exemple les belles nébuleuses de Shapley.

#### Un résultat mitigé mais encourageant

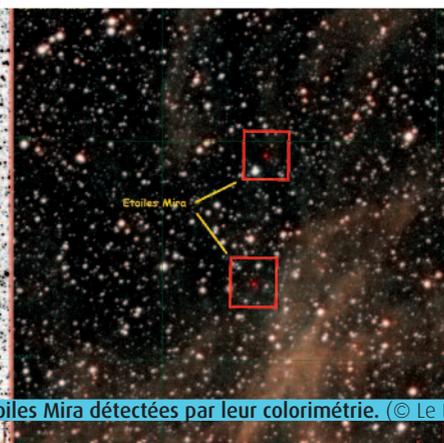
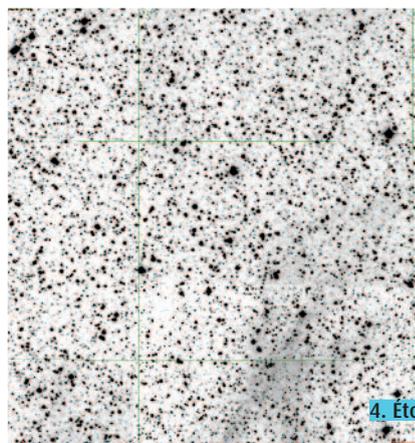
Les champs CCD couverts en ce printemps 2014 (fig. 1) n'ont pas permis de découvrir de nouvelles candidates NP, mais plusieurs NP déjà référencées ont été redétectées, comme la discrète nébuleuse planétaire nommée PN K 3-46 ou celle plus évidente nommée ETHOS 1, preuve que la méthode d'investigation était concluante.

Bien entendu, ce type d'images peu résolues ne sert qu'à repérer des taches suspectes. Une fois localisée, des images complémentaires de meilleure qualité sont nécessaires pour confirmer la présence d'une candidate.





2. Image Aladin avec les champs observés dans la région de Sh2-91.



4. Étoiles Mira détectées par leur colorimétrie. (© Le Dû)

### Choix d'une belle région HII avec Aladin

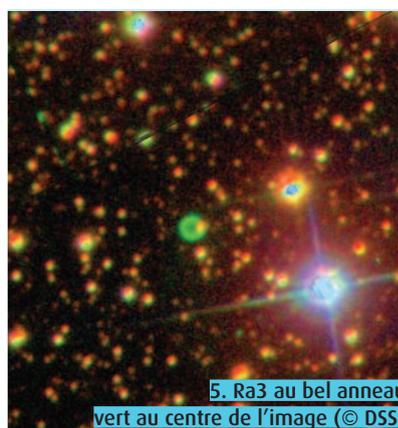
Les champs exploités ont été déterminés avec l'outil Aladin du CDS Portal. Comme le précise Pierre Fernique (observatoire de Strasbourg), son concepteur, Aladin est un atlas interactif du ciel. Ce logiciel permet, entre autres, de visualiser très facilement des images professionnelles et divers catalogues. Celles du DSS nommées « DSS2 Red (F+R) » sont particulièrement bien adaptées pour localiser des régions HII. Aladin permet d'augmenter leur contraste pour mettre en évidence les régions les plus faibles.

En outre, il est également possible de superposer le champ de son capteur sur l'image visualisée, y compris de belles régions d'hydrogène ionisé en dehors des sentiers battus (fig. 2). En imageant ces régions, l'opérateur peut réaliser une image inédite et éventuellement faire des découvertes d'objets inconnus. Ainsi, la figure 2 montre un champ sur une région située au nord de Sh2-91. Pour relever le signal très ténu mais présent en [OIII], en [SII], puis en H $\alpha$ , de nombreuses heures de pose ont été nécessaires (plus de 30 heures au final), mais pour constater que la grande densité d'étoiles masque les gaz ionisés sur l'image composite (fig. 3).

Cette image révèle toutefois deux étoiles avec une colorimétrie très particulière dans le rouge qui pourrait faire penser à des nébuleuses planétaires, mais il s'agit en fait d'étoiles de type Mira qui sont déjà répertoriées (fig. 4).

### EN SCRUTANT DES IMAGES PROFESSIONNELLES DISPONIBLES SUR LE WEB

Cette méthode de recherche reste la plus prolifique. Elle demande évidemment beaucoup moins de travail et ne nécessite



5. Ra3 au bel anneau vert au centre de l'image (© DSS)

qu'une simple connexion Internet. Par contre, elle peut être très rébarbative et exige beaucoup d'assiduité.

### Images du SDSS (Sloan Digital Sky Survey)

● Thierry Raffaelli a scanné de façon méthodique des images en couleurs du SDSS disponibles sur *Skymap.org*. Comme on peut le constater dans les tableaux qui suivent, ses recherches ont été très productives. Il utilisait des images du SDSS2, mais également celles du SDSS-III et du SDSS-II (release 7) qui sont

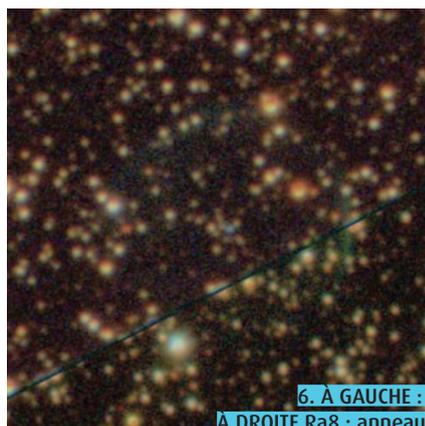
extrêmement contrastées et qui révèlent de façon évidente des candidates NP, comme Ra3 qui ressort fortement avec sa couleur verte presque fluorescente (fig. 5). Ra2 et Ra8 sont particulièrement remarquables, car on distingue un bel anneau circulaire avec au centre une étoile bleue, couleur typique d'une étoile centrale de NP (fig. 6). Ra5 a été débusquée par Thierry dans une des régions les plus imagées du ciel : NGC 7000 (fig. 7 et 8).

● Pendant les périodes de mauvais temps sur la pointe bretonne, Pascal Le Dû consulte régulièrement les images du SDSS pour chercher de nouvelles candidates, et son catalogue s'est complété en conséquence.

● Laurent Ferrero eut la surprise de découvrir une jolie candidate (Fe8) en recherchant un amas globulaire sur *Skymap.org* (fig. 9) !

### Images infrarouges WISE (Wide field Infrared Survey Explorer)

Lionel Mulato préfère quant à lui inspecter des images issues du satellite WISE pour repérer d'éventuelles candidates. En effet, une nébuleuse planétaire peut avoir un signal significatif en infrarouge dans les longueurs d'onde de 12  $\mu$ m et de 22  $\mu$ m. WISE fournit des images à ces longueurs



6. À GAUCHE : Ra2, vaste anneau verdâtre, plus brillant au sud. À DROITE Ra8 : anneau bleuté centré sur une belle étoile bleue (© DSS)

7. Nébuleuse « North America » NGC 7000, image composite en H $\alpha$ , SII, OIII. (© Outters)

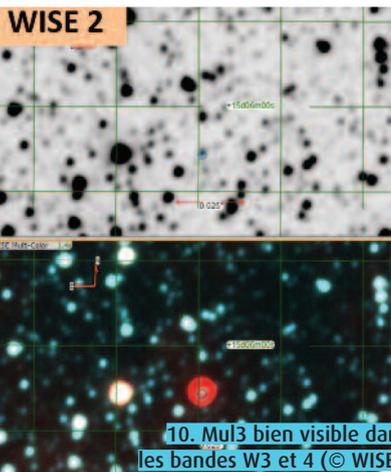
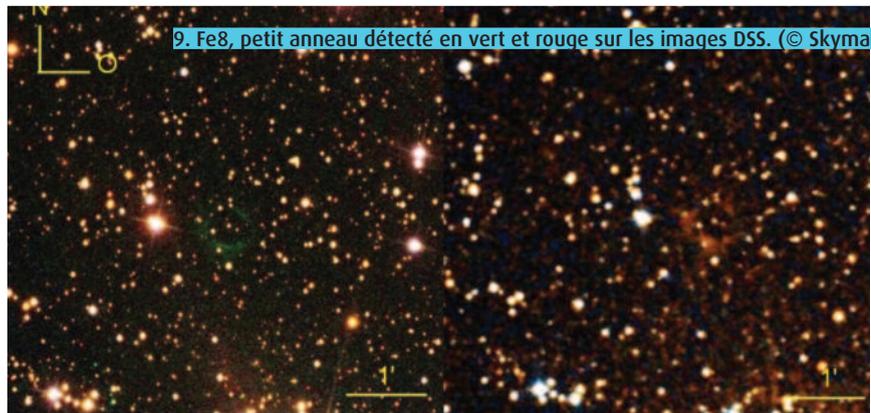


8. Ra5, découverte dans NGC 7000 (en haut, à gauche de la fig. 7). (© Outters)

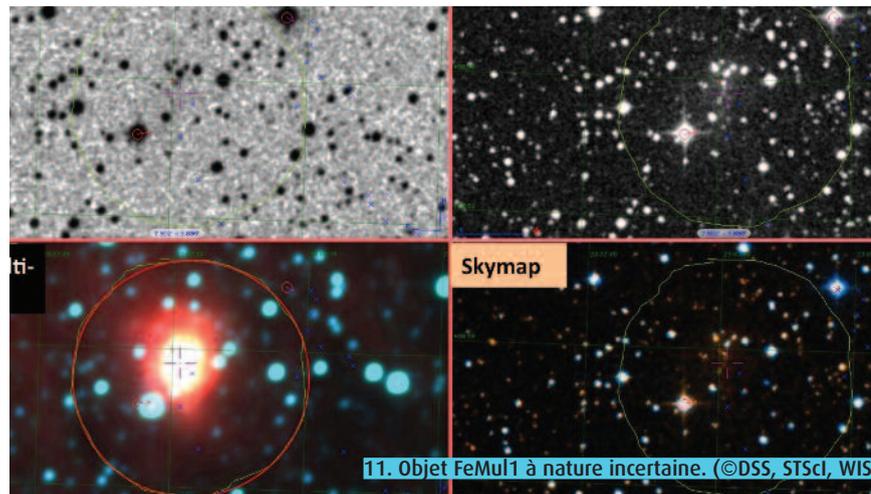


d'onde dans les bandes W3 et W4 (voir l'introduction). Les objets Mul3 et Mul11 (fig. 10) sont de bons exemples de ce type de candidate et Lionel compte à ce jour une dizaine de candidates NP. FeMul1 a été découvert de façon indépendante par Laurent et Lionel (fig. 11); sa morphologie est vraiment atypique. Mul2 et Mul10 ne sont certainement pas des nébuleuses planétaires : Mul10 et FeMul1 ressemblent plus à des galaxies, tandis que Mul2 serait peut-être un rémanent de supernova (fig. 12).

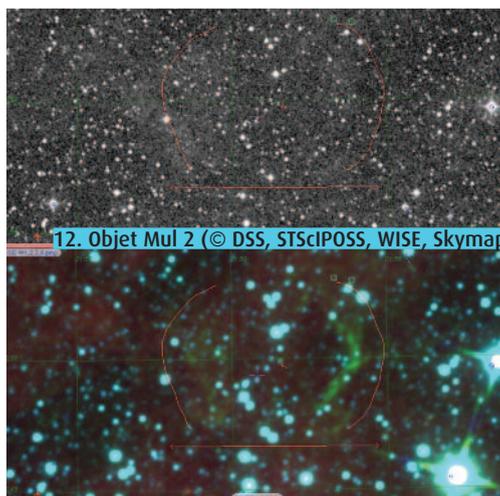
9. Fe8, petit anneau détecté en vert et rouge sur les images DSS. (© Skymap)



10. Mul3 bien visible dans les bandes W3 et 4 (© WISE).



11. Objet FeMul1 à nature incertaine. (©DSS, STScI, WISE)



12. Objet Mul 2 (© DSS, STScI/POSS, WISE, Skymap)

## La découverte de l'amas globulaire le plus lointain de notre Galaxie

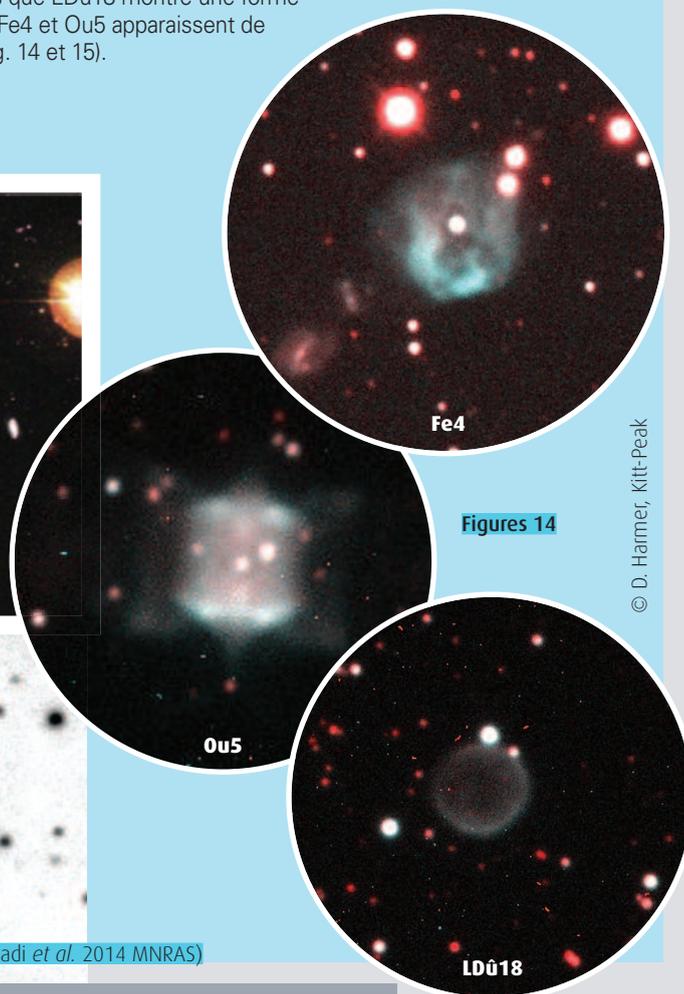
Il a fait l'objet de deux publications début 2014 (arXiv:1403.6593v1 (fig. 13), arXiv:1403.3406v3). Mais cet objet avait déjà été repéré – mais non identifié comme amas – par Pascal Le Dû fin 2012 sur une image du SDSS et portait le nom de LDu11 (*L'Astronomie*, n° 68 de janvier 2014).

## Pour y voir « plus clair » avec des images du KPNO

Par le biais de Matthias Kronberger et avec la collaboration de George Jacoby (collègue américain d'Agnès Acker), certaines candidates NP ont été imagées avec le télescope de 2,1 m de diamètre du KPNO (Kitt Peak National Observatory) : c'est le cas de Fe4, Ou5 et LDu18. Les images ont été réalisées principalement avec des filtres [OIII] et H $\alpha$  par Dianne Harmer. Alors que LDu18 montre une forme parfaitement sphérique, Fe4 et Ou5 apparaissent de morphologie bipolaire (fig. 14 et 15).

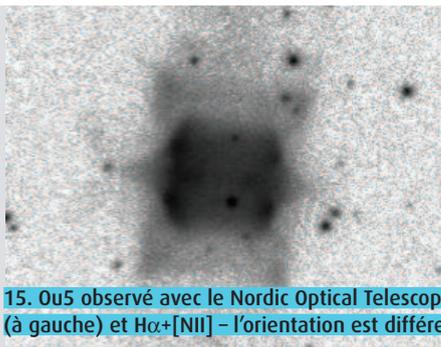


13. Objet LDu11 (à gauche © SDSS), identifié comme amas globulaire.



Figures 14

© D. Harmer, Kitt-Peak



15. Ou5 observé avec le Nordic Optical Telescope (2,60 m) avec des filtres [OIII] (à gauche) et H $\alpha$ + [NII] – l'orientation est différente de celle de l'image KNPO). (© Corradi et al. 2014 MNRAS)

## Validation spectrographique de candidates NP

Pour valider les candidates NP identifiées avec des moyens « amateurs », Agnès Acker et Pascal Le Dû ont organisé en février 2014 une rencontre entre découvreurs de NP et amateurs spécialisés en spectrographie – ces derniers étant déjà impliqués dans des programmes de collaboration avec des professionnels pour l'étude des étoiles Be ou du suivi de la nova Delphinis 2013.

### RÉUNION À L'IAP

Par une fraîche matinée parisienne, des passionnés se sont retrouvés à l'Institut d'astrophysique de Paris (IAP). Autour d'Agnès

Acker étaient réunis les « découvreurs de NP » : Pascal Le Dû, Nicolas Outters, Laurent Ferrero, Stéphane Zoll, Lionel Mulato, ainsi que des amateurs spécialisés en spectrographie : Christian Buil, Olivier Garde et Thierry Lemoult ; Mathieu Conjat et Joël Desbordes, intéressés par la démarche, s'étaient également joints au groupe (fig. 16 en fin d'article).

### Le spectre d'une candidate : à la portée d'un amateur ?

Le spectre d'une candidate NP pourra être pris si tous les paramètres (position, diamètre...)

sont précisés, et accompagnés d'une ou plusieurs images orientées avec une échelle (carte de champ centré sur l'objet). La faisabilité de la démarche était fort discutée : était-il possible d'effectuer un spectre permettant de valider la nature d'une nébuleuse planétaire avec des moyens d'astronomes amateurs ?

● Agnès Acker rappela quelques notions astrophysiques : les radiations émises par les NP sont dominées par les raies vertes de [OIII] et les raies rouges H $\alpha$  + [NII]. Un spectre à basse résolution (R = 1 000) suffit pour vérifier la signature d'une nébuleuse planétaire. Des

propriétés physiques (température et densité électroniques) exigent une résolution plus élevée.

● Christian Buil présente la technique nécessaire pour réaliser des spectres avec un instrument spécifique ; par exemple le spectre de Ou2 pris dans un milieu urbain, avec une optique de 280 mm (fig. 17). Cette réussite enthousiasma les astrophotographes présents, leur prouvant qu'un spectre correct peut être réalisé par un amateur – s'il possède l'outil spectrographe ! Les personnes présentes ont décidé de participer à des conférences, des rassemblements, des communications dans les médias, afin de se perfectionner et de se faire connaître.

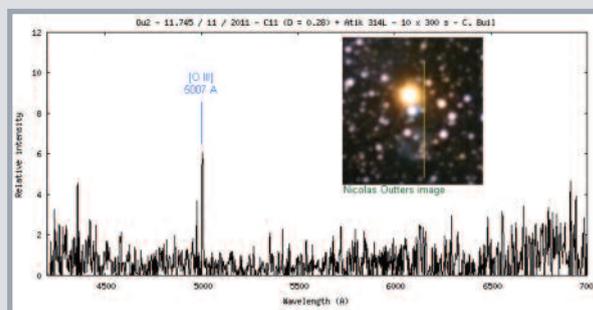
## RÉUNION À L'OHP

### Spectrographie et réalisation du spectre de Ra1

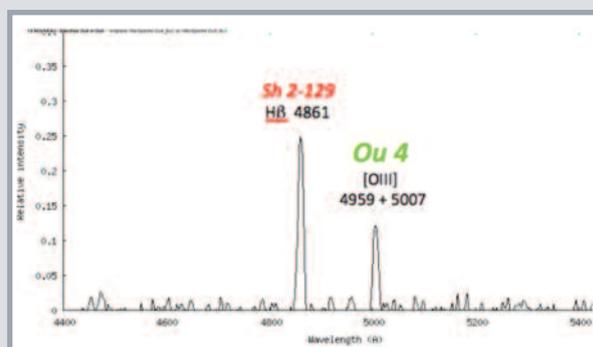
Fin juillet 2014, l'association AUDE (Association des Utilisateurs de Détecteurs Electroniques) avec le concours très actif de la société Shelyak a organisé une rencontre entre astronomes amateurs férus de spectroscopie à l'observatoire de Haute-Provence (OHP). C'était l'occasion idéale pour Pascal Le Dû de voir « sur le terrain » comment il était possible de réaliser le spectre d'une candidate nébuleuse planétaire avec des moyens amateurs.

### Le choix de la cible

Les sujets d'observation pour les astronomes amateurs pendant cette rencontre étaient assez variés. Thierry Lemoult et Olivier Garde choisirent d'observer des candidates nébuleuses planétaires. Christian Buil avait préparé le terrain sur des cibles assez faibles (Ou2, Ou4, Ou5), et dans des conditions urbaines peu favorables (fig. 18). Les détails des prises de vue sont disponibles sur le site <http://www.astrosurf.com/buil/>



17 - Spectre de Ou2 (© Buil)



18. Spectre de Ou4 (© Buil). On note la présence de la raie H $\beta$  de la région H $\gamma$ , Sh 2-91 (la raie H $\beta$  de Ou4 est extrêmement faible), et le doublet [OIII], émission intense de Ou4 (fondue en une seule raie car l'intensité de la raie à 4959 est le tiers de celle à 5007).

Le choix de la nouvelle cible NP s'est porté sur la candidate Ra1, découverte par Thierry Raffaelli (fig. 19). Ra1 est une cible assez lumineuse pour la configuration utilisée par Thierry Lemoult, composée d'une lunette de 130 mm de diamètre à F/D 6, d'un spectrographe LISA à basse résolution muni d'une fente de 50  $\mu$ m de large et d'une CCD ATIK460EX (fig. 20).

### Bien centrer la NP sur la fente

La nébuleuse est invisible dans le « chercheur », seule l'étoile centrale peut être distinguée, si elle est assez brillante, ce qui est très rare. Plus l'objet est faible et entouré de nombreuses étoiles du champ, plus le risque de mauvais

pointage est élevé. De plus, cette erreur ne peut se révéler qu'une fois un premier traitement effectué.

La caméra principale, centrée sur la fente du spectrographe, ne permet pas de visualiser à l'écran le champ observé. Le champ est visible grâce à un petit miroir du LISA qui réfléchit le champ observé vers la caméra de guidage (fig. 20), où une étroite bande « vide » constitue la « fente » ouverte vers le spectrographe qui disperse l'émission de la cible. La cible doit donc être parfaitement placée sur la fente par l'opérateur ; cela est fait en comparant les images obtenues par la caméra de guidage avec la carte de champ de l'objet (cette carte doit être bien détaillée et correspondre autant que possible au champ exact vu par la caméra de guidage).

Un calage astrométrique précis (tenant aussi compte de la position de l'objet observé par rapport à l'horizon) permettrait de positionner la fente avec précision ; c'est le cas pour certains spectrographes professionnels. Thierry Lemoult et Stéphane Charbonnel ont étudié le sujet côté logiciel (PRISM), et ce travail a porté ses fruits, permettant à Thierry de découvrir une vingtaine d'étoiles B à émission et de réaliser plus de 1500 spectres en observation totalement automatique !

### Calibrer le spectre en longueurs d'onde et en flux

Des acquisitions sur une lampe au tungstène ont permis de réaliser les *flat-field*, après les spectres de prétraitement habituels en dark et off-set.

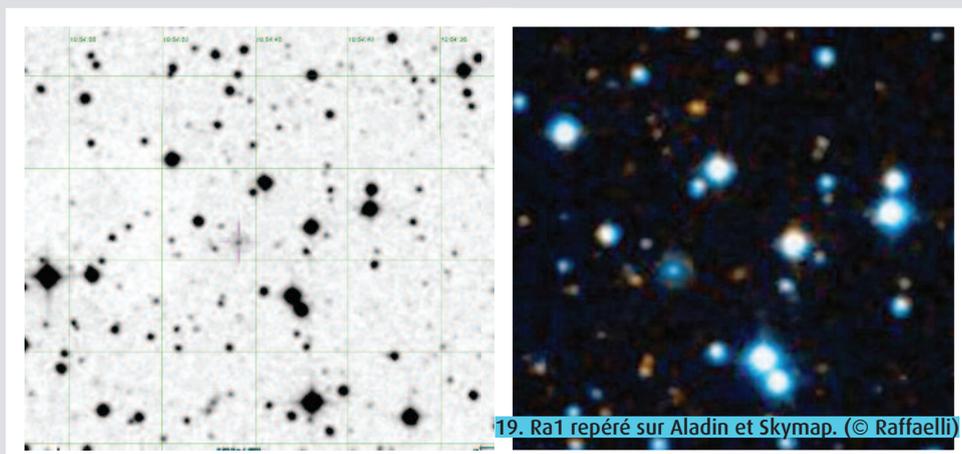
Le calibrage en longueur d'onde se fait généralement avec une lampe au néon dont la position des raies est parfaitement connue, mais le spectre de cette lampe est très faible dans le bleu.

Aussi observe-t-on une étoile de type A, dont le spectre de référence est bien étalonné en longueur d'onde et en flux. En choisissant une étoile A située à proximité de la cible, on peut déterminer la « réponse instrumentale » et ainsi effectuer le calibrage en flux – corrigé aussi des effets perturbateurs de l'atmosphère et de l'instrument.

### Le spectre de Ra1 réussi !

Comme pour l'imagerie, un long temps de pose est nécessaire pour ces cibles à faible luminosité. Pour Ra1, huit poses unitaires de dix minutes ont été additionnées.

À l'aide du logiciel ISIS, le traitement des images acquises pendant la nuit a été fait. Le spectre caractéristique d'une nébuleuse planétaire apparaît clairement sur le spectre traité de Ra1, identification confirmée par Agnès Acker (fig. 21). Ra1 est la première nébuleuse



19. Ra1 repéré sur Aladin et Skymap. (© Raffaelli)



1

NOM	N° PN G	AD (J2000)	DEC (J2000)	Dim. (min(''))	Origine	Type d'objet	IPHAS ou autres noms	publié 12/14	Image [OIII]	- spectre
Fe 1	045.7-03.8	19 28 47.00	+09 34 36.0	0,9	Skymap.org	NP probable	J192847.3+093436	Rev12 A14	OIII (Outters)	
Fe 2	097.4+12.3	20 38 09.15	+61 55 05.0	0,7	Skymap.org	Possible NP		A14		
Fe 4	030.6-16.4	19 46 31.00	-09 21 18.0	0,5	Skymap.org	NP		A14	OIII (KPNO)	
Fe 6	129.6+03.4	01 56 25.25	+65 28 29.1	0,5	Skymap.org	NP	J015625.5+652827	A14		
Fe 8	131.0+03.7	02 10 10.64	+65 25 15.3	0,8 x 0,7	Skymap.org	Possible NP				
Ga 1	195.7-15.0	05 25 56.63	+07 48 21.7	0,5	Skymap.org	Possible NP				
Jo 1	099.0+03.0	21 40 32.51	+56 47 55.0	0,2	Image Jobard	Possible NP	J214032.5+564752		A&A09	
LD0 1	094.5-00.8	21 36 06.35	+50 54 04.80	2,2	Image Le Du	NP probable	J213606.0+505413	Rev 12 A14	OIII (Le Du)	
LD0 2	083.4+05.0	20 24 50.63	+46 22 24.40	20.1 x 11.7	Image Le Du	NP ? ou RSN ?		A14	OIII (Le Du)	
LD0 3	136.7+01.4	02 50 03.48	+61 08 31.96	2	Image Le Du	NP probable		A14	OIII (Le Du)	
LD0 5	227.3+06.5	07 41 34.79	-09 42 01.90	0,6	Skymap.org	Possible NP		A14		
LD0 12	112.4-00.3	23 23 59.64	+60 45 00.90	2,3	Image Le Du	Possible NP		A14		
LD0 13	114.4+00.0	23 38 40.43	+61 41 40.90	0,9 x 0,7	Image Le Du	NP probable	J233841.4+614146	A14	OIII (Le Du)	
LD0 14	137.7+03.3	03 04 21.70	+62 18 01.30	1	Skymap.org	NP probable	J030421.3+621801	A14		
LD0 15	351.2-79.5	00 14 02.47	-33 45 19.10	0,6	Skymap.org	Possible NP				
LD0 18	093.8-00.2	21 29 52.51	+50 54 19.18	0,4	Skymap.org	NP		A14	OIII (KPNO)	
LD0 19	077.6+17.5	19 04 10.44	+47 15 18.50	0,25	Skymap.org	Possible NP				
LD0 20	243.2+04.7	08 09 00.47	-24 15 44.40	0,4	Skymap.org	Possible NP				
LD0 21	079.5-03.8	20 49 56.55	+37 54 05.80	0,2	Skymap.org	Possible NP	Riddle PN J2050.0+3753 ?			
LD0 22	068.2+08.4	19 27 45.62	+35 08 57.30	1,6 x 1,0	Skymap.org	Possible NP				
LD0 23	082.6+08.7	20 03 48.86	+47 44 01.50	0,3	Skymap.org	Possible NP				
LD0 24	081.9+11.7	19 46 03.44	+48 35 09.50	0,3	Skymap.org	Possible NP				
LD0 25	050.0-08.7	19 54 53.78	+10 54 30.00	0,2	Skymap.org	Possible NP				
LD0 26	045.6-22.8	20 35 22.79	+00 12 52.00	0,7	Skymap.org	Possible NP				
LD0 27	044.0-21.2	20 27 02.79	-00 17 32.00	1	Skymap.org	Possible NP				
LD0 28	075.8-17.7	21 28 26.76	+54 11 01.60	0,4	Skymap.org	Possible NP				
Mul 1	054.0-03.5	19 44 22.71	+16 55 59.1	2,6 x 1,9	Image Mulato	NP probable	J194422.5+165605	A14	OIII (Mulato)	
Mul 2	119.4+01.0	00 19 42.43	+63 43 21.5	0,1	WISE	Possible NP				
Mul 3	048.9+01.8	19 14 23.64	+15 04 55.3	0,1	WISE	Possible NP				
Mul 4	073.4+01.5	20 10 17.90	+36 13 09.0	0,1	Image Mulato	NP probable			OIII (Mulato)	
Mul 5	056.1-03.8	19 49 53.70	+18 40 15.1	0,2	WISE	Possible NP				
Mul 6	056.2-03.5	19 49 00.03	+18 49 52.6	0,1	WISE	Possible NP				
Mul 7	056.6-12.0	20 20 25.28	+14 46 50.9	0,2	WISE	Possible NP				
Mul 8	129.7-07.1	01 38 42.98	+55 04 58.4	0,6	WISE	Possible NP				
Mul 9	049.1+02.5	19 12 17.93	+15 33 50.4	0,1	WISE	Possible NP				
Ou 2	120.4-01.3	00 30 57.16	+61 24 37.4	1,3	Image Outters	NP	J003057.1+612433	Rev12 A14	OIII (Ou)	Sp(Rev12,Buil)
Ou 3	059.2+01.0	19 38 16.81	+23 45 45.8	1,5	Image Outters	NP probable	J193817.6+234549	Rev12 A14	OIII (Outters)	
Ou 4	098.5+08.0	21 11 48.20	+59 59 12.0	69,4 x 19,8	Image Outters	bipolaire ? éjections* massive ? (A&A)		Rev12 A14	OIII (A&A)	Sp(Rev12,A&A)
Ou 5	086.9-03.4	21 14 20.0	+43 41 35.0	0,6 x 0,8	Image Outters	NP	J211420.1+434136		OIII (MN14)	Sp(MN14)
Ou 6	072.0+02.2	20 03 53.54	+35 22 50.4	0,2	Image Outters	NP probable	J200353.5+352251	A14	OIII (Outters)	
Ra 1	066.5+15.1	18 54 45	+36 30 12	0,3	Image Raffaelli	NP		A14		Sp (Lemoult)
Ra 2	048.9+04.3	19 05 12	+16 13 44	1	Skymap.org	Possible NP				
Ra 3	050.1+03.1	19 12 10	+16 46 33	0,1	Skymap.org	Possible NP	Li 1	APN13		
Ra 4	077.3-04.0	20 44 13	+36 07 38	0,3	Skymap.org	Possible NP				
Ra 5	086.2-01.2	21 02 38	+44 46 42	0,2	Skymap.org	NP possible	J193740.6+203548		OIII (?)	
Ra 6	082.2+09.0	20 00 59	+47 34 11	0,3	Skymap.org	Possible NP				
Ra 7	040.8-09.7	19 40 43	+02 30 32	2,3	Skymap.org	Possible NP				
Ra 8	078.3+10.2	19 43 46	+44 49 49	0,5	Skymap.org	Possible NP				
Ra 9	063.7-10.5	20 31 09	+21 21 41	1,5	Skymap.org	Possible NP				
Ra 10	086.5+01.8	20 50 13	+46 55 18	0,8	Skymap.org	NP probable			OIII (Raffaelli)	
Ra 11	086.5+01.8	18 25 15	+00 02 03	0,4	Skymap.org	Possible NP	Pa 34	APN13		
Ra 12	055.6+06.8	19 08 29	+23 18 25	0,2	Skymap.org	Possible NP				
Ra 13	069.3+03.0	19 53 47	+33 30 19	0,1	Skymap.org	Possible NP				
Ra 14	090.2+16.7	19 39 44	+58 02 11	3,7	Skymap.org	Possible NP				
Ra 15	072.0+08.0	19 38 36	+38 18 34	0,4	Skymap.org	Possible NP				
Ra 16	058.1-03.7	19 53 43	+20 26 34	0,3	Skymap.org	Possible NP				
Ra 17	059.1-01.4	19 47 28	+22 28 24	0,3	Skymap.org	Possible NP				
Ra 18	130.2+00.7	01 55 39	+62 40 20	1	Skymap.org	Possible NP				
Ra 19	129.7-07.0	01 39 21	+55 12 14	1,3	Skymap.org	Possible NP				
Ra 20	044.6-14.8	20 05 48	+03 19 38	0,2	Skymap.org	Possible NP				
Ra 21	111.0+02.8	23 02 57	+63 13 07	0,3	Skymap.org	Possible NP				
Ra 22	130.5-14.7	01 34 56	+47 29 39	2,5	Skymap.org	Possible NP				
Ra 23	032.1+00.1	18 49 32	-00 38 08	0,2	Skymap.org	Possible NP				
Ra 24	056.4 -00.3	19 37 40	+20 35 47	0,5	Skymap.org	Possible NP				
RaMul 1	101.1-02.4	22 16 30	+53 42 19	0,6	Skymap.org	Possible NP				
Zol 1	086.8+01.2	20 53 49.6	+46 46 47	0,6	Image Zoll	NP probable	J205350.1+464648	A14	OIII (Zoll)	

OIII (auteur de l'image)  
A14 : //Astronomie janvier 2014  
A&A09 : Viironen *et al.* 2009, *Astronomy&Astrophysics*, 504, 291-301  
A&A14 : Corradi *et al.* 2014, *Astronomy&Astrophysics*  
Rev12 : Acker *et al.* 2012, *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*, 48, 223-233  
MN14 : Corradi *et al.* 2014, *Monthly Notices R.A.S.*  
APN13 : Kronberger *et al.* 2013, Poster « Asymmetrical Planetary Nebulae VI » (Mexico)  
Un objet n'est classé NP que si un spectre en confirme la nature.



20. Champ observé sur la caméra de guidage, avec la cible bien placée sur la fente.

2

Découvreur	Nom	AD J2000	Déc. J2000	Dim. (")	Origine image	Type d'objet
L. Ferrero - L. Mulato	FeMul 1	23 02 30	+58 57 55	1 x 0,8	WISE	Néb. diffuse amorphe, galaxie ?
Pascal Le Dù	LDù objet 1	19 42 27	-17 01 06	0,4	Skymap.org	Galaxie ?
	LDù objet 2	06 07 37	-27 55 19	0,2	Skymap.org	Galaxie ?
	LDù objet 3	19 08 55	+35 27 24	0,1	Skymap.org	Galaxie ?
	LDù objet 4	19 45 37	+48 38 27	0,2 x 0,4	Skymap.org	Galaxie ? amas ?
	LDù objet 5	21 13 09	+46 22 32	2,6 x 2,6	Skymap.org	Nébuleuse diffuse ?
	LDù objet 6	19 52 06	+09 44 07	0,2	Skymap.org	Galaxie ?
	LDù objet 7	20 11 00	+01 40 57	0,5	Skymap.org	Galaxie ?
Lionel Mulato	Mul objet 1	21 55 42	+66 49 50	8,4 x 4,5	WISE	Rémanent de SN ?
	Mul objet 2	23 59 53	+63 57 01	-	WISE	Galaxie ?
Thierry Raffaelli	Ra objet 1	19 49 53	+18 40 14	0,3	Skymap.org	Simple étoile ?
	Ra objet 2	19 50 57	+33 47 32	0,3	Skymap.org	Simple étoile ?
	Ra objet 3	04 56 28	+50 17 18	1,3	Skymap.org	Simple étoile ?
	Ra objet 4	19 00 06	+30 38 02	0,3	Skymap.org	Galaxie ?
	Ra objet 5	05 16 17	+27 27 23	1,2	Skymap.org	Région HII ?

planétaire à être découverte par un astronome amateur français, et à être confirmée par spectroscopie également par un amateur français.

Un amateur peut donc réaliser des spectres sur les objets très peu lumineux que sont les candidates NP. Ce ne sont pas des cibles faciles et les techniques actuelles nécessitent beaucoup de rigueur pour obtenir un bon spectre. Mais avec l'engouement qui naît pour la spectroscopie, de nouveaux spectres vont certainement confirmer de nouvelles candidates.

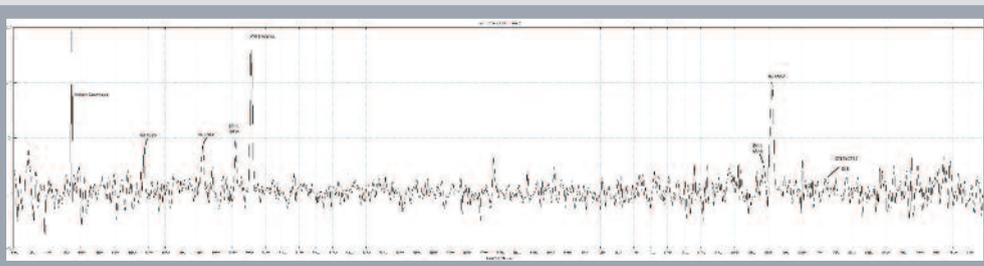
dans la Galaxie ; étudier la morphologie des NP ; détecter une éventuelle binarité des noyaux de NP à travers le suivi de leur luminosité.

### Une page web dédiée aux amateurs

Une page web collationnera les observations effectuées par des amateurs, décrivant les démarches à suivre pour inspecter une image et en étudier un spectre. Une liste de contacts sera donnée.

Pour 2015, une nouvelle base de données, exhaustive, intégrant environ 3 300 NP galactiques, est construite à l'université Macquarie de Sydney, par Ivan Bojicic et Quentin Parker, avec une contribution d'Agnès Acker. La base sera disponible au CDS de Strasbourg. Pour chaque objet, un ensemble d'images est donné sur la page « Gallery », qui est complétée par les pages « spectre » (dont les spectres IPHAS) et « données générales » disponibles.

Ainsi, les amateurs peuvent s'impliquer de plus en plus dans des programmes de recherche et de collaboration avec des professionnels. L'avenir dans ce domaine est vraiment ouvert à tout astronome amateur qui veut s'y investir, à condition de disposer d'un matériel de haut niveau, et de consacrer du temps aux observations astronomiques et à leur réduction et analyse.



21. Spectre de Ra1 observé par Thierry Lemoult. (© LISA, ISIS)

## BILAN DES DÉCOUVERTES EN FRANCE

Depuis 2008, les amateurs français ont découvert 88 objets, dont 66 nébuleuses planétaires probables ou possibles : la plupart de ces objets ont été détectés à partir d'images professionnelles du SDSS disponibles sur le site [Skymap.org](http://Skymap.org) (tableaux 1 et 2).

Les découvertes par les amateurs français représentent environ le dixième des découvertes professionnelles, en ces presque deux ans. Cette impressionnante production est due (1) au matériel d'observation de plus en plus performant, (2) aux logiciels qui ne cessent d'évoluer et de s'adapter, (3) aux données accessibles sur le Web, (4) à l'émulation enthousiaste des premiers découvreurs, et à la collaboration assurée de professionnels. Les réalisations des astrophotographes amateurs sont un précieux apport en trois domaines, contraignant les modèles d'évolution stellaire : connaître le nombre de NP observées

16. L'équipe réunie à l'IAP, de gauche à droite : Thierry Lemoult, Olivier Garde, Christian Buil, Joël Desbordes, Lionel Mulato, Stéphane Zoll, Mathieu Conjat, Agnès Acker, Nicolas Outters, Pascal Le Dù, Laurent Ferrero. (© Ferrero)

