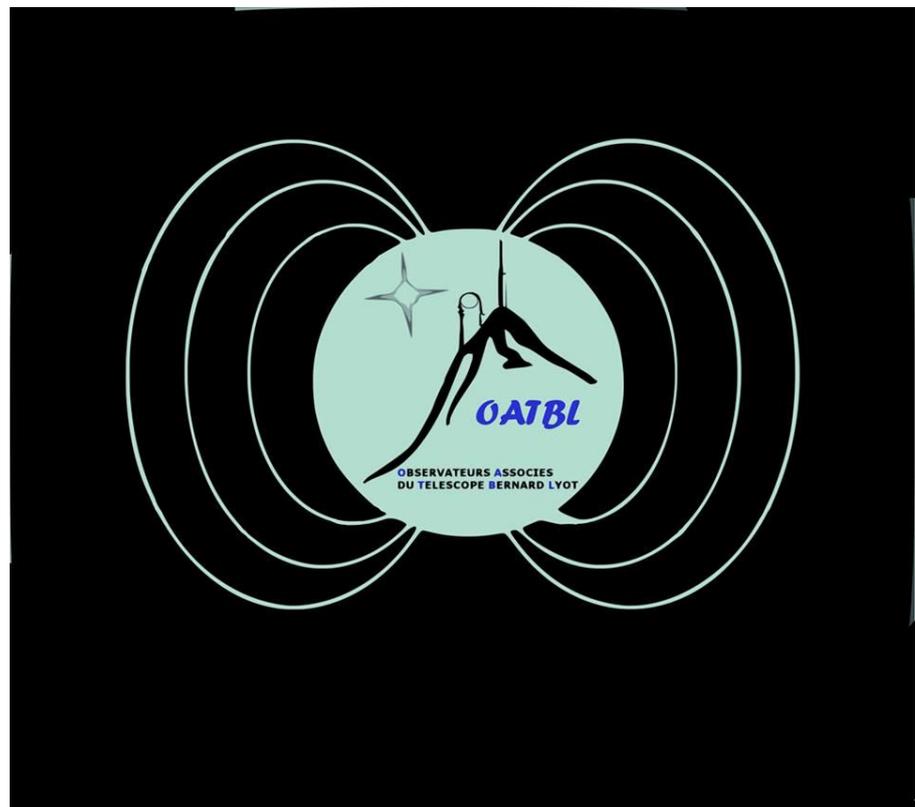


RAPPORT SCIENTIFIQUE

A



01/11/2018

Actions des OATBL au cours de l'année
2017/2018

Ce rapport présente un résumé des principales actions prises par les membres des OATBL afin d'analyser les spectres obtenus grâce au temps discrétionnaire au télescope Bernard Lyot du Pic du Midi. Les perspectives pour l'année 2018/2019 et des idées de cibles potentielles sont également présentées. Ce rapport a été rédigé par Anica Lekic avec les figures de Jean-Paul Godard, Alexandre Cazaux, Oscar Corvi, Yoann Audet.

Rapport scientifique

Actions des OATBL au cours de l'année 2017/2018

Table des matières

RAPPEL SUR LES OBJECTIFS DES OATBL	1
INTRODUCTION	1
I. ACTIONS SCIENTIFIQUES DU BUREAU DES OATBL	2
II. ACTIONS SCIENTIFIQUES DES MEMBRES AVEC UN STATUT ETUDIANT	10
III. BILAN DES CIBLES DEJA EFFECTUEES ET PERSPECTIVES POUR 2018/2019	17
CONCLUSION	22

Rappel sur les objectifs des OATBL

L'association des observateurs associés au télescope Bernard Lyot (OATBL) a pour objectif de suppléer les observateurs de service statutaires au Pic du Midi. L'association est en partenariat avec l'OMP et envoie régulièrement des amateurs afin d'exercer des tâches d'observation de service. Le planning des observations est établi pour chaque semestre et les amateurs peuvent monter seul ou à deux sur des créneaux vacants afin de remplacer les observateurs statutaires.

Initialement, les OA avaient pour objectif de lancer de d'enregistrer les observations pour le compte des professionnels. Cependant, depuis la mise en place d'un partenariat avec l'OMP, les OA peuvent demander, si leur planning de mission a bien été respecté, du temps discrétionnaire afin de proposer une cible pour le compte des amateurs. La liste des cibles est gérée par le bureau des OATBL, via le responsable scientifique ⁱet le président de l'associationⁱⁱ. C'est dans ce cadre que se place la rédaction de ce rapport.

Introduction

Ce rapport a pour objectif de faire le bilan des activités de recherche et d'exploitation des données obtenues par les amateurs de l'association au cours de l'année 2017/2018. Il s'agit de réunir et d'articuler entre eux les travaux des membres : conception de logiciels aidant au traitement des données, ou réflexion sur la théorie.

Les membres de l'association sont de plus en plus actifs et cherchent à comprendre et interpréter les spectres qu'ils enregistrent lorsqu'ils obtiennent du temps discrétionnaire au Télescope Bernard Lyot du Pic du Midi (TBL). Leur action n'est donc plus uniquement de monter au sommet du Pic ou d'y faire du tourisme mais bel et bien de participer à leur échelle à la recherche en astronomie. Le temps

discrétionnaire pour chaque Observateur associé (OA) est d'une heure pour une montée d'une semaine et d'une demie heure pour des missions plus courtes. C'est lors de ce temps discrétionnaire que chaque OA peut demander au bureau de l'association la liste des cibles des amateurs afin de faire une demande d'observation.

Nous allons présenter en trois parties les travaux de nos membres ainsi que les perspectives pour l'année 2018/2019 concernant les prochaines cibles potentielles des OATBL ainsi que les possibilités offertes aux étudiants d'écoles d'ingénieur de se perfectionner en ingénierie optique et en analyse de données, tout en exploitant les spectres obtenus au TBL.

I. Actions scientifiques du bureau des OATBL

1. Les cibles à haute métallicité

Le programme de recherche des OATBL, appuyé par le bureau de l'association, est une campagne de mesure de spectroscopie d'étoile dites à haute métallicité. La métallicité en astrophysique correspond à la fraction de la masse de l'étoile qui n'est pas constitué d'hydrogène ou d'hélium, donc d'éléments plus lourds dits « métaux ». L'indice de métallicité peut s'exprimer comme le rapport des abondances de l'hydrogène et du fer dans un objet astrophysique $[Fe/H]$. La métallicité des étoiles permet aux astronomes de déterminer la composition de l'atmosphère de l'étoile étudiée, mais ne présage pas nécessairement du contenu en métaux de cette étoile. Néanmoins, en connaissant la métallicité d'une étoile, on peut étudier les phénomènes de diffusion des éléments dans l'étoile, conséquence de la rotation de celle-ci, de la pression de radiation ou bien du magnétisme.

Ce sont donc des objets intéressants à étudier même pour des amateurs. Les étoiles proposées par le bureau des OATBL sont toutes à haute métallicité. La campagne lancée par les OATBL a permis déjà de recenser et mesurer les spectres au TBL de 32 étoiles à haute métallicité. Certaines de ces étoiles peuvent être des candidates pour la spectro-polarimétrie et l'étude du champ magnétique stellaire de ces dernières. Il faut alors un outil de diagnostic pour déterminer si une étoile peut être observée en spectro-polarimétrie.

Le spectre des étoiles du programme des OATBL est en général un spectre constitué de raies d'absorption. En effet, l'atmosphère de l'étoile absorbe le rayonnement produit par l'étoile dans notre direction et réémet de manière isotrope : le spectre de raies d'absorption est produit et ces raies caractérisent les éléments présents dans l'atmosphère de l'étoile. On rappelle également que grâce à la théorie du corps noir, on peut dire que couleur et température d'une étoile sont liées.

La raie la plus caractéristique pour les étoiles considérées est la raie de l'hydrogène. On considère qu'il est intéressant d'étudier les raies de la série de Balmer, les raies de l'hydrogène, car ce sont les plus intenses, l'élément hydrogène étant le plus abondant. L'étude des spectres obtenus par les OATBL est donc surtout axée sur l'étude de la série de Balmer et notamment la raie $H\alpha$ la plus intense. Par ailleurs, afin de statuer sur la possibilité d'obtenir des mesures de spectro-polarimétrie pour les étoiles cibles, il faut également étudier la raie du Fer à 630 nm car elle est sensible à la polarisation et peut alors indiquer l'existence d'un fort champ magnétique. En effet, le facteur de Landé (paramètre caractérisant l'influence plus ou moins grande d'un champ magnétique sur une raie) de cette raie est très important et si un champ magnétique est intense sur l'étoile en question, alors la raie sera dédoublée par effet Zeeman. On verra cet effet plus loin dans ce rapport.

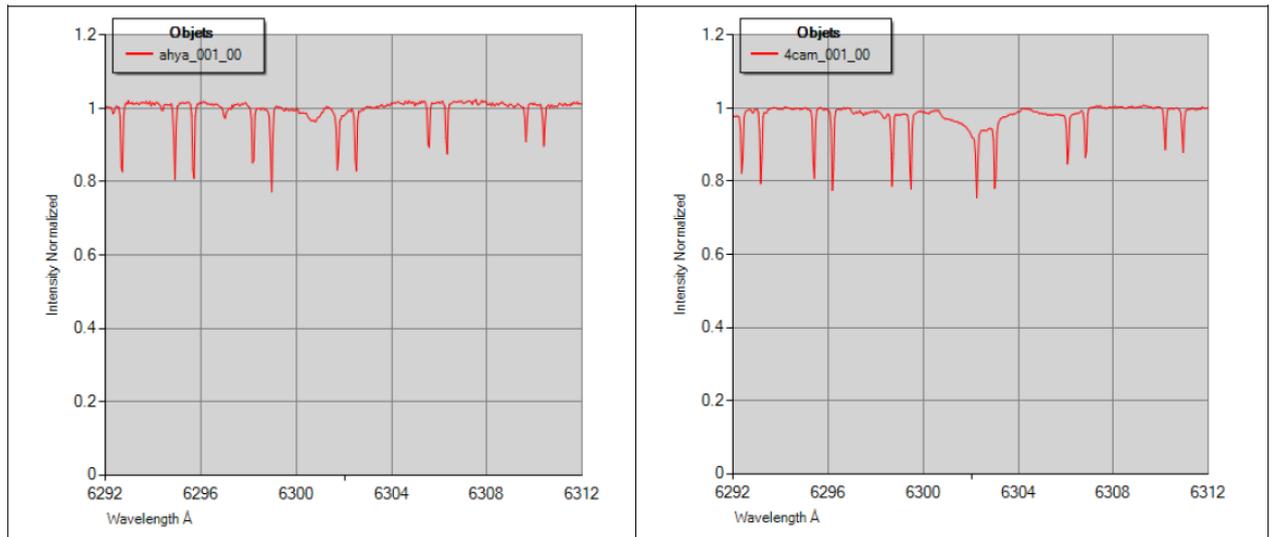


Figure : Visualisation de la raie du Fer et de sous dédoublement à cause de l'effet Zeeman (signature de l'influence d'un champ magnétique sur cette raie à grand facteur de Landé) par les membres des OATBL grâce au logiciel OATBL2fits.

Le bureau de l'association a mis en place pour les membres un utilitaire sous EXCEL puis au cours de l'année 2017-2018 un logiciel qui permet de visualiser le spectre et d'afficher les ordres et raies voulues. Ce logiciel s'appelle OATBL2fits et le bureau le met à disposition des OATBL sur le site de l'association. Ce logiciel a permis d'obtenir de beaux spectres que l'on peut voir sur les figures suivantes et qui sont centrés sur la raie la plus intense de la série de Balmer, comme indiqué précédemment. Les membres continuent à dépouiller les spectres des étoiles du programme d'observation en temps discrétionnaire. De nouveaux spectres seront donc disponibles pour le prochain compte-rendu sur les actions scientifiques des OATBL.

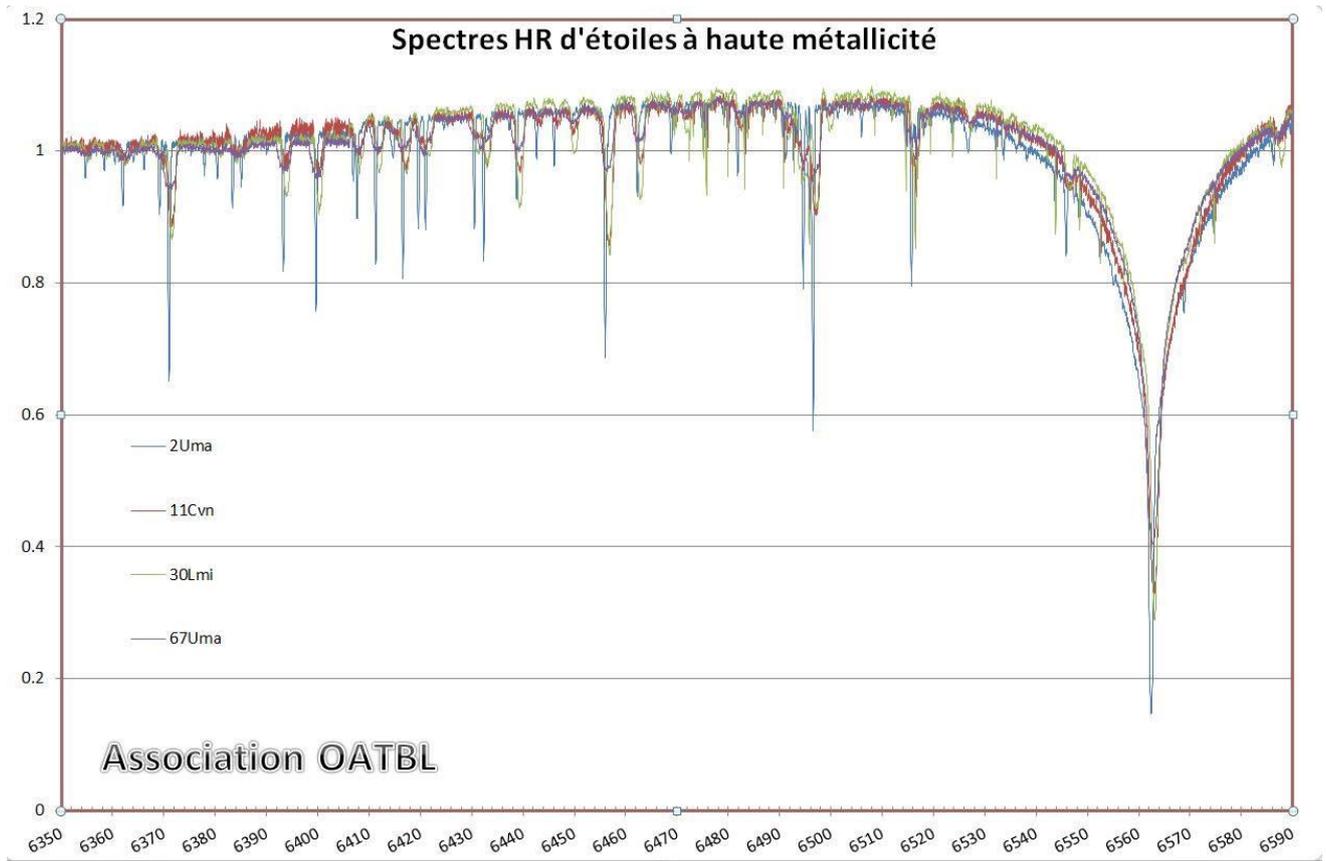


Figure : spectres normalisés à 1 de 4 étoiles à haute métallicité obtenus par les OATBL avec l'utilitaire OATBL2fits

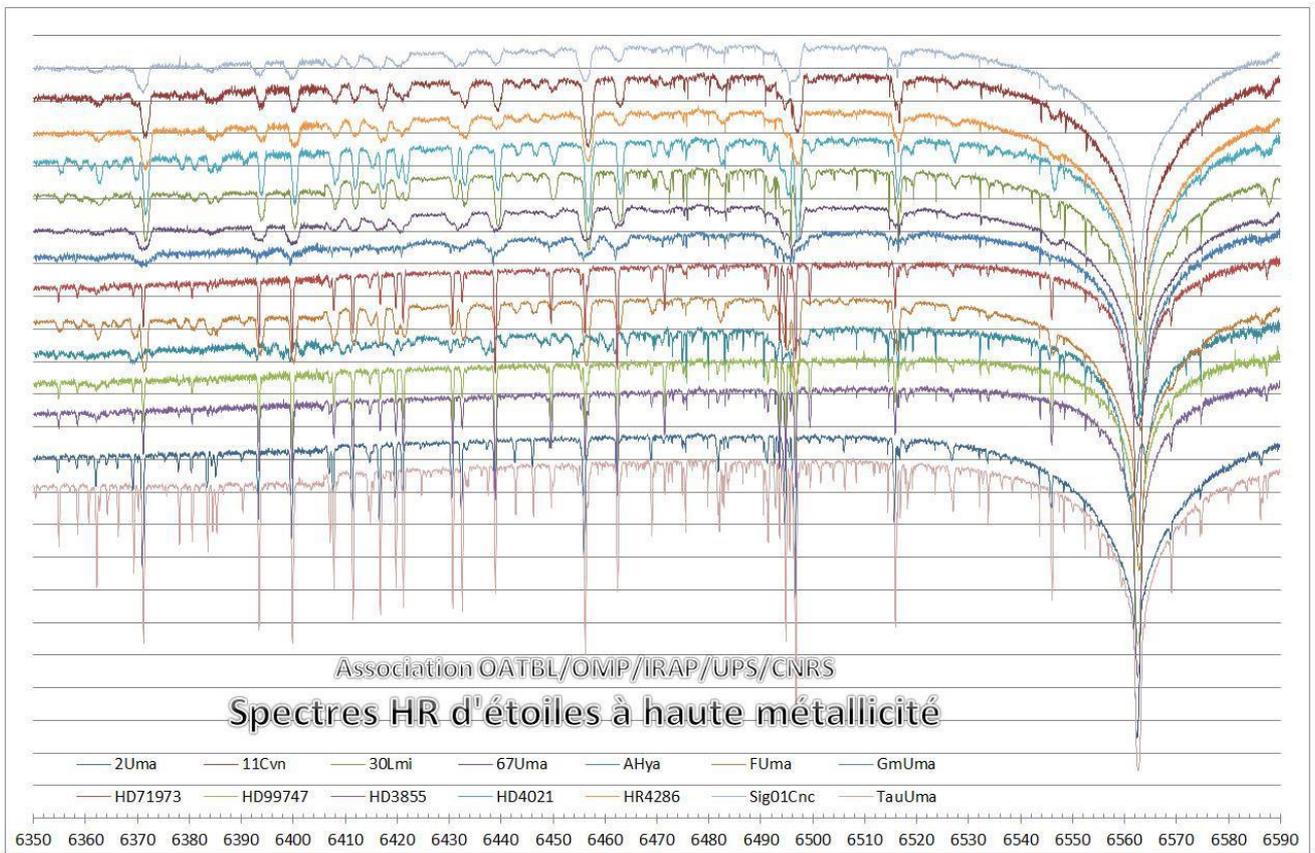


Figure : spectres non normalisés de 14 étoiles à haute métallicité obtenus par les OATBL avec l'utilitaire OATBL2fits

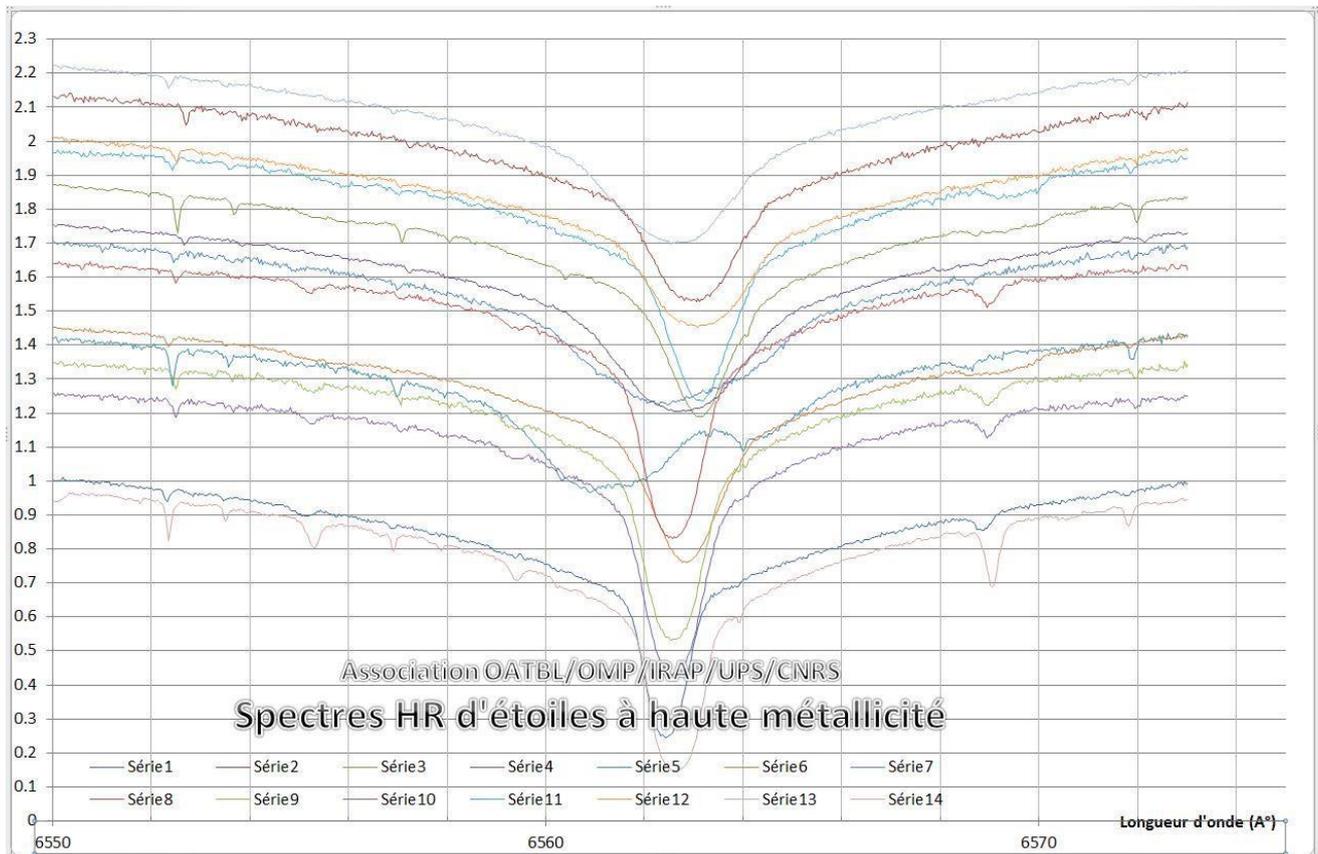


Figure : spectres non normalisés de 14 étoiles à haute métallicité obtenus par les OATBL avec l'utilitaire OATBL2fits : zoom sur la raie H α

2. Les cibles ponctuelles d'intérêt scientifique

Les OATBL sont des amateurs très actifs et très réactifs. Lorsqu'il se produit un événement astronomique majeur pour la communauté scientifique, les amateurs sont tout de suite prêts à se tourner vers la cible et à la scruter en utilisant le matériel à leur disposition. C'est ce qu'il s'est passé en septembre 2017 dans le cadre du temps discrétionnaire qu'ont pu utiliser les OATBL.

En effet, les membres ont pu participer à la campagne d'observation de la binaire à éclipse VV Cep qui justement rentrait à ce moment là dans une phase d'éclipse dont le maximum était aux alentours de septembre 2017. Grâce au télescope Bernard Lyot, les membres des OATBL ont pu utiliser le temps discrétionnaire alloué afin de suivre sur plusieurs jours en effectuant la mesure de plusieurs spectres de cette binaire à éclipse. Il est toutefois utile de rappeler en quoi VV Cep est intéressante et pourquoi les OA ont pris part à cette campagne de mesure.

Le système binaire VV Cephei situé à 4900 années-lumière est constitué de deux étoiles : une super géante rouge froide (type M2) avec un compagnon petit et chaud (B0-2V). La binaire à éclipse VV Cep a une période de 20,4 ans. L'étoile principale, la super géante a une masse d'environ 20 masses solaires. La magnitude de VV Cep est aux alentours de 5. L'éclipse se produit lorsque la supergéante rouge passe devant son compagnon, l'étoile B chaude. Cette éclipse dure 650 jours. La phase d'éclipse a commencé en août 2017 et durera presque 2 ans en tout. Une campagne internationale d'observation a été lancée pour les professionnels et les amateurs que ce soit en

photométrie ou en spectrométrie. Les OATBL ont répondu positivement à cet appel en utilisant du temps discrétionnaire en septembre 2017 ainsi qu'en janvier 2018 pour mesurer des spectres à haute résolution au TBL lors des montées du bureau de l'association notamment. Des données pendant l'éclipse sont utiles mais les amateurs sont encouragés à fournir des données en dehors de l'éclipse également.

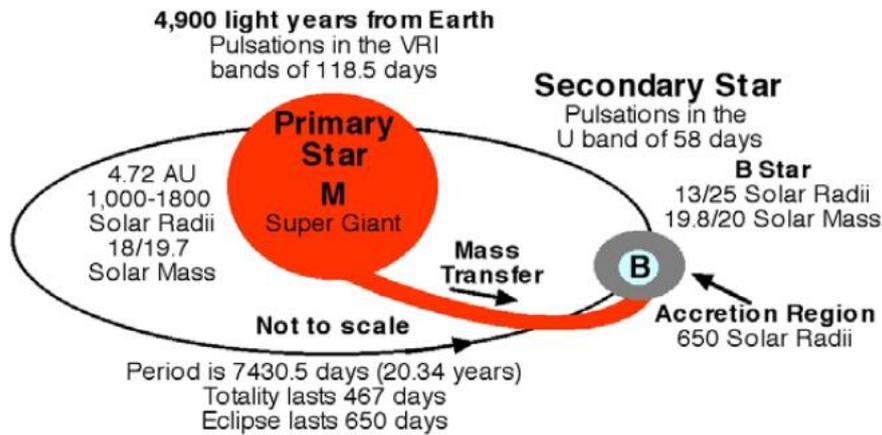


Figure : schéma du système binaire VV Cephei (source : document officiel de campagne de VV Cep, Université de Phoenix, Arizona)

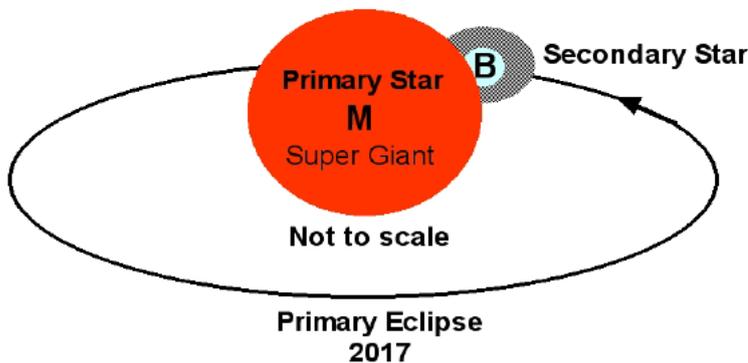


Figure : le compagnon de l'étoile principale passe derrière la super géante : début de l'éclipse en août 2017 (document officiel campagne d'observation Université de Phoenix, Arizona)

Les besoins en spectres concernant autant les spectres à basse résolution, possible à obtenir avec du matériel amateur que les spectres à haute résolution. Le TBL permet d'obtenir ces spectres à haute résolution intéressants pour la communauté scientifique en phase d'éclipse et en dehors. Certaines raies sont observées en priorité comme par exemple les raies de la série de Balmer. La mesure de la raie H α permet, en dehors de la phase d'éclipse, d'avoir une idée sur l'émission du disque d'accrétion autour de l'étoile compagnon. Les spectres à basse résolution ne permettent pas d'avoir une séparation de la raie H alpha suffisante. En revanche, on peut avoir une idée du spectre complet dans le visible de ce système binaire comme présenté dans la figure ci-dessous, spectre obtenu grâce à un ALPY 600 avec une exposition de 180 secondes : on y voit les raies d'émission et d'absorption du système binaire.

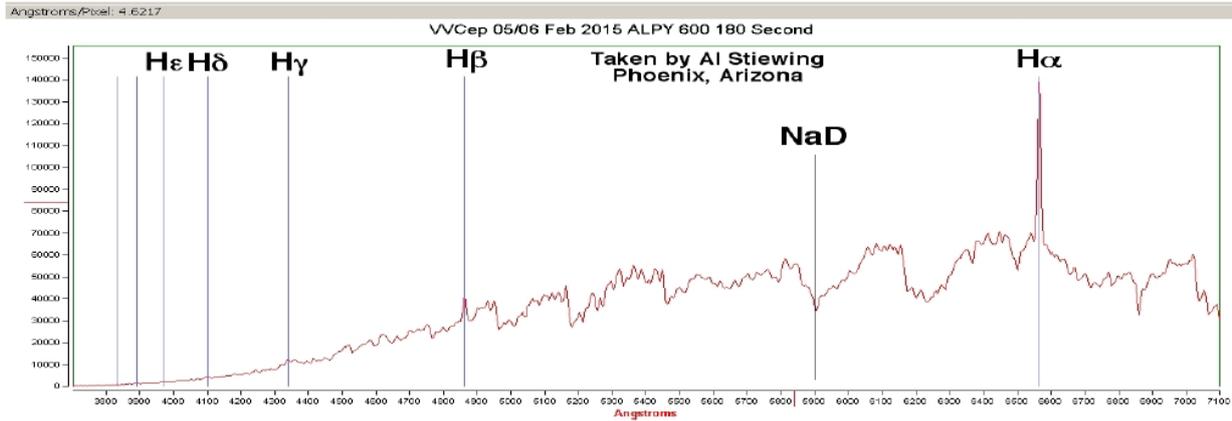


Figure : spectre synthétique de VV Cep obtenu à l'université d'Arizona : les positions des raies de la série de Balmer sont précisées.

Grâce à des spectromètres comme ceux du TBL, à haute résolution, il est possible d'avoir des mesures précises des raies d'émission de la série de Balmer mais également de la raie du fer II (Fe II). En dehors de l'éclipse, la raie Balmer alpha de VV Cep est dédoublée et ces deux raies disparaissent petit à petit pendant la phase d'éclipse. Les deux composantes de la raie de Balmer alpha sont appelées V (raie à plus courte longueur d'onde « violette ») et R (grande longueur d'onde ou « rouge »). Le ration V/R est souvent mesuré et la variation d'intensité des composantes V et R de la raie H alpha donne des informations sur l'intensité de l'émission du gaz de l'étoile A à l'intérieur du disque d'accrétion autour de l'étoile B. Des informations concernant le décalage de chacune de ces composantes des raies de la série de Balmer peuvent également indiquer comment se déplace le gaz à l'intérieur du disque. Ce genre d'étude est délicate pour des amateurs. En revanche, les astrophysiciens prédisent qu'au début de l'éclipse, la composante V devrait diminuer jusqu'à atteindre le continuum au milieu de l'éclipse, lorsque le disque d'accrétion autour de l'étoile B (la petite bleue et froide) passe derrière la supergéante. Tandis que la composante R a son intensité assez stable jusqu'à ce que la totalité du disque soit éclipsé derrière l'étoile A et que l'on soit au maximum de l'éclipse. On peut effectivement vérifier cet effet sur les raies H alpha et H beta assez nettement, sur les mesures obtenues au TBL par le bureau des OATBL en septembre 2017. Une autre mesure, lors de la montée de deux autres membres des OATBL en janvier 2018, est venue compléter l'étude de VV Cep par les OATBL.

Des études plus poussées, notamment grâce à l'analyse des spectres obtenus durant cette période par les logiciels développés par l'association pourront permettre de tirer des conclusions plus précises quant à l'explication de la disparition de ces deux raies V et R lors de la phase d'éclipse. C'est une bonne raison pour continuer à scruter VV Cep lors des temps discrétionnaires, même en dehors de l'éclipse !

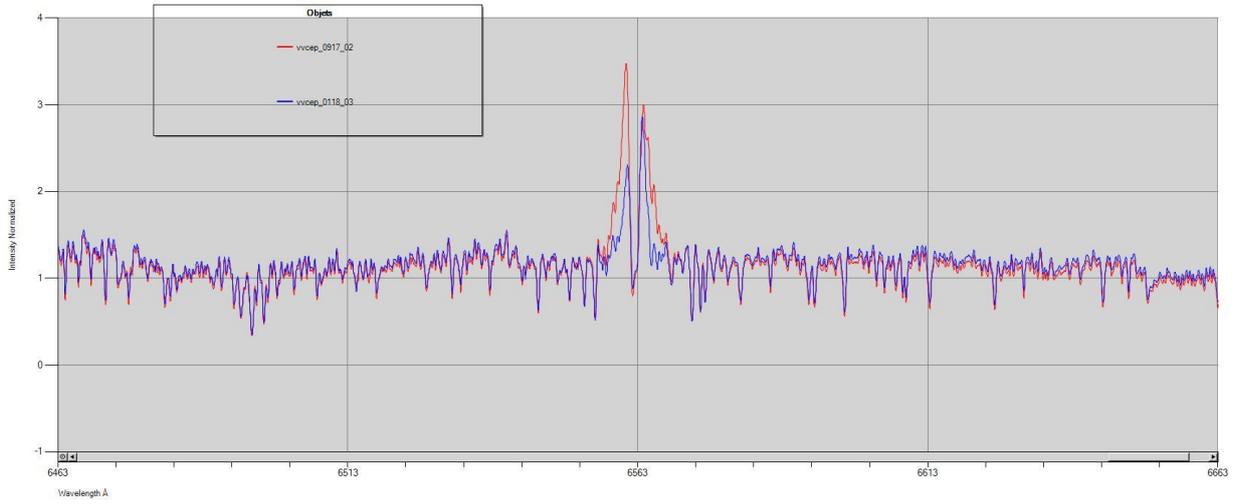


Figure : spectres de la raie $H\alpha$ obtenu par le bureau des OATBL en septembre 2017 au TBL. Les deux spectres correspondent à la phase avant le maximum de l'éclipse (en rouge) et après le maximum de l'éclipse (en bleu)

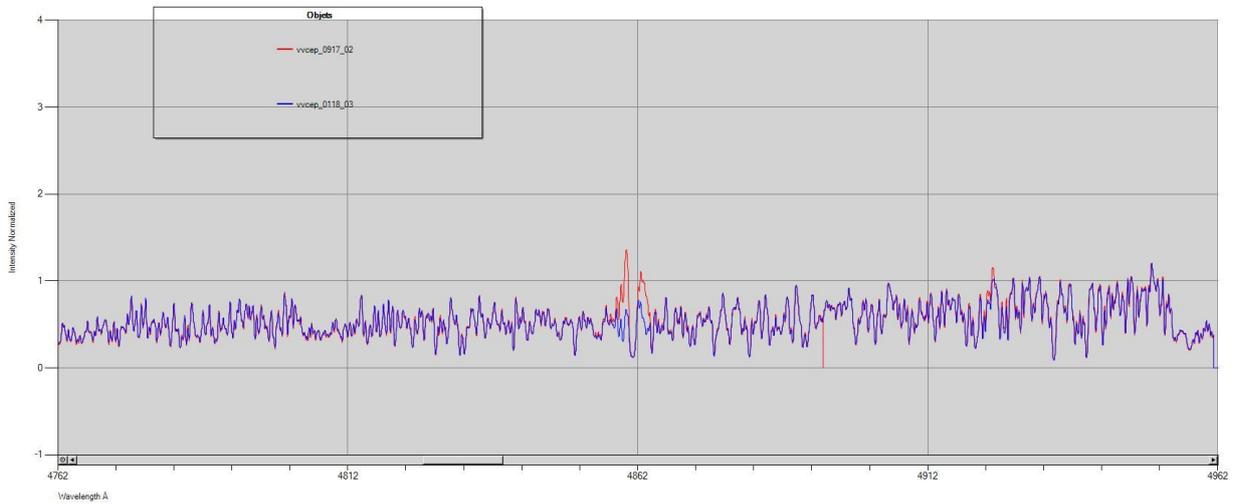


Figure : spectres de la raie $H\beta$ obtenu par le bureau des OATBL en septembre 2017 au TBL. Les deux spectres correspondent à la phase avant le maximum de l'éclipse (en rouge) et après le maximum de l'éclipse (en bleu)

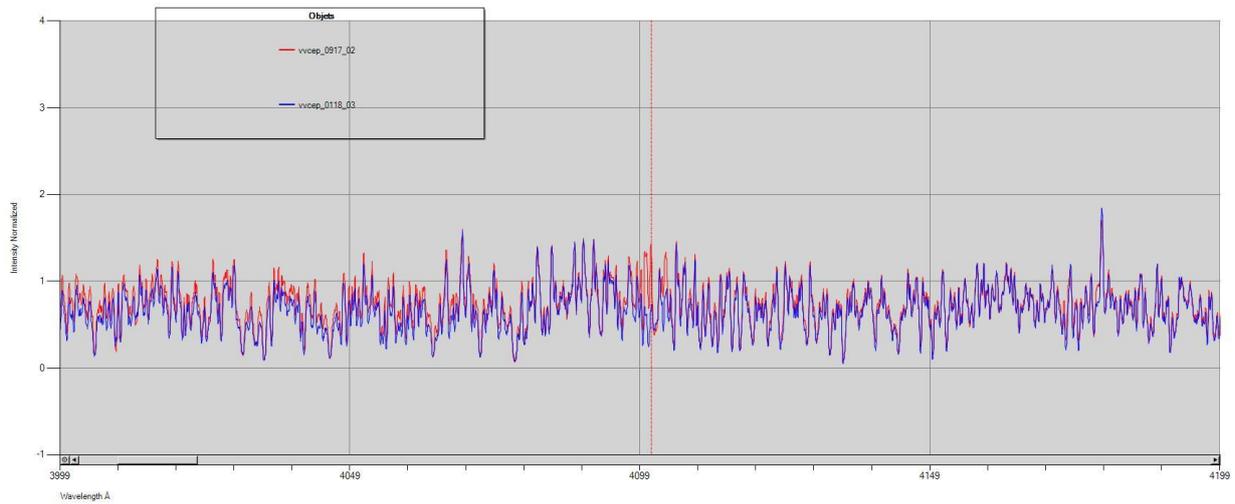


Figure : spectres de la raie H δ obtenu par le bureau des OATBL en septembre 2017 au TBL. Les deux spectres correspondent à la phase avant le maximum de l'éclipse (en rouge) et après le maximum de l'éclipse (en bleu)

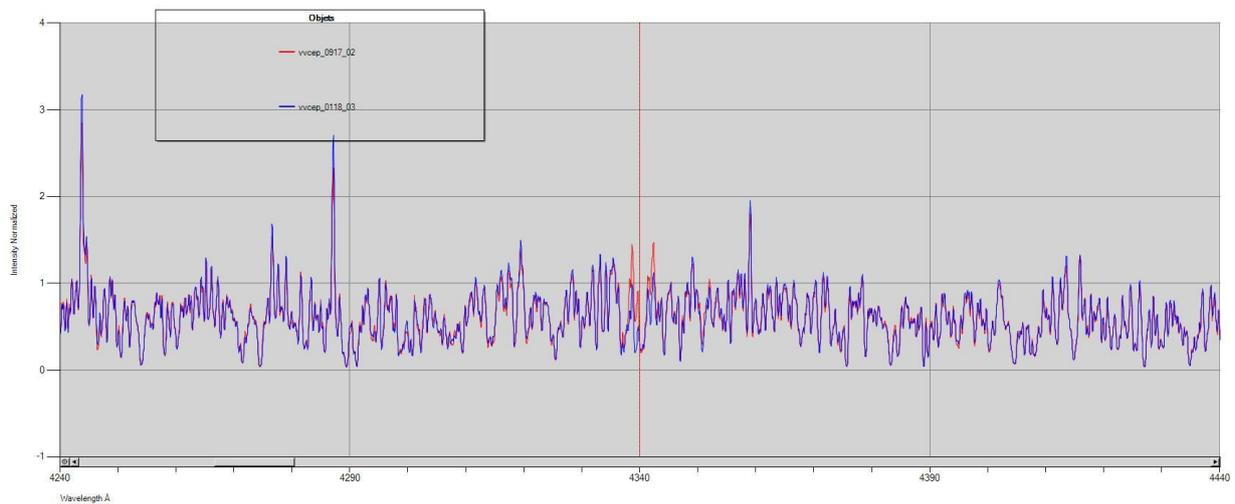


Figure : spectres de la raie H γ obtenu par le bureau des OATBL en septembre 2017 au TBL. Les deux spectres correspondent à la phase avant le maximum de l'éclipse (en rouge) et après le maximum de l'éclipse (en bleu)

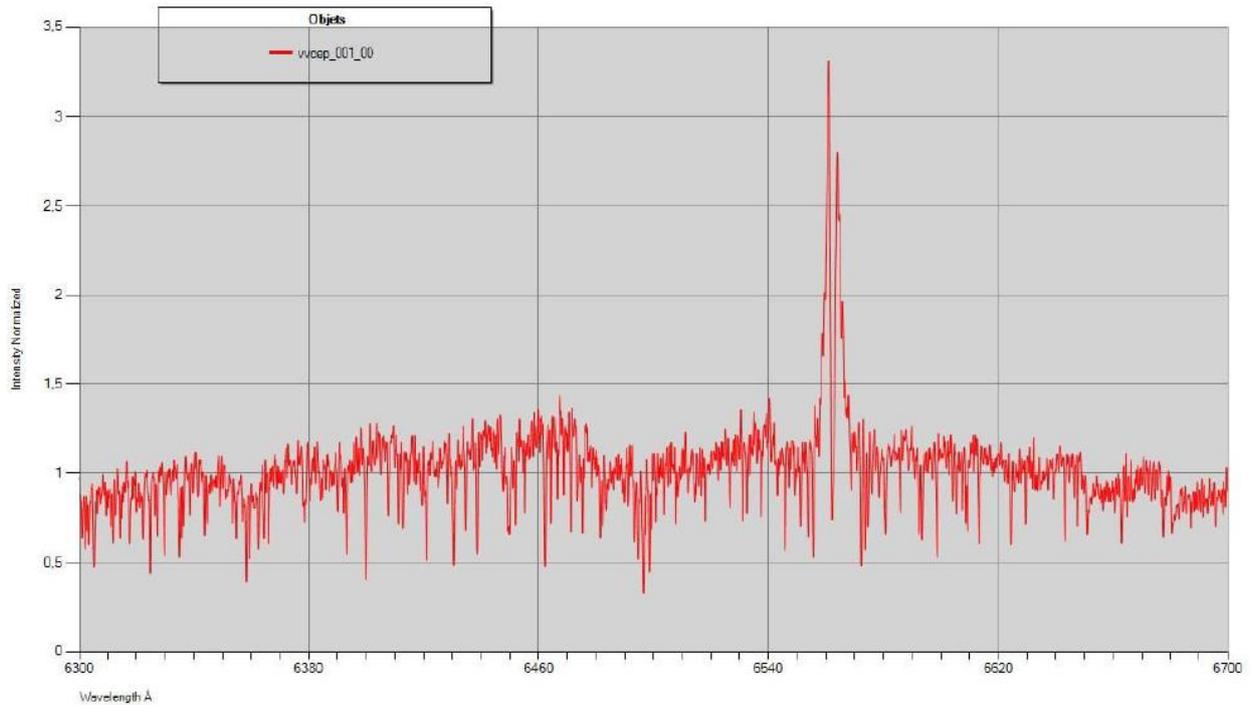


Figure : spectre de VV Cep obtenu en janvier 2018 par Jean-Jacques Castellani et Alexandre Cazaux au TBL dans le cadre de la campagne de mesure internationale. Spectre dépouillé avec OATBL2fits

II. Actions scientifiques des membres avec un statut étudiant

1. Le travail des élèves ingénieurs de l'IPSA

Parmi les observateurs associés, on peut également trouver des étudiants et enseignants, notamment de l'école d'ingénieur IPSA, à Paris et à Toulouse. C'est dans le cadre d'une collaboration initiée par des étudiants de cette école il y a 2 ans, que les élèves ont pu commencer à participer à la recherche en amateur via les OATBL. Les étudiants de l'IPSA, membres des OATBL sont également membres d'une association de leur école appelée IpsaVega. Il s'agit d'une association de promotion de l'astronomie au sein de leur école. Parmi les activités proposées, certaines sont encadrées par des enseignants de l'IPSA. C'est le cas notamment d'une mission lancée en 2017-2018, appelée mission SPECTRE et soutenu par A. Lekic, enseignante à l'IPSA et membre du bureau des OATBL. A. Lekic est présente pour guider les étudiants et leur fournir des pistes de travail et ensuite réaliser le retour auprès du bureau des OATBL.

L'objectif premier de cette mission était que les étudiants puissent se familiariser avec la démarche scientifique et la recherche et son monde, au travers de l'exploitation des données spectroscopiques d'un télescope professionnel. Cela a donc été rendu possible pour les étudiants de l'IPSA, grâce à cette collaboration initiée en 2016 par Clément Chantebel, étudiant en 5^{ème} année à l'IPSA Paris, qui était alors à Toulouse.

Les compétences théoriques et pratiques d'analyse de données sont un plus pour ce public d'étudiants en école d'ingénieur, qui voit en cette collaboration avec les OATBL une formidable occasion d'en apprendre plus sur la spectroscopie et la spectropolarimétrie. Ce genre de collaboration ne peut être que positive pour de jeunes adultes curieux d'en apprendre plus sur cette branche de la physique qui vise à décomposer la lumière issue d'une étoile, afin de connaître les caractéristiques physiques de l'objet d'étude : son âge, sa taille, son champ magnétique ainsi que son évolution au cours du temps.

Cet outil qu'est la spectroscopie, est l'un des plus importants pour les chercheurs actuellement afin d'obtenir le maximum de résultat concernant leur cible. Les ipsaliens (élèves de l'IPSA) ont grâce aux OATBL, la possibilité de monter au Pic du Midi et réaliser un de leur rêve, mais également peuvent participer à la recherche en astronomie amateur, en dépouillant les spectres des OATBL.

Pour des élèves ingénieurs, il est parfois difficile d'appréhender le monde de la recherche. Cependant, l'expérience pour eux, de faire partie d'une association mettant en contact les amateurs avec les professionnels en astronomie, via le TBL, est très stimulante et enrichissante : ils se permettent alors d'envisager une carrière dans la recherche.

Les deux objectifs des élèves de l'IPSA ont été les suivants et sont toujours en cours :

- Dépouiller les spectres obtenus pendant le temps discrétionnaire par les OATBL, proposer des outils aux OATBL afin d'optimiser cette analyse et le temps qu'elle prend.
- Constituer un groupe de travail (celui de la mission SPECTRE) avec un chef de mission, d'autres étudiants et un superviseur, Anica Lekic, enseignante à l'IPSA. L'idée serait de faire du brain storming afin de proposer de nouvelles cibles d'intérêt pour les amateurs, aux OATBL pour les prochains semestres. Ces idées seront présentées dans la dernière partie de ce rapport scientifique.

Ces deux objectifs n'ont pas été totalement atteint en 2017-2018 et sont donc renouvelés en 2018-2019 avec une toute nouvelle équipe de nouveaux étudiants.

En novembre 2017, les élèves ont été capables d'analyser un premier spectre d'une étoile cible des OATBL, grâce au TBL (30 mli voir figure ci-dessous).

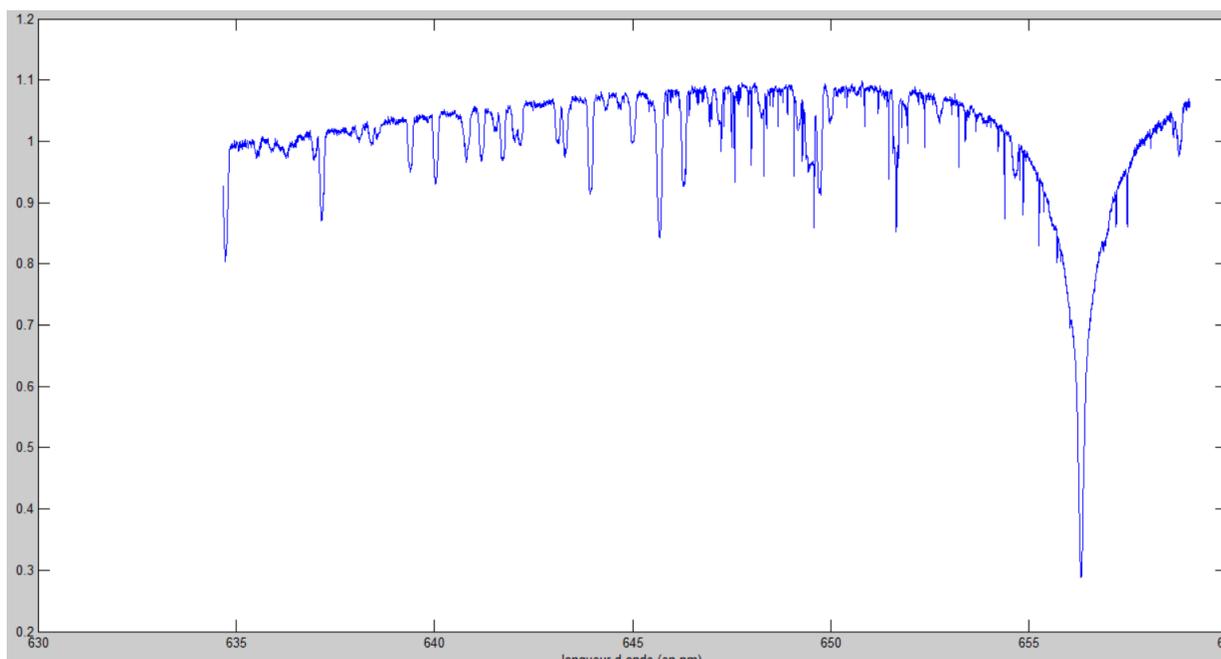


Figure : Spectre de l'étoile 30mli au niveau de la raie H-alpha.

Le spectre ci-dessous présente une zone spectrale bien caractéristique : la raie α de la série de Balmer de l'hydrogène. On connaît très bien sa valeur théorique est il s'agit en règle générale dans les étoiles de la raie la plus intense. Son décalage par rapport à sa position théorique peut être le signe d'un effet Doppler : si l'étoile fait partie d'un système binaire par exemple et qu'elle se déplace vers nous, la raie se décalera vers le bleu et vers le rouge si l'étoile s'éloigne de l'observateur.

Les élèves ont donc proposé grâce à l'exemple de cette étoile une première analyse d'un spectre. Il a fallu découper le spectre en différents ordres ce qui permettra de se focaliser sur une région particulière

du spectre : la raie H- α ou bien la raie du fer. La suite de cette étude est en cours, notamment la partie recherche bibliographique sur les cibles et recherche sur la physique liée à la spectroscopie et spectropolarimétrie.

L'analyse plus poussée des spectres des cibles des OATBL est faite actuellement par les membres de la mission SPECTRE, élèves à l'IPSA et membres des OATBL via différents logiciels et langages dont Matlab, ROOT et python. Les élèves, dont le chef de mission est Yoann Audet, secondé par Julien Huynh, se retrouvent 2 après-midis par mois à l'IPSA afin d'avancer sur cette mission. Le script Matlab est un sélecteur d'ordre. Le script lit et affiche à l'écran les données qui lui sont envoyées. Ensuite, le programme demande à l'utilisateur de sélectionner l'ordre qui l'intéresse afin que celui-ci apparaisse. Ce programme est une version améliorée de ce que fait le logiciel développé par le président des OATBL, OATBL2fits mais cette fois-ci en Matlab. L'idée pour le semestre qui commence sera d'afficher le nom de chaque raie en fonction de la littérature et de proposer une attribution pour chacun des spectres des cibles des OATBL. Ensuite, les élèves de l'IPSA rechercheront l'influence du champ magnétique de l'étoile cible sur les raies du spectre obtenu. Tous les paramètres seront scrutés (largeur de raie, position) afin d'effectuer une étude comparative avec la littérature. Ce sera la suite des opérations pour les élèves de l'IPSA !

Pour l'année en cours, les élèves de l'IPSA souhaitent que leur mission s'articule selon 2 parties :

- Continuer la collaboration avec les OATBL en envoyant des ipsaliens et en demandant du temps discrétionnaire si cela est possible.
- Améliorer les différents outils créés afin de pouvoir étudier plus en profondeur les données pour envisager de rédiger un « mémoire de mission ».

Ci-après se trouve une capture d'écran du programme Matlab rédigé par les élèves de l'IPSA et notamment Yoann Audet, élève en aéro 3.

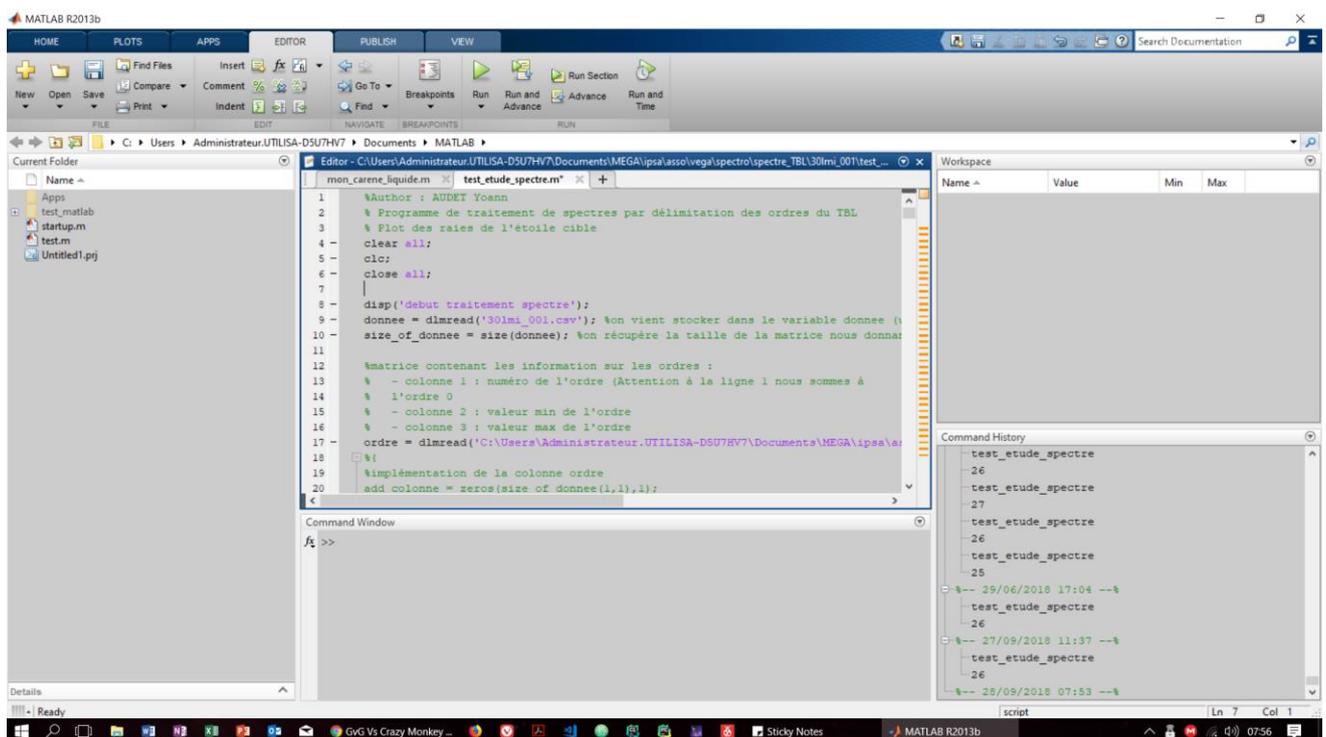


Figure : capture d'écran du script Matlab pour afficher les spectres des OATBL et sélectionner les ordres voulus.

2. Le travail de TIPE d'élèves en CPGE

Les membres des OATBL ont été amenés cette année à venir en aide à un élève en classe préparatoire aux grandes écoles (CPGE), Oscar Corvi, dans le cadre de son TIPE (travail d'initiative personnelle encadré) sur la mesure de champs magnétiques stellaires via l'effet Zeeman. Oscar a pris contact grâce au forum d'astrosurf.net avec l'équipe des OATBL et a pu bénéficier de l'aide précieuse de ses membres, notamment son président mais surtout des astronomes de l'OMP et du Pic du Midi, avec lesquels il avait été mis en contact. Son travail a été salué par ces mêmes astronomes et constitue une première pour l'association puisqu'il fournit des bases pour les autres membres des OATBL quant à la théorie de la spectro-polarimétrie.

Ce genre de travail bibliographique et de recherche par les OATBL et d'entraide entre les membres de l'association et des étudiants, sera l'une des actions les plus importantes à mettre en place et à pérenniser. C'est l'un des rôles du responsable scientifique de l'association. Cela démontre bien que les OATBL ne se contentent pas d'enregistrer des spectres, mais souhaitent être acteurs et comprendre et transmettre leurs connaissances acquises sur l'étude des résultats de leur campagne d'observation. Il s'agit là d'une véritable démarche de collaboration intergénérationnelle et de collaboration amateur-professionnel d'un point de vue général. Le bureau des OATBL et la responsable scientifique souhaiterait que ce genre de compte rendu soit régulier comme par exemple avec les élèves de l'IPSA. L'objectif serait alors de faire un compte rendu plus complet sur les cibles déjà dépouillées des étoiles à haute métallicité.

Mesures de champs magnétiques stellaires via l'effet Zeeman

CORVI Oscar

Introduction

Ce projet est mené dans le cadre très académique des concours d'entrée aux grandes écoles d'ingénieur françaises (épreuve de Travaux Initiative Personnel Encadré). Toutefois une passion pour l'astronomie et une curiosité pour un effet peu connu du domaine amateur emmène ce projet bien au delà de ce cadre. Il est mené en quatre temps : une présentation des outils théoriques du projet permettant de comprendre les expériences faites par la suite, la mise en place et la réalisation d'expériences amateurs pour mesurer ces effets, l'exploitation de résultats issues d'observatoires professionnels et une phase d'analyse des résultats expérimentaux.

Je tiens ici à remercier certaines personnes pour leur aide, leur compétences et leur motivation qui ont permis de donner naissance à ce projet : Daniel Verhilac, Olivier Garde, Eric Josselin, Philippe Mathias, Jean-Paul Godard et Christian Buil.

Figure : page de garde du compte rendu d'Oscar Corvi, élève en CPGE, remerciements faits aux OATBL entre autres.

Nous résumons maintenant les conclusions les plus importantes de l'analyse bibliographique d'Oscar. L'objectif n'étant pas de paraphraser son compte-rendu, que chaque membre pourra consulter s'il le désire par simple demande au bureau des OATBL, mais bien de permettre de donner les clés pour comprendre le phénomène complexe qu'est l'effet Zeeman et la polarisation en physique stellaire.

Les étoiles peuvent posséder un champ magnétique plus ou moins intense qui peut avoir une influence sur la structure interne des étoiles ainsi que leur surface. Certains paramètres comme la vitesse de rotation peuvent être modifiés à cause de l'influence du champ magnétique de l'étoile. Il est donc intéressant d'avoir un outil de diagnostic à distance pour montrer l'existence d'un champ magnétique d'une étoile. Cet outil est l'effet Zeeman.

La théorie classique du rayonnement nous indique qu'un oscillateur qui émet se trouve contraint d'avoir une trajectoire circulaire autour de la direction du champ magnétique. Ce mouvement s'appelle le mouvement de précession de Larmor et se traduit par des changements de fréquence du photon émis. Cet effet se retrouve également dans la théorie quantique du rayonnement qui nous permet d'expliquer ce que l'on voit sur les spectres obtenus. En effet, une raie en émission correspond à la transition entre un niveau d'énergie et un autre niveau moins élevé. Or, lorsqu'il y a la présence d'un champ magnétique, les niveaux d'énergie se trouvent décomposés en plusieurs sous-niveaux distincts. Dans le cas le plus simple, seul le niveau supérieur de la transition subit une décomposition en trois sous-niveaux et une en émission se trouve remplacée par un ensemble de trois raies que l'on appelle un triplet normal. Cet effet est représenté dans la figure ci-dessous obtenue sur le site albedo38.free.fr.

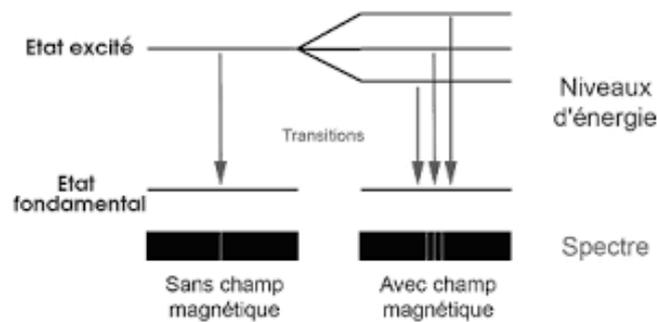


Figure : décomposition du niveau excité sous l'effet d'un champ magnétique

L'aspect de ce triplet dépend alors de l'orientation du champ magnétique par rapport à l'observateur : si le champ magnétique est perpendiculaire à la direction d'observation alors on observera un vrai triplet comme on peut le voir sur la figure ci-dessous (schéma du milieu) ; si le champ magnétique est parallèle à la ligne de visée alors on n'observera que les raies périphériques.

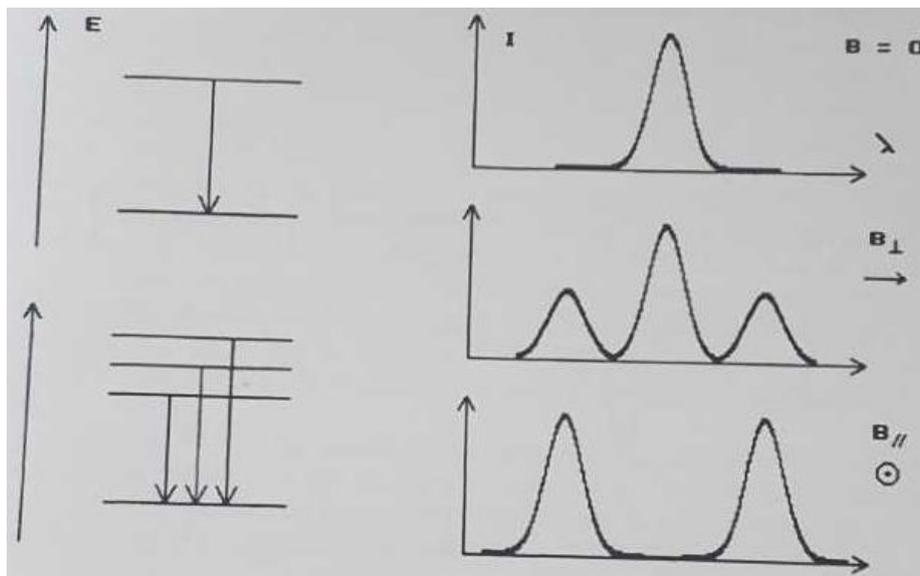


Figure : Dédoublé des niveaux d'énergie d'un atome soumis à un champ magnétique perpendiculaire (milieu) et parallèle (bas) à la ligne de visée. Schéma issu du livre de JL Leroy sur la polarisation.

De plus, le triplet normal possède une polarisation. On rappelle que la polarisation d'un rayonnement est la direction prise par le champ électrique. Elle peut être linéaire, circulaire ou elliptique en fonction de la trajectoire décrite par le bout du vecteur champ électrique dans le plan perpendiculaire au plan de propagation de l'onde électromagnétique.

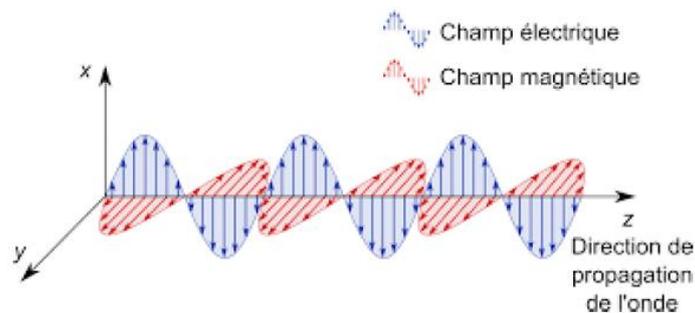


Figure : polarisation d'une onde électromagnétique. Schéma issu du rapport d'Oscar Corvi.

Les composantes du doublet sont circulaires et opposées tandis que dans le triplet, les composantes latérales et la composante centrale ont des polarisations linéaires et perpendiculaires entre elles.

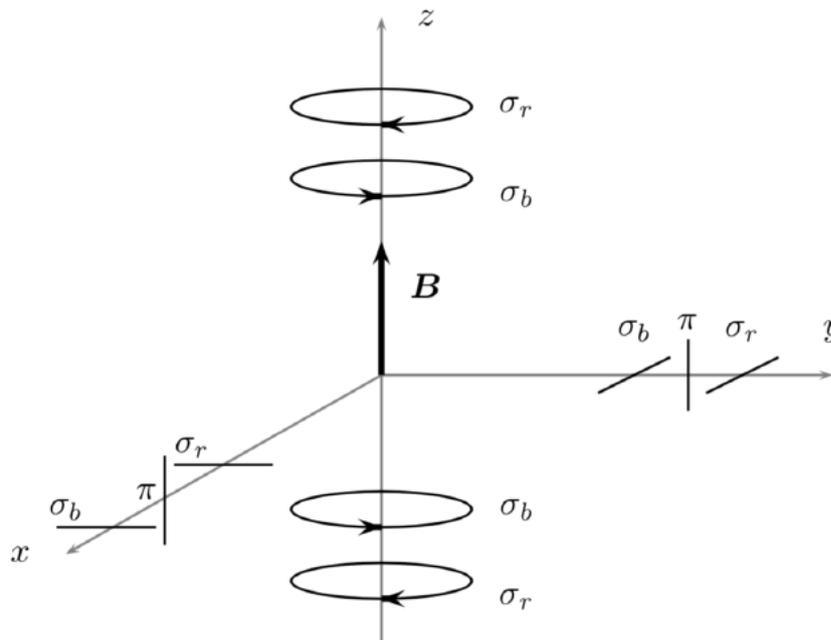


Figure : en fonction de l'orientation de B par rapport à la ligne de visée, la polarisation des raies est différente : circulaire pour le doublet et linéaire pour le triplet. Schéma issu du rapport d'Oscar Corvi.

Cela veut dire que l'effet Zeeman permet de polariser totalement la lumière dans des régions spectrales bien définies au voisinage des raies spectrales. En astrophysique, on a plus souvent des raies d'absorption plutôt que des raies d'émission, il y aura alors l'existence d'un effet Zeeman inverse.

Cet effet Zeeman ne peut être observé qu'après dispersion de la lumière reçue par un spectrographe à haute résolution comme celui du TBL. Chacune des composantes latérales du doublet ou du triplet est séparée de la composante principale par une distance très petite. La formule suivante est issue du livre de JL Leroy :

$$\Delta\lambda_i = 4,7 \times 10^{-3} B \lambda^2$$

Avec $\Delta\lambda_i$ et λ exprimées en Angstroms et B en Gauss. Si l'on sépare bien les composantes, on peut remonter à l'intensité et aux caractéristiques du champ magnétique de l'étoile. Cependant, le dédoublement des raies par effet Zeeman n'est pas observable avec l'instrument Narval au TBL pour de petits champs comme le propose cette formule. L'effet Zeeman en effet, ne peut être observé avec Narval que pour des champs forts de l'ordre du kilo Gauss (kG).

De fait, Oscar nous propose une autre expression dans son rapport, faisant apparaître le facteur de Landé g_{eff} . Ce facteur est important pour le Fe, c'est la raison pour laquelle on observe cette raie, en plus de la raie de Balmer de l'hydrogène, pour visualiser ou non cet effet Zeeman.

$$\Delta\lambda = g_{eff} \frac{\lambda_0^2 e B_l}{4\pi m c^2}$$

Par ailleurs l'état de polarisation de la lumière peut être entièrement déterminé en faisant un nombre limité de mesures simples. Ces mesures de polarisation à travers les filtres ci-dessous sont ensuite combinées : on obtient alors les paramètres de Stokes.

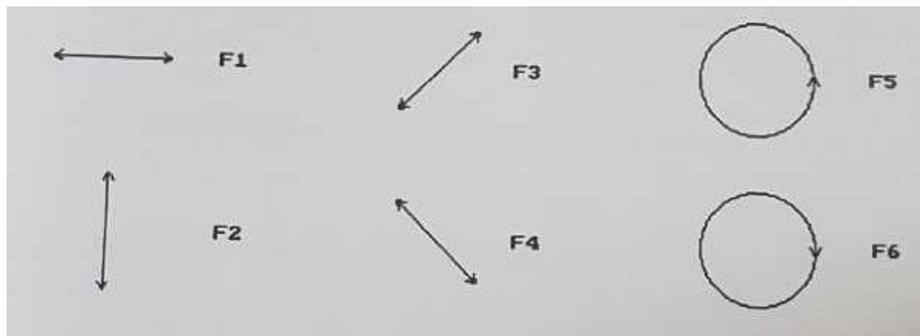


Figure : 6 filtres qui permettent de mesurer les paramètres de Stokes. Figure issue du livre de JL Leroy.

Ces 4 paramètres sont les suivants :

$$\begin{aligned}
 I &= M1 + M2 = M3 + M4 = M5 + M6 \\
 Q &= M1 - M2 \\
 U &= M3 - M4 \\
 V &= M5 - M6
 \end{aligned}$$

I est l'intensité de la lumière et V représente la polarisation circulaire de la lumière reçue par le détecteur. On peut connaître ces deux paramètres grâce aux données du spectrographe du TBL et en déduire par ailleurs la composante parallèle du champ magnétique de l'étoile.

$$B_l = 2.14 \times 10^{11} \frac{\int \nu V(\nu)}{\lambda g_{eff} c \int 1 - I(\nu)}$$

Ce type d'étude peut être réalisée, si les spectres sont bien analysés, par les OATBL les plus chevronnés et aventureux !

III. Bilan des cibles déjà effectuées et perspectives pour 2018/2019

Le bureau tient à jour une liste de cibles intéressantes pour la communauté astronome d'amateurs des OATBL. Cette année, les cibles d'intérêt étaient les étoiles à haute métallicité citées précédemment. Les outils de visualisation des spectres et de dépouillement (EXCEL, OATBL2Fits, Matlab) sont disponibles pour les membres et ont été réalisés par le bureau et pour le code Matlab, par les élèves de l'IPSA.

Les membres peuvent faire une requête d'observation auprès de l'astronome support, dans le cas où leur semaine s'est bien passée. Ils obtiennent alors du temps discrétionnaire pour effectuer les mesures et peuvent présenter les cibles proposées par le bureau des OATBL. La règle est simple : les membres peuvent présenter 1h de temps discrétionnaire s'ils passent une semaine au sommet ou bien 30 minutes d'observation pour des séjours plus courts de l'ordre de 3 ou 4 nuits.

Pour faire les requêtes afin de trouver les étoiles pour la période considérée, on utilise la base de données Simbad (visuel ci-dessous).

other query modes : Identifier query Coordinate query **Criteria query** Reference query Basic query Script submission TAP Output options Help

Enter a search expression:

Criteria queries may require some time, especially if they are complex or involve a large number of objects. Limited to 5 criteria. Please, wait for their completion if it is the case.

Example:
`ra > 15 & ra < 30 & dec > 70
 (cat = 'PPM' | cat = 'HIP')
 Rot.vsin1 > 10.0`

Return :
 object count
 display objects
 get references from the selected objects

Description of the queriable fields:

Criteria on basic data			
pm	proper motion (mas) as the Euclidean norm	< / <= / > / >=	sptype
			exact spectral type: returns only the objects having the
			= / ! = / > /

Figure : capture d'écran de la base de données Simbad.

Les requêtes sont faites par le bureau des OATBL. Ces requêtes sont obtenues grâce à l'aide des astronomes de l'OMP qui indiquent aux OA l'ascension droite maximale et minimale ainsi que la déclinaison pour les objets visibles depuis le Pic du Midi pour le printemps et l'été (requête printemps-été) et pour l'automne et l'hiver (requête automne-hiver). De fait, en sélectionnant ensuite les étoiles à hautes métallicité (sptype = m), on peut obtenir la liste des étoiles pour les deux périodes pré-citées et qui font alors partie de la campagne d'observation des OATBL.

La requête pour le semestre d'automne dernier a donné les résultats ci-dessous, avec la requête indiquée au préalable :

C.D.S. - SIMBAD4 rel 1.7 - 2018.08.28CEST14:44:09
 rah >18.0 & rah < 23.99 & dec > 30 & Vmag <7.0 & sspec = 'm'

Number of objects : 18

#	identifiant	typ	coord1 (ICRS,J2000/2000)	Mag V	spec. type	#bib	#not
1	HD 169885	*	18 23 47.9785342892 +53 18 03.006994410	6.352	A3m	36	0
2	HD 197508	*	20 29 02.9447029439 +83 37 31.487971598	6.190	A4m	23	0
3	HD 218725	*	23 09 52.4432750716 +39 28 09.157629667	6.680	A2Vm	16	0
4	HD 190275	SB*	20 02 46.6109092557 +37 48 46.053504779	6.912	Am	28	0
5	HD 190401	*	20 03 09.0932572516 +41 28 28.049941010	6.984	Am	25	0
6	BD+65 1664	SB*	21 51 37.24558 +65 45 09.7674	6.380	A1m	36	2
7	HD 193857	SB*	20 21 29.5617396377 +30 35 24.975213915	6.749	Am	26	0
8	HD 172741	**	18 40 12.2013216037 +38 22 01.852188393	6.489	A6m	30	0
9	HD 216608A	*	22 53 40.156 +44 44 56.98	5.940	A3Vm	10	0
10	* 9 Lac	PM*	22 37 22.4158774995 +51 32 42.446040305	4.63	A9VKA7mA6	65	0
11	* zet01 Lyr	SB*	18 44 46.3541822446 +37 36 18.436128905	4.36	kA5hF0VmF3	180	0
12	HD 200407	PM*	21 01 47.4634801882 +44 11 12.870597956	6.742	Am	23	1
13	HD 179143	SB*	19 09 46.0762712872 +37 47 39.130658687	6.804	Am	32	0
14	HD 191158	*	20 07 06.1957964947 +36 49 36.013776874	6.95	kA2hA6mA7	18	0
15	HD 171653	SB*	18 31 14.8969794273 +65 26 09.680851137	6.600	A8m	39	0
16	* rho01 Cep	**	22 26 42.4317442876 +78 47 09.134285811	5.840	A2Vm	31	0
17	* 9 And	bl*	23 18 23.3220221496 +41 46 25.203107244	5.970	A7m	101	0
18	* b Her	**	18 07 01.53971 +30 33 43.6896	5.07	F7VgF7mF5	391	0

C.D.S. - SIMBAD4 rel 1.7 - 2018.08.28CEST14:47:46
 rah >0.0 & rah < 6.0 & dec > 30 & Vmag <7.0 & sspec = 'm'

Number of objects : 24

#	identifiant	typ	coord1 (ICRS,J2000/2000)	Mag V	spec. type	#bib	#not
1	HD 861	SB*	00 13 12.7303470638 +62 02 27.159553928	6.622	A2m	42	0
2	HD 32196	PM*	05 31 48.1356758683 +85 56 18.694703505	6.530	A5m	26	0
3	* 41 And	PM*	01 08 00.8495526394 +43 56 31.515796576	5.029	A3m	67	0
4	HD 24421	PM*	03 55 37.0793465692 +52 13 36.554626062	6.83	F8VmF1	52	0
5	HD 17581	SB*	02 51 45.8798787922 +58 18 51.461851254	6.443	A1m	47	0
6	* 39 And	*	01 02 54.2535609338 +41 20 42.767269460	5.932	kA3hA7VmA9	61	0
7	* 47 And	SB*	01 23 40.6168069184 +37 42 53.808354867	5.587	A1m	92	0
8	HD 40062	PM*	05 59 45.8234914549 +55 19 15.080982496	6.410	A5m	27	0
9	HD 25425	*	04 06 38.8415332098 +65 31 14.876571529	6.131	A3m	38	0
10	HD 23277	SB*	03 49 13.7382975824 +70 52 15.786177055	5.391	kA2hA6VmA7	55	0
11	HD 30453	SB*	04 49 19.0802794304 +32 35 17.495495312	5.824	A8m	66	0
12	* 4 Cam	**	04 48 00.2736206740 +56 45 25.840991742	5.275	A3m	69	0
13	HD 28204	SB*	04 33 30.6796164521 +72 31 42.985846438	5.928	A8m	41	0
14	* 5 Tri	V*	02 11 25.0229864376 +31 31 35.024937885	6.230	A1m	44	0
15	HD 7853	*	01 18 47.0086296639 +37 23 10.564785211	6.497	A5m	26	0
16	HD 224890	SB*	00 01 39.4570468678 +73 36 42.646679315	6.492	kA1hA7mF0	35	0
17	V* V423 Per	SB*	03 16 01.8600386695 +34 41 18.619276259	6.229	A1m	87	0
18	HD 24141	**	03 53 43.2850800365 +57 58 30.531198337	5.786	kA3hF0mF0	66	0
19	HD 23193	PM*	03 44 31.4432560899 +36 27 36.337834605	5.588	A2m	57	0
20	HD 36484	PM*	05 33 27.4035527615 +32 48 04.261745710	6.474	A2m	61	0
21	V* V529 And	gd*	01 27 26.6726118342 +41 06 04.183109728	6.425	A7m	33	0
22	HD 24164	PM*	03 56 30.2442307526 +71 49 17.829138919	6.300	A5m	33	0
23	* mu. Aur	**	05 13 25.7204229629 +38 29 04.147218748	4.821	A4m	89	0
24	HD 32428	Pe*	05 04 36.9214675847 +32 19 13.131314589	6.62	A4mF2	44	0

Parmi ces étoiles, on peut répertorier les étoiles déjà faites dans le programme initié par les OATBL et dont on peut trouver les spectres sur la page de l'association afin d'être traités :

Etoiles déjà faites dans le programme OATBL

11cvn_001	hd169885_001
2uma_001	hd171653_001
30lmi_001	hd172741_001
4land_001	hd179143_001
4cam_001	hd190275_001
67uma_001	hd190401_001
ahya_001	hd191158_001
betcrb_001	hd193857_001
bher_001	hd200407_001
blcam_001	hd218725_001
fuma_001	hd71973_001
gmuma_001	hd99747_001
nu02dra_001	
rrlyr_001	hr3855_001
sig01cnc_001	hr4021_001
tauuma_001	hr4286_001
vvcep_001	
vvcep_001_2018	
zet01lyr_001	

La requête pour le semestre de printemps-été a donné les résultats ci-dessous, avec les étoiles rayées qui correspondent à celles déjà faites dans le programme des OATBL :

C.D.S. - SIMBAD4 rel 1.7 - 2018.09.02CEST11:05:28
 rah > 6.0 & rah < 18.0 & dec > 30 & Vmag < 7.0 & sspec = 'm'

 Number of objects : 40

#	identif	typ	coord1 (ICRS,J2000/2000)				Mag V	spec. type	#bib	#not
1	HD 138338	*	15 28 56.8221143529	+55 11 41.774077949	6.427	A3m	38	0		
2	HD 90089	PM*	10 31 04.5420225146	+82 33 31.255563167	5.252	F4Vkf2mF2	123	0 hauteur?		
3	HD 40588	*	06 01 10.0408789370	+31 02 04.270304985	6.190	A3VKA0.5mA0_LB	33	0		
4	HD 83886	PM*	09 43 06.9459637943	+54 21 49.326089624	6.477	A5m	37	0		
5	* 2 UMa	PM*	08 34 36.1788725319	+65 08 42.508848647	5.453	A2m	66	0		
6	HD 99945	PM*	11 31 50.5342882667	+81 07 38.129034185	6.110	kA2hF1mF0	44	0 hauteur?		
7	HD 56963	*	07 21 17.4995490442	+45 13 41.434439025	5.739	F2Vkf1mF0	42	0		
8	HD 97855	PM*	11 16 04.0347215547	+52 46 23.386381656	6.489	F6VgF6mF3	72	0		
9	* 40 Aur / HD 41357	SB*	06 06 35.0975665420	+38 28 57.533169065	5.345	kA7IVmF2/5IIISr	77	0		
10	* sig01 Cnc	*	08 52 34.62123	+32 28 26.9664	5.669	A8Vam	40	0		
11	HD 68457	*	08 15 50.50056	+60 22 50.1699	6.483	A7Vm	28	1		
12	HD 116303	PM*	13 22 03.9247318972	+43 54 12.056721454	6.332	A7m	35	0		
13	HD 141675	*	15 47 37.92650	+55 22 35.8466	5.878	A3m	63	1		
14	HD 158013	SB*	17 23 22.6668254456	+57 00 42.198872268	6.52	A2.5m	18	0		
15	HD 136403	SB*	15 19 30.0479983455	+32 30 53.643327683	6.311	A2m	69	0		
16	HD 112486A	PM*	12 56 17.580	+54 05 58.12	6.02	kA2hA8mA7	5	0		
17	HD 60652	*	07 37 53.8484545750	+48 46 25.841328277	5.906	A5m	43	0		
18	HD 95256	PM*	11 01 05.6567753407	+63 25 16.020624579	6.358	A2m	31	0		
19	* 11 CVn	PM*	12 48 41.8032947262	+48 28 00.624050304	6.245	kA6hA7VmF3	47	0		
20	* 67 UMa	ds*	12 02 06.7868306632	+43 02 44.047958410	5.22	F0Vam	103	0		
21	HD 163214	PM*	17 49 28.0839938417	+68 41 20.501191882	6.90	Am	12	0		
22	* 47 Cam	*	07 22 17.18433	+59 54 07.1821	6.350	A8m	31	1		
23	HD 102942	*	11 51 09.5107095565	+33 22 30.048154108	6.224	Am	45	0		
24	* 30 LMi	Pe*	10 25 54.8164365744	+33 47 46.028933551	4.718	F0Vmf3/4	132	0		
25	V* GM UMa	bl*	10 13 43.8392847809	+50 29 47.671258595	6.63	A4m	25	0		
26	HD 63589	V*	07 51 02.3572245460	+33 14 01.153362318	6.041	A2m	45	0		
27	* nu.02 Dra	SB*	17 32 16.0436879147	+55 10 22.474583018	4.833	kA4hF2VmF3	128	0		
28	HD 42083	SB*	06 11 45.9130054928	+52 38 49.869752204	6.268	A5m	39	0		
29	* tau UMa	SB*	09 10 55.0404694887	+63 30 49.064336279	4.640	kA5hF0mF5II	208	1		
30	V* BH CVn / HD 118216	RS*	13 34 47.8087874928	+37 10 56.694070527	4.98	A6m	311	0		
31	HD 112501	*	12 56 38.8177556123	+43 33 07.250420335	6.960	kA3hA5VmF0	28	1		
32	* c Her / HD 155103	**	17 08 02.0650759598	+35 56 06.676640046	5.39	kA5hF0VmF2	137	0		
33	HD 88849	PM*	10 17 50.5503490113	+71 03 38.507055966	6.610	A7m	52	0		
34	* f UMa	PM*	09 08 52.2559812412	+51 36 16.727054029	4.48	kA3VmF5IIISr	133	0		
35	V* RR Lyn / HD 44691	Al*	06 26 25.8361134376	+56 17 06.356599597	5.54	kA3hA7VmF2	188	0		
36	HD 153720	SB*	16 52 55.2385638376	+75 23 34.112381398	6.840	A7m	24	0		
37	HD 111112	PM*	12 44 26.0219652513	+80 37 15.693141225	6.340	A5m	23	0 Hauteur?		
38	* 24 UMi	PM*	17 30 47.5850953627	+86 58 04.964051992	5.756	kA2hA9mF0	44	0 Hauteur?		
39	HD 99747	PM*	11 29 04.5630861273	+61 46 42.120902491	5.80	F5Vkf0mA9	97	0		
40	HD 71973	SB*	08 36 48.74506	+74 43 25.2337	6.270	A2m	50	0		

Les élèves de l'IPSA quant à eux, ont réalisé un code Python qui donne les résultats suivants de cibles potentielles pour la période printemps-été 2018. Ce programme est bien évidemment en cours d'amélioration par les élèves de l'école et sera ensuite utilisable pour tous les OATBL.

```
from astroquery.simbad import Simbad

limitedSimbad = Simbad()
# Simbad.add_votable_fields('fe_h')
limitedSimbad.ROW_LIMIT = 15
result = Simbad.query_criteria('sspec = m', 'dec>30', 'Vmag<7.0', 'rah > 8.0', 'rah < 14.0')
# r = result.as_array()
result = result.show_in_browser(max_lines=100)
print(result)

# print(result)
```

Figure : programme Python développé par l'IPSA (Yoann Audet et Ipsa Vega) permettant d'accéder à astroquery (SIMBAD) pour lancer des requêtes.

MAIN_ID	RA	DEC	RA_PREC	DEC_PREC	COO_ERR_MAJA	COO_ERR_MINA	COO_ERR_ANGLE	COO_QUAL	COO_WAVELENGTH	COO_BIBCODE
HD 90089	10 31 04.6442	+82 33 30.914 9	9	13.100	11.170	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 99747	11 29 04.5623	+61 46 42.122 9	9	2.280	1.940	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 71973	08 36 48.7450	+74 43 25.233 9	9	4.480	3.960	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 83886	09 43 06.9558	+54 21 49.331 8	8	0.629	0.457	0	A	O	2016A&A...595A...2G	
* A Hya	09 35 22.4999	+39 57 47.758 9	9	9.400	9.400	90	A	O	2007A&A...474..653V	
* tau UMa	09 10 55.0655	+63 30 49.055 9	9	3.250	3.080	90	A	O	2007A&A...474..653V	
* 2 UMa	08 34 36.1221	+65 08 42.613 9	9	3.250	2.730	90	A	O	2007A&A...474..653V	
V* BH CVn	13 34 47.8082	+37 10 56.697 9	9	1.410	1.320	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 99945	11 31 50.5311	+81 07 38.126 9	9	2.370	1.940	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 97855	11 16 04.0344	+52 46 23.385 8	8	0.206	0.122	0	A	O	2016A&A...595A...2G	
* sig01 Cnc	08 52 34.6212	+32 28 26.966 9	9	4.220	3.600	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 68457	08 15 50.5005	+60 22 50.169 9	9	3.960	3.350	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 116303	13 22 03.9222	+43 54 12.145 9	9	5.010	4.840	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 112501	12 56 38.8176	+43 33 07.251 8	8	0.204	0.182	0	A	O	2016A&A...595A...2G	
HD 88849	10 17 50.5506	+71 03 38.506 8	8	0.235	0.192	0	A	O	2016A&A...595A...2G	
* f UMa	09 08 52.2576	+51 36 16.733 9	9	2.190	1.320	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 112486A	12 56 17.580	+54 05 58.12 7	7	63.000	38.000	90	B	O	2000A&A...355L..27H	
HD 95256	11 01 05.6600	+63 25 15.995 9	9	4.400	4.050	90	A	O	2007A&A...474..653V	
HD 111112	12 44 26.0140	+80 37 15.681 8	8	0.289	0.218	90	A	O	2016A&A...595A...2G	
* 67 UMa	12 02 06.7848	+43 02 44.169 9	9	5.100	4.570	90	A	O	2007A&A...474..653V	
* 11 CVn	12 48 41.8030	+48 28 00.622 8	8	0.260	0.222	0	A	O	2016A&A...595A...2G	
HD 102942	11 51 09.5106	+33 22 30.047 8	8	0.385	0.242	90	A	O	2016A&A...595A...2G	
* 30 LMi	10 25 54.8153	+33 47 46.030 9	9	1.580	1.150	90	A	O	2007A&A...474..653V	
V* GM UMa	10 13 43.8415	+50 29 47.554 8	8	0.493	0.268	0	A	O	2016A&A...595A...2G	

Figure : résultats de la requête effectuée par le programme Python développé par l'IPSA pour le semestre de printemps été 2018.

Concernant les perspectives pour l'année 2018-2019, le bureau proposera toujours aux membres qui le souhaitent de demander du temps discrétionnaire pour pointer des étoiles à haute métallicité. La liste sera mise à jour grâce à de nouvelles requêtes, en utilisant SIMBAD ou le programme Python de l'IPSA.

Par ailleurs, plusieurs séances de brain-storming de Anica Lekic avec les élèves de l'IPSA ont permis de pouvoir proposer de nouvelles idées de cibles pour les OATBL, qui seront soumises à discussion avec les autres membres et le bureau. Ces idées sont des pistes avant tout et cette recherche de nouvelles cibles sera faite tout au long de l'année 2018/2019. Les cibles proposées par les étudiants de l'IPSA sont les suivantes :

- Les étoiles variables de type RR Lyrae. Ce sont des étoiles étalons pour l'établissement de distance dans l'univers ainsi que des étoiles traceuses des propriétés physico-chimique de populations d'étoiles âgées. Ces cibles sont intéressantes pour un public étudiant par exemple, les membres étudiants des OATBL. En effet, elles sont bien connues des astronomes.
- Les étoiles à haute métallicité qui possèdent des compagnons autour d'elles, type exoplanètes. Les cibles les plus intéressantes pour les OATBL et peut être les plus simples peuvent être les étoiles à haute métallicité avec des exoplanètes qui transitent autour d'elles. L'observateur se trouve alors sur la ligne de visée de ce transit.

Ces idées de campagne sont encore en cours de réflexion et d'autres seront sûrement proposées par les élèves ingénieurs de l'IPSA, membres actifs des OATBL.

Conclusion

Ce rapport a présenté de manière synthétique les actions scientifiques initiées par le bureau des OATBL et poursuivies par ses membres, quant à l'étude spectroscopique de cibles d'intérêt pour les amateurs. Le bureau de l'association avait cette volonté de s'investir davantage dans la recherche en astrophysique en proposant régulièrement à ses membres une liste de cibles mises à jour d'étoiles à haute métallicité. Cette campagne a été très productive en 2017/2018 car plus d'une trentaine de cibles ont été obtenues grâce au temps discrétionnaire utilisé par les OATBL. Cette liste de spectres bruts peut se télécharger et se trouver sur le site de l'association à l'adresse suivante : http://oatbl.free.fr/wordpress/?page_id=148 .

Le bureau des OATBL ainsi que d'autres membres, notamment étudiants élèves ingénieurs, ont développé des outils pour traiter ces spectres. Le traitement est toujours en cours par les membres les plus actifs et quelques résultats ont été présentés dans ce rapport. Cependant, le plus gros du travail reste à faire : améliorer le traitement en se focalisant sur les raies de l'hydrogène et du fer. En effet, comme vu précédemment, ces deux raies sont intéressantes en astrophysique et notamment la raie du fer, qui possède le plus gros facteur de Landé, indiquant alors le fait que l'étoile est, ou non, une bonne candidate pour être une cible en spectro-polarimétrie. Cette étude est donc toujours en cours et le bureau souhaite motiver le plus de membres possibles afin d'y participer.

Deux volets peuvent être proposées pour les amateurs : l'étude des spectres grâce aux logiciels mis à disposition par le bureau et l'étude théorique via la bibliographie, avec l'aide d'astronomes professionnels de l'OMP. Comme nous l'avons vu précédemment, que ce soit les membres les plus récents (IPSA, étudiants en CPGE comme Oscar Corvi) ou les plus chevronnés, chaque membre a apporté une pierre à l'édifice en se penchant sur les données récoltées par les OATBL. L'année 2018/2019 sera certainement tout aussi riches de résultats et d'enseignements.

Ces actions sont la preuve que les OATBL ne sont pas qu'une association qui permet de monter au Pic du Midi pour y faire du tourisme astronomique, mais bel et bien une association qui souhaite s'inscrire dans une collaboration amateurs-professionnels en permettant aux OATBL d'utiliser le TBL pour faire de la science. L'association souhaite également promouvoir l'entraide et la collaboration intergénérationnelle. En effet, deux des missions de Anica Lekic, responsable scientifique du bureau des OATBL sont de : promouvoir l'association et ses actions scientifiques auprès des jeunes élèves ingénieurs de l'IPSA notamment, mais également d'autres écoles ou formations ; de mettre en contact les jeunes membres avec les membres plus anciens afin de collaborer ensemble au dépouillement des données.

L'association continuera à travailler sur les données récoltées et à améliorer le traitement de celles-ci durant l'année 2018-2019. Le travail bibliographique et de transmission des connaissances auprès de ses membres sera également renforcé cette année grâce à la mise en place d'une bibliothèque des OATBL au sommet du Pic, avec comme première acquisition, le livre d'Agnès Acker sur l'astronomie, emporté par le secrétaire de l'association, Alexandre Cazaux lors de sa dernière montée. D'autres ouvrages, après concertation, viendront compléter cette bibliothèque mise à disposition lors des montées pour les membres.

ⁱ Anica Lekic est l'actuelle responsable scientifique des OATBL

ⁱⁱ Jean-Paul Godard est l'actuel président des OATBL.