

# Premiers résultats d'analyse de quelques spectres du programme scientifique amateur des Observateurs Associés au Télescope Bernard Lyot



Anica Lekic <sup>(1)(2)(3)</sup>, Lucas Saunier <sup>(1)(2)</sup>



(1) Observateurs Associés au Télescope Bernard Lyot (OATBL) ; (2) Institut Polytechnique des Sciences Avancées (IPSA) ; (3) Société Astronomique de France (SAF)

## La collaboration amateurs-professionnels des OATBL

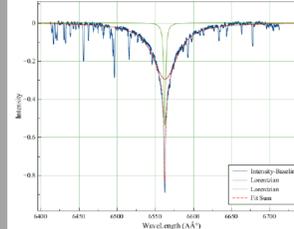
- Depuis 2016, les OATBL remplissent le planning des observateurs de service, en plus des statutaires.
- Les OATBL sont là pour suppléer les statutaires si le planning ne peut pas être rempli.
- Depuis 2018, Le programme amateur se focalise sur l'étude des étoiles à hautes métallicités.
- Certains outils et programmes sont réalisés par des membres pour dépouiller les données.
- L'association est intergénérationnelle, .
- L'association des OATBL est constitué de personnes d'horizons différents. La plupart sont des retraités et d'autres des étudiants ou salariés.
- En 2020 et 2021, un projet inter-école a été mis en place pour travailler sur les données des OATBL. Nous présentons ici les premiers résultats.



## Premiers résultats : étude de la raie H $\alpha$ et effet Doppler

Les OATBL travaillent depuis maintenant deux ans activement sur l'analyse des spectres obtenus grâce à Narval et à Néo Narval depuis son installation et mise en route. Le programme scientifique amateur des OATBL est constitué de 36 spectres dont une partie obtenue avec Néo-Narval. Dans le cadre d'un projet inter-école entre l'IPSA et l'ont pu aider les OATBL en analysant un jeu de 11 spectres issus de ce programme.

Cet échantillon, dont les spectres ont été obtenus grâce au temps discrétionnaire obtenu par les OATBL, a été divisé en plusieurs sous ensembles appelés « cluster ». La pertinence des regroupements d'étoiles n'est pas encore justifiée exactement par des critères objectifs, ceux-ci sont encore en phase d'étude mais le critère principal est relié aux propriétés de la raie la plus intense de la série de Balmer, la raie H $\alpha$ . Les types spectraux des 11 étoiles ont été répertoriés.

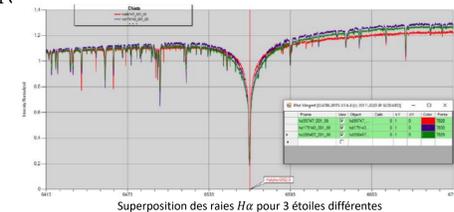


Lorentzian fitting of hd99747

L'étude de la raie de l'hydrogène a été faite grâce au logiciel MagicPlot d'ajustement des raies par des profils différents. La physique à la surface des étoiles motive le fait d'utiliser des ajustements par des profils de Voigt et non gaussien pour cette raie notamment. Cependant, il a été observé qu'une simple somme d'un profil Lorentzien et Gaussien était suffisante pour fiter au mieux la raie Balmer alpha. L'idée maintenant serait de voir la corrélation si celle-ci existe, entre les paramètres d'ajustement et la métallicité.

L'autre étude menée à bien sur cet échantillon de 11 spectres d'étoiles à haute métallicité, a été de vérifier que le décalage Doppler sur les raies de ces spectres correspond bien pour chaque étoile, aux erreurs de mesure près, à celui que l'on peut obtenir dans la littérature.

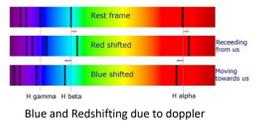
Les bons coefficients Doppler ont bien été retrouvés, montrant ainsi que l'ajustement fait par les étudiants du projet inter-école, en partenariat avec les OATBL, est correct. Seules deux étoiles sortent du lot par leur valeur différente du coefficient Doppler, due à la multiplicité de leur système stellaire.



Superposition des raies H $\alpha$  pour 3 étoiles différentes

Clusters	Name
Cluster 1	4cam
	30lmi
	f UMa
	hr4021
Cluster 2	c Her
Cluster 3	hd28204
Cluster 3	hd23193
	hd169885
Cluster 4	hd99747
	hd179143
	hd200407

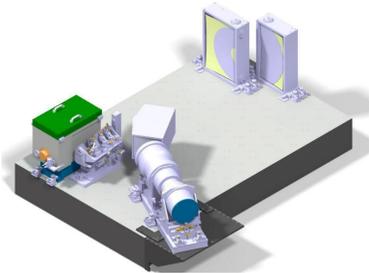
Sous divisions de l'échantillon



Blue and Redshifting due to doppler

Nom	Type de décalage	k mesuré	Vélocité radiale mesurée en km/s	k tabulé	Vélocité radiale tabulée km/s	Erreur relative
4cam	redshift	$8,38 \times 10^{-5}$	25,14	$7,51 \times 10^{-5}$	22,5	11,6 %
30lmi	redshift	$4,28 \times 10^{-5}$	12,84	$4,60 \times 10^{-5}$	13,7	6,9 %
c Her	blueshift	$-10,60 \times 10^{-5}$	-31,8	$-10,51 \times 10^{-5}$	-31,5	0,8 %
f UMa	blueshift	$-0,15 \times 10^{-5}$	-0,45	$-0,03 \times 10^{-5}$	-0,10	400 %
hd23193	redshift	$7,89 \times 10^{-5}$	23,68	$9,11 \times 10^{-5}$	27,3	13,4 %
hd28204	indéterminé	$-5,32 \times 10^{-5}$	-15,95	$3,30 \times 10^{-5}$	9,9	261 %
hd99747	blueshift	$-3,34 \times 10^{-5}$	-10,01	$-3,18 \times 10^{-5}$	-9,54	5,0 %
hd169885	blueshift	$-1,37 \times 10^{-5}$	-4,11	$-1,23 \times 10^{-5}$	-3,7	11,4 %
hd179143	indéterminé	$-0,91 \times 10^{-5}$	-2,73	$0,92 \times 10^{-5}$	2,76	199 %
hd200407	blueshift	$-2,06 \times 10^{-5}$	-6,17	$-2,60 \times 10^{-5}$	-7,8	20,8 %
hr4021	redshift	$4,27 \times 10^{-5}$	12,80	$3,6 \times 10^{-5}$	10,8	18,6 %

## Du nouveau au Pic du Midi : Néo-Narval au TBL



Depuis septembre 2019, l'instrument Narval qui était couplé au TBL, a été remplacé par son successeur : Neo-Narval. Cet instrument réalise une stabilisation en vitesse radiale (vélocimétrie) < 3m/s du spectrographe Narval/TBL.

En dehors des études initialement menées avec son prédécesseur, Neo-Narval permettra également d'étudier les liens entre activité stellaire et magnétisme autour d'étoiles hôtes d'exoplanètes.

Dans un but d'organisation des données, un nouveau moyen de les structurer a été mis en place à partir de fichiers fits contenant tout ce que l'instrument produit en sortie.

Maintenant, les fichiers fits sont structurés en extensions et contiennent dans une première partie les métadonnées et l'information reliée aux conditions d'observation, et en second lieu les informations concernant les données contenues dans l'extension « data ».

## Premiers résultats : effet Doppler-Zeeman, lien avec la polarisation et le champ magnétique

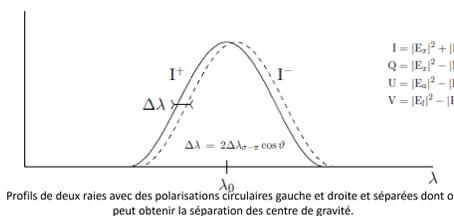
Le projet inter-école a permis de montrer qu'il était malheureusement peu probable, voire impossible, d'obtenir des valeurs correctes de champ magnétique grâce à l'étude uniquement de l'effet Zeeman. En effet, malgré la haute résolution de Néo-Narval, l'effet Zeeman est peu visible même sur les raies du Fe I et Fe II, qui y sont pourtant sensibles. Les raies ne sont pas résolues et un effet Doppler important vient se rajouter au dédoublement Zeeman, ce qui rend l'obtention du champ magnétique par ce biais quasiment impossible.

Ainsi, les élèves ainsi que les OATBL, ont décidé de se focaliser sur le jeu de 3 spectres d'étoiles à haute métallicité, obtenus par Néo-Narval. La polarisation est l'orientation du champ électromagnétique de la lumière reçue par le détecteur. Lorsque l'étoile présente un champ magnétique plus ou moins fort, on peut tirer de son spectre l'information sur la polarisation de la lumière et remonter alors, en connaissant les paramètres de Stokes (I, V, Q et U) à la valeur du champ magnétique de l'étoile. Un code python a été développé par les étudiants pour remonter à l'intensité I, et à l'intensité V de la composante circulaire également. Les données sur les polarisations rectilignes ne sont ici pas pertinentes et n'ont pas été étudiées.

Étoile hd141675 (type A3m)		Étoile hd127381 (type B1/B2V)	
$\lambda_{lab}$ (en Å)	B cos $\theta$ (en G)	$\lambda_{lab}$ (en Å)	B cos $\theta$ (en G)
6609,11	313,92	4520,23	763,10
4520,22	2862,67	5001,95	808,50
5328,53	3365,81	5328,53	483,06
6456,24	2542,28	6546,24	159,78
5260,25	2708,93	6667,99	442,90
		6750,15	8,93

Exemple de valeurs de champ magnétique obtenues, très différentes de la littérature. L'étude est à refaire par les membres d'association.

$$\Delta\lambda_{\sigma-\pi} = g_L \frac{\lambda^2 B}{4\pi mc} \quad \Delta\lambda = \frac{21V}{dI/d\lambda} \quad \frac{dI^-}{d\lambda} \approx \frac{dI^+}{d\lambda} \approx \frac{dI}{d\lambda} \quad B \cos \theta = \frac{4\pi mc}{eg_L} \frac{IV}{\lambda^2 \frac{dI}{d\lambda}}$$



Profils de deux raies avec des polarisations circulaires gauche et droite et séparées dont on peut obtenir la séparation des centres de gravité.

L'extraction de I et de V à partir du cube de données a permis aux étudiants et aux OATBL, grâce à une formule assez simple, de proposer des valeurs du champ magnétique longitudinal pour plusieurs raies et pour les 3 étoiles à haute métallicité de l'échantillon, très faible encore, de spectres obtenus grâce à Néo-Narval, par les OATBL. L'analyse des résultats est encore en cours mais il y a pour l'instant une faible corrélation entre les valeurs attendues de la littérature et les champs magnétiques trouvés. Il est probable que la méthode de mesure du décalage entre les centres des raies polarisées, valeur importante pour remonter au champ magnétique, soit à l'origine de ces champs magnétiques différents des valeurs attendues. L'ordre de grandeur semble en revanche convenir.

## Contactez-nous et adhérez !



Anica Lekic, membre du bureau des OATBL, membre de la CT2A/SAF et enseignante à l'IPSA

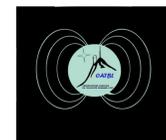
[Anica.lekic@ipsa.fr](mailto:Anica.lekic@ipsa.fr)

Lucas Saunier, étudiant à l'IPSA [lucas.saunier@ipsa.fr](mailto:lucas.saunier@ipsa.fr)



Page Web Officielle des OATBL <http://oatbl.free.fr/wordpress/>

Les OATBL remercient fortement messieurs Barussaud, Fayet, Guitton, Holland, Quénéa et Le Faou des deux écoles qui ont travaillé de concert pour analyser les données de l'association en lien étroit avec l'OMP.



## Perspective pour la suite de l'analyse des spectres du programme scientifique des OATBL

La possibilité qu'un effet Stark influe la structure des raies de ces étoiles, notamment de la raie de la série de Balmer, est à l'étude bibliographique dans l'association. Les OATBL souhaitent poursuivre leur étude spectroscopique méticuleuse de la raie de l'hydrogène la plus intense, afin de mieux comprendre les mécanismes qui sont à l'oeuvre dans les étoiles du programme scientifique. Y a-t-il une corrélation entre métallicité et paramètre de cette raie ? Qu'en est-il de l'intensité du champ magnétique ? Y a-t-il un lien entre métallicité et intensité du champ magnétique ? Ces étoiles possèdent-elles des exoplanètes autour d'elles ? Existe-t-il un lien entre métallicité et existence d'exoplanètes en tenant compte d'une intensité moyenne de champ magnétique ? Des questions passionnantes auxquelles souhaiteraient répondre les OATBL et tous les membres qui participent de près ou de loin à l'analyse de ces spectres, en lien étroit avec les astronomes de l'OMP.