

HD 57682, UNE ÉTOILE AUX PROPRIÉTÉS PHYSIQUES RARES : ÉTUDE DE SES VARIATIONS SPECTROSCOPIQUES, MAGNÉTIQUES ET CIRCUMSTELLAIRES

Mauclaire, B.¹ and Grunhut, J. H.²

Résumé. À la fin des années 2000, la campagne MiMeS* recherche entre autre l’existence du magnétisme dans les étoiles chaudes. C’est dans ce cadre que le champ magnétique de huit étoiles de type O a été mis en évidence dont celui de HD 57682, de type spectral O9IV. Dans cette étude les observations spectropolarimétriques ont été combinées avec des données spectroscopiques principalement issues d’observations amateurs. Ce jeu de données a permis de déterminer la période de rotation propre de l’étoile, de préciser les variations du champ magnétique longitudinal ainsi que sa géométrie.

Keywords: étoiles : individuelle HD 57682, étoiles : champ magnétique, étoiles : matière circumstellaire, étoiles : rotation, étoiles : vents, éjections, techniques : polarimétrie, collaboration professionnelle-amateur pro-am

1 Introduction

En 2010, HD 57682 de classe spectrale O9IV était l’une des huit étoiles de type O au magnétisme confirmé. Ce faible nombre reflète autant la rareté des étoiles de type O possédant un champ magnétique mesurable que le challenge représenté par la détection elle-même de ce champ lorsqu’il existe. Cette présente étude a permis de préciser et d’améliorer les résultats sur HD 57682 décrits par [Grunhut et al. \(2009\)](#).

Depuis 2007 une campagne d’étude française à long terme est menée sur les étoiles Be (incluant les candidates de type O) initiée avec la création de la base de données BeSS ([Bouvier et al. 2007](#)). C’est dans ce contexte qu’en février 2010 Coralie Neiner (GEPI, observatoire de Paris-Meudon) avait lancé une requête aux amateurs pour un suivi spectroscopique de la raie H α de HD 57682 durant la même période où le satellite photométrique MOST observerait. Cependant après 15 jours d’observations, des changements abrupts dans la raie étudiée ont poussé les amateurs impliqués à contacter J. Grunhut[†] qui était l’auteur principal de l’article sur la découverte du magnétisme de HD 57682 ([Grunhut et al. 2009](#)). Cela a été le commencement d’une campagne de près d’un an dont l’aboutissement fut un article publié en 2012 dans la revue MNRAS[‡] ([Grunhut et al. 2012](#)).

2 Données et observations

La majorité des observations spectropolarimétriques ont été réalisées avec le spectropolarimètre ESPaDOnS à haute résolution ($R \sim 68\,000$) du CFHT. D’autres données spectroscopiques sont issues du CES de l’ESO et de la base de données BeSS principalement alimentée par des amateurs équipés de spectrographes LHIRES3 ($R \sim 15\,000$). Un premier constat est que les spectres dynamiques (Fig 1) montrent clairement des signes de périodicité.

Dans le but de caractériser ces variations périodiques et leur origine nous avons extrait les valeurs B_ℓ du champ magnétique projeté le long de la ligne de visée appelé champ longitudinal. Pour ce faire nous avons

¹ Observatoire du Val de l’Arc, 13530 Trets, France

*. ² Department of Physics, Engineering Physics & Astronomy, Queen’s University, Kingston, Ontario, Canada, K7L 3N6 *

*. MiMeS : Magnetism In Massive Stars.

†. Affiliation at the time of paper publication.

‡. MNRAS : Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

mesuré le moment du premier ordre du profil du paramètre de Stokes V obtenu avec les observations spectropolarimétriques normalisées par le profil en intensité. L'intensité B_d du champ magnétique du dipôle est alors déduite en comparant la courbe de B_ℓ à un abaque de modèles fonction de l'angle α entre l'axe de rotation stellaire et l'axe magnétique (sur Terre les deux sont actuellement presque les mêmes).

Par ailleurs, l'analyse fréquentielle de la largeur équivalente EW de la raie H α et de B_ℓ a permis une mesure précise de la période de rotation propre. Les mesures de EW de la raie H α et de V_{radiale} viennent principalement des observations disponibles dans BeSS. La période de rotation a été obtenue avec un périodogramme lors de l'analyse fréquentielle et HJD_0 correspond au maximum de B_ℓ . Une éphéméride a pu ainsi être élaborée : $HJD_{B_\ell}^{\text{max}} = 2453347,71(35) + 63,5708(57) \cdot E$.

Le panneau de droite de la Fig. 1 regroupe l'ensemble des mesures photométriques d'Hipparcos et de B_ℓ ainsi que EW de la raie H α où la contribution des amateurs (51 spectres sur 67) est représentée par des triangles pointe en bas de couleur verte.

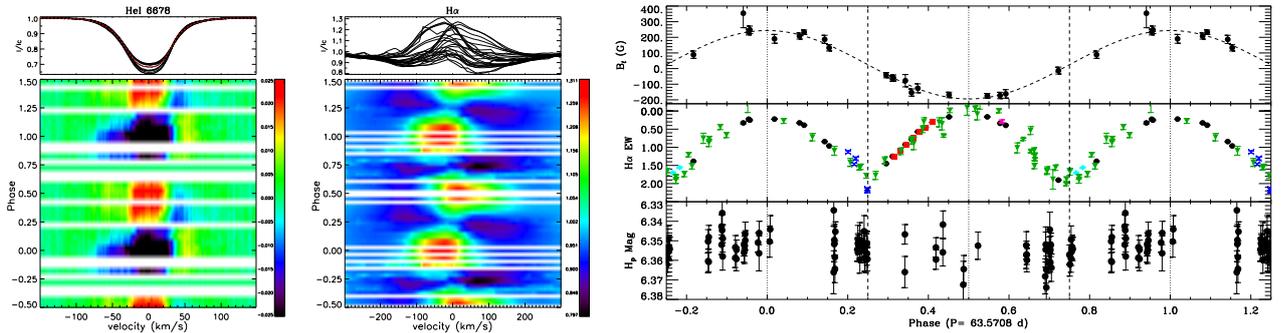


Figure 1. Panneau de gauche : spectre dynamique montrant les variations de la raie de He I en fonction de la phase. **Panneau central :** même représentation mais pour la raie H α exhibant de façon évidente la présence de deux émissions par cycle de rotation. Les zones rouges correspondent aux émissions circumstellaires. Le calcul des phases est réalisé avec l'éphéméride élaborée par notre équipe.

Panneau de droite : *En haut :* variations du champ magnétique longitudinal B_ℓ mesuré à partir des spectres d'ESPADOnS où la courbe en pointillés noirs montre l'ajustement de ces mesures par une sinusoïde. *Au milieu :* variations de EW de la raie H α mesurées avec le jeu de données d'ESPADOnS (cercles noirs), CES (carrés noirs), FEROS (lettres X en bleu), Las Campanas Observatory (losanges cyans), UVES (triangles pointe en haut roses) et BeSS (triangles pointe en bas verts). *En bas :* photométrie réalisée par Hipparcos.

3 Résultats

À partir de ce jeu de données il a été possible de contraindre la période de rotation propre à $63,5708 \pm 0,0057$ j, d'examiner les variations de plusieurs raies et de préciser la géométrie du champ magnétique longitudinal créé par un dipôle magnétique d'axe quasiment perpendiculaire ($79 \pm 4^\circ$) à celui de l'axe de rotation ainsi que son intensité estimée à 900 ± 60 G (gauss). Pour comparaison, le champ magnétique du dipôle de la Terre est de $\sim 0,5$ G et celui du Soleil 50 G. De plus la modélisation des variations de la raie H α montre que ses émissions sont générées par un anneau équatorial de plasma épais qui est confiné par le champ magnétique stellaire. La matière circumstellaire formant un disque képlerien en l'absence de champ magnétique devient alors un anneau.

Comme ces variations de la composante en émission de la raie H α sont souvent attribuées aux éjections uniformes de plasma depuis la magnétosphère, nous avons pu exploiter les ressources apportées par un modèle numérique de "tests" ajustant les variations de EW de la raie H α . Ce modèle nous a permis de confirmer que les évolutions de EW seraient bien dues à la présence d'un disque équatorial (Fig. 2).

4 Conclusion

Notre investigation nous a permis d'étudier le magnétisme ainsi que les propriétés magnétosphériques de HD 57682 à un niveau de détail encore jamais atteint pour aucune des autres étoiles magnétiques de type O. Notre analyse met en évidence un comportement très complexe pouvant constituer un ensemble de données de référence pour de futures simulations de magnétohydrodynamique (MHD) en 3D afin de mieux comprendre les magnétosphères qui ne sont pas entraînées par la rotation des étoiles chaudes.

Références

- Bouvier, J., Chalabaev, A., & Charbonnel, C., eds. 2007, SF2A-2007 : Semaine de l'Astrophysique Française
 Grunhut, J. H., Wade, G. A., Marcolino, W. L. F., & al. 2009, MNRAS, 400, L94
 Grunhut, J. H., Wade, G. A., Sundqvist, J. O., & al. 2012, MNRAS, 426, 2208

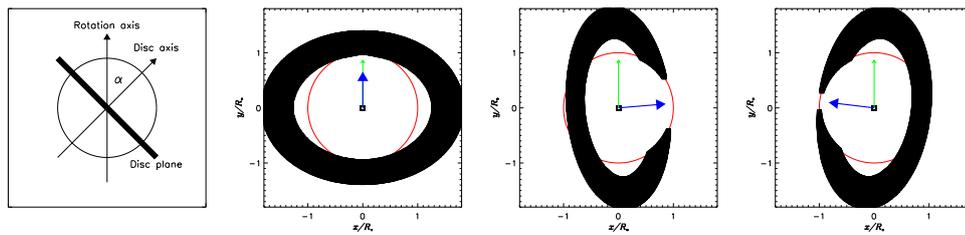


Figure 2. Représentations du disque à l’origine des émissions de la raie $H\alpha$ à l’aide de notre modèle numérique de “tests”. La figure de gauche présente un exemple schématique montrant l’orientation du plan du disque lorsque l’axe du disque est incliné d’un angle α par rapport à l’axe de rotation. Les autres figures montrent aux phases 0,0 puis 0,33 et 0,66 différentes projections le long de la ligne de visée du disque (rempli en noir) et de l’étoile centrale (contour rouge).