

Solutions de filtrage des raies H α et He I pour les spectres de la campagne RR Lyræ

B. MAUCLAIRE^{★,1}, J. S. DEVAUX²

¹ Observatoire du Val de l'Arc (O.V.A.), 13530 Trets, France.

² Observatoire d'Alignan du Vent (O.A.V.), 34290 Alignan du Vent, France.

★ : E-mail : bma.ova@gmail.com

Preprint version : 1^{er} mai 2014

Résumé

Context. Depuis plus de 100 ans, les astronomes tentent d'expliquer l'effet Blazhko correspondant à une modulation des variations lumineuses des étoiles RR Lyræ. D.GILLET a sollicité des astronomes amateurs pour un suivi photométrique et spectroscopique lors d'une campagne d'observation 2013-2014.

Aims. Nous recherchons à mettre en évidence les raies d'émission H α et He I 6678 Å qui sont rendues parfois difficilement visibles compte-tenu du faible SNR des spectres pris en séries temporelles.

Methods. Grâce au choix adapté du filtre – gaussien ou de Savitzky-Golay – et de sa largeur, on peut faire ressortir avec moins d'équivoque les raies étudiées dans la campagne RR Lyræ.

Results. Cette étude permet de fixer le choix du filtre selon la raie étudiée et de sa largeur. Pour les raies H α et He I 6676 Å en émission, le filtre Savitzky-Golay de largeur avoisinant 5 éléments de résolutions est optimal.

Key words. RR Lyræ – 2003-2014 campaign – pulsating star – spectroscopy – H α line – He I lines – filter – amateur spectroscopic survey.

1. Introduction

Durant la campagne d'étude du phénomène Blazhko (BLAZHKO 1907) de l'étoile RR Lyræ (SIMBAD) 2013-2014 initiée notamment par Denis GILLET¹, des astronomes amateurs ont été sollicités tant pour le suivi photométrique que spectroscopique des maxima. En spectroscopie, l'objectif étant de vérifier la chronicité des maxima de la raie H α ainsi que la présence en émission, notamment, des raies He I 5876 Å et 6678 Å (GILLET 2013). Ces raies sont par ailleurs décalées d'environ 2 Å vers le bleu dont 1.6 Å proviennent de la vitesse radiale de l'étoile valant -72.2 km/s (SIMBAD).

À cette fin, des séries temporelles sont nécessaires pour détecter ces raies. Cependant le diamètre des télescopes amateurs limite le SNR accessible.

Un filtrage s'avère alors nécessaire pour la mise en évidence univoque de ces raies. Sa mise en œuvre est décrite dans le paragraphe 3.

2. Instrumentation et méthode de réduction

Trois configurations instrumentales sont comparées où la résolution ainsi que le capteur CCD sont différents (tableau 1 page 2).

1. Observatoire de Haute Provence, St Michel de l'Observatoire, France

Ce sont des séries temporelles qui sont réalisées avec des télescopes de diamètres respectifs 0.25 m, 0.30 m et 0.35 m, cela explique le faible SNR. La détection des phénomènes est cependant effective.

La réduction est réalisée selon la procédure standard sous Audela² à l'aide du plugin SpcAudace³ pour les spectroscopes à fente (Josiane et Lhires3⁴) et le plugin eShell pour les spectroscopes à échelle eShell.

Le filtrage est effectué avec les fonctions disponibles sous SpcAudace.

3. Filtrage gaussien ou par Savitzky-Golay ?

Il s'agit de mettre en évidence un début de signal utile présent dans le bruit du continuum. Cette situation est analogue à deux personnes qui parviennent à converser au milieu d'une foule bruyante dans une gare. C'est notamment le cas pour la détection de l'émission de la raie He I à 6676 Å qui possède une forme de cloche à "lisser" sans être atténuée.

L'usage d'un filtre gaussien abouti à utiliser des largeurs de l'ordre de 0.7 élément de résolution, alors

2. <http://www.audela.org>

3. <http://wsdiscovery.free.fr/spcaudace>

4. LHIRES3 and eShell are products from Shelyak Instrument, Grenoble, France : <http://www.shelyak.com>

Capteur CCD	Taille de pixel	Spectroscopie	Pouvoir de résolution	Dispersion ($\text{\AA}/\text{pixel}$)	Résolution (\AA)	SNR moyen (6600-6666 \AA)	Échantillonnage
Atic 314L	13 μm (bin2)	Josiane 1800 t/mm	8 000	0.271	0.82	14	3.03
ST8	9 μm (bin1)	Lhires3 2400 t/mm	15 000	0.115	0.44	13	3.8
ST10	6.8 μm (bin1)	eShell	10 000	0.220	0.66	25	3.0

TABLE 1. Récapitulatif des instrumentations spectroscopiques ayant réalisées les spectres utilisés dans cette étude.

difficiles à appréhender. Le filtre de Savitzky-Golay (SAVITZKY 1967) est efficace et sa largeur opérationnelle est ici de 5 éléments de résolution.

Ce filtre effectue un lissage polynômial par morceaux, de degré 3 dans notre cas (gérant les inflexions), avec minimisation par les moindres carrés. Une moyenne glissante est ainsi un lissage de Savitzky-Golay avec un polynôme de degré 1.

La comparaison entre le filtrage par Savitzky-Golay et gaussien montre qu'ils sont semblables bien que leurs largeurs paramétrées pour ce test soient différentes (figure 1).

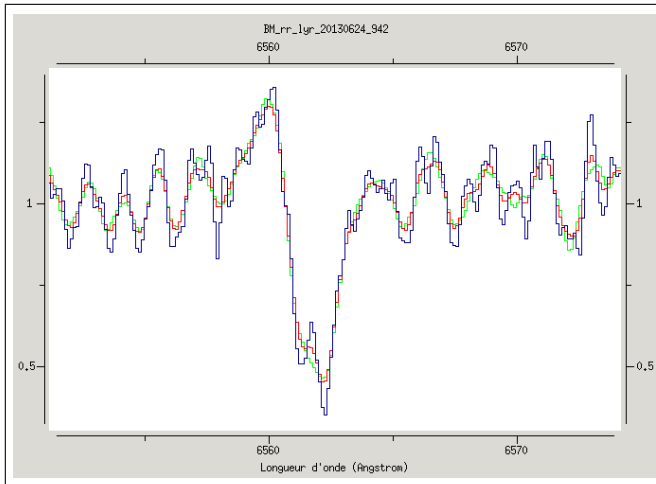


FIGURE 1. Comparaison sur la raie H_α du filtrage gaussien de largeur 2 pixels (0.7 éléments de résolution ici) en rouge et le filtrage de Savitzky-Golay de largeur 15 pixels (5.3 éléments de résolution ici) en vert.

À titre de comparaison, SpcAudace donne le même résultat que Midas pour un filtrage gaussien de largeur $\sigma = fwhm \times 0.601$ égale à 2 pixels, soit 0.5 éléments de résolution ici (voir figure 2).

4. Choix de la largeur de filtrage

4.1. Pour la raie H_α en émission

La raie H_α située à 6561.8 \AA est bien visible lors des maxima. Le filtre le plus adapté est Savitzky-Golay. Pour les trois instrumentations, nous avons fait les tests numériques suivants (figures 3, 4 et 5) en encadrant la meilleure largeur de filtrage. En effet, pour des valeurs de largeur inférieures à 2 éléments de résolution, le filtre est sans effet

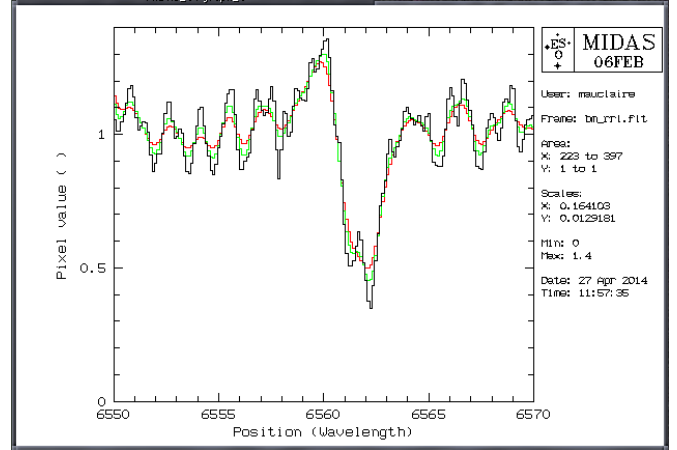


FIGURE 2. Filtrage gaussien de largeur 2 pixels sur la raie H_α , comparatif entre SpcAudace en vert et Midas en rouge.

notable. Lorsque la largeur dépasse 10 éléments de résolution, il n'y a plus de pixel détecteur visible.

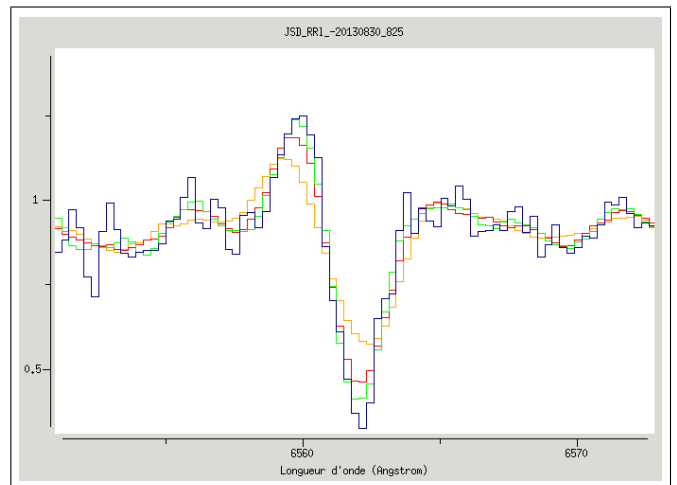


FIGURE 3. Filtrage de Savitzky-Golay sur la raie H_α obtenu avec le spectroscopie Josiane. Les couleurs correspondent à différentes largeurs du filtre : vert : 3,3 ; rouge : 5,0 et orange : 6,6.

4.2. Pour la raie He I en émission

La raie He I située à 6676 \AA se trouvent juste au dessus du bruit. Le filtre le plus adapté est Savitzky-Golay. C'est une détection délicate et de surcroît fugace. Pour les trois instrumentations, nous avons fait les tests numériques suivants (figures 6, 7 et 8) en encadrant la meilleure largeur de filtrage. En effet, pour des valeurs de largeur inférieures

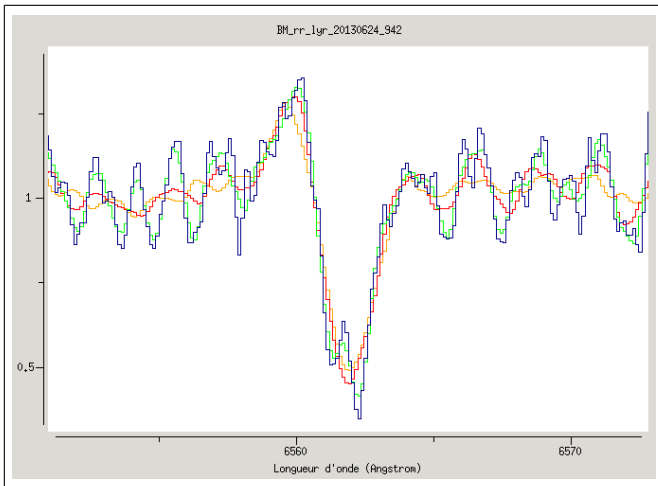


FIGURE 4. Filtrage de Savitzky-Golay sur la raie H_{α} obtenu avec le spectroscopie Lhires3. Les couleurs correspondent à différentes largeurs du filtre : vert : 2,6 ; rouge : 5,3 et orange : 7,9.

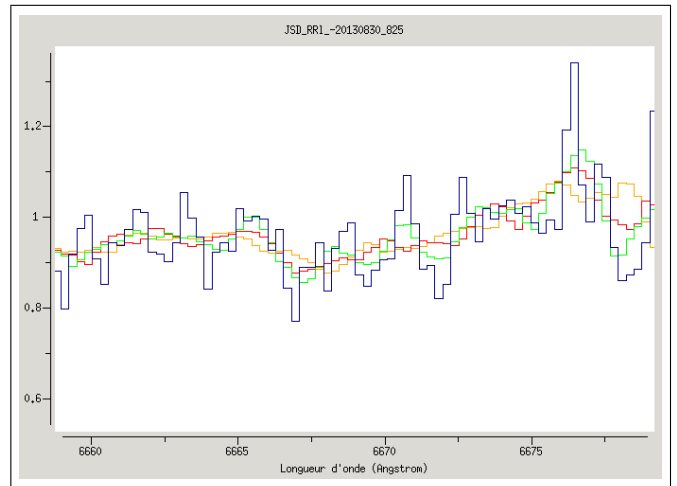


FIGURE 6. Filtrage de Savitzky-Golay sur la raie He I obtenu avec le spectroscopie Josiane. Les couleurs correspondent à différentes largeurs du filtre : vert : 3,3 ; rouge : 5,0 et orange : 6,6.

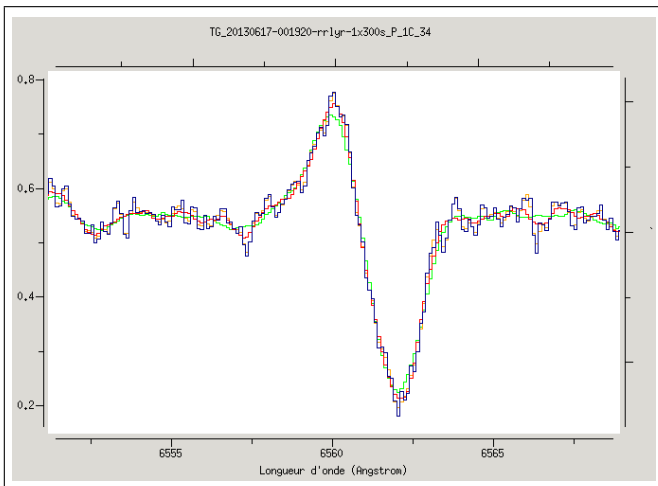


FIGURE 5. Filtrage de Savitzky-Golay sur la raie H_{α} obtenu avec le spectroscopie eShell. Les couleurs correspondent à différentes largeurs du filtre : orange : 1,7 ; rouge : 5,0 et vert : 10,1.

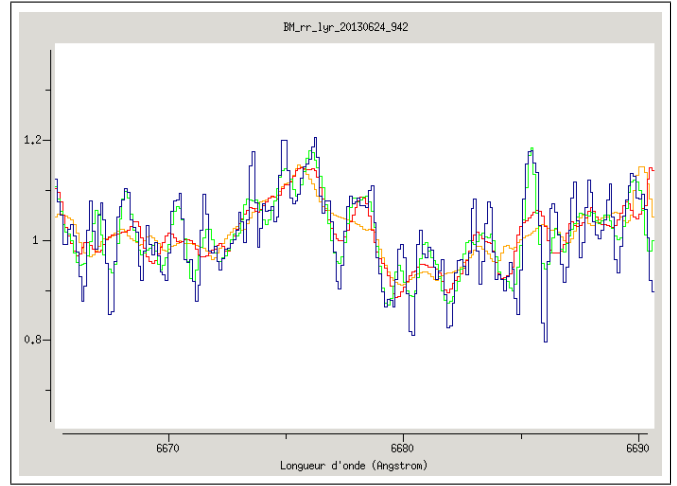


FIGURE 7. Filtrage de Savitzky-Golay sur la raie He I obtenu avec le spectroscopie Lhires3. Les couleurs correspondent à différentes largeurs du filtre : vert : 2,6 ; rouge : 5,3 et orange : 7,9.

à 2 éléments de résolution, le filtre est sans effet notable. Lorsque la largeur dépasse 10 éléments de résolution, il n'y a plus de pixel détecteur visible.

5. Conclusions

Les résultats pour les meilleures largeurs de chaque filtre selon le spectroscopie utilisé sont regroupés dans le tableau 2 page 4.

Pour les raies en émissions H_{α} et He I 6676 Å, un filtre de Savitzky-Golay est efficace. La largeur opérationnelle toutes instrumentations confondues est autour de 5 éléments de résolution. Pour des valeurs de largeur nettement plus faibles (inférieures à 2), le filtre est sans effet notable. Lorsque la largeur dépasse 10 éléments de résolution, il n'y a plus de pixel détecteur visible.

Bien entendu, le SNR du signal brut est la clef pour des détections sans équivoques. Mais la turbulence atmosphérique ainsi que les limites de l'asservissement des montures sur nos télescopes de diamètre inférieur au demi mètre bornent le plus souvent le SNR.

Cependant, les astronomes amateurs constituent une force pour le suivi observationnel long terme et haute fréquence. Elle est de plus largement répartie sur le globe.

Références

- Blazhko, S. 1907, *Astr. Nachr.*, **175**, 325.
- Gillet, D. 2013, *Astron. & Astrophys.*, **554**, id.A46, 14 pp.
- Savitzky, A. and Golay, M. J. E. 1967, *Anal. Chem.*, 36 (8), pp 1627–1639.
- Simbad database. 2014, RR Lyrae web page.

Capteur CCD	Dispersion ($\text{\AA}/\text{pixel}$)	Résolution (\AA)	Filtre	H_{α}	He I 6678 \AA
Atic 314L : 13 μm (bin2)	0.271	0.82	Gaussien	0.7 (L=3 pixels)	0.7 (L=3 pixels)
			S.-G.	5.0 (L=15 pixels)	5.0 (L=15 pixels)
ST8 : 9 μm (bin1)	0.115	0.44	Gaussien	0.5 (L=2 pixels)	0.5 (L=2 pixels)
			S.-G.	5.3 (L=20 pixels)	5.3 (L=20 pixels)
ST10 : 6.8 μm (bin1)	0.220	0.66	Gaussien	0.7 (L=2 pixels)	0.7 (L=2 pixels)
			S.-G.	5.0 (L=15 pixels)	5.0 (L=15 pixels)

TABLE 2. Récapitulatif des choix optimaux de la largeur des filtres en éléments de résolution. S.-G. signifie le filtre Savitzky-Golay .

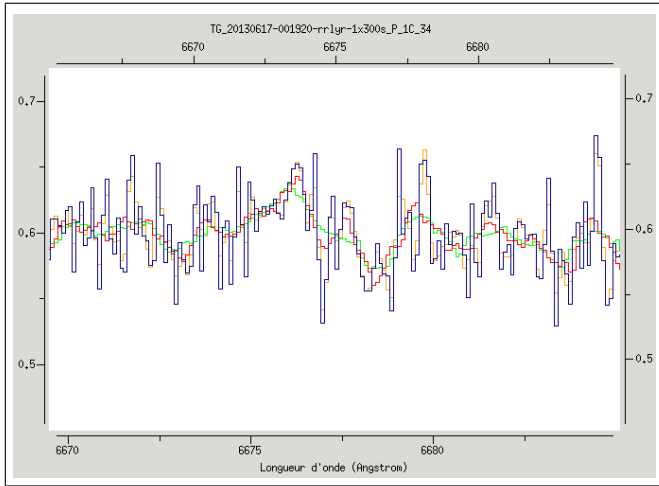


FIGURE 8. Filtrage de Savitzky-Golay sur la raie He I obtenu avec le spectroscopie eShell. Les couleurs correspondent à différentes largeurs du filtre : orange : 1,7 ; rouge : 5,0 et vert : 10,1.