

Pulsating Stars Newsletter

Serial number 1

Sous le haut patronage de Denis Gillet

1. Édito	1
2. Les apports de la photométrie sur RR Lyræ	1
3. Quand observer RR Lyræ ?	3
4. Conseils d'observation en photométrie	3
5. Les dernières nouvelles de RR Lyræ	4
6. Comment réaliser une time série spectrale sur RR Lyræ ?	6

1. Édito



Par Benjamin MAUCLAIRE
E-mail : bma.ova@gmail.com

Voici votre premier numéro de la "newsletter pulsante" tout chaud sorti du four. Cet organe de communication contient toutes les informations pour apprendre et agir autour des étoiles pulsantes et notamment l'étoile RR Lyræ sujet d'actualité.

Seront abordés des domaines comme l'astrophysique, les techniques d'observation et de réduction, les observations, etc.. Ce premier opus fait la part belle à ce début de campagne RR Lyræ 2014.

Elle est à nous tous, et nous pouvons, j'allais dire devons tous y participer puisque c'est notre bulletin. Notre vocation est de favoriser l'accès au savoir pour tous. La période de parution est variable, à l'image de RR Lyræ et dépendra de l'actualité. L'objectif est justement de garder la flamme allumée et de la propager.

Plus précisément, le contenu c'est : de la théorie, de la pratique, des compte-rendus d'observation en spectroscopie, en photométrie, les campagnes en cours... Bref tous ce qui peut avoir de près ou de loin un rapport avec les étoiles pulsantes.

Cette newsletter comprendra les quatre rubriques suivantes (mais nous pourrons en rajouter) :

- 1 article de fond en épisodes (ie. sur plusieurs numéros) ;
- les dernières observations ;

- les éphémérides ;
- tips and trics astro-pratique pour aider à se lancer.

Pour l'envoi des articles, merci de contacter Benji :

bma.ova@gmail.com

Merci d'avance à ceux qui participeront.

Nous gardons le contact quotidien grace à la mailing-list GRRR. Pour s'inscrire, c'est ici :

https://fr.groups.yahoo.com/neo/groups/Groupe_RR_Lyrae/info

Bonne lecture !

2. Les apports de la photométrie sur RR Lyræ



Par Thibault deFRANCE
E-mail : thibault.astro@gmail.com

Cet article est le premier d'une longue série sur la photométrie des étoiles RR Lyræ. Il s'agit d'une introduction aux aspects astrophysiques. Les techniques d'observation seront présentées plus tard dans une autre rubrique.

Les RR Lyræ sont des étoiles de population II, ce qui signifie qu'elles sont vieilles et contiennent peu d'éléments lourds. Elles ont généralement, un rayon compris entre 4 et 6 rayons

solaires (R_{\odot}), une période de pulsation comprise entre 0.2 et 1.1 jour et une masse de 0.5 à 0.8 masse solaire (M_{\odot}). Celle-ci est inégalement répartie.

Elles ont une température moyenne effective située entre 6000 K et 7400 K. Elles sont dans une phase de leur évolution où elles brûlent de l'hélium par des processus de fusion nucléaire.

Elles doivent leur nom de classe à leur prototype RR Lyr, étoile nommée RR dans la constellation de la Lyre. Ce sont des étoiles variables pulsantes dont les oscillations sont radiales.

En identifiant l'étoile à un corps noir, sa luminosité dépend de deux facteurs principaux : sa surface et sa température.

L'énergie lumineuse E émise chaque seconde par un mètre carré de l'étoile est proportionnelle à la puissance quatrième de la température (effective de l'étoile) :

$$E = \sigma \cdot T_{eff}^4$$

où σ est la constante de Stefan-Boltzmann et vaut $5,670373 \cdot 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$.

Si la température de l'étoile double, l'énergie qu'elle produit est donc multipliée par 16 car $2^4 = \underbrace{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2}_{4 \text{ multiplications}} = 16$.

La luminosité L est l'énergie totale rayonnée par toute la surface de l'étoile. Elle est donc proportionnelle à la surface S de l'étoile et à son énergie lumineuse E :

$$L = E \cdot S$$

Si la surface double, la luminosité double aussi.

La surface d'une étoile est celle d'une sphère et vaut :

$$4\pi \cdot R^2$$

D'où la relation finale reliant la luminosité à la température et à la surface en combinant les deux premières relations :

$$L = 4\pi \cdot R^2 \cdot \sigma T_{eff}^4$$

Ce sont donc les variations de température qui dominent largement la luminosité de l'étoile.

Lors des oscillations d'une RR Lyræ, sa surface et sa température varient.

Les variations du rayon sont de l'ordre de 15 % du rayon photosphérique moyen.

Les variations de température sont quand à elles de l'ordre de 2500 K.

Lorsqu'elle se contracte, l'étoile se réchauffe et lorsqu'elle se dilate, elle se refroidit. C'est comme l'air contenu dans une pompe à vélo lorsque l'on gonfle son pneu.

On s'attend donc à ce que l'étoile soit au maximum de luminosité pour le rayon minimum et réciproquement, au minimum de sa luminosité pour le rayon maximum.

Toutes les étoiles oscillent plus ou moins. Ces oscillations sont dues à un léger déséquilibre entre la force de gravité et la pression de radiation (la lumière s'échappant vers l'extérieur pousse). Dans les étoiles "normales", les pulsations engendrées s'amortissent très vite, et par conséquent, elles ne pulsent pas.

Voici la courbe de luminosité (ici à travers un filtre visuel) d'une RR Lyræ associée à une courbe décrivant le changement de rayon (Fig. 1 page 2). Ainsi qu'une frise en bleu représentant la taille de l'étoile où les variations de son diamètre sont exagérées.

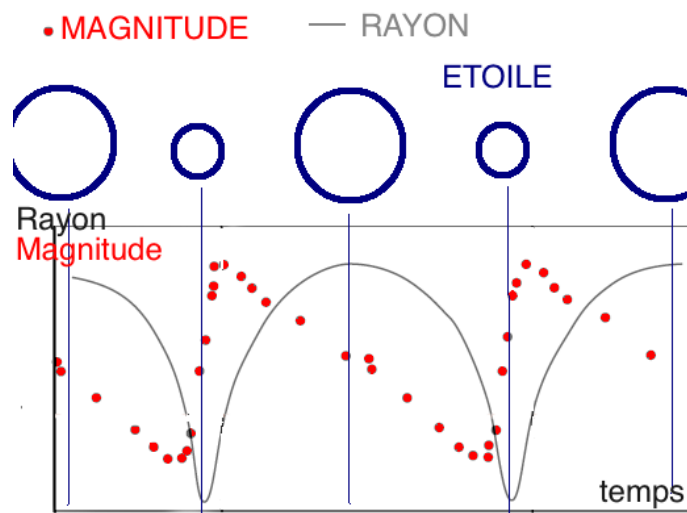


FIGURE 1 – Forme de la courbe de lumière selon la pulsation de l'étoile.

Mais on constate que le maximum de luminosité de l'étoile, correspondant aussi au maximum de sa température, n'est pas en phase avec le minimum du rayon de l'étoile.

Ceci est dû au fait qu'une partie de l'énergie libérée par la compression n'est pas rayonnée car elle sert à ioniser l'hélium et fait varier l'opacité. Les variations d'opacité empêchent l'amortissement des oscillations et maintiennent l'existence des pulsations. Mais ceci est une autre histoire...

Bibliographie et netographie :

Cours d'Astronomie C4 de Paris VI – 1983-1985, Françoise Combes, polycopié n°208.

Stellar Cycles : Photometric observations of the Blazhko Effect in RR Lyrae stars (thesis), Elisabeth Guggenberger, 2008.

The History of the Theory of Radial Stellar Pulsations, Alfred Gautschi, ETH Bibliothek, 2003.

RR Lyrae Star Horace, A. Smith, CUP, 1995.

Stellar photospheres, David F. Gray, CUP, 2005.

3. Quand observer RR Lyræ ?



Par Daniel VERILHAC

E-mail : daniel.verilhac@free.fr

3.1. Les éphémérides de "Tonton"

Voici les éphémérides de RR Lyræ de période 13h36min. où figurent les maxima photométriques pour les nuits de mai et juin 2014 (tableau 1 page 3).

Cycle	JD	Date	Heure (TU)
1272	2456798,361	20/05/14	20 h 40
1274	2456799,495	21/05/14	23 h 52
1276	2456800,628	23/05/14	3 h 05
1281	2456803,462	25/05/14	23 h 05
1283	2456804,596	27/05/14	2 h 18
1285	2456805,729	28/05/14	5 h 30
1288	2456807,429	29/05/14	22 h 19
1290	2456808,563	31/05/14	1 h 31
1292	2456809,697	01/06/14	4 h 43
1295	2456811,397	02/06/14	21 h 32
1297	2456812,531	04/06/14	0 h 44
1299	2456813,664	05/06/14	3 h 56
1304	2456816,498	07/06/14	23 h 57
1306	2456817,632	09/06/14	3 h 10
1311	2456820,465	11/06/14	23 h 10
1313	2456821,599	13/06/14	2 h 23
1315	2456822,733	14/06/14	5 h 35
1318	2456824,433	15/06/14	22 h 24
1320	2456825,566	17/06/14	1 h 36
1322	2456826,700	18/06/14	4 h 48
1325	2456828,400	19/06/14	21 h 37
1327	2456829,534	21/06/14	0 h 49
1329	2456830,668	22/06/14	4 h 01
1332	2456832,368	23/06/14	20 h 50
1334	2456833,501	25/06/14	0 h 02
1336	2456834,635	26/06/14	3 h 15
1341	2456837,469	28/06/14	23 h 15
1343	2456838,602	30/06/14	2 h 28

TABLE 1 – Éphémérides des maxima de RR Lyræ pour les mois de mai et juin 2014.

On peut télécharger les éphémérides complètes sur :
<http://www.pulsating-stars.org/ephemeris>

3.2. RR Lyræ en direct

Pour voir où on en est, le site de Thibault donne la phase en direct :

<http://www.hd182989.info/>

3.3. Quand observer en photométrie ?

Si c'est possible démarrez et observez dès que vous pouvez voir RR Lyræ et laissez tourner ensuite. Si vous le pouvez, imagez aussi les minima.

3.4. Quand observer en spectrométrie ?

N'oubliez pas d'observer et de démarrer dès que vous pouvez voir RR Lyræ et laissez tourner ensuite hors maximum. Les choses changent après la phase 0,16.

En spectroscopie, le "flash" H_{α} est autour de la phase 0,85, soit environ 1 heure avant le maximum photométrique. Ne vous faites pas piéger par l'avance ou le recul des maxima : observez avec une large marge de sécurité. 1 h avant et 1 h après est une bonne marge.

4. Conseils d'observation en photométrie



Par Daniel VERILHAC

E-mail : daniel.verilhac@free.fr

4.1. L'augmentation de flux et le risque de saturation...

L'étude des étoiles pulsantes demande quelques précautions : RR Lyræ comme toutes les variables possède une luminosité... variable ! Il faut en tenir compte lors de l'exposition pour ne pas saturer le capteur. Les questions à se poser :

- Quelle est la différence de magnitude entre les deux « extrêmes » que je vais imager ?
- À quelle différence de flux cela correspond-t-il ?

Pour RR Lyræ en comptant large, 1 mag de différence cela fait une augmentation de flux de près de 250 % (id. 2,5 fois plus) ! En effet, c'est une échelle logarithmique. Ce n'est donc

pas négligeable. Nous expliquerons plus précisément cela dans un prochain numéro.

Exemple pour une caméra cécédé de capacité 60000 ADU : Valeur maxi visée 80 %, soit 48000 ADU pour le flux au moment du maximum. Pour le flux au « minimum » je ne dois donc pas dépasser : $48000 / 2.5$, soit 19200 ADU sous peine de saturer au moment du maximum et que les données perdent de leur valeur scientifique.

Il suffit donc de régler le temps de pose tel que l'on ne dépasse pas 19200 ADU au minimum. Il importe aussi de ne pas saturer les étoiles de référence si elles sont plus lumineuses que la cible. Ceci est cependant à adapter selon votre instrument.

4.2. Du bon format des données

Les acquisitions sont le plus souvent enregistrées au format Fits ou Raw (CR2, ...). Les images sont traitées de manière habituelle. Enfin, vous utiliserez votre logiciel préféré pour en extraire la courbe photométrique. Par exemple Muniwin ou Audela¹. Le plus souvent elle est présentée dans un format compatible pour les tableurs : csv, txt, dat, ...

C'est cette courbe qui est intéressante : elle comporte la date en jours Juliens (JJ) et la valeur du flux de l'étoile en ADU ou en magnitude relative à une "super étoile". Par la suite, les mesures de notre campagne seront faites à partir de là.

Il faut bien entendu garder les images brutes afin de pouvoir les retraiter plus tard si besoin est. Ça prend de la place mais c'est indispensable.

Il faut envoyer cette courbe au format .csv, .txt, ... à tonton@telescope-rural.org qui la déposera sur la base de données provisoire. Dans un prochain numéro, nous discuterons du traitement de ces courbes.

4.3. Importance de la datation

La datation doit être la plus précise possible et surtout la même pour tous, sinon cela risque de fausser les mesures ! La synchronisation peut se faire via un serveur de temps ou tout autre moyen fiable. Par exemple, installer sur votre ordinateur d'acquisition un logiciel client NTP. Il remettra régulièrement la pendule à l'heure. L'usage du clocher de l'église est à éviter ! Pour nos mesures, une précision de la seconde est suffisante.

Il est donc important de vérifier l'horloge du PC avant toute mesure afin que nous soyons coordonnés. On sera alors en mesure d'utiliser des spectres marocains ou bretons avec une photométrie maritime ou vertacomicroienne.

5. Les dernières nouvelles de RR Lyræ



Par Thierry GARREL
E-mail : gabalou@gmail.com

5.1. A propos du maximum du 10/5

Pour moi le max d'intensité du choc se passe quand les raies de l'hélium passent au maximum. Il est difficile de juger sur H_{α} seul entre deux poses autour du maximum. L'ionisation de l'hydrogène en arrière du front atteint alors un maximum même si la température du front de choc augmente encore. Néanmoins, dans les chocs les plus intenses, il y a de la photoionisation devant le front, qui est un autre processus de création de l'émission de la raie H_{α} .

En plus, l'accélération du choc dans le milieu fait passer l'émission H_{α} vers le cœur du profil en absorption. C'est l'hélium I qui prend le relais comme marqueur du maximum et au cas échéant l'hélium II pour les chocs les plus violents. Il me semble voir He I 6678 Å passer en brève émission au moment où j'ai He I 5876 Å en émission maximale. Voir Fig. 3 page 5 et Fig. 2 page 4.

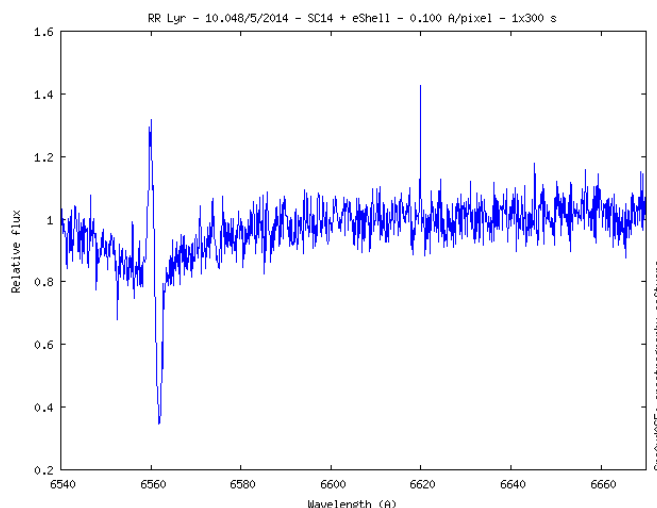


FIGURE 2 – Spectre autour de la raie H_{α} réalisé avec un spectroscopie eShell.

Un fait surprenant, il y a à la date du maximum, 01h08'34" TU, He I 5876 Å vu à 5873,6 Å, juste sur le bord bleu du profil en absorption He I photosphérique. À la pose

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

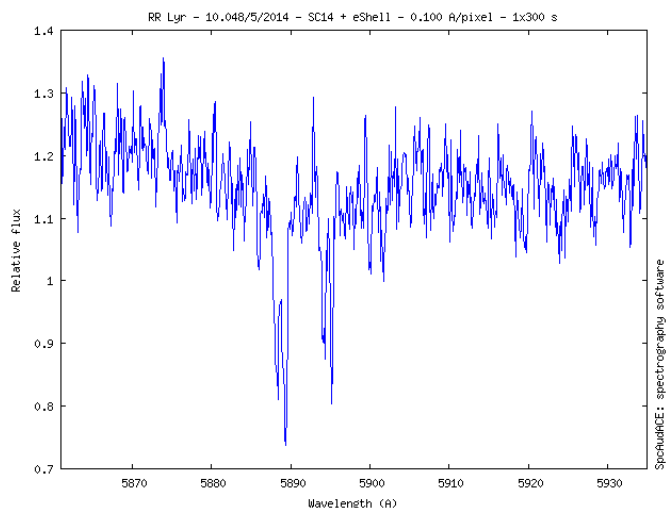


FIGURE 3 – Spectre de la raie He I 5876 Å (à gauche des 2 raies du sodium en absorption) réalisé avec un spectroscopie eShell.

suivante, soit 5 minutes et 13 s après, on la voit clairement au centre du profil en absorption à 5874,7 Å. Quasiment 1 Å de décalage ! Alors que H_{α} semble faire du sur place, bien qu'à se moment elle se noie dans le profil en absorption. Ce décalage de 1 Å correspond à une vitesse de 51 km/s. C'est la première fois que je vois ça aussi bien.

Le choc était d'une relative faible intensité, alors que d'après les éphémérides GEOS on serait au maximum Blazhko le 10 mai. Je pense que le maximum Blazhko est décalé pour la fin du mois, comme nous nous en étions aperçu au Teide, il y a un décalage important entre l'éphéméride calculée du maximum Blazhko et celle observée avec les raies de l'hélium, de l'ordre de la dizaine de jours.

Cela me fait penser que les O-C sont depuis longtemps dans les choux et le Blazhko connaît lui aussi une grande variabilité, du moins depuis les dernières observations du satellite Kepler.

Des chocs intenses sont en perspective.

5.2. Maximum photométrique le 14/5 à 1h43 TU

Eh bien ça a été un choc d'une bonne intensité. Dans la classe des chocs que l'on voit autour du maximum Blazhko.

Après deux maxima faibles autour du 4/5 et 10/5, voilà qu'elle reprend de la vigueur. C'est le moment de l'observer et ça devrait encore monter la semaine prochaine. Ce qui nous mettra le maximum Blazhko autour du 20/5.

5.3. Maximum du 16/5 à 21h44 TU

RR Lyræ a été à peu près à 25° de hauteur au Nord-Ouest. Les maxima du 4, 10 et 14 ont montré une montée en puissance des chocs. Cela devrait être encore plus fort ce

soir. Malheureusement, les nuages ne m'ont pas donné accès notre étoile merveilleuse.

Comme d'habitude, la phase 0,91 est une heure avant le maximum photométrique, soit 22H44 TL. J'avais donc prévu de commencer aussi tôt que possible ! Si le cœur vous en dit continuez après le maximum avec des poses plus longues, on peut aller à 1200s unitaire en time série afin de couvrir la suite des événements.

5.4. Maximum du 17/5 à 23h45 TU

Je l'ai malheureusement loupé à cause d'une météo changeante. Mais j'ai deux poses post maximum montrant une raie H_{α} encore intense ainsi que la raie de He I 5876 Å visible. Le maximum a eu 10 min. d'avance (Fig. 4 page 5).

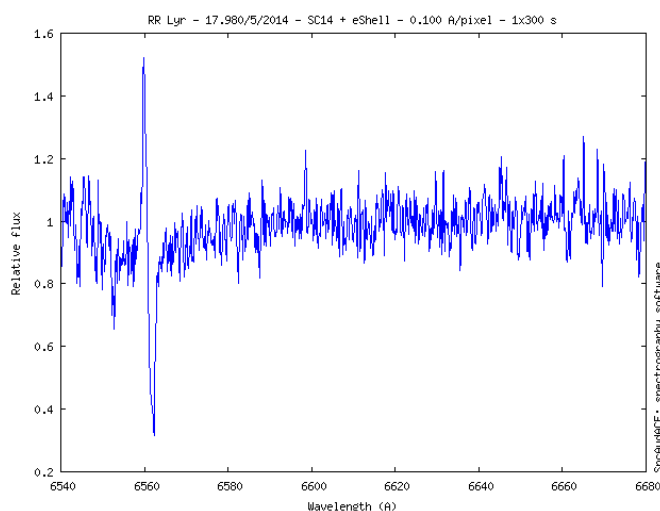


FIGURE 4 – Spectre de la raie H_{α} post maximum réalisé avec un spectroscopie eShell.

J'espère qu'il y aura aussi de la photométrie, plus difficile à cette hauteur en ce moment, surtout en U.

Du remue-méninges en perspective.
Amitiés à tous.

Bibliographie et netographie :

Emission lines and shock waves in RR Lyrae stars, D. Gillet and A. B. Fokin, Astronomy & Astrophysics, March 18, 2014.

Atmospheric dynamics in RR Lyrae stars : The Blazhko effect, D. Gillet, Astronomy & Astrophysics. May 24, 2013.

RR Lyrae astmospherics : wrinkles old and new. A preview, George W. Preston, The Astronomical Journal, 141 :6 (7pp), 2011 January.

6. Comment réaliser une time série spectrale sur RR Lyræ ?



Par Benjamin MAUCLAIRE
E-mail : bma.ova@gmail.com

6.1. Time série, késako ?

Pour enregistrer le phénomène furtif qu'est l'apparition en émission des raies H_α et de l'hélium I et II, il est nécessaire de faire des acquisitions courtes et répétées : c'est une time série.

La résolution temporelle nécessaire ici est de l'ordre de 300 s à 600 s. Par la suite, il convient donc, lors du traitement de choisir "Traitement indépendant de chaque spectre" dans votre logiciel.

6.2. Préparer l'observation et le matériel

Les éphémérides de Tonton me permettent de prévoir les nuits à l'avance où je ferai des observations. Durant la journée, je me réfère au site de Thibault (<http://www.hd182989.info/>) pour connaître en temps réel la prochaine heure du maximum choisi. Les heures sont données en heures du temps universel (TU).

En spectroscopie, le maximum est en avance de 1 h sur le maximum photométrique. Donc l'heure locale (HL) de démarrage des acquisitions = heure TU du maximum photométrique.

Par exemple, le maximum du 16/5 ayant eu lieu à 21h44 TU, j'ai prévu de commencer l'observation vers 21h44 HL. Je commence donc 60 minutes avant et observe 30 à 45 minutes après pour enregistrer la propagation de l'onde visible au fond de la raie H_α .

La nuit tombée, je commence par procéder à l'ajustement de la focalisation sur une étoile de magnitude 4-5 de façon à avoir des durées de pose courtes à l'autoguidage. Ceci permet de constater rapidement l'effet d'une modification de la mise au point. Le but étant de minimiser la taille de l'image de l'étoile dans la fente.

Sur des étoiles plus brillantes, je m'arrête lorsque l'étoile possède deux flans produits par la fente.

Ensuite je pointe le télescope sur RR Lyræ et enclenche l'autoguidage.

Je règle alors le temps de pose de la caméra d'autoguidage en fonction de la transparence du ciel et de la turbulence :

- durée usuelle avec le 300 mm de diamètre et la webcam longue pose : 0,5 à 1 s ;
- transparence médiocre : j'allonge le temps de pose ;
- turbulence présente : je réduis un peu la durée des poses.

J'ai ensuite tout loisir de paramétrer la séquence de prises de vues : 6×600 s dans mon cas. En effet, pour maximiser le SNR sur ma caméra ST8, je pousse à 600 s. Par ailleurs, la stabilité mécanique du Lhires3 nécessite de prendre le spectre de la lampe de référence, ici le néon, toutes les 60 min.

Une précaution importante est de réaliser toutes ces opérations avant le début des observations.

6.3. Lancement des observations

Deux méthodes s'offrent à l'observateur :

- enclencher manuellement les poses de calibration ainsi que le démarrage de la série de poses ;
- lancer ces différentes poses de façon automatique à l'aide d'un script.

Compte-tenu que les maxima peuvent avoir lieu à des horaires parfois tardifs ou tôt le matin, j'ai réalisé un script pour Audela que je lance une fois le pointage fait et l'autoguidage enclenché.

L'alimentation de chaque périphérique est commandée par une multiprise USB Silvershield®, le néon de mon Lhires3 est motorisé et est commandé par Audela. Ce script déclenchera les opérations de façon retardée en lui précisant la durée à attendre :

```
ova_seriespdiffstop 90 rr_lyrae- 8 600
```

Il réalise les tâches suivantes :

1. attend 90 minutes ;
2. stoppe l'autoguidage et prend une pose de lampe de calibration ;
3. relance l'autoguidage puis démarre une série de 7 poses de 600 secondes dont le nom générique des fichiers est rr_lyrae- et neon_rr_lyrae- ;
4. stoppe l'autoguidage et prend une pose de lampe de calibration ;
5. parque (park) le télescope ;
6. arrête le refroidissement de la caméra CCD ;
7. compresse le répertoire de la nuit et l'envoie via ssh sur l'ordinateur de la maison resté allumé ;
8. coupe l'alimentation de la caméra CCD et de la monture ;
9. ferme le toit de l'abri, puis éteint l'ordinateur de coupole.

J'ai aussi deux variantes à disposition :

```
– ova_seriespectres 4 rr_lyrae- 6 600
```

Réalise 4 séries de 6 poses de 600 s avec prise de lampe de calibration entre chaque série.

- ova_seriesandstop 4 rr_lyrae- 6 600
Effectue les mêmes tâches que le script ci-dessus, puis ferme l'observatoire comme décrit pour le premier script.

Avec ces scripts, j'ai tout loisir de vaquer à d'autres occupations durant les observations. Je jette un coup d'œil de temps en temps pour vérifier que la cible est toujours dans la fente grâce Tightvnc qui permet de prendre le contrôle à distance d'ordinateurs.

Tous ces logiciels sont libres. La structure de l'observatoire est décrite sur :

<http://wsdiscovery.free.fr/astonomie/observatoire/>

6.4. Réduction des données

Utilisateur d'Audela², j'utilise le Pipeline 2a d'Spcaudace³ et complète les champs en n'oubliant pas de cocher "Traite chaque spectre individuellement" (Fig. 5 page 7).

FIGURE 5 – Champs remplis de la fenêtre du Pipeline 2a d'Spcaudace.

Après appui sur "OK", j'obtiens le profil de raies de chaque spectre : `_rr_lyrae-b--20130919_936` etc.. Je peux les visualiser avec l'outil "Visionneuse bis" disponible dans le menu "Fichier" d'Audace.

J'en profite enfin pour avoir une vue synoptique du maximum observé en produisant un graphique où les profils "nettoyés" sont superposés avec un décalage vertical de 1. Pour ce faire, je crée un sous-répertoire où je copie les 4 à 6

spectres encadrant le maximum et règle le répertoire de travail d'Audela (menu Configuration/Répertoire) sur ce dernier répertoire. Puis j'effectue la série d'opérations permettant d'obtenir un joli graphique final :

1. Retrait des cosmiques, spectre par spectre :
`spc_rmcsmics _rr_lyrae-b--20130919_936 2`
Vérifier la liste des raies détectées données en console avec celles vues sur le profil. Si trop de raies enlevées, augmenter le coefficient.
2. Lissage doux pour écrêter les pics du bruit sur l'ensemble des spectres du répertoire où ont été effacés les spectres de départ :
`bm_cmd "spc_smooth %s"`
3. Je crée un sous-répertoire qui contiendra uniquement tous les profils se terminant par `-smo` et règle de nouveau le répertoire de travail pour la dernière étape.
4. Production d'un graphique PNG d'une vue synoptique :
`spc_multifit2pngdec 1`
Le résultat obtenu est visible sur la Figure 6 page 7.

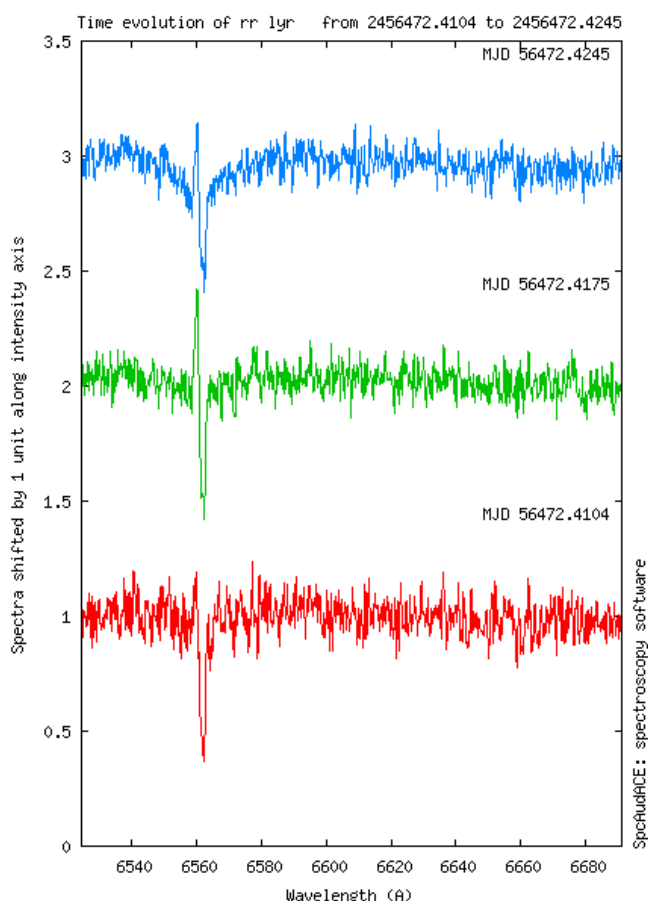


FIGURE 6 – Multiplot obtenu sur les 3 spectres présents dans le répertoire avec la commande `spc_multifit2pngdec 1`.

Je compresse ce répertoire final pour le sauvegarder. Sont aussi sauvegardés les profils corrigés des cosmiques, qui sont les spectres à envoyer dans la base de données, ainsi que les bruts de la nuit.

La boucle est bouclée !

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

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



FIGURE 7 – RR Lyrae en vue avec le T152 de l'OHP ! (photo Thierry Lemoult).