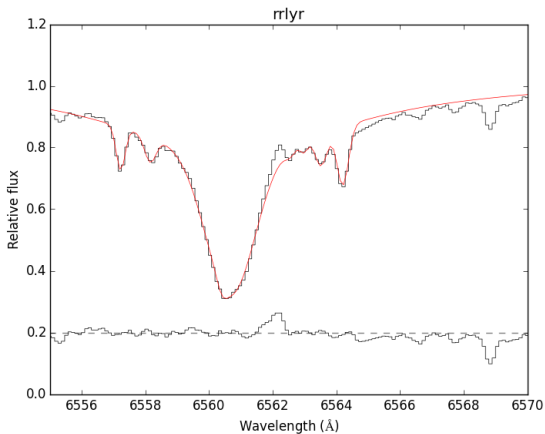


# La publication sur RR Lyr : récit d'une aventure de chercheurs

B. MAUCLAIRE



# Introduction

# Introduction

- La recherche n'est pas un travail, c'est une aventure

# Introduction

- La recherche n'est pas un travail, c'est une aventure
- Loin de l'image du personnage seul dans un bureau au quotidien monotone

# Introduction

- La recherche n'est pas un travail, c'est une aventure
- Loin de l'image du personnage seul dans un bureau au quotidien monotone
- Ce quotidien est plein de rebondissements

# Introduction

- La recherche n'est pas un travail, c'est une aventure
- Loin de l'image du personnage seul dans un bureau au quotidien monotone
- Ce quotidien est plein de rebondissements
- C'est l'observation qui dicte la science et non l'inverse

# Introduction

- La recherche n'est pas un travail, c'est une aventure
- Loin de l'image du personnage seul dans un bureau au quotidien monotone
- Ce quotidien est plein de rebondissements
- C'est l'observation qui dicte la science et non l'inverse
- Nous allons voir :

# Introduction

- La recherche n'est pas un travail, c'est une aventure
- Loin de l'image du personnage seul dans un bureau au quotidien monotone
- Ce quotidien est plein de rebondissements
- C'est l'observation qui dicte la science et non l'inverse
- Nous allons voir :
  1. Comment tout ça a débuté



# Introduction

- La recherche n'est pas un travail, c'est une aventure
- Loin de l'image du personnage seul dans un bureau au quotidien monotone
- Ce quotidien est plein de rebondissements
- C'est l'observation qui dicte la science et non l'inverse
- Nous allons voir :
  1. Comment tout ça a débuté
  2. Première interprétation, première ébauche de l'article

# Introduction

- La recherche n'est pas un travail, c'est une aventure
- Loin de l'image du personnage seul dans un bureau au quotidien monotone
- Ce quotidien est plein de rebondissements
- C'est l'observation qui dicte la science et non l'inverse
- Nous allons voir :
  1. Comment tout ça a débuté
  2. Première interprétation, première ébauche de l'article
  3. La révolution venue de Chelles

# Introduction

- La recherche n'est pas un travail, c'est une aventure
- Loin de l'image du personnage seul dans un bureau au quotidien monotone
- Ce quotidien est plein de rebondissements
- C'est l'observation qui dicte la science et non l'inverse
- Nous allons voir :
  1. Comment tout ça a débuté
  2. Première interprétation, première ébauche de l'article
  3. La révolution venue de Chelles
  4. D'autres étoiles pulsantes au programme

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# Partie A :

# Comment tout ça a débuté ?

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 1. 2013-2014 : deux années aux chocs intenses

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 2013-2014 : deux années aux chocs intenses

- 2013/4/17 : workshop-acte fondateur de la survey RR Lyrae

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 2013-2014 : deux années aux chocs intenses

- 2013/4/17 : workshop-acte fondateur de la survey RR Lyrae
- S'en suit une série de nuits d'observation au T152 de l'OHP :

# 2013-2014 : deux années aux chocs intenses

- 2013/4/17 : workshop-acte fondateur de la survey RR Lyrae
- S'en suit une série de nuits d'observation au T152 de l'OHP :
  - ▶ 2013 : 2013/6/14, 2013/9/4-5, 2013/10/12-15, 2013/11/13



# 2013-2014 : deux années aux chocs intenses

- 2013/4/17 : workshop-acte fondateur de la survey RR Lyrae
- S'en suit une série de nuits d'observation au T152 de l'OHP :
  - ▶ 2013 : 2013/6/14, 2013/9/4-5, 2013/10/12-15, 2013/11/13
  - ▶ 2014 : 2014/6/28-29, 2015/8/9-10, 2014/9/14-16

# 2013-2014 : deux années aux chocs intenses

- 2013/4/17 : workshop-acte fondateur de la survey RR Lyrae
- S'en suit une série de nuits d'observation au T152 de l'OHP :
  - ▶ 2013 : 2013/6/14, 2013/9/4-5, 2013/10/12-15, 2013/11/13
  - ▶ 2014 : 2014/6/28-29, 2015/8/9-10, 2014/9/14-16
- 2014/6/28 : workshop des méthodes d'observations et d'exploitation

# 2013-2014 : deux années aux chocs intenses

- 2013/4/17 : workshop-acte fondateur de la survey RR Lyrae
- S'en suit une série de nuits d'observation au T152 de l'OHP :
  - ▶ 2013 : 2013/6/14, 2013/9/4-5, 2013/10/12-15, 2013/11/13
  - ▶ 2014 : 2014/6/28-29, 2015/8/9-10, 2014/9/14-16
- 2014/6/28 : workshop des méthodes d'observations et d'exploitation
- 2016/5/21 : workshop du bilan d'exploitation des données et astrophysique

# 2013-2014 : deux années aux chocs intenses

- 2013/4/17 : workshop-acte fondateur de la survey RR Lyrae
- S'en suit une série de nuits d'observation au T152 de l'OHP :
  - ▶ 2013 : 2013/6/14, 2013/9/4-5, 2013/10/12-15, 2013/11/13
  - ▶ 2014 : 2014/6/28-29, 2015/8/9-10, 2014/9/14-16
- 2014/6/28 : workshop des méthodes d'observations et d'exploitation
- 2016/5/21 : workshop du bilan d'exploitation des données et astrophysique
- 2017/6/24 : workshop du bilan des articles et des spectros inovants

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

## 2. Fin 2014 : premiers résultats de détection

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# Fin 2014 : premiers résultats de détection

- **Priorité : traiter les spectres du T152 que j'ai en ma possession**

# Fin 2014 : premiers résultats de détection

- Priorité : traiter les spectres du T152 que j'ai en ma possession
- Des spectres non exempts de problèmes :

# Fin 2014 : premiers résultats de détection

- Priorité : traiter les spectres du T152 que j'ai en ma possession
- Des spectres non exemptes de problèmes :
  - ▶ Beaucoup de cosmics souvent mal placés



# Fin 2014 : premiers résultats de détection

- Priorité : traiter les spectres du T152 que j'ai en ma possession
- Des spectres non exemptes de problèmes :
  - ▶ Beaucoup de cosmics souvent mal placés
  - ▶ Calibration en longueur d'onde parfois délicate :  
plantage PC acquisition, technicien distrait par nos bouteilles...

# Fin 2014 : premiers résultats de détection

- Priorité : traiter les spectres du T152 que j'ai en ma possession
- Des spectres non exemptes de problèmes :
  - ▶ Beaucoup de cosmics souvent mal placés
  - ▶ Calibration en longueur d'onde parfois délicate :  
plantage PC acquisition, technicien distrait par nos bouteilles. . .
  - ▶ Cela coûtera des bières !

# Fin 2014 : premiers résultats de détection

- Priorité : traiter les spectres du T152 que j'ai en ma possession
- Des spectres non exemptes de problèmes :
  - ▶ Beaucoup de cosmics souvent mal placés
  - ▶ Calibration en longueur d'onde parfois délicate :  
plantage PC acquisition, technicien distrait par nos bouteilles...
  - ▶ Cela coûtera des bières !
- Recherche des spectres correspondant à la phase d'intérêt : `bm_findsphase 0.2 0.4`

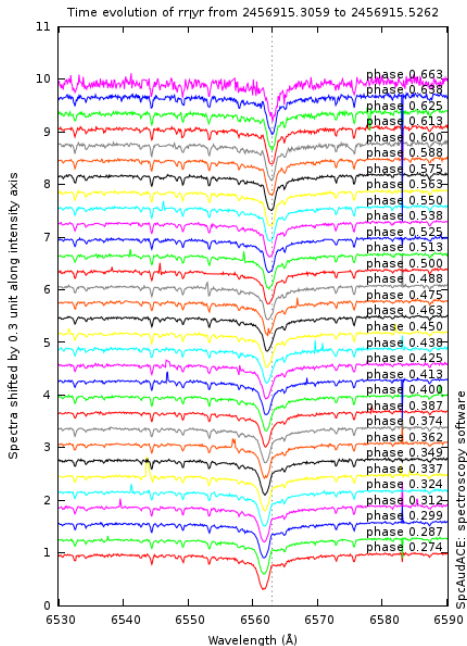
# Fin 2014 : premiers résultats de détection

- Priorité : traiter les spectres du T152 que j'ai en ma possession
- Des spectres non exemptes de problèmes :
  - ▶ Beaucoup de cosmics souvent mal placés
  - ▶ Calibration en longueur d'onde parfois délicate :  
plantage PC acquisition, technicien distrait par nos bouteilles...
  - ▶ Cela coûtera des bières !
- Recherche des spectres correspondant à la phase d'intérêt : `bm_findsphase 0.2 0.4`
- Correction héliocentrique et passage dans le référentiel de l'étoile : `rr_rrlyrcorr -73.5`

# Fin 2014 : premiers résultats de détection

- Priorité : traiter les spectres du T152 que j'ai en ma possession
- Des spectres non exemptes de problèmes :
  - ▶ Beaucoup de cosmics souvent mal placés
  - ▶ Calibration en longueur d'onde parfois délicate :  
plantage PC acquisition, technicien distrait par nos bouteilles...
  - ▶ Cela coûtera des bières !
- Recherche des spectres correspondant à la phase d'intérêt : `bm_findsphase 0.2 0.4`
- Correction héliocentrique et passage dans le référentiel de l'étoile : `rr_rrlyrcorr -73.5`
- Tracé de multiplots **phasés** :  
`rr_multifit2pngdec 0 6553 6573 6562.82`

# Premiers résultats : 2014/9/14



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

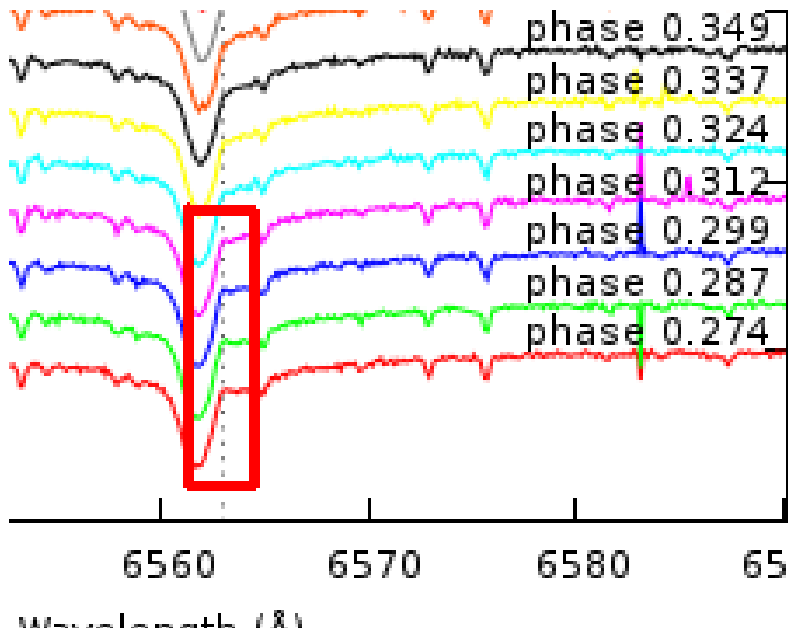
2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

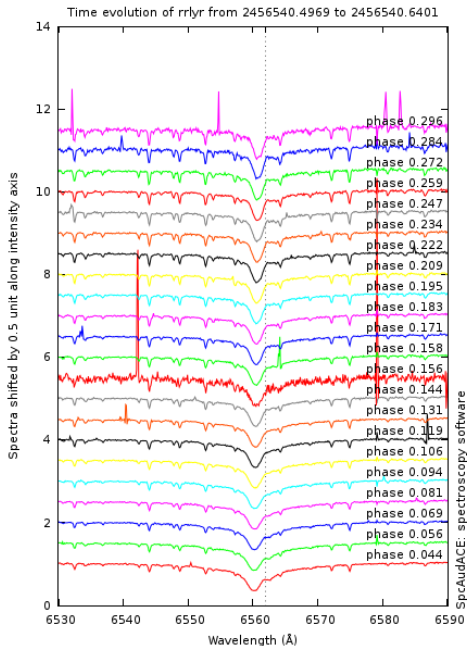
2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

## Premiers résultats : 2014/9/14



# Premiers résultats : 2013/9/4





La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

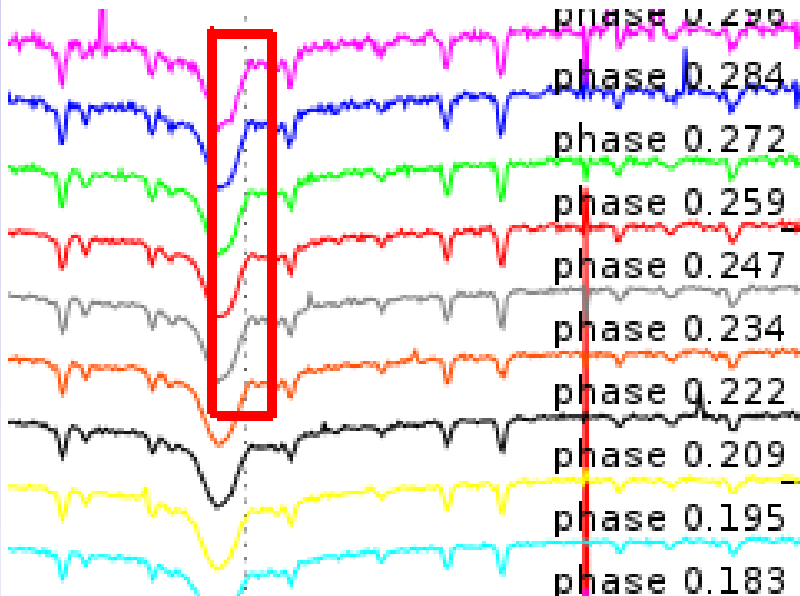
2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

## Premiers résultats : 2013/9/4



2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 3. 2015 : 1 an $\frac{1}{2}$ pour récupérer toutes les données !

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 2015 : 1 an $\frac{1}{2}$ pour récupérer toutes les données !

- Tout est dans le titre !

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 2015 : 1 an $\frac{1}{2}$ pour récupérer toutes les données !

- Tout est dans le titre !
- T152 : 450 spectres

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 2015 : 1 an $\frac{1}{2}$ pour récupérer toutes les données !

- Tout est dans le titre !
- T152 : 450 spectres
- Et tant d'autres participants. . .

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 2015 : 1 an $\frac{1}{2}$ pour récupérer toutes les données !

- Tout est dans le titre !
- T152 : 450 spectres
- Et tant d'autres participants. . .
- TOTAL : **2800 spectres** individuels !

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 2015 : 1 an $\frac{1}{2}$ pour récupérer toutes les données !

- Tout est dans le titre !
- T152 : 450 spectres
- Et tant d'autres participants. . .
- TOTAL : **2800 spectres** individuels !
- Un grand élan collectif des amateurs pour percer le mystère de l'effet Blazhko

# 2015 : 1 an $\frac{1}{2}$ pour récupérer toutes les données !

- Tout est dans le titre !
- T152 : 450 spectres
- Et tant d'autres participants. . .
- TOTAL : **2800 spectres** individuels !
- Un grand élan collectif des amateurs pour percer le mystère de l'effet Blazhko
- Deux professionnels partageant leurs connaissances :  
D. Gillet & P. Mathias



# 2015 : 1 an $\frac{1}{2}$ pour récupérer toutes les données !

- Tout est dans le titre !
- T152 : 450 spectres
- Et tant d'autres participants. . .
- TOTAL : **2800 spectres** individuels !
- Un grand élan collectif des amateurs pour percer le mystère de l'effet Blazhko
- Deux professionnels partageant leurs connaissances : D. Gillet & P. Mathias
- Un régal pour progresser en astrophysique et en méthodes d'analyse

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

## 4. 2016 : début d'une collaboration intense

# 2016 : début d'une collaboration intense

- Des échanges fréquents et riches d'enseignements

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

2013-14 : deux  
années aux chocs  
intenses

Fin 2014 :  
premiers résultats  
de détection

2015 : 1 an  $\frac{1}{2}$   
pour récupérer  
toutes les données !

2016 : début d'une  
collaboration  
intense

# 2016 : début d'une collaboration intense

- Des échanges fréquents et riches d'enseignements
- Le temps libre est dédié à la recherche 7/7 jours

# 2016 : début d'une collaboration intense

- Des échanges fréquents et riches d'enseignements
- Le temps libre est dédié à la recherche 7/7 jours
- Un chemin parcouru ensemble pour raisonner et faire face aux difficultés

## 2016 : début d'une collaboration intense

- Des échanges fréquents et riches d'enseignements
- Le temps libre est dédié à la recherche 7/7 jours
- Un chemin parcouru ensemble pour raisonner et faire face aux difficultés
- Recherche des occurrences de la 3<sup>e</sup> émission dans les milliers de spectres : développement de scripts de sélection de zone en longueur d'onde, de phases de pulsation, etc.

## 2016 : début d'une collaboration intense

- Des échanges fréquents et riches d'enseignements
- Le temps libre est dédié à la recherche 7/7 jours
- Un chemin parcouru ensemble pour raisonner et faire face aux difficultés
- Recherche des occurrences de la 3<sup>e</sup> émission dans les milliers de spectres : développement de scripts de sélection de zone en longueur d'onde, de phases de pulsation, etc.
- Mise en place de choix pour les tracés graphiques :

# 2016 : début d'une collaboration intense

- Des échanges fréquents et riches d'enseignements
- Le temps libre est dédié à la recherche 7/7 jours
- Un chemin parcouru ensemble pour raisonner et faire face aux difficultés
- Recherche des occurrences de la 3<sup>e</sup> émission dans les milliers de spectres : développement de scripts de sélection de zone en longueur d'onde, de phases de pulsation, etc.
- Mise en place de choix pour les tracés graphiques :
  - ▶ Tracés **sans lissage** pour discerner l'information du bruit



# 2016 : début d'une collaboration intense

- Des échanges fréquents et riches d'enseignements
- Le temps libre est dédié à la recherche 7/7 jours
- Un chemin parcouru ensemble pour raisonner et faire face aux difficultés
- Recherche des occurrences de la 3<sup>e</sup> émission dans les milliers de spectres : développement de scripts de sélection de zone en longueur d'onde, de phases de pulsation, etc.
- Mise en place de choix pour les tracés graphiques :
  - ▶ Tracés **sans lissage** pour discerner l'information du bruit
  - ▶ Tracé dans le référentiel de l'étoile (Rest frame)

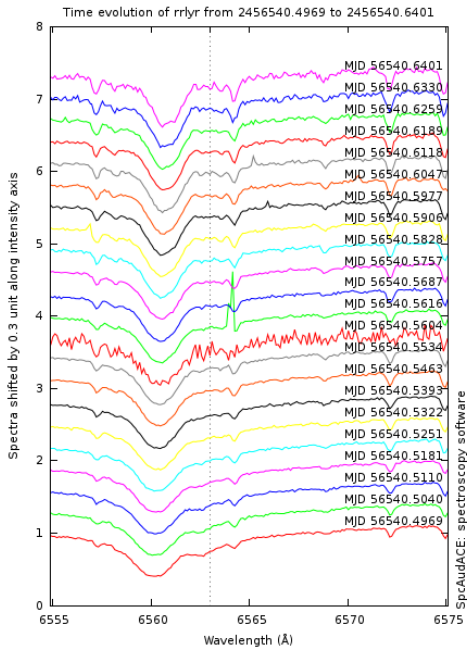
# 2016 : début d'une collaboration intense

- Des échanges fréquents et riches d'enseignements
- Le temps libre est dédié à la recherche 7/7 jours
- Un chemin parcouru ensemble pour raisonner et faire face aux difficultés
- Recherche des occurrences de la 3<sup>e</sup> émission dans les milliers de spectres : développement de scripts de sélection de zone en longueur d'onde, de phases de pulsation, etc.
- Mise en place de choix pour les tracés graphiques :
  - ▶ Tracés **sans lissage** pour discerner l'information du bruit
  - ▶ Tracé dans le référentiel de l'étoile (Rest frame)
  - ▶ Affichage de la phase de pulsation

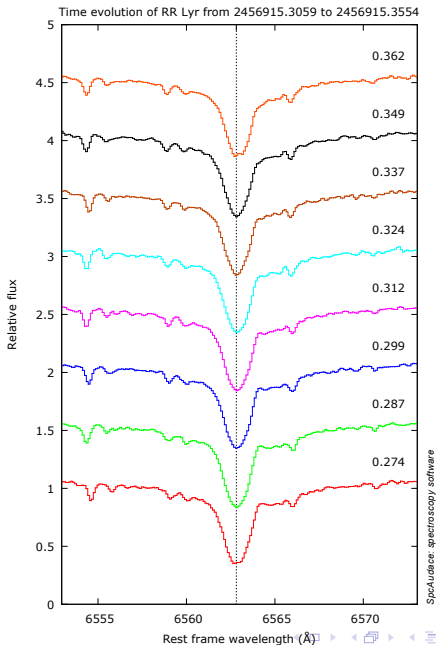
# 2016 : début d'une collaboration intense

- Des échanges fréquents et riches d'enseignements
- Le temps libre est dédié à la recherche 7/7 jours
- Un chemin parcouru ensemble pour raisonner et faire face aux difficultés
- Recherche des occurrences de la 3<sup>e</sup> émission dans les milliers de spectres : développement de scripts de sélection de zone en longueur d'onde, de phases de pulsation, etc.
- Mise en place de choix pour les tracés graphiques :
  - ▶ Tracés **sans lissage** pour discerner l'information du bruit
  - ▶ Tracé dans le référentiel de l'étoile (Rest frame)
  - ▶ Affichage de la phase de pulsation
  - ▶ Sortie PDF prête à la publication

## Exemple de graphique : avant



## Exemple de graphique : après



Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# Partie B :

# Première interprétation, première ébauche de l'article

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# 1. Isolation de deux observations décisives

# Isolation de deux observations décisives

- Au 05/2016, la 3<sup>e</sup> émission a été observée 4 fois



# Isolation de deux observations décisives

- Au 05/2016, la 3<sup>e</sup> émission a été observée 4 fois
- Pour que la preuve soit irréfutable, le meilleur SNR serat sélectionné

# Isolation de deux observations décisives

- Au 05/2016, la 3<sup>e</sup> émission a été observée 4 fois
- Pour que la preuve soit irréfutable, le meilleur SNR sera sélectionné
- Deux de ces observations furent programmées au T152 :  $\varphi \sim 0.3$  et  $\psi \sim 0.9$

# Isolation de deux observations décisives

- Au 05/2016, la 3<sup>e</sup> émission a été observée 4 fois
- Pour que la preuve soit irréfutable, le meilleur SNR sera sélectionné
- Deux de ces observations furent programmées au T152 :  $\varphi \sim 0.3$  et  $\psi \sim 0.9$ 
  - ▶ En effet, à ce stade nous croyons que la 3<sup>e</sup> émission avait lieu lors des maxima Blazhko ( $\psi$ )

# Isolation de deux observations décisives

- Au 05/2016, la 3<sup>e</sup> émission a été observée 4 fois
- Pour que la preuve soit irréfutable, le meilleur SNR sera sélectionné
- Deux de ces observations furent programmées au T152 :  $\varphi \sim 0.3$  et  $\psi \sim 0.9$ 
  - ▶ En effet, à ce stade nous croyons que la 3<sup>e</sup> émission avait lieu lors des maxima Blazhko ( $\psi$ )
  - ▶ Victoire : le soir des observations, la 3<sup>e</sup> émission fut même détectable sur les bruts !

# Isolation de deux observations décisives

- Au 05/2016, la 3<sup>e</sup> émission a été observée 4 fois
- Pour que la preuve soit irréfutable, le meilleur SNR sera sélectionné
- Deux de ces observations furent programmées au T152 :  $\varphi \sim 0.3$  et  $\psi \sim 0.9$ 
  - ▶ En effet, à ce stade nous croyons que la 3<sup>e</sup> émission avait lieu lors des maxima Blazhko ( $\psi$ )
  - ▶ Victoire : le soir des observations, la 3<sup>e</sup> émission fut même détectable sur les bruts !
- Observations retenues :  
le **2014/09/14** et **2013/09/04**

La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

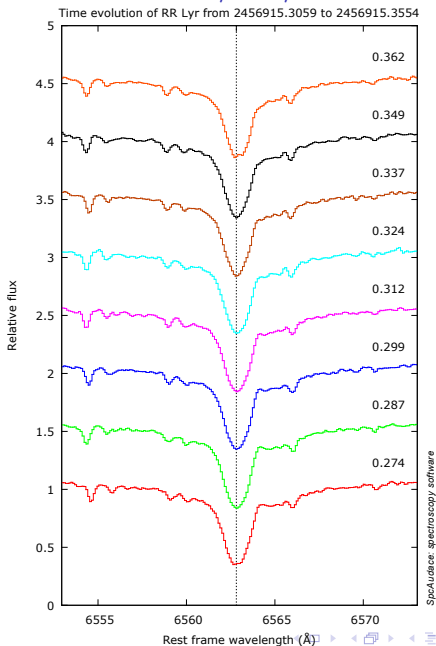
Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# Observation du 2014/09/14 :



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

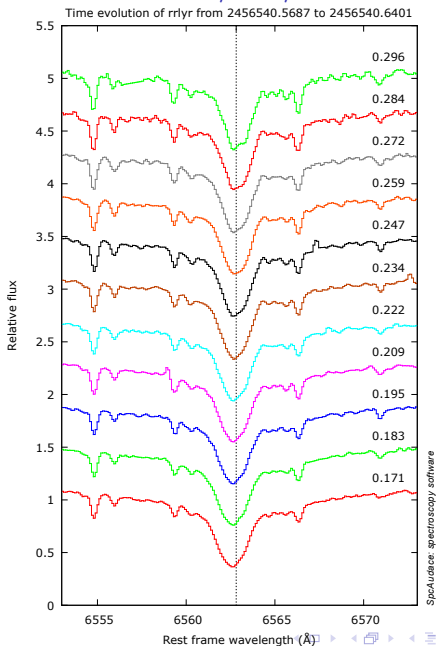
Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# Observation du 2013/09/04 :



## 2. Extraction de la composante en émission v1.0



# Extraction de l'émission v1.0

- L'extraction de la 3<sup>e</sup> émission du reste de la raie  $H_{\alpha}$  appuie la preuve de sa détection

# Extraction de l'émission v1.0

- L'extraction de la 3<sup>e</sup> émission du reste de la raie  $H_{\alpha}$  appuie la preuve de sa détection
- De plus sa position permettrait d'estimer la vitesse de l'onde de choc

# Extraction de l'émission v1.0

- L'extraction de la 3<sup>e</sup> émission du reste de la raie  $H_{\alpha}$  appuie la preuve de sa détection
- De plus sa position permettrait d'estimer la vitesse de l'onde de choc
- Idée : soustraire à chaque spectre un spectre moyen de la raie  $H_{\alpha}$  à partir de spectres hors émission

# Extraction de l'émission v1.0

- L'extraction de la 3<sup>e</sup> émission du reste de la raie  $H_{\alpha}$  appuie la preuve de sa détection
- De plus sa position permettrait d'estimer la vitesse de l'onde de choc
- Idée : soustraire à chaque spectre un spectre moyen de la raie  $H_{\alpha}$  à partir de spectres hors émission
- De nouveaux scripts sont développés. . .

# Extraction de l'émission v1.0

- L'extraction de la 3<sup>e</sup> émission du reste de la raie  $H_{\alpha}$  appuie la preuve de sa détection
- De plus sa position permettrait d'estimer la vitesse de l'onde de choc
- Idée : soustraire à chaque spectre un spectre moyen de la raie  $H_{\alpha}$  à partir de spectres hors émission
- De nouveaux scripts sont développés. . .
- Mais le procédé n'a pas pu être appliqué à 2013/9/4

# Extraction de l'émission v1.0

- L'extraction de la 3<sup>e</sup> émission du reste de la raie  $H_{\alpha}$  appuie la preuve de sa détection
- De plus sa position permettrait d'estimer la vitesse de l'onde de choc
- Idée : soustraire à chaque spectre un spectre moyen de la raie  $H_{\alpha}$  à partir de spectres hors émission
- De nouveaux scripts sont développés. . .
- Mais le procédé n'a pas pu être appliqué à 2013/9/4
  - ▶ Absence de spectres hors émission et de largeur Doppler semblable

La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

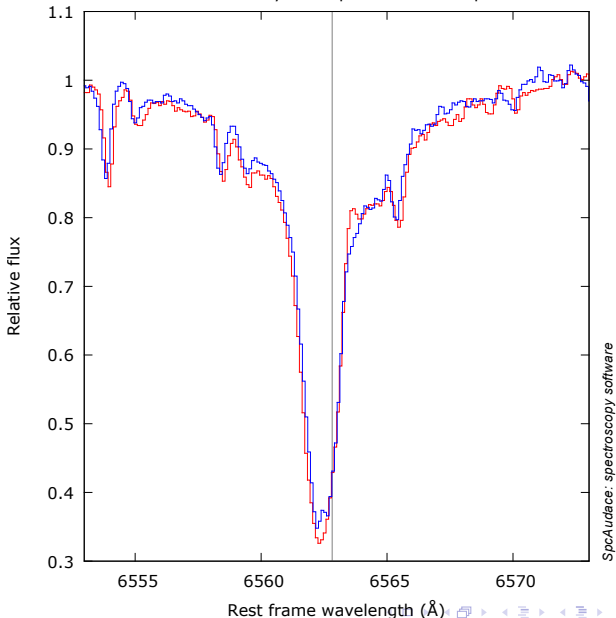
1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# Superposition du spectre moyen :

Time evolution of RR Lyr from phase=0.299 to phase=0.362



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

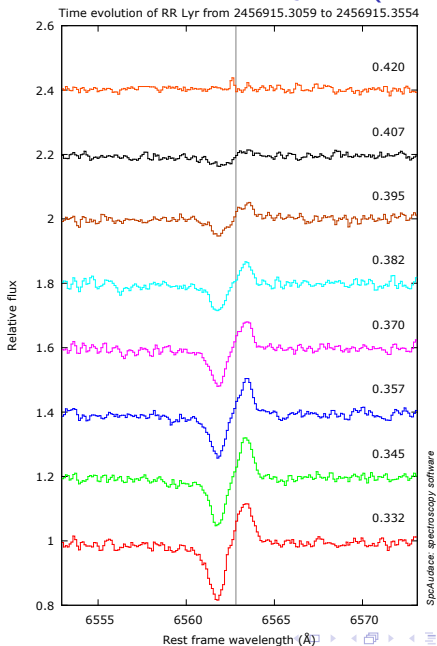
Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# Différence au spectre moyen (2014/9/14)





Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# 3. Le problème des éphémérides

# Le problème des éphémérides

- Toujours dans l'idée d'une relation entre 3<sup>e</sup> émission et maximum Blazhko (phase  $\psi$ )

# Le problème des éphémérides

- Toujours dans l'idée d'une relation entre 3<sup>e</sup> émission et maximum Blazhko (phase  $\psi$ )
- Nécessité de travailler avec des éphémérides les plus récentes possibles

# Le problème des éphémérides

- Toujours dans l'idée d'une relation entre 3<sup>e</sup> émission et maximum Blazhko (phase  $\psi$ )
- Nécessité de travailler avec des éphémérides les plus récentes possibles
- Équation du type :  
$$\text{HJD}(\text{max. light ampl.}) = 2456881.627 + 39.0 \psi$$

# Le problème des éphémérides

- Toujours dans l'idée d'une relation entre 3<sup>e</sup> émission et maximum Blazhko (phase  $\psi$ )
- Nécessité de travailler avec des éphémérides les plus récentes possibles
- Équation du type :  
$$\text{HJD}(\text{max. light ampl.}) = 2456881.627 + 39.0 \psi$$
- Deux solutions :

# Le problème des éphémérides

- Toujours dans l'idée d'une relation entre 3<sup>e</sup> émission et maximum Blazhko (phase  $\psi$ )
- Nécessité de travailler avec des éphémérides les plus récentes possibles
- Équation du type :  
$$\text{HJD}(\text{max. light ampl.}) = 2456881.627 + 39.0 \psi$$
- Deux solutions :
  1. À partir des maxima des O-C photométriques

# Le problème des éphémérides

- Toujours dans l'idée d'une relation entre 3<sup>e</sup> émission et maximum Blazhko (phase  $\psi$ )
- Nécessité de travailler avec des éphémérides les plus récentes possibles
- Équation du type :  
$$\text{HJD}(\text{max. light ampl.}) = 2456881.627 + 39.0 \psi$$
- Deux solutions :
  1. À partir des maxima des O-C photométriques  
Mais en 2013-14  $O - C \approx 0$  : inexploitable

# Le problème des éphémérides

- Toujours dans l'idée d'une relation entre 3<sup>e</sup> émission et maximum Blazhko (phase  $\psi$ )
- Nécessité de travailler avec des éphémérides les plus récentes possibles
- Équation du type :  
$$\text{HJD}(\text{max. light ampl.}) = 2456881.627 + 39.0 \psi$$
- Deux solutions :
  1. À partir des maxima des O-C photométriques  
Mais en 2013-14  $O - C \approx 0$  : inexploitable
  2. À partir des maxima  $H_\alpha$  de nos spectres



# Le problème des éphémérides

- Toujours dans l'idée d'une relation entre 3<sup>e</sup> émission et maximum Blazhko (phase  $\psi$ )
- Nécessité de travailler avec des éphémérides les plus récentes possibles
- Équation du type :  
$$\text{HJD}(\text{max. light ampl.}) = 2456881.627 + 39.0 \psi$$
- Deux solutions :
  1. À partir des maxima des O-C photométriques  
Mais en 2013-14  $O - C \approx 0$  : inexploitable
  2. À partir des maxima  $H_\alpha$  de nos spectres
- Idée : méthode novatrice et consistante que j'ai développé (encore du code. . .)

# Le problème des éphémérides

- Toujours dans l'idée d'une relation entre 3<sup>e</sup> émission et maximum Blazhko (phase  $\psi$ )
- Nécessité de travailler avec des éphémérides les plus récentes possibles
- Équation du type :  
$$\text{HJD}(\text{max. light ampl.}) = 2456881.627 + 39.0 \psi$$
- Deux solutions :
  1. À partir des maxima des O-C photométriques  
Mais en 2013-14  $O - C \approx 0$  : inexploitable
  2. À partir des maxima  $H_\alpha$  de nos spectres
- Idée : méthode novatrice et consistante que j'ai développé (encore du code. . .)
- Nous avons enfin la possibilité de générer nos éphémérides Blazhko maison !

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

## 4. 1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle

# 1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle

- Test de verification la méthode des éphémérides sur  
des spectres ELODIE de 1997

# 1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle

- Test de vérification la méthode des éphémérides sur des spectres ELODIE de 1997
- Je mets en évidence fortuitement la présence de la 3<sup>e</sup> émission dans ces spectres de 20 ans !

# 1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle

- Test de vérification la méthode des éphémérides sur des spectres ELODIE de 1997
- Je mets en évidence fortuitement la présence de la 3<sup>e</sup> émission dans ces spectres de 20 ans !
- Certes, la méthode fonctionne mais le résultat remet en question notre idée de départ

# 1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle

- Test de vérification la méthode des éphémérides sur des spectres ELODIE de 1997
- Je mets en évidence fortuitement la présence de la 3<sup>e</sup> émission dans ces spectres de 20 ans !
- Certes, la méthode fonctionne mais le résultat remet en question notre idée de départ
- Choc "S1" : **la 3<sup>e</sup> émission est visible quelque soit la phase Blazhko !**

# 1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle

- Test de vérification la méthode des éphémérides sur des spectres ELODIE de 1997
- Je mets en évidence fortuitement la présence de la 3<sup>e</sup> émission dans ces spectres de 20 ans !
- Certes, la méthode fonctionne mais le résultat remet en question notre idée de départ
- Choc "S1" : **la 3<sup>e</sup> émission est visible quelque soit la phase Blazhko !**
- Je fouille les 1200 spectres 1996-1997...



# 1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle

- Test de vérification la méthode des éphémérides sur des spectres ELODIE de 1997
- Je mets en évidence fortuitement la présence de la 3<sup>e</sup> émission dans ces spectres de 20 ans !
- Certes, la méthode fonctionne mais le résultat remet en question notre idée de départ
- Choc "S1" : **la 3<sup>e</sup> émission est visible quelque soit la phase Blazhko !**
- Je fouille les 1200 spectres 1996-1997...
- Choc "S2" : **la 3<sup>e</sup> émission est visible à tous les cycles de pulsation !**

La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

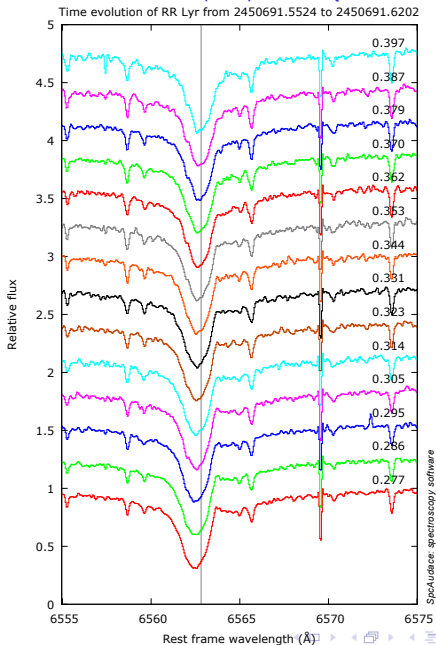
Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# 3<sup>e</sup> émission du 1997/8/30 ( $\psi \sim 0.9$ )



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

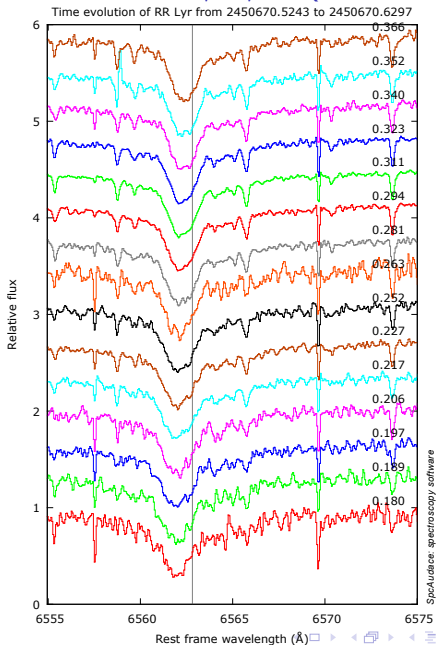
Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# 3<sup>e</sup> émission du 1997/8/9 ( $\psi \sim 0.5$ )



Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

## 5. 2016/9 : rédaction de l'article v1.0

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# 2016/10 : rédaction de l'article v1.0

- J'avais déjà une expérience dans la rédaction

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# 2016/10 : rédaction de l'article v1.0

- J'avais déjà une expérience dans la rédaction
- Je connaissais le préparateur de texte L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

# 2016/10 : rédaction de l'article v1.0

- J'avais déjà une expérience dans la rédaction
- Je connaissais le préparateur de texte  $\text{\LaTeX}$
- Rassemblement des lectures bibliographiques réalisées

# 2016/10 : rédaction de l'article v1.0

- J'avais déjà une expérience dans la rédaction
- Je connaissais le préparateur de texte  $\text{\LaTeX}$
- Rassemblement des lectures bibliographiques réalisées
- Du piano à 4 mains avec Denis Gillet dans la bonne ambiance



# 2016/10 : rédaction de l'article v1.0

- J'avais déjà une expérience dans la rédaction
- Je connaissais le préparateur de texte  $\text{\LaTeX}$
- Rassemblement des lectures bibliographiques réalisées
- Du piano à 4 mains avec Denis Gillet dans la bonne ambiance
- Rédaction de l'introduction

# 2016/10 : rédaction de l'article v1.0

- J'avais déjà une expérience dans la rédaction
- Je connaissais le préparateur de texte  $\text{\LaTeX}$
- Rassemblement des lectures bibliographiques réalisées
- Du piano à 4 mains avec Denis Gillet dans la bonne ambiance
- Rédaction de l'introduction
  - ▶ Une pensée émouvante à Williamina Flemming :  
1901 découverte de la variabilité de RR Lyrae

# 2016/10 : rédaction de l'article v1.0

- J'avais déjà une expérience dans la rédaction
- Je connaissais le préparateur de texte  $\text{\LaTeX}$
- Rassemblement des lectures bibliographiques réalisées
- Du piano à 4 mains avec Denis Gillet dans la bonne ambiance
- Rédaction de l'introduction
  - ▶ Une pensée émouvante à Williamina Flemming : 1901 découverte de la variabilité de RR Lyrae
  - ▶ Le souvenir de Schwarzschild et son effet : 1952

# 1901 : article de la découverte de RR Lyrae variable

B. MAUCLAIRE

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

<i>Sagittarius</i>	-16° 4904	18 24.6	-16 59	N	W. P. Fleming
<i>Scutum</i>	- 8° 4726	18 44.9	- 8 1	N	L. D. Wells
<i>Scutum</i>	- 8° 4764	18 50.0	- 8 19	N	W. P. Fleming
<i>Sagittarius</i>	.....	18 55.9	-12 54	Md	W. P. Fleming
<i>Sagittarius</i>	-22° 4958	18 57.7	-22 51	Mc	W. P. Fleming
<i>Telescopium</i>	.....	19 0.5	-49 4	Md	W. P. Fleming
<i>Telescopium</i>	<i>C. P. D.</i> -50° 11027	19 10.5	-50 38	Md ?	W. P. Fleming
<u><i>Lyra</i></u>	+42° 3338	19 22.2	+42 36	.....!	W. P. Fleming
<i>Telescopium</i>	.....	19 43.1	-50 15	Md	W. P. Fleming
<i>Telescopium</i>	.....	20 11.2	-52 56	Md	W. P. Fleming
<i>Telescopium</i>	-51° 12487	20 12.9	-51 1	Mc 5 d	W. P. Fleming
<i>Cygnus</i>	.....	21 35.7	+42 45	....	H. R. Colson
<i>Aquarius</i>	-22° 5901	22 17.7	-22 35	Md ?	W. P. Fleming
<i>Piscis Austr.</i>	<i>A. G. C.</i> 30605	22 20.5	-29 35	...	W. P. Fleming
<i>Andromeda</i>	+48° 4093	23 28.8	+48 16	Md ?	W. P. Fleming
<i>Pegasus</i>	+25° 5054	23 55.0	+25 21	Md ?	W. P. Fleming

La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

## W. Flemming, travaillant pour Pickering



*Yours very truly,  
W. V. Flemming*

La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

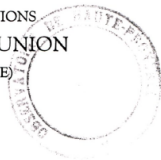
1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

# 1952 : article fondateur de l'effet Schwarzschild

INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS  
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION  
(UNION ASTRONOMIQUE INTERNATIONALE)



## TRANSACTIONS OF THE INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION

Vol. VIII

EIGHTH GENERAL ASSEMBLY

HELD AT  
ROME

4 SEPTEMBER to 13 SEPTEMBER 1952

EDITED BY  
P. TH. OOSTERHOFF  
(General Secretary)

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

2016/10 :  
sousmission de  
l'article v1.0

## 6. 2016/10 : soumission de l'article v1.0

Isolation de deux  
observations  
décisives

Extraction de la  
composante en  
émission v1.0

Le problème des  
éphémérides

1<sup>er</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission est visible  
à chaque cycle

2016/9 : rédaction  
de l'article v1.0

**2016/10 :**  
**sousmission de**  
**l'article v1.0**

# 2016/10 : soumission de l'article v1.0

- Rassemblons les constats observationnels :



# 2016/10 : soumission de l'article v1.0

- Rassemblons les constats observationnels :
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle de pulsation ( $\varphi$ )

# 2016/10 : soumission de l'article v1.0

- Rassemblons les constats observationnels :
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle de pulsation ( $\varphi$ )
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est indépendant de la phase Blazhko ( $\psi$ )

# 2016/10 : soumission de l'article v1.0

- Rassemblons les constats observationnels :
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle de pulsation ( $\varphi$ )
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est indépendant de la phase Blazhko ( $\psi$ )
  - ▶ La forme de la 3<sup>e</sup> émission est un profil P-Cygni redshifté

# 2016/10 : soumission de l'article v1.0

- Rassemblons les constats observationnels :
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle de pulsation ( $\varphi$ )
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est indépendant de la phase Blazhko ( $\psi$ )
  - ▶ La forme de la 3<sup>e</sup> émission est un profil P-Cygni redshifté
- Interprétation présentée à ce stade :

# 2016/10 : soumission de l'article v1.0

- Rassemblons les constats observationnels :
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle de pulsation ( $\varphi$ )
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est indépendant de la phase Blazhko ( $\psi$ )
  - ▶ La forme de la 3<sup>e</sup> émission est un profil P-Cygni redshifté
- Interprétation présentée à ce stade :
  - ▶ Profil P-Cygni  $\Leftrightarrow$  une coquille en expansion à  $\varphi \approx 0.3$  (incohérent le sens de l'onde en chute)  
 $\Rightarrow V_{3e}$

# 2016/10 : soumission de l'article v1.0

- Rassemblons les constats observationnels :
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle de pulsation ( $\varphi$ )
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est indépendant de la phase Blazhko ( $\psi$ )
  - ▶ La forme de la 3<sup>e</sup> émission est un profil P-Cygni redshifté
- Interprétation présentée à ce stade :
  - ▶ Profil P-Cygni  $\Leftrightarrow$  une coquille en expansion à  $\varphi \approx 0.3$  (incohérent le sens de l'onde en chute)  
 $\Rightarrow V_{3e}$
  - ▶ Une atmosphère en contraction  $\Rightarrow V_{\text{infall}}$

# 2016/10 : soumission de l'article v1.0

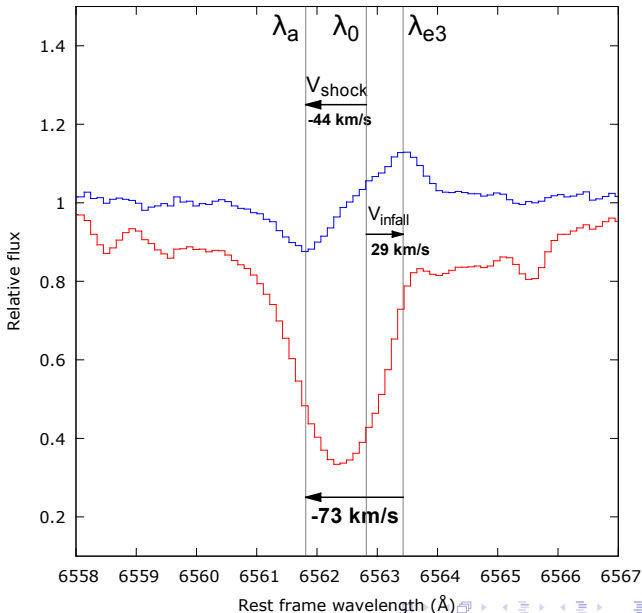
- Rassemblons les constats observationnels :
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle de pulsation ( $\varphi$ )
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est indépendant de la phase Blazhko ( $\psi$ )
  - ▶ La forme de la 3<sup>e</sup> émission est un profil P-Cygni redshifté
- Interprétation présentée à ce stade :
  - ▶ Profil P-Cygni  $\Leftrightarrow$  une coquille en expansion à  $\varphi \approx 0.3$  (incohérent le sens de l'onde en chute)  
 $\Rightarrow V_{3e}$
  - ▶ Une atmosphère en contraction  $\Rightarrow V_{\text{infall}}$
  - ▶ Vitesse de l'onde de choc :  
 $V_{\text{shock}}(\varphi \simeq 0.3) = V_{3e} - V_{\text{infall}}$

# 2016/10 : soumission de l'article v1.0

- Rassemblons les constats observationnels :
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est visible à chaque cycle de pulsation ( $\varphi$ )
  - ▶ La 3<sup>e</sup> émission est indépendant de la phase Blazhko ( $\psi$ )
  - ▶ La forme de la 3<sup>e</sup> émission est un profil P-Cygni redshifté
- Interprétation présentée à ce stade :
  - ▶ Profil P-Cygni  $\Leftrightarrow$  une coquille en expansion à  $\varphi \approx 0.3$  (incohérent le sens de l'onde en chute)  
 $\Rightarrow V_{3e}$
  - ▶ Une atmosphère en contraction  $\Rightarrow V_{\text{infall}}$
  - ▶ Vitesse de l'onde de choc :  
$$V_{\text{shock}}(\varphi \simeq 0.3) = V_{3e} - V_{\text{infall}}$$
- Une explication basées sur les observations mais plutôt complexe



# Mesure de $V_{\text{shock}}(\varphi \simeq 0.3) = V_{3e} - V_{\text{infall}}$



## First observation of the H $\alpha$ redshifted emission in RR Lyræ Evidence of a large extension of the pulsating atmosphere

D. Gillet<sup>1</sup>, B. Mauclaire<sup>2</sup>, T. Garrel<sup>3</sup>, Ph. Mathias<sup>4</sup>, T. de France<sup>5</sup>, J-S. Devaux<sup>6</sup>, H. Boussier<sup>7</sup>, D. Verilhac<sup>8</sup>,  
T. Lemoult<sup>9</sup>, G. Brabant<sup>10</sup>, J. Desbordes<sup>11</sup>, and the GRRR Collaboration<sup>12\*</sup>

- <sup>1</sup> Observatoire de Haute-Provence – CNRS/PYTHEAS/Université d'Aix-Marseille, 04870 Saint-Michel l'Observatoire, France  
e-mail: denis.gillet@ospytheas.fr
- <sup>2</sup> Observatoire du Val de l'Arc, 13530 Trets, France  
e-mail: bma.ova@gmail.com
- <sup>3</sup> Observatoire de Fontcaude, 34990 Juvignac, France
- <sup>4</sup> CNRS, UMR5277, Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie, 57 avenue d'Azereix, 65000 Tarbes, France
- <sup>5</sup> Observatoire des Tourterelles, 34140 Méze, France
- <sup>6</sup> Observatoire OAV, 34290 Alignan-du-Vent, France
- <sup>7</sup> 84450 Saint Saturnin-les-Avignon, France
- <sup>8</sup> 26420 Saint Agnan en Vercors, France
- <sup>9</sup> Observatoire de Chelles, 77500 Chelles, France
- <sup>10</sup> 26190 Saint-Laurent-en-Royans, France
- <sup>11</sup> 75000 Paris, France
- <sup>12</sup> Observatoire de Haute-Provence, 04870 Saint-Michel l'Observatoire, France

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# Partie C :

# La révolution venue de Chelles

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# 1. La machine de guerre de T. Lemoult

# La machine de guerre de T. Lemoult

- Période de pulsation de RR Lyrae : 13,6 h

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# La machine de guerre de T. Lemoult

- Période de pulsation de RR Lyrae : 13,6 h  
⇒ impossible de couvrir rapidement un cycle en observant quelques h/nuit

# La machine de guerre de T. Lemoult

- Période de pulsation de RR Lyrae : 13,6 h  
⇒ impossible de couvrir rapidement un cycle en observant quelques h/nuit
- Solution : utiliser chaque opportunité pour observer et sur toute la nuit si possible

# La machine de guerre de T. Lemoult

- Période de pulsation de RR Lyrae : 13,6 h  
⇒ impossible de couvrir rapidement un cycle en observant quelques h/nuit
- Solution : utiliser chaque opportunité pour observer et sur toute la nuit si possible
- Cela nécessite d'automatiser l'observatoire



# La machine de guerre de T. Lemoult

- Période de pulsation de RR Lyrae : 13,6 h  
⇒ impossible de couvrir rapidement un cycle en observant quelques h/nuit
- Solution : utiliser chaque opportunité pour observer et sur toute la nuit si possible
- Cela nécessite d'automatiser l'observatoire
- Thierry LEMOULT a alors créé *Carl* pour briser le triangle astronomique !

# La machine de guerre de T. Lemoult

- Période de pulsation de RR Lyrae : 13,6 h  
⇒ impossible de couvrir rapidement un cycle en observant quelques h/nuit
- Solution : utiliser chaque opportunité pour observer et sur toute la nuit si possible
- Cela nécessite d'automatiser l'observatoire
- Thierry LEMOULT a alors créé *Carl* pour briser le triangle astronomique !
- *Carl* : T035+eShel+station  
météo+domotique+scripts Prism+scheduler

# La machine de guerre de T. Lemoult

- Période de pulsation de RR Lyrae : 13,6 h  
⇒ impossible de couvrir rapidement un cycle en observant quelques h/nuit
- Solution : utiliser chaque opportunité pour observer et sur toute la nuit si possible
- Cela nécessite d'automatiser l'observatoire
- Thierry LEMOULT a alors créé *Carl* pour briser le triangle astronomique !
- *Carl* : T035+eShel+station  
météo+domotique+scripts Prism+scheduler
- Une avancée remarquable en spectroscopie !

La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemout

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

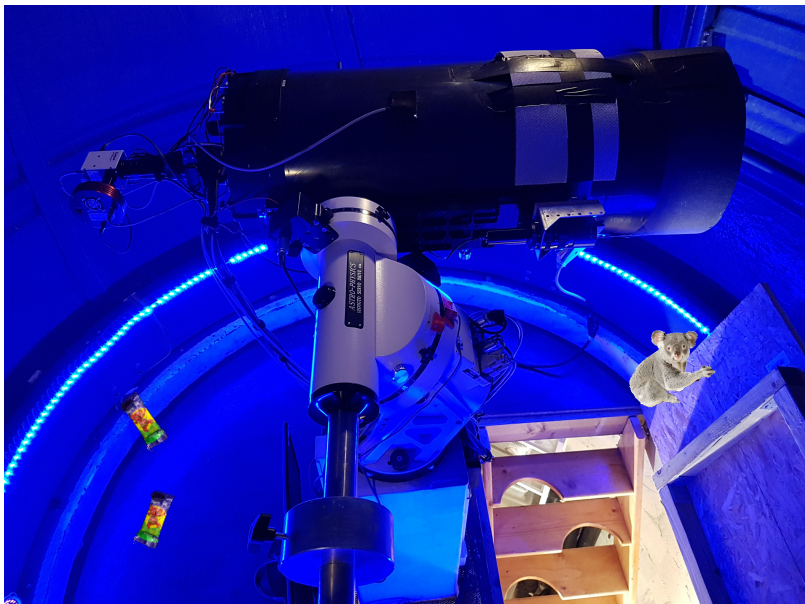
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# L'observatoire de Chelles :



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

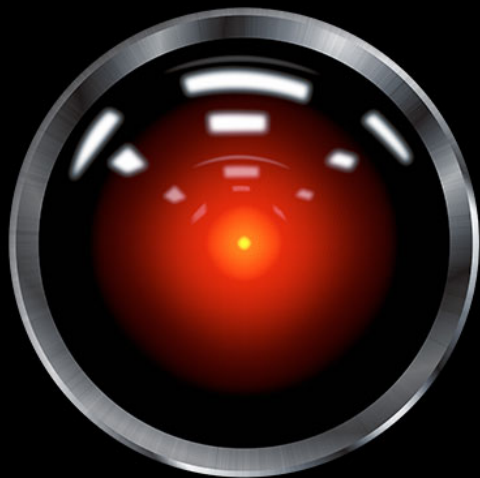
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

*Carl agit par lui-même...*



**Dave... I'm afraid I can't  
let you do that...**

La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

## L'homme derrière *Carl* :



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

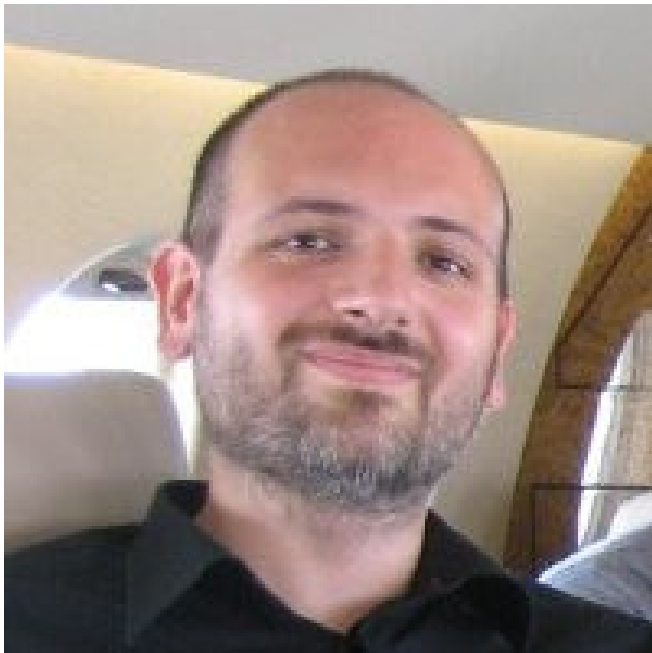
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

## Le véritable homme derrière *Carl* !



La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

## 2. 2<sup>e</sup> choc : le film de l'atmosphère est dévoilé



# 2<sup>e</sup> choc : le film de l'atmosphère est dévoilé

- **Avril 2017 : 47 h d'observations en 11 jours !**

## 2<sup>e</sup> choc : le film de l'atmosphère est dévoilé

- Avril 2017 : **47 h d'observations en 11 jours !**
- Toute les longueurs d'ondes sont couvertes

# 2<sup>e</sup> choc : le film de l'atmosphère est dévoilé

- Avril 2017 : **47 h d'observations en 11 jours !**
- Toute les longueurs d'ondes sont couvertes
- Bien entendu les maxima  $H_{\alpha}$  : décrit l'onde de choc

## 2<sup>e</sup> choc : le film de l'atmosphère est dévoilé

- Avril 2017 : **47 h d'observations en 11 jours !**
- Toute les longueurs d'ondes sont couvertes
- Bien entendu les maxima  $H_{\alpha}$  : décrit l'onde de choc
- Mais aussi les 2 raies du sodium (Na)  $\lambda 5895.92$  et  $\lambda 5889.95$

## 2<sup>e</sup> choc : le film de l'atmosphère est dévoilé

- Avril 2017 : **47 h d'observations en 11 jours !**
- Toute les longueurs d'ondes sont couvertes
- Bien entendu les maxima  $H_{\alpha}$  : décrit l'onde de choc
- Mais aussi les 2 raies du sodium (Na)  $\lambda 5895.92$  et  $\lambda 5889.95$
- Ces raies décrivent la structure de l'atmosphère

## 2<sup>e</sup> choc : le film de l'atmosphère est dévoilé

- Avril 2017 : **47 h d'observations en 11 jours !**
- Toute les longueurs d'ondes sont couvertes
- Bien entendu les maxima  $H_{\alpha}$  : décrit l'onde de choc
- Mais aussi les 2 raies du sodium (Na)  $\lambda 5895.92$  et  $\lambda 5889.95$
- Ces raies décrivent la structure de l'atmosphère
- On possède alors **le film des soubresauts de RR Lyrae !**

La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

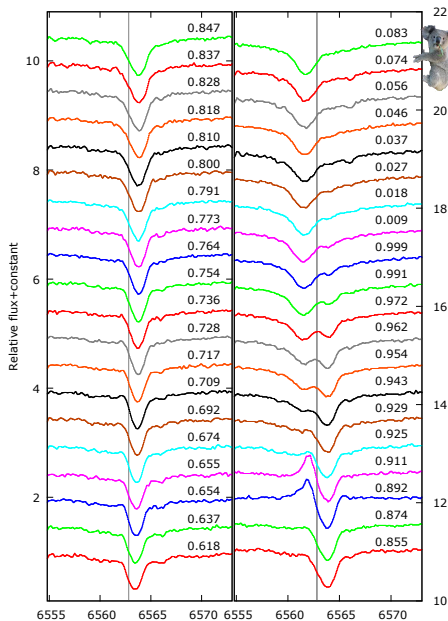
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# Film de H $\alpha$ durant avril 2017



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

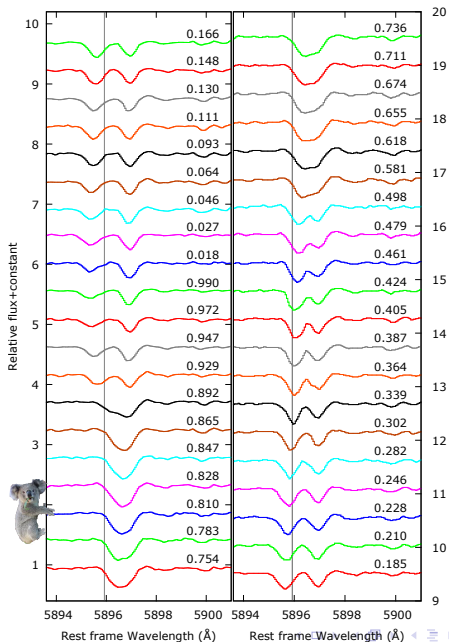
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# Film de Na durant avril 2017





La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# 3. Extraction de la composante en émission v2.0

# Extraction de l'émission v2.0

- La méthode de la différence au spectre moyen ne donne pas le même résultat sur les spectres de T. Lemoult

# Extraction de l'émission v2.0

- La méthode de la différence au spectre moyen ne donne pas le même résultat sur les spectres de T. Lemoult
- Idée : créer pour chaque spectre des série un spectre ajustant les composantes en absorption

# Extraction de l'émission v2.0

- La méthode de la différence au spectre moyen ne donne pas le même résultat sur les spectres de T. Lemoult
- Idée : créer pour chaque spectre des série un spectre ajustant les composantes en absorption
- Ainsi la soustraction donnera la forme réelle de la 3<sup>e</sup> émission

# Extraction de l'émission v2.0

- La méthode de la différence au spectre moyen ne donne pas le même résultat sur les spectres de T. Lemoult
- Idée : créer pour chaque spectre des série un spectre ajustant les composantes en absorption
- Ainsi la soustraction donnera la forme réelle de la 3<sup>e</sup> émission
- Composantes en absorption : centre de  $H_{\alpha}$ , ailes Stark, raies telluriques

# Extraction de l'émission v2.0

- La méthode de la différence au spectre moyen ne donne pas le même résultat sur les spectres de T. Lemoult
- Idée : créer pour chaque spectre des série un spectre ajustant les composantes en absorption
- Ainsi la soustraction donnera la forme réelle de la 3<sup>e</sup> émission
- Composantes en absorption : centre de  $H_{\alpha}$ , ailes Stark, raies telluriques
- Une puissante librairie Python : Pyspecfit

# Extraction de l'émission v2.0

- La méthode de la différence au spectre moyen ne donne pas le même résultat sur les spectres de T. Lemoult
- Idée : créer pour chaque spectre des série un spectre ajustant les composantes en absorption
- Ainsi la soustraction donnera la forme réelle de la 3<sup>e</sup> émission
- Composantes en absorption : centre de  $H_{\alpha}$ , ailes Stark, raies telluriques
- Une puissante librairie Python : Pyspecfit
- J'ai donc appris le Python durant Noël 2016 !

# Extraction de l'émission v2.0

- La méthode de la différence au spectre moyen ne donne pas le même résultat sur les spectres de T. Lemoult
- Idée : créer pour chaque spectre des série un spectre ajustant les composantes en absorption
- Ainsi la soustraction donnera la forme réelle de la 3<sup>e</sup> émission
- Composantes en absorption : centre de  $H_{\alpha}$ , ailes Stark, raies telluriques
- Une puissante librairie Python : Pyspecfit
- J'ai donc appris le Python durant Noël 2016 !
- En plus cela traitera aussi les spectres de 2013/9/4



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

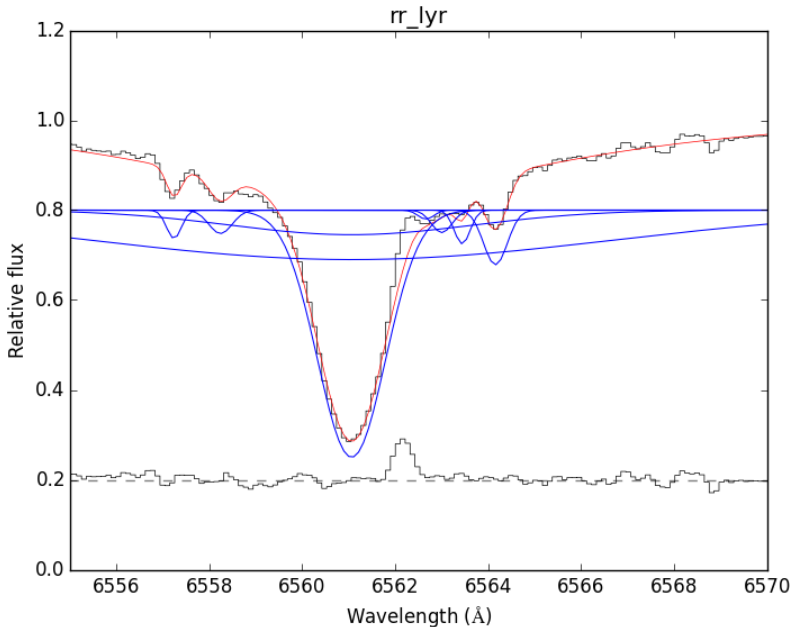
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# Composantes en absorption ajustées :



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemout

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

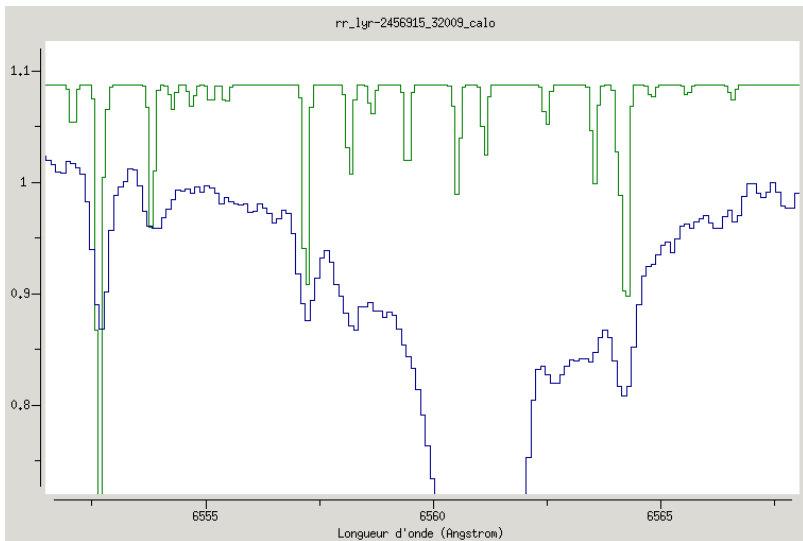
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# Les raies telluriques autour de $H_{\alpha}$ :



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemout

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

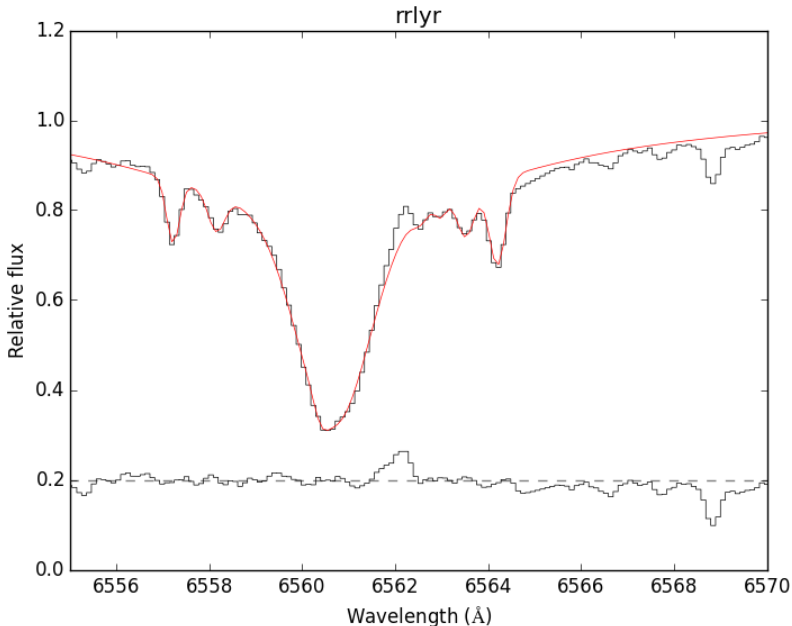
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

## Exemple de résultat d'ajustement :



La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

## 4. 3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission n'est pas un P-Cygni

# 3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission n'est pas un P-Cygni

- La méthode de la différence (v1.0) aboutissait à un profil P-Cygni redshifté

# 3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission n'est pas un P-Cygni

- La méthode de la différence (v1.0) aboutissait à un profil P-Cygni redshifté
- Donc à une coquille en expansion dans une atmosphère en contraction

# 3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission n'est pas un P-Cygni

- La méthode de la différence (v1.0) aboutissait à un profil P-Cygni redshifté
- Donc à une coquille en expansion dans une atmosphère en contraction
- La méthode par ajustement (v2.0) abouti à une étroite émission simple redshiftée

# 3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission n'est pas un P-Cygni

- La méthode de la différence (v1.0) aboutissait à un profil P-Cygni redshifté
- Donc à une coquille en expansion dans une atmosphère en contraction
- La méthode par ajustement (v2.0) abouti à une étroite émission simple redshiftée
- Donc à une mince couche en échauffement



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

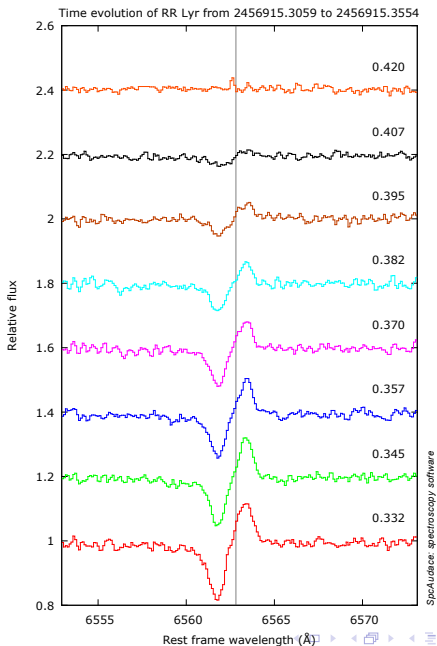
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# Forme de la 3<sup>e</sup> émission v1.0 :



La publication sur  
RR Lyr :  
récit d'une  
aventure de  
chercheurs

B. MAUCLAIRE

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

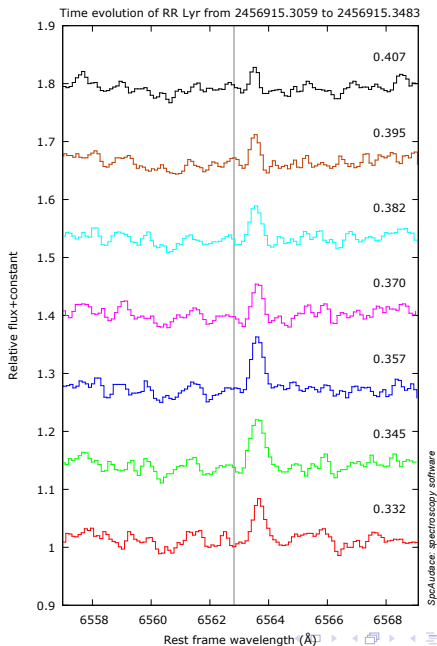
3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# Forme de la 3<sup>e</sup> émission v2.0 :



La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

**Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation**

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

## 5. Nouvelles observations, nouvelle interprétation

# Nouvelles observations, nouvelle interprétation

- Deux constats observationnels ont changé l'explication :

La machine de guerre de T. Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de l'atmosphère est dévoilé

Extraction de la composante en émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup> émission n'est pas un P-Cygni

**Nouvelles observations, nouvelle interprétation**

2017/05 :  
sousmission de l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de l'article v3.0

# Nouvelles observations, nouvelle interprétation

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

**Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation**

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

- Deux constats observationnels ont changé l'explication :
  1. La 3<sup>e</sup> émission correspond à une mince couche chaude

# Nouvelles observations, nouvelle interprétation

- Deux constats observationnels ont changé l'explication :
  1. La 3<sup>e</sup> émission correspond à une mince couche chaude
  2. D'après le film du Na à  $\varphi \approx 0.3$  :  
2 couches atmosphériques chutant vers le centre de l'étoile

# Nouvelles observations, nouvelle interprétation

- Deux constats observationnels ont changé l'explication :
  1. La 3<sup>e</sup> émission correspond à une mince couche chaude
  2. D'après le film du Na à  $\varphi \approx 0.3$  :  
2 couches atmosphériques chutant vers le centre de l'étoile
- Les 2 couches compriment la zone de l'onde de choc

# Nouvelles observations, nouvelle interprétation

- Deux constats observationnels ont changé l'explication :
  1. La 3<sup>e</sup> émission correspond à une mince couche chaude
  2. D'après le film du Na à  $\varphi \approx 0.3$  :  
2 couches atmosphériques chutant vers le centre de l'étoile
- Les 2 couches compriment la zone de l'onde de choc
- Cela s'accorde cette fois-ci avec le modèle théorique de D. Gillet



La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

## 6. 2017/05 : sousmission de l'article v2.0

# 2017/05 : sousmission de l'article v2.0

- Les récentes observations mènent à une nouvelle interprétation du phénomène de la 3<sup>e</sup> émission

# 2017/05 : sousmission de l'article v2.0

- Les récentes observations mènent à une nouvelle interprétation du phénomène de la 3<sup>e</sup> émission
- Les constats réalisés sur différentes raies :  
déchiffrage de la dynamique atmosphérique et de  
l'onde de choc

# 2017/05 : sousmission de l'article v2.0

- Les récentes observations mènent à une nouvelle interprétation du phénomène de la 3<sup>e</sup> émission
- Les constats réalisés sur différentes raies :  
déchiffrage de la dynamique atmosphérique et de l'onde de choc
- Les spectroscopes échelle sont une nécessité !

# 2017/05 : sousmission de l'article v2.0

- Les récentes observations mènent à une nouvelle interprétation du phénomène de la 3<sup>e</sup> émission
- Les constats réalisés sur différentes raies :  
déchiffrage de la dynamique atmosphérique et de  
l'onde de choc
- Les spectroscopes échelle sont une nécessité !
- De nouveau, après analyse et interprétation :  
on rédige. . .

# 2017/05 : sousmission de l'article v2.0

- Les récentes observations mènent à une nouvelle interprétation du phénomène de la 3<sup>e</sup> émission
- Les constats réalisés sur différentes raies :  
déchiffrage de la dynamique atmosphérique et de  
l'onde de choc
- Les spectroscopes échelle sont une nécessité !
- De nouveau, après analyse et interprétation :  
on rédige. . .
- Une nouvelle version de l'article a été envoyé au  
referee courant mai 2017

## 2017/05 : sousmission de l'article v2.0

- Les récentes observations mènent à une nouvelle interprétation du phénomène de la 3<sup>e</sup> émission
- Les constats réalisés sur différentes raies :  
déchiffrement de la dynamique atmosphérique et de l'onde de choc
- Les spectroscopes échelle sont une nécessité !
- De nouveau, après analyse et interprétation :  
on rédige. . .
- Une nouvelle version de l'article a été envoyée au referee courant mai 2017
- La dynamique atmosphérique dévoilée  $\Rightarrow$  2<sup>e</sup> article en cours de finalisation

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

## 7. 2017/08 : sousmission de l'article v3.0



La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

**2017/08 :**  
**acceptation de**  
**l'article v3.0**

# 2017/08 : sousmission de l'article v3.0

- 2017-08-04 : soumission de l'article v3.0

La machine de  
guerre de T.  
Lemoult

2<sup>e</sup> choc : le film de  
l'atmosphère est  
dévoilé

Extraction de la  
composante en  
émission v2.0

3<sup>e</sup> choc : la 3<sup>e</sup>  
émission n'est pas  
un P-Cygni

Nouvelles  
observations,  
nouvelle  
interprétation

2017/05 :  
sousmission de  
l'article v2.0

2017/08 :  
acceptation de  
l'article v3.0

# 2017/08 : sousmission de l'article v3.0

- 2017-08-04 : soumission de l'article v3.0
- 2017-08-22 : acceptation de l'article pour publication dans A&A !

## 2017/08 : sousmission de l'article v3.0

- 2017-08-04 : soumission de l'article v3.0
- 2017-08-22 : acceptation de l'article pour publication dans A&A !
- Premier article en spectroscopie avec un amateur impliqué dans l'étude et la rédaction

# 2017/08 : sousmission de l'article v3.0

- 2017-08-04 : soumission de l'article v3.0
- 2017-08-22 : acceptation de l'article pour publication dans A&A !
- Premier article en spectroscopie avec un amateur impliqué dans l'étude et la rédaction

*Astronomy & Astrophysics* manuscript no. rr\_lyr\_3e\_emission  
September 13, 2017

©ESO 2017

## First observation of H $\alpha$ redshifted emission in RR Lyr Evidence of a supersonic infalling motion of the atmosphere

D. Gillet<sup>1</sup>, B. Mauclaire<sup>2</sup>, T. Garrel<sup>3</sup>, T. Lemoult<sup>4</sup>, Ph. Mathias<sup>5</sup>, T. de France<sup>6</sup>, J-S. Devaux<sup>7</sup>, H. Boussier<sup>8</sup>,  
D. Verilhac<sup>9</sup>, G. Brabant<sup>10</sup>, J. Desbordes<sup>11</sup>, O. Garde<sup>12</sup>, and the GRRR Collaboration<sup>13\*</sup>

<sup>1</sup> Observatoire de Haute-Provence – CNRS/PYTHEAS/Université d'Aix-Marseille, 04870 Saint-Michel l'Observatoire, France  
e-mail: denis.gillet@ospytheas.fr

<sup>2</sup> Observatoire du Val de l'Arc, 13530 Trets, France  
e-mail: bma.ova@gmail.com

<sup>3</sup> Observatoire de Fontcaude, 34990 Juvignac, France

<sup>4</sup> Observatoire de Chelles, 77500 Chelles, France

<sup>5</sup> Observatoire Midi-Pyrénées, IRAP, Université de Toulouse, CNRS, UPS, CNES, Tarbes, France

<sup>6</sup> Observatoire des Tourterelles, 34140 Mèze, France

<sup>7</sup> Observatoire OAV, 34290 Alignan-du-Vent, France

<sup>8</sup> 84450 Saint Saturnin-les-Avignon, France

<sup>9</sup> 26420 Saint Agnan en Vercors, France

<sup>10</sup> 26190 Saint-Laurent-en-Royans, France

<sup>11</sup> 5, rue Edmond Gondinet, 75013 Paris, France

<sup>12</sup> Observatoire de la Tourbière, 38690 Chabons, France

<sup>13</sup> Observatoire de Haute-Provence, 04870 Saint-Michel l'Observatoire, France \*\*

# Partie D :

## D'autres étoiles pulsantes au programme

# BW Vulpecula :

BW Vulpecula

X Cygni

$\sigma$  Scorpii

Conclusion

# BW Vulpecula :

- Pulsante de type  $\beta$  CMa : des ondes parcourent sa surface

BW Vulpecula

X Cygni

$\sigma$  Scorpii

Conclusion

# BW Vulpecula :

- Pulsante de type  $\beta$  CMa : des ondes parcourent sa surface
- Étoile chaude de type B2III (V) : B1III-B2IIIeaV



# BW Vulpecula :

- Pulsante de type  $\beta$  CMa : des ondes parcourent sa surface
- Étoile chaude de type B2III (V) : B1III-B2IIIeaV
- $\Delta V_{\text{Mag}}=6.44-6.68$  V

# BW Vulpecula :

- Pulsante de type  $\beta$  CMa : des ondes parcourent sa surface
- Étoile chaude de type B2III (V) : B1III-B2IIIeaV
- $\Delta V_{\text{Mag}}=6.44-6.68$  V
- $\alpha = 20\ 54\ 22.395$ ,  $\delta = +28\ 31\ 19.19$

# BW Vulpecula :

- Pulsante de type  $\beta$  CMa : des ondes parcourent sa surface
- Étoile chaude de type B2III (V) : B1III-B2IIIeaV
- $\Delta V_{\text{Mag}}=6.44-6.68$  V
- $\alpha = 20\ 54\ 22.395$ ,  $\delta = +28\ 31\ 19.19$
- Période de pulsation très rapide :  $T_0 = 4.8$  h  
(0.20104117 d; 4.824988 h)

# BW Vulpecula :

- Pulsante de type  $\beta$  CMa : des ondes parcourent sa surface
- Étoile chaude de type B2III (V) : B1III-B2IIIeaV
- $\Delta VMag=6.44-6.68$  V
- $\alpha = 20\ 54\ 22.395$ ,  $\delta = +28\ 31\ 19.19$
- Période de pulsation très rapide :  $T_0 = 4.8$  h  
(0.20104117 d; 4.824988 h)
- Acquisition : time series de 5h

# BW Vulpecula :

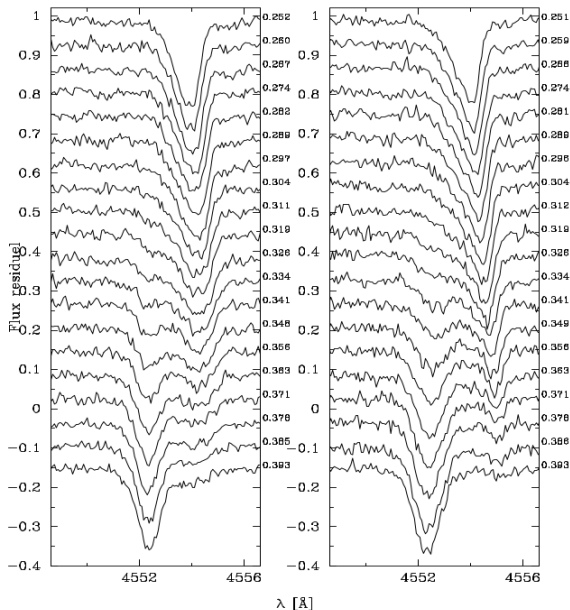
- Pulsante de type  $\beta$  CMa : des ondes parcourent sa surface
- Étoile chaude de type B2III (V) : B1III-B2IIIeaV
- $\Delta V_{\text{Mag}} = 6.44 - 6.68$  V
- $\alpha = 20\ 54\ 22.395$ ,  $\delta = +28\ 31\ 19.19$
- Période de pulsation très rapide :  $T_0 = 4.8$  h  
(0.20104117 d; 4.824988 h)
- Acquisition : time series de 5h
- Les chocs lors des pulsations sont énormes :  
 $V_{\text{onde}} = 200 \text{ km s}^{-1}$

# BW Vulpecula :

- Pulsante de type  $\beta$  CMa : des ondes parcourent sa surface
- Étoile chaude de type B2III (V) : B1III-B2IIIeaV
- $\Delta VMag=6.44-6.68$  V
- $\alpha = 20\ 54\ 22.395$ ,  $\delta = +28\ 31\ 19.19$
- Période de pulsation très rapide :  $T_0 = 4.8$  h  
(0.20104117 d; 4.824988 h)
- Acquisition : time series de 5h
- Les chocs lors des pulsations sont énormes :  
 $V_{onde} = 200\ km\ s^{-1}$
- Étude : est-ce que la période des maxima reste la même ?

# Time series sur BW Vul (D. Gillet)

Comparaison 15/08 – 20/08



# X Cygni :

BW Vulpecula

**X Cygni**

$\sigma$  Scorpii

Conclusion



# X Cygni :

- Céphéide de type  $\delta$  Ceph

# X Cygni :

- Céphéide de type  $\delta$  Ceph
- De type spectral F7Ib : possède de nombreuses raies métalliques

# X Cygni :

- Céphéide de type  $\delta$  Ceph
- De type spectral F7Ib : possède de nombreuses raies métalliques
- $\alpha = 20\ 43\ 24.192$ ,  $\delta = +35\ 35\ 16.08$

# X Cygni :

- Céphéide de type  $\delta$  Ceph
- De type spectral F7Ib : possède de nombreuses raies métalliques
- $\alpha = 20\ 43\ 24.192$ ,  $\delta = +35\ 35\ 16.08$
- Période  $T_0 = 16.39$  jours

( $T=16.38613$  d ;  $HJD_0=2456480.624$ )

# X Cygni :

- Céphéide de type  $\delta$  Ceph
- De type spectral F7Ib : possède de nombreuses raies métalliques
- $\alpha = 20\ 43\ 24.192$ ,  $\delta = +35\ 35\ 16.08$
- Période  $T_0 = 16.39$  jours  
( $T=16.38613$  d ;  $HJD_0=2456480.624$ )
- Pulsations d'amplitude importante :  
 $\Delta V_{Mag}=5.8-7.6$  V ; l'atmosphère va loin

# X Cygni :

- Céphéide de type  $\delta$  Ceph
- De type spectral F7Ib : possède de nombreuses raies métalliques
- $\alpha = 20\ 43\ 24.192$ ,  $\delta = +35\ 35\ 16.08$
- Période  $T_0 = 16.39$  jours  
( $T=16.38613$  d ;  $HJD_0=2456480.624$ )
- Pulsations d'amplitude importante :  
 $\Delta V_{Mag}=5.8-7.6$  V ; l'atmosphère va loin
- Elle est de plus sujette à l'effet Schwarzschild

# X Cygni :

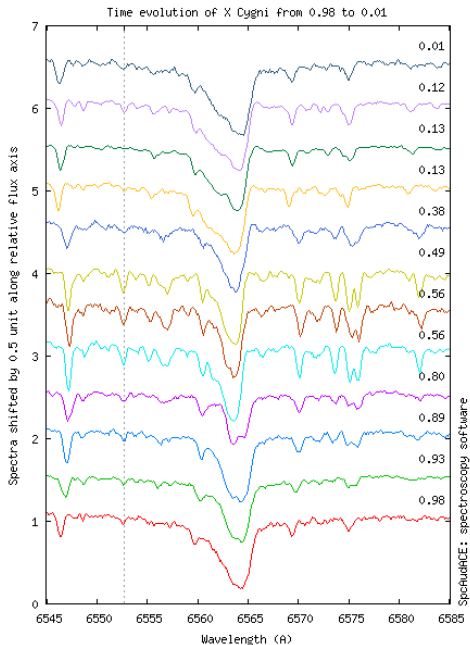
- Céphéide de type  $\delta$  Ceph
- De type spectral F7Ib : possède de nombreuses raies métalliques
- $\alpha = 20\ 43\ 24.192$ ,  $\delta = +35\ 35\ 16.08$
- Période  $T_0 = 16.39$  jours  
( $T=16.38613$  d ;  $HJD_0=2456480.624$ )
- Pulsations d'amplitude importante :  
 $\Delta V_{Mag}=5.8-7.6$  V ; l'atmosphère va loin
- Elle est de plus sujette à l'effet Schwarzschild
- Étude : est-ce que la période des maxima reste la même ?

# X Cygni :

- Céphéide de type  $\delta$  Ceph
- De type spectral F7Ib : possède de nombreuses raies métalliques
- $\alpha = 20\ 43\ 24.192$ ,  $\delta = +35\ 35\ 16.08$
- Période  $T_0 = 16.39$  jours  
( $T=16.38613$  d ;  $HJD_0=2456480.624$ )
- Pulsations d'amplitude importante :  
 $\Delta V_{Mag}=5.8-7.6$  V ; l'atmosphère va loin
- Elle est de plus sujette à l'effet Schwarzschild
- Étude : est-ce que la période des maxima reste la même ?
- Acquisitions : 40 à 60 mins tous les 2 jours



# X Cygni : effet Schwarzschild



# X Cygni :

## L'effet Schwarzschild :

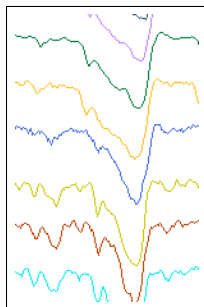
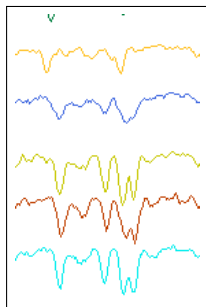
B. MAUCLAIRE

BW Vulpecula

X Cygni

$\sigma$  Scorpii

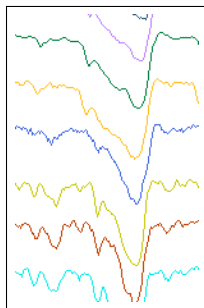
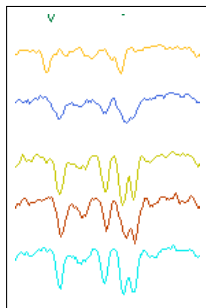
Conclusion



# X Cygni :

## L'effet Schwarzschild :

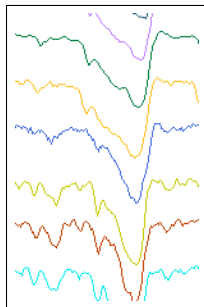
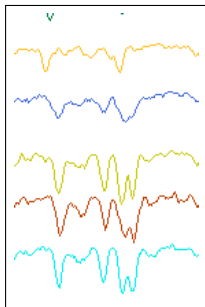
- Dédoubllement des raies, notamment de  $H_{\alpha}$  ;



# X Cygni :

## L'effet Schwarzschild :

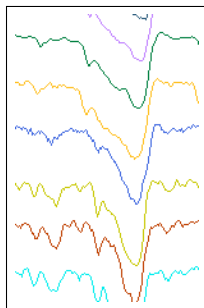
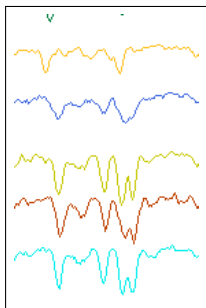
- Dédoubllement des raies, notamment de  $H_{\alpha}$  ;
- Émissions dans les raies métalliques (partout autour de  $H_{\alpha}$  ) ;



# X Cygni :

## L'effet Schwarzschild :

- Dédoubllement des raies, notamment de  $H_{\alpha}$  ;
- Émissions dans les raies métalliques (partout autour de  $H_{\alpha}$  ) ;
- Présence de profils P-Cygni inverses non permanents autour de la phase 0,458.



# $\sigma$ Scorpii :

BW Vulpecula

X Cygni

$\sigma$  Scorpii

Conclusion

# $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep

## $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep
- Système double : O9.5(V)+B7(V)



## $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep
- Système double : O9.5(V)+B7(V)
- $\Delta V_{\text{Mag}}=2.86 - 2.94$  V

## $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep
- Système double : O9.5(V)+B7(V)
- $\Delta V_{\text{Mag}}=2.86 - 2.94$  V
- $\alpha = 16 \ 21 \ 11.316$ ,  $\delta = -25 \ 35 \ 34.05$

## $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep
- Système double : O9.5(V)+B7(V)
- $\Delta V_{\text{Mag}}=2.86 - 2.94$  V
- $\alpha = 16\ 21\ 11.316$ ,  $\delta = -25\ 35\ 34.05$
- Période très rapide :  $T_0 = 5.9$  h (5.9241 h ; 0.246839 d)

## $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep
- Système double : O9.5(V)+B7(V)
- $\Delta V_{\text{Mag}}=2.86 - 2.94$  V
- $\alpha = 16 \ 21 \ 11.316$ ,  $\delta = -25 \ 35 \ 34.05$
- Période très rapide :  $T_0 = 5.9$  h (5.9241 h ; 0.246839 d)
- Acquisition : time series de 6h

## $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep
- Système double : O9.5(V)+B7(V)
- $\Delta V_{\text{Mag}}=2.86 - 2.94$  V
- $\alpha = 16\ 21\ 11.316$ ,  $\delta = -25\ 35\ 34.05$
- Période très rapide :  $T_0 = 5.9$  h (5.9241 h ; 0.246839 d)
- Acquisition : time series de 6h
- Influence de la binarité sur l'amplitude des pulsations : deux ondes de choc par période de pulsation

## $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep
- Système double : O9.5(V)+B7(V)
- $\Delta V_{\text{Mag}}=2.86 - 2.94$  V
- $\alpha = 16\ 21\ 11.316$ ,  $\delta = -25\ 35\ 34.05$
- Période très rapide :  $T_0 = 5.9$  h (5.9241 h ; 0.246839 d)
- Acquisition : time series de 6h
- Influence de la binarité sur l'amplitude des pulsations : deux ondes de choc par période de pulsation
- Effets de marée sur le  $\kappa$ -mécanisme de l'étoile

## $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep
- Système double : O9.5(V)+B7(V)
- $\Delta V_{\text{Mag}}=2.86 - 2.94$  V
- $\alpha = 16\ 21\ 11.316$ ,  $\delta = -25\ 35\ 34.05$
- Période très rapide :  $T_0 = 5.9$  h (5.9241 h ; 0.246839 d)
- Acquisition : time series de 6h
- Influence de la binarité sur l'amplitude des pulsations : deux ondes de choc par période de pulsation
- Effets de marée sur le  $\kappa$ -mécanisme de l'étoile
- Étude :
  - ▶ Quelle est l'influence de l'effet de marée sur l'intensité de la pulsation ?

## $\sigma$ Scorpii :

- Pulsante de type  $\beta$  Cep
- Système double : O9.5(V)+B7(V)
- $\Delta V_{\text{Mag}}=2.86 - 2.94$  V
- $\alpha = 16\ 21\ 11.316$ ,  $\delta = -25\ 35\ 34.05$
- Période très rapide :  $T_0 = 5.9$  h (5.9241 h ; 0.246839 d)
- Acquisition : time series de 6h
- Influence de la binarité sur l'amplitude des pulsations : deux ondes de choc par période de pulsation
- Effets de marée sur le  $\kappa$ -mécanisme de l'étoile
- Étude :
  - ▶ Quelle est l'influence de l'effet de marée sur l'intensité de la pulsation ?
  - ▶ Est-ce que la période des maxima reste la même ?



## 4. Conclusion :

# Conclusion

- Les observations dictent la science et non l'inverse

# Conclusion

- Les observations dictent la science et non l'inverse
- Nécessité de garder un esprit critique sur ses méthodes d'analyse et leur interprétation

# Conclusion

- Les observations dictent la science et non l'inverse
- Nécessité de garder un esprit critique sur ses méthodes d'analyse et leur interprétation
- Nécessité de faire évoluer ses outils et d'être soigneux

# Conclusion

- Les observations dictent la science et non l'inverse
- Nécessité de garder un esprit critique sur ses méthodes d'analyse et leur interprétation
- Nécessité de faire évoluer ses outils et d'être soigneux
- Remettre l'ouvrage sur la table autant que nécessaire

# Conclusion

- Les observations dictent la science et non l'inverse
- Nécessité de garder un esprit critique sur ses méthodes d'analyse et leur interprétation
- Nécessité de faire évoluer ses outils et d'être soigneux
- Remettre l'ouvrage sur la table autant que nécessaire
- C'est l'essence même de toute recherche

# Conclusion

- Les observations dictent la science et non l'inverse
- Nécessité de garder un esprit critique sur ses méthodes d'analyse et leur interprétation
- Nécessité de faire évoluer ses outils et d'être soigneux
- Remettre l'ouvrage sur la table autant que nécessaire
- C'est l'essence même de toute recherche
- **Vive les chocs !**