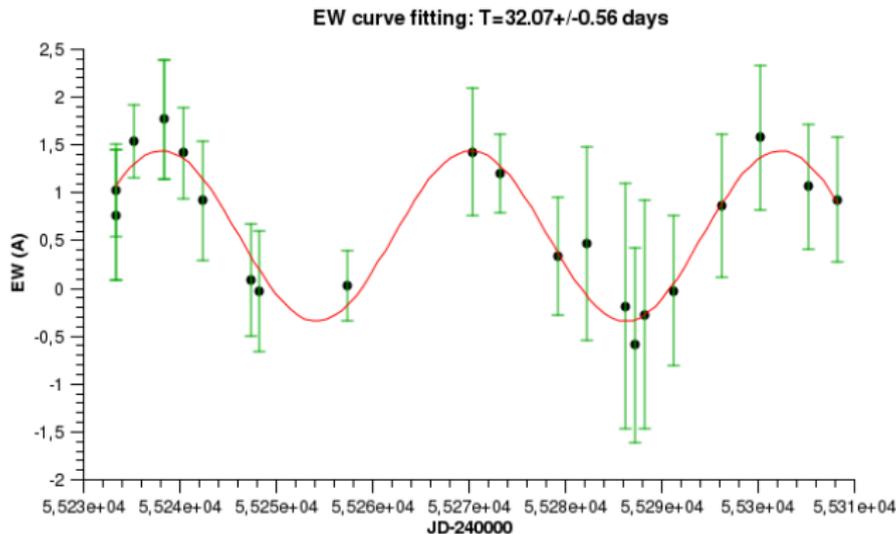


# L'exploitation astrophysique des spectres : des outils innovants

B. MAUCLAIRE



RCE 2018

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés de CCD et de spectroscopes performants.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés de CCD et de spectroscopes performants.
- → La réduction des spectres doit être standardisée et peu chronophage.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés de CCD et de spectroscopes performants.
- → La réduction des spectres doit être standardisée et peu chronophage.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs dans des dizaines de publications.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés de CCD et de spectroscopes performants.
- → La réduction des spectres doit être standardisée et peu chronophage.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs dans des dizaines de publications.
- → Nécessité de pouvoir réaliser des mesures pour orienter les observations.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés de CCD et de spectroscopes performants.
- → La réduction des spectres doit être standardisée et peu chronophage.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs dans des dizaines de publications.
- → Nécessité de pouvoir réaliser des mesures pour orienter les observations.
- → Voire de participer à l'analyse des données avec les chercheurs.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés de CCD et de spectroscopes performants.
- → La réduction des spectres doit être standardisée et peu chronophage.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs dans des dizaines de publications.
- → Nécessité de pouvoir réaliser des mesures pour orienter les observations.
- → Voire de participer à l'analyse des données avec les chercheurs.
- **But : l'utilisation d'outils pour la publication scientifique. Nous allons voir :**

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés de CCD et de spectroscopes performants.
- → La réduction des spectres doit être standardisée et peu chronophage.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs dans des dizaines de publications.
- → Nécessité de pouvoir réaliser des mesures pour orienter les observations.
- → Voire de participer à l'analyse des données avec les chercheurs.
- **But : l'utilisation d'outils pour la publication scientifique.** Nous allons voir :
  1. Faut-il connaître le processus de traitement de spectres ?

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés de CCD et de spectroscopes performants.
- → La réduction des spectres doit être standardisée et peu chronophage.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs dans des dizaines de publications.
- → Nécessité de pouvoir réaliser des mesures pour orienter les observations.
- → Voire de participer à l'analyse des données avec les chercheurs.
- **But : l'utilisation d'outils pour la publication scientifique.** Nous allons voir :
  1. Faut-il connaître le processus de traitement de spectres ?
  2. Les grandeurs mesurables sur les spectres.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés de CCD et de spectroscopes performants.
- → La réduction des spectres doit être standardisée et peu chronophage.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs dans des dizaines de publications.
- → Nécessité de pouvoir réaliser des mesures pour orienter les observations.
- → Voire de participer à l'analyse des données avec les chercheurs.
- **But : l'utilisation d'outils pour la publication scientifique.** Nous allons voir :
  1. Faut-il connaître le processus de traitement de spectres ?
  2. Les grandeurs mesurables sur les spectres.
  3. L'utilisation d'outils élaborés.

# Partie A :

# Faut-il connaître le processus de traitement de spectres ?

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Extraction du profil de  
raies

Bilan sur le traitement  
des spectres

Des pipelines  
simples

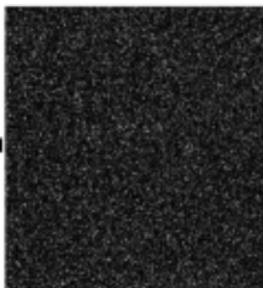
# 1. État des spectres au départ

# Prétraitement des spectres

Étapes traditionnelles liées aux capteurs numériques fixés à une optique :



Image stellaire



Noir de l'image

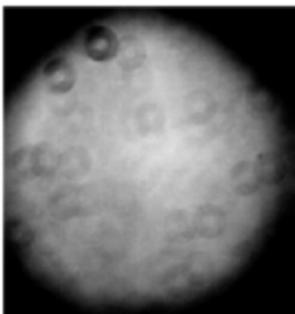
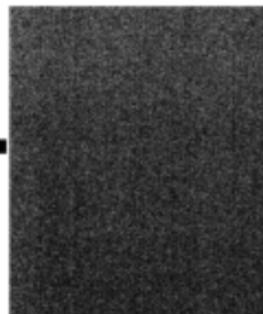


Image de la PLU



Noir de la PLU



Image prétraitée

# Correction des déformations géométriques

Le tilt :

État des spectres  
au départ

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Extraction du profil de  
raies

Bilan sur le traitement  
des spectres

Des pipelines  
simples



# Correction des déformations géométriques

Le tilt : `spc_autotilt fichier_spectre_2d.fit`

État des spectres  
au départ

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Extraction du profil de  
raies

Bilan sur le traitement  
des spectres

Des pipelines  
simples



# Correction des déformations géométriques

sinon le smile d'axe y :

État des spectres  
au départ

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Extraction du profil de  
raies

Bilan sur le traitement  
des spectres

Des pipelines  
simples



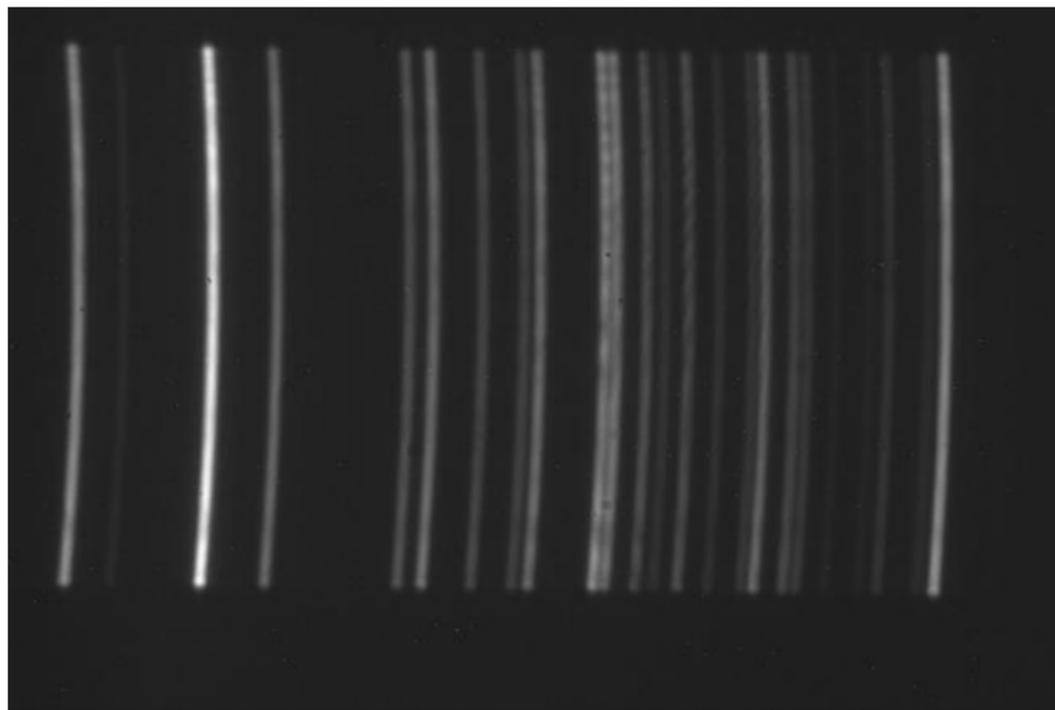
# Correction des déformations géométriques

sinon le smile d'axe y : `spc_smiley fichier_spectre_2d.fit`



# Correction des déformations géométriques

Le smile d'axe x :



État des spectres  
au départ

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Extraction du profil de  
raies

Bilan sur le traitement  
des spectres

Des pipelines  
simples

# Correction des déformations géométriques

Le smile d'axe x : `spc_smilex` `spectre_lampe_calibration.fit`

État des spectres  
au départ

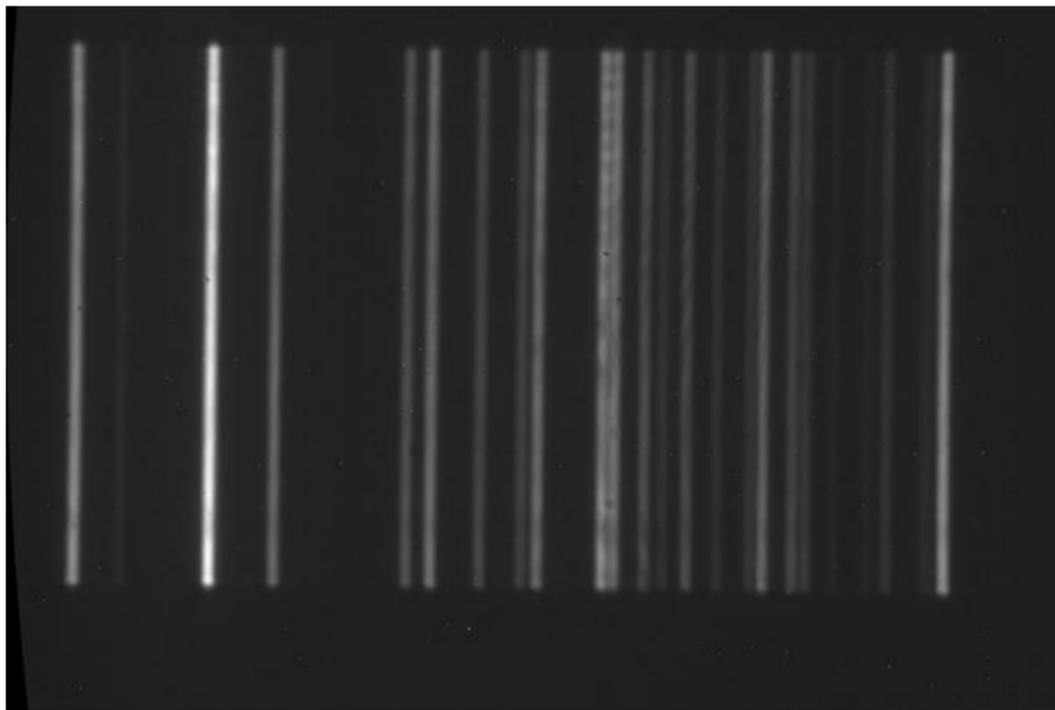
Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Extraction du profil de  
raies

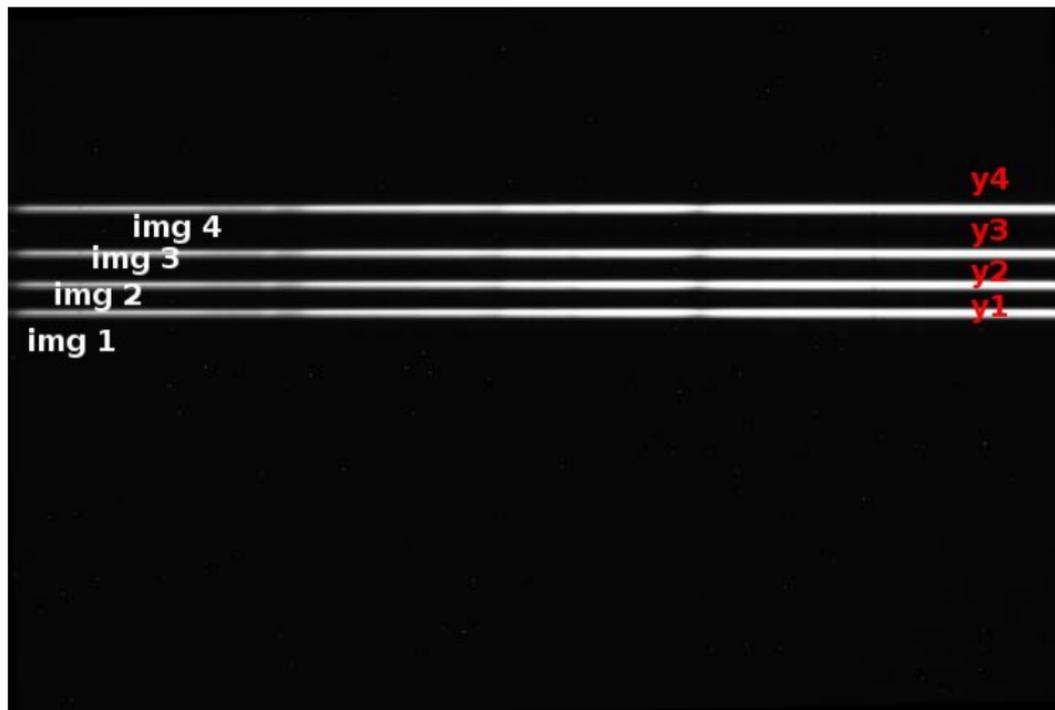
Bilan sur le traitement  
des spectres

Des pipelines  
simples



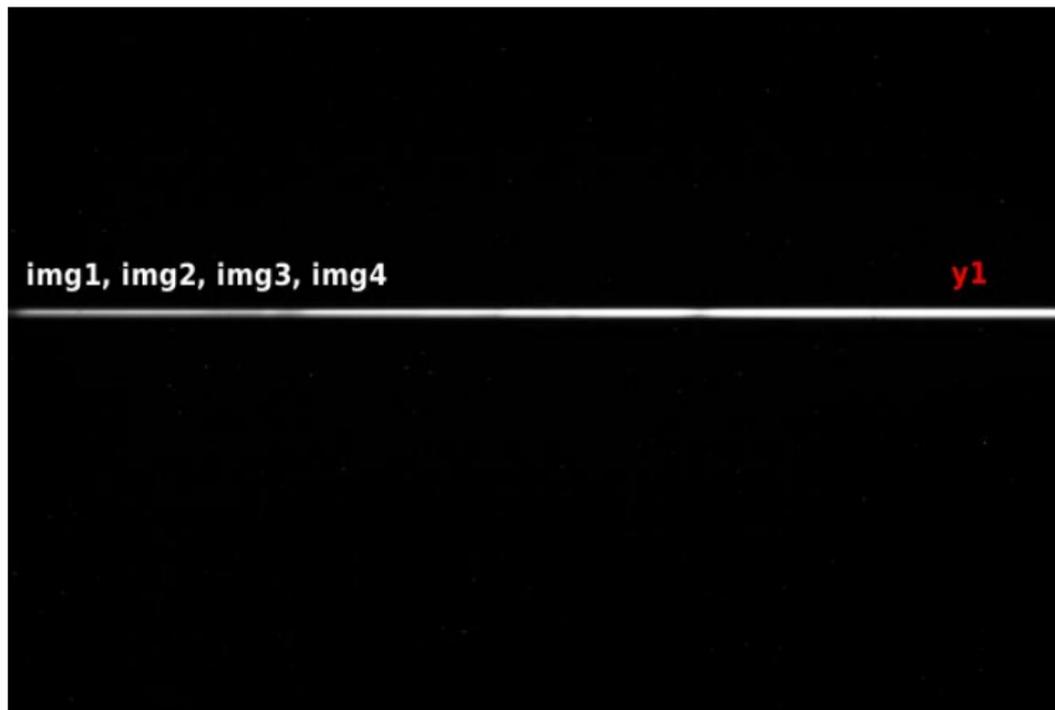
# Correction des déformations géométriques

Recalage verticale :



# Correction des déformations géométriques

Recalage verticale : `spc_register nom_générique_spectres_2d`



# Extraction du profil de raies

Passage du 2D au 1D :



État des spectres  
au départ

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

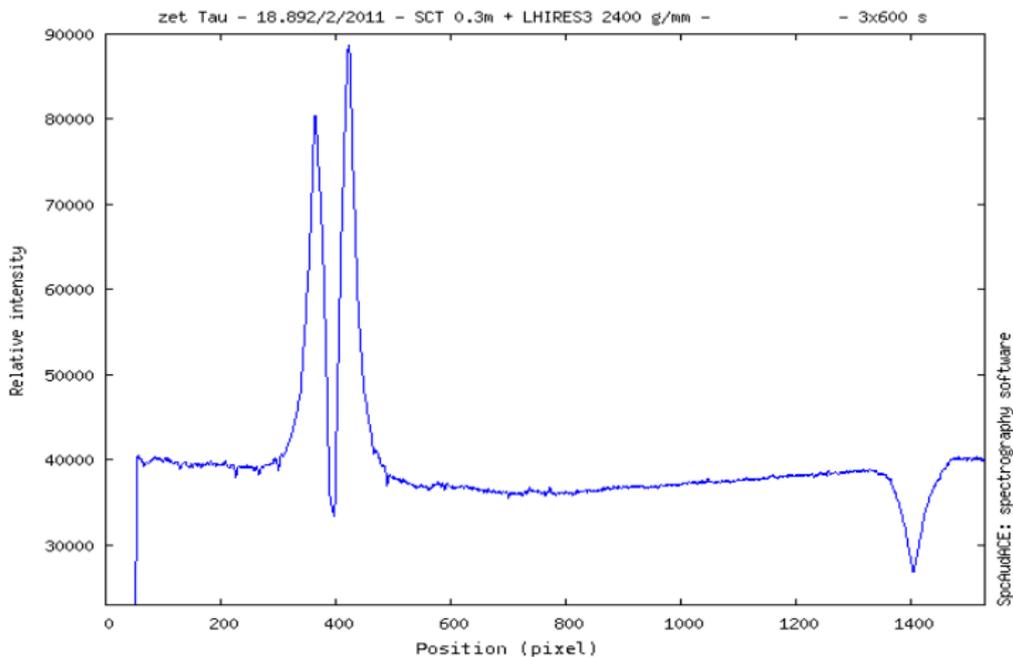
**Extraction du profil de  
raies**

Bilan sur le traitement  
des spectres

Des pipelines  
simples

# Extraction du profil de raies

Passage du 2D au 1D :



# Bilan sur le traitement des spectres

## Constats :

État des spectres  
au départ

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Extraction du profil de  
raies

**Bilan sur le traitement  
des spectres**

Des pipelines  
simples

# Bilan sur le traitement des spectres

Constats :

- Processus fastidieux et plein d'écueils

# Bilan sur le traitement des spectres

## Constats :

- Processus fastidieux et plein d'écueils
- Doit être reproductible

# Bilan sur le traitement des spectres

## Constats :

- Processus fastidieux et plein d'écueils
- Doit être reproductible
- $\Rightarrow$  le moins d'interventions possibles de l'utilisateur

# Bilan sur le traitement des spectres

## Constats :

- Processus fastidieux et plein d'écueils
- Doit être reproductible
- $\Rightarrow$  le moins d'interventions possibles de l'utilisateur
- **Peu d'intérêt scientifique**

# Bilan sur le traitement des spectres

## Constats :

- Processus fastidieux et plein d'écueils
- Doit être reproductible
- $\Rightarrow$  le moins d'interventions possibles de l'utilisateur
- **Peu d'intérêt scientifique**
- Mais un diagnostic de la qualité doit être disponible

# Bilan sur le traitement des spectres

## Constats :

- Processus fastidieux et plein d'écueils
- Doit être reproductible
- $\Rightarrow$  le moins d'interventions possibles de l'utilisateur
- **Peu d'intérêt scientifique**
- Mais un diagnostic de la qualité doit être disponible

## Conséquences :

# Bilan sur le traitement des spectres

## Constats :

- Processus fastidieux et plein d'écueils
- Doit être reproductible
- $\Rightarrow$  le moins d'interventions possibles de l'utilisateur
- **Peu d'intérêt scientifique**
- Mais un diagnostic de la qualité doit être disponible

## Conséquences :

1. **Nécessité d'un outil fiable mais simple**

# Bilan sur le traitement des spectres

## Constats :

- Processus fastidieux et plein d'écueils
- Doit être reproductible
- $\Rightarrow$  le moins d'interventions possibles de l'utilisateur
- **Peu d'intérêt scientifique**
- Mais un diagnostic de la qualité doit être disponible

## Conséquences :

1. **Nécessité d'un outil fiable mais simple**
2. **N'y passer que le minimum de temps**

# Des pipelines simples

## Exemple de SpcAudace

*Interface de traitement et d'analyse des spectres  
sous Audela*

<http://spcaudace.free.fr>

<http://audela.org>

# Spcaudace : la spectroscopie sous Audela

L'exploitation  
astrophysique des  
spectres : des  
outils innovants

B. MAUCLAIRE

État des spectres  
au départ

Des pipelines  
simples

The screenshot displays the Spcaudace software interface. At the top, a menu bar includes 'Fichier', 'Affichage', 'Images', 'Analyse', 'Caméra', 'Télescope', 'Configuration', and 'Aide'. Below the menu is a toolbar with icons for file operations and analysis. A central window shows a spectral plot with a y-axis ranging from 0.5 to 1.0 and an x-axis labeled 'Longueur d'onde (Angstrom)' ranging from 5900 to 6000. The plot shows a noisy spectrum with several absorption lines. A red dashed horizontal line is drawn at approximately 0.55, and a red dashed vertical line is at approximately 5980. Below the plot, the text '6406.562 Angstrom 0.518807 ADU' is visible. To the right of the plot, a text area contains the following code:

```
spc_calibrer  
# Usage: spc_calibrer profil_de_raies_a_calibrer ?type_raie(a/e)  
  
# Ouverture d'un profil de raies calibré linéairement...  
814..._FIRBY_20170408_896_900_TLE_38_vhel_vdec  
spc_ew  
# Usage: spc_ew nom_profil_raies_calibré lambda_debut lambda_fin  
?taux_doucissage_continuum (0-[0-15])? ?efface_continuum(o)?  
?degré_polynomes_continuum_methode_pbais(2)?  
  
tm_phasexcyrap_Xoyg600-20181014_0942  
# (2018-10-14T02:15:43.000 0 46)  
  
# Ouverture d'un profil de raies calibré linéairement...  
_Xoyg_20180906_813_EBE
```

 At the bottom right, a dialog box titled 'Réduction de spectres stellaires' is open. It contains several input fields and dropdown menus for configuring the reduction process, including options for calibration lamp, noise, and normalization. The dialog box has 'Annuler' and 'OK' buttons at the bottom.

# 1) Calcul de la réponse instrumentale :

Aide de l'outil :  
Visionneuse bis

od\_images/pipelines/110218

Nom

- ..
- d--smd3.fit
- d-1.fit
- d-2.fit
- d-3.fit
- d\_20--smd3.fit
- d\_25--smd3.fit
- d\_25\_1200s--smd3.fit
- d\_30\_600--smd3.fit
- df2400t--smd3.fit
- eps\_aur-1.fit
- eps\_aur-2.fit
- eps\_aur-3.fit
- eps\_aur-4.fit
- f2400t--obtained-smd...
- f2400t-1.fit

Diaporama 1 s.

Connexion FTP

Auto

0 0,2

RA@duction de spectres

## Calcul de la réponse instrumentale

Nom générique des spectres bruts **regulus-**

Nom générique des noirs **d\_20--smd3**

Nom générique des plu(s) **f2400-**

Nom générique des noirs de plu **df2400t--smd3**

Nom générique des offset(s) **none**

Nom du spectre 2D de la lampe de calibration  
ou nom du spectre 1D calibré de la lampe **ne\_regulus-1.fit**

Spectre 1D d'étoile du catalogue **Regulus\_UVES\_6300\_6700.fit**

Sélection manuelle d'une raie pour la géométrie (o/n) o

Inversion gauche-droite des profils de raies (o/n) n

Calibration supplémentaire avec raies telluriques o

Méthode d'appariement spc

Retrait des cosmiques (o/n) n

Méthode de détection du spectre serre

Méthode de soustraction du fond de ciel med

Méthode de binning des colonnes rober

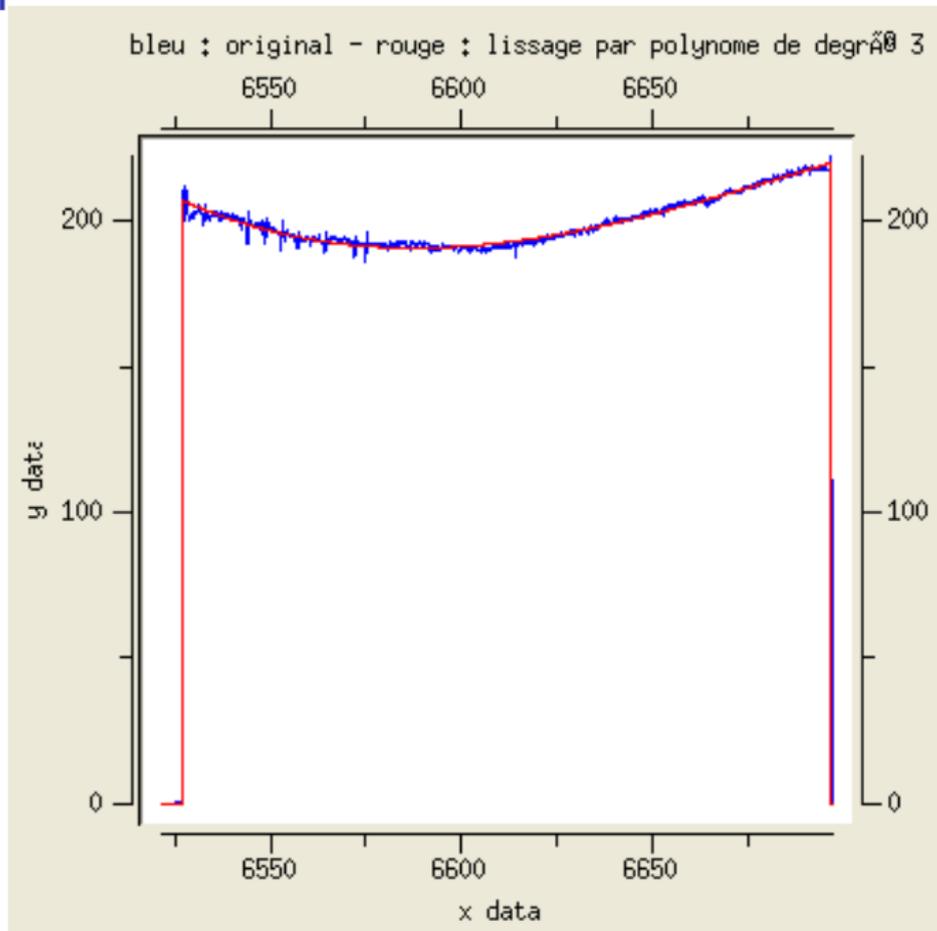
Rejet des spectres trop faibles (o/n) n

Effacement des intermédiaires de prétraitement (o/n) o

Utiliser pour la suite une des 3 réponses  
instrumentales créée dans votre dossier image :  
ajustement linéaire, filtre passe bas ou ajustement de degré 3.

Annuler OK

# Réponse instrumentale obtenue :



## 2) Réduction des spectres des cibles :

Réduction de spectres stellaires

### Réduction de spectres stellaires

Lampe de calibration : nom du spectre 2D ou nom  
du 1ier spectre 2D ou nom du spectre 1D calibré

Nom générique des spectres bruts

Nom générique des noirs

Nom générique des plu(s)

Nom générique des noirs de plu

Nom générique des offset(s)

Spectre 1D de la réponse intrumentale

Sélection manuelle d'une raie pour la géométrie (o/n)

Calibration avec plusieurs spectres de lampe (o/n)

Calibration supplémentaire avec raies telluriques (o/n)

Normalisation (oui/émission/absorption/rescale/non)

Inversion gauche-droite des profils de raies (o/n)

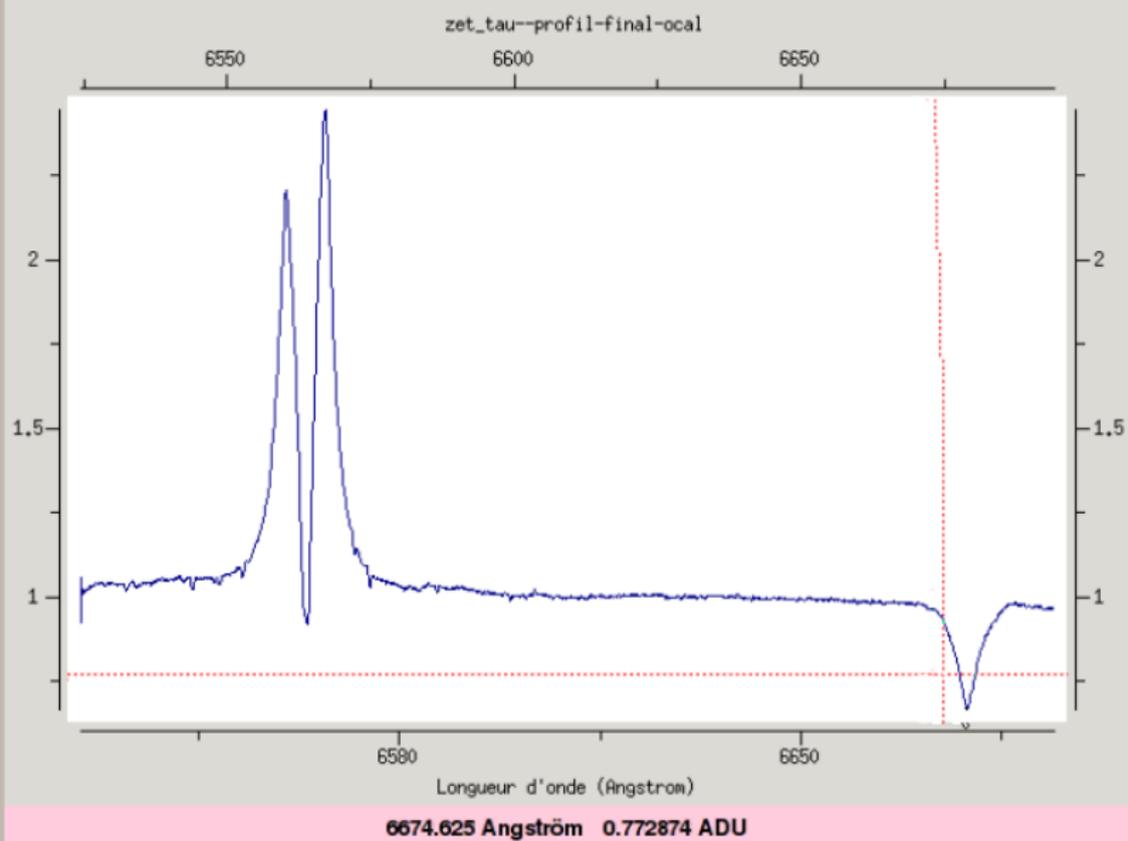
Retrait des cosmiques (o/n)

Export au format de la base Bess (o/n)

Export vers un graphique au format PNG (o/n)

# Spectre traité de l'étoile cible :

Fichier Conversions Géométrie Profil de raies Mesures Calibration Pipelines Astrophysique Aide



# Récapitulatif de diagnostic :

```
# La date de prise de vue est : 20160229_7743
```

```
# Ouverture d'un profil de raies calibré linéairement...  
_hd47129-a--20160229_7743
```

```
===== FIN DU TRAITEMENT =====
```

```
**** Spectre final traité, corrigé et calibré sauvé sous : ****
```

```
Profil final *: _hd47129-a--20160229_7743.fit
```

```
*** Fichiers intermédiaires sauvés : ***
```

```
Profil non calibré *: hd47129-a--profil-1a.fit
```

```
Profil calibré *: hd47129-a--profil-1b.fit
```

```
Profil calibré et corrigé de la RI *: hd47129-a--profil-1c.fit
```

```
Profil 1c normalisé/mis à l'échelle *: hd47129-a--profil-2b.fit
```

```
Profil 2b calibré avec raies telluriques *: hd47129-a--profil-2b-calo.fit
```

```
Spectre 2D traité et redressé de l'objet *: hd47129-a--spectre2D-traite.fit
```

```
Spectre 2D redressé de la lampe *: lampe_spectre2D_redresse-hd47129-a.fit
```

```
Profil corrigé et calibré de la lampe *: lampe_redressee_calibree-hd47129-a.fit
```

```
*** Qualité de la calibration et résolution : ***
```

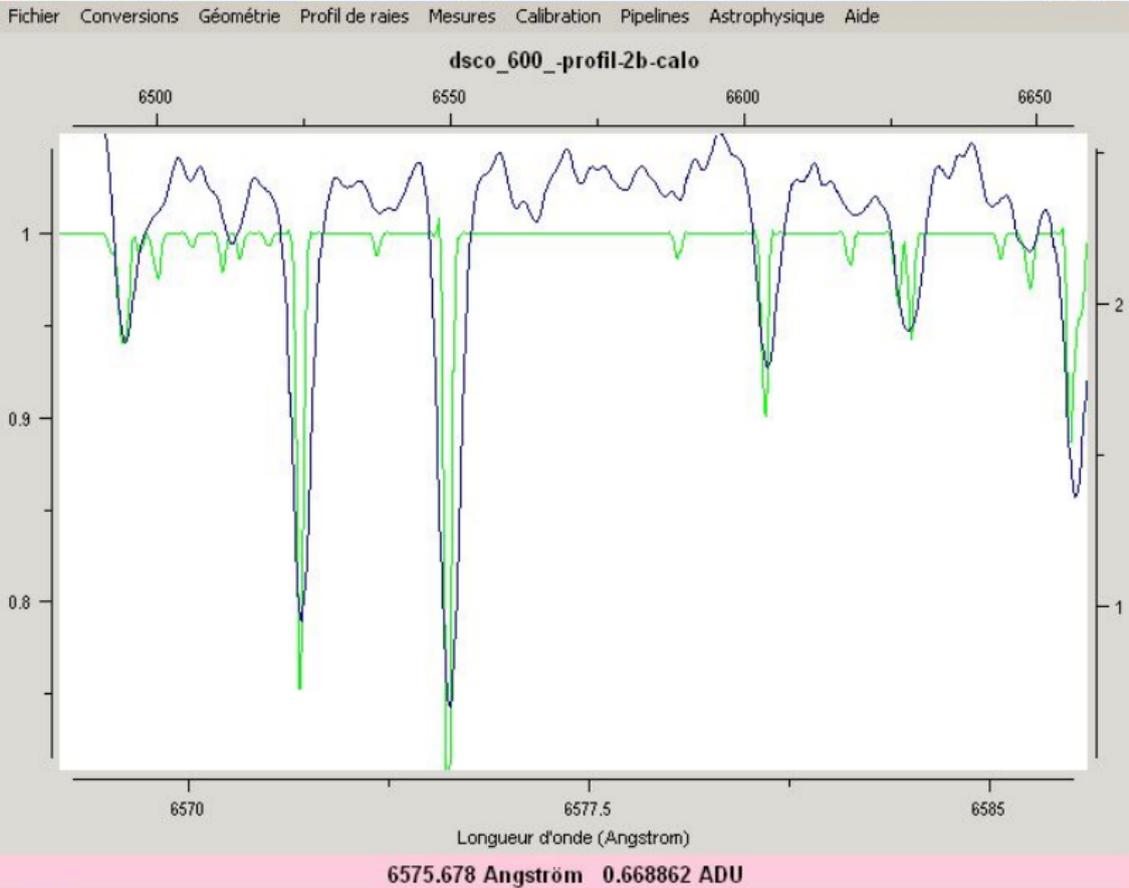
```
Loi de calibration :  $\Lambda = 4757.0516 + 0.1529 \cdot (x - 1)$ 
```

```
RMS=0.000e+00 A --- Taux de précision=100%
```

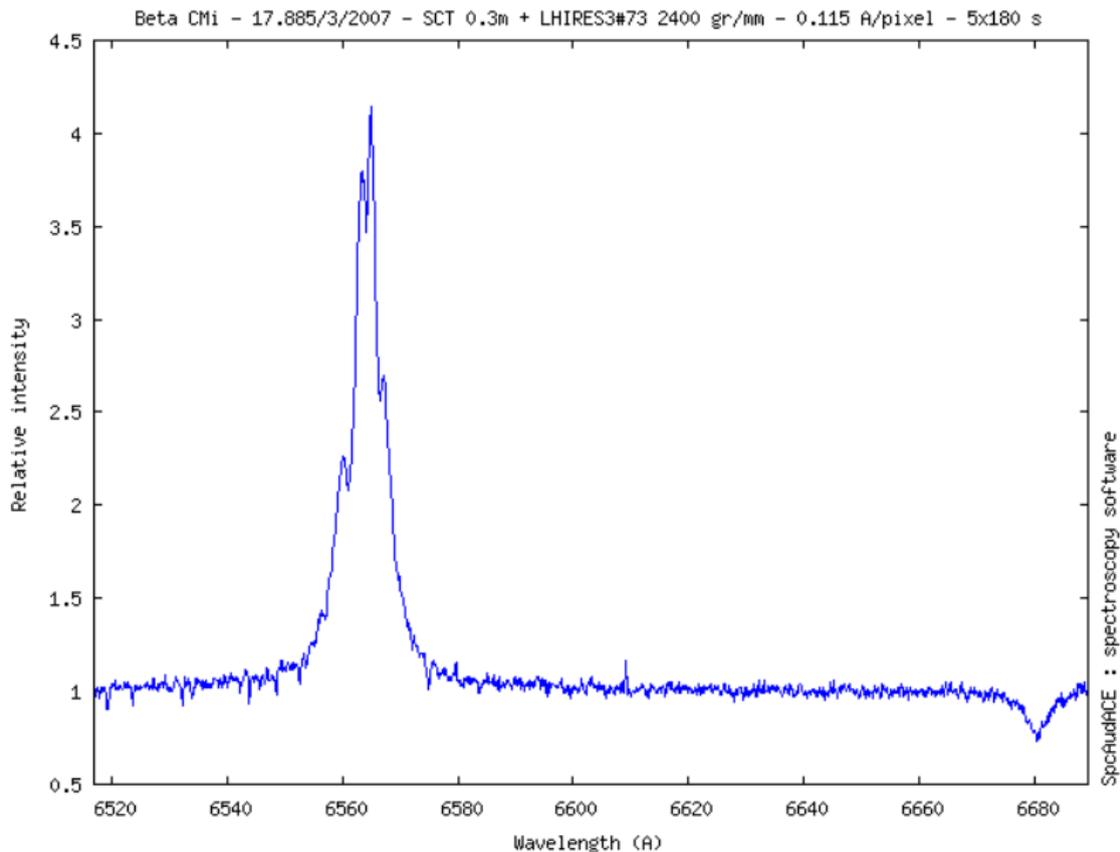
```
Pouvoir de résolution : R=7367 sur la raie 4788.920 A
```

```
* Tous les résultats des opérations sont mémorisés dans l'entête FITS des fichiers. *
```

# Vérification de la calibration :



# Export PNG du spectre traité :



# Toutes les opérations sont mémorisées

- Particularité SpcAudace : entête FITS enrichie avec tous les paramètres calculés durant les opérations.

# Toutes les opérations sont mémorisées

- Particularité SpcAudace : entête FITS enrichie avec tous les paramètres calculés durant les opérations.

## *Exemple de mots clef ajoutés :*

```
SPC_HBIN= 14.9601 / [pixel] Binning thickness
SPC_TILT= 0.555853 / [degres] Tilt angle
SPC_TILX= 765 / [pixel] Tilt x center
SPC_TILY= 510 / [pixel] Tilt y center
SPC_YBIN= 731 / [pixel] Y heigh for binning
SPC_SLX1= 1471.23 / [pixel] ycenter smilex
SPC_SLX2= 2.849649E-05 / coef deg2 smilex
CRVAL1  = 6524.17445199 / [angstrom]
CDELTA1 = 0.114914760647 / [angstrom/pixel]
CRPIX1  = 1 / [pixel] Reference pixel
CUNIT1  = 'angstrom' / Wavelength unit
CTYPE1  = 'Wavelength'
SPC_RESP= 15443. / Power of resolution at wavelength SPC_RESL
SPC_RESL= 6598.95300019 / [angstrom] Wavelength
           where power of resolution is computed
SPC_RMS0 = 2.096967E-03 / [angstrom] RMS regarding telluric lines
SPC_NORM= 'Dividing by continuum polynome extracted'
           / Technic used for normalisation
```

Ce qui est  
mesurables

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
 $V/R$  d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Partie B :

# Grandeurs mesurables sur les spectres

Ce qui est  
mesurable

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

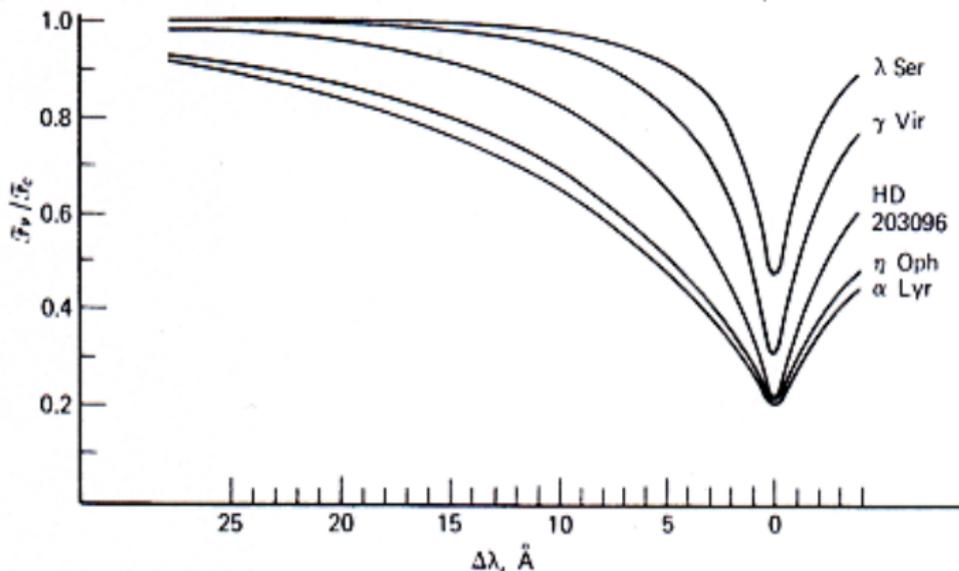
Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

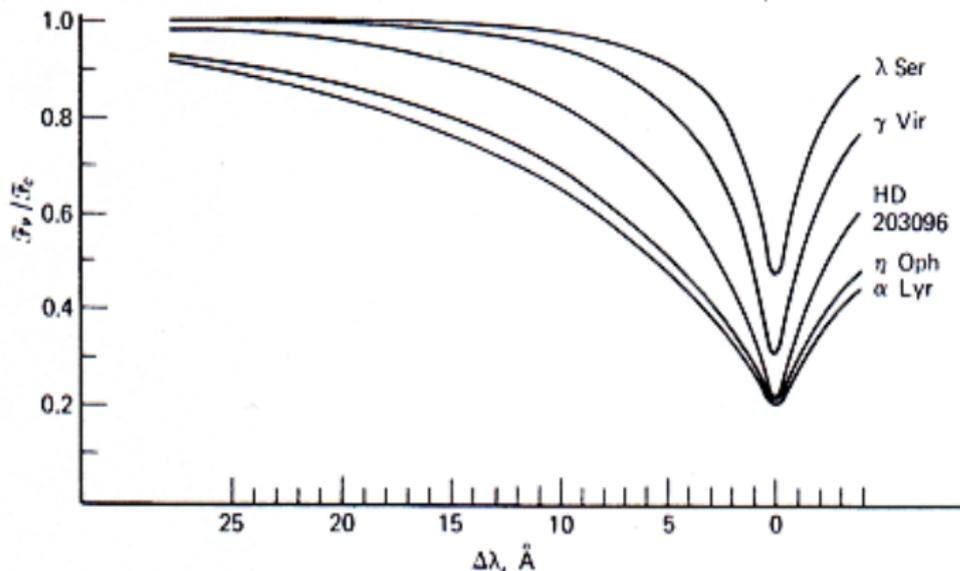
Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres

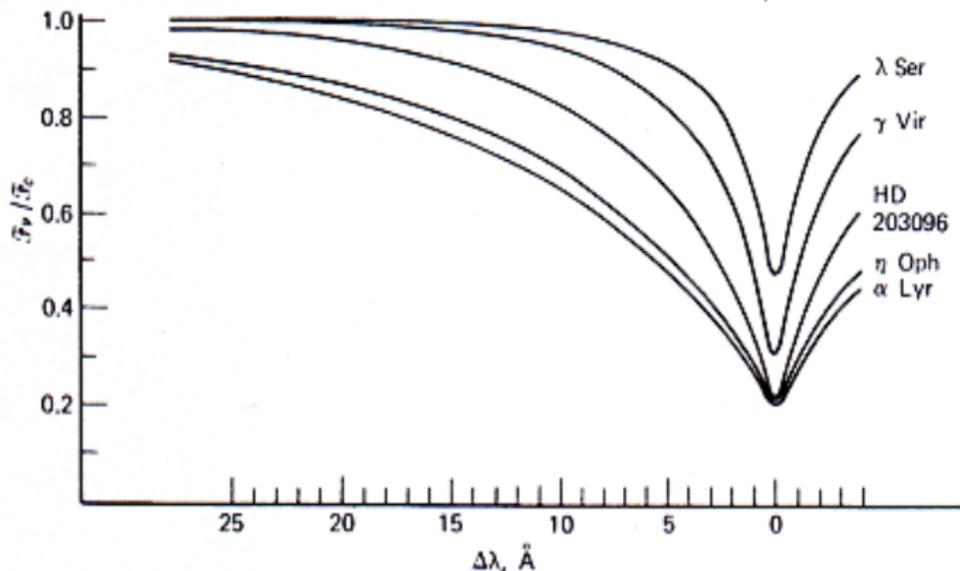


# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



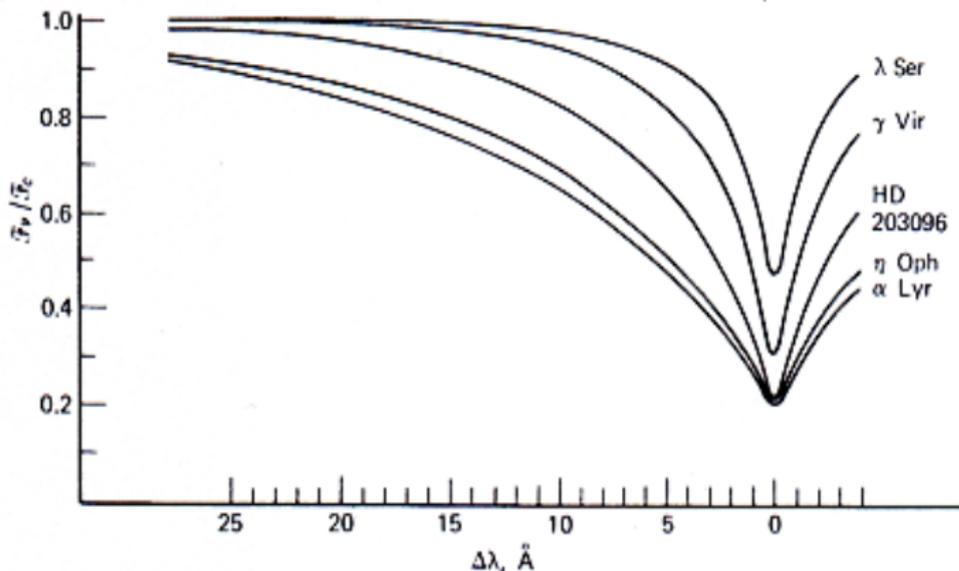
- Profondeur : température effective.

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



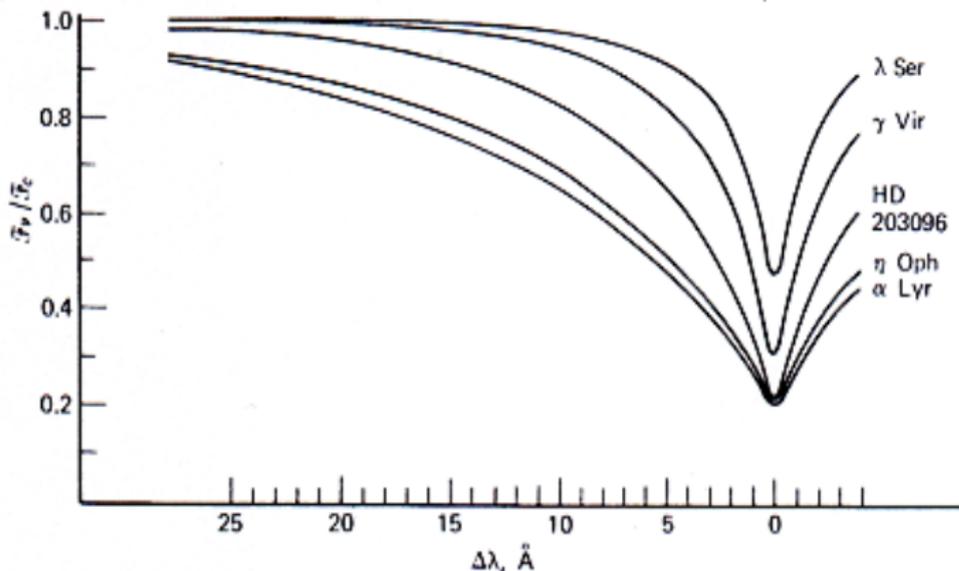
- Profondeur : température effective.
- Largeur : densité, rotation, expansion.

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



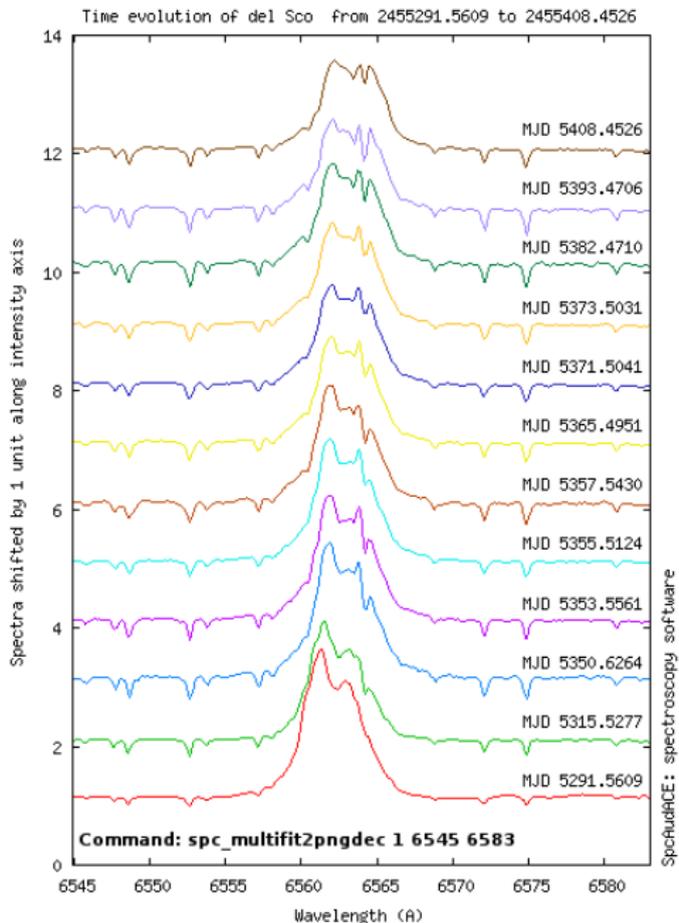
- Profondeur : température effective.
- Largeur : densité, rotation, expansion.
- Translation : vitesse Doppler.

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



- Profondeur : température effective.
- Largeur : densité, rotation, expansion.
- Translation : vitesse Doppler.
- Modification de la forme : échanges de matière, disque, activité de l'étoile. . .

# Évolution d'une raie au cours du temps



# Évolution d'une raie au cours du temps

B. MAUCLAIRE

Ce qui est  
mesurable

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

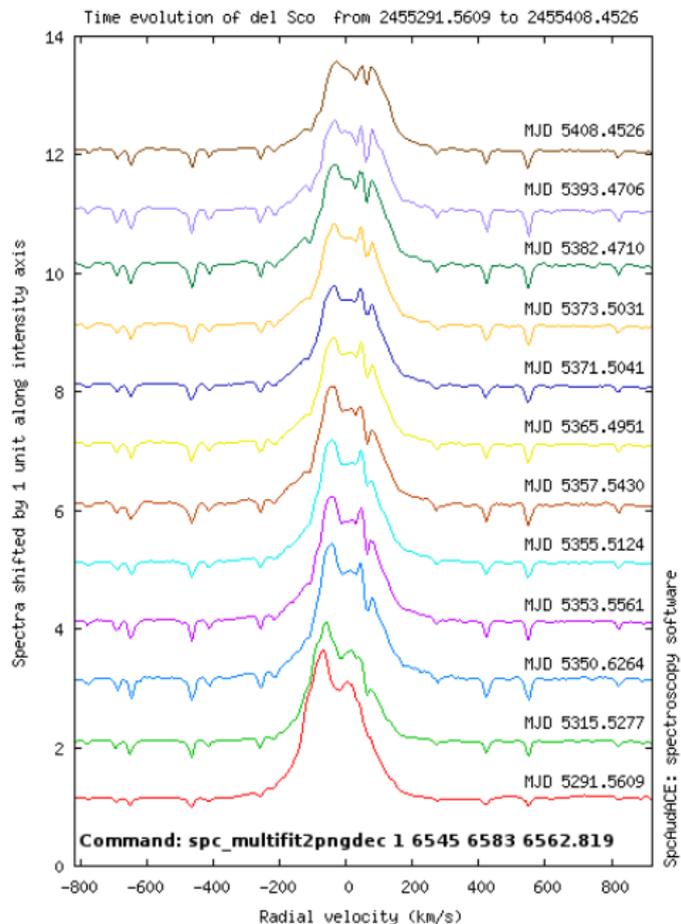
Mesure de la  
largeur équivalente

Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

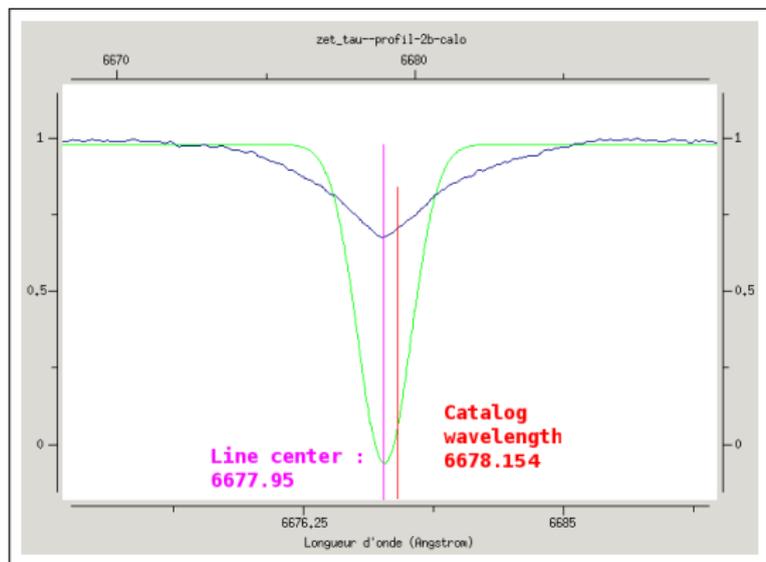
Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres



# Mesure de la vitesse radiale



Vitesse d'éloignement ou de rapprochement de la source.

$$\frac{v}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$$

```
spc_vmes spectre lambda_deb lambda_fin ?(e/a)?  
?lambda_ref(6562.819)? ?methode_mes(ga/gr)?  
?precision_position_raie(pixels)?
```

Ce qui est  
mesurables

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

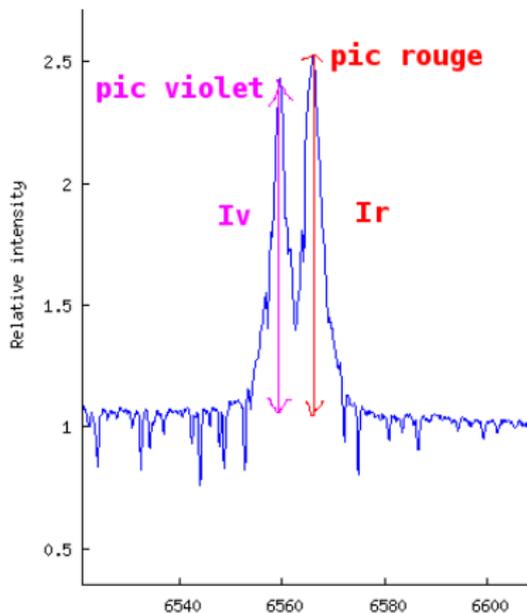
Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Mesure du rapport V/R d'une raie



Analyse de la vitesse d'anneau/disque en rotation et des échanges avec l'étoile.

$$V/R = \frac{I_{\text{pic-violet}}}{I_{\text{pic-rouge}}}$$

```
spc_vrms nom_profil_raies lambda_raie_Violet  
lambda_raie_Rouge largeur_raie  
?pourcent_RMS_rejet (150)?
```

Ce qui est  
mesurable

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

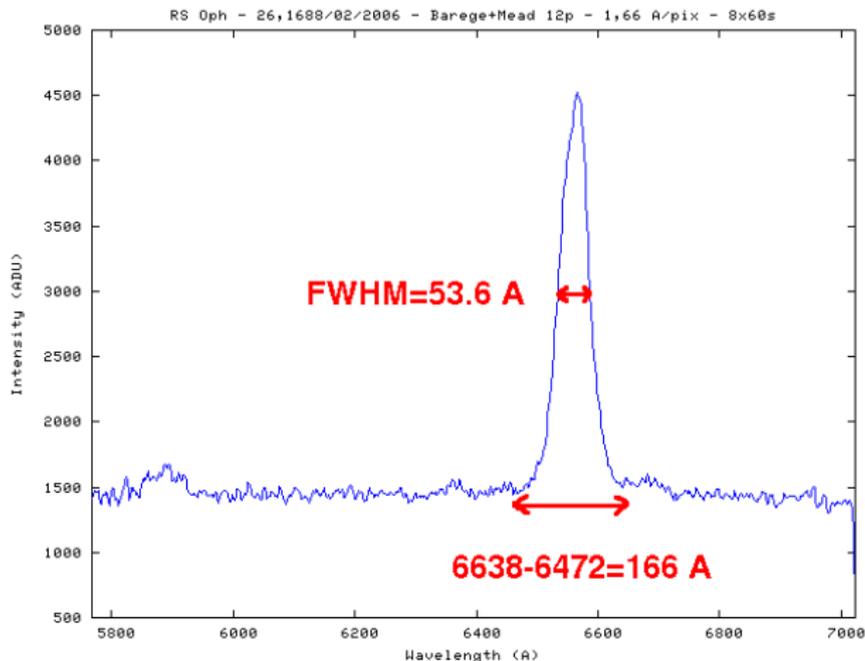
Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Mesure de la FWHM d'une raie



Vitesse d'expansion ou  
d'agitation du gaz.

```
spc_fwhm profil_de_raies_lineaire  
lambda_debut lambda_fin a/e
```

Ce qui est  
mesurable

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

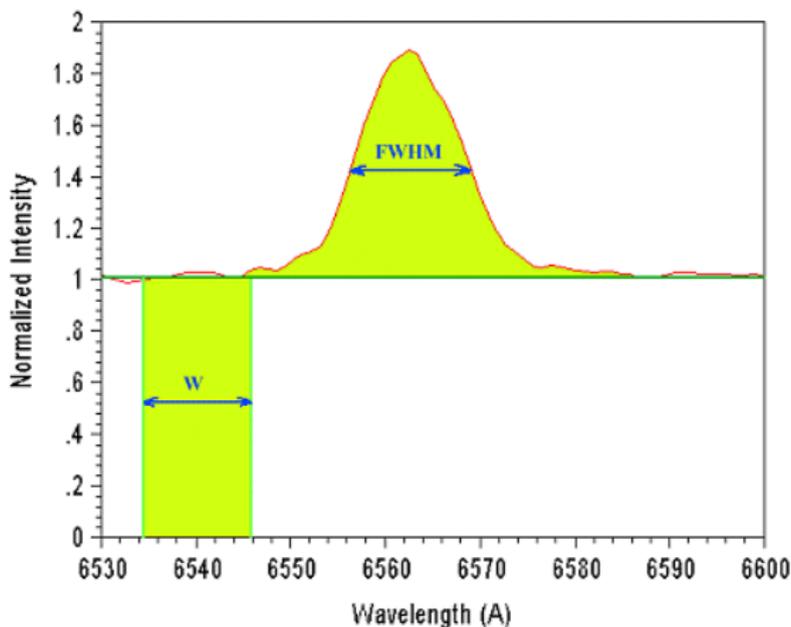
Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Définition de la largeur équivalente (EW)

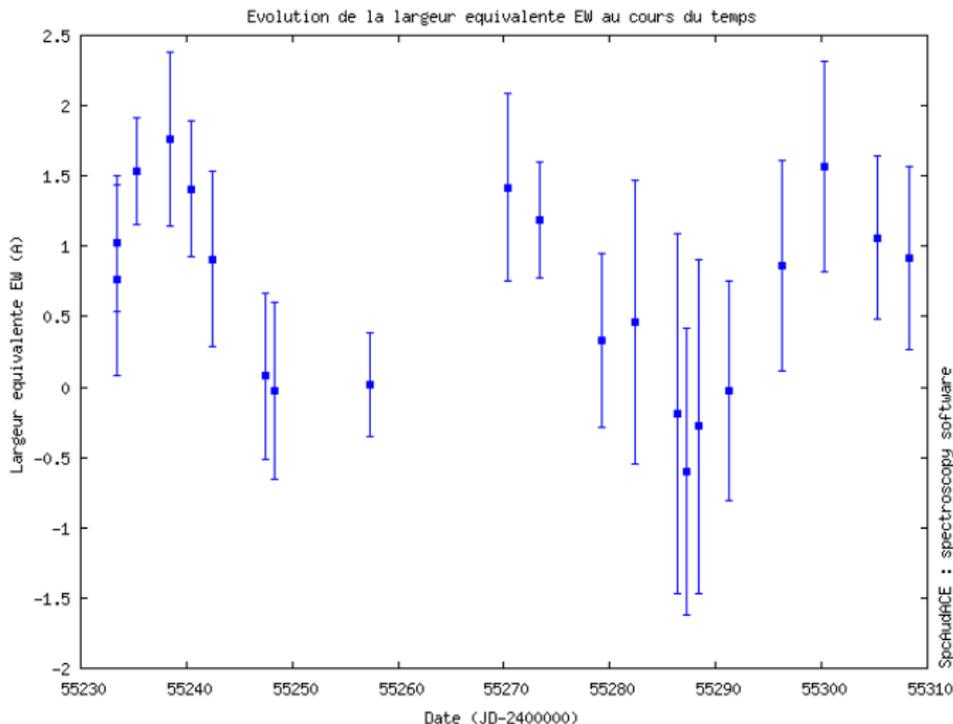


$$EW = \sum_{\lambda_{deb}}^{\lambda_{fin}} \frac{I_c - I_{\lambda}}{I_c}$$

Suivi de l'activité stellaire et du disque.  
(aire calculée par intégration numérique)

```
spc_ew profil_raies lambda_deb lambda_fin ?taux_smooth_conti (0-[6]-15  
?efface_conti(o)? ?deg_polynomes_continuum_methode_pbas(2)?
```

# Mesure de EW sur une série de spectres

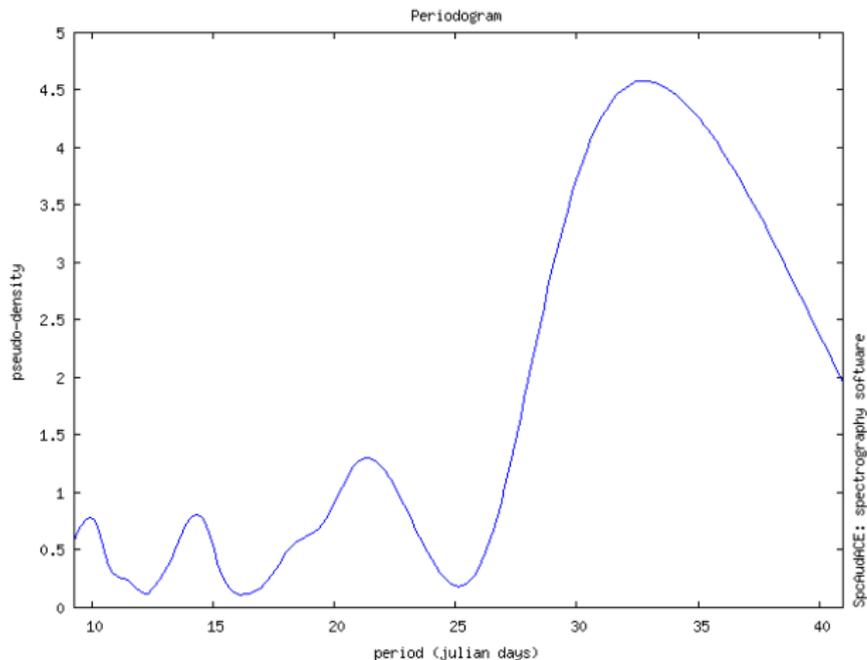


```
spc_ewcourbe lambda_raie/lambda_deb lambda_fin ?deg poly continuum(1)
```

→ traite les fichiers du répertoire.

# Détermination d'une période de variation

## Périodogramme de Scargle-Lomb 1/2 :



Ce qui est  
mesurables

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

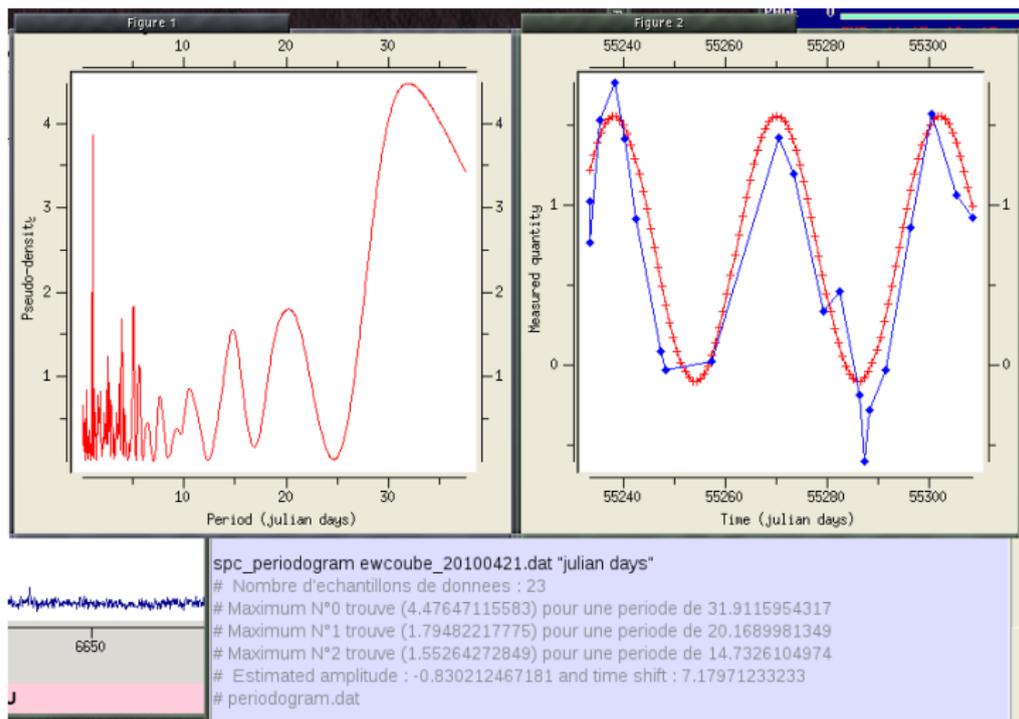
Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

```
spc_periodogram data_filename.dat time_unit measured_quantity  
?nb_periodes_plausibles (10)? ?period_min (0.)?  
?period_max (=duree enregistrement des mesures)?  
?valeur minimum autorisee pour le pas d'echantillonnage du periodogram
```

# Détermination d'une période de variation

Périodogramme de Scargle-Lomb 2/2 :



→ Détermination des maxima et ajustement d'une sinusoïde avec Max no 1.

Ce qui est mesurable

Voir l'évolution d'une raie au cours du temps

Mesure de la vitesse radiale

Mesure du rapport V/R d'une raie

Mesure de la FWHM d'une raie

Mesure de la largeur équivalente

Mesure de EW sur une série de spectres

Détermination d'une période de variation

Spectre dynamique d'une série

Température des astres

Ce qui est  
mesurable

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
 $V/R$  d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

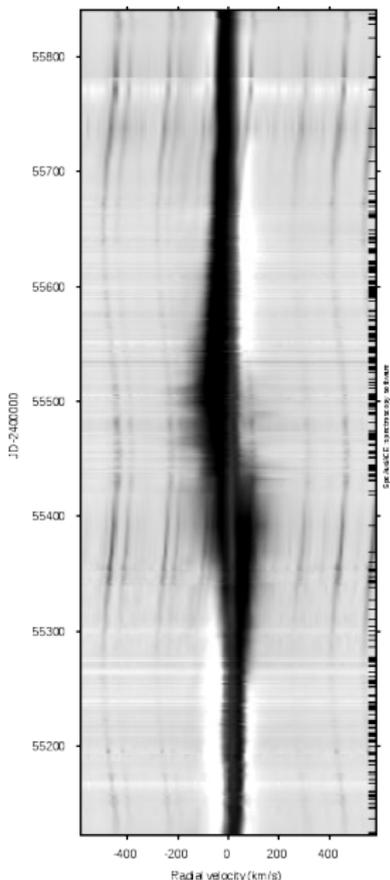
Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Spectre dynamique d'une série



- Idéal pour les phénomènes de pulsation et de binarité.

Ce qui est  
mesurable

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

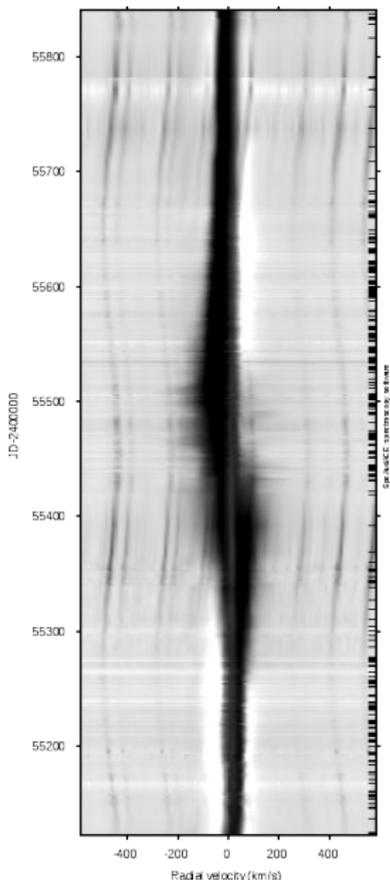
Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Spectre dynamique d'une série



- Idéal pour les phénomènes de pulsation et de binarité.
- Exemple de commande :

```
spc_dynagraph lambda_deb lambda_fin  
lambda_reference interpolation(o/n)  
RA_d RA_m RA_s DEC_h DEC_m DEC_s
```

Ce qui est  
mesurable

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

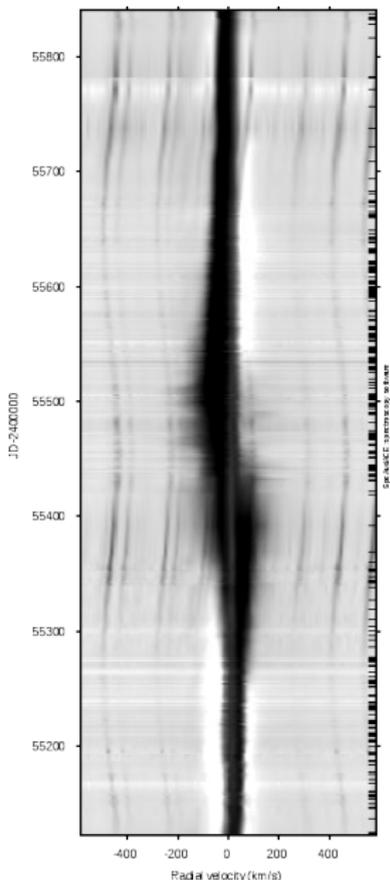
Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Spectre dynamique d'une série



- Idéal pour les phénomènes de pulsation et de binarité.

- Exemple de commande :

```
spc_dynagraph lambda_deb lambda_fin  
lambda_reference interpolation(o/n)  
RA_d RA_m RA_s DEC_h DEC_m DEC_s
```

- Effectue toutes les opérations nécessaires : correction héliocentrique, normalisation, découpage. . .

Ce qui est  
mesurable

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

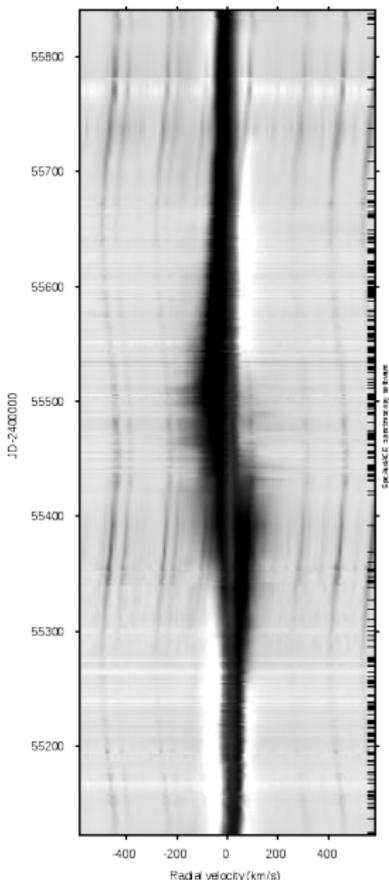
Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Spectre dynamique d'une série



- Idéal pour les phénomènes de pulsation et de binarité.
- Exemple de commande :

```
spc_dynagraph lambda_deb lambda_fin  
lambda_reference interpolation(o/n)  
RA_d RA_m RA_s DEC_h DEC_m DEC_s
```
- Effectue toutes les opérations nécessaires : correction héliocentrique, normalisation, découpage. . .
- Produit 3 versions du spectre dynamique : PNG en niveaux de gris, colorisé et postscript

Ce qui est  
mesurables

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Température de surface d'une étoile

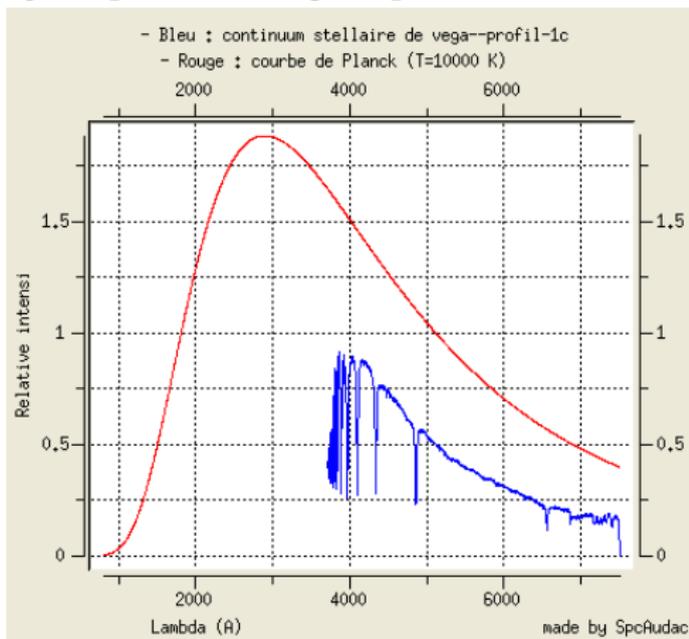
- Mesure par pas de 500 K :

```
spc_ajustplanck vega--profil-1c.fit 500
```

# Température de surface d'une étoile

- Mesure par pas de 500 K :

`spc_ajustplanck vega--profil-1c.fit 500`



Ce qui est  
mesurable

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

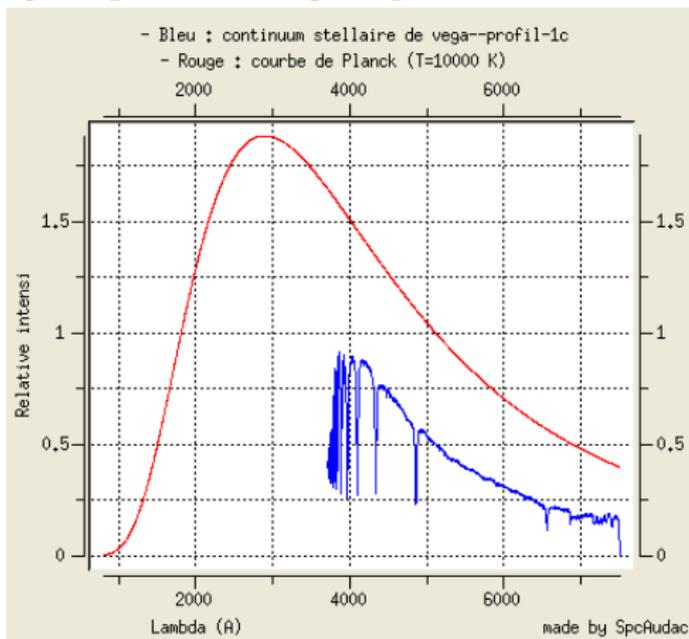
Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Température de surface d'une étoile

- Mesure par pas de 500 K :

`spc_ajustplanck vega--profil-1c.fit 500`



- # T=2000, RMS=0.237931527913 ;  
# T=2500, RMS=0.132280771001 ; ...  
# Calcul de la courbe de Planck de l'UV au rouge...  
# Température trouvée : 10000 K

# Spectre de la nébuleuse planétaire (NP) - NGC 6543 :

Ce qui est  
mesurables

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

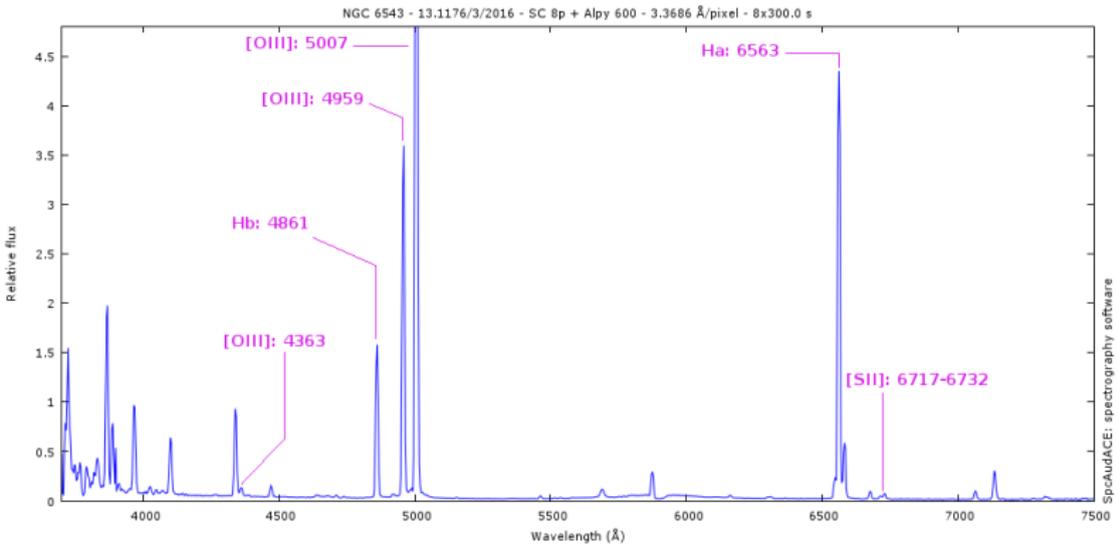
Mesure de la  
largeur équivalente

Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres



Ce qui est  
mesurables

Voir l'évolution  
d'une raie au cours  
du temps

Mesure de la  
vitesse radiale

Mesure du rapport  
V/R d'une raie

Mesure de la  
FWHM d'une raie

Mesure de la  
largeur équivalente

Mesure de EW sur  
une série de  
spectres

Détermination  
d'une période de  
variation

Spectre dynamique  
d'une série

Température des  
astres

# Température et densité électronique (NP)

1. Déroutissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :

# Température et densité électronique (NP)

1. Déroutissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :

▶ `spc_dereddening nom_spectre  
largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`

# Température et densité électronique (NP)

## 1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :

- ▶ `spc_dereddening nom_spectre`  
`largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
- ▶ La largeur est à mesurer sur la base de la raie.

# Température et densité électronique (NP)

## 1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :

- ▶ `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
- ▶ La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
- ▶ Essais en faisant varier la largeur jusqu'à obtenir le coefficient d'extinction de l'astre repéré en bibliographie.

# Température et densité électronique (NP)

1. Déroutissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
  - ▶ `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
  - ▶ La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
  - ▶ Essais en faisant varier la largeur jusqu'à obtenir le coefficient d'extinction de l'astre repéré en bibliographie.
2. Mesure de  $T_e$  et  $N_e$  sur le spectre dérouté :

# Température et densité électronique (NP)

1. Déroutissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
  - ▶ `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
  - ▶ La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
  - ▶ Essais en faisant varier la largeur jusqu'à obtenir le coefficient d'extinction de l'astre repéré en bibliographie.
2. Mesure de  $T_e$  et  $N_e$  sur le spectre dérouté :
  - ▶ `spc_tene spectre_deroutit largeur_raies_4959-5007 largeur_raies_4363 largeur_6717 largeur_6732`

Ce qui est mesurable

Voir l'évolution d'une raie au cours du temps

Mesure de la vitesse radiale

Mesure du rapport V/R d'une raie

Mesure de la FWHM d'une raie

Mesure de la largeur équivalente

Mesure de EW sur une série de spectres

Détermination d'une période de variation

Spectre dynamique d'une série

Température des astres

# Température et densité électronique (NP)

1. Dérougissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
  - ▶ `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
  - ▶ La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
  - ▶ Essais en faisant varier la largeur jusqu'à obtenir le coefficient d'extinction de l'astre repéré en bibliographie.
2. Mesure de  $T_e$  et  $N_e$  sur le spectre dérougité :
  - ▶ `spc_tene spectre_derougite largeur_raies_4959-5007 largeur_raies_4363 largeur_6717 largeur_6732`
  - ▶ Modifier la largeur d'intégration des raies [SII] de façon à diminuer l'incertitude.

Ce qui est mesurable

Voir l'évolution d'une raie au cours du temps

Mesure de la vitesse radiale

Mesure du rapport V/R d'une raie

Mesure de la FWHM d'une raie

Mesure de la largeur équivalente

Mesure de EW sur une série de spectres

Détermination d'une période de variation

Spectre dynamique d'une série

Température des astres

# Température et densité électronique (NP)

1. Déroutissement du spectre (extinction interstellaire du bleu) :
  - ▶ `spc_dereddening nom_spectre largeur_Ha_Hb ?largeur_Hb?`
  - ▶ La largeur est à mesurer sur la base de la raie.
  - ▶ Essais en faisant varier la largeur jusqu'à obtenir le coefficient d'extinction de l'astre repéré en bibliographie.
2. Mesure de  $T_e$  et  $N_e$  sur le spectre dérouté :
  - ▶ `spc_tene spectre_derougit largeur_raies_4959-5007 largeur_raies_4363 largeur_6717 largeur_6732`
  - ▶ Modifier la largeur d'intégration des raies [SII] de façon à diminuer l'incertitude.
3. Comparer les valeurs à celles de la littérature en tenant compte de l'incertitude obtenue.

Ce qui est mesurable

Voir l'évolution d'une raie au cours du temps

Mesure de la vitesse radiale

Mesure du rapport V/R d'une raie

Mesure de la FWHM d'une raie

Mesure de la largeur équivalente

Mesure de EW sur une série de spectres

Détermination d'une période de variation

Spectre dynamique d'une série

Température des astres

# Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit`  
22 15

# Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit`  
`22 15`
- # Initials flux: Ha=527.67 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A ;  
Ha/Hb=3.48  
# Deredded flux: Ha=432.37 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A  
# Balmer decrement: Ha/Hb=2.85 ; d34\_theoric=2.85  
# Interstellar extinction coefficient: c=0.261622830469 ;  
E(B-V)=0.179193719499 (*C<sub>litterature</sub> = 0.3 ± 0.1*)  
# Dereddened spectrum: `ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`

# Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit`  
22 15
- # Initials flux: Ha=527.67 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A ;  
Ha/Hb=3.48  
# Deredded flux: Ha=432.37 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A  
# Balmer decrement: Ha/Hb=2.85 ; d34.theoric=2.85  
# Interstellar extinction coefficient: c=0.261622830469 ;  
E(B-V)=0.179193719499 (*C<sub>litterature</sub> = 0.3 ± 0.1*)  
# Dereddened spectrum: `ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`
- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`  
17 15 12 12

# Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit`  
22 15
  - # Initials flux: Ha=527.67 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A ;  
Ha/Hb=3.48
  - # Deredded flux: Ha=432.37 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A
  - # Balmer decrement: Ha/Hb=2.85 ; d34\_theoric=2.85
  - # Interstellar extinction coefficient: c=0.261622830469 ;  
E(B-V)=0.179193719499 (*C<sub>litterature</sub> = 0.3 ± 0.1*)
  - # Dereddened spectrum: `ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`
- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`  
17 15 12 12
  - # R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K
  - # R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 2905 cm<sup>-3</sup>

# Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit`  
22 15
- # Initials flux: Ha=527.67 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A ;  
Ha/Hb=3.48  
# Deredded flux: Ha=432.37 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A  
# Balmer decrement: Ha/Hb=2.85 ; d34\_theoric=2.85  
# Interstellar extinction coefficient: c=0.261622830469 ;  
E(B-V)=0.179193719499 (*C<sub>litterature</sub>* = 0.3 ± 0.1)  
# Dereddened spectrum: `ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`
- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`  
17 15 12 12
- # R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K  
# R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 2905 cm<sup>-3</sup>
- 2b) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`  
17 15 10 10

# Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit`  
22 15
  - # Initials flux: Ha=527.67 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A ;  
Ha/Hb=3.48
  - # Deredded flux: Ha=432.37 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A
  - # Balmer decrement: Ha/Hb=2.85 ; d34\_theoric=2.85
  - # Interstellar extinction coefficient: c=0.261622830469 ;  
E(B-V)=0.179193719499 (*C<sub>litterature</sub>* = 0.3 ± 0.1)
  - # Dereddened spectrum: `ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`
- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`  
17 15 12 12
  - # R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K
  - # R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 2905 cm<sup>-3</sup>
- 2b) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`  
17 15 10 10
  - # R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K
  - # R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 1610 cm<sup>-3</sup>

# Température et densité électronique (NP)

- 1) `spc_dereddening ngc_6543_20160313_1176.fit`  
22 15
  - # Initials flux: Ha=527.67 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A ;  
Ha/Hb=3.48
  - # Deredded flux: Ha=432.37 ADU.A ; Hb=151.68 ADU.A
  - # Balmer decrement: Ha/Hb=2.85 ; d34\_theoric=2.85
  - # Interstellar extinction coefficient: c=0.261622830469 ;  
E(B-V)=0.179193719499 ( $c_{litterature} = 0.3 \pm 0.1$ )
  - # Dereddened spectrum: `ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`
- 2a) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`  
17 15 12 12
  - # R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K
  - # R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 2905 cm<sup>-3</sup>
- 2b) `spc_tene ngc_6543_20160313_1176_dered.fit`  
17 15 10 10
  - # R(OIII)=236.809862552 ; Te=9825 +/- 436 K
  - # R(SII)=0.53595464573 ; Ne=7625 +/- 1610 cm<sup>-3</sup>
- 3)  $T_{litterature} = 9600 K$  ;  $N_{litterature} = (5 \pm 3) \cdot 10^3 cm^{-3}$

# Partie C :

# Utilisation d'outils élaborés

# Tâches répétitives

- Appliquer une commande à tous les fichiers d'un répertoire :

```
bm_cmd 'la commande audela à exécuter  
sur les fichiers notés %s'
```

# Tâches répétitives

- Appliquer une commande à tous les fichiers d'un répertoire :

```
bm_cmd 'la commande audela à exécuter  
sur les fichiers notés %s''
```

- Découpage sur une plage de longueur d'onde d'une série de spectre :

```
bm_cmd 'spc_select %s 6550 6570''
```

# Tâches répétitives

- Appliquer une commande à tous les fichiers d'un répertoire :

```
bm_cmd ''la commande audela à exécuter  
sur les fichiers notés %s''
```

- Découpage sur une plage de longueur d'onde d'une série de spectre :

```
bm_cmd ''spc_select %s 6550 6570''
```

- Normalisation du continuum d'une série de spectre :

```
bm_cmd ''spc_autonorma %s''
```

# Tâches répétitives

- Appliquer une commande à tous les fichiers d'un répertoire :

```
bm_cmd 'la commande audela à exécuter  
sur les fichiers notés %s'
```

- Découpage sur une plage de longueur d'onde d'une série de spectre :

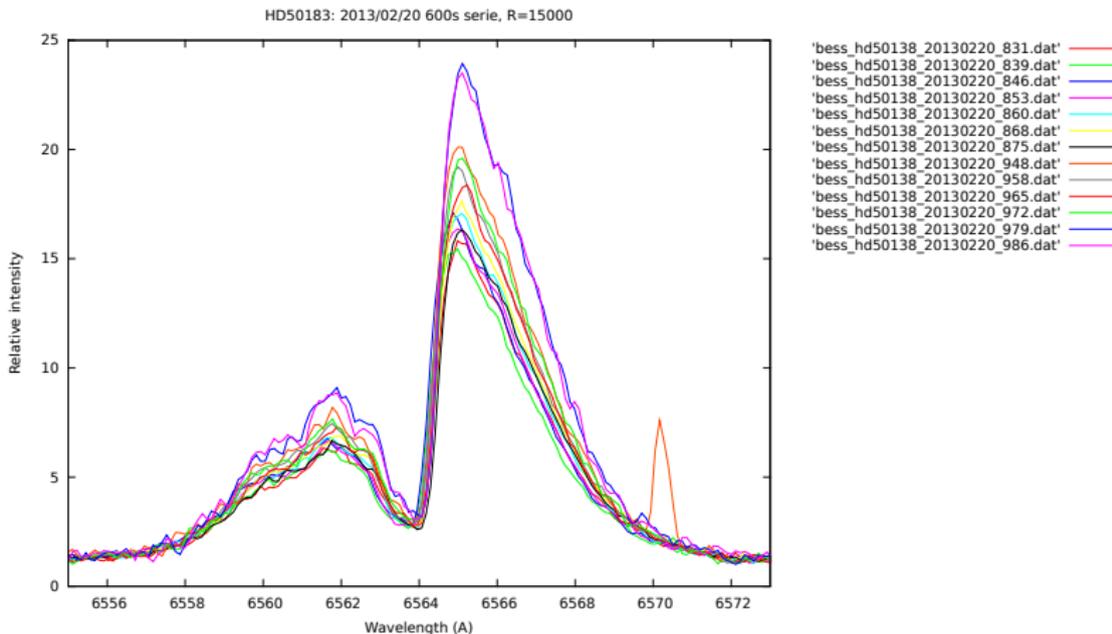
```
bm_cmd 'spc_select %s 6550 6570'
```

- Normalisation du continuum d'une série de spectre :

```
bm_cmd 'spc_autonorma %s'
```

- $\triangle$  Ces actions sont appliquées d'une traite à tous les fichiers présents dans le répertoire de travail. Mais cela fait gagner du temps!

# Spcripts Audela (TCL) : résultat



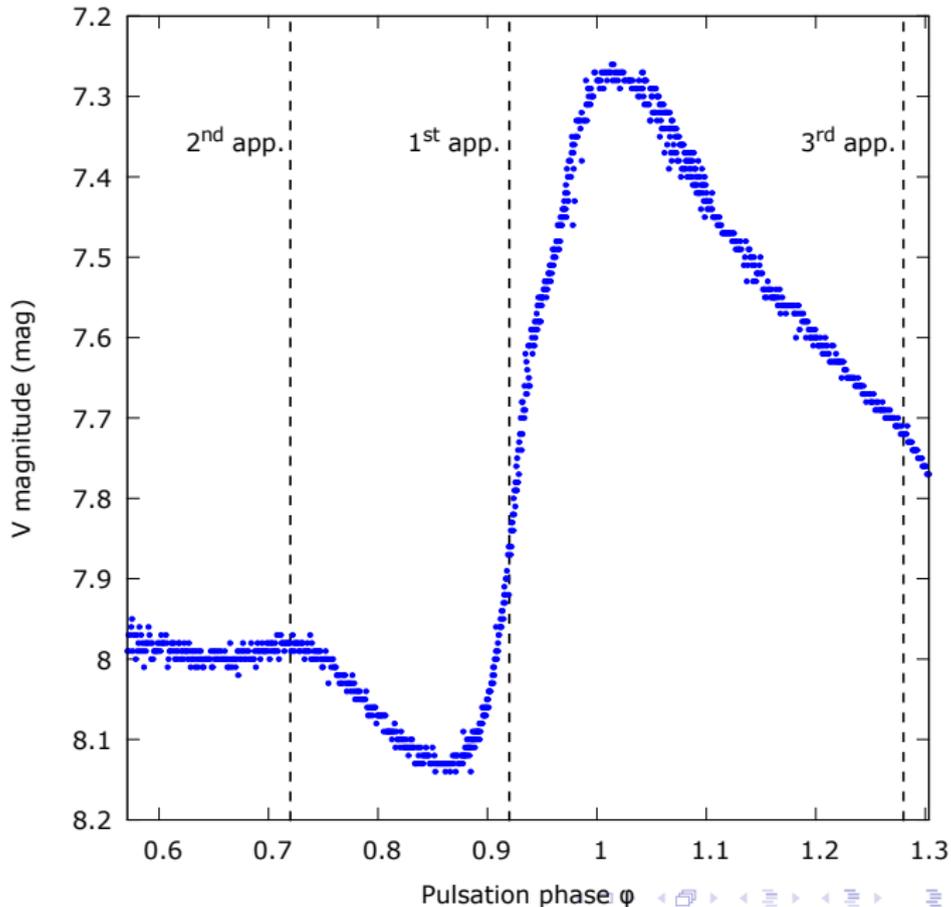
# Scripter Audela (TCL) : possibilités quasi-infinies

## Scripter Audela (TCL) : possibilités quasi-infinies

### *Post-traitement de spectres et construit le script Gnuplot*

```
proc bm_hd50138 { args } {
    global audace conf tcl_platform
    set nbargs [ llength $args ]
    if { $nbargs==0 } {
        set resolution $res_dflt
        set conti_wave $wconti_dflt
    } elseif { $nbargs==1 } {
        ...
        #--- Rescaling des profils par rapport au continuum et calcul du SNR :
        set listefiles [ lsort -dictionary [ glob -dir $audace(rep_images) -tail *$conf(extension) ] ]
        set nbfiles [ llength $listefiles ]
        foreach fichier $listefiles {
            set fichier [ file rootname $fichier ]
            set filenorma [ spc_autonorma $fichier ]
            set snr [ spc_snr $filenorma ]
            set msnr [ expr $msnr+$snr ]
            ...
        }
        set msnr [ expr round($msnr/$nbfiles) ]
        #--- Renomme chaque fichier pour etre de la forme hd50138_yyyymmdd_fff :
        ...
        #--- Converti en dat et construit la liste des fichiers .dat pour Gnuplot :
        foreach fichier $listefiles_named {
            spc_fits2dat "$fichier"
            ...
        }
        #--- Construit le script gnuplot :
        ::console::affiche_prompt "\nConstruit le script gnuplot et tracé du graphique de synthèse
        set titre "HD50138: ${annee}/${mois}/${jour} ${exptime}s serie, R=$resolution, mean SNR=$msnr"
        set fileout "hd50138_serie_${dateobs}.pdf"
        return $fileout
    }
}
```

# Gnuplot : nuage de points



L'exploitation  
astrophysique des  
spectres : des  
outils innovants

B. MAUCLAIRE

Tâches répétitives

Scripter Audela  
(TCL)

Gnuplot : tracé de  
graphiques

Tracé d'un nuage de  
points  
Tracé d'une time serie  
annotée

Python et ses  
librairies

# Gnuplot : tracé d'un nuage de points

# Gnuplot : tracé d'un nuage de points

*Tracé de Mag V vs phase de pulsation à partir d'un fichier texte (csv, dat...):*

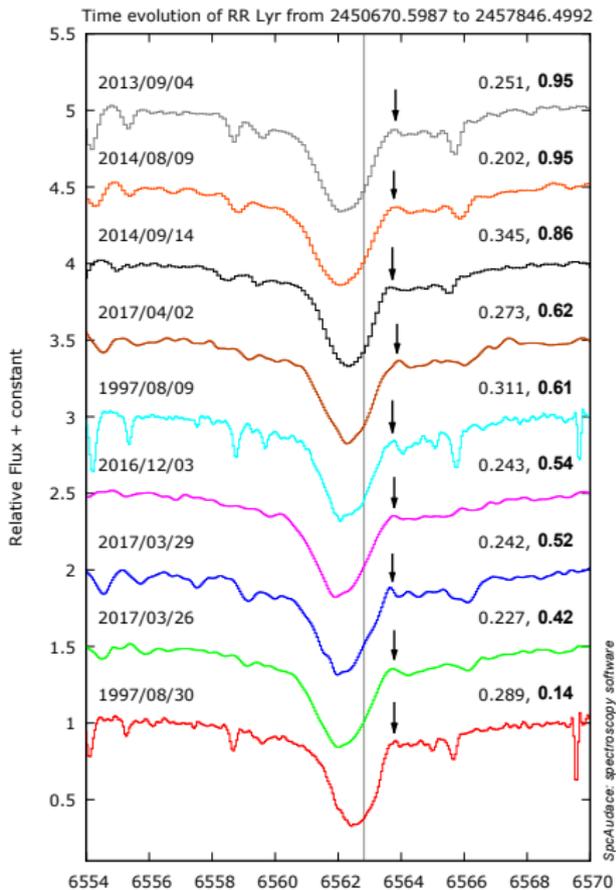
```
#--- Reglages page :
set key off
set terminal pdfcairo enhanced solid color font 'Verdana,8' fontsize 0.85 size
4.50in,4.25in
set encoding utf8
set output 'vmag_vs_phi.pdf'
#set title 'V magnitude within pulsation phase'

#--- Echelles :
set xrange [0.5711:1.3033]
set xlabel 'Pulsation phase {/Symbol f}'
set yrange [*:~] reverse
set ylabel 'V magnitude (mag)'

#--- Lignes verticales pointillées :
set termoption dashed
# option terminal dashed : lt 1=ligne, lt 2=tirets
set arrow 1 from 0.72,graph 0 to 0.72,graph 1 lt 2 lc 0 lw 3 nohead
set label 1 '2^{nd} app.' at 0.67, 7.35 center
set arrow 2 from 0.92,graph 0 to 0.92,graph 1 lt 2 lc 0 lw 3 nohead
set label 2 '1^{st} app.' at 0.87, 7.35 center
set arrow 3 from 1.28,graph 0 to 1.28,graph 1 lt 2 lc 0 lw 3 nohead
set label 3 '3^{rd} app.' at 1.23, 7.35 center

#--- Plot :
plot 'hubert_courbe_data.csv' pt 7 ps 0.25 lc 3
```

# Gnuplot : time serie annotée



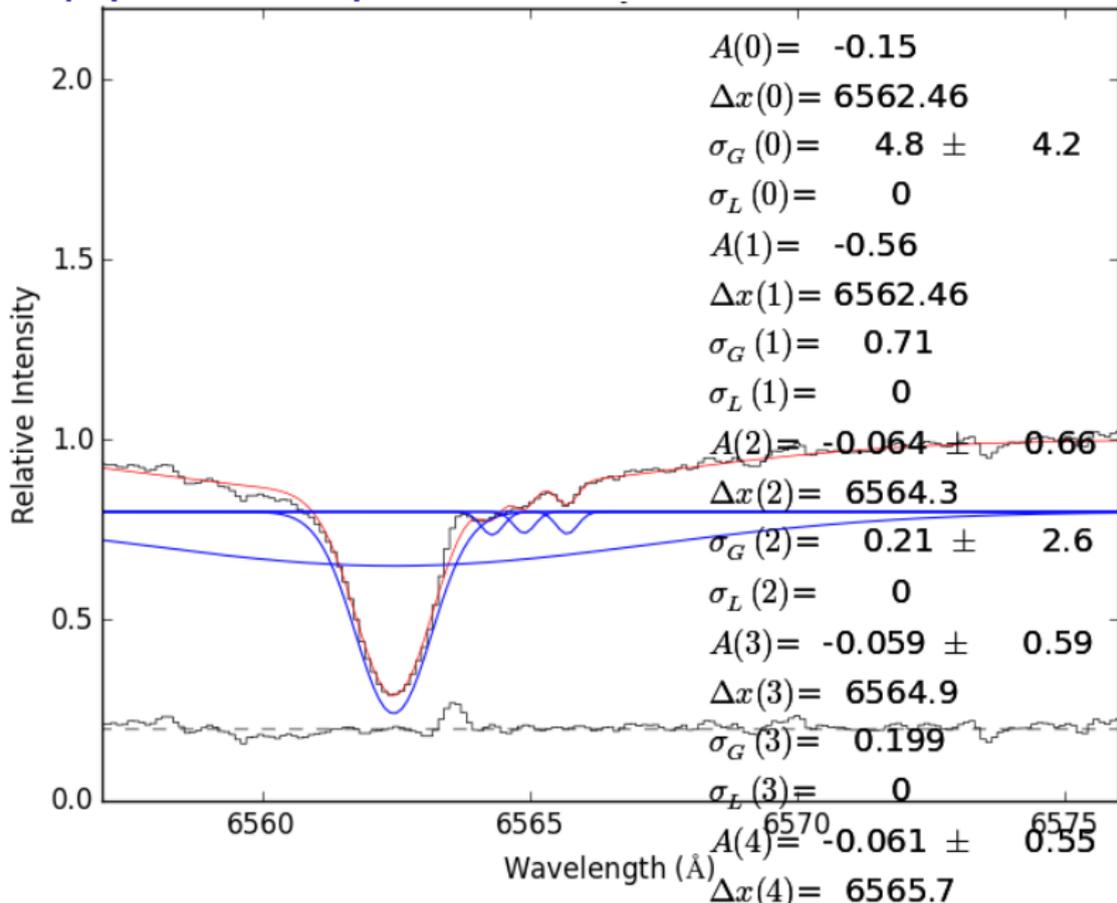
# Gnuplot : tracé d'une time serie annotée

## Gnuplot : tracé d'une time serie annotée

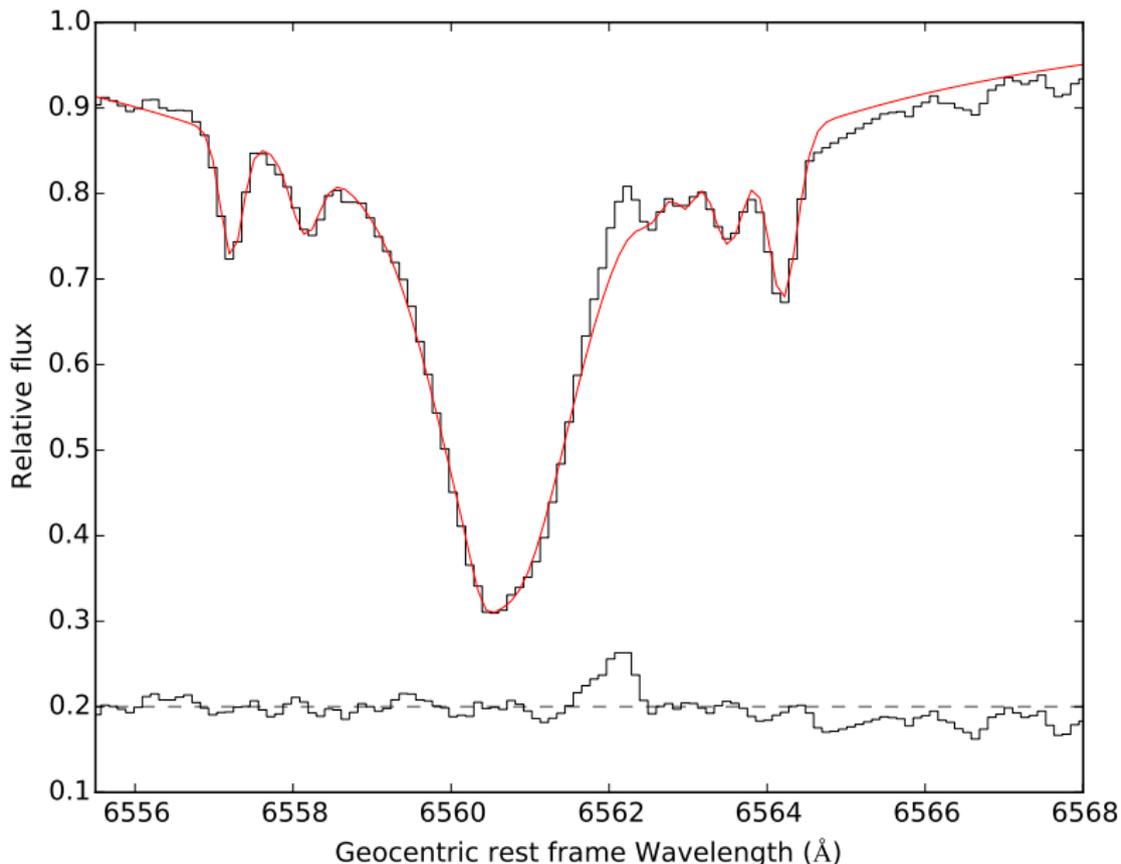
### *Tracé d'une time serie de spectres préparés par SpcAudace :*

```
set terminal pdfcairo enhanced solid color font 'Verdana,8' fontsize 0.85 size
4.50in,6.40in
set encoding utf8
set for [i=6:300:9] linetype i lc rgb "dark-orange"
set output '3e_emission_resume.pdf'
set ylabel 'Relative Flux + constant'
set xlabel 'Stellar rest frame Wavelength (A)'
set yrange [0.1:1]
set xrange [6554:6570]
set tmargin 2
set y2label "SpcAudace: spectroscopy software" font "Arial Italic,6" offset -0.0,-15.5
set title 'Time evolution of RR Lyr from 2450670.5987 to 2457846.4992' offset 0,-0.5
set arrow from 6562.82,graph 0 to 6562.82,graph 1 ls 9 lw 1 nohead
#-- Fleches :
set arrow 2 from 6563.78,1.13 to 6563.78,0.94 head filled lw 4 lc rgb "black"
...
set arrow 10 from 6563.82,5.13 to 6563.82,4.94 head filled lw 4 lc rgb "black"
#-- Legendes des courbes :
set key off
# Dates (lignes de code Gnuplot créées par Spcaudace) :
set label "1997/08/30" right at character 19, first 1.18965 front
...
#--- Phase de pulsation (ajoutées manuellement à partir des positions des Dates) :
set label "0.289, " right at character 53, first 1.18965 front
...
#--- Phase Blazhko (idem) :
set label "0.14" font 'Arial Bold, 9' right at character 56, first 1.18965 front
...
#--- Plots :
plot '19970830_0056_sel_norm_vhel_vdec_linsg-0_norm_sel_off.dat' with steps title '0.14',
... 'rrlyr_56541_6189_ha_vhel_dec_dec_linsg_dec_norm_sel_off.dat' with steps title '0.95'
```

# Pyspeckit : ajustement de raies



# Pyspeckit : ajustement de raies



# Pyspeckit : ajustement gaussien/lorentzien/Voigt de raies

# Pyspeckit : ajustement gaussien/lorentzien/Voigt de raies

## Modélisation d'une raie par ajustements multiples :

```
def fitting_multiline(spc_filename) :
    import pyspeckit \ \ import numpy as np \ \ import matplotlib.pyplot as pl
    lambda_raieic=6561.1      #--- Parametres de l'ajustement :
    #--- 0/ Nom du spectre à etudier :
    (base_name,extension)=spc_filename.split('.')
    fit_out=base_name+"-fitted.fit"    #-- Profil ajusté : extension fits obligatoire
    #--- 1/ Ouverture du fichier fits :
    sp = pyspeckit.Spectrum(spc_filename)
    #--- 2/ Unites (obligatoire pour le bon fonctionnement) :
    from astropy import units as u
    sp.xarr.refX = 6562.8*u.AA
    sp.xarr.velocity_convention = 'optical'
    #--- 3/ Ajustement continuu : fondamental !
    sp.baseline.baselinepars = [0.0,1.0]
    sp.baseline.basespec = sp.baseline.get_model(np.arange(sp.shape[0]))
    #--- 4/ Ajustement des raies :
    #-- Monoline :
    # sp.specfit(fitype='lorentzian', guesses=[-2.35,6562,2.1], fixed[True,False,True])
    #-- Multilines:
    #- g profonde manu+g large manu+g large faible manu+o62.7large+o64.2+o63.52+o62.47+o63.4
    sp.specfit(fitype='voigt', guesses=[-0.479482,lambda_raieic,0.75,0, -0.11,lambda_raieic,5
    print("Paramètres d'ajustement :\n",sp.specfit.parinfo)
    #--- 6/ Sauvegarde de l'ajustement au format FITS (entete tres riche) :
    data = sp.specfit.get_full_model()
    new_spectrum = pyspeckit.Spectrum(xarr=sp.xarr, data=data, header=sp.header)
    new_spectrum.write(fit_out)
    #--- 7/ Tracé du graphique :
    sp.plotter(xmin=6555,ymax=6576,ymin=0,ymax=2.2)      #-- Profil experimental :
    sp.specfit.plot_fit()      #-- Profil ajusté :
    #-- Now overplot the residuals :
    sp.specfit.plotresiduals(axis=sp.plotter.axis,clear=False,yoffset=0.20,label=False)
    sp.plotter.savefig(base_name+"-fitting.png")      #--- 8/ Save the figure :
```

# Python : calculs sur les données et tracé

L'exploitation  
astrophysique des  
spectres : des  
outils innovants

B. MAUCLAIRE

Tâches répétitives

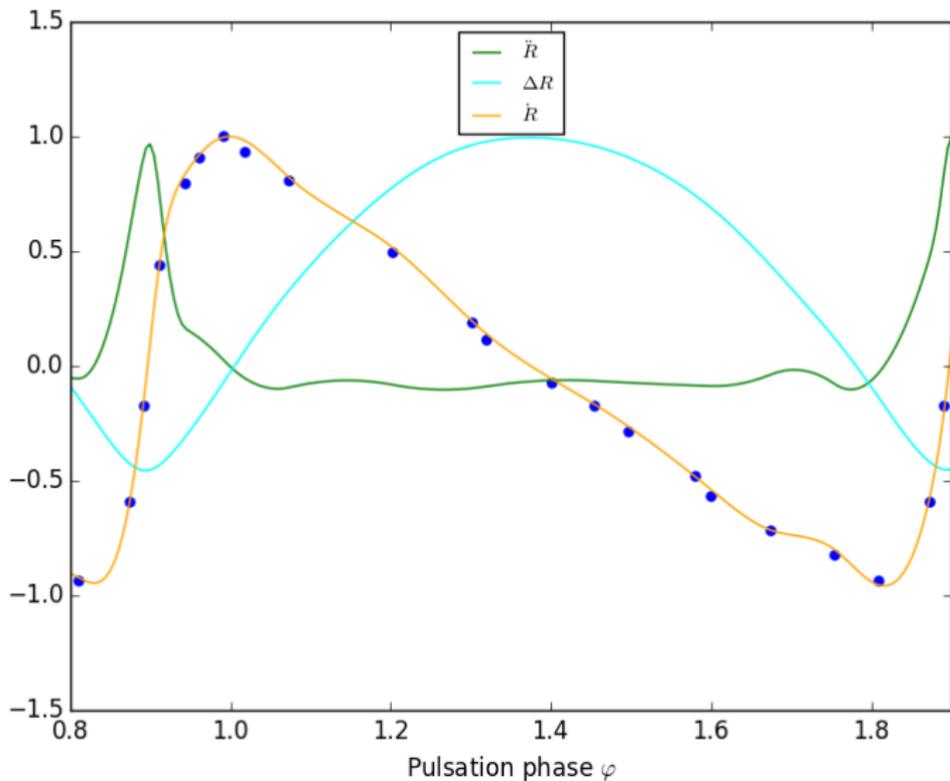
Scripter Audela  
(TCL)

Gnuplot : tracé de  
graphiques

Python et ses  
bibliothèques

Pyspeckit :  
ajustement de raies

Python : calculs sur  
les données et tracé



# Python : calculs sur les données, spline et tracé

## Python : calculs sur les données, spline et tracé

À partir de  $V_{rad}(\dot{R})$ , calcul de  $R$  et  $\ddot{R}$ , spline et tracés (1300 lignes) :

```
def deltar_global(xvals, yvals, pas_echantillonnage, precision_ajust, hjd0, periode_puls, op
#----- A) Préparation des données : Vh dans le domaine exploitable de phase
#--- Conversion des dates en phase :
phi_uns=jd2phase(xvals, hjd0, periode_puls)
#--- Tri par abscisses croissantes :
[x_sort, y_sort]=sort_lists(phi_uns, yvals)
if option_affichage=="d" :
    affiche_data_units(x_sort, y_sort, r'$\varphi$', r'$V_{rad}$')
#--- Conversion en vecteurs :
[phi, vr]=lists_2vectors(x_sort, y_sort)
#--- Calcul de Vhydrodynamique :
vh=vr*p_geom
#--- Interpolation par spline cubique :
#-- Extension sur 3 periodes :
[phi_ext, vh_ext]=extension_domaine(phi, vh, nb_periodes)
#-- Interpolation :
[phi_ech, vh_ech]=spline_resample(phi_ext, vh_ext, pas_echantillonnage, precision_ajust)
#-- Selectionne une periode d'exploitation sans les divergences du spline :
[phi_sel, vh_sel]=select_central_period(phi_ech, vh_ech, phi_deb_rph, phi_fin_rph)
#--- Retrait de la composante continue :
[phi_cent, vh_cent]=centrage_tozero(phi_sel, vh_sel)

#----- B) Courbes normalisées :
#--- Traitement des points expérimentaux :
[phi_pt_sel, vh_pt_sel]=select_central_period(phi_ext, vh_ext, phi_deb_rph, phi_fin_rph)
[phi_pt, vh_pt]=centrage_tozero(phi_pt_sel, vh_pt_sel)
#--- Normalisation :
vh_pt_norma=normalisation_vector(vh_pt)
vh_norma=normalisation_vector(vh_cent)
#--- Calcul de l'acceleration :
[phi_a, accel_vals]=acceleration_num(phi_cent, vh_norma, option_affichage)
#--- Calcul de DeltaR normalisé par rapport a l'aire :
```

# Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline

# Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline
- Éviter les interventions de l'opérateur : gain de temps et de fiabilité.

# Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline
- Éviter les interventions de l'opérateur : gain de temps et de fiabilité.
- Le contrôle de la qualité : résultats intermédiaires et mots clé ou log.

# Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline
- Éviter les interventions de l'opérateur : gain de temps et de fiabilité.
- Le contrôle de la qualité : résultats intermédiaires et mots clé ou log.
- Les outils de mesure doivent produire une estimation de son erreur.

# Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline
- Éviter les interventions de l'opérateur : gain de temps et de fiabilité.
- Le contrôle de la qualité : résultats intermédiaires et mots clé ou log.
- Les outils de mesure doivent produire une estimation de son erreur.
- Lire des publications sur la cible étudiée pour connaître la signification des grandeurs mesurées.

# Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline
- Éviter les interventions de l'opérateur : gain de temps et de fiabilité.
- Le contrôle de la qualité : résultats intermédiaires et mots clé ou log.
- Les outils de mesure doivent produire une estimation de son erreur.
- Lire des publications sur la cible étudiée pour connaître la signification des grandeurs mesurées.
- Se concentrer sur un logiciel de manipulation de spectres pour le connaître à fond.

# Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline
- Éviter les interventions de l'opérateur : gain de temps et de fiabilité.
- Le contrôle de la qualité : résultats intermédiaires et mots clé ou log.
- Les outils de mesure doivent produire une estimation de son erreur.
- Lire des publications sur la cible étudiée pour connaître la signification des grandeurs mesurées.
- Se concentrer sur un logiciel de manipulation de spectres pour le connaître à fond.
- Connaître quelques langages de scripting : Gnuplot, Python, ...

# Conclusion

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline
- Éviter les interventions de l'opérateur : gain de temps et de fiabilité.
- Le contrôle de la qualité : résultats intermédiaires et mots clé ou log.
- Les outils de mesure doivent produire une estimation de son erreur.
- Lire des publications sur la cible étudiée pour connaître la signification des grandeurs mesurées.
- Se concentrer sur un logiciel de manipulation de spectres pour le connaître à fond.
- Connaître quelques langages de scripting : Gnuplot, Python, ...
- **À vous de jouer !**