

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

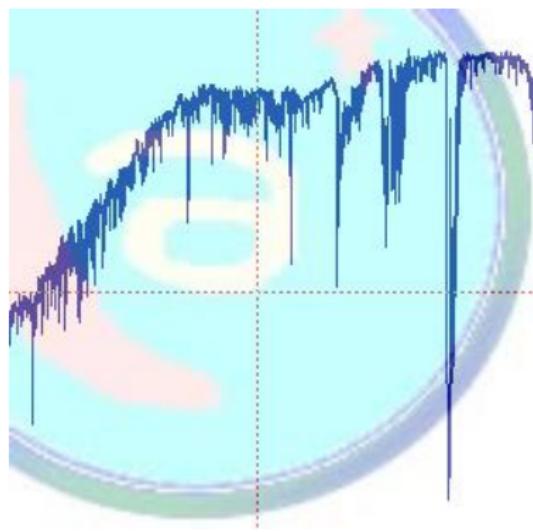
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Principes de la réduction et de l'analyse des spectres

B. MAUCLAIRE



27 avril 2013

# Introduction

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés et de CCD et de spectroscopes : Shelyak, L200, Dado, ...

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés et de CCD et de spectroscopes : Shelyak, L200, Dado, ...
- Les spectroscopes et CCD : présentent des défauts optiques et numériques intrinsèques.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés et de CCD et de spectroscopes : Shelyak, L200, Dado, ...
- Les spectroscopes et CCD : présentent des défauts optiques et numériques intrinsèques.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs : vingtaines de publications ( $\delta$  Sco,  $\epsilon$  Aur, HD56182, ...).

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés et de CCD et de spectroscopes : Shelyak, L200, Dado, ...
- Les spectroscopes et CCD : présentent des défauts optiques et numériques intrinsèques.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs : vingtaines de publications ( $\delta$  Sco,  $\epsilon$  Aur, HD56182, ...).
- Nécessité de formation et de standardisation des procédés.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés et de CCD et de spectroscopes : Shelyak, L200, Dado, ...
- Les spectroscopes et CCD : présentent des défauts optiques et numériques intrinsèques.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs : vingtaines de publications ( $\delta$  Sco,  $\epsilon$  Aur, HD56182, ...).
- Nécessité de formation et de standardisation des procédés.
- Nous allons voir :

# Introduction

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés et de CCD et de spectroscopes : Shelyak, L200, Dado, ...
- Les spectroscopes et CCD : présentent des défauts optiques et numériques intrinsèques.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs : vingtaines de publications ( $\delta$  Sco,  $\epsilon$  Aur, HD56182, ...).
- Nécessité de formation et de standardisation des procédés.
- Nous allons voir :
  1. Les défauts à corriger dans les spectres.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés et de CCD et de spectroscopes : Shelyak, L200, Dado, ...
- Les spectroscopes et CCD : présentent des défauts optiques et numériques intrinsèques.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs : vingtaines de publications ( $\delta$  Sco,  $\epsilon$  Aur, HD56182, ...).
- Nécessité de formation et de standardisation des procédés.
- Nous allons voir :
  1. Les défauts à corriger dans les spectres.
  2. Les méthodes de réduction des spectres.

# Introduction

- Les amateurs sont aujourd'hui équipés et de CCD et de spectroscopes : Shelyak, L200, Dado, ...
- Les spectroscopes et CCD : présentent des défauts optiques et numériques intrinsèques.
- Les travaux des professionnels utilisent les spectres des amateurs : vingtaines de publications ( $\delta$  Sco,  $\epsilon$  Aur, HD56182, ...).
- Nécessité de formation et de standardisation des procédés.
- Nous allons voir :
  1. Les défauts à corriger dans les spectres.
  2. Les méthodes de réduction des spectres.
  3. L'exploitation astrophysique sur des séries de spectres.

Principes de la  
réduction  
et de l'analyse des  
spectres

B. MAUCLAIRE

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# ABC de la réduction des spectres

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Qu'obtient-on durant une nuit spectrale ?



# Les déformations géométriques

CCD non parallèle au réseau  $\Rightarrow$  tilt :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

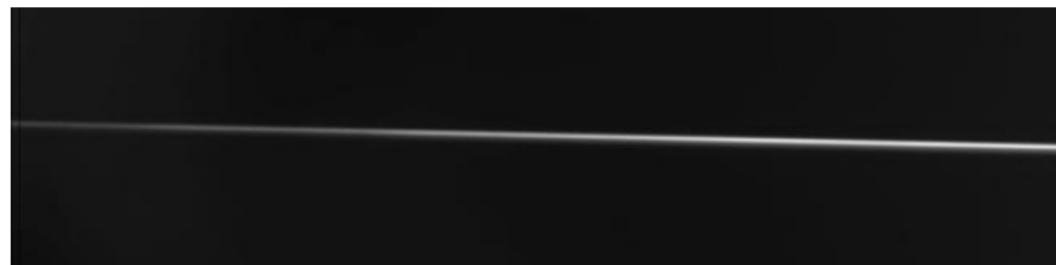
Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

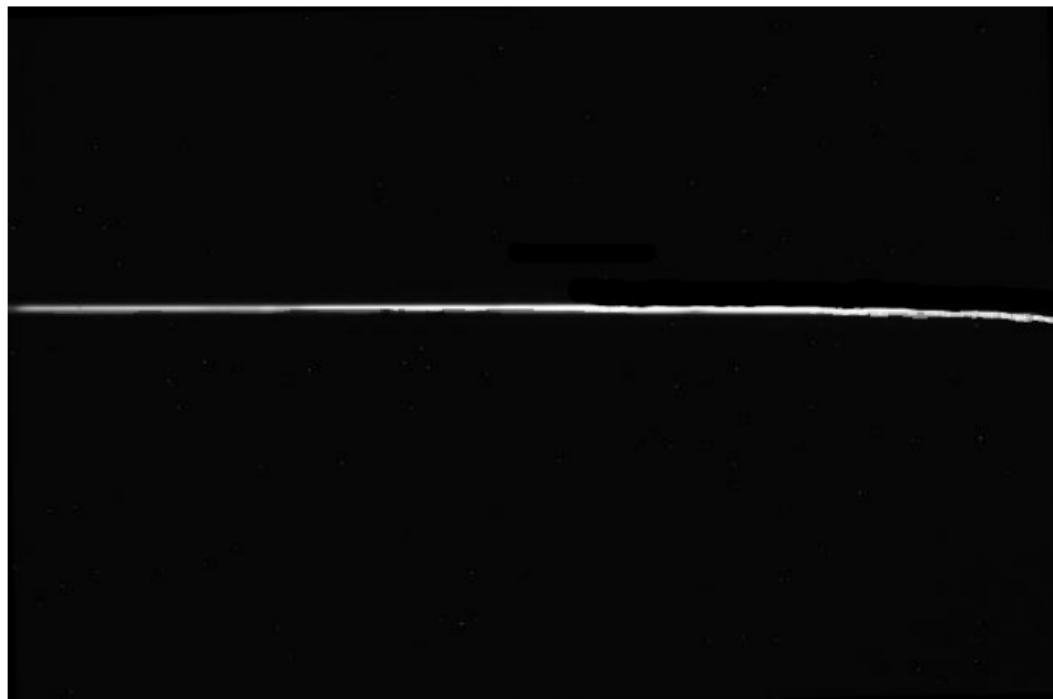
Conclusion

Compléments



# Les déformations géométriques

Fonctionnement hors Gauss  $\Rightarrow$  smile d'axe y :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

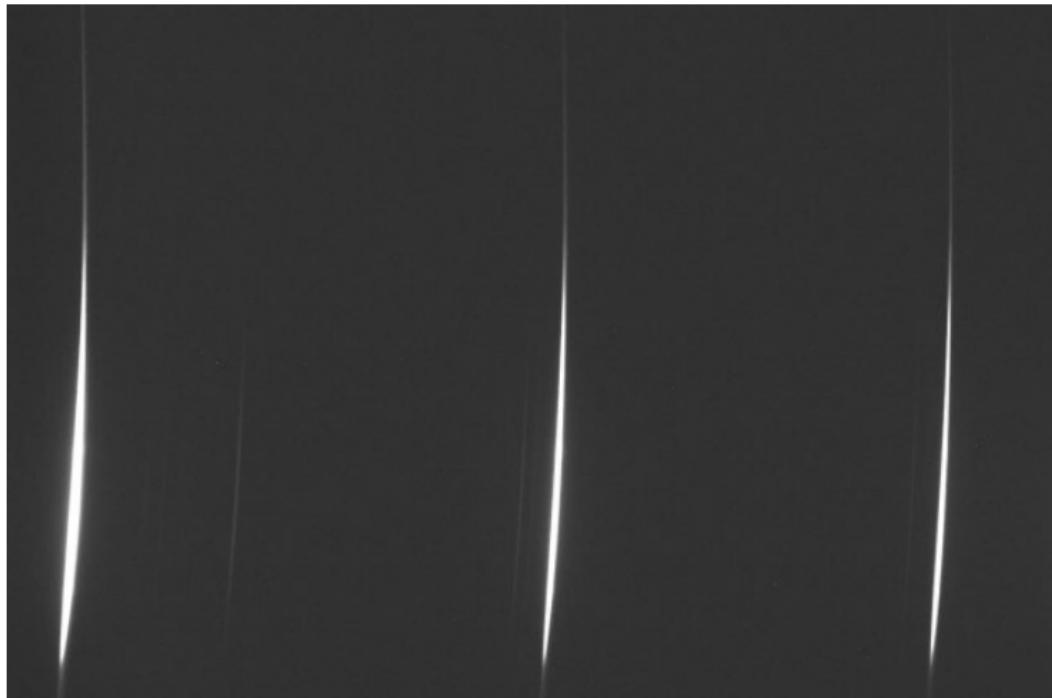
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

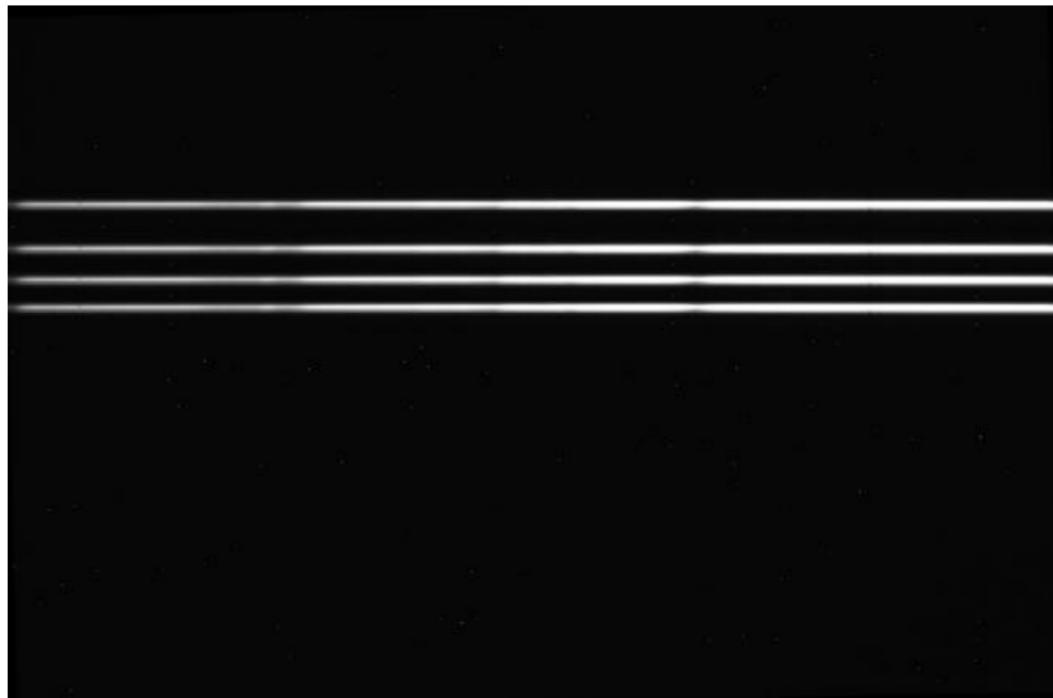
# Les déformations géométriques

Fonctionnement hors Gauss  $\Rightarrow$  smile d'axe x :



# Les déformations géométriques

Déplacement de l'étoile le long de la fente  $\Rightarrow$  décalage vertical :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

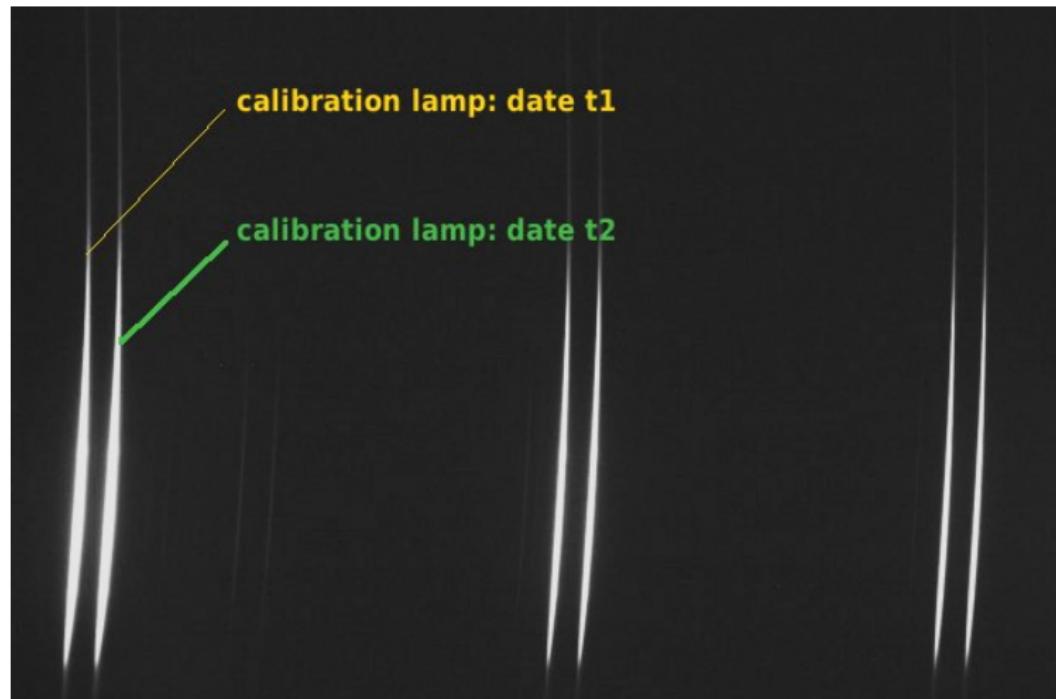
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Les déformations géométriques

Flexions mécaniques prépondérantes  $\Rightarrow$  déplacement horizontal :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

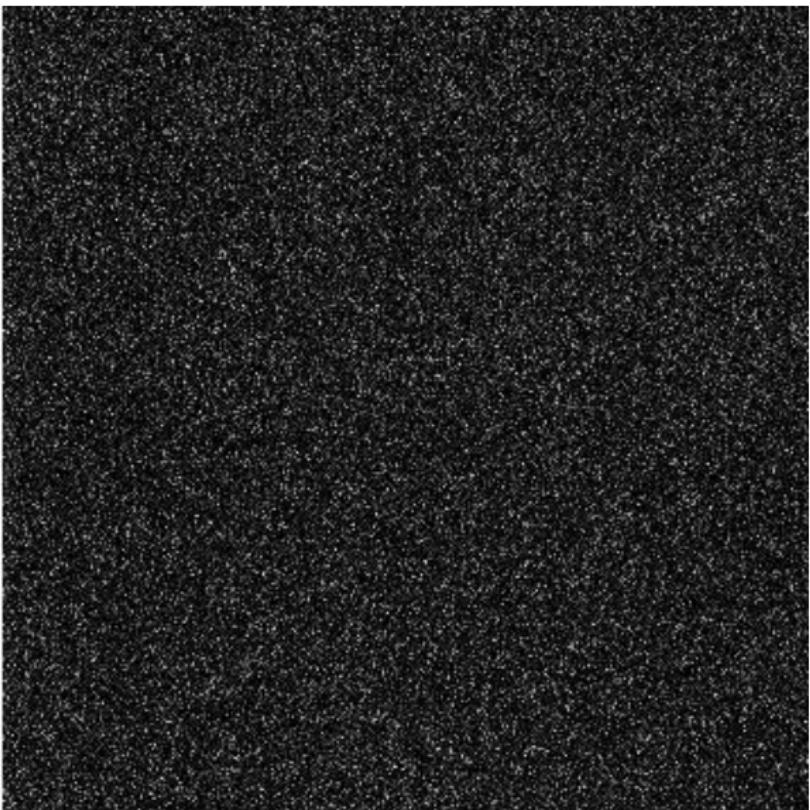
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

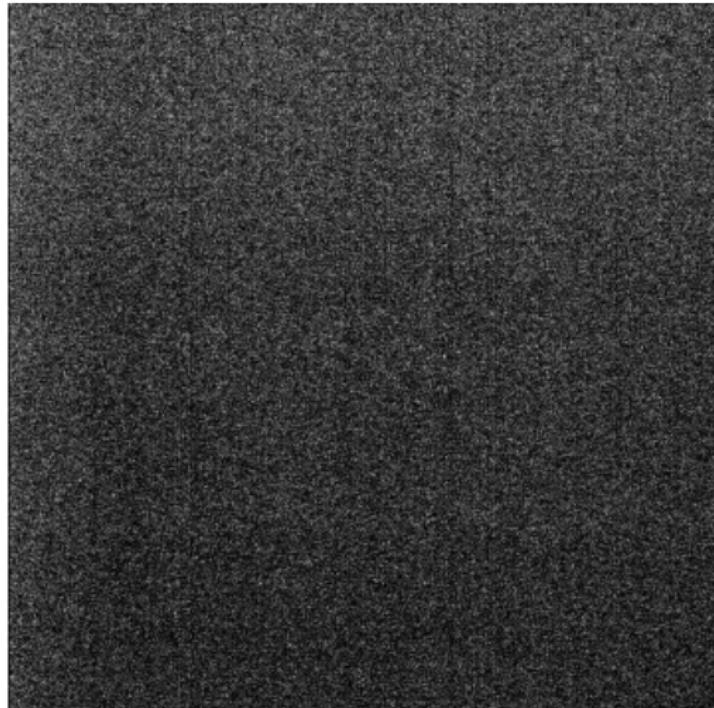
# Les effets liés au CCD

Bruit thermique → darks :



# Les effets liés au CCD

Courant électronique d'obscurité → offsets :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

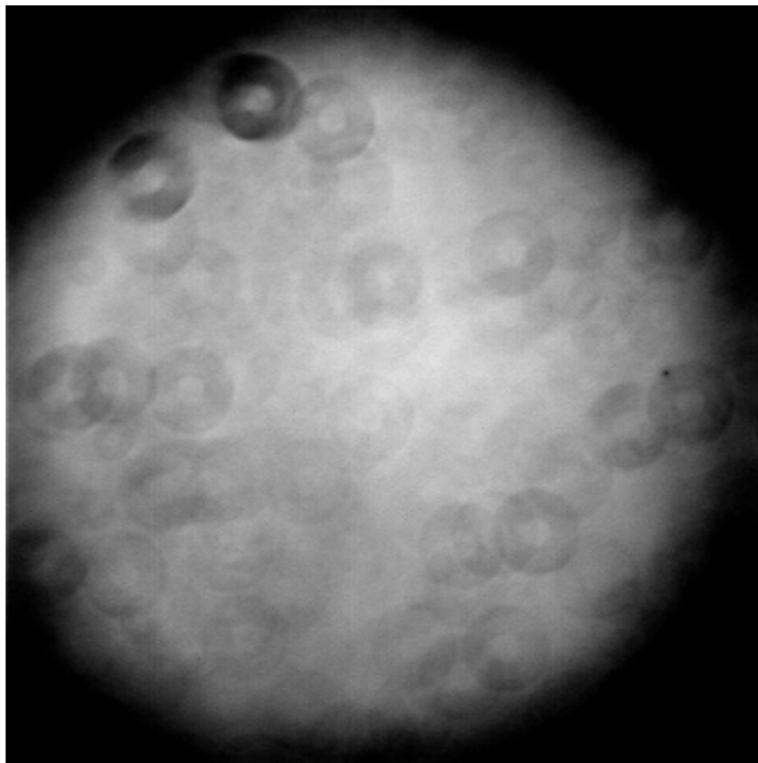
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

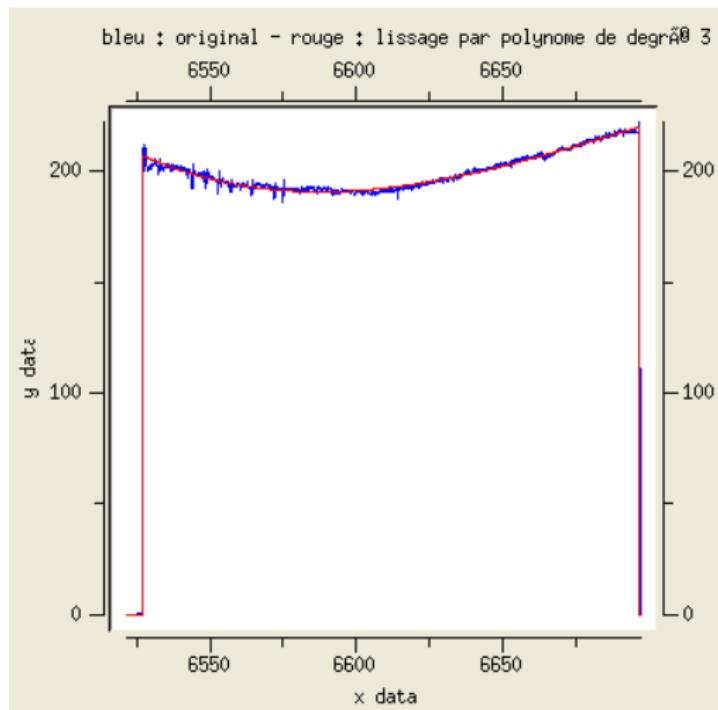
# Les effets relatifs à l'éclairement

Vignetage, poussières et non linéarité CCD → PLU :



# Réponse en longueur d'onde du spectroscope+CCD

Réponse instrumentale :



# Prétraitement des spectres

Étape traditionnelle liée aux capteurs numériques fixés à une optique :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

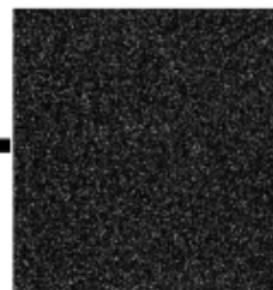
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



Image stellaire



Noir de l'image

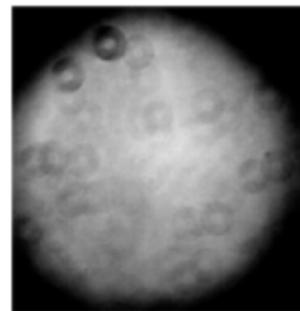
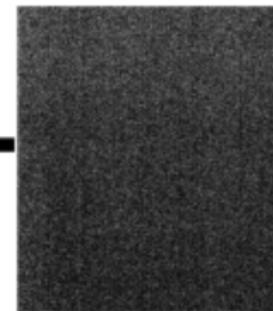


Image de la PLU



Noir de la PLU



Image prétraitée

# Correction des déformations géométriques

## Le tilt :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



# Correction des déformations géométriques

Le tilt : `spc.autotilt fichier_spectre_2d.fit`

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

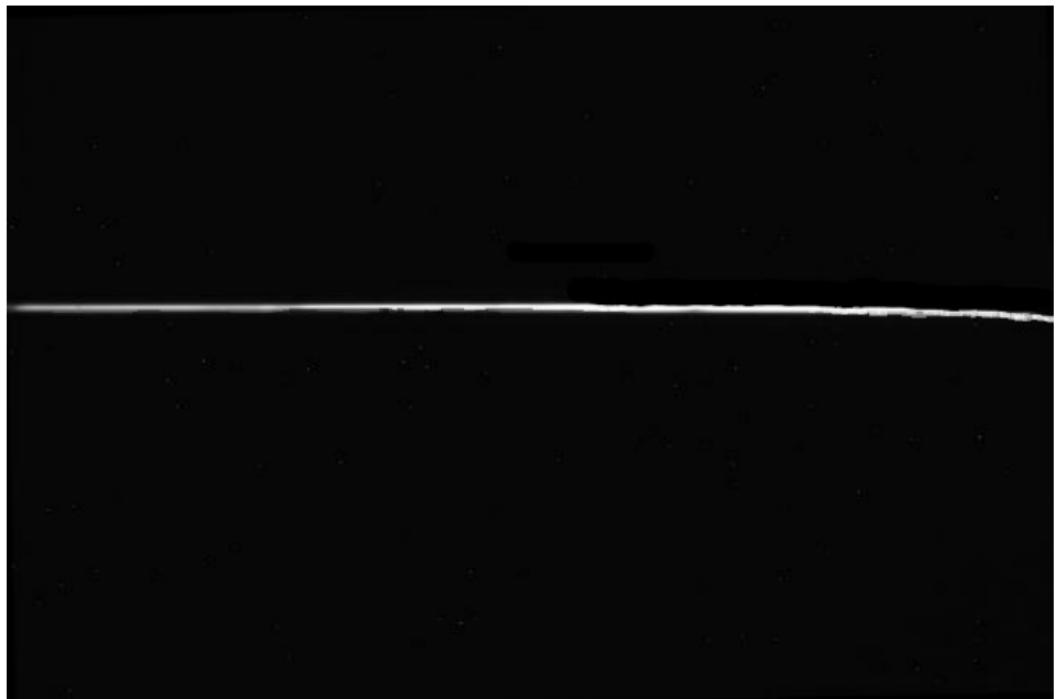
Conclusion

Compléments



# Correction des déformations géométriques

sinon le smile d'axe y :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Correction des déformations géométriques

sinon le smile d'axe y : spc\_smiley fichier\_spectre\_2d.fit

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

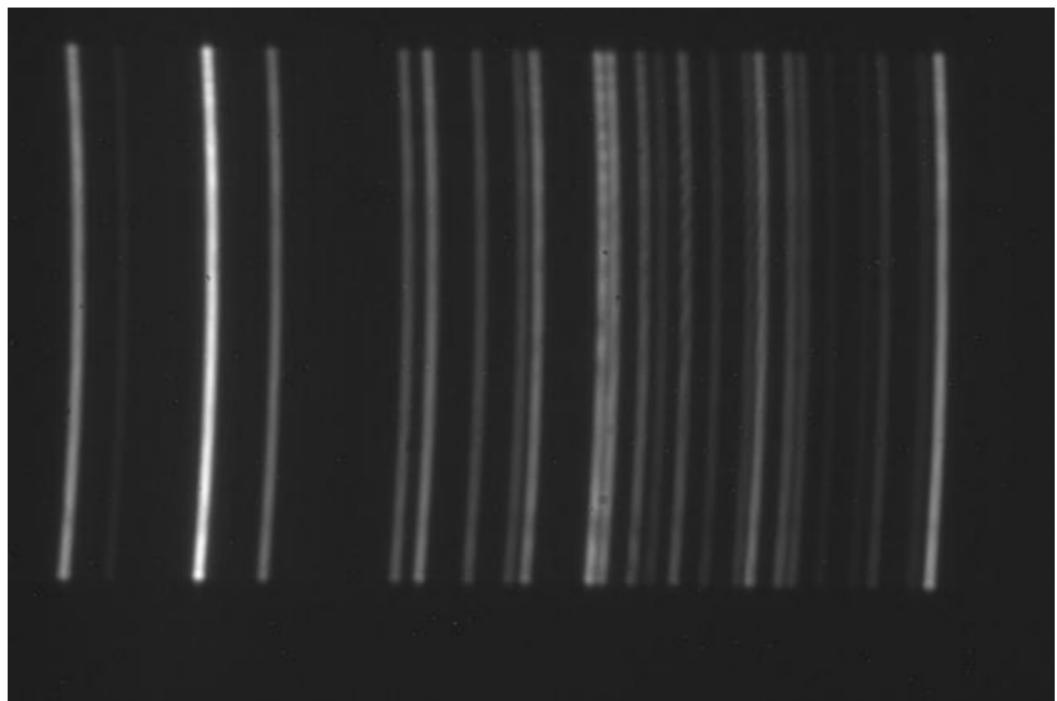
Conclusion

Compléments



# Correction des déformations géométriques

Le smile d'axe x :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Correction des déformations géométriques

Le smile d'axe x : spc\_smilex spectre\_lampe\_calibration.fit

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

**Correction des  
déformations  
géométriques**

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

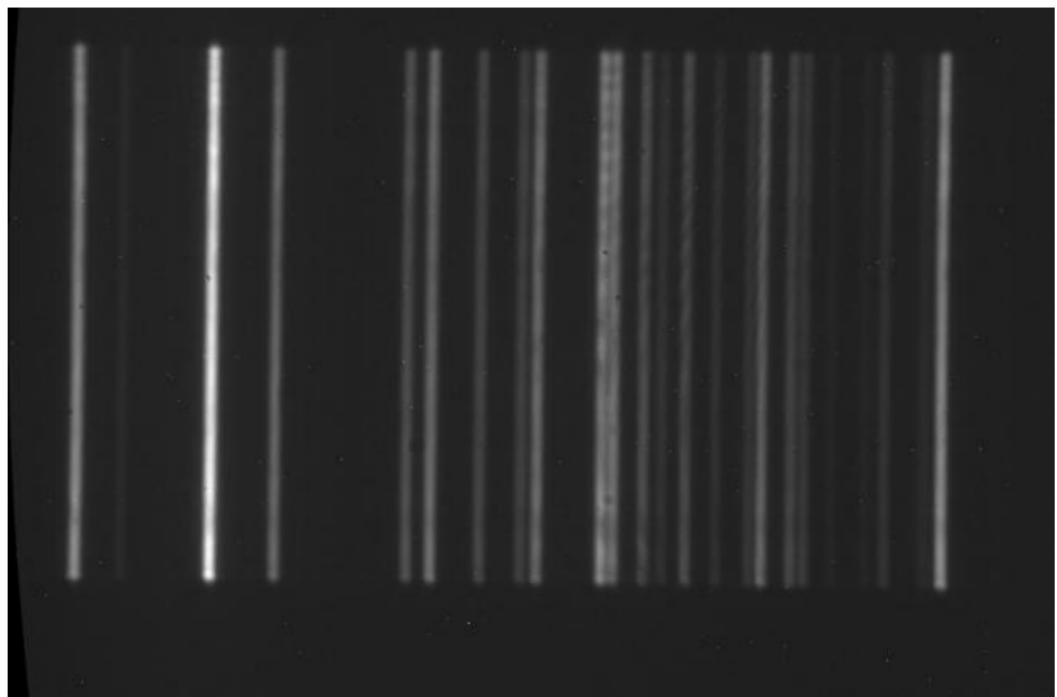
Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

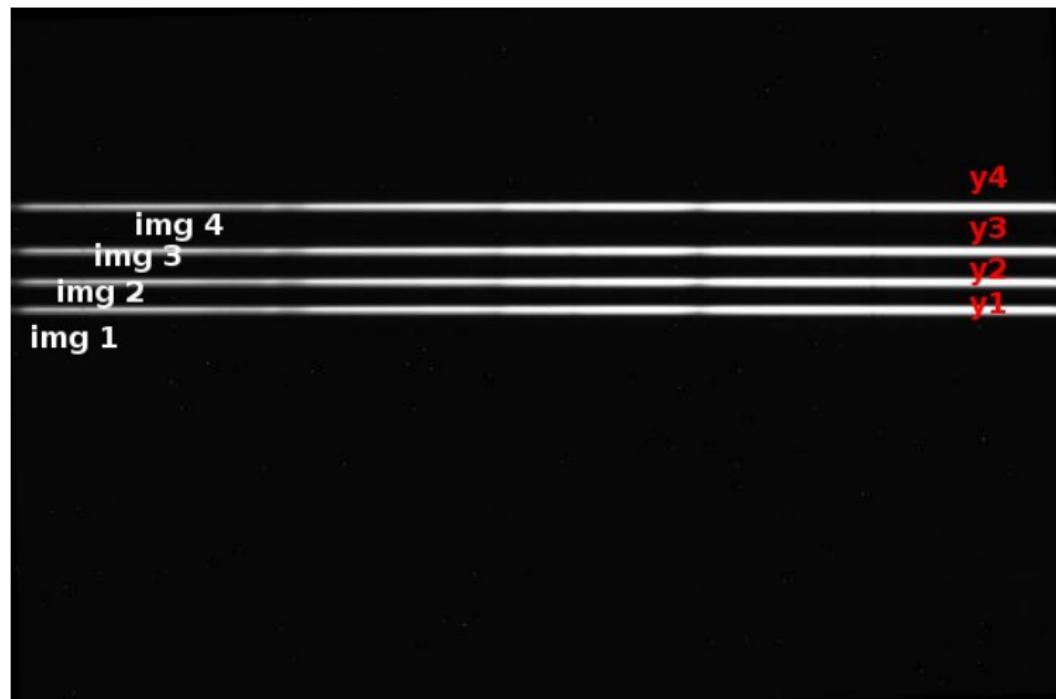
Conclusion

Compléments



# Correction des déformations géométriques

## Recalage verticale :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Correction des déformations géométriques

## Recalage verticale : spc\_register nom\_générique\_spectres\_2d

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

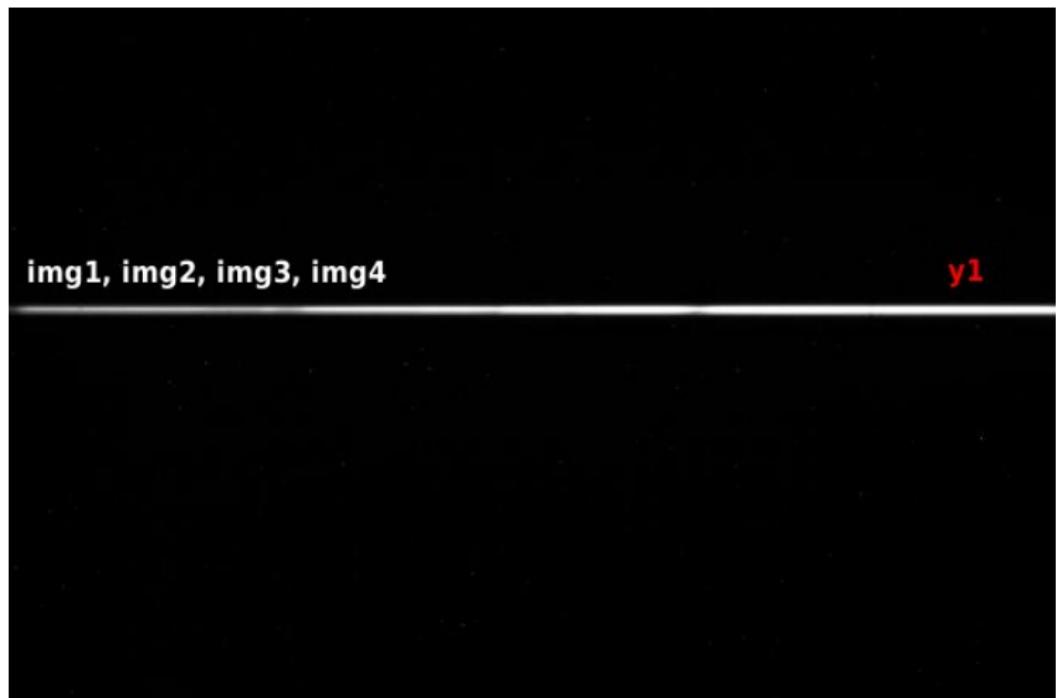
Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



# Sommation des spectres 2D

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

### Sommation des spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

**Sommation des  
spectres 2D**

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Sommation des spectres 2D

- En 32 bits non signés.

# Sommation des spectres 2D

- En 32 bits non signés.
- Plusieurs types de sommes selon les cas :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

**Sommation des  
spectres 2D**

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Sommation des spectres 2D

- En 32 bits non signés.
- Plusieurs types de sommes selon les cas :
  - ▶ somme simple : maximise le flux.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Sommation des spectres 2D

- En 32 bits non signés.
- Plusieurs types de sommes selon les cas :
  - ▶ somme simple : maximise le flux.
  - ▶ médiane : élimine les cosmics et pixels divergents, diminution du flux.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Sommation des spectres 2D

- En 32 bits non signés.
- Plusieurs types de sommes selon les cas :
  - ▶ somme simple : maximise le flux.
  - ▶ médiane : élimine les cosmics et pixels divergents, diminution du flux.
  - ▶ kappa-sigma : le meilleur des deux mondes avec réjection des pixels abérants, flux non maximal malgré tout.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Sommation des spectres 2D

- En 32 bits non signés.
- Plusieurs types de sommes selon les cas :
  - ▶ somme simple : maximise le flux.
  - ▶ médiane : élimine les cosmics et pixels divergents, diminution du flux.
  - ▶ kappa-sigma : le meilleur des deux mondes avec réjection des pixels abérants, flux non maximal malgré tout.
  - ▶ moyenne : sans intérêt.

# Sommation des spectres 2D

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- En 32 bits non signés.
- Plusieurs types de sommes selon les cas :
  - ▶ somme simple : maximise le flux.
  - ▶ médiane : élimine les cosmics et pixels divergents, diminution du flux.
  - ▶ kappa-sigma : le meilleur des deux mondes avec réjection des pixels abérants, flux non maximal malgré tout.
  - ▶ moyenne : sans intérêt.

*Fonction SpcAudace :*

```
spc_somme <nom_générique> ?méthode somme (addi/moy/sigmakappa/med)?
```

- Cas des time series : pas de sommation.

# Extraction du profil de raies

## Passage 2D-1D :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Extraction du profil de raies

## Passage 2D-1D :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

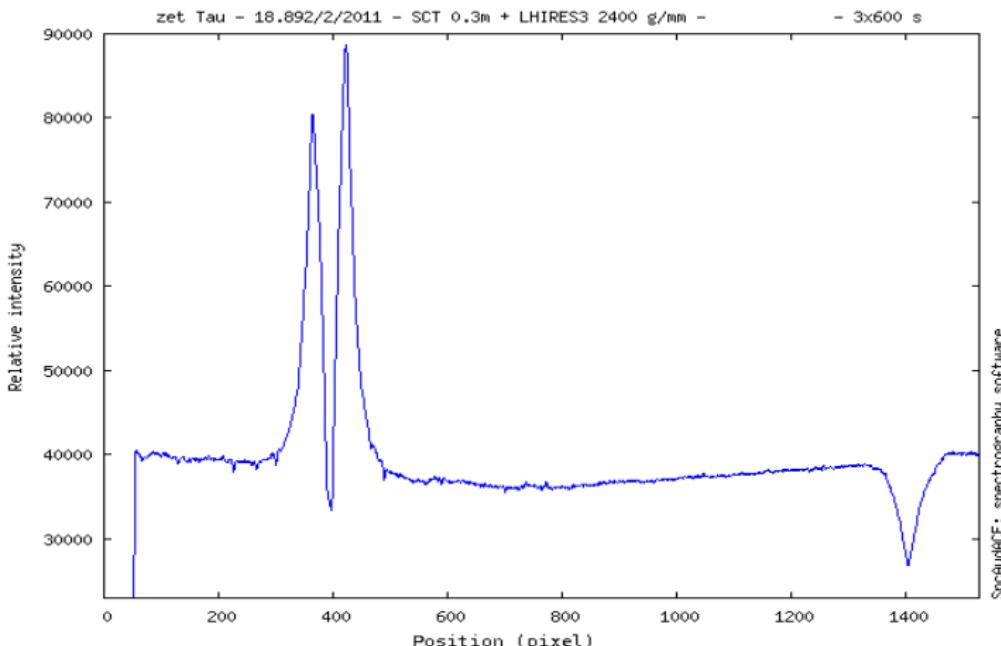
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Extraction du profil de raies

Passage 2D-1D :



# Extraction du profil de raies

## Détermination de la zone optimale de binning :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

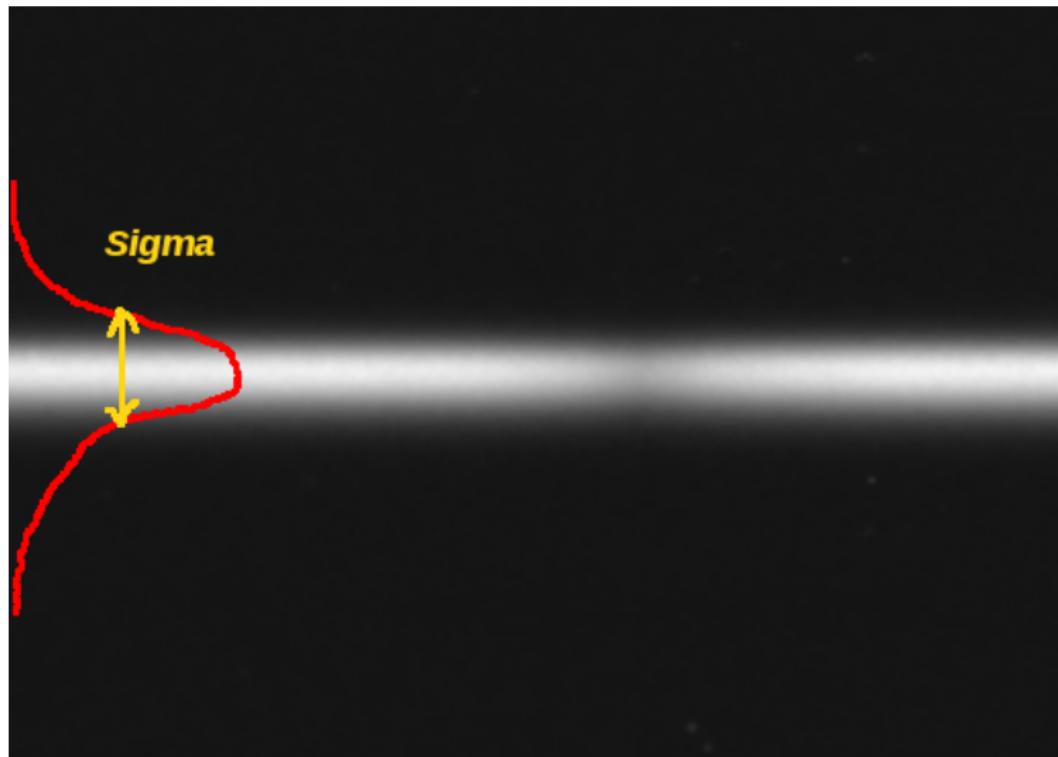
Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



# Extraction du profil de raies

## Soustraction du fond de ciel :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

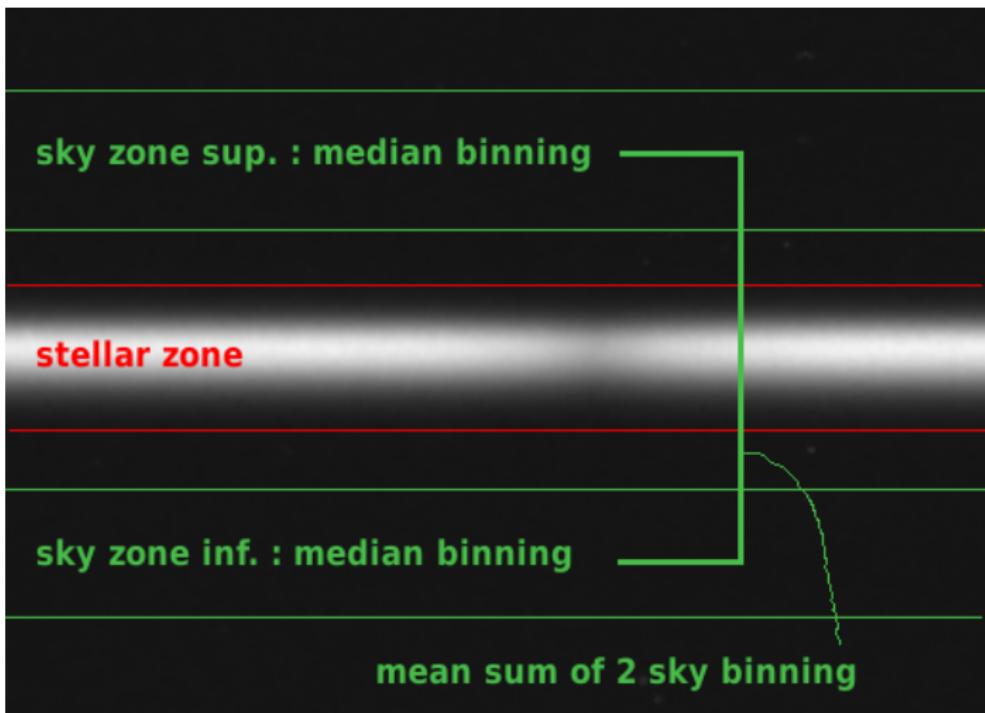
Conclusion

Compléments

# Extraction du profil de raies

Soustraction du fond de ciel :

● Principe :



# Extraction du profil de raies

## Soustraction du fond de ciel :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Extraction du profil de raies

## Soustraction du fond de ciel :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

### ● Variantes :

# Extraction du profil de raies

Soustraction du fond de ciel :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- **Variantes :**

- ▶ Somme moyenne dans sky zone.

# Extraction du profil de raies

## Soustraction du fond de ciel :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

### ● Variantes :

- ▶ Somme moyenne dans sky zone.
- ▶ Modélisation par un gradient.

# Extraction du profil de raies

Soustraction du fond de ciel :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

## ● Variantes :

- ▶ Somme moyenne dans sky zone.
- ▶ Modélisation par un gradient.
- ▶ Une seule des deux zones est utilisée (sup ou inf).

# Extraction du profil de raies

## Soustraction du fond de ciel :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

### ● Variantes :

- ▶ Somme moyenne dans sky zone.
- ▶ Modélisation par un gradient.
- ▶ Une seule des deux zones est utilisée (sup ou inf).
- ▶ Modélisation du fond par un filtre d'extraction.

# Extraction du profil de raies

## Soustraction du fond de ciel :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

### ● Variantes :

- ▶ Somme moyenne dans sky zone.
- ▶ Modélisation par un gradient.
- ▶ Une seule des deux zones est utilisée (sup ou inf).
- ▶ Modélisation du fond par un filtre d'extraction.
- ▶ Aucune zone utilisée.

# Extraction du profil de raies

## Binning du spectre stellaire :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Extraction du profil de raies

Binning du spectre stellaire :

- Il faut éliminer les pixels abérants dans chaque colonne.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Extraction du profil de raies

## Binning du spectre stellaire :

- Il faut éliminer les pixels abérants dans chaque colonne.
- Plusieurs algorithmes :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

**Extraction du profil de  
raies**

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Extraction du profil de raies

## Binning du spectre stellaire :

- Il faut éliminer les pixels abérants dans chaque colonne.
- Plusieurs algorithmes :
  - ▶ Réjection simple.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Extraction du profil de raies

## Binning du spectre stellaire :

- Il faut éliminer les pixels abérants dans chaque colonne.
- Plusieurs algorithmes :
  - ▶ Réjection simple.
  - ▶ Algorithme de Robertson.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Extraction du profil de raies

## Binning du spectre stellaire :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- Il faut éliminer les pixels abérants dans chaque colonne.
- Plusieurs algorithmes :
  - ▶ Réjection simple.
  - ▶ Algorithme de Robertson.
  - ▶ Algorithme de Horne : gère mieux les faibles SNR  
→ comportement par défaut.

# Extraction du profil de raies

## Binning du spectre stellaire :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- Il faut éliminer les pixels abérants dans chaque colonne.
- Plusieurs algorithmes :
  - ▶ Réjection simple.
  - ▶ Algorithme de Robertson.
  - ▶ Algorithme de Horne : gère mieux les faibles SNR  
→ comportement par défaut.

### Fonction SpcAudace :

```
spc_profil_spectre_2D_fits
?méthode_soustraction_fond_de_ciel (moy, moy2, med, sup, inf, none, back)?
?méthode_de_détection_du_spectre (large, serre, moy)?
?méthode_de_bining (add, rober, horne)?
```

# Calibration en longueur d'onde

## Rappels sur la longueur d'onde $\lambda$ :

### Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

### Calibration en longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde  $\lambda$  :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

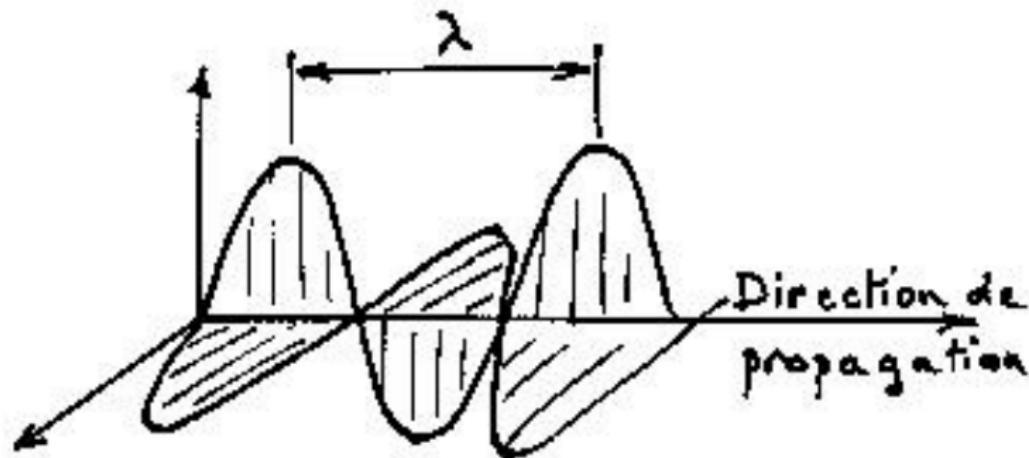
Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



# Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde  $\lambda$  :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

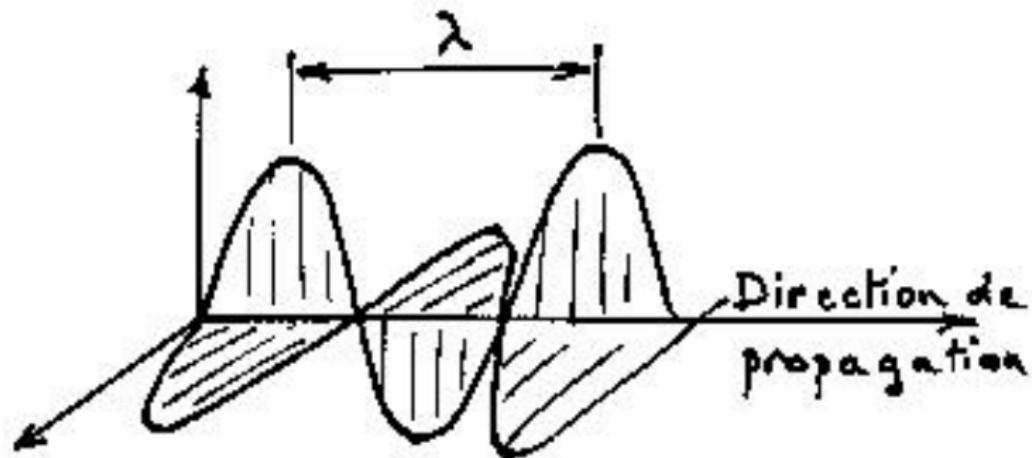
Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



- C'est la période spatiale des ondes lumineuses (ici).

# Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde  $\lambda$  :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

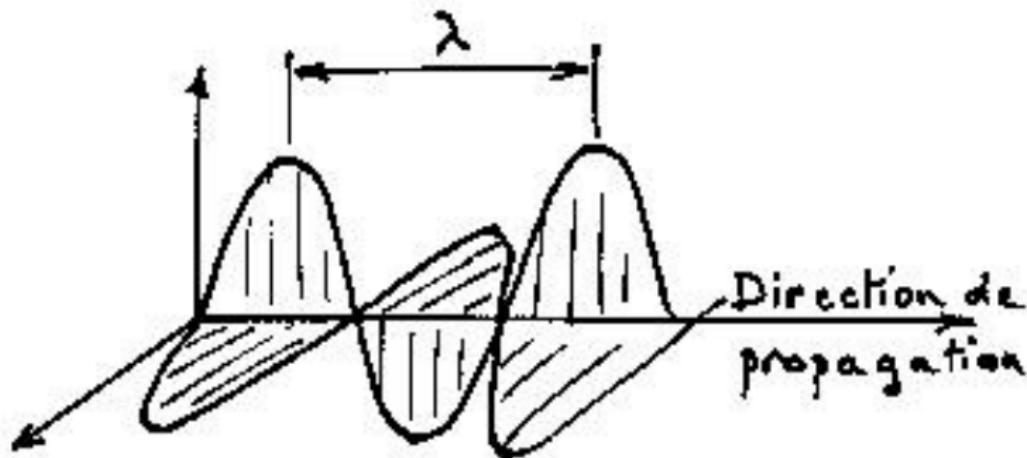
Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



- C'est la période spatiale des ondes lumineuses (ici).
- L'unité courante : angström ( $\text{\AA}$ ),  $1 \text{\AA} = 1.10^{-10} \text{ m}$

# Calibration en longueur d'onde

## Rappels sur la longueur d'onde $\lambda$ :

### Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

### Calibration en longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde  $\lambda$  :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

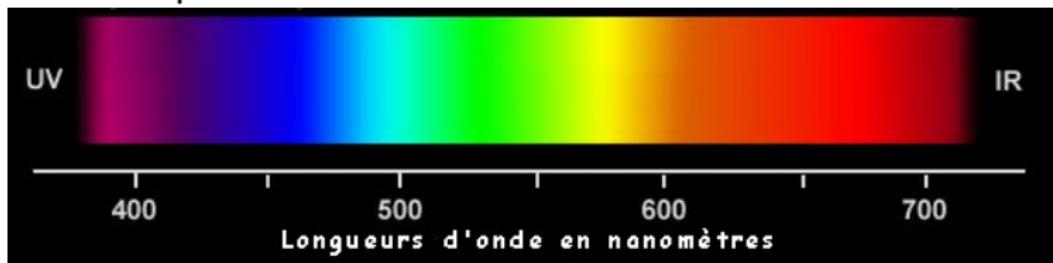
Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

● Le spectre visible :



# Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde  $\lambda$  :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

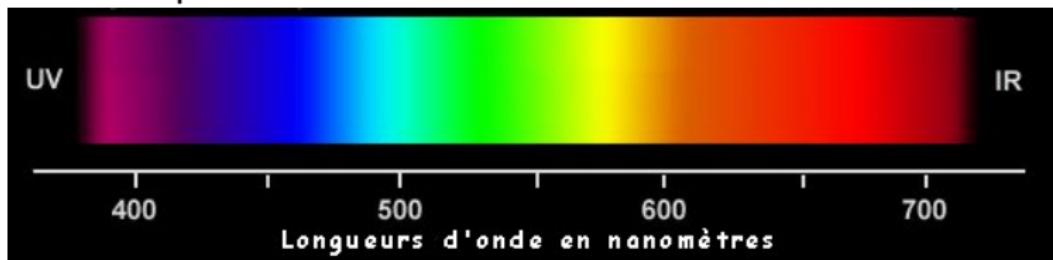
Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- Le spectre visible :



- Exemples de raies stellaires “célèbres” :

# Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde  $\lambda$  :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

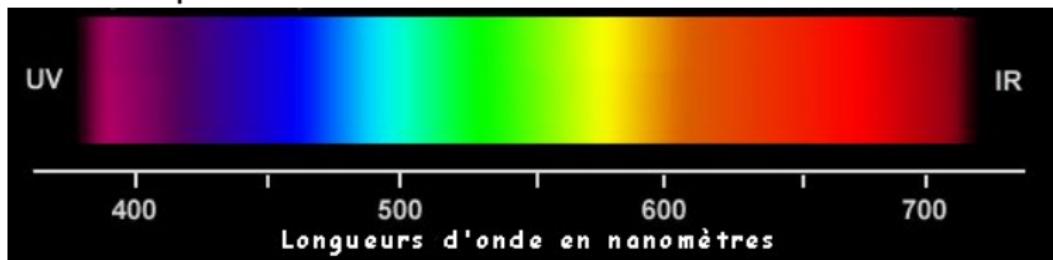
Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- Le spectre visible :



- Exemples de raies stellaires “célèbres” :

Raie	H $\alpha$	H $\beta$	H $\gamma$	Nal	Nal	Ca
$\lambda$ (Å)	6562,8	4861,3	4340,5	5889,9	58895,9	3968

# Calibration en longueur d'onde

## Calcul d'une loi de calibration :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

**Calibration en  
longueur d'onde**

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

Calcul d'une loi de calibration :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

**Calibration en  
longueur d'onde**

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Calcul d'une loi de calibration :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- But : associer à chaque pixel  $x$  une longueur d'onde  $\lambda$  telle qu'au pixel n°1,  $\lambda = a$ .
- Trouver les coefficients du polynôme de la forme :

$$\lambda = a + b(x - 1) + c(x - 1)^2 + \cdots + c_n(x - 1)^n$$

# Calibration en longueur d'onde

## Calcul d'une loi de calibration :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- But : associer à chaque pixel  $x$  une longueur d'onde  $\lambda$  telle qu'au pixel n°1,  $\lambda = a$ .
- Trouver les coefficients du polynôme de la forme :

$$\lambda = a + b(x - 1) + c(x - 1)^2 + \cdots + c_n(x - 1)^n$$

- Utilisation d'une référence : lampe de calibration (Ne, Ar, Th...).  
On connaît la longueur d'onde et la distribution de chaque raie d'émission.

# Calibration en longueur d'onde

## Spectre de lampe de calibration :

### Introduction

### ABC de la réduction des spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

### Calibration en longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

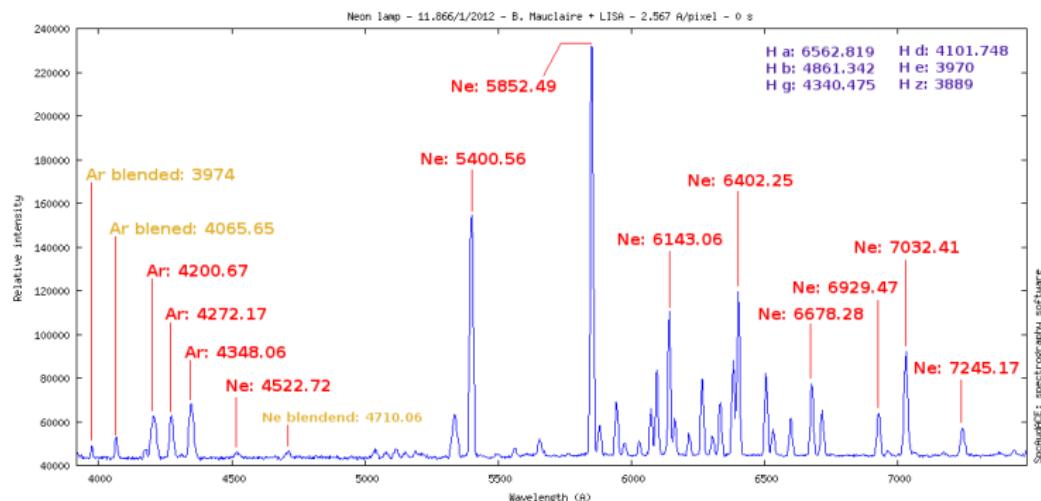
Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



# Calibration en longueur d'onde

## Spectre de lampe de calibration :

### Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

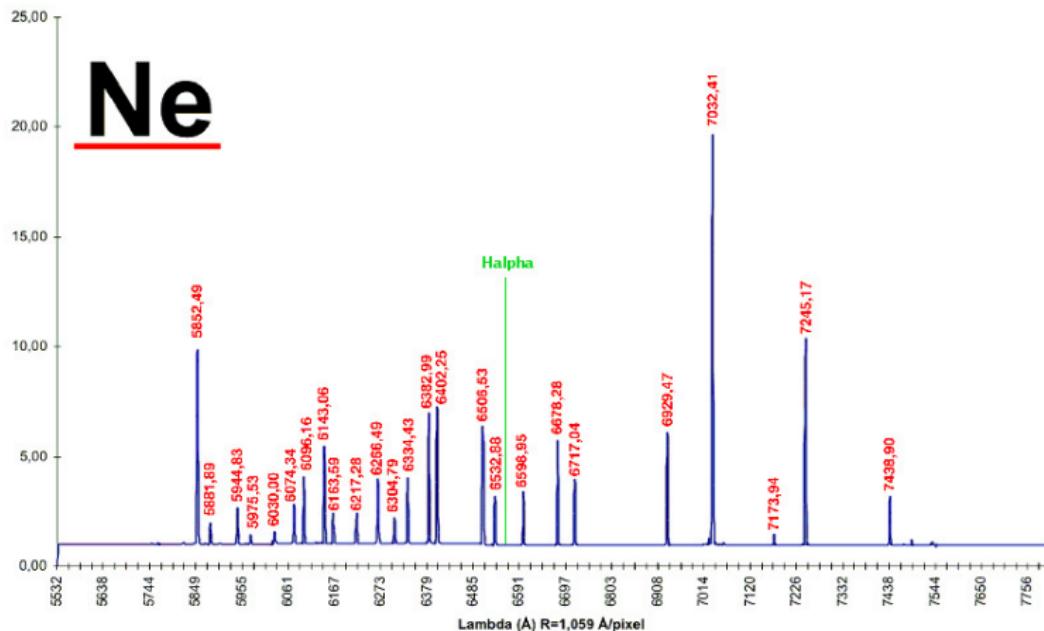
Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



# Calibration en longueur d'onde

## Calcul d'une loi de calibration :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

**Calibration en  
longueur d'onde**

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Calcul d'une loi de calibration :

- On applique la loi de calibration calculée à l'ensemble des profils de raies.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

**Calibration en  
longueur d'onde**

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Calcul d'une loi de calibration :

- On applique la loi de calibration calculée à l'ensemble des profils de raies.
- La loi sera linéarisée ensuite en rééchantillonnant les intensités du profil :

$$\lambda = a + b(x - 1)$$

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Calcul d'une loi de calibration :

- On applique la loi de calibration calculée à l'ensemble des profils de raies.
- La loi sera linéarisée ensuite en rééchantillonnant les intensités du profil :

$$\lambda = a + b(x - 1)$$

- ▶ Cela permet d'obtenir des fichiers FITS interopérables : les mots clés du header mémorisent les coefficients  $a$  et  $b$ .

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Calcul d'une loi de calibration :

- On applique la loi de calibration calculée à l'ensemble des profils de raies.
- La loi sera linéarisée ensuite en rééchantillonnant les intensités du profil :

$$\lambda = a + b(x - 1)$$

- ▶ Cela permet d'obtenir des fichiers FITS interopérables : les mots clés du header mémorisent les coefficients  $a$  et  $b$ .
- ▶ Longueur d'onde du premier pixel :

$$\text{CRVAL1} = a / [\text{angstrom}]$$

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

Calcul d'une loi de calibration :

- On applique la loi de calibration calculée à l'ensemble des profils de raies.
- La loi sera linéarisée ensuite en rééchantillonnant les intensités du profil :

$$\lambda = a + b(x - 1)$$

- ▶ Cela permet d'obtenir des fichiers FITS interopérables : les mots clés du header mémorisent les coefficients  $a$  et  $b$ .

▶ Longueur d'onde du premier pixel :

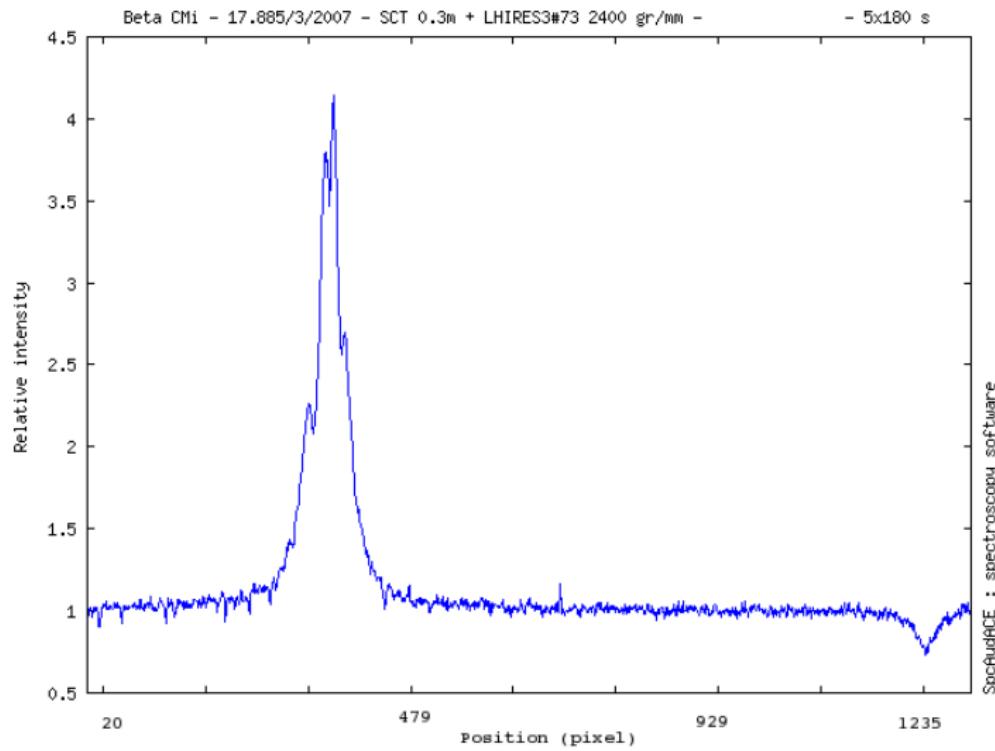
$$\text{CRVAL1} = a / \text{[angstrom]}$$

▶ Dispersion linéaire :

$$\text{CDELT1} = b / \text{[angstrom/pixel]}$$

# Calibration en longueur d'onde

## Profil de raies non calibré de l'étoile :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

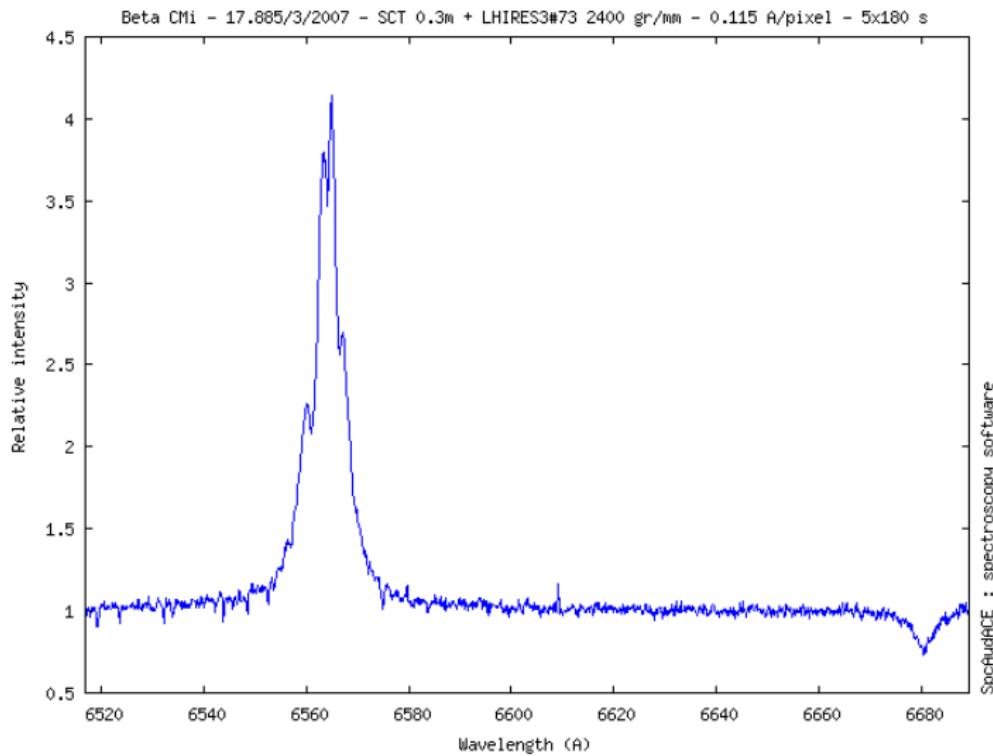
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

Résultat après application de la loi de calibration :



# Calibration en longueur d'onde

## Quelques précautions :

### Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

### Calibration en longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Quelques précautions :

- La répartition des raies choisies pour l'étalonnage doit être homogène sur l'ensemble du spectre.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Quelques précautions :

- La répartition des raies choisies pour l'étalonnage doit être homogène sur l'ensemble du spectre.
- Prendre un spectre de lampe toute les heures.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Quelques précautions :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- La répartition des raies choisies pour l'étalonnage doit être homogène sur l'ensemble du spectre.
- Prendre un spectre de lampe toute les heures.
- Gestion de certaines flexions mécaniques horizontales du spectroscope qui créent un décalage horizontal des spectres : encadrer la série de spectres stellaires avec des spectres de lampe.

# Calibration en longueur d'onde

## Quelques précautions :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts  
Prétraitement des  
spectres  
Correction des  
déformations  
géométriques  
Sommation des  
spectres 2D  
Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale  
Rectification du  
continuum  
Exportation des profils  
de raies  
Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- La répartition des raies choisies pour l'étalonnage doit être homogène sur l'ensemble du spectre.
- Prendre un spectre de lampe toute les heures.
- Gestion de certaines flexions mécaniques horizontales du spectroscope qui créent un décalage horizontal des spectres : encadrer la série de spectres stellaires avec des spectres de lampe.
- Le recalage horizontal sera alors géré par le pipeline.

# Calibration en longueur d'onde

## Amélioration de calibration :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

### Calibration en longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Amélioration de calibration :

- Utilisation des raies telluriques ( $H_2O$ ) dues à l'atmosphère terrestre.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

**Calibration en  
longueur d'onde**

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

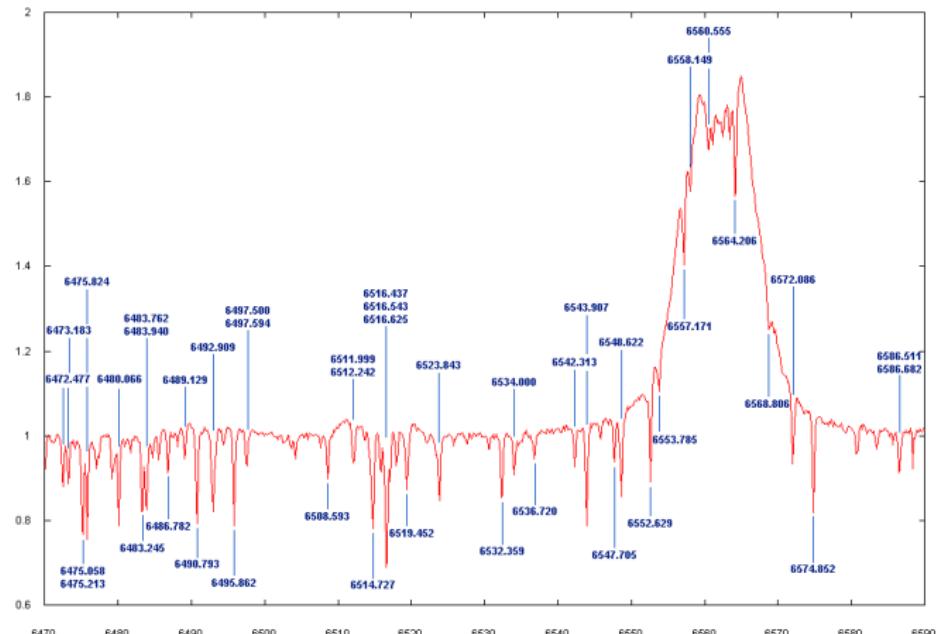
Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Amélioration de calibration :

- Utilisation des raies telluriques ( $H_2O$ ) dues à l'atmosphère terrestre.



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

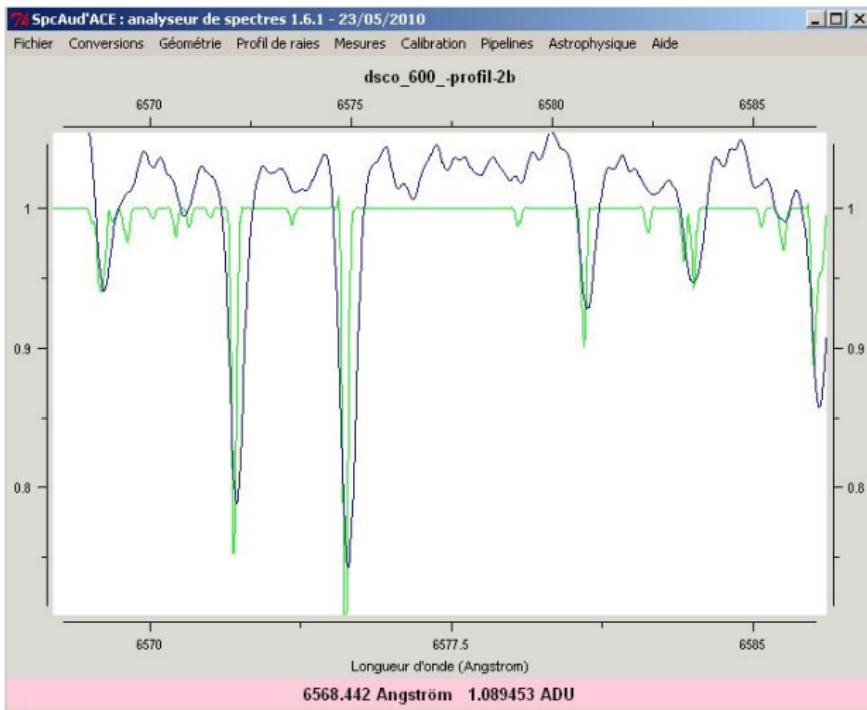
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

Permet une rectification de la loi de calibration (notamment le coefficient  $a$ ) :



Introduction

ABC de la  
réduction  
des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts  
Prétraitement des  
spectres  
Correction des  
déformations  
géométriques  
Sommaison des  
spectres 2D  
Extraction du profil de  
raies

**Calibration en  
longueur d'onde**

Détermination de la  
réponse instrumentale  
Rectification du  
continuum  
Exportation des profils  
de raies  
Heureusement, il y a  
les pipelines

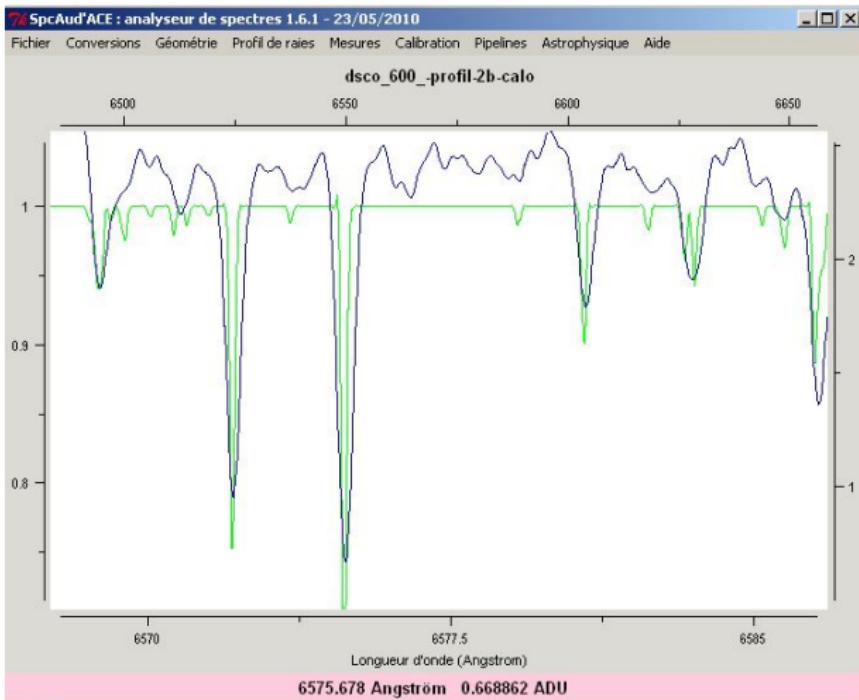
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

Rectification automatique de la loi de calibration :



spc\_calibretelluric profil\_de\_raies

# Calibration en longueur d'onde

## Amélioration de calibration :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

**Calibration en  
longueur d'onde**

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

## Amélioration de calibration :

- Permet une estimation de la qualité de la calibration : **RMS**

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

**Calibration en  
longueur d'onde**

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts  
Prétraitement des  
spectres  
Correction des  
déformations  
géométriques  
Sommation des  
spectres 2D  
Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale  
Rectification du  
continuum  
Exportation des profils  
de raies  
Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

Amélioration de calibration :

- Permet une estimation de la qualité de la calibration : **RMS**

```
# ====== Détermine la meilleure calibration ======
```

Spectre de calibration avec (2) de meilleure qualité (dec de Meanshift).  
Loi de calibration finale linéarisée : 6524.33283782+0.114841194984\*(x-1)  
Qualité de la calibration :  
RMS=0.0467691125425 A  
Ecart moyen=-0.00108927777789 A

```
# Ouverture d'un profil de raies calibré linéairement...  
zet_tau--profil-final-ocal
```

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts  
Prétraitement des  
spectres  
Correction des  
déformations  
géométriques  
Sommation des  
spectres 2D  
Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Calibration en longueur d'onde

Amélioration de calibration :

- Permet une estimation de la qualité de la calibration : **RMS**

```
# ====== Détermine la meilleure calibration ======
```

Spectre de calibration avec (2) de meilleure qualité (dec de Meanshift).

Loi de calibration finale linéarisée :  $6524.33283782 + 0.114841194984 \cdot (x-1)$

Qualité de la calibration :

**RMS=0.0467691125425 A**

**Ecart moyen=-0.00108927777789 A**

```
# Ouverture d'un profil de raies calibré linéairement...
zet_tau--profil-final-ocal
```

- Correction de la vitesse héliocentrique : si demandée (pas par défaut).

# Détermination de la réponse instrumentale

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

**Détermination de la  
réponse instrumentale**

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

**Détermination de la  
réponse instrumentale**

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Détermination de la réponse instrumentale

- Le spectrographe ne possède pas une réponse linéaire en intensité selon la longueur d'onde.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Détermination de la réponse instrumentale

- Le spectrographe ne possède pas une réponse linéaire en intensité selon la longueur d'onde.
- On utilise le spectre d'étoiles de référence (Altair, Régulus, ...) dont on possède le spectre correctement calibré en flux.

# Détermination de la réponse instrumentale

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- Le spectrographe ne possède pas une réponse linéaire en intensité selon la longueur d'onde.
- On utilise le spectre d'étoiles de référence (Altair, Régulus, ...) dont on possède le spectre correctement calibré en flux.  
→ Altas spectral : UVES, Elodie, ...

# Détermination de la réponse instrumentale

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- Le spectrographe ne possède pas une réponse linéaire en intensité selon la longueur d'onde.
- On utilise le spectre d'étoiles de référence (Altair, Régulus, ...) dont on possède le spectre correctement calibré en flux.  
→ Altas spectral : UVES, Elodie, ...
- On réalise le spectre de cette étoile avec notre spectrographe.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

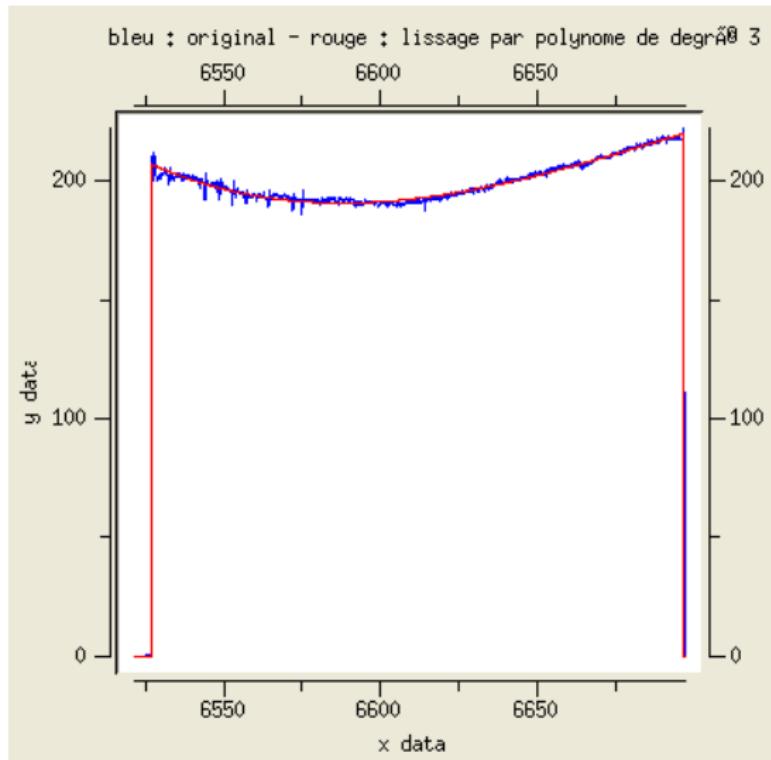
# Détermination de la réponse instrumentale

- Le spectrographe ne possède pas une réponse linéaire en intensité selon la longueur d'onde.
- On utilise le spectre d'étoiles de référence (Altair, Régulus, ...) dont on possède le spectre correctement calibré en flux.  
→ Altas spectral : UVES, Elodie, ...
- On réalise le spectre de cette étoile avec notre spectrographe.
- La réponse instrumentale s'obtient par :

$$RI = \text{lissage} \left( \frac{\text{Profil\_Altair\_ciel}}{\text{Profil\_Altair\_UVES}} \right)$$

# Détermination de la réponse instrumentale

## Exemple :



# Rectification du continuum

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

## Rectification du continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

**Rectification du  
continuum**

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Rectification du continuum

- Soit par mise à l'échelle du continuum à 1 pour une longueur d'onde donnée.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

**Rectification du  
continuum**

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Rectification du continuum

- Soit par mise à l'échelle du continuum à 1 pour une longueur d'onde donnée.
- Soit par normalisation : toutes les valeurs du continuum sont mises à 1 :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

**Rectification du  
continuum**

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

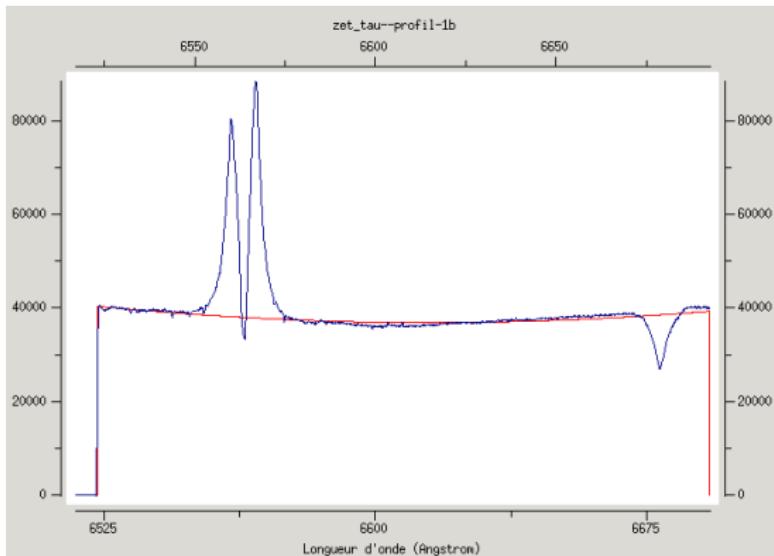
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Rectification du continuum

- Soit par mise à l'échelle du continuum à 1 pour une longueur d'onde donnée.
- Soit par normalisation : toutes les valeurs du continuum sont mises à 1 :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

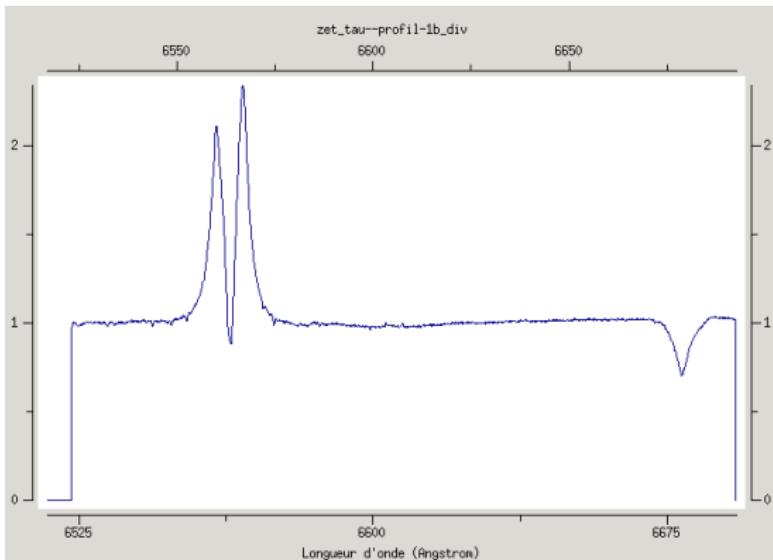
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Rectification du continuum

- Soit par mise à l'échelle du continuum à 1 pour une longueur d'onde donnée.
- Soit par normalisation : toutes les valeurs du continuum sont mises à 1 :



# Exportation des profils de raies

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

**Exportation des profils  
de raies**

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

**Exportation des profils  
de raies**

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Exportation des profils de raies

- Mise à la norme BeSS (base de données des étoiles Be et Herbig).

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

**Exportation des profils  
de raies**

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Exportation des profils de raies

- Mise à la norme BeSS (base de données des étoiles Be et Herbig).
  - ▶ Entête FITS correctement renseignée.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

**Exportation des profils  
de raies**

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Exportation des profils de raies

- Mise à la norme BeSS (base de données des étoiles Be et Herbig).
  - ▶ Entête FITS correctement renseignée.
  - ▶ Format reconnu par la communauté professionnelle.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Exportation des profils de raies

- Mise à la norme BeSS (base de données des étoiles Be et Herbig).
  - ▶ Entête FITS correctement renseignée.
  - ▶ Format reconnu par la communauté professionnelle.
- Export d'un profil au format d'image PNG :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Exportation des profils de raies

- Mise à la norme BeSS (base de données des étoiles Be et Herbig).
  - ▶ Entête FITS correctement renseignée.
  - ▶ Format reconnu par la communauté professionnelle.
- Export d'un profil au format d'image PNG :
  - ▶ Pour communiquer avec ses collaborateurs un résultat immédiatement évocateur sans nécessité d'un logiciel particulier.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

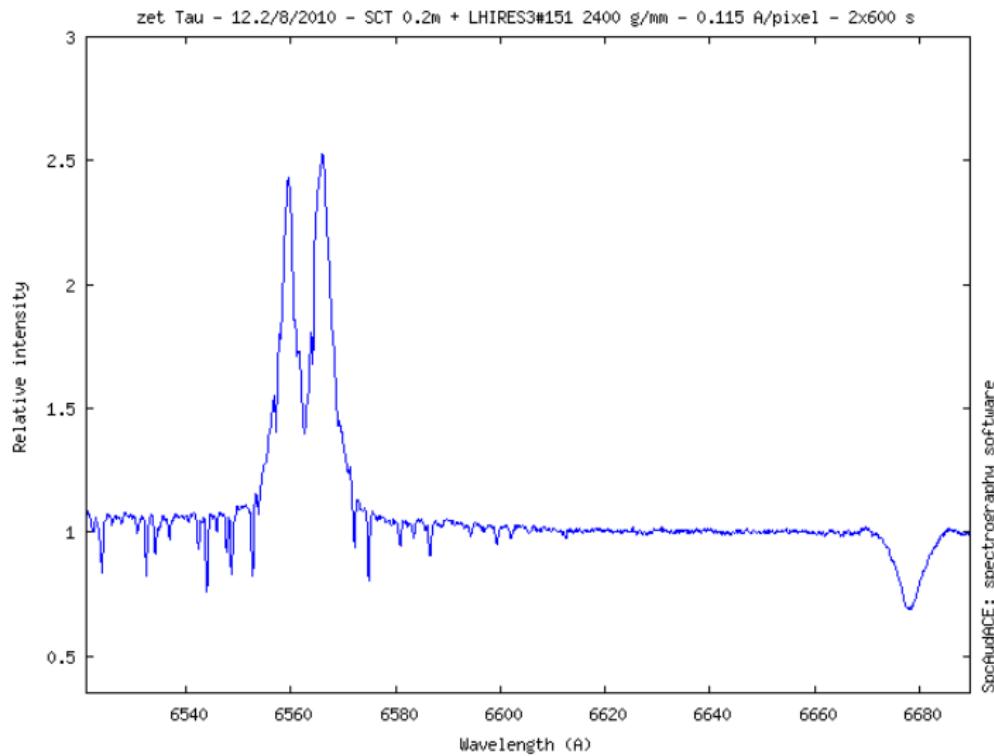
Compléments

# Exportation des profils de raies

- Mise à la norme BeSS (base de données des étoiles Be et Herbig).
  - ▶ Entête FITS correctement renseignée.
  - ▶ Format reconnu par la communauté professionnelle.
- Export d'un profil au format d'image PNG :
  - ▶ Pour communiquer avec ses collaborateurs un résultat immédiatement évocateur sans nécessité d'un logiciel particulier.
  - ▶ Pour alimenter un site web collaboratif de campagne d'observation.

# Exportation des profils de raies

## Exemple d'image PNG :



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

**Exportation des profils  
de raies**

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

**Heureusement, il y a  
les pipelines**

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

**Heureusement, il y a  
les pipelines**

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

- Toutes ces opérations sont réalisées de façon  
enchaînée et en 3 clics.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

**Heureusement, il y a  
les pipelines**

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

- Toutes ces opérations sont réalisées de façon  
enchaînée et en 3 clics.
- Exemples de logiciels amateur utilisant des  
pipelines :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

**Heureusement, il y a  
les pipelines**

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

- Toutes ces opérations sont réalisées de façon  
enchaînée et en 3 clics.
- Exemples de logiciels amateur utilisant des  
pipelines :
  - ▶ ISIS : C. Buil.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

- Toutes ces opérations sont réalisées de façon  
enchaînée et en 3 clics.
- Exemples de logiciels amateur utilisant des  
pipelines :
  - ▶ ISIS : C. Buil.
  - ▶ **SpcAudace** : B. Mauclare.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

- Toutes ces opérations sont réalisées de façon  
enchaînée et en 3 clics.
- Exemples de logiciels amateur utilisant des  
pipelines :
  - ▶ ISIS : C. Buil.
  - ▶ **SpcAudace** : B. Mauclare.
  - ▶ eShell Audela : M. Pujol.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

- Toutes ces opérations sont réalisées de façon  
enchaînée et en 3 clics.
- Exemples de logiciels amateur utilisant des  
pipelines :
  - ▶ ISIS : C. Buil.
  - ▶ **SpcAudace** : B. Mauclaire.
  - ▶ eShell Audela : M. Pujol.
  - ▶ Prism : S. Charbonnel.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

Heureusement, il y a  
les pipelines

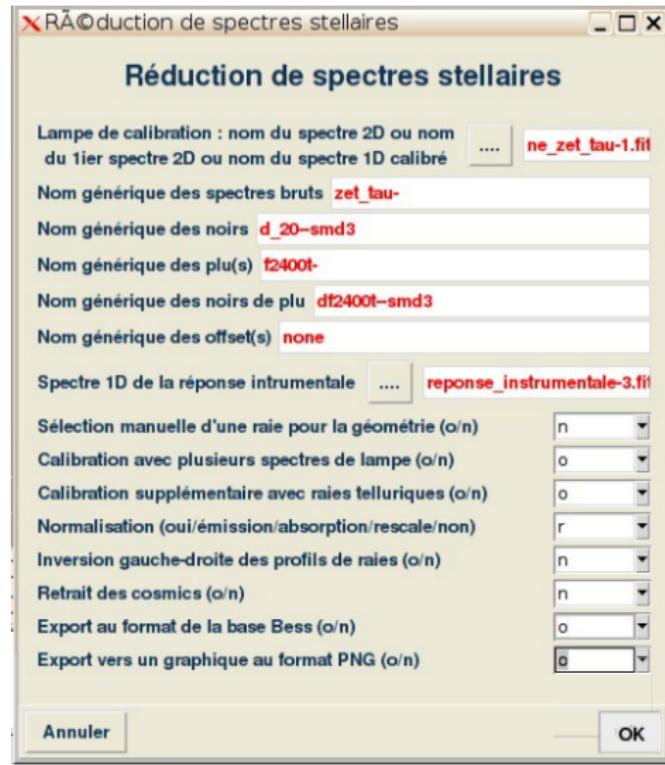
Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

## Exemple du pipeline d'SpcAudace :



# Heureusement, il y a les pipelines

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

**Heureusement, il y a  
les pipelines**

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

**Heureusement, il y a  
les pipelines**

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

- Les fichiers en sortie du pipeline donne les résultats intermédiaires : utile pour vérification.

# Heureusement, il y a les pipelines

- Les fichiers en sortie du pipeline donne les résultats intermédiaires : utile pour vérification.

## *Exemple de fichiers obtenus :*

```
zet_tau--spectre2D_traite.fit : Spectre 2D prétraité et corrigé  
                                des déformations géométriques  
zet_tau--profil-1a.fit      : Profil de raies non calibré  
zet_tau--profil-1b.fit      : Calibré en longueur d'onde  
zet_tau--profil-1c_nonlin.fit : Corrigé de la réponse instrumentale  
zet_tau--profil-1c.fit      : Corrigé de la réponse instrumentale  
                                et loi de calibration linéarisée  
zet_tau--profil-2b.fit      : Avec continuum rescalé ou normalisé  
zet_tau--profil-2b-calo.fit : Calibration rectifiée avec les  
                                raies telluriques
```

# Heureusement, il y a les pipelines

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

**Heureusement, il y a  
les pipelines**

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Quelques constats sur  
les spectres bruts

Prétraitement des  
spectres

Correction des  
déformations  
géométriques

Sommation des  
spectres 2D

Extraction du profil de  
raies

Calibration en  
longueur d'onde

Détermination de la  
réponse instrumentale

Rectification du  
continuum

Exportation des profils  
de raies

**Heureusement, il y a  
les pipelines**

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Heureusement, il y a les pipelines

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

# Heureusement, il y a les pipelines

- 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]
CDELT1 = 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_RMSO = 2.096967E-03 / [angstrom] RMS regarding telluric lines
SPC_NORM= 'Dividing by continuum polynome extracted'
                                                / Technic used for normalisation
```

# Heureusement, il y a les pipelines

- 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]
CDELT1 = 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_RMSO = 2.096967E-03 / [angstrom] RMS regarding telluric lines
SPC_NORM= 'Dividing by continuum polynome extracted'
                                                / Technic used for normalisation
```

- Une petite démo pour mieux se faire une idée !

Principes de la  
réduction  
et de l'analyse des  
spectres

B. MAUCLAIRE

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Exploitation astrophysique de vos spectres

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

### 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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

## Conclusion

## Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

#### 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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

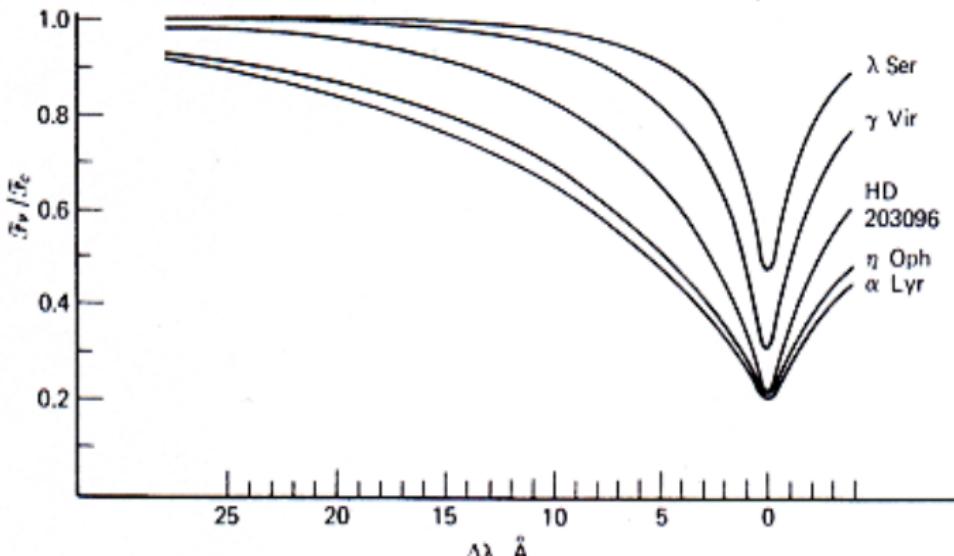
Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

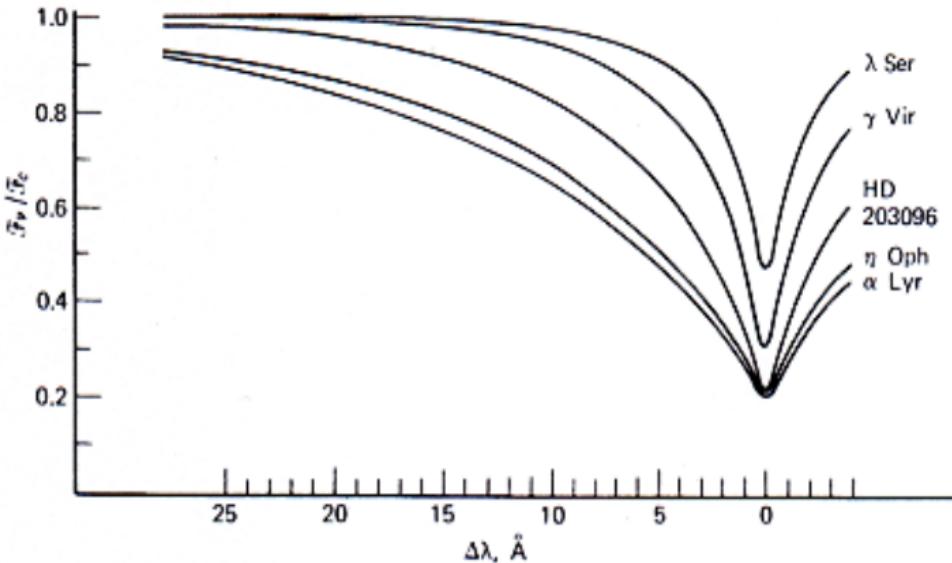
Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



- Profondeur : température effective.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

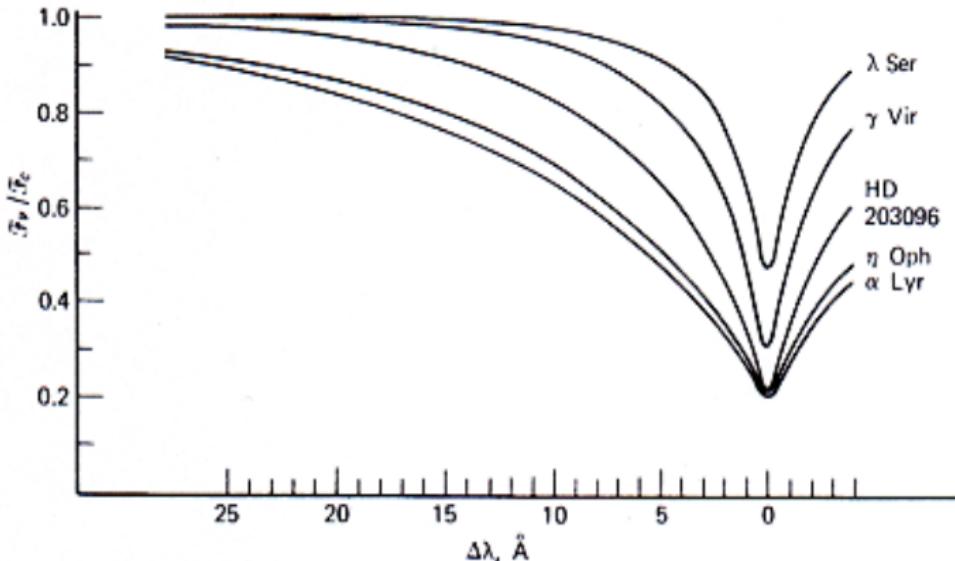
Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



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

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

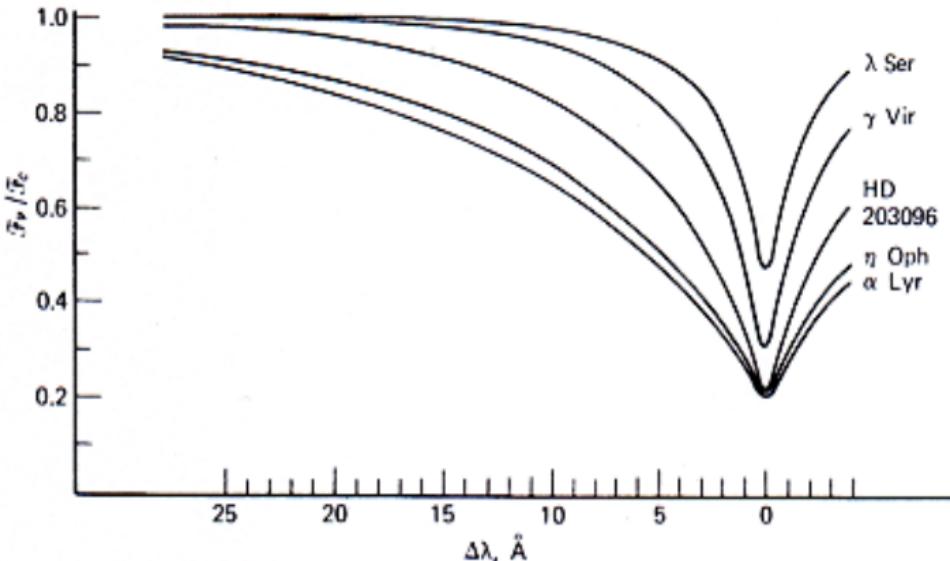
Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



- Profondeur : température effective.
- Largeur : densité, rotation, expansion.
- Translation : effet Doppler, vous savez l'ambulance.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

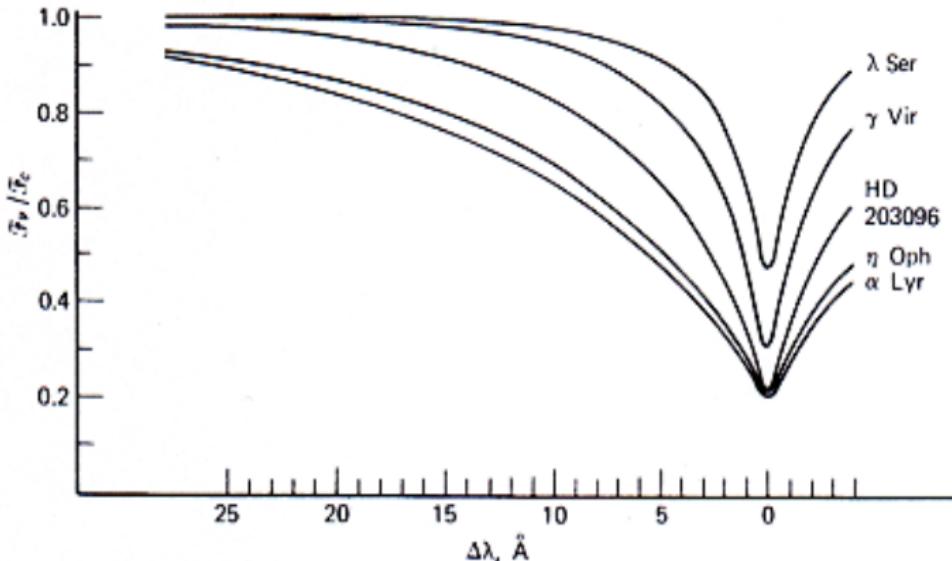
Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



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

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

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

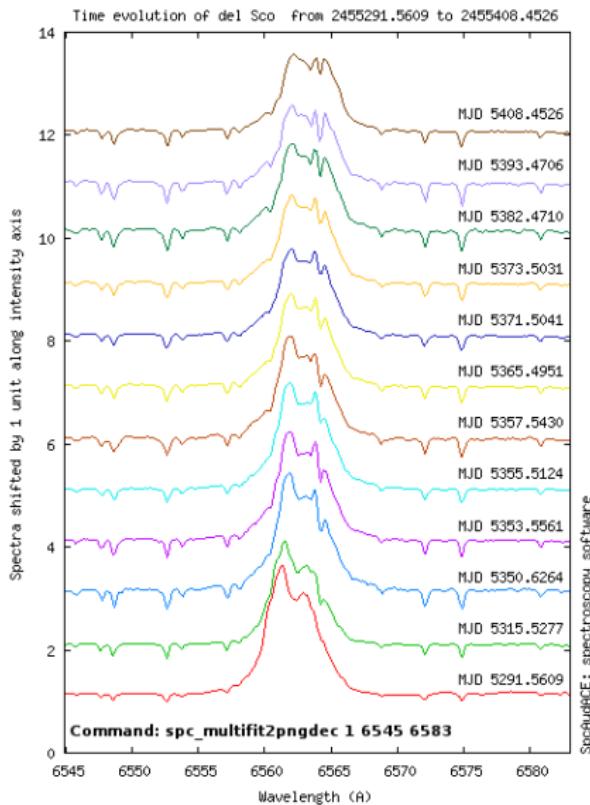
Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments



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

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

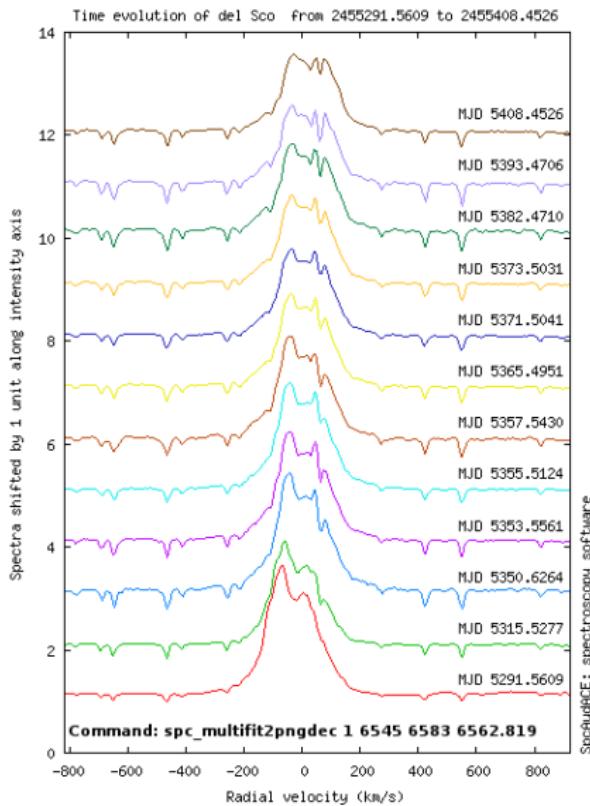
Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

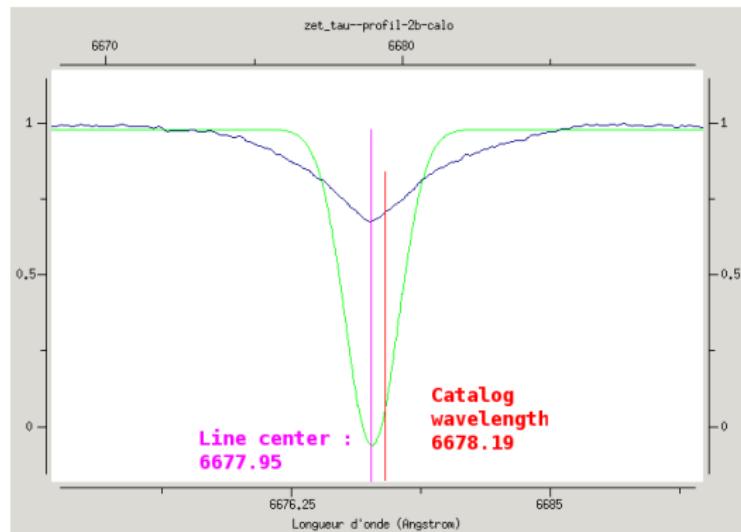
Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure de la vitesse radiale



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

spc\_vradiale profil\_raies\_étalonné  
type\_raie (e/a) lambda\_raie\_approchée  
lambda\_réf

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

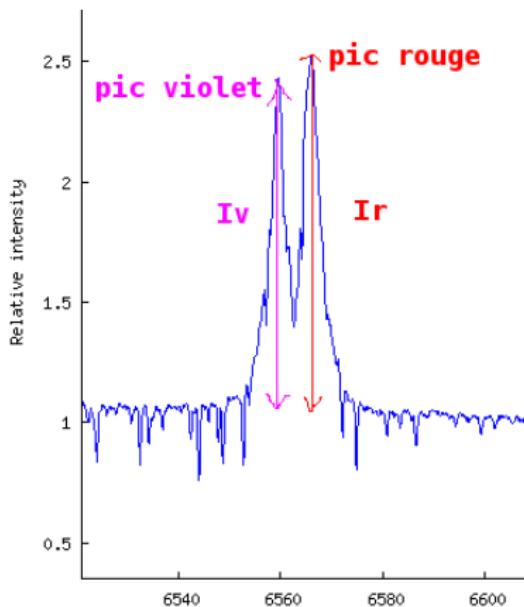
Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure du rapport V/R d'une raie



$$V/R = \frac{I_{\text{pic\_violet}}}{I_{\text{pic\_rouge}}}$$

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

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

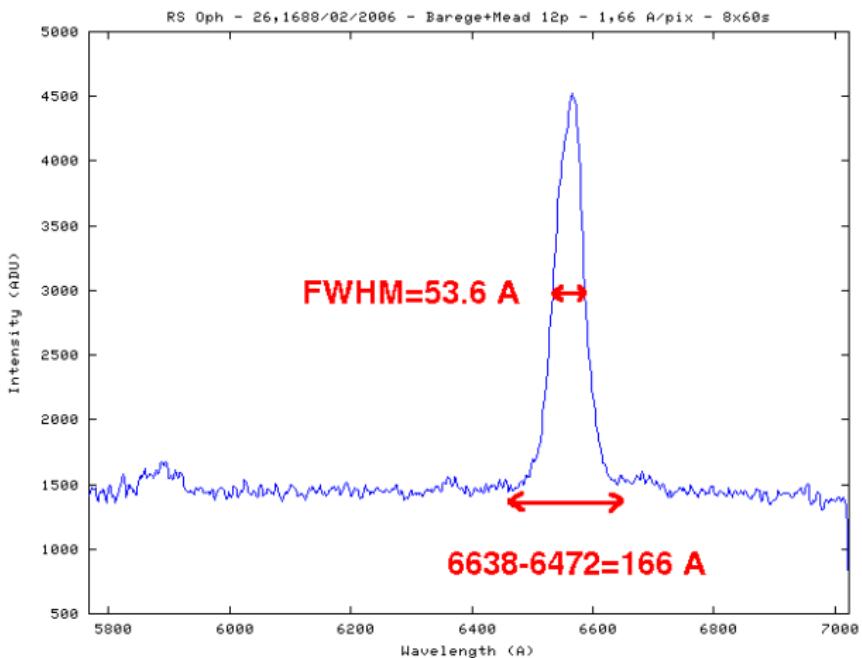
Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure de la FWHM d'une raie



Modélisation par  
une gaussienne.

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

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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**

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

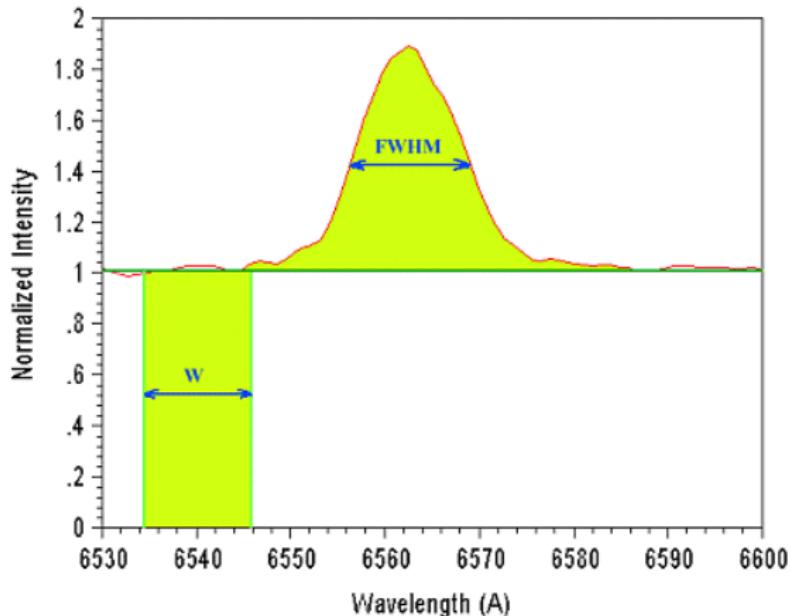
Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure de la largeur équivalente

Définition de la largeur équivalente (EW) :



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

Aire calculée par intégration numérique.  
Suivi de l'activité stellaire et du disque.

# Mesure de la largeur équivalente

## Utilité de la largeur équivalente :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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**

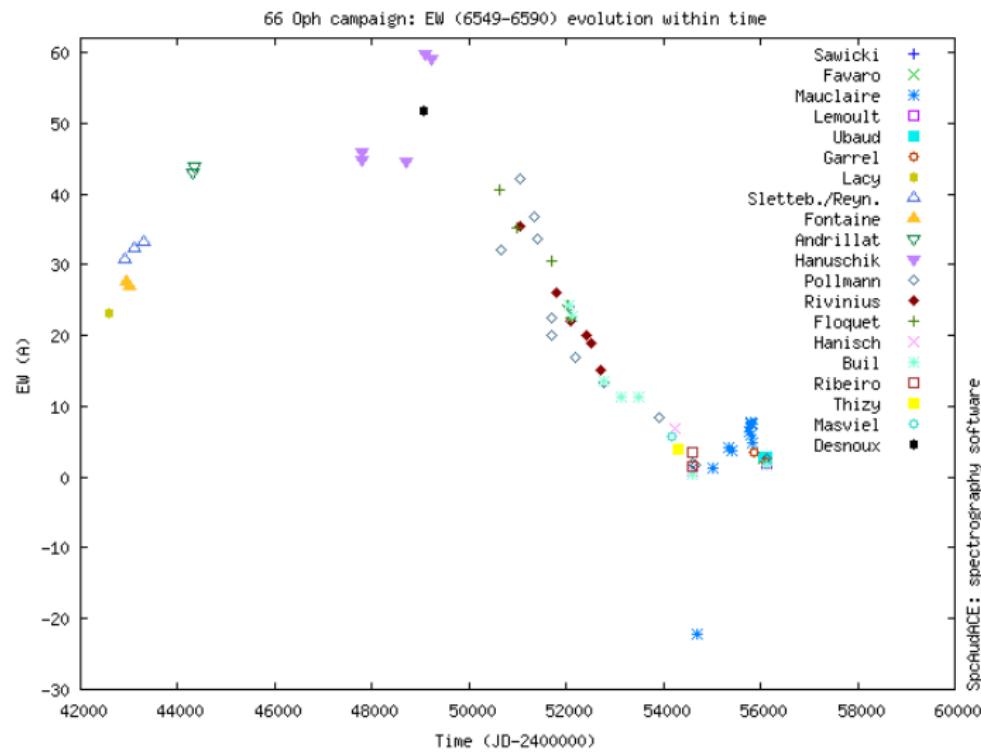
Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments



# Mesure de la largeur équivalente

## Précautions à prendre :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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**

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure de la largeur équivalente

Précautions à prendre :

- Nécessité de modéliser le continuum pour connaître  $I_C$  dans la raie :

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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**

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Sscripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure de la largeur équivalente

## Précautions à prendre :

- Nécessité de modéliser le continuum pour connaître  $I_C$  dans la raie :
  - ▶ Étape critique (cf. OHP 2010 Workshop).

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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**

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Sscripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure de la largeur équivalente

Précautions à prendre :

- Nécessité de modéliser le continuum pour connaître  $I_C$  dans la raie :
  - ▶ Étape critique (cf. OHP 2010 Workshop).
  - ▶ Choisir pour toutes les mesures une méthode unique d'extraction du continuum.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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**

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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**

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure de la largeur équivalente

Précautions à prendre :

- Nécessité de modéliser le continuum pour connaître  $I_C$  dans la raie :
  - ▶ Étape critique (cf. OHP 2010 Workshop).
  - ▶ Choisir pour toutes les mesures une méthode unique d'extraction du continuum.
- Choisir les mêmes longueurs d'onde limites : choix selon l'étoile.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure de la largeur équivalente

Précautions à prendre :

- Nécessité de modéliser le continuum pour connaître  $I_C$  dans la raie :
  - ▶ Étape critique (cf. OHP 2010 Workshop).
  - ▶ Choisir pour toutes les mesures une méthode unique d'extraction du continuum.
- Choisir les mêmes longueurs d'onde limites : choix selon l'étoile.
- Éviter l'influence de l'opérateur : une fonction logicielle sans usage de la souris !

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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  
Création et  
exploitation de séries  
de mesures  
Spectre dynamique  
d'une série  
Spcrits personnalisés

Conclusion

Compléments

# Mesure de la largeur équivalente

Précautions à prendre :

- Nécessité de modéliser le continuum pour connaître  $I_C$  dans la raie :
  - ▶ Étape critique (cf. OHP 2010 Workshop).
  - ▶ Choisir pour toutes les mesures une méthode unique d'extraction du continuum.
- Choisir les mêmes longueurs d'onde limites : choix selon l'étoile.
- Éviter l'influence de l'opérateur : une fonction logicielle sans usage de la souris !
- Exemple :

```
spc_ew nom_profil_raies lambda_debut lambda_fin  
?taux_doucissage_continuum (0-[6]-15)?  
?efface_continuum(o)?  
?degré_polynomes_continuum_méthode_pbis(2)?
```

## Mesure de la largeur équivalente

## Détermination du continuum :

## 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

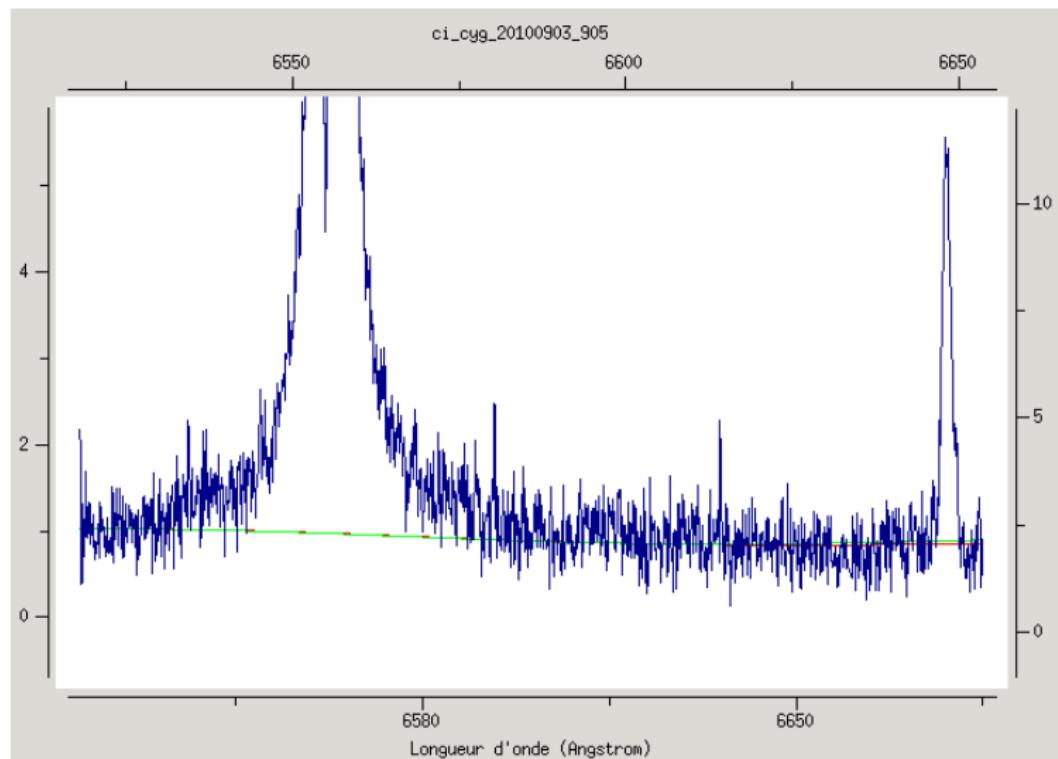
## Création et exploitation de séries

## de mesures Spectre dynamiq

## d'une série Scripts personnalisés

## Conclusion

## Compléments



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

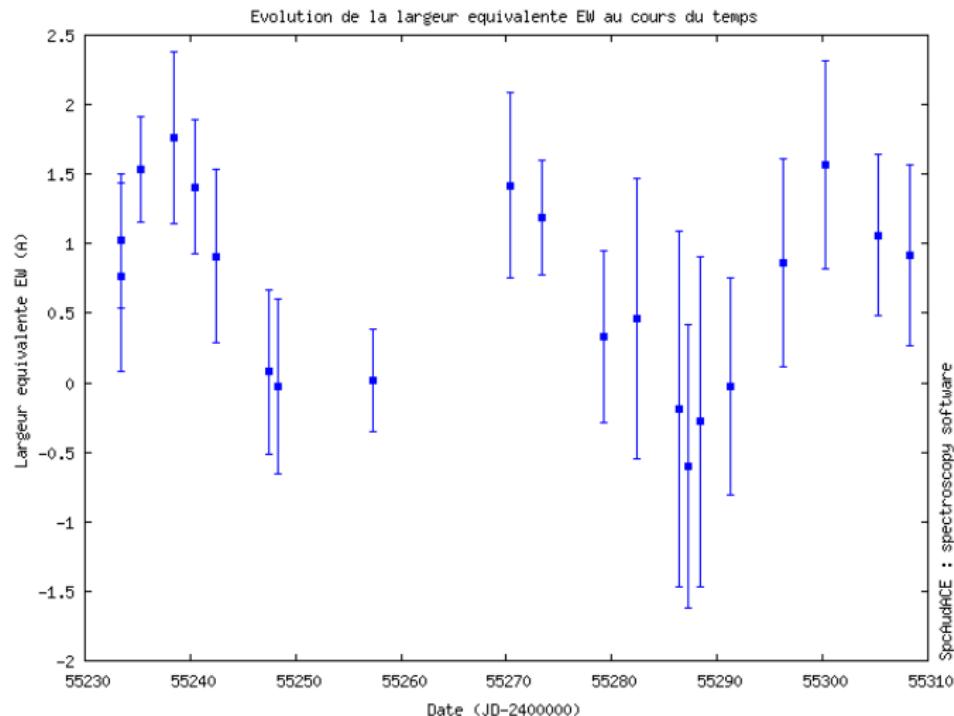
Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Création et exploitation de séries de mesures

## Mesure de EW sur une série de spectres :



spc\_ewcourbe lambda\_deb lambda\_fin

→ traite les fichiers du répertoire,

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

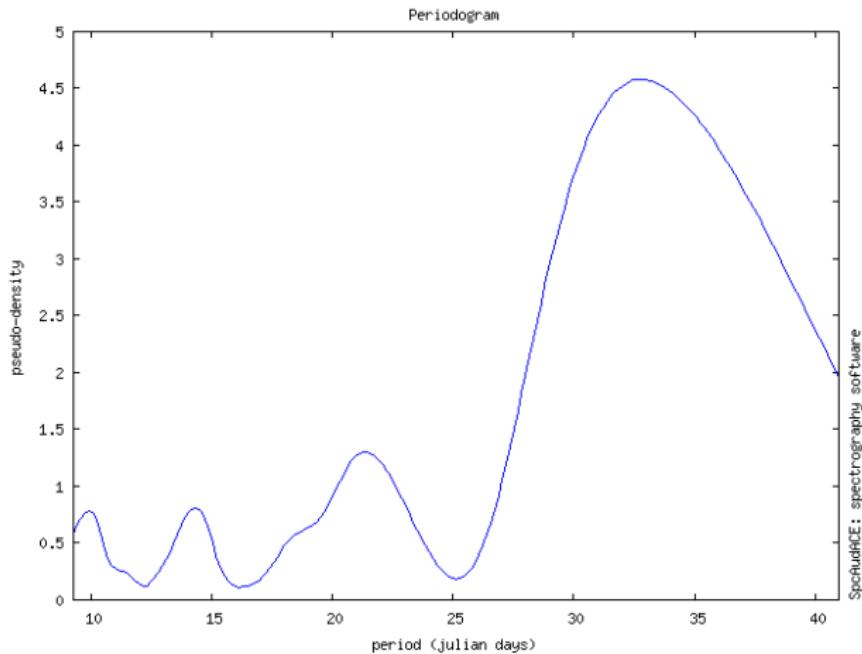
Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Création et exploitation de séries de mesures

## Périodogramme de Scargle-Lomb :



```
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'echantillonage du periodogram
```

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

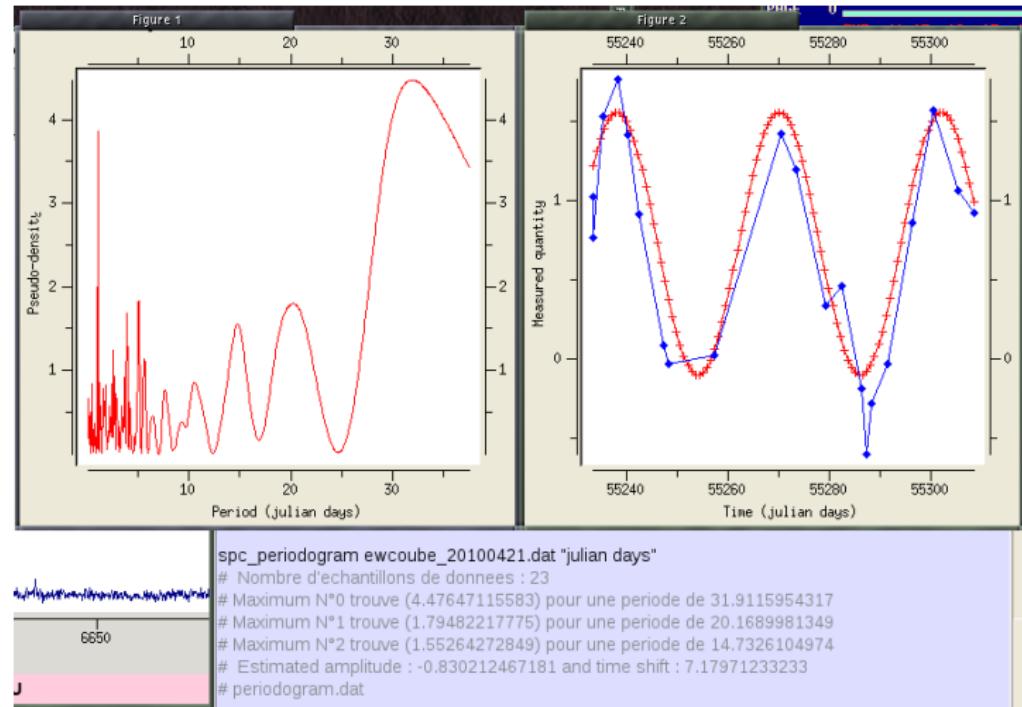
Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Création et exploitation de séries de mesures

## Détermination d'une période de variation :



→ Ajustement d'une sinusoïde et calcul de la phase.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

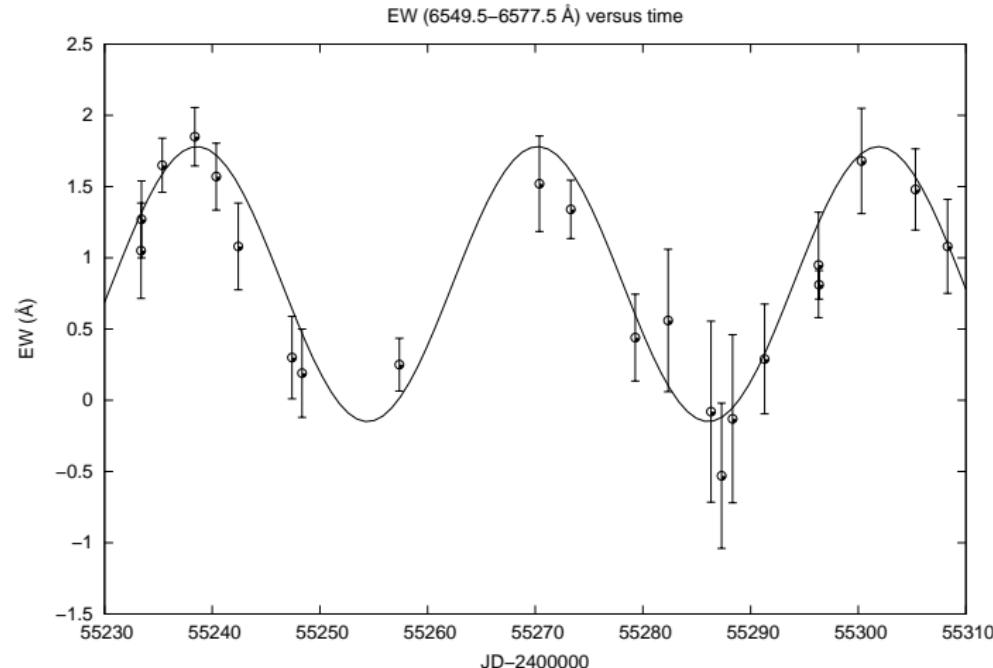
Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Création et exploitation de séries de mesures

## Détermination d'une période de variation :



Ajustement d'une sinusoïde avec la période principale issue  
du périodogramme.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

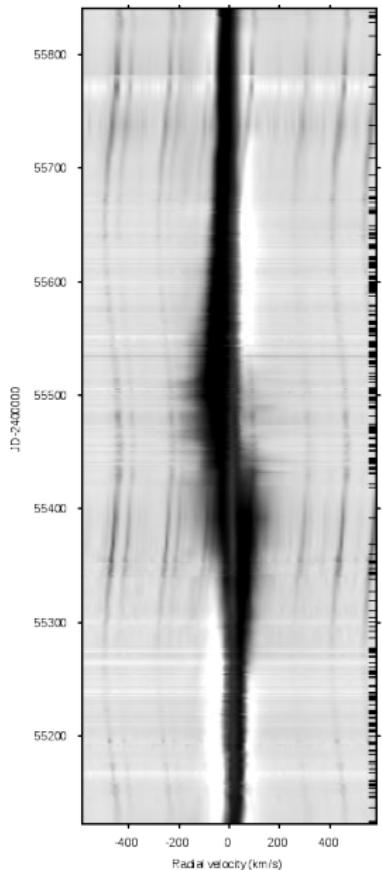
**Spectre dynamique  
d'une série**

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Spectre dynamique d'une série



Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

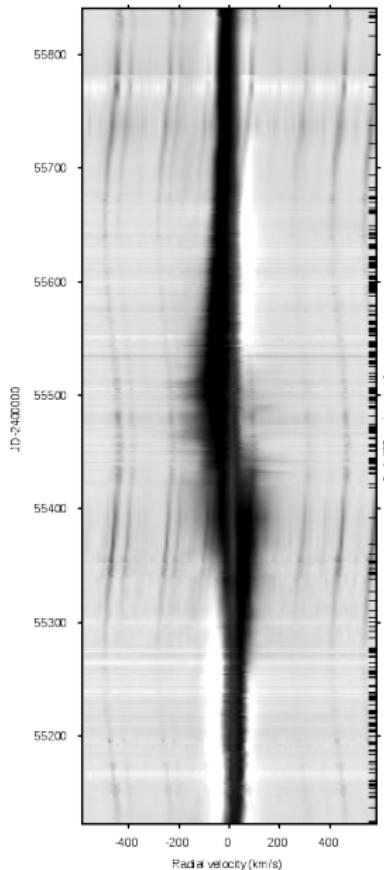
**Spectre dynamique  
d'une série**

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Spectre dynamique d'une série



- Idéal pour les phénomènes de pulsation et de binarité.

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

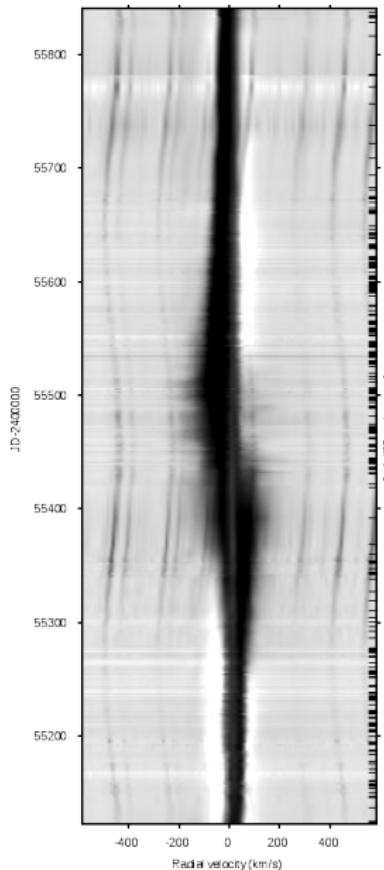
**Spectre dynamique  
d'une série**

Scripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# 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 DEC
```

# Spcripts personnalisés

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Spcripts personnalisés

## Conclusion

## Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Sscripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Sscripts personnalisés

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

```
bm_cmd "spc_ew %s 6530 6600 6 o"
```

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Sscripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Sscripts personnalisés

- Appliquer une commande à tous les spectres d'un répertoire :  
`bm_cmd "spc_ew %s 6530 6600 6 o"`
- Script de post-production : enchaîner mise en forme et mesures.

*Exemple de succession de tâches :*

```
# Complétiion du header FITS
# Correction de la vitesse héliocentrique
# Normalisation
# Formatage du nom de fichier
# Export PNG et Postscript
```

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Sscripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# Sscripts personnalisés

- Appliquer une commande à tous les spectres d'un répertoire :  
`bm_cmd "spc_ew %s 6530 6600 6 o"`
- Script de post-production : enchaîner mise en forme et mesures.

*Exemple de succession de tâches :*

```
# Complétiion du header FITS
# Correction de la vitesse héliocentrique
# Normalisation
# Formatage du nom de fichier
# Export PNG et Postscript
```

- Exploitation des spectres d'une campagne d'observation :  $\epsilon$  Aur, HD57682, RR Lyr bien sûr !

# Spcripts personnalisés : possibilités quasi-infinies

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

Spcripts personnalisés

## Conclusion

## Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

Spectre dynamique  
d'une série

S'cripts personnalisés

Conclusion

Compléments

# S'cripts personnalisés : possibilités quasi-infinies

## Exemple :

```
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_automnorma $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
        }
    }
}
```

## Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

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

Création et  
exploitation de séries  
de mesures

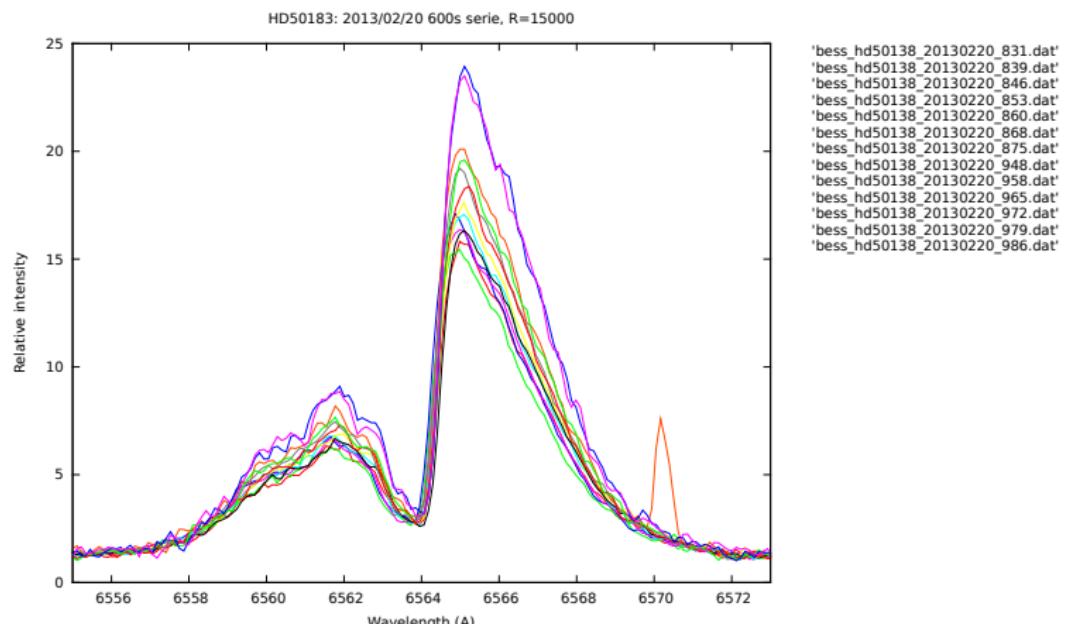
Spectre dynamique  
d'une série

Spcrits personnalisés

## Conclusion

## Compléments

# Spcrits personnalisés : résultat



# Conclusion

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Conclusion

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

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

# Conclusion

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

# Conclusion

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline : évite l'influence de l'opérateur et gain de temps.
- Le contrôle de la qualité : résultats intermédiaires et mots clé ou log.
- Chaque mesure doit être accompagnée de l'estimation de son erreur.

# Conclusion

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

- Toutes les tâches de réduction spectrale doivent être réalisées par un pipeline : évite l'influence de l'opérateur et gain de temps.
- Le contrôle de la qualité : résultats intermédiaires et mots clé ou log.
- Chaque mesure doit être accompagnée de l'estimation de son erreur.
- **À vous de jouer !**

# Quand se montrera notre étoile...

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments



# Détermination de la température électronique

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Température et  
densité électronique

# Détermination de la température électronique

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Température et  
densité électronique

- Commande : `spc_te profil_de_raies_etalonne  
largeur_raie`

# Détermination de la température électronique

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments  
Température et  
densité électronique

- Commande : `spc_te profil_de_raies_etalonne largeur_raie`
- `# spc_te m42_061209 16`  
# Le température électronique de la  
nébuleuse est :  
`12158.3809392 Kelvin ; R(OIII)=124.239096676`

# Détermination de la température électronique

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments  
Température et  
densité électronique

- Commande : `spc_te profil_de_raies_etalonne largeur_raie`
- `# spc_te m42_061209 16`  
# Le température électronique de la  
nébuleuse est :  
12158.3809392 Kelvin ;  $R(\text{OIII})=124.239096676$
- Les valeurs usuelles de  $T_e$  pour les régions HII vont de 7000 à 11000 K. Notre mesure légèrement supérieure.

# Détermination de la densité électronique

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Température et  
densité électronique

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Température et  
densité électronique

# Détermination de la densité électronique

- Commande : `spc_ne profil_de_raies_etalonne`  
`Te largeur_raie`

# Détermination de la densité électronique

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Température et  
densité électronique

- Commande : `spc_ne profil_de_raies_etalonne`  
`Te largeur_raie`
- `# spc_ne m42_061209 12158 12`  
`# La densité électronique de la nébuleuse`  
`est : 4622.2806091 e-/cm3 ; R(SII)=0.60396`
- `# spc_ne m42_061209 12158 13`  
`# La densité électronique de la nébuleuse`  
`est : 3785.84178667 e-/cm3 ; R(SII)=0.63368`

# Détermination de la densité électronique

Introduction

ABC de la  
réduction des  
spectres

Exploitation  
astrophysique de  
vos spectres

Conclusion

Compléments

Température et  
densité électronique

- Commande : `spc_ne profil_de_raies_etalonne`  
`Te largeur_raie`
- `# spc_ne m42_061209 12158 12`  
`# La densité électronique de la nébuleuse`  
`est : 4622.2806091 e-/cm3 ; R(SII)=0.60396`  
`# spc_ne m42_061209 12158 13`  
`# La densité électronique de la nébuleuse`  
`est : 3785.84178667 e-/cm3 ; R(SII)=0.63368`
- Les valeurs usuelles de  $N_e$  pour les régions HII vont de 80 à 5000 e<sup>-</sup>/cm<sup>3</sup>. Notre mesure semble donc cohérente.