

Principes de la réduction et de l'analyse des spectres

Introduction

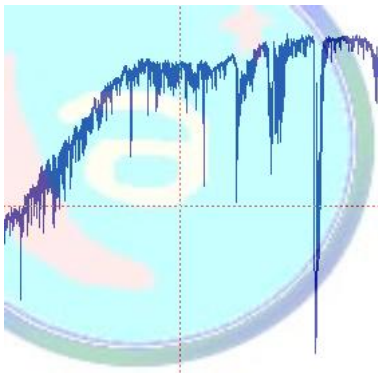
ABC de la
réduction des
spectres

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments

B. MAUCLAIRE



27 avril 2013

Introduction

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

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, ...
- 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 (δ Sco, ϵ Aur, HD57682, ...).

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 (δ Sco, ϵ Aur, HD57682, ...).
- 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 (δ Sco, ϵ Aur, HD57682, ...).
- Nécessité de formation et de standardisation des procédés.
- Nous allons voir :

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 (δ Sco, ϵ Aur, HD57682, ...).
- 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 (δ Sco, ϵ Aur, HD57682, ...).
- 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 (δ Sco, ϵ Aur, HD57682, ...).
- 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.

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

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

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

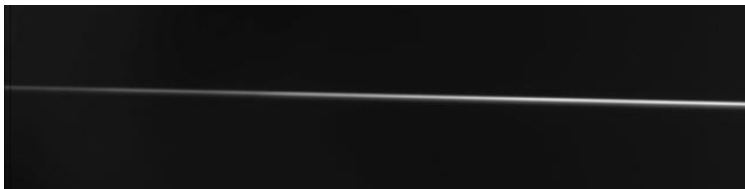
Exportation des profils
de raies

Heureusement, il y a
les pipelines

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments



Les déformations géométriques

Fonctionnement hors axe des lentilles \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

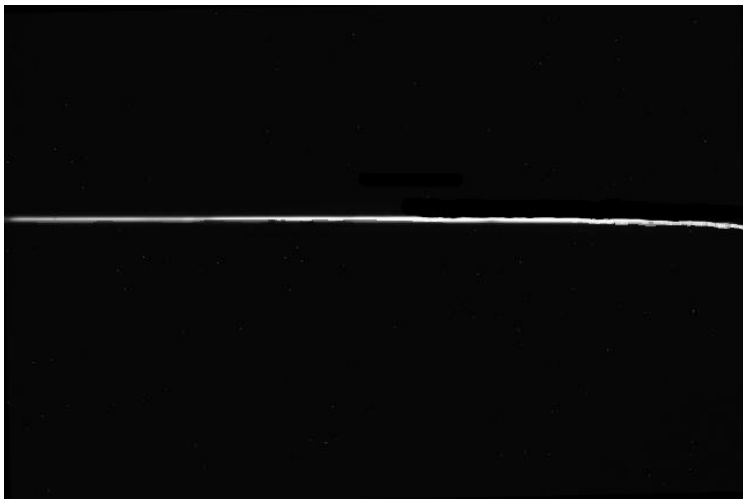
Exportation des profils
de raies

Heureusement, il y a
les pipelines

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments



Les déformations géométriques

Fonctionnement hors axe des lentilles \Rightarrow 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

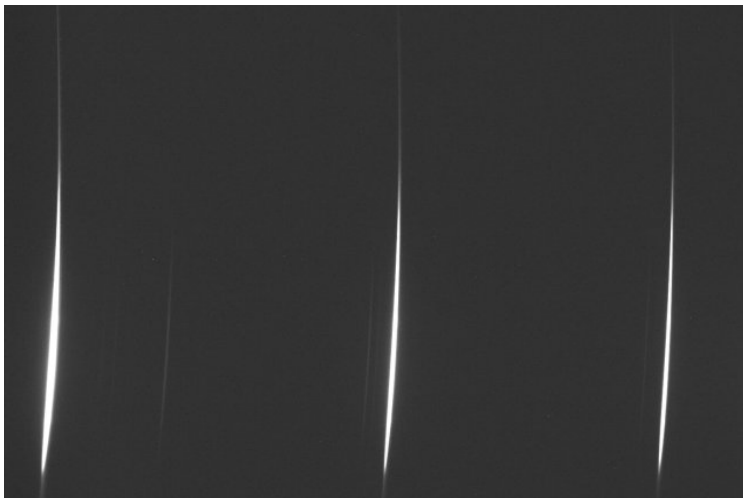
Exportation des profils
de raies

Heureusement, il y a
les pipelines

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

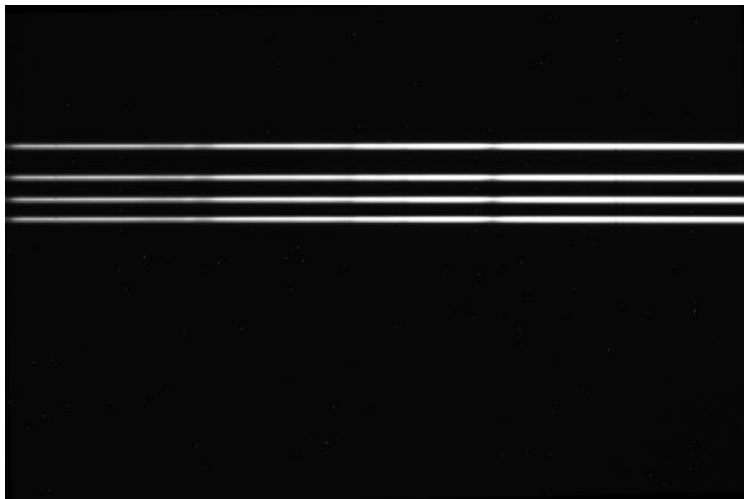
Conclusion

Compléments



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

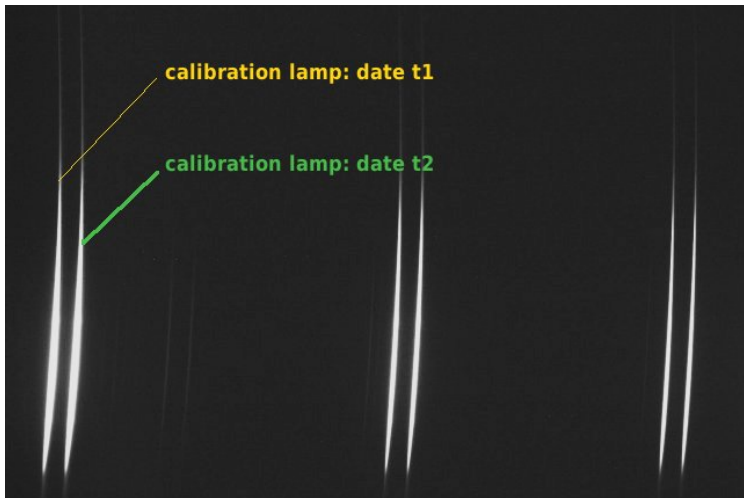
Exportation des profils
de raies

Heureusement, il y a
les pipelines

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

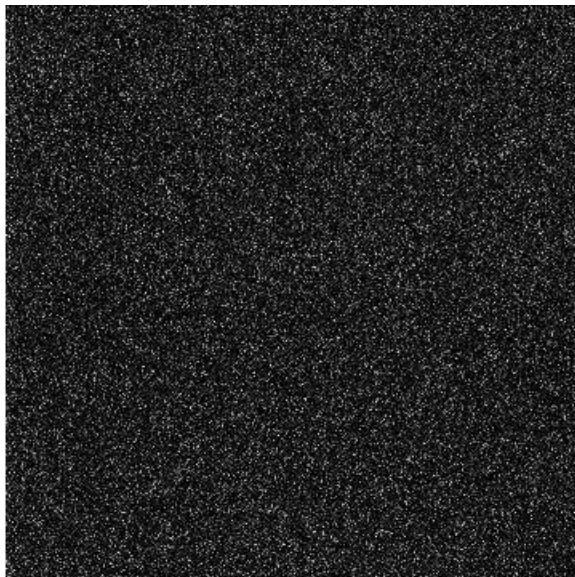
Conclusion

Compléments



Les effets liés au CCD

Bruit thermique → darks :



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

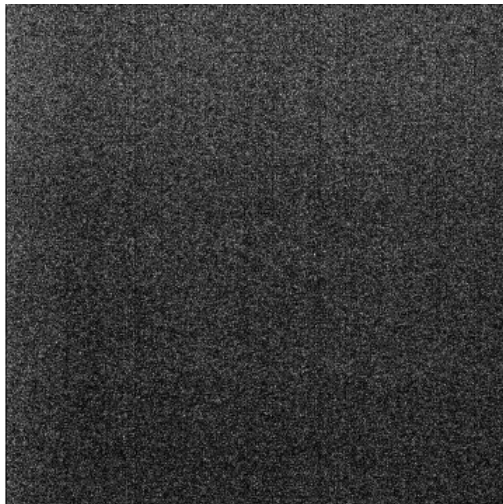
Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments

Les effets liés au CCD

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 :

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

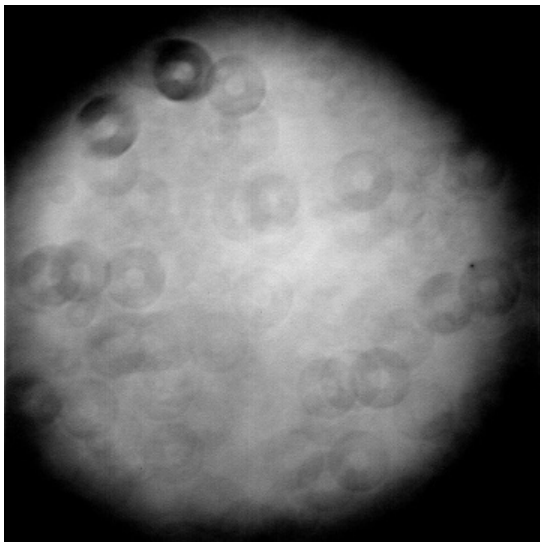
Exportation des profils
de raies

Heureusement, il y a
les pipelines

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

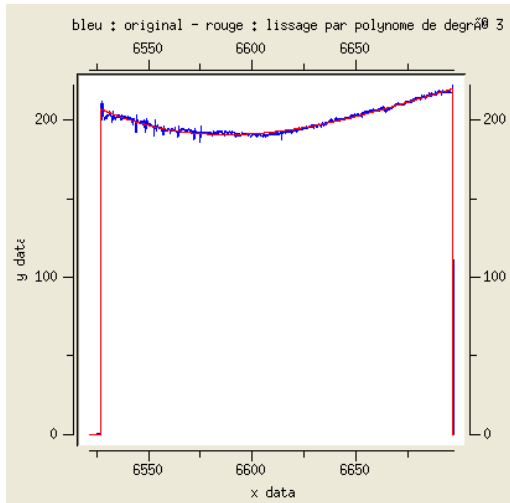
Conclusion

Compléments



Réponse en longueur d'onde du spectroscope+CCD

Réponse instrumentale :



Prétraitement des spectres

Étapes traditionnelles liées 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

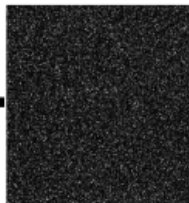
Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments



Image stellaire



Noir de l'image

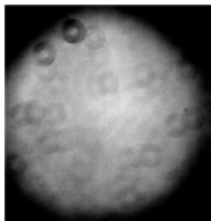


Image de la PLU



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

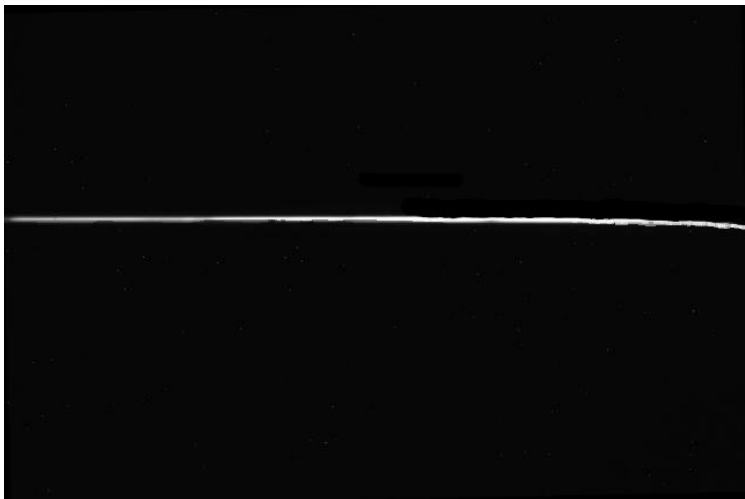
Exportation des profils
de raies

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

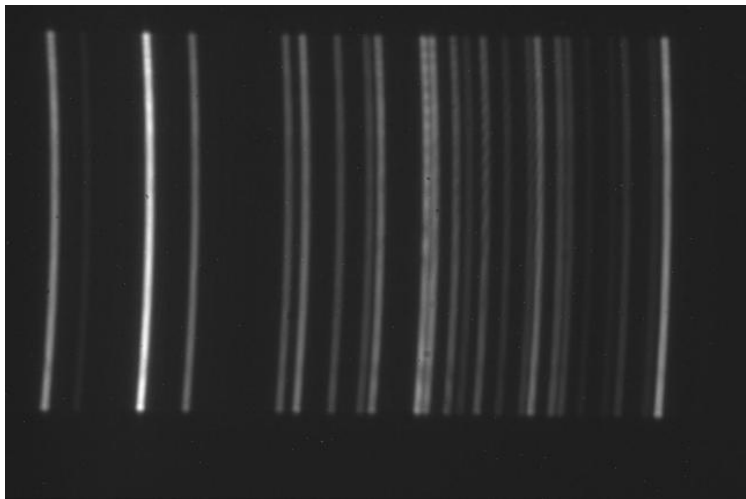
Exportation des profils
de raies

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

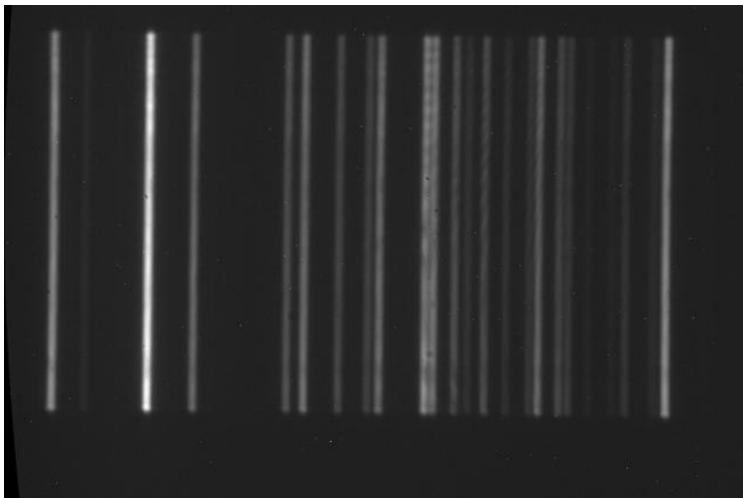
Exportation des profils
de raies

Heureusement, il y a
les pipelines

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

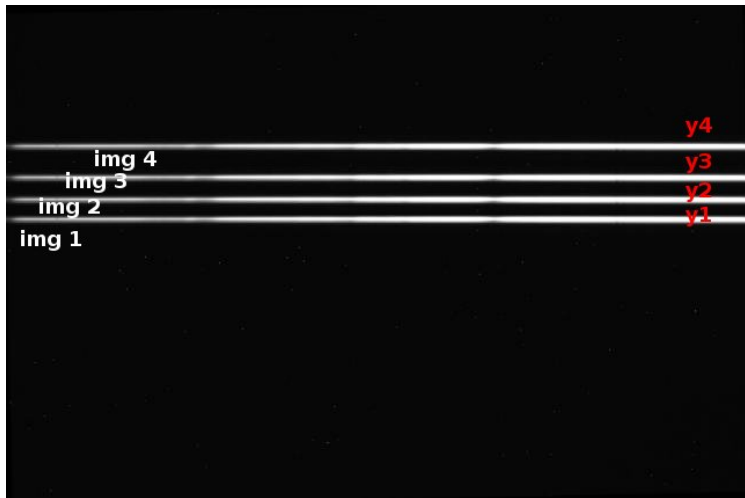
Conclusion

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

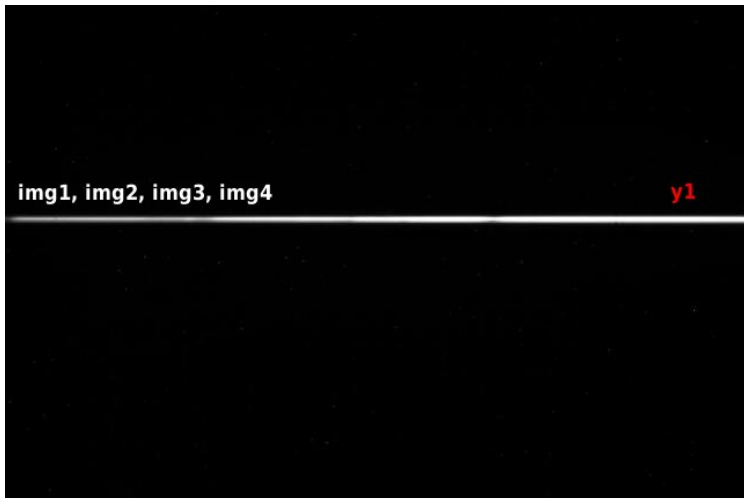
Exportation des profils
de raies

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

Sommation des spectres 2D

- En 32 bits non signés.

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 :

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

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.

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 cosmiques et pixels divergents, diminution du flux.
 - ▶ kappa-sigma : le meilleur des deux mondes avec réjection des pixels abérants, flux non maximal malgré tout.

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 cosmiques 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

- 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

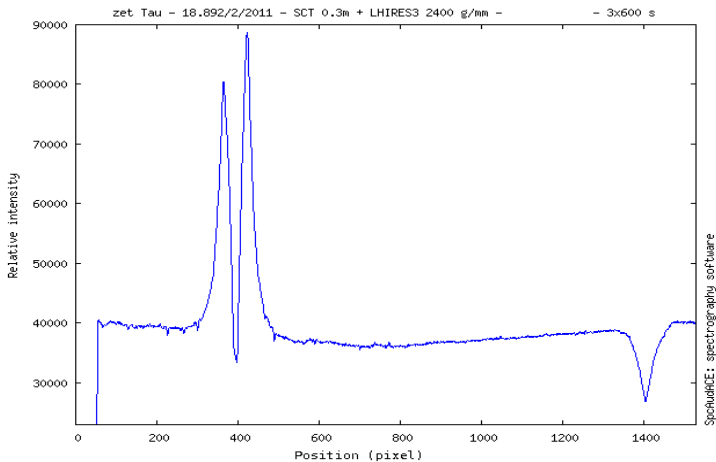
Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments

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

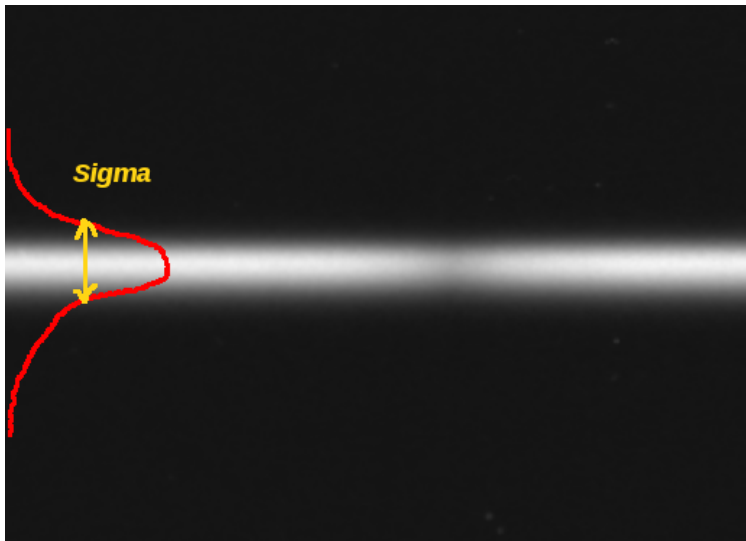
Exportation des profils
de raies

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

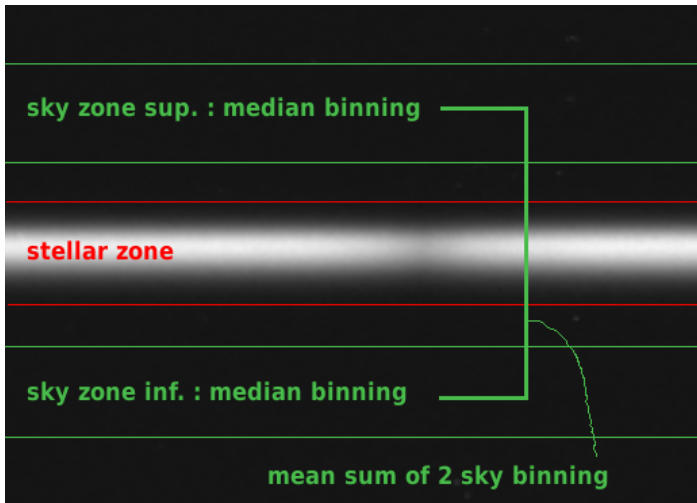
Conclusion

Compléments

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 :

- Réalisée au moment du binning 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

Extraction du profil de raies

Soustraction du fond de ciel :

- Réalisée au moment du binning du spectre.
- Variantes :

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 :

- Réalisée au moment du binning du spectre.
- Variantes :
 - ▶ Somme moyenne dans sky zone.

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 :

- Réalisée au moment du binning du spectre.
- Variantes :
 - ▶ Somme moyenne dans sky zone.
 - ▶ Modélisation par un gradient.

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 :

- Réalisée au moment du binning du spectre.
- 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

- Réalisée au moment du binning du spectre.
- 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 :

- Réalisée au moment du binning du spectre.
- 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 méthodes :

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 méthodes :
 - ▶ 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 méthodes :
 - ▶ 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 :

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

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 méthodes :
 - ▶ Réjection simple.
 - ▶ Algorithme de Robertson.
 - ▶ Algorithme de Horne : gère mieux les faibles SNR
→ comportement par défaut.

Fonction SpcAudace :

```
spc_profil spectre_2D.fits  
?methode_soustraction_fond_de_ciel (moy, moy2, med, sup, inf, none, back)?  
?methode_de_detection_du_spectre (large, serre, moy)?  
?methode_de_bining (add, rober, horne)?
```

```
Ex. : spc_profil del_sco_2d.fit med serre horne
```

Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde λ :

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

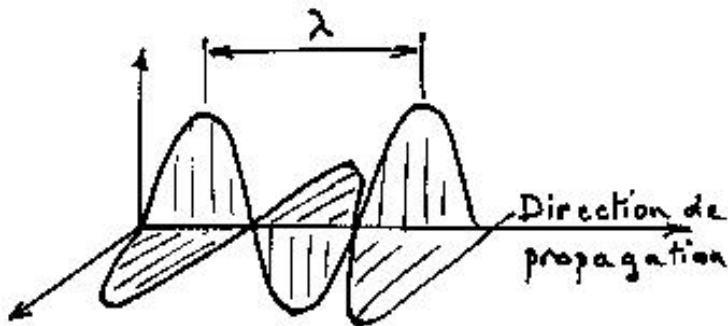
Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments

Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde λ :



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

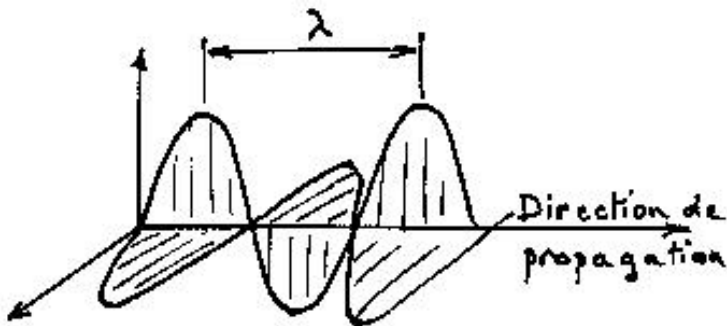
Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments

Calibration en longueur d'onde

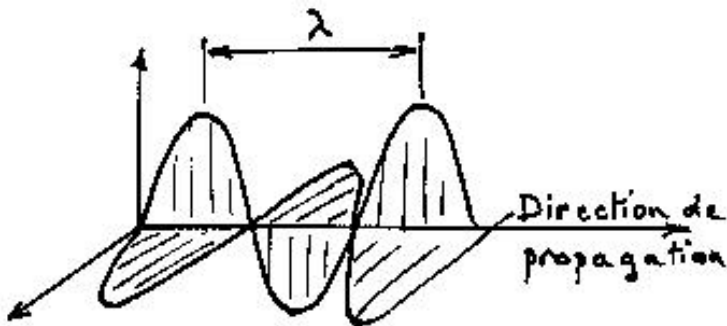
Rappels sur la longueur d'onde λ :



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

Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde λ :



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

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 λ :

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

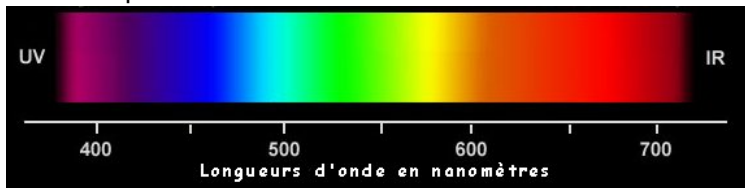
Conclusion

Compléments

Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde λ :

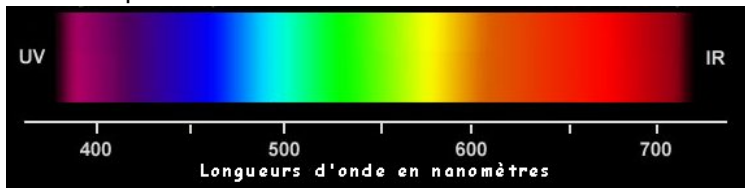
- Le spectre visible :



Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde λ :

- Le spectre visible :

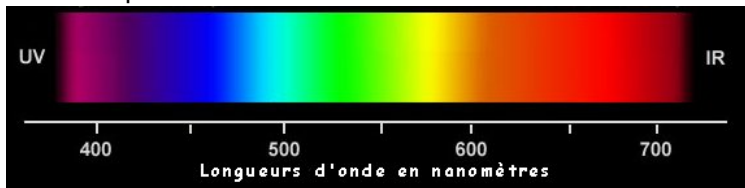


- Exemples de raies stellaires "célèbres" :

Calibration en longueur d'onde

Rappels sur la longueur d'onde λ :

- Le spectre visible :



- Exemples de raies stellaires "célèbres" :

Raie	H α	H β	H γ	NaI	NaI	Ca
λ (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 :

- But : associer à chaque pixel x une longueur d'onde λ telle qu'au pixel $n^{\circ}1$, $\lambda = a$.

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 :

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

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

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 λ telle qu'au pixel $n^{\circ}1$, $\lambda = a$.
- Trouver les coefficients du polynôme de la forme :

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

- 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

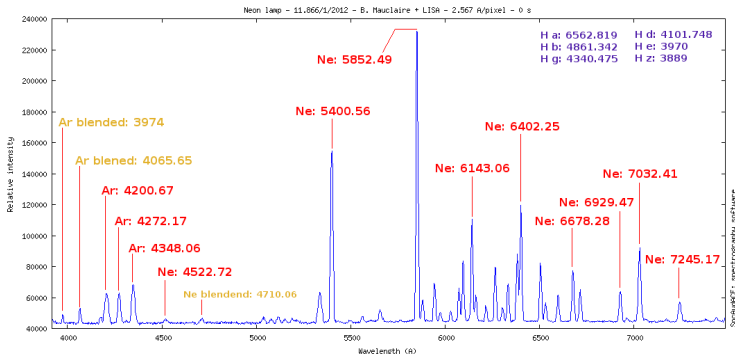
Exportation des profils de
raies

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

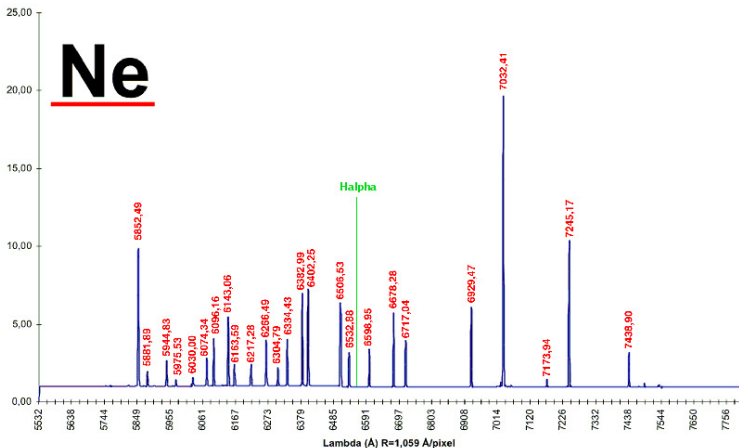
Exportation des profils de
raies

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 :

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

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 de l'entête du fichier 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 de l'entête du fichier 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 de l'entête du fichier mémorisent les coefficients a et b .
- ▶ Longueur d'onde du premier pixel :
$$\text{CRVAL1} = a / [\text{angstrom}]$$
- ▶ Dispersion linéaire :
$$\text{CDELTA1} = b / [\text{angstrom/pixel}]$$

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

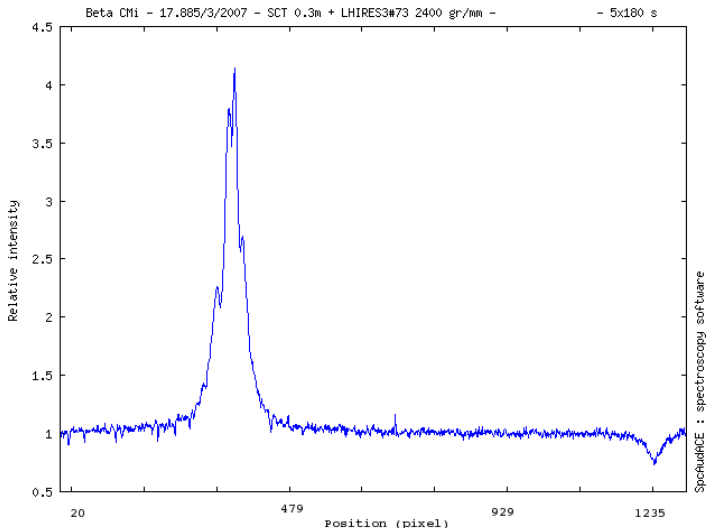
Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments

Calibration en longueur d'onde

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

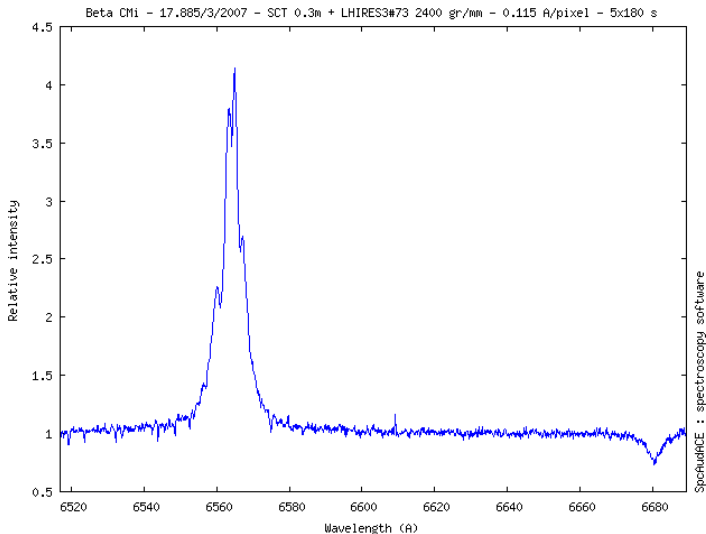
Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments

Calibration en longueur d'onde

Résultat après application de la loi de calibration :



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

Calibration en longueur d'onde

Quelques précautions :

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

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.

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.
- Gestion de certaines flexions mécaniques du spectroscopie qui créent majoritairement un décalage horizontal des spectres : encadrer la série de spectres stellaires avec un spectre de lampe avant et après la série.

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.
- Gestion de certaines flexions mécaniques du spectroscopie qui créent majoritairement un décalage horizontal des spectres : encadrer la série de spectres stellaires avec un spectre de lampe azvant et après la série.
- Le recalage horizontal sera alors géré par le pipeline.

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.
- Gestion de certaines flexions mécaniques du spectroscopie qui créent majoritairement un décalage horizontal des spectres : encadrer la série de spectres stellaires avec un spectre de lampe azvant et après la série.
- Le recalage horizontal sera alors géré par le pipeline.

Fonction SpcAudace :

```
spc_calibren profil_de_raie_fits x1 lambda1 x2 lambda2 ...
```

```
Ex. : spc_calibren lampe_del_sco.fit 125.7 6532.46 612.3 6598.17
```

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

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

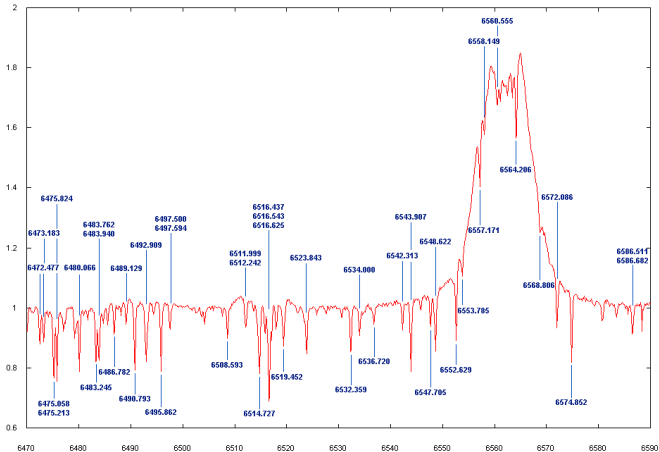
Exportation des profils de
raies

Heureusement, il y a
les pipelines

Calibration en longueur d'onde

Amélioration de calibration :

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



Calibration en longueur d'onde

Permet une rectification de la loi de calibration (coéff. a) :

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

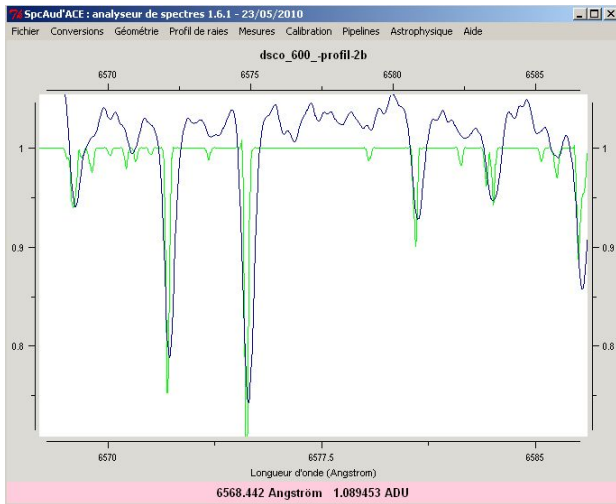
Exportation des profils de
raies

Heureusement, il y a
les pipelines

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

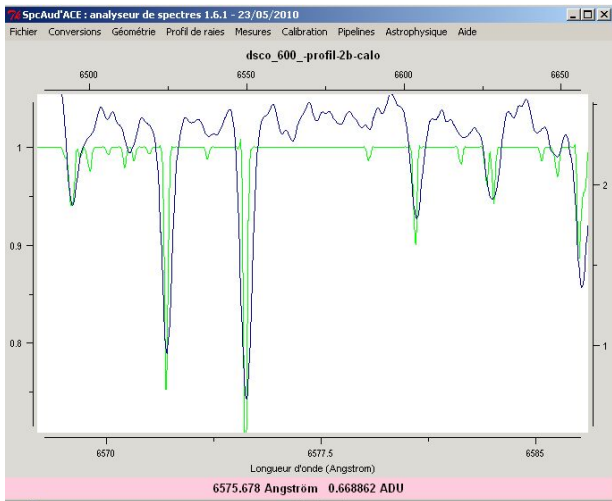
Conclusion

Compléments



Calibration en longueur d'onde

Rectification automatique de la 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

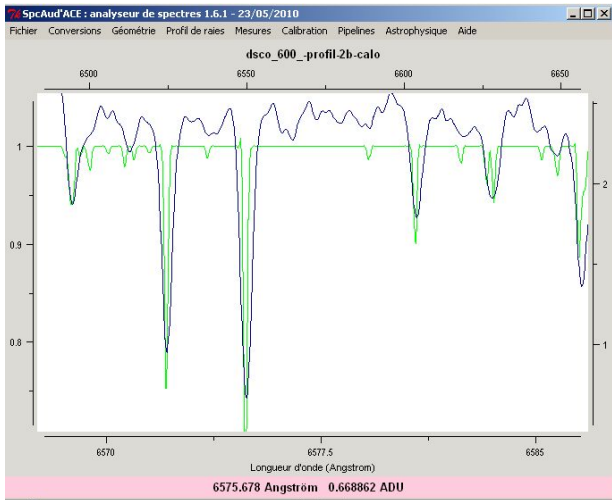
Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments

Calibration en longueur d'onde

Rectification automatique de la 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

Fonction SpcAudace automatique :

`spc_calibretelluric del_sco_calibre.fit`

Calibration en longueur d'onde

Regard sur la qualité de la 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

Regard sur la qualité de la calibration :

- Permet une estimation de la qualité de la calibration avec les raies telluriques : **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

Calibration en longueur d'onde

Regard sur la qualité de la calibration :

- Permet une estimation de la qualité de la calibration avec les raies telluriques : **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=-0.0010892777789 A  
  
# Ouverture d'un profil de raies calibré linéairement...  
zet_tau--profil-final-ocal
```


Calibration en longueur d'onde

Regard sur la qualité de la calibration :

- Permet une estimation de la qualité de la calibration avec les raies telluriques : **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=-0.0010892777789 A  
  
# Ouverture d'un profil de raies calibré linéairement...  
zet_tau--profil-final-ocal
```

- Correction de la vitesse héliocentrique : si demandée (pas fait par défaut pour les pros.).

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

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

- 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.
→ Atlas spectral : UVES, Elodie, ...

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.
→ Atlas spectral : UVES, Elodie, ...
- On réalise le spectre de cette étoile avec notre spectrographe.

Détermination de la réponse instrumentale

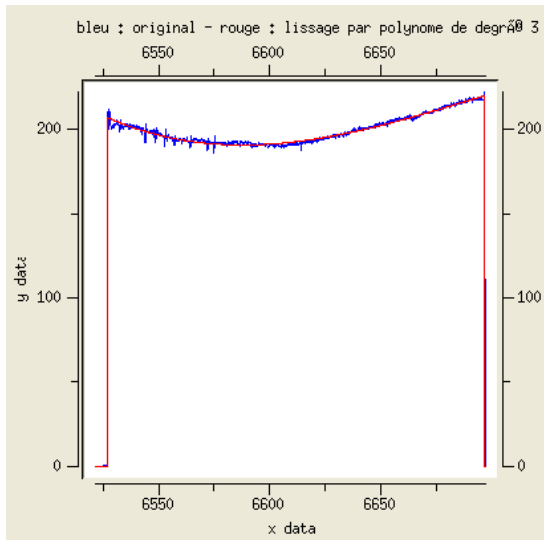
- Le spectrographe ne possède pas une réponse linéaire en intensité selon la longueur d'onde.
- On utilise le spectre d'étoiles de référence (Altair, Régulus, ...) dont on possède le spectre correctement calibré en flux.
→ Atlas spectral : UVES, Elodie, ...
- On réalise le spectre de cette étoile avec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

$$RI = \text{lissage} \left(\frac{\text{Profil_Altair_ciel}}{\text{Profil_Altair_UVES}} \right)$$

`spc_rinstrum profil_etoile profil_etoile_atlas`

Détermination de la réponse instrumentale

Exemple :



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

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 :

```
spc_rescalecont profil.fit
```

Rectification du continuum

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

```
spc_rescalecont profil.fit
```

- Soit par normalisation : toutes les valeurs du continuum sont mises à 1 :

```
spc_autonorma profil.fit
```

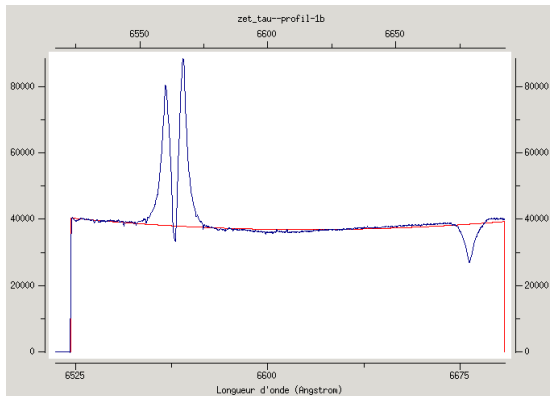
Rectification du continuum

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

`spc_rescalecont profil.fit`

- Soit par normalisation : toutes les valeurs du continuum sont mises à 1 :

`spc_autonorma profil.fit`



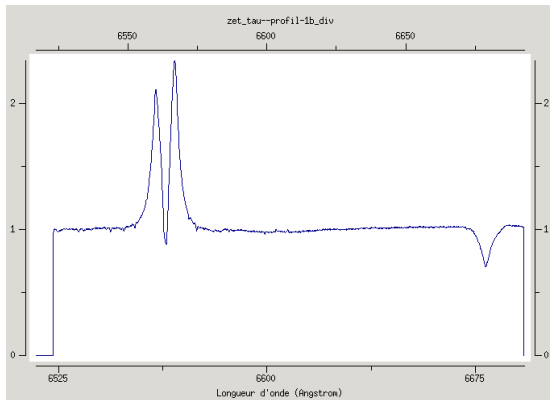
Rectification du continuum

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

`spc_rescalecont profil.fit`

- Soit par normalisation : toutes les valeurs du continuum sont mises à 1 :

`spc_autonorma profil.fit`



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

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

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

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

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

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

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

- 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 :

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

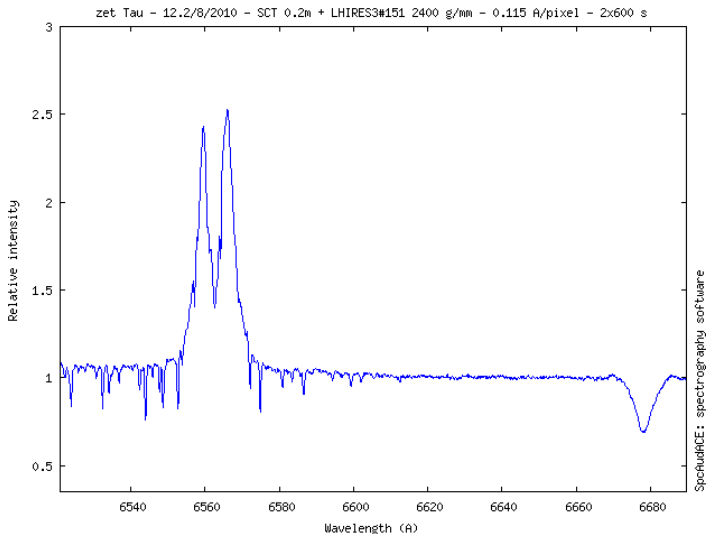
- Mise à la norme BeSS (base de données des étoiles Be et Herbig).
 - ▶ Entête FITS correctement renseignée.
 - ▶ Format reconnu par la communauté professionnelle.
- Export d'un profil au format d'image PNG :
 - ▶ Pour communiquer avec ses collaborateurs un résultat immédiatement évocateur sans nécessité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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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.

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.

Heureusement, il y a les pipelines

Exemple du pipeline d'SpcAudace :

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

Réduction de spectres stellaires

Réduction de spectres stellaires

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

Nom générique des spectres bruts

Nom générique des noirs

Nom générique des plu(s)

Nom générique des noirs de plu

Nom générique des offset(s)

Spectre 1D de la réponse intrumentale

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

Calibration avec plusieurs spectres de lampe (o/n)

Calibration supplémentaire avec raies telluriques (o/n)

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

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

Retrait des cosmics (o/n)

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

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

Traite chaque spectre individuellement (o/n)

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

Heureusement, il y a les pipelines

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

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.

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-calor.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

Heureusement, il y a les pipelines

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

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.

Exemple de mots clef ajoutés :

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

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]
CDELTA1 = 0.114914760647 / [Angstrom/pixel]
CRPIX1 = 1 / [pixel] Reference pixel
CUNIT1 = 'angstrom' / Wavelength unit
CTYPE1 = 'Wavelength'
SPC_RESP= 15443. / Power of resolution at wavelength SPC_RESL
SPC_RESL= 6598.95300019 / [angstrom] Wavelength
                                where power of resolution is computed
SPC_RMS0 = 2.096967E-03 / [angstrom] RMS regarding telluric lines
SPC_NORM= 'Dividing by continuum polynome extracted'
                                / Technic used for normalisation
```

- Une petite démo pour mieux se faire une idée !

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

Sscripts personnalisés

Conclusion

Compléments

Ce qui est mesurable

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

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
 V/R d'une raie

Mesure de la FWHM
d'une raie

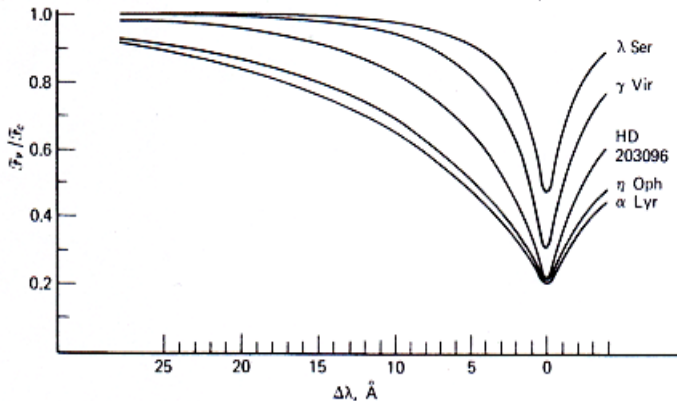
Mesure de la largeur
équivalente

Création et
exploitation de séries
de mesures

Spectre dynamique
d'une série

Sscripts personnalisés

Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



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

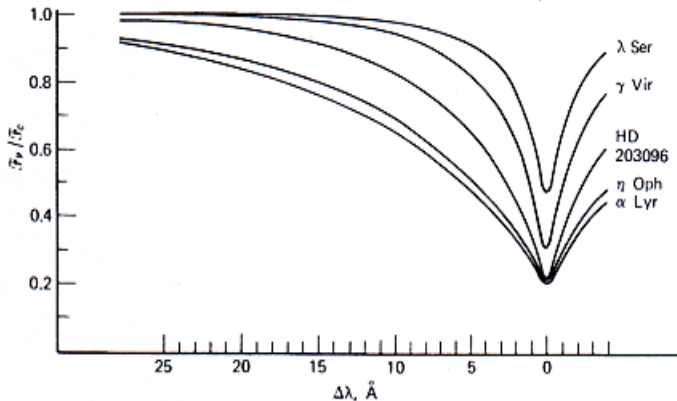
Mesure de la largeur
équivalente

Création et
exploitation de séries
de mesures

Spectre dynamique
d'une série

Scripts personnalisés

Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



- Profondeur : température effective.

Ce qui est mesurable

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

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
 V/R d'une raie
Mesure de la FWHM
d'une raie

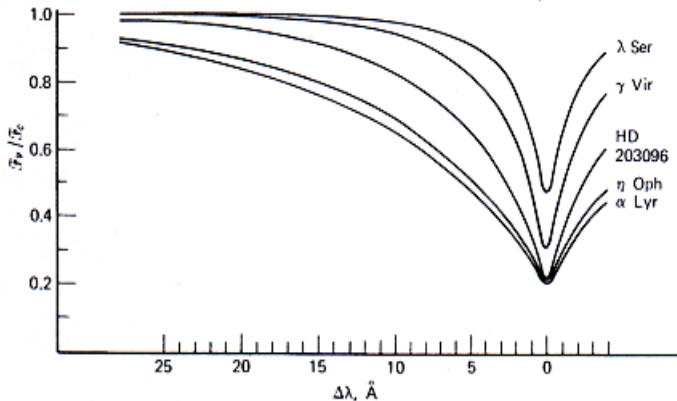
Mesure de la largeur
équivalente

Création et
exploitation de séries
de mesures

Spectre dynamique
d'une série

Scripts personnalisés

Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



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

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

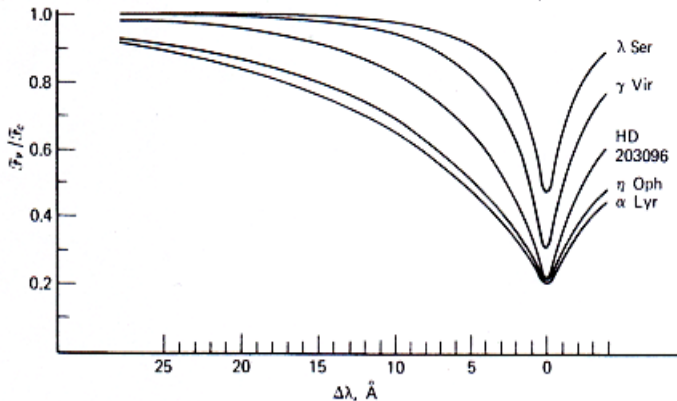
Mesure de la largeur
équivalente

Création et
exploitation de séries
de mesures

Spectre dynamique
d'une série

Scripts personnalisés

Ce que l'on peut mesurer dans les spectres



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

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

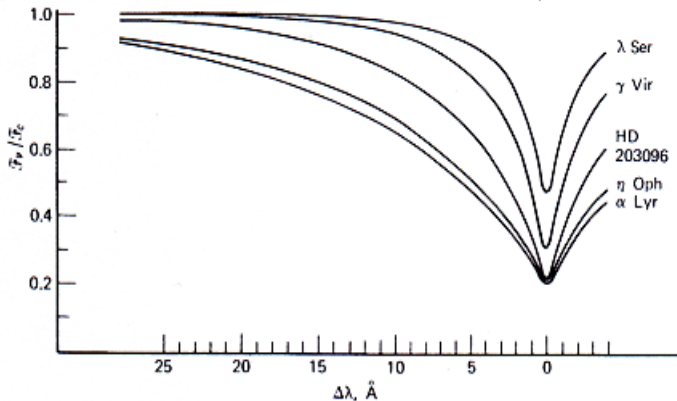
Mesure de la largeur
équivalente

Création et
exploitation de séries
de mesures

Spectre dynamique
d'une série

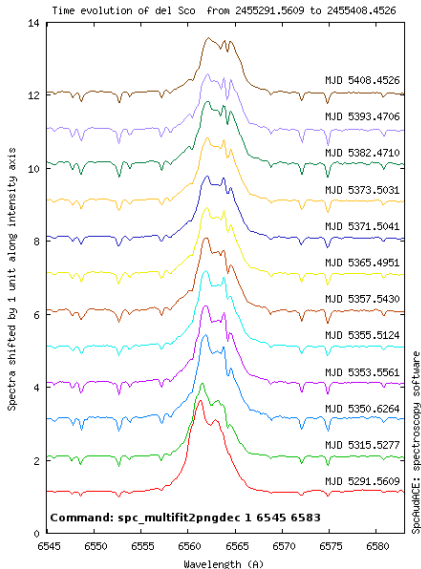
Scripts personnalisés

Ce que l'on peut mesurer dans les spectres

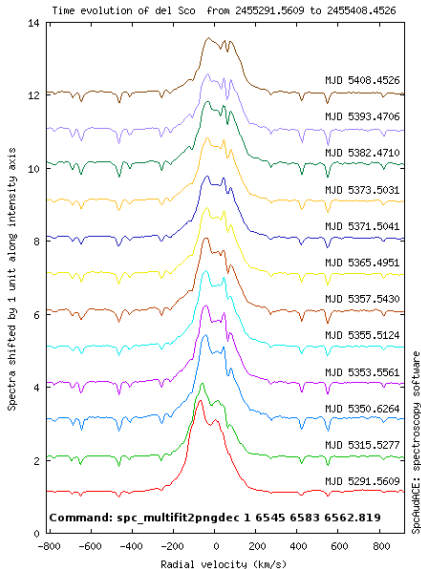


- Profondeur : température effective.
- Largeur : densité, rotation, expansion.
- Translation : effet Doppler, vous savez l'ambulance.
- Modification de la forme : échanges de matière, disque, activité de l'étoile. . .

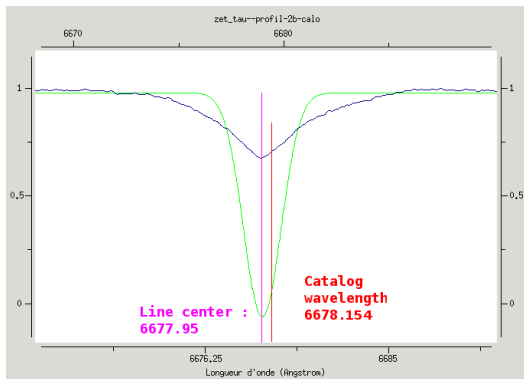
Voir l'évolution d'une raie au cours du temps



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



Mesure de la vitesse radiale

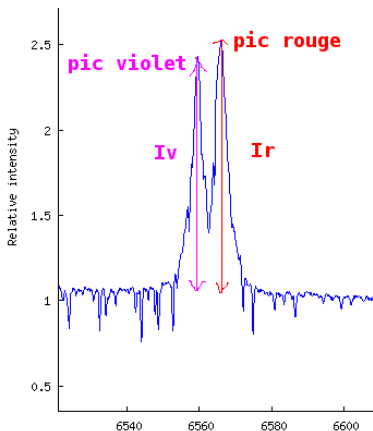


Commande :

```
spc_vradiale profil_raies_étalonné  
type_raie (e/a) lambda_raie_approchée  
lambda_réf
```

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

Mesure du rapport V/R d'une raie

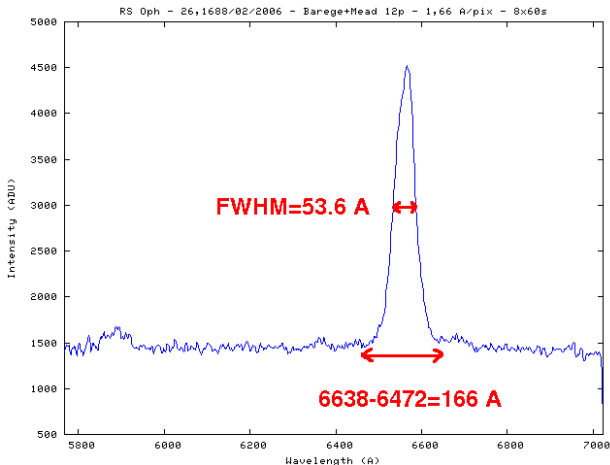


Commande :

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

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

Mesure de la FWHM d'une raie

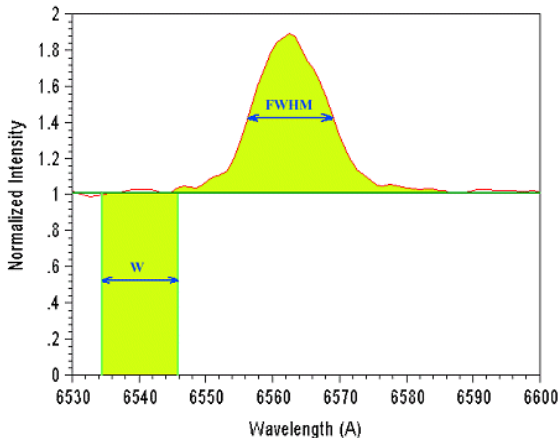


Modélisation par
une gaussienne.

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


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

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
V/R d'une raie
Mesure de la FWHM
d'une raie

Mesure de la largeur
équivalente

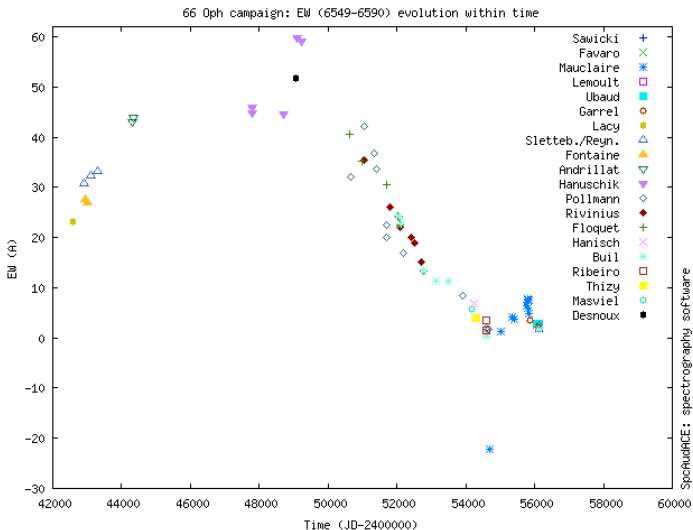
Création et
exploitation de séries
de mesures

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

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).

Introduction

ABC de la
réduction des
spectres

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Ce qui est mesurable

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

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
V/R d'une raie

Mesure de la FWHM
d'une raie

**Mesure de la largeur
équivalente**

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.

Introduction

ABC de la
réduction des
spectres

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Ce qui est mesurable
Voir l'évolution d'une
raie au cours du
temps

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
V/R d'une raie

Mesure de la FWHM
d'une raie

**Mesure de la largeur
équivalente**

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 et les spécifier dans les diagrammes.

Introduction

ABC de la
réduction des
spectres

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Ce qui est mesurable
Voir l'évolution d'une
raie au cours du
temps

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
V/R d'une raie

Mesure de la FWHM
d'une raie

**Mesure de la largeur
équivalente**

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 et les spécifier dans les diagrammes.
- Toujours faire un calcul d'estimation de l'erreur.

Introduction

ABC de la
réduction des
spectres

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Ce qui est mesurable
Voir l'évolution d'une
raie au cours du
temps

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
V/R d'une raie

Mesure de la FWHM
d'une raie

**Mesure de la largeur
équivalente**

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 et les spécifier dans les diagrammes.
- Toujours faire un calcul d'estimation de l'erreur.
- Éviter l'influence de l'opérateur : une fonction logicielle sans usage de la souris !

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 et les spécifier dans les diagrammes.
- Toujours faire un calcul d'estimation de l'erreur.
- 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_methode_pbas(2)?
```

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

Détermination du continuum :

Introduction

ABC de la
réduction des
spectres

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Ce qui est mesurable

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

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
V/R d'une raie
Mesure de la FWHM
d'une raie

**Mesure de la largeur
équivalente**

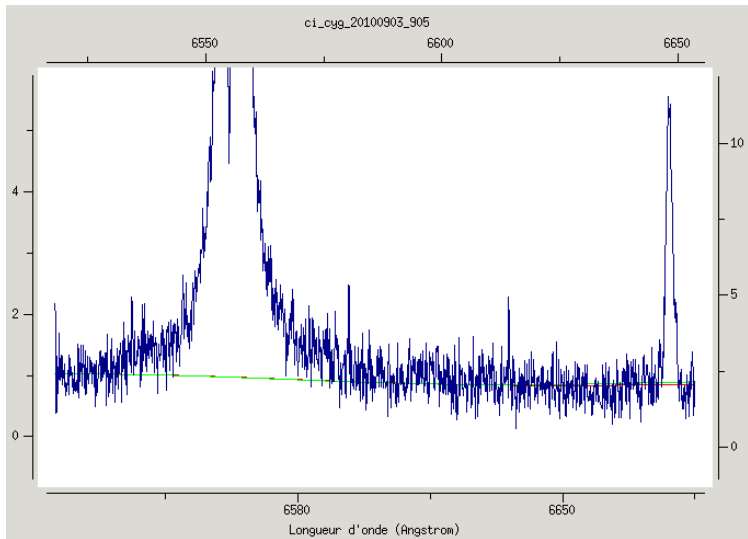
Création et
exploitation de séries
de mesures

Spectre dynamique
d'une série

Scripts personnalisés

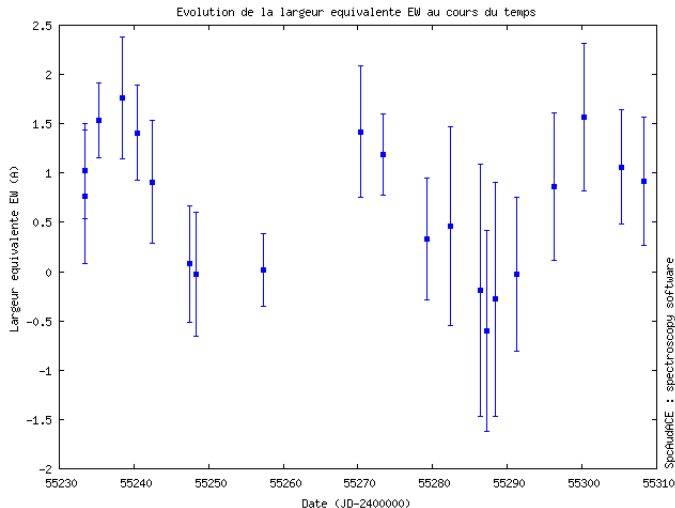
Conclusion

Compléments



Création et exploitation de séries de mesures

Mesure de EW sur une série de spectres :

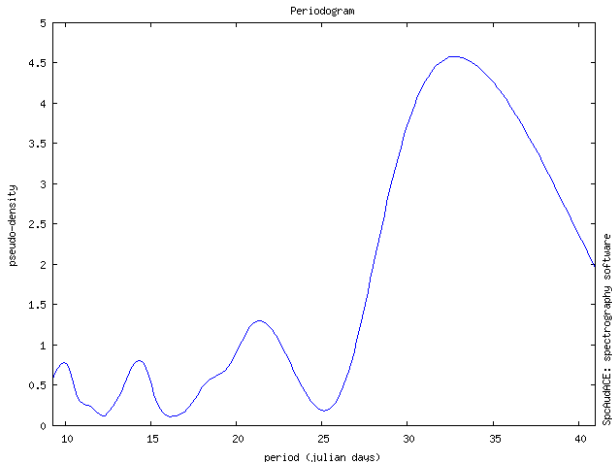


`spc_ewcourbe lambda_deb lambda_fin`

→ traite les fichiers du répertoire.

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'echantillonnage du periodogram
```

Création et exploitation de séries de mesures

Détermination d'une période de variation :

Introduction

ABC de la
réduction des
spectres

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Ce qui est mesurable
Voir l'évolution d'une
raie au cours du
temps

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
V/R d'une raie
Mesure de la FWHM
d'une raie

Mesure de la largeur
équivalente

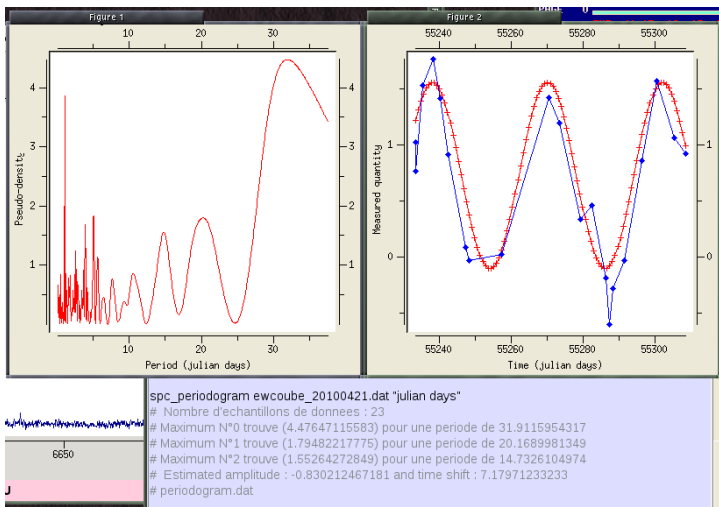
Création et
exploitation de séries
de mesures

Spectre dynamique
d'une série

Scripts personnalisés

Conclusion

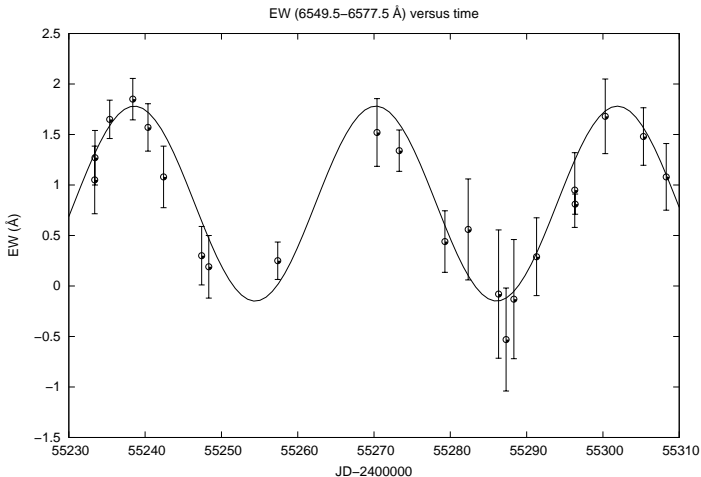
Compléments



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

Création et exploitation de séries de mesures

Détermination d'une période de variation :



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

Ce qui est mesurable

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

Mesure de la vitesse
radiale

Mesure du rapport
 V/R d'une raie

Mesure de la FWHM
d'une raie

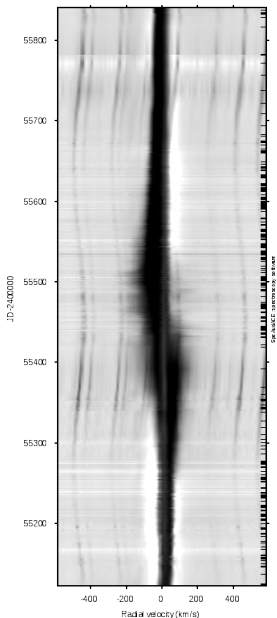
Mesure de la largeur
équivalente

Création et
exploitation de séries
de mesures

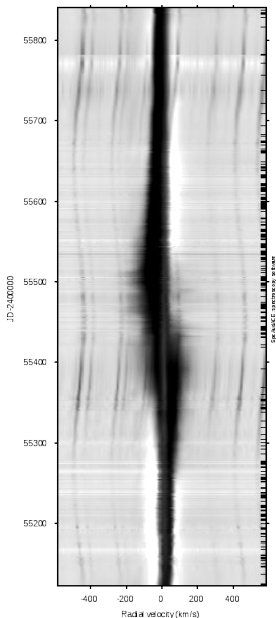
**Spectre dynamique
d'une série**

Scripts personnalisés

Spectre dynamique d'une série

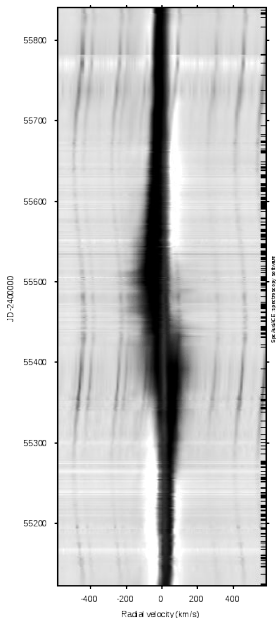


Spectre dynamique d'une série



- Idéal pour les phénomènes de pulsation et de binarité.

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
```

Spcscripts 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

Spcscripts personnalisés

Conclusion

Compléments

Scripts 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

Sscripts personnalisés

Conclusion

Compléments

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

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

Scripts personnalisés

- Appliquer une commande à tous les fichiers 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 :

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

Scripts personnalisés

- Appliquer une commande à tous les fichiers 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 :

```
# Complétion 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 : ϵ Aur, HD57682, RR Lyr bien sûr !

Sscripts 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

Sscripts personnalisés

Conclusion

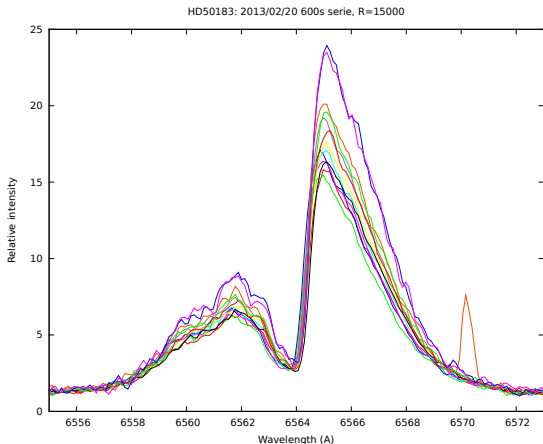
Compléments

Sscripts 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_autonorma $fichier ]
      set snr [ spc_snr $filenorma ]
      set msnr [ expr $msnr+$snr ]
      ...
      set msnr [ expr round($msnr/$nbfiles) ]
      #--- Renomme chaque fichier pour etre de la forme hd50138_yyyyymmdd_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
      }
    }
  }
```


Scripts personnalisés : résultat



'bess_hd50138_20130220_831.dat'
'bess_hd50138_20130220_839.dat'
'bess_hd50138_20130220_846.dat'
'bess_hd50138_20130220_853.dat'
'bess_hd50138_20130220_860.dat'
'bess_hd50138_20130220_868.dat'
'bess_hd50138_20130220_875.dat'
'bess_hd50138_20130220_948.dat'
'bess_hd50138_20130220_958.dat'
'bess_hd50138_20130220_965.dat'
'bess_hd50138_20130220_972.dat'
'bess_hd50138_20130220_979.dat'
'bess_hd50138_20130220_986.dat'

Conclusion

Principes de la
réduction
et de l'analyse des
spectres

B. MAUCLAIRE

Introduction

ABC de la
réduction des
spectres

Exploitation
astrophysique de
vos spectres

Conclusion

Compléments

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.

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.

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. . .

Principes de la
réduction
et de l'analyse des
spectres

B. MAUCLAIRE

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`
La 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`
La température électronique de la
nébuleuse est :
12158.3809392 Kelvin ; $R(OIII)=124.239096676$
- 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

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`

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 : $4622.2806091 \text{ e-}/\text{cm}^3$; $R(\text{SII})=0.60396$
`spc_ne m42_061209 12158 13`
La densité électronique de la nébuleuse
est : $3785.84178667 \text{ e-}/\text{cm}^3$; $R(\text{SII})=0.63368$

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 : $4622.2806091 \text{ e}^-/\text{cm}^3$; $R(\text{SII})=0.60396$
- # `spc_ne m42_061209 12158 13`
La densité électronique de la nébuleuse
est : $3785.84178667 \text{ e}^-/\text{cm}^3$; $R(\text{SII})=0.63368$
- Les valeurs usuelles de N_e pour les régions HII vont
de 80 à $5000 \text{ e}^-/\text{cm}^3$. Notre mesure semble donc
cohérente.