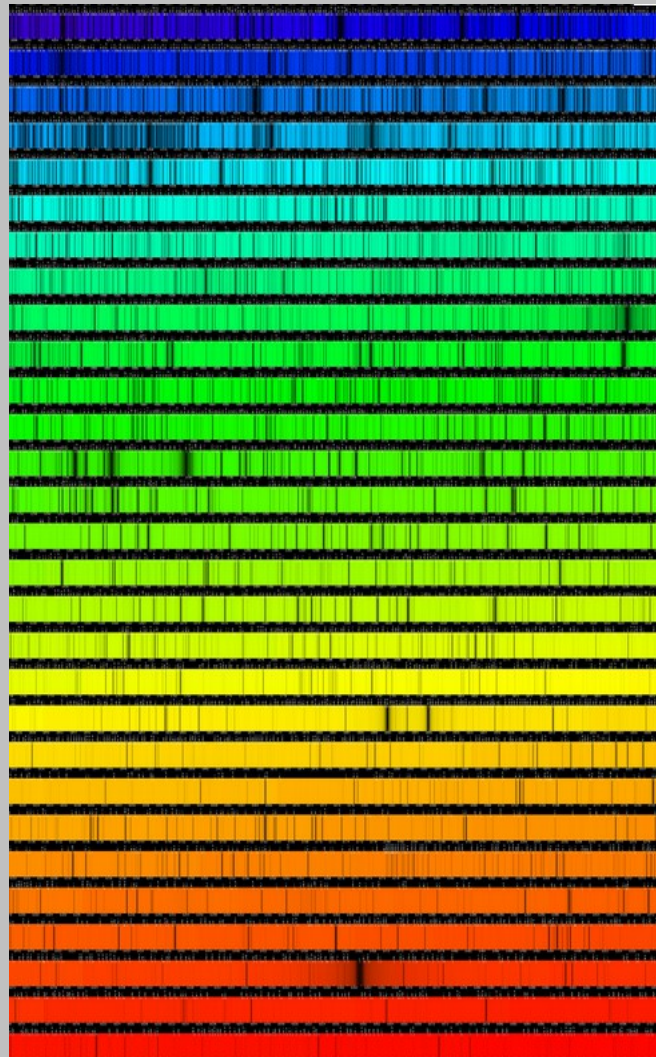


Spectro et Star Analyzer



Jean-Jacques

14 Octobre 2016



La spectro, c'est quoi ?

- La lumière blanche est dispersée par un prisme (expérience de Newton)

◆ Ex : arc-en-ciel



source : wikipedia

- Inconvénient du prisme :
 - ◆ la loi de dispersion n'est pas linéaire
- Donc utilisation de réseau :
 - ◆ Plaque de verre avec des stries (Ex : 100 l/mm ou 600 l/mm)
 - ◆ Réseau holographique (2400 l/mm)



A quoi cela sert ?

- Mesurer la température d'une étoile
- Quantifier les composants d'un objet céleste
- Connaître les vitesses radiales
 - ◆ A été utilisé pour découvrir la première exoplanète (1995 à l'OHP)
- Classer les étoiles selon leur type : O B A F G K M
- Etudier l'évolution d'étoiles variables, de novae, de supernovae
- Détecter la présence de champ magnétique (effet Zeeman) ou électrique (effet Stark) en analysant le doublement ou le triplement des raies
- Déterminer la vitesse de rotation d'un objet (Jupiter, Saturne)
- Mesurer l'expansion de l'univers (redshift)
- ...



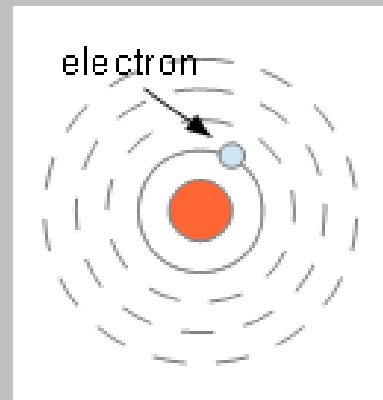
Quelques idées fausses

- Ce n'est que pour les pros
- Il faut un gros télescope
- Il faut être expert en informatique
- Tout a déjà été fait
- Je ne suis pas assez bon
- Un spectre, ce n'est pas joli
- La spectro, ce n'est pas varié
- Il ne fait pas assez beau chez moi
- Un spectre ne bouge jamais



Un peu d'énergie, voyons !

Electrons tournent autour du noyau sur des orbites qui ont un rayon quantifié



L'hydrogène a un électron autour du noyau

Chaque orbite correspond à un niveau d'énergie

Les orbites ont un indice "n" .

$n = 1$ est le niveau fondamental. C'est l'orbite la plus proche du noyau. L'atome est neutre



Electron baladeur

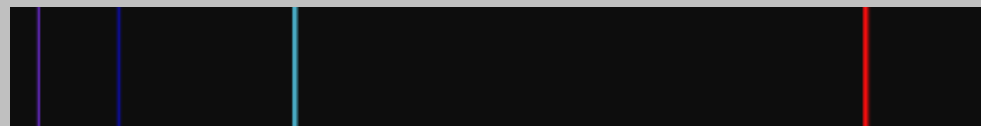
- Electron passe d'une orbite m à une orbite n
 - ◆ $h \nu = E_m - E_n$
 - ◆ comme $\lambda = c/\nu$ c : vitesse de la lumière
 - ◆ On a : $hc / \lambda = E_m - E_n$
 - ◆ h constante de Planck = $4,1343359 \times 10^{-15} \text{ eV.s}^{-1}$



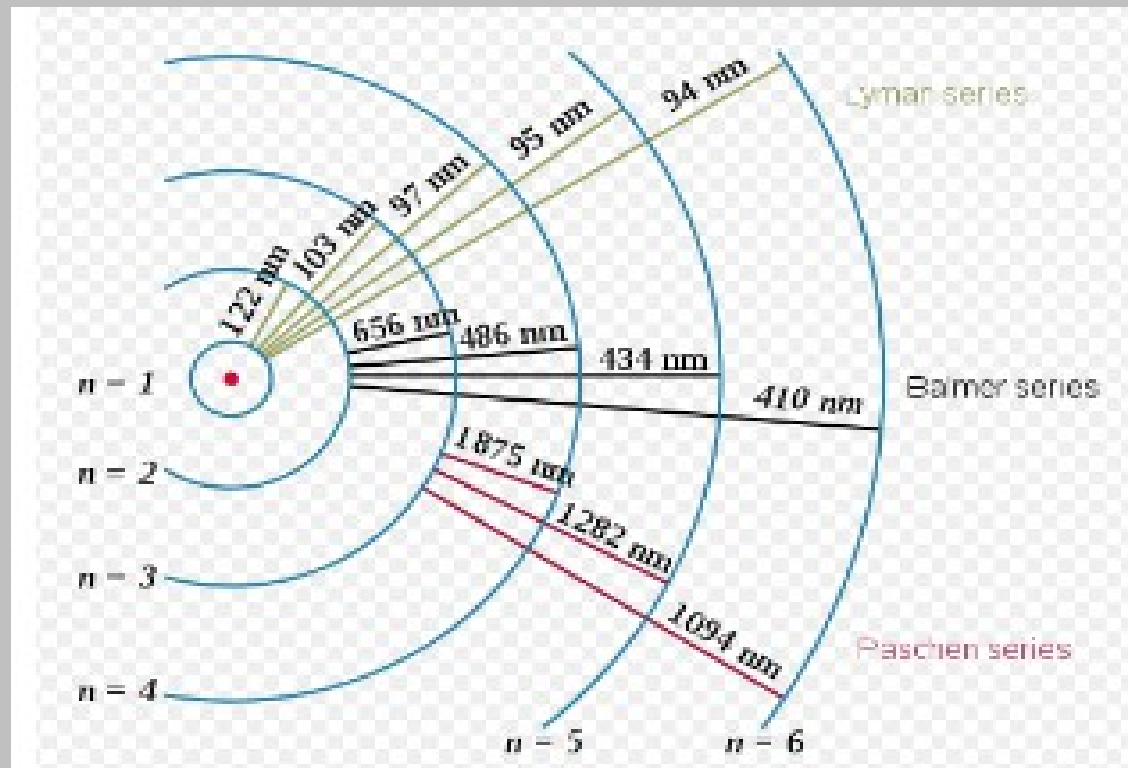
Raies de Balmer

- Dans le visible
- Si dans un atome d'hydrogène, l'électron quitte ou arrive au niveau $n=2$:

Notation	Niveau haut	Niveau bas	Longueur d'onde (Å)
H α	3	2	6563
H β	4	2	4861
H γ	5	2	4340
H δ	6	2	4101
H ϵ	7	2	3970



Les raies de l'hydrogène



Source : Wikipedia



Paramètres mesurables avec un spectre

Température : en rapprochant le profil du spectre de la fonction de Planck

Présence des éléments chimiques : en identifiant les raies propres à chaque élément

Abondance des éléments : en mesurant l'intensité des raies d'un élément par rapport à un autre élément

Pression dans la zone absorbante : en mesurant l'élargissement des raies

Présence d'un champ électrique ou magnétique : par analyse du doublement ou du triplement des raies (effet Zeeman ou Stark)

Rotation de l'objet : En étudiant l'inclinaison des raies de l'objet (effet Doppler)

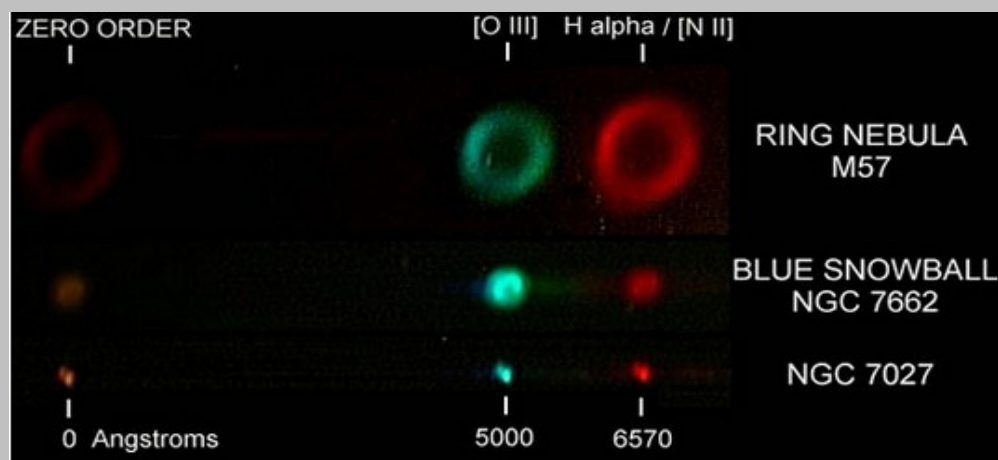
Rapprochement ou éloignement de l'objet : décalage vers le rouge (redshift) ou vers le bleu

Utilisé pour mettre en évidence l'expansion de l'univers



Star analyzer

- 100 l/mm
- Pas de fente
- Monté sur une bague 31,75 mm, comme un filtre
- Disponible au club, et chez différents membres



Source : shelyak

[OIII], [NII] : raies interdites car n'existent que dans le milieu interstellaire à cause de la basse densité.



Différents montages de Star Analyzer



Source : Shelyak

Sur
APN



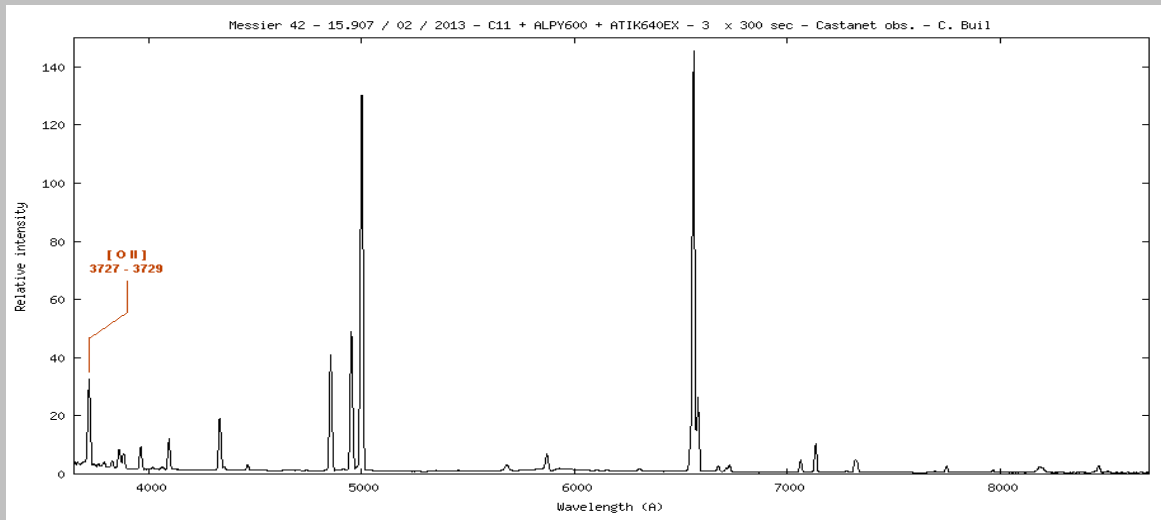
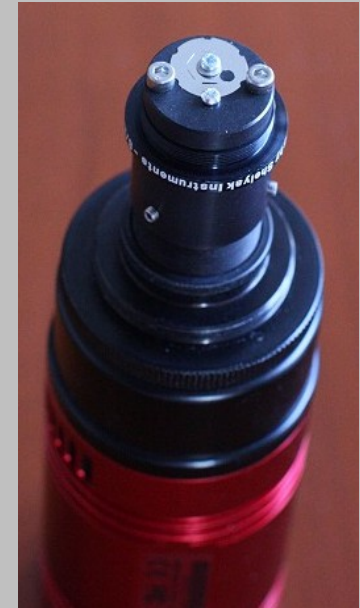
Source : O. Thizy

Sur caméra
CCD



alpy600

- 600 l/mm
- $R = 600$
- Avec fente
 - ◆ permet une meilleure résolution et calibration
- jusqu'à F/4, prévoir éventuellement un réducteur de focale
- Utilisé par JJB



Nébuleuse d'Orion

14 Octobre 2016

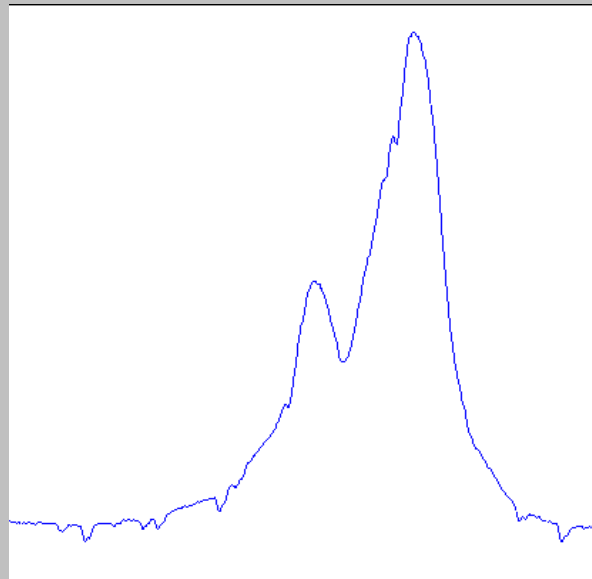


Source : Ch. Buil



Lhires III

- 2400 l/mm en standard
 - ◆ autres options : 150, 300, 600, 1200 l/mm
- $R = 17000$
- Avec fente
- F/10
- Disponible au Club



Bet Lyr

Source : Jean-Jacques



En pratique : comment s'organiser

- 1ère étape : **choisir ses cibles et préparer le matériel** quand il fait jour
- 2ème étape : **acquisition d'une étoile de référence (ex : Vega)** puis les cibles
 - ◆ fichier .fits, ou Raw pour APN (.CR2)
- 3ème étape : **Traiter l'étoile de référence**, avec ISIS :
 - ◆ Créer son profil spectral
 - ◆ Calibrer en X : étalonnage
 - ◆ Calibrer en Y : réponse instrumentale
- 4ème étape : **Traiter les autres cibles**, avec ISIS
- 5ème étape : **Analyser les spectres**, avec ISIS, VisualSpec, Excel, Mathematica, ... :
 - ◆ Intensité
 - ◆ Décalage Doppler
 - ◆



Procédure standard d'acquisition

- Affiner focalisation télescope et caméra d'acquisition :
Bonne orientation CCD : spectre horizontal
- Acquisition étoile de référence (pour la calibration et la réponse instrumentale)
- Acquisition cibles
- Acquisition des flats (toujours), darks (bibliothèque), offsets (bibliothèque)
- Nota : il peut être utile de contrôler une acquisition avec ISIS avant d'attendre la fin de la session (qui peut durer une heure avec le Lhires)
- Ultérieurement : sauvegardes et traitements des spectres avec ISIS pour obtenir le profil
- Au moins 11 poses (nombre impair pour éviter égalité dans les tests logiciel)
- Spectre le plus horizontal possible
- Étoile à mi-hauteur dans la fente
- Focaliser sur le spectre et pas sur l'étoile (SA 100)



Logiciels d'acquisition

- Audela (gratuit), Prism, MaximDL
- Générer des fichiers .fit ou .fits pour les CCDs, .CR2 pour les APNs (mode RAW)
- Avoir une structure de répertoire (un par nuit) : répertoire d'acquisition, répertoire de travail, sauvegardes
- Avoir une standardisation des noms :

HDxxxx-, Alp_Lyr-, ... pour les objets

HDxxxx_neon- pour les spectres du néon

d600_m15- pour des darks de 600s à -15°C

f- pour les flats

o- pour les offsets

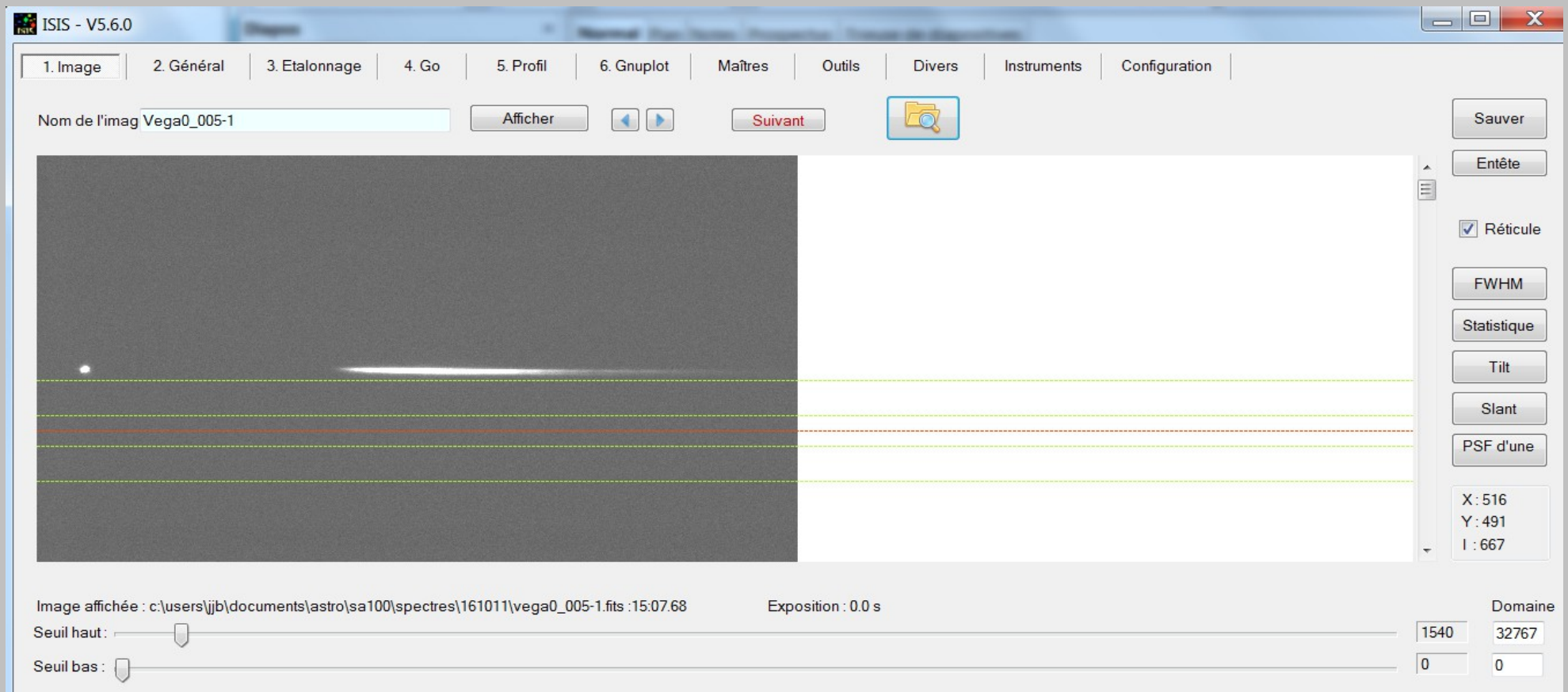
Le "-" en suffixe est pour le traitement avec ISIS.

Le "_neon-" en suffixe est pour le traitement avec ISIS.



Logiciel de traitement : ISIS

- Source : <http://www.astrosurf.com/buil/isis/isis.htm>



ISIS : configuration

ISIS - V5.6.0

1. Image | 2. Général | 3. Etalonnage | 4. Go | 5. Profil | 6. Gnuplot | Maîtres | Outils | Divers | Instruments | Configuration

Modèle de spectrographe

Star Analyser

Répertoire de travail

c:\users\jib\documents\astro\sa100\spectres\16

Répertoire de la base spectrale

c:\isis_data

Répertoire du logiciel GNUPLOT

c:\gnuplot

Observatoire

Longitude: 1.50858 deg. Latitude: 43.51728 deg. Altitude: 150 m
(longitude positive à l'est)

Affichage

☐ Arc en ciel Lambda 1 3500 A Lambda 2 8500 A

Langue

☒ Français ☐ Anglais

Type d'interpolateur

☒ Bilinéaire ☐ Spline

Mode d'étalonnage spectral

☒ Standard ☐ Latéral

Extension FITS

☐ .FIT ☒ .FITS

Mode de sommation des profils

☒ Standard ☐ Pondéré

Assistance

☒ Vérification cohérence des r

Région spectrale utilisée pour la mise à l'échelle du profil

Lambda 1 6650 A Lambda 2 6750 A

Suppression automatique des fichiers intermédiaires

☐ Oui ☒ Non

Fichiers spectraux de sortie

☐ Ajout nom d'observateur au nom des f

Coef. filtre rayons cosmique

Valeur 100

ISIS Version 5.6.0 (C) 2016 Christian Buil



ISIS : Maîtres

ISIS - V5.6.0

1. Image | 2. Général | 3. Etalonnage | 4. Go | 5. Profil | 6. Gnuplot | Maîtres

Faire une image d'offset

Nom générique:

Nombre d'images: ☐

Résultat:

Faire une image de dark

Nom générique:

Image d'offset:

Coef. du dark:

Nombre d'images: ☐

Résultat:

Faire un fichier cosmétique

Dark:

Seuil:

Fichier cosmétique:

Faire une image flat-field

Nom générique:

Image dark:

Image d'offset:

☐ Correction du défaut de gain colonne

Coordonnée Ymax de la zone de va:

Coordonnée Ymin de la zone de va:

Nombre d'images: ☐

Résultat:

Coefficient du dark = 0.0050
Chargement de l'image c:\users\jjb\documents\astro\sa100\spectres\161011\flat-25.fits
Coefficient du dark = 0.0050
Traitement...
Sauvegarde de l'image c:\users\jjb\documents\astro\sa100\spectres\161011\flat.fits
Ok.



ISIS : Image

ISIS - V5.6.0

1. Image 2. Général 3. Etalonnage 4. Go 5. Profil 6. Gnuplot Maîtres Outils Divers Instruments Configuration

Nom de l'image: Vega0_005-1

Afficher Suivant

Statistique

Max = 4614 Min = 565
Moyenne = 800.76
Sigma = 464.928
Comptes (colonne) = 38436 ADU
Comptes (total) = 9.648E06 ADU

OK

Image affichée : c:\users\jib\documents\astro\sa100\spectres\161011\vega0_005-1.fits :15:07.68 Exposition : 0.0 s

Seuil haut : 1540 32767

Seuil bas : 0 0

Domaine

Statistique

FWHM

Tilt

Slant

PSF d'une

X : 634
Y : 270
I : 684

cliquer sur **"Suivant"**



ISIS : Général

ISIS - V5.6.0

1. Image | 2. Général | 3. Etalonnage | 4. Go | 5. Profil | 6. Gnuplot | Maîtres | Outils | Divers | Instruments

Nom racine: **Vega0_005** ... **Objet** **vega** ... **Auto** → **Suivant**

Images à traiter

Nom générique: **Vega0_005-** ... **Nombre** **10** ...

Etalonnage: ... ☐ Faire l'étalonnage spectral

Offset: **offset** ... Dark: **dark1_10** ...

Flat: **flat** ...

Paramètres de traitement

Taille du pixel (micro): **7.4** ... ☐ Valeur Y fixe dans la séque

Fichier cosmétique: **cosme** ... ☐ Fond de ciel non retiré

Réponse instrum: ... ☒ Recentrer en longueur d'on

Décalage en longueur d'ond: **0** ... ☒ Filtre rayons cosmiques

☐ Correction de la vitesse radiale héliocentrique ☒ Binning optimisé

☐ Atmosphère aut AOD: **0.13** ... Coef. réjection: **50**

Etalonnage spectral

☐ Mode prédéfini: 1200 traits/mm (6 raies)

☒ Loi de dispersion calculée (voir outil "Dispersion" dans l'o

☐ Mode fichier: ... (type xxx.lst)

Sortie

Instrument: **C9 SA100 ATIK TITAN**

Observatoire: **Clamart**

Observateur: **JJ Broussat**

Décalage en heure: **0** ... R: ...

Préfixe et suffixe des noms de fichier

Suffixe objet: ...

Suffixe étalonnage: **_neon-**

cliquer sur **"Suivant"**



ISIS : Etalonnage

ISIS - V5.6.0

1. Image 2. Général 3. Etalonnage 4. Go 5. Profil 6. Gnuplot Maîtres Outils Divers Instruments Configuration

Image à traiter : Vega0_005-1 [Afficher] [Suivant]

Angle de til -0.53 Angle de slar 0 Coordonnée Y du spe 295

Coordonnée X de la raie de longueur 6506.528 A = 0 (pixels) [Raie en émission]

Ajustement de la zone de

Définition des zones de calcul du fond de ciel et de binning

☐ 1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ Valeurs prédéfinies

Ysup2 ----- 46 pixels ☒ Afficher la grille

Ysup1 ----- 14 pixels

Y0 ===== Trace du spectre - Hauteur bin. : 22 ☐

Yinf1 ----- 14 pixels

Yinf2 ----- 46 pixels

[Fermer]

Image affichée : c:\users\jjb\documents\astro\sat00\spectres\161011\v 2016-10-11T20:15:07.68 Exposition : 0.0 s

Seuil haut -----

Seuil bas -----

Domaine 1605 32767 0 0

Sauver Entête Réticule FWHM Statistique Tilt Slant Smile PSF d'une X: 608 Y: 135 I: 636

cliquer sur "Suivant"

14 Octobre 2016

22



ISIS : Go

ISIS - V5.6.0

1. Image | 2. Général | 3. Etalonnage | 4. Go | 5. Profil

Nom de l'objet: vega

Instrument: C9 SA100 ATIK TITAN

Observatoire: Clamart

Observateur: JJ Broussat

Lancer le traitement

Go

Recentrage des spectres

- Fichier 1 -> -8.793 A
- Fichier 2 -> -34.102 A
- Fichier 3 -> -50.851 A
- Fichier 4 -> -55.835 A
- Fichier 5 -> -37.895 A
- Fichier 6 -> -46.447 A
- Fichier 7 -> -32.712 A
- Fichier 8 -> -48.773 A
- Fichier 9 -> -27.820 A
- Fichier 10 -> -45.575 A

Ecriture du profil final : c:\161011_deneb1540_20

Ecriture du profil final : c:\161011_deneb1540_20

Date début de prise de vue : 2016-10-14 21:00:00

Durée : 18.0 secondes

Date de milieu de prise de vue : 2016-10-14 21:00:00

Jour Julien du milieu de prise de vue : 2457554.5

Pouvoir de résolution : 0.0

Ok.

Voir l'image | Voir le profil

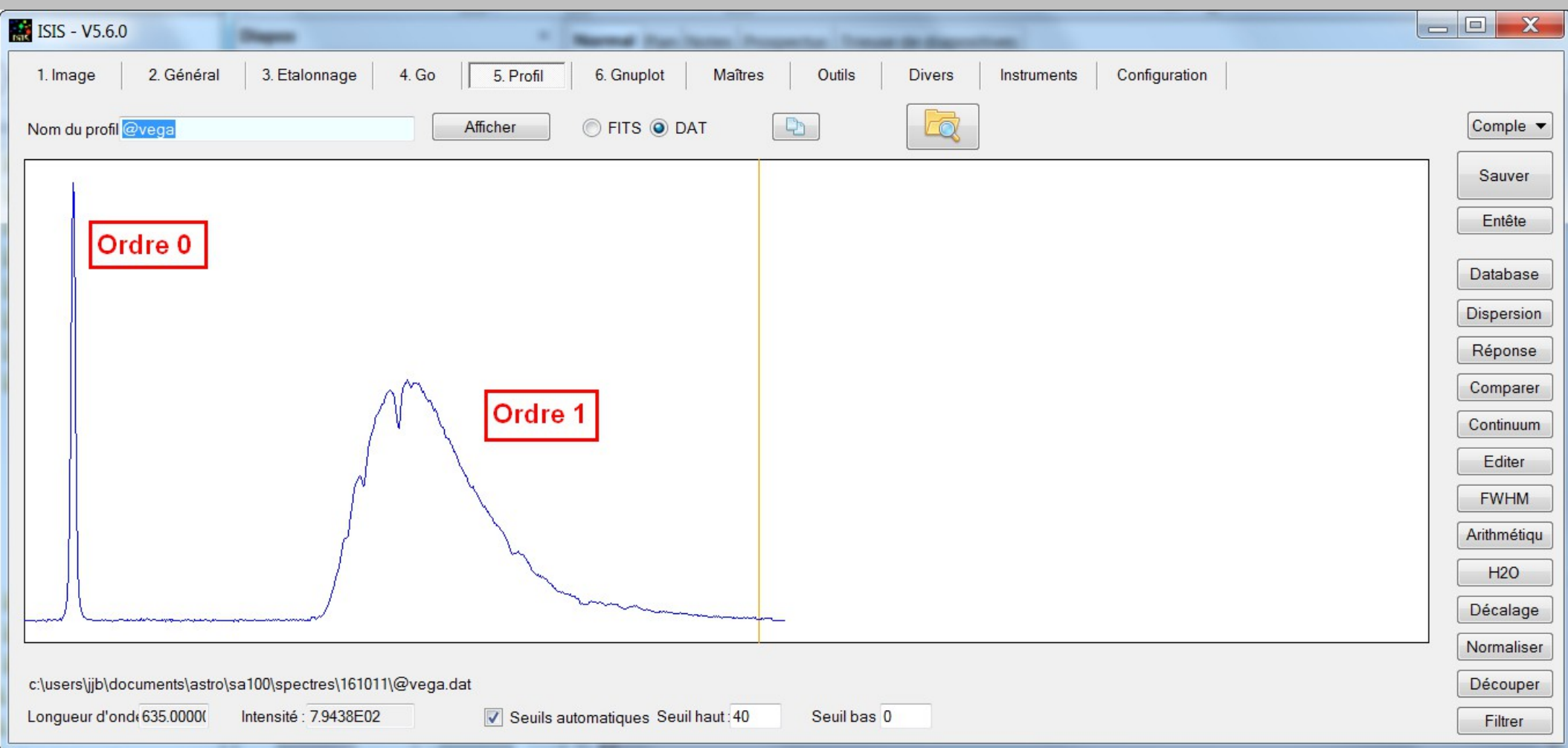
cliquer sur "Go"

14 Octobre 2016

23



ISIS : profile



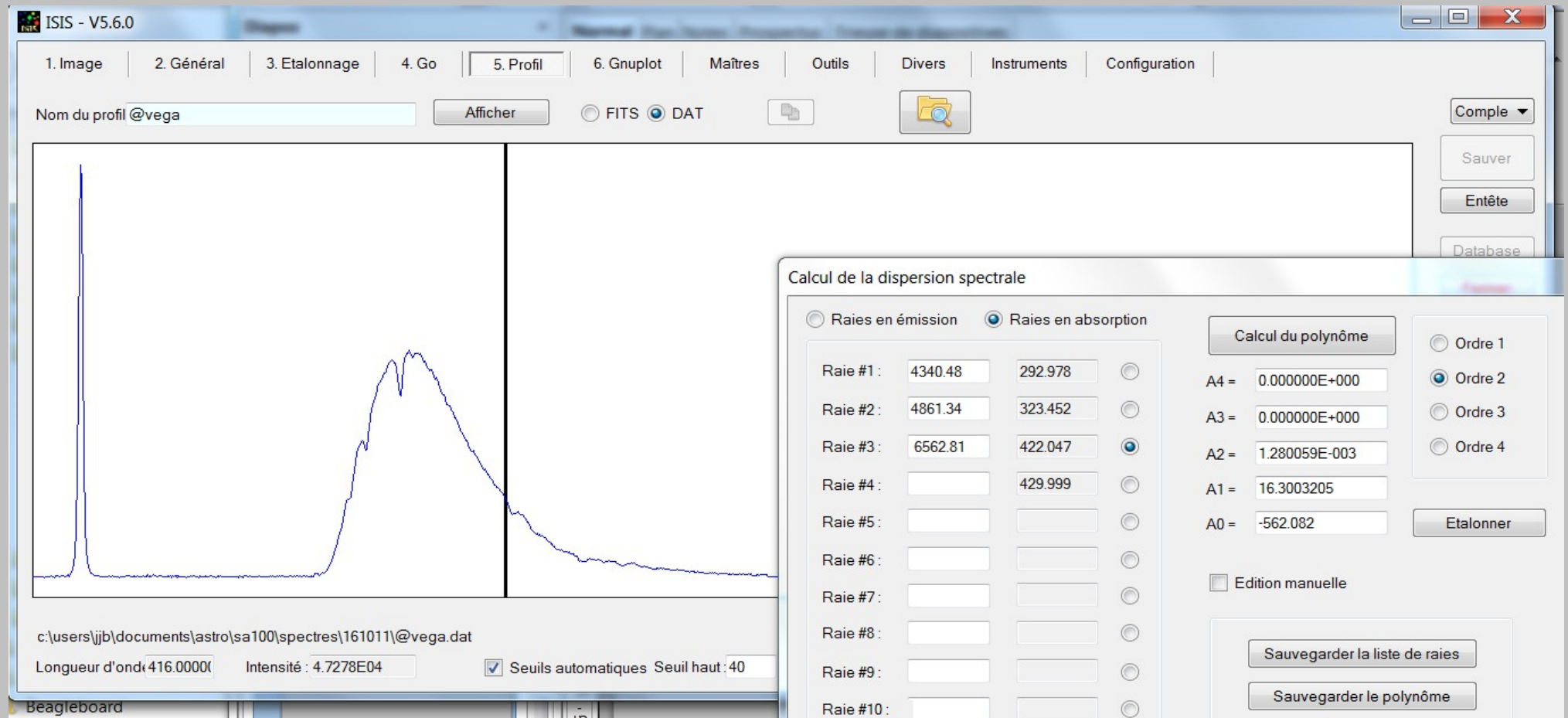
cliquer sur le bouton **"Dispersion"**

14 Octobre 2016

24



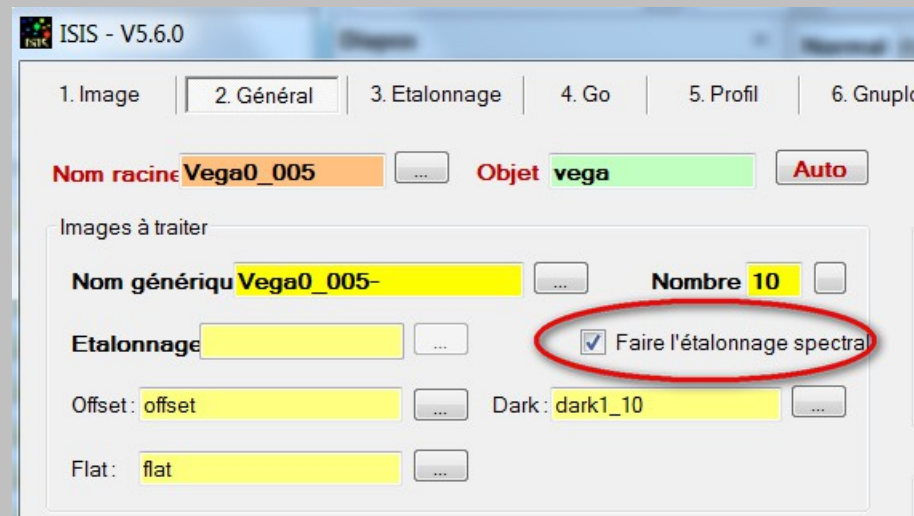
ISIS : Dispersion



Sélectionner les raies
Calcul du polynôme
Etalonner



ISIS : Général



cliquer sur **"Suivant"** , **"Suivant"** puis **GO**

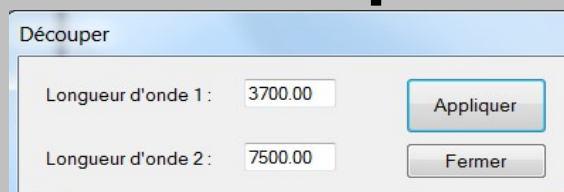
14 Octobre 2016

26

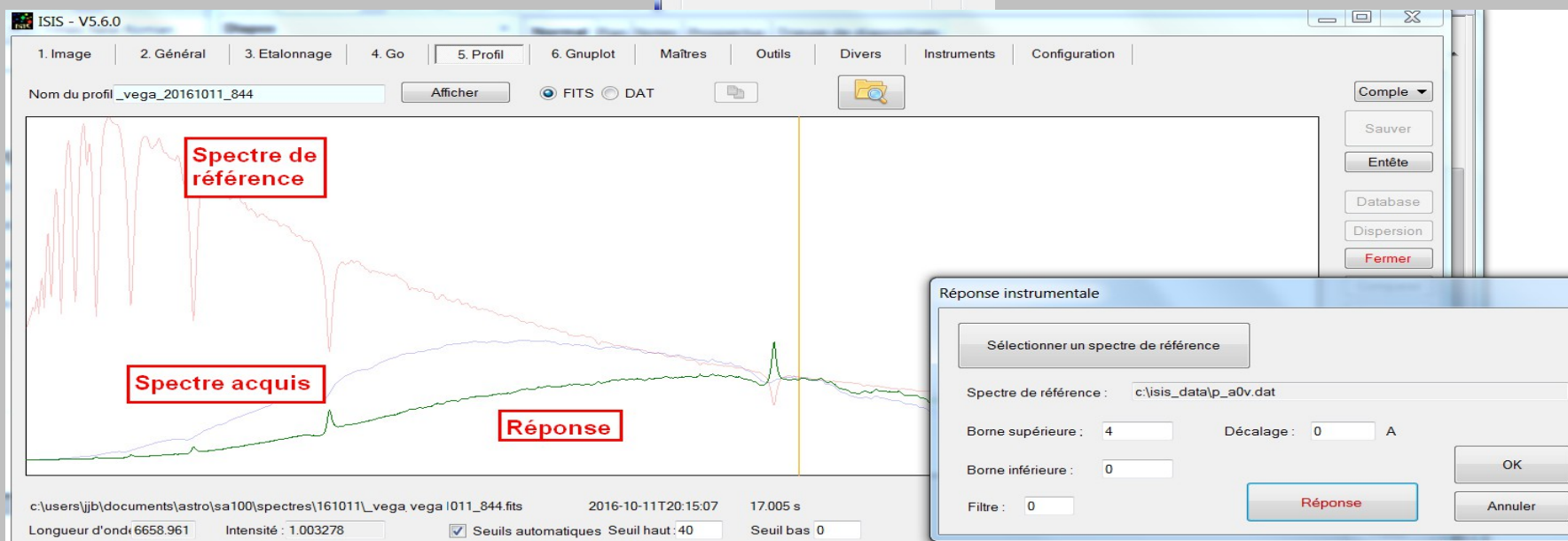


ISIS : réponse

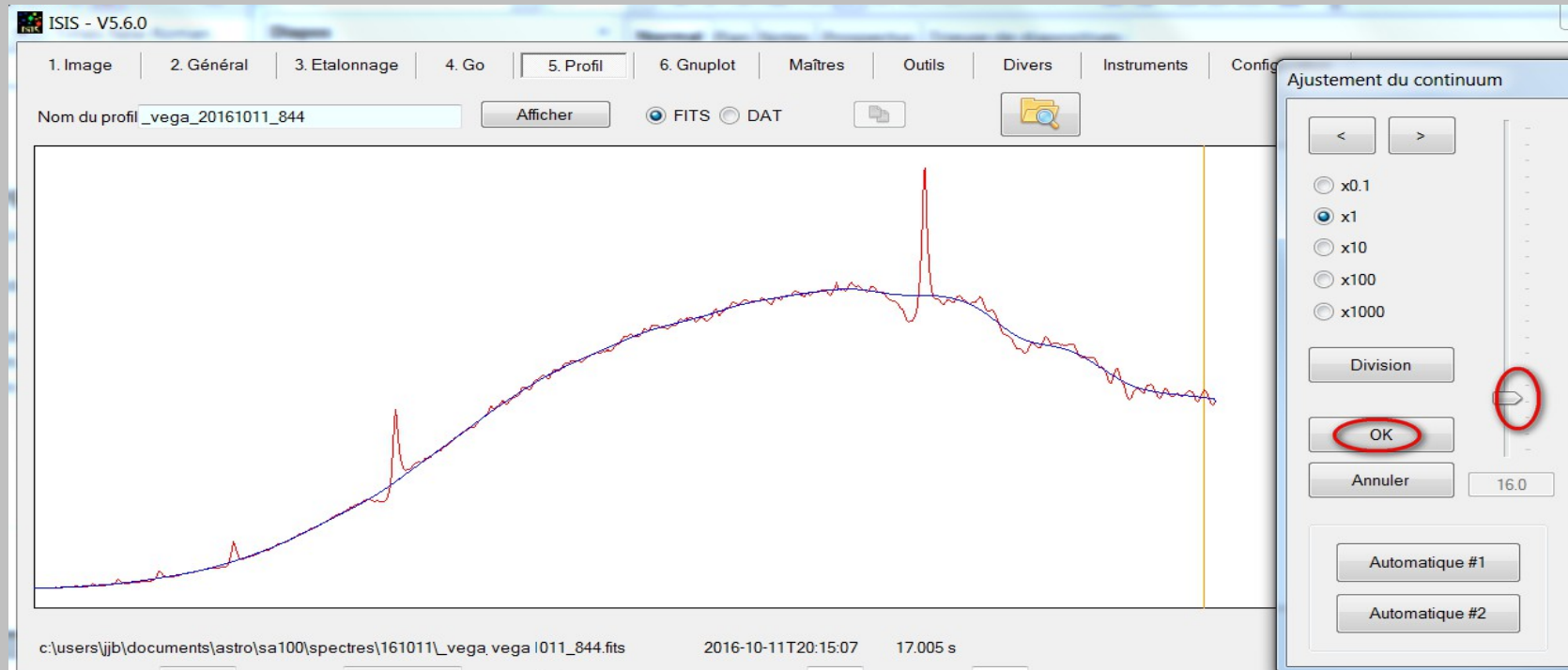
bouton Découper



bouton Réponse > Sélectionner un spectre de référence



ISIS : continuum



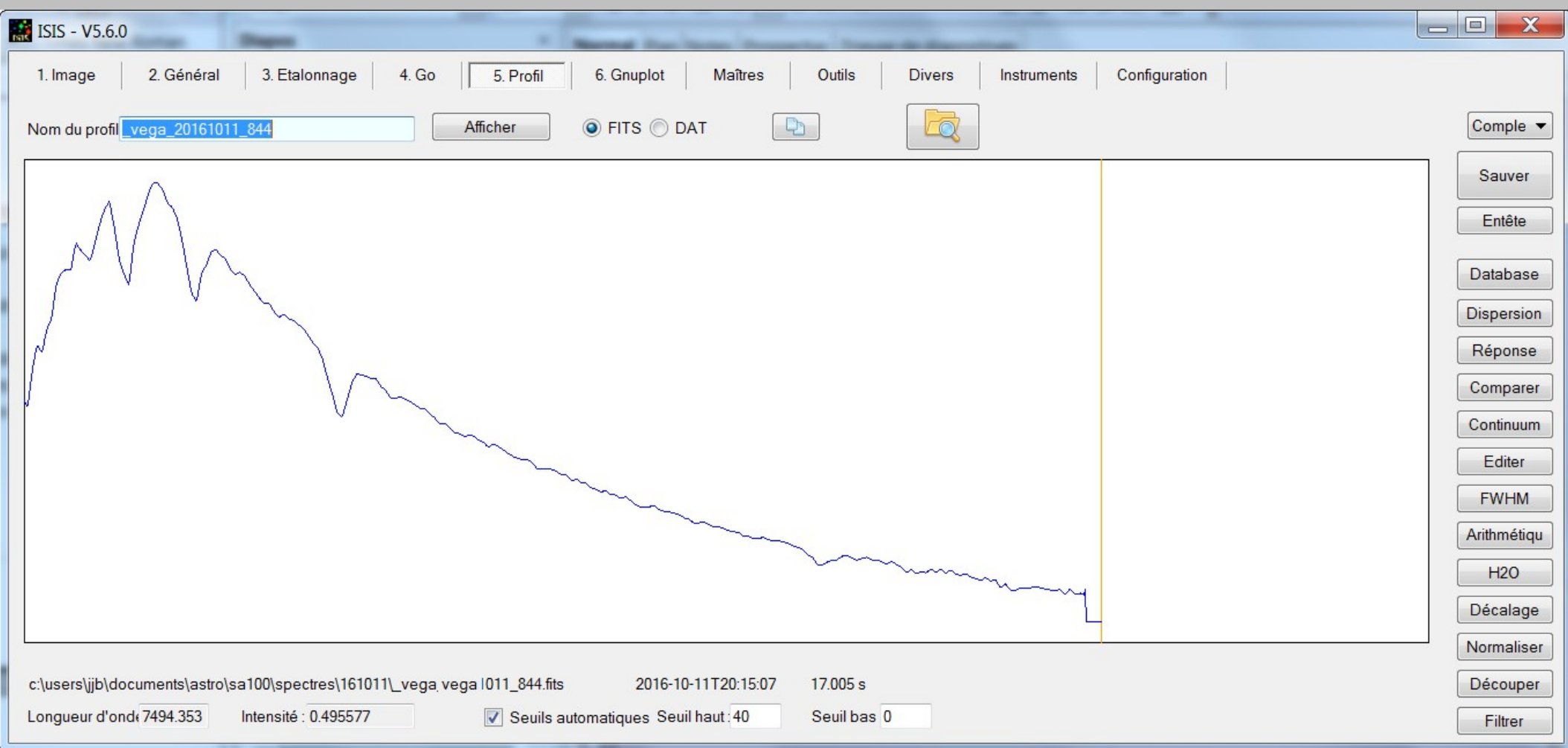
Puis sauver sous le nom "Réponse"

Revenir dans l'onglet "Général"

Remplir le champ "Réponse instrumentale" avec le nom du fichier
cliquer sur "**Suivant**", "**Suivant**" puis **GO**



ISIS : profile obtenu



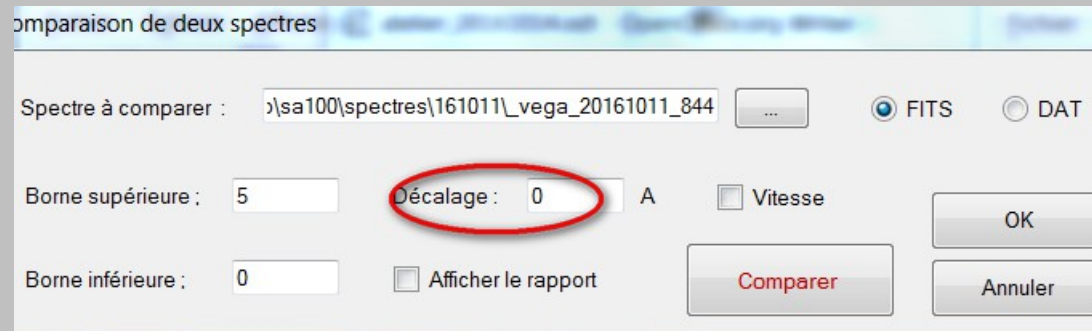
14 Octobre 2016

29



ISIS : comparaison

- Bouton Database > Pickles > A0V > Afficher
- Appliquer le bouton Découper
- Bouton Comparer > comparer avec ..._vega_20161011_844
- On a un décalage que l'on calcule avec le champ "Décalage"



comparaison de deux spectres

Spectre à comparer : p:\sa100\spectres\161011_vega_20161011_844 ... ☒ FITS ☐ DAT

Borne supérieure : 5 Décalage : 0 A ☐ Vitesse

Borne inférieure : 0 ☐ Afficher le rapport

OK

Comparer Annuler

- Revenir dans l'onglet Général > Indiquer le décalage. Par ex:37
cliquer sur "**Suivant**" , "**Suivant**" puis **GO**

VOUS AVEZ OBTENU VOTRE SPECTRE CALIBRE



Cibles suivantes

- Pour les autres cibles :
 - ◆ Pas besoin de recalculer la dispersion
 - ◆ Pas besoin de recalculer la réponse
 - ◆ Il suffit de rentrer le nom de la μ 1ère pose dans l'onglet Image
 - ◆ Alignement de la ligne rouge du réticule sur le spectre
 - ◆ Remplir le nom de l'objet dans l'onglet Général



Questions ?



MERCI

14 Octobre 2016

32

