# Ateliers Spectroscopie Astronomique

Olivier THIZY
ProAm / WETAL
Giron, novembre 2015

# AGENDA

- Choix du Matériel
- Préparer Matériel
- Préparer ses cibles
  & faire les Acquisitions

**#2**
- Réduire les données avec ISIS
  (de l'image au profil spectral)

**#3**
- Publier les données
  (utilisation de GnuPlot)

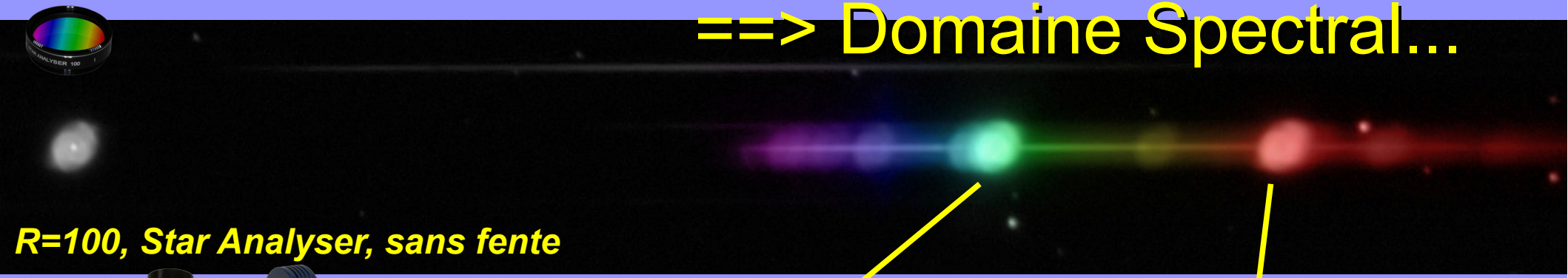
***Thème: étude des étoiles Be!***

# Votre projet spectro ?

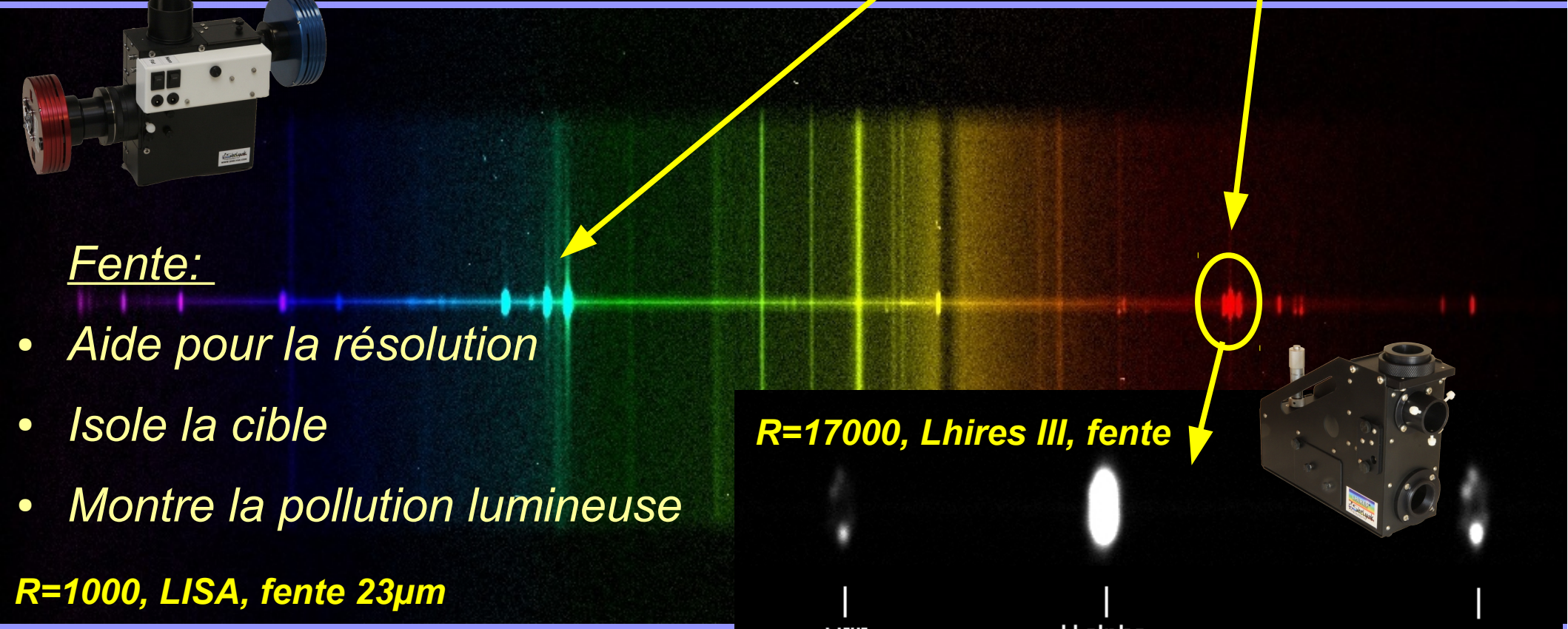
- Objectif **éducatif / pédagogique**
  ou **scientifique / collaboratif**
- **S'entraîner** au début sur des cibles "standards": étoile type A, différents types spectraux, cibles brillantes connues et régulièrement observées
  - Parcourir le forum ARAS, la liste Spectro-L
  - Voir la page web **http://www.astrosurf.com/aras**
  - Etoiles Be: brillantes (ou pas), souvent en évolution mais non prédictible, certains assez souvent observées donc un bon projet pour débuter
- **Participer** aux campagnes d'observations ARAS
- **Analyser**, **Communiquer**, **Publier**...

# Projet = Choix du spectrographe !

## ==> Domaine Spectral...



***R=100, Star Analyser, sans fente***



***R=17000, Lhires III, fente***



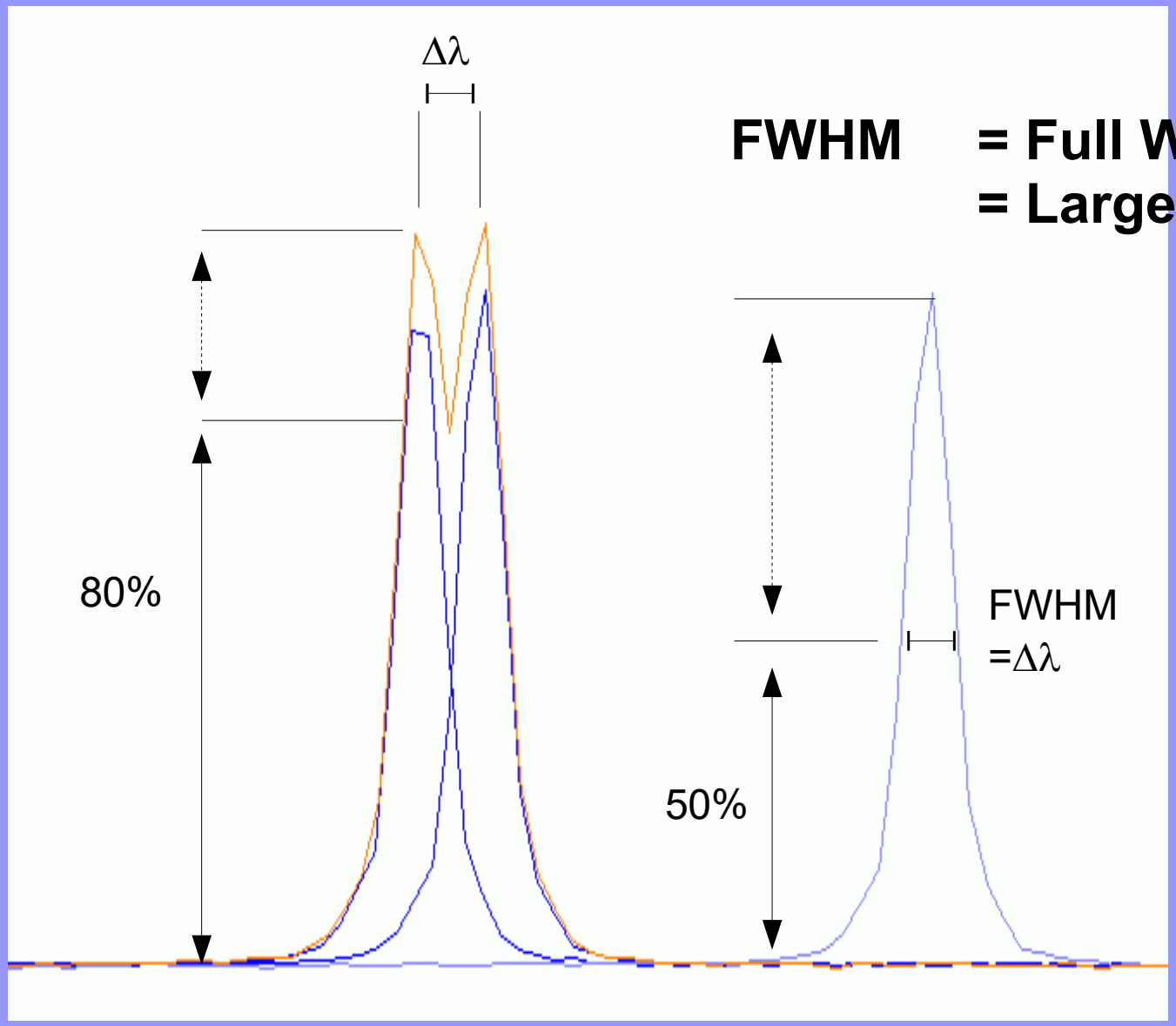
***R=1000, LISA, fente 23µm***

*<u>Fente:</u>*

- *Aide pour la résolution*
- *Isole la cible*
- *Montre la pollution lumineuse*

*© Torsten Hansen, Robin Leadbeater, O. Thizy*

# La "Résolution": un critère clef

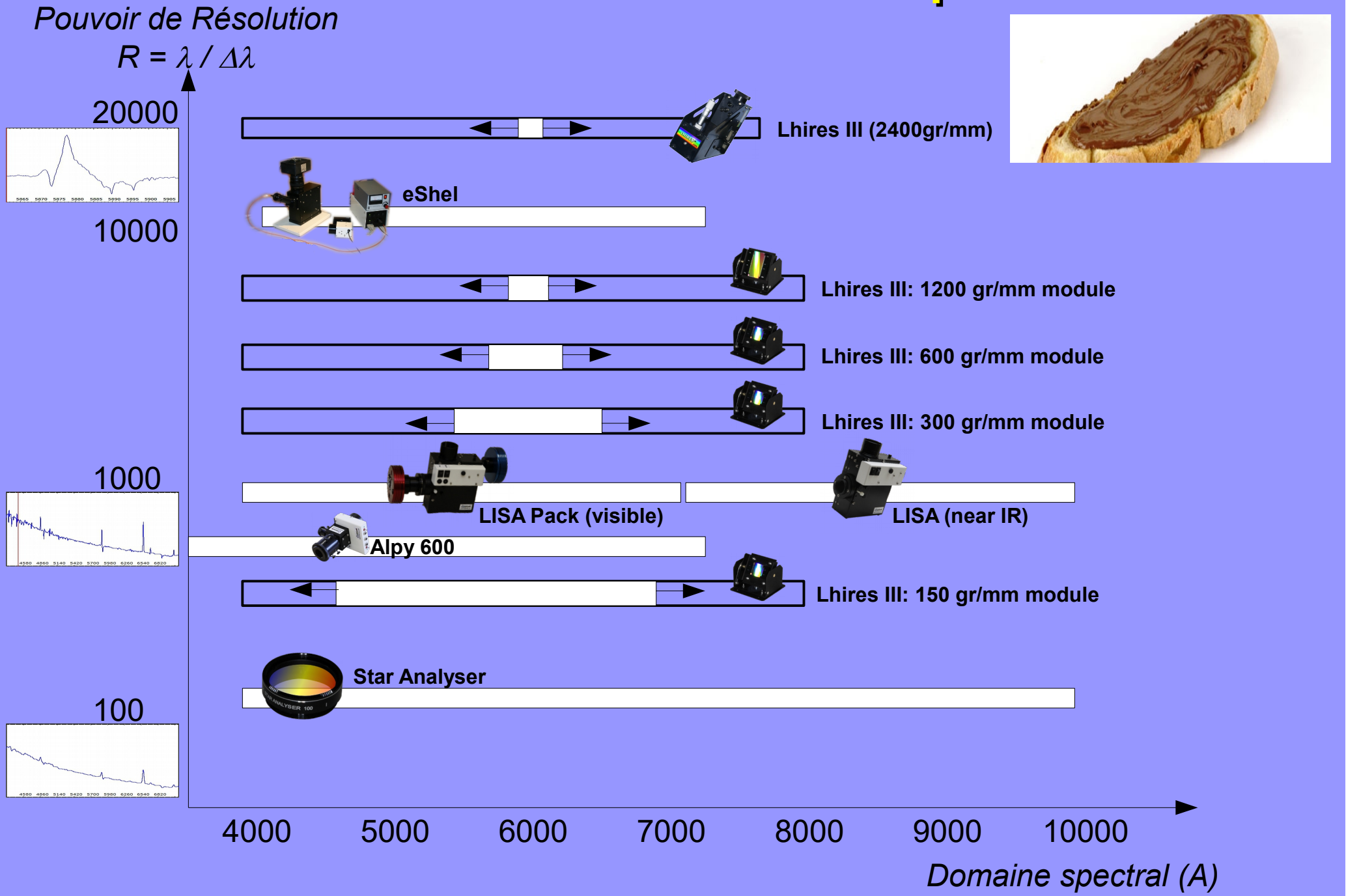



**FWHM = Full Width Half Maximum**
**= Largeur à mi Hauteur**

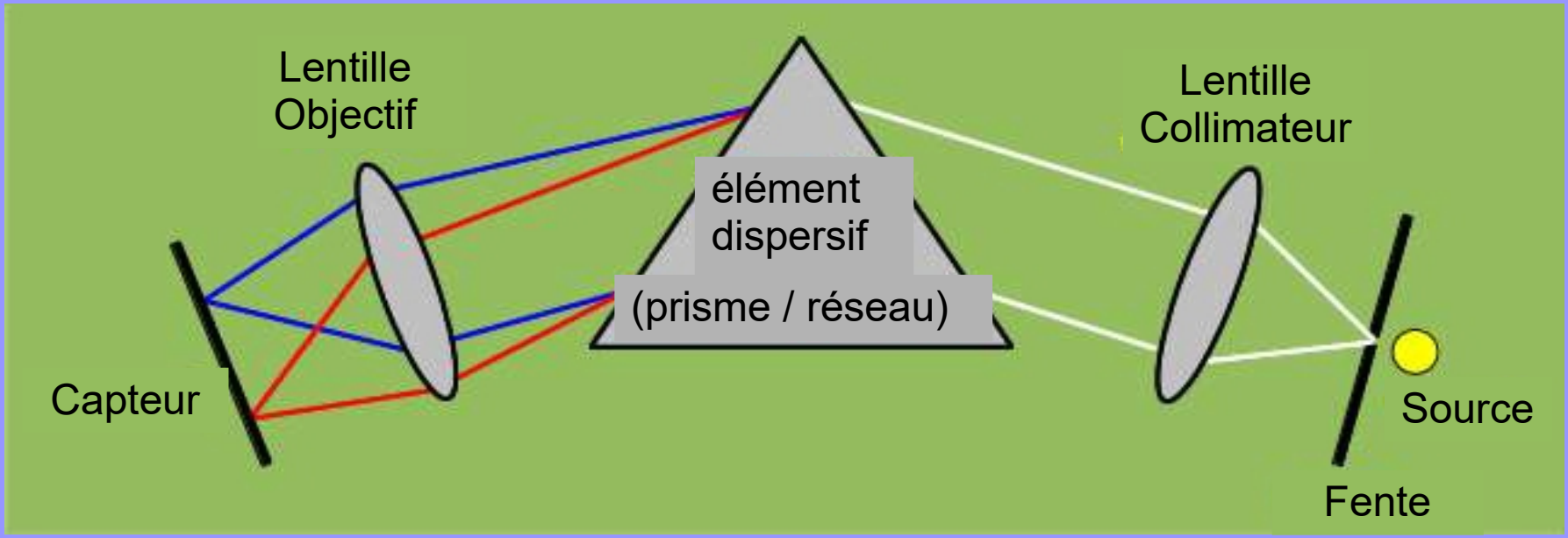
Résolution = indique la capacité à séparer deux raies séparées de „Δλ“

**Pouvoir de résolution R** = Longueur d'Onde / Résolution **= λ/Δλ**

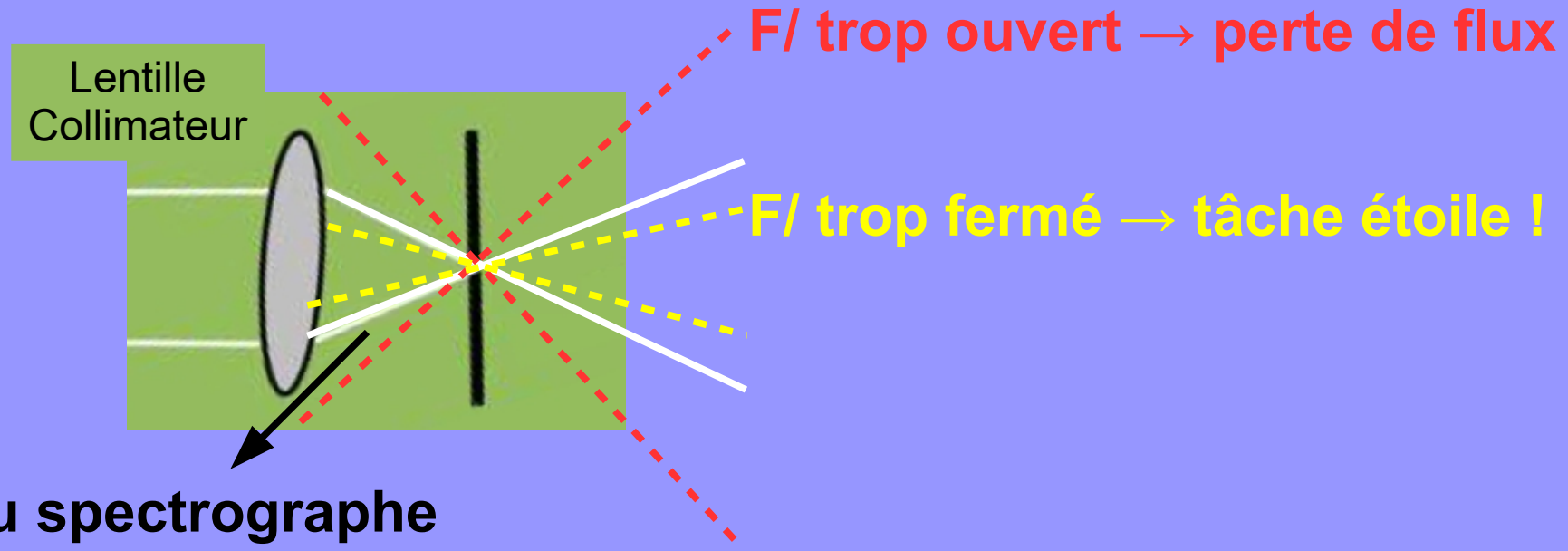
# Résolution Vs. Domaine Spectral



# Comment marche un spectroscope?



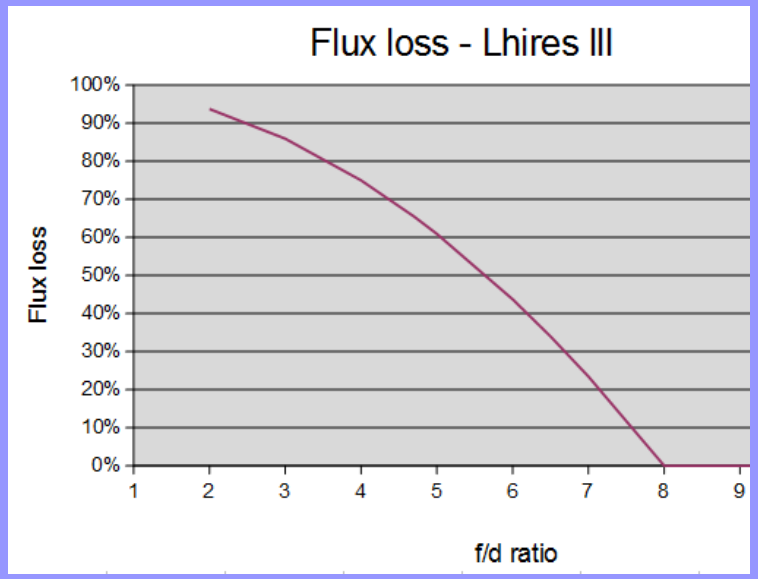
# F/d Spectrographe Vs F/d Télescope




**F/d du spectrographe**
-F/d de la lentille
-F/d pour l'optimisation du spectrographe

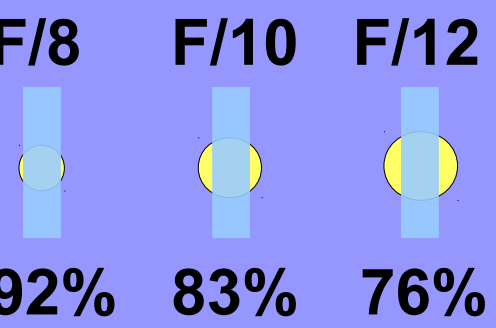
<u>Exemples</u>:
Alpy 600 = F/4 (design pour F/5)
Lhires III = F/8 (design pour F/10)
LISA = F/5 (design F/5)

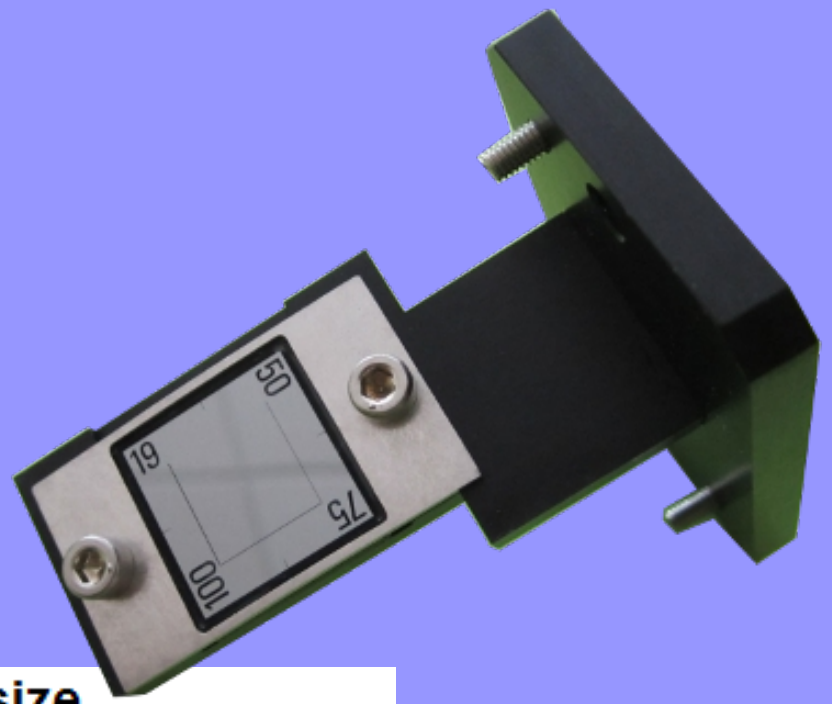
*Cas spécial fibre: FRD (eShel: F/6 → F/5)*



# Choix de la fente ?

**Exemple**
**Fente: 23µm**
**T200, seeing 2"**



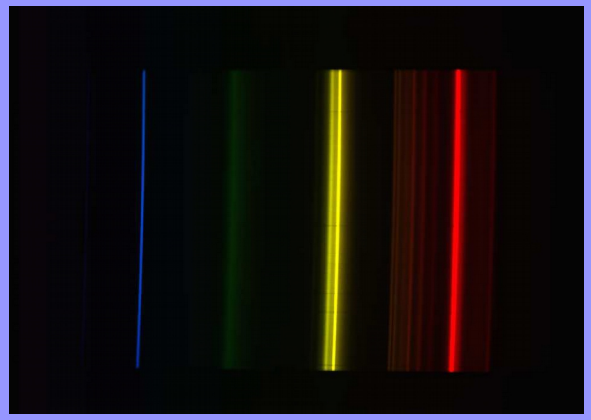

**Choix selon télescope & turbulence !**

**Lhires III performance for each slit size**

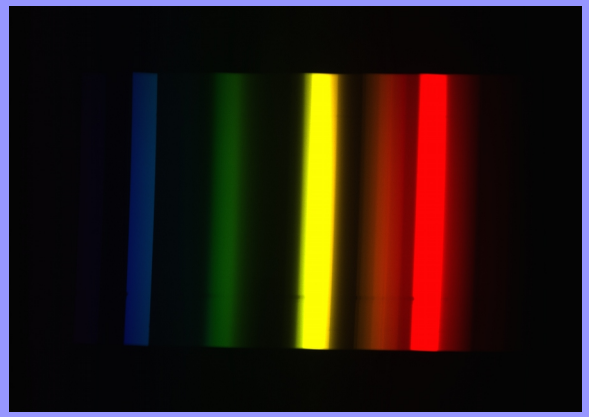
| Slit (µm) | CCD Binning | Resolving Power (R) | Transmission Slit | Transmission Spectro. Total | S/B (1h) | Tps exp. (S/B=100) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 1x1 | 24098 | 23% | 4,8% | 130 | 2300 |
| 19 | 1x1 | 21117 | 32% | 6,7% | 157 | 1650 |
| 23 | 1x1 | 18617 | 36% | 7,5% | 168 | 1480 |
| 35 | 1x1 | 13425 | 52% | 10,8% | 205 | 1020 |
| 26 | 1x1 | 17031 | 40% | 8,3% | 178 | 1320 |
| 30 | 1x1 | 15241 | 44% | 9,2% | 187 | 1200 |
| 35 | 1x1 | 13425 | 52% | 10,8% | 205 | 1020 |
| 45 | 1x1 | 10777 | 65% | 13,5% | 231 | 820 |
| 50 | 2x2 | 9793 | 71% | 14,8% | 347 | 370 |
| 75 | 3x3 | 6684 | 90% | 18,7% | 481 | 195 |
| 100 | 4x4 | 5055 | 96% | 20,0% | 575 | 138 |

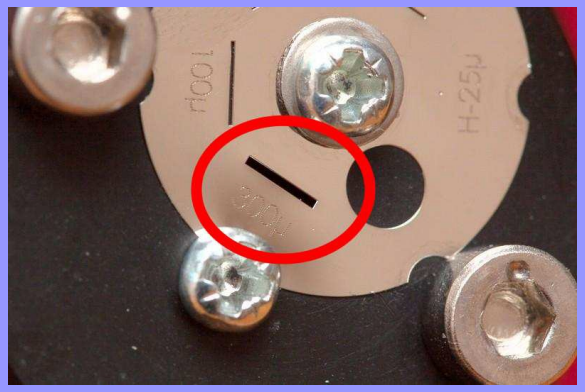
*T400 F/9 telescope, 10% obstruction, 92% transmission*
*Location with 3" seeing, 85% atmospheric transmission, mag sky 19*
*CCD Atik 314L+, 6.45µm pixel size, total exposure split in 12 sub frames*

# Largeur de fente = Résolution

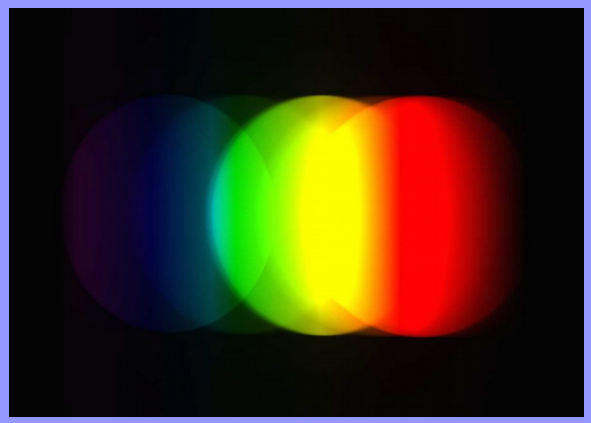


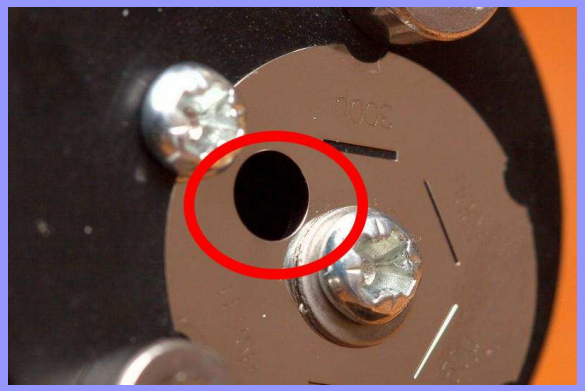
25µm






300µm

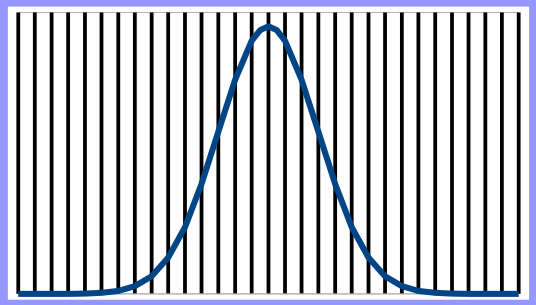




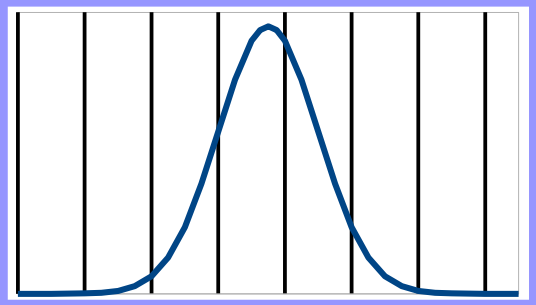
3mm (trou)

# Choix de la caméra / capteur CCD

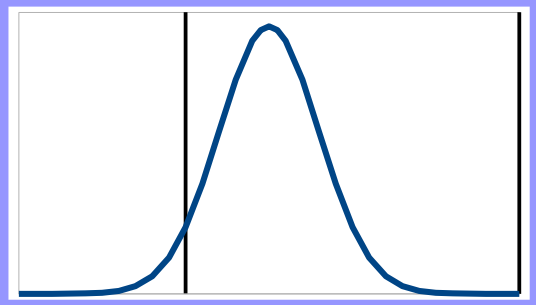
- **Taille pixels (binning) = échantillonnage**



sur-échantillonné



correct



sous-échantillonné

- **Efficacité Quantique**
- **Bruit de lecture**
- **Refroidissement**
- **Pilotes logiciels !**

**Result**

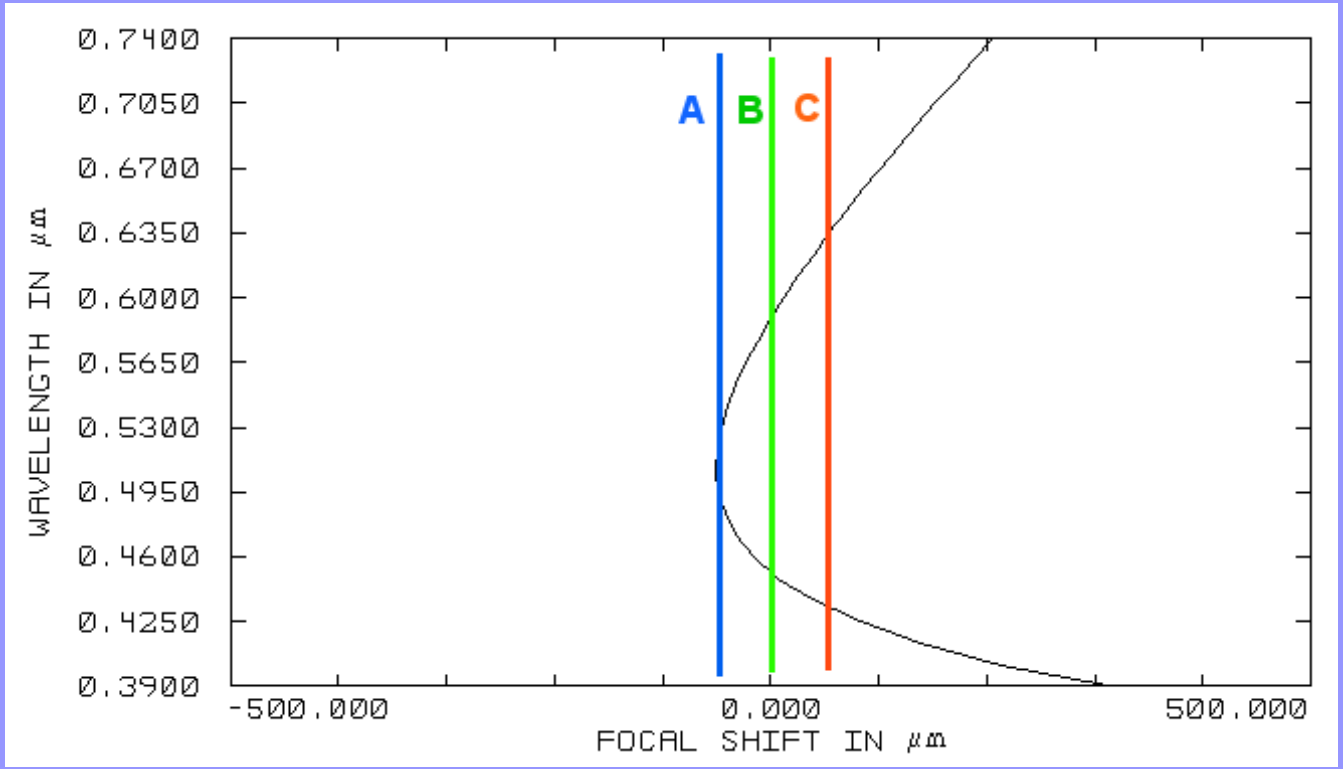
| Model | Detector | Pixel size (microns) | Gain (e-/ADU) | RON (e-) | Dark signal per pixel (e-/s) | Abs. quantum efficiency @ 650 nm | Limit magnitude (see note) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Atik460EX | ICX694AL | 4.54 x 4.54 | 0.260 | 5.1 | 0.0013 @ -10°C | 66% | 15.6 |
| Atik460EX | ICX694AL | 9.08 x 9.08 (internal bin) | 0.260 | 5.2 | 0.0046 @ -10°C | 66% | 16.1 |
| Starlight Xpress SXVR-H694 | ICX694AL | 4.54 x 4.54 | 0.319 | 6.1 | 0..0110 @ -10°C | 66% | 15.5 |
| Atik314L+ #1 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.255 | 4.5 | 0.0002 @ -10°C | 53% | 15.6 |
| Atik314L+ #2 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.254 | 6.7 | 0.0002 @ -10°C | 53% | 15.2 |
| Atik314L+ #3 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.261 | 7.7 | 0.0004 @ -10°C | 53% | 15.0 |
| Atik314L+ #4 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.259 | 5.4 | - | 53% | 15.2 |
| Atik314L+ #5 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.255 | 4.7 | - | 53% | 15.6 |
| Atik314L+ #6 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.273 | 3.9 | - | 53% | 15.5 |
| Atik314L+ #7 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.253 | 4.0 | - | 53% | 15.5 |
| Atik314L+ #8 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.265 | 3.9 | - | 53% | 15.6 |
| Atik314L+ #9 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.258 | 3.8 | - | 53% | 15.6 |
| Atik Titan | ICX424AL | 7.4 x 7.4 | 0.334 | 7.4 | 0.014 @ 0°C | 27% | 14.3 |
| Starlight Xpress SXVR-H9 | ICX285AL | 6.45 x 6.45 | 0.360 | 8.6 | 0.0002 @ -10°C | 41% | 14.8 |
| Starlight Xpress MX916 | ICX083AL | 11.6 x 11.2 | 2.469 | 32.3 | 0.71e-/s @ -5°C | - | - |
| QSI-583 | KAF-8300 | 5.40 x 5.40 | 0.486 | 9.5 | 0.002 @ -10°C | 44% | 14.7 |
| QSI-683 | KAF-8300 | 5.40 x 5.40 | 0.494 | 8.6 | 0.0039 @ -10°C | 44% | |
| QSI-532 #1 | KAF-3200ME | 6.80 x 6.80 | 1.340 | 11.9 | 0.002 @ -10°C | 79% | 15.2 |
| QSI-532 #2 | KAF-3200ME | 6.80 x 6.80 | 1.439 | 11.0 | 0.0008 @ -15°C | 79% | 15.2 |
| QSI-520i | KAI-2020M | 7.4 x 7.4 | 0.706 | 6.9 | 0.016 @ -10°C | 32% | 14.7 |
| QSI-512 | KAF-1603ME | 9 x 9 | 2.828 | 17.8 | 0.022 @ -10°C | 72% | - |
| QHY11 | KAF-11000M | 9 x 9 | 0.695 | 10.49 | 0.039 @ -17°C | 31% | - |
| SBIG STX-16803 | KAF-16803 | 9 x 9 | 1.250 | 17.7 | 0.160 @ -10°C | 40% | 14.2 |
| SBIG ST-402ME | KAF-402ME | 9 x 9 | 1.127 | 16.7 | 0.062 @ -5°C | 72% | 14.8 |
| SBIG ST-8XME | KAF-1603ME | 9 x 9 | 1.534 | 15.9 | 0.042 @ -5°C | 72% | 14.9 |
| Audine KAF-402ME | KAF-402ME | 9 x 9 | 4.120 | 21.8 | 0.155 @ -5°C | 72% | 14.5 |

**Cf: http://www.astrosurf.com/buil/isis/noise/result.htm**

# Choix du télescope

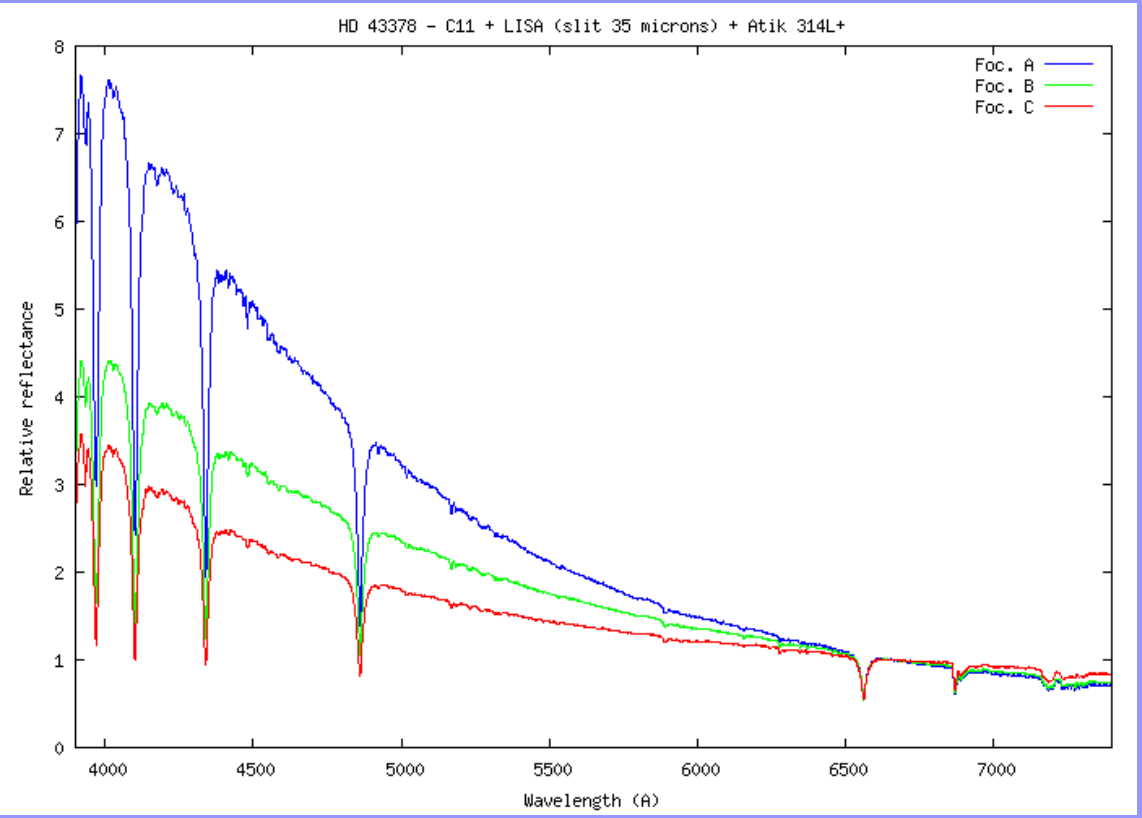
- Pas de réponse universelle
  - Pas de télescope universel !
  - Pas de spectrographe universel !
- En basse résolution (et large domaine spectral), les Newton (ie: miroirs) sont les plus adaptés
- En haute résolution (Lhires), c'est beaucoup moins critique; le SCT (Schmidt-Cassegrain Telescope) est souvent un bon choix
- Ne pas négliger les petites lunettes car la perte en flux n'est pas aussi grande qu'on le pense (selon turbulence et qualité optique)...

# Problème du réducteur de focale



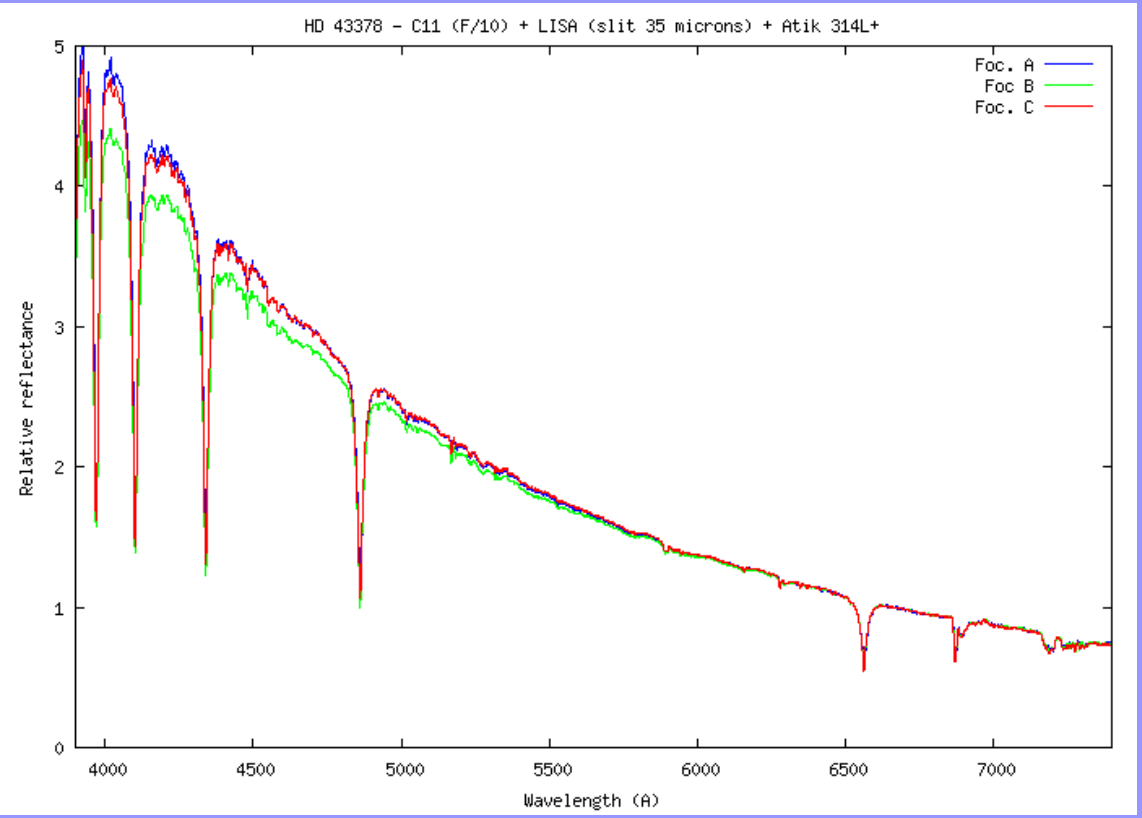
Source: http://www.astrosurf.com/buil/isis/lisa_ri/

# Problème du réducteur de focale



Source: http://www.astrosurf.com/buil/isis/lisa_ri/

# Problème du réducteur de focale

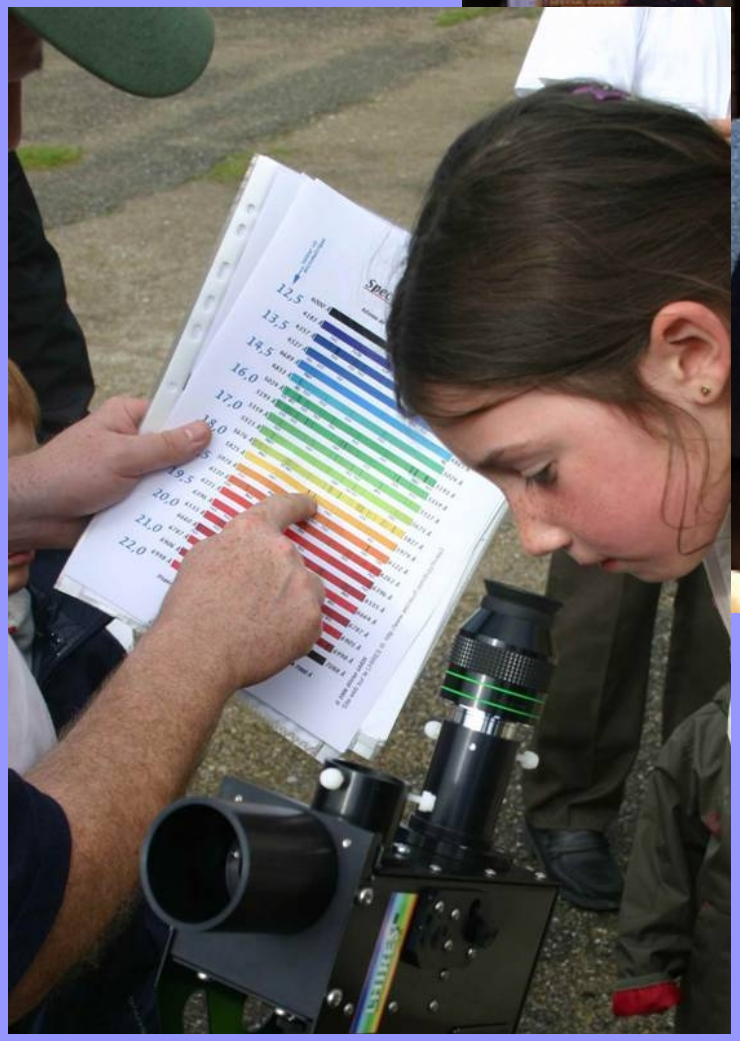


Source: http://www.astrosurf.com/buil/isis/lisa_ri/

# Préparer son Matériel

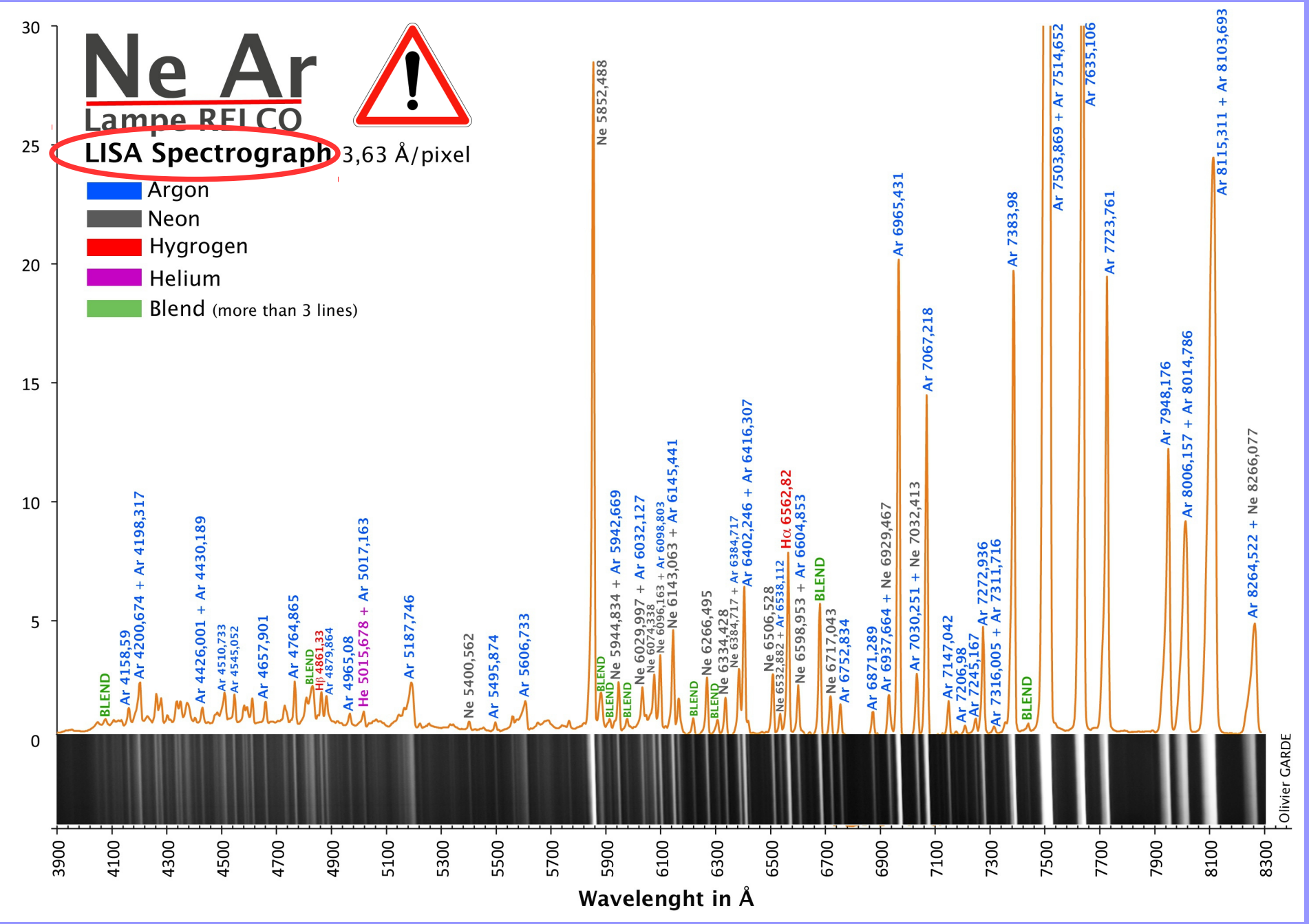
- **Réglages du spectrographe**
- **Focaliser #1: spectrographe (caméra d'acq.)**
- **Focaliser #2: caméra de Guidage**
- **Régler son télescope**
  - Mise en Station
  - Aide au Pointage !
  - Focalisation #3
  - (autoGuidage)
  - Adaptation diverses (bagues, optique, câbles, alims...)
- **Installer/Régler l'ordinateur**
  - Pilotes caméras
  - Logiciel(s) pointage, acquisition & guidage

# Se repérer dans le spectre (calib.)



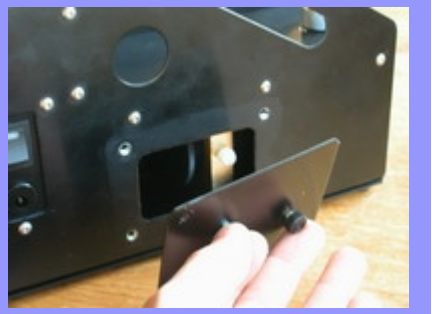

→ **Le faire <u>de jour</u>... c'est plus facile !**

# Se repérer dans le spectre (calib.)

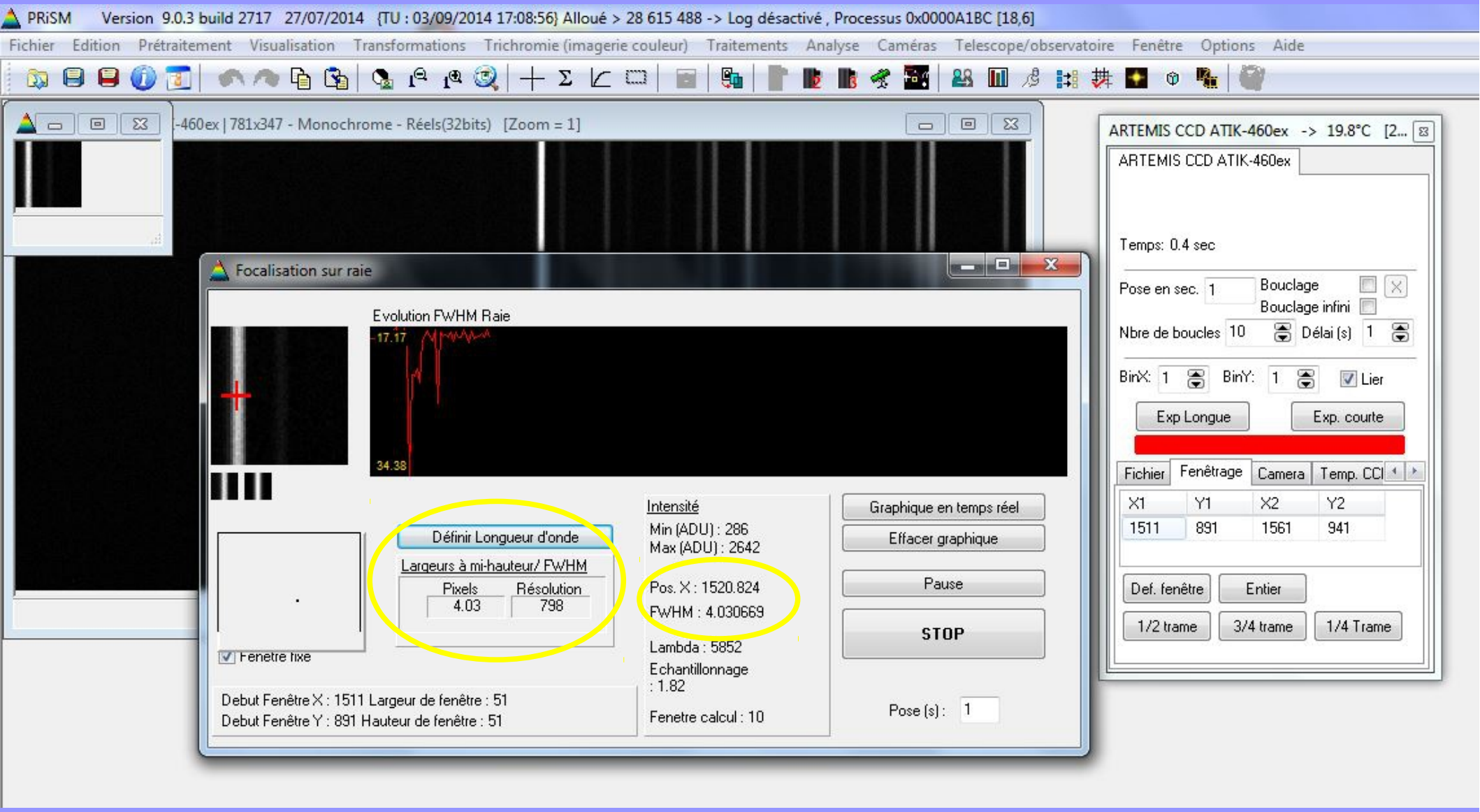


# Focalisation #1: spectrographe

- **Note: il y a au total 3 focalisations à faire**
  - Spectrographe (de jour)
  - Caméra de guidage (fente nette, de jour puis nuit)
  - Télescope (de nuit)
- La **focalisation du spectrographe** se fait sur le spectre du Soleil ou sur une lampe spectrale
  - Mettre un diffuseur à l'entrée du spectrographe pour avoir un éclairage uniforme de la fente
  - Cacher la partie au delà du F/d du télescope pour une focalisation optimale
- Le **FWHM d'une raie** de calibration donne la résolution du spectre

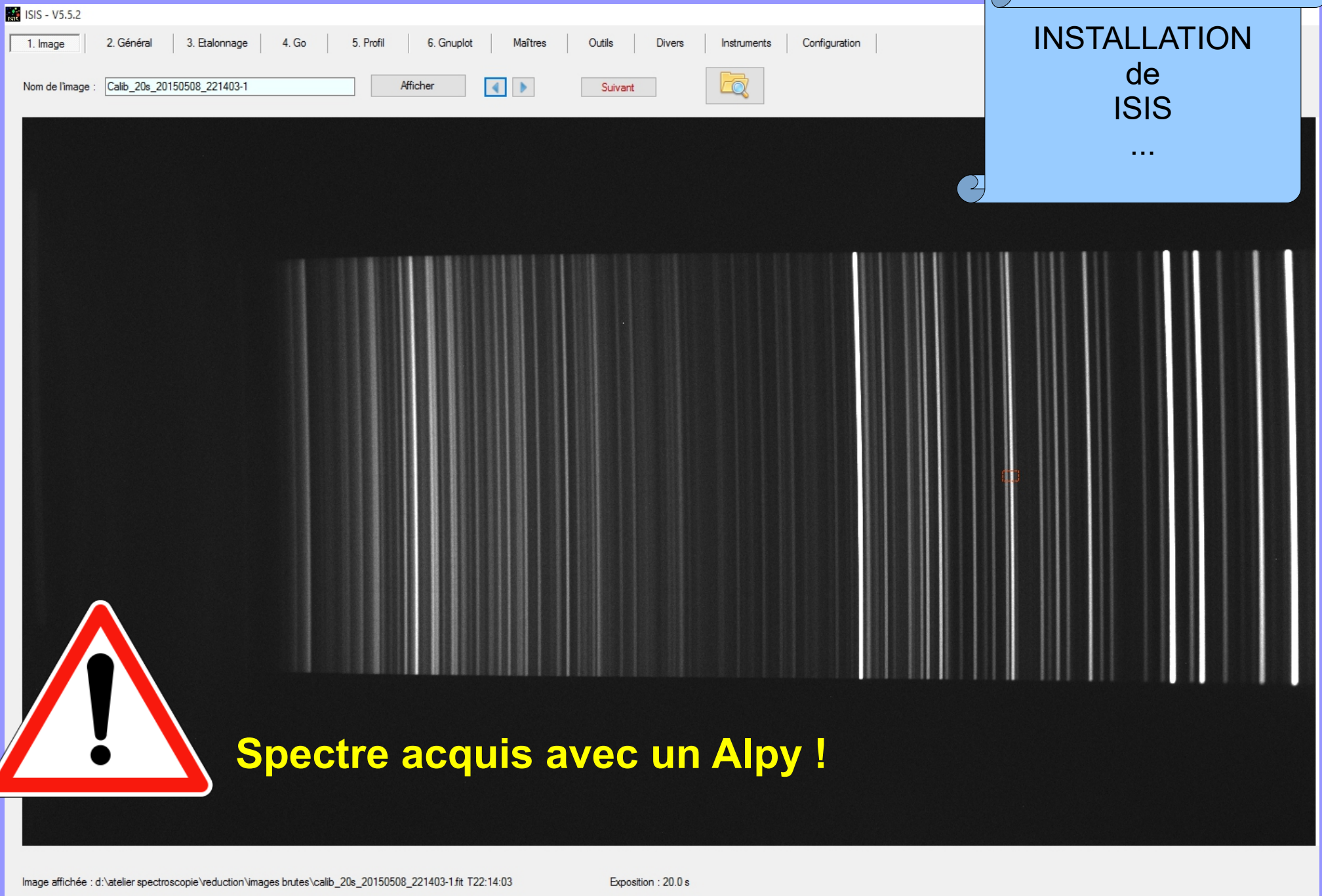


# Focalisation #1: spectrographe



# TP – Calcul de la résolution

INSTALLATION
de
ISIS
...

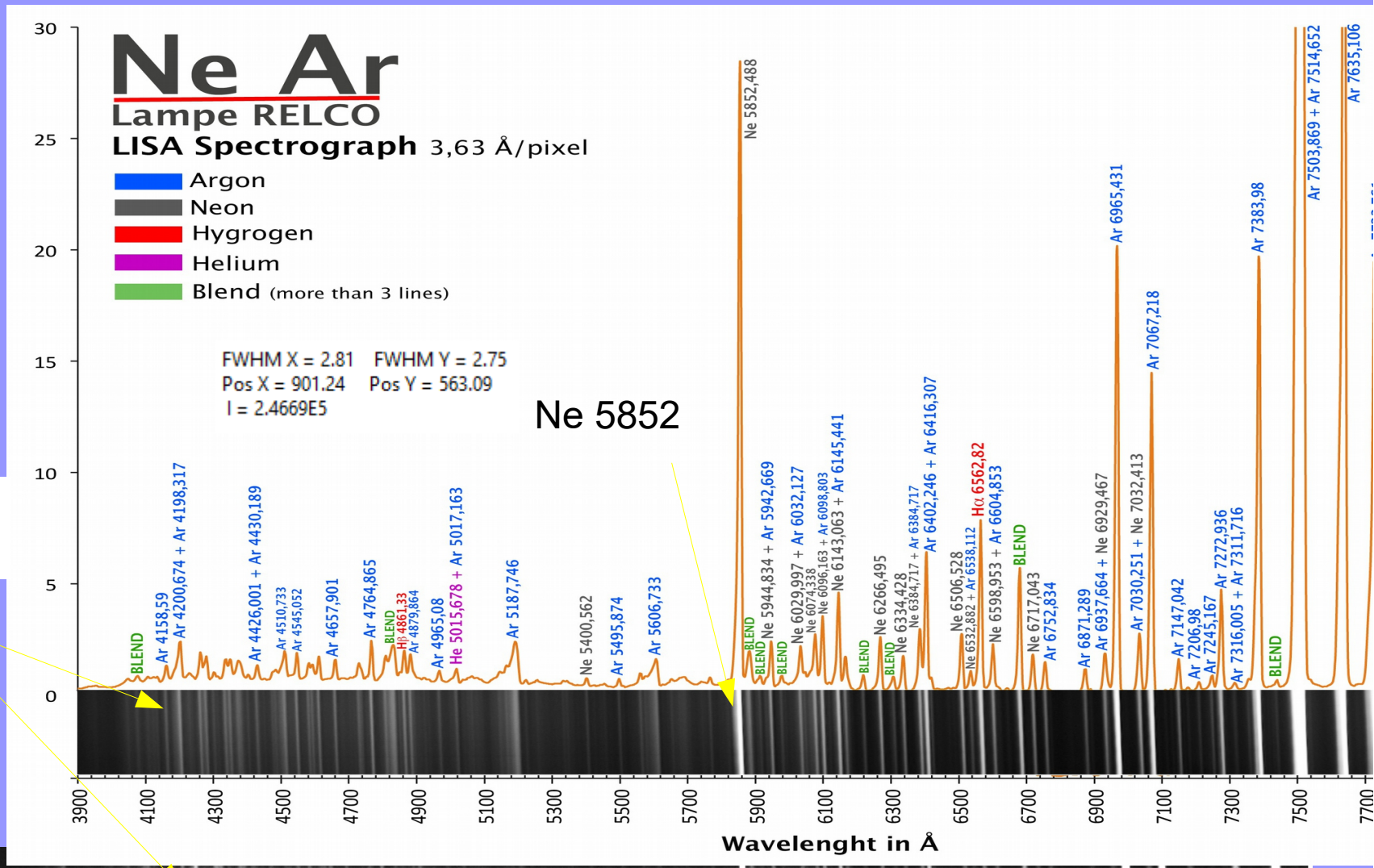


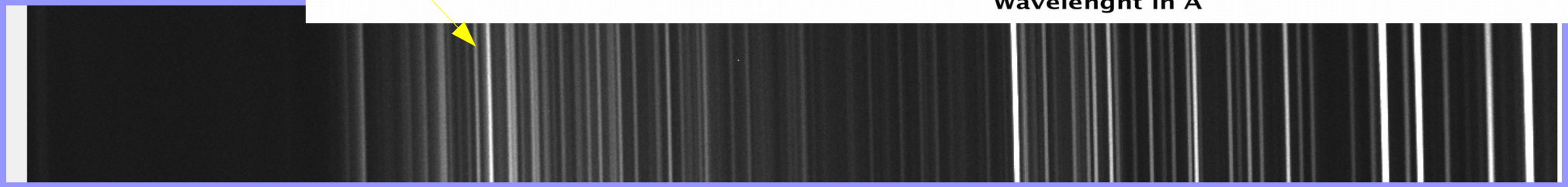

**Spectre acquis avec un Alpy !**

# TP – Calcul de la résolution

FWHM X = 2.37 FWHM Y = 1.37
Pos X = 411.73 Pos Y = 572.89
I = 1.3953E4

Ar 4159



# TP – Calcul de la résolution

**Ar 4159**

FWHM X = 2.37 FWHM Y = 1.37
Pos X = 411.73 Pos Y = 572.89
I = 1.3953E4

**Ne 5852**

FWHM X = 2.81 FWHM Y = 2.75
Pos X = 901.24 Pos Y = 563.09
I = 2.4669E5

**<u>Dispersion</u>** **= (L1-L2) / (X1-X2)**
**= (5852-4159) / (901-412)**
**= 1693 / 489**
**= 3.5 A/pix**

**<u>Résolution</u> = FWHM (Largeur à mi Hauteur) de la raie**

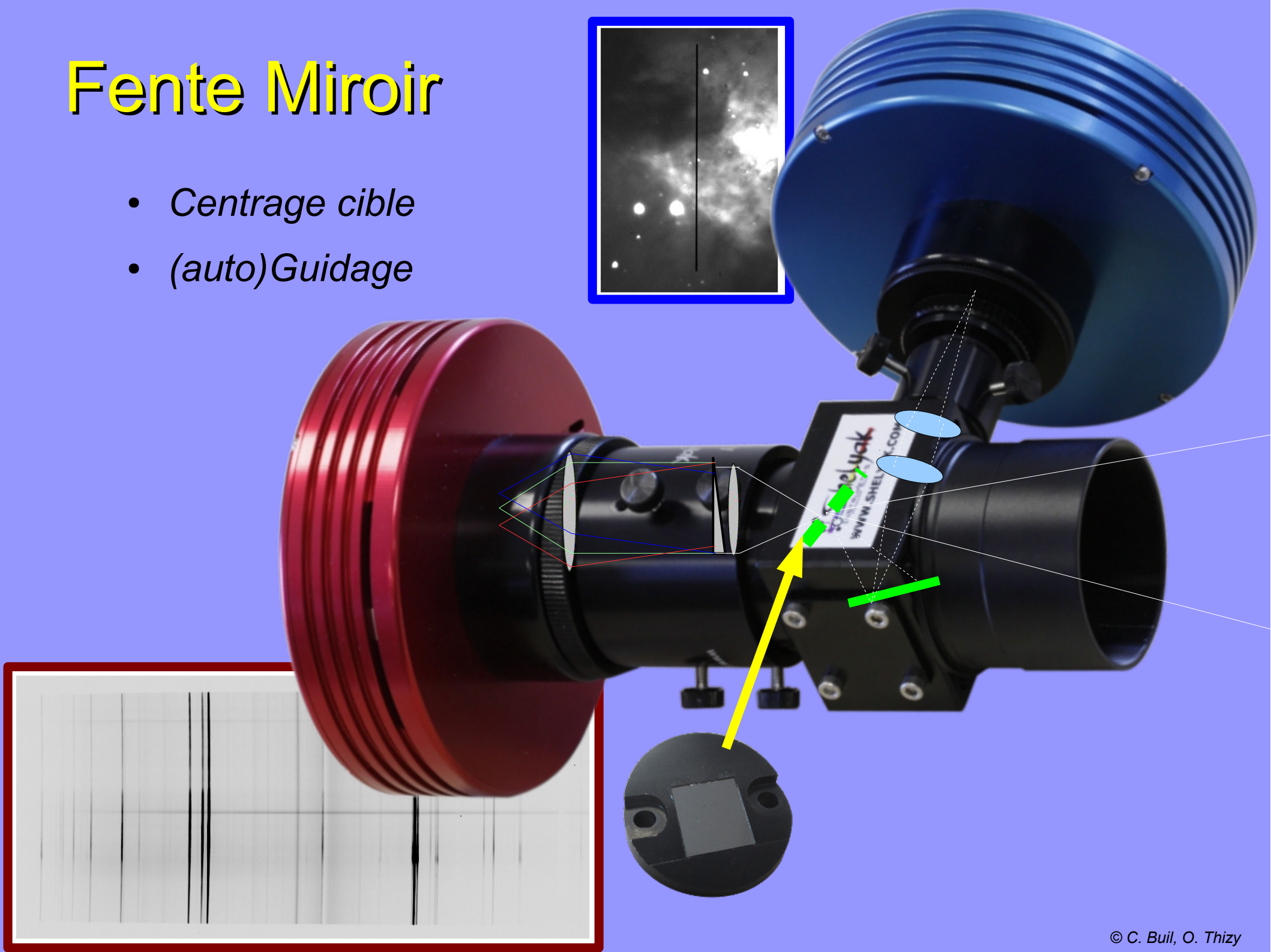
**Résolution (4159) = 2,37 * 3.5 = 8.3 A**
**Résolution (5852) = 2.81 * 3.5 = 9.8 A**

**<u>Pouvoir de Résolution R</u> = Longueur d'Onde / Résolution**

**R (4159) = 4159 / 8.3 = 500**
**R (5852) = 5852 / 9.8 = 600**

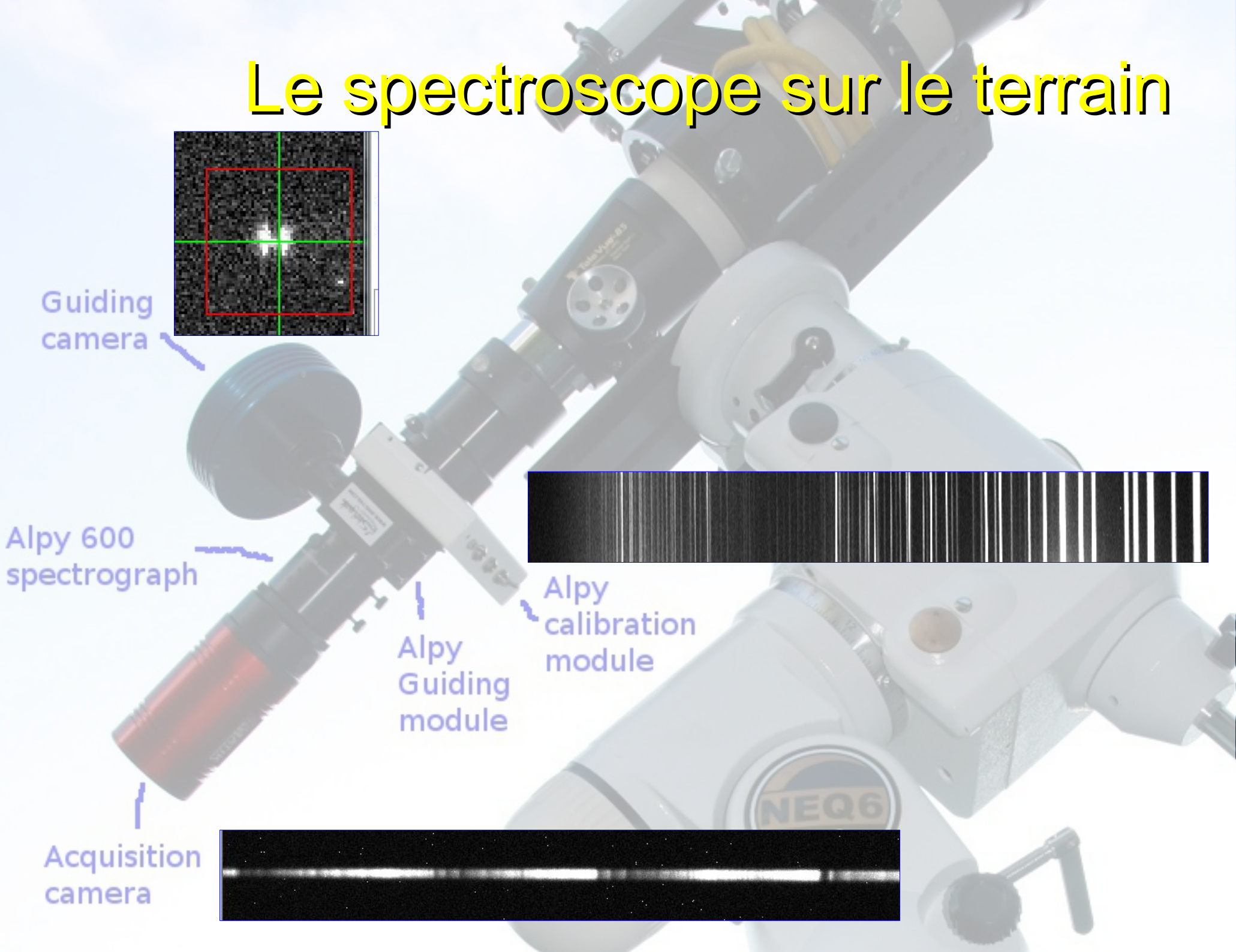
# Fente Miroir

- *Centrage cible*
- *(auto)Guidage*

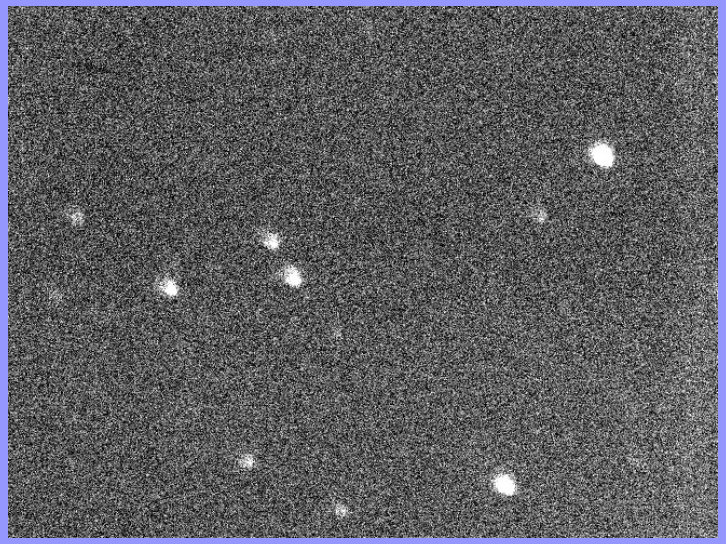


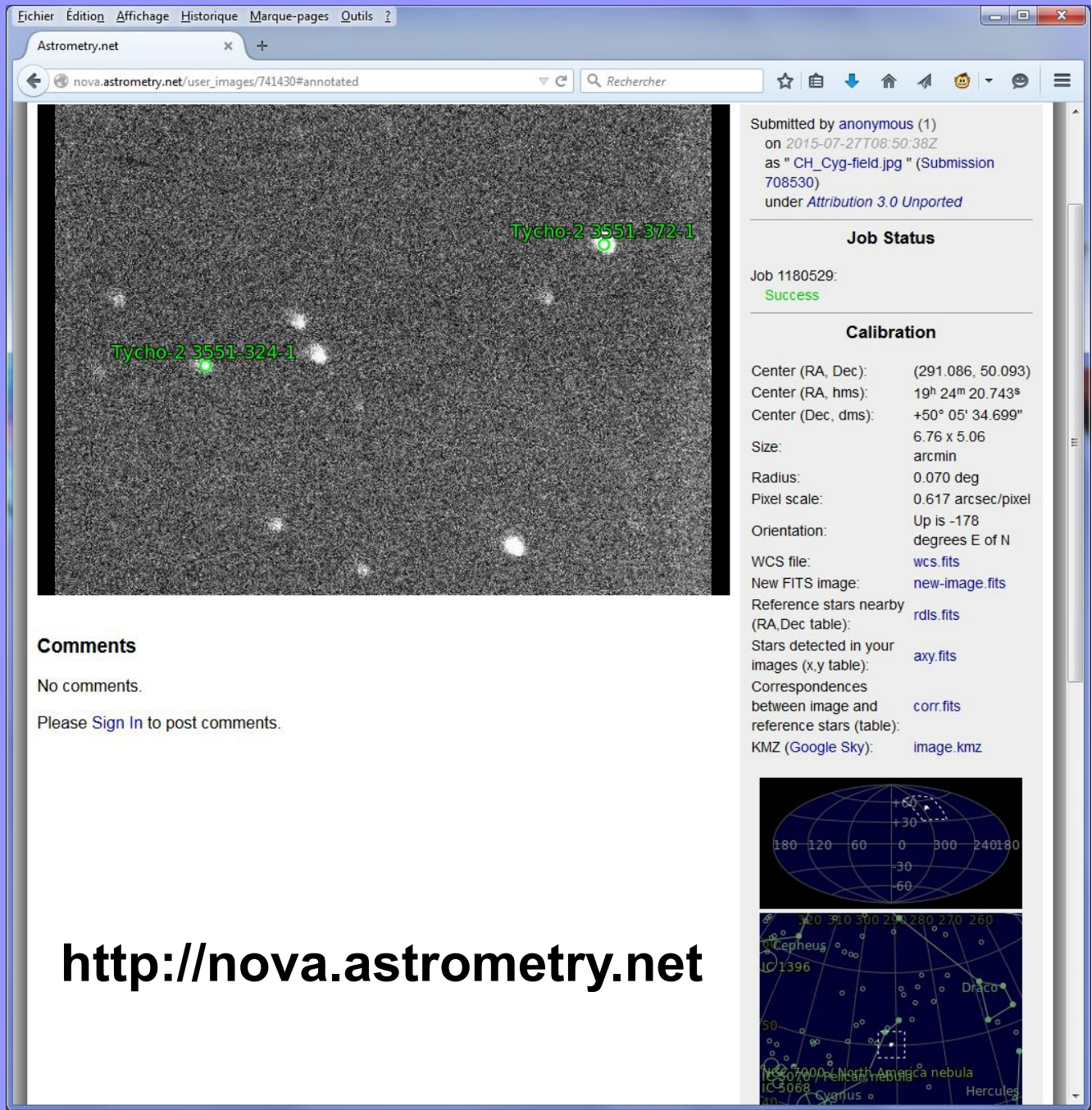

© C. Buil, O. Thizy

# Le spectroscope sur le terrain



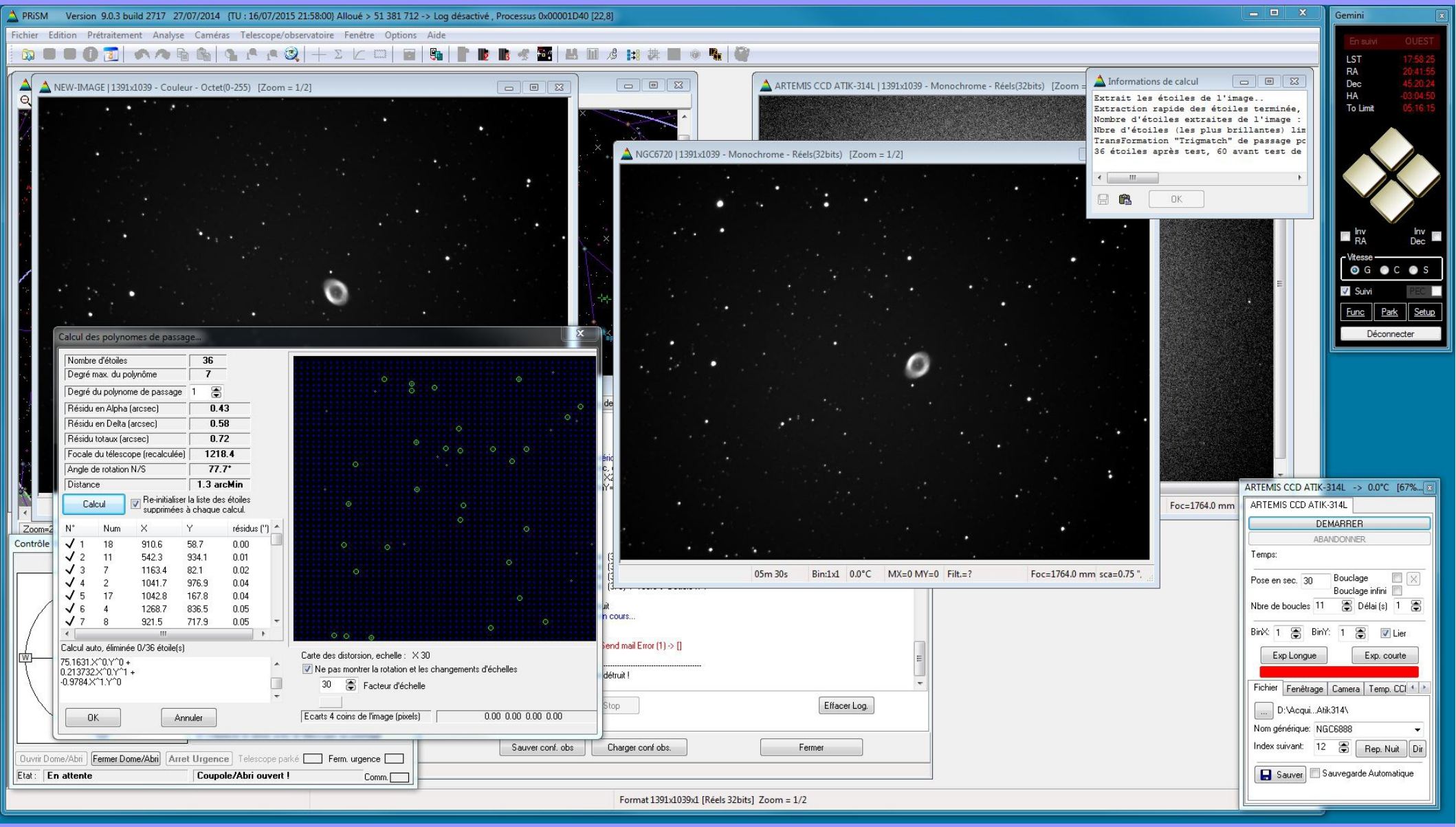
# Pointer sa cible - Astuces



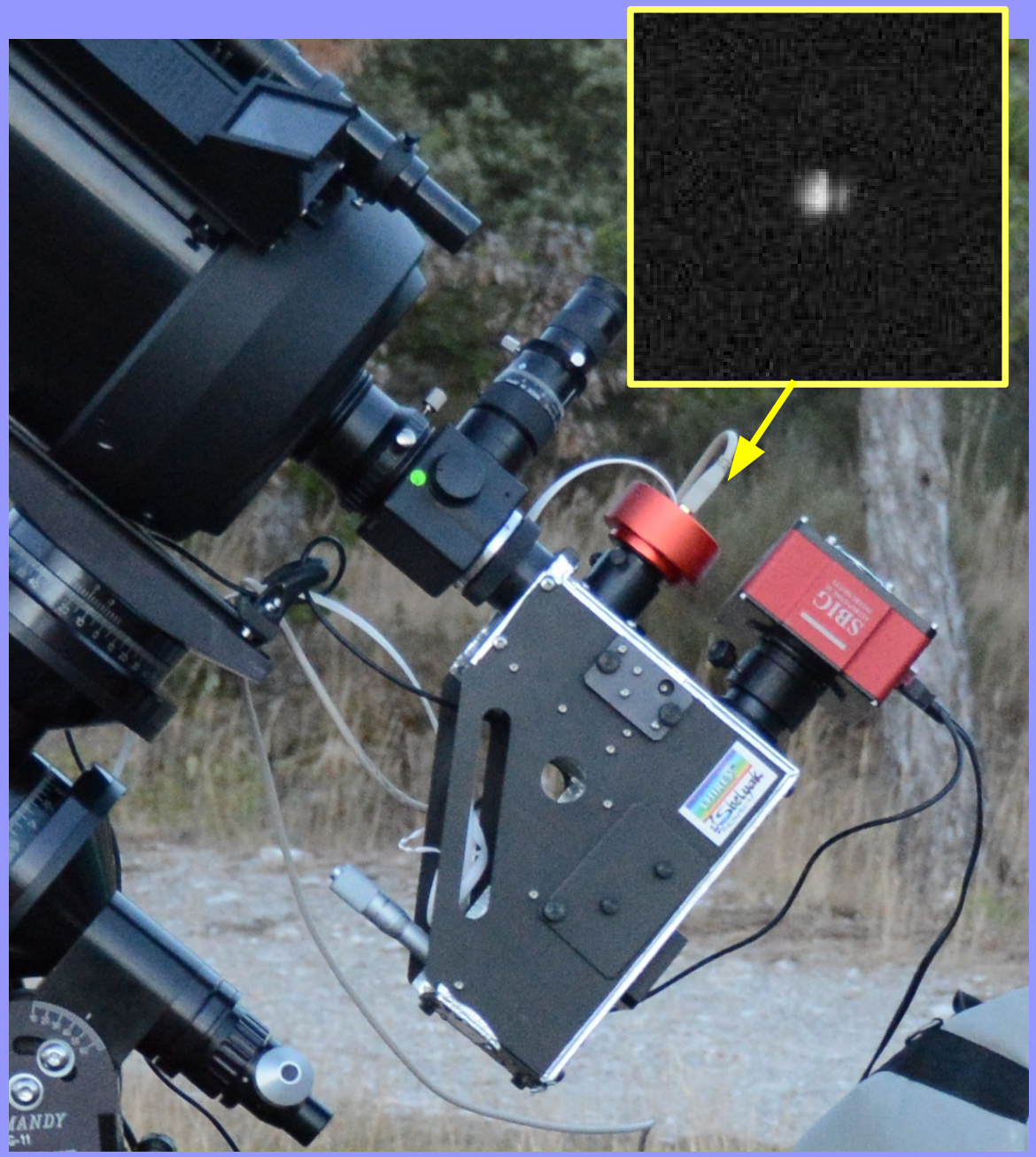



**http://nova.astrometry.net**

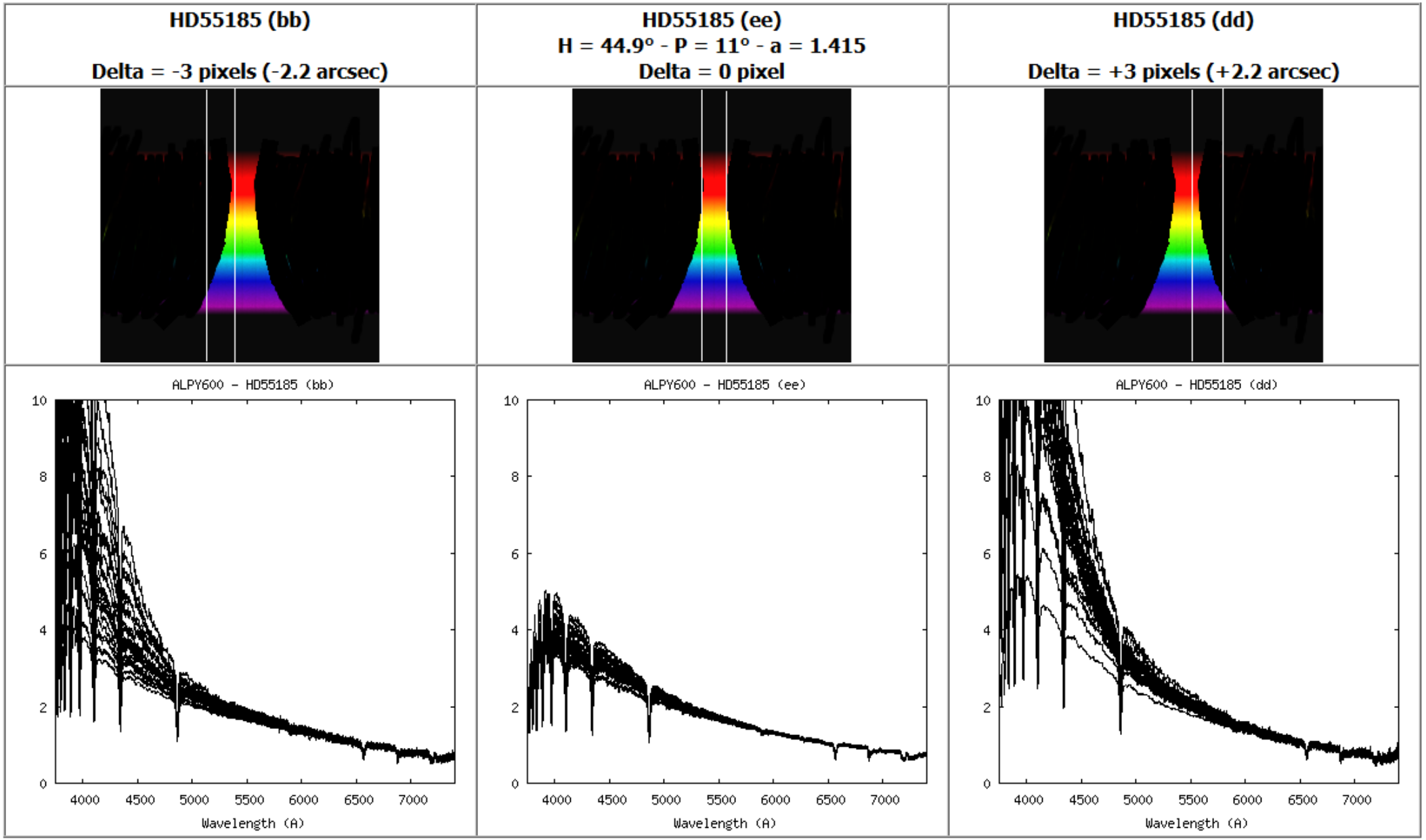
# Astrométrie (PRISM)



# Exemple du Lhires III (PHD Guiding)

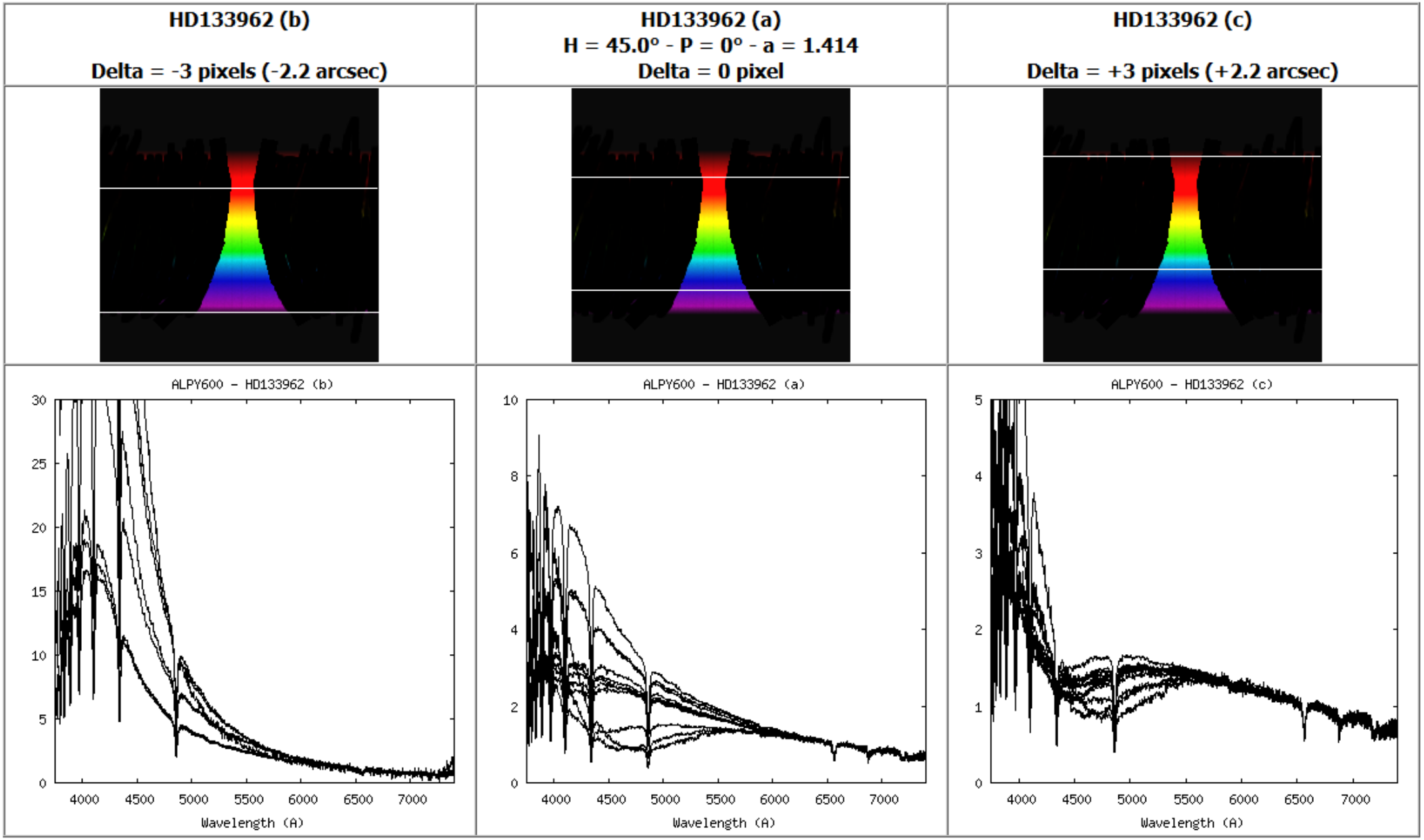


# Fente Verticale ?




Source: http://www.astrosurf.com/buil/dispersion/atmo.htm

# Fente Horizontale ?

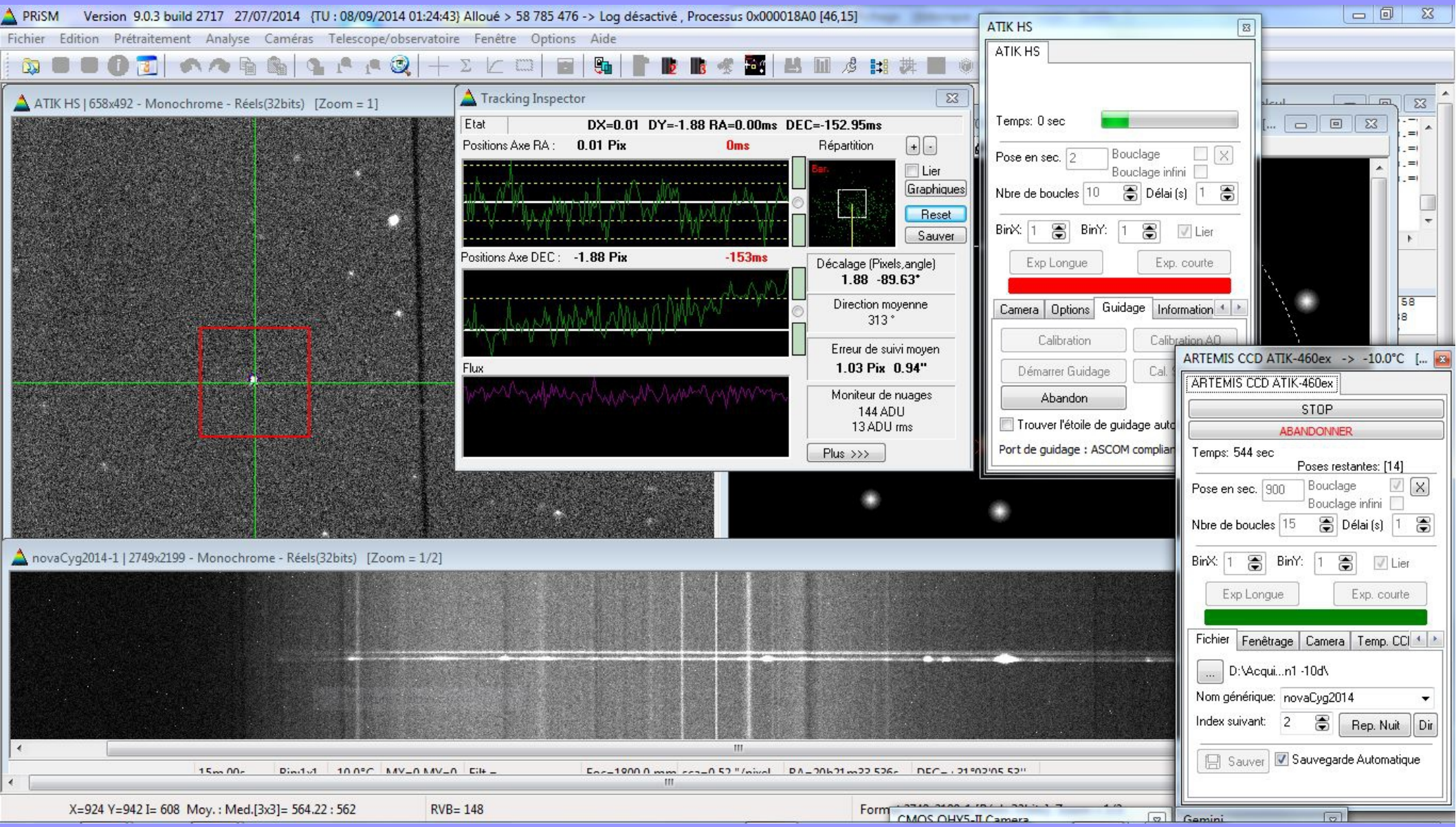



Source: http://www.astrosurf.com/buil/dispersion/atmo.htm

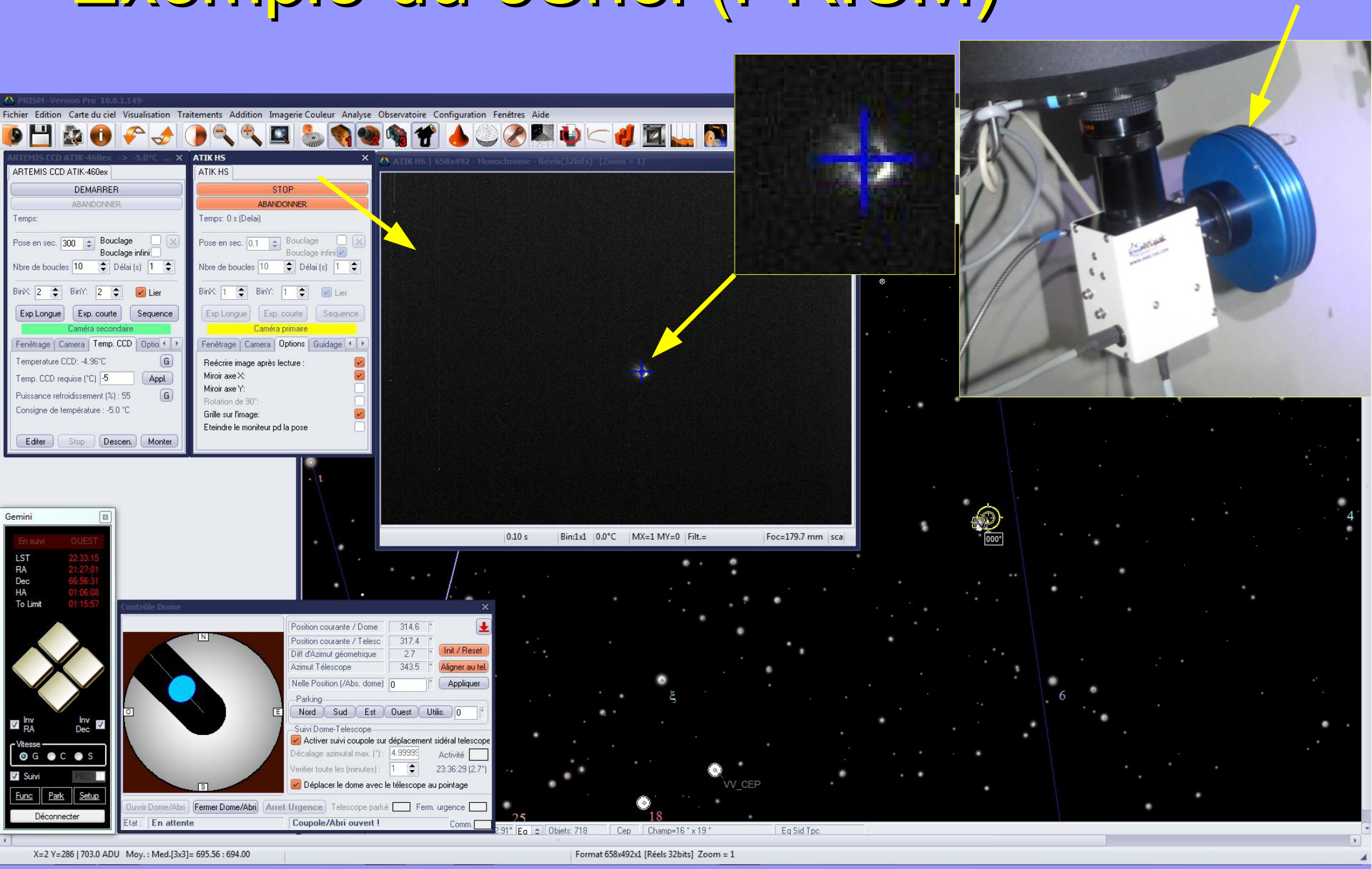
# Quelle orientation ?

- La aussi, pas de réponse universelle...
- Le long de l'Ascension Droite
  si erreur monture importante
- Le long de la déclinaison
  si bonne monture pour éviter
  les sur-corrections
- Verticale si cible "basse" sur l'horizon
  et spectrographe performant dans le bleu

# Exemple du LISA (PRISM)



# Exemple du eShel (PRISM)



# (auto)Guidage

- Faire un guidage manuel au début pour "sentir" la monture et ses défauts
- Mettre en place l'autoguidage *sans spectro*
- Interface monture Vs "port ST4"
  - Importance des pilotes (drivers) monture & caméras
  - Fonctionnalités du(des) logiciel(s) utilisé(s)
- Guidage sur consigne + sur fente
  - Aide au centrage de la cible !
- Logiciel de votre choix:
  - AudeLA (boîte à outil), PHD Guiding v2...
  - PRISM v9 ou v10, Maxim DL, Sky X, AstroArt...

# (auto)Guidage: paramètrage

Paramètres de guidage

Basiques | Avancées et spéciaux | Focalisation SharpLock / ONAG

Informations
Calibration effectuée le : 03/09/2014 22:57:37 -> DELTA= 38.7°
Système d'axes : **ASCOM compliant guider**

Voir les coordonnées de calibration

Acquisition
Taille de la fenetre de guidage (pixels) : 80
ou guidage sur toute l'image
Délai entre acquisitions (sec) : 1.0
Niveau minimum de l'étoile guide (ADU) : 100
Rayon de calcul de barycentre (Pixel) : 5
Paramètres qui vont être utilisés issus de la calibration
Miroir (X) utilisé par la calibration : Non
Miroir (Y) utilisé par la calibration : Non
Binning utilisé par la calibration : 1x1
Nbre de pixels de mouvement (Dither) : 3

Axe Alpha
Agressivité de correction (0-2) : 0.4
Décalage min de correction (pixels) : 0.20
Décalage max de correction (pixels) : 40.0
Lecture codeurs telescope (correction rappels Alpha)
Declinaison actuelle (°) : 38.7

Axe Delta
Agressivité de correction (0-2) : 0.4
Décalage min de correction (pixels) : 0.20
Décalage max de correction (pixels) : 40.0
Jeu en Delta (pixels) : 0.0
Tube monture allemande (calibration): Calibre Est
Tube actuellement à l'Est : pas de retournement monture par rapport à la calibration.

Ne pas faire de deplacement en DELTA
Utiliser qu'une seule direction DELTA de correction

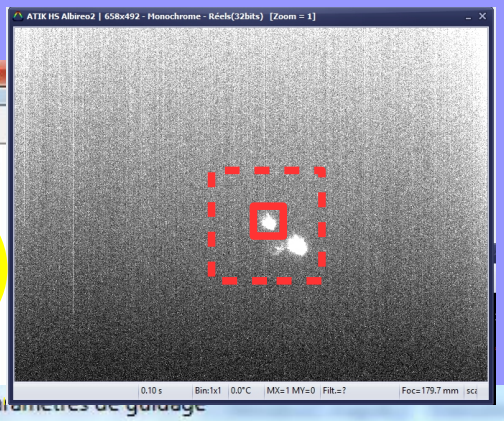
Type
Corrections positives
Corrections négatives
Corrections automatiques

Seuil de détection de mvt (pixels) : 1.00
Nombre d'aquisitions de decision : 5

Dérotateur
Angle dérotateur lors de la calibration : N/A

Alarmes
Alarmes sonores si perte du Guidage

OK | Annuler




Paramètres de guidage

Basiques | Avancées et spéciaux | Focalisation SharpLock / ONAG

Guidage spécial
Guidage sur une consigne
Paramètres de guidage sur une consigne
Position de la consigne en X (pixels, décimal) : 332.0
Position de la consigne en Y (pixels - décimal): 154.0

NB : les coordonnées ci dessus sont référencées avec l'image telle qu'elle apparait dans le mode de guidage choisi (avec binning et mirroirs X ou Y si nécéssaire)

AO-Tip Tilt
Activer le guidage avec l'AO
Paramètres
Plage d'utilisation du miroir de tip tilt (0 à 1) :
Agressivité de correction X (0-1) :
Agressivité de correction Y (0-1) :

Journaux
Activer la sauvegarde des images du CCD de guidage

Centroïdes
Activer le centroide évolué (Attention : requière des images d'étoiles utilisé pour le guidage comme étant parfaites)

Guidage sur fente spectrale
Guidage sur fente
Paramètres guidage sur fente
Fente verticale (sinon horizontale)
Position entière (X) du centre de la fente (pixels) : 355
Largeur entière de la fente (pixels) : 10
Position entière (Y) perpendiculaire à la fente (pixels) : 200
Paramètre guidage énergétique droit (sans unité) : 20.0
Paramètre guidage énergétique gauche (sans unité) : 20.0

NB : les coordonnées ci dessus sont référencées avec l'image telle qu'elle apparait dans le mode de guidage choisi (avec binning et mirroirs X ou Y si nécéssaire)

Bouclage des acquisitions (actions entre les poses)
Si l'étoile se trouve dans cette fenêtre d'erreur (pixels), reprendre la pose sur le CCD principal : 1.0
Nombre de tentatives max (poses ccd guidage) de recentrage de l'étoile par les rappels : 18

# Focalisation #2: caméra de guidage

- Faire une focalisation grossière de la caméra de guidage sur la fente
- Sur une étoile, focaliser grossièrement le tél.
- Sur une étoile, faire des spectres et focaliser plus finement le télescope sur intensité spectre
  - Temps de pose assez long (>20sec)
  - Autoguidage si possible
- Une fois cela fait, refocaliser (physiquement) la caméra de guidage sans toucher à la focalisation du télescope

# Focalisation #3: télescope

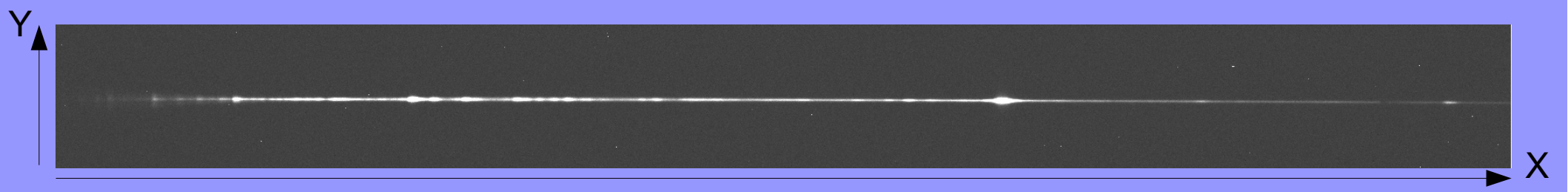
- Lors de vos sessions d'observation, vérifier la focalisation du télescope et la position de la consigne X/Y de guidage avec le même principe
  - Temps de pose assez long (>20sec)
  - Autoguidage si possible
  - Jouer alternativement sur la focalisation du télescopne & la position de consigne (à 0.5 pixels près) pour encore améliorer le flux

# Faire les acquisitions !

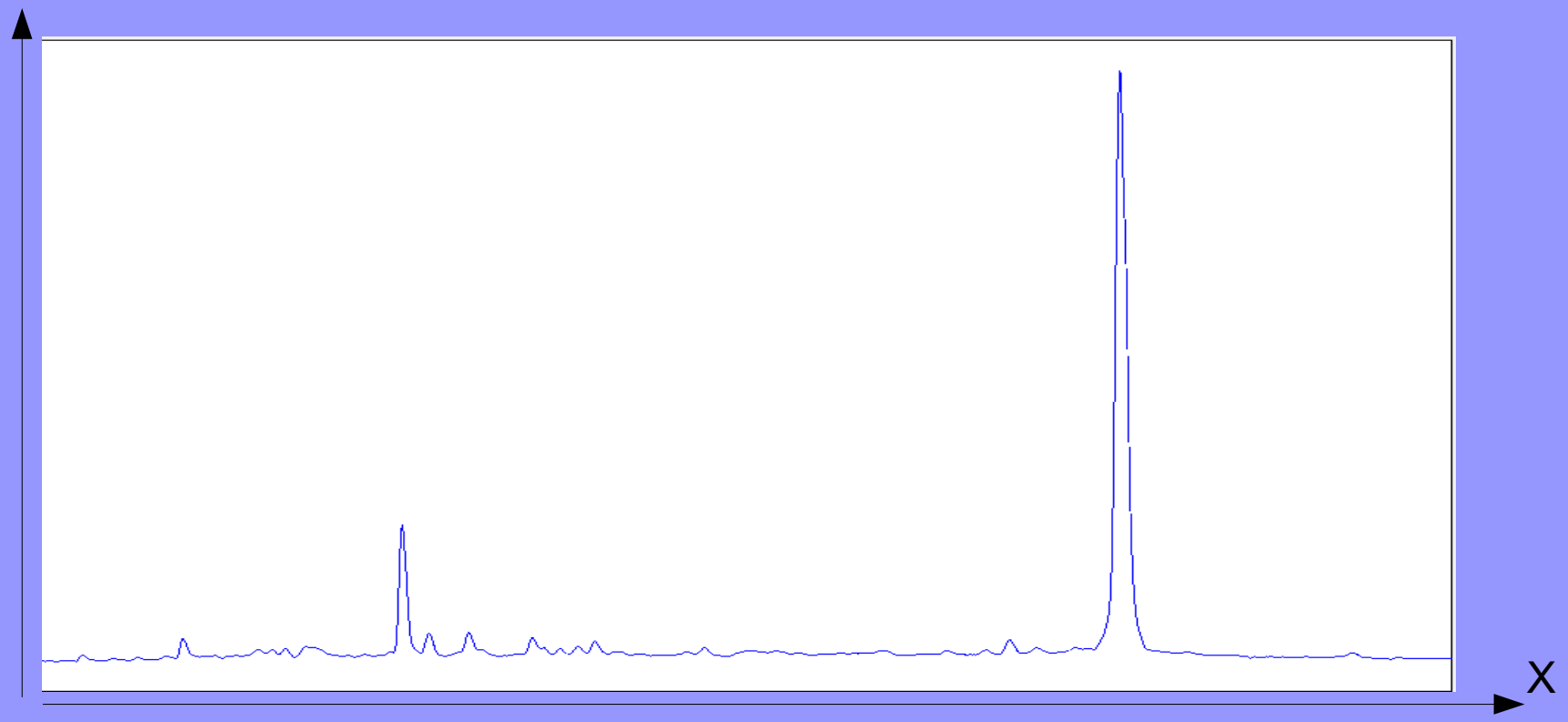
# Exemple de "session" d'observation

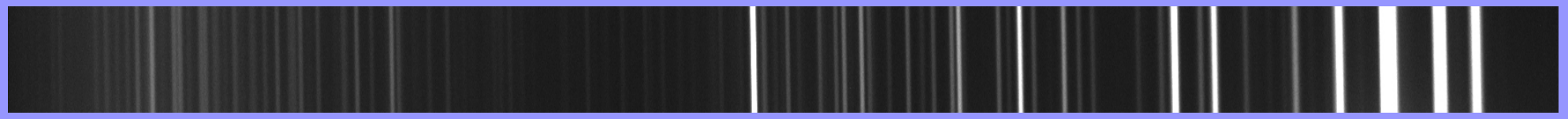
- Série de **Noirs** (Dark) et **Offset** (Bias): à faire pour chaque température de régulation et de temps en temps (ex: tous les 6 mois)
- En début de nuit:
  - Penser à la **régulation de la température** caméra !
  - Vérifier **foc. Spectro + télescope & position fente**
- Pointer une cible – **choix de l'étoile Be ?**
  - Faire les acquisitions – **quel temps de pose ?**
- Pointer une étoile de référence (b) – **laquelle ?**
  - Faire les calibrations (a): lampe spectrale + Flat (les flat peuvent parfois être faits une fois par nuit)
  - Faire les acquisitions (ut supra: temps de pose?)

# Au début: spectre X / Y

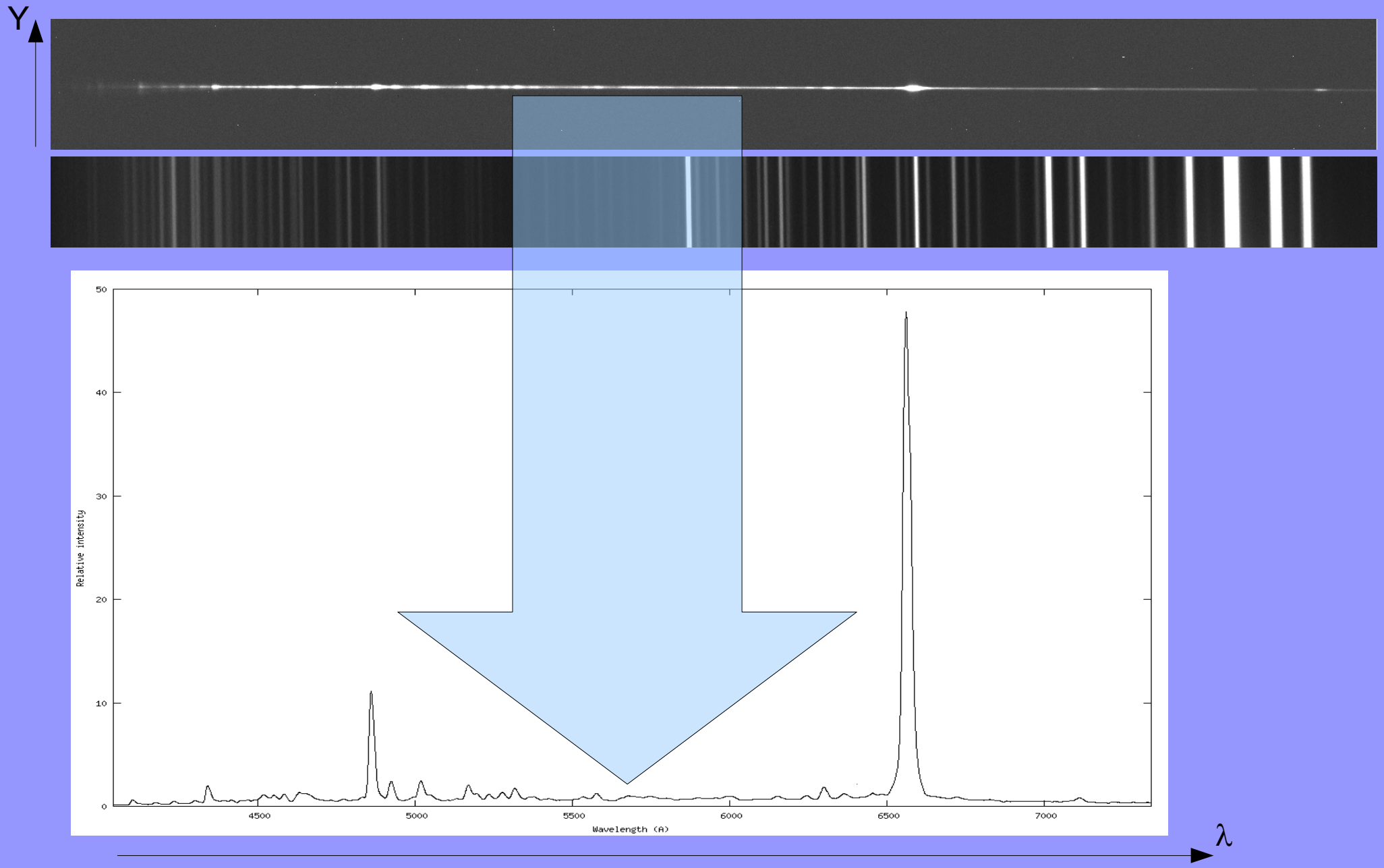



Intensité (colonne par colonne)



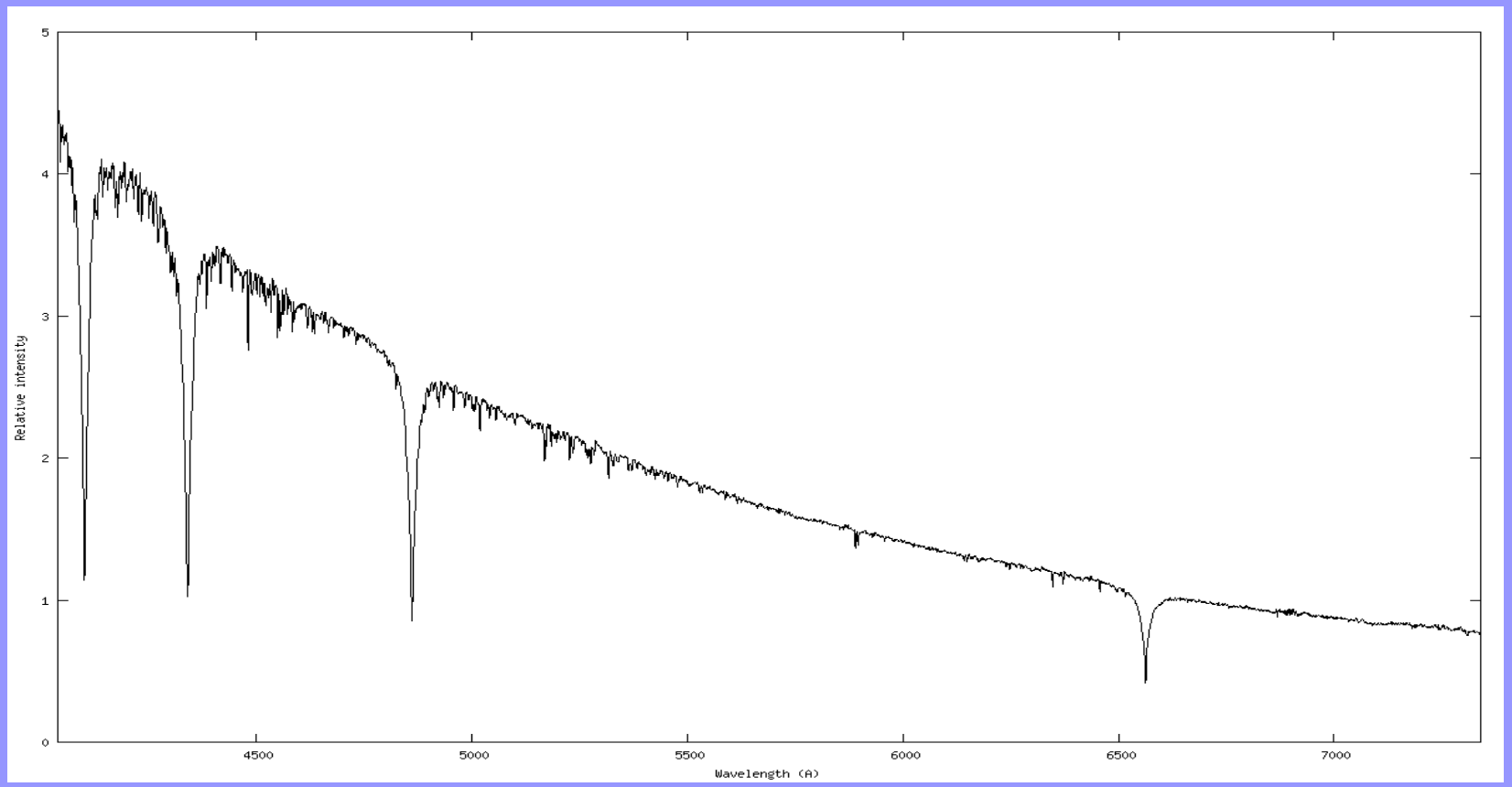



# Etalonnage en longueur d'onde



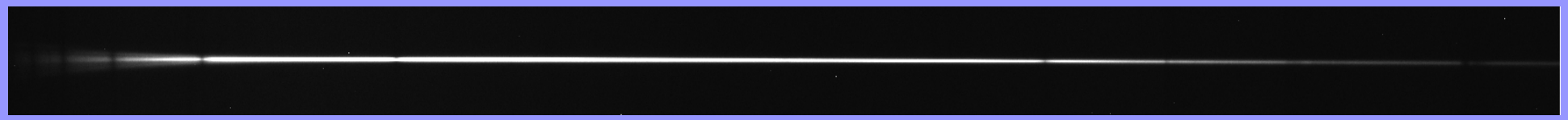
# Spectre "catalogue" (ex: MILES)

**Intensité = Flux Etoile * Rougissement**

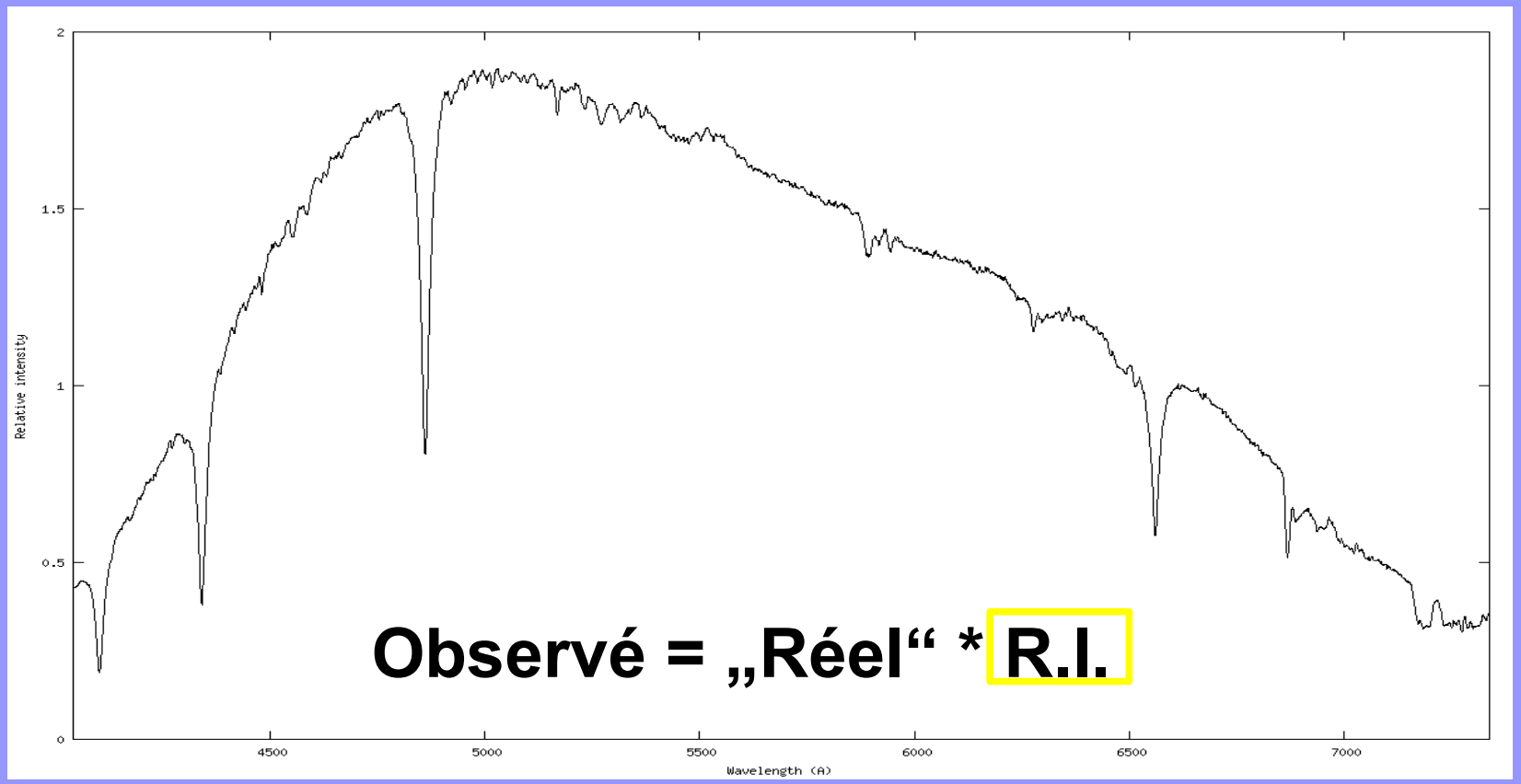



$\lambda$

# Etoile de référence: différent !




**Intensité = Flux Etoile * Rougissement * (Atmo.) * (Tél.) * (Spectro.) * (CCD)**




**Observé = „Réel“ * R.I.**

λ

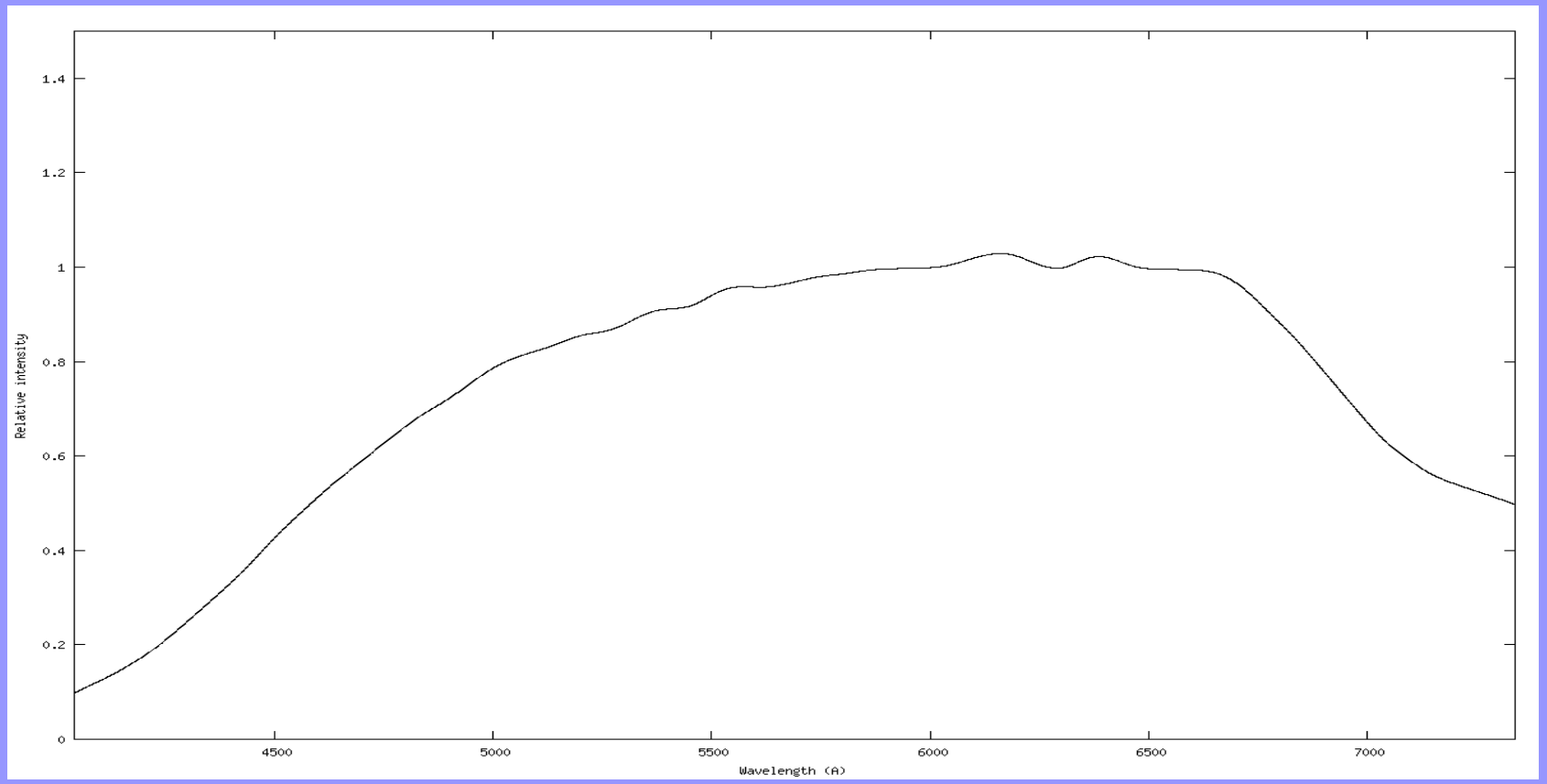
# Réponse Instrumentale

**Observé = „Réel“ * R.I.**

**R.I. = Observé / „Réel“**

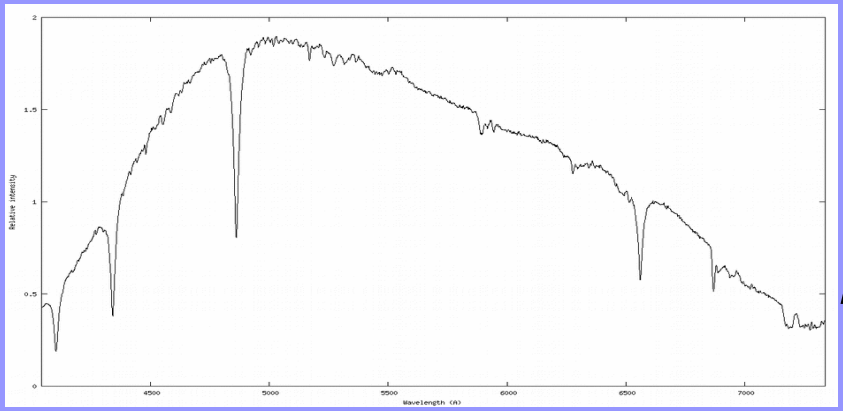
**„Réel“ = Observé / R.I.**

**Intensité =** **(Atmo.) * (Tél.) * (Spectro.) * (CCD)**

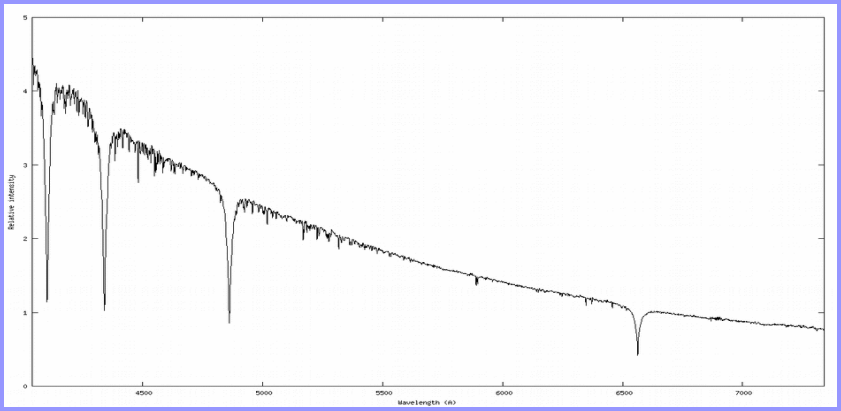



λ

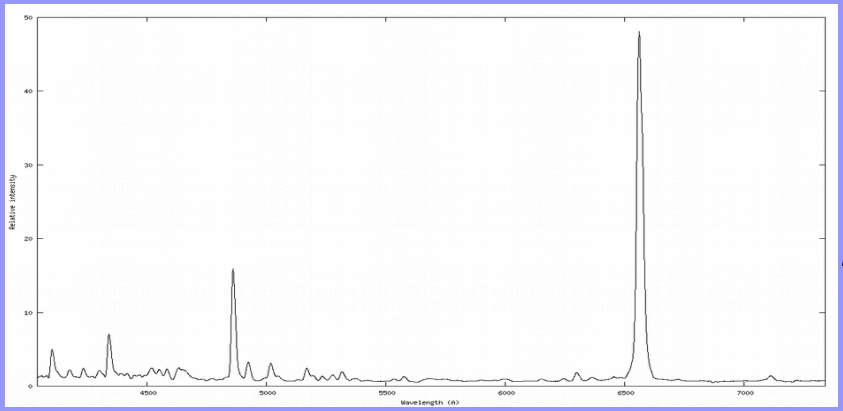
# Correction Réponse Instrumentale



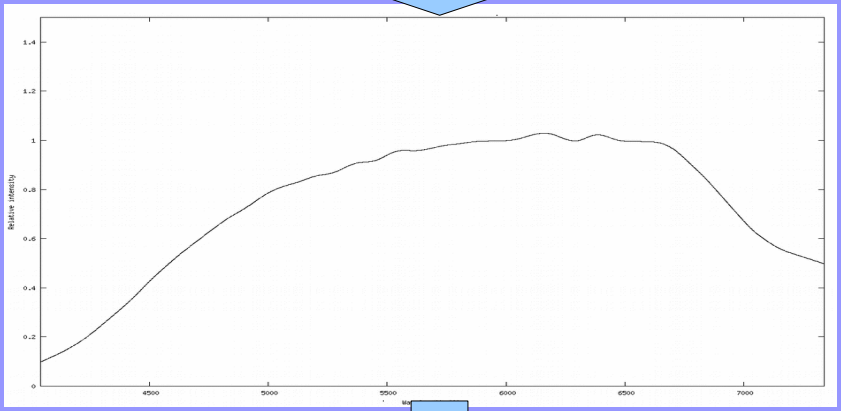

/

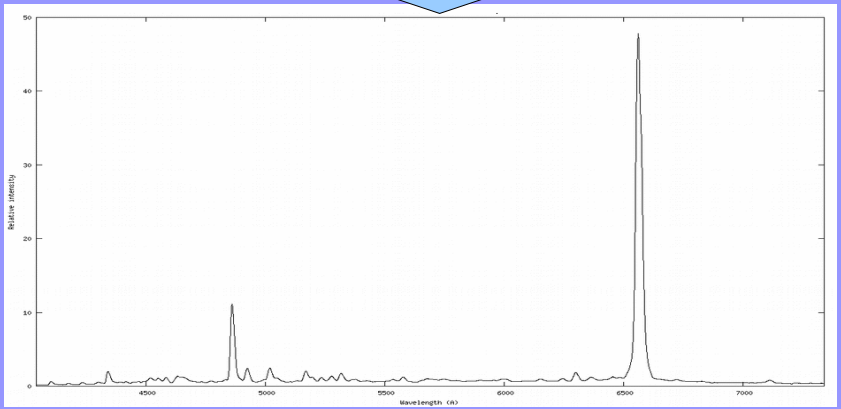



**R.I. = Observé / „Réel“**




/




**„Réel“ = Observé / R.I.**

# Exemple de "session" d'observation

- Série de **Noirs** (Dark) et **Offset** (Bias): à faire pour chaque température de régulation et de temps en temps (ex: tous les 6 mois)
- En début de nuit:
  - Penser à la **régulation de la température** caméra !
  - Vérifier **focalisation télescope & position fente**
- Pointer une cible – **choix de l'étoile Be?**
  - Faire les acquisitions – **quel temps de pose?**
- Pointer une étoile de référence – **laquelle ?**
  - Faire les calibrations: lampe spectrale + Flat (les flat peuvent parfois être faits une fois par nuit)
  - Faire les acquisitions (ut supra: temps de pose?)

# Choix des cibles: préparer de jour !

- Voir les conseils sur web ARAS (campagnes d'observations en cours) / Newsletter
- Pour les étoiles Be: utiliser ARAS BeAm **http://arasbeam.free.fr**

# ARAS BeAm

**http://arasbeam.free.fr**

## Critères de sélection des étoiles Be

Magnitude limite 6
Déclinaison max (°) 40
Déclinaison min. (°) 20

- (●) **Programme Haute Résolution : Hα (6563 Å), R > 5000**
- ( ) **Programme Toutes Résolutions : Hα (6563 Å)**
- ( ) Autre longueur d'onde (Å) : 6563
- ( ) Tous les spectres
- [ ] Afficher seulement les étoiles à observer

Envoyer

**Liste des étoiles Be de magnitude inférieure à 6**
**Déclinaison max : 40°**
**Déclinaison min. : 20°**

## Programme Haute Résolution : Hα (6563 Å), R > 5000

| Observée récemment | A observer bientôt | A observer immédiatement | Observation intensive requise |
|---|---|---|---|

26 objects

| Etoile | No HD | AD | DEC | Magn. | Type sp. | Nb tot. | 1 an | 2 mois | Dernier | Période Obs |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + - | + - | + - | + - | + - | + - | + - | + - | + - | + - | + - |
| HD 22780 | 22780 | +03 41 07.9 | +37 34 48.7 | 5.54 | B7Vne | 70 | 2 | 1 | 2015-09-07 08:30:57 | 90 |
| ELECTRA | 23302 | +03 44 52.5 | +24 06 48.0 | 3.71 | B6IIIe | 58 | 4 | 0 | 2015-08-29 00:14:48 | 120 |
| MEROPE | 23480 | +03 46 19.6 | +23 56 54.1 | 4.16 | B6IVe | 55 | 1 | 0 | 2014-12-21 21:44:47 | 365 |
| ALCYONE | 23630 | +03 47 29.1 | +24 06 18.5 | 2.87 | B7IIIe | 62 | 4 | 0 | 2014-12-31 00:30:58 | 365 |
| PLEIONE | 23862 | +03 49 11.2 | +24 08 12.2 | 5.05 | B8IVev | 474 | 83 | 1 | 2015-10-08 07:22:28 | 30 |
| Menkhib | 24912 | +03 58 57.9 | +35 47 27.7 | 4.06 | O7.5IIIe | 126 | 6 | 0 | 2015-08-28 23:11:29 | 90 |
| 105 Tau | 32991 | +05 07 55.4 | +21 42 17.4 | 5.92 | B2Ve | 23 | 0 | 0 | 2014-09-27 02:03:51 | 365 |
| zet Tau | 37202 | +05 37 38.7 | +21 08 33.2 | 3.03 | B2IVe | 493 | 66 | 1 | 2015-09-15 08:21:14 | 30 |
| nu Gem | 45542 | +06 28 57.8 | +20 12 43.7 | 4.14 | B6IIIe | 77 | 15 | 0 | 2015-04-22 21:30:47 | 365 |

# ARAS BeAm

**http://arasbeam.free.fr**

## Spectres disponibles pour cette étoile :

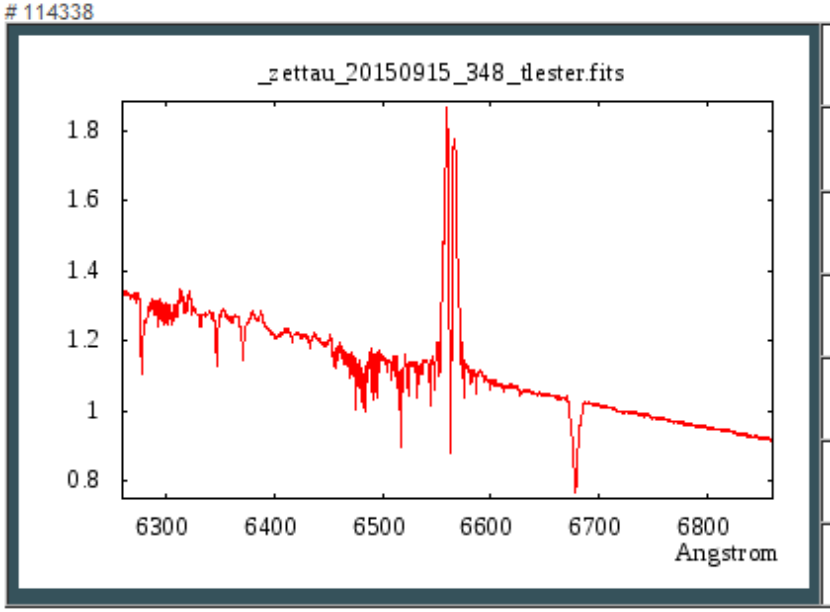
| | |
|---|---|
| Nom courant | **zet Tau** |
| No HD | **HD37202** |
| AD | **+05 37 38.7** |
| DEC | **+21 08 33.2** |
| Magnitude | **3.03** |
| Type spectral | **B2IVe** |
| Période d'observation attendue | **30** |

**Spectres Haute résolution (R >= 5000)**

**Spectres Basse résolution (R < 5000)**

493 spectres disponibles.
Affichage des spectres 1 - 100.
Page suivante

# 114338

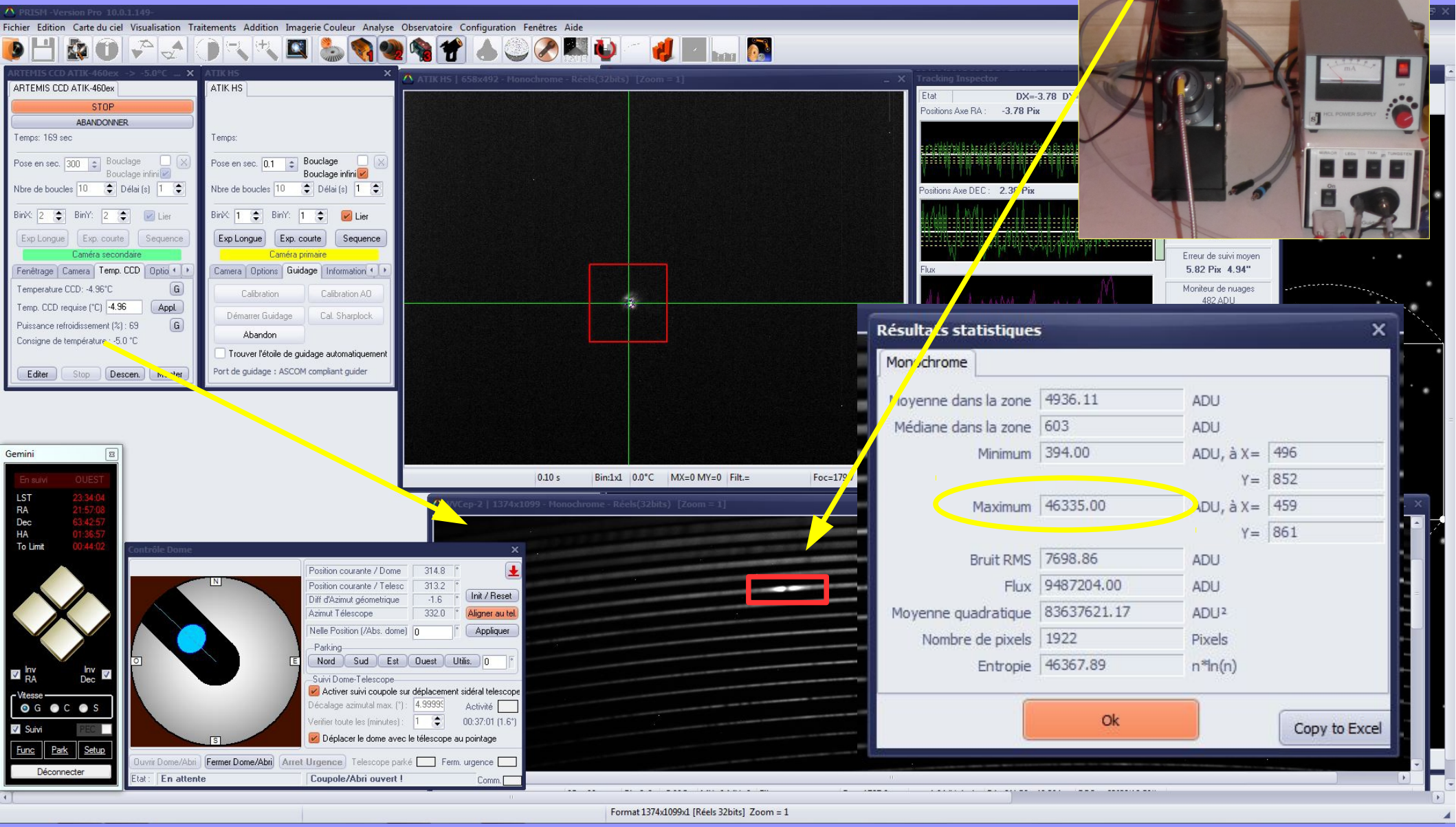



| |
|---|
| Date d'obs. : **2015-09-15 08:21:14** |
| Instrument : 31cmDK+23um1800lpm+QSI583 |
| Durée d'observation : 1046 s. |
| Résolution : 8000 |
| Site d'observation : |
| Observateur : Tim Lester |
| Longueur d'onde : 6260.03 - 6860.14 ang. |

# Exemple de "session" d'observation

- Série de **Noirs** (Dark) et **Offset** (Bias): à faire pour chaque température de régulation et de temps en temps (ex: tous les 6 mois)
- En début de nuit:
  - Penser à la **régulation de la température** caméra !
  - Vérifier **focalisation télescope & position fente**
- Pointer une cible – **choix de l'étoile Be?**
  - Faire les acquisitions – **quel temps de pose?**
- Pointer une étoile de référence – **laquelle ?**
  - Faire les calibrations: lampe spectrale + Flat (les flat peuvent parfois être faits une fois par nuit)
  - Faire les acquisitions (ut supra: temps de pose?)

# Saturation: un classique !!!



# Les photons "envoyés"

- L'étoile émet une certaine quantité de photon (la même pour tous le monde)
  - Dépend du type spectral (T)
  - Magnitude bolométrique ($m_{bol}$=V+BC)
  - La longueur d'onde ($\lambda$)

$$E_0(\lambda) = \frac{8{,}48.10^{34} \,.\, 10^{-0{,}4.m_{bol}}}{T^4.\lambda^4.\left[exp\left(\frac{1{,}44.10^8}{T\,.\,\lambda}\right) - 1\right]}$$

- Ex. étoile de type A0V, V=0, BC=-0.4
  **E0(6563) = 733 photons/cm2/s/A**

Source: http://www.astrosurf.com/buil/us/spectro8/spaude02.htm

# Les électrons "reçus"

- Le capteur CCD compte les électrons

$$\mathbf{N_o(\lambda) = E_o(\lambda).S.\Delta\lambda.f\lambda.R(\lambda).\varepsilon}$$

  - $E_o(\lambda)$: les photons "envoyés"
  - S: surface effective du télescope
  - $\Delta\lambda$: zone spectrale mesurée
  - $f\lambda$: facteur binning sur axe de dispertion
  - $R(\lambda)$: rendement
    (atmosphère + télescope + fente + spectro + CCD)
  - $\varepsilon$: fraction du signal total de l'étoile prise en compte lors du binning dans la direction spatiale (=1)

Source: http://www.astrosurf.com/buil/us/spectro8/spaude02.htm

# Le PC récupère des "ADU"

- ADU = Analog to Digital Units
- Le gain de la caméra s'exprime en $e^-$/ADU

$$\mathbf{N_{ADU} = N_o(\lambda) / Gain}$$

- Exemple de Gains
  - Atik 460ex: 0.3
  - SBIG ST10: 1.3
  - SXMX916: 2.5
  - Audine 402: 4.1
- **ATTENTION AUX COMPARAISONS !!!**

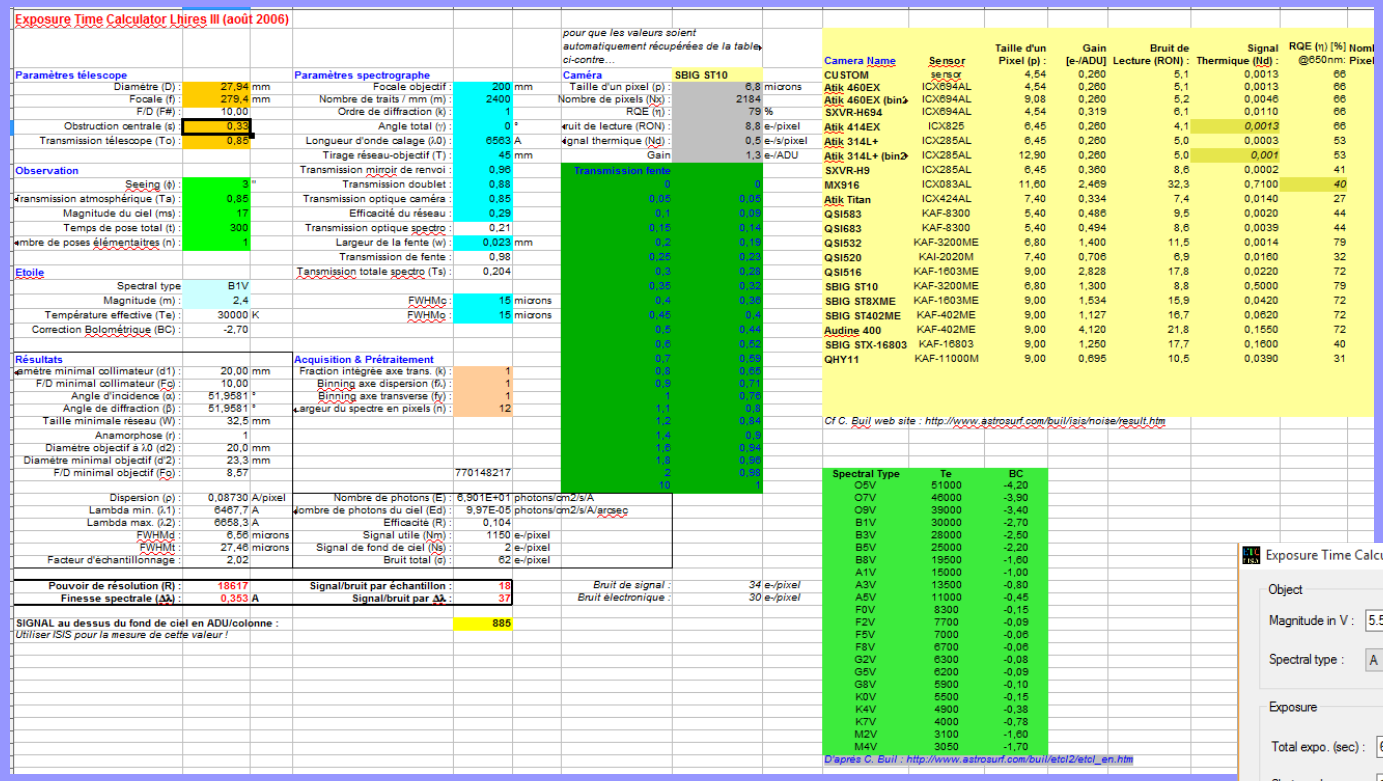
# Rapport Signal/Bruit: le graal

$$\frac{S}{B} = \frac{N_{cont} \cdot t}{\sqrt{\underbrace{N_{cont} \cdot t}_{\#1} + \underbrace{p \cdot N_{sky} \cdot t}_{\#2} + \underbrace{p \cdot N_{dark} \cdot t}_{\#3} + \underbrace{\frac{p}{f_s} \cdot n \cdot \sigma^2}_{\#4}}}$$

- #1 • Bruit de photons (cible)
- #2 • Bruit du fond de ciel
- #3 • Bruit 'thermique' (signal d'obscurité) du capteur CCD
- #4 • Bruit de lecture

- **Etoiles Be (profil de raie): S/B>100**
- **Classification SN: S/B>10**
- **...**

# TP : Exposure Time Calculator



Exposure Time Calculator Lhires III (août 2006)

*pour que les valeurs soient automatiquement récupérées de la table ci-contre...*

| Paramètres télescope | | |
|---|---|---|
| Diamètre (D) : | 27,94 | mm |
| Focale (f) : | 279,4 | mm |
| F/D (F#) : | 10,00 | |
| Obstruction centrale (s) : | 0,32 | |
| Transmission télescope (To) : | 0,85 | |

| Observation | | |
|---|---|---|
| Seeing (ϕ) : | 3 | " |
| Transmission atmosphérique (Ta) : | 0,85 | |
| Magnitude du ciel (ms) : | 17 | |
| Temps de pose total (t) : | 300 | |
| Nombre de poses élémentaires (n) : | 1 | |

| Etoile | | |
|---|---|---|
| Spectral type | B1V | |
| Magnitude (m) : | 2,4 | |
| Température effective (Te) : | 30000 | K |
| Correction Bolométrique (BC) : | -2,70 | |

| Résultats | | |
|---|---|---|
| Diamètre minimal collimateur (d1) : | 20,00 | mm |
| F/D minimal collimateur (Fc) : | 10,00 | |
| Angle d'incidence (α) : | 51,9581 | ° |
| Angle de diffraction (β) : | 51,9581 | ° |
| Taille minimale réseau (W) : | 32,5 | mm |
| Anamorphose (r) : | 1 | |
| Diamètre objectif à λ0 (d2) : | 20,0 | mm |
| Diamètre minimal objectif (d'2) : | 23,3 | mm |
| F/D minimal objectif (Fo) : | 8,57 | |
| Dispersion (p) : | 0,08730 | A/pixel |
| Lambda min. (λ1) : | 6467,7 | A |
| Lambda max. (λ2) : | 6658,3 | A |
| FWHMd : | 6,56 | microns |
| FWHMt : | 27,46 | microns |
| Facteur d'échantillonnage : | 2,02 | |
| **Pouvoir de résolution (R) :** | 18617 | |
| **Finesse spectrale (Δλ) :** | 0,353 | A |

**SIGNAL au dessus du fond de ciel en ADU/colonne :** 885

*Utiliser ISIS pour la mesure de cette valeur !*

| Paramètres spectrographe | | |
|---|---|---|
| Focale objectif : | 200 | mm |
| Nombre de traits / mm (m) : | 2400 | |
| Ordre de diffraction (k) : | 1 | |
| Angle total (γ) : | 0 | ° |
| Longueur d'onde calage (λ0) : | 6563 | A |
| Tirage réseau-objectif (T) : | 45 | mm |
| Transmission miroir de renvoi : | 0,96 | |
| Transmission doublet : | 0,88 | |
| Transmission optique caméra : | 0,85 | |
| Efficacité du réseau : | 0,29 | |
| Transmission optique spectro : | 0,21 | |
| Largeur de la fente (w) : | 0,023 | mm |
| Transmission de fente : | 0,98 | |
| Transmission totale spectro (Ts) : | 0,204 | |
| FWHMc : | 15 | microns |
| FWHMo : | 15 | microns |

| Acquisition & Prétraitement | | |
|---|---|---|
| Fraction intégrée axe trans. (k) : | 1 | |
| Binning axe dispersion (fλ) : | 1 | |
| Binning axe transverse (fy) : | 1 | |
| Largeur du spectre en pixels (n) : | 12 | |
| | 770148217 | |
| Nombre de photons (E) : | 6,901E+01 | photons/cm2/s/A |
| Nombre de photons du ciel (Ed) : | 9,97E-05 | photons/cm2/s/A/arcsec |
| Efficacité (R) : | 0,104 | |
| Signal utile (Nm) : | 1150 | e-/pixel |
| Signal de fond de ciel (Ns) : | 2 | e-/pixel |
| Bruit total (σ) : | 62 | e-/pixel |
| **Signal/bruit par échantillon :** | 18 | |
| **Signal/bruit par Δλ :** | 37 | |

| Caméra | SBIG ST10 | |
|---|---|---|
| Taille d'un pixel (p) : | 6,8 | microns |
| Nombre de pixels (Nx) : | 2184 | |
| RQE (η) : | 79 | % |
| Bruit de lecture (RON) : | 8,8 | e-/pixel |
| Signal thermique (Nd) : | 0,5 | e-/s/pixel |
| Gain | 1,3 | e-/ADU |
| Bruit de signal : | 34 | e-/pixel |
| Bruit électronique : | 30 | e-/pixel |

| Transmission fente | |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 0,05 | 0,05 |
| 0,1 | 0,09 |
| 0,15 | 0,14 |
| 0,2 | 0,18 |
| 0,25 | 0,23 |
| 0,3 | 0,28 |
| 0,35 | 0,32 |
| 0,4 | 0,36 |
| 0,45 | 0,4 |
| 0,5 | 0,44 |
| 0,6 | 0,52 |
| 0,7 | 0,59 |
| 0,8 | 0,66 |
| 0,9 | 0,71 |
| 1 | 0,76 |
| 1,1 | 0,8 |
| 1,2 | 0,84 |
| 1,4 | 0,9 |
| 1,6 | 0,94 |
| 1,8 | 0,96 |
| 2 | 0,98 |
| 10 | 1 |

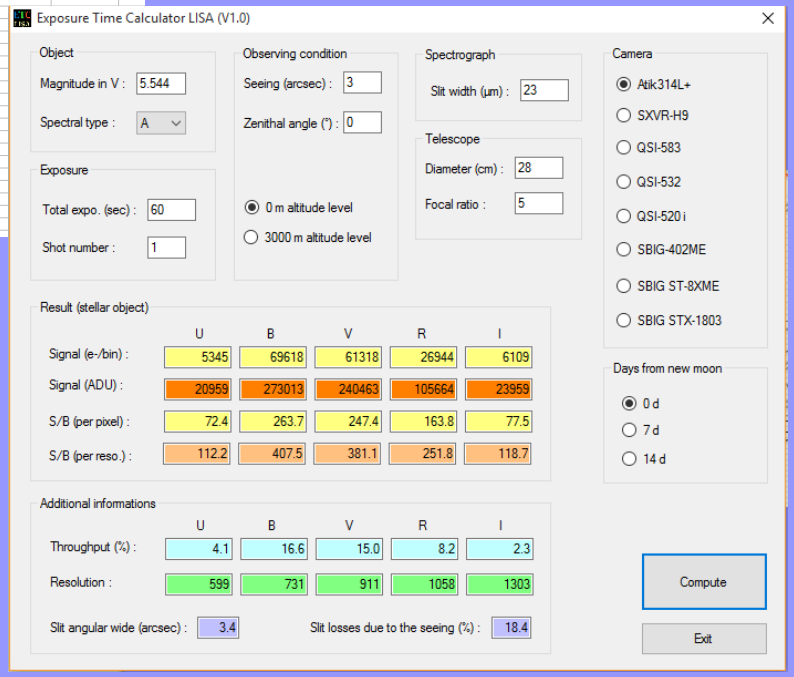
| Camera Name | Sensor | Taille d'un Pixel (p) : | Gain [e-/ADU] | Bruit de Lecture (RON) : | Signal Thermique (Nd) : | RQE (η) [%] @650nm: | Nom Pixel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CUSTOM | sensor | 4,54 | 0,260 | 5,1 | 0,0013 | 66 | |
| Atik 460EX | ICX694AL | 4,54 | 0,260 | 5,1 | 0,0013 | 66 | |
| Atik 460EX (bin2 | ICX694AL | 9,08 | 0,260 | 5,2 | 0,0046 | 66 | |
| SXVR-H694 | ICX694AL | 4,54 | 0,319 | 6,1 | 0,0110 | 66 | |
| Atik 414EX | ICX825 | 6,45 | 0,260 | 4,1 | 0,0013 | 66 | |
| Atik 314L+ | ICX285AL | 6,45 | 0,260 | 5,0 | 0,0003 | 53 | |
| Atik 314L+ (bin2 | ICX285AL | 12,90 | 0,260 | 5,0 | 0,001 | 53 | |
| SXVR-H9 | ICX285AL | 6,45 | 0,360 | 8,6 | 0,0002 | 41 | |
| MX916 | ICX083AL | 11,60 | 2,469 | 32,3 | 0,7100 | 40 | |
| Atik Titan | ICX424AL | 7,40 | 0,334 | 7,4 | 0,0140 | 27 | |
| QSI583 | KAF-8300 | 5,40 | 0,486 | 9,5 | 0,0020 | 44 | |
| QSI683 | KAF-8300 | 5,40 | 0,494 | 8,6 | 0,0039 | 44 | |
| QSI532 | KAF-3200ME | 6,80 | 1,400 | 11,5 | 0,0014 | 79 | |
| QSI520 | KAI-2020M | 7,40 | 0,706 | 6,9 | 0,0160 | 32 | |
| QSI516 | KAF-1603ME | 9,00 | 2,828 | 17,8 | 0,0220 | 72 | |
| SBIG ST10 | KAF-3200ME | 6,80 | 1,300 | 8,8 | 0,5000 | 79 | |
| SBIG ST8XME | KAF-1603ME | 9,00 | 1,534 | 15,9 | 0,0420 | 72 | |
| SBIG ST402ME | KAF-402ME | 9,00 | 1,127 | 16,7 | 0,0620 | 72 | |
| Audine 400 | KAF-402ME | 9,00 | 4,120 | 21,8 | 0,1550 | 72 | |
| SBIG STX-16803 | KAF-16803 | 9,00 | 1,250 | 17,7 | 0,1600 | 40 | |
| QHY11 | KAF-11000M | 9,00 | 0,695 | 10,5 | 0,0390 | 31 | |

*Cf C. Buil web site : http://www.astrosurf.com/buil/isis/noise/result.htm*

| Spectral Type | Te | BC |
|---|---|---|
| O5V | 51000 | -4,20 |
| O7V | 46000 | -3,90 |
| O9V | 39000 | -3,40 |
| B1V | 30000 | -2,70 |
| B3V | 28000 | -2,50 |
| B5V | 25000 | -2,20 |
| B8V | 19500 | -1,60 |
| A1V | 15000 | -1,00 |
| A3V | 13500 | -0,80 |
| A5V | 11000 | -0,45 |
| F0V | 8300 | -0,15 |
| F2V | 7700 | -0,09 |
| F5V | 7000 | -0,06 |
| F8V | 6700 | -0,06 |
| G2V | 6300 | -0,08 |
| G5V | 6200 | -0,09 |
| G8V | 5900 | -0,10 |
| K0V | 5500 | -0,15 |
| K4V | 4900 | -0,38 |
| K7V | 4000 | -0,78 |
| M2V | 3100 | -1,60 |
| M4V | 3050 | -1,70 |

*D'après C. Buil : http://www.astrosurf.com/buil/etcl2/etcl_en.htm*

**Version Lhires III**
**(feuille Excel - modifiée)**




**Version LISA (logiciel)**

# Exemple de "session" d'observation

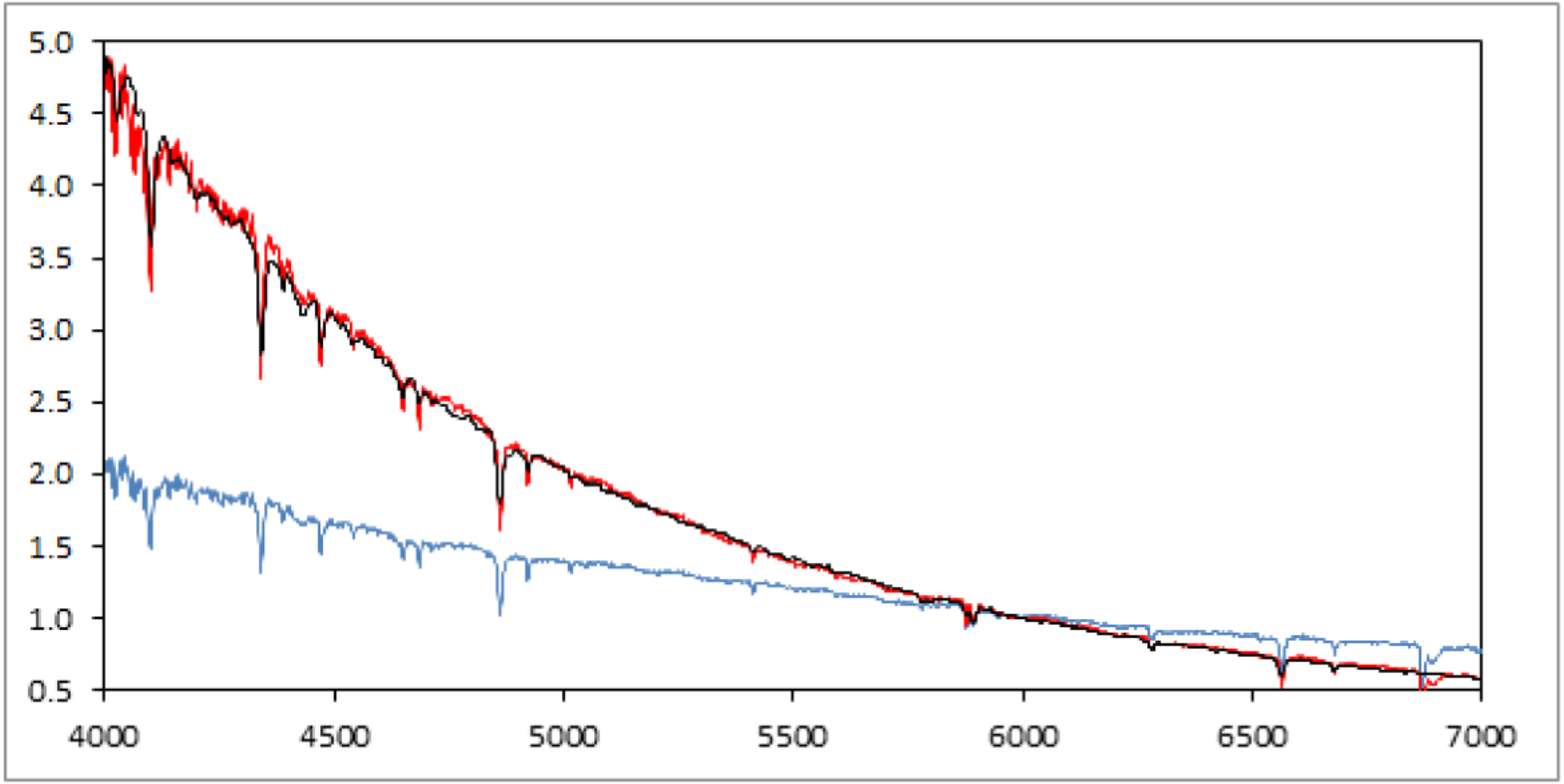
- Série de **Noirs** (Dark) et **Offset** (Bias): à faire pour chaque température de régulation et de temps en temps (ex: tous les 6 mois)
- En début de nuit:
  - Penser à la **régulation de la température** caméra !
  - Vérifier **focalisation télescope & position fente**
- Pointer une cible – **choix de l'étoile Be?**
  - Faire les acquisitions – **quel temps de pose?**
- Pointer une étoile de référence – **laquelle ?**
  - Faire les calibrations: lampe spectrale + Flat (les flat peuvent parfois être faits une fois par nuit)
  - Faire les acquisitions (ut supra: temps de pose?)

# Choix de l'étoile de référence

- Etoile de type A ou B classique
  - Si étoile MILES: utiliser le vrai spectre
  - Sinon, Pickles - attention au E(B-V)!
- Proche de la cible (<5° typiquement) surtout si bas sur horizon (cf Excel)
- Avec un excès de couleur E(B-V) ~ 0
- Surtout critique en basse résolution (très sensible dans le bleu)

# Impact de l'excès de couleur E(B-V)

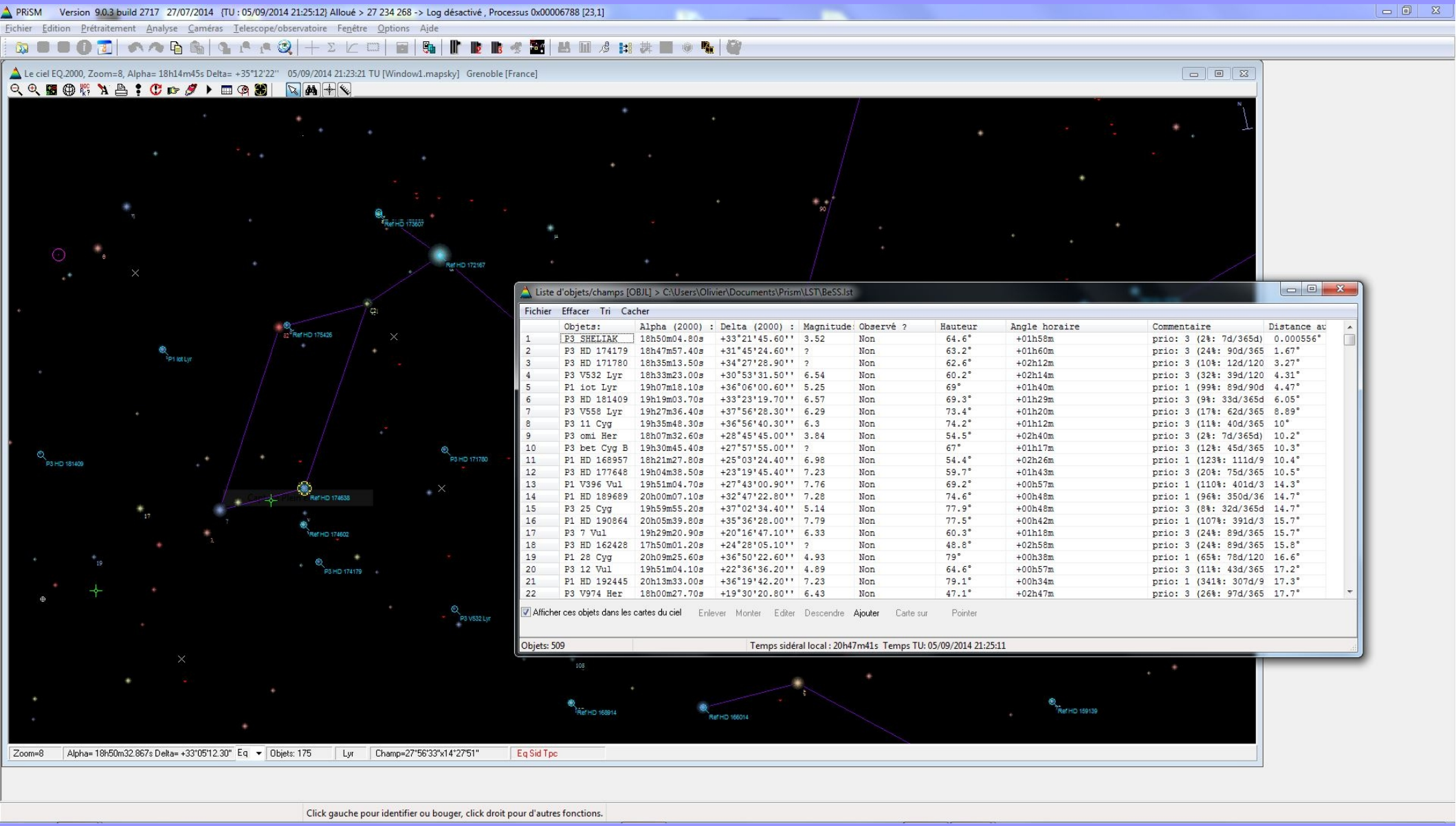
**AE Aurigae**




| | | |
|---|---|---|
| Blue = Observed Spectrum | Red = Dereddened Spectrum | Black =Pickles O9v |
| **AE Aur** **O9.5v** | **$E_{B-V}$ = 0.53** | |

Source: F. Teyssier „derougissement.pdf“

# Aide d'un logiciel de cartographie




| | Objets: | Alpha (2000) : | Delta (2000) : | Magnitude | Observé ? | Hauteur | Angle horaire | Commentaire | Distance au |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | P3 SHELIAK | 18h50m04.80s | +33°21'45.60'' | 3.52 | Non | 64.6° | +01h58m | prio: 3 (2%: 7d/365d) | 0.000556° |
| 2 | P3 HD 174179 | 18h47m57.40s | +31°45'24.60'' | ? | Non | 63.2° | +01h60m | prio: 3 (24%: 90d/365 | 1.67° |
| 3 | P3 HD 171780 | 18h35m13.50s | +34°27'28.90'' | ? | Non | 62.6° | +02h12m | prio: 3 (10%: 12d/120 | 3.27° |
| 4 | P3 V532 Lyr | 18h33m23.00s | +30°53'31.50'' | 6.54 | Non | 60.2° | +02h14m | prio: 3 (32%: 39d/120 | 4.31° |
| 5 | P1 iot Lyr | 19h07m18.10s | +36°06'00.60'' | 5.25 | Non | 69° | +01h40m | prio: 1 (99%: 89d/90d | 4.47° |
| 6 | P3 HD 181409 | 19h19m03.70s | +33°23'19.70'' | 6.57 | Non | 69.3° | +01h29m | prio: 3 (9%: 33d/365d | 6.05° |
| 7 | P3 V558 Lyr | 19h27m36.40s | +37°56'28.30'' | 6.29 | Non | 73.4° | +01h20m | prio: 3 (17%: 62d/365 | 8.89° |
| 8 | P3 11 Cyg | 19h35m48.30s | +36°56'40.30'' | 6.3 | Non | 74.2° | +01h12m | prio: 3 (11%: 40d/365 | 10° |
| 9 | P3 omi Her | 18h07m32.60s | +28°45'45.00'' | 3.84 | Non | 54.5° | +02h40m | prio: 3 (2%: 7d/365d) | 10.2° |
| 10 | P3 bet Cyg B | 19h30m45.40s | +27°57'55.00'' | ? | Non | 67° | +01h17m | prio: 3 (12%: 45d/365 | 10.3° |
| 11 | P1 HD 168957 | 18h21m27.80s | +25°03'24.40'' | 6.98 | Non | 54.4° | +02h26m | prio: 1 (123%: 111d/9 | 10.4° |
| 12 | P3 HD 177648 | 19h04m38.50s | +23°19'45.40'' | 7.23 | Non | 59.7° | +01h43m | prio: 3 (20%: 75d/365 | 10.5° |
| 13 | P1 V396 Vul | 19h51m04.70s | +27°43'00.90'' | 7.76 | Non | 69.2° | +00h57m | prio: 1 (110%: 401d/3 | 14.3° |
| 14 | P1 HD 189689 | 20h00m07.10s | +32°47'22.80'' | 7.28 | Non | 74.6° | +00h48m | prio: 1 (96%: 350d/36 | 14.7° |
| 15 | P3 25 Cyg | 19h59m55.20s | +37°02'34.40'' | 5.14 | Non | 77.9° | +00h48m | prio: 3 (8%: 32d/365d | 14.7° |
| 16 | P1 HD 190864 | 20h05m39.80s | +35°36'28.00'' | 7.79 | Non | 77.5° | +00h42m | prio: 1 (107%: 391d/3 | 15.7° |
| 17 | P3 7 Vul | 19h29m20.90s | +20°16'47.10'' | 6.33 | Non | 60.3° | +01h18m | prio: 3 (24%: 89d/365 | 15.7° |
| 18 | P3 HD 162428 | 17h50m01.20s | +24°28'05.10'' | ? | Non | 48.8° | +02h58m | prio: 3 (24%: 89d/365 | 15.8° |
| 19 | P1 28 Cyg | 20h09m25.60s | +36°50'22.60'' | 4.93 | Non | 79° | +00h38m | prio: 1 (65%: 78d/120 | 16.6° |
| 20 | P3 12 Vul | 19h51m04.10s | +22°36'36.20'' | 4.89 | Non | 64.6° | +00h57m | prio: 3 (11%: 43d/365 | 17.2° |
| 21 | P1 HD 192445 | 20h13m33.00s | +36°19'42.20'' | 7.23 | Non | 79.1° | +00h34m | prio: 1 (341%: 307d/9 | 17.3° |
| 22 | P3 V974 Her | 18h00m27.70s | +19°30'20.80'' | 6.43 | Non | 47.1° | +02h47m | prio: 3 (26%: 97d/365 | 17.7° |

# Aide d'un logiciel de cartographie

PRiSM Version 9.0.3 build 2717 27/07/2014 (TU : 05/09/2014 21:25:12) Alloué > 27 234 268 -> Log désactivé , Processus 0x00006788 [23,1]

Fichier Edition Prétraitement Analyse Caméras Telescope/observatoire Fenêtre Options Aide

Le ciel EQ.2000, Zoom=8, Alpha= 18h14m45s Delta= +35°12'22'' 05/09/2014 21:23:21 TU [Window1.mapsky] Grenoble [France]

Liste d'objets/champs [OBJL] > C:\Users\Olivier\Documents\Prism\LST\BeSS_Ref.lst

Fichier Effacer Tri Cacher

| | Objets: | Alpha (2000) : | Delta (2000) : | Magnitude | Observé ? | Hauteur | Angle horaire | Commentaire | Distance |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | P3 zet Crv | 12h20m33.60s | -22°12'57.20'' | 5.22 | Non | 23° | -00h47m | prio: 3 (8%: 29d/365d) | 7.88° |
| 2 | Ref HD111786 | 12h51m57.90s | -26°44'17.78'' | 6.145 | Non | 17.1° | -01h18m | Sp=A0III | 16° |
| 3 | P3 phi Leo | 11h16m39.70s | -03°39'05.80'' | 4.47 | Non | 42.3° | +00h17m | prio: 3 (16%: 61d/365d) | 16.4° |
| 4 | P1 bet Hya | 11h52m54.50s | -33°54'29.30'' | 4.28 | Non | 12.1° | -00h19m | prio: 1 (221%: 808d/365d) | 18.4° |
| 5 | Ref HD114330 | 13h09m56.99s | -05°32'20.42'' | 4.381 | Non | 36° | -01h36m | Sp=A1IVs+... | 19.4° |
| 6 | P3 HD 91120 | 10h30m59.80s | -13°35'18.50'' | 5.59 | Non | 30.8° | +01h03m | prio: 3 (22%: 82d/365d) | 22.2° |
| 7 | P2 HD 89884 | 10h21m59.40s | -18°02'04.10'' | 7.13 | Non | 26° | +01h12m | prio: 2 (53%: 194d/365d) | 24.1° |
| 8 | P3 V817 Cen | 12h08m54.60s | -41°13'53.80'' | 5.51 | Non | 4.52° | -00h35m | prio: 3 (22%: 80d/365d) | 25.7° |
| 9 | P1 V958 Cen | 13h14m40.70s | -38°39'05.70'' | 7.12 | Non | 4.37° | -01h41m | prio: 1 | 28° |
| 10 | P3 17 Sex | 10h10m07.50s | -08°24'29.40'' | 5.90 | Non | 34.4° | +01h23m | prio: 3 (15%: 57d/365d) | 28.4° |
| 11 | P3 OY Hya | 09h59m06.30s | -23°57'02.80'' | 6.21 | Non | 18.8° | +01h34m | prio: 3 (43%: 159d/365d) | 30.1° |
| 12 | Ref HD103578 | 11h55m40.53s | +15°38'48.54'' | 5.531 | Non | 61.4° | -00h22m | Sp=A3V | 31.3° |
| 13 | P1 HD 85860 | 09h54m05.10s | -27°59'56.40'' | 7.17 | Non | 14.6° | +01h39m | prio: 1 | 32.1° |
| 14 | Ref HD103877 | 11h57m42.39s | +17°28'04.20'' | 6.78 | Non | 63.1° | -00h24m | Sp=Am | 33.1° |
| 15 | Ref HD097633 | 11h14m14.40s | +15°25'46.45'' | 3.324 | Non | 61.3° | +00h19m | Sp=A2V | 33.2° |
| 16 | P1 V774 Cen | 13h53m28.20s | -39°03'25.90'' | 7.61 | Non | 1.25° | -02h20m | prio: 1 | 33.8° |
| 17 | P3 I Hya | 09h41m17.00s | -23°35'29.50'' | 4.75 | Non | 17.8° | +01h52m | prio: 3 (17%: 64d/365d) | 34.1° |
| 18 | P1 HD 84567 | 09h45m22.00s | -30°12'09.90'' | 6.44 | Non | 11.9° | +01h48m | prio: 1 | 34.6° |
| 19 | P1 V863 Cen | 12h08m05.20s | -50°39'40.60'' | 4.45 | Non | -4.84° | -00h35m | prio: 1 (248%: 906d/365d) | 35.1° |
| 20 | P1 del Cen | 12h08m21.50s | -50°43'20.70'' | 2.56 | Non | -4.9° | -00h35m | prio: 1 (631%: 2303d/365d) | 35.1° |
| 21 | P1 mu Cen | 13h49m37.00s | -42°28'25.40'' | 3.46 | Non | -1.57° | -02h16m | prio: 1 (126%: 461d/365d) | 35.3° |
| 22 | P1 HL Lib | 14h30m40.50s | -22°27'39.30'' | 6.96 | Non | 12.2° | -02h57m | prio: 1 (172%: 51d/30d) | 35.6° |
| 23 | P3 HD 81753 | 09h26m44.90s | -28°47'15.70'' | ? | Non | 11.8° | +02h07m | prio: 3 (39%: 145d/365d) | 38.2° |

Afficher ces objets dans les cartes du ciel Enlever Monter Editer Descendre Ajouter Carte sur Pointer

Objets: 619 Temps sidéral local : 11h33m33s Temps TU: 02/09/2014 12:24:18

# Observations Automatiques ? (1/3)

**Préparations (Jour + Nuit)**

- Focaliser le spectro. Rendre net le spectre.
- Focaliser le guidage pour rendre net la fente/le trou d'entrée du spectro.
- Noter la position du trou ou fente
- Alignement chercheur optique / axe optique telecope oculaire
- Pointer une étoile au chercheur optique, l'amener sur la fente ou trou du spectro.
- Focaliser le telescope sur l'étoile
- Noter la position du trou fente, qui devient la consigne du guidage.
- Lancer un guidage pour garder l'étoile sur la fente/trou
- Recentrer le chercheur optique.
- Noter la position dans le chercheur electronique de l'étoile.
  Cela devient la consigne pour un pointage au chercheur electronique.

*Source: Thierry Lemoult / Script d'observation automatique (PRISM v9)*

# Observations Automatiques ? (2/3)

**Automatisme:**

- Lancer les caméras avec le refroidissement.
- Pose rapide pour déterminer la valeur d'offset (bias) (soustrait plus tard pour evaluer les flux)
- Choisir une cible bien placée

- Uniquement pour la première cible, ou en cas d'echec astrométrie sur le champ du spectro:
  - Pointage au chercheur
  - Astrométrie au chercheur --> Donne orientation du champ, distance en alpha et delta entre l'entrée du spectro et la cible
  - Recentrage au chercheur (une étape offset)

- Astrométrie sur le champ de guidage du spectro => Donne orientation du champ, distance en alpha et delta entre l'entrée du spectro et la cible
- Recentrage de l'étoile (une etape offset)
- Astrometrie sur le champ de guidage du spectro, pour contrôle que la cible est bien sur la fente/trou à quelques pixels près

*Source: Thierry Lemoult / Script d'observation automatique (PRISM v9)*

# Observations Automatiques ? (3/3)

**Automatisme:**

- Déterminer le temps de pose du guidage par essais pour obtenir un flux donné
  - Lancement du guidage, agressivitée 1
  - Quand l'étoile est sur la fente a 1 pixel
  - Réduction de l'agressivitée à 0.3 perpendiculairement à l'axe de la fente

- Determiner le temps de pose unitaire sur le spectre pour obtenir un flux donnée (borne max 600 sec.)
  - Essais 1s, si pas assez de flux, 10s, si trop de flux essais 0.1s. puis règle de trois sur le temps de pose (pour evaluer le flux, un coup de médian, pour dégager les rayons cosmiques, puis je cherche le maximum)
  - Le temps unitaire etant connus, nombre de pose unitaire suivant le flux total voulu
- Lancement des poses sur le spectre

- Arret du guidage
- Arret de l'entrainement horaire
- Lancement des calibrations: FLAT, lame calibration
- On passe à la cible suivante/ ou l'étoile de référence

*Source: Thierry Lemoult / Script d'observation automatique (PRISM v9)*

# LA SUITE...

- Choix du Matériel
- Préparer Matériel
- Préparer ses cibles
  & faire les Acquisitions
- Réduire les données avec ISIS
**#2** (de l'image au profil spectral)
- Publier les données
**#3** (utilisation de GnuPlot)

***Thème: étude des étoiles Be!***

# Mais ce soir... observations...

# Juste à côté du bar! :-)

Shelyak INSTRUMENTS

# Merci ...

http://www.shelyak.com/