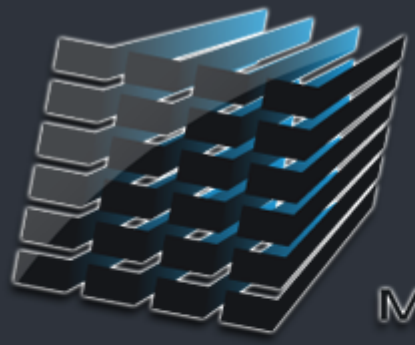


MUSE

Multi Unit Spectroscopic Explorer

Göttingen

Institut für Astrophysik Göttingen

Lyon

CRA Lyon

Toulouse

Observatoire Midi-Pyrénées OMP

# Réduction et Analyse des données MUSE

Leiden

NOVA

ESO

ESO


Johan Richard (CRAL)

avec le consortium MUSE

et les membres de l'ANR DAHLIA


Zurich

ETH

Potsdam

AIP

Semaine de l'Astrophysique Française

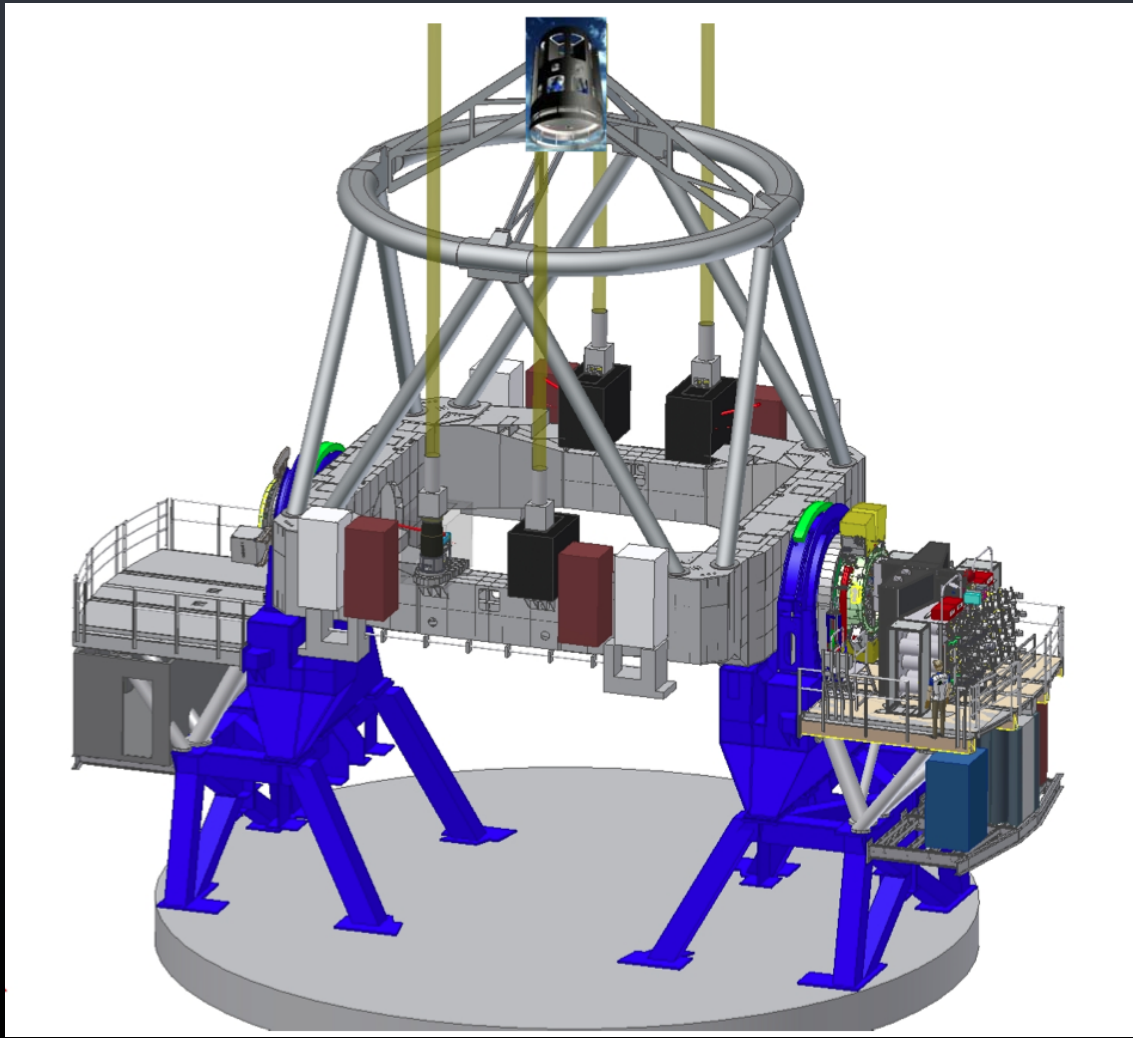
SF2A

# MUSE sur le VLT en chiffres

- Multi-IFU: 24 spectrographes couvrant 1x1 arcmin$^2$
(Wide Field Mode)

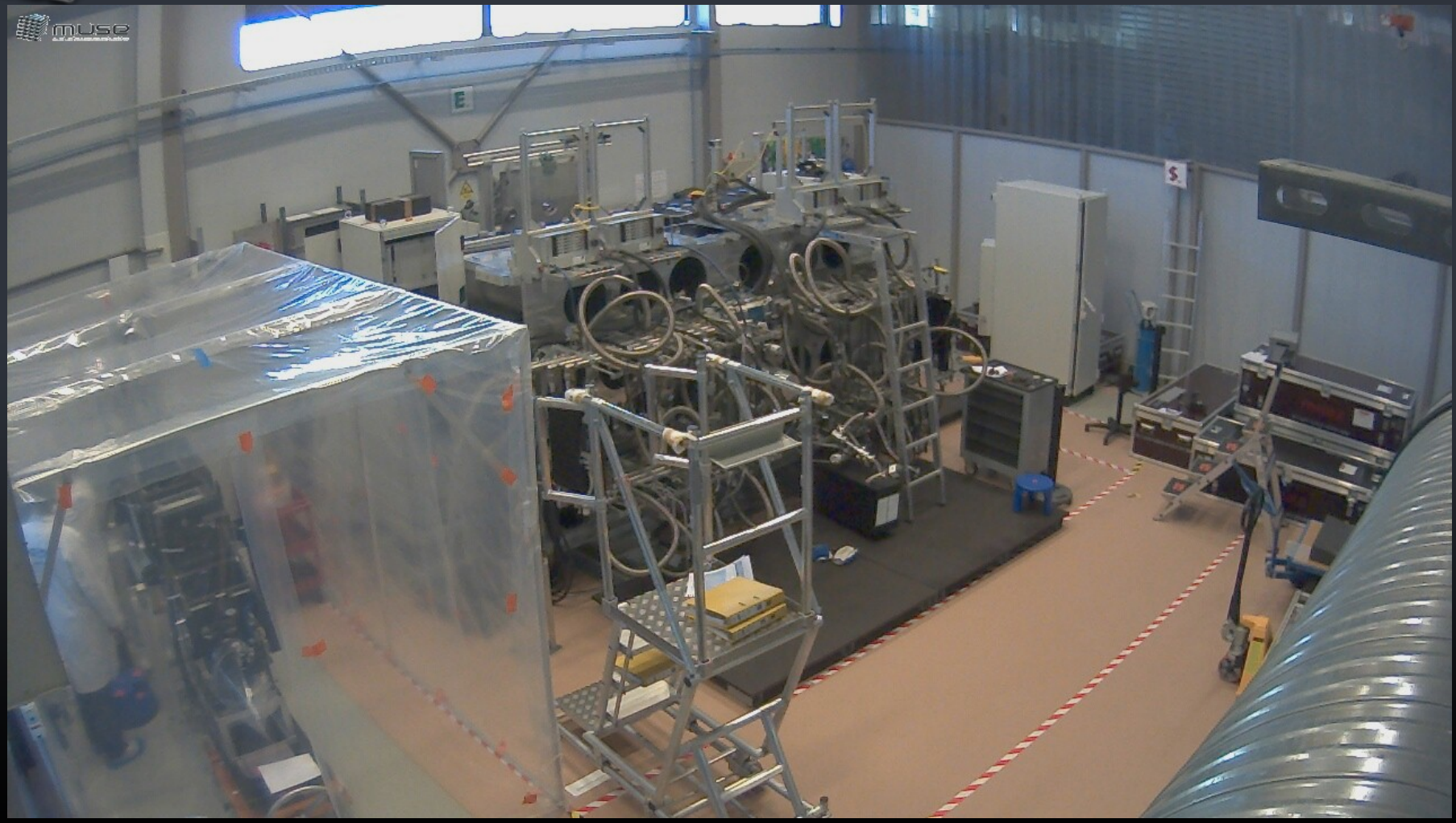
7.5 x 7.5 arcmin$^2$
(Narrow Field Mode)

- spaxels: 0.2” / 0.025”
- 480-960 nm
- Résolution 1800-3600



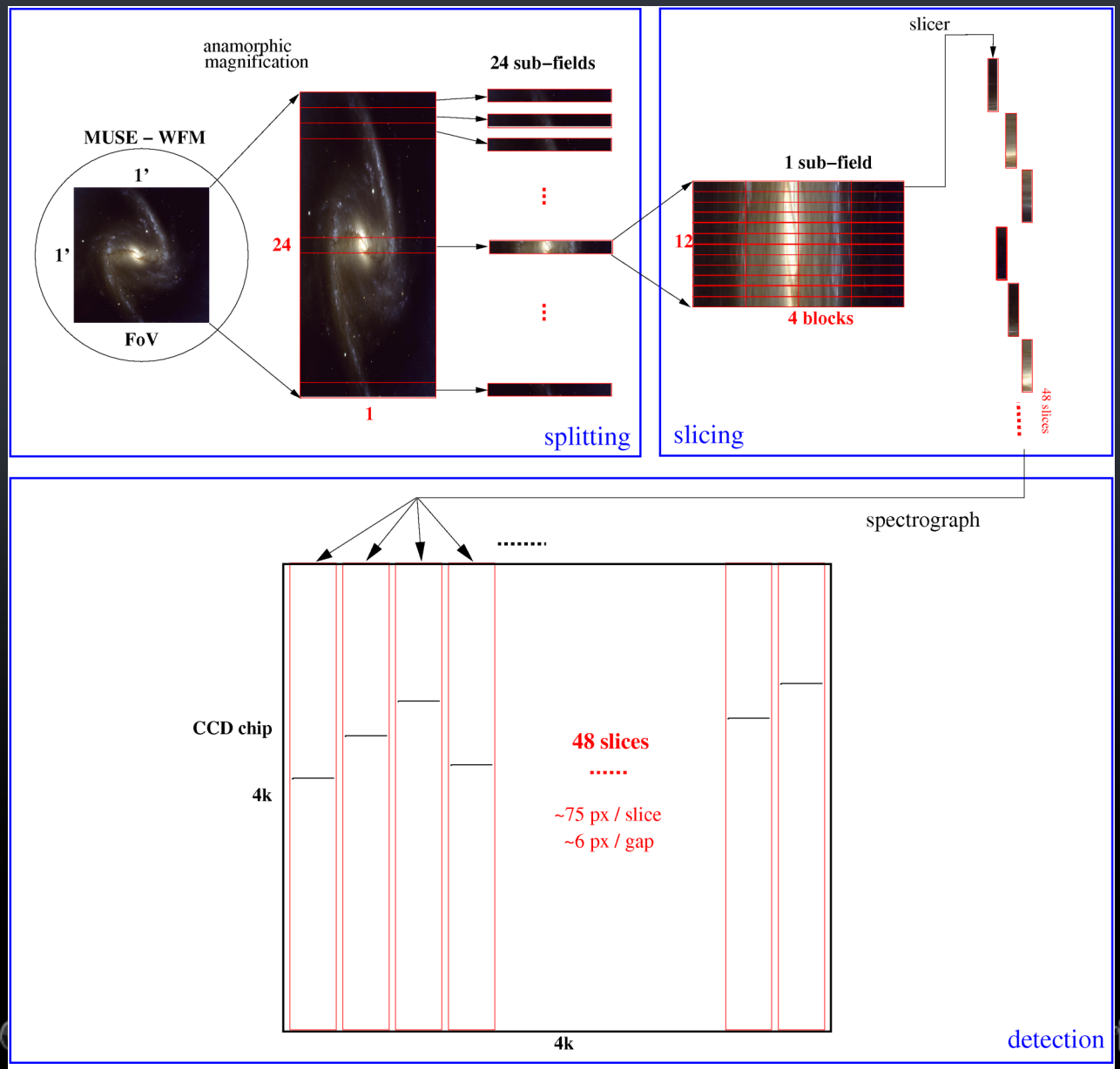
ESO - Göttingen - Leiden - Lyon - Potsdam - Toulouse - Zurich

# MUSE à Lyon



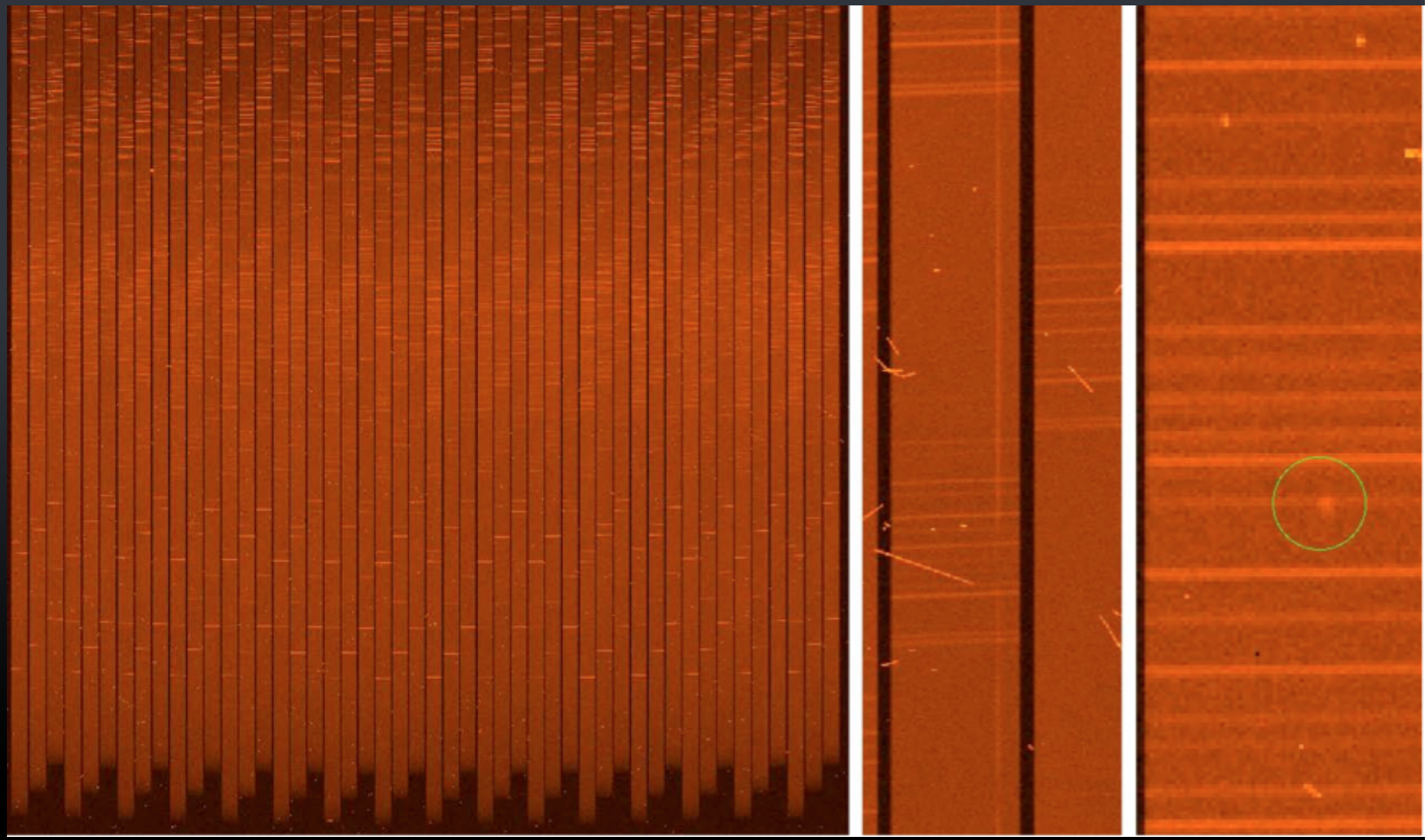
ESO - Göttingen - Leiden - Lyon - Potsdam - Toulouse - Zurich

# Découpage(s) du champ de vue



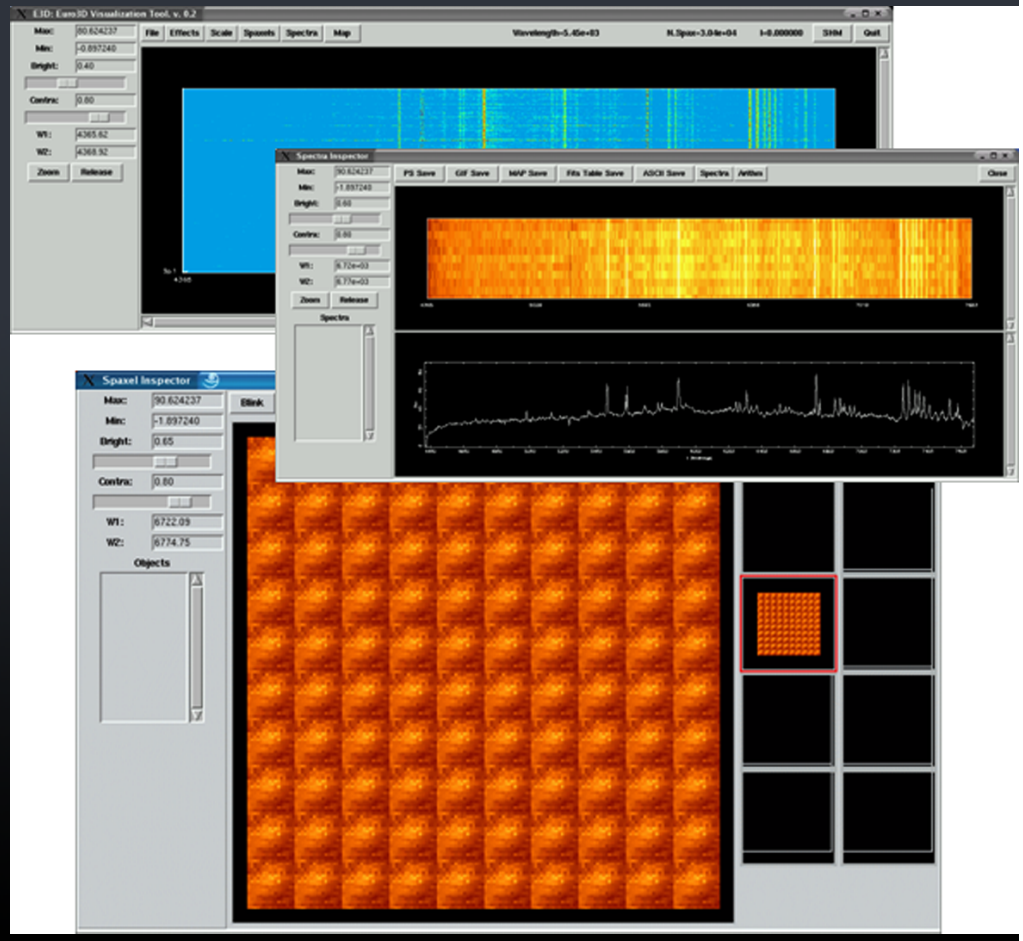

Copyright: P. Boehm, AIP, 2006–05–24 (adapted, P. Weilbacher 2008–10–16)

# Exemple d'une exposition



# Le défi de la réduction et du traitement des données

- Volume
  - Un exposition = $4.10^8$ pixels
  - Un champ profond = 80 expositions
- Complexité
  - Ex: Optimiser la somme de 80 expositions;
  - Ex: traitement en fonction de l'évolution du champ, de la longuer d'onde, du temps… (un pb. 4D)
  - Ex: Extraction de spectre dans les environnements stellaires denses

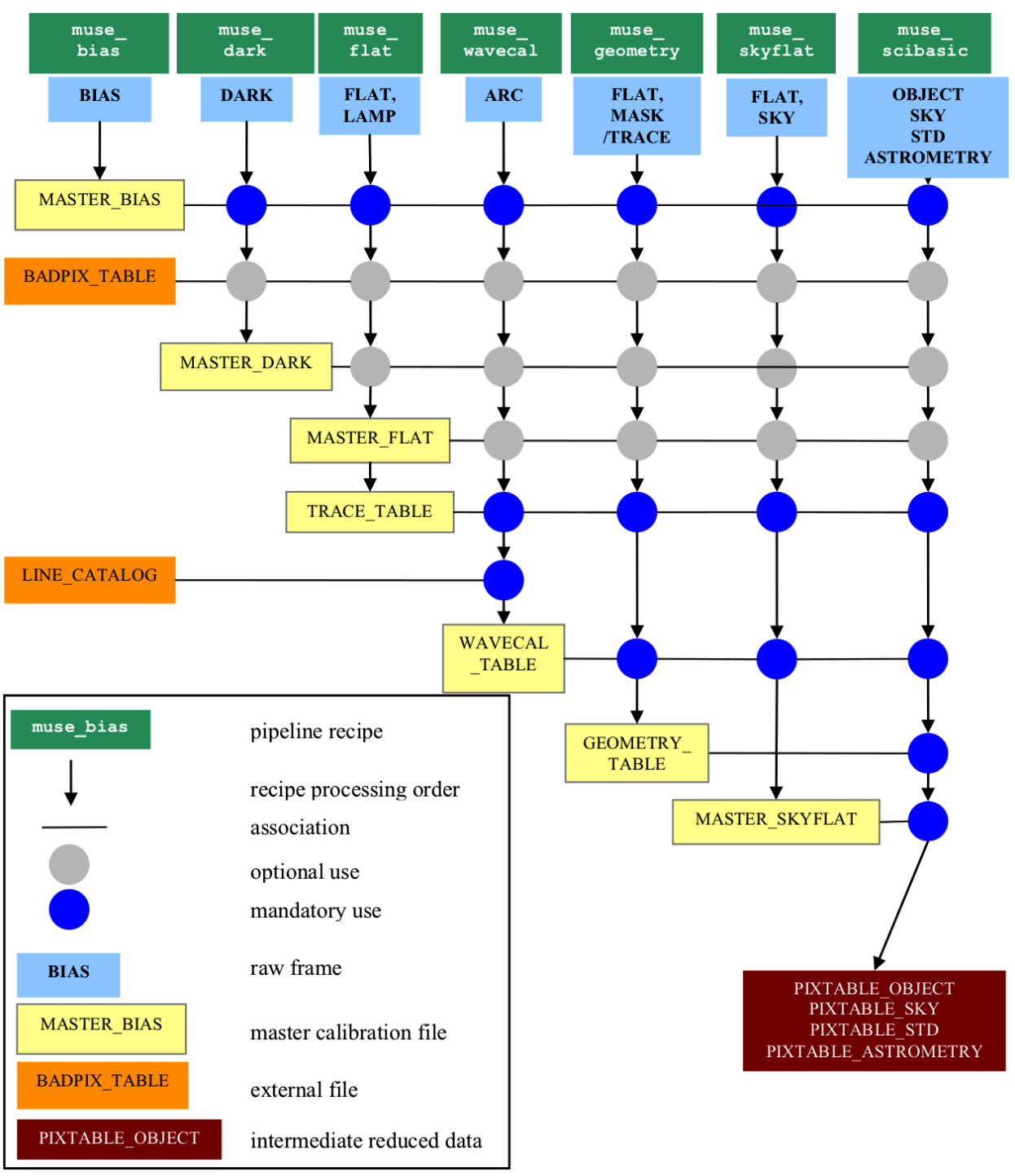


# Réduction des données MUSE: Généralités

- Pipeline développé par l'AIP (Potsdam) et livré à l'ESO avec l'instrument
- Interface: esorex / gasgano (similaire aux autres pipelines ESO), librairies CPL
- Propagation des erreurs de bout en bout de la réduction
- Une seule étape d'interpolation pour minimiser les erreurs
- Utilisation de tableaux de pixels (pixtables) contenant l'information " x y λ value dq stat" ainsi que l'astrométrie (WCS)

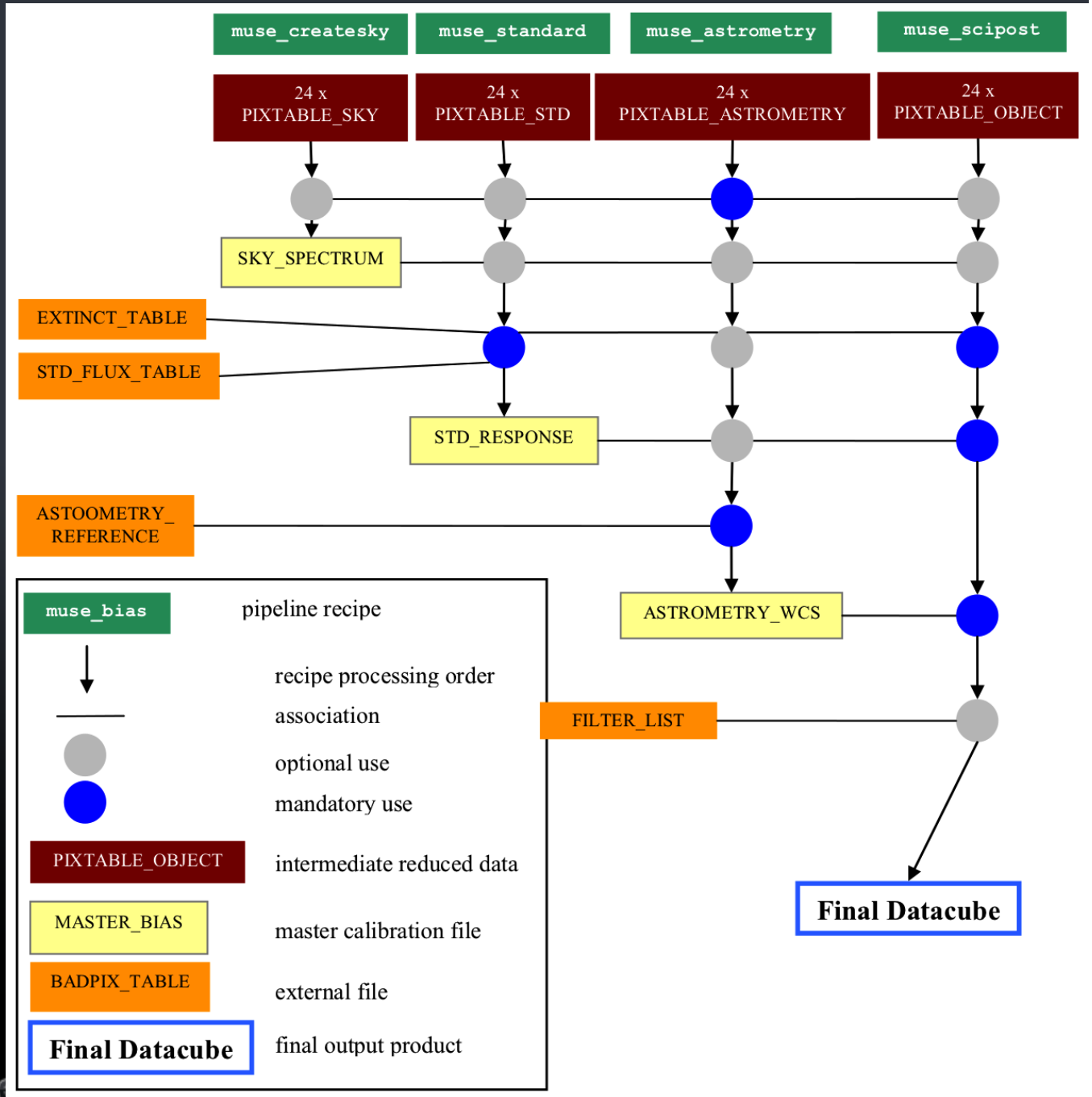
## Première cascade:

calibration, réduction basique (par CCD/IFU): bias, dark, flat, wavecal et masquage, création des pixtables



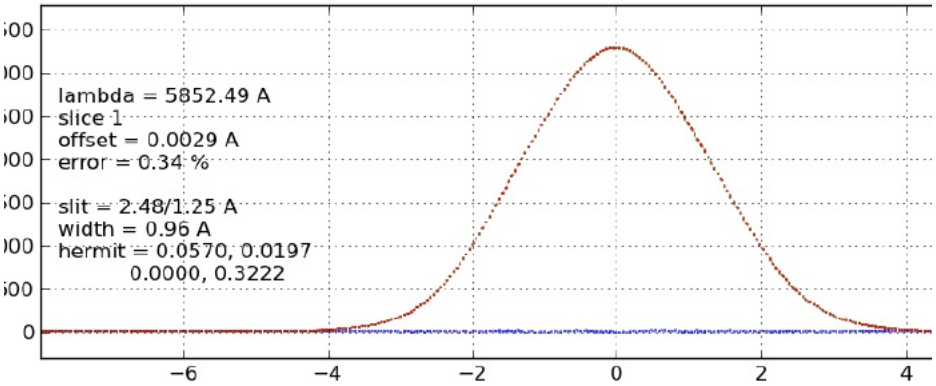
## Deuxième cascade:

(sur tout l'instrument): soustraction du ciel, calibration en flux, astrométrie, création du cube interpolé.

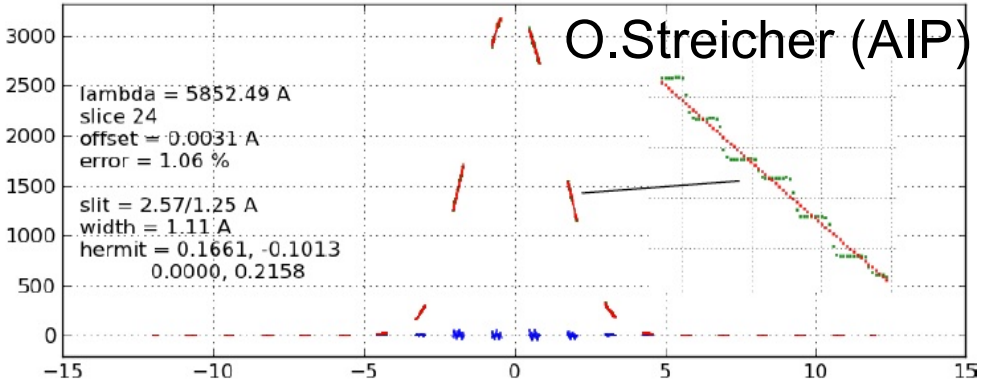


# Soustraction du ciel

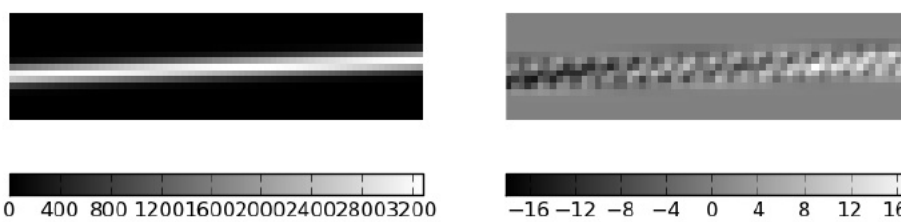
Approche utilisée dans le pipeline: modélisation du spectre du ciel en faisant correspondre plusieurs raies observées, puis en prédisant le ciel pour l'ensemble des spaxels du cube.

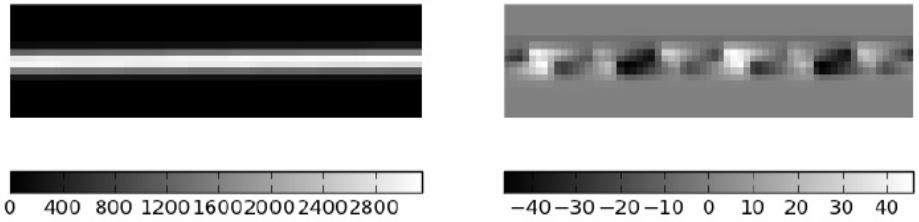



Raie du ciel en bord de CCD




Raie du ciel au centre du CCD



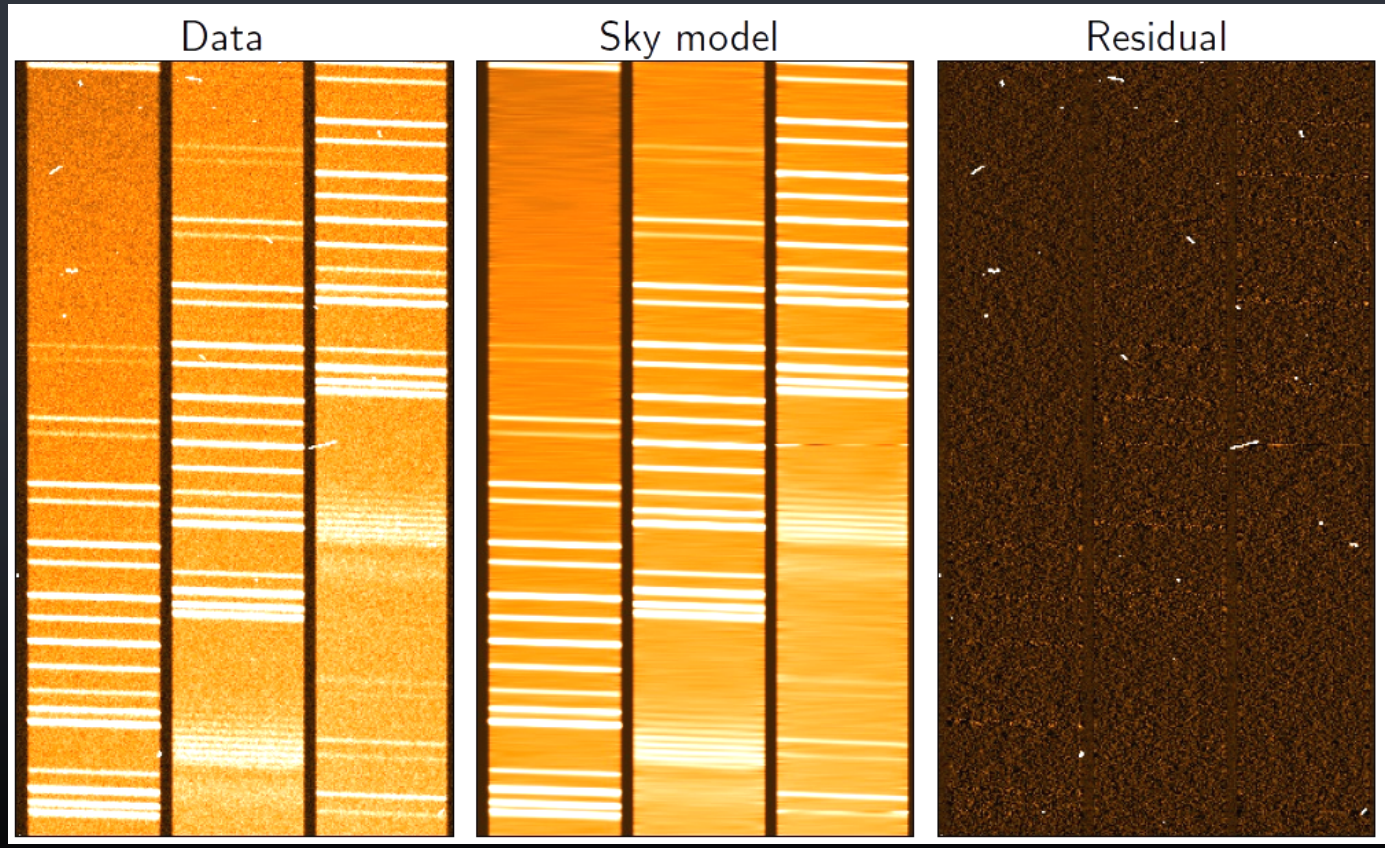


Limite principale : capacité à modéliser et prédire la LSF en chaque point du cube

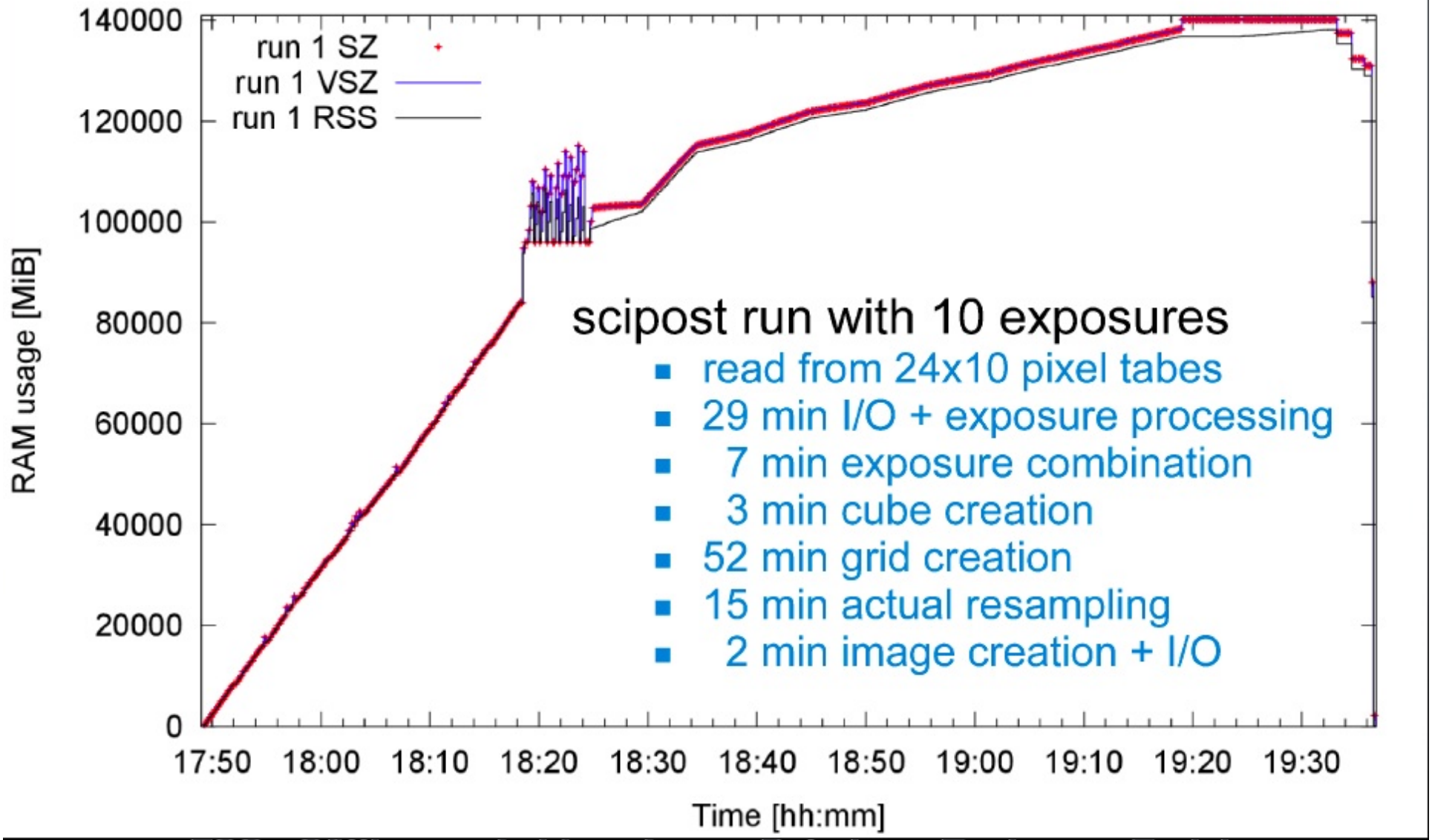
ESO - Göttingen - Leiden - Lyon - Potsdam - Toulouse - Zurich

# Soustraction du ciel: approche alternative

- fit polynomial “ligne-par ligne” des 24 slices par quadrant
- masquage des continus et des cosmiques par itérations
- méthode moins coûteuse en temps de calcul

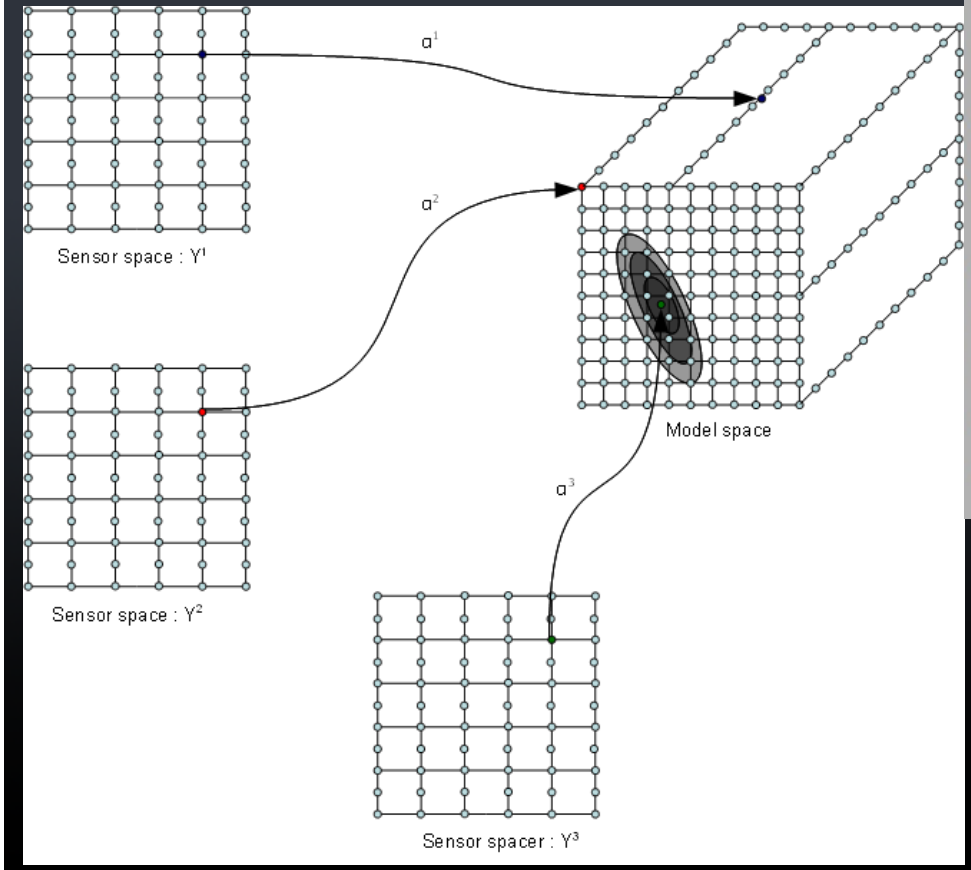


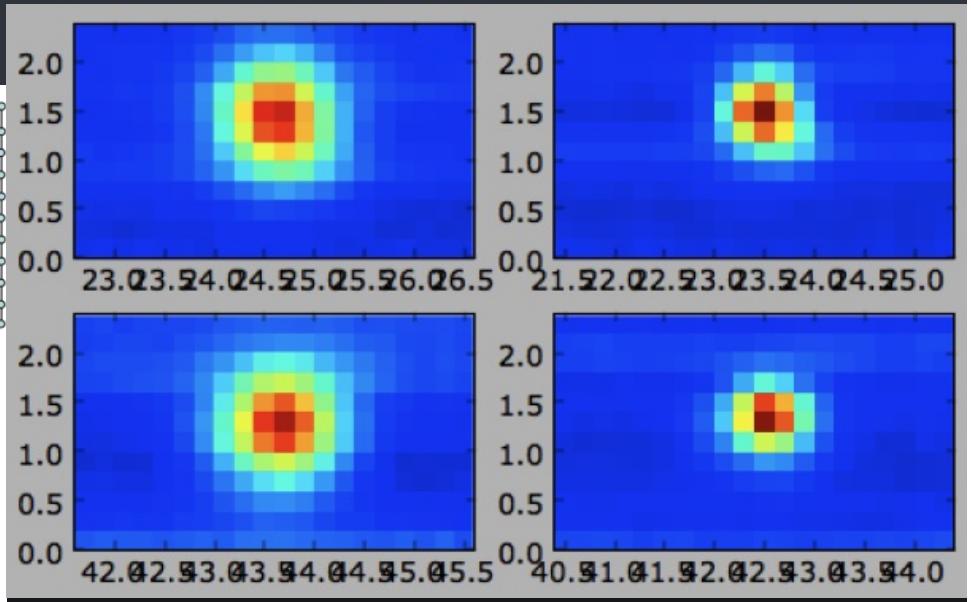
# Combinaison des poses



# Fusion des données MUSE

Optimisation du cube fusionné dans le cadre Bayésien



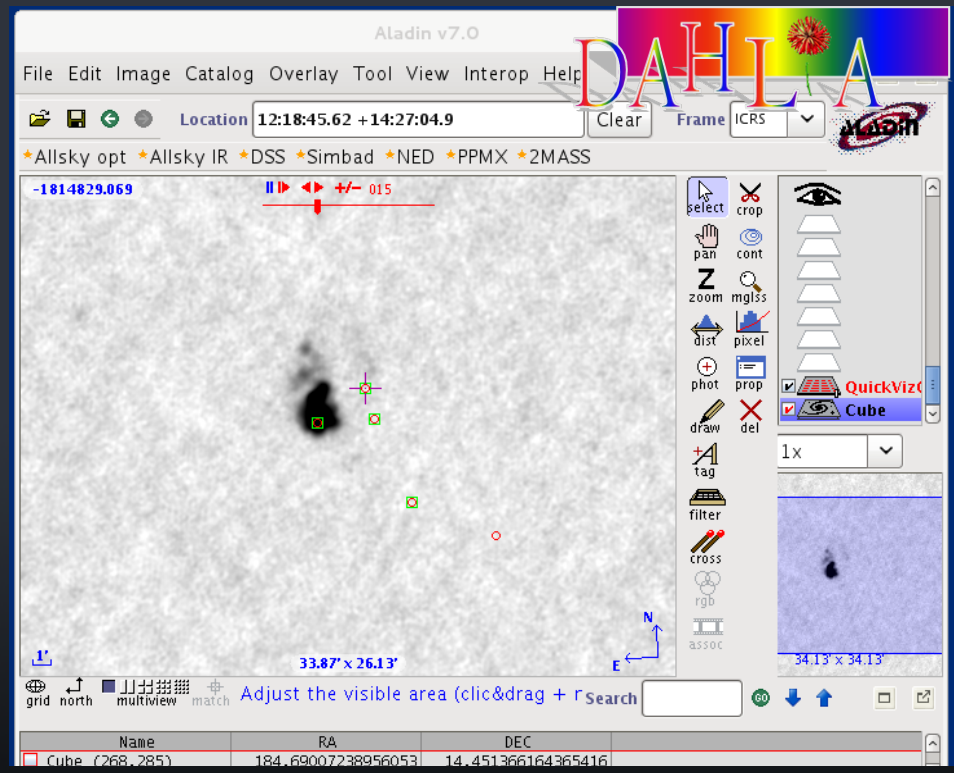
Déconvolution de la PSF et de la LSF.

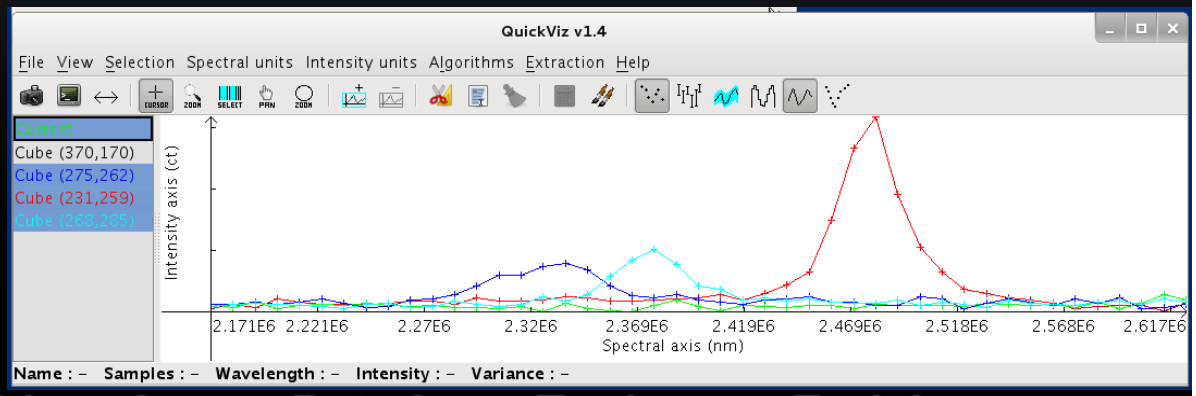
Inconvénients: mémoire et temps de calcul nécessaires

# Visualisation des cubes MUSE

**Quickviz:** plugin java pour Aladin

- Navigation couplée entre les axes spatiaux et spectraux
- Chargement des données en multi-processeurs
- Extraction, superposition, arithmétique de spectres, multi-vues
- Management de données dans des sélections multiples
- Visualisation de la variance




ESO - Göttingen - Leiden - Lyon - Potsdam - Toulouse - Zurich

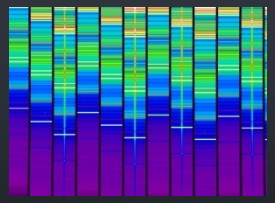
# Validation: “Dry Runs”

Scènes Astrophysiques:

Simulations Atmos. & AO

Instrument Numerical Model

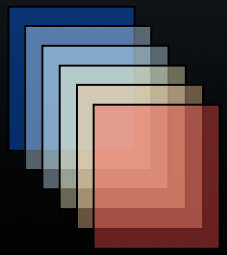




Validation

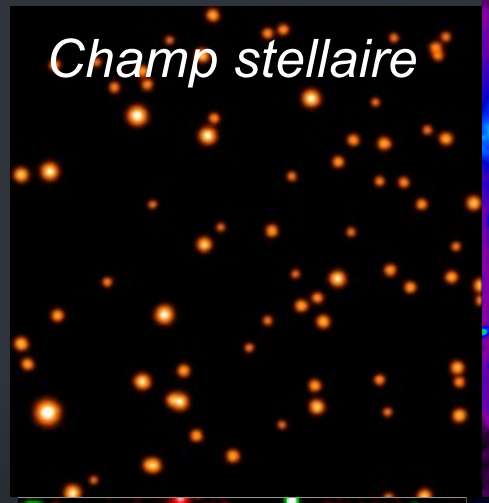
Data Reduction System

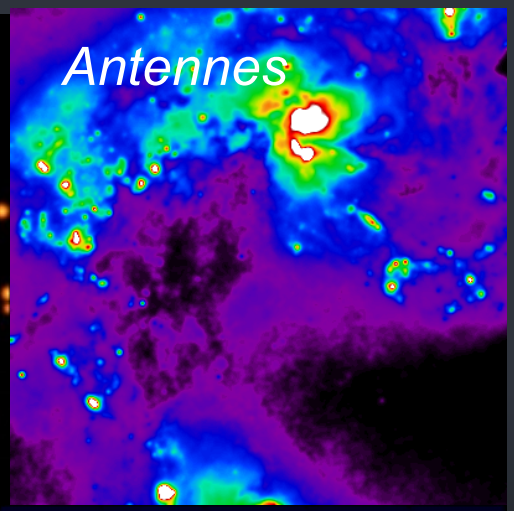
Data Analysis Software Tools

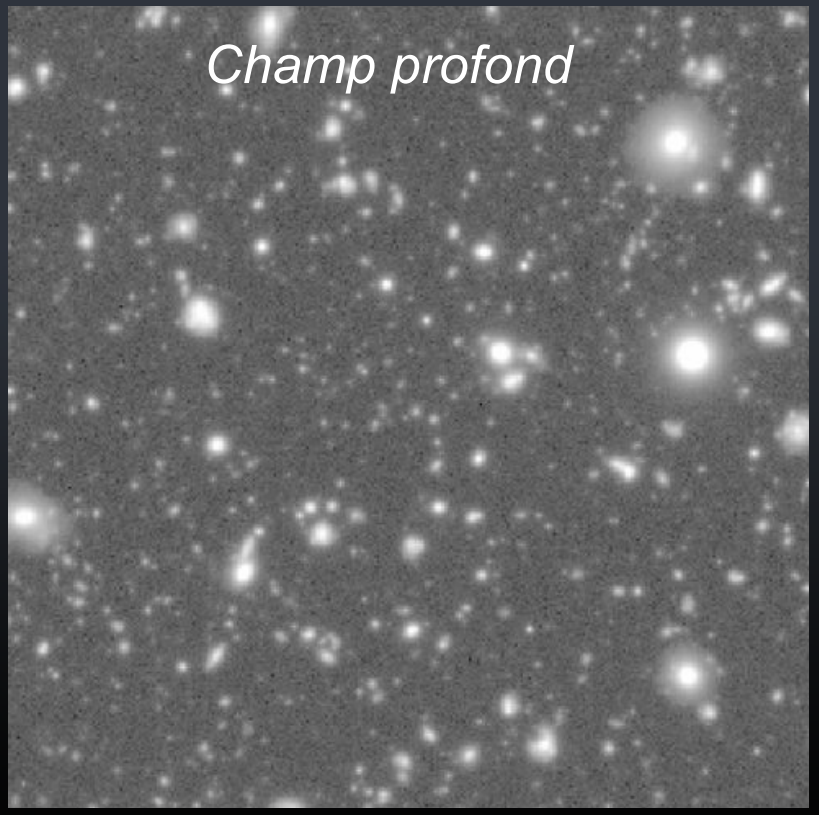


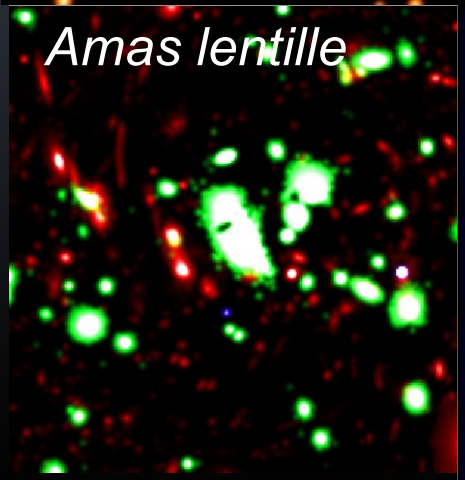
ESO - Göttingen - Leiden - Lyon - Potsdam - Toulouse - Zurich

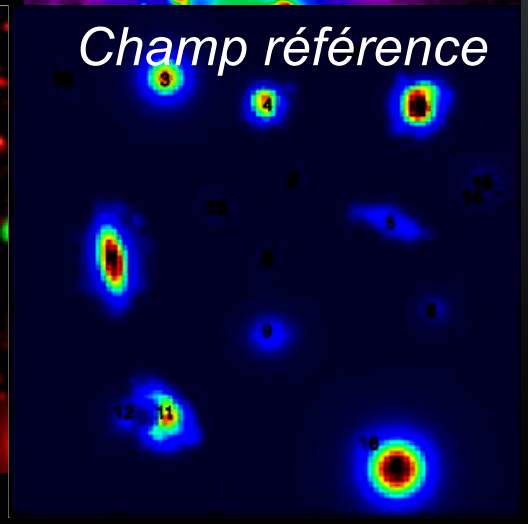
# Validation: “Dry Runs”



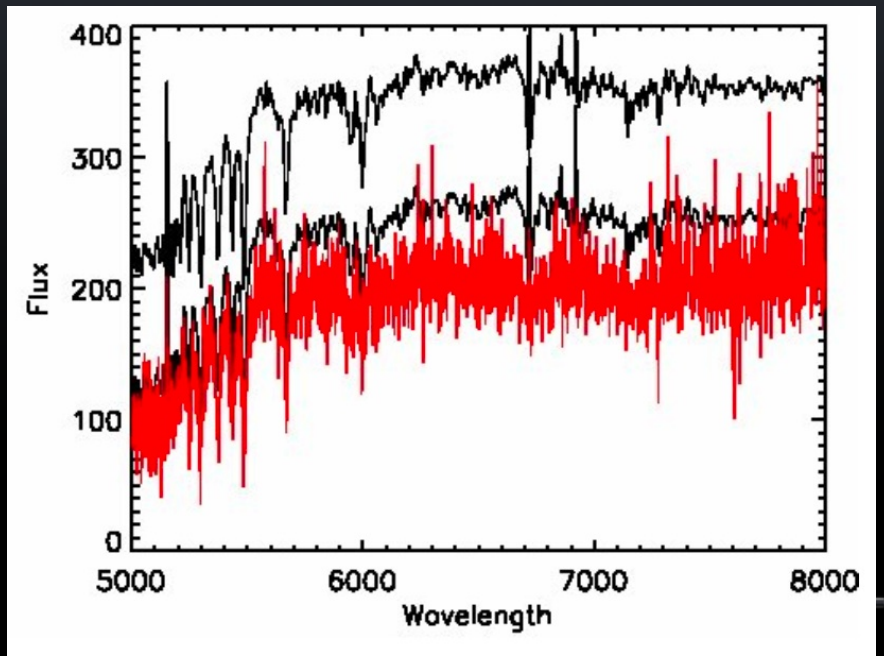



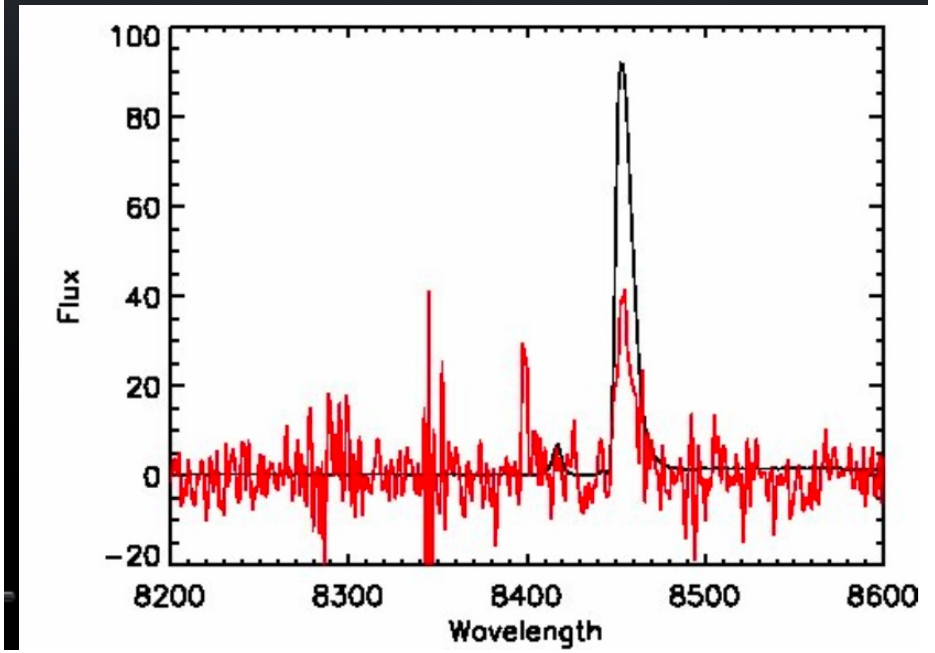



# Détection et extraction de sources (1)

Approche “Classique” basée sur SExtractor

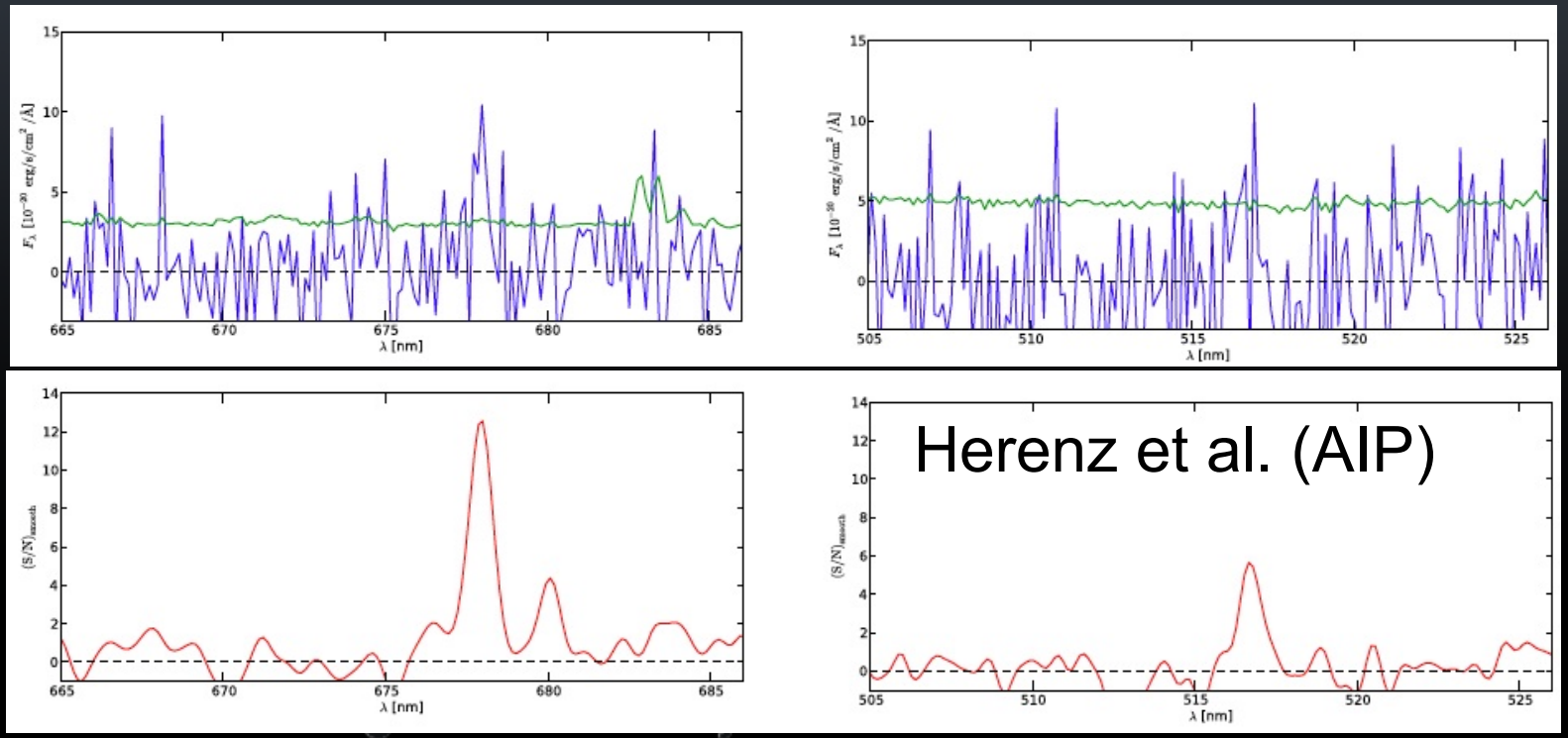
- détection de sources par leur continuum dans le cube collapsé (pondéré par la variance)
- détection de raies d’émissions dans des images “pseudo-bande étroite”
- fusion des catalogues de sources



# Détection et extraction de sources (2)

- Exploration du cube optimisée pour la recherche de raies d'émission isolées (continuum des objets masqué)
- cross-corrélation du cube avec un modèle simple de raie (gaussienne spatiale et spectrale)



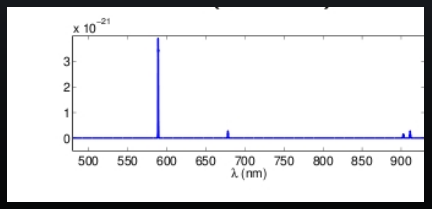
# Détection et extraction de sources (3)

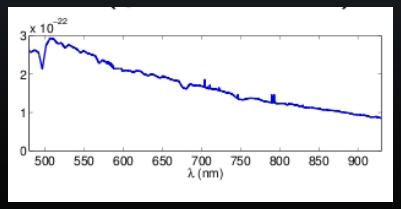
## Classification des données hyperspectrales par des techniques de segmentation:

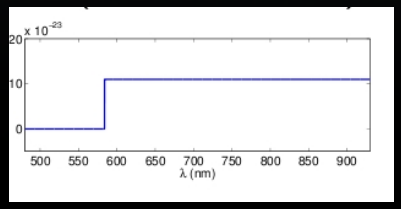
Identification des sources présentes dans un cube MUSE:

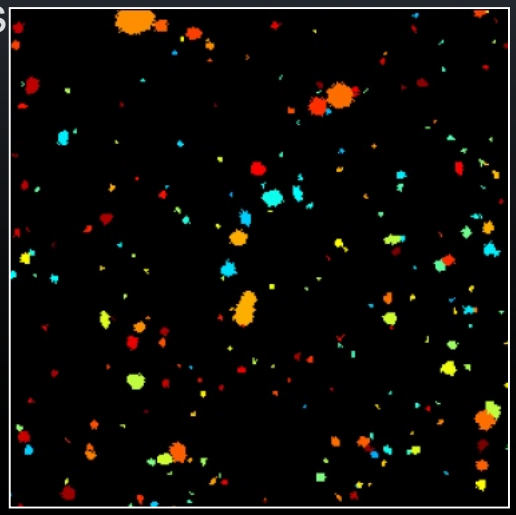
• utilisation d'un dictionnaire de formes spectrales élémentaires contenant continuum, raies en émission et "cassures"

• prise en compte les variations de la PSF, des conditions d'observations pour débruiter les spectres.

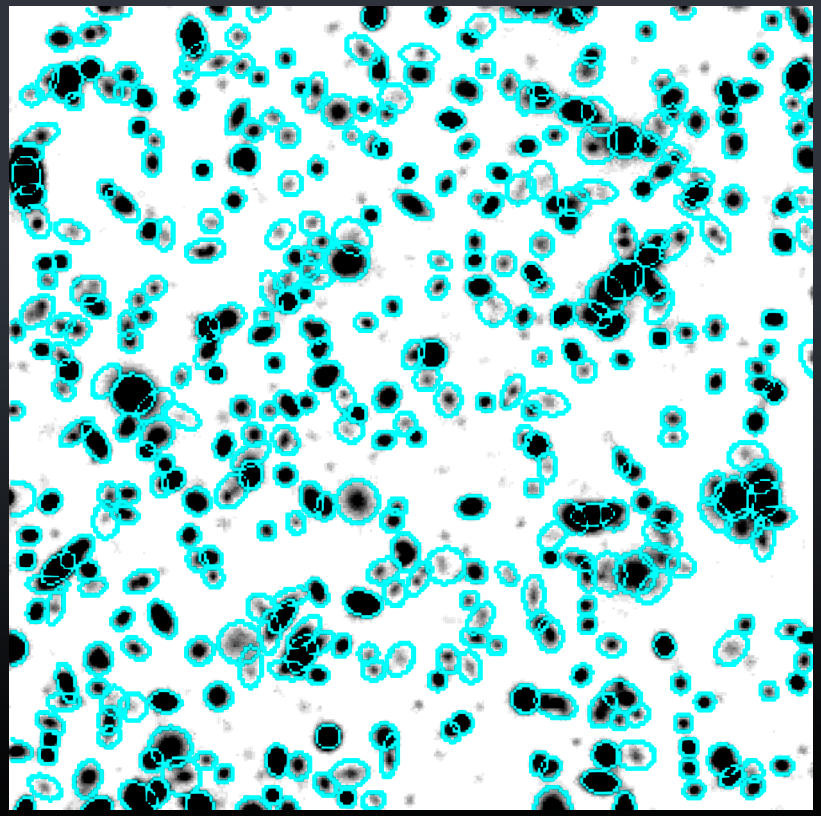


# Détection et extraction de sources (4)



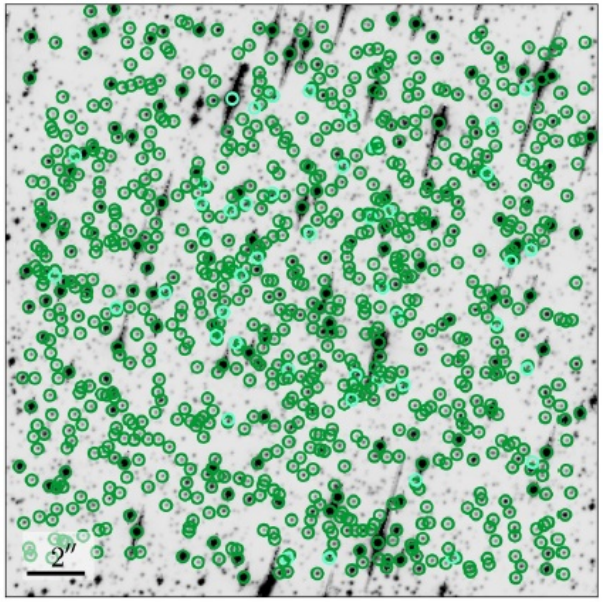
Processus ponctuel marqué

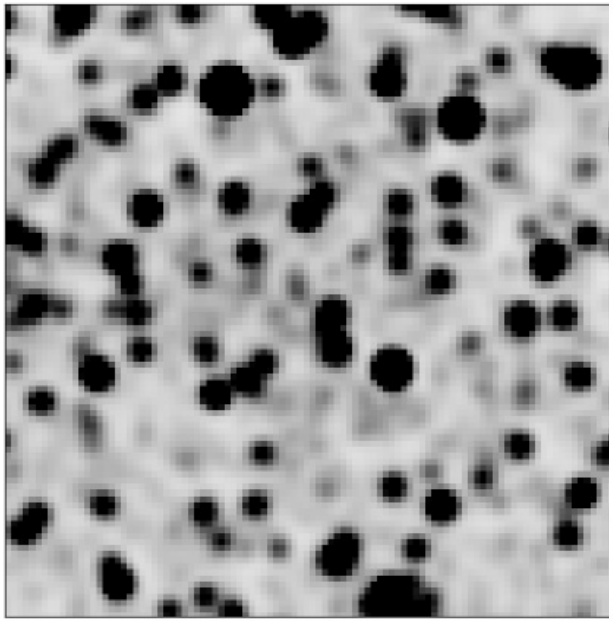
Technique d'analyse 'perpendiculaire' basée sur des objets de morphologie simple

Avantages: traitement plus rapide du cube complet

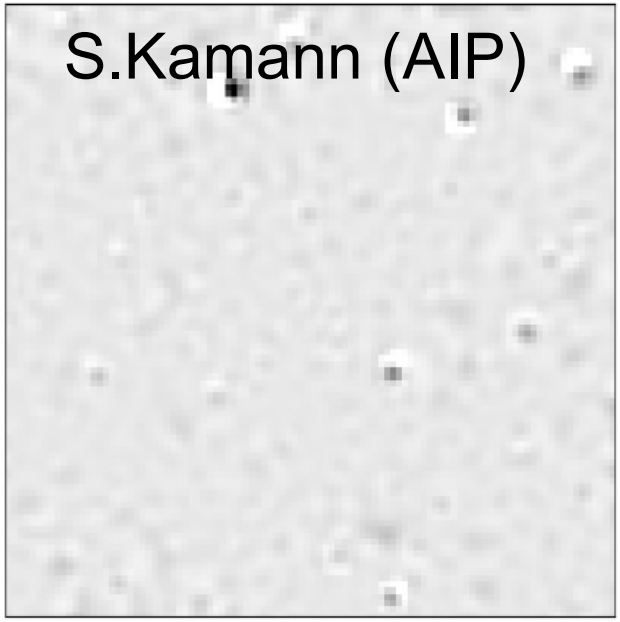
Inconvénients: difficulté pour séparer les spectres de sources superposées

# Analyse de champs Stellaires denses



47Tuc (center) - mean MUSE image

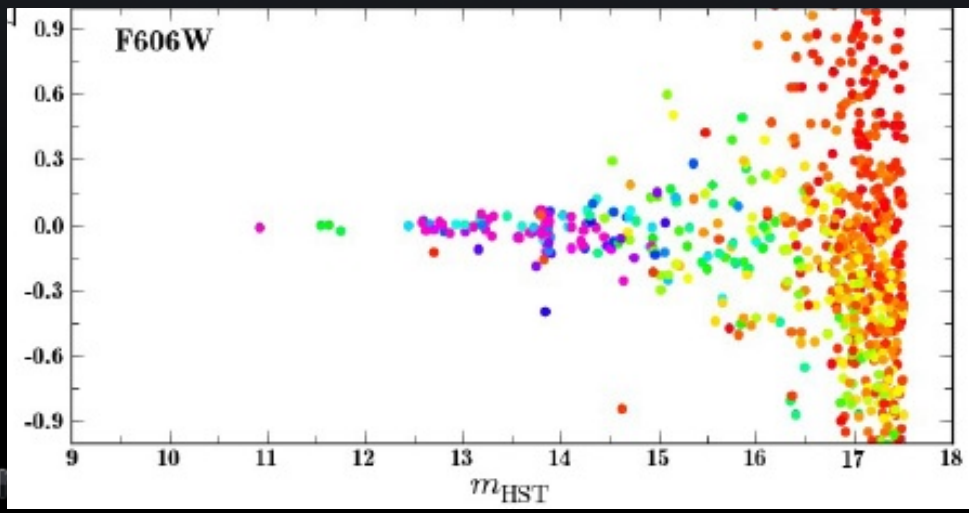


47Tuc (center) - fit residuals with same cuts

S.Kamann (AIP)

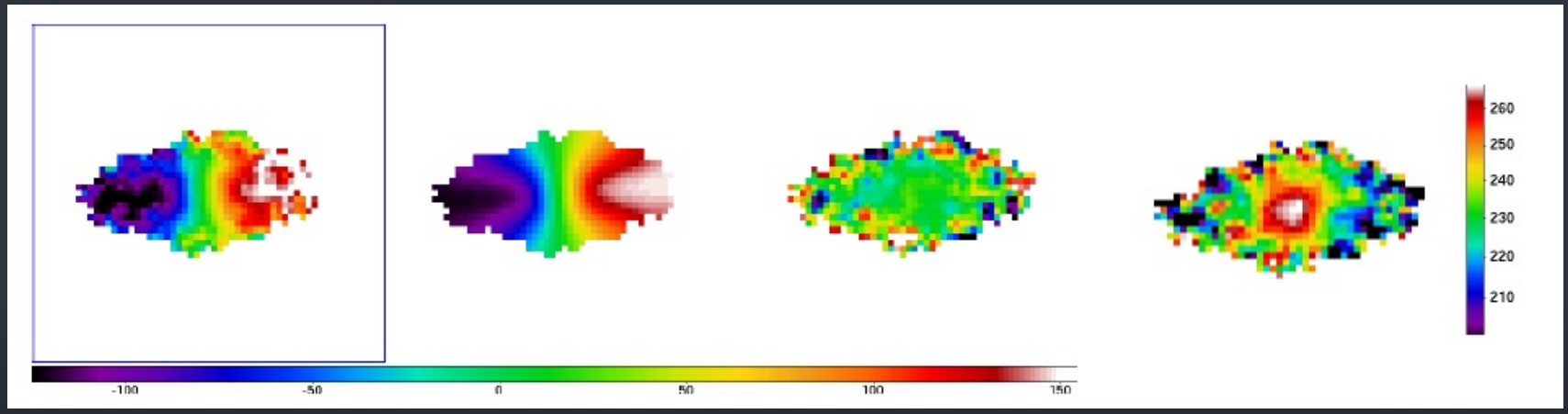
Détermination simultanée de la PSF (λ) et des positions des étoiles

Test sur champ simulé de 47 Tuc et observations IFU de M92



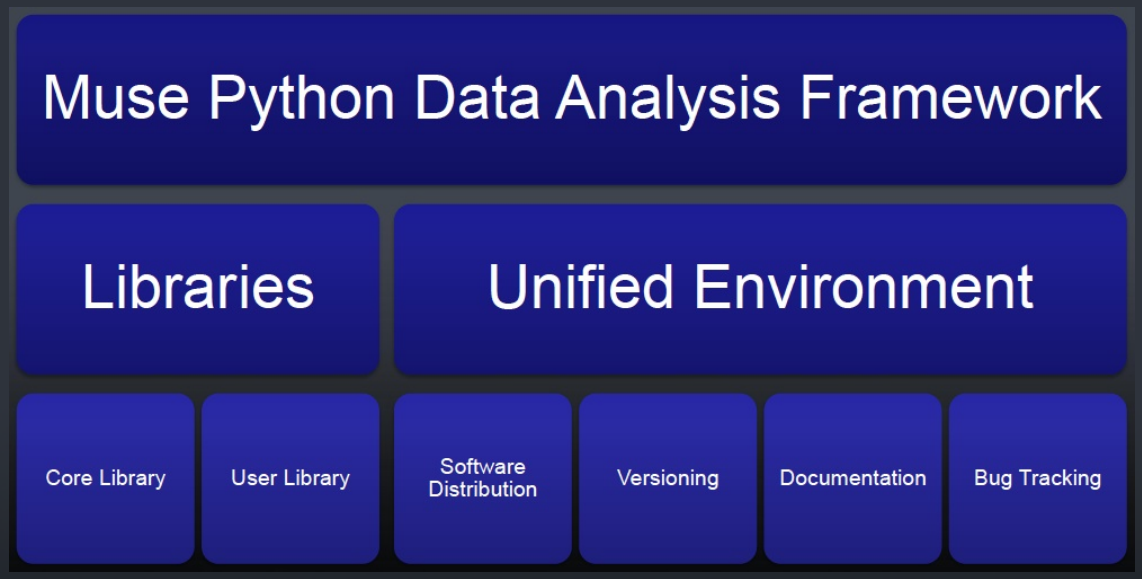

ESO - Göttingen - Leiden - Lyon

# Cinématique résolue des galaxies




- Outils développés pour ajuster un profil cinématique (voir la présentation de B. Epinat)
- Profil / morphologie déduit du continuum
- Prise en compte de la PSF et de la LSF
- Prise en compte de l'amplification gravitationnelle

# MPDAF




- Ensemble de packages python, utilisant numpy / scipy

- Utilisation efficace de processeurs multiples et de mémoire limitée

- Interface simple avec le pipeline de réduction, avec Quickviz, avec la fusion, et  pour manipuler les pixtables.

# Assurance qualité

Vérification de la qualité des données MUSE à différents niveaux:

1- Contrôle qualité au télescope (par l'observateur ou l'ESO)

2- Inspection rapide des résultats générés par le pipeline, et des paramètres qualité associés, par une interface. Analyse des tendances.

3- Contrôle qualité  du cube final (selon le cas scientifique). Comparaison avec les réductions précédentes.

# Conclusions

## Outils disponibles pour tous les utilisateurs

- **DRS** (Pipeline de réduction) avec deux approches pour la soustraction de ciel
- **Quickviz**: outil de visualisation des cubes MUSE

## Autres outils d'analyse pour le temps garanti

- Outils DAHLIA (Fusion, détection / extraction de sources)
- MPDAF

## Page web utilisateurs (manuels, FAQ, helpdesk)