

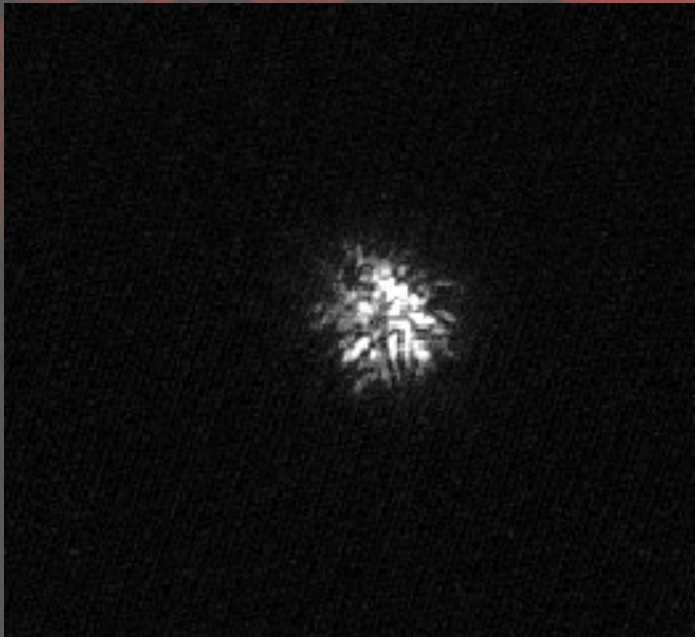
The background features a dark, industrial scene with a prominent red structure. On the left, there is a circular component with a complex, lattice-like internal pattern. The overall lighting is dim, with the red structure providing a strong contrast against the dark background.

Interférométrie des tavelures - Tavélographie

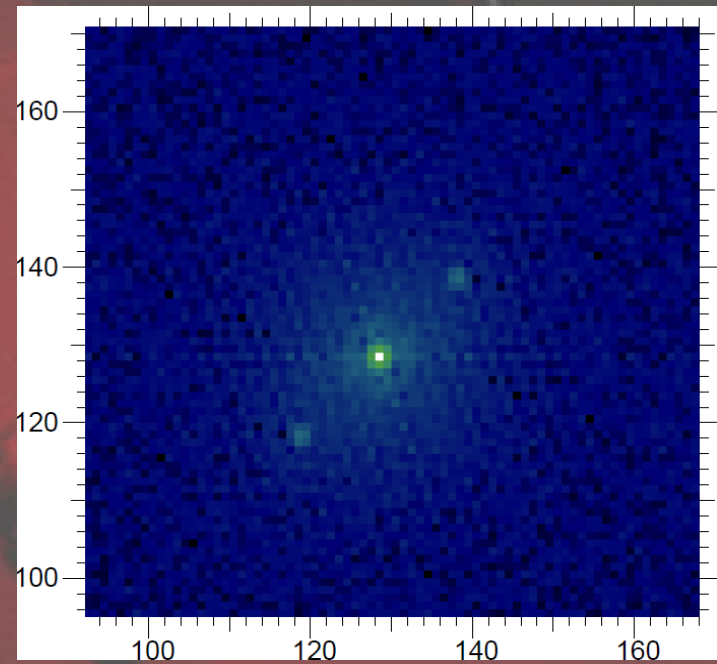
Contexte

Buts

- Retrouver le pouvoir de résolution théorique
- Observation d'étoiles doubles non résolues
 - Séparation
 - Rapport des intensités
- Détermination du diamètre de Io

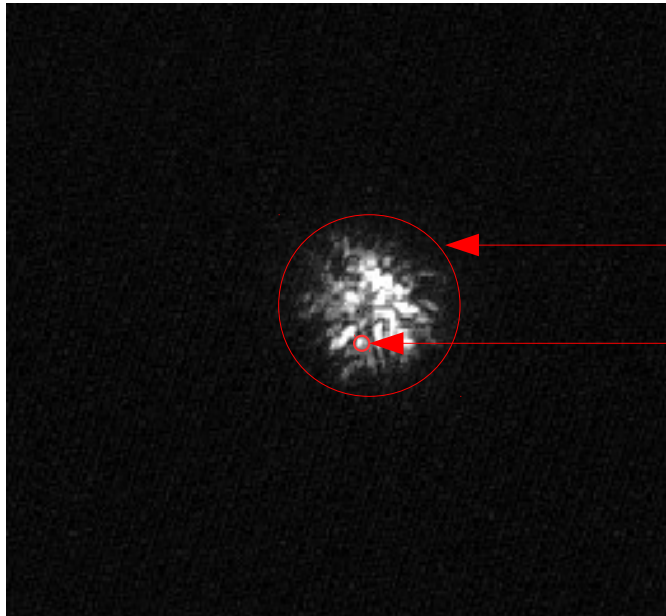


λ Cygni – 10 ms



Auto-corrélation de l'image

Tavelures



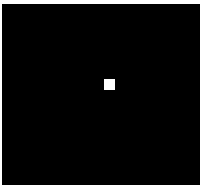
$$\frac{\lambda}{r_0}$$
$$\frac{\lambda}{D}$$

D : diamètre du télescope (1 m)
 r_0 : paramètre de Fried (8,6 cm)

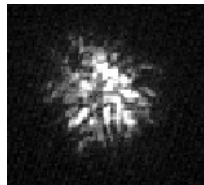
Exposition: 10 ms
Taille : 256 px

λ Cygni

La turbulence dégrade le pouvoir de résolution.



$$\frac{\lambda}{D} \rightarrow \frac{\lambda}{R_0}$$

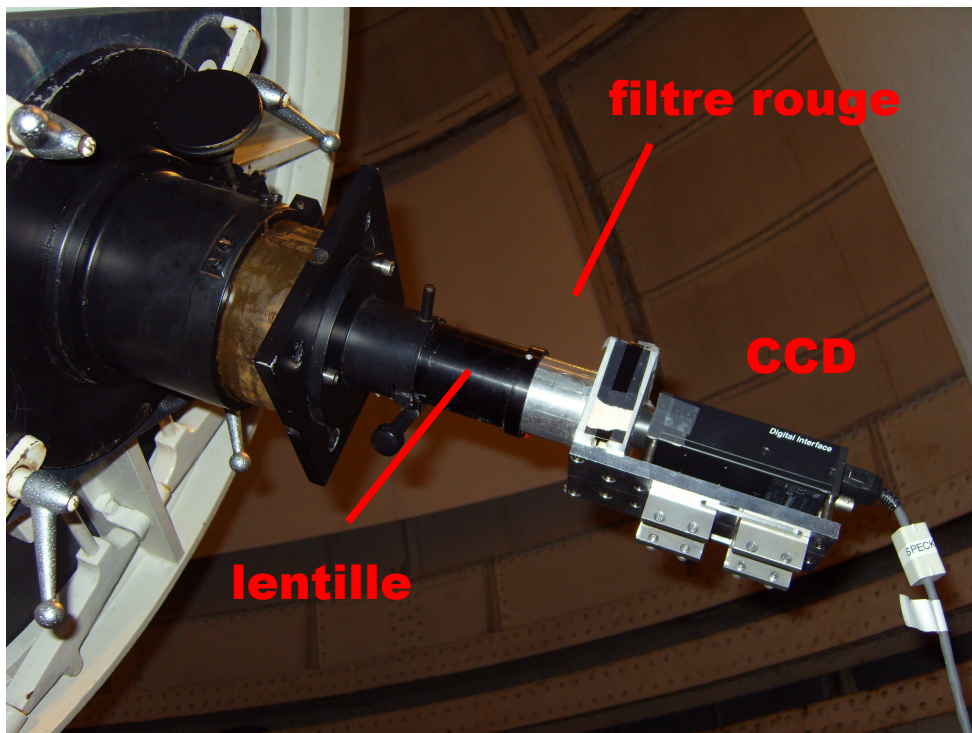


$$PR_{th} = 0,16''$$

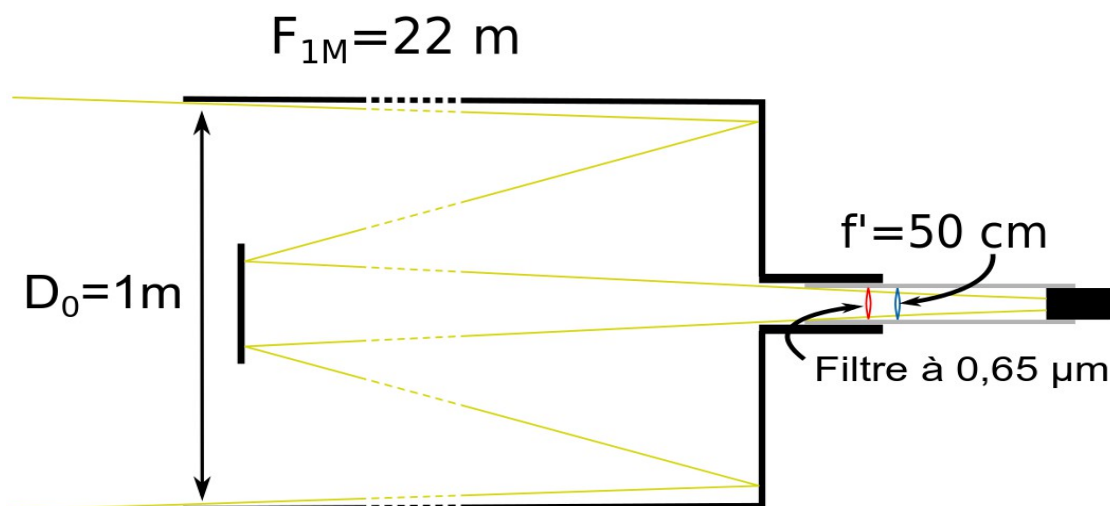
$$PR(\lambda \text{ Cyg}) = 1,65''$$

à $\lambda = 650 \text{ nm}$

Dispositif d'observation



xcd x710



1' 06,56"
1024

768 49,92"

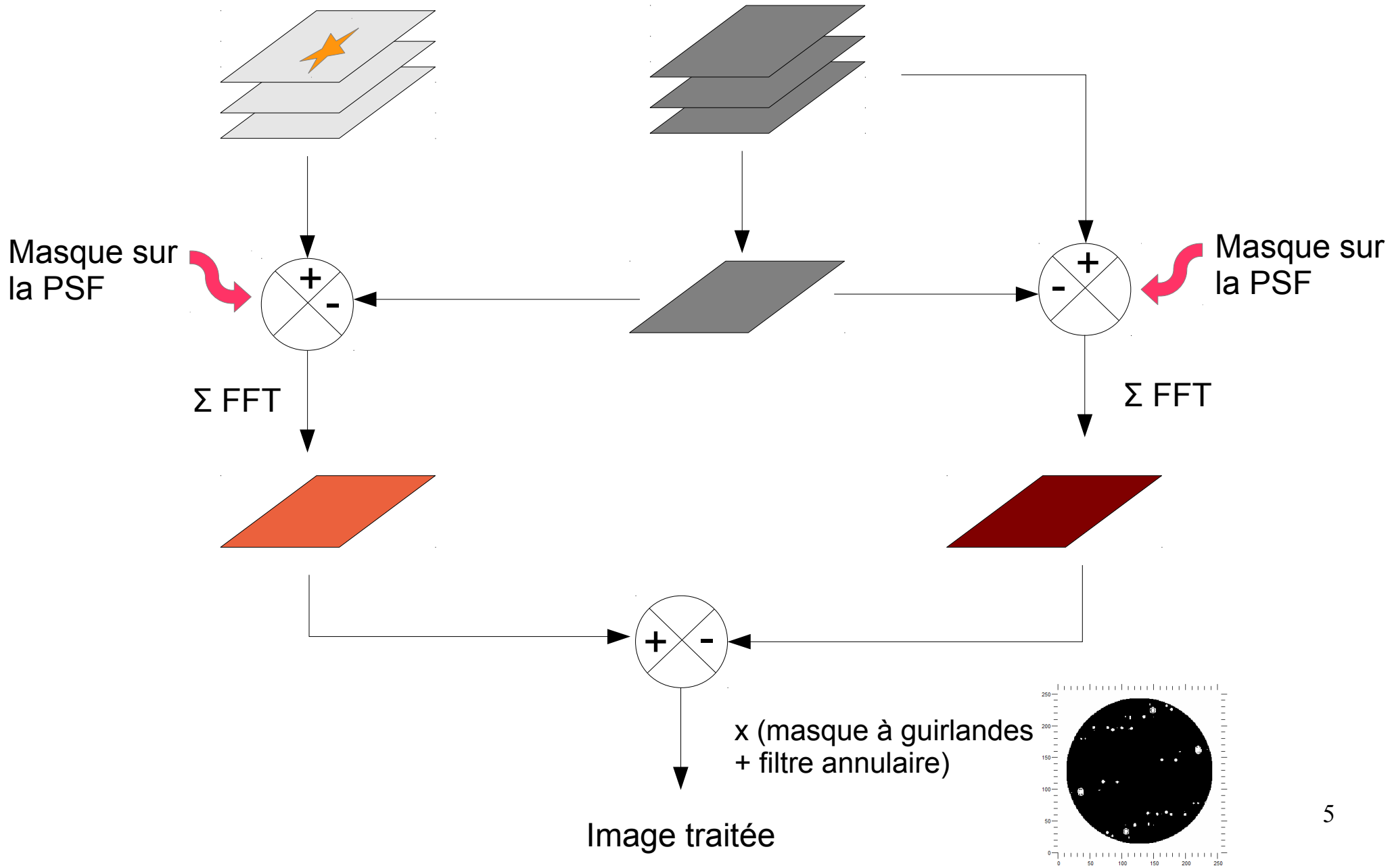
$p = 4,65 \mu\text{m}$
 $u = 0,065''$

fenêtrage

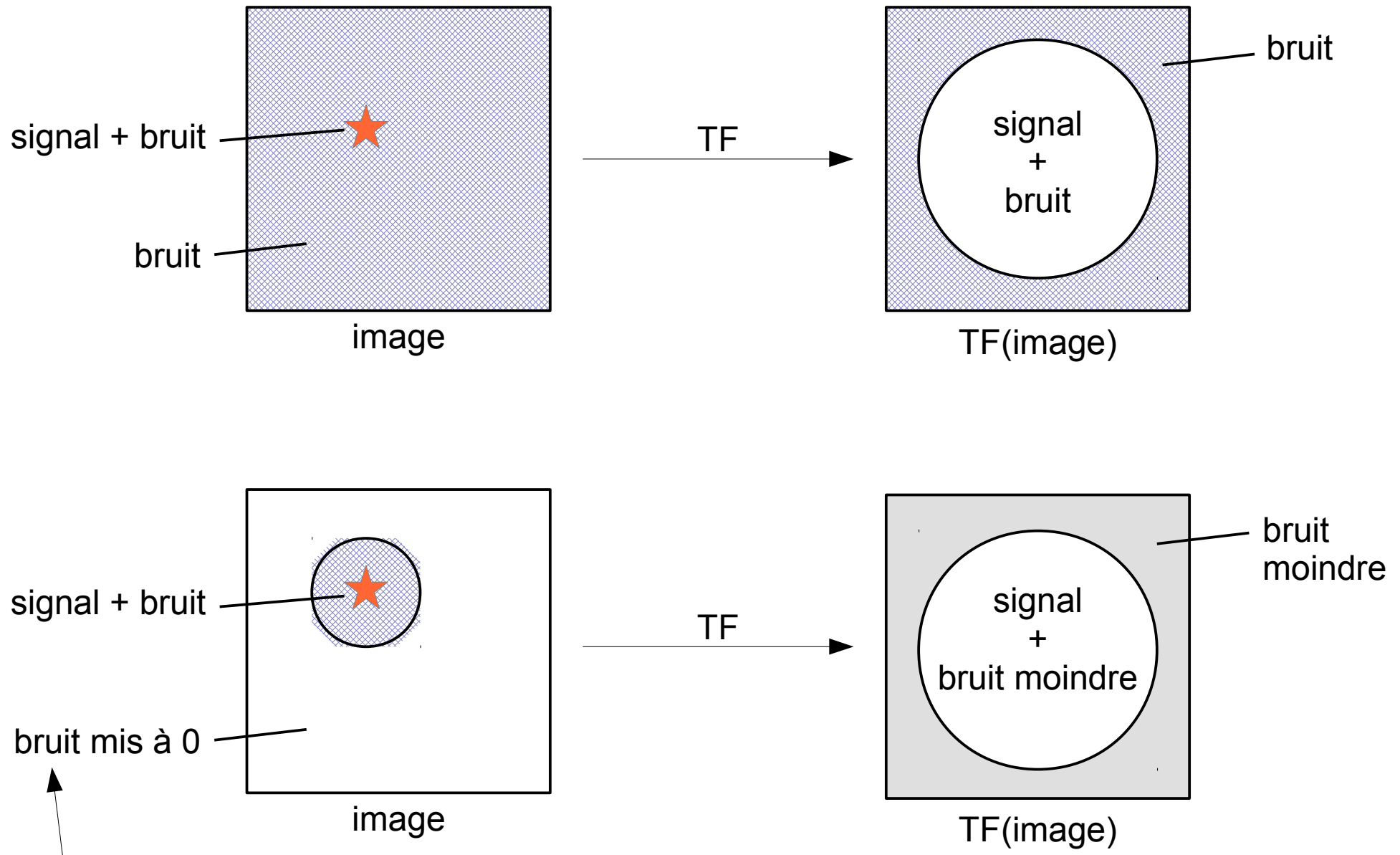
256 16,64"
256
16,64"

(Nécessité de rapidité de la caméra)

Chaîne de traitement

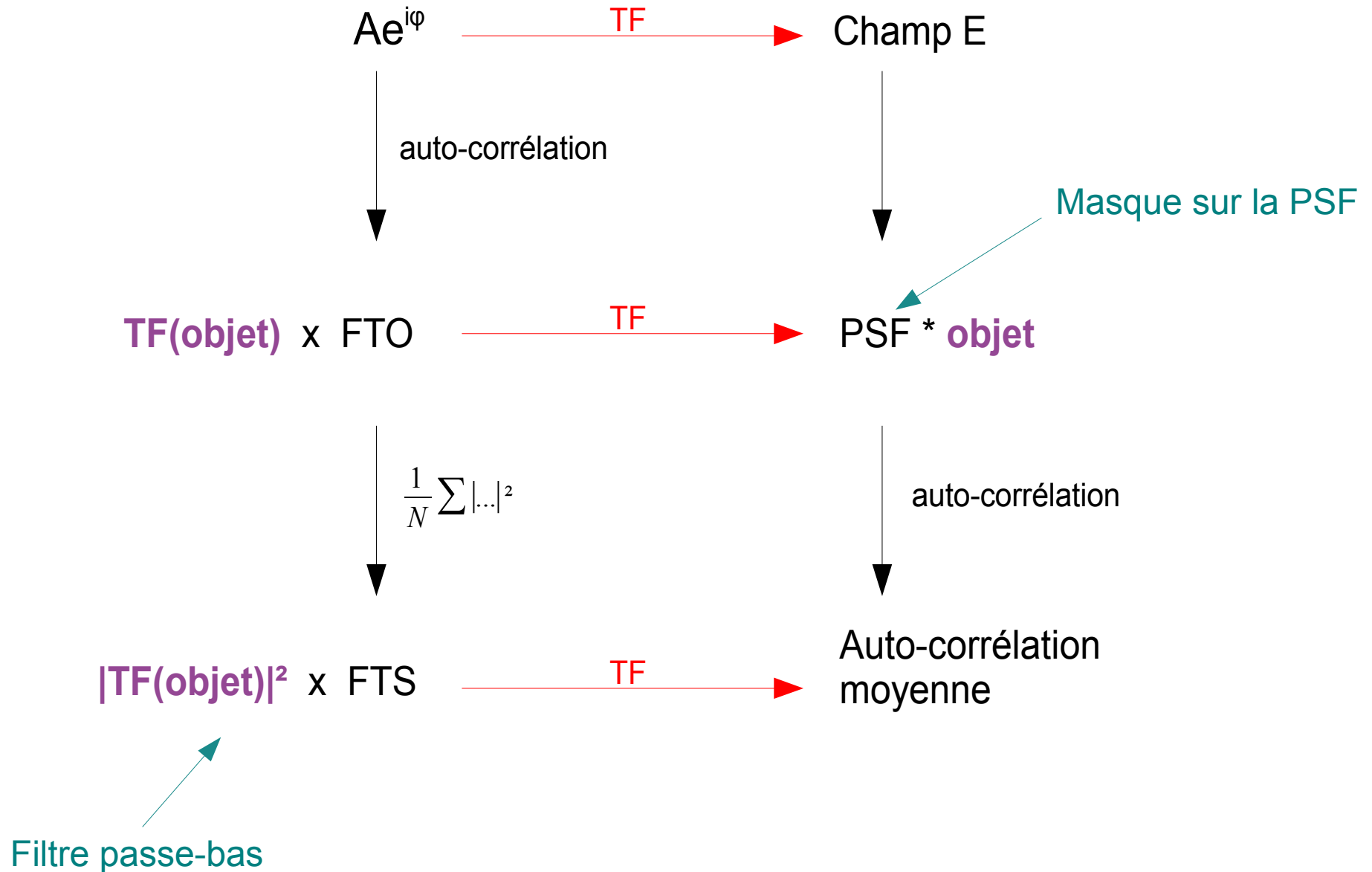


Masque de sélection du signal

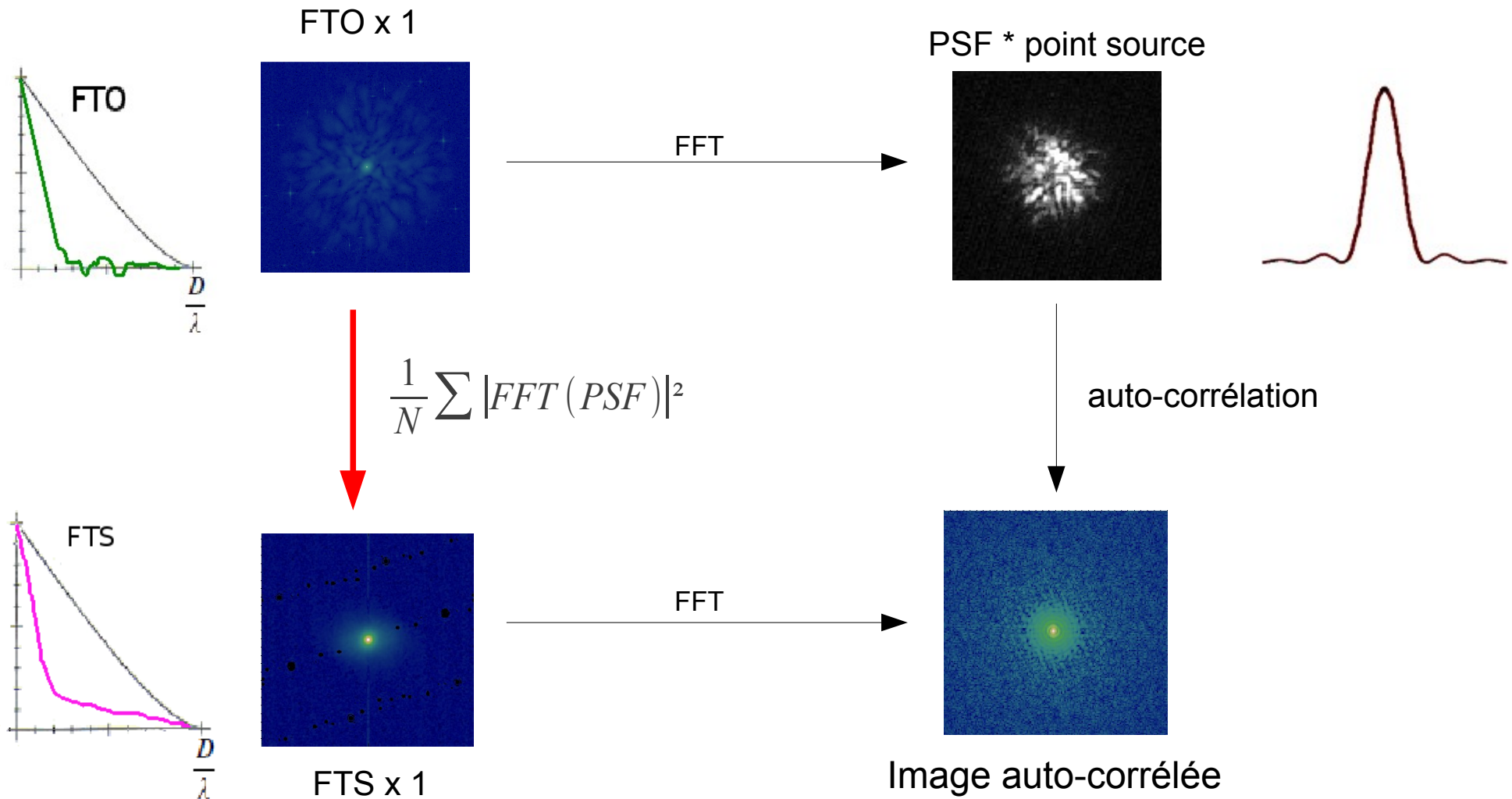


sur toutes les images et sur tous les fonds de ciel de manière analogue.

Traitement des données

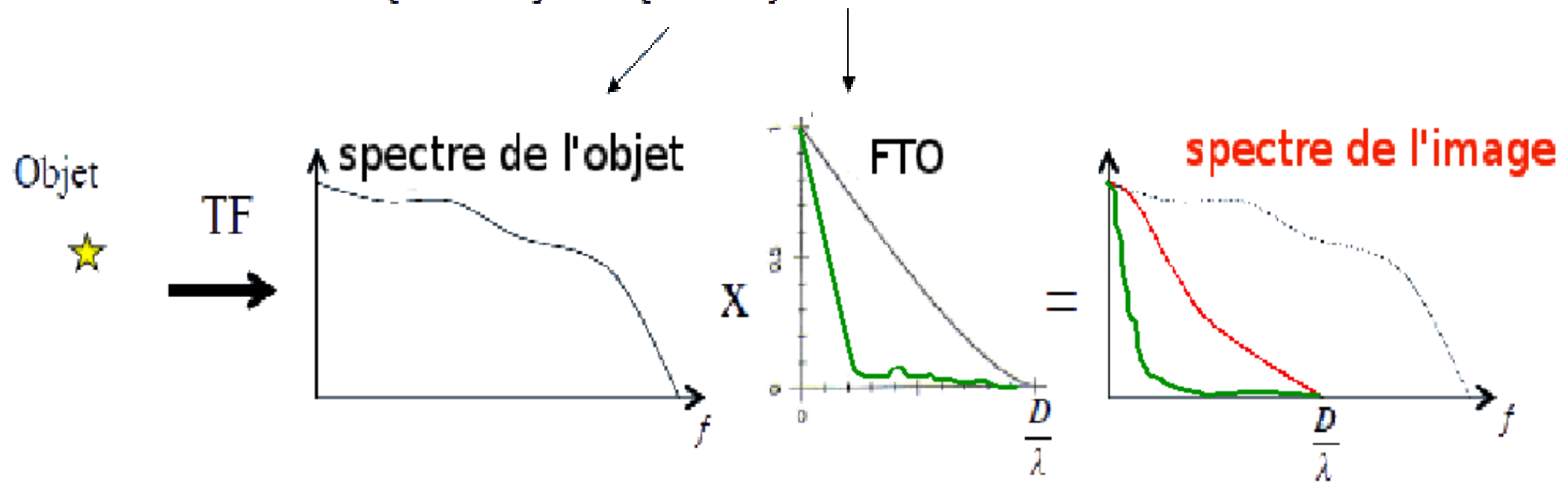


Traitement des données

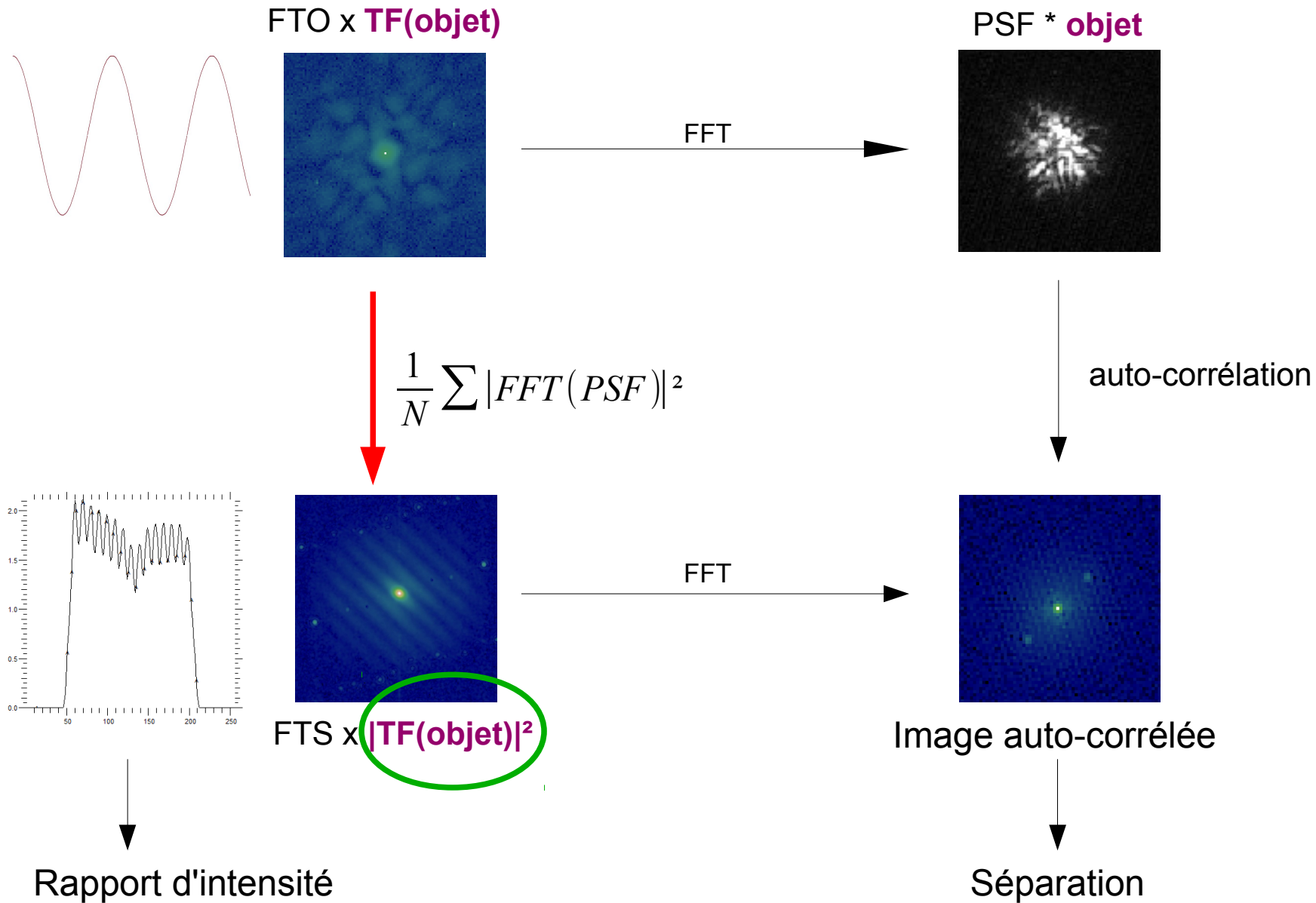


Fonction de transfert optique

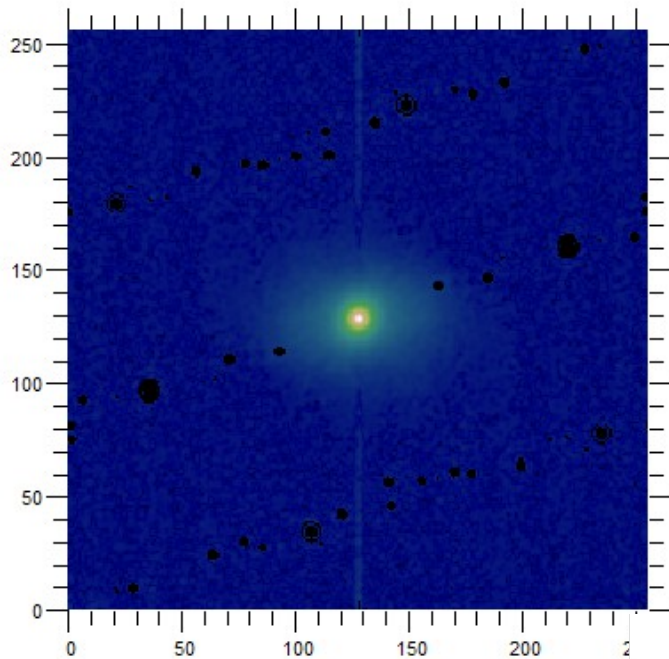
$$S(u,v) = TF\{Im(\alpha,\beta)\} = TF\{O(\alpha,\beta)\} \cdot FTO(u,v)$$



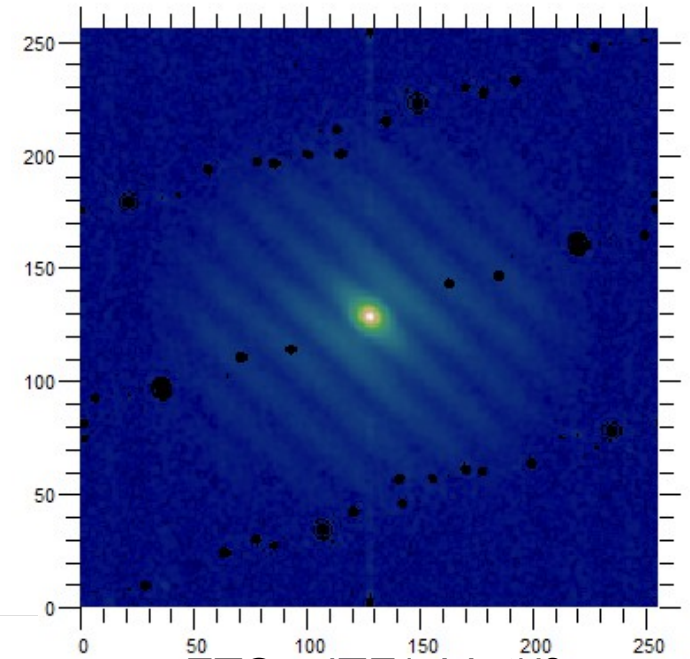
Traitement des données



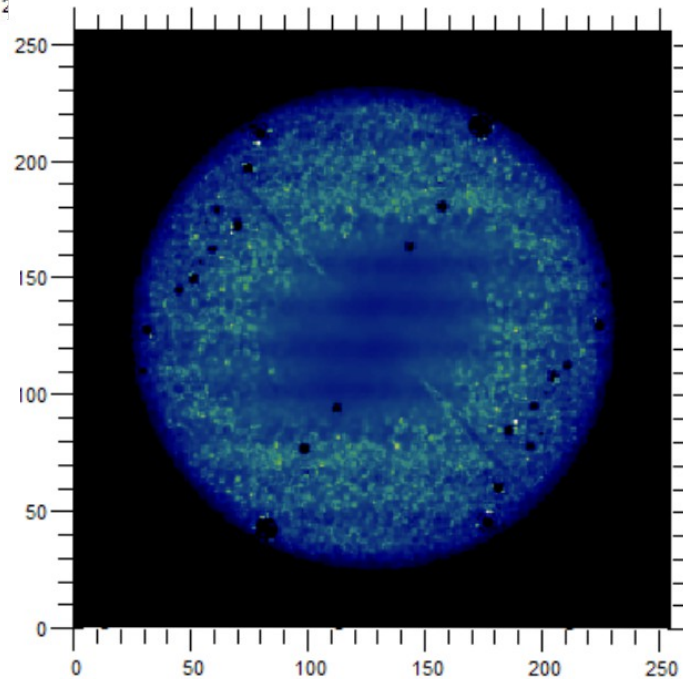
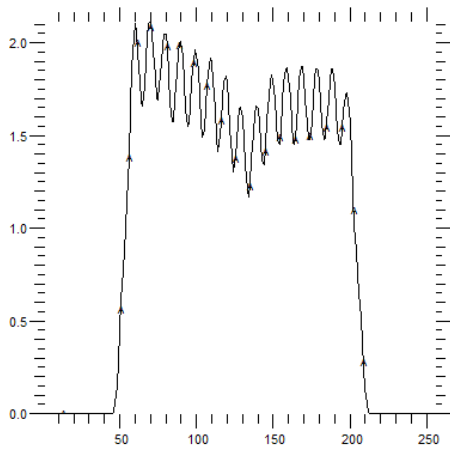
Avec et sans division par la référence



FTS

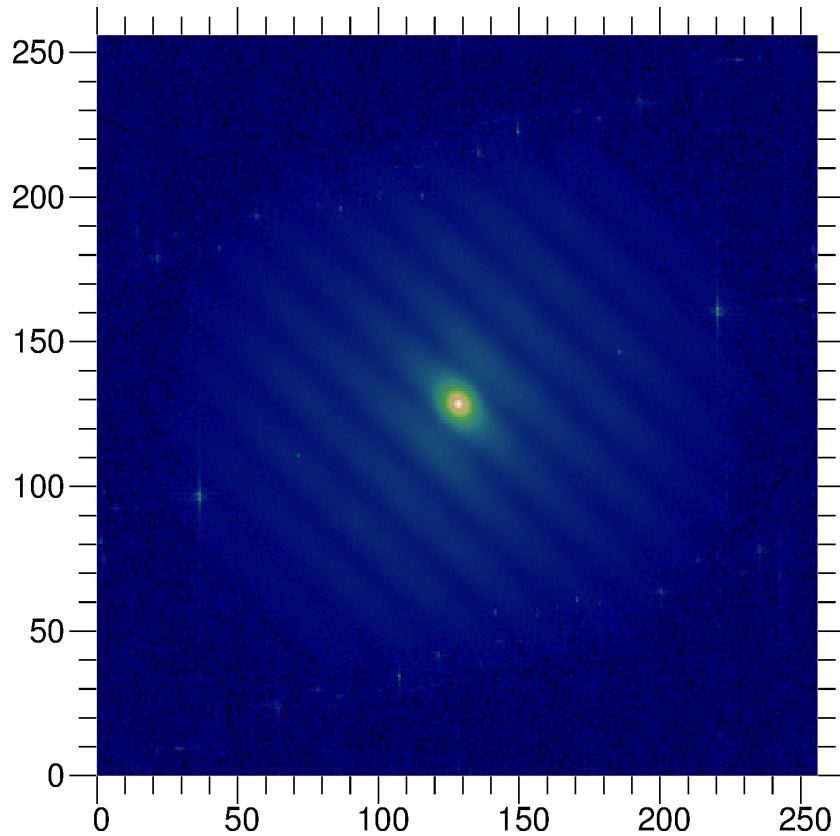


FTS x $|TF(\text{objet})|^2$

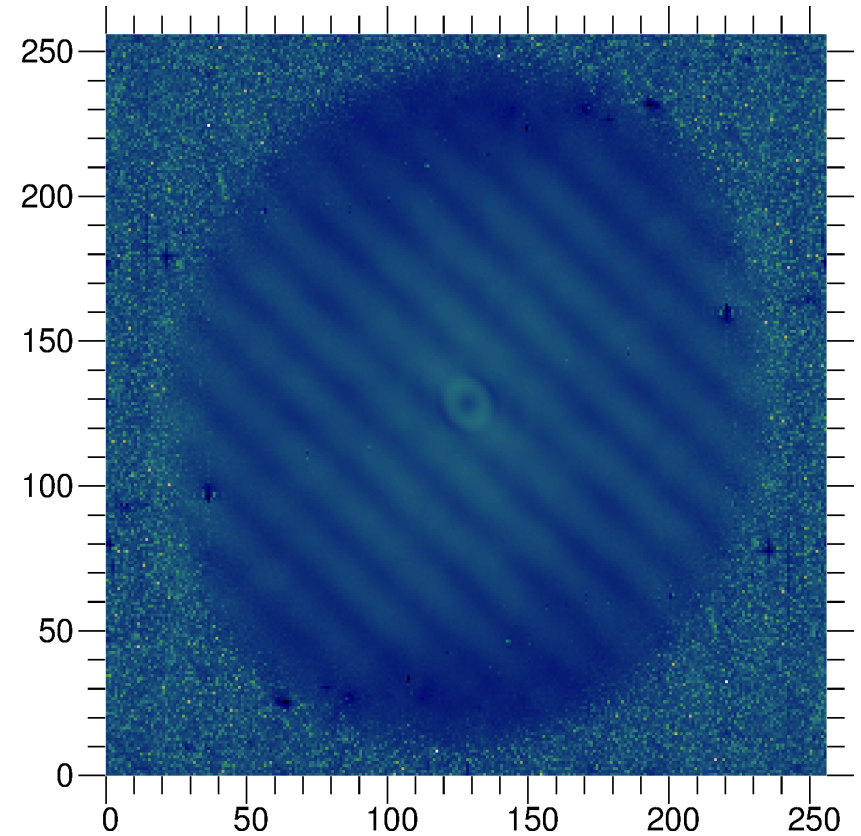


Rapport :
 $|TF(\text{objet})|^2$

Masques et filtres, division

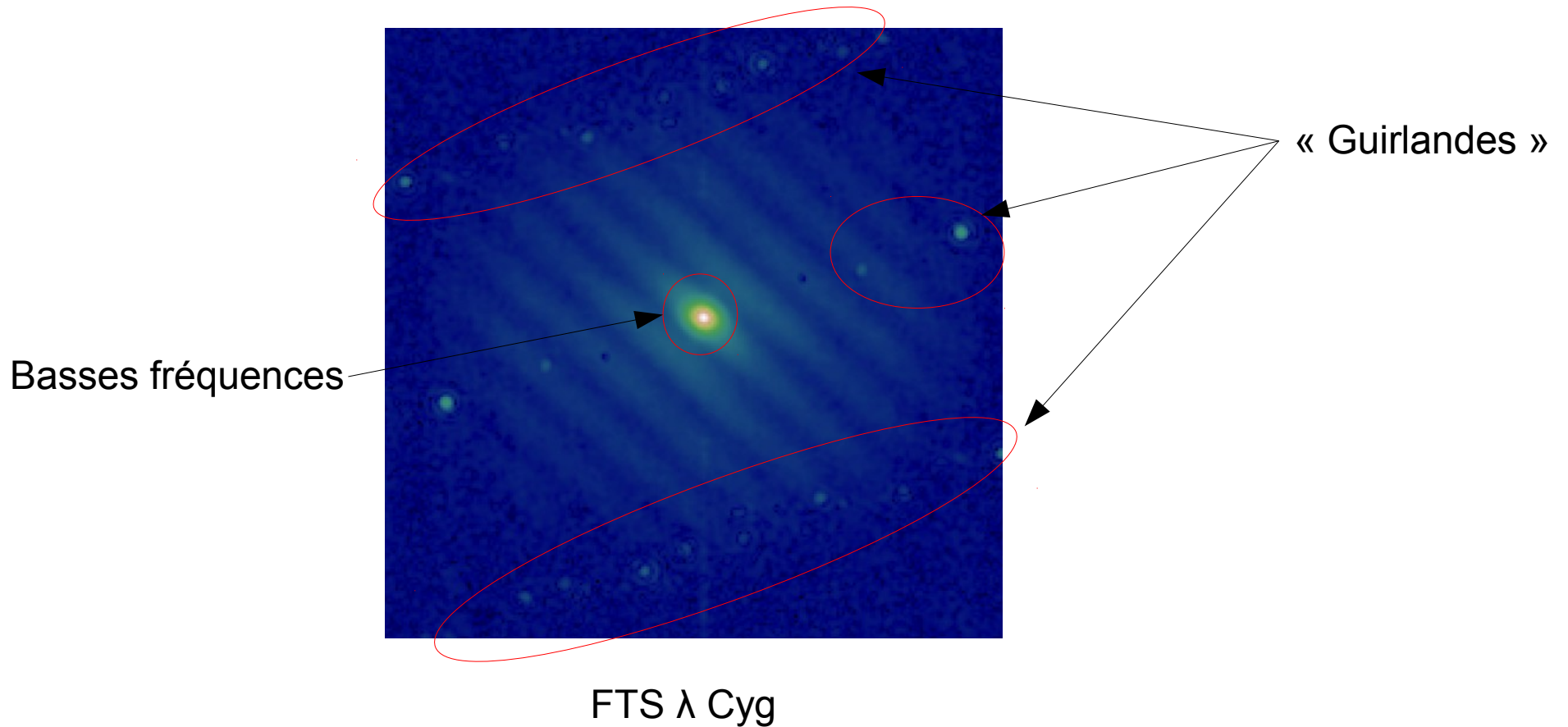


Fonction de transfert speckle
sans masque PSF ni division

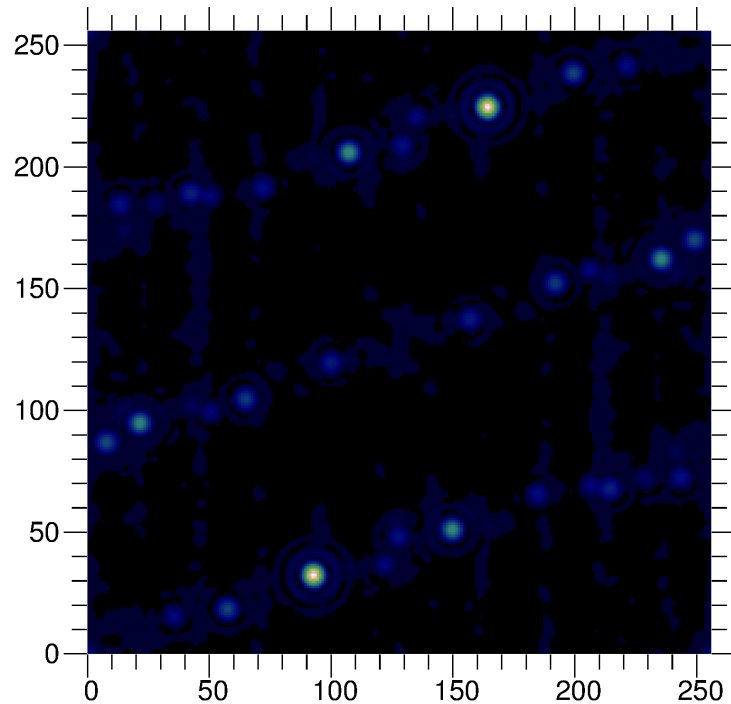


avec masque PSF et division
par la FTS de Vega

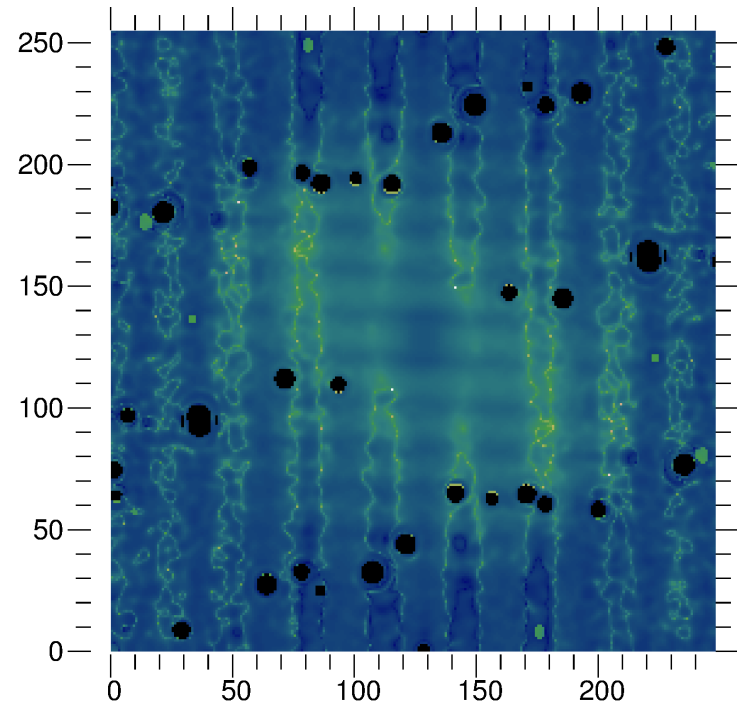
Un signal avec des perturbations



Un signal avec des perturbations



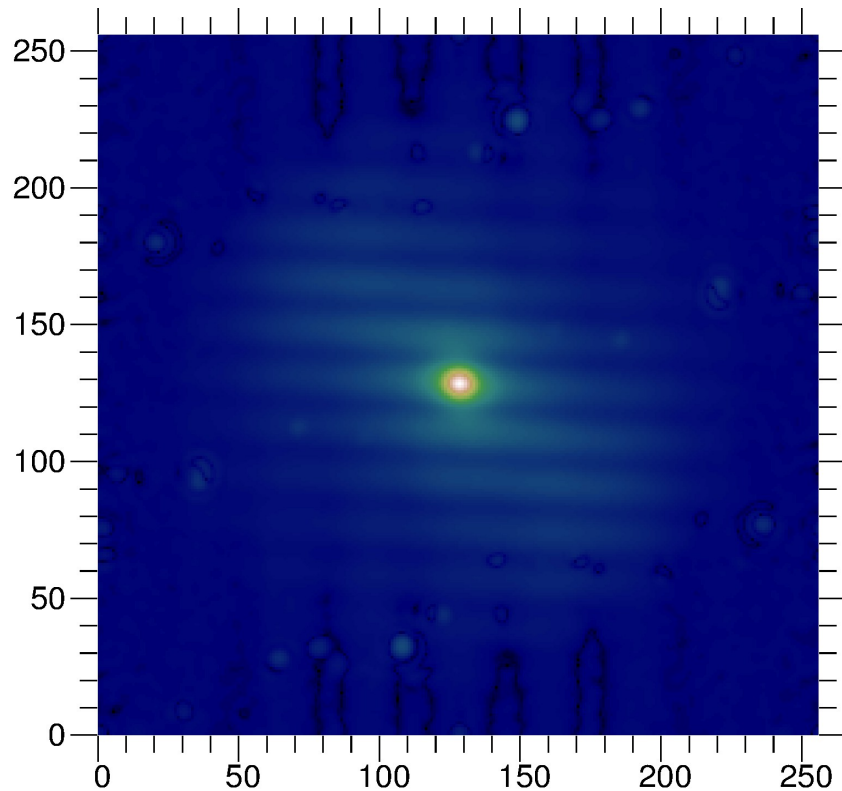
Distribution spectrale du bruit



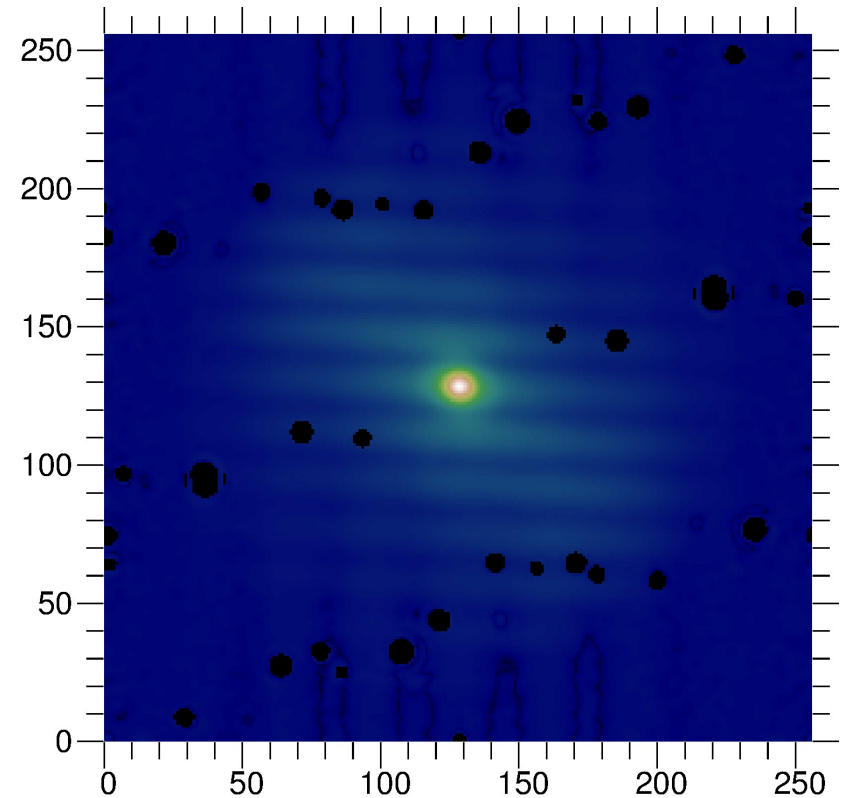
Distribution spectrale de λ Cyg
2000 images de 10ms

Ces perturbations proviennent de la caméra CCD.

Un signal avec des perturbations

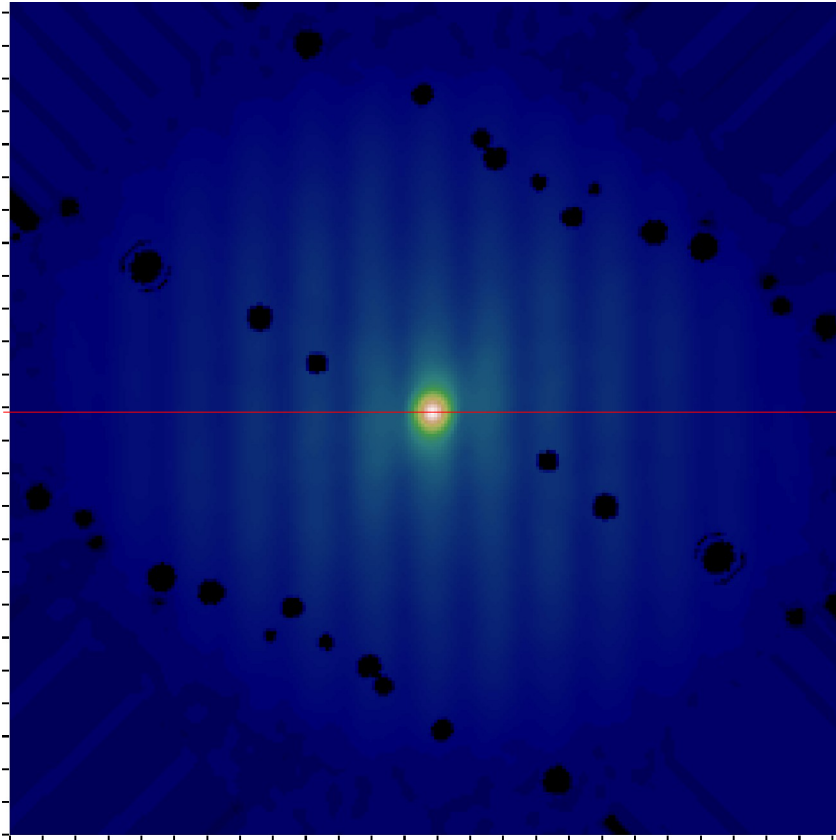


Distribution spectrale avec
guirlandes

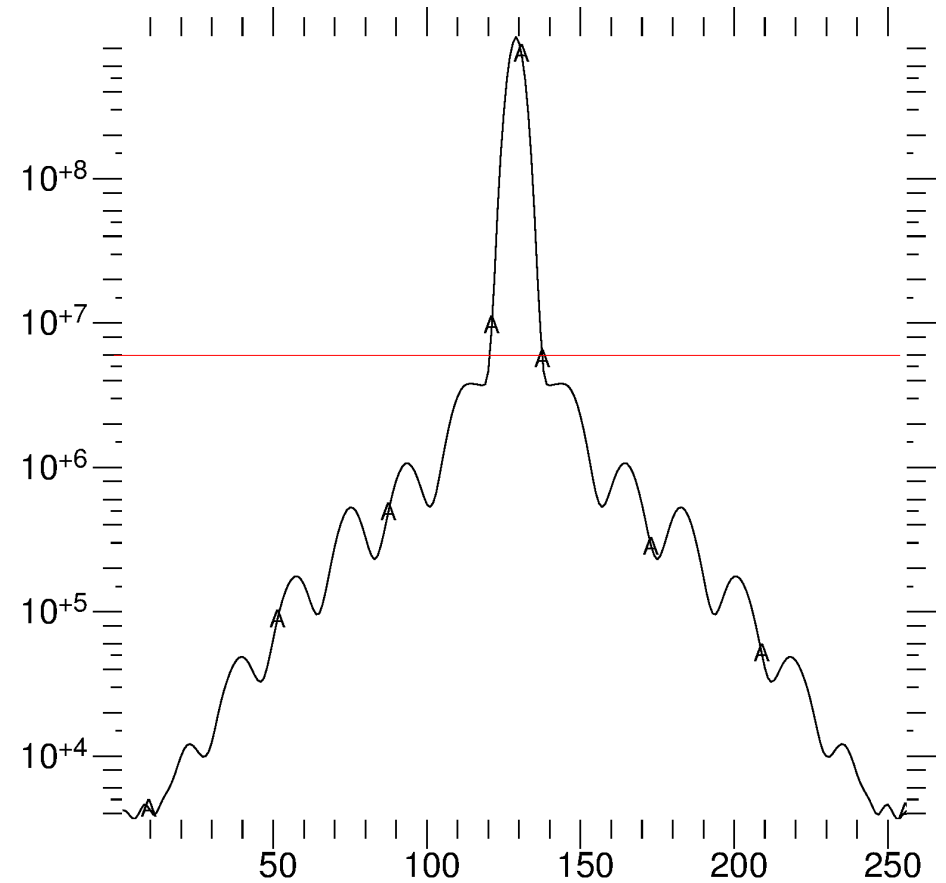


Distribution spectrale obtenue en
coupant les guirlandes

Atténuation des basses fréquences



Distribution spectrale
FTS avec rotation



Coupe perpendiculaire
sur la FTS au signal sinusoïdal

Atténuation des basses fréquences

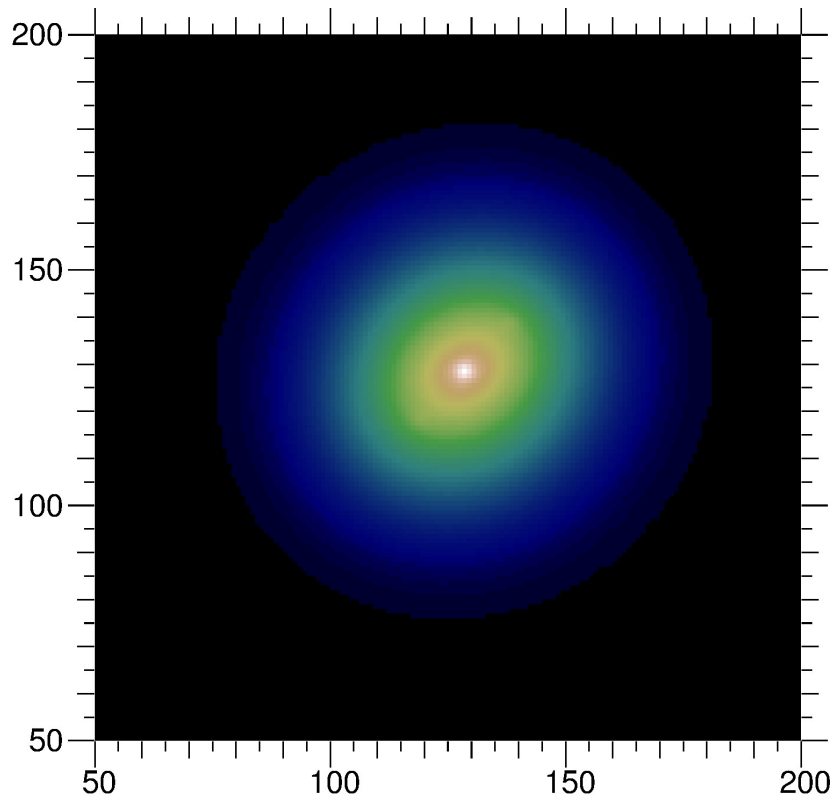


Image auto-corrélée
sans atténuation des basses
fréquences

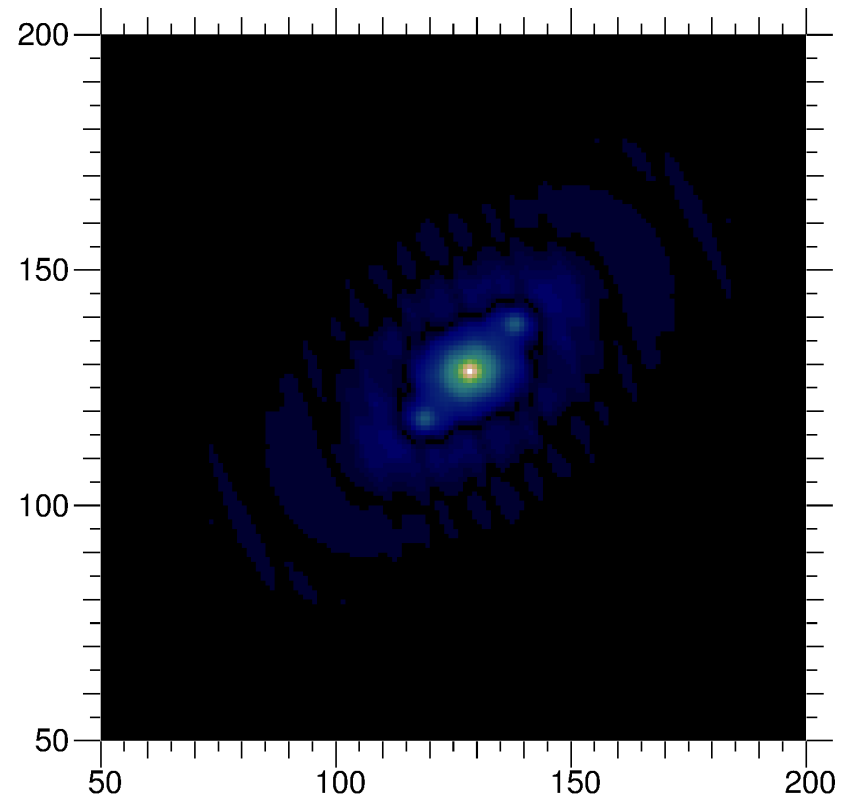


Image auto-corrélée
avec atténuation des basses
fréquences

En atténuant les basses fréquences, on fait ressortir l'information contenue dans les fréquences moyennes. L'image finale est plus nette.

Résultats

$$\text{TF}(\text{objet}) \times \text{FTO} \xrightarrow{\text{TF}} \text{PSF} * \text{objet}$$

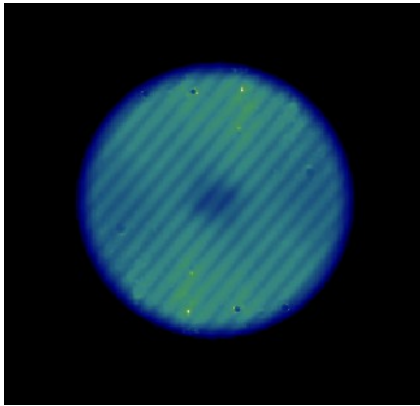
$$\frac{1}{N} \sum |\dots|^2$$

auto-corrélation

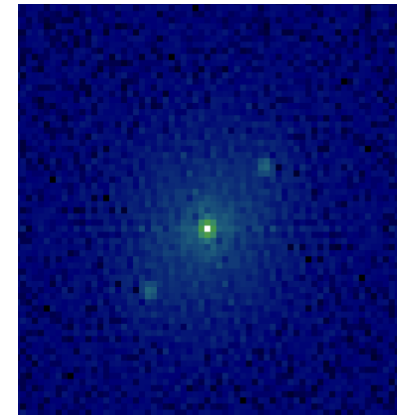
$$|\text{TF}(\text{objet})|^2 \times \text{FTS}$$

TF

Auto-corrélation
moyenne



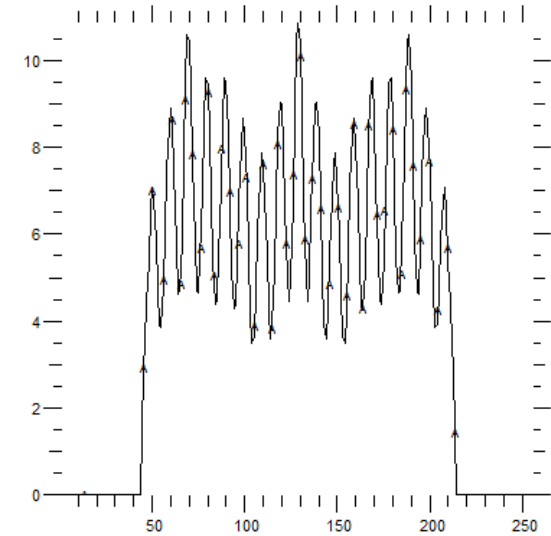
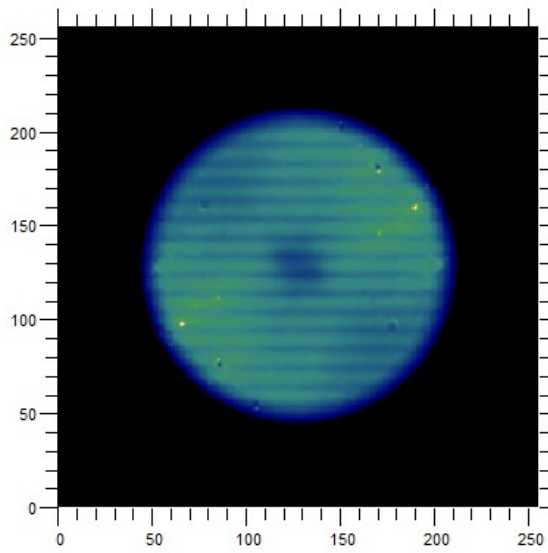
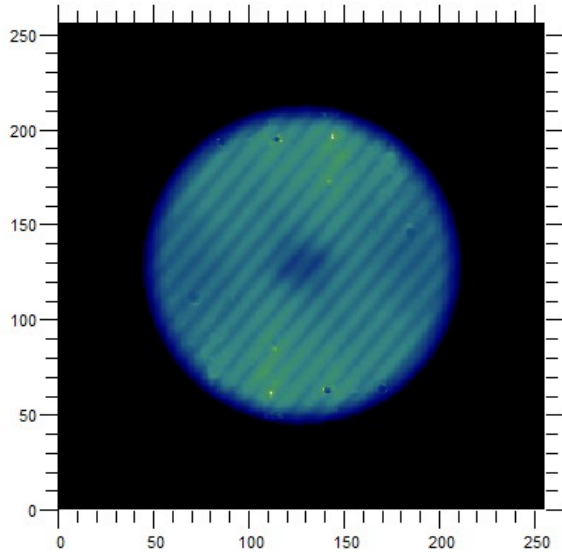
Mesure du rapport
des intensités



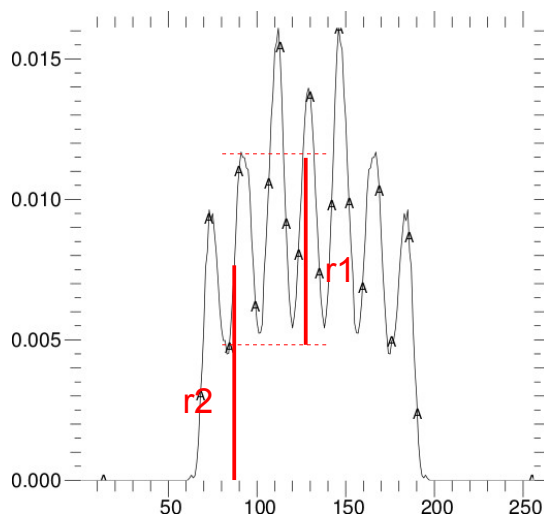
Mesure de la
séparation

Mesure du rapport des intensités

mu 1 Cyg – 200 ms – 1000 poses



Médiane sur les lignes

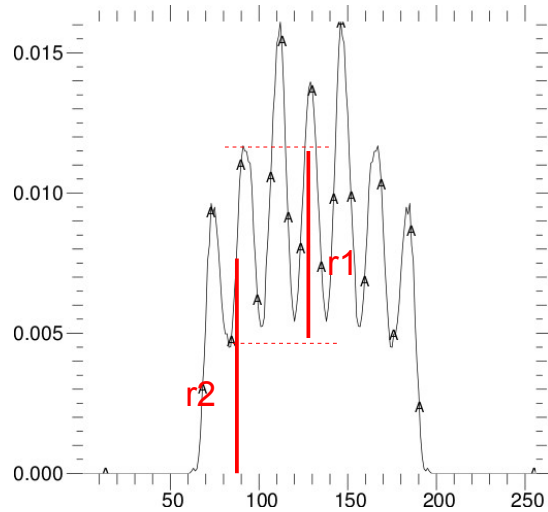


Rapport des intensités sur la FTS :
 $A/B = f(r1, r2)$

Ecart de magnitude (médiane sur les rapports trouvés) :

1,76 mag r (WDS : 1,43)

Mesure du rapport des intensités



2 étoiles d'intensité A et B

$$I = A \times \delta\left(x - \frac{s}{2}\right) + B \times \delta\left(x + \frac{s}{2}\right)$$

TF
↓

$$|\tilde{I}|^2 = \underbrace{A^2 + B^2}_{r_1} + \underbrace{2AB}_{r_2} \cos(2\pi\nu s)$$

moyenne amplitude

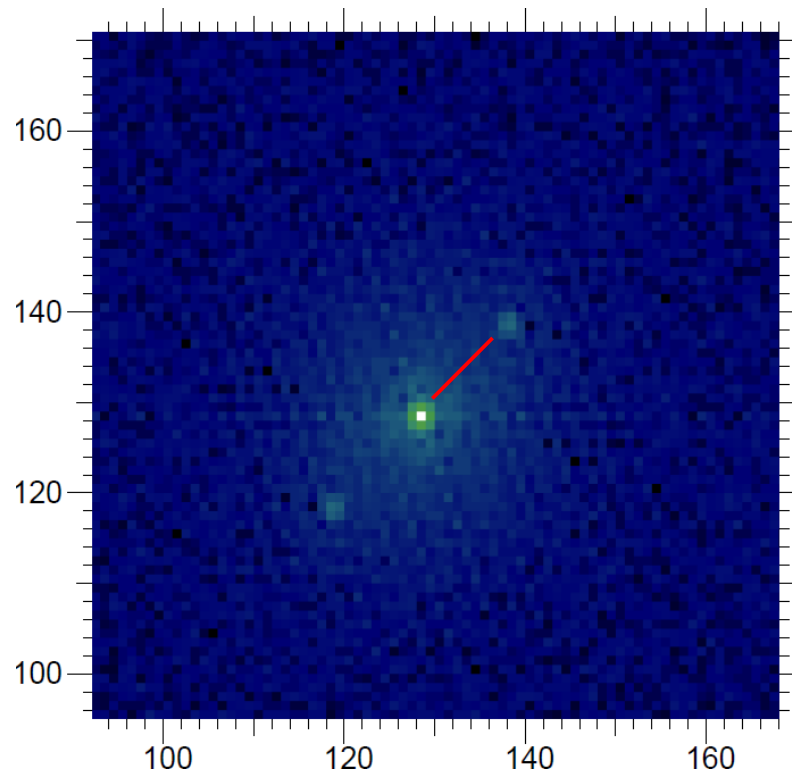
$$r = \frac{A^2 + B^2}{4AB} \Rightarrow \frac{A}{B} = 2r + \sqrt{4r^2 - 1}$$

Différence de magnitude :

$$\Delta\text{mag} = 2,5 \log A/B$$

Mesure de la séparation

Auto-corrélation de l'image



Séparation : 0,915 ''

WDS : 0,914 ''

Détermination du diamètre de Io

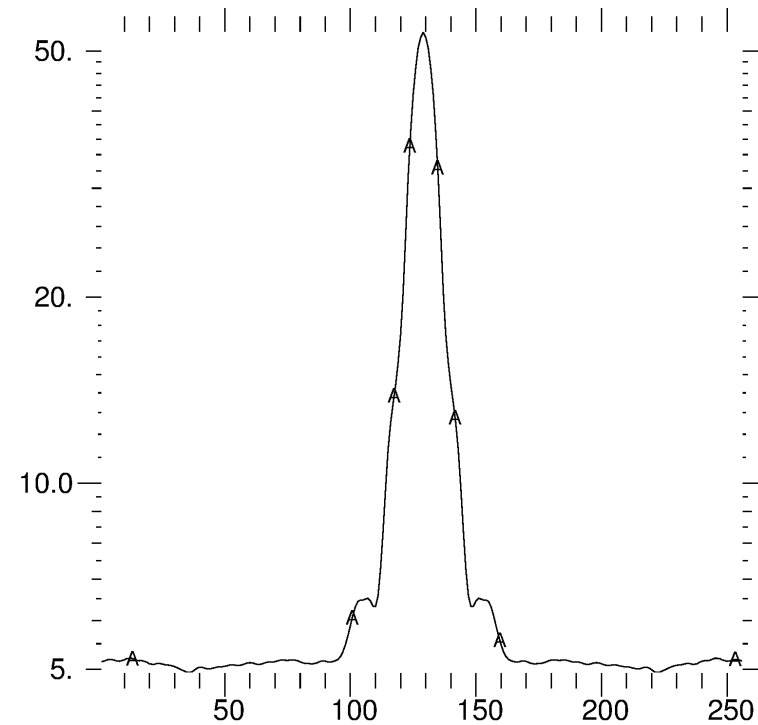
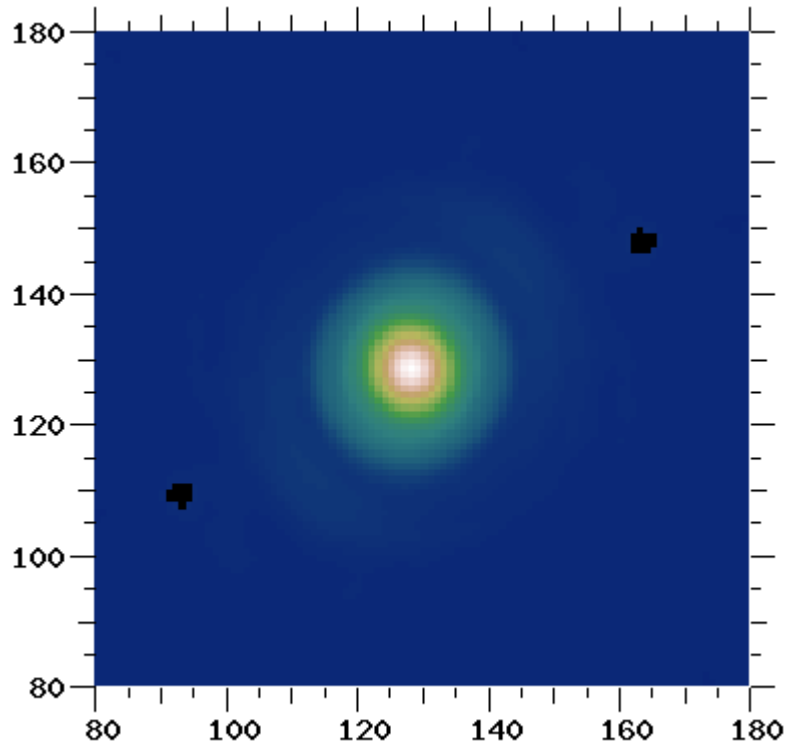
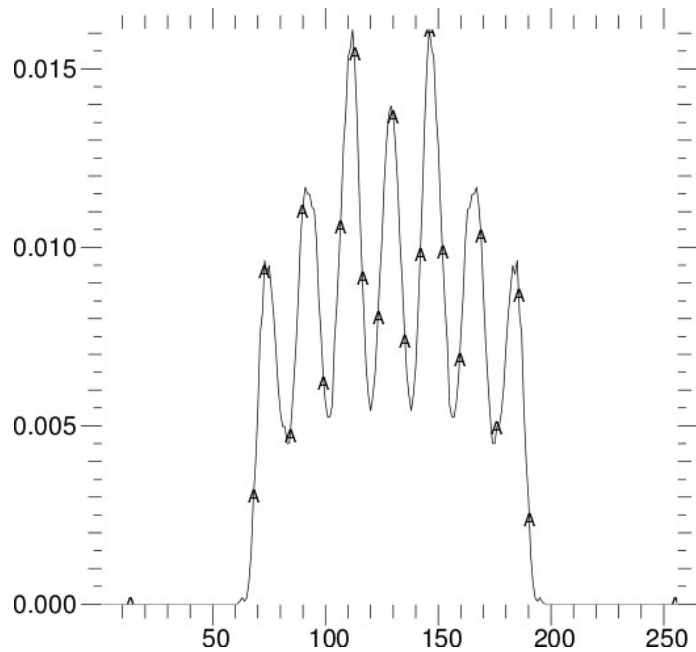


Image auto-corrélée : fonction de Bessel

Diamètre mesuré : 0.8 " ou 1.24 " ... ?

Littérature : 1.20 " (maximum)

Modélisation d'un système triple

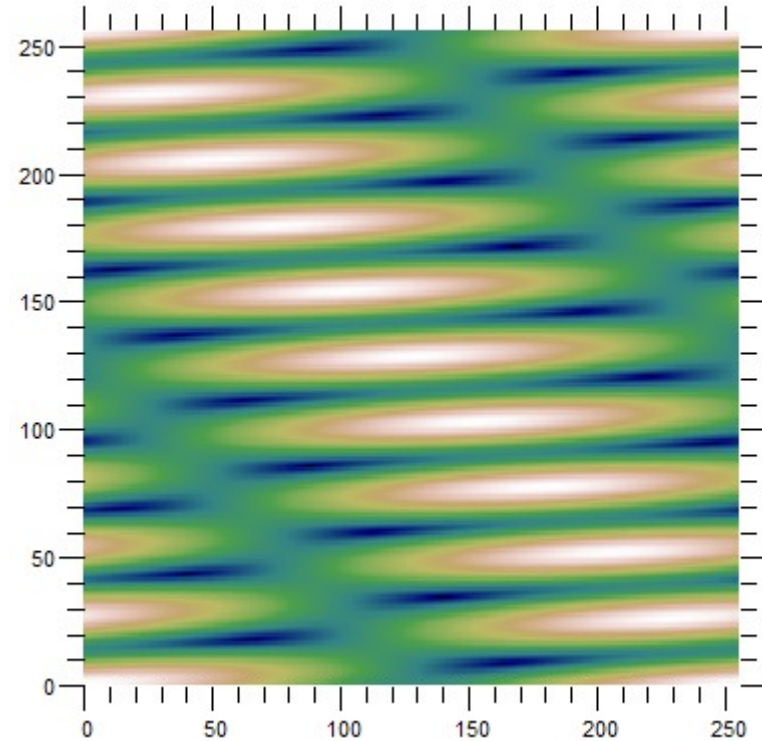


Première composante éloignée :
cos de période courte

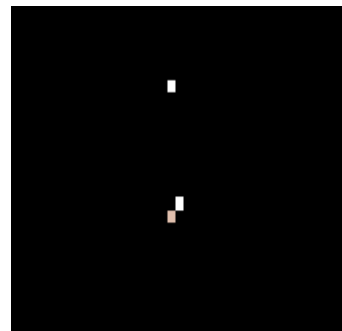
0,915 "

Deuxième composante serrée :
cos de longue période (une seule
période dans la FTO)

~ 0,1 "



«



»

Modélisation d'un système triple

Afin de modéliser le système triple observé de λ Cyg, nous avons employé un programme d'optimisation réalisant un ajustement non-linéaire des moindres carrés (par la méthode de Levenberg-Marquardt) :

$$X^2 = \sum \left(F \left(data, FTS \cdot Spectre \text{ Etoile triple} \right) - V \right)^2$$

Où

V correspond à un jeu de valeurs de séparations, de magnitudes, et angles de position recherché,

$data$ correspond à la distribution spectrale du système triple observé,

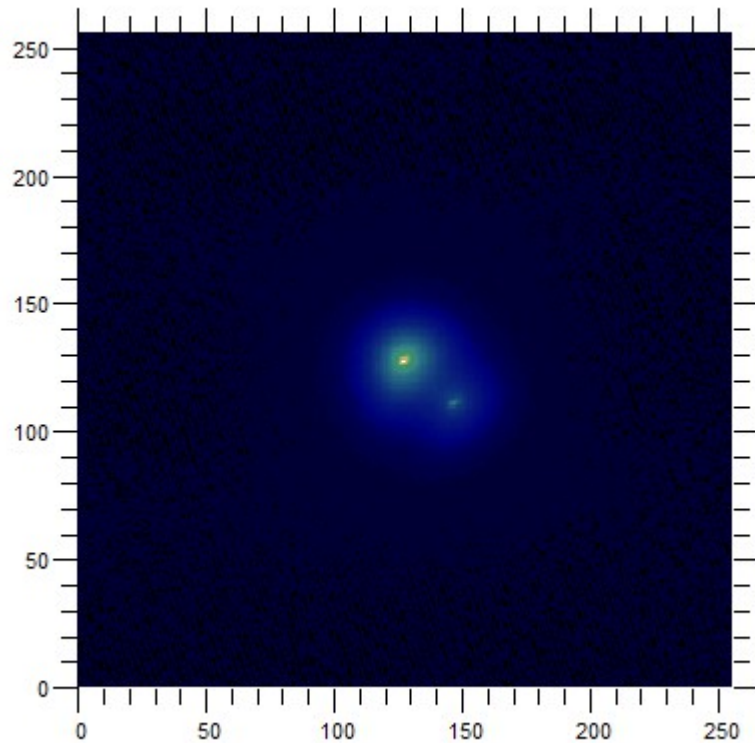
FTS correspond à la distribution spectrale d'une étoile simple servant comme référence.

On suppose que le jeu de valeurs initiales est relativement proche de la réalité et on cherche à augmenter l'exactitude de notre modèle.

On peut ainsi construire un modèle du système triple, sans faire diverger l'intensité des hautes fréquences et sans employer de filtre ou de fonction atténuant les basses fréquences.

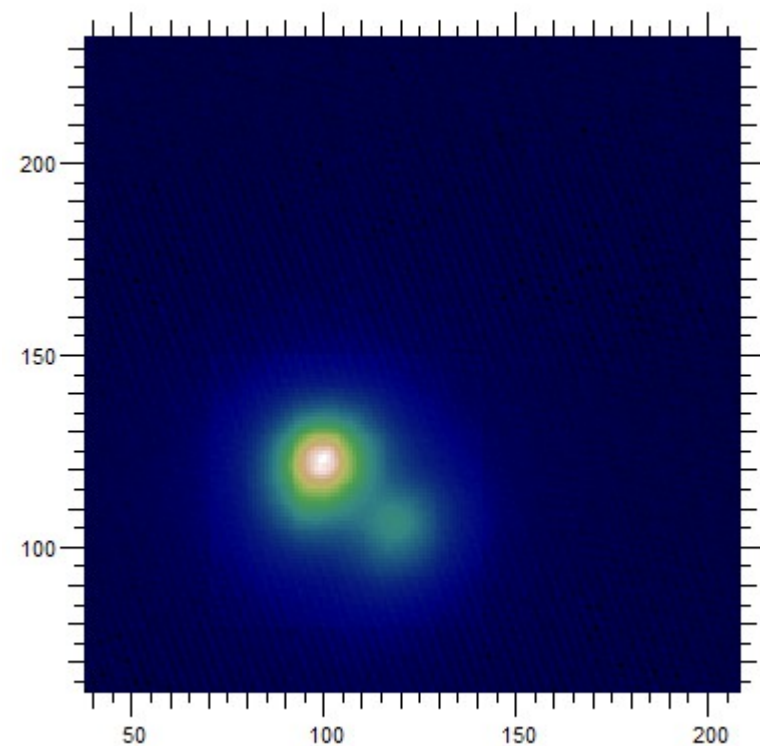
Autres techniques

Shift and add



mu 1 Cyg – 200 ms – 1000 poses

Seeing



Seeing = 1,04 ''

Recentre chaque image sur le speckle le plus brillant.

Résultats

Objet	Séparation / littérature	Delta mag (3 sigma)/ littérature	Seeing	commentaire
λ Cyg	0,915 " WDS 0,914 "	1,72 WDS 1,53	0,9 "	
μ 1 Cyg	1,68 " WDS 1,70 "	1,75 +/- 0,12 WDS 1,43	1,04 "	
HIP 114187	8,06 " WDS 8,3 "	WDS 1,60		Grande séparation
τ Tau 200 ms	WDS 0,3 "	WDS 2,64	1,04 "	Pas assez haut sur l'horizon → dispersion
τ Tau 50 ms			0,83 "	
126 Tau 200 ms	WDS 0,2 "	WDS 1,52	0,78 "	
126 Tau 50 ms			1,00 "	
Io	WDS 1,20 "	/	1,3 "	Temps de pose cumulé trop court
Europe	WDS 1,05 "	/	1,26 "	
72 peg	0.58 +/- 0.02 / WDS 0.6			
Io	1,24 " WDS 1,20 "	/		



**Merci de votre
attention.**



Annexes