

Impact du traitement du signal en haute résolution angulaire

Éric Thiébaud & Michel Tallon

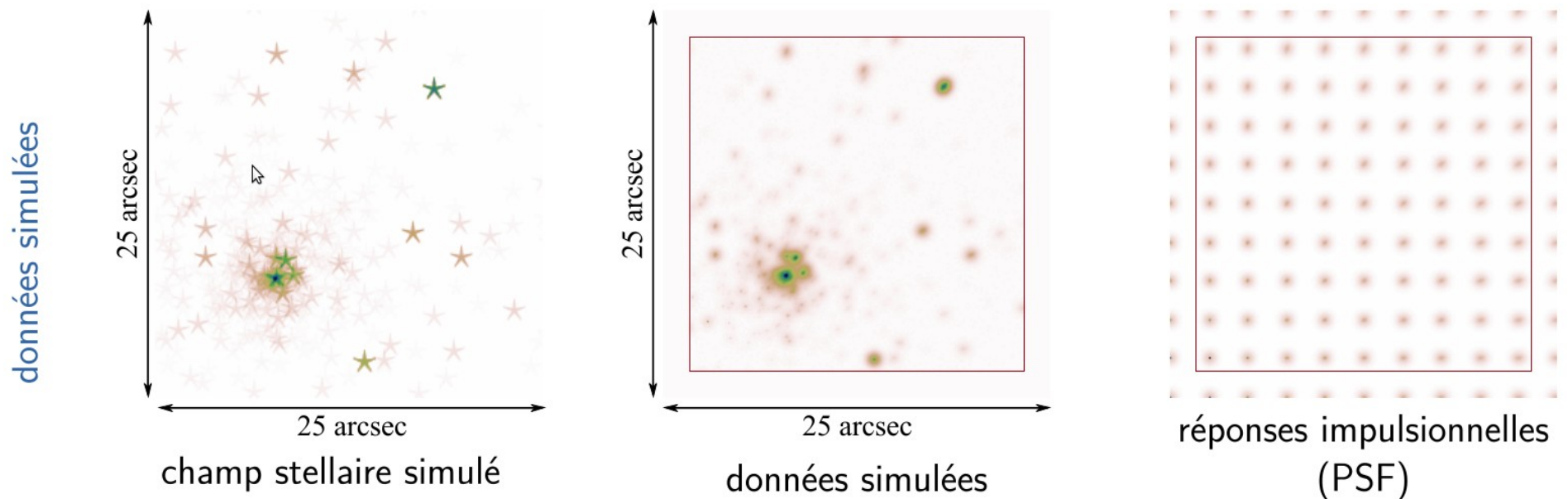
Journées astrophysique française – Nice, 5-8 juin 2012

Quelques résultats remarquables

- **post-traitement optique adaptative**
 - imagerie grand champ (réponse impulsionnelle variable)
 - hauts contrastes (détection exo-planètes)
- **optique adaptative *temps réel***
 - mesure et contrôle
 - auto-étalonnage
- **interférométrie**
 - reconstruction d'image hyper-spectrale

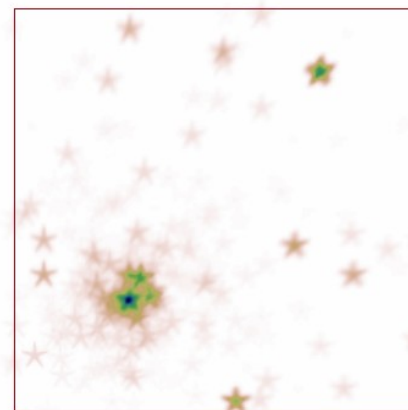
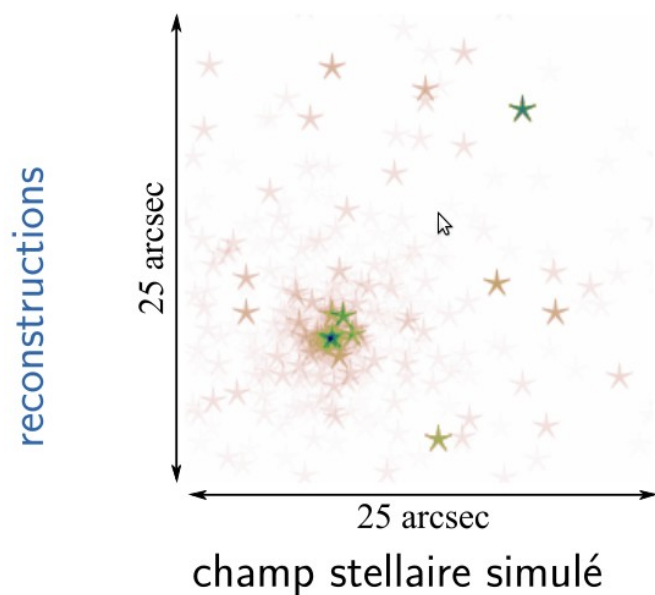
Réponse variable dans le champ

- **contexte** : imagerie grand champ (MCAO, Megacam, HST, etc.)
- **problèmes (résolus / à résoudre)** :
 - **modélisation** : PSF variable dans le champ (Nagy et al., 1998 ; Flicker & Rigaut, 2005 ; Denis et al., 2011)
 - **inversion** : supprimer le flou n'est plus une « simple » déconvolution
→ méthodes itératives (temps de calcul)
 - **calibration** : auto-calibration possible ?

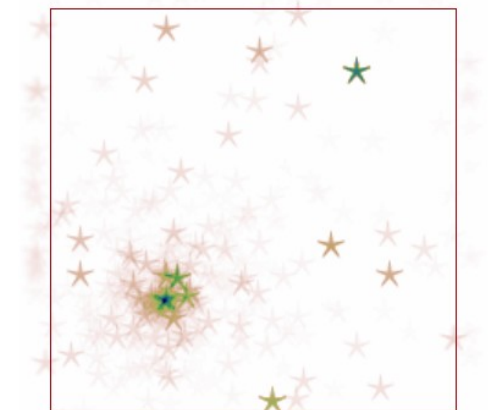


Réponse variable dans le champ

- **contexte** : imagerie grand champ (MCAO, Megacam, HST, etc.)
- **problèmes (résolus / à résoudre)** :
 - **modélisation** : PSF variable dans le champ (Nagy et al., 1998 ; Flicker & Rigaut, 2005 ; Denis et al., 2011)
 - **inversion** : supprimer le flou n'est plus une « simple » déconvolution
→ méthodes itératives (temps de calcul)
 - **calibration** : auto-calibration possible ?



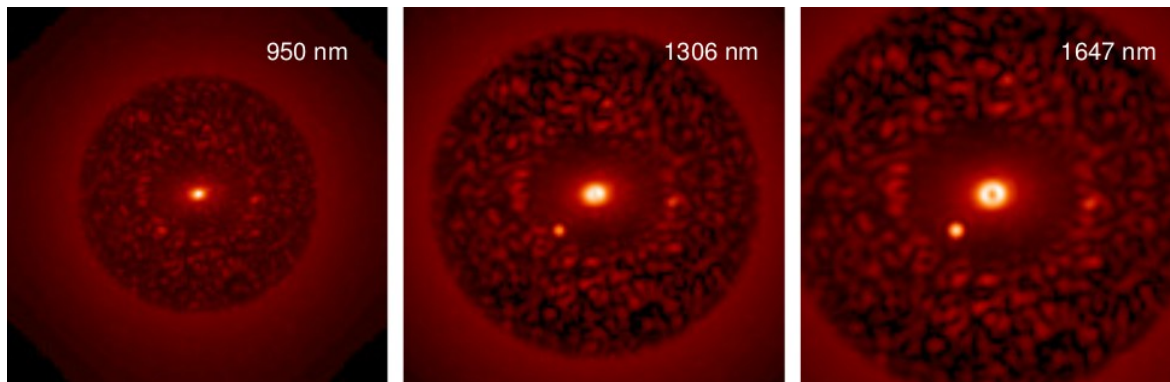
champ reconstruit
avec une seule PSF



champ reconstruit
avec 11x11 PSF

Détection des exoplanètes

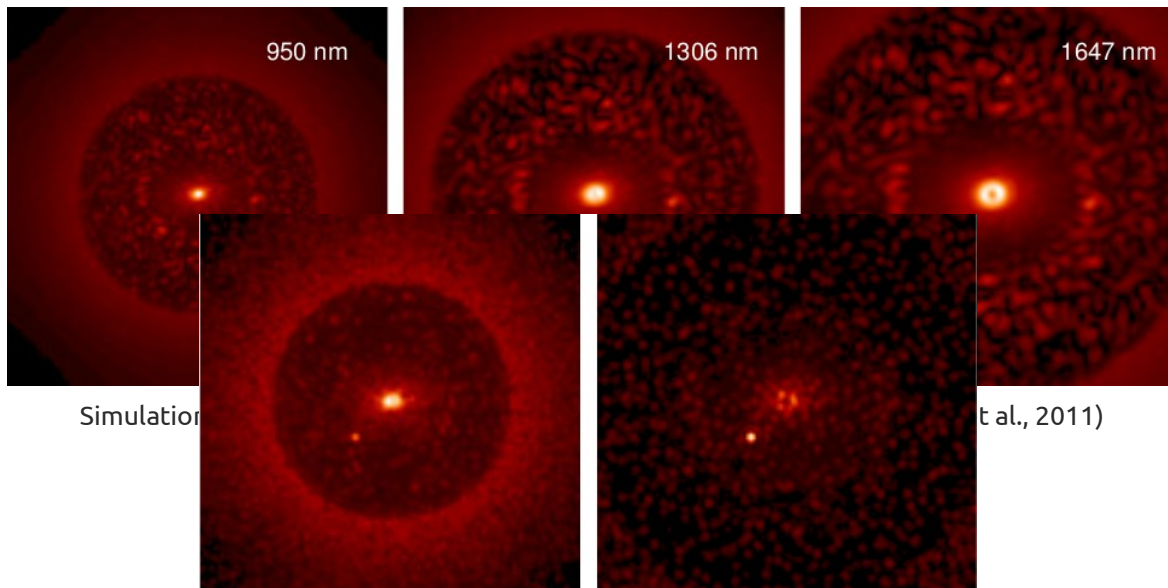
- **problèmes** : contraste (10^{-6} SPHERE \rightarrow 10^{-9} EPICS) et fuites stellaires
- **instruments** : interféromètre à frange noire (DARWIN), optique adaptative extrême + coronographe (SPHERE)
- **solutions** : **exploitation données multi-variées (x,y,t, λ)**
 - **améliorer la sensibilité et lever les ambiguïtés** (e.g. Thiébaud & Mugnier, 2006 ; Smith *et al.*, 2009 ; Mugnier *et al.*, 2009 ; Cornia *et al.*, 2010 ; Ygouf *et al.*, 2011)
 - **mesure des aberrations résiduelles** (Ygouf *et al.*, 2011)



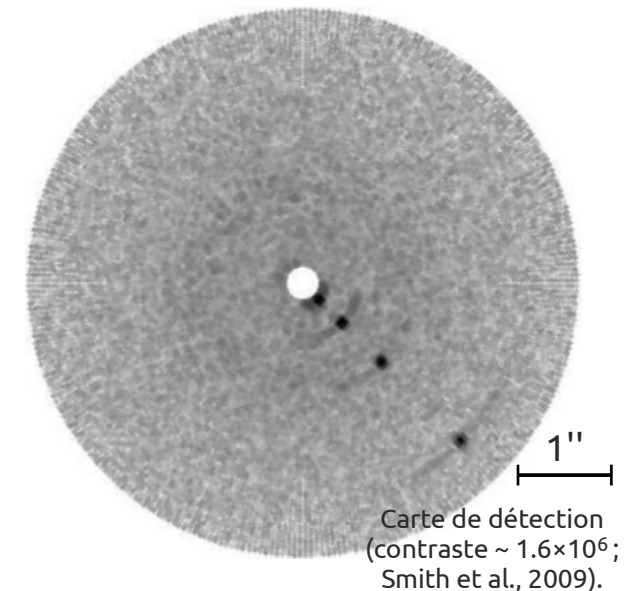
Simulation images focales SPHERE à différentes longueurs d'onde (Ygouf et al., 2011)

Détection des exoplanètes

- **problèmes** : contraste (10^{-6} SPHERE \rightarrow 10^{-9} EPICS) et fuites stellaires
- **instruments** : interféromètre à frange noire (DARWIN), optique adaptative extrême + coronographe (SPHERE)
- **solutions** : **exploitation données multi-variées (x,y,t, λ)**
 - **améliorer la sensibilité et lever les ambiguïtés** (e.g. Thiébaud & Mugnier, 2006 ; Smith *et al.*, 2009 ; Mugnier *et al.*, 2009 ; Cornia *et al.*, 2010 ; Ygouf *et al.*, 2011)
 - **mesure des aberrations résiduelles** (Ygouf *et al.*, 2011)

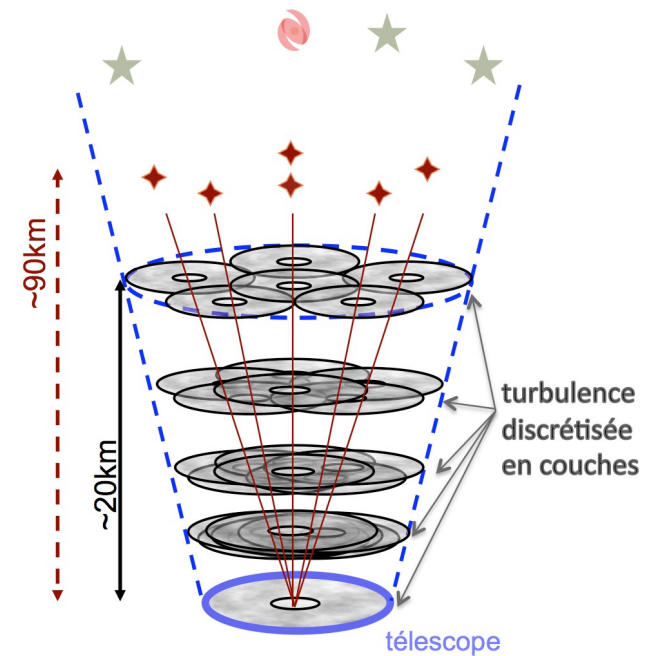


Reconstruction à partir d'un et de deux canaux spectraux de SPHERE (Ygouf et al., 2011)



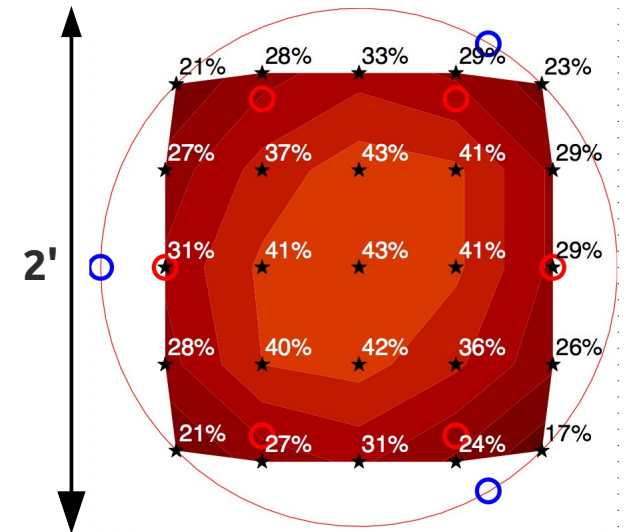
Traitement du signal *temps réel* pour l'optique adaptative

- le traitement du signal est au cœur de l'optique adaptative
 - analyse de surface d'onde
 - contrôle
- points durs avec les très grands télescopes
 - # degrés de liberté → temps de calcul
 - élongation étoiles laser, corrélations
 - évolution temporelle des systèmes
 - **auto-étalonnage obligatoire**
- pas d'E-ELT sans T.S. temps-réel



Traitement du signal *temps réel* pour l'optique adaptative

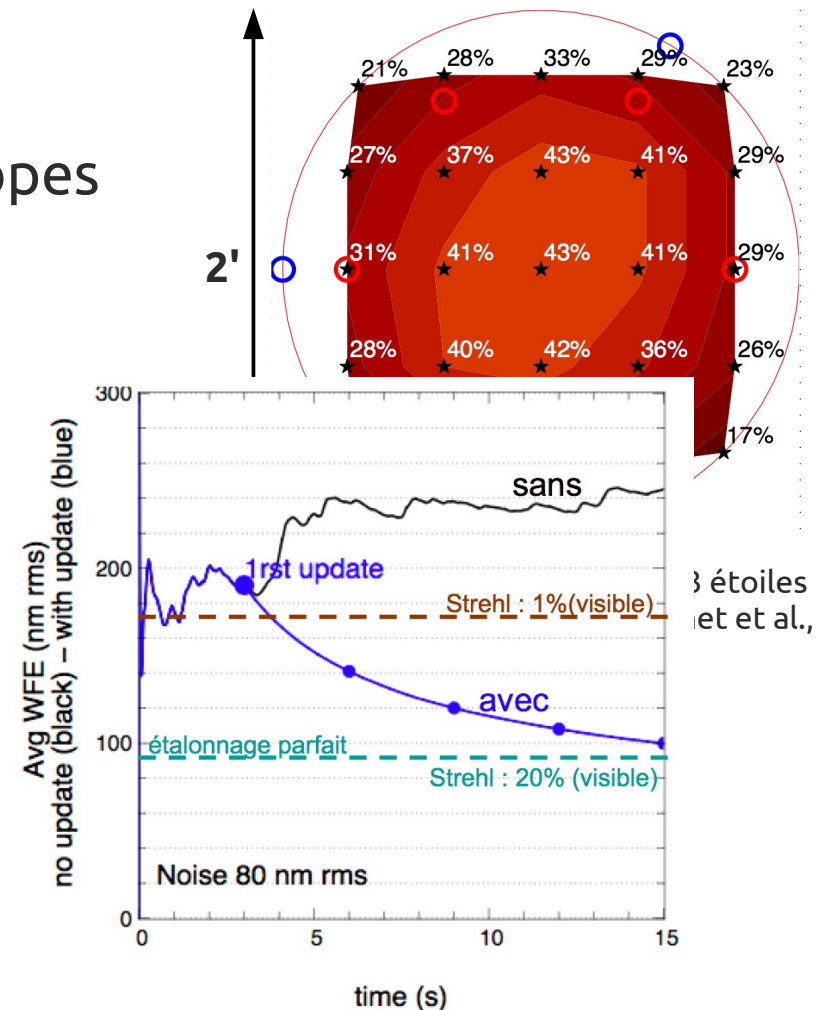
- le traitement du signal est au cœur de l'optique adaptative
 - analyse de surface d'onde
 - contrôle
- points durs avec les très grands télescopes
 - # degrés de liberté → temps de calcul
 - élongation étoiles laser, corrélations
 - évolution temporelle des systèmes
→ **auto-étalonnage obligatoire**
- pas d'E-ELT sans T.S. temps-réel



Strehl avec MAORI (bande K, 3 étoiles naturelles, 6 étoiles laser ; Béchet et al., 2010)

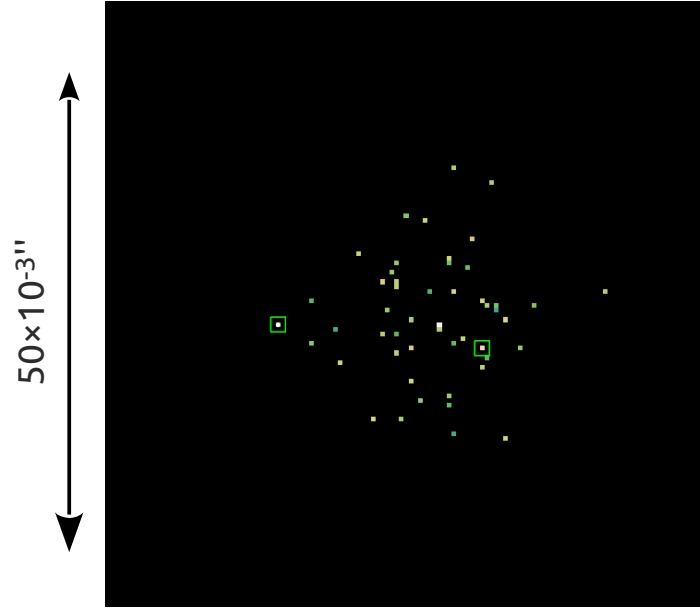
Traitement du signal *temps réel* pour l'optique adaptative

- le traitement du signal est au cœur de l'optique adaptative
 - analyse de surface d'onde
 - contrôle
- points durs avec les très grands télescopes
 - # degrés de liberté → temps de calcul
 - élongation étoiles laser, corrélations
 - évolution temporelle des systèmes
→ **auto-étalonnage obligatoire**
- pas d'E-ELT sans T.S. temps-réel



Optique auto-adaptative avec AOF
(Béchet et al., 2011)

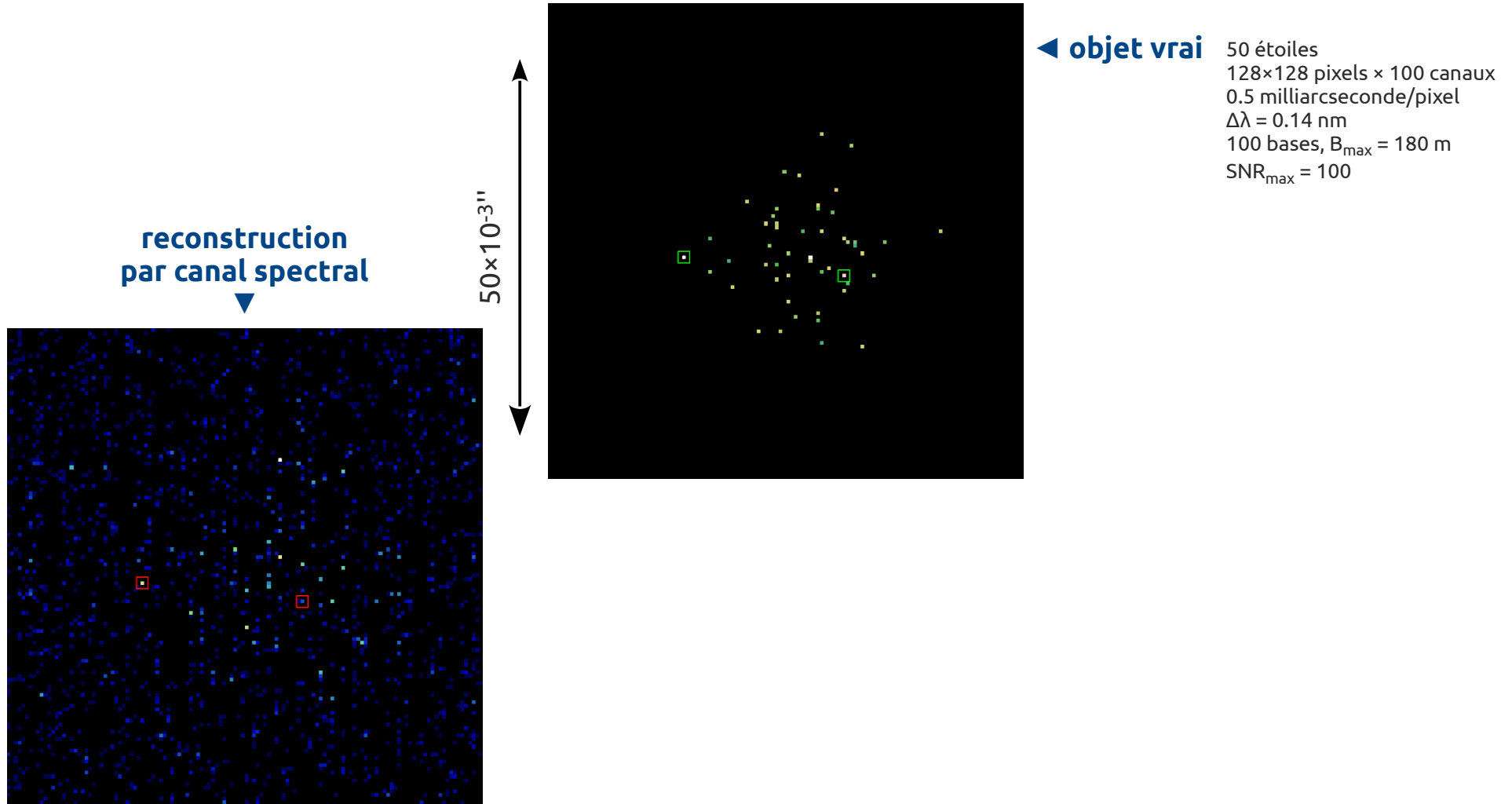
Imagerie hyper-spectrale en interférométrie



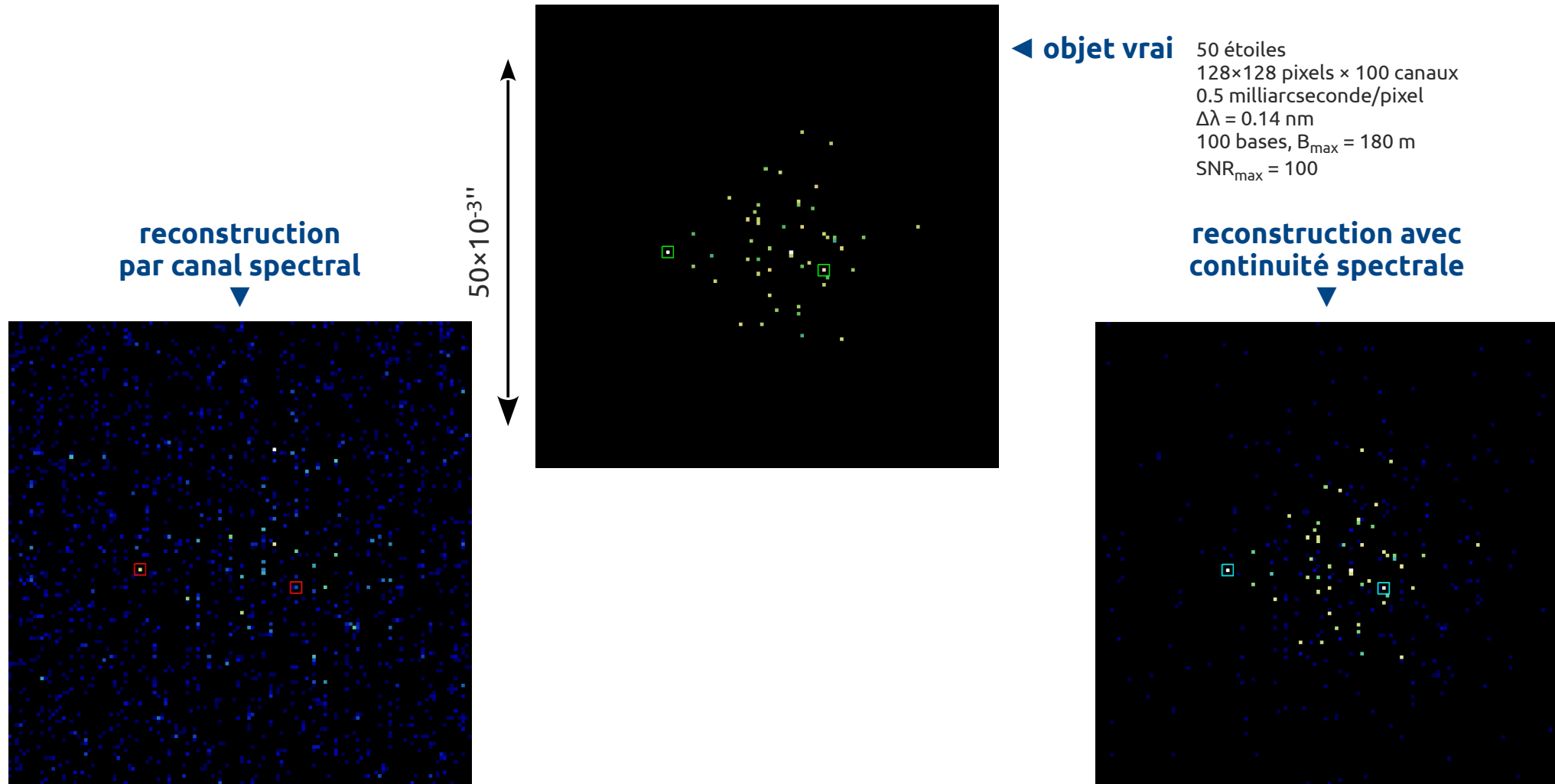
◀ **objet vrai**

50 étoiles
128×128 pixels × 100 canaux
0.5 milliarcseconde/pixel
 $\Delta\lambda = 0.14$ nm
100 bases, $B_{\max} = 180$ m
 $SNR_{\max} = 100$

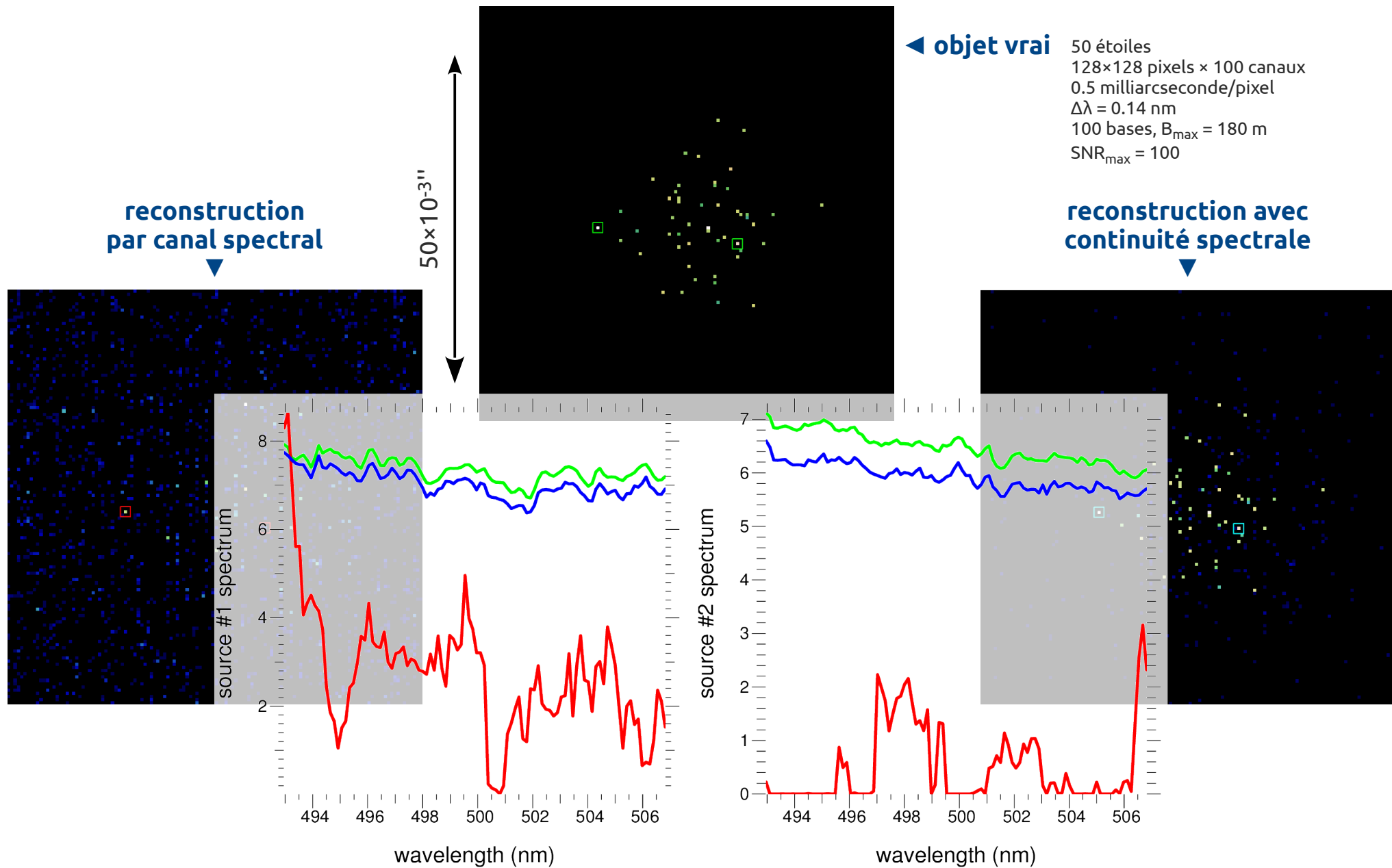
Imagerie hyper-spectrale en interférométrie



Imagerie hyper-spectrale en interférométrie



Imagerie hyper-spectrale en interférométrie



Bilan et perspectives

- **des résultats :**
 - **contrôle temps réel** optique adaptative
 - reconstruction, détection & caractérisation à partir de **données multi-variées**
 - **réponse instrumentale complexe** (PSF variable, coronographie, OA, *etc.*)
- **des défis à relever :**
 - étalonnage → **auto-étalonnage**
 - temps réel : **optique auto-adaptative** (toutes les OA)
 - mesure **aberrations résiduelles** par diversité de phase (XAO → SPHERE, EPICS)
 - **auto-calibration PSF variable** en OA grand champ (MCAO → MAORY)
 - exploiter la richesse des **données multi-variées**
 - temps réel (corrélation temporelle)
 - **données multi- ou hyper-spectrales** (interférométrie, SPHERE, MUSE)
 - **développer** le savoir-faire et le **propager** vers
 - instrumentation (co-conception, modélisation, contrôle)
 - astronomes (post-traitement)