



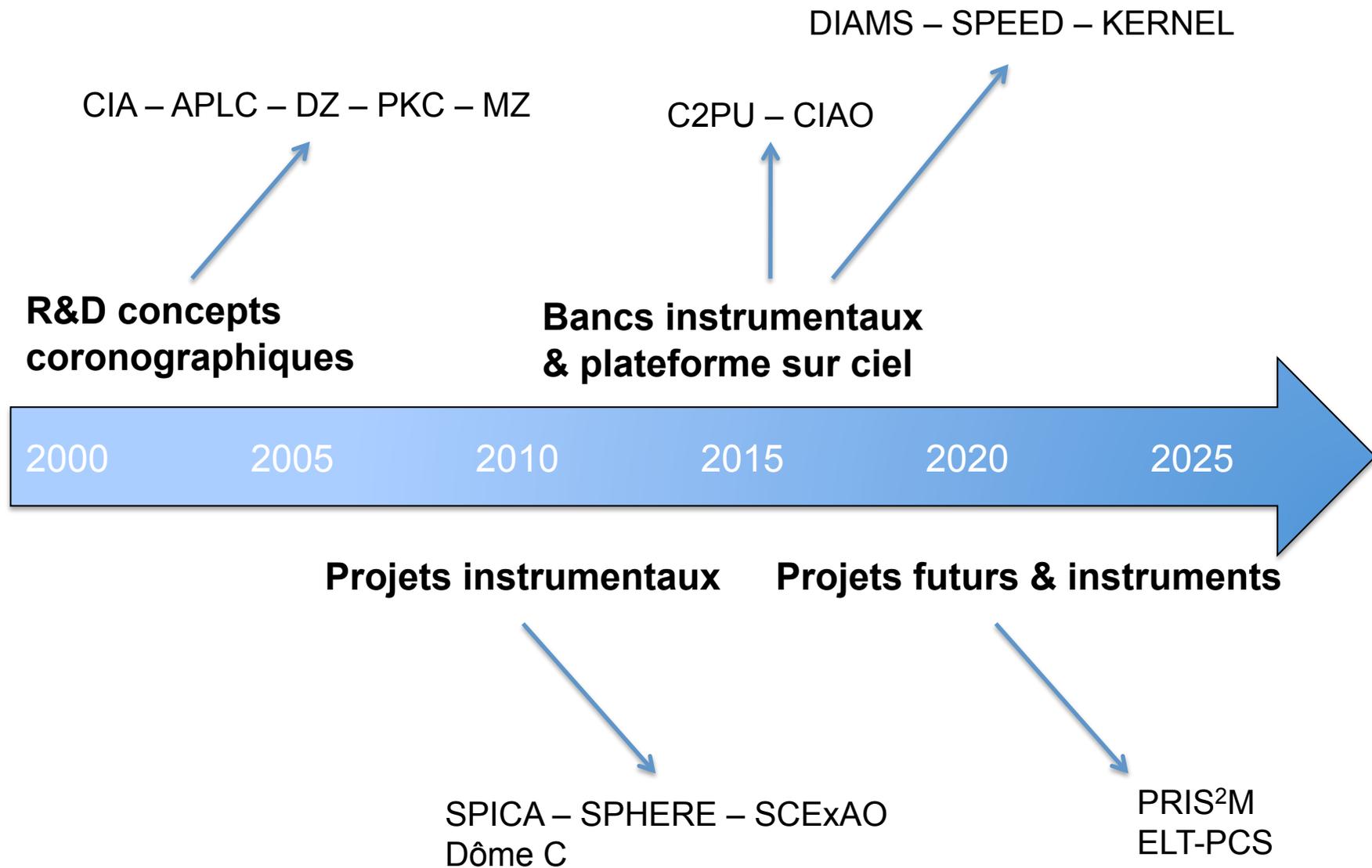
# Laboratoire Lagrange

---

Atelier ITHD ASHRA - 11/06/2016

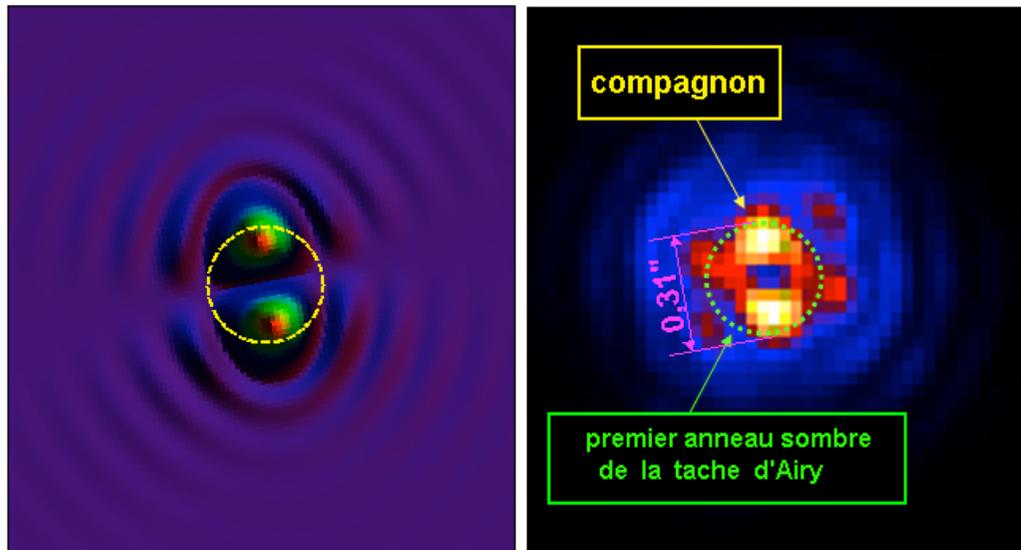


# Evolution ITHD @ Lagrange

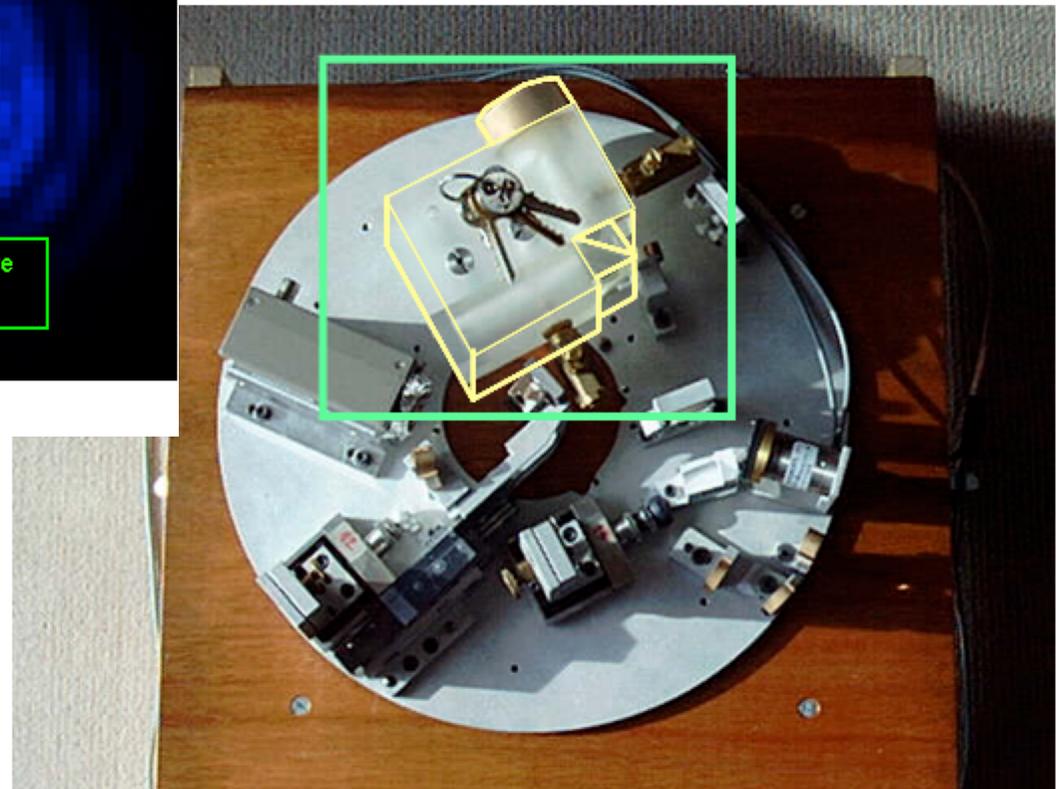


✓ **Coronographe CIA** (Baudoz et al. 1999)  
[Baudoz, Rabbia, Gay, Rivet]

**VALIDÉ**



Observation en bande K (2,2 micron) au TCFH  
avec le CIA compact de l'OCA  
(Etoile double 97339 Hipparcos)





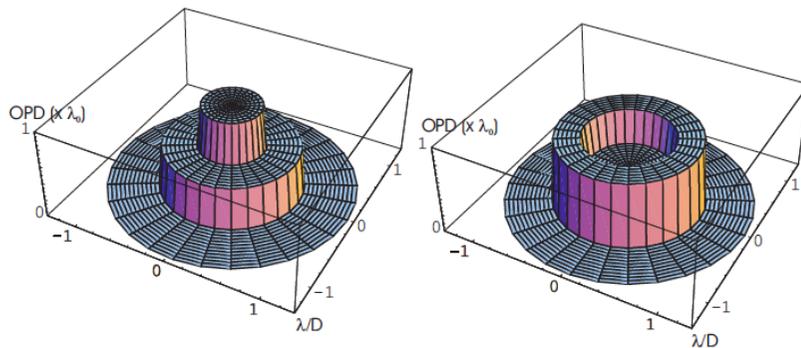
# Activités R&D amont

✓ **APLC** (Soummer et al.) et **Dual Zone**  
[Soummer, Aime, Dohlen, Ferrari]

Développements théoriques et numériques de solutions prolates

Applications aux coronographes de Lyot et Roddier

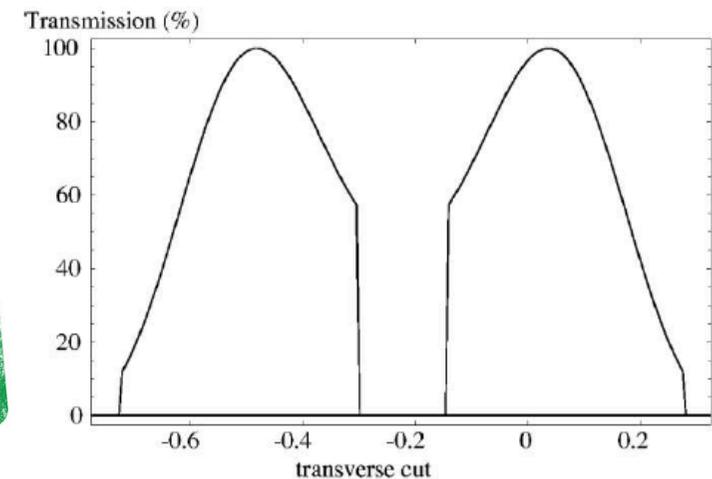
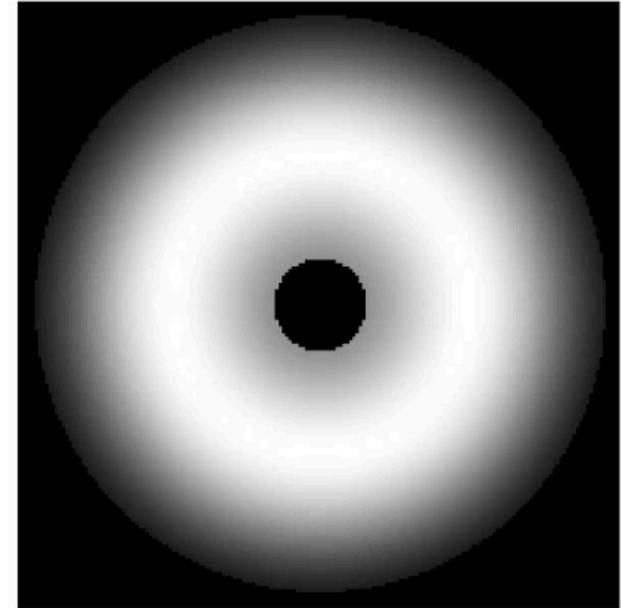
Dual Zone w/ LAM



Soummer, Dohlen, & Aime A&A 2003

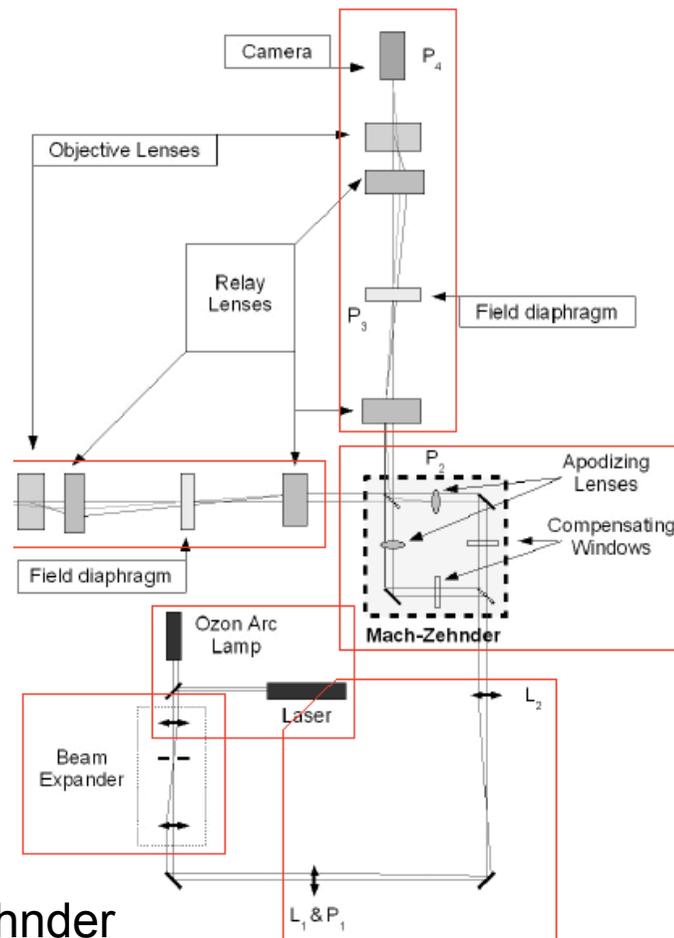


Soummer et al. A&A 2005

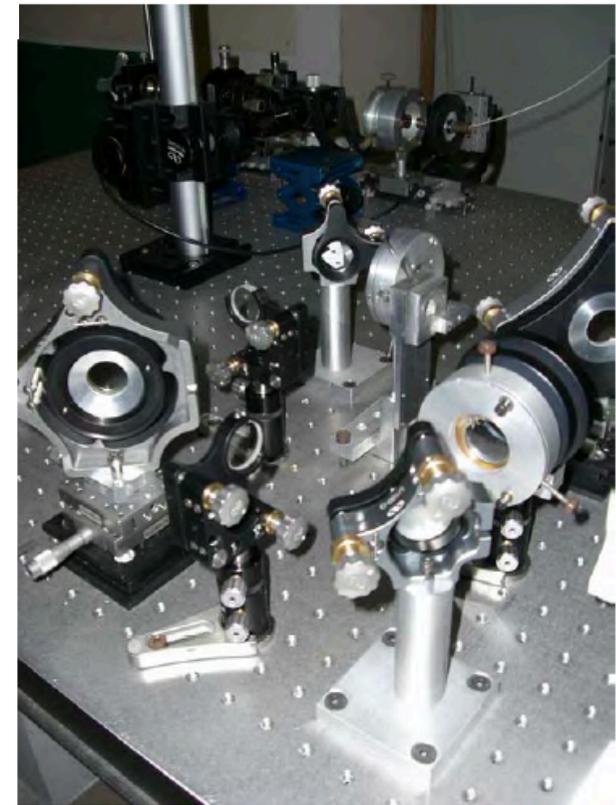


✓ **Apodisation Mach-Zehnder (Carlotti et al.)**  
 [Carlotti, Aime]

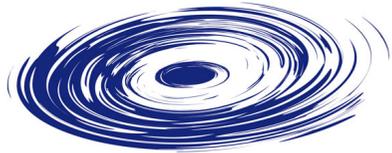
**VALIDÉ**



Banc ITHD Mach-Zehnder



Carlotti et al. 2006-2009

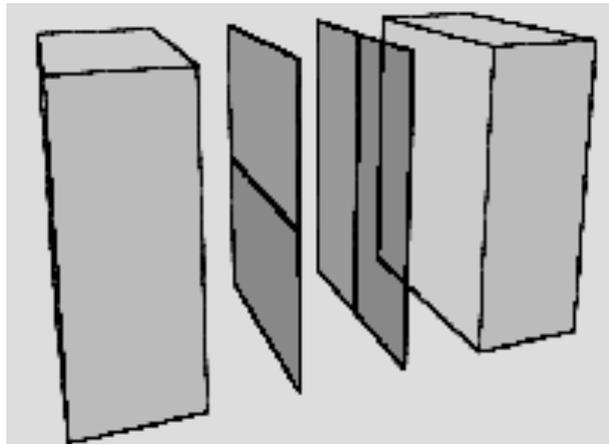


LAGRANGE

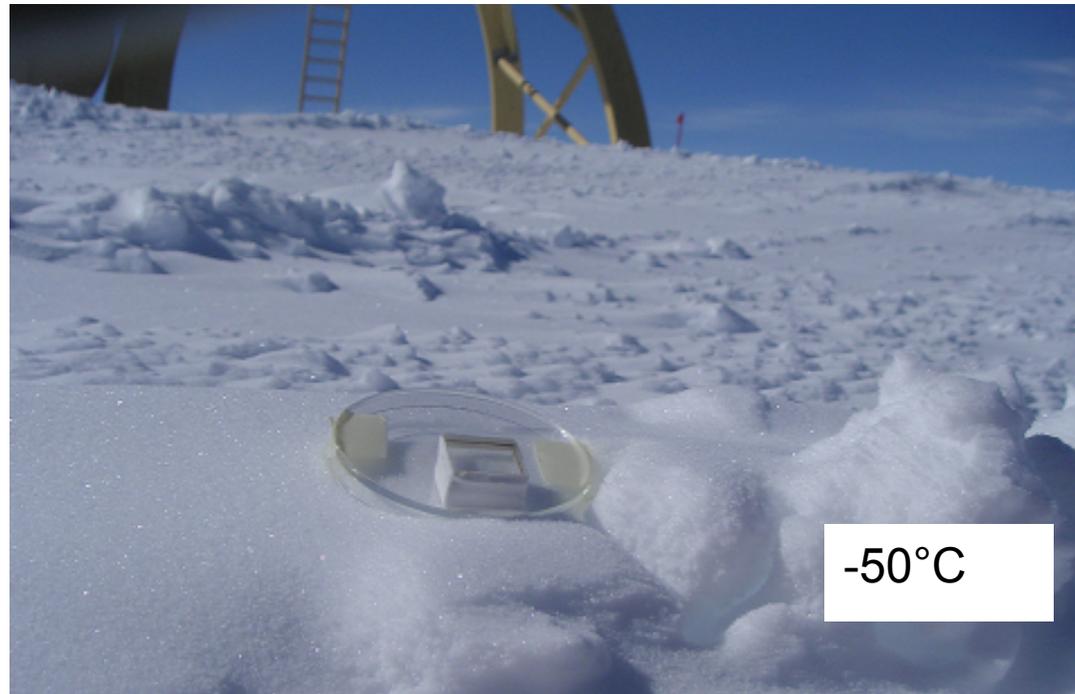
## Activités R&D amont

✓ **PKC** (Abe et al. 2007)

[Abe, Domiciano, Beaulieu, Vakili, Gay, Boccaletti]



**VALIDÉ**



Tests sur ciel dôme C (2005) instrument CORONA



## Activités R&D amont

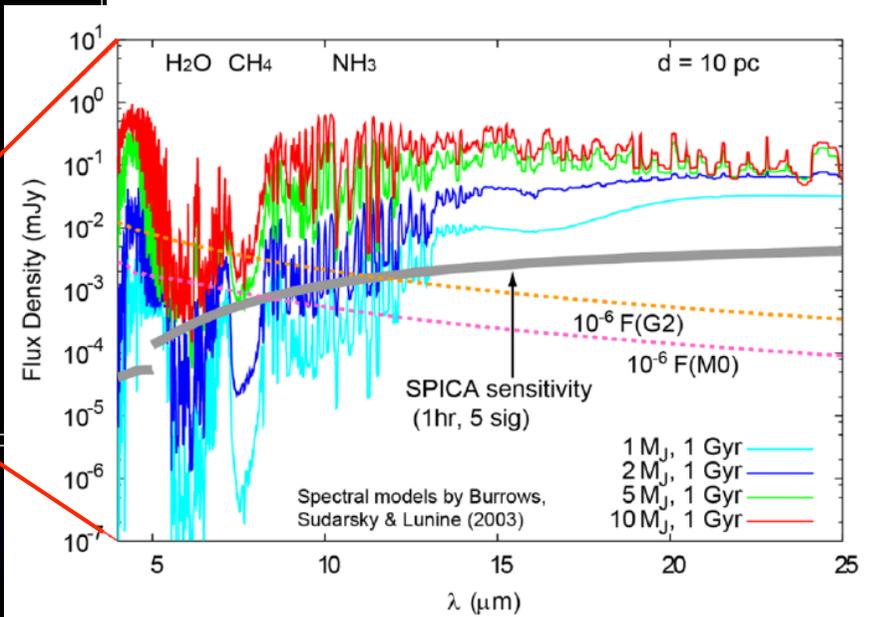
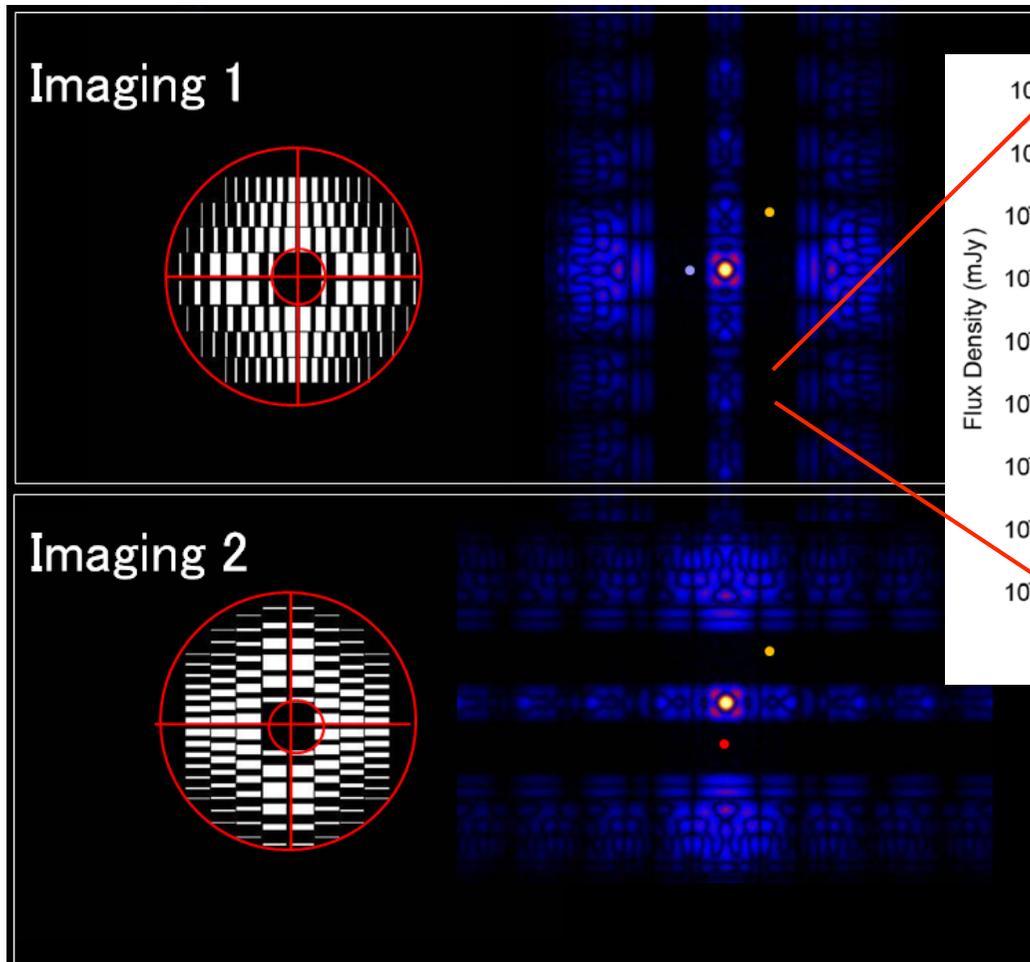
✓ **Banc ITHD** (Abe et al. 2007)

[Abe, Bendjoya, Carbillet, Daban, Douet, Guerri, Robbe-Dubois, Robini, Vakili]

- Banc de test et développement Lyot – 4QPM – PKC – APLC
- Tests sur ciel dôme C (2005) instrument CORONA
- Développement de techniques/réalisations d'apodisation



## ✓ SPICA - Coronagraph Instrument (Enya & Abe)



Masques d'apodisation binaires optimisés

**VALIDÉ**



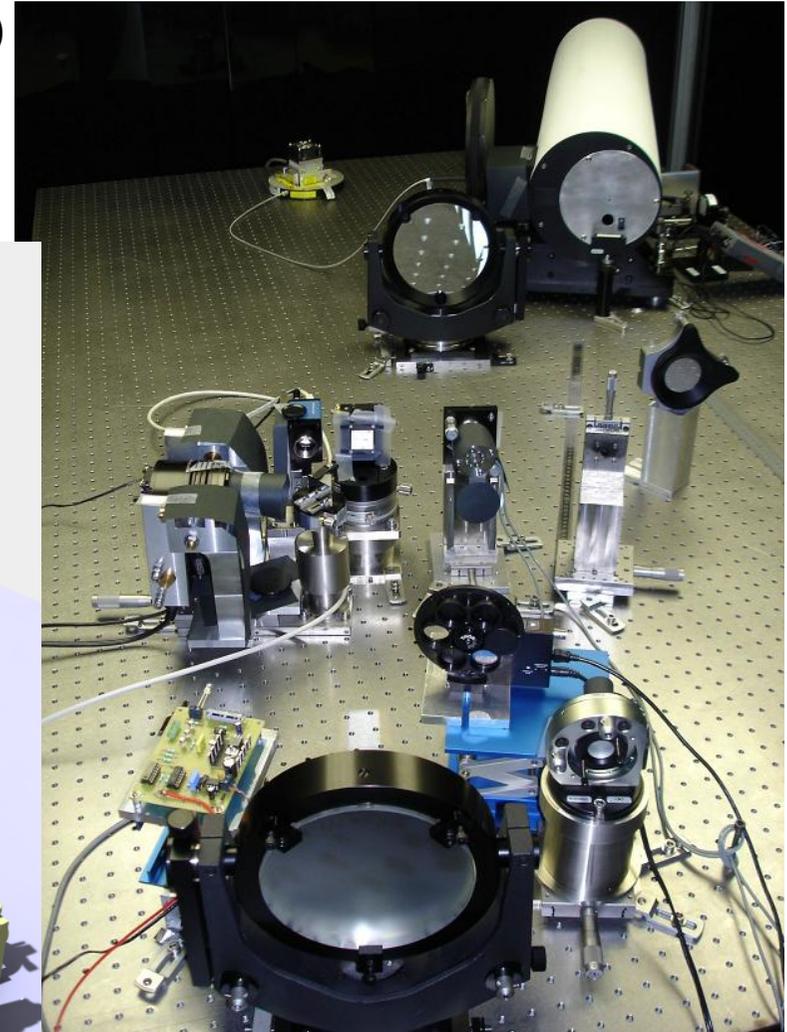
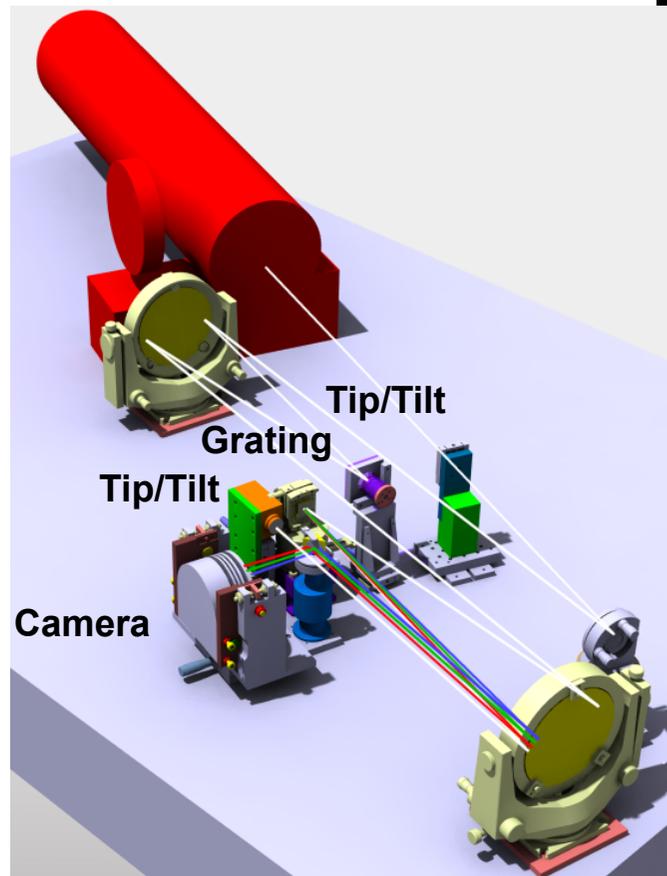
## Activités R&D amont



✓ **Banc de test DIAMS** (pour le télescope SPICA)

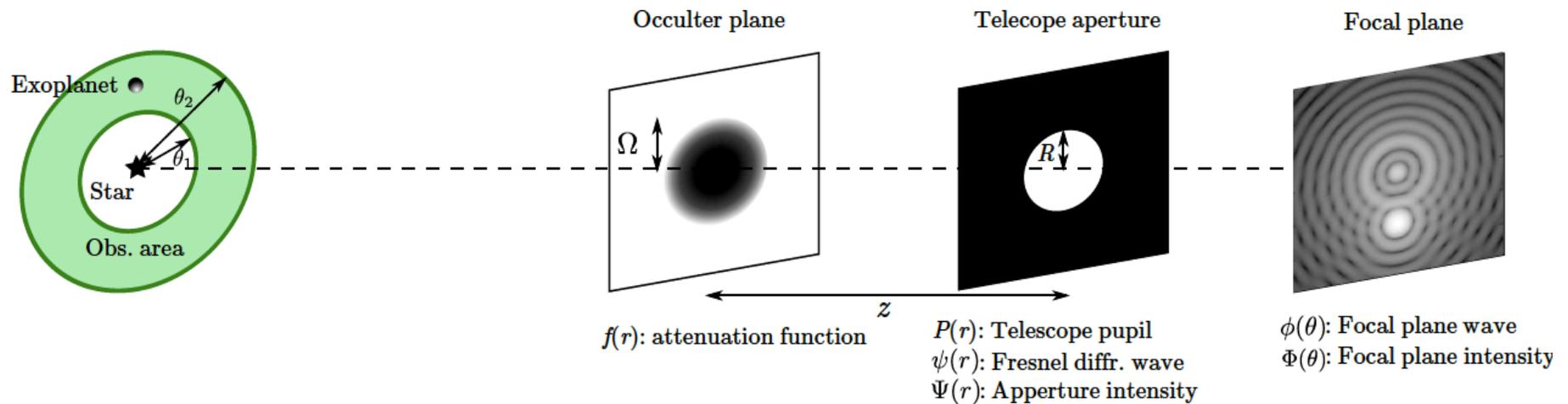
SPICA – Color Differential Astrometry (Abe et al.)  
[Abe, Vannier, Rivet, Marcotto, Petrov, Enya, Kataza]

**VALIDÉ**



✓ **Starshades & coronographes à occulteurs externes (Aime & Flamary)**

Exoplanètes et applications à l'étude du Soleil: projet ASPIICS: coronographe solaire (Aime et al. A&A en prép. w/ ESTEC)



Flamary & Aime A&A 2014

**IN PROGRESS**



## Activités R&D amont

---

✓ **SIA: Stable Imaging for Astronomy** (Abe et al.)  
[Abe, Beaulieu, Ottogalli, Preis, Bresson, Rivet, Vakili]



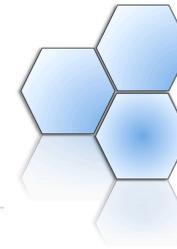
- **Développement instrumental intrinsèquement stable**
- **Compréhension des conséquences pour l'exploitation scientifique**
  - Développement d'outils de métrologie de référence
  - Etude des besoins pour l'instrumentation en laboratoire et sur ciel
  - Caractérisation instrumentale et validation d'outils numériques
  - Prise en compte de la complexité

Exemple:

caractérisation/qualification d'un interféromètre à 3 voies SIOS (Beaulieu et al. 2014 SPIE)



## Activités R&D amont



**SPEED**  
Segmented-Pupil Experiment for Exoplanet Detection

### ✓ **SPEED** (Martinez et al.)

[Martinez, Preis, Gouvret, Dejonghe, Beaulieu, Janin-Potiron, Abe, Spang, Martinache, Fantei, Marcotto]

640k€ (FEDER – OCA – UNS – Lagrange – CNES – PACA – Airbus – ESO)

Kick off (mid-2013) – Etudes (2014-2016) – Intégration (2016-2017) – Exploitation

ITHD @ 1 LD – Phasage & segmentation – Design instrumental ITHD w.r.t Fresnel

Simulateur étoile/planète & ELT (163 segments)

Voie visible (phasage) et proche IR (science)

2 BMMs (34x34) + Miroir Tip/Tilt + LOWFS

PIAACMC

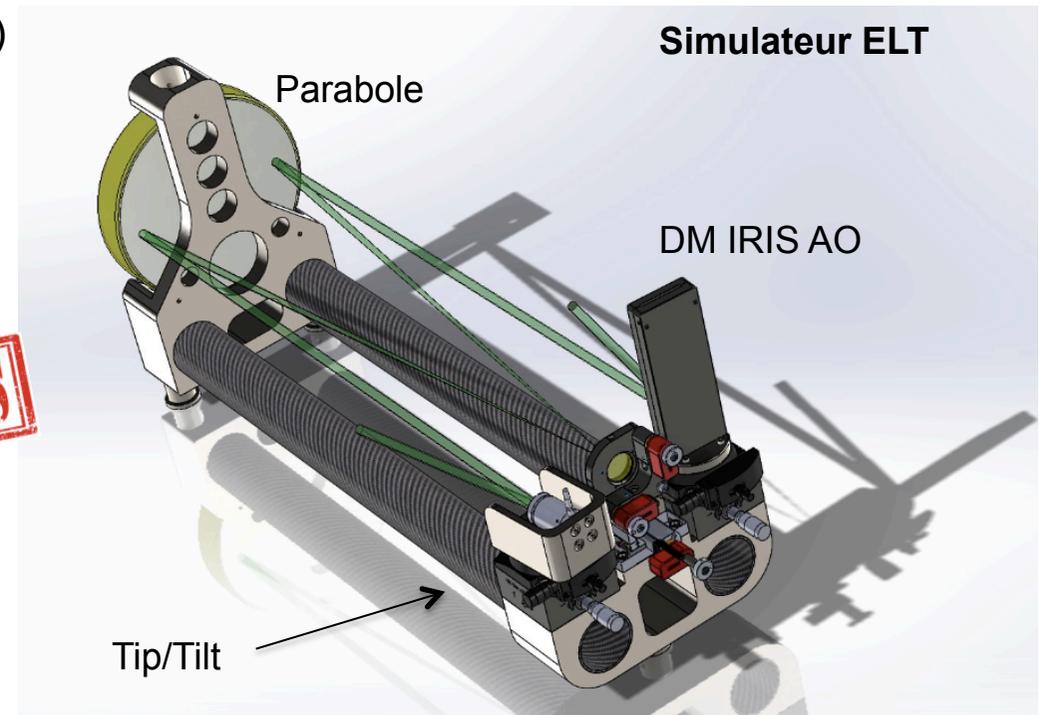
SCC-PS / APFWS / Zernike

Collaborations

- LESIA (SCC-PS – Fresnel/Talbot)
- O. Guyon (PIAACMC)
- LAM (ZELDA)

2 thèses en cours [2014-2017]

**IN PROGRESS**





# Activités R&D amont

✓ **KERNEL** (Martinache)

[ERC #683029, 1.7 M€] Période 2016 – 2020 incluant 4 thèses + 5 ans de Postdoc

Adaptation de méthodes interférométriques à l'interprétation d'image classiques corrigées par AO

Deux familles d'applications pour l'ITHD

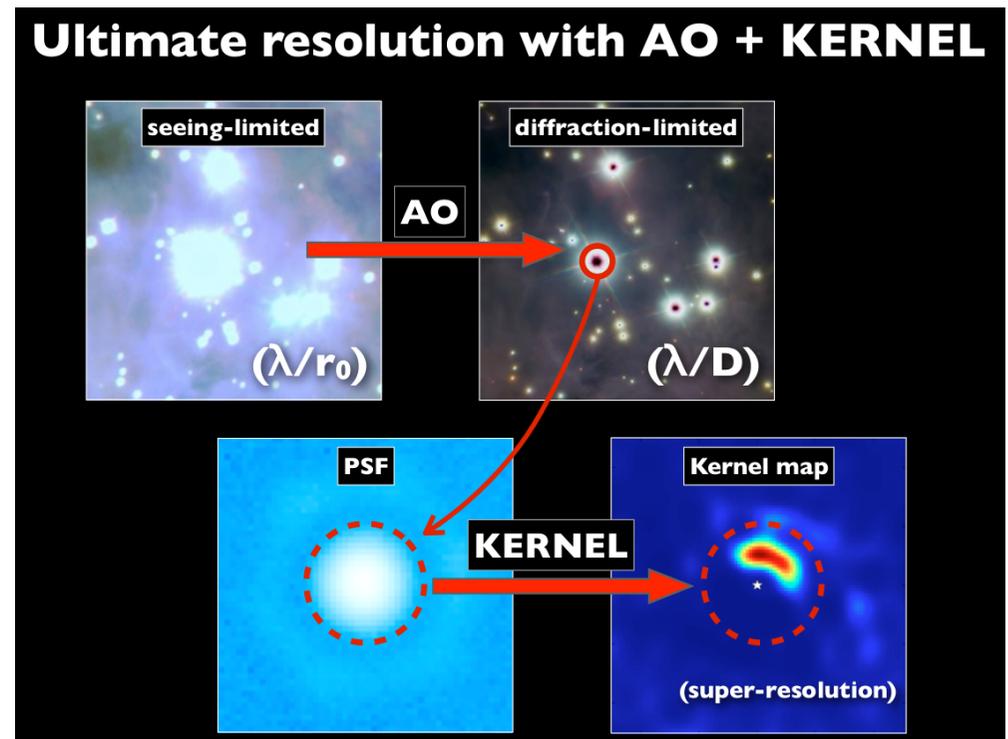
✓ ASO plan focale  
(EIGEN PHASES)

✓ Exploitation scientifique  
(KERNEL-PHASES)

Compatible ouvertures segmentées

**IN PROGRESS**

Ker-phase image de LkCa 15 b  
bande M (Keck/NIRC2)



## ✓ **VLT/SPHERE** (Co-I)

- Développement de l'APLC (proche IR)

[Abe, Bendjoya, Carbillet, Daban, Douet, Gouvret, Guerri, Robbe-Dubois]

Simulations – Développement opto-mécanique - tests en laboratoire

- Responsabilité groupe « Other Science »

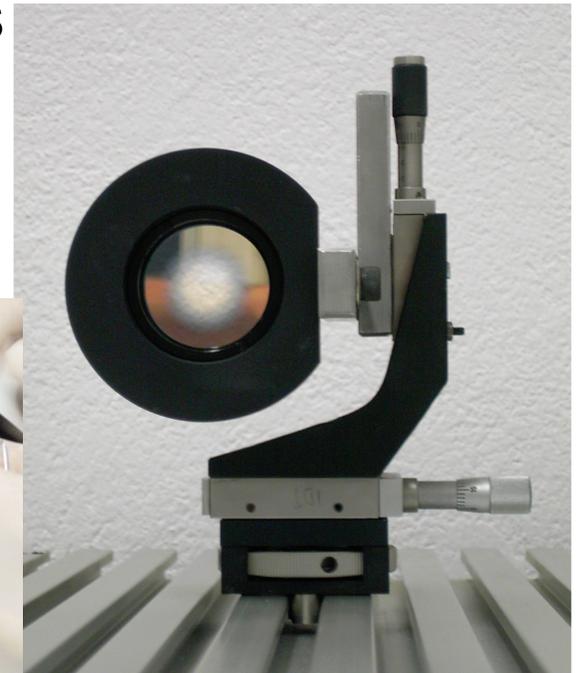
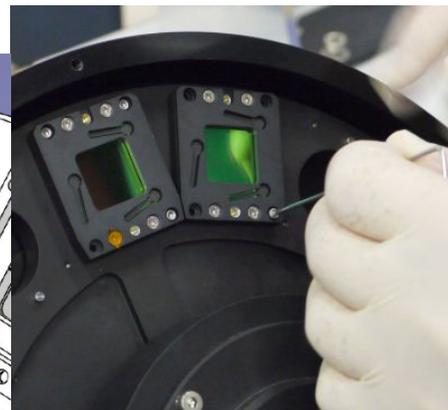
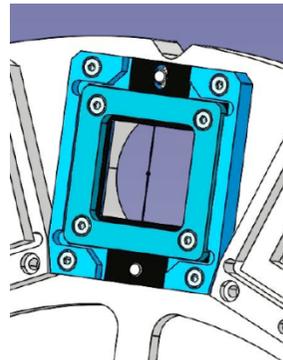
[Lagadec, Bendjoya, Carbillet, Chesneau, Domiciano, Khorrami, Lopez, Mary, Niccolini, Vakili]

- Participation au Data Reduction & Handling (DRH) d'IRDIS

[Ferrari, Smith, Carbillet]

- Développement du simulateur global CAOS/SPHERE

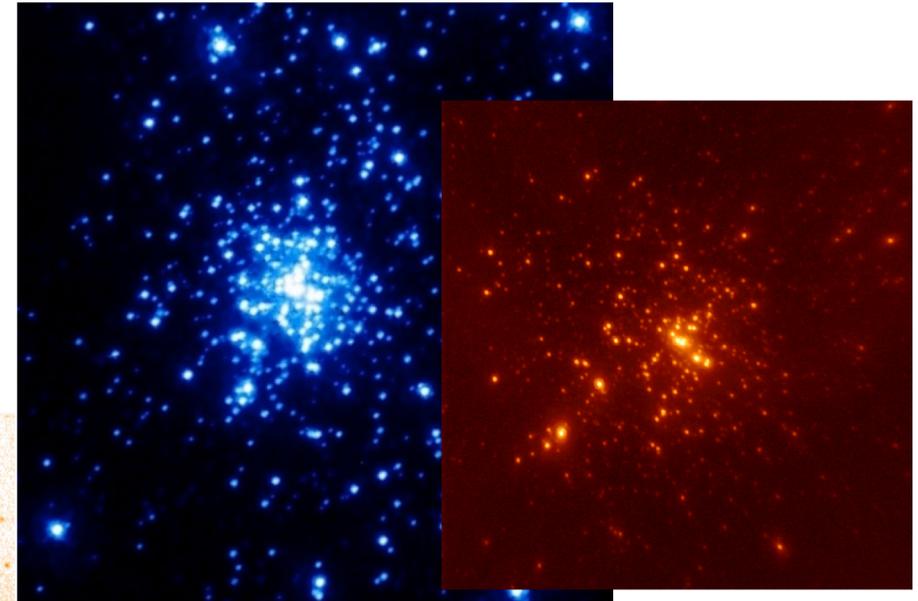
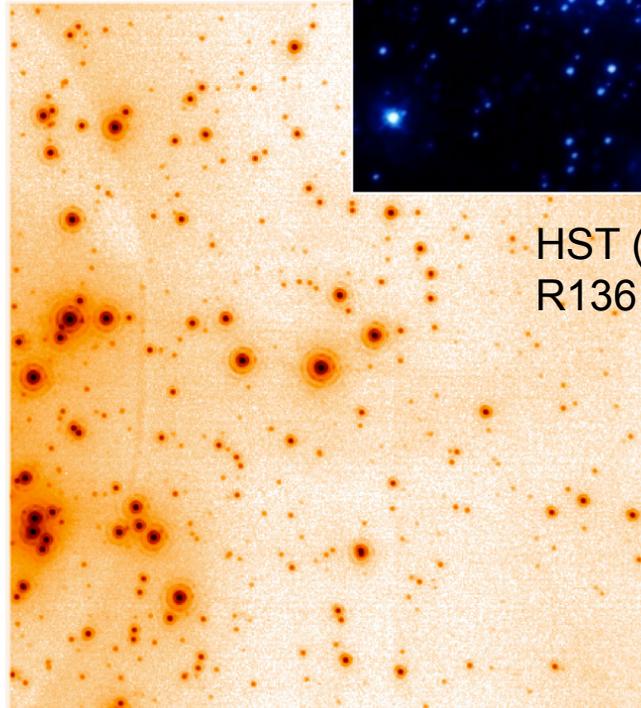
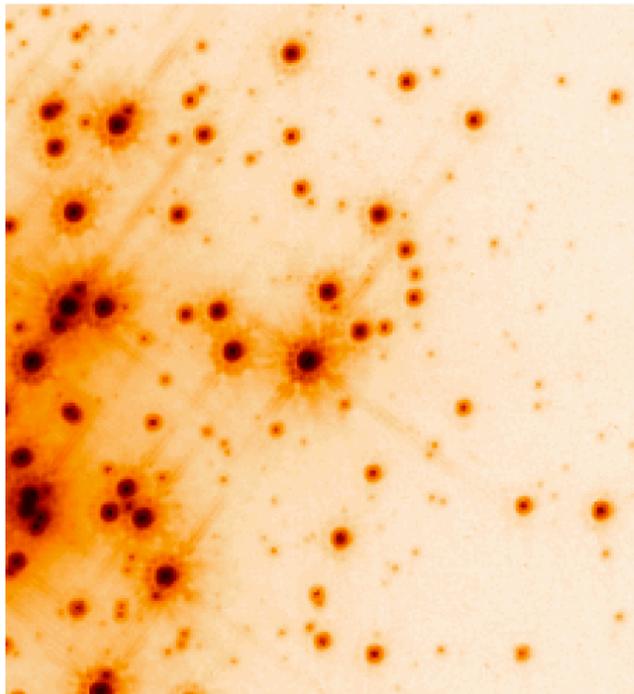
[Carbillet]



✓ **VLT/SPHERE – Other Science**

[Khorrami, Vakili, Lagadec, Lanz, Abe, Carbillet]

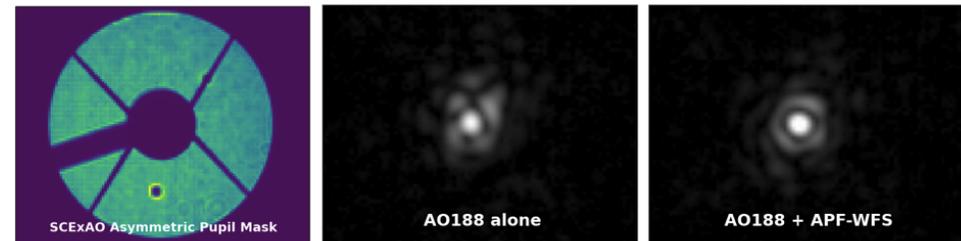
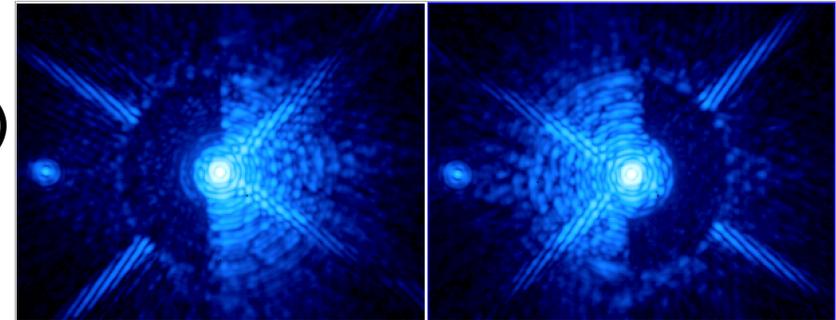
HST (visible) vs. SPHERE @ 2.2um  
NGC3603 – Khorrami A&AL 2015



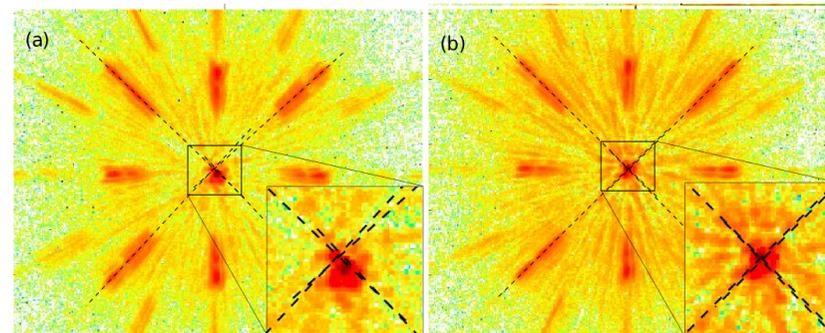
HST (visible) vs. SPHERE @ 2.2um  
R136 cluster – Khorrami 2015

✓ **SCEXAO (NAOJ & U. Arizona – Guyon PI)**  
[Martinache]

- Contrôle/diagnostic focal de l'instrument ITHD
  - NCPA (APF-WFS)
  - Modulation temporelle des *speckles*



- Utilisation des « répliques hors axe adaptative »
  - alignement et astrométrie
  - contrôle boucle fermée de l'ADC
  - ASO plan focal coronagraphique
  - *Post-processing* KERNEL



✓ **EPICS phase A / ELT-PCS**  
[Martinez, Abe]

Lagrange Co-I instrument ELT-PCS / Participation Phase A 2007-2010



## Projets instrumentaux en cours

✓ **HiPIC-CIAO @ C2PU** (Martinache et al.)  
[Martinache, Abe, Carbillet, Aristidi, Folcher, Rivet]

Système AO au foyer coudé de **C2PU-E** (1m)

- Recherche (AO grand champ – DSI)
- Formation universitaire

Equivalent XAO en bande H pour  $R > 8$  (simulations)

Installation prévue en automne 2016  
Caméra Ixon3 et DM97 ALPAO

Coût projet: 150k€

Plateforme de validation sur ciel idéale pour l'ITHD

- composants: masques, coronographes, *nuller*
- techniques: injection, contrôle, *post-processing*



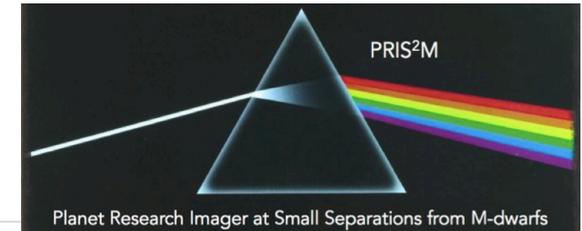
NGC 7331

**C2PU**: Abe, Bendjoya et al.





## Projet en réflexion

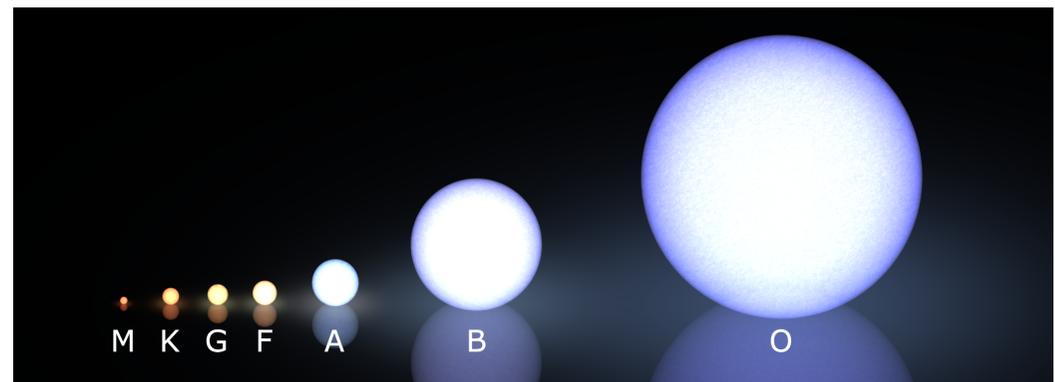


### ✓ **PRIS<sup>2</sup>M** (Planet Research Imager at Small Separations from M-dwarfs)

Projet d'instrument ITHD à très faibles séparations angulaires

Opportunité à moyen terme pour exploiter l'expertise acquise (SPEED, KERNEL, CIAO)

- Instrument pour télescope type 8-m à double visé
  - ✓ banc de test sur ciel
  - ✓ exploitation scientifiques
  
- Instrument pour l'E-ELT (éventuel port visiteur libre)
  - ✓ Ouvrir la voie pour l'instrument ELT-PCS
  - ✓ Instrument ITHD précurseur (pré-PCS)





# Synthèse prospective

---

- ✓ Importance du diagnostique du front d'onde depuis la caméra scientifique (SPHERE – SCExAO)
  
- ✓ Complexité des télescopes
  - Pupille complexe à venir (ELTs, AFTA-WFIRST, LUVOIR, etc.)
  - Segments manquants et impact résidus multiples (co-phasage, XAO)
  - Résolution de l'étoile (ELTs)
  
- ✓ SPEED et KERNEL: orientés vers les très faibles séparations angulaires
  - Gain naturel prochain en résolution angulaire avec l'E-ELT
  - Amener le haut contraste aux faibles séparations angulaires sur les télescopes actuels
  
- ✓ CIAO: plateforme de validation sur ciel (composants et techniques)
  
- ✓ PRIS<sup>2</sup>M: ASO NIR – PIAACMC – contrôle à double DM – diagnostic plan focal – stabilité – [phasage]
  
- ✓ Expertise applicables aux futurs télescopes spatiaux  
ASO, co-phasage, stabilité, contrôle double DM, etc.



# Synthèse prospective

---

## Collaborations/soutiens en cours

- LESIA (SPEED: SCC-PS & Fresnel/Talbot)
- NAOJ & U. Arizona (SCExAO, SPEED: PIAACMC)
- LAM (SPEED: ZELDA)
- Airbus Defence and Space (SPEED: co-financement thèse + région PACA)
- ESO (SPEED: détecteur Hawaii)
- ETH Zurich (SPHERE: Other Science)
- ESTEC (ASPIICS)
- CNES (SPEED: R&T PIAACMC)