

Action Spécifique Haute Résolution Angulaire

Bilan (2015-2020) et Prospective (2020-2025)

CS 2015-2020 : Pierre Baudoz, Jean-Philippe Berger, Philippe Bério, Gilles Duvert, Eric Gendron, Emmanuel Hugot, Frantz Martinache, David Mary, Vincent Michau puis Jean-Marc Conan, Florentin Millour, **David Mouillet** (directeur), Benoit Neichel, Eric Thiébaud

2020-2025 : proposition de renouvellement, avec la direction par **Frantz Martinache**
CS à renouveler pour une large partie

- **HRA en France : de quoi parle-t-on ?**
 - Périmètre
 - Communauté
 - Identité
- **Faits marquants et enjeux du domaine**
 - par thématiques
- **La structure ASHRA**
 - Rôle
 - Soutien de fonctionnement
 - Proposition de renouvellement

L'ASHRA dans les grandes lignes

“La maîtrise du front d'onde pour atteindre la limite de résolution.”

vision de 2015...

- Thématiques HRA
 - Interférométrie optique (~1980), speckle ~ 1970
 - Optique adaptative (~1990)
 - Haut contraste (~2000)
 - Traitement du signal (~2010)
- Recherche (concepts) □ R&D □ instruments □ exploitation
- Coordination toujours plus nécessaire
 - spécialisation dans chaque thématique
 - instruments / enjeux toujours plus grands
- Evolution des "urgences"
 - Interférométrie (VLTI, PNHRA) □ optique adaptative (E-ELT)

L'ASHRA dans les grandes lignes

“La maîtrise du front d'onde *pour atteindre la limite de résolution.*”

- Thématiques HRA

fusion

- Interférométrie optique (~1980), speckle ~ 1970
- Optique adaptative (~1990)
- Haut contraste (~2000)
- Traitement du signal (~2010)

vision de 2015... toujours valide dans ses principes
avec une évolution dans la « fusion » des concepts
dans les « urgences » et perspectives

- Recherche (concepts) □ R&D □ instruments □ exploitation

- Coordination toujours plus nécessaire

- **spécialisation** dans chaque thématique, dans les implémentations et modes observationnels, fusion dans les analyses de concepts !
- instruments / enjeux toujours plus grands

- Evolution des "urgences"

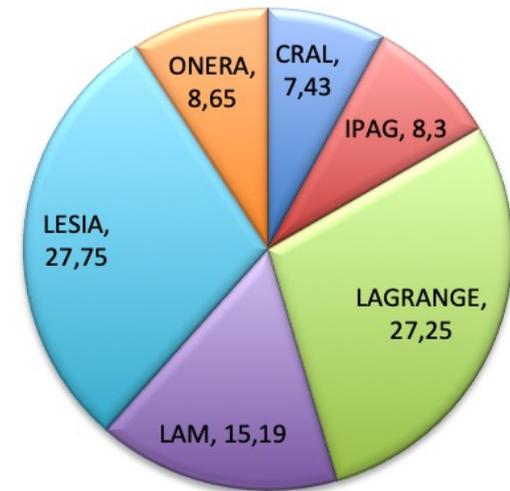
- Interférométrie (VLTI, PNHRA) □ optique adaptative (E-ELT)

□ **ouvrir** vers une communauté vaste, modes observationnels optimisés (pour les objectifs astro, pour les données disponibles), vers des infrastructures permettant l'accès aux sources faibles (et le grand champ), vers le spatial, et les enrichissements inter-disciplinaires

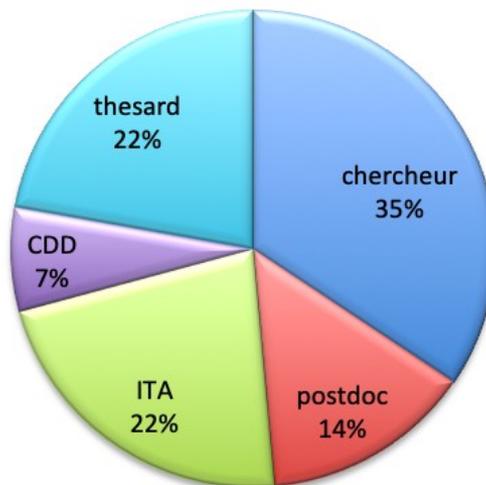
- communauté significative en France
 - 200 personnes, 90 ETP
- active et reconnue à l'international
 - 60 thèses
 - impliquées sur la R&D internationale
 - et les projets
- qui se connaît bien

Communauté

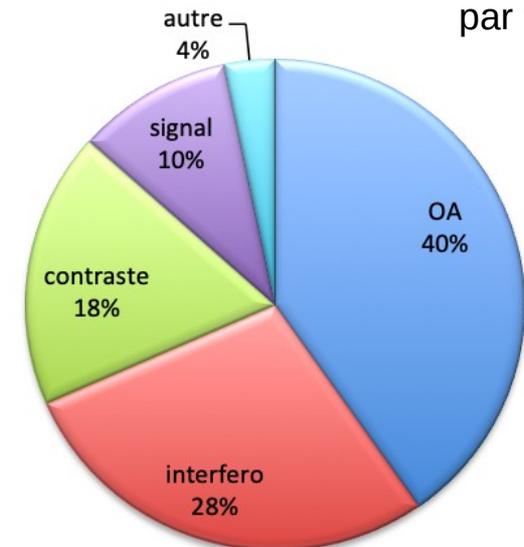
Répartition des ETP par institut



Répartition des acteurs par statut



par thème



«La maîtrise du front d'onde »

dans la physique et la méthodologie

Physique

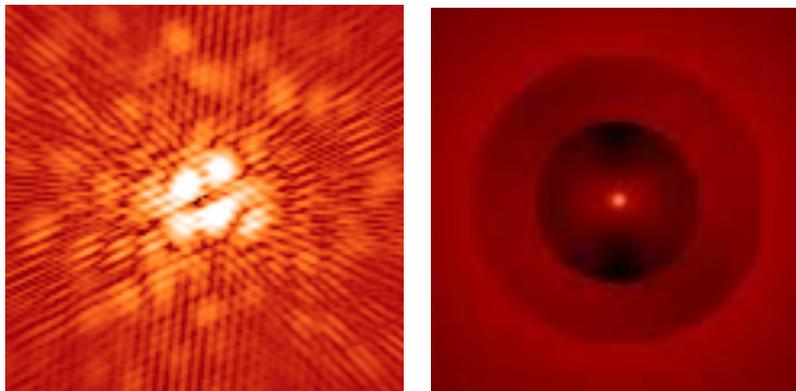
maîtrise du front d'onde = collecter – cohérencer – cophaser – analyser – détecter

- sur quelques points éloignés : **interférométrie**
- en continu sur une pupille : **optique adaptative**
- avec une précision poussée : **contraste**
- demandant les **sciences des données** autant pour la (co-)conception du système que l'exploitation a posteriori des données

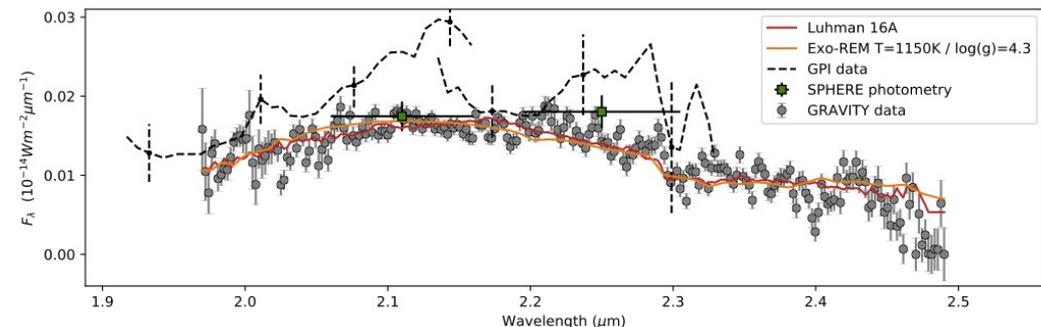
Méthodologie

- veille technologique et réflexion sur les concepts amonts !
- analyse « système » : interaction forte avec les objectifs astro et les possibilités, analyse des limitations pour les choix ou remise en cause des concepts
- étude – démonstration (numérique, labo, ciel) – opération pour la communauté

De (plus en plus nombreux) développements en lien étroit
entre **interférométrie** -- **OA** – **contraste** – **sciences des données**
entre sol et espace (pour et hors astro !)

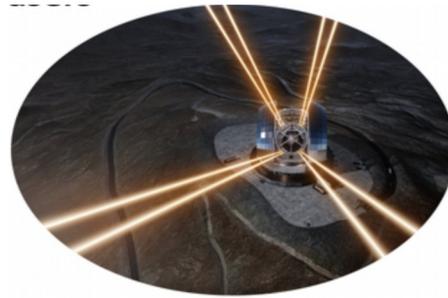


David Mouillet

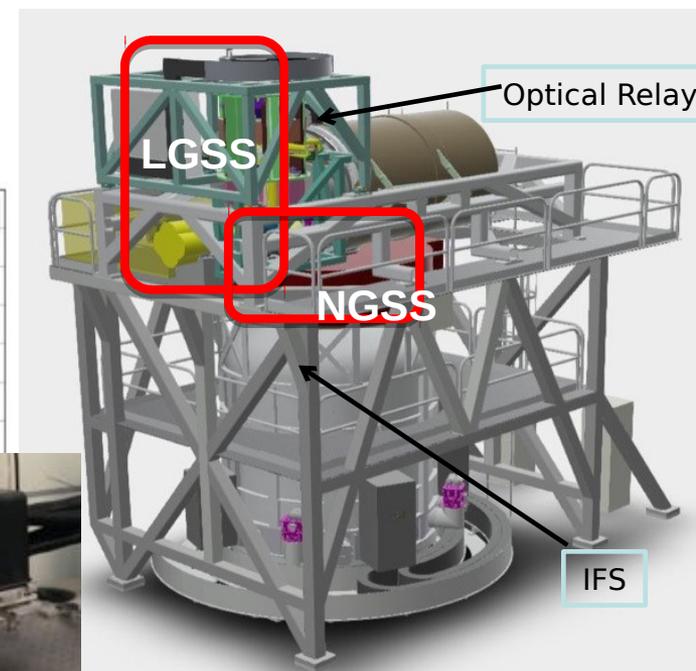
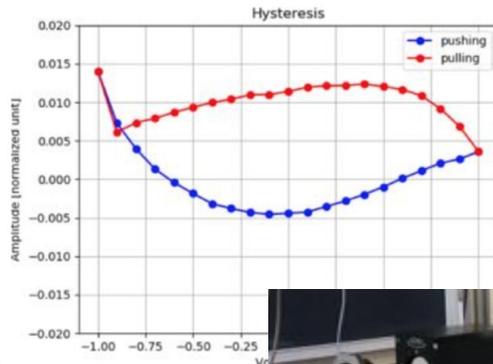
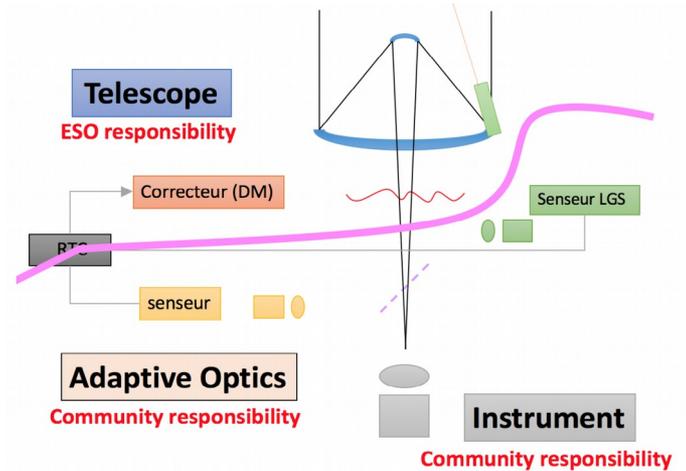


Optique Adaptative

L'ELT un enjeu majeur



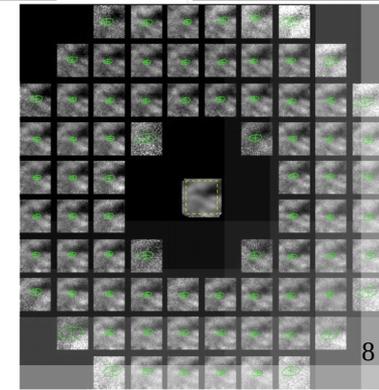
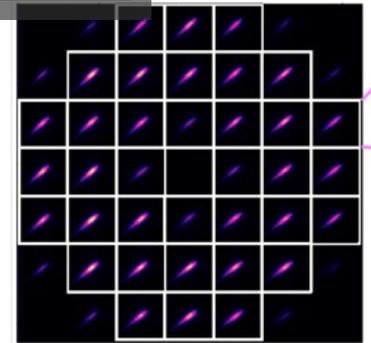
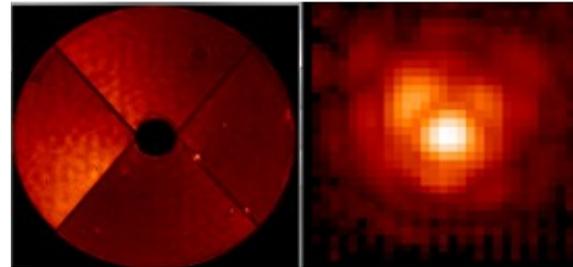
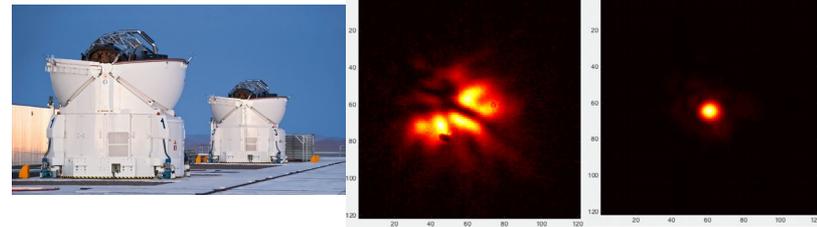
- Un défi important et qualitativement nouveau
- Implication française forte
- Une consolidation en cours !
 - **organisation** (dont liens inter-projets et INSU)
 - analyse des nouveaux défis et choix correspondants : fondé sur expérience de réalisation **et R&D**
 - livrables, vérification
- D'ici 2025 : réalisation !
 - et gestion des difficultés
 - enjeu sur AIT
 - analyse des limites, expérience
 - articulation sur les projets suivants



Optique Adaptative

mais pas QUE l'ELT !

- une généralisation et diversification des utilisations OA
 - sur de nombreux télescopes
 - des modes observationnels élargis
 - vers le ciel faible, et le grand champ
 - vers des précisions de mesure accrues
 - lien **sol – espace** !
 - liens hors astro
- Renouvellement des outils, savoirs-faire et des concepts
 - composants et technologies : dans un contexte international et industriel important
 - concepts : mesure, contrôle, échelles de temps
 - lien croissant avec les sciences de données



Interférométrie

Des succès sur les infrastructures existantes

- VLT : **GRAVITY** et **MATISSE** !

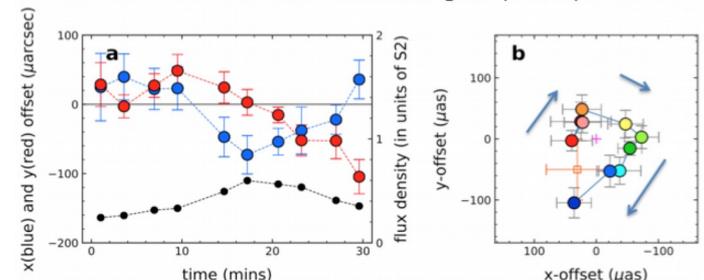
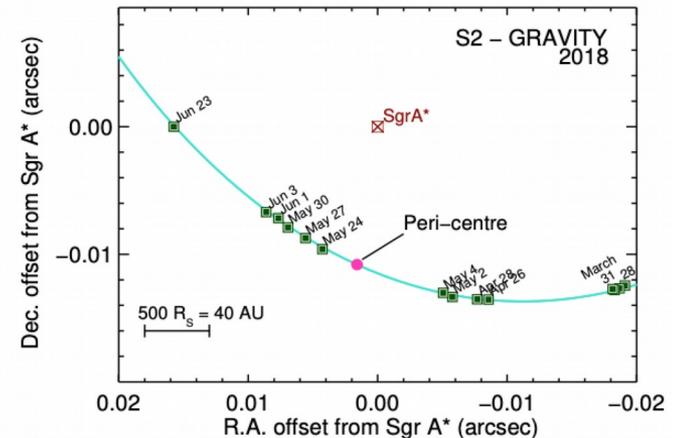
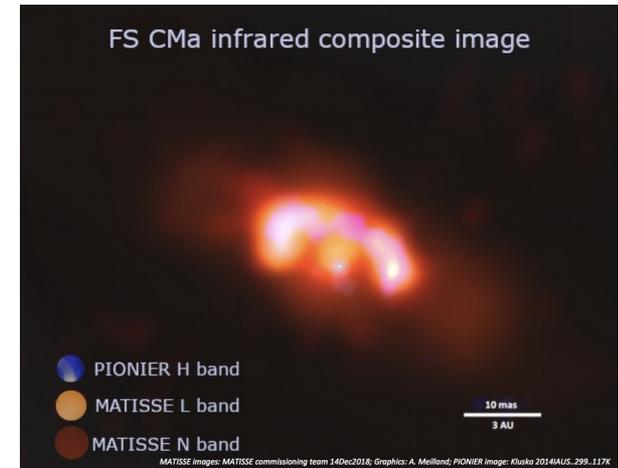
- en opération
- un lien fort avec les motivations scientifiques
- des modes observationnels variés et croissants
- analyse critique et retour d'expérience fondateur de propositions futures

- CHARA : lien complémentaire et productif US – France

- imagerie 6T **en infrarouge**, vers une augmentation de la sensibilité
- et **le visible** ! (CHARA/SPICA)

- avec un enjeu **vers une communauté large**

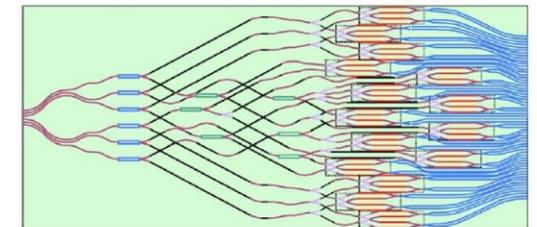
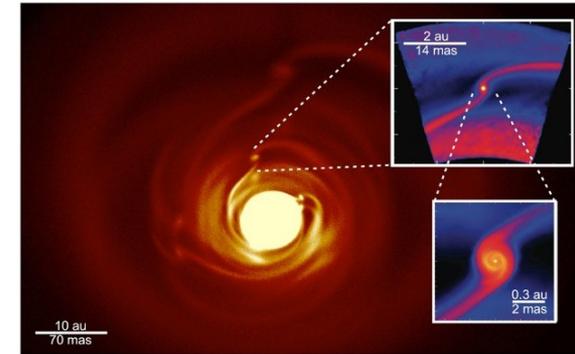
- formation et communication en général
- rôle structurant du **JMMC** (PTN, services MOIO, SUV)
- des outils nouveaux et accessibles
- contexte international



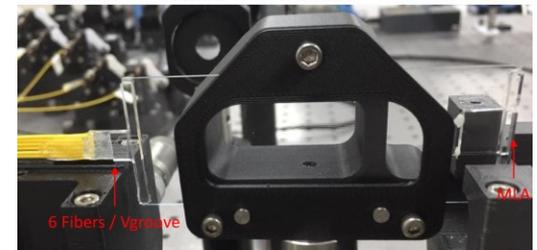
Interférométrie

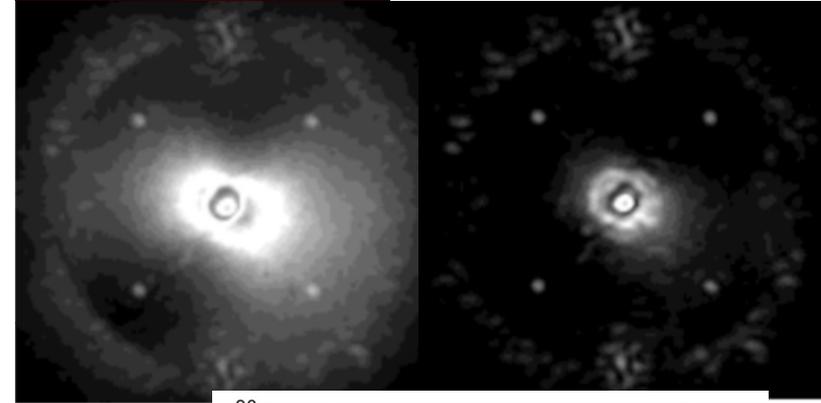
Des succès... fondateur de propositions futures

- une réflexion de fond sur les infrastructures futures !?
 - concertation internationale 'PFI'
 - le spatial : des éléments de contexte nouveaux !
- Une R&D ambitieuse pertinente et nécessaire
(hétérodyne, interférométrie d'intensité, codage optimal, conversion de fréquence, réductions de coûts, fonctions photoniques,...)
- Des démonstrations et exploitations scientifiques nouvelles sur VLTI+ et CHARA
 - vers les sources faibles
 - des mesures plus précises
 - des mode observationnels plus vastes, en réponse aux besoins astro

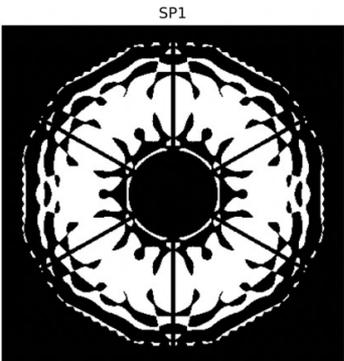
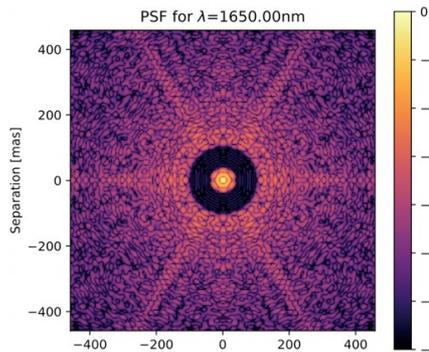
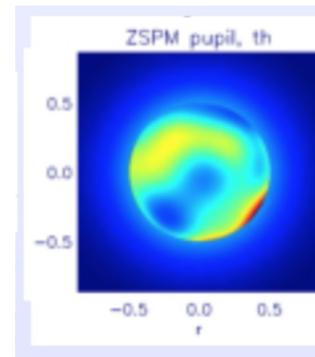
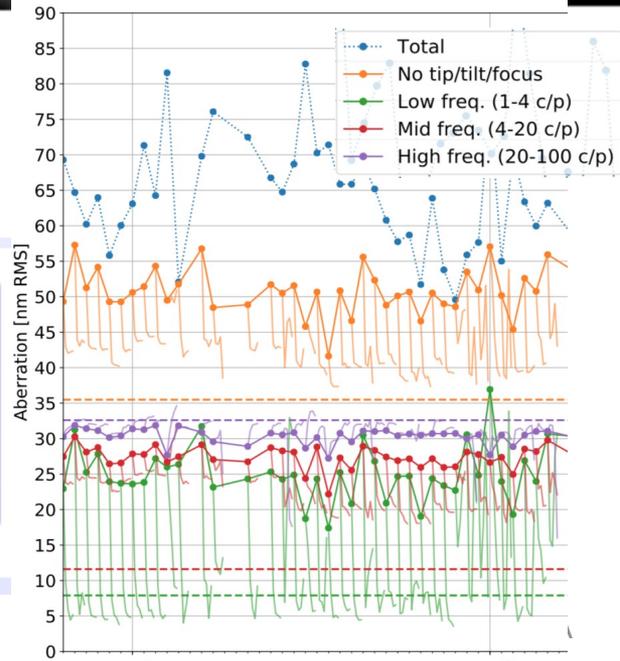


— Straight waveguides — Curved waveguides — Output waveguides
 — Phase shifter — Y junction — 60/40 coupler — 66/33 coupler



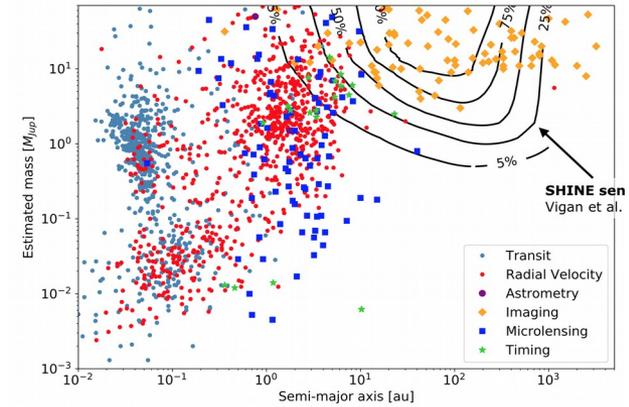


- Optimisation et retour d'expérience d'instrument dédié au grand contraste
 - sur les résultats astro !
 - sciences des données : connaissance de l'instrument – étalonnage – a posteriori
 - lieu d'exploration : mesures plan focal, turbulence interne, « dark-hole »
- Mise en place de modes haut-contraste sur les instruments ELT !
 - pertinents scientifiquement
 - réalisables (avec les technos et savoirs-faire maîtrisés maintenant)
 - porteurs/indispensables pour les projets futurs

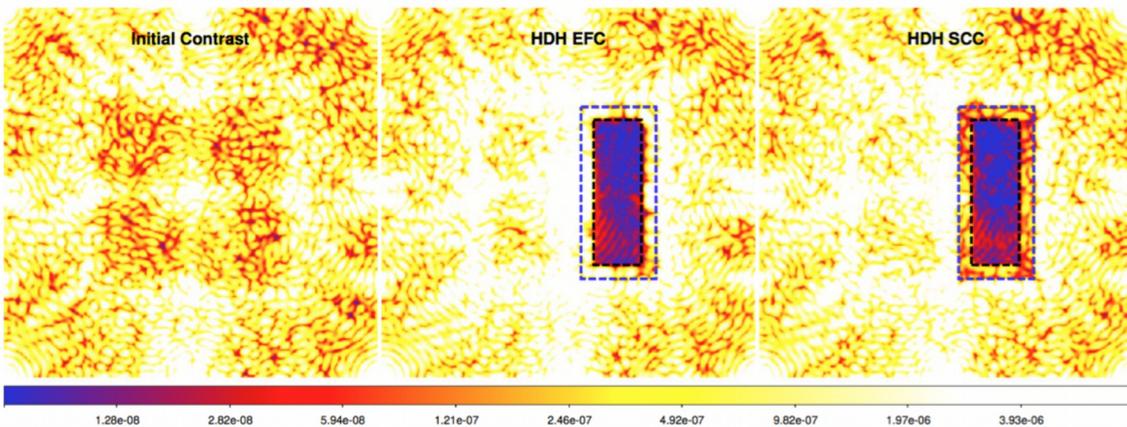
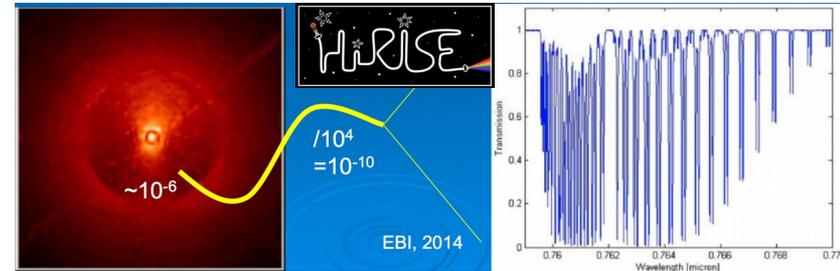


David Mouillet

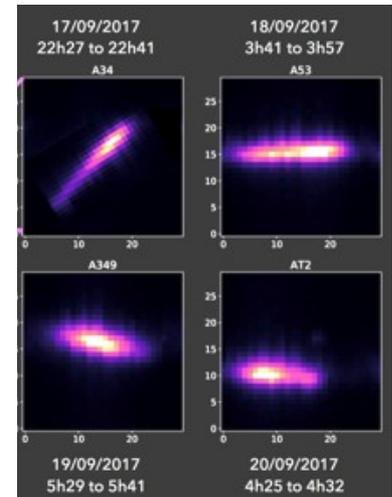
Contraste



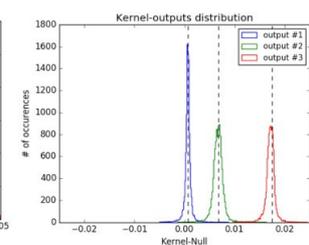
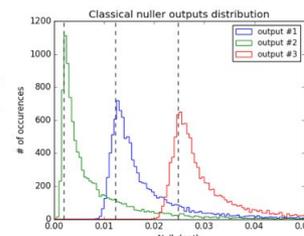
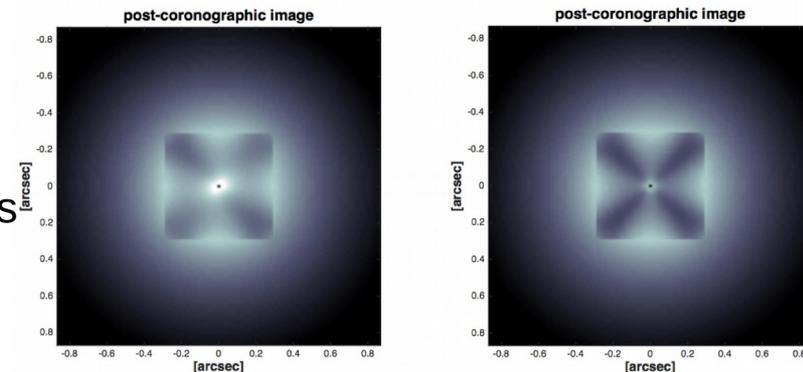
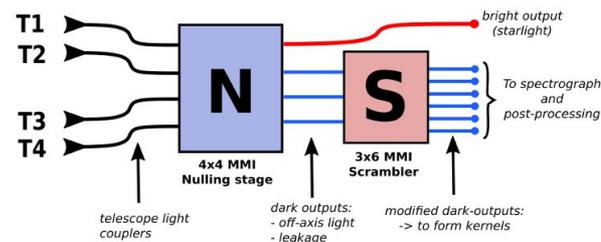
- Des objectifs scientifiques majeurs
 - très ambitieux (sol et espace) à long terme
 - pavés d'étapes intermédiaires motivantes
- Des concepts nouveaux à tester sur ciel, ou à ré-inventer !
- Une R&D pour les très hautes performances (y compris pour conditions spatiales)



- Éléments généraux importants:
 - un positionnement français important avec des collaborations fortes entre labos ! (eg MUSE)
 - une amélioration de liens inter-disciplinaires
 - un soutien important de formation – communication (écoles, formation initiale, annonces, échanges)
 - inclut mais bien plus vaste que la question de « big-data » ou « IA »
 - intimement lié aux thèmes précédents



- Essentiel **dès la conception** de l'instrument
 - ajuster les spécifications, besoins d'étalonnage, les propriétés de données
 - et même sur le principe propre de l'instrument
 - et les opérations en temps réel



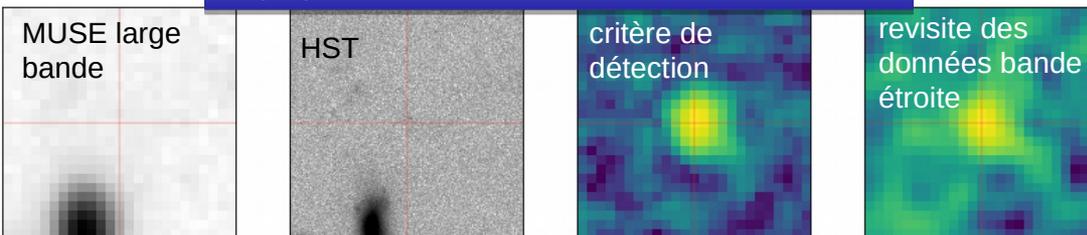
Sciences des Données

- et vers l'exploitation de données

- pour une communauté large et non spécialiste et/ou dans des applications de grands relevés (outils robustes, performants, faiblement supervisés)
- en tirant profit de tous les avantages possibles (en particulier dans des approches problèmes inverses) dont
 - connaissances a priori sur l'instrument, ou l'objet d'étude
 - l'ensemble des données (big data, traitements conjoints, questions de fusion de données, auto-calibration, supervisée ou non)
- en s'adaptant à la spécificité des informations cherchées
 - pas nécessairement de 'belles' images comme produit intermédiaire : des données brutes à la détection ou caractérisation
 - en incluant les questions statistiques de complétude, faux positifs, propagation et corrélation du bruit



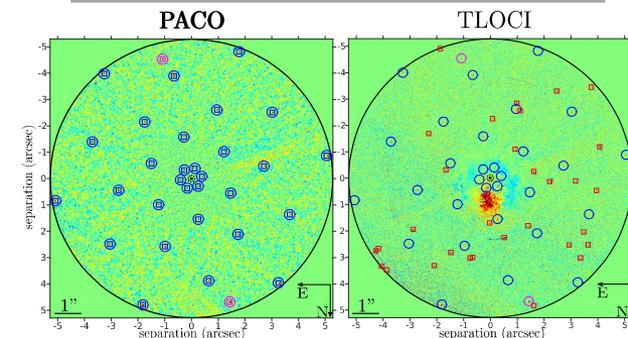
Approche statistique de la détection, impliquant la fusion de données HST et MUSE



David Mouillet

CSAA — 10 juin 2020

auto-estimation des corrélations dans imagerie grand contraste



Rôle et Analyse

- soutien de fonctionnement à la communauté :
 - ~ 100 k€ / an (INSU + CNES)
 - différents des coûts de gros projets ou ouvertures de pistes R&T
 - mais brique essentielle (non couverte) pour :
 - soutien de ce domaine de recherche : conférences, collaborations
 - valeur ajoutée d'animation : écoles, ateliers
 - actions incitatives sur des expérimentations/démonstrations : « rupture »
- une articulation avec l'INSU et les PNs
 - expertise (CSAA, comités de suivi)

Rôle et Analyse

- un rôle/positionnement à bien ajuster :
 - un rôle non décisionnel, mais tout de même constructif
 - des échanges pour cohérencer et enrichir mais pas uniformiser
 - une stratégie pour avancer et non pour enfermer
 - des points de vue critiques, et constructifs
- des réflexions générales communes :
 - positionnement dans le paysage programmatique et stratégie de R&D
 - rôle du CS, avec-pour-vers la communauté
- des dossiers spécifiques
 - positionnement et discussions inter-projets
 - visibilité à l'extérieur
 - communication dans la communauté

Proposition de renouvellement

voir proposition de mandat (JPB)

- dans la continuité
 - motivation ré-évaluée et renouvelée pour la structure
 - sur les objectifs et le périmètre
 - dans le même esprit
- des éléments de contexte et d'enjeu **en évolution** (voir la discussion précédente par thématique)
- réflexions soutenues ou croissantes sur :
 - de réflexions **croisées inter-thématiques, porteuses des concepts les plus novateurs**
 - **R&D et réalisation**, dans un cadre de priorités stratégiques disciplinaire (lien INSU , PNs)
 - **lien sol – espace croissant**, avec des opportunités importantes en France
 - **liens hors HRA** : □ et □
 - d'autres domaines astro, non HRA (méthodes, moyens, savoir-faire)
 - dans l'INSU : sciences de la Terre
 - avec l'industrie ; veille technologique
 - recherche inter-disciplinaire : communauté physique, sciences des données