



SPHERE

Chasseur d'Exoplanètes

ENJEUX SCIENTIFIQUES DE SPHERE

SPHERE permettra de détecter en imagerie directe des exoplanètes gazeuses autour d'étoiles proches du Soleil (jusqu'à 300 années-lumière) avec une finesse et un contraste inégalés.

Il s'agit de détecter le signal d'une planète jusqu'à **un million de fois plus faible que son étoile hôte**, soit un gain de plusieurs ordres de grandeur par rapport à l'instrumentation existante.

Pour faire une analogie : cela revient à observer, en étant à Paris, la lumière d'une bougie à 50 cm d'un phare situé à Marseille.

L'existence de plus d'un millier de planètes en orbite autour d'étoiles autres que le Soleil a déjà été confirmée. La plupart d'entre elles ont été découvertes au moyen de méthodes indirectes reposant sur la détection des effets des planètes sur leurs étoiles hôtes – les variations de luminosité générées par le passage de planètes devant leurs étoiles hôtes (méthode des transits), le mouvement réflexe de l'étoile résultant de l'existence de planètes en orbite (méthode des vitesses radiales). A ce jour, seules quelques planètes ont été détectées par les images directes de l'émission de la planète à côté de celle de son étoile hôte.

SPHERE a pour principal objectif de détecter et de caractériser, au moyen de l'imagerie directe, des exoplanètes géantes en orbite autour d'étoiles proches.

Cela constitue un challenge de taille puisque de telles planètes se situent à proximité immédiate de leurs étoiles hôtes et sont caractérisées par une luminosité bien plus faible. Sur une image normale, pourtant acquise dans les meilleures conditions, la lumière en provenance de l'étoile masque totalement la faible lueur issue de la planète.

Toute la conception de SPHERE a donc reposé sur la nécessité d'obtenir le contraste le plus élevé possible dans l'environnement immédiat de l'étoile.

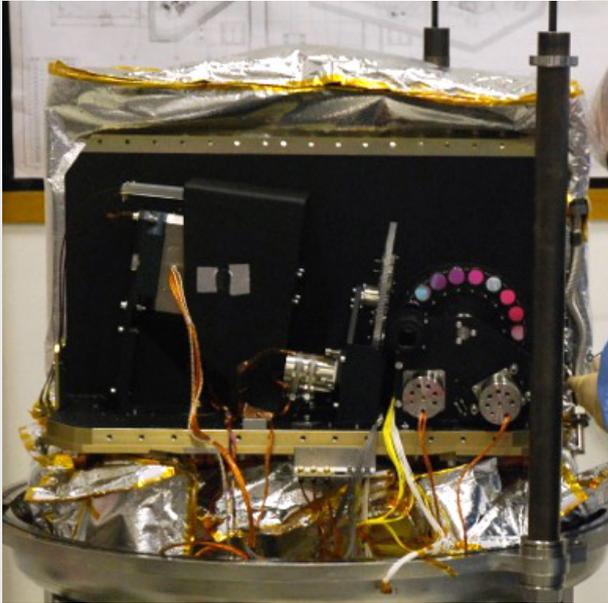


© IPAG - B. Lazareff

L'instrument SPHERE équipera l'UT3, troisième télescope du VLT (Very Large Telescope), à l'Observatoire du Cerro Paranal de l'ESO (European Southern Observatory), désert d'Atacama.

SPHERE

Chasseur d'Exoplanètes



Détail de l'optique et de la mécanique froides de la caméra infrarouge IRDIS
© consortium SPHERE

PRINCIPE DE L'INSTRUMENT

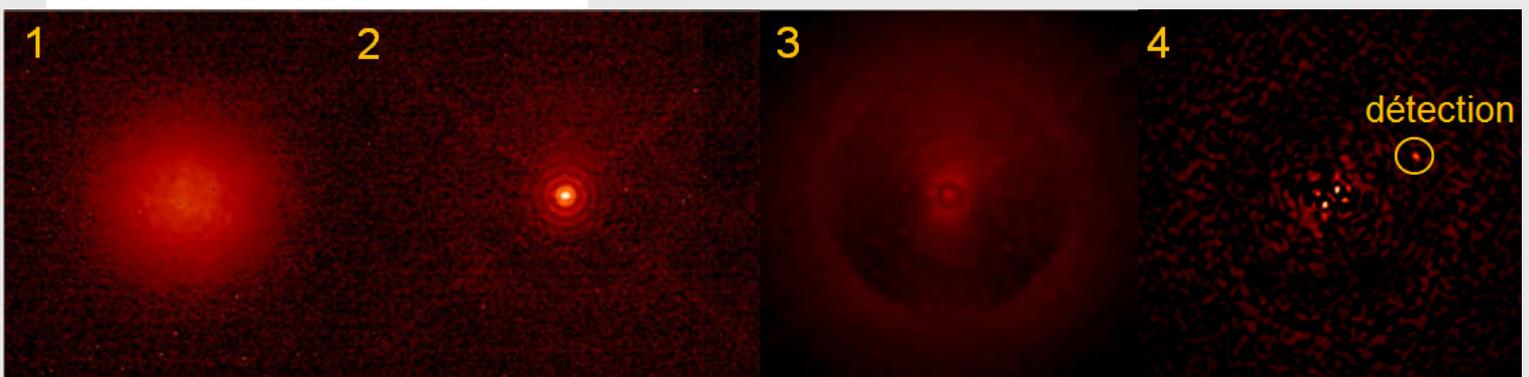
Afin de rendre visibles les exoplanètes, l'instrument SPHERE combine différentes techniques de pointe.

La première consiste à utiliser l'optique adaptative pour **corriger les effets de la turbulence atmosphérique** ; les images ainsi obtenues se révèlent bien plus fines et le contraste se trouve amélioré.

La seconde technique repose sur l'utilisation d'un coronographe afin de **bloquer la lumière en provenance de l'étoile centrale** : le taux de contraste augmente encore.

Des procédures optimisées d'acquisition et de traitement des données ont été pensées simultanément dès la conception de l'instrument. Elles permettent d'exploiter au mieux tous les photons détectés par l'instrument pour non seulement découvrir mais aussi caractériser (paramètres orbitaux, composition chimique...) de nouveaux mondes tournant autour d'autres étoiles que le soleil.

Illustration du processus de détection (de gauche à droite) :



1 - image turbulente

2 - image après correction par optique adaptative (on élimine les effets néfastes de la turbulence atmosphérique)

3 - image coronographique (suppression de la lumière de l'étoile)

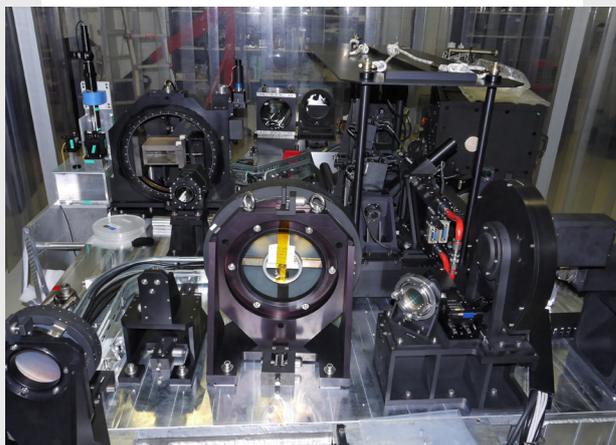
4 - image différentielle (post-traitement pour s'affranchir des résidus).

© consortium SPHERE

L'ensemble du processus (optique adaptative, coronographie, imagerie différentielle) permet de détecter une planète jusqu'à un million de fois moins brillante que son étoile hôte.

SPHERE

Chasseur d'Exoplanètes



Banc optique de l'instrument
© consortium SPHERE

ZOOM SUR L'OPTIQUE ADAPTATIVE

Le système d'optique adaptative utilise un **miroir déformable** de 41x41 actionneurs (sur un diamètre optique de près de 20 cm) et des miroirs de basculement pour stabiliser très finement l'axe optique.

Du fait de la dynamique de la turbulence atmosphérique, la correction s'effectue plus de **1200 fois par seconde** et à une **échelle nanométrique** (un millième de millionième de mètre).

Les déformations engendrées par cette turbulence sont mesurées par des **senseurs d'une très grande sensibilité** (240x240 pixels lus à plus de 1200 Hz avec un bruit de lecture quasi nul).

CONCEPT DE L'INSTRUMENT

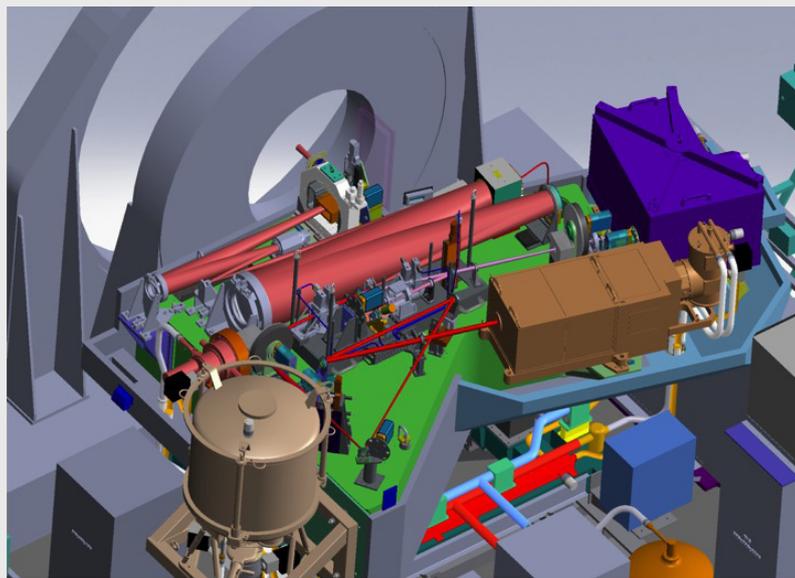
Associant un défi scientifique à un défi technologique, SPHERE est l'un des instruments d'observation astronomique depuis le sol les plus complexes jamais réalisés.

Il est constitué de :

SAXO : module d'optique adaptative extrême permettant de compenser en temps réel la turbulence atmosphérique au niveau de l'instrument,

Coronographes stellaires : module d'atténuation de la lumière de l'étoile, permettant d'éliminer le flux provenant de l'étoile pour ne laisser passer que les photons de la planète,

et de 3 modules de détection et d'analyse de la lumière :
IRDIS : imagerie différentielle et polarimétrie dans l'infrarouge
IFS : spectrométrie à intégrale de champ dans l'infrarouge
ZIMPOL : imagerie différentielle polarimétrie dans le visible

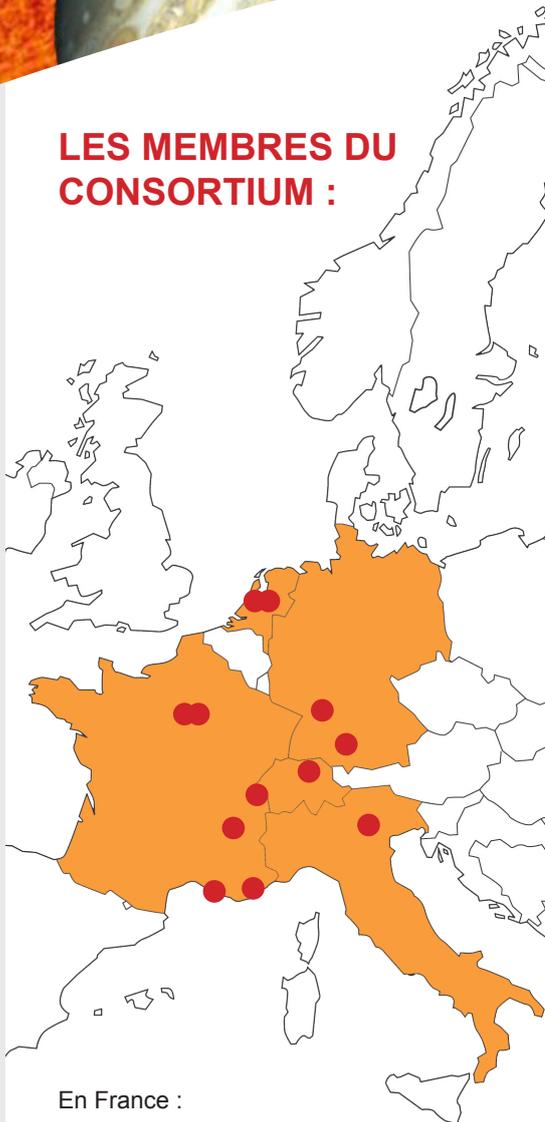


SPHERE sur la plateforme du VLT
© consortium SPHERE

SPHERE

Chasseur d'Exoplanètes

LES MEMBRES DU CONSORTIUM :



En France :

- L'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (CNRS/ Université Joseph Fourier) et l'OSUG
- le Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (CNRS/Aix-Marseille Université) et l'OSU Pythéas
- le Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique (Observatoire de Paris/CNRS/Université Paris Diderot/UPMC)
- le Laboratoire Lagrange (OCA/CNRS/ Université Nice Sophia-Antipolis)
- l'ONERA

En Europe :

- l'Institut Max Planck d'Astronomie à Heidelberg, Allemagne
- l'Observatoire Astronomique de Padoue (INAF), Italie
- l'Observatoire de Genève, Suisse
- l'Institut d'Astronomie du Collège de Technologie de Zurich, Suisse
- l'Institut Astronomique de l'Université d'Amsterdam et NOVA, Pays-Bas
- ASTRON, Pays-Bas
- l'ESO.

LE CONSORTIUM EUROPEEN

L'instrument SPHERE a été conçu par un consortium **d'astronomes et d'ingénieurs** issus de nombreux états membres de l'ESO, en coopération avec l'industrie. Le consortium est piloté par l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (CNRS/Université Joseph Fourier) et compte 12 membres répartis dans **5 pays européens**.

12 laboratoires

180 Equivalents Temps Pleins sur 10 ans

astrophysique instrumentale
astrophysique observationnelle
traitement du signal
qualité électronique
optique
cryogénie mécanique
ingénierie système
développement logiciel management



Une partie de l'équipe SPHERE dans le hall d'intégration de l'IPAG, Grenoble
© consortium SPHERE

SPHERE

Chasseur d'Exoplanètes

Hall d'intégration © consortium SPHERE



HISTORIQUE DU PROJET

**SPHERE = Spectro-Polarimetric
High-contrast Exo-planet REsearch**

En 2001, l'ESO publie un appel à idées pour l'**instrumentation de seconde génération** du Very Large Telescope, incluant notamment un instrument capable de détecter par imagerie directe des **exoplanètes** autour des étoiles proches. Plusieurs laboratoires européens proposent des concepts pour réaliser un tel instrument et le projet SPHERE naît ainsi de la mise en commun des plus novatrices de ces idées.

L'**IPAG** (Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble, laboratoire du CNRS et de l'Université Grenoble 1) prend alors la tête du consortium ainsi constitué de 12 laboratoires européens.

Après plus de 10 ans de développement, l'instrument a achevé avec succès, fin 2013, sa phase de tests en France et vient d'être installé sur le VLT.

LES GRANDES ÉTAPES DU PROJET

Mars
2006

Lancement du projet

Sept.
2007

Revue de concept
préliminaire

Dec.
2008

Revue de
concept final

2009
2013

Phase d'intégration

Dec.
2013

Recette préliminaire

Mai
2014

Première lumière
au VLT

Fin
2014

Recette finale

Début
2015

Début des
grands relevés

ET MAINTENANT ?

Après le remontage et l'installation, une **nuit technique** qui aura lieu au début du mois de mai 2014 permettra de confirmer le bon fonctionnement de l'instrument.

Débutera alors une phase de *commissioning* scientifique, avec différentes **périodes de tests** réparties sur six mois.

L'instrument devrait capter sa **première lumière scientifique** durant la première de ces phases de test mi-mai 2014.

SPHERE produira ensuite ses tous premiers **résultats** astrophysiques à partir de fin 2014.