

# 17 décembre 2013, Observatoire de Paris

## Réunion **SPIRou** de l'action exoplanètes

### Programme :

9:30 (30 mn + 30 mn de discussion )

G. Hébrard : SPIRou : un SpectroPolarimètre InfraRouge pour le CFHT

10:30 (15 mn + 15 mn de discussion )

A. Lecavelier : Atmosphères des exoplanètes avec SPIRou

11:00 (15 mn + 15 mn de discussion )

T. Widemann : Atmosphères du système solaire : dynamique et chimie

11:30 (15 mn + 15 mn de discussion )

P. Hennebelle : Formation stellaire en présence de champ magnétique

12:00 (15 mn + 15 mn de discussion )

S. Brun : Magnétisme stellaire et impact sur les planètes

# SPIRou :

un **S**pectro**P**olarimètre **I**nfra**R**ouge  
pour le télescope Canada-France-Hawaii

**Guillaume Hébrard**

**Institut d'astrophysique de Paris**

*17 décembre 2013, Observatoire de Paris  
Réunion de l'action exoplanètes*



# SPIROU

## Deux objectifs scientifiques principaux :

1. Recherche et caractérisation des planètes telluriques dans la zone habitable autour d'étoiles froides.
2. Étude de l'impact du champ magnétique sur la formation des étoiles et des planètes.

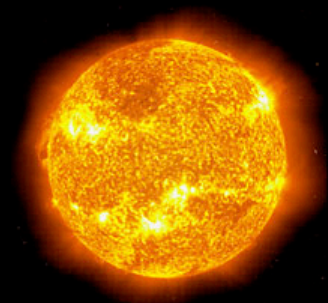
# 1. Planètes telluriques autour d'étoiles M

- Des centaines d'exoplanètes détectées et caractérisées en moins de 20 ans.
- Majoritairement par la méthode des vitesses radiales.
- Essor de la méthode des transits.
- Contraintes sur les processus de formation et d'évolution des systèmes planétaires.
- Premières études des atmosphères exoplanétaires.
- Une des orientations majeures actuelles : détecter et caractériser des planètes telluriques, notamment dans la zone habitable de leurs étoiles-hôtes.
- Les naines M sont des cibles particulièrement favorables.

# 1. Planètes telluriques autour d'étoiles M

## Intérêt des naines M :

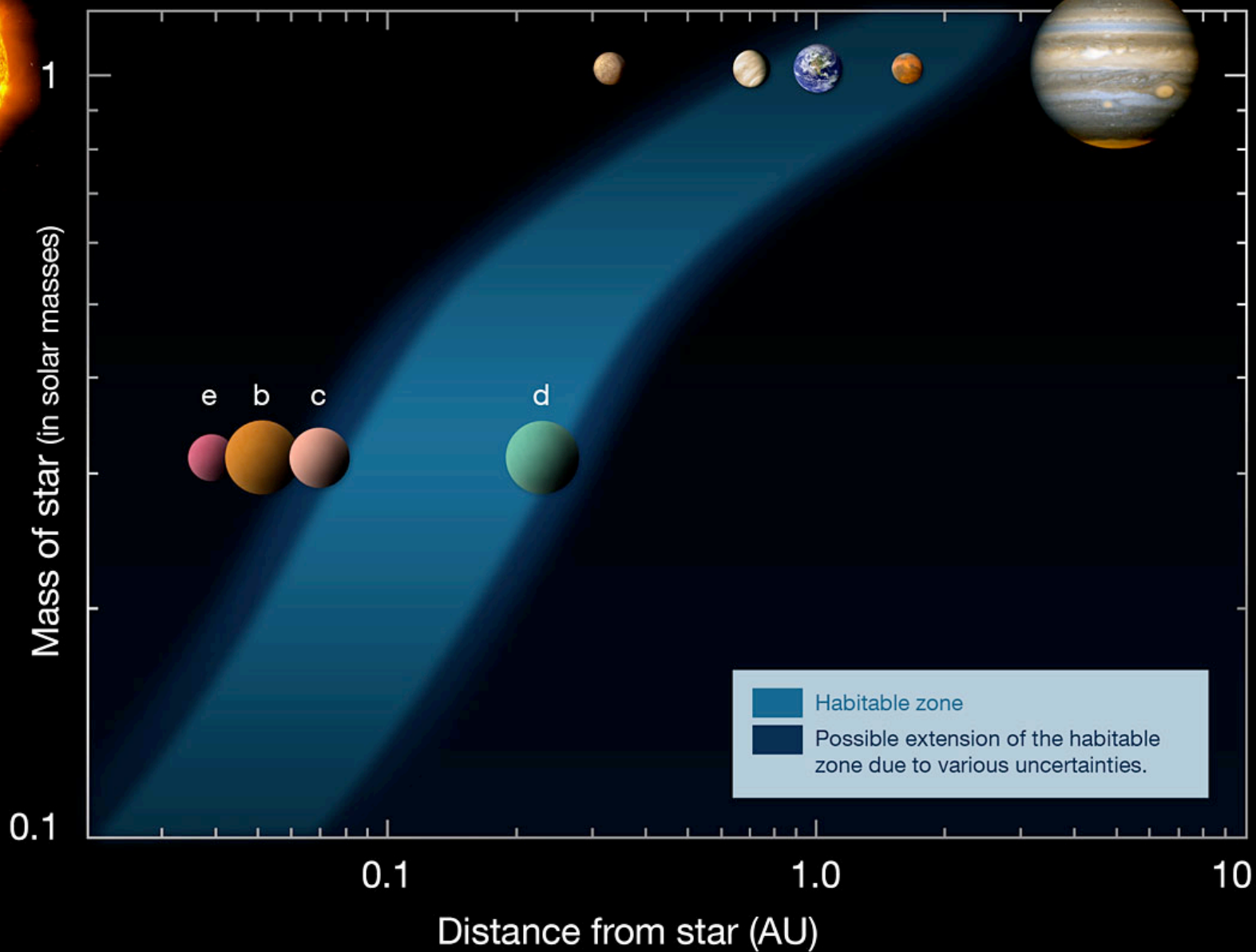
- Complémentaire des étoiles FGK → comparaisons.
- Étoiles les plus nombreuses → statistique.
- Faibles masses stellaires → favorise la détection de planètes de faibles masses par vitesses radiales.
- Faibles rayons stellaires → favorise la détection de planètes de petits rayons par transits.
- Faibles températures stellaires → réduit le rayon de la zone habitable.
  - plus grande amplitude de variation de vitesse radiale ;
  - sur des périodes orbitales plus courtes ;
  - augmente la probabilité de transits ;
  - en cas de transits, ceux-ci sont plus fréquents ;
  - plus grande profondeur des transits.
- Les petites planètes sont très nombreuses autour des naines M (occurrence : 80% / dans la zone habitable : 40%).



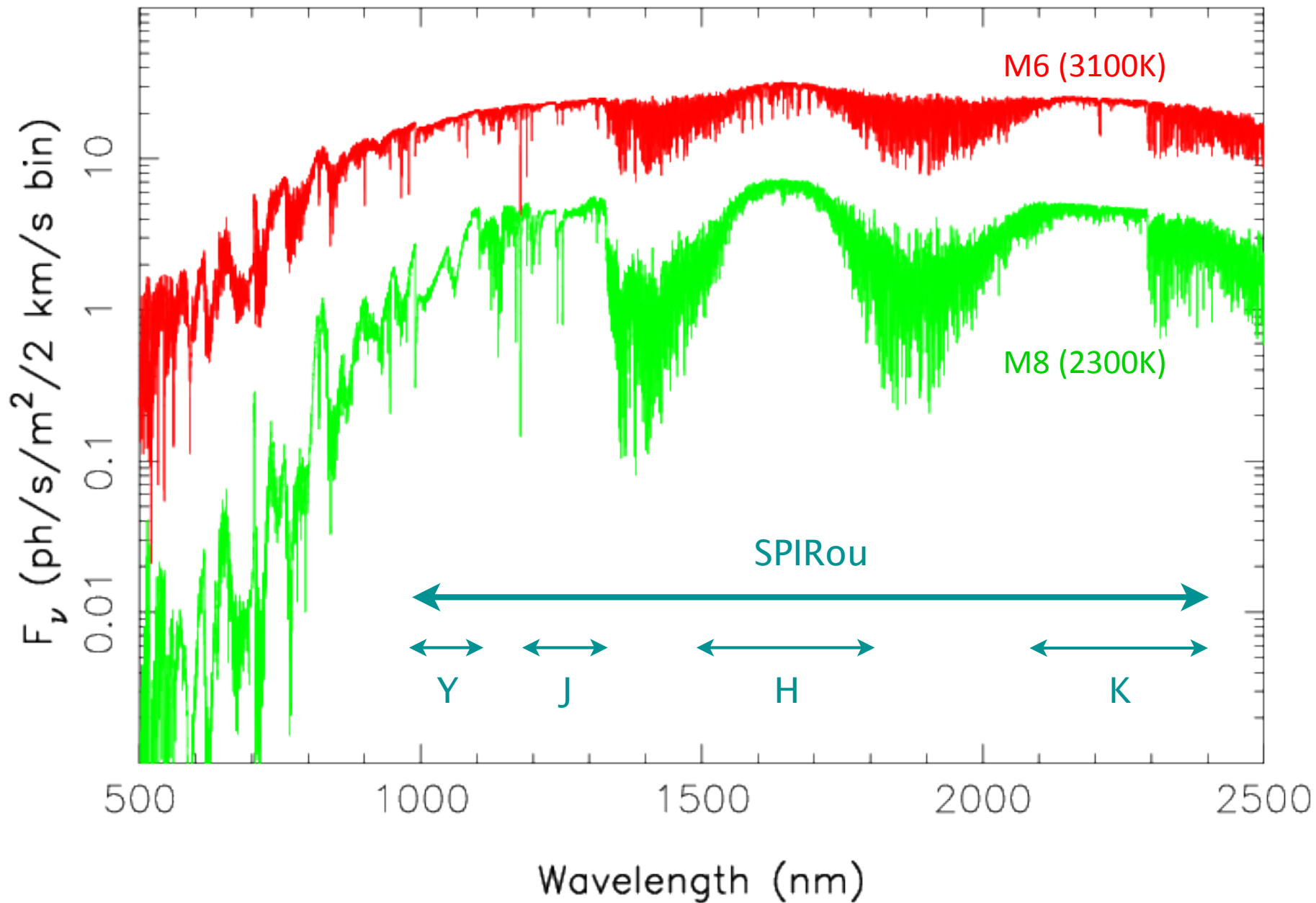
Sun



Gliese 581



# SPIRou : 0.98 - 2.35 $\mu\text{m}$



# 1. Planètes telluriques autour d'étoiles M

	$M_*$ ( $M_\odot$ )	$R_*$ ( $R_\odot$ )	$a_{\text{ZH}}$ (UA)	$P_{\text{orb}}$ (jours)	$K_\oplus$ (m/s)	$K_{5\oplus}$ (m/s)	Transit (mmag)
Soleil	1	1	0.8-2.0	260-1000	0.1	0.5	0.08
M4	0.30	0.30	0.10-0.28	24-100	0.4	2	0.9
M6	0.13	0.15	0.04-0.12	9-40	0.8	4	3.6
M8	0.08	0.10	0.01-0.02	1-4	3	15	8

- SPIRou permet d'atteindre une précision de 1 m/s avec S/B=160 par pixel de 2km/s.
- 600 naines M observées en 500 nuits : détection de 300 petites planètes, dont 50 dans la zone habitable, et quelques unes en transit.



- **Support aux missions spatiales :**

- Cibles pour JWST et CHEOPS, puis EChO, Darwin, TPF.
- Suivi en vitesses radiales de Kepler, TESS, puis PLATO.

- **Atmosphères planétaires et exoplanétaires :**

- Résolution spatiale dans le Système solaire (composition chimique des atmosphères, dynamique des vents, émissions aurorales).
- Marqueurs atmosphériques dans les exoplanètes (transits, occultations, phases).

## 2. Champ magnétique et formation stellaire et planétaire

- Importance du champ magnétique dans l'effondrement gravitationnel des nuages moléculaires...
- ...et dans la formation des disques et des cœurs pré-stellaires dans lesquels sont créées étoiles et planètes.
- Étoiles T Tauri (1 Myr : proto-étoile et disque d'accrétion) :
  - Champ magnétique creuse cavité au centre du disque.
  - Accrétion de matière du disque vers l'étoile.
  - Freinage de la rotation stellaire.

## 2. Champ magnétique et formation stellaire et planétaire

- Résultats obtenus en étudiant la topologie du champ magnétique par polarimétrie optique.
- Les cibles les plus jeunes sont les plus enfouies : inaccessibles en optique.
- Intérêt de l'infrarouge :
  - Cibles plus brillantes que dans le domaine optique.
  - Effet Zeeman renforcé aux grandes longueurs d'onde.
- SPIRou permet donc d'étendre ces études sur :
  - un plus grand nombre de cibles ;
  - les cibles les plus jeunes.

Nébuleuse d'Orion dans le visible

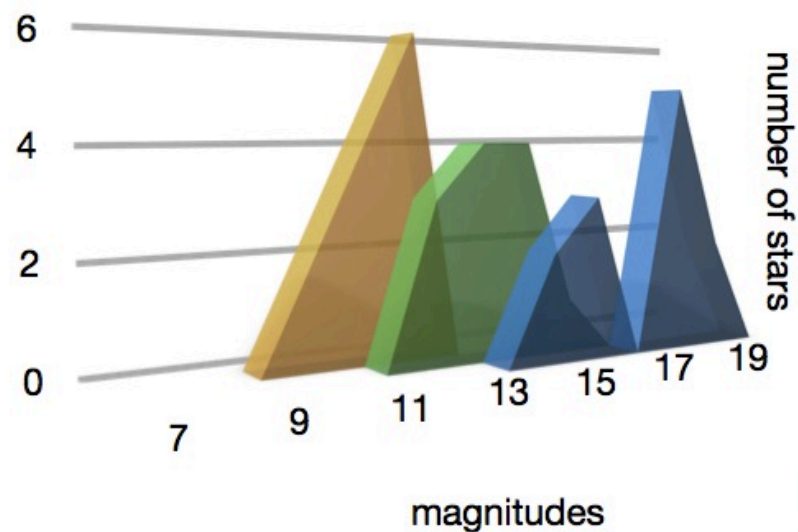


Nébuleuse d'Orion en infrarouge proche

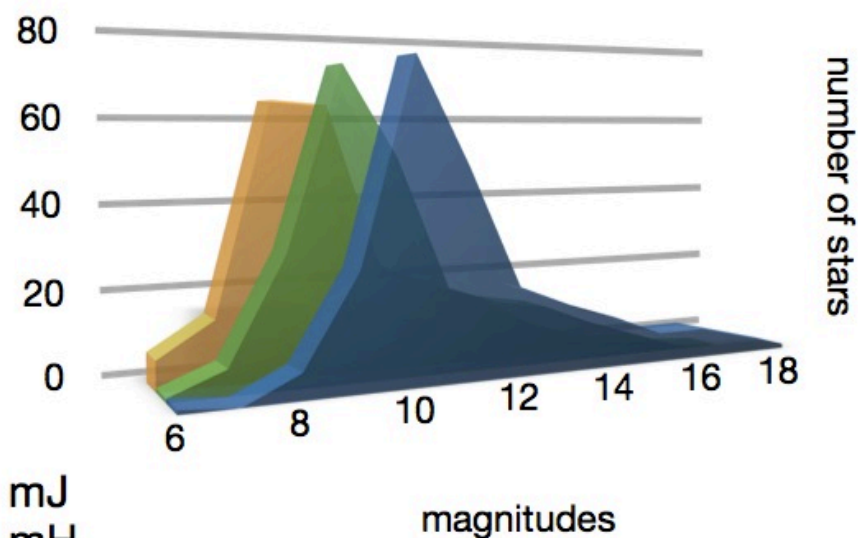




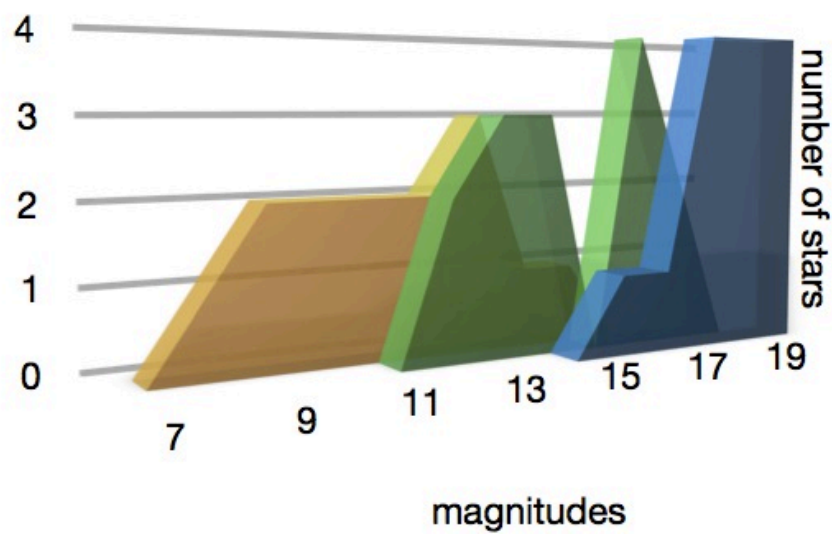
**Taurus - Class I protostars**



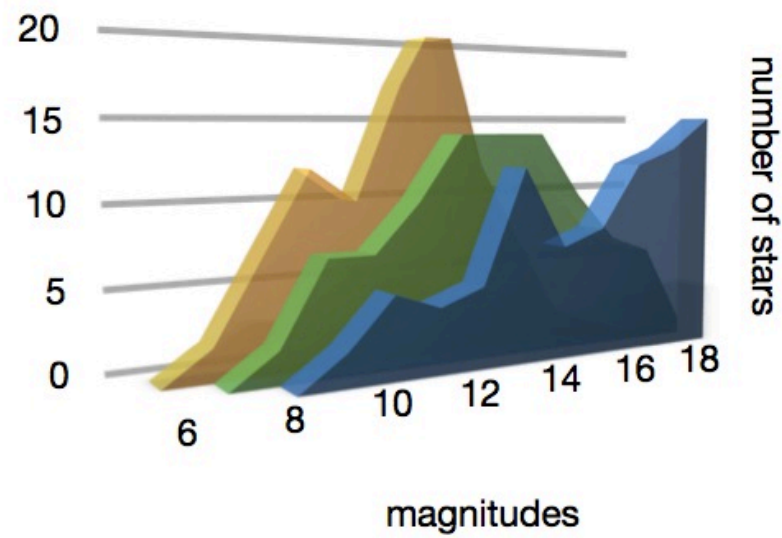
**Taurus - Class II protostars**



**$\rho$  Oph - Class I protostars**



**$\rho$  Oph - Class II protostars**

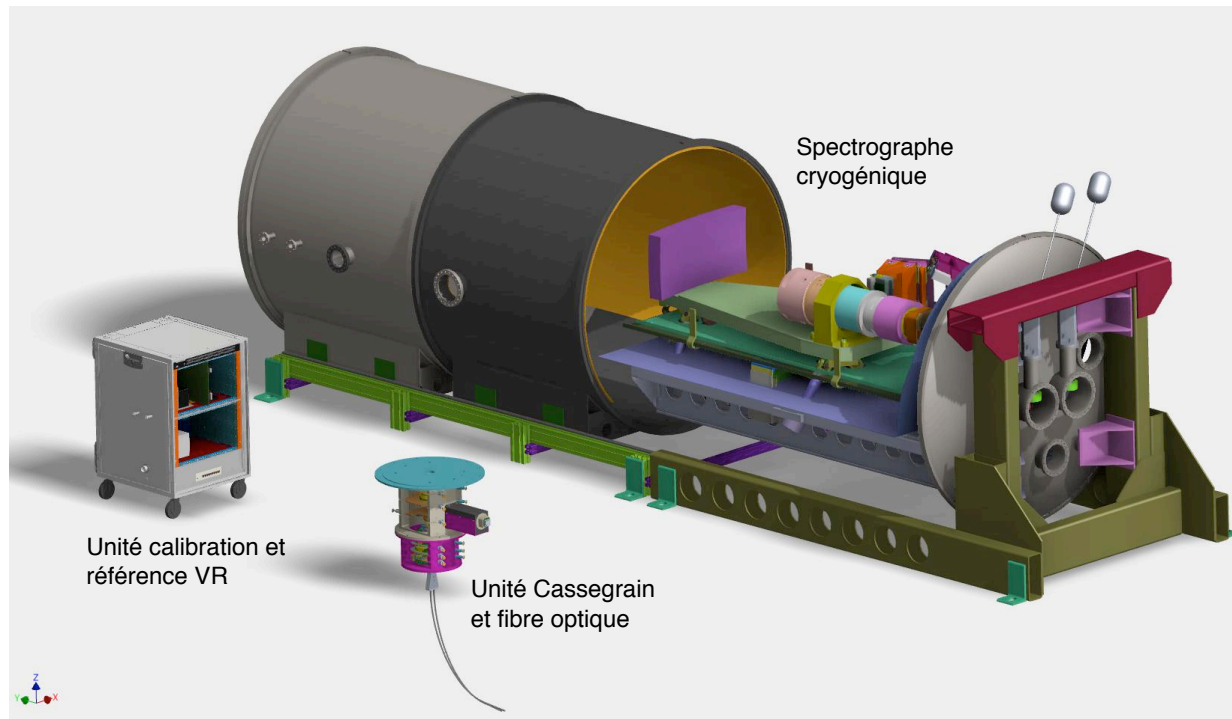


# Études des champs magnétiques stellaires

- Activité magnétique des naines M :
  - Effets sur les atmosphères planétaires ?
  - Restreint l'habitabilité ?
- Effets sur les mesures de vitesse radiale :
  - Activité magnétique et rotation stellaire induisent du bruit en vitesse radiale.
  - Observations simultanées en polarimétrie et vitesses radiales peuvent permettre de corriger ces effets.

# L'instrument SPIRou

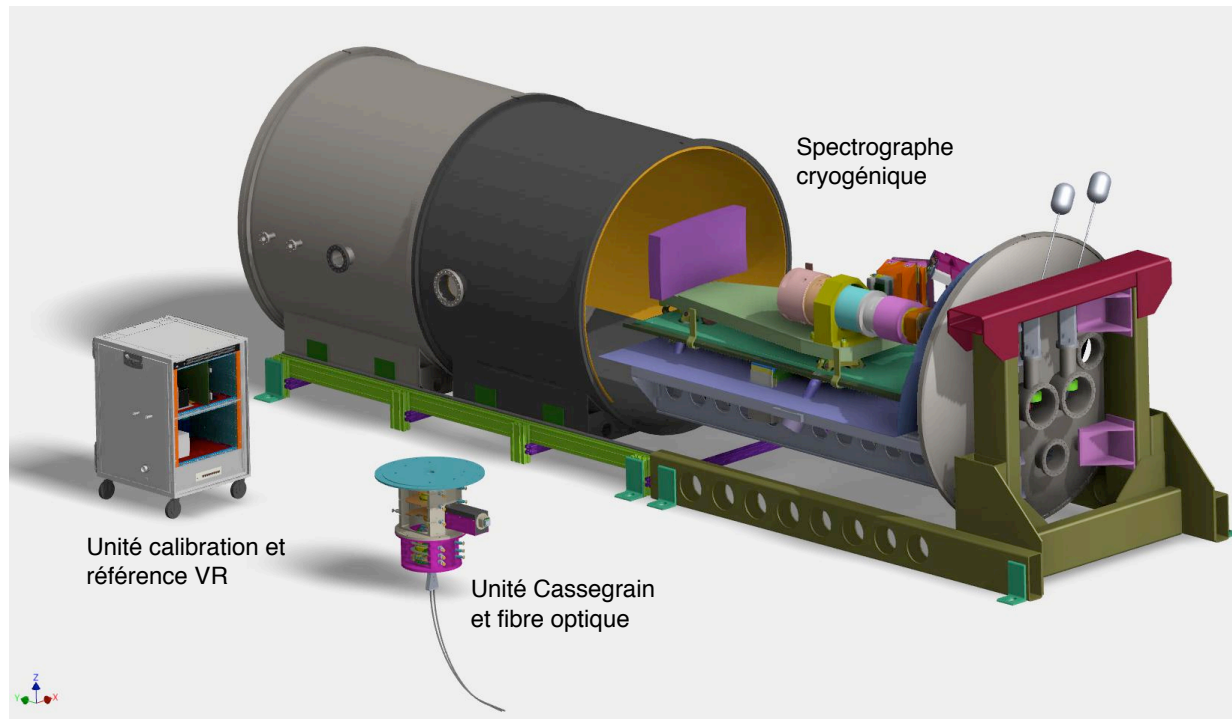
- Spécificités principales :
  - Une stabilité et une précision de 1 m/s.
  - Une grande efficacité sur le domaine 0.98 - 2.35  $\mu\text{m}$ .
  - La mesure précise de la polarisation dans les raies spectrales.





# L'instrument SPIRou

1. Unité Cassegrain (stabilisation tip/tilt, analyse polarimétrique achromatique).
2. Unité de calibration (lampes, Fabry-Perot).
3. Lien en fibres optiques (entre l'unité Cassegrain et le spectrographe).
4. Spectrographe échelle (enceinte cryogénique stabilisée).



# Équipe SPIRou

- PI : J.-F. Donati (IRAP) ; Co-PI : R. Doyon (U. Montréal).
- Une centaine de chercheurs, en France et dans une dizaine de pays.
- Une composante francilienne importante (DIM-ACAV) :
  - IAP : G. Hébrard et A. Lecavelier des Étangs (exoplanètes) et C. Terquem (formation stellaire et planétaire).
  - LESIA : V. Coudé du Foresto et P. Zarka (exoplanètes, et magnétisme et habitabilité), et A. Doressoundiram, T. Widemann, E. Lellouch, B. Bézard et T. Fouchet (atmosphères planétaires).
  - AIM / SAp (CEA) : S. Brun et S. Mathis (magnétisme et habitabilité, exoplanètes), et P. Hennebelle et S. Fromang (formation stellaire et planétaire).
  - LATMOS : F. Leblanc (atmosphères planétaires).
  - IMCCE : J. Laskar et G. Boué (exoplanètes).
  - LERMA (ENS) : E. Dormy et L. Petitdemange (magnétisme et habitabilité), S. Cabrit (formation stellaire et planétaire).
  - LUTH : J.-P. Zahn (magnétisme et habitabilité) et S. Mazevet (exoplanètes).
  - IAS : M. Ollivier, P. Bordé et F. Baudin (exoplanètes).

# Contributions du DIM ACAV

Domaine d'intérêt majeur (DIM)

« *Astrophysique et conditions d'apparition de la vie* » (ACAV),  
financé par la Région Île-de-France :

- **Fibres fluorées multimodes :**
  - Interface avec l'unité Cassegrain.
  - Interface avec le spectrographe, dans le cryostat.
  - Fibres reliant les deux interfaces.
- **Stabilisation tip/tilt :**
  - Corriger les mouvements à l'injection (turbulence).
  - Caméra et contrôle électronique.

# Planning pour SPIRou

- Octobre 2013 : décision par le *Board* du CFHT suite à son appel pour de nouveaux instruments.
- 2013 - 2014 : demandes de financement, organisation du Consortium.
- Début 2014 : finalisation du financement et validation du *design*.
- 2014-2015 : construction et tests des sous-systèmes.
- 2016 : intégration en France et tests de conformité.
- 2017 : installation au CFHT, première lumière, mise à disposition de la communauté.
- 2017 – 2027 : exploitation scientifique.