

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 SpectroPolarimètre InfraRouge 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.

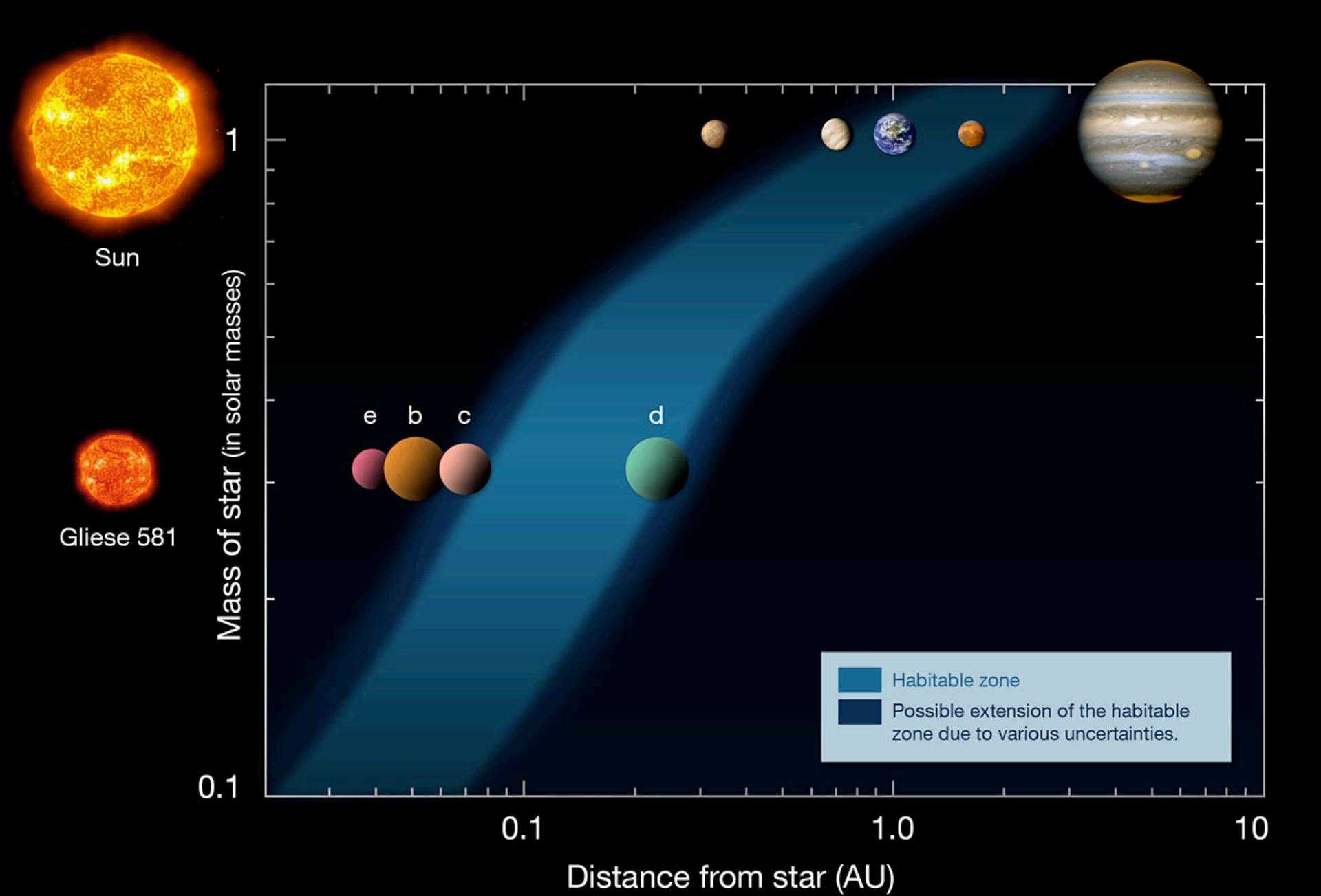
1. Planètes telluriques autour d'étoiles M

- 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.

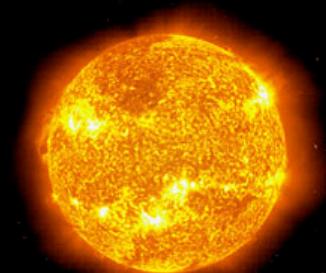
1. Planètes telluriques autour d'étoiles M

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%).



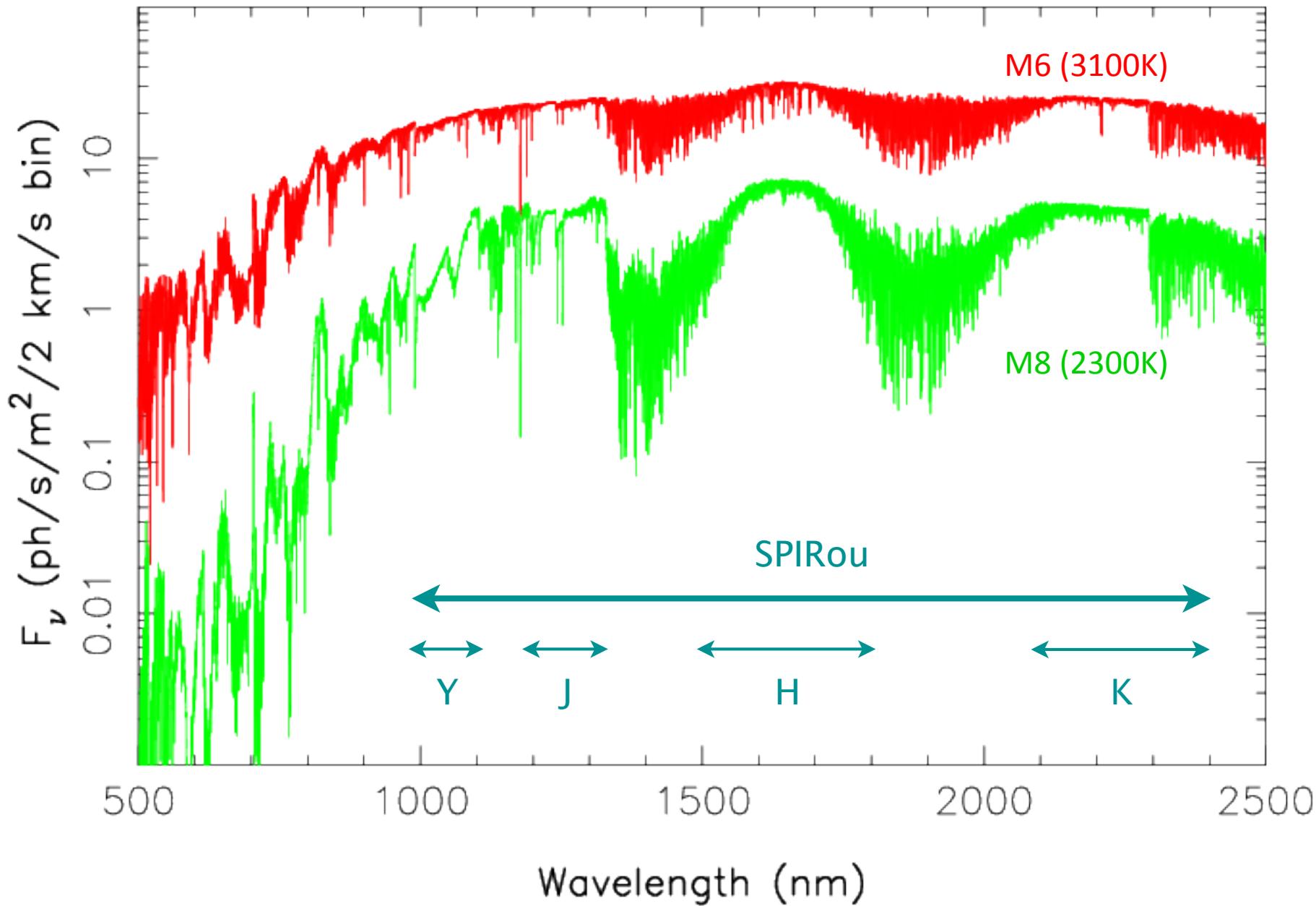
Gliese 581



Sun



SPIRou : 0.98 - 2.35 μ m



1. Planètes telluriques autour d'étoiles M

	M_* (M_\odot)	R_* (R_\odot)	a_{ZH} (UA)	P_{orb} (jours)	$K_\ddot{\sigma}$ (m/s)	$K_{5\ddot{\sigma}}$ (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

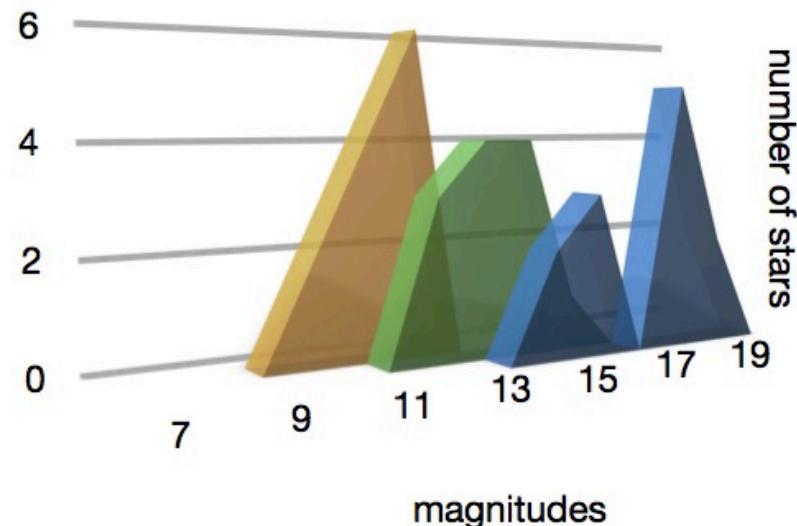
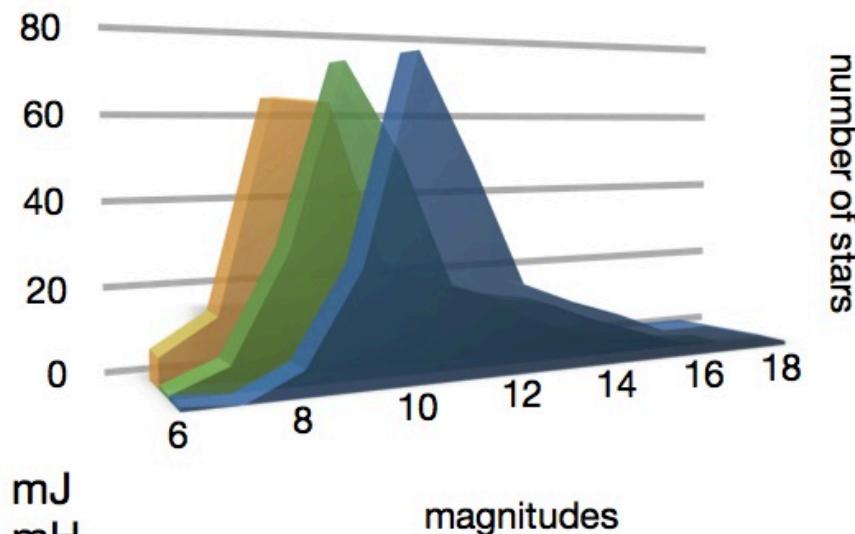
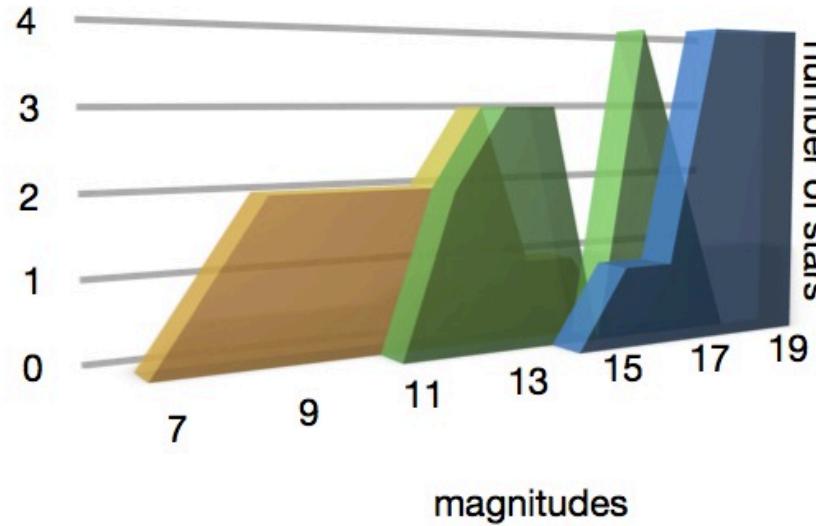
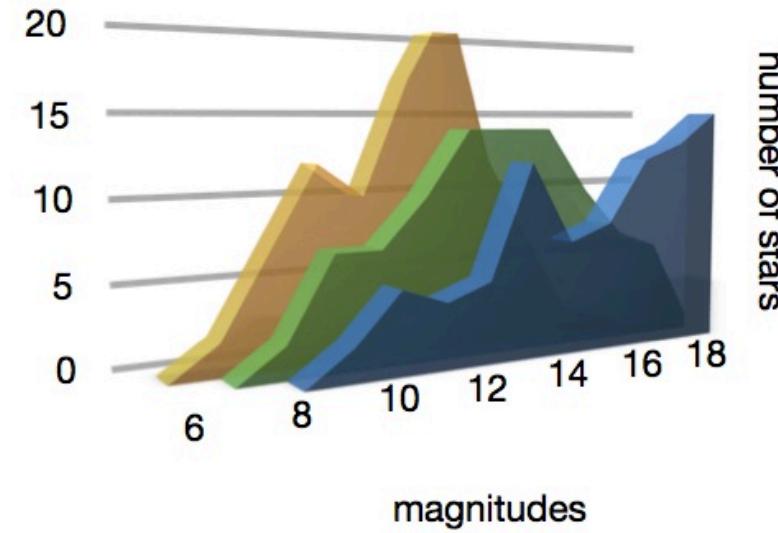
- Résultats obtenus en étudiant la topologie du champ magnétique par polarimétrie optique.
- Les cibles les plus jeunes sont les plus enfouies : inaccessibles en optique.
- Intérêt de l'infrarouge :
 - Cibles plus brillantes que dans le domaine optique.
 - Effet Zeeman renforcé aux grandes longueurs 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



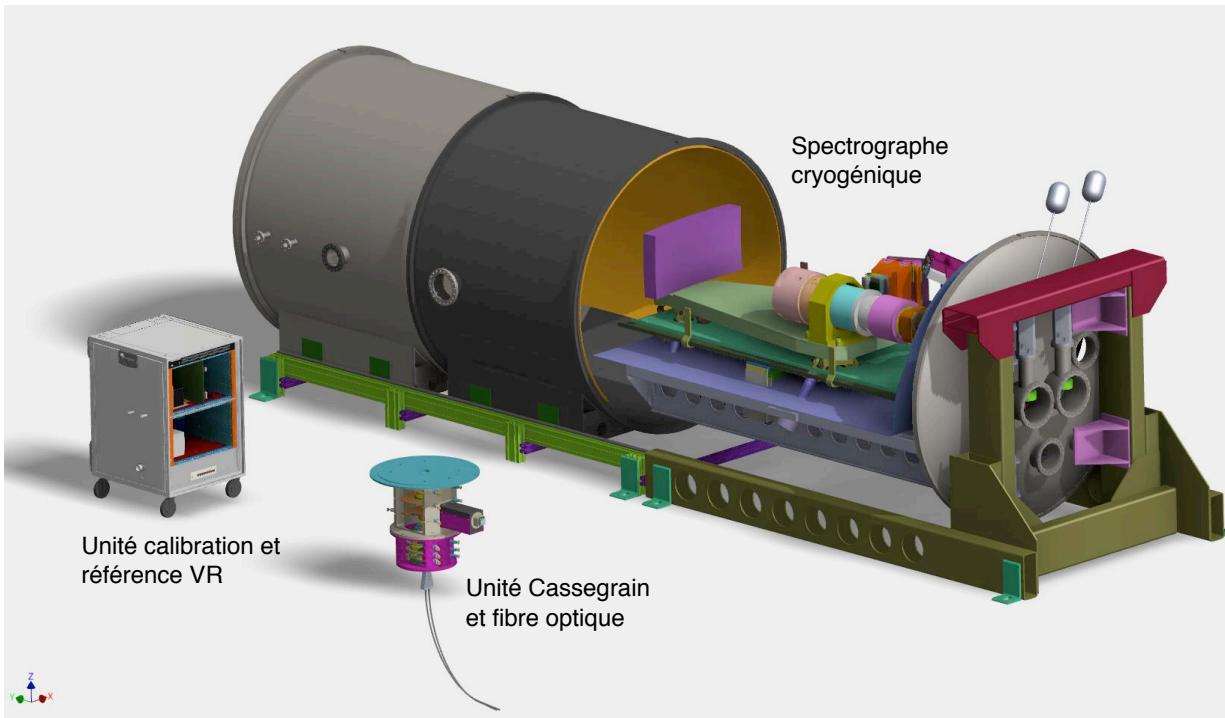
Taurus - Class I protostars**Taurus - Class II protostars** **ρ Oph - Class I protostars** **ρ Oph - Class II protostars**

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.

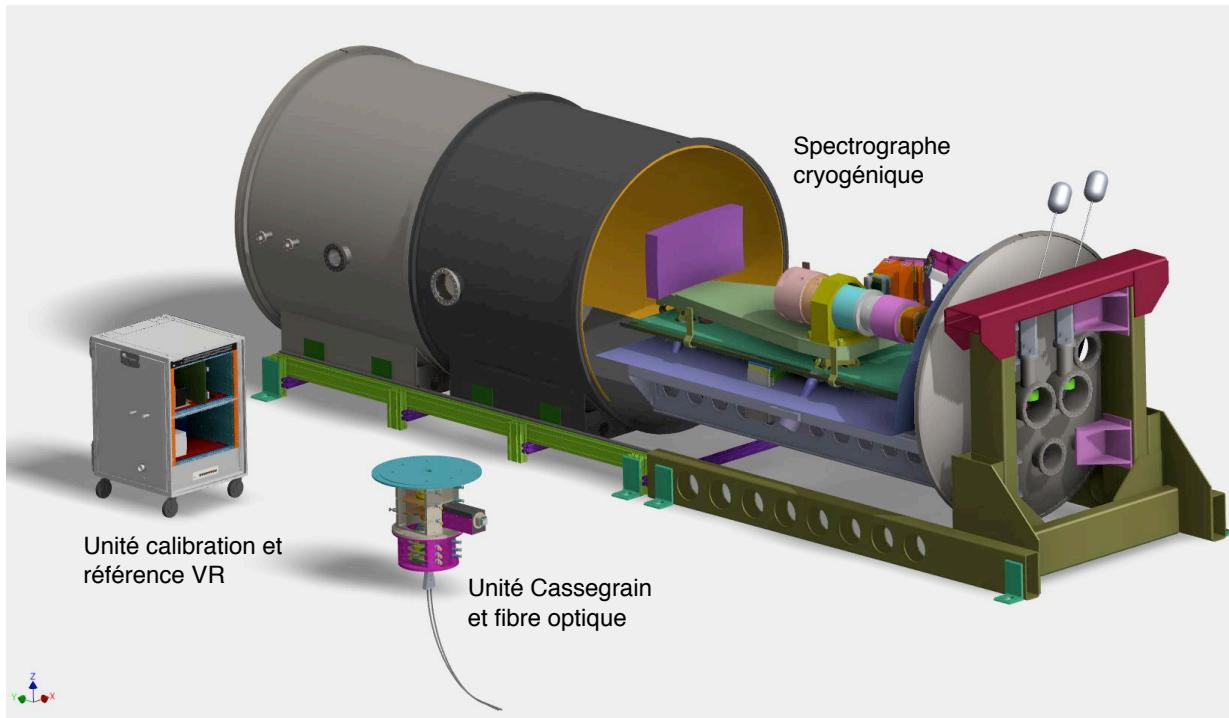
L'instrument SPIRou

- Spécificités principales :
 - Une stabilité et une précision de 1 m/s.
 - Une grande efficacité sur le domaine 0.98 - 2.35 μ 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 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.