



## CARACTÉRISER LES SYSTÈMES PLANÉTAIRES DES NAINES ROUGES ACTIVES AVEC SPIROU

## CHARACTERIZING PLANETARY SYSTEMS OF NEARBY ACTIVE RED DWARFS WITH SPIROU

Établissement **Université Toulouse III - Paul Sabatier**

École doctorale **SDU2E - Sciences de l'Univers, de l'Environnement et de l'Espace**

Spécialité **Astrophysique, Sciences de l'Espace, Planétologie**

Unité de recherche **IRAP - Institut de Recherche en Astrophysique et Planetologie**

Directeur de la thèse **Jean-François DONATI**

Financement du 01-10-2017 au 30-09-2020 Employeur **CNRS / IRAP**

Financement sur programme européen ou multilatéral

Financement acquis

Funding secured

Début de la thèse le **1 octobre 2017**

Date limite de candidature **30 juin 2017**

### Mots clés - Keywords

---

Systèmes planétaires, Magnétisme et activité stellaire, Naines rouges, Vélométrie, Spectropolarimétrie, Dédution Bayésienne

Planetary systems, Stellar magnetism and activity, Red dwarfs, Velocimetry, Spectropolarimetry, Bayesian inference

### Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

---

Diplôme de M2 en astrophysique

Bonne connaissance de la physique stellaire et planétaire, de la formation et de l'évolution des étoiles et des planètes

Expérience en calcul scientifique, programmation, traitement de données

Master degree in Astrophysics

Prior knowledge in stellar and planetary physics, star / planet formation and evolution, spectroscopy / spectropolarimetry / velocimetry

Experience in scientific programming and data processing

### Description de la problématique de recherche - Project description

---

Depuis la découverte de 51 Peg b, 3500+ exoplanètes et 600+ systèmes planétaires ont été détectés; pourtant seule une poignée de planètes telluriques ont été identifiées dans la zone habitable (HZ) de leur étoile, la plupart trop loin pour permettre de scruter leur atmosphère à la recherche de bio-marqueurs. Détecter des jumelles de la Terre s'avère complexe vus les faibles fluctuations de vitesse radiale (RV) et les minuscules transits produits par de telles planètes dans le spectre de leur étoile. Pour de telles études, les étoiles M possèdent de nombreux atouts; en plus de pulluler dans le voisinage du Système Solaire, elle recèlent plusieurs planètes chacune (Gaidos et al 2016) et leur HZ est compacte, ce qui améliore sensiblement la détectabilité de leurs planètes telluriques en HZ.

Mais suite à leur intense activité, les étoiles M voient la RV de leur spectre perturbée, handicapant du même coup la détectabilité de leurs planètes (Newton et al 2016). La modélisation de cette activité et du champ magnétique sous-jacent est donc cruciale pour s'affranchir de la perturbation RV et pour optimiser la détectabilité des planètes de faible masse et des systèmes planétaires (Hébrard et al 2016). Les champs magnétiques peuvent également avoir un fort impact sur l'évolution orbitale et l'habitabilité des planètes proches de leur étoile, accroissant encore l'intérêt de données vélocimétriques et spectropolarimétriques telles celles que SPIROU fournira pour de nombreuses étoiles M.

Cette thèse se concentrera sur l'étude et la modélisation des perturbations RV que l'activité induit dans le spectre des étoiles M qui seront suivies avec SPIROU dans le cadre du SPIROU Legacy Survey. Le but du travail est de concevoir puis tester de nouvelles méthodes fondées sur l'inférence Bayésienne pour nettoyer les perturbations RV et faciliter la détection des planètes de faible masse et des systèmes planétaires, en améliorant les méthodes existantes comme par exemple la Régression par Processus Gaussiens (GPR, Haywood et al 2014) ou le Compressed Sensing (CS, Hara et al 2016). Le contenu spectropolarimétrique des données SPIROU permettra

également d'étudier comment accroître encore davantage les performances du filtrage en modélisant le champ magnétique de l'étoile en même temps que la distribution des taches par Imagerie Zeeman-Doppler (ZDI, Hébrard et al 2016).

Since the discovery of 51 Peg b, 3500+ exoplanets and 600+ exoplanetary systems have been detected; however, only a handful of habitable-zone (HZ) Earth-size planets were found, and most of them are too far for scrutinizing their atmospheres. Detecting Earth twins is still quite tricky given the low-amplitude radial-velocity (RV) fluctuations (or sub-mmag photometric transits) such planets induce in the spectrum of their host stars. M dwarfs are key targets in this respect; beyond dominating the stellar population of the solar neighborhood, they are known to host multiple planets (Gaidos et al 2016) and to feature compact HZs, making their HZ low-mass planets easier to detect than for Sun-like stars.

M dwarfs are however notorious for their magnetic activity, generating spurious RV signals (activity jitter) hampering planet detectability (Newton et al 2016). Modeling the activity of M dwarfs and the underlying magnetic fields is thus crucial for filtering out the RV jitter and for maximizing the detection efficiency of low-mass planets and planet systems (Hébrard et al 2016). Fields of low-mass stars can also have an impact on the orbital evolution of close-in planets and on their habitability, making high-precision RV and spectropolarimetric data of M dwarfs such as those SPIRou will provide quite precious for this quest.

This PhD will focus on studying and modeling the jitter that activity induces in the RV curves of the moderately-active M dwarfs to be monitored with SPIRou as part of the SPIRou Legacy Survey. The goal is to devise and test novel methods using Bayesian inference to accurately filter the jitter and facilitate the detection of low-mass planets and multiple-planet systems, further improving on techniques such as Gaussian Process Regression (GPR, Haywood et al 2014) and Compressed Sensing (CS, Hara et al 2016). The spectropolarimetric content of SPIRou data will also make it possible to investigate how filtering can be enhanced by modeling the large-scale magnetic fields of the host stars along with their surface features using Zeeman-Doppler imaging (ZDI, Hébrard et al 2016).

## Thématique / Domaine / Contexte

---

Systèmes planétaires, magnétisme et activité stellaire, formation planétaire  
Planetary systems, stellar magnetism & activity, planetary formation

Physique stellaire et planétaire Stellar & planetary physics

Cette thèse s'inscrit dans le cadre de SPIRou, vélocimètre et spectropolarimètre infrarouge de nouvelle génération pour le TCFH, qui ambitionne de caractériser les systèmes planétaires des naines rouges voisines du Système Solaire

This PhD work takes place in the framework of SPIRou, the new generation near-infrared velocimeter and spectropolarimeter for CFHT, whose ambition is to characterize the planetary systems of nearby red dwarfs

## Objectifs

---

Détecter et caractériser les systèmes planétaires des naines rouges actives avec SPIRou  
Detecting and characterizing planetary systems of nearby active red dwarfs with SPIRou

## Méthode

---

Vélocimétrie, Spectropolarimétrie, Imagerie Zeeman-Doppler, Régression par Processus Gaussiens, Prédiction Bayésienne  
Velocimetry, Spectropolarimetry, Zeeman-Doppler Imaging, Gaussian Process Regression, Bayesian prediction

## Résultats attendus - Expected results

---

Caractérisation de systèmes planétaires autour des naines rouges actives  
Characterizing planetary systems around nearby active red dwarfs

## Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

---

Encadrement par le directeur de thèse - suivi par les comités de thèse de l'école doctorale et de l'IRAP Tutoring by the PhD supervisor - Follow up by the PhD committees of Ecole Doctorale & IRAP

## Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

---

Thèse hébergée à l'IRAP, financement acquis  
PhD hosted by IRAP, financement acquis

## **Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...**

---

Les résultats seront publiés dans 3+ articles premier auteur dans des revues à comité de lecture  
Results will be published in 3+ first-author papers in refereed journals

## **Collaborations envisagées**

---

Collaborations avec les membres du consortium scientifique international SPIRou  
Collaborations with members of the SPIRou international science consortium

## **Ouverture Internationale**

---

Recherche au sein du consortium scientifique international SPIRou  
Research carried out within the SPIRou international science consortium

## **Références bibliographiques**

---

Haywood et al 2014, MNRAS 443, 2517, 'Planets and stellar activity: hide and seek in the CoRoT-7 system'  
Hébrard et al 2016, MNRAS 462, 1465, 'Modeling the RV jitter of early-M dwarfs using tomographic imaging'

## **Complément sur le sujet**

---

<http://spirou.ast.obs-mip.fr> (<http://spirou.ast.obs-mip.fr>)

Dernière mise à jour le 19 juin 2017