

Detection of Forming Planets with Integral Field Spectrographs

Context

More than 4500 exoplanets have been discovered as of now, most of them being formed billions of years ago. The recent direct imaging detection of planets still in the process of formation [1] opens an unprecedented observing window of the initial stages of planetary systems (tens of millions of years ages).

This discovery was made possible thanks to the advances of efficient adaptive optics systems coupled to medium-resolution integral field spectrographs (IFS), producing hyperspectral data at high spatial and spectral resolutions. The data diversity can be used to remove the bright stellar halo and isolate the faint and sparse planetary signal. A large potential exists to improve the overall data processing strategy and boost our detection capabilities.

Project

The student will lead the development, implementation (testing and validation), and deployment of novel algorithms for IFS data processing and increasing the detection of forming planets. The work will be split into three main items:

- the student will adapt specific methods [2] to improve the quality of the pre-processing steps of our hyperspectral data and reduce the false positive rate;
- He/She will propose and adapt algorithms for detecting sparse planetary signals in the optimally processed data (match filter, pattern recognition,...);
- She/He will then massively apply these tools on existing and forthcoming data obtained at the Very Large Telescope (VLT; Chile) to detect new planets.

She/He will be given the opportunity to lead his/her own observing programs, and participate in the scientific preparation of the ongoing instruments VLT-SPHERE+ and ELT-HARMONI which will soon offer additional opportunities for detecting and characterizing such planets. The algorithms and discoveries will be published in reference papers and the codes publicly released.

Work context

The student will be co-supervised by Mickaël BONNEFOY and Philippe DELORME at IPAG (Grenoble, France) and Ferréol SOULEZ at CRAL (Lyon, France). The student will work within the framework of the ANR project FRAME hosted at IPAG and coordinated by M. BONNEFOY. FRAME is focused on protoplanet detection and characterization. As such, He/She will be part of vibrant teams of researchers including astronomers expert in star formation and exoplanets and data scientists. She/He will also collaborate closely with experts in signal processing in the local area (Grenoble, Saint-Etienne, Lyon).

Profile

We are looking for a Master Student with a background in Data Science and strong interest in astrophysics. The student should show a proficiency for solving complex problems rigorously and for dealing with data and algorithms. She/He should have excellent writing skills in English (French is a plus) and be able to present her/his work. Teamwork skill is essential.

Requirements

Master Degree in Applied Mathematics, Signal Processing, Data Science

Knowledge of spectroscopy and imaging. Knowledge of hyperspectral imaging is appreciated.
Coding skills in Python. Knowledge of Julia and Matlab are a plus.
Writing skills in English

Location

Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble
414 Rue de la Piscine
38400 SAINT-MARTIN D'HÈRES
FRANCE

References

[1] Haffert et al. 2019, Nature Astronomy, 3, 749

<https://arxiv.org/pdf/1906.01486.pdf>

[2] Berdeu et al. 2020, A&A, 635, 90

<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2020/03/aa36890-19.pdf>

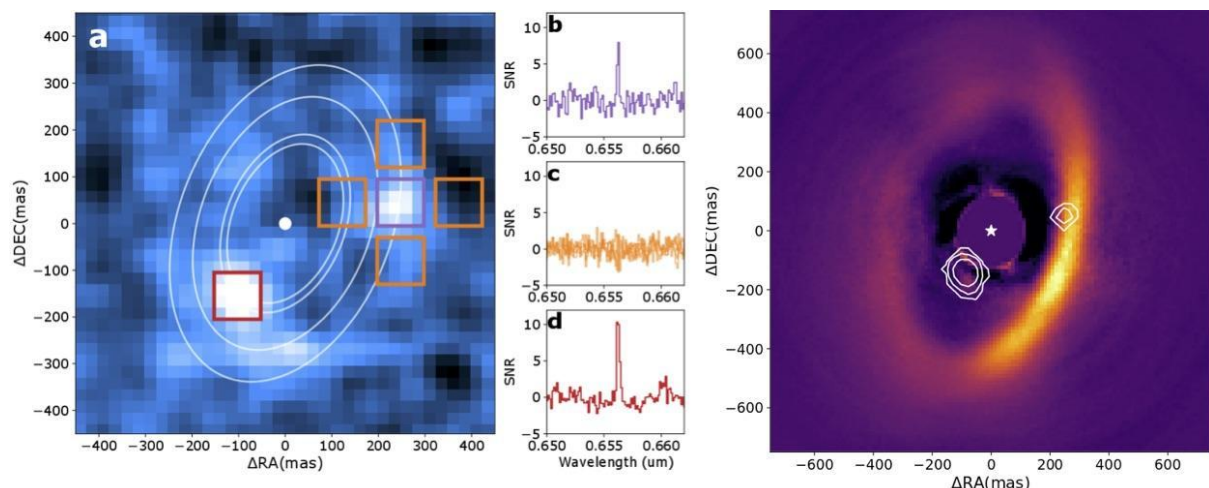


Figure 1: Detection of the sparse signals of two forming planets (red and violet squares on the left panel image) in hyperspectral data (VLT/MUSE; source: Haffert et al. 2019)

Détection de Planètes en Formation par Spectroscopie Intégrale de Champ

Contexte

Plus de 4500 exoplanètes ont été découvertes. La majorité des systèmes connus se sont formés il y a plusieurs milliards d'années. Les détections récentes par imagerie directe de planètes en cours de formation [1], à des âges de quelques millions d'années, ouvrent une nouvelle fenêtre observationnelle sur l'évolution précoce des systèmes planétaires.

Ces découvertes ont été rendues possibles grâce à des systèmes d'optique adaptative performants couplés à des spectrographes intégraux de champ (IFS), produisant des données hyperspectrales à

haute résolution spatiale et spectrale. La diversité des données peut être utilisée pour soustraire le halo stellaire brillant et isoler le signal faible et parcimonieux de la planète. Un large potentiel existe pour améliorer l'ensemble de la stratégie d'analyse de ces données et ainsi accroître nos capacités de détection.

Projet

L'étudiant sera responsable du développement, de l'implémentation (test et validation), et du déploiement d'algorithmes novateurs pour l'analyse des données IFS afin d'accroître nos capacités de détection des planètes en formation. Le travail sera organisé autour de trois axes :

- l'étudiant adaptera des méthodes spécifiques [2] pour améliorer la qualité des étapes de pré-traitement des données hyperspectrales et diminuer ainsi le taux de faux positifs.
- Elle/Il proposera et adaptera des algorithmes pour détecter les signaux planétaires parcimonieux dans des données traitées de manière optimale (reconnaissance de motifs, etc).
- Elle/Il appliquera massivement ces outils sur des données obtenues avec le Very Large Telescope (VLT; Chili) dans le but de détecter de nouvelles planètes.

Il sera donné l'opportunité à l'étudiant[e] de proposer et conduire ses propres programmes d'observation et de participer à la préparation scientifique des instruments VLT/SPHERE+ et ELT/HARMONI qui offriront prochainement de nouvelles opportunités de détection et de caractérisation des planètes en formation. Les algorithmes et les découvertes d'exoplanètes seront publiés dans les articles de références et les codes mis en ligne.

[1] Haffert et al. 2019, Nature Astronomy, 3, 749

<https://arxiv.org/pdf/1906.01486.pdf>

[2] Berdeu et al. 2020, A&A, 635, 90

<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2020/03/aa36890-19.pdf>

Contexte de travail

L'étudiant[e] sera co-encadré[e] par Mickaël BONNEFOY et Philippe DELORME à l'IPAG (Grenoble, France) et Ferréol SOULEZ au CRAL (Lyon, France). Elle/Il travaillera au sein du projet ANR FRAME coordonné par M. BONNEFOY. FRAME s'intéresse à la détection et la caractérisation des protoplanètes. En intégrant le projet, Elle/Il collaborera étroitement avec des astronomes experts en formation stellaire et planétaire et des experts en science des données dans la région (Grenoble, Saint-Etienne, Lyon).

Profile

Nous sommes à la recherche d'un étudiant titulaire d'un Master ou équivalent en Science des Données ou en Physique (Instrumentation) avec un fort attrait pour l'astronomie. L'étudiant devra être en capacité de résoudre des problèmes complexes de manière rigoureuse et de s'appropriier des données et des algorithmes. Elle/Il doit avoir d'excellentes capacités à rédiger en anglais et à présenter son travail. Le travail en équipe est essentiel.

Pré-requis

Diplôme de master en mathématiques appliquées, physique (optique), traitement du signal

Connaissance en spectroscopie et imagerie. Des connaissances en imagerie hyperspectrale sont un plus.

Connaissance du langage Python. Des connaissances en langage Julia et Matlab sont un plus.

Maîtrise de l'anglais.

Localisation

Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble

414 Rue de la Piscine

38400 SAINT-MARTIN D'HÈRES

FRANCE

References

[1] Haffert et al. 2019, Nature Astronomy, 3, 749

<https://arxiv.org/pdf/1906.01486.pdf>

[2] Berdeu et al. 2020, A&A, 635, 90

<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2020/03/aa36890-19.pdf>

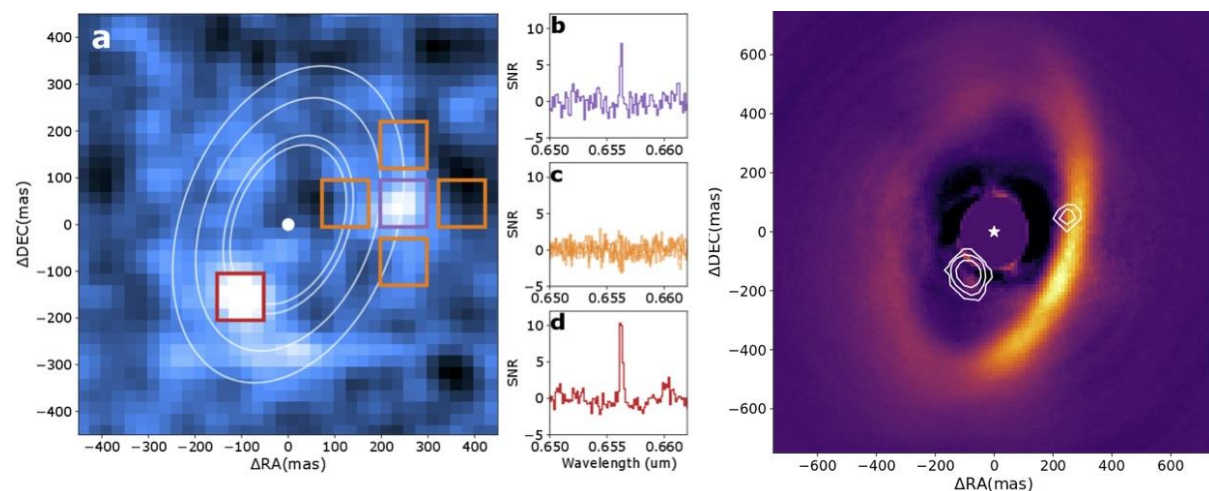


Figure 1: A droite: identification des signaux parcimonieux de planètes en formation dans des données hyperspectrales. A droite: Les deux planètes sont localisées dans la cavité d'un disque de gaz et de poussière entourant l'étoile jeune PDS70.