

Proposition de sujet de stage M2 pour printemps 2024

Contribution des taches et plages stellaires à travers le diagramme HR et impact sur la détection des exoplanètes

Responsable du stage : Nadège Meunier, Astronome

Lieu du stage : Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble

La détection et la caractérisation d'exoplanètes est un domaine en pleine expansion. Plus de 5000 planètes ont été détectées à ce jour, en grande partie par des méthodes indirectes. Il reste cependant encore extrêmement difficile de détecter des planètes de masse terrestre, et aucune ne l'a été autour d'étoiles de type solaire. Cette limitation est actuellement due à la présence de la variabilité stellaire, qui impacte très fortement les mesures basées sur la technique des vitesses radiales. Repousser les limites de détection, et la possibilité de caractériser ces planètes lorsqu'elles ont été détectées par transit, sont des axes de recherche essentiels dans les années à venir (en particulier avec PLATO) et dans lesquels notre équipe est très impliquée.

Nous avons développé un modèle permettant de générer des séries temporelles réalistes de variabilité stellaire en vitesse radiale pour des étoiles de type F-G-K ainsi que des observables représentant des indicateurs d'activité stellaire, en nous appuyant sur notre excellente connaissance de la variabilité solaire (Lagrange et al. 2010, Meunier et al. 2010a,b, Borgniet et al. 2015, Meunier et al. 2019b). L'analyse des nombreuses séries synthétiques produites a déjà fourni de nombreux résultats intéressants depuis 2019, nous permettant de mieux comprendre l'origine de certaines limitations (Meunier et al. 2019c,e). Nous avons également montré que non seulement l'activité d'origine magnétique dominait, mais que la variabilité due aux champs de vitesse à différentes échelles dans la photosphère devait également être prise en compte : granulation, supergranulation (Meunier et al. 2015, 2019a, 2020b) et circulation méridienne (Meunier et al. 2020a). Une première analyse de performance a montré que l'utilisation des indicateurs usuels était largement insuffisante pour obtenir des estimations de masse par RV au niveau des 10% attendus dans le cadre de la mission PLATO pour des analogues terrestres, et que leur détection demandait une amélioration majeure des méthodes de prise en compte de l'activité stellaire (Meunier et al. 2023).

L'objectif du stage est d'étudier certaines propriétés stellaires pour améliorer les simulations existantes (pour les FGK) et permettre de les étendre aux naines M. Une propriété impactant significativement l'évolution temporelle à différentes échelles de temps est la contribution relative des taches (sombres) et plages (brillantes) à la variabilité stellaire. En effet, elles renseignent sur la variabilité due à l'atténuation du blueshift convectif dans les plages d'une part, et sur l'amplitude de la contribution des taches relativement à cette contribution. Dans le cas des étoiles de type solaire, de premiers travaux (e.g. Radick et al 1998, 2018) montre que les étoiles jeunes sont dominées par les taches, tandis que les plus âgées sont majoritairement dominées par les plages. Nos simulations (Meunier et al. 2019d) montre que pour ces dernières, l'inclinaison de l'étoile peut biaiser cette estimation.

Le stage proposé comportera deux volets :

1/ Dans un premier temps, une analyse de données photométriques et chromosphériques obtenues au sol sera effectuée pour un large échantillon de naines M. Nous avons effectué une analyse des

données chromosphériques HARPS, ainsi qu'une première analyse de données photométriques couvrant uniquement le début des données HARPS (Mignon et al 2023). L'objectif de ce travail sera de poursuivre cette analyse avec les données complémentaires afin d'avoir une meilleure adéquation entre les échantillonnages temporels des 2 séries.

2/ Dans un deuxième temps, nous préparerons l'analyse de grande envergure qui sera faites sur des données de la mission Gaia (DR4, release fin 2025, qui fournira toutes les séries temporelles), en utilisant les données déjà disponibles de la release DR3. Il s'agira en particulier de travailler sur la constitution de l'échantillon, à la fois pour les FGK et les M, de faire des tests sur des séries synthétiques en utilisant les échantillonnages temporels typiques des données Gaia et leurs incertitudes.

Prérequis : Python

Références :

Borgniet S., Meunier N., Lagrange A.-M. 2015 A&A 581, A133
Lagrange A.-M., Desort M., Meunier N. 2010 A&A, 512, A38
Meunier N., Lagrange A.-M., Desort M. 2010 A&A 519, A66
Meunier N., Lagrange A.-M., Desort M., 2010 A&A 512, A39
Meunier N., Lagrange A.-M., Borgniet S., Rieutord M. 2015 A&A 583, A118
Meunier N., Lagrange A.-M. 2019a A&A Letters 625, L6
Meunier N., Lagrange A.-M., Boulet Th., Borgniet S. 2019b A&A 627, A56
Meunier N., Lagrange A.-M. 2019c A&A 628, A12
Meunier N., Lagrange A.-M. 2019d A&A 629, A42
Meunier N., Lagrange A.-M., Cuzacq S. 2019e, A&A 632, A81
Meunier N. & Lagrange A.-M. 2020a A&A 638 A54
Meunier N. & Lagrange A.-M. 2020b A&A 642, A157
Dumusque X., Borsa F., Damasso M., et al. 2017 A&A 620, A47
Radick et al. 2018 ApJ 2018 855, 75
Radick et al. 1998 ApJS 118, 239
Mignon L., Meunier N., et al. 2023 A&A 675, A168