

Caractérisation des cycles d'activité magnétique du soleil et des étoiles

Characterization of magnetic activity cycles of the Sun and stars

DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

L'interaction des mouvements convectifs dans la couche convective externe des étoiles similaires au Soleil avec la rotation et le champ magnétique est à l'origine de l'apparition d'une dynamo qui est responsable des cycles d'activité magnétique. Ces cycles produisent des périodes de forte activité alternées par d'autres moins actives. Cette activité magnétique est très importante pour comprendre le développement et l'établissement de la vie comme on la connaît sur Terre ainsi que pour pouvoir améliorer la détectabilité des planètes autour des étoiles actives. En effet, une des sources de bruit les plus importants pour pouvoir détecter et caractériser les atmosphères des planètes de faible masse comme la Terre autour des étoiles comme le Soleil est liée à la variabilité magnétique. Mieux comprendre et mieux caractériser cette variabilité est donc extrêmement importante pour l'exploitation scientifique des données recueillies par les missions spatiales comme *Kepler*, TESS ou JWST de la NASA ainsi que les futurs satellites PLATO et ARIEL de l'ESA sur lesquelles le DAp/CEA est fortement impliqué dans son développement et exploitation.

Grâce aux données de plus de 25 ans obtenues par le satellite ESA/NASA SoHO (toujours en vol au tour du Soleil), l'étudiant commencera par caractériser sismiquement les variations des couches le plus externes du soleil au cours des deux derniers cycles d'activité (23 et 24) couvrant déjà plus de 26 ans. En particulier, nous souhaitons étudier l'énergie injectée dans les modes et son évolution pendant les dernières deux cycles et demi pour mieux comprendre leurs amplitudes et l'influence du magnétisme.

La deuxième partie de la thèse consistera à chercher des cycles d'activité dans les données de ~160,000 étoiles observées pendant 4 ans par le satellite *Kepler* et ainsi mieux préparer les outils nécessaires pour obtenir ces cycles des données de la mission PLATO. Pour cela un travail de simulation des conditions d'observation de NASA *Kepler* en utilisant des

données d'archive du soleil sera effectué. Il sera envisagé l'application des méthodes d'intelligence artificiel, IA, dans cette recherche.

Le satellite MIT/NASA TESS a déjà re-observé le champ de *Kepler* deux fois presque 10 et 12 ans après. Nous souhaiterons donc revisiter les étoiles les plus brillantes pour établir des possibles traces des cycles d'activité très longs. Il faudra utiliser des méthodes d'IA ainsi que des simulations pour bien valider les résultats.

Une fois ces outils permettant de caractériser le magnétisme de surface des étoiles mis en place, nous étudierons des techniques pour réduire ce bruit dans les séries temporelles pour chercher des planètes qui n'ont pas encore découvertes dans ces données.

En parallèle de ces études, l'étudiant participera à la caractérisation de bruit des étoiles à planètes candidates à des études d'atmosphères planétaires avec JWST et ARIEL, en collaboration avec d'autres membres du LDE3, pour mieux caractériser les modulations associées avec la rotation et au magnétisme de ces étoiles et ainsi permettre d'améliorer la caractérisation des atmosphères planétaires. Ces études pourraient être faits avec des données de TESS ou de suivi sol.

DESCRIPTION LABO/ENCADREMENT

L'étudiant(e) sera supervisé(e) par le Dr. (HDR) Rafael A. García, membre du Laboratoire Dynamique des Etoiles, des (Exo)-planètes, et de leur environnement du Département d'Astrophysique du CEA-IRFU-DRF. Le directeur est le responsable scientifique de l'instrument GOLF/SoHO ainsi que du développement de PLATO au DAp/IRFU.

Le LDE3 est un laboratoire de recherche composé d'une vingtaine de personnes et il est leader sur l'hélio- et l'astéro-sismologie, les études de la rotation et le magnétisme stellaires ainsi que des études des atmosphères stellaires. De plus, le LDE3 est directement impliqué dans l'exploitation de

l'instrument GOLF/SoHO, dans la préparation de la mission M3 ESA PLATO ainsi que leader dans l'étude des atmosphères planétaires avec JWST, et très fortement impliqué dans la préparation de la mission M4 ESA ARIEL.

FORMATION ET COMPETENCES

REQUISES

Master 2 en astrophysique. Une expérience en traitement des données serait un plus ainsi que sur des méthodes de IA.

COMPETENCES ACQUISES

Ce sujet de thèse permettra à l'étudiant de développer une connaissance de niveau international en physique solaire et stellaire, en modélisation et en traitement des données hélio- et astéro-sismiques et recherche des exoplanètes, champ de recherche en plein essor en astrophysique de nos jours avec les satellites SoHO/GOLF, SDO, Solar Orbiter, Parker Solar Probe, *Kepler*/K2, TESS, JWST, et dans un futur proche, PLATO et ARIEL.

COLLABORATIONS/PARTENARIATS

Cette thèse s'inscrit dans l'exploitation des missions SoHO/GOLF *Kepler*/K2, TESS, JWST ainsi que sur la préparation du segment sol de la mission M3 ESA PLATO. L'étudiant bénéficiera du large réseau de collaborateurs internationaux de Rafael A. Garcia et des autres membres du LDE3 (Europe, USA, et Australie) notamment pour l'utilisation des codes d'analyse sismiques et de son rôle de responsable du segment sol de l'analyse global de la dynamique (rotation et magnétisme) des étoiles de type solaire, ainsi comme des algorithmes sismiques pour la détection des propriétés globaux des étoiles de type solaire. Au cours de la thèse, le doctorant effectuera des séjours à l'étranger.

CONTACTS

Scientifique : Rafael A. Garcia

Phone : 0169082725

E-mail : Rafael.garcia@cea.fr