



Étude de la rotation de la surface des étoiles avec les données de la mission TESS de la NASA, à l'aide de techniques de filtrage par ondelettes et d'apprentissage profond.

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [D'Ap/LDE3](#)

Candidature avant le 01/10/2023

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [GARCIA Rafael A.](#)

+33 1 69 08 27 25

rafael.garcia@cea.fr

Autre lien <http://www.cosmostat.org>

Résumé

Pendant ce stage, nous proposons d'étudier la rotation de surface des étoiles en utilisant les données obtenues par le satellite de la NASA TESS. Pour cela, nous proposons d'améliorer les performances de l'algorithme d'apprentissage profond de Clayton et al. (2022) en développant un filtrage par ondelettes pour réduire les perturbations instrumentales visibles dans les séries temporelles.

Sujet détaillé

Les étoiles similaires au Soleil avec des enveloppes convectives externes développent une activité magnétique et des cycles comme conséquence de l'interaction entre, la rotation, la convection et les champs magnétiques. Grâce aux taches sombres et aux facules brillantes qui évoluent à leur surface, il est possible de mesurer la rotation moyenne de la surface des étoiles en utilisant de longs relevés photométriques comme ceux effectués par la mission Kepler de la NASA (par exemple Santos et al. 2019,2021) ou la mission TESS de la NASA :

Pendant ce stage, nous proposons d'étudier la rotation de surface en utilisant les données obtenues par TESS. TESS observe le ciel par sections de 27 jours avec quatre caméras regardant à différentes latitudes, couvrant un hémisphère complet du ciel après un an. Voir plus de détails ici :

<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/tess/primary.html>

Ainsi, seules les étoiles en rotation très rapide peuvent être étudiées en toute sécurité par cette mission spatiale avec les observations de 27 jours. Cependant, les étoiles proches des pôles écliptiques peuvent être observées pendant une année complète, et celles situées à des latitudes écliptiques élevées peuvent être observées en continu pendant plusieurs mois, ce qui permet d'observer des étoiles à rotation lente avec TESS.

Malheureusement, les observations de TESS souffrent de nombreux problèmes instrumentaux qui affectent la stabilité

des mesures, ce qui rend difficile l'étude des taux de rotation de surface. Pour atténuer ces problèmes, un algorithme basé sur l'apprentissage profond (« Deep Learning ») a été développé par Clayton et al. (2022) avec des résultats très prometteurs.

Dans ce stage, nous aimerions développer un algorithme de filtrage basé sur les ondelettes afin d'aller au-delà de l'algorithme actuel de Clayton et al. 2022 et de réduire les problèmes instrumentaux dans les données de TESS avant d'appliquer les techniques d'apprentissage profond mentionnées ci-dessus. Par conséquent, ce stage sera une introduction à la physique stellaire tout en permettant à l'étudiant de maîtriser les algorithmes modernes d'analyse de données tels que le filtrage par ondelettes et les algorithmes de « Machine Learning ».

Le stage se déroulera au Département d'Astrophysique (DAp) du CEA/Saclay. Il sera dirigé par Rafael A. García (AIM/CEA-DAp/LDE3) avec la co-direction de Jean-Luc Starck (AIM/CEA-DAp/COSMOSTAT) et de Zachary Clayton, Université de Floride (USA).

NASA TESS Mission:

<https://www.nasa.gov/tess-transiting-exoplanet-survey-satellite>

Clayton et al. 2022:

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac498f>

Santos et al. 2019, 2021

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ab3b56>

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ac033f>

Mots clés

Physique stellaire, rotation de surface, analyse de données, filtrage en ondelettes, apprentissage profond.

Compétences

Physique stellaire, rotation de surface, analyse de données, filtrage en ondelettes, apprentissage profond.

Logiciels

Python

Studying stellar surface rotation with (NASA) TESS mission data using wavelet filtering and deep learning techniques

Summary

During this internship, we propose to study the surface rotation of stars using data obtained by the NASA TESS satellite. To this end, we propose to improve the performance of the deep learning algorithm of Clayton et al (2022) by developing a wavelet-based filtering to reduce existent instrumental perturbations visible in the time series.

Full description

Stars similar to the Sun with external convective envelopes develop magnetic activity and cycles as a consequence of the interaction between, rotation, convection, and magnetic fields. Thanks to the dark spots and bright faculae evolving at their surfaces, it is possible to measure the average surface rotation of the stars using long photometric surveys such as the ones done by the NASA Kepler mission (e.g. Santos et al. 2019, 2021) or the NASA TESS mission:

During this internship we propose to study the surface rotation using the data obtained by TESS. TESS observes the sky in sections of 27days with four cameras looking at different latitudes, covering a full sky hemisphere after one year. See more details here:

<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/tess/primary.html>

Thus, only stars rotating very fast can be safely studied with this space mission with the 27d chunks. However, stars close to the ecliptic poles can be observed for a full year, and those at higher ecliptic latitudes can be observed continuously for several months allowing observations of slow rotating stars with TESS.

Unfortunately, TESS observations suffer many instrumental issues that affect the stability of the measurements, which make difficult the study of the surface rotation rates. To mitigate these issues, a deep learning-based algorithm was developed by Clayton et al. (2022) with very promising results.

In this internship we would like to develop a wavelet-based filtering algorithm in order to go beyond the current algorithm and reduce the instrumental features in the TESS data before applying the above mentioned deep learning techniques. Therefore, this internship will be an introduction to solar and stellar physics while allowing the student to master modern state of the art data analysis algorithms such as wavelet filtering and machine technique algorithms.

The internship will be at the Astrophysics Division (DAp) of the CEA/Saclay. It will be directed by Rafael A. García (AIM/CEA-DAp/LDE3) with the co-direction of Jean-Luc Starck (AIM/CEA-DAp/COSMOSTAT) and by Zachary Clayton, University of Florida (USA).

NASA TESS Mission:

<https://www.nasa.gov/tess-transiting-exoplanet-survey-satellite>

Clayton et al. 2022:

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac498f>

Santos et al. 2019, 2021

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ab3b56>

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ac033f>

Keywords

Stellar physics, Surface rotation, data analysis, wavelet filtering, deep learning

Skills

Stellar physics, Surface rotation, data analysis, wavelet filtering, deep learning

Softwares

Python