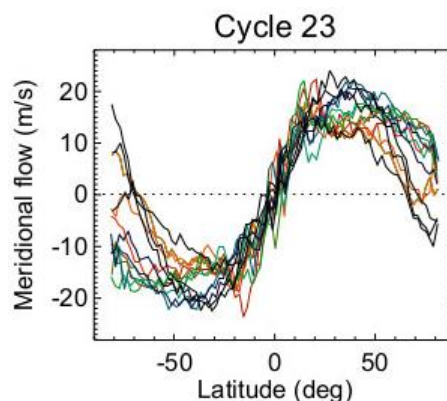
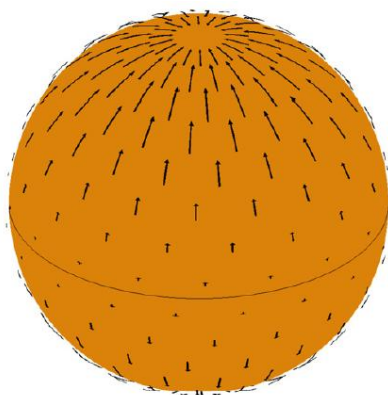


Recherche de signature de circulation méridienne pour des étoiles de type solaire

Superviseurs : Nadège Meunier, Lucile Mignon (IPAG/Grenoble)
Institut de planétologie et d'Astrophysique de Grenoble

La détection et la caractérisation d'exoplanètes est un domaine en pleine expansion. Plusieurs milliers de planètes ont été détectées à ce jour, en grande partie par des méthodes indirectes, dont la méthode des vitesses radiales. Il reste cependant encore extrêmement difficile de détecter des planètes de masse terrestre, en particulier en zone habitable autour de leur étoile hôte, et aucune ne l'a été autour d'étoiles de type solaire. Il est maintenant bien reconnu que cette limitation est due à la présence de la variabilité stellaire, qui impacte très fortement les mesures basées sur la technique des vitesses radiales. De nombreux processus, liés au magnétisme et à la dynamique stellaire, induisent en effet une variabilité significative à différentes échelles de temps des vitesses radiales mesurées. Une meilleure compréhension de ces processus pour un large échantillon d'étoiles est donc nécessaire. Réciproquement, les séries temporelles en vitesse radiales, étant sensibles à de nombreux phénomènes, sont précieuses pour apporter des informations sur les processus stellaires encore mal caractérisés.

Nous avons montré en 2020, dans le cas solaire, que la variabilité de la circulation méridienne (circulation vers les pôles à grande échelle, voir figure ci-dessous) au cours du cycle de 11 ans devait significativement impacter les vitesses radiales. S'il existe quelques prédictions théoriques pour des étoiles autres que le Soleil, la circulation méridienne n'a jamais été détectée en dehors du cas solaire. Nous avons engagé en 2025 une ré-analyse de données HARPS (spectrographe sur le télescope de 3.60m de La Silla, ESO) sur un petit échantillon d'étoiles afin d'identifier si des traces de cette circulation méridienne pouvaient être détectées. Les travaux préliminaires n'ont pas encore permis de conclure, mais ils ont également montré que cette approche pourrait également apporter des informations complémentaires sur la structure des régions magnétiques, en lien avec l'inhibition du blueshift convectif stellaire dans ces régions.



Circulation méridienne solaire, schématique (à droite, Makarov 2010) et profils latitudinaux au cours du temps (à droite, Meunier et al 2020, d'après Ulrich 2010)

Le stage permettra de reprendre cette ré-analyse de données HARPS avec un échantillon d'étoiles F-G-K plus important, en sélectionnant le maximum de séries temporelles longues, si possible avec une variabilité long-terme de type cycle. Nous avons deux objectifs :

1/ estimer si des écarts aux prédictions de variation attendue due au blueshift convectif de chaque étoile peuvent être l'effet de la circulation méridienne, ce qui constituerait une première en dehors du cas solaire bien connu.

2/ explorer en détail la très faible variation observée en vitesse radiale (très inférieure à ce qui est attendu de son blueshift convectif et de sa variabilité) pour une étoile K de très faible masse, en recherchant d'autres cas, en examinant en détail la variabilité à l'échelle de la rotation et sur des périodes longues, et en proposant une interprétation.

Pour ces deux objectifs, la comparaison avec le comportement à l'échelle de la rotation (peut-être conjointement avec des données TESS) et la caractérisation de certaines propriétés des étoiles de l'échantillon ($v \cdot \sin(i)$) pourra aider l'interprétation (comparaison amplitudes, inclinaison). L'analyse de certaines séries devra prendre en compte la contribution de d'exoplanètes publiées au signal en vitesses radiales.

Pré-requis : Python, notions de physique stellaire

Quelques références

Makarov V., ApJ 715, 500 (2010)

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2010ApJ...715..500M/abstract>

Meunier N. & Lagrange A.-M., A&A 638, A54 (2020)

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020A%26A...638A..54M/abstract>

Meunier N., Comptes Rendus. Physique, vol. 24, issue S2, id. 140 (2024)

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024CRPhy..24S.140M/abstract>