

---

## Master thesis : Exoplanet Orbital Characterization Using Simulation-Based Inference

**Auteur** : Ruth, Matteo

**Promoteur(s)** : Louppe, Gilles; Absil, Olivier

**Faculté** : Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme** : Master : ingénieur civil en science des données, à finalité spécialisée

**Année académique** : 2023-2024

**URI/URL** : <http://hdl.handle.net/2268.2/20393>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

---

## Exoplanet Orbital Characterization Using Simulation-Based Inference

---

A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of  
*Master of Science (MSc) in Data Science and Engineering*

### Abstract

This thesis aims at leveraging advances in deep learning, particularly simulation-based inference, to enhance the orbital parameter characterization of exoplanets. The current methods, like MCMC, are computationally expensive and slow to converge. Using Normalizing Flows and the expected forward Kullback-Leibler divergence as a loss function to train the model, we reproduced the results of the state-of-the-art method,  $\alpha$ -DPI.

However, the non-amortized nature of this approach limited its generalizability, necessitating retraining for new datasets or additional observations of the exoplanet  $\beta$ -Pic b. To address these limitations, a generic model for exoplanet astrometry was developed using a ResMLP as an embedding network. Using different experiments, we showed that this generic model was able to infer the posterior of the orbital parameters of all four planets of the HR 8799 system, significantly reducing the computational effort compared to MCMC.

Despite these advancements, challenges remain, particularly in generalizing the model across exoplanets from different systems, as this generic model could not infer the posterior of the orbital parameters of  $\beta$ -Pic b.