

PANOPTICON: détection de transits dans des courbes de lumières brutes *PLATO*

H. G. Vivien¹ and M. Deleuil¹

¹*Aix Marseille Univ, CNRS, CNES, LAM, Marseille, France*

Mai 14-16, 2024

Un des plus gros obstacles dans le domaine des transits est la détection initiale des signaux planétaires dans les courbes de lumière. Bien que cette difficulté soit multifactorielle, elle provient principalement de l'activité stellaire de l'étoile hôte et de la faible profondeur des transits des exoplanètes. L'activité stellaire varie sur une gamme d'échelles de temps, avec des effets à la fois plus courts et plus longs que les transits eux-mêmes. Cela rend la suppression de l'activité une tâche complexe qui pourrait déformer, voire effacer, les transits. La détection des transits eux-mêmes –à condition qu'ils survivent au processus de filtrage– reste un défi, reposant généralement sur des méthodes se basant sur la périodicité.

Dans le cadre de la future mission *PLATO* (Rauer et al., 2014), dont le lancement est prévu en 2026, nous proposons une méthode permettant de rechercher directement les transits dans les courbes de lumière brutes. La détection d'analogues de la Terre étant l'un des objectifs déclarés de *PLATO*, et leurs transits étant à la fois peu profonds et de longue période, une méthode de détection efficace est souhaitable.

Nous proposons un nouveau modèle d'apprentissage automatique, appelé PANOPTICON, basé sur des architectures *Unet* modifiées (Ronneberger et al., 2015; Zhou et al., 2018; Huang et al., 2020) pour fonctionner avec des données unidimensionnelles. Cette approche permet d'extraire des caractéristiques sur différentes échelles de temps et de les recombinaison en utilisant les plus grandes pour contextualiser les plus petites. Cela convient parfaitement à l'analyse de la nature des signaux évoluant sur plusieurs échelles de temps, comme c'est le cas des courbes de lumière avec une activité stellaire. Le modèle génère une carte de probabilité des transits, sans avoir à se baser sur une hypothèse préalable du nombre de transits dans le signal d'entrée. Pour entraîner et évaluer le modèle, nous générons un ensemble de données de plus de 15 000 courbes de lumière en utilisant le code *PlatoSim* et sa suite associée *Platonium* (Janssen et al., 2024), le simulateur de pointe de la mission. Celui-ci prend en compte l'activité stellaire et les bruits de la plateforme, et les injecte au niveau du pixel. Cet ensemble de données est construit pour être représentatif d'un large éventail de paramètres planétaires et d'étoiles hôtes, afin de pouvoir comparer les performances du modèle dans de nombreux scénarios différents.

À l'heure actuelle, nous sommes capables de récupérer de manière systématique des planètes avec une profondeur de transit supérieure à ~ 150 ppm, atteignant $\sim 100\%$ au-dessus de 200 ppm. La fraction de faux positifs (False Alarm Rate; FAR) associée à ces détections est d'environ 1%. En modifiant le seuil sur le score de confiance du modèle pour les détections, la FAR peut être ramené à $\sim 0.1\%$ tout en détectant de manière fiable les transits supérieurs à 200 ppm. Enfin, on note que la période orbitale de la planète n'a que peu ou pas d'impact sur le taux de récupération.

Le modèle montre déjà des résultats prometteurs. Il est capable d'identifier les transits de manière systématique, indépendamment de leur périodicité, avec un faible taux de fausses alarmes. Afin d'améliorer les capacités du modèle pour les transits de faible profondeur, nous travaillons sur une version basée sur la physique qui utilise les informations disponibles sur l'étoile hôte (Physics Informed Neural Network). À l'avenir, nous envisageons également de prendre en compte les courbes des centroïdes pour fournir une classification précoce de la nature du signal (planétaire, binaire ou événement de fond). De plus, nous développons des versions du modèle pour les missions *TESS* et *Kepler* afin d'évaluer ses performances sur des données réelles.

References

- Huang, H., Lin, L., Tong, R., Hu, H., Zhang, Q., Iwamoto, Y., Han, X., Chen, Y.-W., and Wu, J. (2020). UNet 3+: A Full-Scale Connected UNet for Medical Image Segmentation. *arXiv e-prints*, page arXiv:2004.08790.
- Janssen, N., De Ridder, J., Seynaeve, D., Regibo, S., Huygen, R., Royer, P., Paproth, C., Grießbach, D., Samadi, R., Reese, D. R., Pertenais, M., Grolleau, E., Heller, R., Niemi, S. M., Cabrera, J., Börner, A.,

- Aigrain, S., McCormac, J., Verhoeve, P., Astier, P., Kutrowski, N., Vandenbussche, B., Tkachenko, A., and Aerts, C. (2024). PlatoSim: an end-to-end PLATO camera simulator for modelling high-precision space-based photometry. , 681:A18.
- Rauer, H., Catala, C., Aerts, C., and the PLATO consortium (2014). The PLATO 2.0 mission. *Experimental Astronomy*, 38(1-2):249–330.
- Ronneberger, O., Fischer, P., and Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *arXiv e-prints*, page arXiv:1505.04597.
- Zhou, Z., Mahfuzur Rahman Siddiquee, M., Tajbakhsh, N., and Liang, J. (2018). UNet++: A Nested U-Net Architecture for Medical Image Segmentation. *arXiv e-prints*, page arXiv:1807.10165.