



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES
Département d'astronomie

Prof. Dr David Ehrenreich
Professeur associé
+41 (0)22 379 23 90
david.ehrenreich@unige.ch

Dr Christophe Lovis
Maître d'enseignement et de recherche
+41 (0)22 379 24 07
christophe.lovis@unige.ch

Observatoire astronomique
Chemin Pegasi 51
1290 Versoix
Suisse

À l'attention des jurys d'admissibilité des sections 17 et 19 du CNRS

Versoix, le 7 janvier 2021.

Chères et chers Collègues,

Nous avons le plaisir d'écrire en commun cette lettre de référence pour la candidature de Martin Turbet au poste de Chargé de recherche au CNRS. Martin Turbet effectue actuellement un post-doctorat Marie Curie à l'observatoire de l'Université de Genève, au sein de l'équipe Exoplanètes¹. Nous sommes les co-superviseurs de Martin Turbet depuis janvier 2019.

Notre équipe regroupe une soixantaine de personnes : chercheurs et chercheuses travaillant sur la thématique des exoplanètes, ingénieur·es, technicien·nes et personnel administratif travaillant sur les différents projets sur lesquels nous sommes impliqués. Cette équipe, l'une des plus grandes dédiées aux exoplanètes au niveau mondial, a été fondée par Michel Mayor (prix Nobel de physique 2019), à l'origine de ce domaine depuis la découverte de 51 Pegasi b en 1995. Ses collaborateurs et collaboratrices jouent des rôles importants de *principal investigator*, *project scientist* ou *co-investigator* dans de nombreux projets d'instruments au sol et dans l'espace. Nous citerons comme exemples la mission spatiale *CHEOPS* (ESA) lancée le 18 décembre 2019 et dont le centre des opérations scientifiques est à Genève, le spectrographe de dernière génération ESPRESSO qui équipe le Very Large Telescope de l'ESO au Chili, les spectrographes en cours de développement NIRPS, RISTRETTO et HIRES. Tandis que *CHEOPS* s'attache à mesurer très précisément la densité d'exoplanètes déjà connues—un ingrédient essentiel des modèles de structure interne des planètes, nos spectrographes conçus pour détecter de nouvelles exoplanètes nous permettent également d'en sonder les atmosphères lors de transits. La caractérisation des atmosphères d'exoplanètes est devenue au cours des dernières années l'un des principaux centres d'intérêts de notre équipe. Les atmosphères sont notre unique fenêtre d'observation vers la compréhension des processus physiques, chimiques et climatiques à l'œuvre sur ces mondes lointains et inaccessibles à l'exploration in-situ.

Une voie très prometteuse pour mieux comprendre les exoplanètes consiste à utiliser les planètes du Système solaire comme analogue : les connaissances détaillées et tridimensionnelles obtenues par l'exploration in-situ et la modélisation par *General Circulation Model* (GCM) peuvent être intégrées et comparées aux informations intégrées spatialement obtenues pour les exoplanètes. En retour, les exoplanètes offrent des conditions extrêmes qui permettent de pousser les GCMs utilisés pour le Système solaire et comprendre de nouveaux phénomènes climatiques inédits. C'est tout le sens de la démarche remarquable de

¹ <https://www.unige.ch/sciences/astro/exoplanets/fr/>

Martin Turbet qui, formé aux GCMs de référence du Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) à Paris, a choisi de sortir de sa zone de confort en venant travailler dans une équipe « exoplanète » pour enrichir son parcours. Cette démarche n'est pas sans risques, car une très grande expertise des modèles est requise pour ne pas les utiliser en dehors de leur domaine d'applicabilité. Depuis son arrivée à Genève, nous avons été fortement impressionnés par la maturité et la précocité scientifique de Martin Turbet, qui se distingue parmi la dizaine de post-doctorant·es de l'équipe.

S'il n'est pas possible d'étudier une exoplanète aussi précisément qu'une planète du Système solaire, il est en revanche possible d'utiliser le nombre important d'exoplanètes connues pour en tirer des contraintes statistiques. Après avoir étudié pendant sa thèse les climats possibles de deux exoplanètes de masse terrestre dans la « zone habitable » autour des étoiles Proxima et TRAPPIST-1, Martin Turbet a très rapidement pris l'initiative, dès son arrivée à Genève, d'étendre ces études de cas individuels vers des populations d'exoplanètes. Il a ainsi démontré, en utilisant le GCM du LMD, que des exoplanètes de type terrestre subissant un emballement de l'effet de serre (*runaway greenhouse effect*) devraient avoir un rayon mesuré (lors de transits) enflé par une couche d'eau atmosphérique optiquement épaisse (Turbet et al. 2019, *A&A* **628**, A12). Cet effet, baptisé *runaway greenhouse radius inflation* par Martin Turbet, serait détectable dans des cas particuliers par *CHEOPS* et mesurable pour des populations d'exoplanètes proche de leur « zone habitable » par la future mission *PLATO* de l'ESA (prévue pour 2026+). La détection de cet effet validerait observationnellement le concept même de « zone habitable ». Martin Turbet a poussé cette première étude pour en extraire une nouvelle relation masse-rayon pour les exoplanètes de masse terrestre riche en éléments volatils (dites « planètes-océans » ; Léger et al. 2004 ; Sotin et al. 2007). Jusqu'à présent, ces relations négligeaient la contribution de l'atmosphère au rayon de la planète. Or, cette contribution est importante pour des exoplanètes subissant l'effet du *runaway greenhouse radius inflation*. Cette nouvelle relation masse-rayon (Turbet et al. 2020, *A&A* **638**, A41) est actuellement la plus prometteuse pour interpréter les tailles des exoplanètes proches de la zone habitable dans le système TRAPPIST-1.

L'étape suivante du plan de recherche de Martin Turbet concerne la traduction de ces effets climatiques en diagnostics spectroscopiques décelables non seulement grâce au futur *James Webb Space Telescope*, mais également par de nouveaux spectrographes au sol. C'est le cas du projet RISTRETTO, mené par notre équipe, qui a pour but de combiner une optique adaptative de haute performance avec un spectromètre à haute résolution afin d'étudier pour la première fois certaines exoplanètes proches en lumière réfléchie. Ce concept novateur est considéré comme l'un des plus prometteurs dans le contexte des futurs Extremely Large Telescopes (ELTs), et permettra d'obtenir des détections à haute résolution spectrale de bandes moléculaires sur des exoplanètes rocheuses en zone habitable, comme par exemple Proxima b. Les outils de modélisation développés par Martin Turbet jouent ici un rôle essentiel pour simuler et interpréter ces futures observations, et Martin travaille actuellement à la définition des cas scientifiques des instruments RISTRETTO (VLT) et HIRES (ELT). Il fait ainsi œuvre de pionnier sur un créneau observationnel appelé à se développer fortement ces prochaines années au sein du domaine des exoplanètes.

Martin Turbet a bâti, en toute autonomie, un plan de recherche structuré et d'une grande maturité. Nous en voulons pour preuve l'obtention tout à fait exceptionnelle d'une prestigieuse bourse de recherche européenne Marie Curie moins de 6 mois après sa soutenance de thèse. Cette bourse a été suivie par l'obtention d'un subside de la fondation Gruber, utilisé par Martin Turbet pour étendre son réseau de collaboration international, ainsi que de plusieurs prix de thèse. Martin Turbet jouit déjà d'une excellente renommée, comme l'atteste le nombre de contributions invitées à des conférences internationales. Deux ans après sa thèse, il possède déjà **un nombre très élevé (12) d'articles en premier auteur** dans des revues de premier plan tant au niveau de l'astrophysique que de la planétologie. Cela témoigne d'un remarquable degré d'expertise à l'interface entre ces deux champs d'étude. Nous sommes particulièrement impressionnés par le dynamisme et l'envergure de Martin Turbet, qui se pose d'ores-et-déjà comme l'un des tout meilleurs spécialistes des exoplanètes « terrestres ». Nous soutenons fortement sa candidature à vos sections.

Veillez agréer, chères et chers collègues, nos respectueuses salutations,

David Ehrenreich



Christophe Lovis

