

Étude de l'évolution complète de l'emballement de l'effet de serre à l'aide d'un modèle 3D de climat global (GCM)

Guillaume Chaverot, Emeline Bolmont et Martin Turbet

La nouvelle génération de télescopes permettra de détecter un nombre croissant de petites exoplanètes rocheuses tempérées (ex: PLATO, NIRPS, ExTrA) et de caractériser (ex: JWST, RISTRETTO, HIRES, METIS) les meilleures cibles d'entre elles. L'emballement de l'effet de serre [1-4] est un processus important pour les planètes terrestres, étudié en particulier pour déterminer la limite intérieure de la zone habitable (ZH). Cette phase transitoire délimite également deux familles possibles d'atmosphères telluriques [5].

La limite intérieure de la ZH est généralement définie par le calcul de la limite asymptotique de l'émission thermique de la planète (OLR = Outgoing Longwave Radiation), également appelée limite de Simpson-Nakajima. En utilisant un modèle radiatif-convectif 1D, nous avons montré [6] qu'un gaz radiativement inactif comme l'azote (N₂) modifie fortement l'OLR de l'atmosphère et peut étendre le bord interne de la ZH vers l'étoile hôte [7]. Nous avons également souligné l'importance de certains processus physiques parfois considérés comme des processus de second ordre (ex: l'élargissement collisionnel des raies d'absorption de l'eau).

Dans la continuité de ce travail, nous utilisons un modèle 3D de climat global, le Modèle Générique du LMD, pour étudier le déclenchement de l'emballement de l'effet de serre pour le même type d'atmosphères. Notre objectif est de relier ces simulations à température modérée aux résultats obtenus à haute température (au-delà de l'emballement de l'effet de serre dans la phase dite « post-runaway ») pour des planètes similaires [8-10]. Ceci est nécessaire pour avoir une vue d'ensemble complète de cette transition, en prenant en compte tous les processus climatiques globaux. Nous comparons également les résultats des simulations 3D et 1D, sur la base des conclusions de notre précédente étude [6], afin de mieux comprendre la contribution des processus intrinsèquement tridimensionnels comme les nuages et la dynamique atmosphérique à grande échelle.

References

- [1] Komabayasi, M. 1967, Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II
- [2] Ingersoll, A. 1969, Journal of the Atmospheric Sciences
- [3] Nakajima, S., Hayashi, Y.-Y., & Abe, Y. 1992, Journal of the Atmospheric Sciences
- [4] Goldblatt, C. & Watson, A. J. 2012, Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences
- [5] Hamano, K., Abe, Y., Genda, H. 2013, Nature
- [6] Chaverot G., Bolmont, E., Turbet, M., Leconte, J. 2022, Astronomy & Astrophysics
- [7] Goldblatt, C., Robinson, T. D., Zahnle, K. J., & Crisp, D. 2013, Nature Geoscience
- [8] Turbet, M., Ehrenreich, D., Lovis, C. et al. 2019, Astronomy & Astrophysics,
- [9] Turbet, M., Bolmont, E., Chaverot, G., et al. 2021, Nature
- [10] Boukrouche, R., Lichtenberg, T. & Pierrehumbert, R. 2021, The Astrophysical Journal