

Authors : Valentin De Lia, Vivien Parmentier, Julia V. Seidel

English Version

Vertical wind shears of KELT-20b unveiled with MAROON-X

The golden era of exoplanet characterization has just started with the increasing number of exoplanet observations, and the design of accurate data analysis methods. In particular, High-Resolution Spectroscopy (HRS) has recently demonstrated that it is a powerful tool to investigate not only the chemical composition, but also the dynamical structure of exoplanets. We recently achieved one of the highest signal-to-noise ratio (S/N) observation ever obtained for an exoplanet, with the MAROON-X spectrograph located at the 8-meter-class Gemini telescope, enabling an in-depth study of the Ultra-Hot Jupiter KELT-20b.

Our observations allowed us to directly measure the vertical wind shear of KELT-20b with unprecedented precision. In order to do that, we used 9 different chemical species that act as numerous probes of the different layers of the atmosphere. We found that the standard contribution method used to determine the layers probed by each detected species was strongly biased when applied to cross-correlation HRS. We therefore developed a more robust method to estimate which layers were actually probed by the data, enabling the precise measurement of the wind gradient in KELT-20b. Due to the high quality of our observation, we could further split the iron contribution into weak and strong lines and confirm the vertical wind gradient both with multi-species and single-species measurements.

We measured that the wind speed decreases with altitude, ranging from 12 km/s at $1e-3$ bar to 6 km/s at $1e-6$ bar. This decreasing trend with altitude challenges current hydrodynamical Global Circulation Models (GCMs), which predict the opposite. We interpret this by the presence of magnetic drag that dampens the low pressures more importantly, since they are highly ionized parts of the atmosphere. Using both GCMs with active magnetic drag and energy balance models from Koll & Komacek 2018, we find that our data are compatible with magnetically driven circulation, provided that the atmospheric magnetic field is at most a few Gauss. By using multiple species on one planet we come to the same conclusion to a recent population-level study targeting one species in multiple planets, cross-validating our results

Auteurs : Valentin De Lia, Vivien Parmentier, Julia V. Seidel

Version Française

Le gradient vertical de vent de KELT-20b, dévoilé par MAROON-X

L'âge d'or de la caractérisation des exoplanètes a tout juste commencé avec l'augmentation drastique du nombre d'observations, couplée à la mise en place de méthodes fiables d'analyse de données. En particulier, la Spectroscopie à Haute-Résolution (SHR) a récemment démontré sa capacité à déterminer non seulement la composition chimique, mais aussi la structure dynamique des exoplanètes. Nous avons récemment réalisé l'une des observations avec le plus haut rapport signal à bruit pour une exoplanète, grâce au spectrographe MAROON-X installé au télescope Gemini de 8 mètres. Cela a permis de caractériser en profondeur l'atmosphère du Jupiter Ultra Chaud KELT-20b.

Ces observations nous ont permis de directement mesurer le gradient vertical de vent de KELT-20b avec une précision sans précédent. Nous avons utilisé 9 espèces chimiques différentes pour sonder les différentes couches de pression de l'atmosphère. Nous avons trouvé que les fonctions de contributions standards, permettant de déterminer la couche associée à chaque espèce, n'étaient pas adaptées à la SHR. Par conséquent, nous avons développé une nouvelle méthode robuste permettant d'estimer ces couches de pressions, ce qui a permis la mesure précise du gradient vertical de vent de KELT-20b. Grâce à la qualité remarquable des observations, nous avons pu séparer en deux la contribution du fer en prenant sélectivement en compte les raies spectrales peu ou fortement profondes. Cela a confirmé le gradient vertical de vitesse avec à la fois des mesures multi-espèces et mono-espèce.

Nous avons mesuré une diminution de la vitesse de vent avec l'altitude, allant de 12 km/s à 1e-3 bar jusqu'à 6 km/s à 1e-6 bar. Cette tendance à la baisse avec l'altitude défie les actuels Modèles Globaux de Circulations (MGCs) hydrodynamiques, qui prédisent le contraire. Nous interprétons cela par la présence de freinage magnétique qui aurait une intensité plus importante à basse pression, car ces parties de l'atmosphère seraient plus ionisées. En utilisant à la fois des MGCs avec un freinage magnétique actif, et des modèles à équilibre énergétique issus de Koll & Komacek 2018, nous trouvons que les données sont compatibles avec une circulation dominée par les effets magnétiques. Nous contraignons alors le champ magnétique atmosphérique à être, au plus, égal à quelques Gauss. En utilisant plusieurs espèces pour une unique planète, nous arrivons aux mêmes conclusions qu'une récente étude utilisant une unique espèce, mais pour plusieurs exoplanètes, ce qui valide nos résultats.