



Spectrophotométrie de transit d'exoplanète

Une nouvelle contribution au projet ExoClock ?

Marquette, J.B.^{(1),(2)}

(1) : SAF – SF2A

(2) : Projet ExoClock



Le contexte

La mission spatiale ARIEL (*Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey*), a été sélectionnée comme quatrième mission de classe moyenne dans le cadre du programme *Cosmic Vision* de l'ESA, pour un lancement prévu à l'horizon 2029.

Au cours de sa mission de quatre ans, ARIEL étudiera la composition des exoplanètes, leur formation et leur évolution, en surveillant un échantillon varié d'environ 1000 planètes extrasolaires, simultanément dans les longueurs d'onde du visible et de l'infrarouge. Il s'agit de la première mission dédiée à la mesure de la composition chimique et des structures thermiques de centaines d'exoplanètes en transit, permettant une science planétaire bien au-delà des frontières du Système solaire.

Pour que cette technique soit aussi efficace que possible et pour organiser une étude à grande échelle, nous devons avoir une bonne connaissance du temps de transit prévu de chaque exoplanète et surveiller la variabilité stellaire de son étoile hôte. Le groupe de travail sur les éphémérides d'ARIEL est responsable de la mise à jour de ces informations et c'est là que les télescopes de petite et moyenne taille peuvent apporter une contribution significative et faire la différence, grâce au projet *ExoClock*.

Le projet repose essentiellement sur le suivi photométrique de transits d'exoplanètes par un réseau de petits télescopes dont une large contribution est de la part des astronomes amateurs. La méthode exposée ici leur permettrait-elle d'étendre leur domaine d'intervention ?

La méthode

Elle a été proposée par Jean-Christophe Dalouzy, il l'a détaillée dans une vidéo YouTube sur la chaîne de Shelyak (lien ci-dessous, voir surtout la seconde moitié de la présentation).

La mission ARIEL a été spécifiquement conçue pour sonder l'atmosphère de divers types d'exoplanètes pendant un transit au moyen d'instruments de spectroscopie basse résolution dans le domaine de l'infrarouge proche. *A priori*, la spectroscopie d'atmosphères d'exoplanètes est un domaine hors d'atteinte des possibilités instrumentales des astronomes amateurs. Quoique...

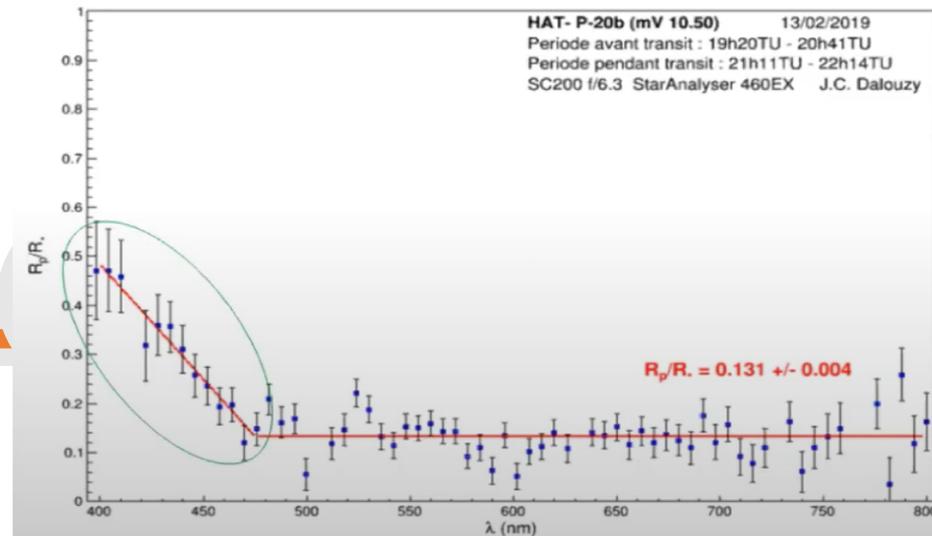
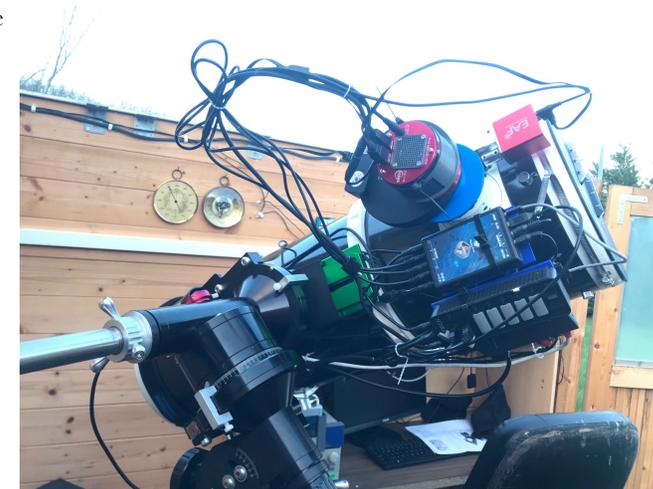
Jean-Christophe a fait avec son matériel personnel (un SC200) un test observationnel sur l'exoplanète HAT-P-20b. C'est le suivi "classique" d'un transit d'exoplanète, à ce détail près qu'un Star Analyser est intercalé sur le chemin optique. C'est un réseau à diffraction très efficace de 100 ou 200 traits/mm ($R \sim 100$ ou 200 selon le modèle). L'un de ses points forts est d'avoir accès à l'ordre 0 à la photométrie "standard" d'un transit. C'est aussi la possibilité de faire des spectres stellaires en basse résolution sans faire appel à une fente où positionner la cible.

Après avoir identifié les images avant et après transits, et celles pendant le transit, on crée à partir de ces deux catégories deux images empilées "hors" et "dans" le transit. On extrait ensuite les spectres de : (i) la cible (ici HAT-P-20b) ; (ii) une étoile de référence (convenablement choisie) ; (iii) une étoile de vérification (idem), ce qui fait donc un total de 6 spectres à calibrer en longueur d'onde. Le rapport de ces deux catégories de spectres est directement lié *via* la transmission de l'atmosphère de l'exoplanète au rapport des rayons planète/étoile. La valeur obtenue est en excellent accord avec celle de la littérature (ici, respectivement 0.131 ± 0.004 pour 0.1284 ± 0.0016 , voir la figure centrale extraite de la vidéo de Jean-Christophe). **On a ainsi accès à ce paramètre de manière indépendante à l'analyse par méthode de Monte-Carlo de la courbe de lumière du transit.**

Le matériel

Ce projet a reçu le soutien de l'action incitative ProAm de l'Observatoire de Paris pour l'acquisition de matériel (signalé ci-dessous par "**").

- 1) Star Analyser 200 Shelyak (*)
- 2) Rotateur de champ PegasusAstro Falcon v2 (**)
- 3) Newton Sky-Watcher Quattro 250P (matériel personnel)
- 4) Monture Losmandy G11 en poste fixe (idem)
- 5) Caméra ZWO ASI183MM Pro (idem)
- 6) Roue à filtres ZWO EFW 8 positions (idem, un emplacement dédié SA 200)
- 7) Autofocus ZWO EAF (idem)
- 8) Système de guidage via lunette ZWO 80/400 (idem) et logiciel PHD2
- 9) Pilotage par mini PC Mele Quieter 3 (idem) et logiciel N.I.N.A.



Les perspectives

Elles sont multiples ! Il s'agira dans un premier temps de refaire les mesures de Jean-Christophe sur la source HAT-P-20b pour confirmer ses observations. Il faudra examiner notamment la question de la remontée du rapport des rayons planète/étoile observée en dessous de 450 nm (ellipse verte ci-contre) qui n'a pas reçu à ce jour d'interprétation solide. Valider la méthode permettrait de connaître ce paramètre hors de toute analyse par méthode de Monte-Carlo, son potentiel est donc très important pour la robustesse des éphémérides des cibles de la mission ARIEL. Enfin, c'est une autre manière de promouvoir au sein de la communauté des astronomes dits "amateurs" une nouvelle façon d'aborder la spectroscopie. Ce sont donc, là aussi, des atouts indéniables vers des projets d'enseignement et de science participative.

Références et contacts

[Site ExoClock](#)

[Vidéo de présentation de la méthode par Jean-Christophe Dalouzy](#)

[Star Analyser 200 \(Shelyak\)](#)

[Falcon Rotator v2 \(PegasusAstro\)](#)

Contact : jb.marquette@gmail.com