



Par David Corre (doctorant au Laboratoire d'Astrophysique de Marseille)  
et Cyrille Baudouin (coordinateur des activités éducatives d'IRiS)

## Observer des exoplanètes avec IRiS

### 1) Contexte

Une exoplanète est une planète orbitant autour d'une - ou plusieurs - étoile-s autre-s que notre Soleil. Pour les étoiles situées à des distances galactiques (au sein de la Voie Lactée) on connaît précisément, en général, leur luminosité. Et lorsque la configuration est favorable et qu'une des planètes en orbite transite devant son étoile hôte, un observateur situé sur la Terre observera alors une chute de la luminosité. Si on représente l'évolution de luminosité en fonction du temps on observera alors une baisse de luminosité pour un intervalle donné. On appelle cela une courbe de transit d'exoplanète. Si cette variation de luminosité est suffisamment significative, typiquement quelques %, alors elle est détectable avec des télescopes de diamètre intermédiaire, tel IRiS.

L'étude de cette courbe de transit permet d'obtenir diverses informations sur la planète : son rayon ou encore les paramètres de son orbite (distance à l'étoile, excentricité). La combinaison de ces paramètres avec les caractéristiques de l'étoile permet notamment de savoir si une planète est localisée dans la zone dite « habitable » (présence d'eau liquide).

### 2) Méthode

#### *a) Planification des observations*

Plusieurs bases de données, tel le site Exoplanet Transit Database (<http://var2.astro.cz/ETD/>), répertorient les transits d'exoplanètes déjà observés et prévoient les prochains passages des planètes devant leur étoile (éphémérides). Plusieurs données sont disponibles :

- la durée du transit ;
- la profondeur du transit qui traduit quantitativement l'importance de la chute de luminosité ; cette donnée est cruciale pour connaître la précision nécessaire pour observer le transit.

Avec IRiS, le mode « auto-calibration » permet d'observer des transits avec une profondeur de 15 mmag ou plus (mmag = millimagnitude = 0.001 magnitude). Pour atteindre une précision plus importante (donc une profondeur inférieure à 15 mmag), plusieurs paramètres sont à prendre en compte :

- une météo favorable ;
- la direction d'observation doit être suffisamment éloignée de la lune ;
- la lune ne doit pas être trop brillante ;
- la calibration des images doit être optimisée (et le mode « auto-calibration » n'est donc plus

suffisant).

Plusieurs transits sont observables chaque nuit.

#### *b) Observation*

Une fois l'étoile cible sélectionnée, il faut commencer l'observation environ 30 minutes avant le début du transit afin d'avoir des données sur le début du transit. Ensuite il faut faire des poses avec le même filtre, par exemple g et r, de même durée (plutôt compris entre 30s et 120s, et jusqu'à 180s dans certains cas). Arrêter l'observation environ 30 minutes après la fin du transit afin d'avoir des données sur la fin du transit. Les 30 minutes avant et après le transit sont cruciaux pour la détermination de certains paramètres de la planète.

Dans le cas où la précision à atteindre est inférieure à 15mmag, il est préférable de réaliser les images de calibration (Dark, Bias et Flat) avant le début des observations.

#### *c) Traitement*

Pour le traitement des données, plusieurs logiciels existent ; ici, un tutoriel avec AstroImageJ (gratuit) est disponible sur ce site (voir <http://iris.lam.fr/exploiter-ses-observations/photometrie/>). Y sont expliquées les différentes étapes à effectuer, depuis la calibration des données à l'élaboration de la courbe de transit en passant par la calibration astrométrique (position des étoiles) des images. En suivant ce tutoriel, il est possible d'obtenir une courbe de transit en quelques minutes seulement. Ce logiciel permet également d'estimer certains paramètres de la planète et de son orbite.

### **3) Science**

#### *a) Accessible à tous*

Les courbes de transit peuvent être mise en ligne sur le site ETD ; ces données sont alors utilisées par la communauté scientifique pour mettre à jour les paramètres de la planète, comme par exemple la périodicité des transits (éphémérides). Les observations peuvent également être combinées avec celles réalisées par d'autres télescopes dans d'autres bandes spectrales, afin d'avoir une observation multi-longueur d'onde de la planète.

Cela est valable pour tous les transits et est réalisable « facilement ».

#### *b) « Risk it for the biscuit »*

Les transits de faible profondeur (< 15 mmag), de l'ordre de la millimagnitude, intéressent particulièrement la communauté scientifique car les données sont plus rares. Dans ce contexte, la contribution à la recherche est plus prégnante, mais le défi technique est plus important. En effet, ces transits nécessitent une excellente précision de mesure, difficile à atteindre et dépendante des conditions climatiques ; c'est la raison pour laquelle il y a peu de données sur ces exoplanètes. Pour pallier à ce manque de données, les chercheurs collaborent régulièrement avec la communauté des astronomes amateurs. Le défi est alors de fournir des observations avec les précisions requises. Ainsi, certains travaux menés par des scientifiques et amateurs donnent lieu à des publications scientifiques. C'est le type de projet sur lequel nous travaillons actuellement sur IRiS.

*A l'heure de la rédaction de ce document (mai 2017), nous n'avons pas encore testé les performances photométriques d'IRiS et la précision qu'il est possible d'atteindre. Par conséquent, nous ne pouvons proposer dès à présent ce genre de projet, car le risque est de ne rien observer du tout.*

*En fonction des tests réalisés dans les mois à venir, si la précision possible avec IRiS atteint la millimagnitude, alors des spécialistes des exoplanètes du Laboratoire d'Astrophysique de Marseille définiront des cibles intéressantes (d'un point de vue scientifique) observables par des utilisateurs IRiS. Dans ce cas, nous reviendrons alors vers les personnes ayant déposé un projet d'observation d'exoplanète afin de savoir si elles seraient intéressées par ce type d'expérience de « science participative/collaborative » .*

#### **4) Intérêt pédagogique**

Ce type de projet permet de se mettre dans la peau d'un astronome depuis la planification d'une observation d'un phénomène transitoire, l'observation en elle-même, la calibration puis le traitement des données. Enfin, l'étape de l'interprétation des données permet une discussion sur la physique du phénomène observé sans pour autant posséder des connaissances poussées en astrophysiques.

La connaissance préalable des paramètres du phénomène à observer (date, heure, durée du transit, habituellement d'1h30 à 2h environ), font de ce phénomène une cible de choix pour un programme d'observation pédagogique puisque la réussite de l'observation est assurée pour les transits profonds. Ce programme permet d'aborder de nombreux sujets : structure d'un système planétaire, composition d'une planète (connaissance de la densité à partir de la masse et du rayon de la planète), traitement du signal (conversion des photons en signal numérique permettant la construction d'images astronomiques), traitement de données (calibration des images), notions de zone habitable...

Une observation de transit de faible profondeur nécessite une excellente calibration des observations et de bonnes conditions météo. En contre-partie, les observations seront susceptibles d'être utilisées par les scientifiques de part la rareté des données sur ces exoplanètes.

**Dans tous les cas les observations réalisées avec IRiS seront mises à la disposition de la communauté scientifique.**