

We encourage students with Masters in Physics, Maths, Astronomy or related disciplines to contact Andrea Chiavassa <andrea.chiavassa@oca.eu> and Jérémy Leconte <jeremy.leconte@u-bordeaux.fr> for further details.

Deadline for applying is **15/03/2019**
The starting date of the studentship is 01/10/2019

Please send (by email) a CV, a motivation letter, the master degree details with marks/subjects and position in the promotion, and, if possible, one reference letter.

Modélisation 3D, ab initio et simultanée de l'atmosphère des exo-planètes et des leurs étoiles hôtes.

French

Les informations dont nous disposons pour étudier un système étoile-planète viennent des photons issus de ce couple. Une modélisation réaliste (des atmosphères stellaires et planétaires) prenant en compte toute la richesse des processus à l'œuvre dans l'atmosphère (convection, diffusion, transfert radiatif, ionisation, formation de molécules/poussières...) est indispensable pour l'analyse correcte des observations actuelles et futures. Afin de bien comprendre l'atmosphère stellaire et planétaire, il est crucial d'intégrer toute la physique sous-jacente dans des simulations numériques. Afin de bien comprendre l'atmosphère stellaire et planétaire, il est crucial d'intégrer toute la physique sous-jacente dans des simulations numériques. Par conséquent, les modèles atmosphériques sont essentiels pour une grande partie de l'astronomie contemporaine.

Il est devenu possible de produire des simulations hydrodynamiques multidimensionnelles du mouvement du gaz couplé avec la radiation. Cette approche 3D est nécessaire pour une analyse qualitative et quantitative aussi bien de la surface de la plupart des étoiles que des atmosphères des exoplanètes.

Le but du travail de thèse consiste à réaliser des observations virtuelles réalistes d'un système étoile-planète, dont chacune des composantes est décrit par une simulation 3D. Cet outil permettra notamment de décrire avec un niveau de réalisme inégalé le transit (resp. l'éclipse) d'une exoplanète devant (resp. derrière) son étoile. Ceci s'appliquera aussi bien aux planètes géantes gazeuses qu'aux planètes telluriques.

L'innovation de ce travail est basé sur l'emploi des simulations hydrodynamiques en 3D à la fois pour les étoiles hôtes (Stagger-code, Nordlund et al. 2009, Living Reviews in Solar Physics) et pour l'atmosphère planétaire (LMDZ, Hourdin et al. 2006, Climate Dynamics, 27) tout le long du transit. Le doctorant travaillera sur l'analyse des deux aspects des simulations et, en particulier, sur le développement de Optim3D (code de transfert radiatif) avec l'inclusion du scattering. Cette ingrédient physique est important à la fois pour les atmosphères stellaires (rayonnement diffusé dans les couches supérieures où la densité est faible) ou planétaire (lumière diffusée dans la région optiques et nuages). La dernière étape du travail consiste dans la production de spectres et d'images à haute résolution, en fonction du temps, d'une exoplanète virtuelle transitant devant une étoile virtuel. Les résultats d'un tel travail auront un impact dans différents domaines de l'astrophysique allant des exoplanètes aux étoiles : e.g., l'étude fiable sur l'impact de l'activité stellaire sur la caractérisation complète de l'atmosphère de la planète pendant les éclipses primaires et secondaires, des cartes luminosité prédictions et dynamique de l'atmosphère, les détections moléculaires et abondance des éléments dans les planètes, l'étude de la brume, des nuages et albédo des planètes.

Ce travail sera important pour la predictions des courbes de phases des missions spatiales JWST et ARIEL et il sera applicable à des observations actuelles, par exemple avec les spectrographes de vitesse radiale au sol comme SPIrou, CRIRES+ et GIARPS. En plus ce travail permettra d'utiliser les signatures Doppler pour caractériser les exoplanètes (que ce soit son mouvement orbital, sa rotation, ou sa circulation). Au cours de la prochaine décennie, le développement de télescopes à grande ouverture, comme le European Extremely Large Telescope (E-ELT), le Télescope Géant Magellan (GMT), et le télescope de trente mètres (TMT) ouvrira de nouvelles opportunités pour les études des planètes extrasolaires et leurs atmosphères par ces méthodes. Le projet de thèse proposé permettra d'obtenir un code de transfert radiatif unique et parfaitement cohérent pour l'ensemble du système étoile/planète. Ce projet s'inscrit dans un moment particulièrement important pour la préparation à l'exploitation de toutes ces observations.

English

The information we have to study a star-planet system comes from photons from this couple. In this context, the description of the atmospheres (stellar and planetary) is of paramount importance, because it is there that the radiation is formed or modified. A realistic modeling taking into account all the richness of the processes at work in the atmosphere (convection, diffusion, radiative transfer, ionization, formation of molecules / dust, refraction) is essential for the correct analysis of current and future observations.

In order to fully understand the stellar and planetary atmosphere, it is crucial to integrate all underlying physics into numerical simulations. Therefore, atmospheric models are essential for much of contemporary astronomy.

It has become possible to produce multidimensional hydrodynamic simulations of the movement of gas coupled with radiation. This 3D approach is necessary for a qualitative and quantitative analysis of both the surface of most stars and the atmospheres of exoplanets.

The aim of the Ph.D. is to achieve a realistic virtual observations of a star-planet system, each component is described by a 3D simulation. This tool will particularly describe an unprecedented level of realism the transit (or the eclipse) of an exoplanet before (or after) its hosting star. This will apply both to the gas giants as well as the terrestrial planets.

The innovation of this work is based on the use of 3D hydrodynamical simulations for the atmosphere of both the host star (Stagger code, Nordlund et al. 2009, Living Reviews in Solar Physics) and the planet (LMDZ, Hourdin et al. 2006, Climate Dynamics, 27) during the transit. The student will work on the analysis of two aspects of simulations and, in particular, on the development of Optim3D (post processing multidimensional radiative transfer code) with the inclusion of diffusion. This physical ingredient is important both for the stellar atmospheres (scattered radiation in the upper layers where the density is low) or planets (scattered light in the optical region). The last step of the work consists in the production of spectra and images at high-resolution as a function of time to fully simulate the exoplanet transit in front of different kinds of stars. The results of such work will have an impact in different areas of astrophysics from exoplanets to stars: eg, reliable study on the impact of stellar activity and full characterization of the atmosphere of the planet during primary and secondary eclipses, brightness and atmospheric dynamics predictions, molecular and abundance of elements detection in the planet's atmosphere, the study of the fog, clouds and albedo of planets.

This work will be important for predicting the phase curves of the JWST and ARIEL space missions and it will be applicable to current observations, for example with ground spectrographs such as SPIrou, CRIRES+ and GIARPS. Moreover, this work will allow the use of Doppler signatures to characterize exoplanets (whether its orbital motion, rotation, or its circulation). Over the next decade, the development of large-aperture telescopes, such as the European Extremely Large Telescope (E-ELT), the Giant Magellan Telescope (GMT) and the Thirty Meter Telescope (TMT) will open new opportunities for studies of extrasolar planets and their atmospheres using the tools developed during the Ph.D. The proposed thesis project will provide a unique radiative transfer code and perfectly consistent for the whole star / planet system. This project falls in a particularly important moment for the preparation to the interpretation of all these observations.