

<http://lpinheweb3.in2p3.fr/spip.php?article1521>

Contrainte de la Transmission Atmosphérique pour la Cosmologie de Précision des relevés de IVème génération (projets LSST et StarDICE)

Date de mise en ligne : juin 2019 à 11h 20

- Thèses, Stages, Formation et Enseignement - Propositions de thèses 2020 -

Copyright © LPNHE - UMR 7585 - Tous droits réservés

Titre : Contrainte de la Transmission Atmosphérique pour la Cosmologie de Précision des relevés de IVème génération (projets LSST et StarDICE)

Directeur de thèse : [Nicolas Regnault](#)

Co-encadrant : [Jérémy Neveu](#) (IJCLab)

Equipe : Cosmologie et Énergie Noire ; groupe StarDICE/LSST

Description :

Contexte : Le Vera C. Rubin Observatory (VRO) est un des grands télescopes de la nouvelle génération, actuellement en construction au Chili. L'équipe de la Large Survey of Space and Time Camera de 3.2 milliards de pixels, il a pour objectif de sonder tout le ciel austral en trois jours en moyenne pendant 10 ans, dès l'automne 2022, et produira un catalogue d'étoiles et galaxies d'une étendue sans précédent. Afin d'utiliser ce relevé pour des mesures de cosmologie (supernovae de type Ia, lentillage gravitationnel, etc.), il est nécessaire de contraindre à 0.1% les erreurs systématiques de calibration du flux lumineux reçu des objets astrophysiques. À ce régime de précision, les incertitudes provenant des fluctuations de la transmission atmosphérique deviennent prépondérantes. En astrophysique, aujourd'hui le flux lumineux est mesuré par comptage des photons arrivant sur un instrument par comparaison au flux reçu en observant des étoiles de référence. Les distributions spectrales d'énergie de ces étoiles ont été mesurées précisément hors atmosphère par le télescope spatial Hubble et calibrées par des modèles astrophysiques de transfert radiatif dont la précision est estimée à 1%. Les erreurs de calibration photométrique sur ces calibrateurs primaires se propagent elles aussi sur les mesures de flux du VRO et appellent à être réduites pour atteindre la précision requise par les relevés cosmologiques de IVème génération. Le Télescope Auxiliaire (AuxTel), de 1.2 m de diamètre, construit sur le même site que le VRO et entré en service au printemps 2020, sera dédié au suivi de ces étoiles de référence. À l'aide d'une caméra pourvue de plusieurs filtres et d'un spectrographe sans fente, AuxTel pourra ainsi suivre en temps réel la variation des signatures spectrales de l'atmosphère, qui dépendent de la quantité de vapeur d'eau, d'aérosols ou encore de l'ozone qu'elle contient.

Par exemple, la variation spatiale et temporelle rapide de la vapeur d'eau atmosphérique, qui absorbe la lumière entre 900 et 1000 nm d'autant plus qu'elle est présente en grande quantité cause un bruit de mesure pour les flux mesurés dans le proche infrarouge. Observer les variations de la transparence de l'atmosphère pourra permettre de corriger ces effets en temps réel et d'atteindre une calibration en flux du VRO nécessaire au degré de précision recherché pour les mesures cosmologiques de nouvelle génération. Le projet StarDICE est quand à lui un projet visant à étalonner les étoiles standards par comparaison avec les observations d'une étoile artificielle poly-chromatique calibrée au laboratoire. Le but est de remplacer l'actuel étalon de calibration primaire, à savoir des modèles de transfert radiatif de Naines Blanches particulières, par l'étalon de calibration du flux optique maintenu par le NIST et sur lequel repose la définition du Watt optique. Pour StarDICE aussi les variations de transmission atmosphériques constituent une source d'incertitude importante. Ainsi, afin de les contrôler, un suivi spectroscopique similaire à celui de l'AuxTel a été implémenté.

Objectifs : L'objectif de cette thèse est d'explorer les techniques de spectro-photométrie sans fente afin de mesurer la transparence de l'atmosphère pour les projets LSST et StarDICE. Cette étape cruciale des analyses cosmologiques utilisant les SNe Ia lui donne une grande visibilité, et place l'étudiant dans un contexte où il sera attendu qu'il/elle interagisse aussi bien avec la partie scientifique (DESC) que la partie Projet de LSST. Dans un premier temps, il sera demandé à l'étudiant-e d'analyser les premières données en provenance du Télescope

Auxiliaire pour valider et améliorer les techniques de spectro-photométrie mises en œuvre dans Spectractor, la librairie python développée par J. Neveu et utilisée dans le pipeline officiel de réduction des données de AuxTel. Il faudra de montrer la faisabilité de l'extraction de la transmission atmosphérique de ces données afin d'atteindre pour la première fois dans un relevé cosmologique une calibration photométrique à 0.1% lorsque le VRO entrera en service. L'étudiant sera force de proposition pour établir des plannings d'observation de l'AuxTel afin de remplir cet objectif. Il est d'ailleurs aussi prévu qu'il puisse se former à l'observation astronomique in situ, au Chili. Le financement pour cela est garanti par la collaboration LSST-France. Dans un second temps, il est attendu que le travail de thèse continue en synergie avec le projet StarDICE. Une fois la nouvelle étoile artificielle en place à l'observatoire de Haute-Provence (OHP), un aller-retour fructueux de techniques de calibration provenant de AuxTel et StarDICE débutera. Muni d'un spectrographe, StarDICE pourra mesurer la transparence de l'atmosphère in situ grâce aux techniques développées pour AuxTel et ainsi permettre une re-calibration des étoiles de référence à mieux que 1%. L'observatoire de Haute-Provence est tant plus accessible, de nombreuses données spectrales à la recherche de cet objectif pourront être obtenues, et la transparence de l'atmosphère obtenue pourra être comparée avec les mesures réalisées par le LIDAR de l'OHP. In fine, il est donc attendu que le savoir-faire acquis sur la mesure de la transparence de l'atmosphère par spectro-photométrie permette une réduction des incertitudes systématiques de calibration des relevés cosmologiques à 0.1% à la fois par la re-calibration des étoiles standard de référence et le suivi en temps réel de l'atmosphère. Cette thèse aura lieu à l'intérieur des collaborations LSST et StarDICE. L'étudiant-e occupera une place clef pour la réussite des deux projets. Il/elle se positionnera ainsi à une place privilégiée par rapport aux données et aux projets de Cosmologie Observationnelle qui prendront leur essor lors du démarrage du projet LSST, après 2023.

Méthodes : L'étudiant-e devra essentiellement développer des outils numériques d'analyse et de modélisation dans le langage de programmation Python (et l'ensemble de ses bibliothèques scientifiques associées : Numpy, Scipy, Matplotlib, etc.) traditionnellement utilisées au sein de nos équipes et du projet LSST. Il/elle contribuera aussi aux développements instrumentaux pour rendre la spectroscopie de StarDICE capable de mesurer l'atmosphère au niveau de précision voulu. Enfin, il/elle apprendra les techniques classiques de l'observation astronomique par des nuits d'observation in situ, à la fois sur AuxTel et à l'OHP. La thèse sera en co-direction entre le LPNHE et IJCLab, mais centrée au LPNHE.

Lieu de travail : LPNHE, Paris

Déplacements éventuels : États-Unis et Chili

Contacts :

- [Nicolas Regnault](#), 33 (0)1 44 27 41 83
- [Jérémy Neveu](#), 33 (0)1 64 46 85 61