

Proposition de thèse – Année 2022

Type de financement envisagé : 1/2 financement CNES, École doctorale PHAST

Responsable de thèse : Yannick Copin

Téléphone : 04 72 43 19 68

Email : y.copin@ipnl.in2p3.fr

Adresse : IP2i Lyon – Bureau 409

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Équipe d'encadrement : COSMOS

Thématique : Cosmologie observationnelle

Intitulé : Spectro-photométrie des supernovæ de type Ia en imagerie dispersée

Description du travail demandé :

Contexte : Les supernovæ de type Ia (SNe Ia) sont d'excellentes sondes cosmologiques pour déterminer l'histoire de l'expansion de l'Univers – en particulier durant la phase récente dominée par une mystérieuse énergie noire – et en déduire les composantes énergétiques principales et leurs propriétés. Cependant, l'utilisation cosmologique des SNe Ia demande un contrôle extrêmement strict de la précision photométrique des mesures. Les méthodes pour atteindre la précision requise commencent à être bien cernées en imagerie, que ce soit au sol (p.ex. Zwicky Transient Factory et Rubin Telescope/LSST) ou dans l'espace (p.ex. [Rubin et al., 2021](#)), et même en spectrographie à champ intégral (p.ex. [Copin 2013](#)). En revanche, aucune étude spécifique n'a encore été conduite dans le cadre de la spectrographie sans fente.

Pourtant, la spectrographie sans fente (*slitless*, ou imagerie dispersée) sera utilisée dans *tous* les sondages cosmologiques spatiaux à venir (JWST, Euclid, Roman Space Telescope) pour sa relative simplicité instrumentale et sa forte capacité de multiplexing. Cependant, de part la dégénérescence spectro-spatiale qu'elle implique, elle est sévèrement affectée par des effets de contamination croisée (des sources voisines peuvent se recouvrir), et d'auto-contamination (la taille intrinsèque de la source dégrade la résolution spatiale). Cela impacte directement les performances spectro-photométriques finales, et rend difficile les mesures de précision nécessaires à la cosmologie.

Objectifs : Les premières études menées dans l'équipe COSMOS de Lyon ont démontré que seule une modélisation complète et rigoureuse, dite « *forward* » (voir p.ex. [Outini & Copin 2020](#)), de l'ensemble de la chaîne d'observation permet de fournir la précision à même de répondre aux objectifs cosmologiques. En outre, il sera nécessaire de bien comprendre les contributions de la galaxie hôte de la SN ; cela passe par une modélisation hyper-spectrale, basée sur l'ensemble des observations photométriques et spectroscopiques disponibles.

Pour ce faire, il sera demandé à l'étudiant-e de compléter les outils de simulation des observations de spectrographie sans fente déjà disponibles dans l'équipe (formation du spectrogramme, modèle d'instrument), ainsi que le modèle HyperGal développé durant la thèse de J. Lezmy pour la composante galactique.

Méthodes : L'étudiant-e devra essentiellement développer des outils numériques d'analyse et de modélisation dans le langage de programmation Python. Il/elle s'appuiera sur les expertises déjà développées au sein de notre équipe dans le domaine de l'exploitation cosmologique des supernovæ (projets SNfactory, USNAC, ZTF/LSST), de la modélisation hyper-spectrale des galaxies (thèse en cours de J. Lezmy) et de la compréhension de la spectrographie sans fente (Euclid, LSST-AuxTel, voir p.ex. la thèse de M. [Outini 2019](#)).

Le cœur de la thèse sera le développement de méthodes de mesures spectro-photométriques des supernovæ en imagerie dispersée, et à leur utilisation dans un cadre cosmologique.

L'impact de ce travail sera majeur, puisque la spectro-photométrie des SNe Ia en imagerie dispersée n'a pour l'instant jamais été abordée. De fait, cette analyse pionnière sera au cœur des mesures cosmologiques avec les SNe Ia dans le cadre des missions spatiales Euclid (ESA, 2023-2029) et Roman (NASA, 2027-2032), dans lesquelles l'équipe COSMOS est déjà fortement impliquée.

PhD offer – Year 2022

Proposed PhD funding type: CNES / ED PHAST

Supervisor: Yannick Copin

Phone: +33 4 72 43 19 68

Email: y.copin@ipnl.in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau 409

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Mentoring team: COSMOS (observational cosmology)

Research field: Observational cosmology

PhD title: Spectro-photometry of type Ia supernovae in dispersed imaging

Work description:

Background: Type Ia supernovae (SNe Ia) are excellent cosmological probes for determining the history of the expansion of the Universe – especially during the recent phase dominated by a mysterious dark energy – and deducing the main energetic components and their properties. However, the cosmological use of SNe Ia requires extremely strict control of the photometric accuracy of the measurements. The methods for achieving the required precision are starting to be well understood in imaging, whether on the ground (e.g. Zwicky Transient Factory and Rubin Telescope) or in space (e.g. Rubin et al., 2021), and even in integral field spectrography (e.g. Copin 2013). Yet, no specific study has ever been carried out in the context of slitless spectrography.

However, slitless spectrography will be used in all future space cosmological surveys (JWST, Euclid, Roman Space Telescope) for its relative instrumental simplicity and its strong multiplexing capacity. Still, due to the spectro-spatial degeneracy that it implies, this observing mode is severely affected by the effects of cross-contamination (neighboring sources can overlap), and self-contamination (the intrinsic size of the source degrades the spatial resolution). This impacts the final spectro-photometric performances, and makes difficult the accurate measurements necessary for cosmology.

Objectives: The first studies carried out in the COSMOS team in Lyon have shown that only complete and rigorous modeling, known as “forward” (see for example Outini & Copin 2020), of the entire observation chain is able to provide the required precision for the cosmological objectives. In addition, it will be necessary to fully understand the contributions of the host galaxy to the SN signal; this involves hyperspectral modeling, based on all available photometric and spectroscopic observations.

To do this, the student will be asked to complete the simulation tools for slitless spectrography observations already available in the team (spectrogram formation, instrument model), as well as the HyperGal model currently developed during J. Lezmy's thesis for the galactic component.

Methods: The student will mainly develop digital analysis and modeling tools in the Python programming language. He/she will rely on the expertise already developed within our team in the field of cosmological analyses of supernovæ (SNfactory, USNAC, ZTF/LSST), hyperspectral modeling of galaxies (thesis in progress, J. Lezmy) and the understanding of slitless spectrography (Euclid, LSST-AuxTel, see for example the thesis of M. Outini 2019).

The core of the thesis will be the development of spectrophotometric measurement methods of supernovæ in dispersed imaging, and their use in a cosmological framework.

The impact of this work will be major, since the spectrophotometry of SNe Ia in dispersed imaging has so far never been addressed. As a matter of fact, this pioneering analysis will be at the core of cosmological measurements with SNe Ia within the Euclid (ESA, 2023-2029) and Roman (NASA, 2027-2032) space missions, in which the COSMOS team is already heavily involved.