Doctorat de l'Université PSL
préparé à l'Observatoire de Paris

AVIS DE SOUTENANCE

Adrien GIRARDOT

Astronomie et astrophysique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Développement de spectropolarimètres pour l'ultraviolet proche à lointain : de la conception à la validation expérimentale

Soutenance prévue le **29 septembre 2026** à **14h00**

Lieu : Amphithéatre
Observatoire de Paris, Campus de Meudon,Batiment 18 5, place Jules Janssen 92195 MEUDON

Composition du jury proposé

Mme Coralie NEINER	Directeur de recherche	Observatoire de Paris	Directeur de these
M. Thierry LéPINE	Maître de conférences	Institut d'Optique & Hubert Curien lab	Rapporteur du jury
M. Frans SNIK	Assistant professor	Leiden Observatory	Rapporteur du jury
M. Jean-Michel REESS	Ingénieur de recherche	Observatoire de Paris	Co-encadrant de these
M. Juan LARRUQUERT	Directeur de recherche	CSIC	Membre du jury
Mme Evelyne ALECIAN	Chargé de recherche	IPAG	Membre du jury
M. Jean-Claude BOURET	Directeur de recherche	Laboratoire d'Astrophysique de Marseille	Membre du jury
Mme Maria Antonietta BARUCCI	Astronome	Observatoire de Paris	Membre du jury

Mots-clés : Polarimetry,instrumentation spatiale,R&D,ultraviolet,

Keywords : R&D,space instrumentation,R&D,polarimetry,

Résumé :
La spectropolarimétrie (la mesure de l'intensité et de la polarisation de la lumière en fonction de la longueur d'onde) permet des mesures uniques en astrophysique : elle donne accès, entre autres, aux champs magnétiques stellaires via les effets Zeeman et Hanle, à la géométrie de milieux circumstellaires non résolus via la diffusion, ainsi qu'aux atmosphères d'exoplanètes. Le domaine ultraviolet y est particulièrement précieux, car il concentre les raies de résonance des plasmas chauds fortement ionisés ainsi que la raie Lyman-α ; pourtant, aucun spectropolarimètre large bande n'y est aujourd'hui en opération. Les signatures polarisées recherchées sont faibles (typiquement inférieures à 0,1 % de l'intensité) ce qui impose une exactitude de mesure polarimétrique exigeante, de l'ordre de 10^{-3}. Cette thèse présente le développement de spectropolarimètres ultraviolets, de la conception optique à la validation expérimentale, dans le cadre de trois missions spatiales : le démonstrateur CASSTOR, la proposition

SMEX Polstar et le concept d'instrument Pollux pour la future mission flagship de la NASA, Habitable Worlds Observatory (HWO). Ces missions partagent un même principe polarimétrique mais se déclinent en deux approches technologiques différentes dictées par la longueur d'onde. Dans le proche et le moyen ultraviolet (118-380 nm), où les composants biréfringents transmissifs existent, un formalisme de Stokes-Mueller a été développé pour modéliser, optimiser et tolérancer des polarimètres fondés sur des empilements tournants de fines lames de MgF_2. Je l'ai appliqué aux polarimètres de CASSTOR, Polstar et Pollux. J'ai conçu, assemblé et aligné un banc de test sous vide dédié. Sa première lumière, la première reconstruction d'états de polarisation, ainsi que les premières mesures de polarisation sont rapportées ici. En dessous de 120 nm, où aucun matériau transmissif et biréfringent n'existe, une architecture entièrement réflective s'impose. J'ai adapté le même formalisme de Stokes-Mueller pour permettre le développement du polarimètre FUV de Pollux (un modulateur à K-miroir tournant suivi d'un miroir analyseur). J'ai également adapté le banc de test à ce domaine, et un premier analyseur FUV a été fabriqué en collaboration avec une équipe madrilène. Ces développements augmentent la maturité de la polarimétrie UV et alimentent directement la conception des spectropolarimètres de Pollux pour la future mission spatiale HWO.

Summary :

Spectropolarimetry (the measurement of the intensity and polarisation of light as a function of wavelength) enables unique measurements in astrophysics: among other things, it gives access to stellar magnetic fields through the Zeeman and Hanle effects, to the geometry of unresolved circumstellar media through scattering, and to exoplanetary atmospheres. The ultraviolet domain is particularly valuable in this respect, as it concentrates the resonance lines of hot, highly ionised plasmas as well as the Lyman-α line; yet no broadband spectropolarimeter currently operates there. The polarised signatures of interest are weak (typically below 0.1 % of the intensity), which imposes a demanding polarimetric measurement accuracy requirement, of the order of 10^{-3}. This thesis presents the development of ultraviolet spectropolarimeters, from optical design to experimental validation, in the framework of three space missions: the CASSTOR demonstrator, the Polstar SMEX proposal, and the Pollux instrument concept for NASA's future flagship mission, the Habitable Worlds Observatory (HWO). These missions share a common polarimetric principle but split into two different technological approaches dictated by wavelength. In the near- and mid-ultraviolet (118-380 nm), where transmissive birefringent components remain usable, a Stokes-Mueller formalism was developed to model, optimise, and tolerance polarimeters based on rotating stacks of thin MgF_2 plates. I applied it to the CASSTOR, Polstar, and Pollux polarimeters. I designed, assembled, and aligned a dedicated vacuum test bench. Its first light and the first reconstruction of polarisation states are reported here. Below 120 nm, where no transmissive birefringent material exists, a fully reflective architecture is required. I adapted the same Stokes-Mueller formalism to enable the development, design, and tolerancing of the Pollux FUV polarimeter (a rotating K-mirror modulator followed by an analyser mirror). I adapted the test bench to this wavelength range, and a first FUV analyser (MgF_2 on B_4C) was manufactured in collaboration with a Madrid-based team. These developments raise the maturity of UV polarimeter technologies and feed directly into the design of the Pollux UV spectropolarimeters for the future HWO space mission.