

Soutenance de thèse

Killian ALEAU soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA PSI et intitulée « *Développement d'un diffusiomètre supercontinuum pour la caractérisation spectro-polarimétrique des aérosols: application au problème de l'inversion des données lidar* »

Le 27 mai 2024 à 14h00, salle des thèses ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Romain CEOLATO	ONERA	Directeur de thèse
M. JORGE GARCIA-SUCERQUIA	Universidad Nacional de Colombia Sede Medellin	Rapporteur
Mme Myriam ZERRAD	Aix-Marseille Université	Rapporteuse
M. Jérôme YON	INSA Rouen	Examineur
M. Nicolas RIVIERE	ONERA	Examineur

Résumé : Les propriétés radiatives des particules comme les aérosols est un domaine d'étude essentiel pour la télédétection optique, notamment pour les techniques lidar à rétrodiffusion élastique. Les propriétés radiatives en rétrodiffusion, comme le rapport de dépolarisation, sont particulièrement importantes pour inverser l'équation lidar et dériver des produits physiques d'une mesure lidar. L'objectif de ces travaux de thèse vise à développer une instrumentation de laboratoire dédiée à la mesure spectro-polarimétrique des paramètres radiatifs des aérosols tels que les poussières désertiques ou volcaniques. L'instrument, dénommé SOPHOS pour Spectro-Polarimetric and HOlographic Scatterometer, permet de mesurer les propriétés de diffusion, dont la rétrodiffusion, en fonction de la longueur d'onde dans le domaine visible proche-infrarouge, en fonction des états de polarisation. Ces mesures de diffusion spectro-polarimétriques sont couplées à une technique d'imagerie par holographie digitale pour permettre de la mesure en simultanée des propriétés microphysiques, telles que la taille et la forme des aérosols. En effet, le phénomène de rétrodiffusion est un phénomène particulièrement sensible aux propriétés microphysiques des aérosols. Après une validation du concept de mesure, l'instrument SOPHOS a été étalonné à partir de particules sphériques de taille connue, puis utilisé pour mesurer des propriétés radiatives spectro-polarimétriques d'aérosols atmosphériques tels que des poussières volcaniques et désertiques, mais aussi d'intérêt pour spatial tel que les régolithes lunaires. L'apport de ces mesures sera in fine d'établir un lien entre leurs propriétés microphysiques et radiatives, en particulier en rétrodiffusion pour des applications lidar. Cette étude se portera sur l'analyse de la dépolarisation en fonction de la taille et du facteur de forme des particules a une multitude de longueurs d'onde. De manière à observer l'effet de l'asphéricité des particules et de la longueur d'onde sur la dépolarisation. En perspective, une déclinaison portable de l'instrument SOPHOS a été développé durant la thèse. L'instrument HALO est un moyen portable de mesure holographique dédié à l'analyse des aérosols dans l'air. Ce dispositif permet de déterminer la distribution en taille et en forme ainsi qu'une mesure de l'extinction des aérosols dans le but d'apporter une analyse complémentaire aux mesures lidar à distance.

Mots-clés : diffusion de la lumière, laser, aérosols, spectro-polarimétrique, holographie

Summary: The control of spectro-polarimetric scattering properties is necessary to meet the growing need for optical characterization, particularly in the environmental, defense, or space sectors. Light scattering is a robust method for characterizing particles at the micron scale, especially fine aerosols, as well as surface materials. By measuring the angle of dispersion of light during scattering, it is possible to estimate various characteristics such as the size of the particles or the surface of the materials. Other information, related to the shape of the particles for example, can be obtained if a model of particle scattering is defined at two angles (from the polar and azimuthal angles) or by changing the wavelength and polarization state of the illuminance. These analyses can be extended to cover a wider variety of particle sizes and shapes. This thesis focuses on the development of a compact and portable scatterometer integrating a white supercontinuum laser for the measurement of the spectral-polarimetric diffusion of light. The usual techniques in this field implement mono- or even multi-spectral laser sources and are limited to the exploitation of data in the visible and near infrared. There is no means of measuring diffusion to continuously cover such a spectral domain and with polarimetric sensitivity. The PhD student will address the problem related to the diffusion of light by aerosols in the ultraviolet, visible and infrared domain, depending on the polarization states of the incident and reflected lights. The main scientific challenge will be to develop an optical diagnostic methodology to evaluate the spectro-polarimetric diffusion properties of aerosols including, in particular, the radiative parameters of interest for lidar (e.g. lidar ratio, backscatter cross-section, backscatter de-polarization ratio, ...). A first experimental component will be to develop the portable diffusimeter based on a white laser to measure the phase function and the effective sections of extinction and backscatter of aerosols and then determine their radiative properties after treatment. The PhD student will develop, implement and calibrate the supercontinuum scatterometer from particles of reference to known refractive shapes and indices. A second component will be to: (i) validate the results over a wide spectral band covering UV, visible and IR by fine modeling of electromagnetic scattering (discrete dipole approach). (ii) develop simplified direct broadcast models for the lidar parameters of interest: lidar ratio, backscatter cross-section, backscatter depolarization... The third and final part of the thesis will consist in developing a method of inversion of the lidar equation dedicated to the identification of microphysical parameters of simplified models. A sensitivity study will be needed to refine the inversion method. At the end of the thesis, several campaigns of supercontinuum lidar measurements will be conducted and the results (radiative aerosol models) developed during the thesis will be integrated into the existing lidar inversion chain. The results will be published in various peer-reviewed journals.

Keywords: light scattering, laser, aerosols, spectro-polarimetric, holography