

Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

Titre de la thèse : Etude de l'effet des variabilités spatiales de l'atmosphère nuageuse terrestre et de l'hypothèse de la diffusion simple sur les mesures de systèmes lidar à haute résolution spectrale et radar Doppler et les produits nuageux restitués.

Directeur de thèse : SZCZAP Frédéric

Unité de rattachement : Laboratoire de Météorologie Physique (LaMP)

Equipe : Microphysique des Nuages et Précipitations

Etablissement de rattachement : Université Clermont Auvergne (UCA)

Courriel et téléphone : frederic.szczap@uca.fr ; +33(0)4 73 40 73 57

Co-encadrant éventuel : Guillaume MIOCHE

Unité de rattachement : LaMP

Etablissement de rattachement : IUT Montluçon et UCA

Résumé :

Les aérosols et les nuages jouent un rôle majeur dans le bilan hydrologique et radiatif du système climatique terrestre et la rétroaction climatique des nuages est encore très incertaine (rapport du GIEC, 2013). Par ailleurs, la télédétection spatiale fournit des observations remarquablement utiles pour étudier les propriétés des nuages à l'échelle du globe. Depuis 2006, les observations du lidar CALIOP et du radar CPR de la mission A-train ont permis pour la première fois de réaliser des études sur la structure verticale des nuages à l'échelle planétaire. Ces observations couplées aux outils numériques de modélisation ont permis de réaliser des avancées significatives sur la compréhension des mécanismes impliquant les nuages et les aérosols et d'améliorer leur représentation dans les modèles (Bony et al., 2006, Sherwood et al., 2013, Stephens et al., 2018).

Dans la continuité de ce succès, plusieurs autres projets de télédétection active spatiale ont vu le jour ou sont en préparation, avec comme objectif l'étude de l'atmosphère en mettant en jeu de nouvelles technologies, notamment la haute résolution spectrale (HSR) ou l'effet Doppler (ADMAeolus, rapport ESA, 2016; EarthCARE, Illingworth et al., 2015 ; ACCP/MESCAL, projet NASA/CNES). Ces nouvelles technologies permettent (vont permettre) d'accéder à de nouvelles mesures depuis l'espace comme la vitesse du vent et à améliorer la caractérisation du profil vertical des aérosols et des nuages.

Cependant, les nuages sont des structures complexes qui présentent d'importantes variabilités en trois dimensions et à différentes échelles de leurs propriétés géométriques, microphysiques et optiques. La dynamique atmosphérique présente également des variabilités importantes à différentes échelles. Ces variabilités restent encore mal prises en compte dans les modèles, ainsi que dans le traitement du signal et dans les algorithmes d'inversion de la télédétection active lidar et radar. En outre, des hypothèses simplificatrices comme la diffusion simple sont souvent utilisées dans les algorithmes opérationnels pour optimiser les temps de calcul.

Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

La technologie HSR étant désormais présente sur les (futurs) lidars embarqués dans l'espace, il devient donc très important de pouvoir évaluer l'impact de ces hypothèses et quantifier les incertitudes à la fois sur les futures observations de télédétection active (problème direct) et sur les produits nuageux restitués (problème inverse).

Pour répondre à ces questions, les outils de simulation numériques sont particulièrement bien adaptés. Ils permettent d'étudier du point de vue théorique les interactions rayonnement-matière. Ils sont donc d'excellents outils pour améliorer notre compréhension de la physique de la mesure de tels systèmes de télédétection, pour préparer et interpréter les observations actuelles et futures.

C'est dans ce contexte qu'est développé au LaMP le simulateur radar/lidar Monte Carlo McRALI (Alkasem et al., 2017 ; Szczap et al., 2020). Couplé à des modèles stochastiques de nuages à haute résolution spatiale comme 3DCLOUD (Szczap et al., 2014), cela en fait un outil très performant pour comprendre la physique de la mesure des instruments de télédétection actives et les interactions nuage-rayonnement.

Le travail de thèse consistera à finaliser les développements du code qui feront de McRALI un simulateur lidar HSRL et radar Doppler de référence (implémentation d'un modèle de surface de mer, d'un modèle de diffusion Brillouin, d'un modèle de génération de bruit, de modèles de filtre/interféromètre), de finaliser le développement du code 3DCLOUD (génération des champs de vent, de nuages en phase mixte 3D) et aussi de développer des algorithmes de restitution pour déterminer les produits nuageux. Une fois ces développements validés, l'objectif sera d'utiliser McRALI pour évaluer l'impact des hétérogénéités nuageuses et quantifier les effets de l'approximation de la diffusion simple dans le traitement du signal des observations lidar et radar sol, aéroportées et spatiales. Cela permettra d'estimer l'erreur sur les produits de restitution comme l'épaisseur optique ou le coefficient d'extinction nuageuse, le rapport lidar ou la vitesse du vent.

Le travail de thèse se fera dans le cadre du projet TOSCA/CNES EECLAT et d'un projet PNTS portés par le LaMP et aura des applications dans les projets TOSCA/CNES SEA2CLOUD (LaMP), DYCECT (LATMOS) et IMOTEP (CNRM).