

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

### SUJET DE THESE

**Titre de la thèse : Etude des effets des hétérogénéités spatiales des propriétés microphysiques, optiques et dynamiques des nuages sur les mesures des systèmes lidar et radar aéroportés et spatiaux**

Directeur de thèse : SZCZAP Frédéric

Unité de rattachement : LaMP

Equipe : Microphysique des nuages et des précipitations

Etablissement de rattachement : Université Blaise Pascal

Courriel et téléphone : [szczap@opgc.univ-bpclermont.fr](mailto:szczap@opgc.univ-bpclermont.fr), 04 73 40 73 57

Co-encadrant éventuel : SHSHERBAKOV Valery

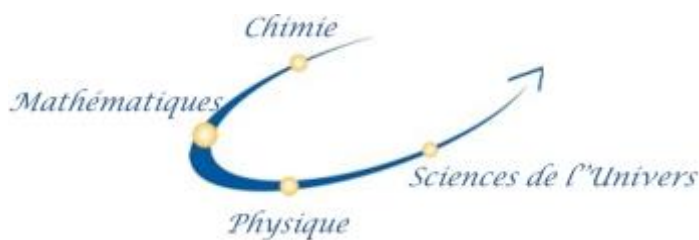
Unité de rattachement : LaMP

Etablissement de rattachement : Université Blaise Pascal

#### Résumé :

Les nuages sont le siège de processus thermodynamiques et microphysiques complexes (condensation, évaporation, eau nuageuse/précipitante, phase liquide/solide, sédimentation, etc...). Les nuages jouent un rôle majeur dans l'équilibre énergétique du système terre-atmosphère. Ils réfléchissent le rayonnement solaire vers l'espace (effet parasol) et participent à l'effet de serre en capturant le rayonnement thermique émis par la surface de la Terre, impactant ainsi la température de la surface de la Terre en fonction de leur nature. Dans un contexte de changement climatique, la rétroaction des nuages et leurs représentations dans les modèles climatiques globaux restent une des incertitudes majeures dans l'étude de la sensibilité climatique.

Les systèmes lidar (Light Detection And Ranging) et radar (Radio Detection And Ranging) météorologiques sont des capteurs actifs qui sondent selon une direction les propriétés microphysiques, optiques, dynamiques et hydrologiques de l'atmosphère terrestre. Embarqués sur plateforme satellite, ce sont alors des instruments de prédilection pour améliorer la climatologie des nuages. Actuellement, la mission A-train embarque le lidar Caliop et le radar CPR. En 2018, la mission EarthCARE embarquera le premier lidar à haute résolution spectrale spatiale (HRS) ATLID et le premier radar Doppler spatial CRP. D'autres projets français (DYCECT, MESCAL) proposent aussi d'envoyer en orbite des systèmes lidar et radar.



## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

L'interprétation des données des systèmes lidars/radars spatiaux actuels et futurs repose sur de nombreux aspects. Au-delà du problème de calibrage, le signal rétrodiffusé lidar et radar dépend de la nature de l'interaction entre le rayonnement et l'atmosphère nuageuse (diffusion Rayleigh, de Mie, diffusion par les cristaux de glace) et aussi de la dynamique atmosphérique pour les lidars HRS et radars Doppler. Il dépend également des caractéristiques techniques de ces systèmes comme le champ de vue (angle d'ouverture du télescope/antenne réceptrice), la direction et l'angle d'ouverture de la divergence du laser/antenne émettrice. La vitesse de déplacement du système (plateforme satellite) influence aussi la précision des paramètres restitués. De plus, la conversion de la puissance rétrodiffusée mesurée en coefficient de rétrodiffusion (aussi appelé coefficient de rétrodiffusion mesuré ou atténué ou apparent) ou en réflectivité, repose sur l'équation lidar/radar. Cette dernière est basée sur l'hypothèse que le rayonnement n'interagit qu'une seule fois avec le milieu (hypothèse de la diffusion simple) et que les propriétés optiques atmosphériques et dynamiques sont constantes (hypothèse du nuage plan parallèle et homogène) dans et autour du volume sondé.

Très peu d'études ont porté sur la quantification et la correction des hétérogénéités spatiales des nuages sur la mesure radar. La première étude de ce genre sur la mesure lidar Caliop/Calipso a été réalisée lors de la thèse d'Alaa Alkasem (2013-2017). Le travail de cette thèse consistera poursuivre ce travail et à étudier les effets des hétérogénéités spatiales des propriétés microphysiques, optiques et dynamiques sur les observables et les produits nuageux des systèmes lidar/radar de EarthCARE.

Dans cet objectif, le thésard aura à disposition un générateur de nuage hétérogène (3DCLOUD) et un simulateur de système lidar/radar (McRALI). Dans une première étape, le travail du thésard sera d'améliorer 3DCLOUD afin de rajouter la phase mixte et la phase précipitante.

Dans une deuxième étape, le thésard réalisera une étude de sensibilité des observables lidar et radar embarqués sur plateforme satellite et sur plateforme aéroportée aux différentes hétérogénéités des propriétés microphysiques, optiques et dynamiques des nuages générés par 3DCLOUD. A l'issue de ce travail, le thésard pourra alors proposer des corrections des effets des hétérogénéités des nuages dans les algorithmes de restitutions des propriétés nuageuses à partir de données lidar/radar.



## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

Par ailleurs, le thésard commencera à préparer la campagne EUREC4A (Janvier-Février 2020). Son rôle dans ce projet sera d'estimer, par simulation numérique, ce que le lidar et le radar à bord de l'avion ATR détecteraient en visée horizontale au niveau de la base des trade-cumulus en lien avec les futures observations spatiales du lidar et radar de la mission spatiale EarthCARE.

Mots clé : nuage, microphysique, rayonnement, lidar, radar, satellite, hétérogénéité, analyse de sensibilité