



Indiquer dans ce cadre une éventuelle  
mention spéciale (Cotutelle, confidentiel)

## DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE

**NOM-PRENOM DU CANDIDAT(E) : HEMMER, Friederike**

- Ecole doctorale: Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement (SMRE)
- Unité de Recherche: Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA)
- Discipline: Sciences de la terre et de l'univers, espace – Terre, enveloppes fluides
- Si cotutelle, établissement partenaire:

### JURY :

- Directeur de thèse: Frédéric PAROL, Co-encadrants: Laurent C.-LABONNOTE, Gérard BROGNIEZ
- Rapporteurs: Claudia STUBENRAUCH, Jacques PELON
- Examineurs (rices): Philippe KECKHUT, Johannes QUAAS

**SOUTENANCE : 07 Décembre 2018, 13h30, Amphi P. Glorieux (CERLA)**

### TITRE DE LA THESE :

Caractérisation des cirrus à partir de mesures de surface en utilisant la synergie entre lidar et radiomètre infrarouge thermique

### RESUME :

Il est maintenant bien établi que les cirrus ont un impact important sur le climat. Cependant, l'estimation de cet effet est difficile car notre connaissance des propriétés microphysiques de ce type de nuage est encore incertaine. L'objectif de cette thèse est donc d'améliorer notre compréhension de la microphysique complexe du cirrus composé principalement de cristaux de glace de forme irrégulière et d'estimer ainsi un contenu en glace (ice water content, IWC) plus précis. Pour cela, nous avons développé un algorithme permettant de restituer le profil vertical d'IWC du cirrus. La méthodologie considère une synergie entre les mesures d'un lidar et celles d'un radiomètre infrarouge thermique (IRT) effectuées depuis le sol, via une méthode d'estimation optimale. Ce travail s'est déroulé en trois étapes: (1) Le contenu en glace intégré verticalement (ice water path, IWP) est estimé à partir des mesures passives IRT. (2) L'information sur la distribution verticale d'IWC à l'intérieur du nuage est obtenue avec les mesures actives du lidar. Cette restitution dépend fortement du rapport entre la rétrodiffusion et l'extinction des cristaux de glace obtenu avec un modèle microphysique. La fonction de phase du modèle utilisée pour définir ce rapport ne prend pas en compte le pic de rétrodiffusion. Nous montrons que cette hypothèse aboutit à des résultats non réalistes par rapport aux mesures IRT. (3) Par conséquent, les deux types d'informations sont combinées en synergie pour estimer, lors de la restitution des profils verticaux d'IWC, un facteur correctif permettant de rendre compte de ce pic de rétrodiffusion. Finalement, les résultats et les hypothèses associées sont discutés.



Enter here any special mention  
(Co-tutelle thesis, confidential)

## DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE

**NAME-SURNAME OF THE CANDIDATE: HEMMER, Friederike**

- Doctoral School: Sciences de la Matière, du Rayonnement et de l'Environnement (SMRE)
- Laboratory: Laboratoire d'Optique Atmosphérique (LOA)
- Discipline: Earth Science, Science of the Universe – Earth, atmosphere
- In case of co-tutelle thesis, provide the partner institution:

### THESIS COMMITTEE:

- Thesis supervisor: Frédéric PAROL, Co-supervisors: Laurent C.-LABONNOTE, Gérard BROGNIEZ
- Referees: Claudia STUBENRAUCH, Jacques PELON
- Examiners: Philippe KECKHUT, Johannes QUAAS

**DEFENSE: 07 December 2018, 1:30 pm, Amphi P. Glorieux (CERLA)**

### TITLE OF THE THESIS:

Characterization of cirrus clouds from ground-based remote sensing using the synergy of lidar and multi-spectral infrared radiometry

### ABSTRACT:

There is a broad consensus that cirrus clouds strongly influence the climate of the Earth. However, their net radiative effect is still poorly quantified nowadays due to an insufficient knowledge of their microphysical properties. This thesis aims to improve our understanding of the complex microphysics of this cloud type mainly composed of irregularly shaped ice crystals and thereby improve estimates of the ice water content (IWC). For this purpose, we developed an algorithm to retrieve vertical profiles of the IWC of cirrus clouds. The methodology combines the measurements of a ground-based lidar and a thermal infrared (TIR) radiometer in a common optimal estimation framework. It follows three steps: (1) An algorithm to retrieve the vertically integrated amount of ice (ice water path, IWP) from the passive TIR measurements is established. (2) The information about the vertical distribution of the IWC inside the cloud is obtained from the active lidar measurements. These retrievals strongly depend on the backscatter-to-extinction ratio of the ice crystals which is obtained from a bulk ice microphysical model. The scattering phase function of this model used to define the backscatter-to-extinction ratio assumes a flat ending without backscattering peak. We show that this assumption is unrealistic since it results in the retrieval of IWC profiles which are inconsistent with the TIR measurements. (3) Consequently, both types of measurements are combined in a synergistic algorithm allowing to estimate together with the IWC profiles a correction factor for the phase function in backscattering direction. Finally, the retrieval results and associated hypotheses are discussed.