

STAGE DE RECHERCHE de MASTER 2<sup>ÈME</sup> ANNEE

Master « Océan, Atmosphère, Climat, Observations Spatiales »

Année Universitaire 2015-2016

LABORATOIRE      Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD)

**TITRE DU SUJET DE STAGE : Etudes climatiques des cirrus et de leur taux de réchauffement à partir des observations spatiales (AIRS /CALIPSO-CloudSat)**

**COORDONNEES DU RESPONSABLE :**

Nom – Prénom : Stubenrauch Claudia

Grade: Directeur de Recherche

Adresse: Tour 45-45, 3<sup>ème</sup> étage ; 4 place Jussieu

Téléphone : 0144274463 / 0144277402

E-mail : stubenrauch@lmd.polytechnique.fr

Téléphone du secrétariat : 0144273525

Fax : 0144276272

**NATURE DU SUJET :**

Théorie	Un peu	
Modélisation num.	Un peu	(plus pendant la thèse)
Expérimentation	Pas du tout	
Analyse de données	Beaucoup	
Instrumentation	Pas du tout	

**POURSUITE :**

Ce stage peut-il donner lieu à un sujet de thèse ? oui

**SUJET :**

Les nuages à haute altitude couvrent environ 30% de notre planète et jouent ainsi un rôle fondamental dans le bilan radiatif. Ces nuages hauts appartiennent souvent à des systèmes convectifs de méso-échelle qui peuvent s'étendre sur des centaines de kilomètres. Les cirrus semi-transparents se composent principalement de cristaux de glace, et se forment comme enclumes après une ascendance de systèmes convectifs et frontaux ou lorsque l'air froid devient 'sursaturé en glace' (l'humidité relative par rapport à la glace dépasse 100%). Cependant, leur réponse à un changement climatique est encore incertaine, car leur représentation dans les modèles climatiques est difficile comme leurs caractéristiques microphysiques sont complexes (cristaux de glace non-sphériques de différentes formes et tailles). Pour préciser le rôle de ces nuages dans le système climatique, une meilleure compréhension des processus en jeu dans leur formation et dissipation et de leurs interactions avec la dynamique, le rayonnement et les aérosols est nécessaire.

Les développements technologiques des dernières décennies ont permis des mesures de notre atmosphère depuis l'espace, révolutionnant de ce fait notre capacité d'observer notre planète et les changements qui s'y produisent. La télédétection donne l'unique occasion d'observer la terre à une échelle globale et de façon continue, et les sondeurs verticaux infrarouge, comme

AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) à bord du satellite AQUA de la NASA depuis 2002 et IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) à bord des satellites MetOp, lancés par l'ESA en 2006 et 2012 et portés par le CNES et EUMETSAT, permettent la détermination conjointe des profils atmosphériques de l'humidité et de la température ainsi que des propriétés physiques et microphysiques des cirrus. Toutefois, la résolution verticale de la vapeur d'eau dans la haute troposphère déterminée par ces instruments induit une difficulté à détecter des fines couches de sursaturation en glace. Celle-ci peut être surmontée en partie en étalonnant les données en considérant les distributions de l'humidité relative pour des cirrus. L'étude des mécanismes de formation et de dissipation des cirrus est un thème fondamental pour la compréhension des interactions cirrus/climat. Ceci passe tout d'abord par l'étude des relations entre propriétés de cirrus et la thermodynamique à grande échelle de l'atmosphère, en présence ou absence des aérosols.

Le groupe de travail international "Process Evaluation Study on Upper Tropospheric Clouds and Convection" du programme 'Global Energy and Water Exchanges' (GEWEX UTCC PROES, coordonné par C. Stubenrauch et G. Stephens), récemment formé, se focalise en particulier sur la compréhension de la rétroaction des systèmes de nuages convectifs et leurs enclumes. Des études récentes ont montré que les enclumes de ces systèmes contrôlent la convection elle-même et donc les précipitations. Un élément crucial qui affecte la rétroaction des nuages est le chauffage par rayonnement de la haute troposphère. Un but alors serait d'acquérir une meilleure compréhension de la relation entre la convection et le chauffage induit par les enclumes de cirrus produites par la convection, et de fournir des mesures venant de nos observations qui pourraient être utilisées pour évaluer ces processus dans les modèles. Pour réussir ceci, il est nécessaire de décrire les nuages en tant que systèmes nuageux, en prenant en compte leur extension horizontale. L'étendue horizontale des systèmes nuageux peut être estimée par une méthode qui rassemble des nuages voisins à partir de leurs propriétés physiques. Ceci permettra également de distinguer des cirrus appartenant à des systèmes convectifs ou frontaux des cirrus in situ.

L'extension verticale de ces systèmes ainsi que la probabilité des nuages à plusieurs couches dans la région des cirrus fins, essentielles pour la détermination du taux de réchauffement dans la haute troposphère, ne peuvent être déterminées qu'à partir des instruments actifs (CALIPSO et CloudSat synchrone avec AIRS). Une étude récente a démontré qu'il est possible de paramétriser les profils verticaux des propriétés microphysiques des cirrus en fonction du contenu intégré en glace. Les contraintes sur ces propriétés peuvent être utilisées pour l'estimation des flux de chaleur et du taux de réchauffement.

Ce stage consistera à étudier des relations entre l'état de l'atmosphère et les propriétés des enclumes de cirrus et des cirrus in-situ, en particulier leur structure verticale. Ensuite leurs propriétés seront intégrées dans un code de transfert radiatif ('Rapid Radiative Transfer Model', RRTM) pour déterminer leurs flux radiatifs et taux de chauffage. Ce code est également en train d'être implémenté dans la nouvelle version du modèle de climat LMD-Z.

Pendant ce stage l'étudiant se familiarisera avec les mesures satellites des propriétés des nuages. Il est souhaitable que ce sujet de recherche peut être continué en thèse (en co-encadrement avec Bernard Legras). Ce sujet s'inscrit étroitement dans le cadre du projet international GEWEX UTCC PROES, et inclut une coopération avec plusieurs équipes du LMD.