

**Lundi  
27  
Février  
2006  
à 14 H**

## **Soutenance de thèse CNRM**

### **Salle de conférence du CNRM**

#### **«Transfert radiatif dans les nuages de couche limite hétérogènes»**

par **Frédéric CHOSSON (CNRM/GMEI/MNPCA)**

*Mot clés: transfert radiatif, nuages de couche limite, modélisation L.E.S, hétérogénéités du champ nuageux, processus d'entraînement/mélange, paramétrisation sous-maille, restitution de paramètres nuageux.*

Les nuages de couche limite jouent un rôle clé dans le bilan radiatif terrestre, principalement dans leur forme étendue, le type stratocumulus. Leur propriétés radiatives dépendent de leurs propriétés physiques, plus spécifiquement de la distribution spatiale de l'eau condensée et de la distribution dimensionnelle des particules nuageuses. La distribution de l'eau condensée est gouvernée par la thermodynamique de l'atmosphère, mais la distribution dimensionnelle des gouttelettes, dans les nuages chauds, dépend de l'aérosol qui est entraîné à la base du nuage.

C'est ainsi que l'aérosol peut indirectement impacter le climat. Faute d'une résolution spatiale suffisante, les modèles de climat ne sont pas en mesure de représenter la morphologie des nuages, ni leur propriétés microphysiques, en détail. Les nuages y sont représentés par une couche horizontalement uniforme et éventuellement stratifiée verticalement : c'est le modèle plan-parallèle. C'est aussi sur ce type de représentation simplifiée que reposent les schémas opérationnels de restitution des paramètres nuageux à partir de satellite.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés au biais induit par la représentation plan-parallèle des nuages, tant pour la problématique des modèles de grande échelle, que pour celle de la restitution des paramètres nuageux à partir de satellite. Notre étude s'appuie sur la simulation LES à résolution spatiale fine de champs nuageux réalistes, avec le modèle Meso-NH, et le calcul tri-dimensionnel du transfert radiatif avec le modèle SHDOM. Nos simulations de nuages ont été initialisées à partir des champs thermodynamiques qui prévalaient au cours de la campagne ACE2, puis ils ont été validés par comparaison avec les mesures microphysiques collectées in situ.

Ces mesures révèlent que la microphysique du sommet des nuages de couche limite est fortement affectée par le mélange avec l'air sec de la couche d'inversion, mais ce processus n'a pas encore été paramétré dans les modèles LES. Lorsque l'air sec extérieur est entraîné dans le nuage, et que le rapport de mélange en eau liquide est réduit, deux scénarios sont envisageables. Si le mélange est rapide, on peut supposer que toutes les gouttelettes sont exposées au même déficit de saturation, et quelles s'évaporent suivant la même loi qui pilote leur croissance, tandis que leur concentration en nombre est inchangée : c'est le schéma de mélange homogène. A l'inverse, si le mélange est un processus lent vis à vis du temps d'évaporation des gouttelettes, certaines s'évaporent totalement (la concentration diminue), tandis que les gouttelettes restantes conservent leur diamètre initial : c'est le schéma de mélange hétérogène. Les mesures in-situ dans les stratocumulus suggèrent que le processus de mélange est plutôt de type hétérogène.

**Pour tout renseignement, prière de contacter N. Raynal (05.61.07.93.63)**

Centre National de Recherches Météorologiques  
42, Avenue G. Coriolis - 31057 Toulouse Cedex

Nous avons introduit une paramétrisation originale de l'impact des processus d'entraînement-mélange dans le modèle Meso-NH, en considérant successivement les deux scénarios, ce qui permet de circonscrire l'impact du mélange. Les propriétés radiatives simulées ont alors été validées par comparaison avec les mesures de radiances effectuées au cours de la campagne ACE-2, depuis un avion volant au dessus de la couche. Les meilleurs résultats sont obtenus avec le schéma de mélange homogène, ce qui contredit les mesures in-situ. Ce paradoxe révèle que le processus n'est pas encore bien compris et que son impact sur le transfert radiatif n'est pas connu.

Nous nous sommes donc intéressés à l'erreur commise sur l'albédo du nuage, lorsque l'un ou l'autre des deux scénarios est utilisé pour représenter l'impact du mélange. Nous avons réalisé 3 nouvelles simulations de nuage qui reflètent des niveaux variés d'hétérogénéité spatiale de l'eau condensée. Les quatre simulations ont ensuite été traitées avec trois valeurs différentes de concentration initial de gouttelettes et les deux scénarios de mélange.

Pour ce qui est de la paramétrisation du transfert radiatif dans les modèles de grande échelle, nos résultats montrent que le biais plan-parallèle sur l'albédo du nuage, de l'ordre de la dizaine de pour-cent avec un schéma de mélange homogène, est plus que doublé avec le schéma de mélange hétérogène. Pour la restitution des paramètres nuageux à partir de satellite, nos résultats montrent que le schéma de mélange a un impact réduit sur la restitution de l'épaisseur du nuage ou de son contenu en eau intégré, alors qu'il peut conduire à une sous-estimation d'un facteur trois sur la restitution de la concentration des gouttelettes. Ainsi, un nuage pollué (à concentration de gouttelette élevée) et fortement affecté par le mélange, pourrait être interprété comme un nuage d'une masse d'air marine pure.

En conclusion, cette étude a montré que les effets tri-dimensionnels du transfert radiatif jouent un rôle mineur à cette échelle de résolution. Elle a corroboré les estimations précédentes du biais plan-parallèle dans la représentation simplifiée d'un nuage hétérogène spatialement. Elle a surtout révélé que le choix du schéma de mélange dans la simulation du nuage avait un impact majeur comparé au biais tri-dimensionnel et au biais plan-parallèle, alors que ce processus n'a encore jamais été pris en compte, ni dans les paramétrisations du transfert radiatif, ni pour développer les schémas de restitution par satellite.

Jury : Serge Chauzy, Président – Jacques Pelon (LMD), Hanna Pawlowska (Université de Varsovie), Philippe Dubuisson (ELICO), Rapporteurs – Jean-Louis Brenguier (CNRM), directeur de thèse – Lothar Schüller (EUMETSAT), co-directeur de thèse.