

Titre: Calcul et analyse du forçage radiatif des gaz à effet de serre avec prise en compte de la représentation 3D des nuages.

L'estimation des forçages radiatifs des différentes perturbations, qu'elles soient naturelles (soleil, volcans) ou anthropiques (gaz à effet de serre, aérosols, etc.) est très utiles pour interpréter aussi bien les changements climatiques observés que ceux estimés par les modèles de climat. Cette estimation joue un rôle central dans les négociations climatiques, tel que les accords de Paris, qui reposent, de fait, sur le concept de forçage radiatif.

Le travail de thèse proposé se situe dans le projet ANR "MCG-Rad" qui vise à calculer avec un modèle radiatif de référence le forçage radiatif des différents gaz à effet de serre pour les conditions actuelles ou futures par rapports aux conditions préindustrielles. Ce modèle de référence est basé sur un calcul "raie-par-raie" par méthode de Monte-Carlo, à l'échelle globale et sur des période de temps climatiques. La partie algorithmique et informatique est réalisée par les laboratoires LAPLACE et IRIT de l'Université Paul Sabatier à Toulouse. Le travail de thèse portera sur les points suivants:

- développer une modélisation statistique de la représentation 3D des nuages à partir des sorties de modèles météorologiques ou climatiques
- inclure cette représentation dans le modèle de Monte-Carlo développé par le LAPLACE et l'IRIT pour des profils atmosphériques ciel clair
- calculer et analyser le forçage radiatif des différents gaz à effet de serre en situation ciel clair et en présence des nuages

Dans la totalité des estimations actuelles des forçages radiatifs réalisées avec modèles radiatifs précis, le nombre de profils atmosphériques est très réduit pour des raisons de temps calcul et les équations de transfert radiatif sont résolues de façon simplifiée en faisant l'hypothèse plan parallèle, c'est à dire en faisant une modélisation monodimensionnelle, selon la verticale, du rayonnement. Cette hypothèse plan parallèle est également utilisée dans la quasi-totalité des modèles de climat ou de prévision numérique du temps, des inversions des mesures par satellites. Un premier objectif du travail proposé est d'améliorer les calculs radiatifs par la prise en compte des effets 3D du rayonnement et de la structure 3D des nuages. On cherchera à construire des champs nuageux 3D réalistes d'un point de vue statistique à partir des informations très partielles calculées par les modèles (fraction nuageuse par niveau, et éventuellement paramètre d'hétérogénéité sous-maille de l'eau condensée). Pour cela on identifiera quelques grandeurs permettant de caractériser l'organisation spatiale et la distribution de taille des nuages sous maille (paramètres de taille moyenne des nuages et de clustering, rapport de forme, longueur de corrélation d'un champ nuageux, etc.). Puis on cherchera à les caractériser à partir d'observations par satellites, notamment la distribution verticale de la fraction nuageuse issue des observations Calipso et CloudSat. Pour les nuages bas, on utilisera également des sorties de modèles à très hautes résolutions (la dizaine de mètre, modèle de grands tourbillons).

Un deuxième objectif important du travail proposé est d'analyser et d'interpréter les forçages radiatifs en plus de les calculer. On analysera par exemple en détail le mécanisme dit d'ajustement stratosphérique lors d'un changement de la concentration de CO₂ et la façon dont le concept « d'altitude d'émission » s'applique aux différents gaz à effet de serre. On analysera également la différence entre les forçage radiatifs au sommet de l'atmosphère, à la surface et dans l'atmosphère, et on étudiera les conséquences.