



ECOLE NATIONALE DE LA METEOROLOGIE

STAGE D'APPROFONDISSEMENT

INGENIEURS DE L'ECOLE NATIONALE DE LA METEOROLOGIE

FICHE DE PROPOSITION DE SUJET

IENM

Thème du sujet :

Aérosols, mesure, instrumentation

Titre du sujet proposé :

Caractérisation de l'état de mélange des particules de carbone-suie par la méthode SP2

Organisme ou service proposant le sujet :

CNRM/GMEI/MNPCA
42 avenue G. Coriolis
31057 Toulouse Cedex1

Responsable(s) scientifique(s) du stage :

Responsable principal (le responsable principal est l'interlocuteur direct de l'Ecole. C'est à lui, en particulier, que seront adressés les courriers ultérieurs) :

NOM : DENJEAN
téléphone : 0561079650

Prénom : Cyrielle
Email : cyrielle.denjean@meteo.fr

Autre responsable :

NOM : BOURRIANNE
téléphone : 0561079608

Prénom(s) : Thierry
Email : thierry.bourrienne@meteo.fr

Ecole Nationale de la Météorologie

Téléphone : 05.61.07.80.80 - Télécopie : 05.61.07.96.30 - <http://www.enm.meteo.fr>
Météo-France, Etablissement Public sous la tutelle du ministère chargé des Transports
L'ENM et Météo-France sont certifiés ISO 9001 par Bureau Veritas Certification



Le stage peut-il être effectué en "binôme" ?

non

L'étude présente-t-elle un caractère de confidentialité ?

Non

Possibilités éventuelles de logement sur le lieu du stage :

oui

Les rubriques suivantes doivent être obligatoirement explicitées sur feuille séparée en tenant compte des recommandations indiquées pour chacune d'elle.

1) Objectifs scientifiques, techniques poursuivis (une demi-page minimum)

Les aérosols modifient le bilan radiatif global de la Terre par interaction avec le rayonnement et les nuages. La majorité des espèces particulières diffusent le rayonnement solaire, entraînant un refroidissement de l'atmosphère. En revanche, les particules de carbone-suie (i.e. BC pour « Black Carbon ») ont la particularité d'exercer un pouvoir réchauffant de l'atmosphère à travers leur capacité à absorber le rayonnement solaire. Elles sont également capables de modifier la microphysique et la thermodynamique des nuages en jouant le rôle de noyaux de condensation (CCN) pour la formation des gouttelettes et en perturbant le gradient vertical des températures. Le BC est un agent climatique de premier plan qui pourrait constituer la deuxième plus forte contribution au réchauffement climatique actuel après celle du dioxyde de carbone. C'est également un composant important de la qualité de l'air en raison de l'impact sanitaire de ces particules fines. Il est donc essentiel de bien représenter les propriétés du BC dans les modèles atmosphériques, tant pour l'étude du climat que pour la prévision numérique du temps et de la qualité de l'air.

Cependant, les propriétés et le cycle de vie du BC restent actuellement très mal appréhendés, ce qui limite notre capacité à quantifier l'impact du BC sur le climat, la qualité de l'air et le cycle de vie des nuages. L'une des principales limitations à cette connaissance concerne l'état de mélange du BC avec d'autres espèces atmosphériques, celui-ci évoluant avec le temps et les sources d'émission. À l'émission, le BC fraîchement émit n'est souvent pas mélangé et n'agit pas comme CCN, et ce n'est que par le biais de son vieillissement qu'il acquiert des composés hydrophiles augmentant sa capacité CCN, son absorption du rayonnement solaire et sa probabilité d'être éliminé de l'atmosphère par dépôt humide.

Jusqu'à présent, les lacunes sur l'état de mélange du BC sont principalement dues à une limitation des moyens pour le mesurer. Ces dernières années ont vu un énorme progrès technologique dans ce domaine avec le développement d'une méthode basée sur l'incandescence des particules initiée par laser (SP2, Droplet Measurement Technology, Boulder, CO, USA). Cet instrument permet de mesurer avec précision non seulement les concentrations atmosphériques de BC, mais également son état de mélange. L'équipe du CNRM/GMEI/MNPCA dispose d'un système SP2 qu'elle a déployé lors de plusieurs campagnes de terrain internationales dédiées à l'étude des aérosols. Elle utilise l'algorithme de traitement fourni par le constructeur pour quantifier la concentration en BC. Quelques points restent à améliorer sur le traitement des données pour que la mesure de l'état de mélange du BC soit possible.

Ce stage a pour but de développer une nouvelle procédure de traitement du SP2 afin de pouvoir caractériser avec précision la concentration et l'état de mélange du BC. Il s'agira ensuite d'utiliser cette méthode pour étudier les propriétés du BC en Afrique de l'Ouest, qui est une région extrêmement sensible d'un point de vue du climat et de la qualité de l'air en raison de l'expansion massive de ses émissions de polluants.

Ecole Nationale de la Météorologie

Téléphone : 05.61.07.80.80 - Télécopie : 05.61.07.96.30 - <http://www.enm.meteo.fr>

Météo-France, Etablissement Public sous la tutelle du ministère chargé des Transports

L'ENM et Météo-France sont certifiés ISO 9001 par Bureau Veritas Certification



2) Méthodologie envisagée (une demi-page minimum)

Le stage débutera par la prise en main du système de mesure SP2 et de réaliser un travail bibliographique sur les méthodologies de traitement des signaux SP2 pour restituer l'état de mélange du BC. Cette étape préalable au développement informatique est incontournable afin de bien appréhender les besoins des scientifiques, les contraintes techniques et les méthodes de traitement proposées dans le domaine.

Il s'agira ensuite de développer un nouvel algorithme de traitement du SP2 qui devra permettre de restituer la concentration, la granulométrie et l'état de mélange du BC. Le SP2 dispose de plusieurs voies de mesure :

- deux voies en diffusion (scattering) qui permettent, d'une part, de déterminer la taille optique de la particule en s'appuyant sur la théorie de Mie et, d'autre part, la position de la particule dans le faisceau ;
- deux voies en incandescence qui mesurent l'intensité émise dans le visible par une particule qui s'échauffe par absorption du rayonnement. Ces deux voies couvrent des largeurs de spectre visible différentes : le visible complet pour la première et la seconde ne couvrant que la fraction « rouge » du spectre.

Le décalage temporel des différents signaux permet de mesurer la pellicule qui recouvre une particule de BC et de remonter ainsi à son vieillissement. La différence entre les signaux d'incandescence permet quant à elle de différencier des compositions chimiques différentes de particules. Le logiciel utilisé actuellement ne permet pas d'explorer toutes ces possibilités. Le stage proposé vise à analyser et comprendre la filière actuelle de traitement développée en langage IGOR, pour pouvoir éventuellement la coder dans un langage compilé et surtout compléter les traitements pour les améliorer.

Ensuite la méthode de traitement sera utilisée pour traiter le jeu de données obtenu avec le SP2 qui a été déployé par l'équipe à bord de l'avion de recherche ATR-42 pendant la campagne de mesure DACCIWA. Une soixantaine d'heure de vol scientifique ont été réalisées au-dessus de grandes villes côtières du golfe de Guinée et dans les panaches de feux de biomasse en provenant d'Afrique centrale et du sud. L'étude portera sur l'état de mélange du BC en fonction de sa source, de son temps et voie de transport.

3) Plan de travail détaillé mois par mois, pour les cinq mois de stage

Mois 1 : Etude bibliographique, prise en main du système SP2, appropriation de l'algorithme de traitement existant.

Mois 2 et 3 : Développement du nouvel algorithme de traitement

Mois 4 : Traitement des données du SP2 de la campagne DACCIWA

Mois 5 : Synthèse des résultats, rédaction du rapport et préparation de la présentation orale pour la soutenance finale à l'IENM.

4) Etat d'avancement actuel des travaux sur le sujet, éventuellement lien avec les autres activités de recherche au sein du laboratoire

L'intégration ou l'amélioration de la représentation des aérosols dans les modèles numériques figure comme l'un des axes de recherche prioritaires que Météo-France souhaite développer. Les données d'observation obtenues lors des campagnes de mesures fournissent aujourd'hui la base expérimentale nécessaire pour améliorer et valider les modèles numériques, tel que les modèles AROME, ALADIN-CLIMAT, MESO-NH ou encore MOCAGE. Le développement algorithmique proposé dans ce stage permettra ainsi de développer de nouvelles paramétrisations du BC dans ces modèles et pourra être proposé aux modélisateurs dans le cadre des groupes de travail scientifiques consacrés aux aérosols et au transfert radiatif.

L'équipe GMEI/MNPCA a déployé le SP2 lors de plusieurs campagnes de terrain dans lequel différentes équipes du CNRM sont impliquées : CHARMEX (Méditerranée), DACCIWA (Afrique de l'Ouest), AEROCLOSA (Afrique du Sud). L'algorithme développé à l'issue de ce stage sera utilisé pour traiter plus finement les propriétés du BC dans ces environnements contrastés et s'intègre dans l'ensemble de ces projets d'envergure internationale.

Ecole Nationale de la Météorologie

Téléphone : 05.61.07.80.80 - Télécopie : 05.61.07.96.30 - <http://www.enm.meteo.fr>

Météo-France, Etablissement Public sous la tutelle du ministère chargé des Transports

L'ENM et Météo-France sont certifiés ISO 9001 par Bureau Veritas Certification



5) Autres remarques jugées utiles

6) Documents joints à la présente proposition et/ou références bibliographiques sur le sujet

7) Ce sujet pourrait-il être prolongé par une thèse ?

Oui.