

ACHILLE Newsletter

Lettre trimestrielle à l'attention
de la communauté ADOMOCA

Numéro 4, Décembre 2009

Edito

Deux projets impliquant un volet important d'assimilation de données chimiques ont débuté récemment. Tout d'abord, le projet européen MACC (*Monitoring Atmospheric Composition and Climate*), financé dans le cadre du 7ème PCRD, vise à mettre en place le service "atmosphère" du programme GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*). Par ailleurs, le projet POGEGA (Plateforme d'Observation Géostationnaire de la Qualité de l'Air), financé par le RTRA STAE (Science et Technologie pour l'Aéronautique et l'Espace), a pour objectif de franchir une étape décisive dans la conception d'une future mission géostationnaire dédiée à la surveillance de la qualité de l'air (ozone et monoxyde de carbone) sur l'Europe. Le dénominateur commun de ces deux projets est l'implication des équipes Toulousaines (CNRM-GAME, Laboratoire d'Aérodynamique, CERFACS) et l'utilisation de MOCAGE, en version à haute résolution (0,2°) sur l'Europe, et de MOCAGE-Valentina pour les travaux d'assimilation.

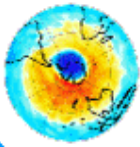
Le projet MACC

Le projet MACC a débuté au 01/06/2009, même si la première réunion de l'ensemble des partenaires du projet n'aura lieu qu'en Janvier 2010. MACC a pris la suite des projets GEMS (financé par la Commission Européenne, dans le cadre du 6ème PCRD) et PROMOTE (financé par l'Agence Spatiale Européenne). MACC doit déboucher sur des applications opérationnelles, notamment dans le domaine de la prévision du "temps chimique" et de la qualité de l'air sur l'Europe. Le projet comporte 48 partenaires et est coordonné par le CEPMMT (Centre Européen de Prévisions Météorologiques à Moyen Terme). Des travaux d'assimilation sont prévus à la fois pour ce qui concerne l'échelle globale (il s'agit de contribuer à la mise en place d'un système d'assimilation chimique basé sur le modèle météorologique du CEPMMT, en se concentrant principalement dans MACC sur la troposphère) et l'échelle régionale / Europe

(MOCAGE est l'un des 6 systèmes pré-opérationnels utilisés pour les analyses et les prévisions d'ensemble de la qualité de l'air). Globalement, MACC vient enrichir et compléter les activités similaires menées au sein du consortium national Prév'Air (INERIS, MF, CNRS, ADEME). Même si les aspects de recherche ne constituent qu'une fraction relativement faible de MACC, les travaux d'assimilation sont notamment l'occasion d'échanges d'outils (opérateurs d'observation, ...) et d'expérience (représentation des erreurs d'ébauche, ...).

Le projet POGEGA

Dans POGEGA, trois volets d'activités complémentaires sont destinés à montrer qu'il est possible d'assimiler en synergie observations satellitaires et observations de surface afin d'améliorer les moyens de surveillance de la qualité de l'air et de définir des paramètres de mission optimaux pour un futur instrument en géostationnaire, complémentaire aux systèmes d'observation aujourd'hui disponibles. Tout d'abord, des mesures d'instruments existants (orbite polaire) seront prises en compte et assimilées dans MOCAGE-Valentina (dans sa version aire limitée). Par ailleurs un simulateur d'observations « géostationnaires » sera mis au point et utilisé pour réaliser des expériences de système d'observation simulé (OSSEs) et optimiser les caractéristiques de l'instrument envisagé. Ces expériences numériques, actuellement utilisées en météorologie et en océanographie, représentent un coût marginal par rapport au déploiement réel d'un instrument-test. Elles permettent cependant de justifier quantitativement les spécifications (géométrie, sensibilité, erreurs,...). Enfin, différents aspects d'une exploitation d'un tel instrument dans des conditions réelles opérationnelles (présence de nuages, erreurs de représentativité des observations de surface, radiances,...) sont également au programme des recherches proposées. La première réunion de POGEGA a eu lieu au début du mois de novembre. Elle a réuni les partenaires nationaux et internationaux, tous impliqués dans des initiatives similaires en Europe et aux Etats-Unis ou spécialistes de l'assimilation des données en chimie atmosphérique. Cette réunion a débouché sur la proposition d'un instrument en réponse à l'appel d'offres "Earth Explorer 8" de l'Agence Spatiale Européenne ; cet instrument s'appelle MAGEAQ (*Measurement of the Atmosphere from Geostationary orbit for European Air Quality*) et bénéficie d'une équipe scientifique



particulièrement forte, à poids principal franco-allemand.

V.-H. Peuch

L'algorithmique de l'assimilation

La chaîne d'assimilation Valentina continue de progresser pour suivre deux directions de travail principales. D'un côté l'assimilation de données dans un domaine régional à aire limitée, de l'autre l'implémentation de la méthode 4D-VAR incrémentale en domaine global autour de Mocale avec des schémas chimiques linéaires.

En ce qui concerne l'assimilation en aire limitée, le travail d'optimisation sur machine vectorielle se poursuit avec le support de NEC Etats-Unis. La partie concernée est la solution de l'équation de diffusion dans les routines qui représentent les produits $\mathbf{B}^{1/2}\mathbf{v}$ et $\mathbf{B}^{T/2}\mathbf{v}$, où \mathbf{B} est la matrice des covariances d'erreur d'ébauche et \mathbf{v} le vecteur de contrôle. L'approximation retenue passe par la solution d'une équation de diffusion, dont la discrétisation avec schéma temporel implicite impose la solution d'un nombre élevé de petits systèmes linéaires creux qui ne permettent pas d'exploiter au mieux les processeurs vectoriels. La version actuelle utilise un solveur linéaire itératif préconditionné qui permet d'obtenir des résultats avec une précision adéquate dans des temps acceptables, mais qui pourraient augmenter excessivement avec une augmentation de la résolution du maillage. L'étude est encore en cours. Il faut noter que le critère d'arrêt du solveur itératif doit être plutôt strict pour garantir que $\mathbf{B}^{T/2}$ soit une bonne représentation de l'adjoint de $\mathbf{B}^{1/2}$. Pour cette raison, nous étudions actuellement la possibilité de reformuler le problème de minimisation variationnelle de façon à travailler avec le seul produit $\mathbf{B}\mathbf{v}$. Les premiers résultats sur des cas d'étude sont encourageants.

En ce qui concerne le 4D-VAR global, les dernières modifications de la chaîne se sont limitées à une révision des sorties et des procédures d'affichage des résultats pour la meilleure prise en compte des fenêtres d'assimilation longues.

On travaille plus activement sur l'interfaçage avec Mocale. Les versions actuelles des modèles linéaire tangent et adjoint (limités au transport pour le moment) sont parfaitement

adaptées à des machines scalaires. Par contre, l'adjoint de l'advection sémi-lagrangienne impose pour le moment un choix exclusif entre l'utilisation d'OpenMP et la pleine vectorisation. Dans un cas comme dans l'autre cette partie de code dégrade sensiblement les performances. Le problème est à l'étude avec la collaboration du CNRM.

A. Piacentini

L'informatique autour de Valentina

D'un point de vue informatique, la chaîne Valentina a été portée sur le nouveau cluster IBM du CERFACS, basé sur des nœuds biprocesseur nehalem (8 coeurs par nœud). Les temps de restitution sur un nœud sont intéressants, même avec un modèle complet. Cependant, pour dépasser la limitation à un seul nœud, il faudrait que le modèle direct soit parallélisé par MPI.

L'interface PrePALM a aussi évolué (version actuelle 2.2.8) pour prendre en compte des constantes réelles, de façon à pouvoir décrire avec précision les limites des domaines et les longueurs de corrélations pour des résolutions qui descendent sous le degré.

La validation des versions de travail peut se considérer terminée avec la version 5.06 β et avant la fin de l'année 2009 Valentina V5 sera officiellement disponible sur Ether avec la documentation correspondante à jour. Elle intégrera les modifications pour l'assimilation en aire limitée. Les aspects 4D-VAR global ne seront pas inclus car ils demandent encore un effort d'uniformisation des interfaces avec le modèle direct et les modèles linéaire tangent et adjoint.

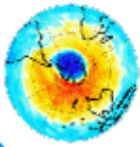
A. Piacentini

La science

Construction d'une base de données de profils d'Ozone de la troposphère à la stratosphère en support aux observations spatiales

La restitution de quantités d'ozone à partir d'observations spatiales requière des observations indépendantes d'ozone pour :

1. caractériser la connaissance *a priori* de l'ozone dans le but de régulariser les restitutions spatiales ;



2. valider les quantités d'ozone restituées.

Les profils d'ozone sont mesurés de manière régulière dans l'ensemble des stations du réseau WOUDC-SHADOZ par des ballons sondes. Ces observations ont l'avantage de couvrir la troposphère et une partie de la stratosphère jusqu'à 25-35 km. Néanmoins, elles n'échantillonnent pas toujours le maximum d'ozone stratosphérique et nécessitent d'être complétées dans la moyenne-haute stratosphère avec une résolution spatio-temporelle modérée. L'ozone dans la moyenne-haute stratosphère présente essentiellement une variabilité saisonnière et méridionale. D'autre part, peu de stations permettent d'échantillonner des zones caractérisées par des conditions très polluées dans la couche limite atmosphérique. Les observations aéroportées MOZAIC-IAGOS caractérisent le profil d'ozone troposphérique à proximité de grands aéroports et possèdent une fréquence temporelle très élevée (journalière). Par contre, il est nécessaire de compléter les profils MOZAIC à partir de la tropopause et en particulier dans l'UTLS avec une grande résolution spatio-temporelle en raison de la forte variabilité de l'O₃ à ces altitudes (voir Figure 2).

Pour ces raisons, nous avons construit une base de données de profil d'O₃ à partir de ces deux types d'observations complétées par :

1. les profils de l'instrument Aura/MLS moyennés par période de 10 jours sur une grille de 5°x10° pour les radiosondages WOUDC-SHADOZ ;
2. les profils issus de l'assimilation des données d'O₃ MLS dans le système

Valentina avec une résolution de 12 h et de 2°x2° pour les profils MOZAIC-IAGOS (voir Figure 1).

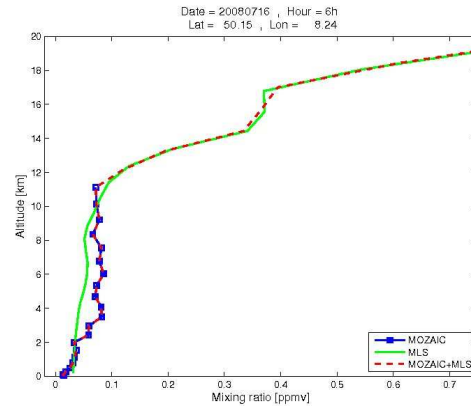


Figure 1 : Exemple de profil composite MOZAIC+MLS-Assim (Francfort le 16 juillet 2008). Le profil MOZAIC qui atteint 11km est complété par le profil MLS-Assim coïncident au-delà.

La base de données couvre actuellement l'année 2008 ce qui correspond à 700 profils pour WOUDC-SHADOZ et 1600 pour MOZAIC. La Figure 2 représente le profil moyen, le profil de variabilité et la matrice de covariance construits à partir de cet ensemble de données.

Les variations dynamiques autour de la tropopause, région de fort gradient vertical d'ozone sont responsables du maximum de variabilité observé dans cette région (9-18 km). La variabilité relative est aussi importante dans la couche limite touchée par la pollution alors qu'elle est très faible dans la troposphère libre.

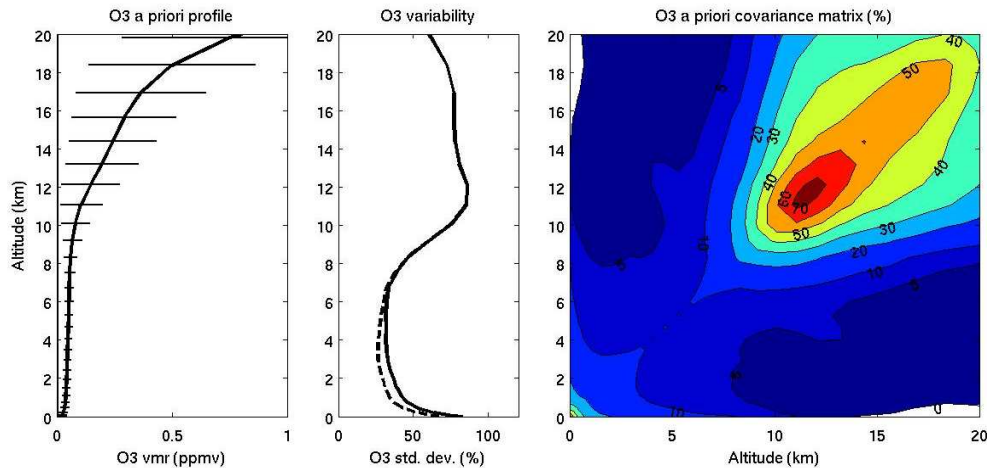
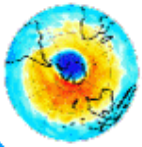


Figure 2 : Données a priori construites à partir des profils tropo-stratosphériques de la base de données pour l'année 2008.



Les données MOZAIC/MLS-Assim vont être utilisées pour la validation des profils d'O₃ restitués à partir des données du sondeur IASI par les algorithmes des différents groupes impliqués dans le projet TOSCA-IASI. Un premier exemple de validation des restitutions d'O₃ troposphériques par l'algorithme SOFRID (Software for Fast Retrieval of IASI Data) du LA pour la période 10-15 juillet 2008 est présenté dans la Figure 3.

B. Barret, E. Le Flochmoën,
B. Sauvage, S. Massart

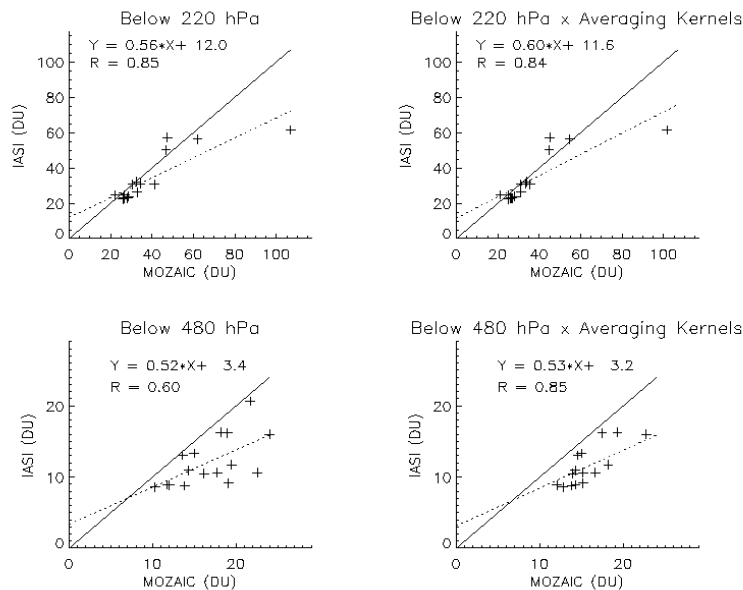


Figure 3 : Comparaison des colonnes troposphériques d'O₃ calculées à partir des profils MOZAIC/MLS-Assim et restitués par le SOFRID pour la période 10-15 juillet 2008. En-haut : colonnes troposphériques (en-dessous de 220 hPa). En-bas : colonnes basse-troposphère (en-dessous de 480 hPa). A gauche : données MOZAIC/MLS-Assim brutes. A droite : les profils MOZAIC/MLS-Assim ont été convolués par les fonctions de lissage de SOFRID.

Liste des auteurs

B. Barret	Laboratoire d'Aérodologie
E. Le Flochmoën	Laboratoire d'Aérodologie
S. Massart	CERFACS
V.-H. Peuch	CNRM
A. Piacentini	CERFACS
B. Sauvage	Laboratoire d'Aérodologie

Lien ADOMOCA sur ETHER :

<http://munk.ipsl.jussieu.fr/etherTypo/index.php>

Menu Activités puis Assimilation

Contact

massart@cerfacs.fr

Prochaine lettre : mars 2010