

ACHILLE Newsletter

Lettre trimestrielle à l'attention
de la communauté ADOMOCA

Numéro 7, Juillet 2011

Edito

Ce numéro de la lettre Achille illustre assez bien la maturité du projet ADOMOCA. De nouvelles données sont produites et sont rapidement assimilées par les chaînes développées, permettant ainsi une mesure rapide de leur qualité et des analyses scientifiques précises et originales. Les données issues de l'instrument IASI trouvent ainsi rapidement des applications scientifiques. Cela montre une fois de plus que la méthodologie liée à l'assimilation de données est maintenant une composante essentielle des missions spatiales dédiées à la mesure des constituants mineurs atmosphériques. Cela justifie de faire évoluer nos outils (modèles et méthodes) vers plus de flexibilité et une meilleure prise en compte des physiques sous-jacentes. Bonne lecture !

D. Cariolle

Données IASI

Tropospheric CO profiles retrieved with SOFRID

E. De Wachter¹

The IASI-SOFRID (Software for a Fast Retrieval of IASI Data) software has been expanded to allow the retrieval of CO profiles, parallel to the already validated O₃ product [Barret et al. (2011)]. IASI high horizontal resolution and semi-daily global coverage, together with a coexistent retrieval of CO and O₃ profiles can provide valuable information on the photochemical origin of air masses.

SOFRID is based on the UKMO-1DVar algorithm, and uses the RTTOV (Radiative Transfer for TOVS) model for the radiative transfer calculations, which includes a land surface emissivity module. The a priori information was build from MOZAIC aircraft

¹ Laboratoire d'Aérodologie, UMR 5560/Université Paul Sabatier, Observatoire de Midi-Pyrénées, Toulouse, France.

profiles, complemented by Aura/MLS profiles at altitudes higher than the aircraft flight level. IASI-SOFRID CO retrieves surface temperature, water vapour, N₂O and CO profiles simultaneously, and accounts for the impact of reflected solar radiation.

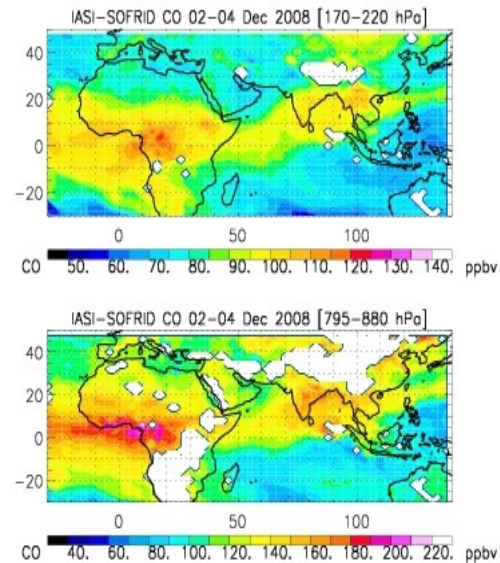


Figure 1: IASI-SOFRID CO volume mixing ratios (ppbv) at 170-220 hPa (~13 km) and 795-880 hPa (~1.5 km), for 2-4 December 2008. The IASI pixels are averaged on a 2°x2° grid.

First results are shown in Figure 1, which presents a 3-day average (2-4 December 2008) of lower and upper tropospheric CO, binned on a 2°x2° grid. The lower panel (795-880 hPa) clearly shows elevated CO volume mixing ratios (up to 200 ppbv) over Africa due to dry season vegetation fires, as well as signatures of pollution over Asia.

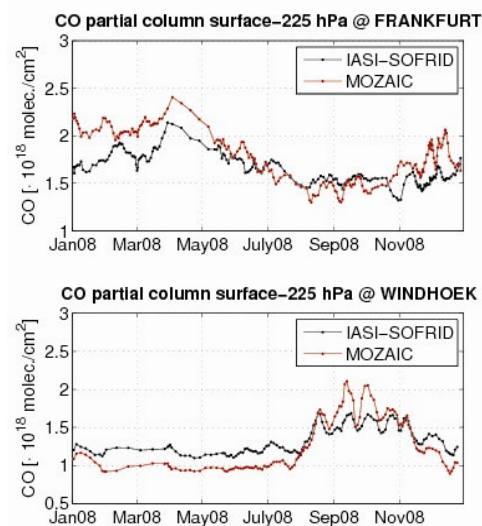
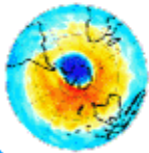


Figure 2: IASI-SOFRID and MOZAIC partial columns of CO at Frankfurt and Windhoek. The data was smoothed using a 5-point moving average.



In the upper troposphere (170-220 hPa) the highest concentrations are found over Africa, due to convective uplifting, and we see a clear transport flow of these polluted air masses to the Indian subcontinent.

The quality of the IASI-SOFRID retrieved CO profiles is currently being analysed by a validation study with the aircraft observations from the MOZAIC program. Shown in Figure 2 are partial columns (from the surface up to 225 hPa) in 2008 at Frankfurt, Germany [50.1°N, 8.7°E] and Windhoek, Namibia [22.6°S, 17.1°E]. For both locations we see that IASI-SOFRID captures the same seasonal variability as the aircraft observations, but underestimates the CO concentration in spring and autumn at Frankfurt, as well as the vegetation fire maxima in summer at Windhoek.

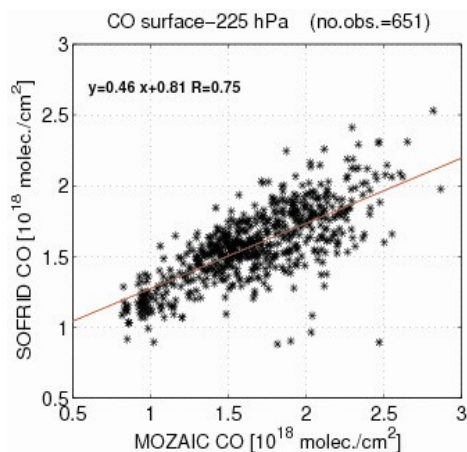


Figure 3 : Correlation plot between MOZAIC and IASI-SOFRID partial columns, for 2008, comparing 651 observations. The linear regression fit gives a slope of 0.81, and a correlation coefficient of 0.75.

A correlation plot of all the available aircraft CO profiles for 2008 with IASI-SOFRID data is given in Figure 3. A total of 651 observations are compared, corresponding to 376 high-latitude [40°-90°N/40°-90°S] and 275 low-latitude [40°S-40°N] observations. The satellite and aircraft data are in good agreement, with a correlation coefficient of 0.75.

The results shown here are preliminary, but are encouraging. The validation study will be expanded by an intercomparison with IASI-CO profiles retrieved with the FORLI (Fast Optimal Retrievals on Layers for IASI) algorithm (delivered by LATMOS-IPSL) and additional MOZAIC aircraft data.

Référence :

B. Barret, E. Le Flochmoen, B. Sauvage, E. Pavelin, M. Matricardi, and J.P.Cammas, The detection of post-monsoon tropospheric ozone variability over south Asia using IASI data, SUBMITTED at ACP, 2011.

Assimilation à haute résolution des données IASI d'ozone au dessus de l'Antarctique dans le cadre du projet CONCORDIASI

G. Bonsang², L. El Amraoui², V.-H. Peuch², F. Rabier²

Le sondeur infrarouge hyperspectral IASI (Infrared Atmospheric Sounding Interferometer) à bord du satellite MetOp fournit des mesures de colonne totale d'ozone avec une couverture spatio-temporelle assez importante. De plus, le programme international CONCORDIASI coordonné par le CNRM permet, par la qualité des mesures de radiosondages menées en Antarctique, d'évaluer de façon indépendante les mesures satellitaires de IASI. Pour cela, les données IASI ont été assimilées avec l'outil MOCAGE-PALM en utilisant la méthode 3D-FGAT, avec pour schéma chimique, le schéma linéaire « CARIOLLE ».

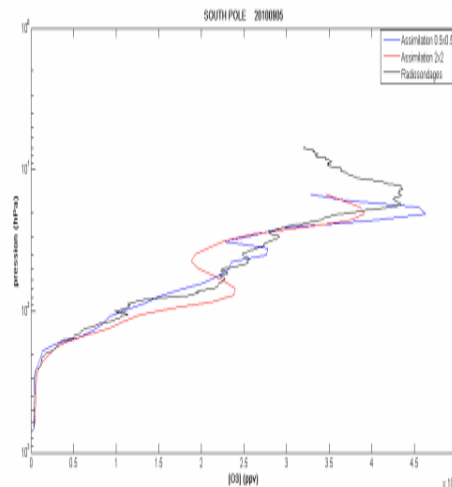
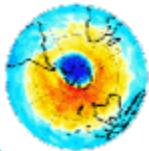


Figure 4: Profils d'ozone obtenus le 05 Septembre 2010 par assimilation à 2°x2° (rouge) et à 0.5°x0.5° (bleu) comparés à la mesure du radiosondage (noir) au dessus de la station South-Pole.

Dans ce cadre, le travail mené au cours de ce stage de M2 a d'abord permis de valider l'assimilation des données IASI au dessus de l'Antarctique. Par la suite, l'effet de la résolution a également pu être étudié en comparant les profils d'ozone assimilés en 2°x2° avec ceux en 0.5°x0.5°. La Figure 4 présente une comparaison de profils entre les produits assimilés de IASI à 2°x2° (rouge), 0.5°x0.5° (bleu) et celui mesuré par le radiosondage au dessus de la station South-Pole le 05/09/2010 (noir). L'assimilation à haute résolution améliore la représentation de

² Météo-France/CNRM, Toulouse, France.



l'ozone en termes de profils verticaux par rapport au produit assimilé à faible résolution.

La valeur ajoutée de l'assimilation à haute résolution a été aussi évaluée en termes de colonnes totales d'ozone. Sur la Figure 5, nous présentons les colonnes totales d'ozone correspondant au 13 septembre 2010 issues de MOCAGE ($2^\circ \times 2^\circ$), IASI assimilés à $2^\circ \times 2^\circ$ et à $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ comparées aux colonnes totales à $1^\circ \times 1^\circ$ de l'instrument OMI (Ozone Monitoring

Instrument) à bord du satellite Américain Aura. L'assimilation de IASI améliore beaucoup la distribution de l'ozone à la fois à l'intérieur et à l'extérieur du vortex polaire, en plus l'assimilation à haute résolution permet d'avoir des structures fines surtout sur la bordure du vortex comparables à celles vues par l'instrument OMI.

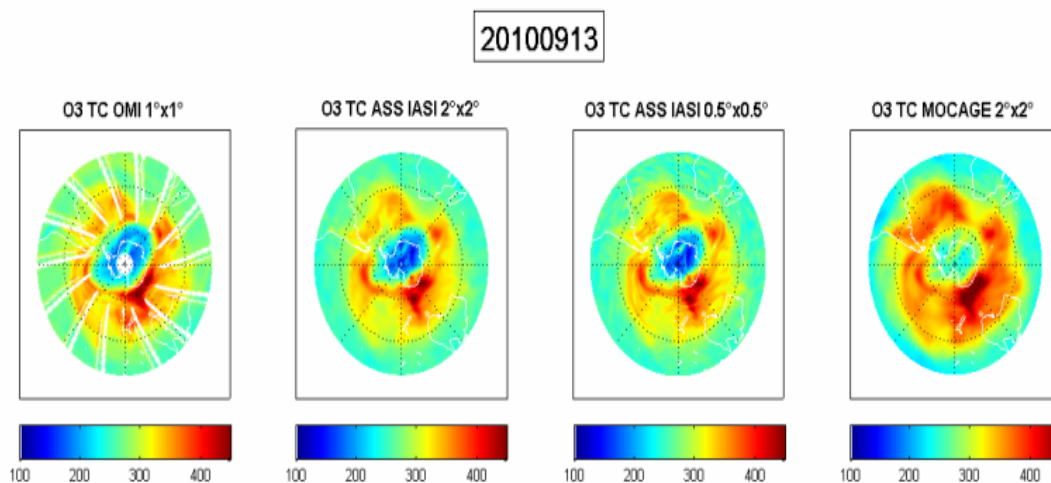


Figure 5: Colonne totale d'ozone en DU au dessus de l'Antarctique pour le 13 septembre 2010 issue de : MOCAGE en $2^\circ \times 2^\circ$ (extrême droite), IASI assimilé à $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (milieu à droite), IASI assimilé à $2^\circ \times 2^\circ$ (milieu gauche) et OMI à $1^\circ \times 1^\circ$ (extrême gauche)

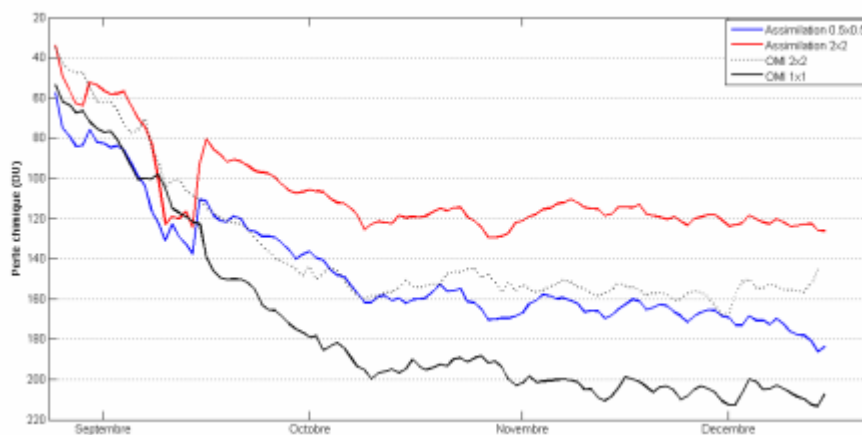
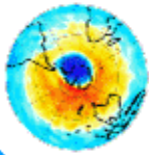


Figure 6: Évolution temporelle de la perte chimique journalière à l'intérieur du vortex en Unité Dobson (DU)

Les résultats précédents nous ont permis de déterminer la perte chimique à l'intérieur du vortex au cours de l'hiver austral 2010. La Figure 6 présente l'évolution temporelle depuis fin juillet jusqu'à fin décembre 2010 des valeurs journalières de la perte chimique estimée par le produit IASI assimilé à faible résolution (rouge) et à haute résolution (bleu) comparées aux valeurs estimées par les mesures de l'instrument OMI.

Nous constatons d'après la Figure 6 que la perte chimique à l'intérieur du vortex est principalement importante entre début septembre et fin Novembre avec une valeur de l'ordre de ~ 160 DU.

A noter que la suite de ce stage consistera à déterminer 1) l'importance de la descente diabatique à l'intérieur du vortex polaire au cours de cet hiver austral et 2) de calculer le profil vertical de la perte chimique à l'intérieur du vortex en tenant compte de cette descente



diabatique. Ainsi, les concentrations de protoxyde d'azote (N_2O) seront utilisées comme traceur dynamique afin de déduire la descente diabatique et corriger le profil de perte chimique.

Extrait du Rapport du CNRM-GAME et du LGGE sur le projet Concordiasi envoyé au CNES- Juillet 2011.

Cas d'étude

Cas d'étude d'une intrusion stratosphérique avec les analyses de MLS avec MOCAGE et VALENTINA à haute résolution.

J.Barré³

Nous avons utilisé ici un cas d'étude d'échange stratosphère-troposphère le 17 juillet 2009 pour montrer la valeur ajoutée des analyses de MLS à haute résolution. Nous avons évalué le bénéfice de la haute résolution horizontale en utilisant deux domaines imbriqués; global ($2^\circ \times 2^\circ$: basse résolution) et régional sur l'Europe ($0.2^\circ \times 0.2^\circ$: haute résolution). Le travail se base donc sur la comparaison des expériences: *free runs* à basse résolution et haute résolution et analyses de MLS basse résolution et haute résolution. Les résultats montrent que l'assimilation des profils de MLS entre 10 hPa et 215 hPa à haute résolution ont un impact positif sur la représentation des champs d'ozone sur la haute et la moyenne troposphère.

La Figure 7 (figures de gauche) montre que l'intrusion suit des "patterns" bien définis par la littérature existante. Les incréments d'assimilation augmentent les quantités d'ozone dans la basse stratosphère polaire. Ces incréments seront advectés à travers la

tropopause pendant l'évènement d'intrusion stratosphérique. Cela est bien montré par les cartes de la Figure 7 (latitude, longitude) qui montrent que les analyses de MLS ont des valeurs plus élevées d'ozone que le *free run* dans le "patern" de l'intrusion. Il faut bien noter que la dynamique reste inchangée entre les analyses et le *free run*. La ligne iso 2 PVU reste inchangée entre les *runs* d'assimilation et les *free runs*. La correction du biais en basse stratosphère et la haute résolution sont deux facteurs de modification de la distribution d'ozone dans l'UTLS et la troposphère libre.

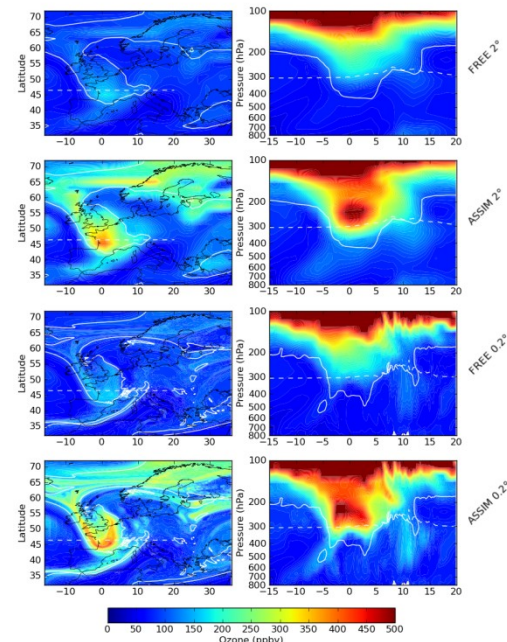


Figure 7: Champs d'ozone pour le 17 Juillet 2009 15 UT. Les figures de gauche représentent la distribution horizontale d'ozone vers 300 hPa pour chaque expérience. Les figures de droite représentent les coupes verticales du champ d'ozone entre 800 hPa et 100 hPa pour chaque expérience. Le trait blanc plein représente l'iso contour de 2 PVU, et le trait pointillé représente la correspondance entre les figures de gauche et de droite.

³ Météo-France/CNRM/CAIAC, Toulouse, France.

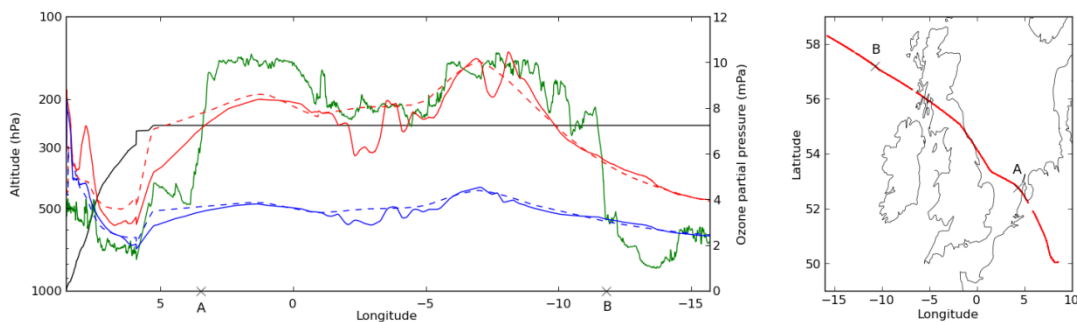
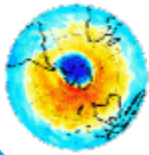


Figure 8: Comparaison des 4 expériences avec un vol MOZAIC. Figure de gauche: en vert la mesure MOZAIC, en bleu: free run, en rouge: analyses de MLS, pointillés basse résolution, trait plein haute résolution. Le trait noir représente l'altitude du vol MOZAIC. Figure de droite: trajectoire du vol. Les labels A et B sont expliqués dans le texte.



La Figure 8 montre la comparaison entre les 4 expériences et un vol MOZAIC correspondant avec le cas d'étude. Le vol MOZAIC franchit l'intrusion entre 3.5°E et 12°W (marqué A et B respectivement sur la Figure 8). Les analyses et les *free runs* montrent une signature de cette intrusion, mais les analyses de MLS sont bien plus proches des observations MOZAIC. Cette comparaison montre que les analyses de MLS améliorent la représentation de l'ozone à l'UTLS. Les résultats à haute résolution pour les analyses ne montrent pas d'amélioration significative mais sont très cohérents avec la basse résolution.

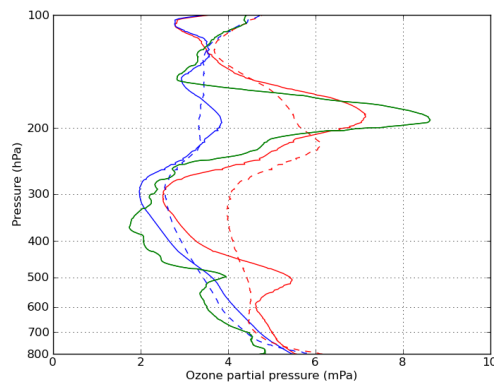


Figure 9: Profils d'ozone issu de la sonde de payerne (46.5°N, 6.6°E, vert), du free run (bleu), des analyses de MLS (rouge). Basse résolution: tirets, haute résolution: traits pleins.

A 11:00 UT le 17 juillet 2009, une sonde de MeteoSwiss a été lancée depuis Payerne (Suisse; 46.5°N, 6.6°E). Dans la Figure 9, le radiosondage (ligne verte) est comparé aux 4 expériences. Dans le profil observé, le premier maximum est localisé vers 190 hPa. Celui-ci est le mieux représenté par les analyses de MLS à haute résolution en terme de variabilité verticale et de biais. Ce maximum représente le côté Est de l'intrusion identifié sur la coupe verticale de la Figure 7 (analyse de MLS à haute résolution). Les analyses à haute résolution améliorent la représentation de ce maximum qui provient des incréments d'assimilation.

Un second maximum est localisé plus bas à 500 hPa qui est seulement représenté significativement par les analyses de MLS à haute résolution. Les intrusions stratosphériques forment des structures filamenteuses qui apparaissent comme des structures laminaires dans les profils verticaux d'ozone. Seul un forçage dynamique à haute résolution horizontale couplé à une assimilation d'ozone contraignant la basse stratosphère est à même de représenter ces structures filamenteuses qui apparaissent sous forme de maxima dans les profils d'ozone.

Cette étude montre l'intérêt de l'assimilation d'un sondeur limbe à haute résolution horizontale et son impact sur la troposphère. Une prochaine étude vise à coupler l'assimilation des profils d'ozone de MLS avec les colonnes troposphériques d'ozone de IASI. Cela nous permettra de bénéficier de la correction de biais de IASI en troposphère et l'apport de l'information stratosphérique de MLS en troposphère.

Aspect logiciel

Valentina et ses développements (V6.01 beta)

A. Piacentini⁴

La dernière release officielle du système d'assimilation Valentina, la version 5, a été présentée en octobre 2010 et, à notre connaissance, aucune application courante n'utilise de version plus ancienne.

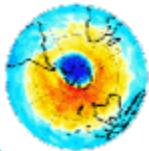
Depuis la version 5, nous avons travaillé en particulier sur le phasage avec les nouvelles distributions des sources du modèle direct, sur les étapes préliminaires pour l'assimilation multi-espèces et sur les adaptations nécessaires pour l'utilisation de MOCAGE-Valentina pour l'assimilation en temps quasi-réel au CNRM et pour les réanalyses d'ozone de surface sur les années 2008 et 2009 au sein du projet européen MACC.

Dans le détail, nous avons intégré la nouvelle distribution beta de MOCAGE datant du 13 décembre 2010 et nous sommes prêt à l'intégration de la dernière mise à jour MOCAGE avant la rentrée 2011.

Pour rendre le chargement des données d'observation à haute résolution plus rapide, il est maintenant possible de les stocker dans un seul fichier au format NetCDF. Cette option, fort recommandée sur machine vectorielle, est une alternative à la lecture usuelle dans fichiers ascii séparés HDAT, HAVK, HCOV, dont elle reprend les structures de données à l'identique. Une étape ultérieure d'optimisation du stockage des données ne sera possible qu'après un travail de concertation sur les nouveaux types d'observations (cf. infra). Un outil F90 de conversion des anciens fichiers HDAT, HAVK et HCOV en NetCDF est distribué avec les sources de Valentina.

En ce qui concerne la représentation de la matrice **B**, les fonctions de corrélation sont

⁴ CERFACS/SUC CNRS-URA 1875, Toulouse, France.



maintenant approximées par des fonctions auto-régressives du second ordre (SOAR) au lieu de fonctions quasi-gaussiennes (cf. la thèse d'Isabelle Mirouze au CERFACS pour une justification théorique détaillée). Le nombre de pas de temps nécessaires étant cinq fois moins élevé, la solution du système linéaire correspondant est nettement plus rapide.

Au niveau de la flexibilité de la représentation des statistiques d'erreur d'ébauche, la version 6 offre deux possibilités supplémentaires :

1. la variation des statistiques au cours d'une journée, par introduction d'une coordonnée temporelle dans le fichier NetCDF de statistiques d'erreur. Il suffit de caractériser quelques instant dans la journée et Valentina utilisera les valeurs les plus indiquées (plus proche voisin en temps) pour chaque fenêtre d'assimilation ;
2. l'alternative entre l'utilisation des valeurs mensuelles des statistiques d'erreur comme si elles étaient constantes sur un mois ou l'interpolation linéaire pour chaque jour entre deux valeurs mensuelles, associées au jour 15 du mois.

En ce qui concerne les futures directions de développement, au cours d'une discussion récente du groupe des utilisateurs et développeurs de MOCAGE-Valentina, nous avons esquissé quelques lignes de travail principales. Côté modèle, il faudra le plus rapidement possible concevoir la stratégie pour le portage de MOCAGE sur des machines scalaires massivement parallèles (MPP) : de la façon dont on abordera la parallélisation du transport dans MOCAGE dépendront en effet une bonne partie des choix d'implémentation de la chaîne d'assimilation. De plus, la possibilité d'implémenter une vraie méthode 4D-VAR repose sur la conception et le codage intégrés du modèle de chimie-transport, de son modèle linéaire tangent et de son modèle adjoint. Pour mémoire, le 4D-VAR actuel n'utilise que le linéaire tangent et l'adjoint du transport en négligeant la chimie, ne fonctionne que pour le domaine global et n'est absolument pas adapté au calcul sur machine vectorielle.

Côté opérateur d'observation, les nouvelles données à assimiler (IASI haute résolution, radiances, épaisseur optique) rendent l'opérateur codé par NOVELTIS obsolète. Le choix qui s'impose est encore celui d'intégrer l'opérateur d'observation, son linéaire tangent et son adjoint dans les sources du modèle de

chimie-transport. Toutefois, le calendrier des travaux impose d'avancer plus rapidement sur ce point que sur l'implémentation du 4D-VAR. On procédera donc en priorité à l'implémentation de solutions de compromis, compatibles avec l'implémentation actuelle de MOCAGE et de l'opérateur d'observation NOVELTIS dans l'attente d'une réflexion complète et coordonnée sur la conception de la version scalaire MPP de MOCAGE.

En ce qui concerne l'algorithmique de l'assimilation, les prochaines étapes à envisager vont servir à l'implémentation de l'assimilation multi-espèces. La première limitation à faire sauter est l'excessive consommation mémoire du système actuel. En laissant pour le moment de côté les aspects liés à l'opérateur d'observation matriciel de NOVELTIS, responsable d'une grosse partie du stockage en mémoire, nous nous attaquerons à une formulation alternative du problème de minimisation de l'assimilation variationnelle qui permet de poser le problème dans l'espace des observations avec un gain en mémoire proportionnel à la différence entre la taille du vecteur d'observation et le nombre des points de grille du modèle. Ce travail bénéficie de la collaboration étroite avec l'équipe Parallel Algorithms du CERFACS et avec le consortium NEMOVAR (assimilation variationnelle océanographique).

Tous ces axes de développement seront menés en étroite collaboration avec les utilisateurs, en particulier les post-docs impliqués dans les actions de recherche sur les nouveaux types d'observations, et avec les développeurs de MOCAGE.

Lien ADOMOCA sur ETHER :

<http://ether.ipsl.jussieu.fr>

Contact

sebastien.massart@cerfacs.fr

elodie.jaumouille@cerfacs.fr

Prochaine lettre : Novembre 2011