

ADOQA

Propositions pour l'assimilation de données satellitaires dans Polair3D

Equipe CLIME
Jean-Paul Berroir, Isabelle Herlin,
Bruno Sportisse, Vivien Mallet, Denis Quélo

Marne la Vallée, 17/06/05

Contexte: mesures satellite de la chimie troposphérique

- Mesures par satellite à des altitudes de plus en plus basses (MOPITT, GOME2, IASI,...)
 - Colonnes O₃ CO CH₄ (intégrale verticale de la concentration sur troposphère)
 - Profils verticaux, 3 à 5 points dans la troposphère: O₃
 - Aérosols: épaisseur optique
 - Complémentaire des mesures terrestres en terme de couvertures spatiale et temporelle:
 - Mesure sol: réseau peu dense mais mesures continues
 - Par satellite: résolution ~50km mais une mesure par jour
- Opportunité pour assimilation dans Polair3D qui modélise la basse troposphère

Assimilation satellitaire en chimie atmosphérique: situation actuelle

- Applis stratosphère: couche O₃, effet de serre (hors domaine Polair3D),
- En chimie gazeuse, assimilation de produits obtenus par inversion de la mesure radiative brute
 - Colonne totale
 - Profils verticaux
 - Epaisseur optique d'aérosols (~colonne)

Conclusion: ce que nous voulons faire

- Tirer partie des nouvelles mesures dans la basse atmosphère pour assimilation dans Polair3D
- Application: prévision de la qualité de l'air à l'échelle européenne

Questions posées?

- Quelles données assimiler?
 - Données brutes (radiance)
 - Données inversées : colonne, profil vertical
- Comment les assimiler?
 - Comment assimiler des radiances?
 - Sur quoi les données satellites renseignent le mieux: condition initiale, aux limites, émissions, météo (contrôle de l'assimilation)

Travail en cours: assimilation de colonne O3 simulée

- Assimilation de colonnes IASI simulées
 - Collaboration avec Cathy Clerboux (SA), qui dispose d'un modèle d'instrument IASI et peut générer les colonnes
- Trois objectifs liés à l'assimilation de colonnes O3
 - Sensibilité de la colonne O3 / qualité de l'air
 - Impact assimilation de la colonne O3 sur la prévision
 - Sur quoi la colonne renseigne le mieux

assimilation de colonne O3 simulée (suite)

- Méthodologie
 - Génération avec **Polair3D** de données synthétiques: run de référence, 1 semaine, Europe (->"réalité")
 - Simulation de données radiatives IASI à partir de la sortie Polair3D + a priori pour haute atmosphère
 - Inversion, calcul de la "colonne mesurée"
 - Assimilation de celle-ci sur un run Polair3D perturbé par rapport à la "réalité"
 - In progress...

Proposition ESA

- Mise en pratique sur données réelles de l'expérience précédente
- Réponse à l'appel d'offre ESA/ Eumetsat pour le futur satellite MetOp
- Si accepté, accès aux données de deux capteurs de chimie tropo:
 - GOME2: sondeur UV
 - IASI: spectromètre IR
 - Colonnes tropo de plusieurs gaz
 - Profils ozone

Assimilation de radiance

- Objectifs: assimilation des données brutes
 - Pb du choix du meilleur modèle radiatif
 - Modèle couplé CTM+radiatif ou radiatif considéré comme opérateur d'observation
 - Établissement d'une méthodologie d'assimilation de radiance
 - Evaluation de l'intérêt par rapport à l'assimilation de colonnes/profils

La radiance

- On peut calculer la radiance pour une longueur d'onde donnée en fonction de l'état de l'atmosphère: équation différentielle-intégrale

$$\mu \frac{dI_\lambda}{d\tau}(\tau, \Omega) = \underbrace{I_\lambda(\tau, \Omega)}_{\text{extinction}} - \underbrace{(1 - \omega_\lambda) B_\lambda(T(\tau))}_{\text{émission thermique}} - \underbrace{\frac{\omega_\lambda}{4\pi} \int_{4\pi} P_\lambda(\Omega, \Omega') I_\lambda(\Omega', \tau) d\Omega'}_{\substack{\text{Fonction} \\ \text{de phase} \\ \text{diffusion}}}$$

$$\tau = \int_0^L \sum_i n_i(s) \sigma_{e,\lambda}^i ds$$

Profondeur optique: exprime la dépendance envers les concentrations

Ω Direction de propagation

Modèle monochromatique (une longueur d'onde λ)

La radiance (suite)

- Sans diffusion (IR), simple équation différentielle ordinaire, modèles découplés en Ω . Sa solution donne la profondeur optique donc la colonne
- Avec diffusion (UV, VIS), modèles couplés en Ω , discrétisation des directions de propagation nécessaire
- De la radiance à la mesure: le modèle de transfert radiatif monochromatique doit être intégré en longueur d'onde par la fonction de transfert de l'instrument. -> coûteux, non générique par rapport à l'instrument

Choix du meilleur modèle radiatif

- Deux domaines considérés: IR (sans diffusion) et UV (avec diffusion)
- Modèle IR: peu de possibilités, essentiellement jeu sur état atmosphère (niveaux verticaux, espèces)
- Modèle UV: en plus, la discrétisation en flux
- Compromis:
 - Suffisamment complexe pour restituer la mesure
 - Suffisamment simple pour tourner avec les données disponibles en un temps raisonnable

Assimilation de radiance: comment?

- 1er choix : modèle couplé radiatif+CTM
 - Evaluation coûteuse de la radiance là où -et quand- il n'y a pas de mesure: inutile
 - Amélioration potentielle de la modélisation de la qualité de l'air: prise en compte de la rétroaction radiatif->chimie (photolyse)
- 2ème choix : radiatif = opérateur d'obs

Stratégie d'assimilation de radiance

- Variationnel:
 - Nécessité d'adjointiser le modèle radiatif
 - Problème de la généralité
 - Séparer la partie monochromatique (générique) de la partie instrument
 - A ECLAIRCIR: seule la partie générale doit être adjointisée
- Séquentiel: modélisation erreur obs
- Dans tous les cas: linéarisation?

Intérêt radiance/colonnes-profils

- Assimilation radiance
 - + Données brutes
 - + Pas d'a priori pour inversion
 - - coût de calcul
 - - généricité par rapport aux instruments
- Assimilation colonne-profil
 - + coût
 - + cadre théorique maîtrisé
 - - pas de contrôle des erreurs d'inversion
 - - l'a priori sur l'atmosphère utilisé pour l'inversion n'est pas connu: compatibilité

Conclusion

- Expérience avec C. Clerbaux: base de travail pour aspects impact sur prévision et information apportée (contrôle)
- Aspect radiance:
 - Se doter d'un modèle radiatif
 - Générique (FastJ, LowTran, ModTran...)
 - Instrument (IASI, C. Clerbaux et Eumetsat)
 - Première question: sensibilité de l'obs, linéarisation