

Proposition de Sujet de thèse 2021 *(version in English -next page-)*

Nom du laboratoire:

CNRM - UMR3589

Titre :

Apport du filtre de Kalman paramétrique pour l'assimilation de données de composition chimique de l'atmosphère

Nom des responsables de thèse / Coordonnées :

PANNEKOUCKE Olivier olivier.pannekoucke@meteo.fr, 05 61 07 94 36

Résumé du sujet de la thèse

La prévision de la qualité de l'air est un enjeu majeur de santé publique. À Météo-France, la prévision de la composition chimique de l'atmosphère est réalisée à l'aide du modèle de chimie transport MOCAGE (CTM) développé au CNRM et dont l'état initial, appelé analyse, est estimé à l'aide d'une chaîne d'assimilation de données propre au modèle.

L'assimilation de données correspond à l'étape de mise à jour de la prévision en tenant compte des observations dont on dispose. Cette étape repose sur le formalisme du filtre de Kalman qui décrit l'évolution des deux premiers moments de la distribution caractérisant les erreurs de prévision et d'analyse. Dans ce formalisme, les matrices de covariance jouent un rôle essentiel. Or la grande dimension de ce type de problème limite la manière de représenter l'évolution temporelle des statistiques. En particulier, la matrice de covariance d'erreur de prévision est souvent modélisée de manière climatologique avec une adaptation des variances d'erreur en fonction de la valeur des champs prévus.

Récemment, une nouvelle manière de résoudre les équations du filtre de Kalman a été introduite, dans laquelle les matrices de covariance d'erreur sont approchées par des modèles de covariance dépendants de paramètre. Ainsi, décrire l'évolution temporelle des matrices de covariance d'erreur durant les cycles d'assimilation se ramène à décrire comment les paramètres sont mis à jour durant l'étape d'assimilation et la prévision (Pannekoucke et al. 2018, Pannekoucke and Fablet, 2020) : il s'agit du filtre de Kalman paramétrique (Pannekoucke et al. 2016). Cet algorithme a permis de mieux comprendre la manière avec laquelle les observations viennent mettre à jour l'incertitude, et le filtre de Kalman paramétrique (PKF) est apparu comme un outil théorique permettant d'aborder de nouvelles questions. Ainsi à l'aide du PKF nous avons réussi à caractériser pour la première fois la matrice de covariance d'erreur de modèle liée à la discrétisation numérique (Pannekoucke et al. 2020).

L'objectif du travail de thèse est de tirer parti du formalisme du PKF pour améliorer la représentation des statistiques d'erreur de prévision dans la chaîne d'assimilation de MOCAGE.

Ainsi, on souhaite faire évoluer les statistiques d'erreur d'analyse pour produire les statistiques d'erreur de prévision et évaluer l'impact de leur utilisation dans l'assimilation et la qualité des analyses. On s'appuiera pour cela sur la mise à jour des paramètres de variance et d'anisotropie en 2D/3D (Pannekoucke, 2020). On souhaite également évaluer l'apport de la prise en compte d'une erreur de modèle liée au schéma de discrétisation spatiale.

Proposal for a PhD

Name of the laboratory:

CNRM - UMR3589

Title :

Contribution of the parametric Kalman filter for the assimilation of data on the chemical composition of the atmosphere

PhD supervisors / Contact

PANNEKOUCKE Olivier olivier.pannekoucke@meteo.fr, +33 5 61 07 94 36

Description

Air quality forecasting is a major public health issue. At Météo-France, the Prediction of the chemical composition of the atmosphere is carried out using the MOCAGE transport chemistry model (CTM) developed at the CNRM, whose initial state, called analysis, is estimated using a data assimilation chain specific to the model.

Data assimilation corresponds to the stage of updating the forecast taking into account the available observations. This step is based on the formalism of the Kalman filter which describes the evolution of the first two moments of the distribution characterizing the forecast and analysis errors. In this formalism, covariance matrices play an essential role. However, the large size of this type of problem limits the way in which the temporal evolution of the statistics can be represented. In particular, the forecast error covariance matrix is often modelled in a climatological manner with an adaptation of the error variances according to the value of the forecast fields.

Recently, a new way of solving the Kalman filter equations has been introduced, in which the error covariance matrices are approximated by parameter-dependent covariance models. Thus, describing the temporal evolution of the error covariance matrices during assimilation cycles boils down to describing how the parameters are updated during the assimilation step and the forecast (Pannekoucke et al. 2018, Pannekoucke and Fablet, 2020): this is the parametric Kalman filter (Pannekoucke et al. 2016). This algorithm has led to a better understanding of the way in which observations update uncertainty, and the parametric Kalman filter (PKF) has emerged as a theoretical tool for addressing new questions. Thus, using the PKF we have succeeded in characterising for the first time the model error covariance matrix related to numerical discretization (Pannekoucke et al. 2020). The objective of the thesis work is to take advantage of the formalism of the PKF to improve the representation of forecast error statistics in the MOCAGE assimilation chain. Thus, we wish to develop the analysis error statistics to produce the forecast error statistics and to evaluate the impact of their use in the assimilation and the quality of the analyses. This will be based on the updating of the variance and anisotropy parameters in 2D/3D domains (Pannekoucke, 2020). We also wish to evaluate the contribution of taking into account a model error linked to the spatial discretization scheme.