



Sujet de thèse

Méthodes variationnelles d'ensemble pour la modélisation inverse en géosciences. Application au transport et la chimie atmosphérique.

Équipe d'accueil

Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique (CEREA), Laboratoire Commun EdF R&D et École des Ponts. École des Ponts ParisTech. 6-8 avenue Blaise Pascal, Cité Descartes, Champs-sur-Marne, 77 455 Marne la Vallée Cedex 2.

Au sein de l'équipe projet CLIME, commune à l'INRIA et l'École des Ponts.

Contexte scientifique

L'assimilation de données en sciences géophysiques est la discipline permettant de combiner de façon mathématiquement optimale des observations du système physique (atmosphère, océan, etc.) et des modèles numériques simulant le système physique. Elle permet notamment, en exercice de prévision, d'initialiser efficacement les modèles météorologiques, océanographiques ou de chimie atmosphérique. La plupart des modèles en sciences géophysiques reposent sur la connaissance de nombreux paramètres dont dépendent crucialement leur performance. L'assimilation de données permet également d'estimer objectivement ces paramètres. Les progrès accomplis en terme de performance des modèles peuvent alors être spectaculaires (Bocquet, 2012). Cependant la technique d'assimilation la plus efficace pour cela (le *4D-Var*) est une méthode variationnelle qui requiert la construction d'un *adjoint du modèle*, qui est fastidieux à obtenir et difficile à maintenir pour les gros modèles. Très récemment, de nouvelles méthodes (Sakov et al., 2012 ; Bocquet et Sakov, 2012 ; Chen et Oliver, 2012), dites *variationnelles d'ensemble*, sont apparues permettant de réaliser potentiellement les mêmes prouesses mais sans modèle adjoint. Elles permettent également de dépasser le potentiel du 4D-Var car la modélisation des erreurs dans le système est automatique et dynamique, contrairement au 4D-Var. C'est un prélude à une vraie révolution dans le domaine avec des enjeux opérationnels conséquents.

Objectif

Le but final de cette thèse est de développer ces nouvelles méthodes (filtre/lisseur de Kalman d'ensemble) et de les appliquer à des modèles jouets puis à un modèle de qualité de l'air fortement non-linéaire dépendant de nombreux paramètres.

Méthodologie

Dans un premier temps on testera et développera/améliorera ces techniques sur des modèles jouets permettant d'évaluer leur potentiel. Dans un second temps, on cherchera à les appliquer à un modèle de qualité de l'air gazeux (photochimie) en se basant sur le système de modélisation Polyphemus/Polair3D (<http://cerea.enpc.fr/polyphemus/>). En cas de succès, le même système pourra être appliqué à un modèle complet de qualité de l'air incluant les aérosols. L'accent sera systématiquement mis sur l'estimation par modélisation inverse des paramètres cruciaux du modèle : émissions, conditions aux limites, constantes cinétiques, etc.

Mots clés

Assimilation de données, filtre de Kalman, lisseur de Kalman, qualité de l'air.

Compétences

Très bon niveau général requis. Goût prononcé pour les mathématiques, l'informatique, le calcul scientifique, et la modélisation en géosciences (atmosphère, océan, transport et chimie atmosphérique).

Bibliographie

- Parameter field estimation for atmospheric dispersion: Application to the Chernobyl accident using 4D-Var, 2012. Bocquet, M., *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, 138, 664-681.
- An iterative EnKF for strongly nonlinear systems, 2012. Sakov, P. and Oliver, D. and Bertino, L., *Mon. Wea. Rev.*, 140, 1988-2004.
- Combining inflation-free and iterative ensemble Kalman filters for strongly nonlinear systems, 2012. Bocquet, M. and Sakov, P., *Nonlin. Processes Geophys.*, 19, 383-399.
- Ensemble Randomized Maximum Likelihood Method as an Iterative Ensemble Smoother, 2012. Chen, Y. and Oliver, D. S., *Math. Geosci.*, 44, 1-26.

Modalités

Financement École des Ponts. Salaire 1650 euros net/mois. Début de la thèse : octobre 2013.

Encadrants

Marc Bocquet (<http://cerea.enpc.fr/HomePages/bocquet/>) et l'équipe des modélisateurs du CERA (Karine Sartelet, Yelva Roustá, Christian Seigneur)

Contact

Marc Bocquet, bocquet@cerea.enpc.fr