

Avis de soutenance de thèse

Lundi 11 décembre 2023 à 14H

À l'Université Bretagne Sud

Amphithéâtre 103 – Faculté DSEG
Vannes



Monsieur Jules GUILLOT

En vue de l'obtention du grade de Docteur en Mathématiques et Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication, spécialité « Mathématiques et leurs interactions », présentera ses travaux intitulés :

« Quantification des incertitudes en assimilation de données »

Dont voici le résumé :

L'assimilation de données relève du couplage optimal entre un modèle dynamique et des données d'observation permettant de reconstruire l'état caché d'un système, comme en météorologie ou océanographie. Cependant le modèle dynamique et les observations sont généralement imparfaits du fait de la méconnaissance de phénomènes physiques en jeu ou d'erreurs de mesure dans les données par exemple. Quantifier les incertitudes associées au modèle dynamique et aux observations est alors primordial pour que l'assimilation de données permette de retrouver efficacement l'état caché. Cette thèse met en évidence de nouvelles méthodes permettant de quantifier ces incertitudes correspondant aux erreurs de modèle et d'observation. La première méthode présentée permet de modéliser l'erreur de modèle en tenant compte de la physique du système, notamment lorsque la résolution temporelle des observations est faible. La deuxième méthode consiste à augmenter l'état caché avec l'erreur de modèle afin d'estimer conjointement l'état caché et l'erreur de modèle à l'aide d'un algorithme couramment utilisé en assimilation de données : le filtre de Kalman d'ensemble. La troisième méthode permet d'estimer conjointement l'état caché et les paramètres du terme aléatoire représentant l'erreur de modèle ou d'observation, en combinant le filtre de Kalman d'ensemble avec un autre algorithme usuel en assimilation de données : le filtre particulaire. Cette méthode générique permet aussi d'estimer les paramètres des techniques d'inflation et de localisation utilisées pour diminuer l'impact de l'erreur d'échantillonnage sur le filtre. Les trois méthodes développées dans ce manuscrit sont comparées aux approches traditionnelles pour la quantification des incertitudes en assimilation de données, à travers des expériences numériques basées sur l'équation de la chaleur pour la première méthode, sur une équation d'advection-diffusion pour la deuxième méthode et sur le modèle chaotique de Lorenz-96 pour la troisième méthode.

Mot clés : *assimilation de données, quantification des incertitudes, EnKF, filtre particulaire, équation de la chaleur, Lorenz-96*

Uncertainty quantification in data assimilation

Abstract:

Data assimilation corresponds to the optimal coupling between a dynamical model and observation data that allows to retrieve the latent true state of a system, as it is usually done in meteorology or oceanography. However, the dynamical model and the observations are generally imperfect due to the lack of knowledge on physical phenomena or measurement errors in the data for instance. Quantifying the uncertainties related to the dynamical model and to the observations is of key importance to efficiently retrieve the true state thanks to data assimilation. This thesis highlights new methods that allow to quantify these uncertainties which correspond to the model and observation errors. The first method allows to model the model error taking into account the physics of the system, notably when the temporal resolution of the observations is low. The second method consists in augmenting the state with the model error to jointly estimate the true state and the model error thanks to an algorithm currently used in data assimilation: the ensemble Kalman filter. The third method allows to jointly estimate the true state and the parameters of the random term which represents the model or observation error, combining the ensemble Kalman filter with another usual algorithm in data assimilation: the particle filter. This generic method also allows to estimate the parameters of the inflation and localization strategies used to reduce the sampling error impact on the filter. The three methods developed in this manuscript are compared with traditional approaches for uncertainty quantification in data assimilation, through numerical experiences based on the heat equation for the first method, on the advection-diffusion equation for the second method and on the chaotic Lorenz-96 model for the third method.

Keywords: *data assimilation, uncertainty quantification, EnKF, particle filter, heat equation, Lorenz-96*

Membres du jury :

DR Laurent BERTINO, rapporteur
Directeur de Recherche

Nansen Environmental and Remote Sensing Center (NERSC) - Norway

Dr Arthur VIDARD, rapporteur
Chargé de Recherche HDR

INRIA Grenoble

Pr Emmanuel FRÉNOD, directeur de thèse
Professeur des Universités

Université Bretagne Sud, LMBA UMR 6205

Dr Pierre AILLIOT, encadrant
Maître de Conférences

Université de Bretagne Occidentale, LMBA UMR 6205

Dr Anne CUZOL, membre du jury
Maître de Conférences

Université Bretagne Sud, LMBA UMR 6205

Dr Thomas ROMARY, membre du jury
Maître de Conférences HDR

Mines Paris PSL, centre de Géosciences

Les travaux sont dirigés par Emmanuel Frénod et Pierre Ailliot