

Institut Pierre-Simon Laplace

Groupe *Statistiques pour l'Analyse, la Modélisation et l'Assimilation*

Journée du 7 février 2014

Salle Dussane, École Normale Supérieure
45, rue d'Ulm, Paris 5

Programme au 24 Janvier 2014

Présentations orales

09h15 *Accueil. Café*

09h30 *Introduction* H. Le Treut (à confirmer), O. Talagrand

09h40 *Présentation de l'équipe-projet CLIME* (M. Bocquet, I. Herlin)

10h00 *Assimilation de données pour l'estimation de la dynamique sous-jacente aux images* (I. Herlin, E. Huot, Y. Lepoittevin, D. Béréziat)

10h20 *Émulation statistique d'un modèle statique de qualité de l'air à l'échelle urbaine* (V. Mallet, A. Tilloy, D. Poulet, F. Brocheton)

10h40 Pause

11h10 *Activités liées à l'analyse, la modélisation et la simulation statistique des grandeurs intervenant dans le cycle de l'eau, de l'équipe Statistique, Processus, Atmosphère Cycle de l'Eau (SPACE) du LATMOS* (L. Barthes, C. Mallet)

11h30 *Simulation conditionnelle de processus max-stables pour le downscaling des extrêmes* (A. Bechler, L. Bel, M. Vrac)

11h50 *Analogues de circulation atmosphérique & extrêmes climatiques* (P. Yiou)

12h10 *Assimilation de données atmosphériques martiennes* (Th. Navarro)

12h30 Déjeuner et posters

14h00 *Assimilation variationnelle d'ensemble et estimation bayésienne* (M. Jardak et O. Talagrand)

14h20 *Assimilation variationnelle de données avec YAO : quelles applications ? Quelles perspectives ?* (J. Brajard, M. Berrada, F. Badran, S. Thiria)

14h40 *Reconstruction dynamique des fines échelles dans l'océan* (G. Lapeyre)

15h00 *Au sujet des échelles dans NEMO: lois d'échelle, downscaling statistique et paramétrisation des échelles non résolues* (S. Verrier)

15h20 Pause et posters

16h00 *Reconstruction de l'évolution de profils verticaux océaniques à partir de données de surfaces* (A. A. Charantonis, F. Badran, S. Thiria)

16h20 *Regional atmospheric inversion of CO2 fluxes* (G. Broquet et al., F. Chevallier)

16h40 *Modélisation inverse pour la simulation et la prévision de l'évolution d'un panache volcanique dans l'atmosphère* (M. Boichu, D. Khvorostyanov, C. Lieven, C. Clerbaux)

17h00 *Conclusion. Discussion générale sur les perspectives de SAMA* (M. Bocquet, O. Talagrand).

Présentations posters

Simulation multi-échelles de séries temporelles de taux précipitants dans un contexte multifractal (N. Akrouf)

Estimation de champs de pluie par fusion de données hétérogène (télédétection et in situ) (F. Mercier)

Modèle inverse statistique et modèle d'erreur associé : application à MéghaTropique (R. Sivira)

Modélisation statistique des précipitations extrêmes : application à l'hydrologie (H. Ghamni)

Intercomparaison d'approches de régionalisation des précipitations dans le sud de la France: le projet STARMIP (M. Vrac et co-auteurs)

Résumés

Présentations orales

Présentation de l'équipe-projet CLIME

Marc Bocquet(1,2), Isabelle Herlin (2,1)

(1) Université Paris-Est, CEREALaboratoire commun Ecole des Ponts et EDF R&D.

(2) INRIA, Centre de recherche de Paris-Rocquencourt.

L'équipe-projet CLIME de l'INRIA, commune avec l'école des Ponts ParisTech, a pour thèmes principaux l'assimilation d'observations et d'images, la quantification des incertitudes et la réduction de modèles, la modélisation inverse, et pour applications notables la qualité de l'air, la météorologie et l'océanographie. En tant qu'équipe intégrée au CEREAL, il est prévu que CLIME rejoigne l'IPSL, et, par ses sujets, le champ de SAMA. C'est pourquoi je présenterai CLIME en faisant un tour d'horizon de ses activités scientifiques.

Assimilation de données pour l'estimation de la dynamique sous-jacente aux images

Isabelle Herlin, Etienne Huot, Yann Lepoittevin (Inria, CEREAL) Dominique Béréziat (Laboratoire d'informatique Paris 6)

Les séquences d'images, quel que soit le contexte d'application, visualisent partiellement la dynamique qui les produit. Estimer cette dynamique au moyen de l'assimilation des images dans un modèle numérique pose de nombreux problèmes théoriques et applicatifs : lois d'évolution, matrice de covariance d'erreur du background, estimation de l'erreur modèle, réduction de modèle, choix de base optimale, opérateur d'observation, matrice de covariance d'erreur d'observation.

Émulation statistique d'un modèle statique de qualité de l'air à l'échelle urbaine

Vivien Mallet (Inria & CEREAL), Anne Tilloy (Inria & CEREAL), David Poulet (Numtech), Fabien Brocheton (Numtech)

Un modèle numérique de qualité de l'air à l'échelle urbaine calcule la solution stationnaire de l'équation de transport réactif sur toute une agglomération à la résolution des rues. Il s'agit d'un modèle stationnaire, très coûteux en temps de calcul. Compte tenu des fortes incertitudes dans les forçages du modèle, en particulier les émissions de polluants, on souhaite naturellement propager ces incertitudes dans le modèle. Le modèle est si coûteux qu'un travail préalable de réduction de dimension et d'émulation statistique a été réalisé. On projette d'abord dans un sous-espace réduit les sorties (et éventuellement les entrées) du modèle. Le modèle ainsi réduit est modélisé comme un processus gaussien qu'on cherche à approcher par un apprentissage où le modèle est appelé pour différents tirages de ses entrées. L'émulateur obtenu permet de calculer les concentrations de polluants sur toute une ville de manière pratiquement instantanée, tout en étant aussi performant que le modèle complet lors de comparaisons aux observations.

Activités liées à l'analyse, la modélisation et la simulation statistique des grandeurs intervenant dans le cycle de l'eau (équipe Statistique, Processus, Atmosphère Cycle de l'Eau (SPACE) du

LATMOS)

Laurent Barthes et Cécile Mallet

Simulation conditionnelle de processus max-stables pour le downscaling des extrêmes

Aurélien Bechler (INRA/LSCE), Liliane Bel (AGROPARISTECH), Mathieu Vrac (LSCE)

La compréhension des événements climatiques extrêmes est enjeu majeur par de nombreux aspects sociétaux (vies humaines, conséquences agronomiques...) et économiques (primes d'assurances, infrastructures protectrices...). Depuis peu, les processus max-stables sont devenus des outils incontournables pour la modélisation statistique des extrêmes des processus spatiaux. Néanmoins, de nombreuses questions restent en suspens en particulier concernant les algorithmes permettant de les simuler de façon précise et rapide. Dans ce travail, un algorithme de simulation conditionnelle, c'est-à-dire qui tient compte des observations, a été développé pour une famille de processus max-stables. Dans un contexte de changement climatique, il est également possible d'adapter cette méthodologie de simulation conditionnelle en ne conditionnant non plus par rapport à des observations ponctuelles, mais à des sorties de modèles climatiques (i.e. des variables à grande échelle). Une application sur les précipitations extrêmes dans le sud-est de la France est proposée.

Analogues de circulation atmosphérique & extrêmes climatiques

P. Yiou (LSCE)

Les analogues de circulation fournissent un outil assez flexible pour étudier et inférer des variables climatiques locales. Je présenterai quelques propriétés des analogues de circulation pour reconstruire des champs de température, vent et de précipitation en Europe. Cette méthode peut également être utilisée pour créer des générateurs de temps multi-sites, avec des propriétés statistiques intéressantes.

Assimilation de données atmosphériques martiennes

Th. Navarro (LMD)

En 2016, le "Trace Gas Orbiter" (TGO) se mettra en orbite autour de Mars, avec l'objectif premier de détecter, cartographier et remonter aux sources de gaz traces révélateurs d'une activité géophysique (voire biologique) sur Mars.

Dans ce contexte, nous déployons une chaîne d'assimilation de données en vue d'exploiter les données du sondeur infrarouge thermique présent sur TGO. Cette approche permettra la reconstruction intégrale des vents (qui ne sont pas mesurés par les instruments) pour reconstruire les trajectoires des gaz traces observés et donc remonter à leur source d'émission.

Notre chaîne d'assimilation est basée sur l'utilisation du Modèle de Circulation Général de Mars du LMD avec une méthode de type EnKF (schéma LETKF de l'Université du Maryland). Avant l'obtention des données du TGO, l'utilisation de données instrumentales provenant d'autres instruments en orbite autour de Mars depuis plus de dix ans permet la validation de la méthode.

Assimilation variationnelle d'ensemble et estimation bayésienne

Mohamed Jardak et Olivier Talagrand (LMD)

Assimilation variationnelle d'ensemble : perturber les données (observations, ébauche, modèle) suivant leur loi d'erreur et effectuer une assimilation variationnelle sur les données ainsi perturbées. Recommencer.

Dans le cas linéaire et gaussien, on obtient ainsi un échantillon Monte-Carlo de la loi de probabilité de l'état du système, conditionnée aux données.

On présentera les résultats obtenus sur des systèmes chaotiques de petite dimension (modèle de Lorenz 96, équation de Kuramoto-Sivashinsky). A dimension d'ensemble égal, les résultats sont au moins aussi bons que ceux que produisent les deux autres méthodes d'assimilation ensemblistes, le filtre de Kalman d'Ensemble et le Filtre Particulaire.

Assimilation variationnelle de données avec YAO : quelles applications ? quelle perspectives ?

Julien Brajard (LOCEAN), Mohamed Berrada (LM2I, ENSAM de Meknès), Fouad Badran (CEDRIC/LOCEAN), Sylvie Thiria (LOCEAN)

Le logiciel YAO mis en place au LOCEAN permet d'aider à la définition et à la réalisation d'expériences d'assimilation variationnelle de données. Il génère notamment le code correspondant aux modèles direct, adjoint et tangent à partir d'une même description du modèle numérique donnée sous forme de graphe modulaire. Cela permet d'assurer l'adéquation entre ces trois modèles. Cela donne également une grande souplesse dans la définition de nouvelles expériences et permet de valider et d'optimiser automatiquement le code fourni. En s'appuyant sur des exemples concrets (modèle d'océan NEMO, shallow-water), nous montrerons les applications de cette approche et les perspectives ouvertes.

Reconstruction dynamique des fines échelles dans l'océan

G. Lapeyre (LMD)

Les données satellite actuelles ne fournissent que peu d'information sur la dynamique des échelles en dessous de 100km. Or, ces échelles ont été reconnues récemment comme importantes pour les flux verticaux de chaleur et pour l'activité biologique. Mes travaux concernent une méthode de reconstruction des fines échelles à partir de données de plus grande échelle et d'un équilibre dynamique. Ceci peut s'effectuer par des méthodes de type lagrangienne ou par des techniques d'assimilation de données plus classiques.

Au sujet des échelles dans NEMO: lois d'échelle, downscaling statistique et paramétrisation des échelles non résolues

S. Verrier (LOCEAN)

L'évaluation de sorties de GCM peut se faire au moyen de divers indicateurs statistiques. Compte tenu de la grande hétérogénéité spatiale et temporelle des champs étudiés, il peut être intéressant d'utiliser des approches intrinsèquement multi-échelle, telles que des méthodes d'analyse spectrale. Dans cette étude, une méthode d'évaluation multi-échelle de portée beaucoup plus générale est présentée. Ce type de méthode (fondée sur la théorie des champs multifractals) explore de façon systématique les symétries entre les résolutions (lois d'échelles) pour différents ordres de moments statistiques.

Dans cette étude, je procède à l'évaluation de sorties de surface de NEMO au moyen de méthodes d'analyse multifractale, mettant en évidence des lois d'échelle remarquables, cohérentes avec celles déjà observées à partir d'observations océaniques. Ces propriétés d'échelles confirment la robustesse de la structure d'échelle du modèle. De plus, elles fournissent une connaissance des relations transformant une distribution de probabilité d'une échelle à l'autre, information exploitable pour l'implémentation de simulateurs de descente d'échelle stochastique. Ces simulateurs produisent des

réalisations aléatoires mais cohérentes de la variabilité sub-maille (spatiale et/ou temporelle) à partir d'une entrée basse résolution d'un champ géophysique.

Une seconde étude, grandement indépendante, sera présentée. Elle porte sur la paramétrisation de la turbulence non résolue dans les OGCM. Nous proposons d'utiliser une approche variationnelle comme technique d'estimation de ce type de paramètres (en l'occurrence, champs de viscosité turbulente spatialement variable). Des expériences jumelles sur NEMO sont menées avec le logiciel d'assimilation YAO et consistent en l'assimilation variationnelle de sorties de GCM haute résolution dans un modèle de plus basse résolution mais à viscosité variable. La solution optimale fournie par YAO montre de grandes disparités spatiales corrélées à l'hétérogénéité de la structure de l'écoulement.

Reconstruction de l'évolution de profils verticaux océaniques à partir de données de surfaces

Charantonis Anastase Alexandre (CNAM laboratoire CEDRIC, UPMC laboratoire LOCEAN)

Fouad Badran (CNAM, laboratoire CEDRIC) Thiria Sylvie (UVSQ, laboratoire LOCEAN)

L'assimilation des données porte sur l'interface modèles-données. Les méthodes d'assimilations existantes sont très performantes mais sont difficiles à implémenter, elle sont coûteuses en temps de calcul et espace mémoire. Nous présentons une autre approche, nommée PROFHMM, pour Profile reconstruction through Hidden Markov Models, qui permet en discrétisation un système numérique en un nombre limité d'états, de reconstruire la trajectoire d'un système en fonction des observations. Nous présentons deux applications océanographiques de la méthode.

Regional atmospheric inversion of CO2 fluxes

G. Broquet (1), N. Kadygrov (1), F.M. Bréon (1), V. Puygrenier (1), I. Pison (1), F. Chevallier (1),

L. Wu (1), J. Staufer (1), I. Xueref-Rémy (1), M. Ramonet (1), O. Perrussel (2), P. Ciais (1)

(1) LSCE – CEA/CNRS/UVSQ, Gif-sur-Yvette, France

(2) AIRPARIF, France

Atmospheric inversions are used to estimate the greenhouse gas (GHG) surface-atmosphere fluxes using atmospheric concentration measurements from ground-based stations or space-borne instruments and proxies of the atmospheric transport. At LSCE, regional inversion systems have been set-up based on the CHIMERE atmospheric transport model in order to solve for the GHG natural fluxes at the continental to country scales or for the GHG anthropogenic emissions at the city scale. This presentation will review some of the activities that have been led for the estimate of CO2 natural fluxes at European scale and CO2 anthropogenic emissions in the Paris area.

Modélisation inverse pour la simulation et la prévision de l'évolution d'un panache volcanique dans l'atmosphère

Boichu Marie (Laboratoire de Météorologie Dynamique) Khvorostyanov Dmitry (Laboratoire de Météorologie Dynamique) Clarisse Lieven (Université Libre de Bruxelles), Clerbaux Cathy (LATMOS)

Les émissions volcaniques ont un impact à court terme sur le trafic aérien et la pollution de l'air, et à plus long terme sur le climat. La source volcanique demeure l'inconnue principale dans les modèles visant à estimer rigoureusement ces impacts. Aujourd'hui, un nombre croissant d'observations satellitaires d'un panache volcanique est disponible lors d'une éruption et apporte des informations indirectes sur les émissions volcaniques. Une approche de modélisation inverse, qui combine images satellitaires d'un panache et un modèle de chimie-transport, permet ainsi de reconstruire la source volcanique. Nous montrons comment l'initialisation d'un modèle de chimie-transport par ces

émissions reconstruites améliore significativement la simulation et la prévision de l'évolution d'un panache volcanique dans l'atmosphère.

Présentations posters

Poster 1 : *Simulation multi-échelles de séries temporelles de taux précipitants dans un contexte multifractal*

Nawal Akrouf

Poster 2 : *Estimation de champs de pluie par fusion de données hétérogène (télédétection et in situ)*

François Mercier

Poster 3 : *Modèle inverse statistique et modèle d'erreur associé : application à MéghaTropique*

Ramses Sivira

Poster 4 : *Modélisation statistique des précipitations extrêmes : application à l'hydrologie*

Hanen Ghamni,

Poster 5 : *Intercomparaison d'approches de régionalisation des précipitations dans le sud de la France: le projet STARMIP.*

M. Vrac et co-auteurs

La régionalisation de champs de précipitation est un enjeu scientifique majeur dans des communautés statistiques et de modélisation climatique. Le projet STARMIP propose de comparer les performances de plusieurs approches statistiques et dynamiques pour modéliser les précipitations (moyennes, intenses) autour des Cévennes. Nous présenterons les derniers résultats du projet, en mesurant les avantages et inconvénients de chaque approche.