

Journée "Méthodes statistiques spatio-temporelles en environnement"

Brest, le 14 février 2008
<http://pagesperso.univ-brest.fr/~ailliot/journee.html>

Programme

09h15-09h45 Accueil

09h45-10h25 Jian-feng YAO (Université de Rennes 1)

10h25-11h05 Thomas CORPETTI (CNRS)

11h05-11h20 Pause

11h20-12h00 Eric MATZNER-LØBER (Université de Rennes 2)

12h00-13h20 Déjeuner

13h20-14h00 Philippe CRANEGUY (ACTIMAR) et Catherine HEYRAUD (IFREMER)

14h00-14h20 Christophe MAISONDIEU (IFREMER)

14h20-14h40 Thierry HUCK (CNRS)

14h40-15h00 Pause

15h00-15h20 Emmanuelle AUTRET (IFREMER)

15h20-15h40 Pierre TANDEO (IFREMER)

15h40-16h30 Discussion

Résumés

Exemples de traitements opérationnels d'observations satellitaires de température de surface de la mer.

Emmanuelle Autret, IFREMER

La température de surface (SST) de la mer est un paramètre fondamental pour l'étude de l'océan, de l'atmosphère et de leurs interactions. Une bonne connaissance de la SST est également essentielle pour des applications dans plusieurs domaines : analyses et prévisions océaniques (assimilation dans les modèles, validation), modélisation atmosphérique (conditions aux limites), suivi du climat, suivi de qualité des eaux, halieutique et gestion des ressources marines.

La température de surface désigne globalement la température de l'eau dans les premiers mètres. Ce paramètre est accessible par différents moyens de mesures, satellite et in situ. Depuis une vingtaine d'année la majorité des mesures provient d'instruments embarqués sur des satellites. Ces instruments échantillonnent le globe en quelques jours et, pour certains, plusieurs fois par jour à des résolutions spatiales de quelques kilomètres. Les capteurs satellites utilisés sont différents, certains ne mesurent pas à travers les nuages, l'altération de la mesure par les aérosols et le contenu en vapeur d'eau par exemple n'est pas le même d'un instrument à l'autre. Ainsi chaque instrument possède des caractéristiques propres en terme de couverture, de résolution, de précision, d'étalonnage, de niveau de profondeur mesuré et pour un instrument donné, on peut parfois disposer de SST restituée par différents algorithmes.

Dans le cadre de ces activités sur la SST, l'Ifremer produit des champs quotidiens globaux à une résolution de quelques kilomètres construits à partir de mesures réalisées par une douzaine de sources de données de capteurs embarqués sur satellites. L'objet de la présentation est d'illustrer la modélisation d'une variable complexe dans un cadre opérationnel et mettant en jeu de gros volumes de données. Les étapes de traitement des données et d'interpolation (krigeage) mises en oeuvre seront exposées puis nous insisterons particulièrement sur les limites des techniques actuellement employées.

Variational pressure image assimilation for atmospheric motion estimation

Thomas Corpetti, CNRS

The complexity of dynamical laws governing 3D atmospheric flows associated to incomplete and noisy observations makes the recovery of atmospheric dynamics from satellite images sequences very difficult. In this presentation, we face the challenging problem of estimating physical sound and time-consistent horizontal motion fields at various atmospheric depths for a whole image sequence.

Based on a vertical decomposition of the atmosphere, we propose two dynamically consistent atmospheric motion estimators relying on different multi-layer dynamical models. Both estimators use a framework derived from data assimilation and are applied on noisy and incomplete pressure difference observations derived from satellite images. Data assimilation approaches will also be introduced. Such techniques enable to perform the estimation of an unknown state function according to a given dynamical model and to noisy and incomplete measurements.

Assimilation of sea surface temperature into the hydrodynamic model for application at the regional scale (MARS) using ensemble Kalman filter with application to continental shelf environment

Philippe Craneguy, Actimar
Catherine Heyraud, IFREMER

A study of sequential data assimilation of satellite derived sea surface temperature (SST) in the free surface primitive equation model MARS-3D using Ensemble Kalman Filter (EnKF) is presented with application to the Bay of Biscay and to the Gulf of Lions. Skill assessment of the data assimilation system analysed over april-july 2006, a period for which independent temperature and salinity profiles are available over the Continental shelf. Preliminary results of a similar data assimilation experiment for the Gulf of Lions are also discussed over april-july 2005.

The spatial and temporal structure of forecast errors is investigated using an ensemble modelling approach (Monte-Carlo). Multivariate ensemble forecast statistics associated by distinct model error sources (wind forcing, model parameters) are shown to be neither homogeneous over the Continental shelf nor stationnary. In this large space dynamical system, localization and filtering of small-sized ensemble correlations is needed to provide a consistent result for EnKF analysis. The localization used is inversely proportional to the bottom depth. Statistical analysis of the ensemble forecast reliability also reveals that SST forecast errors over the Continental Shelf of the Bay of Biscay are season-dependant : during spring they are mainly governed by the fraction of light lost to scattering and absorption (extinction coefficient) which occurs over the Loire and Gironde plume although they are dominated by wind stress and ocean mixing errors during summer.

The potential of sequential data assimilation of SST to improve T-S model predictions over the shelf is investigated using independent in-situ temperature and salinity profiles over spring and summer test periods. The data assimilation system provides significant error reduction compared to the non assimilative one for temperature and salinity over the shelf but does not improve the quality of T-S prediction over the abyssal plain. Finally, the efficiency of combined parameter and state estimation to reduce the SST model forecast biases over the shelf is shown over april-may, a period for which the forecast error is mainly governed by the extinction coefficient.

These works has been done in collaboration with Valérie Monbet (Université de Bretagne Sud), Pascal Lazure (IFREMER), Pierre Garreau (IFREMER) and Hélène Pineau (Actimar).

A la recherche de l'Oscillation Multidécennale Atlantique dans les données hydrologiques historiques

Thierry Huck, Laboratoire de Physique des Océans, CNRS

Un signal de période 50-70 ans a été mis en évidence à partir des températures de surface océaniques du dernier siècle (grille de $5^{\circ}\times 5^{\circ}$) dans l'Atlantique. On cherche à retrouver ce signal à partir de données de température et salinité à plus haute résolution (1°) mais disponibles seulement sur les 50 dernières années. Les méthodes classiques (EOF, SVD) ne donnent pas des résultats très robustes, ce qui n'est pas surprenant vu la longueur de la série temporelle par rapport à la période de l'oscillation, sa faible amplitude (0.5°) et la présence d'autres signaux de période et amplitude similaires (réchauffement climatique).

Analyse spatio-temporelle des systèmes d'état de mer Christophe Maisondieu,
Hydrodynamique et Océano-météo, IFREMER

Des méthodes d'analyse ont été développées qui permettent une caractérisation complète à partir des spectres directionnels issus de la mesure (in-situ ou satellitaire) ou des modèles à phase moyennée, des différents systèmes, houles ou mer du vent, constitutifs d'un état de mer. Il est ainsi possible d'analyser l'évolution temporelle locale de ces systèmes.

La caractérisation de l'évolution spatio-temporelle de ces systèmes d'états de mer, à la fois en direction et en fréquence, permettrait une meilleure validation et exploitation des bases de données spectrales. Des outils d'analyse restent à développer pour lesquels une approche basée sur des méthodes de traitement statistique des données devrait être adaptée.

Modélisation statistique de la brise de mer, application à la prévision des pics d'ozone

Eric Matzner-Lober, IRMAR/Université de Rennes 2

La pollution à l'ozone est un problème de santé publique. Le principe de précaution nécessite d'anticiper les épisodes de pollution pour mettre en oeuvre des mesures d'urgence en cas de dépassement du seuil d'alerte. Ceci implique une prévision à court terme (24 h) voire à plus longue échéance. De nombreuses méthodes statistiques sont utilisées pour effectuer au jour j la prévision de la concentration maximale d'ozone pour le lendemain (jour j+1). La ville de Lorient, ville côtière, est sujette aux brises de mer et de terre. Ces brises, en raison de la dilution, de la concentration et de la circulation des polluants qu'elles entraînent d'un jour à l'autre, peuvent considérablement complexifier les épisodes de pollution. Il faut donc en tenir compte dans les prévisions.

Nous présentons dans ce travail la manière dont nous avons modélisé les brises et les résultats des prévisions obtenues par régression spline et forêts aléatoires.

Modélisation spatio-temporelle d'une variable quantitative à partir de données multi-sources. Application à la température de surface de la mer

Pierre Tandéo, Laboratoire d'Océanographie Spatiale, IFREMER

La modélisation des variations spatio-temporelles de l'état de surface de la mer repose sur des observations multi-sources, à savoir issues de technologies impliquant des erreurs de mesure plus ou moins importantes et des niveaux de résolution spatiales ou temporelles très différentes.

Il existe plusieurs manières d'aborder le problème de la modélisation spatio-temporelle. On peut le faire en utilisant des modèles déterministes, se basant sur des équations régissant les déplacements de fluides dans le temps et dans l'espace (ex : équations de Navier-Stokes) ; celles-ci peuvent être coûteuses en calcul. L'autre vision des choses est stochastique : modèles obtenus après analyse des données observées. Deux approches de ces modèles géostatistiques sont évoquées dans la littérature, l'une qui associe le spatial et le temporel dans une même fonction aléatoire (ce qui pose le problème d'échelles différentes) et l'autre qui utilise des vecteurs de fonctions aléatoires spatiales ou temporelles. Ces techniques statistiques demandent peu de calculs mais sont limitées car elles ne modélisent pas les déplacements et rendent des champs interpolés moyens.

Une solution adéquat serait de prendre en compte les deux points de vues précédemment cités et de proposer des modèles mixtes, utilisant les propriétés physiques de déplacement de notre variable d'intérêt ainsi que des corrections venues de méthodes statistiques. De telles contraintes peuvent être implémentées, par exemple, par des modèles espace-état (dans lesquels interviennent les filtres

de Kalman) qui sont également capables de répondre à des problématiques particulières : utilisation de variables explicatives latentes ou réellement observées (ex : utilisation d'autres champs de paramètres), caractère multi-sources et multi-variabilité des observations.

L'objet de cette présentation est de présenter les travaux en cours qui visent à mettre au point une méthode efficace permettant de modéliser une variable quantitative à partir de données multi-sources. Dans notre cas, nous nous intéresserons à la température de surface de la mer ou SST.

Modèles spatiaux pour des données mixtes et applications

Jian-feng Yao, IRMAR/Université de Rennes 1

Très souvent les observations sur un ensemble de sites sont de type mixte : une partie de ces valeurs sont discrètes, et une autre continues et réelles. C'est le cas des stations de pluie à un instant donné : on enregistre 0 aux endroits secs et une vraie pluviométrie aux endroits où il pleut. C'est encore le cas dans l'analyse de mesures de mouvement d'objets mobiles dans une séquence d'images : on enregistre 0 aux régions où rien ne bouge et une valeur positive et continue dans les masques d'objets mobiles. Plus généralement pour le domaine de valeurs possibles d'un modèle spatial, on peut concevoir une liste de valeurs discrètes qui véhiculent une information symbolique, en parallèle avec un ensemble de valeurs continues classiques.

Nous présentons quelques travaux récents sur la construction de modèles spatiaux adaptés à ces observations mixtes. Des applications en analyse d'images seront présentées. Nous mentionnerons également leur intérêt dans la modélisation de la pluviométrie sur un réseau de stations météorologiques.

Il s'agit des travaux de collaboration avec Cécile Hardouin, Patrick Bouthemy, Gwénaëlle Piriou, Tomas Crivelli et Bruno Cernuschi-Frias.

Références : (accessibles à <http://perso.univ-rennes1.fr/jian-feng.yao/papers.html>)

C. Hardouin and J.-F. Yao. Multi-parameter auto-models and their application. A paraître dans *Biometrika*.

P. Bouthemy, C. Hardouin, G. Piriou and J.-F. Yao, 2006. Mixed-state auto-models and motion texture modeling. *J. Math. Imaging Vision*, 25, 387-402.

T. Crivelli, B. Cernuschi-Frias, P. Bouthemy and J.-F. Yao. Mixed-state models in image motion analysis : theory and applications. Soumis.