

Quelques thèmes de recherche appliquée en laboratoire

Clémentine PRIEUR

Paris, 19 novembre 2009

Plusieurs laboratoires impliqués dans le GdR MASCOT-NUM ...

● Laboratoires Publics

- Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique de Toulouse CERFACS
- Ecole Centrale Paris, Laboratoire MAS
- Ecole des Mines de Saint Etienne, Département 3MI
- Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia-Antipolis, I3S
- INRA, Département Mathématique et Informatique Appliquées, MIA
- Institut de Recherche Mathématique de Rennes
- Institut Camille Jordan de Lyon
- Institut de Mathématiques de Bordeaux, IMB
- Institut de Mathématiques de Toulouse, IMT
- Laboratoire de Mathématiques Appliquées de Pau
- Laboratoire de Mécanique de Rouen
- Laboratoire de Génie Chimique de Toulouse
- Laboratoire Jean Kuntzmann Grenoble, LJK
- Laboratoire Traitement et Communication de l'Information de Paris, LTCI
- Mathématiques et Applications, Physique Mathématiques d'Orléans, MAPMO
- Statistique Appliquée et Modélisation Statistique, Université Paris 1, SAMOS
- SUPAERO, Département de Mathématiques Appliquées de Toulouse, ISAE
- SUPELEC, Département Signaux & Systèmes Electroniques, SSE

Plusieurs laboratoires impliqués dans le GdR MASCOT-NUM ...

Des collaborations avec l'industrie via des financements CIFRE (Sébastien Da Veiga, Nabil Rachdi), mais pas seulement!

CIFRE Convention Industrielle de formation par la Recherche

Plusieurs laboratoires impliqués dans le GdR MASCOT-NUM ...

Des collaborations avec l'industrie via des financements CIFRE (Sébastien Da Veiga, Nabil Rachdi), mais pas seulement!

Egalement des financements 100 % ministériels (allocations fléchées, bourses ministère), et aussi bien sûr des chercheurs permanents sur des sujets appliqués.

Plutôt que ...

... de définir la recherche appliquée avec des termes pompeux,
voici quelques exemples ...

Plutôt que ...

... de définir la recherche appliquée avec des termes pompeux,
voici quelques exemples ...

pour commencer, merci à ceux
qui ont contribué à cette présentation

Luc PRONZATO

PLANIFICATION D'EXPÉRIENCES
POUR CODES NUMÉRIQUES

PLANS "SPACE FILLING"
PRÉDICTION PAR KRIGEAGE AVEC PARAMÈTRES ESTIMÉS

Plans "space filling"

Objectif : remplir l'espace aussi uniformément que possible.

Outils : choix d'un critère (minimax, maximin, entropies), algorithmes (déterministes, stochastiques, séquentiels).

Prédiction par krigeage avec paramètres estimés

Objectif : planification d'expériences pour krigeage.

Outils : choix d'un critère prenant en compte l'estimation des paramètres de la covariance du processus (erreur quadratique moyenne de prédiction, maximale ou intégrée, critères construits à partir de la matrice d'information sur les paramètres du processus).

collaboration avec Werner Müller (JKU Univ., Linz, Autriche).

Contact éventuel : Luc Pronzato, pronzato@i3s.unice.fr, membre du bureau du GdR.

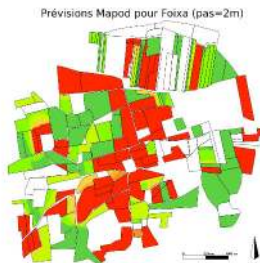


Développement de la modélisation dans de nombreux domaines d'application:

- *agriculture*: modèles de culture, flux de gènes entre parcelles, ...
- *agri-environnement*: émission de gaz à effet de serre, nitrates, ...
- *écologie*: dynamiques de population, études sur la biodiversité, ...
- + *épidémiologie, génétique, etc.*

Importance:

- de l'aléatoire
- de la variabilité biologique, environnementale
- de l'incertitude sur le climat
- ➔ Besoin de méthodes adaptées pour explorer le comportement des modèles



Ex: dispersion de pollen OGM

Recherches :

- plans d'expériences
- méthodes d'apprentissage
- méta-modélisation
- applications multiples avec entrées/sorties complexes



Equipes de **Mathématique et Informatique Appliquées**:



Groupe de travail avec le Cemagref, l'Ifremer, le Cirad, etc.



Département Signaux et Systèmes Electroniques

Modélisation et analyse de l'incertain, Supelec

Département Signaux et Systèmes Electroniques (SSE)
Supelec, Gif sur Yvette

Composition

18 enseignants-chercheurs,
21 doctorants (dont 5/6 nouveaux cet automne, et 7 soutenances prévues),
2 post-doctorants,
2 professeurs invités

3 thèmes de recherche (en synergie)

- traitement statistique de l'information,
- signaux et échantillonnages singuliers,
- architectures de circuits mixtes et de microsystèmes.

Objectifs

- modélisation de systèmes
 - construction de modèles (agrégés, niveaux de description divers)
 - choix de modèles (caractère optimal à définir)
- analyse statistique de l'information/des signaux
 - robustesse aux données atypiques (aberrantes, manquantes...)
 - prise en compte des incertitudes (modélisation, propagation)
 - modélisation d'évènements rares (extrêmes, problématiques...)

Contact éventuel : Emmanuel Vazquez

Emmanuel.Vazquez@supelec.fr, membre du comité scientifique du GdR.

Institut de mathématiques de Toulouse (IMT)

Unité Mixte de Recherche du CNRS (UMR 5219)

200 enseignants-chercheurs ou chercheurs permanents

120 doctorants et 30 post-doctorants.

3 Equipes : Mathématiques Fondamentales (Emile Picard),
Mathématiques pour l'Industrie et la Physique (MIP), Statistique
et Probabilités (ESP).

Thèmes développés (autour des thèmes du GDR)

- 1 Plans d'expériences en simulations: nombreux travaux de J.M. Azaïs sur ce thème.
- 2 Analyse d'incertitudes et Analyse de sensibilité : différentes techniques - chaînes de Markov, bootstrap, polynômes de chaos, polynômes locaux (thèse de S. Da Veiga co-encadrée par F. Gamboa).

Contact éventuel : Fabrice Gamboa

fabrice.gamboa@math.univ-toulouse.fr, créateur du GdR.

Laboratoire Jean Kunzmann (LJK)

Unité Mixte de Recherche du CNRS (UMR 5224)

Equipe/Projet INRIA MOISE

Modélisation, Observation et Identification pour les Sciences de l'Environnement

Contact éventuel : Clémentine Prieur
clementine.prieur@imag.fr.

Thèmes développés (autour des thèmes du GDR)

Applications : modèles de prévision océanographiques, géophysiques.

Enjeux : analyse de sensibilité pour des modèles complexes (non linéarités, modèles couplés, multi-échelles, très grandes dimensions, ...)

- 1 développement de méthodes hybrides (stochastique/déterministe),
- 2 réduction de dimension,
- 3 étude de dynamiques spatio-temporelles.

*Etude de la variabilité des précipitations
de la mousson en Afrique de l'ouest*

*Etude de la variabilité des précipitations
de la mousson en Afrique de l'ouest*

Partenaires :

- Equipe/Projet INRIA **MOISE**
- Projet UJF CIMENT (calcul intensif)
- LGGE Groupe Modélisation Atmosphérique
- Equipe/Projet INRIA GRAAL du LIP (Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme)

Mousson en Afrique de l'ouest

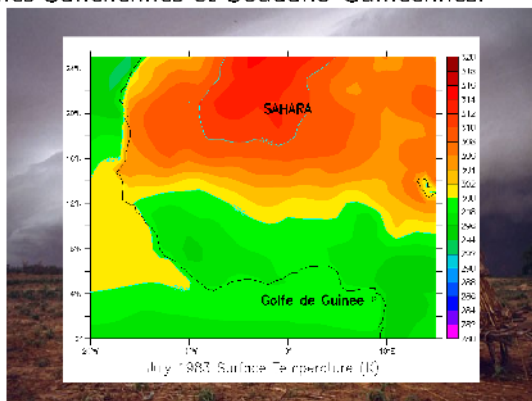
Activité dynamique du phénomène : mai à septembre.

Ce cycle saisonnier de précipitations est crucial (agriculture, survie) dans les zones Sahéliennes et Soudano-Guinéennes.

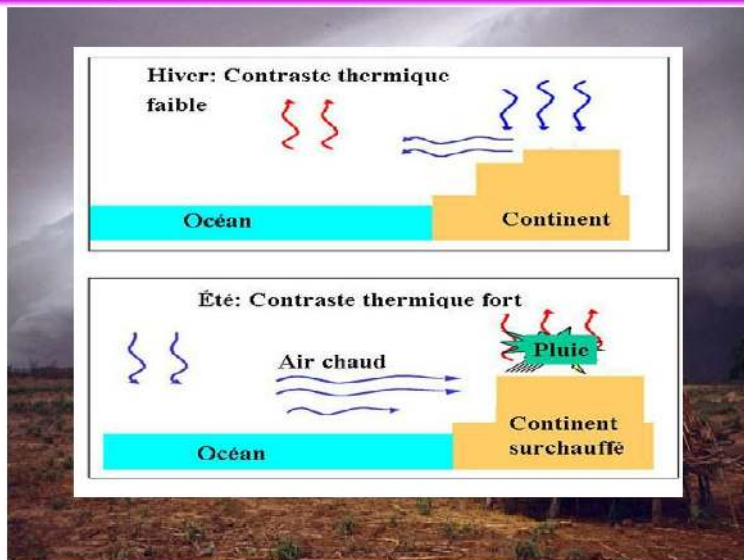
Mousson en Afrique de l'ouest

Activité dynamique du phénomène : mai à septembre.

Ce cycle saisonnier de précipitations est crucial (agriculture, survie) dans les zones Sahéliennes et Soudano-Guinéennes.

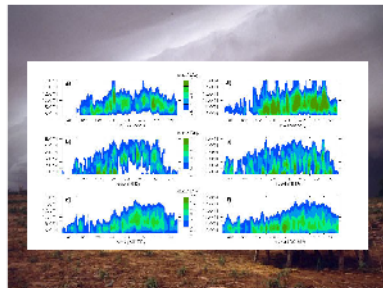


Contexte applicatif



un modèle atmosphérique

précipitations simulées à l'aide d'un modèle régional atmosphérique (modèle **MAR**)



Objectif : analyser la **sensibilité** des précipitations en sorties de ce modèle aux **variations spatio-temporelles** de

- la température de surface de l'océan (TSO) dans le golfe de Guinée,
- l'albédo Saharien et Sub-Saharien.

Données :

\mathcal{R} zone du golf de Guinée sur laquelle on observe la TSO

\mathcal{R}' zone (Sub)-Saharienne sur laquelle on observe les précipitations

\mathcal{T} période de temps (grosso modo de mai à septembre)

17 années

$\mathbf{X}^i := (X_i(x, t))_{x \in \mathcal{R}, t \in \mathcal{T}}$ TSO année i

$\mathbf{Y}^i := (Y_i(x', t))_{x' \in \mathcal{R}', t \in \mathcal{T}}$ précipitations année i

Données :

\mathcal{R} zone du golf de Guinée sur laquelle on observe la TSO

\mathcal{R}' zone (Sub)-Saharienne sur laquelle on observe les précipitations

\mathcal{T} période de temps (grosso modo de mai à septembre)

17 années

$\mathbf{X}^i := (X_i(x, t))_{x \in \mathcal{R}, t \in \mathcal{T}}$ TSO année i

$\mathbf{Y}^i := (Y_i(x', t))_{x' \in \mathcal{R}', t \in \mathcal{T}}$ précipitations année i

Méthode :

A $x \in \mathcal{R}$ et $x' \in \mathcal{R}'$ fixés, régression linéaire fonctionnelle de

$\mathbf{Y}_{x'} := (Y(x', t))_{t \in \mathcal{T}}$ sur $\mathbf{X}_x := (X(x, t))_{t \in \mathcal{T}}$.

Puis lissage spatial.

Difficultés méthodologiques :

- entrées et sorties sont fonctionnelles,
- dynamique spatio-temporelle,
- en espace, deux zones différentes \mathcal{R} (golf de Guinée) et \mathcal{R}' (zone (Sub)-Saharienne)).

Difficultés méthodologiques :

- entrées et sorties sont fonctionnelles,
- dynamique spatio-temporelle,
- en espace, deux zones différentes \mathcal{R} (golf de Guinée) et \mathcal{R}' (zone (Sub)-Saharienne)).

Autres enjeux importants : cohérence avec le modèle physique, déploiement sur grille.

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement

Problèmes inverses en glaciologie, **Bénédicte Lemieux-Dudon**

Objectif : identifier les paramètres d'un modèle donnant l'âge de la glace d'un forage d'Antarctique.

La datation des paléo-archives (carottes de glace, carottes marines. . .) est une étape essentielle pour reconstruire les scénarios climatiques du passé.

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement

Problèmes inverses en glaciologie, **Bénédicte Lemieux-Dudon**

Objectif : identifier les paramètres d'un modèle donnant l'âge de la glace d'un forage d'Antarctique.

La datation des paléo-archives (carottes de glace, carottes marines. . .) est une étape essentielle pour reconstruire les scénarios climatiques du passé.

Spécificités de la méthodologie :

- formulation bayésienne,
- erreur modèle sous forme de fonctions de correction (opérant sur des grandeurs glaciologiques clés),
- plusieurs forages à la fois (en assimilant des observations de type liens stratigraphiques entre forages).

Modèle d'âge : z profondeur, $\Psi(z)$ âge de la glace

$$\Psi(z) = \int_0^z \frac{1}{L(z')} dz' .$$

$$L(z') = T(z')A(z') \text{ (mètres par an)}$$

modèle d'accumulation $\rightarrow A$ accumulation

modèle d'écoulement de la glace $\rightarrow T$ amincissement

$L(z') = T(z')A(z')$ (mètres par an) $\xrightarrow{\text{erreurs}}$

$$\Psi(z) = \int_0^z \frac{\alpha(z')\beta(z')}{A(z')T(z')} dz'$$

Paramètres mal connus : $\alpha(z')$ et $\beta(z')$.

a priori $\alpha_b(z')$, $\beta_b(z')$.

Observations : (Y_i, z_i) (âge, profondeur).

Approche Bayésienne

$$f_a(\beta) \& f_0(Y|\beta)f_b(\beta) .$$

Recherche du Maximum de Vraisemblance

$$J = -\ln(f_a(\beta)).$$

Minimisation du coût J par rapport à β ,

estimation de la matrice de covariance d'erreur sur β a posteriori.

$$P_a = f(B, R), P_a \text{ covariance d'erreur a posteriori sur } \beta$$

Modèle Gaussien

moyenne β_b , matrice de covariance d'erreur d'ébauche B

moyenne Y_0 , matrice de covariance d'erreur d'observation R .

Matrice de covariance d'erreur d'ébauche associée à β

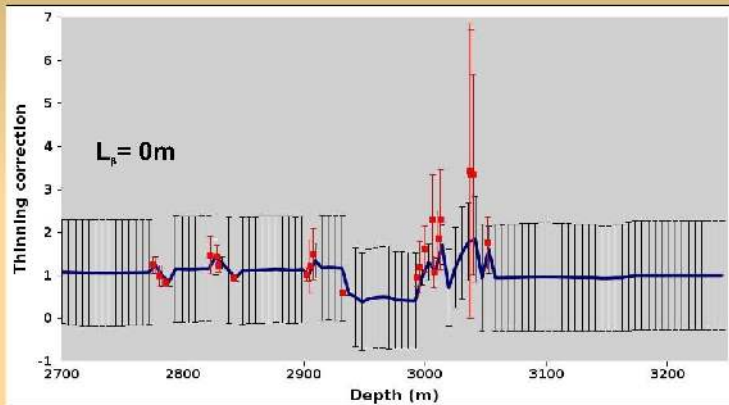
β est discrétisé sur une grille $\beta(z_i)$,

$$\text{Var}(\beta(z_i)) = \sigma_i^2,$$

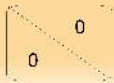
$$\text{Cov}(\beta(z_i), \beta(z_j)) = \rho_{i,j} \sigma_i \sigma_j \text{ avec } \rho_{i,j} \propto \exp\left(\frac{-(z_i - z_j)^2}{(\sqrt{2}L_\beta)^2}\right).$$

L_β longueur de corrélation d'erreur.

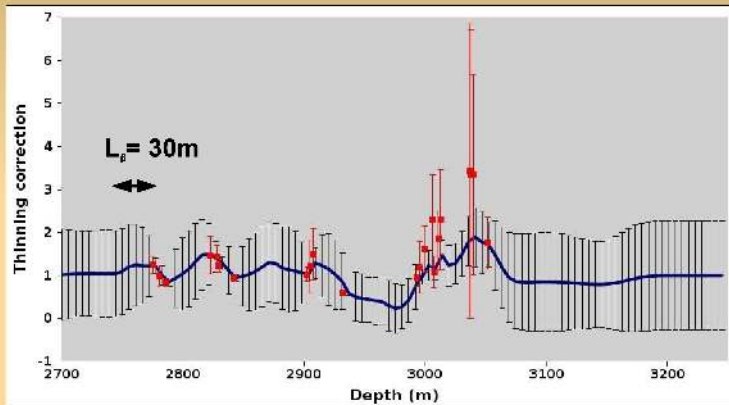
Sensibilité de la solution β à la longueur de corrélation L_β



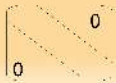
B_β



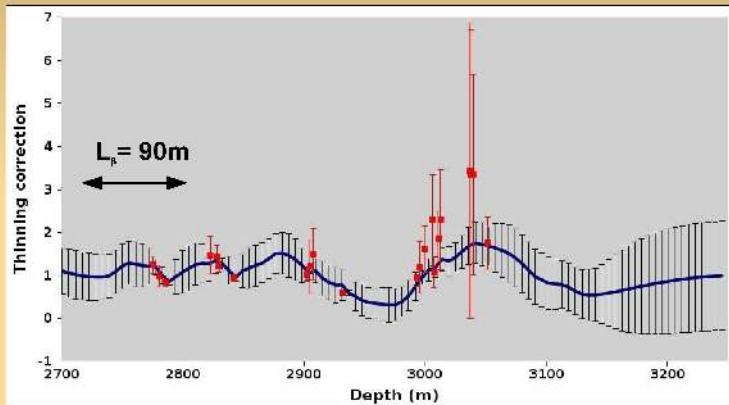
Sensibilité de la solution β à la longueur de corrélation L_β



B_β



Sensibilité de la solution β à la longueur de corrélation L_β



B_β



Merci de votre attention!