

# 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.

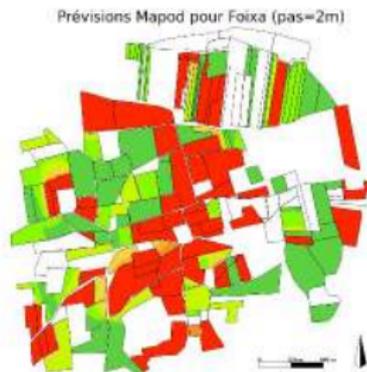


### Développement de la modélisation dans de nombreux domaines d'application:

- *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 microsystemes.

### 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](mailto: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.

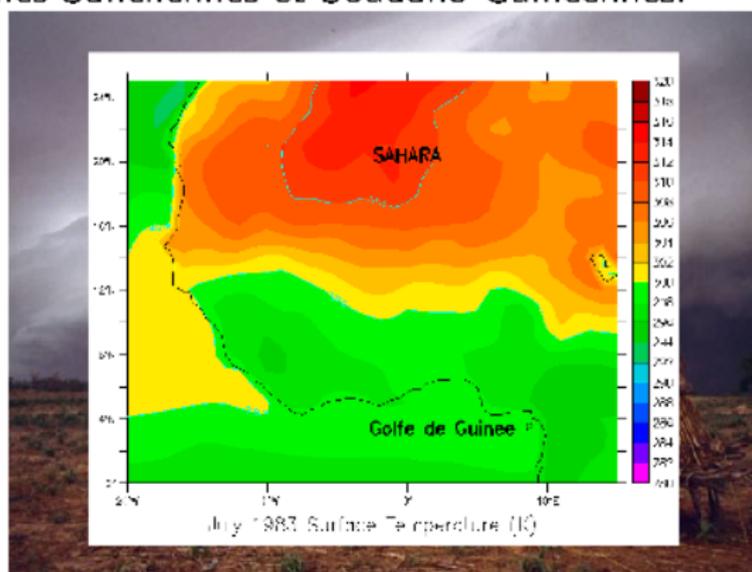
Ce cycle saisonnier de précipitations est crucial (agriculture, survie) dans les zones Sahéliennes et Soudano-Guinéennes.

# Contexte applicatif

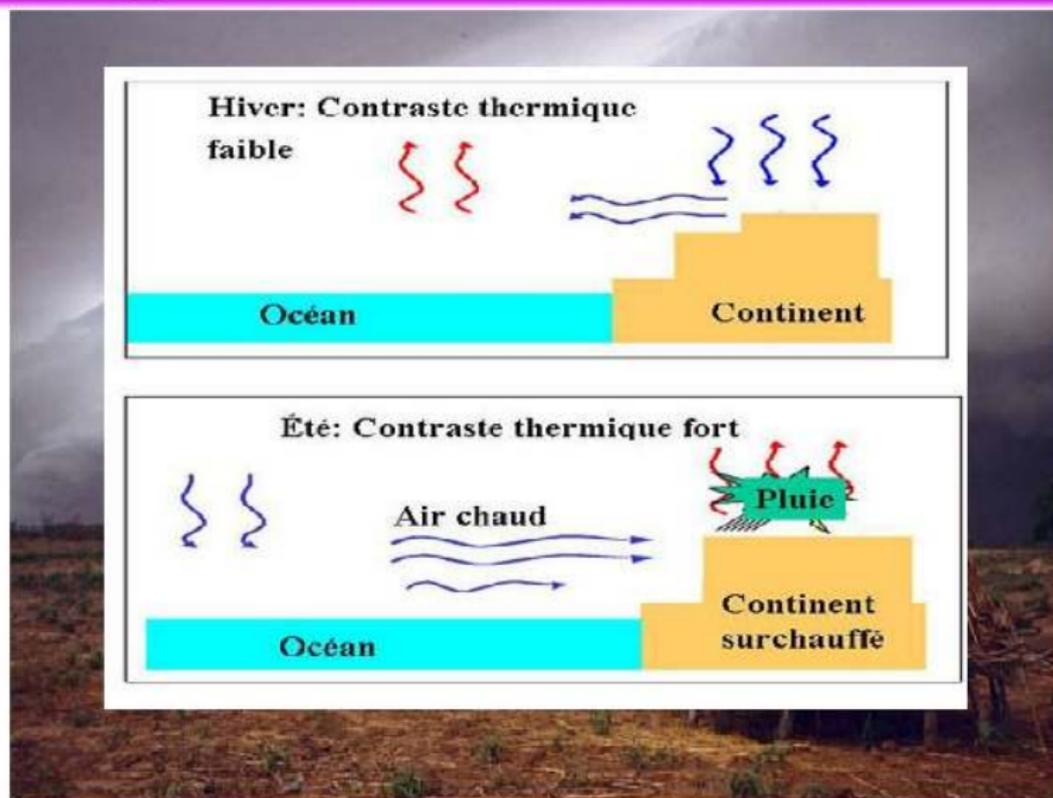
## Mousson en Afrique de l'ouest

Activité dynamique du phénomène : mai à septembre.

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

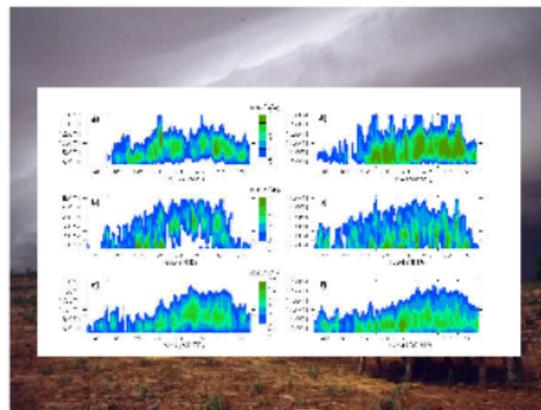


# Contexte applicatif



# 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  $\beta$ ,

estimation de la matrice de covariance d'erreur sur  $\beta$  a posteriori.

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

Modèle Gaussien

moyenne  $\beta_b$ , 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  $\beta$

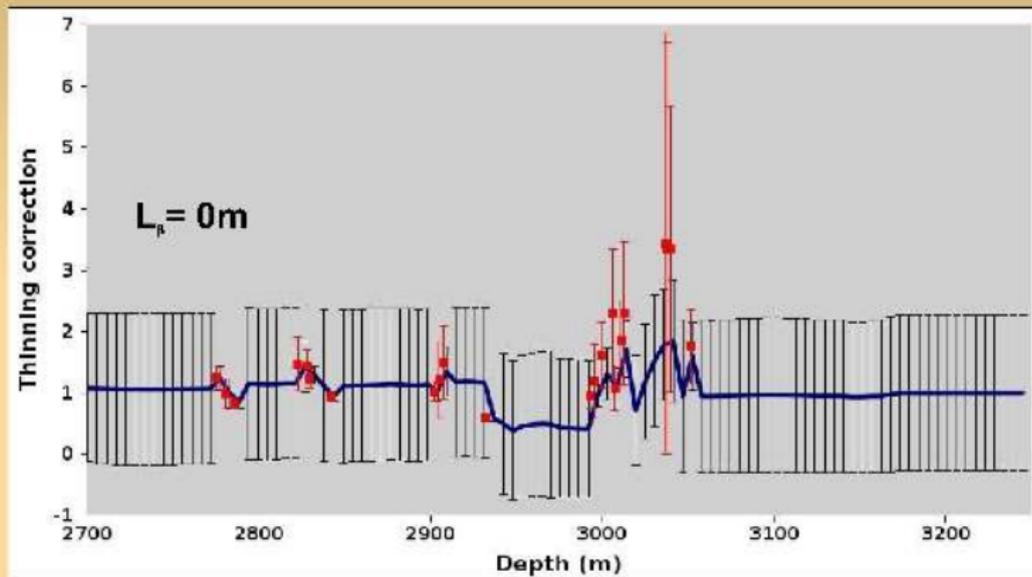
$\beta$  est discrétisé sur une grille  $\beta(z_i)$ ,

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

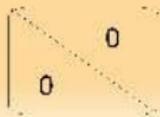
$$\text{Cov}(\beta(z_i), \beta(z_j)) = \rho_{i,j} \sigma_i \sigma_j \text{ avec } \rho_{i,j} \propto \exp\left(\frac{-(z_i - z_j)^2}{(\sqrt{2}L_\beta)^2}\right).$$

$L_\beta$  longueur de corrélation d'erreur.

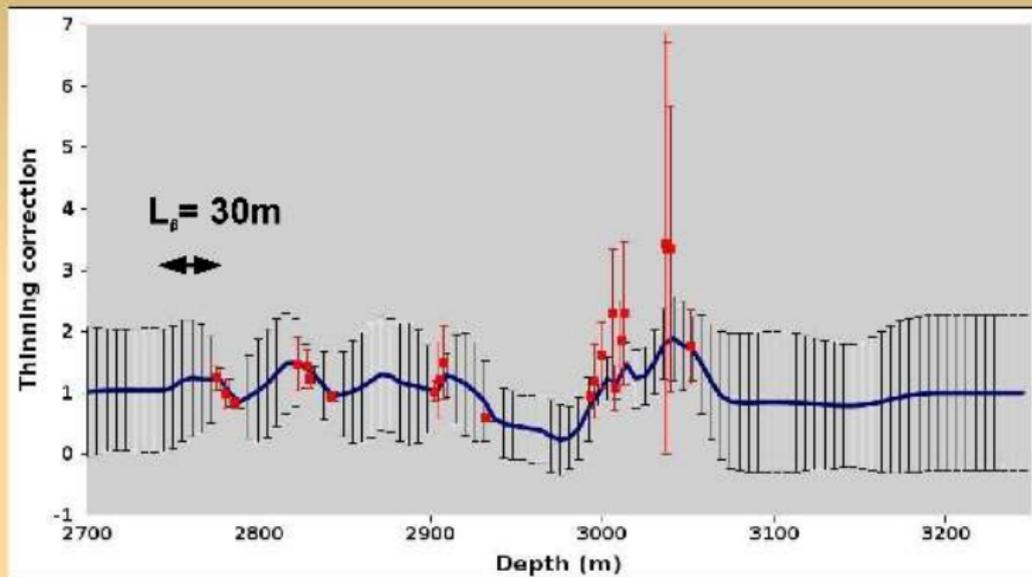
# Sensibilité de la solution $\beta$ à la longueur de corrélation $L_\beta$



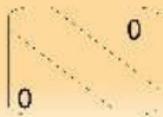
$B_\beta$



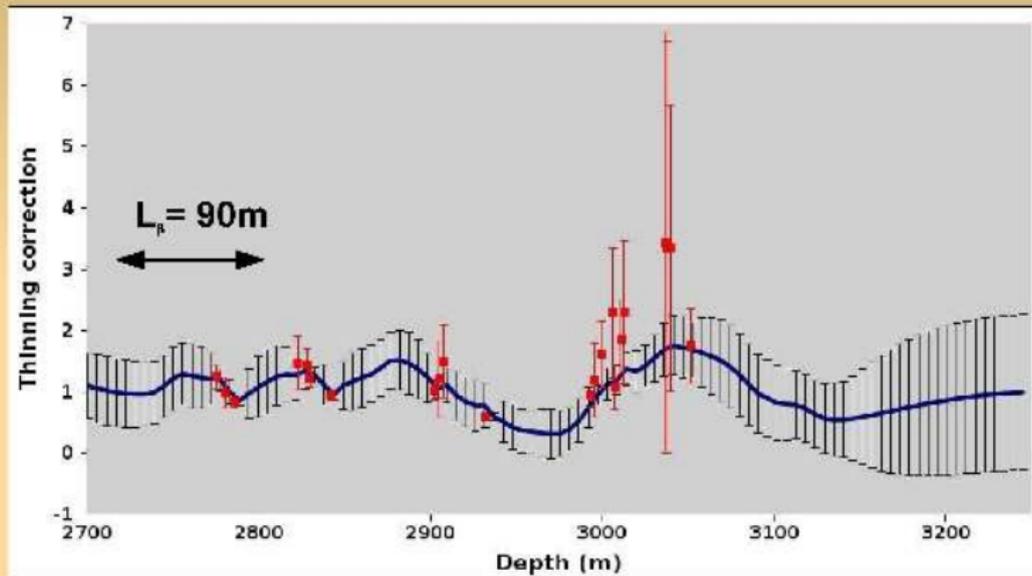
# Sensibilité de la solution $\beta$ à la longueur de corrélation $L_\beta$



$B_\beta$



# Sensibilité de la solution $\beta$ à la longueur de corrélation $L_\beta$



$B_\beta$



Merci de votre attention!