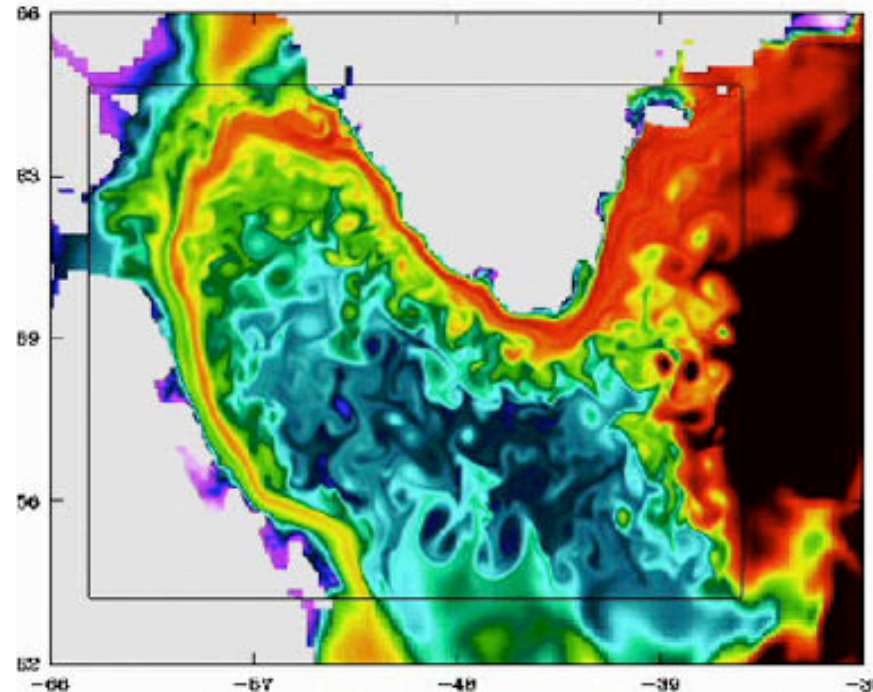


Proposition de sujet de thèse

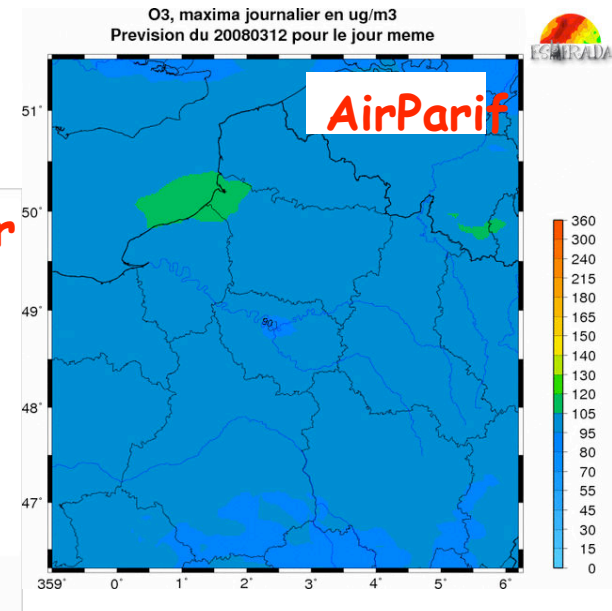
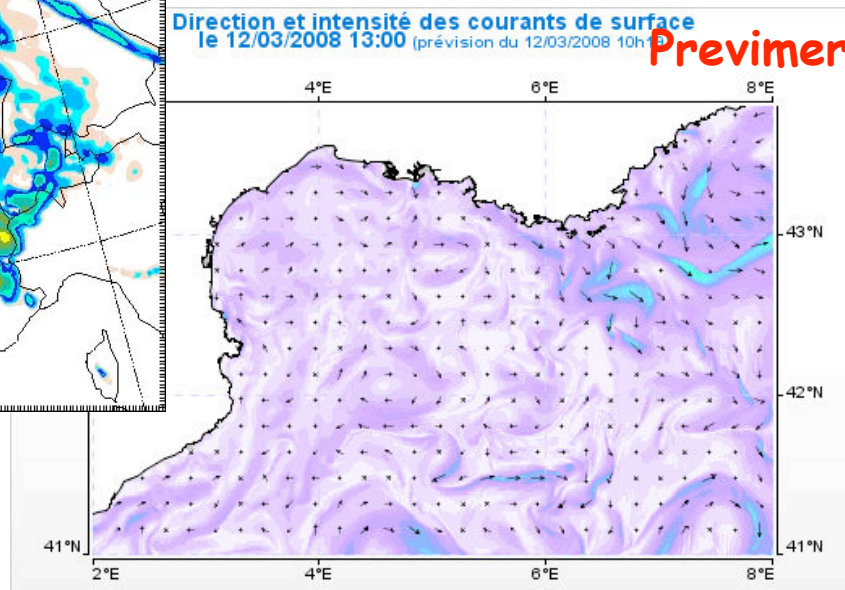
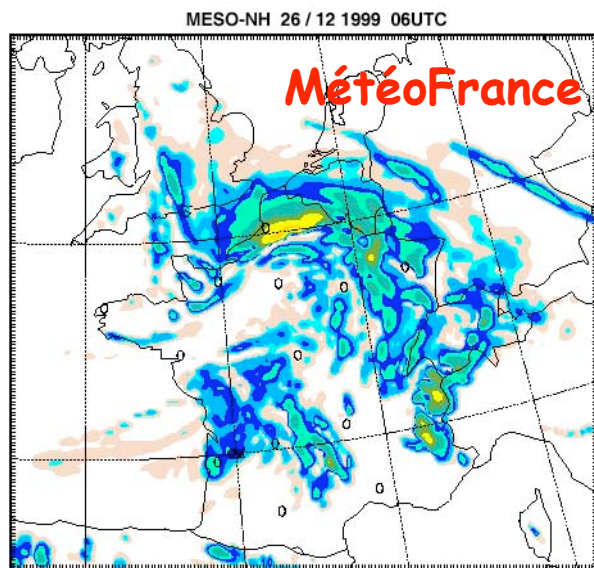
Approches stochastiques et variationnelles pour l'analyse de sensibilité et la quantification d'incertitudes - Application à un système de prévision des circulations océaniques

Dir: Eric Blayo et Clémentine Prieur
équipe MOISE, Laboratoire Jean Kuntzmann
Université de Grenoble et INRIA



Contexte: la prévision en environnement

- Un contexte applicatif très large, avec un fort impact sociétal : évolution du climat, prévision opérationnelle en météo / océano / pollution atmosphérique..., gestion des ressources en eau, aménagement du territoire...
- Un outil privilégié: les systèmes numériques de prévision



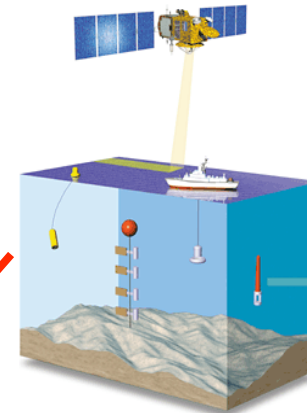
En général, ces systèmes sont constitués par :

- De l'information physique et mathématique : un **modèle** numérique (systèmes d'EDP + discrétisation), ou plusieurs modèles couplés
- D'autres informations: **observations, statistiques**
- Une procédure d'**assimilation de données**

Modèle

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \mathbf{U} \cdot \nabla u - \nu \Delta u - fv + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \mathbf{U} \cdot \nabla v - \nu \Delta v + fu + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial p}{\partial z} &= -\rho g \\ \operatorname{div} \mathbf{U} &= 0 \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \mathbf{U} \cdot \nabla T &= K_T \Delta T \\ \frac{\partial S}{\partial t} + \mathbf{U} \cdot \nabla S &= K_S \Delta S \\ \rho &= \rho(T, S, p) \end{aligned}$$

Observations



Prévision

Sensibilité, incertitudes

- Des questions qui deviennent de plus en plus d'actualité :
 - Quantifier l'incertitude sur une prévision
 - Quelle est la sensibilité de la réponse d'un système numérique de prévision à tel ou tel paramètre ?

sachant que...

➤ Il y a des incertitudes partout :

✓ modèle mathématique (par ex. conservation de la masse, de l'énergie + approximations physiques) --> *physique manquante, valeurs des paramètres, de la condition initiale, des données aux limites, des forçages...*

✓ Discrétisation du modèle --> *troncature numérique, paramétrisation sous-maille*

✓ Eventuellement : couplage de plusieurs modèles (de différents milieux, ou de différentes échelles) --> *physique de l'interface, algorithmique du couplage*

✓ Eventuellement : assimilation des observations disponibles --> *précision des mesures, traitement des données, statistiques des erreurs*

➤ Points spécifiques :

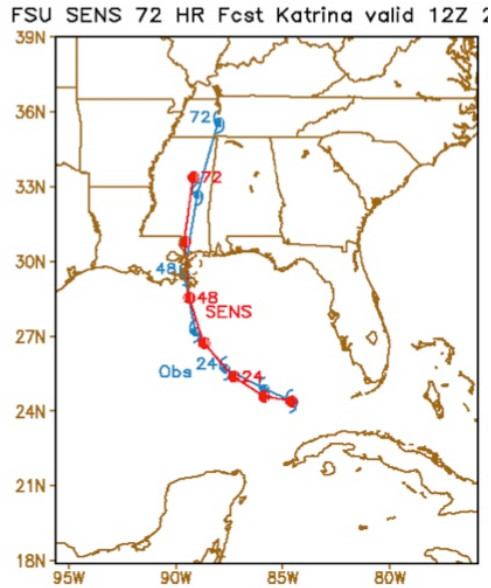
✓ Les situations géophysiques sont non reproductibles (caractère « unique » de la condition initiale, du forçage...) --> difficulté d'apprentissage

✓ Les systèmes assimilent des observations (ce n'est pas seulement un modèle)

✓ Les systèmes sont souvent très « gros » : variable d'état : $O(10^6 - 10^8)$

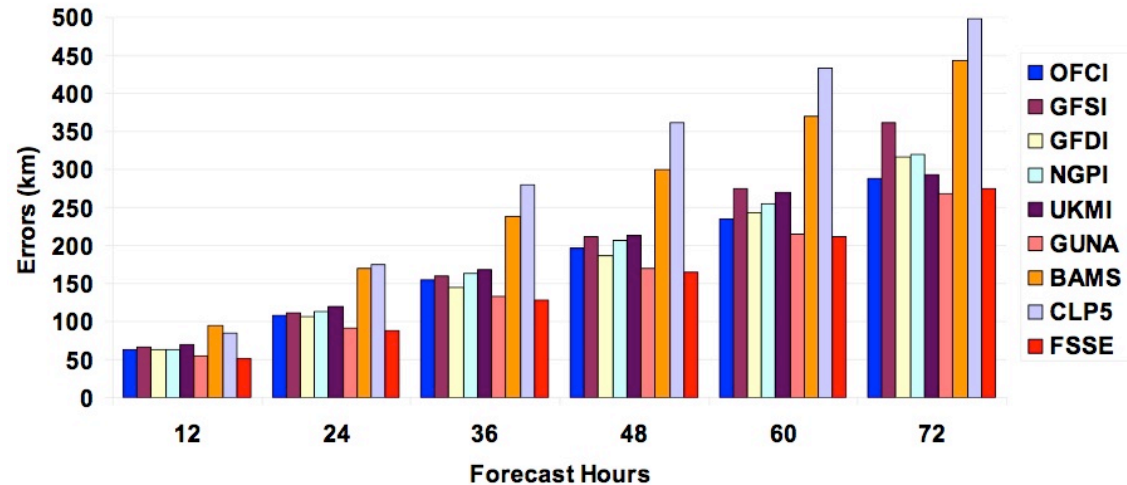
Que fait-on jusqu'à présent ?

- des prévisions d'ensemble ou de « super-ensemble »



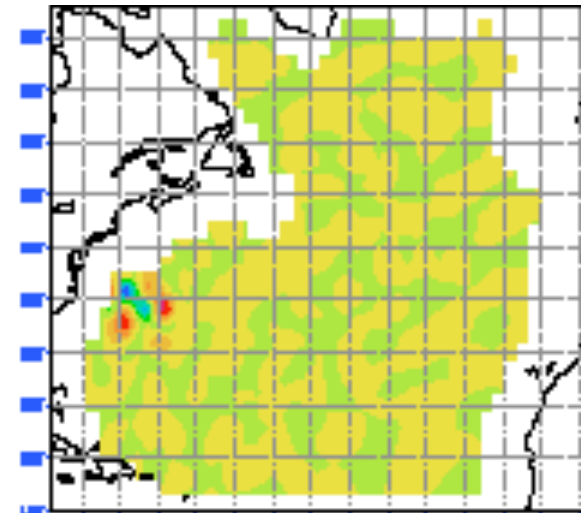
Mean Absolute track Errors for 2005 (km)

Krishnamurti et al., 2006



- des calculs de gradients

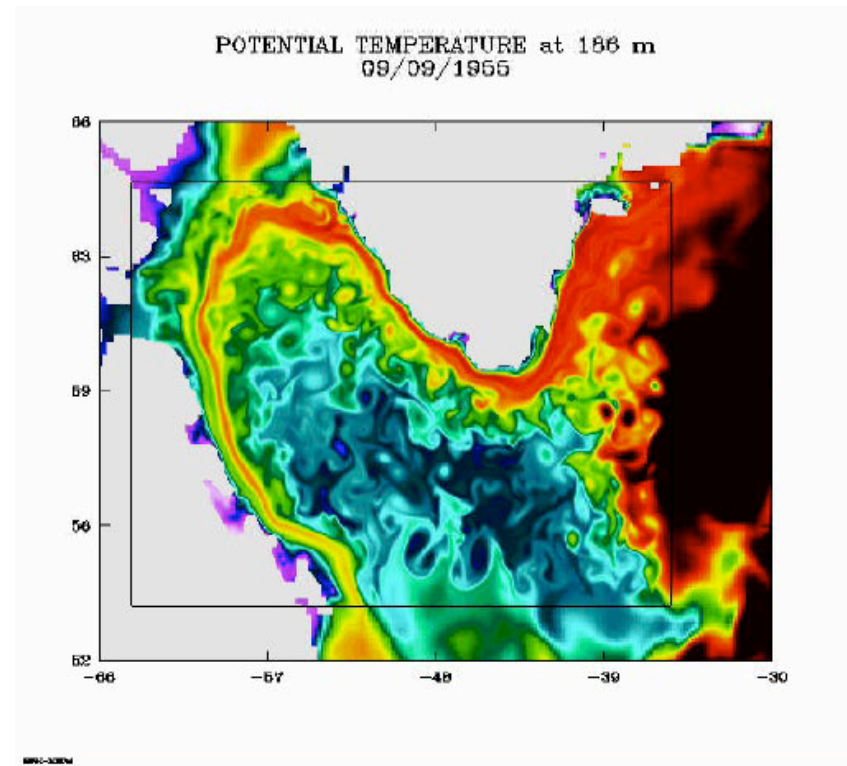
Mode principal de la sensibilité d'un modèle océanique à l'incertitude sur la topographie du fond (Kazantsev, 2005)



Objectifs de la thèse

- Réaliser un état des lieux des travaux précédents afin de déterminer les approches variationnelles et stochastiques les plus pertinentes pour de tels systèmes
- mettre en œuvre et comparer, sur un même cas-test, les outils variationnels et les outils stochastiques
- éventuellement : proposer des approches mixtes plus « informatives ».

➤ **Application:** modèle océanique NEMO (modèle communautaire européen) en configuration idéalisée.



- Financement : à obtenir (demandes auprès de l'INRIA et du MESR)
- **Contacts** : Clementine.Prieur@imag.fr Eric.Blayo@imag.fr 04 76 63 59 63
- **Profil souhaité pour le ou la candidat(e)** : Master en mathématiques appliquées, avec des connaissances sur les EDP et/ou la théorie des probabilités. Une expérience en simulation numérique et calcul scientifique est souhaitable.
- Les outils (modèle direct, modèle adjoint, configuration idéalisée) sont déjà ou seront disponibles au moment du démarrage de cette thèse. Il y a de plus localement dans l'équipe les compétences pour encadrer la mise en œuvre de ces outils.
- Equipe MOISE : <http://www-ljk.imag.fr/MOISE>