

# Cours SCA-7212 (Session Hiver 2007)

*Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère*

Université du Québec à Montréal

## Introduction à l'assimilation de données

Professeur: Pierre Gauthier

VENDREDI : 13 :00-15:00 (PK-2265)

### DESCRIPTION

#### 1.1 ASSIMILATION DE DONNÉES ET LE PROBLÈME INVERSE

- Assimilation de données et sa relation avec la prévision numérique: caractérisation des conditions initiales.
- Problème inverse: comment reconstruire l'état instantané de l'atmosphère lorsque le nombre d'observations est insuffisant.

#### 1.2 RAPPEL DE CONCEPTS STATISTIQUES DE BASE

- Variable aléatoire.
- Densité de probabilité.
- Espérance mathématique.
- Variance et covariance d'erreur. Corrélation.
- Régression linéaire univariée et multivariée.

#### 1.3 MÉTHODE D'INTERPOLATION STATISTIQUE: CAS UNIVARIÉ

- Estimateur de variance minimale.
- Algorithme d'interpolation statistique: cas univarié.
- Variances et covariances d'erreur de prévision.
- Impact de l'erreur sur la spécification des statistiques d'erreur de prévision

#### 1.4 MÉTHODE D'INTERPOLATION STATISTIQUE: CAS MULTIVARIÉ

- Algorithme d'interpolation statistique: cas multivarié.
- Inclusion de contraintes dynamiques dans les covariances d'erreur de prévision.
- Opérateurs d'observations ou modèles direct.
- Formulation variationnelle: le 3D-Var.

#### 1.5 ASSIMILATION QUADRI-DIMENSIONNELLE VARIATIONNELLE: LE 4D-VAR.

- Modèle linéaire-tangent et son adjoint.
- Assimilation variationnelle continue d'observations distribuée dans le temps.
- Structures dynamiques implicites des covariances d'erreur de prévision du 4D-Var.
- Notion de vecteur-singulier et sa relation aux éléments précurseurs à l'instabilité.

## 1.6 EXTENSION DE L'INTERPOLATION STATISTIQUE AU CAS 4D: LE FILTRE DE KALMAN

- Approche séquentielle à l'assimilation 4D: le filtre de Kalman.
- Dérivation des équations du filtre de Kalman.
- Formes approximées: filtre de Kalman de rang réduit et filtre de Kalman d'ensemble
- Extension au cas nonlinéaire.

### EVALUATION

- |                           |     |
|---------------------------|-----|
| • Travaux pratiques       | 30% |
| • Examen No.1 (8 février) | 20% |
| • Examen No.2 (21 mars)   | 20% |
| • Examen final (25 avril) | 30% |

## RÉFÉRENCES

### APPLICATIONS AUX ÉCOULEMENTS GÉOPHYSIQUES

- Lewis, J.M., S. Lakshmivarahan et S.K. Hall, 2006 : *Dynamic data assimilation : a least square approach*. Cambridge University Press, 654 pages.
- Kalnay, E., 2003: *Atmospheric Modeling, data assimilation and predictability*. Cambridge University Press, 341 pages.
- Bennett, A.F., 1992: *Inverse methods in physical oceanography*. Cambridge University Press, 346 pages.
- Daley, R., 1991: *Atmospheric data analysis*. Cambridge University Press, Atmospheric and Space Science Series, 457 pages.
- Rodgers, R.D., 2000: *Inverse Methods for Atmospheric Sounding: theory and practice*. World Scientific Series On Atmospheric and Planetary Physics, vol.2, 238 pages.
- Tarantola, A., 1987: *Inverse problem theory: methods for data fitting and model parameter estimation*. Elsevier, Amsterdam, 613 pages.
- Wunsch, C., 1996: *The ocean circulation inverse problem*. Cambridge University Press, 442 pages.

### STATISTIQUES

- Jazwinski, A., 1970: *Stochastic processes and filtering theory*. Academic Press, 376 pages.
- Maybeck, P.S., 1979: *Stochastic models, estimation and control: vol. 1 et 2*. Academic Press, Mathematics in science and engineering, 712 pages.
- von Storch, H. et F.W. Zwiers, 1999: *Statistical analysis in climate research*. Cambridge University Press, 484 pages.

### SITES WEB

#### 1.7 CEPMMT (ECMWF)

Cours de formation:

[http://www.ecmwf.int/services/training/rcourse\\_notes/data\\_assimilation.html](http://www.ecmwf.int/services/training/rcourse_notes/data_assimilation.html)

Fisher, M., 2001:

Assimilation techniques: 3D-Var

Assimilation techniques: 4D-Var

Assimilation techniques: Approximate Kalman Filters and Singular Vectors

Bouttier, F. et P. Courtier, 2000:

Data assimilation concepts and methods

Järvinen, H., 1998:

Observations and diagnostic tools for data assimilation