

N° d'ordre : 0000

ACADÉMIE DE TOULOUSE
UNIVERSITÉ PAUL SABATIER
- TOULOUSE III -

THÈSE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ PAUL SABATIER

Spécialité : **ASSIMILATION DE DONNÉES EN OCÉANOGRAPHIE**

par **Thierry LAGARDE**

NOUVELLE APPROCHE DES MÉTHODES D'ASSIMILATION DE DONNÉES : LES ALGORITHMES DE POINT SELLE.

Soutenance le 13/06/2000 devant le jury composé de :

Monsieur	Jacques	BLUM	Rapporteur
Monsieur	Philippe	COURTIER	Rapporteur
Monsieur	Lucas	AMODÉI	Examineur
Monsieur	Olivier	THUAL	Directeur de Thèse

**A NEW APPROACH OF DATA ASSIMILATION
METHODS: THE SADDLE POINT ALGORITHMS**

Abstract

The goal of data assimilation is to provide as accurate as possible estimations of the physical state of numerical models based on all available information. In this thesis, a number of theoretical and technical improvements are proposed in this recent and ever growing field of study. First, a new graphic formalism that is able to describe a majority of methods is proposed. This new approach gives a good understanding of the structure of the data assimilation methods which enables the development of new ones. A new mathematical tool has also been introduced: the use of the Legendre transform on convex functions in order to describe the “dual” algorithms in a more general case than the Gaussian statistics.

These tools have enabled us to derive a new class of data assimilation methods: the saddle point algorithms, that include and generalize the already known methods. A numerical comparison between three algorithms has been made in order to compare their relative performances. These three algorithms leads to the same solution by different ways. The first one is a 4D-Var with the imperfect model assumption, the second one is its dual algorithm (which is implemented for the second time in this work), and the third one is a saddle point algorithm which has been discovered and tested for the first time here. It has been shown that the saddle point methods were technically possible, and that they could run twice as fast as than the classical methods.

In conclusion, some interesting ways have been opened by this work: in the technical field, new techniques able to accelerate the analysis are given, and in the theoretical field, a new kind of variational algorithm is proposed as well as a new formulation of the Kalman smoother.

Key words:

Data assimilation, Dual algorithm, Model error, Objective function, Kalman filter, Saddle point.

Auteur : Thierry LAGARDE

Titre : Nouvelle approche des méthodes d'assimilation de données : les algorithmes de point selle.

Directeur de thèse : Olivier THUAL.

Soutenance le 13/06/2000 au CERFACS.

Résumé :

L'assimilation de données consiste à calculer la meilleure estimation de l'état d'un système physique étant donné des observations et un modèle numérique. Cette thèse y apporte plusieurs découvertes fondamentales et progrès techniques. Nous proposons tout d'abord un nouveau formalisme graphique permettant de décrire une grande partie des algorithmes existants. Cette nouvelle lecture des méthodes d'assimilation permet de mieux comprendre leur structure. Parallèlement, nous introduisons un nouvel outil mathématique : l'usage de la transformée de Legendre qui permet de généraliser les formules de certaines méthodes dites "duales" au cas des statistiques d'erreur non Gaussiennes.

Grâce à ces deux outils, nous avons découvert une nouvelle catégorie de méthodes : les algorithmes de point selle, qui englobe et généralise ceux déjà connus. Nous avons ensuite effectué une comparaison numérique entre trois algorithmes d'assimilation fournissant le même état optimal, mais par trois voies différentes. Le premier est un 4D-Var avec modèle imparfait. Le second est le dual du précédent (il s'agit de la deuxième mise en œuvre jamais effectuée de cet algorithme). Enfin, le troisième est un algorithme de point selle découvert au cours de cette thèse et donc testé pour la première fois. L'étude comparative a montré que les méthodes de point selle étaient techniquement réalisables et pouvaient réduire fortement le laps de temps nécessaire à l'assimilation de données.

Pour conclure, ce travail ouvre des perspectives intéressantes en proposant dans le domaine pratique un moyen d'accélérer le processus d'assimilation des données et dans le domaine théorique, une nouvelle catégorie de méthodes variationnelles et une nouvelle formule du lissage de Kalman.

Mots clés :

Assimilation de données, Algorithme dual, Erreur modèle, Fonction de coût, Filtre de Kalman, Optimisation, Point selle, Min-Max.

Discipline : Assimilation de données en océanographie.
