

# **Rapport d'avancement LEFE/ASSIM 2006**

## **Assimilation de données variationnelle dans le modèle océanique NEMO/OPA9**

Ce projet financé par LEFE/ASSIM 2006 vise à créer une communauté scientifique autour de NEMOVAR, outil d'assimilation variationnelle pour le modèle océanique OPA9/NEMO.

Afin de fédérer les acteurs effectuant ou étant sur le point de commencer des recherches en assimilation de données variationnelle avec le modèle OPA. Les thèmes de recherche regroupés dans ce projet sont connexes, mais les efforts étaient un peu dispersés. Etant donnée la lourdeur des outils à mettre en œuvre il était nécessaire de regrouper les efforts afin d'atteindre une masse critique suffisante.

Le support de LEFE/ASSIM a facilité la mise en place de cette communauté en permettant l'organisation de multiples rencontres entre les partenaires de ce projet et l'organisation d'un workshop NEMOVAR à Grenoble en mars 2007. Outre la présentation des avancements des différentes recherches ce workshop a permis de définir une stratégie pour le développement et la promotion de NEMOVAR et les besoins associés.

L'ensemble du projet NEMOVAR demande, pour être mené à bien, une réécriture importante d'outils existants (le système OPAVAR développé pour OPA8.2) pour prendre en compte la nouvelle structure d'OPA9/NEMO. De plus, pour des applications coûteuses (configurations à haute résolution, méthodes d'ensemble), il est nécessaire dans NEMOVAR d'introduire du parallélisme et d'une gestion efficace de la mémoire, et de développer de nouveaux algorithmes numériques plus performants que ceux utilisés dans OPAVAR. L'écriture de NEMOTAM (les modèles linéaire tangent et adjoint d'OPA9/NEMO) est également une tâche nécessaire pour des applications du 4D-Var et des études de sensibilités.

Ce rapport d'avancement présente principalement les développements qui ont été effectués pour la création de l'outil NEMOVAR. D'autres recherches applicatives ont été effectuées dans le cadre de ce projet, soit avec OPAVAR, soit avec des modèles simplifiés. Un lecteur curieux pourra se reporter aux présentations qui ont été effectuées lors du workshop NEMOVAR (<http://www.cerfacs.fr/globc/nemovar/index.php/Presentations>) ou des présentations plus récentes (<http://nemovardoc.gforge.inria.fr/docs.html>).

### **1. Développements de NEMOVAR-Core :**

Le système NEMOVAR peut-être décomposé en trois parties : NEMO/OPA9, qui est développé en dehors de ce projet par ESOPA avec qui nous avons de fréquents échanges et collaborations, NEMOTAM et NEMOVAR-Core . Ce dernier comporte l'ensemble de la chaîne d'assimilation, le traitement des observations, la modélisation des covariances d'erreur et la minimisation.

NEMOVAR-Core peut être développé et testé et produire des analyses océaniques indépendamment de NEMOTAM.

NEMOVAR hérite de la structure 3D-FGAT (First Guess at Appropriate Time) incrémentale d'OPAVAR dans laquelle les observations sont comparées au modèle au pas de temps correspondant et non pas regroupées au temps d'analyse comme c'est le cas méthodes séquentielles classiques. Les 4D-Var et 3D-FGAT incrémentales ne diffèrent que par une simplification extrême des modèles linéaire tangent et adjoint dans la boucle interne (l'identité pour le 3D-FGAT) ce qui permet un passage immédiat du 3D au 4D dès que NEMOTAM sera disponible (cf section suivante).

Une première version aboutie de NEMOVAR est d'ores et déjà en phase de test et des premières analyses océaniques ont été effectuées. Ce système possède les qualités requises pour des applications opérationnelles grâce aux choix techniques qui ont été pris (parallelisation et gestion de la mémoire) et aux caractéristiques du système. Parmi celles-ci, on peut citer les capacités à assimiler des données in situ de température et salinité (jeu de données ENSEMBLE et CORIOLIS), les données altimétriques (along track fourni par AVISO) et de température de surface (SST) ainsi que les formulations FGAT et IAU (Incremental Analysis Update)

Cependant, pour pouvoir appliquer ce système à des configurations à plus haute résolution ( $1/4^\circ$  global et au-delà) dans de bonnes conditions, il est nécessaire d'améliorer certaines parties du système. Ces améliorations font l'objet d'une réponse commune aux appels d'offre LEFE/ASSIM et MERCATOR 2007 soutenue par A. Vidard et A. Weaver.

## 2. Développements de NEMOTAM

Une des tâches importante décrites dans le présent projet était d'étudier la faisabilité d'utiliser l'outil de différentiation automatique TAPENADE pour dériver les modèles linéaire-tangent et adjoint de NEMO/OPA9. Cette tâche a été effectuée en liaison avec l'équipe ESOPA ce qui a permis d'effectuer les quelques modifications du code direct nécessaires au bon fonctionnement de l'outil automatique. Un travail d'optimisation a également été effectué pour améliorer le résultat de TAPENADE, particulièrement l'utilisation d'une stratégie de type *binomial checkpointing* pour le traitement des non-linéarités (cf Tber *et al*, 2007, ces optimisations seront prochainement incluses dans l'outil TAPENADE).

Tout cela a permis de générer les modèles linéaire tangent et adjoint d'une configuration fixée (ORCA2). Ceux-ci ont été validés par tests numériques et des expériences de sensibilité simples.

Le plan à très court terme est de reproduire l'exercice avec la dernière version de NEMO et de mettre à disposition les modèles produits sur le site Web de NEMO (<http://www.locean-ipsl.upmc.fr/NEMO/>)

Malheureusement les modèles produits par TAPENADE ne sont pas compatibles avec l'approche multi-incrémentale adoptée dans NEMOVAR et nécessaire pour l'assimilation de données à haute résolution. Rendre le produit de Tapenade compatible demanderait de profondes modifications de cet outil ce qui n'est pas envisagé actuellement.

L'option automatique permet cependant une flexibilité appréciable pour les études d'analyse de sensibilité notamment dans le choix des variables par rapport auxquelles différentier, ce qui n'est pas le cas pour un modèle adjoint codé « à la main ». C'est pourquoi il a été décidé de poursuivre la mise en place d'une procédure de dérivation automatique.

Pour développer les modèles linéaire tangent et adjoint appropriés à NEMOVAR il faudra une intervention humaine beaucoup plus soutenue même si l'utilisation partielle de TAPENADE permettra sans doute d'accélérer le processus.

Il est à noter cependant que, en raison de la complexité du modèle direct, même la procédure automatique ne l'est pas totalement et requiert une bonne connaissance du modèle et des méthodes de différentiation. La maintenance et la pérennité de l'outil ainsi que le service aux utilisateurs nécessitera une force de travail supplémentaire.