

L'évolution du couplage au CERFACS: les projets OASIS, PALM et PRISM

Sophie Valcke, Andrea Piacentini, Laurent Terray
Équipe « Modélisation du climat et de son changement global » du CERFACS

Résumé

C'est en 1991 que notre équipe du CERFACS s'est vu confier la tâche de développer un logiciel permettant de coupler des modèles existants et indépendants d'atmosphère et d'océan. C'est ainsi que le coupleur OASIS, aujourd'hui largement utilisé dans la communauté scientifique internationale, est né. Depuis 1996, nous développons également l'outil PALM répondant spécifiquement aux besoins de couplage en assimilation de données. Avec le projet PRISM, l'enjeu est maintenant d'identifier les besoins à moyen et long terme de la modélisation couplée intégrant les diverses composantes du système climatique global (atmosphère, chimie atmosphérique, sol, océan, glace de mer, bio-géochimie marine) afin de composer, sur les bases d'OASIS et de PALM, le coupleur approprié pour la future génération de modèles climatiques.

Le projet OASIS:

C'est en 1991 que l'équipe « Modélisation du climat et de son changement global » du CERFACS a été mandatée pour mettre en œuvre un modèle couplé océan-atmosphère français à partir de modèles de circulation générale existants et développés indépendamment, tels le modèle atmosphérique ARPEGE de Météo-France et le modèle océanique OPA du Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie (LODYC). Il s'agissait donc à l'époque de coupler des modèles à relativement basse résolution (de l'ordre de 10000 à 20000 points de grille numériques à l'interface air-mer) en échangeant entre les modèles une dizaine de champs bidimensionnels à une fréquence relativement faible, typiquement une fois par jour. L'outil développé devait être flexible et permettre l'intercomparaison des modèles en assurant le remplacement facile de l'une ou l'autre des composantes du système couplé par un autre modèle.

C'est ainsi que OASIS (Ocean Atmosphere Sea Ice Soil) est né. OASIS est un coupleur monoprocesseur qui assure 1- la *communication* entre les modèles, c'est-à-dire leur synchronisation et l'échange d'information (les champs de couplage) à leur interface, et 2- les *opérations de transformation* - entre autre l'interpolation-

indispensables pour adapter à la grille d'un modèle "cible" l'information donnée à OASIS sur la grille d'un modèle "source".

OASIS permet le couplage séquentiel ou concurrent d'un nombre arbitraire de modèles, éventuellement eux-mêmes parallèles, et d'échanger entre ces modèles un nombre arbitraire de champs à des fréquences de couplage potentiellement différentes pour les différents champs. Les transformations effectuées par OASIS sur les champs de couplage peuvent être choisies individuellement pour chaque champ. La flexibilité est donc une caractéristique essentielle d'OASIS mais le couplage permis reste statique, dans le sens où tous les paramètres de couplage sont fixés initialement par l'utilisateur dans un fichier d'entrée et ne peuvent pas changer en cours de simulation.

Le CERFACS joue aujourd'hui un rôle moteur dans le couplage de modèles au niveau de la communauté climatique internationale, comme le montre la liste des groupes utilisant régulièrement le coupleur OASIS, soit Météo-France et l'IPSL (LODYC, LMD, LSCE) en France, mais aussi l'ECMWF (UK), l'UCL (Belgique), le MPI (Allemagne), le SMHI (Suède), le BMRC (Australie) et l'IRI (USA). Plusieurs autres groupes utilisent ponctuellement OASIS ou sont en cours d'évaluation du produit: AWI et PIK (Allemagne), le Met Office et l'UGAMP (UK), le KNMI (Pays-Bas), CSIRO (Australie), FSU/COAPS (USA).

OASIS a donc répondu de manière adéquate au besoin de couplage en modélisation climatique. Mais cette situation évoluera très certainement au cours des prochaines années. Les modèles à coupler acquièrent des résolutions de plus en plus élevées et sont de plus en plus efficacement parallélisés. On voudrait aussi coupler un nombre croissant de composantes, donc échanger de plus en plus de champs et augmenter les fréquences de couplage. La charge du coupleur augmente donc inexorablement. OASIS se doit donc aujourd'hui d'être optimisé et parallélisé. Mais avant d'entreprendre le développement du coupleur de la prochaine génération, il convient d'identifier tous les besoins de la modélisation climatique pour les 5 à 10 prochaines années.

Le projet [PALM](#)

PALM (Projet d'Assimilation par Logiciel Multi-méthodes) est un second coupleur développé par le CERFACS dans le cadre du projet d'océanographie opérationnelle MERCATOR. Ce logiciel a pour objectif d'implémenter et d'exécuter divers schémas d'assimilation de données en couplant leurs différentes composantes algorithmiques d'une façon modulaire. La flexibilité est une caractéristique fondamentale de PALM qui doit répondre aux besoins de la recherche sur les méthodes d'assimilation de données. Mais cet objectif doit être atteint sans perte significative de performance en comparaison aux implémentations standards car PALM sera également utilisé en exploitation opérationnelle.

PALM repose sur le principe que les différents algorithmes d'assimilation peuvent chacun être défini comme une séquence particulière d'unités fonctionnelles prédéfinies qui peuvent être implémentées sous la forme de codes indépendants par des développeurs différents. PALM fournit un mécanisme pour démarrer ces codes selon un enchaînement approprié, les synchroniser et leur faire échanger de l'information de façon efficace.

En particulier, PALM permet le lancement et la terminaison dynamique (i.e. en cours de simulation) des différentes unités. Il permet l'enchaînement des unités en parallèle et/ou en séquentiel, avec exécution en boucle et/ou conditionnelle. Quant à la communication entre les modèles, PALM permet les échanges asynchrones (une unité « cible » peut recevoir un objet à une fréquence différente de celle avec laquelle il est produit par l'unité source), et les échanges d'objets distribués (PALM effectue automatiquement la redistribution des objets si les distributions des unités cible et source ne se correspondent pas). Il est intéressant de noter que les instructions PALM d'envoi et de réception à être utilisées dans les modèles sont de type « *end-point* » : l'unité qui met un objet à disposition ne connaît l'unité cible qui consommera cet objet, et l'unité qui émet une requête d'objet n'a pas à savoir quelle unité source lui fournira cet objet. C'est PALM qui établit les correspondances entre les diverses mises à disposition et requêtes, selon ce que l'utilisateur lui aura indiqué dans l'interface utilisateur. PALM inclut également des unités de transformations algébriques de base mais aucune opération d'interpolation.

Pour utiliser PALM, l'utilisateur doit donc premièrement décomposer son application en unités de traitement. Il doit ensuite, dans le code de ces unités, décrire sous forme de commentaires et dans une syntaxe précise les données produites ou requises par l'unité (les « objets » dans la terminologie PALM). Puis il doit implémenter dans l'unité les requêtes et les mises à disposition d'objets (instructions `PALM_GET` et `PALM_PUT`). Il utilise ensuite l'interface graphique pré-Palm pour décrire l'enchaînement de ces unités (parallèle, en séquence, en boucle, condition, ...) et décrire les échanges d'objets entre les différentes unités. Finalement, il doit compiler les unités et le code PALM. Il peut ainsi lancer l'application « palmée » et laisser PALM assurer l'enchaînement et la synchronisation des unités ainsi que les échanges d'objets, tel qu'il l'a décrit avec l'interface graphique pré-Palm.

Le développement de PALM avance rapidement. L'interface graphique est actuellement disponible ainsi qu'un prototype de PALM appelé `PALM_proto`. Cette version de PALM est présentement utilisée pour les prototypes `MERCATOR`, pour la recherche en assimilation variationnelle ainsi que pour de l'assimilation en chimie atmosphérique. La version finale de PALM devrait être disponible début 2003.

Plus de renseignements sur PALM peuvent être trouvés sur son site WEB <http://www.cerfacs.fr/~palm>.

Le projet PRISM

PRISM (PRogramme for Integrated earth System Modelling) est un projet européen coordonné par Guy Brasseur du Max-Planck Institute (MPI), Allemagne, et qui est financé depuis le 1^{er} décembre 2001 par l'Union Européenne à raison de 4.8 MEuros. En plus du CERFACS et du MPI, PRISM regroupe l'IPSL et Météo-France (France), le KNMI (Pays Bas), le Met-Office et UREADMY (Royaume Uni), le DMI (Danemark), le SHMI (Suède), le NERSC (Norvège), l'ETH- Zurich (Suisse), l'ING (Italie), le MPI-BGC et le PIK (Allemagne), l'UCL-ASTR (Belgique) et l'ECMWF. Quatre constructeurs sont également impliqués dans le projet : NEC Europe, FECIT/Fujitsu, SGI Europe, et SUN Europe.

PRISM vise à mettre en place une structure facilitant l'assemblage, l'exécution et le post-traitement de modèles couplés globaux basés sur les modèles existant en Europe représentant les diverses composantes du système climatique global (modèles d'océan, d'atmosphère, de chimie atmosphérique, de glace de mer, de sol, de biogéochimie marine. La réalisation de cet objectif passe par la définition d'interfaces inter-composantes standards, tant du point de vue physique - la nature de l'information à échanger- que du point de vue technique - la façon d'échanger cette information-, et l'intégration de ces interfaces standards dans les modèles existants. Un objectif secondaire de PRISM vise le développement d'outils commun de diagnostique, visualisation, et de post-traitement des données. Le développement d'une interface WEB pour assembler et exécuter une simulation couplée et pour gérer le post-traitement des résultats est également envisagé, ainsi que la réalisation de simulations de démonstration.

Dans le projet PRISM, le CERFACS dirigera le développement du coupleur et de l'interface technique à inclure dans les modèles. Ce travail se basera évidemment sur l'expérience acquise avec OASIS et PALM. Durant les 6 premiers mois du projets seront définies les fonctionnalités de ce coupleur. Le défi qui se pose maintenant est d'identifier, entre la simplicité et la robustesse d'OASIS et la flexibilité mais la complexité de PALM, ce dont la modélisation climatique globale couplée a précisément besoin pour les années à venir.

Bibliographie

- S. Valcke, L. Terray and A. Piacentini, 2000. Oasis 2.4, Ocean atmosphere sea ice soil: user's guide. Technical Report TR/CMGC/00/10, CERFACS, Toulouse, France
- Piacentini et al, 2001. PALM and PrePALM Proto User Guide. Technical Report TR/CMGC/01/xx, CERFACS, Toulouse, France
- Programme for Integrated earth System Modelling (PRISM), Call identifier: EESD-ENV-99-2, Programme addressed: EE: SD-1999-9Support for research infrastructures.