

Développement du coupleur OASIS4  
dans le cadre du projet ANR CICLE  
- juillet 2007

S. Valcke  
M.-P. Moine  
L. Coquart

Rapport technique CERFACS  
TR/CMGC/07/150

## Rapport semestriel d'activité -partenaire Programme CIGC - Edition 2005

### Identification

Acronyme du projet	CICLE
Numéro d'identification de l'acte attributif	ANR-05-CIGC-004-02
Coordonnateur (société/organisme)	IPSL
Partenaire (société/organisme)	CERFACS
Période couverte (date à date)	01/01/2007 à 30/06/2007
Période couverte (t0+n mois à t0+m mois)	T0+12 mois à t0+18 mois
Rédacteur (nom, téléphone, email)	Sophie Valcke 05.61.19.30.76 valcke@cerfacs.fr
Date	24/08/2007

### Synthèse

Conformité des résultats obtenus aux prévisions (1)	Conformité de la consommation des ressources par rapport aux prévisions (2)	Difficultés particulières (3)
Globalement conforme à quelques réserves près (voir la section <u>Conformité de l'avancement aux prévisions</u> )	conformes	Le développement d'OASIS4, visant le parallélisme complet et la performance, est nécessairement plus complexe que celui d'OASIS3. La phase de validation des fonctionnalités a entraîné certains ajustements et prend donc plus de temps qu'initialement estimé.

(1) Les résultats sont supérieurs aux prévisions, conformes aux prévisions, inférieurs aux prévisions

(2) Consommation supérieure aux prévisions, conforme aux prévisions, inférieure aux prévisions.

(3) A compléter en particulier si les résultats sont inférieurs aux prévisions et/ou la consommation supérieure aux prévisions.

### Faits marquants

Indiquer les résultats et/ou réalisations marquants. Préciser s'ils peuvent ou non faire l'objet de communications externes par l'ANR et la Délégation ANR-CI.

Le projet CICLE, en particulier les détails des modèles couplés de l'IPSL et du CNRM-GAME (Météo-France) et du coupleur OASIS4, a été présenté à l'Assemblée Générale de l'« European Geoscience Union » qui s'est tenue à Vienne (Autriche) en avril 2007 [1].

Les coupleurs OASIS3 et OASIS4 ont été présentés au « NEMO User Meeting » (voir <http://www.lodyc.jussieu.fr/NEMO/general/news/index.html>) qui a eu lieu à Paris les 22 et 23 mai derniers.

Ces présentations peuvent faire l'objet de communications externes par l'ANR et la Délégation ANR-CI.

### **Description des travaux effectués par le partenaire depuis le dernier rapport d'activité**

*Faire référence au découpage (tâches) du projet.*

Les travaux ont principalement porté sur la réalisation du livrable 4.2: "Constitution d'un banc d'essai pour tester en pratique les fonctions d'OASIS. Intégration dans OASIS4 des fonctions identifiées" qui devait être complété au mois 18.

Trois environnements de travail ont été réalisés pour tester en pratique les fonctions d'OASIS4 : deux modèles couplés « jouets<sup>1</sup> » (voir la section 2. ci-dessous), l'un du modèle couplé IPSLCM4 v3 (livrable 2.2), l'autre du modèle couplé ALADIN-Climat/Méditerranée /ARPEGE-Climat/Océan global du CNRM-GAME (livrable 3.3), ainsi qu'un environnement pour tester « off-line » la qualité des interpolations avec OASIS4 (voir la section 3. ci-dessous).

En parallèle, le développement des coupleurs OASIS3 et OASIS4 s'est poursuivi.

Pour OASIS4 (voir la section 4. ci-dessous), le développement d'un banc d'essai pour tester la qualité des interpolations a permis d'identifier des problèmes ponctuels pour certaines interpolations sur certaines grilles ; certains de ces problèmes ont été résolus, d'autres sont en cours de traitement. Une part importante du travail a aussi porté sur l'inclusion de l'interpolation conservative 2D par intersection de surface des mailles. Enfin, une interface graphique permettant de générer les fichiers XML de configuration du couplage (cf. la section 1.2.1 du rapport à 12 mois sur OASIS [2]), est en cours de développement.

Pour OASIS3 (voir la section 5. ci-dessous), il s'agissait d'inclure dans la version officielle les modifications requises pour pouvoir faire tourner plusieurs exécutable OASIS3 au sein d'un même modèle couplé et obtenir ainsi une pseudo-parallélisation du coupleur sur une base de champ par champ.

En ce qui concerne la gestion des sources, la migration du serveur CVS vers le nouveau serveur SVN (logiciel Subversion développé par des développeurs de CVS dans le but de le remplacer, cf. <http://www.sourcecodeversion.com/subversion.html>) sur la machine « alter » du CERFACS a été complétée. Les bancs d'essai et les sources des coupleurs OASIS3 et OASIS4 formant le livrable 4.2 sont disponibles sur ce serveur SVN par accès http.

### **Résultats obtenus / livrables fournis par le partenaire depuis le dernier rapport d'activité**

*Décrire les résultats obtenus et détailler les livrables (développements, tests, rapports, publications, présentations aux congrès, ...).*

Nous rapportons les résultats obtenus dans les 5 sous-sections suivantes :

#### 1. Construction des grilles des composantes des modèles couplés CICLE

1 Un modèle couplé jouet reproduit en grandeur réelle les échanges et les transformations des champs de couplage entre les codes représentant les composantes modèles, ceux-ci ne contenant cependant aucun calcul physique ou dynamique; il permet donc de tester en grandeur réelle dans un environnement de travail allégé les fonctionnalités de communication et d'interpolation du coupleur.

2. Développement du banc d'essai pour tester en pratique les fonctions d'OASIS : les modèles jouets des couplés CICLE (1<sup>ère</sup> partie du livrable 4.2)
3. Développement du banc d'essai pour tester en pratique les fonctions d'OASIS : environnement pour tester la qualité des interpolations OASIS4 (1<sup>ère</sup> partie du livrable 4.2)
4. Intégration dans OASIS4 des fonctions identifiées (2<sup>e</sup> partie du livrable 4.2)
5. Développement d'OASIS3
6. Résumé et conclusions
7. Références

## **1. Construction des grilles des composantes des modèles couplés CICLE**

Pour pouvoir réaliser des tests réalistes dans les environnements de travail décrits en détails en **2.** et **3.** ci-dessous, il a fallu tout d'abord définir, en interaction bien sûr avec les partenaires IPSL et CNRM-GAME, les grilles qui seront utilisées par les différentes composantes modèles et construire les fichiers correspondants au format NetCDF (cf. [www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/](http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/)). Toutes ces grilles sont bidimensionnelles (2D) dans l'espace longitude-latitude, car OASIS ne traitera finalement que des champs de couplage 2D à l'interface air-mer (voir **2.1** et **2.2** ci-dessous). Les grilles construites sont les suivantes (les fichiers correspondants sont accessibles sur le serveur SVN à [http://www.cerfacs.fr/cicle/trunk/interpolation/grilles\\_generiques/GRILLES](http://www.cerfacs.fr/cicle/trunk/interpolation/grilles_generiques/GRILLES)):

- ORCA2 T-U-V: grille « logiquement rectangle » avec 182x149 points du modèle océan global OPA9-LIM (fichiers grid\_opa8\_T.nc, grid\_opa8\_U.nc, grid\_opa8\_V.nc)
- MED1/2 T-U-V : grille « logiquement rectangle » avec 188x88 points du modèle océan OPA9-Méditerranée (fichiers grid\_medundemiT\_cicle.nc, grid\_medundemiU\_cicle.nc, grid\_medundemiV\_cicle.nc)
- LMDZ: grille longitude-latitude régulière avec 96x72 points du modèle atmosphérique LMDZ-ORCHIDEE (fichier grid\_lmdz96x72.nc)
- BT63 : grille Gaussienne réduite avec 6232 points du modèle atmosphérique ARPEGE-Climat BT63 (fichier grid\_gaussred\_64\_mask.nc)
- ALADIN-Climat 50 km : grille « logiquement rectangle » avec 117x69 points du modèle atmosphérique régional ALADIN-Climat à basse résolution (fichier grid\_med50\_cicle.nc)
- ALADIN-Climat 20 km : grille « logiquement rectangle » avec 259x139 points du modèle atmosphérique régional ALADIN-Climat à haute résolution (fichier grid\_med20\_cicle.nc)

## **2. Développement du banc d'essai pour tester en pratique les fonctions d'OASIS : les modèles jouets des couplés CICLE (1<sup>ère</sup> partie du livrable 4.2)**

Ce travail relève d'une démarche de type "étude de faisabilité". L'objectif du banc d'essai "modèles-jouets" est de tester les capacités du coupleur OASIS dans un contexte de représentation spatiale et d'échange des champs de couplage identique à celui des modèles climatiques CNRM-GAME et IPSL réels. Il s'agit d'isoler la partie purement couplage afin d'en valider les actions de communication et d'interpolation, en s'affranchissant totalement de la physique des modèles. Les modèles-jouets sont donc des modèles "à vide" où les champs de couplages sont simplement représentés par des formes analytiques.

Comme décrit dans le rapport sur les fonctionnalités à intégrer à OASIS [2], le coupleur OASIS3 possède actuellement toutes les fonctionnalités nécessaires pour assurer l'assemblage du modèle couplé IPSLCM4 v2 et ce modèle couplé tourne actuellement

avec les vraies composantes modèles. Pour le banc d'essai, nous avons donc concentré nos efforts sur la constitution d'un modèle jouet avec OASIS4.

Afin de statuer quand à la bijectivité des échanges (correspondance source/cible), chaque champ est représenté par une fonction analytique distincte (1 fonction par grille source translaturée pour chaque champ défini sur cette même grille). Enfin, pour s'assurer du bon comportement pronostique du coupleur, chaque champ évolue temporellement (incrémentation d'une constante à chaque pas de temps).

Les deux modèles-jouets ont été développés sous environnement Linux. Le modèle-jouet associé au modèle couplé du CNRM-GAME a été porté sur la plateforme NEX-SX8 de Météo-France. Ils sont tous deux conçus pour un fonctionnement mono-processeur (un processus par composante modèle) ou parallèle (plusieurs processus par composante modèle). La parallélisation a été testée sous Linux, le schéma de partition correspondant pour l'instant à un découpage du domaine par bandes de latitudes. Notre analyse préliminaire montre que ces tests s'exécutent correctement. L'analyse qualitative des résultats produits sous ces différentes configurations en termes de performance est maintenant envisagée.

## 2.1 Modèle jouet du modèle couplé IPSLCM4 v3

Les caractéristiques de couplage de l'IPSLCM4 v3 ont été décrites à la section 2.1 du rapport sur les fonctionnalités d'OASIS [2]. En résumé, OASIS4 devra gérer les échanges entre les modèles OPA9-LIM et LMDZ-ORCHIDEE. OPA9-LIM utilise un maillage « logiquement rectangle » et LMDZ-ORCHIDEE une grille « longitude-latitude » régulière. Trois résolutions sont actuellement envisagées:

	OPA9-LIM	LMDZ-ORCHIDEE
MGV(Modèle Grande Vitesse)	ORCA2 T-U-V: 182 x 149	LMDz 44 x 44
Basse résolution	ORCA2 T-U-V: 182 x 149	LMDz 96 x 72
Haute résolution	ORCA0.5 T-U-V: 722 x 511	LMDz 360 x 180

**Tableau 1 – Les différentes résolutions envisagées pour le modèle couplé IPSLCM4**

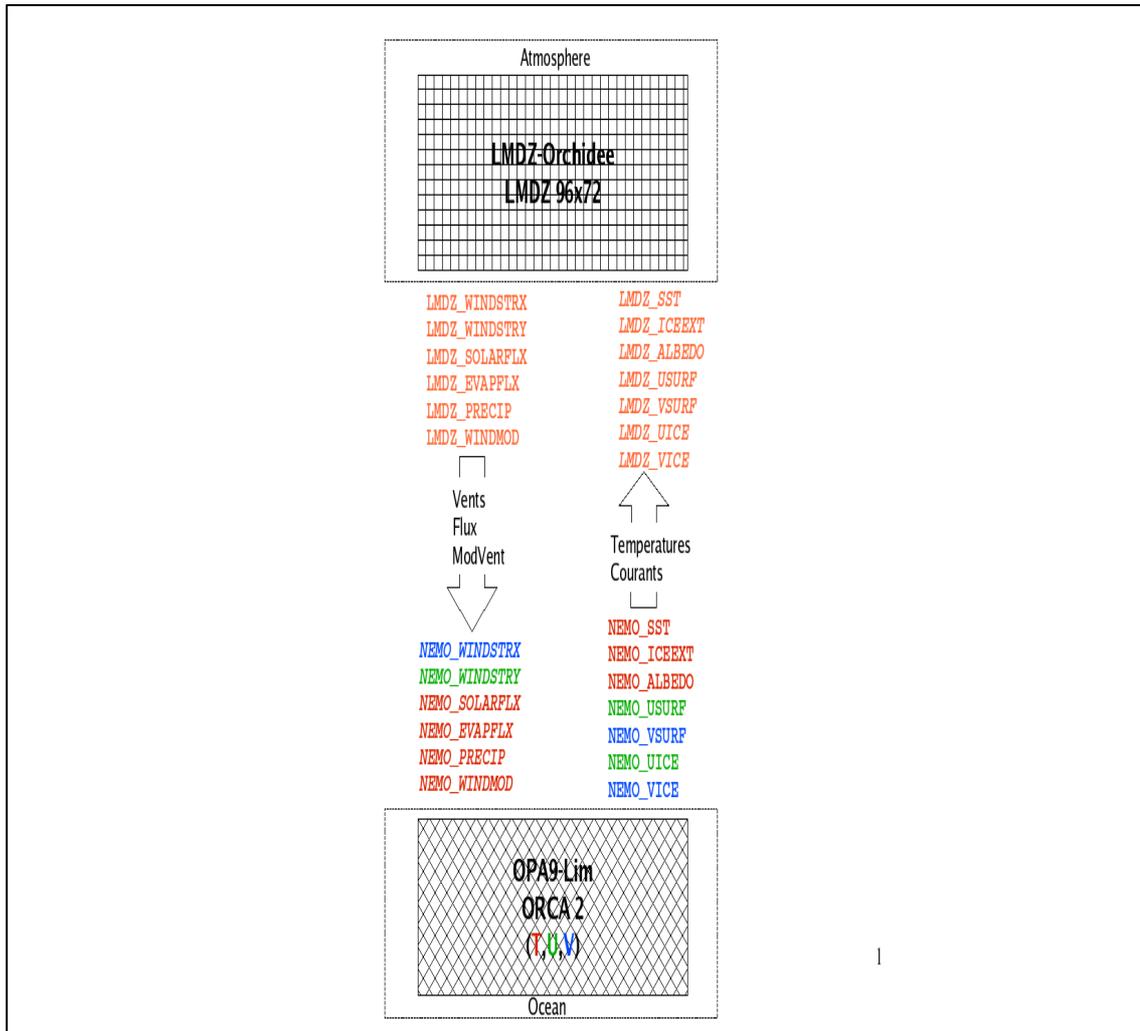
Le tableau 2 liste les champs de couplage du modèle d'océan OPA9-LIM (O) vers le modèle d'atmosphère LMDZ-ORCHIDEE (A) et vice-versa, ainsi que les transformations requises.

	src->cible	Transformation
température de surface de l'eau et de la glace de mer	O->A	interpolation linéaire ou conservative
extension de la glace	O->A	interpolation linéaire ou conservative
albédo de la glace	O->A	interpolation linéaire ou conservative
tensions de vent dans les 3 directions	A->O	interpolation bicubique
flux solaire sur l'eau de mer et sur la glace de mer	A->O	interpolation conservative
flux non solaire sur l'eau de mer et sur la glace de mer	A->O	interpolation conservative
dérivée du flux non-solaire	A->O	interpolation conservative
flux d'évaporation sur l'eau de mer et sur la glace de mer	A->O	interpolation conservative
précipitations solides et liquides	A->O	interpolation conservative

ruissellement direct et des rivières	A->O	interpolation avec fichier de poids et d'adresses prédéfinis
vêlage d'icebergs	A->O	interpolation avec fichier de poids et d'adresses prédéfinis

**Tableau 2 – Champs de couplage et interpolation pour le modèle couplé IPSLCM4**

Une représentation schématique du modèle-jouet pour le couple couplé IPSLCM4 est donnée à la figure 1.



composantes-modeles et les champs de couplage. Les champs en lettres droites sont les champs émis; les champs en italique sont les champs reçus. Les champs oranges sont exprimés sur la grille LMDZ; les champs rouges, verts et bleus sont exprimés sur la grille OPA9-LIM ORCA respectivement aux points “T”, “U” et “V”.

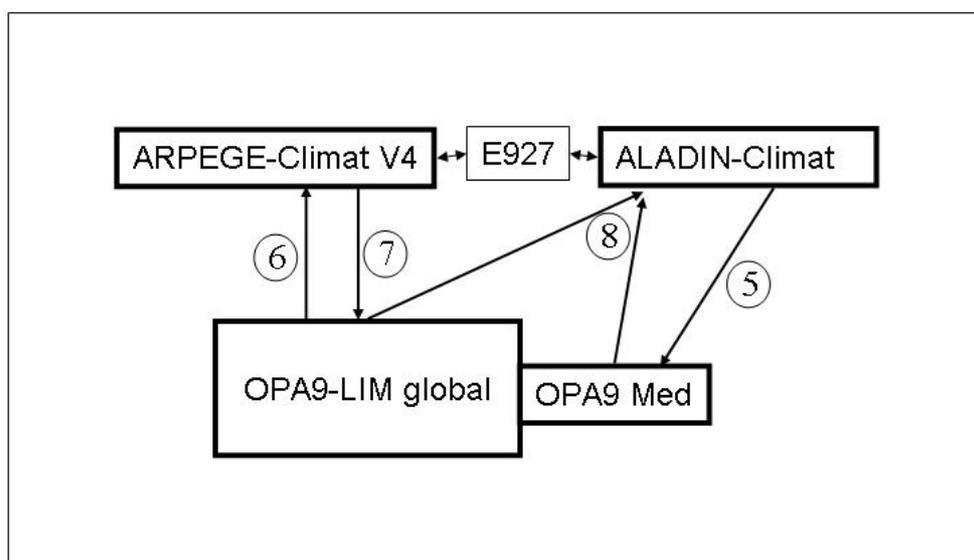
Les sources du modèle jouet représentant le modèle couplé IPSLCM4 v3 sont accessibles sous [http://www.cerfacs.fr/cycle/trunk/jouets/proto\\_cips/](http://www.cerfacs.fr/cycle/trunk/jouets/proto_cips/)

## 2.2 Modèle jouet du modèle couplé ALADIN-Climat/Méditerranée/ARPEGE-Climat/Océan global du CNRM-GAME

Ce modèle couplé décrit à la section 2.3 du rapport OASIS [2], appelé le « quadri-couplé », imbriquera un modèle couplé régional, associant le modèle d'atmosphère ALADIN-Climat à une configuration méditerranéenne du modèle d'océan OPA9, dans un modèle couplé global associant le modèle d'atmosphère ARPEGE-Climat V4 au modèle d'océan OPA9-LIM.

Comme l'option AGRIF (cf. la section 2.3.2.1 de [2]) a été retenue et que les échanges entre ARPEGE-Climat et ALADIN-Climat se feront a priori par fichiers à travers l'exécutable E927 (cf. la section 2.3.2.2 de [2]), le coupleur OASIS4 aura à gérer en fait 3 exécutables représentés à la figure 2 (qui est en fait une évolution de la figure 5 du rapport OASIS [2]):

- La première composante-modèle englobe les domaines d'OPA9-LIM global et d'OPA9-Méditerranée régional et travaille donc avec 2 grilles :
  - la grille globale OPA9-LIM « logiquement rectangle »;
  - la grille régionale OPA9-Méditerranée « logiquement rectangle ».
- La seconde composante-modèle est ARPEGE-Climat V4 et représente



Prototype	ORCA2 T-U-V: 182 x 149	MED1/2 T-U-V 188 x 88	Gaussienne réduite BT63 (6232)	50 km 117 x 69
Finale	ORCA0.5 T-U-V: 722 x 511	MED1/8 T-U-V 752 x 352	Gaussienne réduite BT159 (35718)	20 km 259 x 139

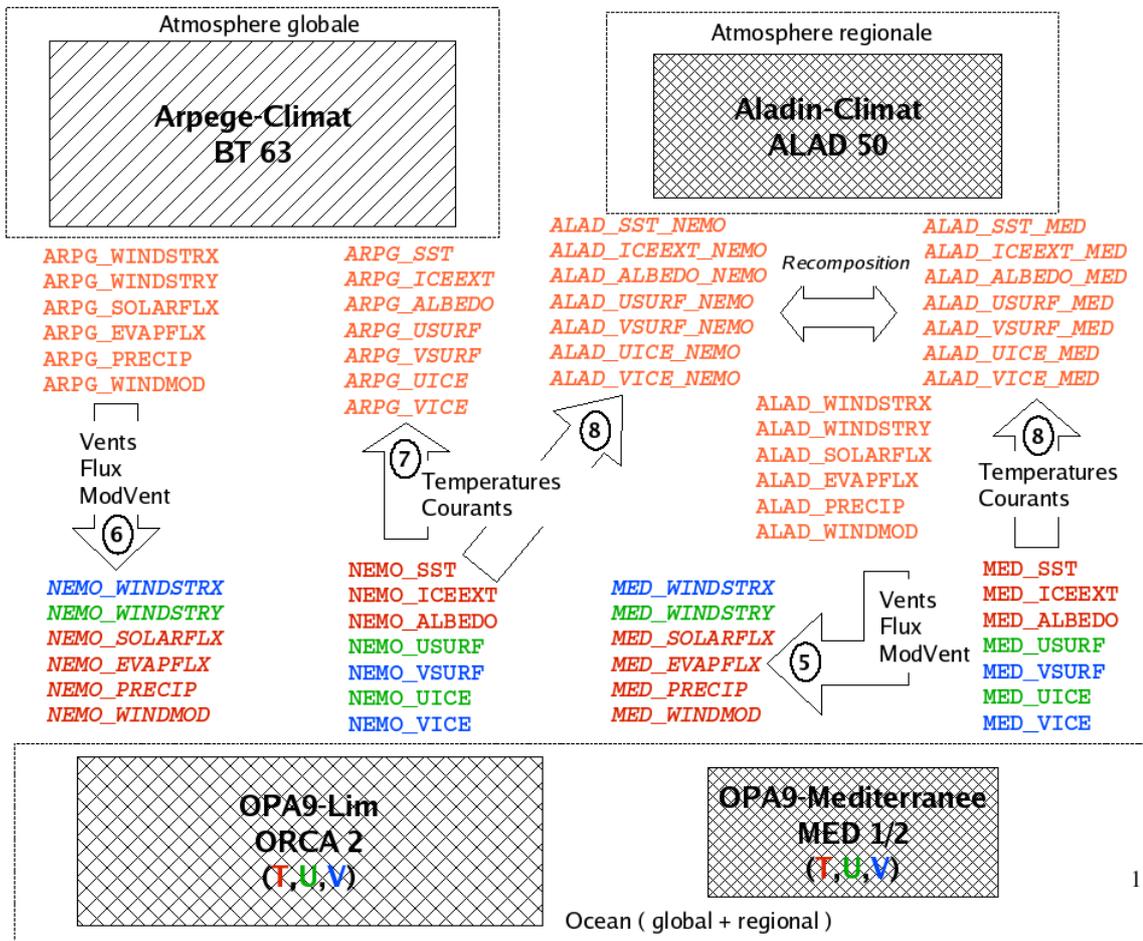
**Tableau 3 – Les différentes résolutions envisagées pour le couplé du CNRM-GAME**

OASIS4 devra donc traiter les échanges suivants :

Type de champ	Source	Cible	No (figure 1)	Interpolation
température de surface de la mer	OPA9-LIM	ARPEGE-Climat	7	bilinéaire ou conservative
	OPA9-LIM	ALADIN -Climat	8	bilinéaire ou conservative
extension de la glace	OPA9-LIM	ARPEGE-Climat	7	bilinéaire ou conservative
	OPA9-LIM	Aladin -Climat	8	bilinéaire ou conservative
albédo de la surface de la mer	OPA9-LIM	ARPEGE-Climat	7	bilinéaire ou conservative
	OPA9-LIM	ALADIN -Climat	8	bilinéaire ou conservative
vitesse des courants de surface	OPA9-LIM ORCA U-ARPEGE-Climat V		7	bicubique
	OPA9-LIM ORCA U-ALADIN -Climat V		8	bicubique
vitesse de la glace de mer	OPA9-LIM ORCA U-ARPEGE-Climat V		7	bicubique
	OPA9-LIM ORCA U-ALADIN -Climat V		8	bicubique
tensions de vent zonal et méridional	ARPEGE-Climat	OPA9-LIM ORCA U-V	6	bicubique
	ALADIN -Climat	OPA9 Med U-V	5	bicubique
flux solaire à la surface	ARPEGE-Climat	OPA9-LIM	6	conservative
	ALADIN -Climat	OPA9 Med	5	conservative
flux non solaire à la surface	ARPEGE-Climat	OPA9-LIM	6	conservative
	ALADIN -Climat	OPA9 Med	5	conservative
flux d'évaporation	ARPEGE-Climat	OPA9-LIM	6	conservative
	ALADIN -Climat	OPA9 Med	5	conservative
précipitations solides et liquides	ARPEGE-Climat	OPA9-LIM	6	conservative
	ALADIN -Climat	OPA9 Med	5	conservative
ruissellement	ARPEGE-Climat	OPA9-LIM	6	fichier de poids et d'adresses prédéfinis
	ALADIN -Climat	OPA9 Med	5	fichier de poids et d'adresses prédéfinis
vêlage d'icebergs	ARPEGE-Climat	OPA9-LIM	6	fichier de poids et d'adresses prédéfinis
	ALADIN -Climat	OPA9 Med	5	fichier de poids et d'adresses prédéfinis
module du vent à 10 m	ARPEGE-Climat	OPA9-LIM	6	bilinéaire
	ALADIN -Climat	OPA9 Med	5	bilinéaire

**Tableau 4 –Champs de couplage et interpolations pour le couplé du CNRM-GAME**

Une représentation schématique du modèle-jouet pour le quadri-couplé CNRM-GAME est donnée en figure 3.



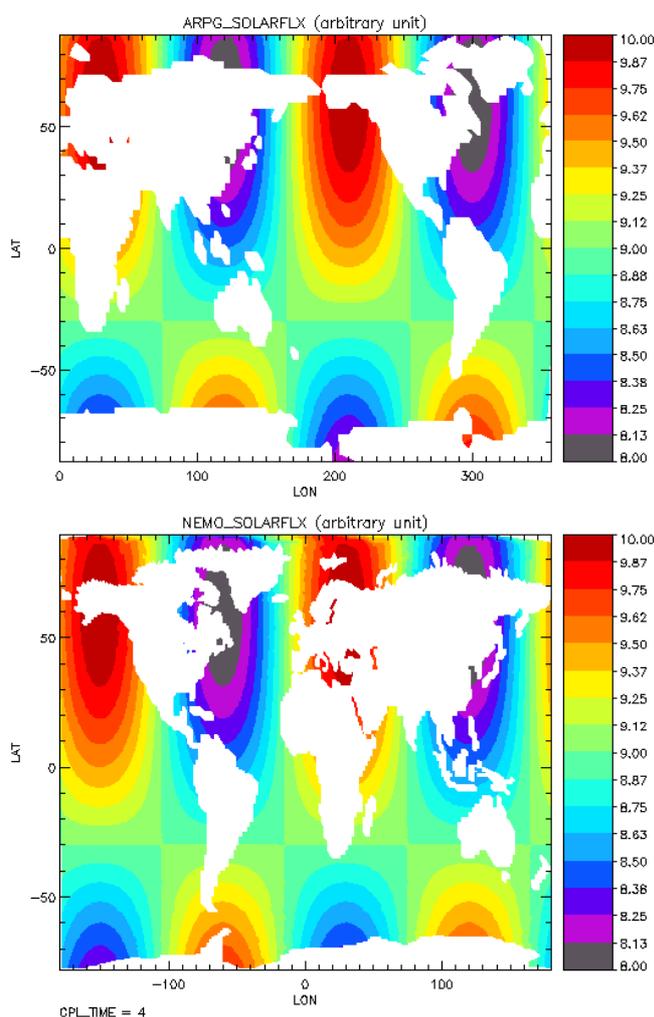
**Figure 3 : Modèle-jouet du quadri-couplé CNRM-GAME : Les composantes-modèles et les champs de couplage. Les champs en lettres droites sont les champs émis; les champs en italique sont les champs reçus. Les champs oranges sont exprimés sur les grilles ARPEGE-Climat Gaussienne Réduite ou ALADIN-Climat; les champs rouges, vert et bleu sont exprimés sur les grilles OPA9-LIM ORCA ou OPA9-Méditerranée MED respectivement aux points "T", "U" et "V". Les échanges numérotés font référence à la figure 2.**

Les sources du modèle jouet représentant le quadri-couplé du CNRM-GAME sont accessibles sous [http://www.cerfacs.fr/cicle/trunk/jouets/proto\\_quadrimf](http://www.cerfacs.fr/cicle/trunk/jouets/proto_quadrimf)

## 2.3 Evaluation fonctionnelle des modèles-jouets

Les résultats présentés ici proviennent de simulations de couplage réalisées avec les grilles à basse résolution en mono-processeur (i.e. avec un processus par composante modèle et un processus pour OASIS4). La haute résolution et le comportement en parallèle (i.e. avec plusieurs processus par composante modèle et pour OASIS4) feront l'objet d'études à venir.

Par souci de brièveté, nous ne montrons ici que les résultats obtenus avec le modèle-jouet quadri-couplé CNRM-GAME. A noter que le modèle-jouet couplé IPSL n'est ni plus ni moins qu'une forme simplifiée de ce dernier, la seule variante étant la grille atmosphère qui passe d'une "gaussienne réduite" à une "régulière latitude-longitude". Les interpolations pour le couple de grilles (LMDZ, ORCA2) ont par ailleurs été validées individuellement par le banc d'essais décrit en 3. ci-dessous.



**Figure 4 : Illustration des échanges entre les composantes-modèle ARPEGE-Climat (atmosphère globale) et OPA9-LIM (océan global) du modèle-jouet du quadri-couplé du CNRM-GAME. Ligne du haut : champs émis par le modèle source; ligne du bas : champs reçus par le modèle cible. Colonne de gauche : 1ère échéance de couplage; colonne de droite : dernière échéance de couplage. Chacun des champs source/cible est représenté avec le masque Terre-Mer de la grille sur laquelle il est exprimé (en blanc).**



Le schéma d'interpolation appliqué varie selon la nature du champ de couplage (voir le tableau 4 ci-dessus) ; en particulier, les champs présentés en figure 4 ont fait l'objet d'une interpolation bilinéaire. La figure 4 illustre le bon comportement du coupleur sur les aspects suivants :

- Bijektivité source/cible : Le champ reçu est bien celui qui est envoyé et réciproquement, i.e. qu'il n'y a de permutation entre différents champs sources.
- La chronologie du couplage est bien respectée : le champ reçu à un temps de couplage donné est bien celui envoyé à ce même temps.

L'analyse plus détaillée des résultats (non montrés) des modèles jouets du quadri-couplé du CNRM-GAME et du modèle couplé IPSLCM4 nous laisse conclure que le coupleur OASIS4 permet de coupler plusieurs composantes modèles, d'échanger entre ces composantes un nombre important de champs de couplage en assurant la bonne synchronisation des échanges et en effectuant sur ces champs les transformations requises définies dans les fichiers de configuration XML.

### **3. Développement du banc d'essai pour tester en pratique les fonctions d'OASIS : environnement pour tester la qualité des interpolations d'OASIS4 (1<sup>ère</sup> partie du livrable 4.2)**

Un banc d'essai a été mis au point pour tester « off-line » (i.e. sans faire tourner et sans coupler des vrais modèles) la qualité des interpolations entre les différentes grilles des modèles couplés du projet. Toutes les sources des programmes constituant ce banc d'essai sont disponibles sous <http://www.cerfacs.fr/cicle/trunk/interpolation/interpolation-grilles-cicle>

Ce banc d'essai est constitué de deux programmes, source.F90 et target.F90. Ces programmes lisent respectivement le fichier NetCDF grid\_source.nc contenant la définition de la grille source et le fichier grid\_target.nc contenant celle de la grille cible; il suffit donc de faire pointer ces fichiers vers les fichiers de grilles à tester. Toutes les grilles du projet ont été réécrites dans un format NetCDF suivant une structure standard tenant compte de leur type : « longitude-latitude », « logiquement rectangle » ou « gaussienne réduite » (cf la section 1. ci-dessus). Dans tous les cas étudiés, les deux grilles ont un masque réaliste.

Le programme source.F90 calcule une fonction analytique sur les points de la grille source et envoie ce champ, grâce à la librairie de communication d'OASIS4, au programme target.F90 qui le reçoit après interpolation par OASIS4. Après réception, target.F90 calcule l'erreur entre le champ reçu après interpolation et le même champ analytique calculé sur les points de la grille cible. L'analyse de l'erreur permet donc de quantifier la qualité de l'interpolation.

Trois fonctions analytiques trigonométriques, de variations spatiales très différentes, ont été utilisées pour tester la qualité d'interpolation entre les différentes grilles :

- $F1(x,y,z) = 2 - \cos(\pi(\arccos(\cos y \cos x) / 1.2 \pi))$
- $F2(x,y,z) = 2 + \cos(y^2) \cos(2x)$
- $F3(x,y,z) = 2 + \sin^{16}(2y) \cos(16x)$

Ce choix permet, entre autres, de tester la qualité de l'interpolation dans les zones de fort ou faible gradient.

Dans les programmes source.F90 et target.F90, des clés de pré-compilation permettent de modifier le type de grille utilisé ainsi que la fonction analytique à tester. Le type

d'interpolation est défini dans le fichier XML de configuration target\_target\_smio.xml.in et peut également être modifié par des clés de pré-compilation. C'est dans le fichier Makefile qui gère la compilation des programmes et la constitution des fichiers XML de configuration que l'on spécifie ces clés de pré-compilation.

Ces programmes ont été conçus de façon à pouvoir tourner en mono-processeur (un processus par programme) ou en parallèle (plusieurs processus par programme) et donc à tester les fonctionnalités d'interpolation d'OASIS4 en parallèle.

Cet environnement a tourné sur Linux (avec le système d'exploitation Fedora Core 3 et le compilateur Portland Group Compiler Version 6.1) et sur le NEC SX8 de Météo-France (avec le système d'exploitation SUSE LINUX Enterprise Server 9 et le compilateur SXF90 version 343.1)

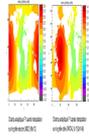
Le tableau suivant présente les interpolations testées pour les 3 fonctions décrites ci-dessus de la grille source (colonne 1) à la grille cible (colonne 2) ; le test a été réalisé pour les interpolations bilinéaire, bicubique, conservative lorsqu'un X est inscrit respectivement dans les colonnes 3, 4 ou 5. Ces interpolations correspondent à celles qui seront utilisées dans le projet.

<b>grille source</b>	<b>grille cible</b>	<b>bilinéaire</b>	<b>bicubique</b>	<b>conservative</b>
ORCA2-T	ARPEGE Gauss. Réd.	X		X
ORCA2-T	ALADIN 50 km	X		X
ORCA2-T	LMDZ 96 x 72	X		X
ORCA2-U	ARPEGE Gauss. Réd.		X	
ORCA2-U	ALADIN 50 km		X	
ORCA2-V	ARPEGE Gauss. Réd.		X	
ORCA2-V	ALADIN 50 km		X	
ARPEGE Gauss. Réd.	ORCA2-T	X		X
ARPEGE Gauss. Réd.	ORCA2-U		X	
ARPEGE Gauss. Réd.	ORCA2-V		X	
ALADIN 50 km	OPA MED1/2 T	X		X
ALADIN 50 km	OPA MED1/2 U		X	
ALADIN 50 km	OPA MED1/2 V		X	
OPA MED1/2 T	ALADIN 50 km	X		X
OPA MED1/2 U	ALADIN 50 km		X	
OPA MED1/2 V	ALADIN 50 km		X	
LMDZ 96 x 72	ORCA2-T			X
LMDZ 96 x 72	ORCA2-U		X	
LMDZ 96 x 72	ORCA2-V		X	

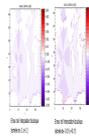
**Tableau 5 – Interpolations testées avec le banc d'essai de tests « off-line »**

Notons que lorsque des points sources sont masqués et qu'il n'y a donc pas suffisamment de points sources valides autour des points cibles pour interpoler le champ, il existe différentes options dans OASIS4 pour traiter le problème, contrôlées par le paramètre « *if\_masked* » dans le fichier de configuration XML. Celle que nous avons utilisée consiste à attribuer dans tous les cas une valeur à tous les points cibles non masqués (« *if\_masked = nneighbour* ») ; avec cette option, la valeur attribuée au point cible est au moins celle du plus proche voisin source non masqué.

Toutes les cartes illustrant les résultats de ces interpolations sont disponibles sous [http://www.cerfacs.fr/~coquart/pagecerfacs/projet\\_cicle/RESULTS\\_BASSE\\_RESOLUTION/projet\\_cicle.html](http://www.cerfacs.fr/~coquart/pagecerfacs/projet_cicle/RESULTS_BASSE_RESOLUTION/projet_cicle.html) . Pour chacune des fonctions testées, sont montrés : le champ analytique avant interpolation sur la grille source, le champ analytique après interpolation sur la grille cible, et le champ de l'erreur avec 2 échelles de couleur différentes. La figure



5 illustre les résultats de l'interpolation bicubique obtenus pour la fonction F1 de la grille LMDZ (96x72) vers la grille cible ORCA2-U (182x149).



**Figure 5 – Résultats de l'interpolation bicubique pour la fonction F1 de la grille source LMDZ (96x72) vers la grille cible ORCA2-U (182x149) avec le banc d'essai de tests « off-line ».**

Cet exemple montre que dans ce cas ci l'erreur de l'interpolation est partout inférieure à 1,0% le long des côtes et à 0,08% au centre du bassin, ce qui est tout à fait acceptable.

Ce banc d'essai nous permet donc d'analyser en détail la qualité des interpolations et d'identifier, le cas échéant, les corrections à apporter à OASIS4.

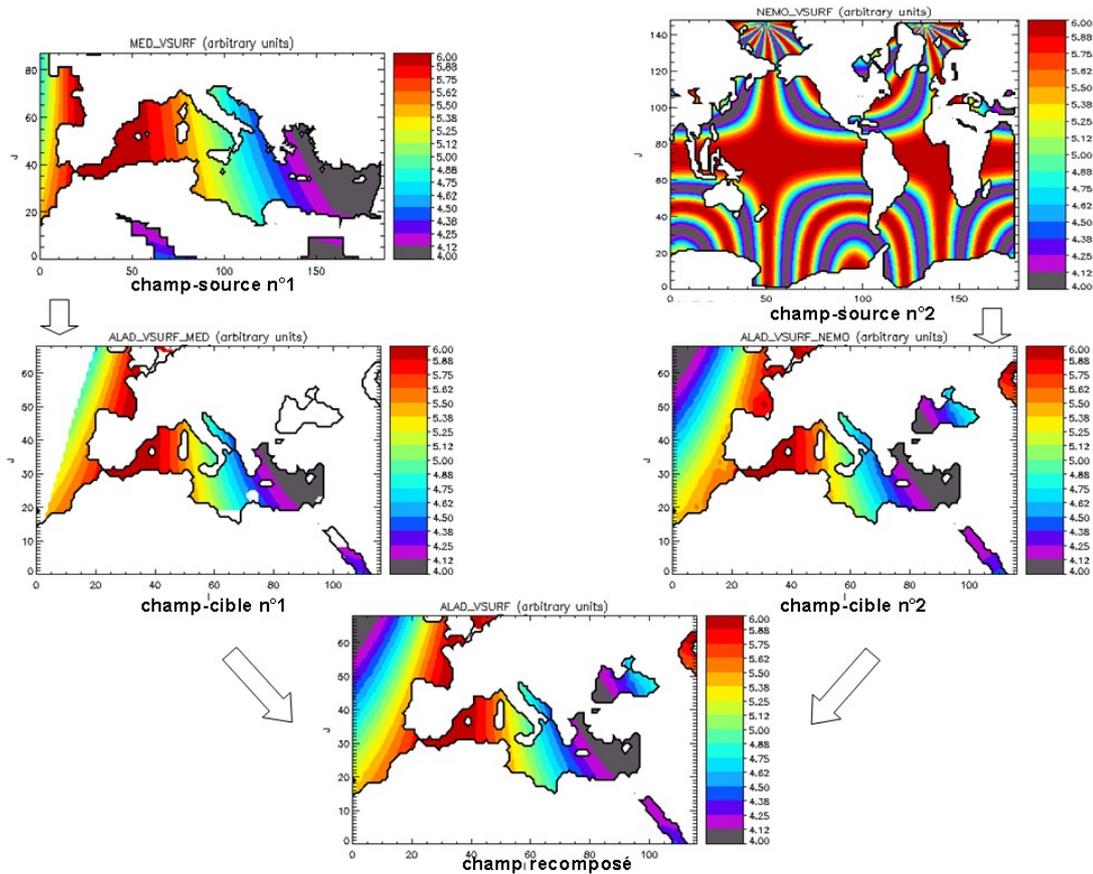
#### **4. Intégration dans OASIS4 des fonctions identifiées (2<sup>e</sup> partie du livrable 4.2)**

Les fonctions à intégrer dans le coupleur OASIS4 ont été identifiées au mois 12 dans le Rapport sur les fonctionnalités à intégrer au coupleur OASIS [2]. Voici un état des lieux sur ces fonctionnalités.

1. Interpolations parallèles de type bilinéaire et bicubique pour des grilles « longitude-latitude », « logiquement rectangle » et « gaussienne réduite » :
  - Toutes ces interpolations sont implémentées dans OASIS4.
  - Les interpolations bilinéaire et bicubique ont été validées pour les grilles « longitude-latitude », « logiquement rectangle » en mono-processeur. Il reste quelques problèmes à régler pour quelques mailles particulières des grilles ORCA2-T et MED1/2-T.
  - Toutes ces interpolations fonctionnent également en parallèle mais doivent encore être validées dans le détail.
2. Implémentation de l'interpolation parallèle 2D conservative par intersection de surface des mailles pour des grilles « longitude-latitude » régulière et « logiquement rectangle » :
  - L'interpolation 2D conservative a été implémentée et validée en mono-processeur pour ces grilles. Dans le cas spécifique des grilles régionales, des problèmes ont été identifiés et sont en cours de résolution.
  - L'interpolation 2D conservative a également été implémentée en mono-processeur pour les grilles de type « gaussienne réduite » (car contrairement à ce qui a été décrit dans le rapport OASIS [2], tous les champs de couplage de la composante modèle ARPEGE seront envoyés et reçus sur cette grille) et est actuellement en cours de validation.
  - La recherche globale<sup>2</sup> pour l'interpolation 2d conservative, nécessaire à son bon fonctionnement en parallèle, n'a pas encore été implémentée. Cette tâche est prévue dans les 6 prochains mois.
3. Implémentation de la conservation parallèle globale avant-après interpolation :

Cette fonctionnalité n'a finalement pas été implémentée car contrairement à ce qui a été décrit dans le rapport OASIS [2] aucun des modèles couplés CICLE ne l'utilisera ; l'interpolation conservative 2D sera plutôt utilisée pour assurer une conservation locale.
4. Implémentation dans OASIS4 de la possibilité de lire et utiliser un fichier de poids et d'adresses prédéterminé par l'utilisateur  
Tel que prévu dans le rapport OASIS [2], cette fonctionnalité n'est pas encore disponible dans OASIS4 bien que son design ait été discuté.

<sup>2</sup> La recherche *globale* consiste à effectuer la recherche des mailles sources intersectant chaque maille cible sur tous les processus sources ; dans le cas de la recherche *locale*, la recherche des mailles sources est faite en considérant seulement le processus gérant le domaine dans lequel tombe le point cible associé. La recherche locale peut entraîner des résultats incorrects sur les bords des domaines locaux.



**Figure 6 : Illustration de la fonctionnalité OASIS4 “recomposition de champs multi-sources” sur le champ de couplage VSURF. NEMO\_VSURF est le champ-source n°1 exprimé sur la grille d’océan global ORCA2 “points V”; MED\_VSURF est le champ-source n°2 sur la grille d’océan régional MED1/2 “points V”. ALAD\_VSURF\_NEMO et ALAD\_VSURF\_MED sont les champs-cible n°1 et n°2 obtenus par interpolation bicubique sur la grille d’atmosphère régionale MED50. ALAD\_VSURF est le résultat de la recomposition sur la grille MED50.**

## 5. Implémentation de la combinaison de champs sources

Cette nouvelle fonctionnalité offre la possibilité de reconstituer un champ-cible unique à partir de champs multi-sources. Elle est tout particulièrement requise pour le couplage OPA9-Méditerranée/ALADIN-Climat : dans la mesure où le domaine d’océan régional ne couvre pas entièrement son homologue atmosphérique, il est nécessaire de compléter l’information en provenance d’OPA9-Méditerranée par celle, à plus basse résolution, issue d’OPA9-LIM.

Cette fonctionnalité est disponible grâce à une routine générique qui est appelée par les modèles-cibles. Elle est implémentée pour les modes mono-processeur et parallèle. Le principe est actuellement simple : le champ recomposé est le champ-cible n°1, sauf aux points de grille-cible sans valeur valides (masqués ou impossibilité d’interpoler), pour lesquels on affecte la valeur du champ-cible n°2. Le champ n°1 est celui auquel on accorde le plus de confiance, en l’occurrence le champ à plus haute résolution.

La figure 6 montre typiquement un résultat de son usage en mono-processeur. Les champs sources n°1 et n°2 ont la même forme analytique, calculée sur des grilles

de résolutions différentes (rapport  $\frac{1}{4}$ ). Le complément par le modèle basse résolution (i.e. océan global) est actif dans l'Atlantique et dans les Mers intérieures (Mer Noire et Mer Caspienne). La zone de raccordement (Atlantique) est lisse et ne présente pas de saut particulier<sup>3</sup>.

6. Si l'option « AGRIF » n'est pas retenue, validation de l'interpolation parallèle 3D de type linéaire pour des grilles « logiquement rectangle »
  - Ce travail n'a pas été entamé car l'option « AGRIF » est retenue.
7. Si l'option « E927 lancé au sein d'un job séparé » n'est pas retenue, validation de la redistribution parallèle 3D pour des champs donnés sur des grilles « longitude-latitude » Gaussiennes, ainsi que pour des champs donnés sur des grilles non-géographiques.
  - Ce travail n'a pas été entamé car l'option « E927 lancé au sein d'un job séparé » est, pour l'instant du moins, le premier choix.

Toutes les sources d'OASIS4 sont disponibles sous <http://www.cerfacs.fr/prismsvn/branches/development/prism/>

## **5. Développement d'OASIS3**

Le développement d' OASIS3 s' est poursuivi régulièrement durant cette période avec la publication de 2 corrections de bugs mineurs, le portage sur CRAY XD1, XT et X1, et l'incorporation dans la version officielle des modifications apportées par l'IPSL pour pouvoir faire tourner plusieurs exécutables OASIS3 au sein d'un même modèle couplé et obtenir ainsi une pseudo-parallélisation du coupleur sur une base de champ par champ. Ces développements sont inclus dans les sources d'OASIS3 disponibles sous <http://www.cerfacs.fr/prismsvn/trunk/prism/>.

Plusieurs tests ont été faits avec le modèle couplé OPA9-LIM/ECHAM5 utilisant cet OASIS3 pseudo-parallèle sur le NEC SX6 de Météo-France. Le modèle OPA9-LIM utilise la grille ORCA0.5 (722x511) et 30 niveaux verticaux avec un pas de temps de 40 minutes ; le modèle atmosphérique allemand ECHAM5 utilise la troncature t106 (320x160 points) et 31 niveaux verticaux avec un pas de temps de 6 minutes. Ces expériences ont donné une première illustration du bénéfice apporté, pour les modèles couplés à relativement haute résolution tournant sur un nombre élevé de processeurs, par la pseudo-parallélisation d'OASIS3. Par exemple, lorsque OASIS3, OPA9-LIM, ECHAM5 tournent respectivement sur 6, 16 et 40 processeurs, le CPU utilisé pour chaque processeur est respectivement de 1h, 2h30 et 2h45. En première approximation, on peut conclure que sans pseudo-parallélisation, OASIS utiliserait 6h de CPU ce qui est supérieur au temps CPU pour 1 processeur d'OPA9-LIM ou ECHAM5 ; les modèles ECHAM5 et OPA9 devraient donc « attendre » OASIS3 qui constituerait alors un « goulot d'étranglement » de la simulation.

L'efficacité de cette pseudo-parallélisation est cependant limitée par le nombre de champs de couplage et à partir d'un certain niveau de parallélisation des modèles,

<sup>3</sup> La bonne qualité de cette recomposition sans "saut" est à relativiser: les champs multi-sources sont, dans le cas présent, hautement "compatibles" étant donné qu'ils proviennent de la même fonction analytique exprimée sur des grilles différentes. Les résultats de recomposition multi-sources dans des configurations moins favorables (champs très différents) seront nécessairement moins bons au niveau de la zone de raccordement et il sera peut-être nécessaire d'envisager une procédure de lissage à la frontière.

encore à déterminer, un coupleur intrinsèquement parallèle tel OASIS4 sera très probablement plus efficace.

## **6. Résumé et conclusions**

En résumé, nous pouvons souligner les points suivants :

- Toutes les grilles à basse résolution des composantes des modèles couplés CICLE sont construites et les fichiers NetCDF correspondants sont disponibles (voir la section 1. ci-dessus).
- Des modèles jouets des 2 modèles couplés réels qui seront assemblés dans CICLE ont été réalisés et font donc partie du banc d'essai pour tester en pratique les fonctions d'OASIS4 (1<sup>ère</sup> partie du livrable 4.2, voir la section 2. ci-dessus). Ces modèles jouets peuvent tourner dans un cadre mono-processeur et parallèle. La réalisation de simulations utilisant ces modèles couplés jouets nous permet de conclure qu'OASIS4, pour l' instant dans un cadre mono-processeur, permet de coupler plusieurs composantes modèles, d'échanger entre ces composantes un nombre important de champs de couplage en assurant la bonne synchronisation des échanges et en effectuant sur ces champs les transformations requises définies dans les fichiers de configuration XML.
- Un environnement pour tester « off-line » la qualité des interpolations OASIS4 en mono-processeur et en parallèle a été développé et fait donc lui aussi partie du banc d'essai pour tester en pratique les fonctions d'OASIS4 (1<sup>ère</sup> partie du livrable 4.2, voir la section 3. ci-dessus). L'analyse systématique de la qualité des interpolations OASIS4 a débuté grâce à ce banc d'essai, pour l' instant dans un cadre mono-processeur.
- Les principales fonctions identifiées au mois 12 ont été intégrées dans OASIS4 (2<sup>e</sup> partie du livrable 4.2, voir la section 4. ci-dessus). Certains problèmes, actuellement en cours de résolution, sont cependant apparus lors des tests de validation de ces fonctions.

Dans le cadre mono-processeur, on peut noter:

- Des problèmes en quelques points de grilles pour les interpolations bilinéaire et bicubique des grilles ORCA2-T et MED1/2-T, probablement liés à la déformation de ces grilles.
- Des problèmes rencontrés pour l'interpolation 2D conservative des grilles régionales Aladin et MED1/2 sont en cours de résolution et cette interpolation doit encore être validée pour les grilles de type « gaussienne réduite »

Dans le cadre parallèle, toutes les fonctions d'OASIS4, à part la recherche globale pour l'interpolation 2D conservative, sont théoriquement implémentées mais doivent encore être validées pour les grilles des modèles CICLE.

Finalement, le design de la fonction permettant de lire et utiliser un fichier de poids et d'adresses prédéterminé par l'utilisateur a commencé mais cette fonction n'est pas encore disponible dans OASIS4.

Les développements et validations restant à faire pour OASIS4 ne retardent en rien le déroulement du projet car l'assemblage des modèles couplés réels peut commencer avec la version actuelle d'OASIS4.

- Le développement actuel d'OASIS3 couvre tous les besoins du modèle couplé IPSLCM4 v2.

## **7. Références**

1. S. Valcke, L. Coquart, R. Redler, H. Ritzdorf, O. Marti, A. Caubel, J. Ghattas, S. Planton, S. Somot, and M. Lucas, OASIS4: a code coupler for the climate modelling CICLE project, European Geosciences Union General Assembly 2007, Vienna, Austria. <http://www.cerfacs.fr/globc/publication/proceed/index.html>
2. S. Valcke, Rapport sur les fonctionnalités à intégrer au coupleur OASIS, [http://dods.ipsl.jussieu.fr/omance/CICLE/Documents/Rapport\\_fonctionsOASIS.pdf](http://dods.ipsl.jussieu.fr/omance/CICLE/Documents/Rapport_fonctionsOASIS.pdf)
3. A. Caubel and S. Masson, Work on the improvement of a coupled model using OASIS3 on the Earth Simulator, [http://www.ipsl.jussieu.fr/~aclsc/TR\\_ES.pdf](http://www.ipsl.jussieu.fr/~aclsc/TR_ES.pdf)

## **Conformité de l'avancement aux prévisions**

*L'avancement des travaux et la consommation des ressources sont-ils conformes aux prévisions ? Dans la négative, pour quelles raisons ? Quelles mesures ont ou vont être prises pour palier cette situation ? Faut-il revoir le contenu du projet ? Faut-il revoir le calendrier du projet ?*

La consommation des ressources est conforme aux prévisions, autant du point de vue des missions (avec environ 2500 Euros de missions dépensés dans les 6 derniers mois) que des embauches avec le recrutement d'un ingénieur d'études depuis le 1<sup>er</sup> mars 2007.

L'avancement des travaux est globalement conforme aux prévisions, à quelques réserves près liées au développement d'OASIS4 et détaillées ci-après.

Pour répondre au livrable 4.2: "Constitution d'un banc d'essai pour tester en pratique les fonctions d'OASIS. Intégration dans OASIS4 des fonctions identifiées" qui devait être complété au mois 18, les travaux suivants ont été complétés :

- Trois bancs d'essai ont été réalisés pour tester en pratique les fonctions d'OASIS4 (voir les sections **2.** et **3.** ci-dessus).
- Les fonctionnalités identifiées dans le rapport OASIS du mois 12 [2] sont intégrées dans OASIS4 (voir la section **4.** ci-dessus), à part :
  - la recherche globale pour l'interpolation 2D conservative
  - la possibilité de lire et utiliser un fichier de poids et d'adresses prédéterminé par l'utilisateur.

Pour pouvoir délivrer une version complètement satisfaisante du coupleur, il faudra également résoudre les problèmes identifiés en mode mono-processeur (voir le résumé à la section **6.** ci-dessus) et procéder à la validation détaillée des fonctionnalités dans un cadre parallèle, ce qui devrait être fait dans les 6 prochains mois.

Dans tous les cas, l'assemblage des modèles couplés réels IPSLCM4 v3 et du CNRM-GAME peut débuter avec la version actuelle d'OASIS4. Les développements nécessaires à la validation complète d'OASIS4 pourront s'effectuer en parallèle et ne retardent donc en rien le déroulement du projet.

Finalement, la version actuelle d'OASIS3 couvre tous les besoins du modèle couplé IPSLCM4 v2, en particulier grâce à la pseudo-parallélisation sur la base du champ par champ.

## **Difficultés rencontrées par le partenaire**

Le développement d'OASIS4, visant le parallélisme complet et la performance, est nécessairement plus complexe que celui d'OASIS3. La phase de validation des fonctionnalités a entraîné certains ajustements et prend donc plus de temps qu'initialement estimé. Ceci explique pourquoi la validation d'OASIS4 en mode parallèle pour les grilles du projet CICLE n'ait pas encore commencé, bien que le modèle jouet du modèle couplé du CNRM-GAME ait déjà tourné dans ce mode sous Linux.

### **Prévision des travaux du partenaire pour la prochaine période**

*Résumer les travaux prévus et les résultats / livrables escomptés. Identifier les risques éventuels.*

Les travaux prévus pour la prochaine période portent sur les aspects suivants :

- Construction des grilles à haute-résolution des composantes des modèles couplés CICLE (voir la section 1. ci-dessus)
- Evaluation du bon fonctionnement et des performances des modèles jouets (voir la section 2. ci-dessus) en mode parallèle sur les différentes architectures visées par CICLE : NEC SX8 (cf. la machine « Tori » de Météo-France), Cluster Bull avec processeurs Itanium (cf. la machine « Argent » du CEA).
- Développement d'OASIS4 :
  - Résolution des problèmes identifiés en mode mono-processeur (voir le résumé à la section 6. ci-dessus).
  - Validation détaillée des interpolations dans un cadre parallèle
  - Implémentation de la recherche globale pour l'interpolation 2D conservative
  - Implémentation de la possibilité de lire et utiliser un fichier de poids et d'adresses prédéterminé par l'utilisateur
- Eventuellement, comparaison des performances OASIS3 et OASIS4 en adaptant les modèles couplés jouets à OASIS3.

Les risques identifiés sont les suivants :

- Pour l'implémentation de la recherche globale pour l'interpolation 2D conservative, nous collaborons étroitement avec des développeurs de NEC-CCRLE à Sankt-Augustin en Allemagne. Nous ne contrôlons donc pas entièrement l'avancement du travail sur cet aspect. Ce risque semble quand même limité car cette collaboration, établie depuis 2000 s'est avérée depuis lors très fonctionnelle et fructueuse.
- Il est toujours difficile d'évaluer le temps et le travail requis pour la validation complète d'un logiciel. Ceci est d'autant plus vrai pour OASIS4 qui est un logiciel parallèle et optimisé, donc relativement complexe.

## **Aspects non scientifiques**

**Le cas échéant, liste des CDD recrutés par des établissements publics dans le cadre du projet**

Nom	Prénom	Qualifications	Date de recrutement	Durée du contrat (en mois)
Moine	Marie-Pierre	Ingénieur d'études	01/03/2007	10
...				

**Le cas échéant, modalités d'utilisation du complément de financement « pôles de compétitivité »**

*(15 lignes maximum) Rappel : ceci ne s'applique pas aux entreprises, mais seulement aux laboratoires publics et autres structures non soumises à l'encadrement communautaire des aides d'Etat à la R&D. Le complément de financement est destiné à couvrir des frais supplémentaires liés à la participation aux activités du pôle : ingénierie de projets partenariaux publics-privés, recherche de partenaires ; valorisation de la recherche ; relations inter-pôles et internationales...*

**Le cas échéant, équipements achetés par les partenaires dans le cadre du projet**

*Lister ici tous les équipements achetés depuis le début du projet*

Désignation	Date d'achat	Prix d'achat (en Euros)	Part financées par l'aide ANR (en Euros)
DELL écran 20 pouces	25/08/06	470,00	235,00
ICONCEPT Macbook Pro Intel Dual Core	31/10/06	2849,78	1424,89
Poste precision (2) 390 core duo processeur E6400	08/02/2007	3 280,00	1 571,00