

Développement du coupleur OASIS4
dans le cadre du projet ANR CICLE
- janvier 2009

S. Valcke
L. Coquart

Rapport technique CERFACS
TR/CMGC/09/10

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)	01/07/2008 à 31/12/2008
Période couverte (t0+n mois à t0+m mois)	T0+30 mois à t0+36 mois
Rédacteur (nom, téléphone, email)	Sophie Valcke 05.61.19.30.76 valcke@cerfacs.fr
Date	31/01/2009

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 aux prévisions	

(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.

La version la plus récente du coupleur OASIS4 qui contient maintenant la recherche globale parallèle des voisins pour les interpolations bilinéaire, bicubique et conservative des champs de couplage à été validée pour plusieurs grilles logiquement rectangles.

Une collaboration a démarré avec l' Alfred Wegener Institute de Bremerhaven en Allemagne qui a été financé dans le cadre du projet "ScaLEs" par Ministère Fédéral Allemand de l'Education et de la Recherche pour implémenter dans OASIS4 toutes les fonctionnalités permettant de traiter les grilles non structurées.

Le projet IS-ENES qui vise à développer une infrastructure de recherche distribuée pour la modélisation climatique a été financé par la Commission Européenne ; ce

projet apportera une contribution d'environ 90 pers-mois pour le développement d'OASIS4.

Ces résultats 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.

Ces 6 derniers mois, nous avons continué à améliorer et à valider les fonctionnalités du coupleur OASIS4 (livrable 4.2). Nous avons résolu plusieurs problèmes spécifiques aux grilles CICLE identifiés dans le dernier rapport. Nous avons également validé plusieurs interpolations d'OASIS4 en mode parallèle pour les grilles du projet. Les interpolations parallèles bilinéaire, bicubique et maintenant conservatives ont globalement été validées pour les grilles «logiquement rectangles ». Par contre, la parallélisation complète de ces interpolations pour les grilles Gaussiennes Réduites présente toujours certains problèmes.

Tel qu'annoncé au dernier rapport, nous avons optimisé le traitement des champs de couplage « clones » et régler le problème identifié en exécutant le modèle jouet du couplé IPSLCM4 qui se présentait lorsque l'on active à la fois de l'interpolation conservative 2D et d'autres types d'interpolation depuis une même grille source.

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, ...).

La validation détaillée et les tests de qualité des diverses fonctionnalités du coupleur OASIS4¹ se sont poursuivis au cours des 6 derniers mois.

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

Nous rapportons les résultats obtenus dans les 3 sous-sections suivantes :

1. Tests et validation des interpolations du coupleur parallèle OASIS4
2. Utilisation d'un fichier de poids et d'adresses prédéterminé par l'utilisateur
3. Autres fonctionnalités du coupleur

¹ 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 » délivré au mois 12.

1. Tests et validations des interpolations du coupleur parallèle OASIS4

Tous ces tests ont été effectués avec le banc d'essai réalisé pour évaluer en pratique les fonctions d'OASIS4 (1ère partie du livrable 4.2). Pour plus de détails sur son fonctionnement et sur le calcul de l'erreur, voir la section 3 de notre rapport à t0+18 mois.

Tous les résultats en mode monoprocesseur peuvent être visualisés à l'adresse internet :

http://www.cerfacs.fr/~coquart/pagecerfacs/projet_cicle/RESULTS_BASSE_RESOLUTION/projet_cicle.html

Tous les résultats en mode parallèle, ainsi que les différences entre les champs obtenus en mode monoprocesseur et en mode parallèle, peuvent être visualisés à l'adresse internet :

http://www.cerfacs.fr/~coquart/pagecerfacs/projet_cicle/RESULTS_BASSE_RESOLUTION_PARALLELE3PROCS/projet_cicle.html

Nous résumons ici ces résultats

1.1 Interpolations monoprocesseurs de type bilinéaire et bicubique pour des grilles « longitude-latitude », « logiquement rectangle » et « gaussienne réduite »

Toutes ces interpolations donnent des résultats corrects pour toutes les grilles du projet avec une erreur relative dans tous les cas inférieure à 0.4% sauf, tel que décrit dans le précédent rapport, près des côtes là où l'extra search² est activée.

1.2 Interpolations monoprocesseurs de type conservatif par intersection de surface des mailles pour des grilles « longitude-latitude », « logiquement rectangle » et « gaussienne réduite »

Toutes ces interpolations donnent des résultats corrects pour toutes les grilles du projet³ avec une erreur relative inférieure à 0.4% sauf au Nord et près des côtes où l'erreur peut atteindre respectivement 1% et 2%. La librairie SCRIP qui calcule l'interpolation fait en effet l'hypothèse que les bords des mailles sont linéaires en longitude et en latitude entre les coins des mailles qui sont exactement connus et cette hypothèse devient moins bonne au fur et à mesure que l'on se rapproche du pôle Nord ce qui explique l'accroissement de l'erreur vers le Nord. Près des côtes, l'erreur est plus élevée car certaines mailles cibles non masquées recouvrent des mailles sources masquées dont la valeur n'est pas considérée dans le calcul de la valeur cible, ce qui amène une imprécision supplémentaire dans le remaillage de notre fonction analytique.

Le problème d'interpolation conservative d'ORCA2T et de Med1/2T vers Aladin signalé dans le rapport précédent a été résolu.

Notons que pour que ces interpolations de type conservatif soient totalement satisfaisantes, il faudrait tel que déjà signalé dans les rapports précédents, développer une solution pour les mailles cibles tombant dans une région non-couverte par la grille source ou tombant dans une région de la grille source entièrement masquée et qui ne reçoivent donc pas de valeurs ; actuellement, l'attribution d'une valeur voisine doit se faire de façon ad-hoc pour ces points sur la grille cible.

² L' « extra search » est une recherche supplémentaire du « plus proche voisin » source non masqué lorsque que les 4 (ou 16) points sources qui devraient naturellement participer à l'interpolation bilinéaire (ou bicubique) sont tous masqués.

³ La seule exception concernent les résultats erronés décrits dans le précédent rapport dans le cas de l'interpolation conservative BT42 -> ORCAT pour j=148 de la grille ORCAT (qui est particulièrement problématique car elle se replie sur elle-même) qui n'ont pas encore été ni étudiés ni résolus par manque de temps.

1.3 Interpolations **parallèles** de type **bilinéaire** et **bicubique** pour des grilles « longitude-latitude », « logiquement rectangle »

Tel que mentionné dans le rapport précédent, les tests ont porté sur des grilles source et cible partitionnées en 3 bandes de latitudes. Les nouveaux tests montrent que les problèmes décrits dans le rapport précédent ont bien été résolus et toutes ces interpolations donnent exactement les mêmes résultats en mode parallèle qu'en mode monoprocesseur ce qui valide la recherche parallèle globale⁴, sauf pour quelques points cibles pour lesquels une petite différence de l'ordre de 10^{-4} apparait dans les cas suivants :

- Aladin vers Med1/2T ou Med1/2U ou Med1/2V : 2 ou 2 ou 8 points cibles
- Med1/2U ou Med1/2V vers Aladin : 1 point cible

Ces problèmes spécifiques sont en cours de résolution.

1.4 Interpolations **parallèles** de type **conservatif** par intersection de surface des mailles pour des grilles « longitude-latitude » et « logiquement rectangle »

Les résultats de ces interpolations représentent une avancée majeure depuis le dernier rapport. Les nouveaux tests montrent que les interpolations parallèles de type conservatif pour des grilles « longitude-latitude » et « logiquement rectangles » (donc ORCAT vers Aladin, Aladin vers Med1/2T, Med1/2T vers Aladin, ORCAT vers LMDz et LMDz vers ORCAT) donnent exactement les mêmes résultats en mode parallèle qu'en mode monoprocesseur ce qui valide la recherche parallèle globale pour l'interpolation de type conservatif pour ces grilles.

La figure 1 montre le résultat de l'interpolation conservative parallèle dans le cas Aladin vers Med1/2T. Les zones blanches de la figure 1B correspondent aux mailles cibles « recouvertes » entièrement de mailles sources masquées ; tel que mentionné en 1.2, ces mailles ne reçoivent pas de valeurs car il n'existe pas d'extra search pour l'interpolation conservative. L'erreur dans le bassin et près des côtes n'excède pas respectivement 0.2% et 1% (figure 1C). On observe également figure 1D, que les résultats obtenus en monoprocesseur sont identiques à ceux obtenus en parallèle.

⁴ La recherche *parallèle globale* consiste à effectuer la recherche des points sources participant au calcul de l'interpolation de chaque point cible sur tous les processus sources ; dans le cas de la recherche *locale*, la recherche des points 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.

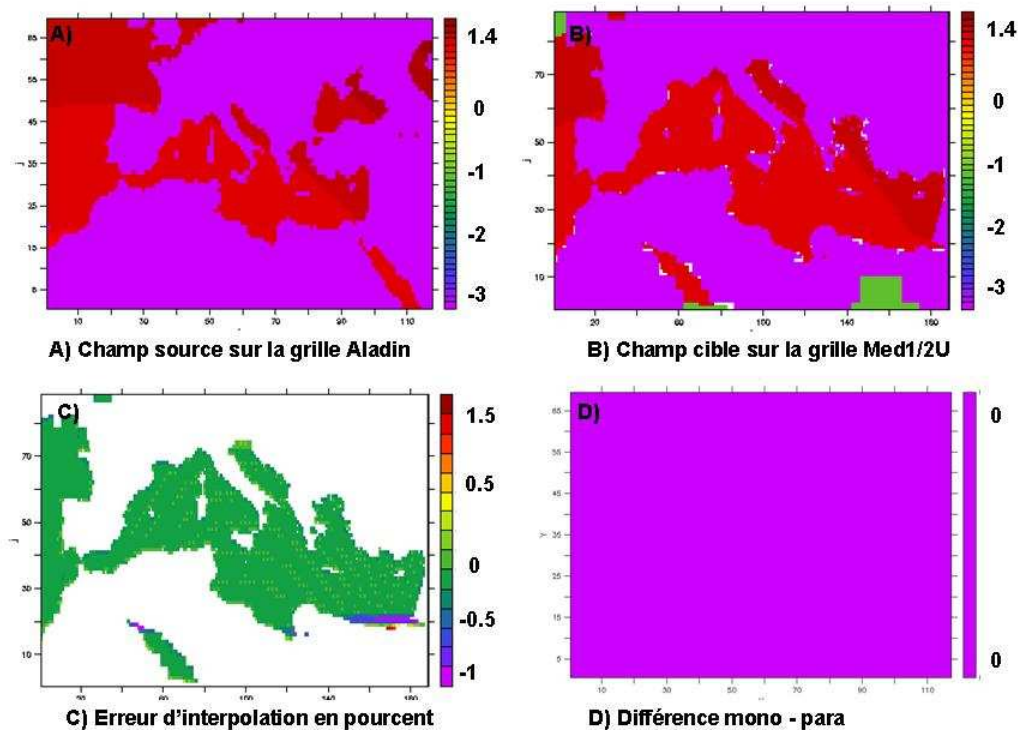


Fig 1 : Interpolation conservative en parallèle de Aladin vers Med1/2T

1.5 Interpolations **parallèles** de type **bilinéaire**, **bicubique** ou **conservatif** pour des grilles « gaussienne réduite »

Malgré le travail réalisé sur les grilles de type « gaussienne réduite » ces derniers mois, les tests actuels montrent que les interpolations bilinéaire et bicubique parallèles ne fonctionnent pas encore de façon satisfaisante en parallèle quand la grille source est de type « gaussienne réduite » : l'erreur d'interpolation qui est globalement inférieure à 0.4% augmente dans les régions correspondant aux bords des partitions sources pour atteindre de l'ordre de 1%. Ce développement représente notre priorité actuelle.

De plus, l'interpolation parallèle de type conservative ne fonctionne pas encore du tout pour les grilles « gaussienne réduite ». Ce travail plus complexe qu'initialement envisagé se poursuivra au cours des 6 prochains mois.

1.6 Interpolation bicubique pour les grilles Gaussiennes Réduites

L'interpolation bicubique a encore attiré notre attention au cours des derniers mois, en particulier pour la grille Gaussienne Réduite. Rappelons ici que pour cette grille, ayant pour chaque cercle de latitude des points situés à des longitudes différentes, l'algorithme bicubique de la librairie SCRIP disponible dans OASIS, basé sur la valeur et les dérivées du champ aux 4 points voisins sources, ne peut pas être utilisé ; nous avons donc écrit, il y a quelques années, un algorithme basé sur 16 points voisins sources. Cet algorithme donnait des résultats satisfaisants sauf vers les pôles : pour les points cibles qui tombaient au Nord de l'avant-dernier ou du dernier cercle de latitude de la grille Gaussienne

Réduite, 16 voisins situés symétriquement de part et d'autre du point (8 au nord, 8 au sud) ne pouvaient a priori être identifiés. L'algorithme utilisait alors les valeurs des voisins trouvés (dont le nombre n est inférieur à 16) en les pondérant par l'inverse de leur distance au point source ce qui revenait alors à appliquer un algorithme de « n plus-proches voisins ». Pour certains champs, les résultats de l'interpolation montraient alors des oscillations vers les pôles.

Tel qu'indiqué dans le dernier rapport, la modification a été d'identifier, pour ces points cibles, les points voisins sources situés de l'autre côté du pôle et ainsi identifier 16 voisins sources situés symétriquement autour du point cible sur le globe. Ces points sources situés de l'« autre côté » du pôle sont en fait les points du dernier ou de l'avant-dernier cercle de latitude mais pour une longitude décalée de 180 degrés. On commence donc par résoudre un algorithme cubique avec les 4 points sources de chaque cercle de latitude pour trouver une valeur à la longitude du point cible (ou à la longitude du point cible + 180 degrés pour les points sources provenant de l'« autre côté » du pôle). Puis l'on applique un algorithme bicubique dans l'autre direction avec les 4 points trouvés à l'étape précédente pour chacune des latitudes. Une difficulté supplémentaire apparaît alors car l'algorithme de résolution du système ne peut s'appliquer quand 2 points ont la même latitude. Dans ces cas, on a donc implémenté une bascule qui permet de résoudre le système dans un repère basculé de 90 degrés par rapport au repère initial ce qui permet de s'affranchir de cette dernière difficulté. Par ailleurs, nous avons conservé notre algorithme initial, les résultats obtenus avec un pivot de Gauss s'étant révélés identiques.

La figure 2 représente les résultats obtenus sur l'avant dernière ligne $j=71$ de la grille cible LMDz située à la latitude de 87.46 degrés Nord lorsque la bascule n'est pas activée ; l'algorithme bicubique ne peut être appliqué et un algorithme de « n plus proches voisins » est alors utilisé. La fonction interpolée, représentée avec des points, est comparée à la fonction analytique représentée en pointillés. On observe que les résultats obtenus sont assez différents des valeurs analytiques.

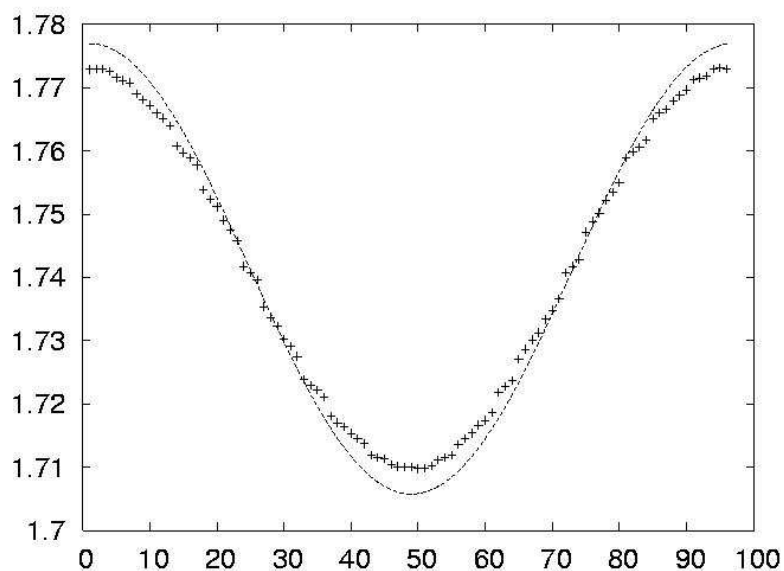


Fig 2 : Interpolation de BT42 vers LMDz avec l'algorithme de « n plus proches voisins » : résultats sur la ligne à 87.46° Nord (j=71) de LMDz

La figure 3 présente les mêmes résultats que la figure 2 lorsque la bascule de 90 degrés est activée au pôle Nord. On observe une nette amélioration des résultats interpolés pour les points cibles où l'algorithme bicubique peut être réellement appliqué, i.e. pour $i < 25$ et $i > 50$. Pour les points cibles situés entre $i=25$ et $i=50$, il s'avère que certains des 16 voisins sources sont masqués ; c'est donc l'algorithme de « n plus proches voisins » utilisant les points sources non masqués qui s'applique donnant des résultats s'éloignant des valeurs analytiques.

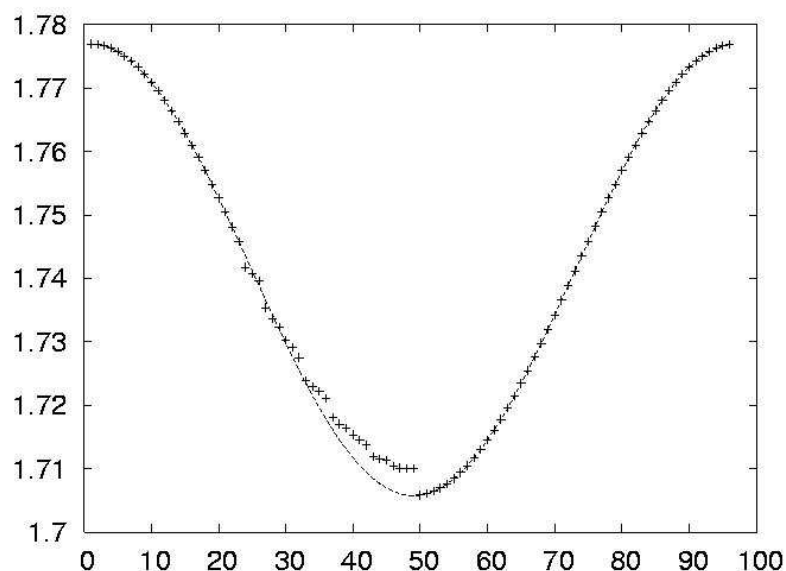


Fig 3 : Interpolation bicubique de BT42 vers LMDz avec bascule : résultats sur la ligne à 87.46° Nord (j=71) de LMDz

2 Utilisation d'un fichier de poids et d'adresses prédéterminé par l'utilisateur

Le travail effectué par un consultant embauché sur les fonds propres CERFACS sur cette fonctionnalité dont le principe a été décrit dans le dernier rapport s'est poursuivi. Les routines écrites pour implémenter cette fonctionnalité présentées dans le dernier rapport ont été modifiées pour éviter l'utilisation de la fonction MPI_Allreduce qui impliquait de rassembler l'intégralité du champ sur tous les processeurs sources et cibles avant et après l'envoi. Chaque processeur source ne reçoit maintenant des autres processeurs sources que les valeurs de la partition de la grille « gridless » qu'il envoie aux processeurs cibles. Après réception d'une partition de la grille « gridless », chaque processeur cible n'envoie aux autres processeurs cibles que les points qui les concernent. De plus, les routines pour traiter des champs en simple et double précision sont maintenant disponibles.

Les routines correspondantes, soit prism_init_userdef.F90, psmile_put_userdef_ndim2.F90, psmile_put_userdef_ndim3_real/dble.F90, psmile_get_userdef_ndim2_real/dble.F90, psmile_get_userdef_ndim3_real/dble.F90, psmile_userdef.F90 disponibles sous http://www.cerfacs.fr/prismsvn/branches/userdef/prism/src/lib/psmile_oa4/src.

Ces routines ont été testées dans des cas simples tous concluants (voir les programmes source et cible sur <http://www.cerfacs.fr/prismsvn/branches/userdef/prism/src/mod/oasis4/examples/userdef/>)

Dans les prochains mois, nous nous proposons d'incorporer ces étapes directement dans les routines d'interface de la librairie de communication existantes. La définition d'une grille et d'un champ «gridless » se feront alors automatiquement lorsque l'utilisateur aura indiqué dans le fichier de configuration XML qu'il choisit ce type d'interpolation pour un champ en particulier ; ce fonctionnement sera plus conforme à la philosophie d'OASIS4 qui veut que les codes sources et cibles n'aient a priori besoin d'aucune connaissance quant à la source, cible, ou transformations des champs qu'ils reçoivent ou envoient.

3. Autres fonctionnalités du coupleur

Le problème décrit dans le dernier rapport (qui avait été identifié en exécutant le modèle jouet du couplé IPSLCM4) qui se présente lorsque l'on active à la fois de l'interpolation conservative 2D et d'autres types d'interpolation depuis une même grille source, a été résolu.

Finalement, le traitement des champs de couplage « clones » (voir la section 3.3 du rapport à t+24) a été optimisé. Un champ est dit « clone » d'un autre champ s'il est fourni sur la même grille avec la même partition et que l'interpolation effectuée par OASIS4 est la même. Dans ce cas, ce champ devrait automatiquement être traité par le même processeur du Transformeur en réutilisant les poids et les adresses calculés pour l'autre champ. Cette optimisation a été implémentée et testée. Nous nous sommes cependant rendus compte que dans certains cas, elle pouvait causer un déséquilibre de charge entre les processus du Transformeur, lorsque que l'ensemble des champs sont les champs clones les uns des autres. Nous sommes donc en train de modifier cette optimisation de façon à respecter en priorité l'équilibre de charge entre les processus du Transformeur.

4. Résumé et conclusions

Nous avons au cours de ces 6 derniers mois continué à travailler à l'amélioration des fonctions d'OASIS4 :

- Tous les problèmes concernant les interpolations bilinéaire, bicubique et de type conservatif en mode mono-processeur spécifiques aux grilles CICLE identifiés dans les derniers rapports ont été résolus.

La seule exception est l'interpolation de type conservative BT42 -> ORCAT pour quelques points de la ligne $j=148$ de la grille ORCAT. Notons de plus en perspective le besoin de développer une solution pour les mailles cibles

tombant dans une région non-couverte par la grille source ou tombant dans une région de la grille source entièrement masquée qui ne reçoivent donc pas de valeurs ; actuellement, l'attribution d'une valeur voisine doit se faire de façon ad-hoc pour ces points sur la grille cible (voir les section 1.1 et 1.2).

- Les interpolations parallèles bilinéaire et bicubique ont globalement été validées pour les grilles « longitude-latitude », et « logiquement rectangles » (voir la section 1.3).
- Les interpolations parallèles de type conservatif ont globalement été validées pour les grilles « longitude-latitude » et « logiquement rectangles » (voir la section 1.4).
- Nous avons finalisé l'implémentation des solutions spécifiques pour les problèmes que présente l'interpolation bicubique vers les pôles (voir la section 1.6).
- La fonctionnalité permettant à OASIS4 d'utiliser un fichier de poids et d'adresses prédéfini par l'utilisateur a été améliorée afin de ne plus utiliser d'opération MPI globale est maintenant disponible (voir la section 2).
- Le problème lié à l'activation simultanée de l'interpolation conservative 2D et d'autres types d'interpolation depuis une même grille source a été résolu (voir la section 3).
- Le traitement des champs « clones » a été optimisé (voir la section 3).
- Les interpolations parallèles à partir des grilles Gaussiennes Réduites présentent encore des problèmes et leur résolution est notre priorité pour les 6 prochains mois (voir la section 1.5).

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 pour les embauches est conforme aux prévisions avec le recrutement d'un ingénieur d'études du 1^{er} mars au 31 décembre 2007. Les dépenses en mission sont conformes aux prévisions avec environ 12000 Euros dépensés à date sur les 12600 Euros prévus.

L'avancement des travaux est globalement conforme aux prévisions, à quelques réserves près. Parmi les détails des fonctionnalités identifiées dans le rapport OASIS du mois 12 (livrable 4.1), seuls la recherche parallèle globale des « voisins » pour les interpolations à partir de la grille Gaussienne Réduite manquent toujours ; par contre, toutes ces interpolation fonctionnent et ont été validées en mode mono-processeur. Cette dernière tâche devrait être finalisée au cours des prochains mois. Le recul de quelques mois de la date officielle de fin de projet (correspondant à la date effective de démarrage + 36 mois) sera, dans ce contexte, tout particulièrement apprécié.

Difficultés rencontrées par le partenaire

La remarque faite dans les rapports précédents est toujours valable : la phase de validation des fonctionnalités d'OASIS4 a entraîné plus d'ajustements qu'initialement prévu. Il est à noter qu'un consultant a été engagé au cours des 6 derniers mois sur les fonds propres CERFACS pour intégrer la possibilité d'utiliser un fichier de poids et d'adresses prédéterminé par l'utilisateur. Il manque toujours aujourd'hui la recherche parallèle globale des « voisins » pour les interpolations à partir de la grille Gaussienne Réduite qui se révèle particulièrement complexe.

Prévision des travaux du partenaire pour la prochaine période

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

Tel que détaillé dans ce rapport, nous comptons poursuivre le développement d'OASIS4, en particulier :

- Interagir avec nos collaborateurs de NEC-CCRLE à Sankt-Augustin en Allemagne pour finaliser la recherche des « voisins » parallèle globale pour les interpolations à partir de la grille gaussienne réduite.
- Résoudre les problèmes spécifiques de l'interpolation de type conservatif BT42 vers ORCAT pour quelques points de la ligne j=148 de la grille ORCAT (qui se plie sur elle-même).
- Incorporer les routines permettant l'utilisation d'un fichier de poids et d'adresses prédéterminé par l'utilisateur directement dans les routines d'interface de la librairie de communication existantes (voir la section 2).
- Finaliser le traitement des champs de couplage « clones » (voir la section 3).

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 »

N/A

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	343,00
ICONCEPT Macbook Pro Intel Dual Core	31/10/06	2849,78	1959,00
Poste precision (2) 390 core duo processeur E6400	08/02/2007	3 280,00	1 982,00