

Couplage Arpège-médias - OPA-Méditerranée. Les étapes.

Florence Sevault, Samuel Somot et Michel Déqué

25 avril 2002

Table des matières

1	Introduction.	3
2	Interpolation entre les deux grilles.	3
2.1	Le coupleur OASIS.	3
2.2	Présentation du programme <i>mosaic</i>	3
2.3	Préparation des fichiers auxiliaires.	5
2.3.1	Grille d'OPA-Méditerranée.	5
2.3.2	Arpège-médias.	5
2.4	Modifications apportées au programme <i>mosaic</i>	7
2.5	Calcul des poids avec <i>mosaic</i>	7
2.5.1	Les options choisies.	7
2.5.2	Les résultats.	7
2.6	Interpolation d'un champ constant : OPA-Méditerranée vers Arpège-médias.	9
2.7	Interpolation d'un flux constant : Arpège-médias vers OPA-Méditerranée.	9
2.8	Interpolation d'un champ constant : OPA-Méditerranée vers Arpège-médias, puis FILLING avec une SST climatologique.	12
2.9	Interpolation d'un champ issu de l'expérience DA9 d'Arpège- médias vers OPA-Méditerranée.	13
2.10	Le cas particulier du vent.	13
2.10.1	L'interpolation du vent avec OASIS.	13
3	Expérience de forçage d'OPA-Méditerranée par la simulation DA9 d'Arpège-médias.	17
3.1	Récupération des champs DA9 quotidiens.	17
3.2	La méthode et le stockage des résultats.	17
4	Couplage d'Arpège-médias avec OPA-Méditerranée.	21
4.1	Arpège-médias.	21
4.2	OPA-Méditerranée.	22
4.3	OASIS	22
4.4	L'environnement du couplage.	23
4.5	Liste des expériences.	23

4.5.1	CC1 : premier test de couplage.	23
4.5.2	CC2 : second test.	23
4.5.3	CAM1 : première expérience de couplage (Couplage Ar- pège Méditerranée 1).	23
4.5.4	CAM2 : seconde expérience de couplage.	23

5	Conclusion.	24
----------	--------------------	-----------

1 Introduction.

La réalisation d'un modèle couplé régional Arpège-OPA constitue une gageure scientifique et technique compte-tenu de la nouveauté du concept et de la différence des grilles des modèles, toutes deux étirées. Ce document décrit les différentes étapes ayant abouti au couplage entre Arpège version médias, étiré et centré sur la Méditerranée, et OPA version Méditerranée. La première préoccupation consiste en l'interpolation des champs entre les deux grilles, qui n'ont a priori rien en commun. On utilise pour cela l'outil OASIS d'interpolation et de communication entre modèles, développé au CERFACS. La préparation du forçage d'OPA-Méditerranée par l'expérience DA9 produite avec Arpège-médias est la première application de l'interpolation ainsi mise au point. On s'attache ensuite à introduire la méthode de communication choisie dans le modèle OPA, avant l'étape ultime du couplage.

2 Interpolation entre les deux grilles.

2.1 Le coupleur OASIS.

OASIS (Ocean Atmosphere Sea-Ice Soil) est un ensemble de modules permettant l'interpolation et la communication entre deux ou plusieurs modèles. Il a été développé au CERFACS. On utilise ici la version 2.4 [4], comme interpolateur dans un premier temps, puis ensuite comme coupleur entre les deux modèles, atmosphérique et océanique.

2.2 Présentation du programme `mosaic`.

Pour l'interpolation des flux (rayonnement solaire par exemple) entre les deux modèles, on choisit d'utiliser la méthode MOZAIC d'OASIS, pour laquelle il faut fournir à OASIS pour chaque point de la grille cible les adresses des points de la grille source qui le concernent ainsi que les poids associés. Le programme `mosaic` d'O.Marti [3] permet de préparer le fichier de poids et adresses, en tenant compte de la surface de l'intersection des mailles atmosphériques et océaniques. On obtient une conservation locale des flux, intéressante dans le cas de grilles régionales puisqu'on ne peut pas utiliser l'option CONSERV de conservation globale d'OASIS. En fin de calcul on a la possibilité de normaliser les poids de façon intensive, telle que la somme est égale à un (pour les températures par exemple), ou de façon extensive de façon que le flux provenant d'une maille source se répartisse exactement sur ses voisins cibles.

La figure 1 illustre la différence des grilles dans le sens atmosphère vers océan (sans respect des échelles) : la maille océanique O2 a pour voisins atmosphériques les mailles A1 et A2. Les surfaces d'intersections sont respectivement S1 et S2.

Inversement la figure 2 illustre le passage de l'océan à l'atmosphère : la maille atmosphérique rencontre huit mailles océaniques, avec des surfaces d'intersections de différentes tailles.

Description rapide du programme (dans le cas où l'on calcule des poids et adresses dans les deux sens, atmosphère vers océan et océan vers atmosphère) :

- lecture des fichiers décrivant les deux grilles (fichiers auxiliaires) ;
- calcul des bords des mailles des deux grilles ;

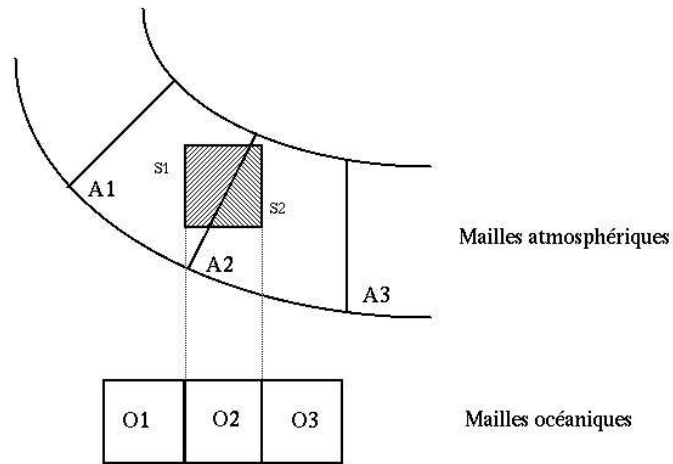


FIG. 1 – Dans le sens atmosphère vers océan : on superpose la maille océanique O2 sur la grille atmosphérique.

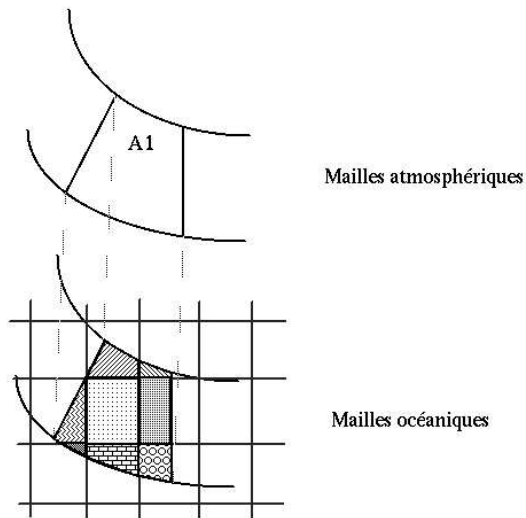


FIG. 2 – Dans le sens océan vers atmosphère : on superpose la maille atmosphérique A1 sur la grille océanique.

- pour chaque point atmosphérique, calcul des adresses des mailles océaniques qu'elle recouvre, et de la surface d'intersection avec chacune ;
- pour chaque point océanique, calcul des adresses des mailles atmosphériques rencontrées, et de la surface d'intersection avec chacune ;
- normalisation :
 1. extensive : le poids final associé au point A qui est voisin de O tient compte de la surface d'intersection entre les deux mailles mais aussi de la surface d'intersection entre A et toutes les mailles océaniques qu'elle touche ;
 2. intensive : le poids final associé au point O qui est voisin de A est égal à la surface d'intersection entre les deux divisée par la somme des surfaces d'intersections de tous les voisins océaniques de A.
- calcul de diagnostics et écriture du fichier.

Il reste cependant après le calcul à régler le problème des mailles côtières, lorsque par exemple une maille océanique rencontre à la fois une maille atmosphérique de mer et une de terre. Supposons par exemple sur la figure 1 que A1 soit sur mer et A2 sur terre, tandis que O2 est sur mer : le flux de rayonnement infrarouge de A2 ne pourra pas être utilisé. On résoudra ce problème au paragraphe 2.5.2. Le programme *mosaic* nous a été communiqué par Sophie Valcke (CERFACS) en fortran 95, on l'adapte en fortran 90. Le format de sortie du fichier de poids est celui attendu par OASIS pour le traitement MOZAIC.

2.3 Préparation des fichiers auxiliaires.

2.3.1 Grille d'OPA-Méditerranée.

La grille océanique a une résolution de $\frac{1}{8^\circ}$ le long d'un cercle de latitude (394 points) et de $\frac{1}{8^\circ} \cos(\text{latitude})$ le long d'un cercle de longitude (160 points). Elle est orientée du sud au nord, et plus fine à Gibraltar. La résolution varie d'environ 12 km au sud à 9 km au nord du domaine. En volume la grille est une généralisation à trois dimensions de la grille de type C dans la classification d'Arakawa [5]. Elle comprend 43 niveaux sur la verticale.

La particularité de la grille, que l'on appelle grille OPAMED8 dans la suite, vient du fait que tous les points ne sont pas adjacents : une partie exilée en Floride, une partie basculée à l'est de Gibraltar, une partie étirée à Gibraltar (cf. figure 3). On dispose des coordonnées des points T, U, V, F ainsi que du masque terre-mer et des surfaces associées. On reprend cela pour les fichiers *grids*, *masks*, *areas*.

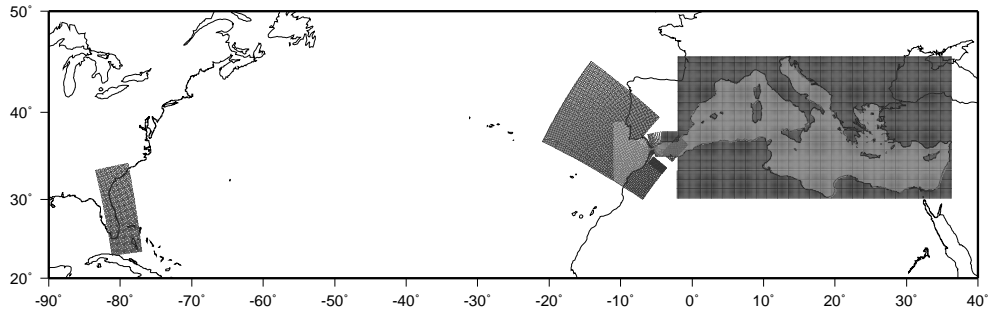
Pour utiliser *mosaic* avec cette grille on rajoute un sous-programme spécifique dans *bord.f90* qui calcule les bords des mailles.

Remarque : le calcul des poids que l'on effectue avec ces fichiers concerne les champs qui sont affectés aux points T ; pour les autres, les vents en l'occurrence (points U et V), on utilisera une autre méthode (paragraphe 2.10).

2.3.2 Arpège-médias.

La grille est réduite et son pôle est basculé en mer tyrrhénienne (cf. figure 3). On calcule les coordonnées géographiques des centres des mailles à l'aide des sinus des latitudes des centres et des bords des mailles ainsi que du nombre de

Grille OPAméd8



Grille Arpege-medias: extrait

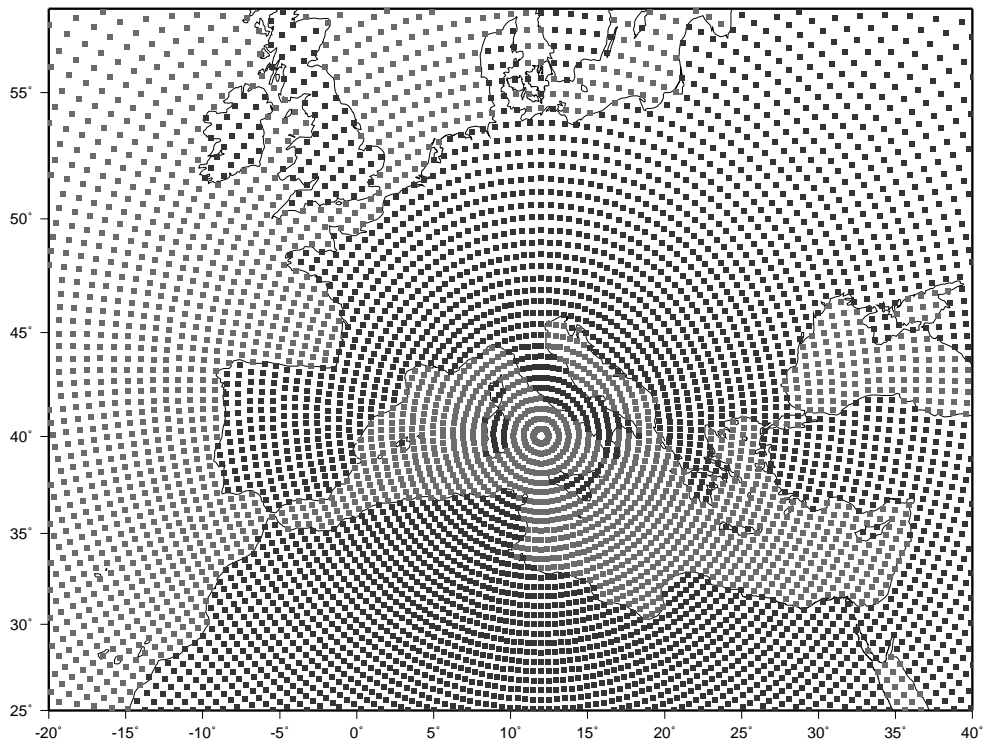


FIG. 3 – Présentation des grilles des deux modèles.

longitudes par cercle de latitude [2].

Dans *mosaic* on rajoute également un sous-programme de calcul des coordonnées des huit points entourant le centre de la maille.

Enfin la grille est rangée comme elle vient, c'est-à-dire en tournant autour du pôle tyrrhénien, mais ni du nord au sud ni du sud au nord.

2.4 Modifications apportées au programme *mosaic*.

On rajoute deux clés de compilation : *arpege_medias* et *samm* qui vont intervenir dans un certain nombre de sous-programmes. En particulier on a déjà cité les sous-programmes de calcul des bords des mailles.

2.5 Calcul des poids avec *mosaic*.

2.5.1 Les options choisies.

Dans `common.f90` :

- *lwro2a* = *lwra2o* = *TRUE* : on calcule les poids pour interpoler dans les deux sens (océan vers atmosphère et atmosphère vers océan).
- *lmaska* = *TRUE* : les points atmosphériques masqués (mer) sont pris en compte dans le calcul.
- *lmasko* = *FALSE* : les points océaniques masqués (terre) ne sont pas pris en compte dans le calcul ; les points d'Arpège, terre ou mer, n'auront jamais de voisin terre : cela permettra d'utiliser FILLING de OASIS sans problème (dès qu'un point Arpège a un voisin, c'est un voisin mer, et donc on peut remplacer la climatologie par le champ interpolé).
- *norma2o* = 2 : dans le sens atmosphère vers océan on utilise une normalisation extensive des poids, *i.e.* en utilisant les surfaces d'intersections des mailles.
- *normo2a* = 1 : dans le sens océan vers atmosphère on utilise une normalisation intensive, les champs passés lors d'un couplage de l'océan vers l'atmosphère étant la température, l'albédo, et la couverture de glace.

2.5.2 Les résultats.

Nombre maximal de voisins trouvés : 45 dans le sens océan vers atmosphère, 20 dans le sens atmosphère vers océan.

Distribution des voisins atmosphère vers océan (mer uniquement) : 10546 mailles OPAméd8 ont un seul voisin Arpège, 8781 en ont deux, 1710 en ont 3, 710 en ont 4, une maille en a 5, une 6, une 7 et une 8 voisins Arpège, puis une maille en a 20 : c'est le point T(200,97) de longitude 12.0° et latitude 40.0°, qui correspond donc avec le pôle Arpège-médias (et en effet les adresses des 20 voisins sont les points 1 à 20 de Arpège-médias).

Remarque : les points qui ont 5, 6, 7, 8 voisins sont situés en croix par rapport à celui qui en a 20.

Les cas particuliers : (on note T, M les mailles atmosphériques, t, m les mailles océaniques)

1. sens atmosphère vers océan :
 - T,T,t : cas1 les 41288 points terre de OPAméd8
 - T,M,t : cas2 rien

- M,M,t : cas3 rien
 - M,M,m : cas4 20244 points
 - M,T,m : cas5 1168 points
 - T,T,m : cas6 340 points
2. sens océan vers atmosphère :
- T,t,t : cas1 10475 points, mais aucun voisin cherché puisque les points OPAméd8-terre ne sont pas traités (*lmasko = FALSE*).
On retrouve aussi ici les points Arpège-terre qui sont en-dehors du domaine OPAméd8.
 - T,t,m : cas2 rien
 - T,m,m : cas3 229 points
 - M,m,m : cas4 1182 points
 - M,m,t : cas5 aucun, car ils sont inclus dans le cas 4 (*lmasko = FALSE*)
 - M,t,t : cas6 9806 points : points Arpège-mer en-dehors de la zone OPAméd8, ou voisins de points OPAméd8-terre qui ne sont pas traités.
3. Les cas qui peuvent poser problème :
- dans le sens atmosphère vers océan :
 - cas 5 : par exemple A1 est terre, A2 est mer, O2 est mer sur la figure 1 : le point O2 reçoit un flux de mer et de terre. Une solution consiste à supprimer du fichier de poids les poids et adresses des voisins terre des mailles OPAméd8-mer de cas 5 ; il restera le(s) voisin(s) mer.
La seconde solution, que l'on adoptera, consiste à appliquer MASK EXTRAP aux mailles terre (cf plus loin).
 - cas 6 : A1 et A2 sont des terres, O2 est mer (figure 1) : on ne peut pas envoyer en mer un flux terre.
On va utiliser MASK EXTRAP dans OASIS, qui consiste à masquer les points terre, et à les remplacer par une moyenne des plus proches voisins mer ; cependant il faut créer "manuellement" le fichier de poids `nweights` car OASIS ne pourra pas le faire pour la grille Arpège-médias (grille réduite, mais dont le basculement du pôle interdit de passer en grille complète à l'aide de REDGLO) ; la séquence MASK EXTRAP fait partie du pre-processing d'OASIS, avant d'appliquer MOZAIC.
Détail de résolution : on construit un fichier `nweights` qui ne traitera que les points Arpège-terre qui sont situés "au-dessus" de mailles OPAméd8-mer de la grille T ; les autres points terre reçoivent une valeur arbitraire qui est celle du premier point *i.e.* du pôle tyrrhénien. La construction de `nweights` se fait avec 3 itérations au maximum, car à la troisième itération de recherche de voisins il reste 3 points à traiter, qui ne le sont toujours pas au bout de 8 itérations : on choisit leurs voisins visuellement.
 - Remarque postérieure : par la suite on utilise toujours le même fichier `nweights`, même pour les composantes du vent sur les grilles U et V : la disposition de la côte dans la grille OPAméd8 est telle qu'un point U ou V de mer est forcément à l'intérieur d'un point T-mer par rapport à la limite terre-mer [5] ; par conséquent un point Arpège-terre qui a un voisin U ou V de mer a forcément aussi un voisin T de mer, et donc est traité par la séquence MASK-EXTRAP.
 - dans le sens océan vers atmosphère :
 - cas 3 : si par exemple A1 est terre sur la figure 2, et toutes les mailles

océaniques sont mer, on aura des points Arpège-terre qui recevront des valeurs de OPAméd8-mer, en température de surface par exemple. Grâce au traitement FILLING de OASIS ils seront remplacés par la climatologie de surface.

- cas 6 : on peut trouver des mailles Arpège-mer qui n'ont pas de correspondant OPAméd8-mer (A1 mer et toutes les mailles de la grille océaniques sont terres sur la figure 2). Le problème qui en découle c'est d'avoir une discontinuité sur la côte (climatologie et OPAméd8-interpolé se touchant) ; c'est le rôle de l'option COASTS de FILLING de remplacer alors la climatologie par une extrapolation venant de la source ; or avec la grille Arpège-médias, on ne peut pas utiliser cette option ; on cherche parmi les cas 6 les points compris dans le rectangle $[-11^\circ ; 37^\circ]$ en longitude, et $[29^\circ ; 46^\circ]$ en latitude, ce qui correspond grossièrement au domaine méditerranéen de OPAméd8 ; les 196 points obtenus se trouvent tous en Atlantique ou en mer Noire.

Finalement, le cas 6 ne nous pose donc pas non plus de problème de côte.

2.6 Interpolation d'un champ constant : OPA-Méditerranée vers Arpège-médias.

Le champ de départ, assimilé a une température, est égal à 20.0 sur la mer de OPAméd8, 0.0 sur la terre. La namcouple d'OASIS contient les lignes suivantes (extrait) :

```
$STRINGS
SOSSTSST SISUTESU 1 86400 3 sstocean sstatmos 35 96 EXPORTED
394 160 21692 1 tom8 bmed 1 0 0 1
P O R O
CHECKIN MOZAIC CHECKOUT
# pour MOZAIC: fichier de poids runoffom, unit, numéro
# du tableau dans le fichier, 45 voisins maximum
runoffom 93 1 45
#
```

runoffom étant le nom du fichier de poids calculé avec mosaic. On note en particulier que la grille Arpège-médias est déclarée comme n'ayant qu'une dimension.

Après l'interpolation le champ atmosphérique est égal à 20 sur la Méditerranée et la zone de tampon en Atlantique (points OPAméd8-mer situés au large de Gibraltar), ainsi que sur les points Arpège-terre de cas 3, n'ayant que des voisins mer : ils seront ensuite remplacés par la climatologie avec l'option FILLING. Le reste du domaine Arpège est constant et nul.

2.7 Interpolation d'un flux constant : Arpège-médias vers OPA-Méditerranée.

Le champ choisi, de type flux d'eau (COWATFLU pour Arpège), est égal à 20.0 sur terre, et 10.0 sur mer.

1. Dans un premier temps on teste l'effet de la séquence MASK EXTRAP uniquement, avec les lignes suivantes dans la namcouple (extrait) :

```
$STRINGS
CONSFTOT SONSHLDO 6 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
  EXPORTED
21692 1 21692 1 bmed bmed 1 0 0 1
R 0 R 0
CHECKIN MASK EXTRAP NOINTERP CHECKOUT
#
# pour MASK: valeur donnée aux points masqués
999.999
# pour EXTRAP: 3 plus proches voisins, 0 pour lire le
# fichier nweights qui existe déjà, 1 pour l'indice du
# tableau dans ce fichier
NINENN 3 0 1
```

On obtient un champ constant égal à 10.0.

2. Ensuite on utilise la séquence suivante :

```
$STRINGS
COWATFLU SOWAFLDO 29 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
  EXPORTED
21692 1 394 160 bmed tom8 1 0 0 1
R 0 P 0
#
CHECKIN MASK EXTRAP MOZAIC CHECKOUT
#
999.999
NINENN 3 0 1
# pour MOZAIC: fichier runoffom, unit, numéro du
# tableau dans le fichier, 20 voisins au maximum
runoffom 92 2 20
#
```

Le champ océanique est nul sur terre, et le flux sur mer varie de 9.93 à 10.04, avec une moyenne de 10.00017 sur tout le bassin. La figure 4 montre que les points supérieurs à 10 sont principalement concentrés autour du pôle, où le nombre de voisins atmosphériques est plus élevé. Cependant l'erreur reste de l'ordre de 5 pour mille, précision qui n'est jamais atteinte dans un modèle de circulation générale.

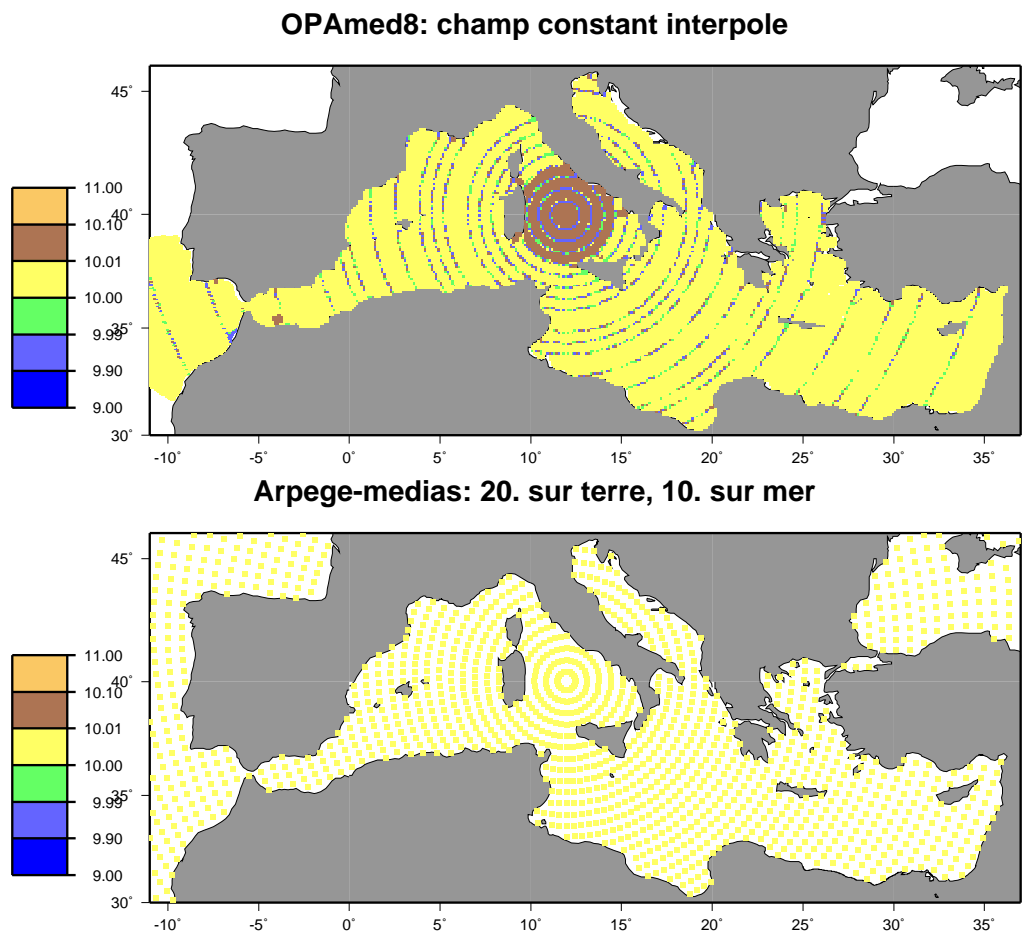


FIG. 4 – Interpolation d'un champ constant d'Arpège-médias vers OPA-Méditerranée.

2.8 Interpolation d'un champ constant : OPA-Méditerranée vers Arpège-médias, puis FILLING avec une SST climatologique.

Rappel du rôle de l'option FILLING de OASIS : on part du champ climatologique, que l'on remplace par le champ issu de MOZAIC aux points Arpège-mer qui ont des voisins OPAméd8-mer ; tous les points Arpège-terre restent à la valeur climatologique qu'ils aient ou non des voisins océaniques.

Remarque : dans OASIS 2.4, on ne peut utiliser FILLING qu'après SURFMESH. On modifie donc `filling.f`, ainsi qu'`interp.f` qui l'appelle, et `coasts.f` qui est appelé par `filling`. La modification consiste à utiliser le tableau d'adresses des voisins inclus dans le fichier de poids qui a été utilisé pour le traitement précédent(`mweights` si SURFMESH, `gweights` si GAUSSIAN, déclaré dans la `namcouple` si MOZAIC) pour trier les mailles cibles qui n'ont pas de voisin source, car ces mailles prendront la valeur climatologique.

Les SST (Sea Surface Temperature) climatologiques ont été préparées avec Reynolds sur le domaine OPAméd8, Levitus en-dehors, et une interpolation entre les deux dans la zone de tampon. Ces champs sont en Kelvin, c'est ce qu'attend Arpège. On commence donc par transformer le champ OPAméd8 de départ en Kelvin (BLASOLD).

Préparation du fichier de climatologie utilisé par FILLING :

Tous les tableaux mensuels doivent être insérés dans le même fichier, à savoir janvier de l'année1, février de l'année1,..., décembre de l'année1, janvier de l'année2, février de l'année2, etc...

Le champ utilisé est déterminé en fonction des dates suivantes :

- la date de début initialisée une fois pour toutes : `nddeb`, déclarée dans `blkdata.f`, DATA `nddeb/00010101/` dans notre cas ;
- la date initiale du run, déclarée dans la `namcouple`, et qui est modifiée en cas de relance ;
- la date du run en cours calculée comme étant la date initiale plus le nombre de pas de temps effectué.

Ensuite, dans `filling.f`, le champ utilisé est une interpolation temporelle entre le mois en cours et le mois suivant. Dans notre cas, FILLING s'exécute avec $15/31 * \text{janvier} + 17/31 * \text{février}$.

Dans un premier temps, on reprend le champ constant égal à 20. sur la mer de OPAméd8, et 0. sur la terre ; la `namcouple` d'OASIS comprend les lignes suivantes :

```
$STRINGS
SOSSTSST SISUTESU 1 86400 5 sstocean sstatmos 35 96 EXPORTED
P O R O
#
CHECKIN BLASOLD MOZAIC FILLING CHECKOUT
# 2 lignes pour passer de degrés Celsius en degrés Kelvin:
1. 1
CONSTANT 273.15
# pour MOZAIC: nom du fichier, unit, numéro du tableau
# dans le fichier, nombre maximum de voisins
runoffom 93 1 45
```

```
# pour FILLING: nom du fichier, unit, méthode choisie,  
# pas de correction de côte  
sstbuf59 94 RAWSTMO 0  
#
```

On vérifie que le champ final reste bien à 20+273.15 sur le domaine de OPAméd8.

Puis on réitère l'opération avec les températures moyennes de 1965-1966 calculées après un run d'OPA-Méditerranée. Le résultat est porté sur la figure 5, l'interpolation s'est passée correctement, mais on garde à l'esprit que le champ de températures obtenu n'a aucun sens climatique, puisqu'on a ajouté les températures climatologiques de janvier-février à une moyenne annuelle d'OPA-Méditerranée.

2.9 Interpolation d'un champ issu de l'expérience DA9 d'Arpège-médias vers OPA-Méditerranée.

La namcouple utilisée est la même que celle du paragraphe 2.7.

Le résultat est porté sur la figure 6. On retrouve sur le champ final la structure de la grille de départ : cet effet vient de la discrétisation spatiale du champ de départ.

2.10 Le cas particulier du vent.

En cas de forçage ou de couplage du modèle océanique avec un modèle atmosphérique, on fait passer la tension du vent de l'atmosphère vers l'océan.

Dans le cas Arpège-médias, les axes sont dirigés vers le pôle, c'est-à-dire vers la mer tyrrhénienne pour la direction nord, et perpendiculairement pour l'est. La première étape consiste donc à opérer une rotation de façon à retrouver des directions est et nord géographiques, et à multiplier par le coefficient d'étirement de la grille. Cela ne peut être fait qu'avant le passage dans OASIS.

Ensuite la discrétisation spatiale du modèle OPA prévoit l'application des vecteurs aux points U pour la composante zonale et V pour la composante méridienne. La seconde étape consiste donc à interpoler les deux composantes de la tension sur chacune des grilles U et V (si la grille OPAméd8 n'était pas déformée à Gibraltar, l'interpolation de la composante zonale sur U et de la composante méridienne sur V suffirait). Il est évident que l'on ne peut pas utiliser les mêmes poids pour MOZAIIC que ceux calculés pour la grille T. C'est l'étape exécutée par OASIS.

Enfin et c'est la troisième étape, il faut calculer les composantes zonales pour la grille U et méridiennes pour la grille V, en tenant compte du basculement des axes dans le détroit de Gibraltar. Ce calcul intervient nécessairement après OASIS, donc dans le modèle OPA en cas de couplage.

2.10.1 L'interpolation du vent avec OASIS.

On va doubler les deux composantes de la tension du vent atmosphérique, de façon à les interpoler chacune sur les grilles U et V d'OPA. Cela donne venant d'Arpège COZOTAUX et COZOTAUV pour la composante zonale envoyée respectivement en U et en V (COZOTAUX=COZOTAUV), et COMETAUU et

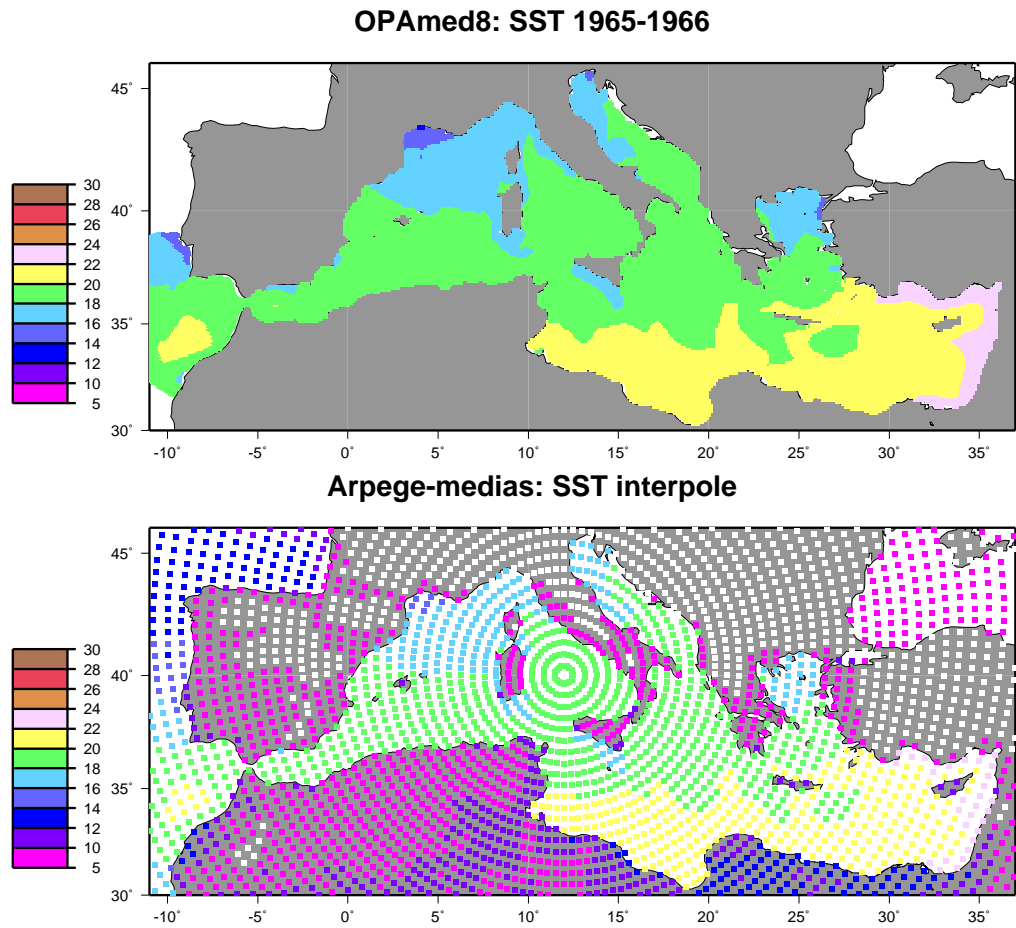


FIG. 5 – Interpolation d'un champ de température OPA-Méditerranée vers Arpège-médias.

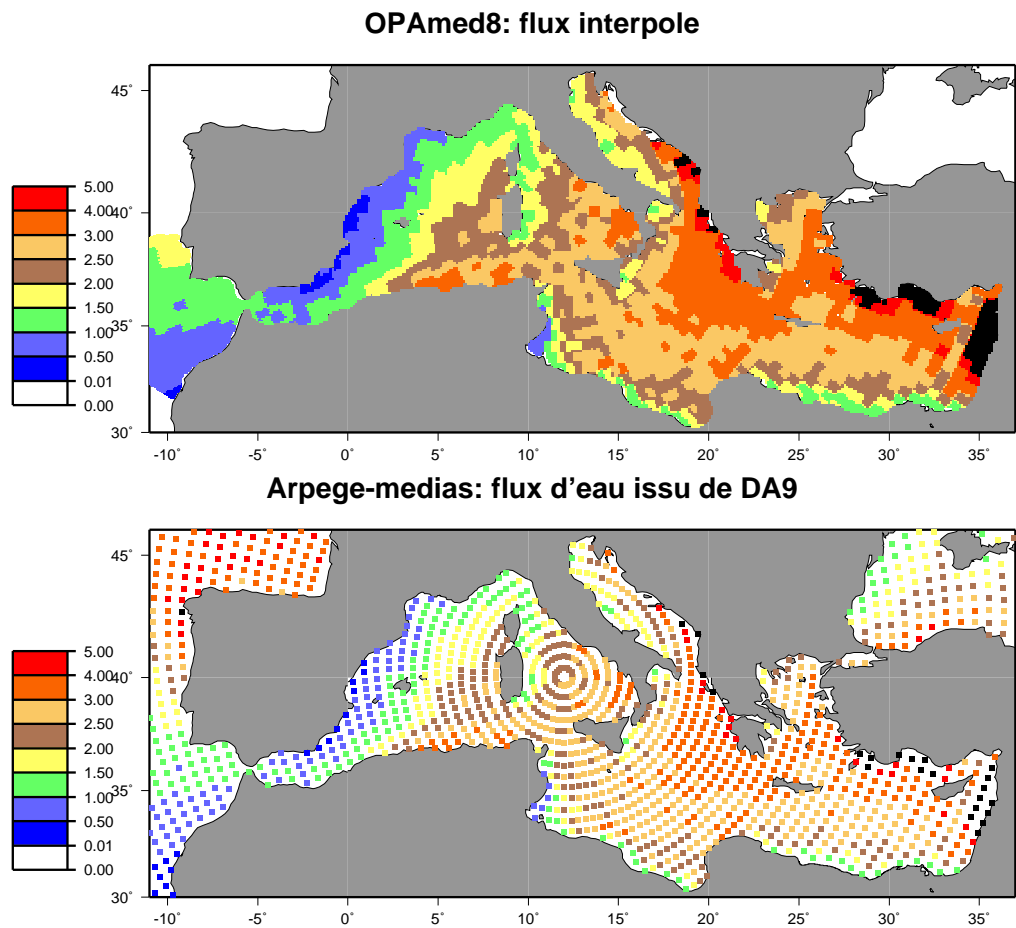


FIG. 6 – Interpolation d'un champ de flux d'eau d'Arpège-médias vers OPA-Méditerranée.

COMETAUY pour la composante méridienne envoyée respectivement en U et V également (COMETAUU=COMETAUY). On choisit d'utiliser la séquence INTERP-GAUSSIAN, qui trouve les voisins les plus proches et leur attribue un poids en fonction d'une gaussienne. Cela nécessite quelques modifications d'OASIS de façon à fonctionner avec une grille (n,1) comme celle d'Arpège-médias :

- sur `oasis_version2.4/src/grstat.f` calcule la moyenne des distances au carré entre chaque point et ses quatre plus proches voisins, dans les deux directions; on modifie ce calcul en cherchant les plus proches voisins parmi tous les points du domaine [-15° ; 40°] en longitude, [30° ; 50°] en latitude (cette fonction n'est appelée que par `nagset`, spécifique à INTERP-GAUSSIAN)
- sur `oasis_version2.4/lib/anaisg` (spécifique à INTERP-GAUSSIAN) : on modifie `nagset.f` pour qu'il n'appelle `grstat` que si on souhaite faire le calcul de `gweights`; on modifie `qgrho.f` pour supprimer la boucle sur les latitudes, la grille Arpège-médias étant décrite par un tableau (21692 longitudes; 1 latitude).

Pour INTERP-GAUSSIAN, deux paramètres sont à régler :

- \$NVOISINS : le nombre maximum de voisins que l'on va utiliser.
- \$VAR : tel que la variance de la gaussienne sera égale au produit de *VAR* par la distance moyenne au carré entre deux points de la grille source.

Le poids appliqué à un "voisin" est proportionnel à la fonction $\exp(\frac{-x^2}{2d^2VAR})$, où *x* est la distance entre les points source et cible, et *d* la distance moyenne entre un point de la grille source et ses quatre plus proches voisins. La gaussienne est d'autant plus aplatie que le dénominateur est grand, *i.e.* *d* grand et/ou *VAR* grand; en conséquence cela revient à tendre vers une moyenne des voisins. Si au contraire la gaussienne est plus pointue, alors on accordera un poids plus important au plus proche voisin. On produit des essais avec un voisin, deux voisins, et quatre voisins. On utilise pour cela *VAR* égal 1, 2, 50, 100, puis il s'avère que seul un *VAR* inférieur à 1 permet de modifier le poids en fonction de la distance. Dans le cadre de Mercator, les paramètres utilisés sont *NVOISINS* = 4 pour ne pas privilégier de direction, et *VAR* = 0.17. De façon théorique, prenons un exemple ainsi constitué :

- du côté source (atmosphérique), on a deux points A et B de distance 70 km (pour la grille Arpège-médias et dans le domaine considéré la distance moyenne est d'environ 73 km);
- du côté cible (océanique), on a 8 points distants de 10 km, le premier coïncidant avec A, le dernier avec B.

En choisissant 2 voisins et *VAR* = 0.17, on obtient les combinaisons suivantes :

- pour le premier point : 0.95A + 0.05B
- pour le second point : 0.89A + 0.11B
- pour le troisième point : 0.78A + 0.22B
- pour le quatrième point : 0.60A + 0.40B
- ...
- pour le huitième point : 0.05A + 0.95B

Lorsque l'on prend toujours deux voisins mais en modifiant *VAR*, pour le premier point :

- *VAR* = 1 : 0.62A + 0.38B
- *VAR* = 2 : 0.56A + 0.44B
- *VAR* = 100 : 0.50A + 0.50B

$$- VAR > 100 : 0.50A + 0.50B$$

On voit donc que plus VAR est petit, plus le plus proche voisin est privilégié dans la combinaison linéaire. Maintenant on considère quatre points A à D de la grille source distants de 70 km, et on calcule la combinaison obtenue pour un point cible correspondant au point A :

$$- VAR = 0.17 : 0.85A + 0.05B + 0.05C + 0.05D$$

$$- VAR = 0.1 : 0.98A + 0.0066B + 0.0066C + 0.0066D$$

Avec $VAR = 0.17$ les maxima locaux seront atténués. On trouvera un exemple de l'effet des deux paramètres à fixer sur la figure 7. Avec deux voisins, le champ est plus bruité. On voit que le choix de quatre voisins et $VAR = 0.17$ donne le champ le plus lissé, c'est cette version que l'on utilisera pour le couplage des modèles.

3 Expérience de forçage d'OPA-Méditerranée par la simulation DA9 d'Arpège-médias.

On s'intéresse ici uniquement à la préparation des fichiers issus de DA9 et qui seront lus par OPA lors du forçage.

3.1 Récupération des champs DA9 quotidiens.

On récupère les sorties DA9 d'Arpège en ne gardant que le domaine $[-15^\circ ; 40^\circ]$ en longitude, $[30^\circ ; 50^\circ]$ en latitude. On en extrait les champs suivants : CONSFTOT (non-solaire en W/m^2), COSHFTOT (solaire en W/m^2), COWATFLU (flux d'eau, mm/jour), CORUNOFF (ruissellement en mm/jour), COSSTSST (température de surface en degrés Celsius), COZOTAUX (tension du vent zonal en N/m^2), COMETAUY (tension du vent méridien en N/m^2). Ces champs quotidiens de DA9 sont stockés par année sur `delage`.

3.2 La méthode et le stockage des résultats.

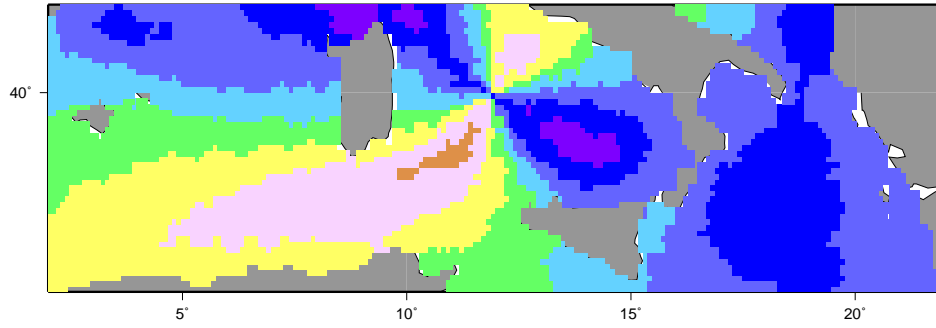
L'idée de préparer les fichiers de forçage "en temps réel" pendant la simulation a été envisagée, mais devant la taille raisonnable de l'ensemble (22.1 Go pour des fichiers mensuels au format `dimg` de 1960 à 1999) comparée au temps d'environ trois heures pour traiter une année, on prépare préalablement tous les fichiers.

Les étapes sont les suivantes :

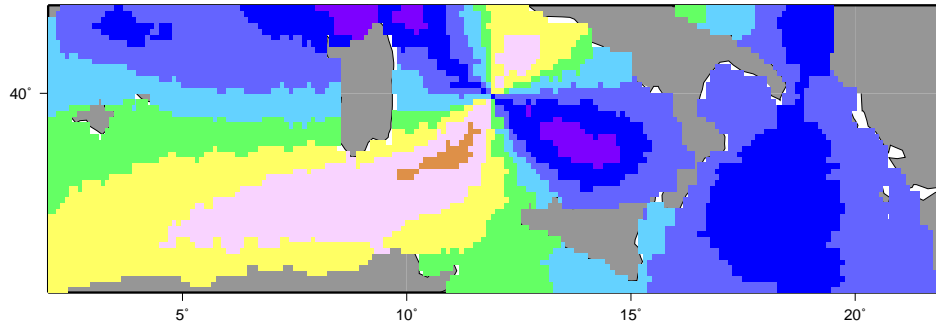
1. Création de 365 fichiers `flxatmos` contenant les champs CONSFTOT, COSHFTOT, COWATFLU, CORUNOFF, COSSTSST, COZOTAUX, COMETAUY, COZOTAUU, COMETAUU sur la grille Arpège-médias complète, les composantes de la tension étant traitées de façon à pointer vers l'est et le nord géographiques, multipliés par le coefficient d'étirement, et tels que `COZOTAUX=COZOTAUU` et `COMETAUY=COMETAUU`.
2. Création de 365 fichiers `flxocean` sur la grille OPAméd8 par l'intermédiaire d'OASIS. On trouve dans la `namcouple` les lignes suivantes :

```
#
# Field 1 : Non solar heat flux
#
```

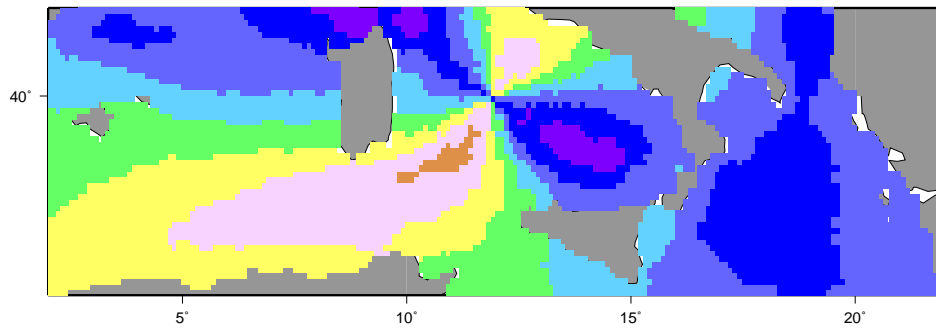
INTERP-GAUSSIAN avec 4 voisins et VAR=0.7



INTERP-GAUSSIAN avec 4 voisins et VAR=0.5



INTERP-GAUSSIAN avec 4 voisins et VAR=0.17



INTERP-GAUSSIAN avec 2 voisins et VAR=0.17

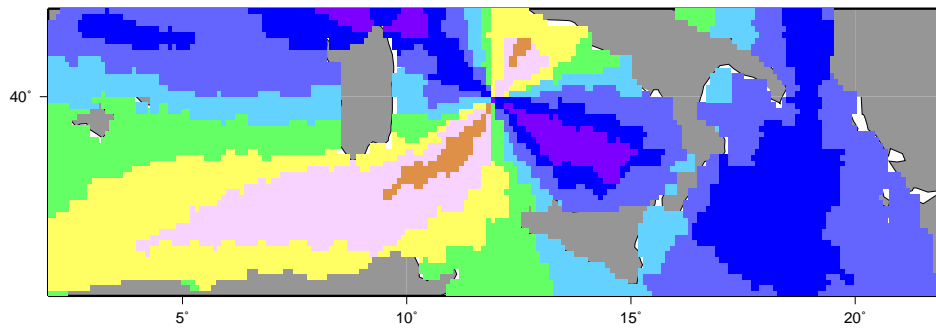


FIG. 7 – INTERP-GAUSSIAN : exemple de différence selon les paramètres.

CONSFTOT SONSHLDO 6 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
EXPORTED

21692 1 394 160 bmed tom8 1 0 0 1

R O P O

#

CHECKIN MASK EXTRAP MOZAIC CHECKOUT

#

999.999

NINENN 3 0 1

runoffom 92 2 20

#

Field 2 : Solar heat flux

#

COSHFTOT SOSHFLDO 7 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
EXPORTED

21692 1 394 160 bmed tom8 1 0 0 1

R O P O

#

CHECKIN MASK EXTRAP MOZAIC CHECKOUT

#

999.999

NINENN 3 0 1

runoffom 92 2 20

#

Field 3 : water flux

#

COWATFLU SOWAFLDO 29 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
EXPORTED

21692 1 394 160 bmed tom8 1 0 0 1

R O P O

#

CHECKIN MASK EXTRAP MOZAIC CHECKOUT

#

999.999

NINENN 3 0 1

runoffom 92 2 20

#

Field 4 : Surface Temperature

#

COSSTSST SOSSTSST 34 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
EXPORTED

21692 1 394 160 bmed tom8 1 0 0 1

R O P O

#

CHECKIN MASK EXTRAP MOZAIC CHECKOUT

#

999.999

NINENN 3 0 1

runoffom 92 2 20

#

```

# Field 5 : composante zonale de la tension du vent
#           pour la grille U
#
COZOTAUX SOZOTAUX 23 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
  EXPORTED
21692 1 394 160 bmed uom8 1 0 0 1
R O P O
#
CHECKIN MASK EXTRAP INTERP CHECKOUT
#
999.999
NINENN 3 0 1
GAUSSIAN U VECTOR 1 2 2.0 0
#
# Field 6 : composante méridienne de la tension du vent
#           pour la grille U
#
COMETAUU SOMETAUU 23 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
  EXPORTED
21692 1 394 160 bmed uom8 1 0 0 1
R O P O
#
CHECKIN MASK EXTRAP INTERP CHECKOUT
#
999.999
NINENN 3 0 1
GAUSSIAN U VECTOR 2 2 2.0 0
#
# Field 7 : composante zonale de la tension du vent
#           pour la grille V
#
COZOTAUV SOZOTAUV 24 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
  EXPORTED
21692 1 394 160 bmed vom8 1 0 0 1
R O P O
#
CHECKIN MASK EXTRAP INTERP CHECKOUT
#
999.999
NINENN 3 0 1
GAUSSIAN U VECTOR 3 2 2.0 0
#
# Field 8 : composante méridienne de la tension du vent
#           pour la grille V
#
COMETAUY SOMETAUU 24 86400 5 flxatmos flxocean 95 31
  EXPORTED
21692 1 394 160 bmed vom8 1 0 0 1
R O P O
#

```

```

CHECKIN MASK EXTRAP INTERP CHECKOUT
#
999.999
NINENN 3 0 1
GAUSSIAN U VECTOR 4 2 2.0 0
#

```

Trois choses sont à noter :

- on n'utilise qu'un seul fichier de poids qui est `runoffom` dont on a détaillé la création plus haut ; or pour la température de surface, il faudrait logiquement un fichier de poids spécifique, avec normalisation intensive, *i.e.* sans prendre en compte les surfaces ; la différence obtenue est du même ordre que lors de l'interpolation d'un flux constant d'Arpège-médias vers OPA-Méditerranée (paragraphe 2.7).
 - on prend 2 voisins et $VAR = 2$ pour la séquence INTERP-GAUSSIAN, le lancement des calculs ayant été fait avant de prendre une décision à ce propos. Ce point sera corrigé dans la version couplée.
 - enfin le fichier `nweights` utilisé par EXTRAP est celui que l'on a créé, en prenant pour cible la grille T d'OPA (cf paragraphe 2.5.2).
3. regroupement en fichiers mensuels par variable, en format `dimg` (format lu et écrit par OPA, avec entête spécifique) : on regroupe le vent en deux composantes, zonale au point U et méridienne au point V. Les fichiers ainsi constitués sont envoyés sur `delage` (LODYC/FORÇAGE/DA9).

4 Couplage d'Arpège-médias avec OPA-Méditerranée.

La méthode de couplage avec OASIS 2.4 que l'on choisit est la technique SIPC (System V Inter Process Communication) [4]. La communication se fait par des segments de mémoire partagée, la synchronisation des lectures et écritures étant assurée par des sémaphores attachés à chaque segment.

4.1 Arpège-médias.

On utilise la version 22a d'Arpège, en mode étiré. La clé `LMCC03` est positionnée à `TRUE`, on tourne sur deux processeurs. Une compilation est nécessaire, car on modifie `wrcodm.F` de la façon suivante :

- on n'envoie que des tableaux sur la grille réduite, et non pas complétés par des zéros pour que la taille soit celle de la grille complète ; de cette façon, il n'y a aucune ambiguïté dans le `namcouple` d'OASIS sur le type de grille, réduite ou complète : on ne connaît que la grille réduite.
- on opère un calcul sur la tension de façon que les directions du vent soient indépendantes du pôle de la grille ; pour cela on a besoin d'un fichier supplémentaire comprenant les `cosinus` et `sinus` nécessaires multipliés par le coefficient d'étirement.

La liste des champs envoyés est écrite dans `wrcodm.F`, mais le nombre de champs échangés est par exemple fixé dans le module `MOD_COU` : de façon à prendre le moins de risques possibles avec le fonctionnement d'Arpège, on garde le même

nombre de champs échangés de l’atmosphère vers l’océan ; ceux qui ne seront pas attendus par OPA seront traités en AUXILARY dans la namcouple d’OASIS. De la même façon OPA va envoyer les champs qu’Arpège attend par défaut.

4.2 OPA-Méditerranée.

Cette version d’OPA n’a jamais été couplée, elle nécessite donc un certain nombre d’adaptations. On va s’inspirer d’une version d’OPA couplée utilisée par Jean-François Guérémy, sachant que notre version est plus ancienne et que les modifications ne peuvent être recopiées telles-quelles. Notons qu’on ne tient pas compte ici de l’ordre des modifications, en particulier avant ou après les premiers tests.

Les champs envoyés par OPA à Arpège sont les suivants : la température de surface, l’albédo, la proportion de glace. Les champs attendus par OPA sont les suivants : le flux de chaleur non-solaire, le flux de chaleur solaire, le flux d’eau, les deux fois deux composantes de la tension du vent (cf paragraphe 2.10).

Les modifications apportées au code sont détaillées ci-dessous :

- Pour la méthode SIPC, on rajoute `SIPC_Init_Model.F`, `SIPC_Write_Model.F`, `inc_sipc.h`, `param_sipc.h`, `param_cou.h`.
- `common.h` est modifié, on sépare ce qui concerne le couplage dans `common.coupled.h` ; on rajoute le champ `siaoc` pour l’albédo.
- `parameter.h` est modifié, on sépare ce qui concerne le couplage dans `parameter.coupled.h`.
- `inicmo.F` (initialisation du mode de communication choisi pour le couplage) : on rajoute le mode SIPC ;
- `parlec.F` (lecture de la `namelist`) : on rajoute le choix SIPC.
- `flx.coupled.h` (lecture des flux hors tension du vent) : rajout de SIPC et modification des calculs de flux.
- `tau.coupled.h` (lecture de la tension du vent) : rajout de SIPC, appel de `repcmo` pour revenir à deux composantes, points U et V.
- création de `repcmo.F` (passage de quatre composantes à deux) et `angle_uv.F` (calcul des angles entre les lignes de la grille et le nord).
- `stpcmo.F` (envoi des champs vers l’atmosphère) : rajout de SIPC.
- à propos des clés de compilation, quelques modifications ont été nécessaires : la clé `key_sstdta` commande le rappel en température de surface, la clé `key_sssdta` le rappel en salinité de surface, et ensuite c’est respectivement dans `dtasst.F` et `dtasss.F` que l’on choisit le type de rappel.

OPA sera exécuté sur un processeur (clé `key_monotasking`).

4.3 OASIS

Les modifications d’OASIS conditionnées par les grilles des modèles ont été décrites pour l’interpolation.

On rappelle simplement quelques valeurs de `parameter.h` pour la compilation : `jpmx = 700000`, `jpmxold = 500000`, `jpmxnew = 700000`, `jpgrd = 63040`.

On précise également la date de début des climatologies dans `blkdata.f` : 16 janvier 1960. On choisit le jour 16 pour la raison suivante : dans `filling`, si le jour courant est avant le 15, on prendra comme climatologie une interpolation entre le mois précédent et le mois suivant, et s’il est après le 15, entre le mois courant et le mois suivant ; par contre si la date de départ dans `blkdata.f`

est inférieure à 15, alors on partira toujours du mois courant et on utilisera éventuellement le mois suivant le suivant (les calculs de dates sont faits dans `updtim.f`).

4.4 L'environnement du couplage.

La date de départ choisie est le 1^{er} septembre 1971.

Pour OASIS, on crée deux fichiers qui contiendront les premiers champs envoyés aux deux modèles au premier pas de temps : champs de DA9 du 1^{er} septembre 1971 pour l'atmosphère, champs climatologiques de septembre 1971 extraits de la climatologie atmosphérique utilisée pour filling puis interpolée sur la grille OPAméd8 pour l'océan.

L'environnement du couplage (système de relances automatiques etc...) est celui utilisé pour les expériences de scénarios climatiques par GMGEC/UDC. On fonctionne par relances de six fois 5 jours, avec couplage quotidien.

4.5 Liste des expériences.

4.5.1 CC1 : premier test de couplage.

Six mois exécutés.

Les problèmes : `lrstar = FALSE` dans la `namelist` d'OPA, l'océan part du repos et non pas du restart ; rappel en SST à cause de la clé `key_sstdta` ; tensions du vent τ_x et τ_y nulles à cause d'une erreur de codage ; flux d'eau donné en mm/s pour des mm/jour.

Remarque : pour la tension du vent, INTERP-GAUSSIAN est utilisé avec 2 voisins et $VAR = 2$.

4.5.2 CC2 : second test.

10 ans exécutés.

Les problèmes : la suppression de la clé `key_sstdta` a entraîné la suppression du rappel en salinité qui y était lié (bug OPA) ; les tensions τ_x et τ_y d'Arpège n'ont pas été tournés avant l'envoi à OASIS (cf paragraphe 2.9), les directions sont donc mauvaises ainsi que l'intensité divisée environ par trois (le facteur d'étirement).

Remarque : pour la tension du vent, INTERP-GAUSSIAN est utilisé avec 2 voisins et $VAR = 2$.

4.5.3 CAM1 : première expérience de couplage (Couplage Arpège Méditerranée 1).

10 ans exécutés.

Principales caractéristiques : pas de rappel en SST ni en salinité.

Remarque : pour la tension du vent, INTERP-GAUSSIAN est utilisé avec 4 voisins et $VAR = 0.17$.

4.5.4 CAM2 : seconde expérience de couplage.

10 ans exécutés.

Principales caractéristiques : pas de rappel en SST, rappel en salinité (`key_sssdta`)

vers la climatologie MODB5 en Méditerranée, et Reynaud dans la zone de tampon.

Remarque : pour la tension du vent, INTERP-GAUSSIAN est utilisé avec 4 voisins et $VAR = 0.17$.

5 Conclusion.

Un nouveau modèle couplé régional est mis en place. Le modèle Arpège à grille étirée centrée sur la Méditerranée en constitue la partie atmosphérique, le modèle OPA version Méditerranée la partie océanique. Le coupleur OASIS du CERFACS assure la communication entre les deux interfaces.

Ce nouveau modèle servira à produire des expériences régionalisées de scénarios sur le bassin méditerranéen, et des études des mécanismes de couplage sur la mer Méditerranée.

Toutes les étapes pour parvenir à ce résultat sont décrites ici, dans une optique de documentation de ce modèle en particulier, mais aussi de canevas pour la réalisation de futurs modèles couplés régionaux.

Références

- [1] E. Maisonnavé : *Les différentes étapes d'un couplage océan-atmosphère avec Oasis*, Working Note No. WN/CMGC/00-85, CERFACS, (2000)
- [2] Modélisation communautaire : *ARPEGE-CLIMAT - Version 3 - II. Mode d'emploi*, (1999)
- [3] O. Marti et J. Bellier : *Calcul des poids pour l'interpolation MOZAIC de OASIS*, Le Journal de Gaston, No. 13, (2000)
- [4] S. Valcke et al. : *OASIS 2.4, Ocean Atmosphere Sea Ice Soil, User's Guide*, CERFACS, (2000)
- [5] G. Madec et al. : *OPA 8.1, Ocean General Circulation Model, Reference Manual*, Notes du pôle de modélisation, No. 11, IPSL, (1998)
- [6] et aussi D. Salas y Melia : notes personnelles sur le couplage de TRIP avec OPA-Gelato-Arpège (2001).