

Modèle inverse en boîte : les évolutions

Auteurs : C. Kermabon – H. Mercier – P. Lherminier

Dernière mise à jour : 24 septembre 2007

SOMMAIRE

1.	Introduction	3
2.	Evolutions : JUIN 2003	4
2.1.	Contraintes de traceur en anomalie	4
2.2.	Résolution de bugs	4
2.3.	Prise en compte des surfaces neutres	5
2.4.	Prise en compte des données VM-ADCP et L-ADCP	5
3.	Evolutions : Février 2004	7
3.1.	Pondération par la surface totale	7
3.2.	Flags à prendre en compte	7
3.3.	Nouveaux fichiers de sortie	8
4.	Evolutions : Juillet 2004	9
4.1.	Modifications logicielles	9
4.1.1.	Principales modifications	9
4.1.2.	Prise en compte des nouveaux codes	9
4.1.3.	Autres	10
4.1.4.	Makefile	10
4.2.	Modification des fichiers en entrée	11
5.	Evolutions : Juillet 2005	12
6.	Evolutions : Octobre 2005	13
7.	Evolutions : Mars 2007	14
8.	Evolutions : Mai 2007	16
9.	Evolutions : Septembre 2007	17
9.1.	Moyenne des traceurs sur la boîte	17
9.2.	Discontinuité dans les profils des paires de stations	18
9.3.	Calcul du cumul de la circulation méridienne par rapport à sigma	21
10.	Annexes	22
10.1.	Fichier en entrée de l'inversion	22
10.2.	Fichier liste de station	24
10.3.	Fichier boîte	25
10.4.	Correspondance anciens codes / nouveaux codes	27
10.5.	Fichier vent ERA40	28

1. Introduction

Ce document regroupe toutes les modifications et améliorations apportées au modèle inverse en boîte.

A l'heure actuelle, ce modèle a principalement évolué en juin 2003, février et juillet 2004 :

- En juin 2003, il a été revu afin d'en améliorer la méthodologie avant l'application à la campagne OVIDE 2002 pour les calculs de transports. L'exécutable associé tourne sur le calculateur scientifique de l'ifremer nympha et se situe sous le répertoire :
 - */home2/nympha/chemon/inv_herle*
- En février 2004, le modèle a principalement été mis à jour afin de créer en sortie de nouveaux fichiers de transports. L'exécutable associé tourne sous linux et se situe sous le répertoire :
 - */home/doelana/chemon/geostrophie/inv_2004*
- En juillet 2004, le modèle a été adapté afin de lire des fichiers multi-stations NetCDF à la place des fichiers mono-station '.clc'

2. Evolutions : JUIN 2003

2.1. Contraintes de traceur en anomalie

Pour pouvoir utiliser des traceurs présentant de faibles variations autour d'un signal moyen fort, tels que le carbone anthropique, le modèle inverse a été modifié afin de donner la possibilité d'utiliser des **contraintes de traceur en anomalie**. Pour ces contraintes, on ne considère pas le traceur en tant que tel mais son anomalie (la différence entre le traceur et sa moyenne calculée sur toutes les paires de stations et sur toutes les profondeurs). **Cette option est offerte pour le traceur 'sel' et pour tout traceur chimique.**

Pour ce faire ont été modifiés et/ou créés les programmes :

- ***m_fic_entree.f90*** : Modification de la subroutine de lecture du fichier boîte 'mfe_read_fic_boite' afin de lire pour chaque contrainte un flag indiquant si la contrainte est à considérer en anomalie ou en traceur. Si ce flag n'existe pas, la contrainte est considérée en traceur et non en anomalie.
- ***m_contrainte.f90*** : Ajout d'un flag associé à chaque contrainte. Ce flag est à 1 si la contrainte doit être en anomalie, à 0 sinon.
- ***cal_moy_bte_prof.f90*** : Calcul de la moyenne d'un traceur sur toutes les paires de stations et sur toutes les profondeurs
- ***transport.f90*** : Appel au calcul de la moyenne du traceur

2.2. Résolution de bugs

La version précédente comportait 2 bugs :

- Dans le cas où l'option de triangle de fond était linéaire en imposant une vitesse géostrophique au fond, le modèle imposait une vitesse géostrophique au fond à 0 **avant** la prise en compte de la vitesse géostrophique au niveau de référence. Or, c'est la vitesse géostrophique comprenant la vitesse au niveau de référence qui doit être nulle au fond.
- Dans le cas où l'option de triangle de fond était à 'F'. Bien que les débits étaient correctement mis à 0 pour le triangle de fond, les vitesses écrites dans les fichiers '*.vit.*' pour le triangle de fond étaient incorrectes. Elles étaient non nulles.

Pour y remédier, les modifications suivantes ont été apportées :

- ***m_paire_res.f90*** : Ajout d'un coefficient de vitesse pour la paire de station. Ce coefficient vaut 1 excepté pour le triangle de fond dans les cas suivants :
 - L'option 'F' est utilisée. Le coefficient de vitesse vaut 0 pour le triangle de fond.
 - L'option 'L' est utilisée. Le coefficient de vitesse est linéaire et est calculé de sorte à obtenir une vitesse géostrophique nulle pour la profondeur maximale.
- ***m_boite_res.f90*** : Ajout d'un coefficient de vitesse équivalent à ci-dessus mais affecté à l'ensemble des paires de stations de la boîte.
- ***paire_geometrie.f90*** : Calcul du coefficient de vitesse pour la paire de station.

- *transport.f90* : Prise en compte du coefficient de vitesse dans l'appel à *paire_geometrie.f90*
- *cree_fic_boite.f90* : Prise en compte du coefficient de vitesse pour écriture dans le fichier résultat.

2.3. Prise en compte des surfaces neutres

L'utilisateur souhaitait pouvoir définir des tranches d'eau à partir de la densité neutre. Pour ce faire :

- Le logiciel de détermination de la densité neutre de McDougall a été récupéré via le web sur le site CSIRO <http://www.marine.cisro.au/~jackett/NeutralDensity>. Ce logiciel fortran/matlab a été recompilé pour fonctionner sous solaris et linux. A partir de la subroutine *gamma_n.m*, la densité neutre sera rajoutée dans les fichiers 'clc' utilisés par le modèle inverse. L'utilisateur pourra définir les tranches d'eau à l'aide de la densité neutre comme il le faisait auparavant avec les paramètres de densité (*si0*, *si1*, ...etc). Cela n'implique aucune modification du modèle inverse.

2.4. Prise en compte des données VM-ADCP et L-ADCP

Des programmes extérieurs au modèle inverse ont été développés afin de calculer les transports d'ADCP de coque et/ou de L-ADCP. L'utilisateur peut utiliser ces résultats pour rajouter des contraintes du type 'Autres_Contraintes'.

- Sous le répertoire */home/doelanaival/chemon/geostrophie/inv/adcp*, 3 scripts matlab ont été créés :
- *cree_fic_ladcp.m* : A partir d'un fichier '*.list.date*' contenant des informations sur des paires de stations (numéro de paire, première station, seconde station, date de fin de la première station, date de début de la seconde de station) et d'un fichier comprenant les vitesses L-ADCP pour chaque station, ce script permet de calculer pour chaque paire de station la moyenne des vitesses L-ADCP (moyenne des vitesses des 2 stations de la paire).
- *cree_fic_vmadcp.m* : A partir d'un fichier '*.list.date*' contenant des informations sur des paires de stations (numéro de paire, première station, seconde station, date de fin de la première station, date de début de la seconde station) et d'un fichier comprenant les vitesses VM-ADCP de la campagne, ce script permet de calculer la moyenne des vitesses VM-ADCP *inter_station*.
- *cree_fic_vmadcp_sta.m* : A partir d'un fichier '*.list.date*' contenant des informations sur des paires de stations (numéro de paire, première station, seconde station, date de fin de la première station, date de début de la seconde station) et d'un fichier comprenant les vitesses VM-ADCP des stations, ce script permet de calculer la moyenne des vitesses VM-ADCP des 2 stations.

Chacun des scripts ci-dessus crée un fichier par paire de stations comportant :

- profondeur en m
- U en cm/s
- V en cm/s
- Sous le répertoire */home2/nymphaea/chemon/inv_herle/src*, le fichier *calcul_debit_adcp.f90* a été créé. A partir du fichier en entrée du modèle inverse et des fichiers créés par les scripts ci-dessus, il crée un fichier par boîte contenant pour chaque paire de station et pour chaque tranche le débit associé aux vitesses ADCP.

3. Evolutions : Février 2004

En février 2004, le modèle inverse a été mis à jour afin d'y intégrer toutes les améliorations effectuées par H. Mercier dans sa propre version du modèle.

3.1. Pondération par la surface totale

Dans le fichier en entrée, l'utilisateur doit indiquer s'il souhaite ou non effectuer une pondération par la surface totale des éléments correspondant aux vitesses au niveau de référence de la matrice cz (matrice de covariance d'erreur pour les inconnues : vitesses au niveau de référence, diffusivité verticale et transports équatoriaux) avant inversion. Auparavant, aucune pondération n'était effectuée. La pondération par surface permet d'obtenir une solution pour laquelle l'estimation des vitesses au niveau de référence ne dépend pas de l'aire entre les stations d'une paire, ce qui sera le cas si aucune pondération n'est effectuée. La matrice de covariance d'erreur après inversion cstar est quant à elle dépondérée après inversion.

Pour ce faire, les fichiers modifiés sont :

- *m_fic_entree.f90* : Modification de la lecture du fichier en entrée de l'inversion. Ce fichier doit contenir la ligne [POND_SURF] suivie d'une ligne comprenant un flag. Ce flag vaut 1 si la pondération par la surface doit s'effectuer ; 0 sinon
- *inverse.f90* : Modification du source pour appliquer la pondération par la surface si nécessaire.

3.2. Flags à prendre en compte

Dans le fichier en entrée, l'utilisateur indique la liste des flags à prendre en compte pour les données de chimie. Auparavant, seules les données de flags 'b' (bon) étaient prises en compte. Or, dans les fichiers d'OVIDE, il existe des données interpolées correctes flagguées à 'i'. D'autre part, l'utilisateur peut souhaiter prendre en compte les données douteuses. La prise en compte des flags n'est donc plus figée dans l'exécutable mais est au libre choix de l'utilisateur. Les sources modifiés sont :

- *m_fic_entree.f90* : Modification de la lecture du fichier en entrée de l'inversion. Les flags des données de chimie à prendre en compte sont listés par une ligne qui suit la ligne [FLAG_CHIM].
- *m_paire_de_station.f90* : Modification de la prise en compte des données de chimie correctes. On garde les données de chimie associées aux flags définis par l'utilisateur.
- *m_param_phys_chim.f90* : Définition de la variable mppc_flag_chim_user contenant la liste des flags à prendre en compte pour les données de chimie.

3.3. Nouveaux fichiers de sortie

On crée des fichiers comportant les transports de chaque paire non par pas tranche mais par niveau, c'est-à-dire de la surface au fond avec un pas de 1 db (les fichiers 'clc' ayant cette résolution). On crée un fichier pour le transport de :

- Volume
- Chaleur
- Chacun des paramètres chimiques utilisés dans les contraintes

Ces fichiers permettent à l'utilisateur d'effectuer diverses analyses sur les composantes barotropes et baroclines de la vitesse (par exemple, tracé de la composante barotrope sur la verticale, tracé de la composante barocline le long de la section).

Pour ce faire, ont été modifiés et/ou créés les sources suivants :

- ***decomposition_transport.f90*** : Cette subroutine calcule les transports en volume, chaleur et traceurs chimiques pour chaque niveau de chaque paire de stations.
- ***cal_integrale_rhau_niveau.f90*** : Calcul de l'intégrale de 'rhau' pour chaque niveau d'une paire de station.
- ***transport.f90*** : Appel à *cal_integrale_rhau_niveau.f90* pour la chaleur et les traceurs chimiques.
- ***inverse.f90*** : Appel à *decomposition_transport.f90* et écriture des fichiers de transport par niveau pour chaque paire de station (1 fichier pour le volume, 1 fichier pour la chaleur et 1 fichier par traceur de chimie).

4. Evolutions : Juillet 2004

En juillet 2004, le modèle inverse en boîte a été adapté afin de pouvoir associer à chaque station un fichier multi-stations NetCDF à la place du fichier binaire mono-station '.cl'. L'exécutable associé se situe sous le répertoire :

/home/doelanaival/chemon/geostrophie/inv_2004

4.1. Modifications logicielles

4.1.1. Principales modifications

Les modifications essentielles sont relatives au module *m_paire_de_station.f90* :

- Suppression des appels à la librairie hydsgf.a :
 - lcetis
 - lcpars
 - lchms
- Création des sous-routines de lecture d'un fichier multi-stations NetCDF :
 - lec_info_gene :
 - Lecture du fichier multi-stations NetCDF associé à la station en cours.
 - Pour la station en cours, récupération de :
 - la position
 - le mois et l'année (utile pour lire le vent)
 - le nombre maximal de niveau
 - lec_param_nc :
 - Lecture du fichier multi-stations NetCDF associé à la station en cours.
 - Pour la station en cours, récupération d'un paramètre physique donné.
 - lec_param_nc_chim :
 - Lecture du fichier multi-stations NetCDF associé à la station en cours.
 - Pour la station en cours, récupération d'un paramètre chimique donné et des flags associés.

4.1.2. Prise en compte des nouveaux codes

Plusieurs sources n'ont été modifiées que pour prendre en compte les nouveaux codes physiques et chimiques.

L'équivalence des codes s'effectue selon le tableau ci-après :

Ancien code Fichier .clc	Nouveau code Fichier multi-stations NetCDF
prs	PRES
tet	TPOT
sig	SIGI
sal	PSAL
imm	IMMR
hdy	DYNH
bv2	BRV2

Les sources affectés sont :

- *correl_vit_traceur.f90*
- *det_tranche.f90*
- *transport.f90*
- *vitgeo.f90*

4.1.3. Autres

m_parameter.f90 : On force la dimension *max_len_code* à 6 au lieu de 4, 6 étant la nouvelle longueur maximale du nom des paramètres chimiques.

On supprime la définition de *max_xet* et *max_cet*.

m_param_phys_chim.f90 : On change la dimension des tableaux *mppc_val_chim* et *mppc_flag_chim*. On remplace la dimension égale à *max_param_chim* à 2. Auparavant, la subroutine 'lchms' (de la librairie *hydsgf.a*) lisait les valeurs et les flags de tous les paramètres chimiques. Désormais, on a une subroutine permettant de ne lire qu'un seul paramètre chimique à la fois. Dans *mppc_val_chim* et *mppc_flag_chim*, on ne stocke plus que la pression chimie et le paramètre chimie en cours.

inverse.f90 : On modifie l'affichage à l'écran des paramètres physiques et chimiques utilisés pour l'inversion. On affiche les codes sur 7 caractères au lieu de 5 (sinon, les noms de paramètres sont collés).

m_fic_entree.f90 : On prend en compte le nouveau fichier liste en entrée. Auparavant, le numéro de station était intégré dans le fichier '.clc' associé à la station. Le fichier multi-stations NetCDF comprend toutes les stations d'une campagne. Il ne permet pas d'identifier la station en cours. Dans le fichier liste, pour chaque station, on indique le répertoire du fichier NetCDF à considérer, le fichier NetCDF et le numéro de station.

4.1.4. Makefile

Pour compiler, il faut faire l'édition de lien non plus avec la librairie *hydsgf.a* mais avec la librairie NetCDF *libnetcdf.a*.

4.2. Modification des fichiers en entrée

Ont été modifiés les 3 fichiers suivants utiles à l'inversion :

- Le fichier en entrée :
 - Les flags chimie à considérer par l'utilisateur doivent prendre en compte la nouvelle définition de ces flags.

Ancien code Fichier .clc	Nouveau code Fichier multi-stations NetCDF
b	G
d	D
r	R
m	B
i	I
‘ ‘	‘ ‘

- Le fichier contenant la liste des stations :
 - Chaque station est définie par un répertoire, un fichier multi-stations NetCDF et un numéro de station.
- Le fichier boîte :
 - Pour la définition des tranches, contraintes, ...etc, il faut prendre en compte la nouvelle définition des codes des paramètres physiques et chimiques.



5. Evolutions : Juillet 2005

En juillet 2005, le modèle a été amélioré afin de :

- Déterminer le transport en fonction de la densité (S10 et S11). Jusqu'alors, le transport était uniquement fonction de l'immersion.
 - Le fichier *calmoc_sigma.f90* a été créé
- Prendre en compte les vents ERA40 disponibles jusqu'en 2002. Les fichiers de vents lus sont des fichiers NetCDF annuel. Ils sont créés par l'utilisateur depuis des fichiers NetCDF ERA40 comprenant les tensions de vent quotidien pour une année. Ces fichiers doivent :
 - Contenir les tensions de vent moyen mensuel pour le globe.
 - se situer sous un sous-répertoire ERA du répertoire d'exécution
 - avoir la nomenclature suivante : **ERA40_mthlysurfstress_YYYY.nc**.
 - Avoir la structure conforme à celle fournie en annexe.

Pour ce lire ces fichiers vent :

- *transport_ekman.fpp* a été modifié pour prendre en compte une nouvelle clé associée aux vents ERA40.
- Le module *m_vent_ERA40.f90* a été créé.

A l'heure actuelle, pour les vents ERA, l'exécutable impose à l'utilisateur de prendre en compte, pour chaque paire de station, les vents de l'année moyennés sur plusieurs mois consécutifs. L'utilisateur doit impérativement avoir dans son fichier en entrée l'option : **HR_MOY** précisant le premier et le dernier mois utile à la moyenne des vents.

Pour après 2002, l'utilisateur pourra utiliser d'autres vents (du type Quikscat). Il devra alors les convertir en fichier annuel de la structure des fichiers ERA40.

6. Evolutions : Octobre 2005

Le modèle inverse en boite a été modifié en octobre 2005 pour permettre à l'utilisateur de définir différentes régions par tranche afin de calculer l'erreur sur les transports associés avant et après inversion.

L'utilisateur définit les régions pour chaque tranche dans le fichier boite. Il doit fournir 1 ligne par tranche ; chaque ligne indiquant la définition des diverses régions via les numéros de paire de station. Les régions sont supposées consécutives.

Ex de définition des régions pour 2 tranches :

[Regions]

3 100 105

3 80 90 105

Pour la tranche 1, on a 2 régions : 1 de la paire de numéro 3 à la paire de numéro 99 et l'autre de la paire n° 100 à la paire de n°105.

Pour la tranche 2, on a 3 régions : 1 de la paire n° 3 à celle n° 79, la 2^{nde} de la paire n° 80 à celle n° 89 et la dernière de la paire n° 90 à la paire n° 105.

Pour ce faire, ont été modifiés :

- ***m_fic_entree.f90*** : Modification de la lecture du fichier boite (subroutine *mfe_read_fic_boite*).
- ***m_parameter.f90*** : Ajout de la variable *max_region_par_tranche* indiquant le nombre maximal de région par tranche pouvant être définies. Initialisée à 20.
- ***m_tranche_eau.f90*** : Définition des variables *mte_nb_region* indiquant le nombre de régions par tranche et *mte_region* comprenant la définition des régions. Une région est définie par un couple de numéro de paire (premier et dernier numéro de paire de station à prendre en compte dans la région). Si l'utilisateur définit N régions pour une tranche donnée, on a (N+1) numéros de paire de station pour cette tranche.
- ***inverse.f90*** : Modification pour le calcul d'erreur. On s'inspire du calcul d'erreur sur les transports horizontaux cumulés déjà effectué pour chaque tranche (appel à *cal_init_mat_M_special* et *cal_erreur_transport_special*). Pour les résultats, on crée un fichier par tranche comprenant, pour chaque région, l'erreur sur le transport cumulé avant et après inversion. La nomenclature du fichier résultat est :
 <nom_boite>_erreur_cum_region_XXX.dat avec XXX étant le numéro de tranche.

7. Evolutions : Mars 2007

Le modèle inverse a été modifié par rapport aux vents. Jusqu'à présent, le choix des vents était associé à une clef cpp. Il était donc nécessaire de générer un exécutable par type de vent. Désormais, le choix des vents est une option à définir par l'utilisateur dans le fichier en entrée via le mot-clef [TYPE_VENTS] (en lieu et place du mot-clef [Vents]). La structure de ce mot-clef est la suivante :

```
[TYPE_VENTS]
Type_vent_utilisateur
Date1 date2
```

Avec :

Type_vent_utilisateur pouvant être :

- *hellerman*
- *quikscat*
- *era40*
- *ers*

Date1 Date2 formaté comme suit :

- AAAAMM AAAAMM pour les 3 premiers types de vent
- AAMM AAMM pour les vents ERS

Par rapport à la version précédente, l'utilisateur ne peut plus prendre en compte, pour chaque paire de station, les vents du mois associé à la paire en cours. ***Il est dans l'obligation de considérer une moyenne de vent sur des dates consécutives.*** Il ne peut donc plus considérer, par exemple, une moyenne interannuelle sur des mois précis.

Ci-dessous des exemples d'option vent pouvant être intégrés dans le fichier en entrée :

Exemple 1 :

```
[TYPE_VENTS]
hellerman
200011 200103
```

Cette option implique la prise en compte des vents hellerman moyennés sur novembre, décembre, janvier, février et mars (sachant que hellerman n'est associé à aucune année en particulier).

Exemple 2 :

```
[TYPE_VENTS]
quikscat
200206 200207
```

Cette option implique la prise en compte des vents quikscat moyennés sur juin/juillet 2002.

La nouvelle version du modèle inverse ainsi généré se situe sous le répertoire :
/home/doelanaival/chemon/geostrophie/inv_2007

Elle a été testée en comparant les résultats avec la version de C. Gourcuff sur les vents hellerman, era40 et quikscat (ers non testé).

Les fichiers mis à jour pour cette version sont :

- m_fic_entree.f90
- m_vent_hr.f90
- m_vent_ERA40.f90
- m_vent_QUIKSCAT.f90
- m_vent_ers.f90
- transport_ekman.f90

A noter également que cette version calcule les débits en fonction de sigma avec un pas de 0.01 en sigma. Pour ce faire, ont été modifiés :

- calmoc_sigma1_bis.f90
- m_parameter.f90 (passage de max_sigma1 de 100 à 500).

A noter que pour l'immersion, c'est la variable DEPH qui est lue (et non plus la variable IMMR comme précédemment).

8. Evolutions : Mai 2007

Le modèle inverse a été modifié afin d'intégrer les ajouts réalisés par H. Mercier. Un nouveau type de contrainte a été défini :

- [Phys_Surf_Fond] : cette contrainte s'applique à des variables de chimie interpolées, dans les fichiers NetCDF, tous les dbs. C'est une contrainte similaire à celles déjà existantes telle que [Sel_Surf_Fond], [Chaleur_Surf_Fond], ...etc.
Pour les paramètres chimie, il existait la contrainte [Chimie_Surf_Fond]. Dans ce cas, dans le modèle inverse, les données de chimie sont interpolées tous les dbs à partir des données bouteilles. Avec [Phys_Surf_Fond], les données de chimie interpolées tous les dbs existent déjà dans le fichier (interpolation fine effectuée à partir de données de stations proches et/ou historiques, interpolation plus exacte que celle effectuée par le modèle). A noter qu'il est impératif que les données de chimie ainsi interpolées dans le fichier NetCDF soient référencées sous un nom ne débutant pas par : CH. En effet, le modèle inverse considère tout nom 'CH*' comme un paramètre chimie et est donc interpolé par le modèle à partir des données bouteilles. Ici, bien que l'on parle de données de chimie, on ne souhaite pas une interpolation par le modèle.

Les programmes modifiés sont :

- m_fic_entree.f90
- contrainte_surf_fond.f90
- correl_vit_traceur.f90
- decomposition_transport.f90
- inverse.f90
- m_boite_res.f90
- m_contrainte.f90
- m_paire_res.f90
- transport.f90

9. Evolutions : Septembre 2007

9.1. Moyenne des traceurs sur la boîte

C. Gourcuff a détecté un problème dans le calcul du transport de traceur dans le modèle inverse en boîte en comparant les valeurs de transport de traceur avec ou sans anomalie à transport de masse nul.

Pour y remédier, on modifie le calcul de la moyenne du traceur dans la boîte. On pondère les valeurs individuelles par la surface.

Il s'avère que cela ne modifie guère le résultat au niveau des transports mais la moyenne du traceur est néanmoins plus correcte.

Fichiers modifiés :

- cal_moy_bte_prof.f90

Exemple de résultat :

- Moyenne du sel sur la boîte ovide 2004 :
 - Sans pondération par la surface : 35.0161
 - Avec pondération par la surface : 35.0691
- Résidu, après inversion, de la contrainte de sel surface-fond en imposant un transport de masse nul :
 - Avec anomalie et sans pondération par la surface de la moyenne de sel : 11.1208351038565
 - Avec anomalie et avec pondération par la surface de la moyenne de sel : 11.1208351038564
 - Sans anomalie (et donc pas de calcul de la moyenne de sel) : 11.1208351038529

En imposant un transport de masse nul, mathématiquement, le résidu de la contrainte de sel devrait être identique selon que la contrainte de sel soit en anomalie ou non. Avec un résidu de masse de 2^e-15 , le résultat devrait être identique à $35*2^e-15 = 7^e-14$. Avec ou sans pondération de la moyenne du traceur par la surface, on observe une différence de 10^e-13 selon que l'on travaille en anomalie ou pas pour la contrainte ; c'est correct.

La modification apportée est négligeable au niveau des transports. Néanmoins, elle fournit une moyenne des traceurs sur la boîte plus précise.

9.2. Discontinuité dans les profils des paires de stations

Le calcul de la valeur d'un paramètre pour une paire de stations est effectué de la manière suivante :

- Pour les profondeurs communes aux 2 stations de la paire, on affecte à la paire la moyenne du paramètre sur les 2 stations :
 - $\text{Param_paire} = 0.5 * (\text{param_stA} + \text{param_stB})$
- Pour le triangle de fond, on affecte à la paire la valeur de la station la plus profonde.
 - $\text{Param_paire} = \text{param_st_la_plus_profonde}$

On se retrouve ainsi avec des profils comportant des discontinuités (cf. P. Lherminier).

Exemple :

Supposons 2 stations A et B et un paramètre X définis par les tableaux ci-dessous :

Station A :

Immersion	Valeur du paramètre X
1	10
2	12
3	14
4	16

Station B :

Immersion	Valeur du paramètre X
1	8
2	10

On obtient alors pour la paire :

Immersion	Valeur du paramètre X
1	$(10+8)/2 = 9$
2	$(12+10)/2 = 11$
3	14
4	16

Entre les niveaux 2 et 3, on constate une discontinuité (on affecte la valeur 14 en lieu et place de la valeur 13 attendue).

Pour y remédier, on modifie le calcul du paramètre de la paire pour le triangle de fond ainsi :

- $\text{Param_paire} = \text{Param_stA} - \text{Param_stA}(\text{prof_max_commune}) + \text{Param_paire}(\text{prof_max_commune})$

Sur l'exemple, la profondeur commune étant 2, on obtient alors :

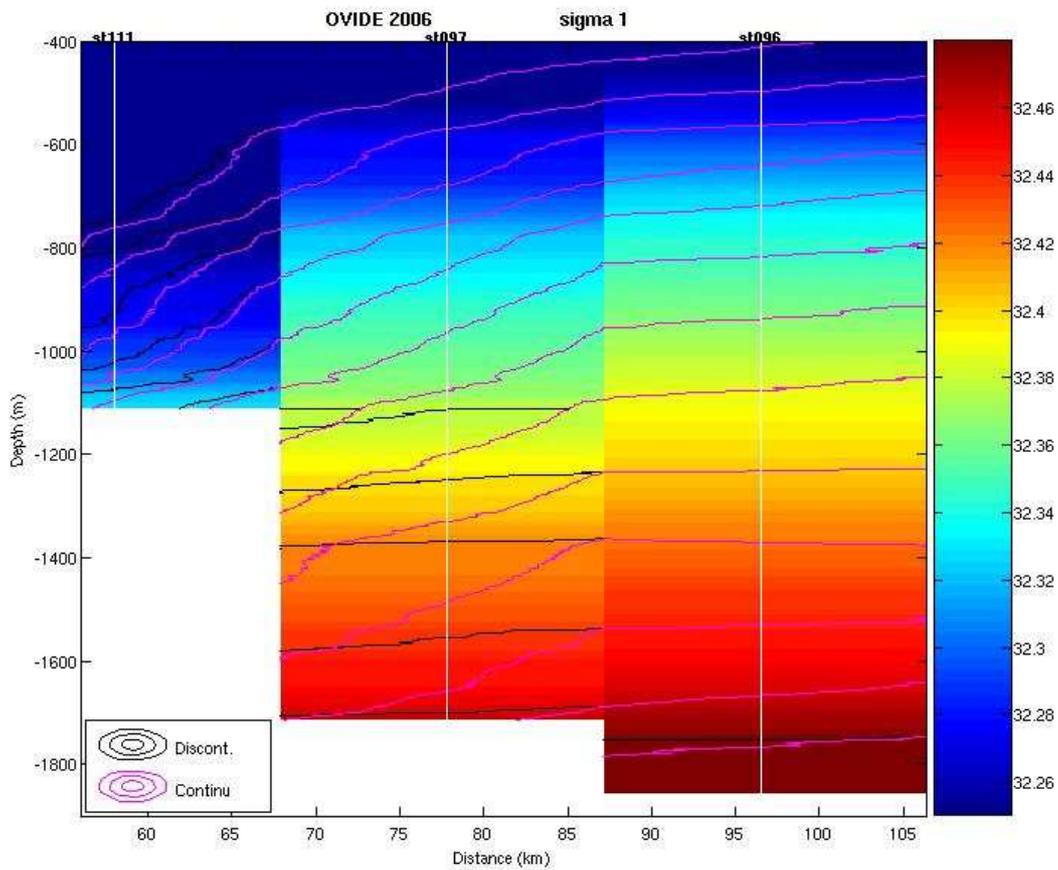
- Immersion 3 : $\text{Param_paire} = 14 - 12 + 11 = 13$
- Immersion 4 : $\text{Param_paire} = 16 - 12 + 11 = 15$

Fichiers modifiés :

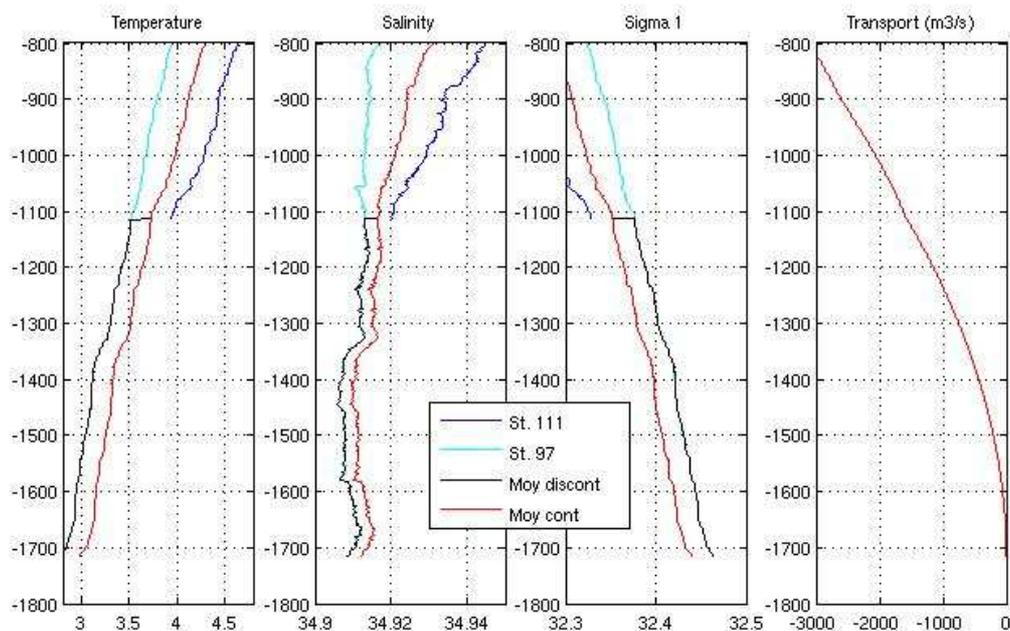
- calmoc_sigma1.f90
- calmoc_sigma1_bis.f90
- contrainte_user.f90
- cal_moy_bte_prof.f90
- correl_vit_traceur.f90

Les modifications ont été validées par P. Lherminier (validation visuelle via matlab).

Les 2 figures suivantes permettent de mieux comprendre l'impact de la modification.



Sur cette figure, les isopycnas mauves sont parallèles tout le long de la section, contrairement aux isopycnas noirs. Dans la 1^{ère} partie, les isopycnas noirs sont inclinées. Dans la 2^{nde}, elles sont horizontales et aucune continuité avec la 1^{ère} partie n'est observée. On constate que la version mauve (avec application de la continuité) est beaucoup plus réaliste.



Cette figure compare la moyenne de plusieurs paramètres pour une paire de station (station 111 – station 97). Elle fait clairement apparaître le problème de discontinuité que l'on génèrait avant la modification du code.

Il est à noter que cette modification a très peu d'impact sur les transports, voire aucun s'il n'y a pas de contrainte faisant intervenir les paramètres.

9.3. Calcul du cumul de la circulation méridienne par rapport à sigma

Le cumul de la circulation méridienne par rapport à sigma était réalisé en sommant du minimum de sigma au maximum de sigma. P.Lherminier souhaite que le cumul soit effectué du maximum de sigma au minimum de sigma.

Fichiers modifiés :

- inverse.f90

10. Annexes

10.1. Fichier en entrée de l'inversion

[Liste]
dat_inv/ovid02.list
[Boites]
dat_inv/boite_ovid02
[Vents]
HR_MOY
6 7
[POND_SURF]
1
[FLAG_CHIM]
GDI

10.2. Fichier liste de station

```
!  
! Liste des paires de stations  
!  
[Paires_Stations]  
003 fic_nc ovid02_prs.nc 6 fic_nc ovid02_prs.nc 7 oui PRES 1000.000 0.000 0.200 L  
004 fic_nc ovid02_prs.nc 7 fic_nc ovid02_prs.nc 8 oui PRES 1000.000 0.000 0.200 L  
005 fic_nc ovid02_prs.nc 8 fic_nc ovid02_prs.nc 9 oui PRES 1000.000 0.000 0.200 L  
006 fic_nc ovid02_prs.nc 9 fic_nc ovid02_prs.nc 10 oui PRES 1000.000 0.000 0.200 L  
007 fic_nc ovid02_prs.nc 10 fic_nc ovid02_prs.nc 11 oui PRES 1000.000 0.000 0.200 L  
008 fic_nc ovid02_prs.nc 11 fic_nc ovid02_prs.nc 12 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L  
009 fic_nc ovid02_prs.nc 12 fic_nc ovid02_prs.nc 13 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L  
010 fic_nc ovid02_prs.nc 13 fic_nc ovid02_prs.nc 14 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L  
011 fic_nc ovid02_prs.nc 14 fic_nc ovid02_prs.nc 15 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L  
012 fic_nc ovid02_prs.nc 15 fic_nc ovid02_prs.nc 16 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L  
013 fic_nc ovid02_prs.nc 16 fic_nc ovid02_prs.nc 17 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L  
014 fic_nc ovid02_prs.nc 17 fic_nc ovid02_prs.nc 18 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L  
015 fic_nc ovid02_prs.nc 18 fic_nc ovid02_prs.nc 19 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L  
016 fic_nc ovid02_prs.nc 19 fic_nc ovid02_prs.nc 20 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L  
017 fic_nc ovid02_prs.nc 20 fic_nc ovid02_prs.nc 21 oui PRES 1000.000 0.000 0.010 L
```

10.3.Fichier boite

```
!  
! Boite OVID02 :  
!  
! Stations - signe vit_geo (positif entrant dans boite)  
[Tranches]  
PRES 0000.000 SIG0 0027.250  
SIG0 0027.250 SIG1 0032.000  
SIG1 0032.000 SIG1 0032.350  
SIG1 0032.350 SIG2 0036.950  
SIG2 0036.950 SIG4 0045.840  
SIG4 0045.840 PRES 7000.000  
[Regions]  
1 10 20 30 100  
1 100  
1 100  
1 20 100  
1 100  
1 50 70 80 90 100  
!  
[Kv]  
!  
1e-04 1e-04  
1e-04 1e-04  
1e-04 1e-04  
1e-04 1e-04  
1e-04 1e-04  
!  
[Aires]  
!  
500.e10  
500.e10  
500.e10  
500.e10  
500.e10  
500.e10  
[Troncons]  
03 91 +1  
!  
[Masse_Surf_Fond]  
!  
0 01.000e+09 0  
!  
[Autres_Contraintes]  
!  
! EGC  
-29.e+06 12.e+06 PRES 0.0 SIG2 36.95 3 10  
-10.e+06 6.e+06 SIG2 36.95 PRES 7000.0 3 10  
!  
! wrk  
19.e+06 9.e+06 PRES 0.0 SIG2 36.95 11 23  
7.e+06 4.e+06 SIG2 36.95 PRES 7000.0 11 23  
!  
! erk  
-15.e+06 17.e+06 PRES 0.0 SIG2 36.95 24 44  
-17.e+06 9.e+06 SIG2 36.95 PRES 7000.0 24 44
```

```

!
! NAC
34.e+06 24.e+06 PRES 0.0 SIG2 36.95 45 67
5.e+06 22.e+06 SIG2 36.95 PRES 7000.0 45 67
!
! ib
-16e+06 16e+06 PRES 0.0 SIG2 36.95 69 82
-5e+06 20e+06 SIG2 36.95 PRES 7000.0 69 82
!
! ebc
5e+06 2e+06 PRES 0.0 SIG2 36.95 83 91
-1e+06 2e+06 SIG2 36.95 PRES 7000.0 83 91
!
! transport d'AABW egal a la valeur de McCartney
!
1.3e06 0.5e+06 SIG4 45.840 PRES 7000.0 56 91
!
[Chaleur_Surf_Fond]
!
0 01.000e+25 0
!
[Sel_Surf_Fond]
!
0 01.000e+25 0
!
[Chimie_Surf_Fond]
CHSIL
0.000e09 50.000e+29 1
!
[Chimie_Surf_Fond]
CHCAN
0.0 1.000e+25 1
!
[Chimie_Surf_Fond]
CHTIC
0.0 1.000e+25 1
!
![Chimie_Surf_Fond]
!oxkc
!0.0 1.000e+25 1
!
[Chimie_Surf_Fond]
CHNIT
0.0 1.000e+25 1
!
[Chimie_Surf_Fond]
CHPHO
0.0 1.000e+25 1

```

En gras, le flag indiquant si les contraintes doivent être prises en anomalie ou non. Ce flag est utilisé pour les contraintes surface-fond et les contraintes par tranche uniquement pour le sel et les traceurs de chimie.



10.4. Correspondance anciens codes / nouveaux codes

<u>Anciens codes</u>	<u>Nouveaux codes</u>
prs	PRES
zzz	ZCOO
dep	DEPH
tmp	TEMP
oxy	OXYK
imm	IMMR
tet	TPOT
hdy	DYNH
bv2	BRV2
vrp	VORP
si0	SIG0
si1	SIG1
si2	SIG2
si3	SIG3
si4	SIG4
si5	SIG5
si6	SIG6
s15	SI15
gam	GAMM
sig	SIGI
vsd	SSDG
sal	PSAL
prsc	CHPRS
tmps	CHTMPP
tmpc	CHTMP
sals	CHSALP
oxyc	CHOXY
oxkc	CHOXK
oxys	CHOXYP
oxks	CHOXKP
tets	CHTETP
si0s	CHSI0P
immc	CHIMM
salc	CHSAL
nitc	CHNIT
niic	CHNII
neoc	CHNEO
phoc	CHPHO
silc	CHSIL
alcc	CHALC
ticc	CHTIC
f11c	CHF11
f12c	CHF12
l13c	CHF113
ph.c	CHPH
canc	CHCAN
ccl4	CHCCL4
tric	CHTRI

10.5.Fichier vent ERA40

```
netcdf ERA40_mthlysurfstress_2002 {
dimensions:
    month_number = 8 ;
    nav_lat = 161 ;
    nav_lon = 320 ;
variables:
    short month_number(month_number) ;
        month_number:long_name = "Month Number" ;
        month_number:actual_range = 1s, 8s ;
    float nav_lat(nav_lat) ;
        nav_lat:units = "degree" ;
        nav_lat:long_name = "Latitude" ;
        nav_lat:actual_range = 90.f, -90.f ;
    float nav_lon(nav_lon) ;
        nav_lon:units = "degree" ;
        nav_lon:long_name = "Longitude" ;
        nav_lon:actual_range = 0.f, 358.875f ;
    float ewss(month_number, nav_lat, nav_lon) ;
        ewss:long_name = "East/West surface stress" ;
        ewss:units = "N/m^2" ;
        ewss:missing_value = 1.e+20f ;
        ewss:ice_value = 1.e+20f ;
        ewss:valid_min = -2.172159f ;
        ewss:valid_max = 2.261054f ;
    float nsss(month_number, nav_lat, nav_lon) ;
        nsss:long_name = "North/South surface stress" ;
        nsss:units = "N/m^2" ;
        nsss:missing_value = 1.e+20f ;
        nsss:ice_value = 1.e+20f ;
        nsss:valid_min = -2.310436f ;
        nsss:valid_max = 3.159777f ;

// global attributes:
    :date_creation = "20-Jul-2005" ;
    :title = "ERA40 - Reanalysis" ;
    :data_type = "monthly fields" ;
    :grid_resolution_in_degrees = 1.125 ;
    :description = "Data are from ECMWF ERA40 archive.First run" ;
    :conventions = "GDT 1.2" ;
    :file_name = "ERA40_mthlysurfstress_2002.nc" ;
}
```