Compression des champs dans les fichiers FA et Optimisation de la taille des fichiers coupleurs

Rachida EL OUARAINI [1]
(Maroc-Météo)

Supervision de : Jean-Marc Audoin [2] (Météo-France)
Ryad El Khatib [3] (Météo-France)

GMAP-CNRM
Août-Septembre 2006

[1] elouaraini@marocmeteo.ma
[2] jean-marc.audoin@meteo.fr
[3] ryad.elkhatib@meteo.fr

Table des matières

Liste des tableaux

Table des figures

Contexte

L'optimisation de la taille des fichiers est l'une des préoccupations des centres météorologiques qui produisent une grande quantité de données. Certes, les moyens de stockage deviennent de moins en moins chers, mais la taille des fichiers ne cesse de s'alourdir[4]. Ceci est dû à des facteurs comme l'amélioration continue de la résolution des modèles de prévision numérique et la production de nouveaux champs grâce aux progrès scientifiques.

L'objectif principal de mon travail consiste à mettre en place la compression des fichiers FA en utilisant GRIBEX Edition 1. Atteindre cet objectif va permettre :
- La réduction de la taille des données, et donc l'optimisation de l'achat des moyens de stockage.
- La réduction du temps de transfert des fichiers FA, notamment le transfert des fichiers coupleurs de Toulouse vers les pays Aladin[5].

Le travail sur la compression des données, en utilisant GRIBEX Edition 1, a été effectué en deux étapes :
Au cours de la première étape[6] , on a résolu la bug pour NVGRIB=3 (compression des fichiers historiques). La description de cette bug ainsi que la solution qui y a été apportée sont décrites dans le rapport [4].
On avait montré que la quasi-totalité des champs, points de grille (PDG) et spectraux, sont compressés, et que les champs PDG sont mieux compressés que les champs spectraux.
On avait également vérifié que la taille d'un fichier historique compressé a diminué d'environ 20%, et que celle d'un fichier fullpos lat-lon a diminué d'environ 25% !

Au cours de cette deuxième partie de travail, nous avons résolu le problème de la compression des fichiers coupleurs (NFPGRIB=3). Nous avons également résolu le problème de compression des fichiers FA en utilisant le nouveau cadre FA (NCADFORM=1).
L'harmonisation de la valeur de NVGRIB par rapport au fichier initial et de NFPGRIB par rapport à la valeur de NVGRIB a été également réalisée pour une meilleure gestion des fichiers.

L'utilisation de GRIBEX (routine de haut niveau de la librairie libemos) pour compresser les champs entraîne la nécessité de coder un certain nombre de caractéristiques de ces champs (date, géométrie, nombre de points, degré de compactage, etc.). Certaines de ces caractéristiques étaient mal renseignées, nous avons corrigé les plus importantes et évalué les possibilités d'autres corrections. L'existence de ces renseignements peut permettre sous certaines conditions et avec des aménagements plus ou moins triviaux, de traiter les fichiers FA compressés comme de pseudo-fichiers GRIB.
La faisabilité ainsi que les contraintes de cette démarche sont décrites en Annexe II.

Remarques :
- Il est important de rappeler que je me suis intéressée particulièrement à la compression des champs spectraux, étant donné que la compression des champs points de grille s'effectuait sans problème.
- Tous les tests dans ce rapport ont été réalisés avec le cycle cy30t1 et la version 6.1 de gmkpack.

[4] la taille d'un fichier historique sur le domaine Aladin France a passé d'environ 40 Mo (CY30) à environ 90 Mo (CY31).

[5] La contrainte de temps de transfert des fichiers coupleurs de Toulouse vers Casablanca fait que le modèle ALADIN-NOARF tourne avec un couplage assynchrone.

[6] Un rapport de stage [4] a été rédigé.

1 Compression des fichiers coupleurs

La résolution du problème de la compression des fichiers coupleurs est passé par plus d'une étape. Les figures[7] (1) et (2) montrent respectivement la pression réduite au niveau de la mer (MSLP) et la pression de surface après compression : le résultat est tout à fait faux !

Les figures (3) et (4) montrent ces mêmes champs après résolution de la bug n°1 générée par la façon dont on écrivait les tableaux spectraux dans les fichiers FA. En effet, cette bug apparaissait quand on voulait **lire** un tableau spectral compressé en utilisant un nombre de processeurs différent de celui qu'on avait utilisé précédemment pour **écrire** ce même tableau !
Le rapport [4] décrit cette bug ainsi que la solution proposée, étant donné que la bug trouvée est la même pour NVGRIB=3 et NFPGRIB=3. Il s'agit donc de changer la routine spreord.F90 pour ne faire que du réordonnancement des tableaux spectraux, de la structure modèle à la structure fichier et vice versa. La partie distribution spectrale est déplacée dans la routine disspec0.F90.
On a dû également changer la routine trwvtof.F90[8] pour que les coefficients spectraux d'un tableau global compressé destiné à être écrit sur le fichier, soient rangés selon : JM=0, 1, 2, 3, 4, 5, ... (JM étant le nombre d'onde zonal).

D'après les figures (3) et (4), on peut constater que le résultat s'améliore, mais qu'il reste toujours faux !
C'est ainsi qu'on a découvert une deuxième bug au niveau de la routine prepacka.F90[9]. En effet, le test qui devrait porter sur la valeur de NFPGRIB pour appeler la routine de réordonnancement[10] (spreord.F90) ou ne pas l'appeler, portait sur la valeur de NVGRIB. Dans le cas où on tourne un fullpos ou une procédure de couplage avec compression (NFPGRIB=3) à partir d'un fichier calculé avec (NVGRIB=2), la routine de post-traitement prepacka.F90 prenait plutôt la valeur de NVGRIB=2 et réordonne le tableau qui ne devrait pas être réordonné car NFPGRIB=3 !

Toutes les routines modifiées, ainsi que les modifications faites sont décrites en Annexe I.

Après avoir résolu cette bug, nous avons tracé les champs, pression de surface et pression réduite au niveau de la mer (MSLP), sans compression (NFPGRIB=2) et avec compression (NFPGRIB=3), issus d'une procédure de couplage e927 et ee927.

Les figures (5), (6), (7) et (8) montrent respectivement la MSLP et la pression de surface sans compression et avec compression après une e927.
Les figures (9), (10), (11) et (12) montrent respectivement la MSLP et le pression de surface sans compression et avec compression après une ee927.

[7] produites par Jadwiga Woyciechowska, voir rapport [2]

[8] Routine de post-processing

[9] Routine de post-processing

[10] On fait appel à la routine spreord.F90 quand NVGRIB/NFPGRIB = 0, 1 ou 2. Dans les cas où NVGRIB/NFPGRIB = -1 ou 3, on n'effectue pas de réordonnacement, et donc la structure des tableaux spectraux est la même pour le fichier FA et le modèle

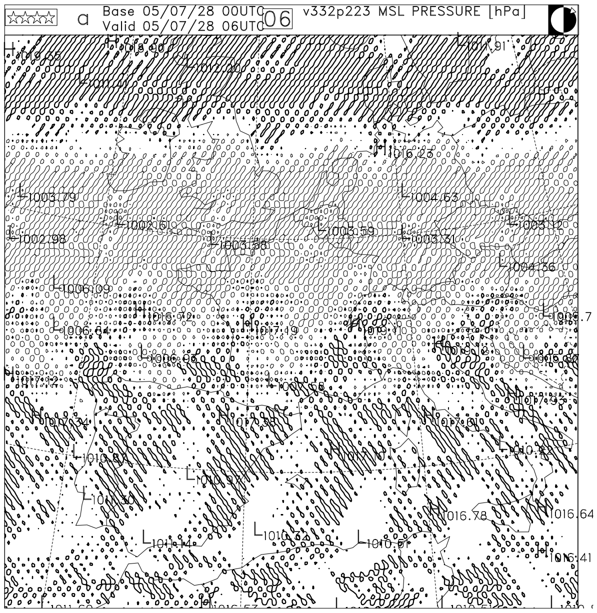

FIG. 1 – La pression réduite au niveau de la mer (MSLP) compressée (NVGRIB=3) avant la résolution des bugs.

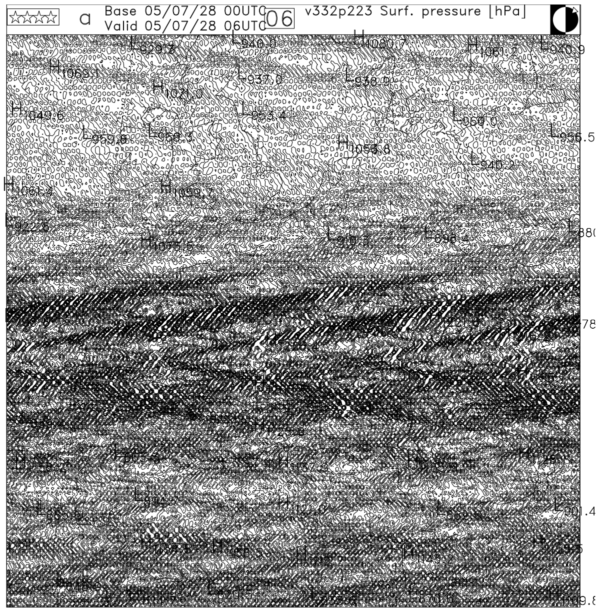

FIG. 2 – La pression de surface compressée (NVGRIB=3) avant la résolution des bugs.

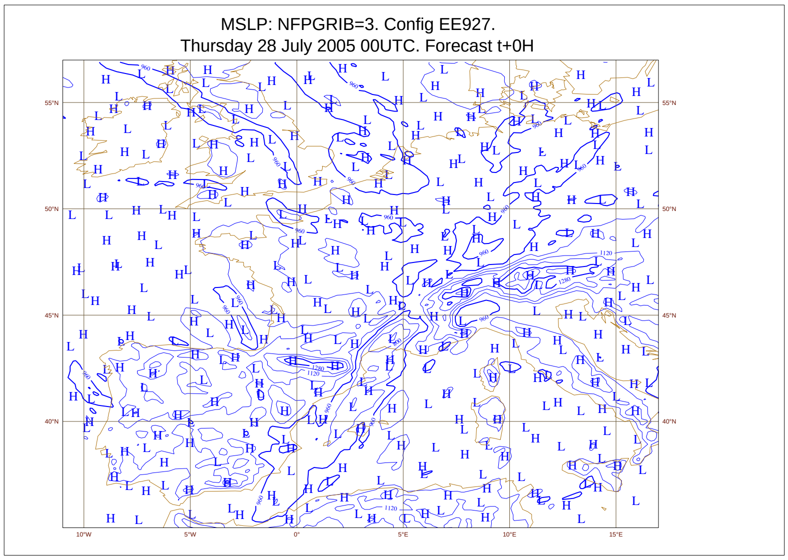

FIG. 3 – La pression réduite au niveau de la mer (MSLP) compressée (NVGRIB=3, NFPGRIB=3) après résolution de la bug de distribution spectrale et avant résolution de la bug dans prepacka.

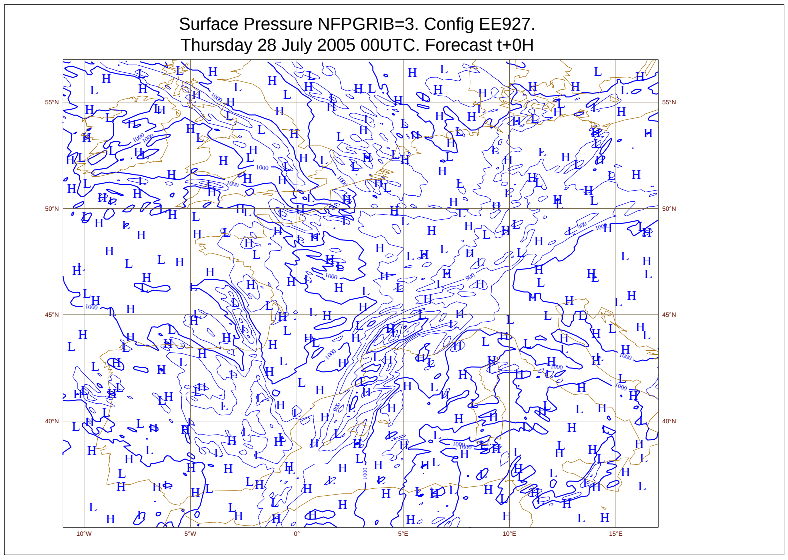

FIG. 4 – La pression de surface compressée (NVGRIB=3, NFPGRIB=3) après résolution de la bug de distribution spectrale et avant résolution de la bug dans prepacka.

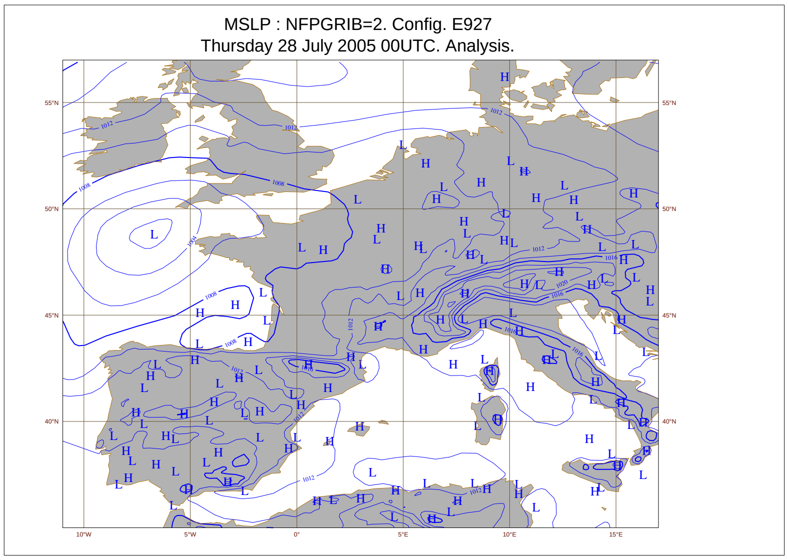

Fig. 5 – La pression réduite au niveau de la mer (MSLP) non compressée (NFPGRIB=2) : config. e927.

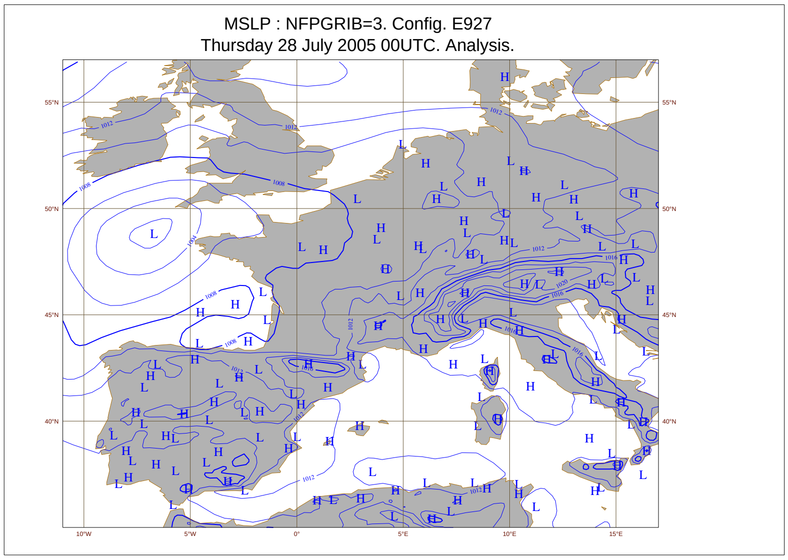

Fig. 6 – La pression réduite au niveau de la mer (MSLP) compressée (NFPGRIB=3) après résolution des bugs : config. e927.

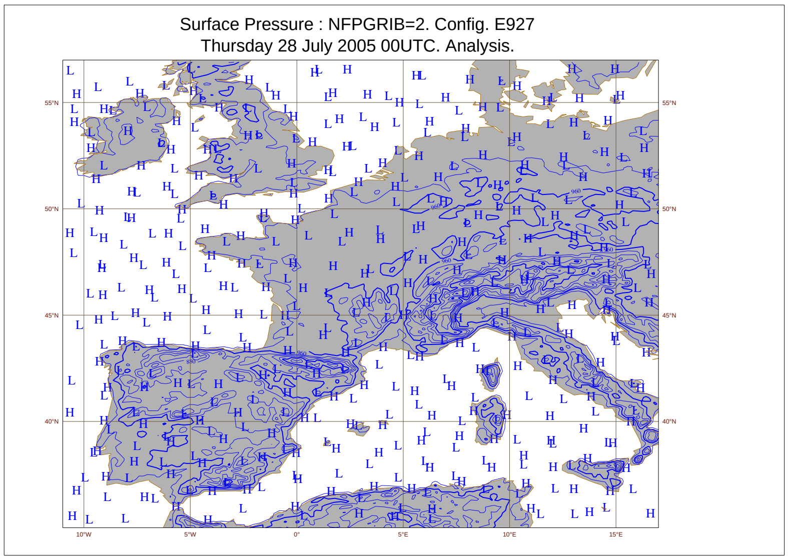

FIG. 7 – La pression de surface non compressée (NFPGRIB=2) : config. e927.

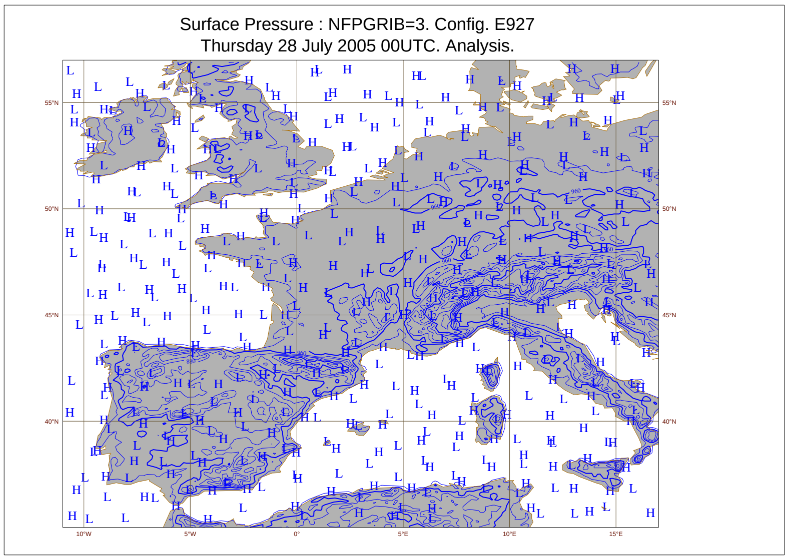

FIG. 8 – La pression de surface compressée (NFPGRIB=3) après résolution des bugs : config. e927.

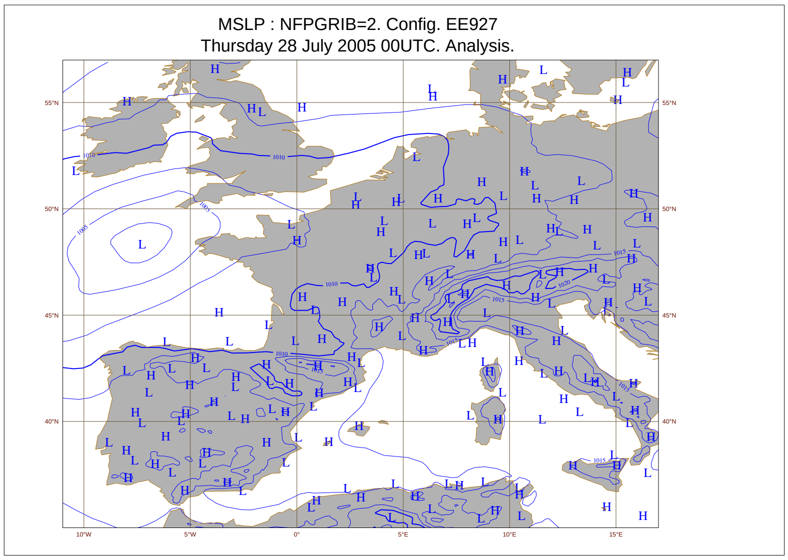

FIG. 9 – La pression réduite au niveau de la mer (MSLP) non compressée (NFPGRIB=2) : config. ee927.

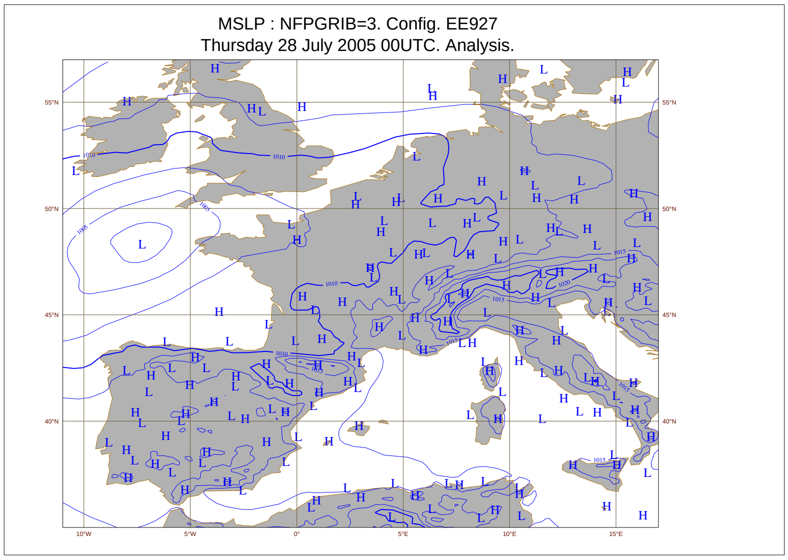

FIG. 10 – La pression réduite au niveau de la mer (MSLP) compressée (NFPGRIB=3) après résolution des bugs : config. ee927.

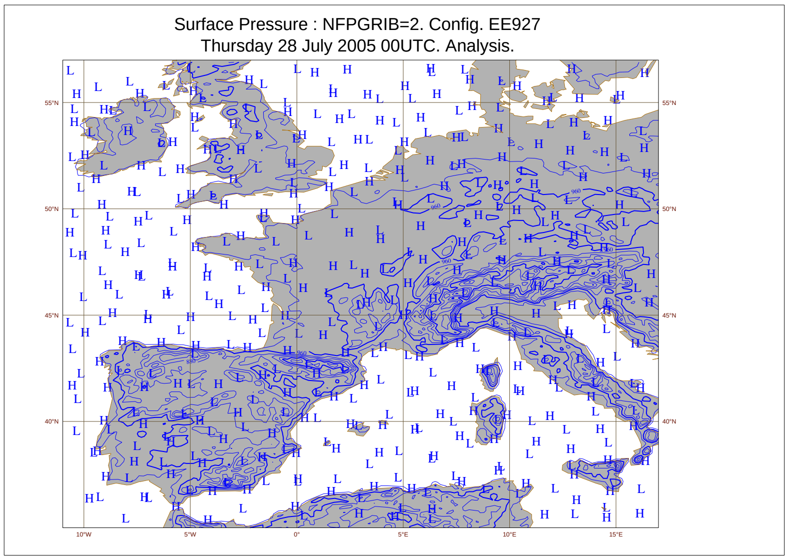

FIG. 11 – La pression de surface non compressée (NFPGRIB=2) : config. ee927.

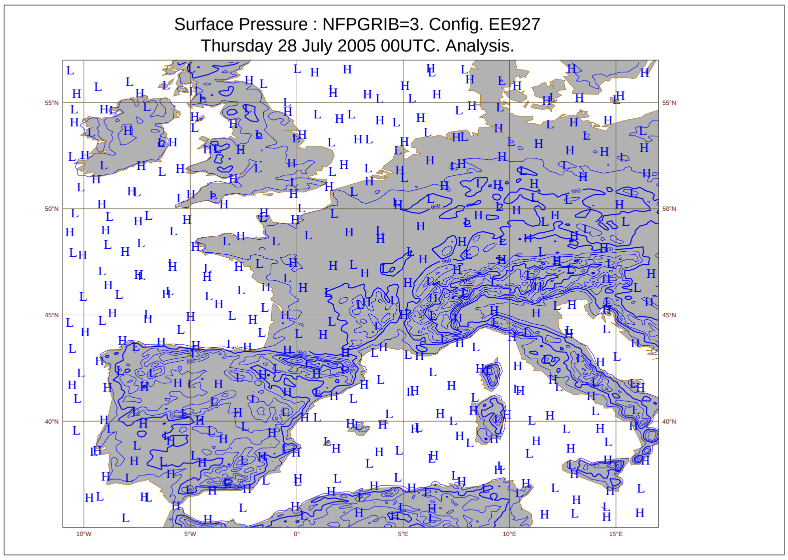

FIG. 12 – La pression de surface compressée (NFPGRIB=3) après résolution des bugs : config. ee927.

2 Compression des champs avec utilisation du nouveau cadre FA

La géométrie du modèle Aladin définit le domaine et la projection. C'est la nouvelle géométrie (EGGPACK.F90) qui est utilisée actuellement dans le modèle Aladin, l'ancienne gémétrie n'est utilisée que par ECHIEN lors de la lecture d'un fichier possédant l'ancien cadre.
Même si le modèle utilise les nouvelles routines de géométrie, il est possible de spécifier le type du cadre FA par la clé **NCADFORM** dans la namelist **NAMOPH** :

- NCADFORM = 0 : l'ancien format du cadre.
- NCADFORM = 1 : le nouveau format du cadre.

Toutes les expériences effectuées auparavant sur la compression des fichiers ont été réalisées en utilisant l'ancien cadre de fichier FA.
Les quelques tests effectués pour compresser les fichiers en utilisant le nouveau cadre FA avaient abouti à l'échec.
Ce résultat était tout à fait normal car la routine faisc2.F qui codait la section 2 (géométrie du modèle) des messages GRIB, le faisait sur la base de l'ancienne géométrie (OLDEGGX). Les paramètres de géographie tels que les latitudes Nord et Sud, les longitudes Est et Ouest, les paramètres NROTEQ et ERPK n'ont plus les mêmes positions dans le tabeau SINLAT.
Nous avons dû alors changer cette routine, ainsi que les routines fainig.F et facodx.F pour réussir un fullpos latlon.
Les figures (13), (14), (15), (16), (17) et (18) montrent respectivement les champs : pression réduite au niveau de la mer, pression de surface et température de surface tracées en utilisant l'ancien et le nouveau cadre FA.
La compression est donc devenue possible quelque soit le cadre utilisé !

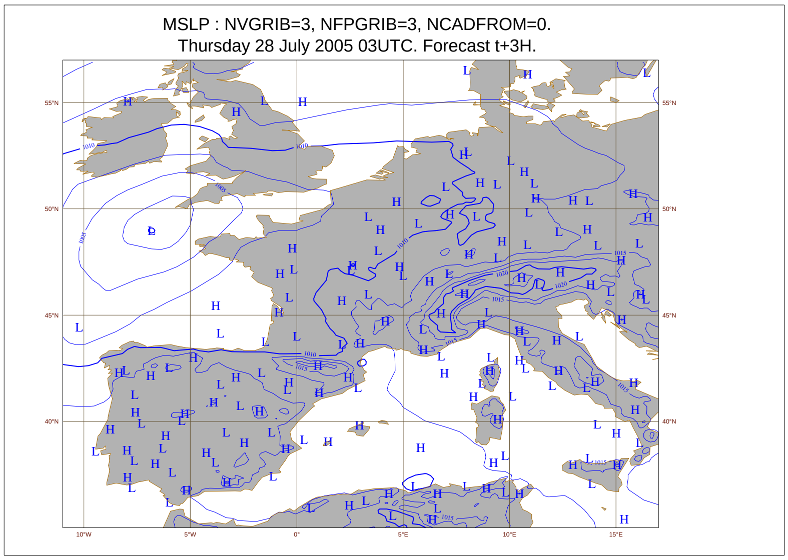

FIG. 13 – La pression réduite au niveau de la mer (MSLP) compressée. Utilisation de l'ancien cadre FA (NCADFORM=0).

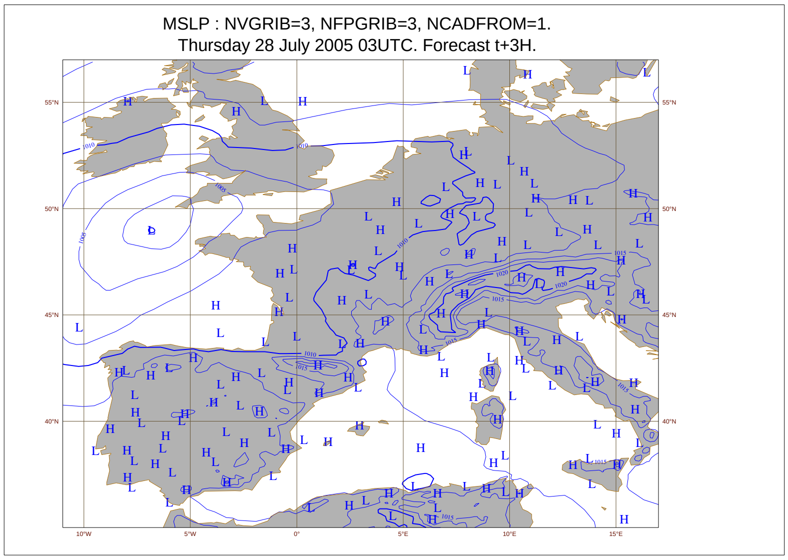

FIG. 14 – La pression réduite au niveau de la mer (MSLP) compressée. Utilisation du nouveau cadre FA (NCADFORM=1).

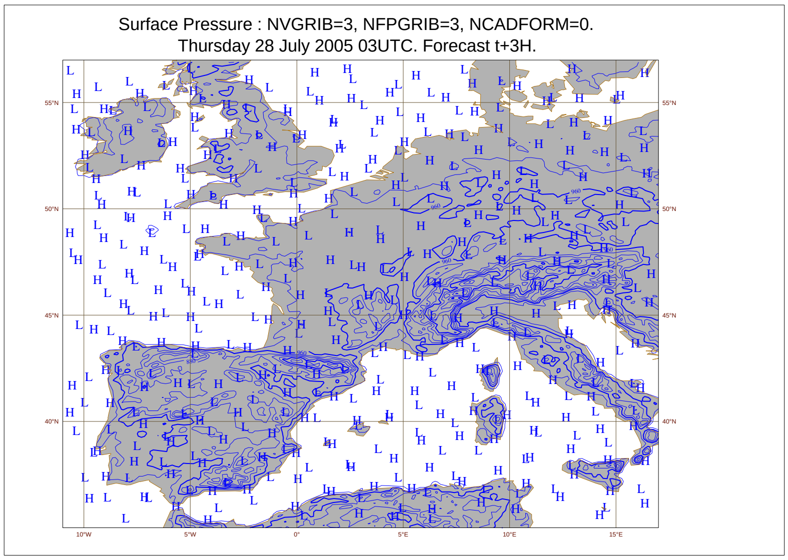

FIG. 15 – La pression de surface compressée. Utilisation de l'ancien cadre FA (NCADFORM=0).

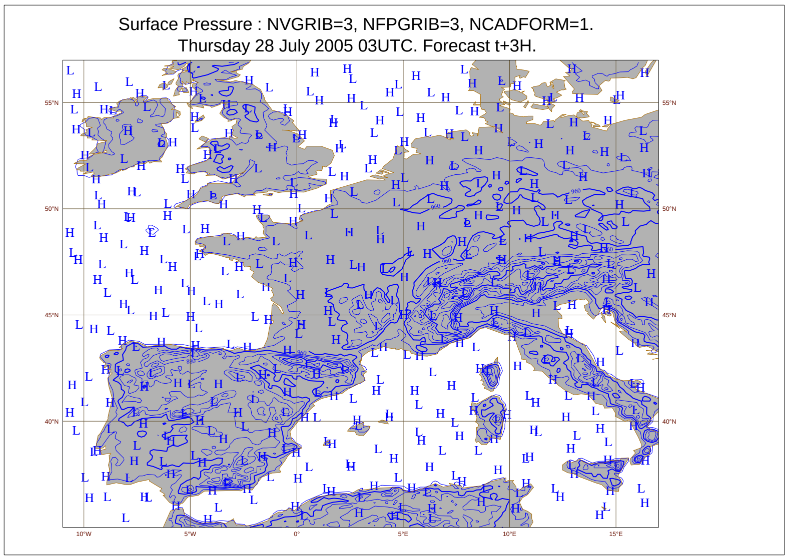

FIG. 16 – La pression de surface compressée. Utilisation du nouveau cadre FA (NCADFORM=1).

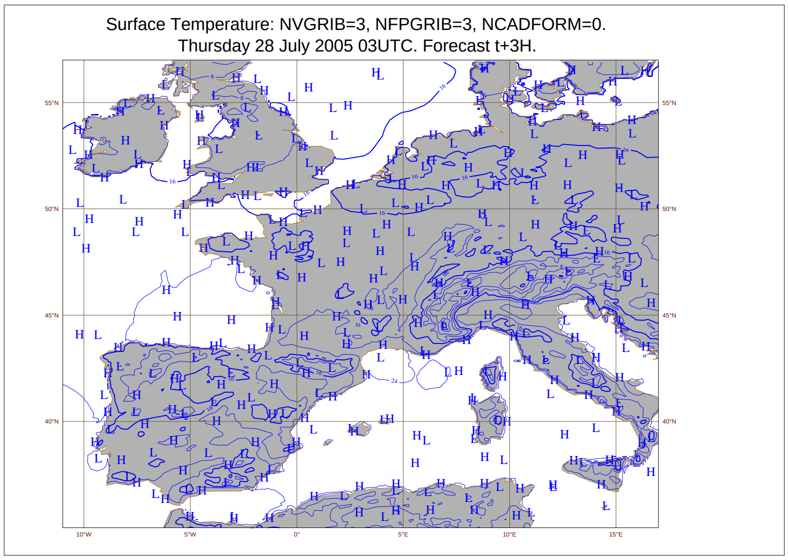

FIG. 17 – La température de surface compressée. Utilisation de l'ancien cadre FA (NCADFORM=0).

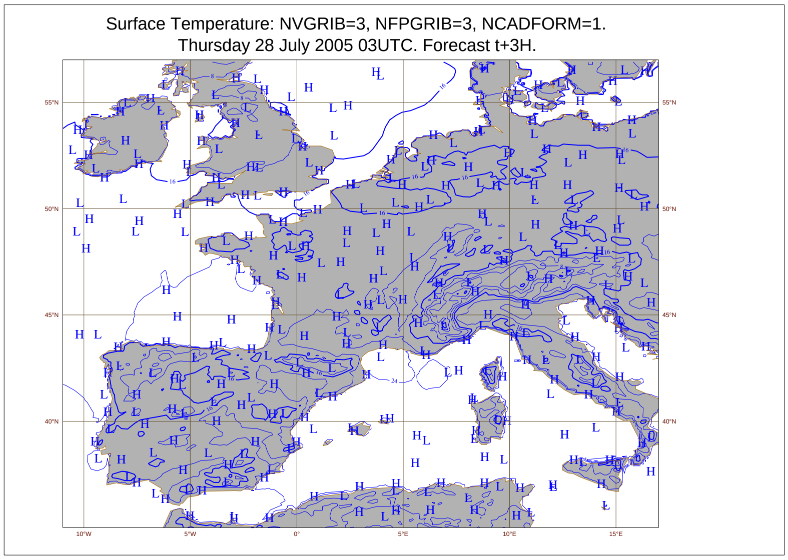

FIG. 18 – La température de surface compressée. Utilisation du nouveau cadre FA (NCADFORM=1).

3 La compression en chiffres

Nous reportons ci-dessous (tableaux 1 et 2) des chiffres concernant la taille de quelques champs spectraux et champs en points de grille dans un fichier historique Aladin non compressé, puis compressé.
Le résultat auquel on s'attendait s'est confirmé : les champs en points de grille sont mieux compressés que les champs spectraux, ce qui nous amène à dire que : plus le fichier contient des champs en points de grille, plus il est compressé !

Le tableau (3) donne les taux de réduction de la taille des fichiers après avoir fait appel à la compression.
Nous avons comparé la taille de fichiers coupleurs, de fichiers de prévision et de fichiers fullpos latlon, sans compression et avec compression.
Nous remarquons que la moyenne de la compression tourne autour de 20%, et que ce taux peut être bien supérieur si on demande plus de champs en points de grille à la sortie, et qu'il peut être inférieur si on ne demande que des champs spectraux ou peu de champs points de grille en sortie : ce résultat est en conformité avec le résultat ci-dessus.

Nous nous sommes aussi intéressés à l'impact de la compression sur le temps CPU. En effet, nous avons comparé le temps CPU consommé en faisant appel à la compression (NVGRIB/NFPGRIB=3), à celui consommé sans faire appel à la compression (NVGRIB/NFPGRIB = 2).
Avec la compression, nous avons noté une augmentation du temps CPU, de 5% pour un fichier de prévision et de 15% pour un fichier de couplage (e927 et ee927). Cette augmentation est probablement dûe à l'appel à GRIBEX plutôt qu'une mauvaise vectorisation du code.

Champs spectraux	Taille sans compression	Taille après compression
SURFPRESSION	21198	17718
CUF1PRESSURE	21198	19395
S001TEMPERATURE	21198	19122
S005HUMI.SPECIFI	21198	16915
S002WIND.U.PHYS	21198	18828

TAB. 1 – Taille des champs spectraux, sans et avec compression.
[Taille des champs spectraux, sans et après compression.]

Champs en points de grille	Taille sans compression	Taille après compression
SURALBEDO.VEG	22511	12657
SURFB.OF.OZONE	22511	17
SURFA.OF.OZONE	22511	8512
SURFRESERV.GLACE	22511	681
SURFDENSIT.NEIGE	22511	596

TAB. 2 – Taille des champs en points de grille, sans et avec compression.

Nature du fichier	Réduction de la taille en % après la compression
Fichier coupleurs (ee927 et e927)	15%
Fichier historiques (prévision)	20%
Fichier fullpos latlon	25%

TAB. 3 – Optimisation de la taille des fichiers FA compressés, en pourcentage.

4 Usage de la compression

Le niveau de compactage des données peut être précisé par la clé NVGRIB dans la namelist NAMFA et la clé NFPGRIB dans la namelist NAMFPC pour le fullpos et la configuration 927. Ces clés peuvent assumer 5 valeurs : 0, 1, 2, 3 et -1.
Les anciennes valeurs par défaut de ces clés (avant mes modifications) pour le modèle Aladin France étaient :
- NVGRIB=2.
- NFPGRIB=NVGRIB.

Le tableau ci-dessous explique la signification de chaque valeur :

NVGRIB/NFPGRIB	Définition
0	Pas de compactage.
1	GRIBEX Version 0 est utilisé pour encoder les données dans un format compacté.
2	Il s'agit d'une version améliorée de compactage par GRIBEX Version 0.
-1	Pas de compactage. La seule différence avec la valeur "0" est la façon d'ordonnancer les tableaux spectraux dans les fichiers FA. Quand NVGRIB/NFPGRIB=-1, les tableaux spectraux ont le même ordonnancement dans le fichier et dans le modèle. Quand NVGRIB/NFPGRIB=0, les coefficients spectraux sont rangés différemment dans le modèle et dans les fichiers FA.
3	GRIBEX Version 1 est utilisé. Il effectue la compression des données (Second Order Packing).

TAB. 4 – Valeurs de NVGRIB et NFPGRIB

Ainsi, pour activer la compression des fichiers historiques, il faudrait mettre la valeur de NVGRIB dans la namelist NAMFA à 3 :
/
&NAMFA
NVGRIB=3,

Et pour activer la compression des fichiers fullpos et fichiers coupleurs (configuration e927 et ee927), il faudrait mettre la clé NFPGRIB dans NAMFPC à 3 :
/
&NAMFPC
NFPGRIB=3,

Harmonisation de la valeur de NVGRIB par rapport au fichier initial et de NFPGRIB par rapport à NVGRIB[11]

L'harmonisation de NVGRIB par rapport au fichier initial a été effectuée pour que la valeur par défaut ne soit plus égale à 2, mais à celle du fichier initial si un fichier a été fourni. Ainsi, une prévision à partir d'un fichier NVGRIB=3 produit systématiquement des fichiers avec NVGRIB=3 sans qu'il soit nécessaire de préciser en namelist la valeur de NVGRIB.
L'harmonisation de NFPGRIB par rapport à NVGRIB a été réalisée pour que la valeur de NFPGRIB soit égale à celle de NVGRIB du fichier initial. Ainsi un fichier avec NVGRIB=3 est traité par fullpos implicitement avec NFPGRIB=3, sans qu'il soit nécessaire de préciser en namelist ni NVGRIB, ni NFPGRIB.
Si on veut changer ces **nouvelles** valeurs implicites, on doit juste préciser les valeurs souhaitées de NVGRIB dans NAMFA et de NFPGRIB dans NAMFPC.

Conclusion

Au cours de mon travail, je me suis particulièrement intéressée à la compression des données, notamment l'optimisation de la taille des fichiers coupleurs.
Toutes les expériences réalisées montrent que la taille d'un fichier FA peut être diminuée d'environ 20%. Ce pourcentage varie certes en fonction de la nature des champs demandés en sortie : spectraux ou points de grille. Comme actuellement beaucoup de nouveaux champs produits en sortie de modèle sont des champs points de grille, la démarche entreprise est prometteuse d'avenir.
Les tests qui ont été effectués pour valider cette méthodologie ont été satisfaisants : la même qualité d'information est obtenue que ce soit avec ou sans compression. Toutefois, des validations postérieures en mode pré-opérationnel devront se poursuivre. Cela passera sans doute par l'envoi de fichiers coupleurs compressés à un pays Aladin pour test.

Références

[1] Paradis, D., Clochard, J., GRIBEX Introduction in FA files, ALADIN Newsletter 27, July-December 2004.

[2] Woyciechowska, J., Tests with Second Order Packing. Internal Report, July-August 2005.

[3] Gril, J.D., Ls nouvelles routines de géométrie dans le modèle Aladin. Internal Report, January 2006.

[4] El Ouaraini, R., Compression des champs et optimisation de la taille des fichiers coupleurs. Internal Report, March-April 2006.

[11] Les anciennes valeurs par défaut de ces clés pour le modèle Aladin France étaient : NVGRIB=2 et NFPGRIB=NVGRIB.

Annexe I : les routines modifiées

◇ ald/utility/espareord.F90 :

Réordonne les tableaux spectraux de la structure fichier à la structure modèle et vice versa. La différence entre la nouvelle version de espareord.F90 et l'ancienne est que dans la nouvelle version les coefficients spectraux sont rangés selon l'ordre : JM = 0, 1, 2, 3, 4, ... (JM étant le nombre d'onde zonal).
Dans l'ancienne version de espareord.F90, on rangeait les coefficients spectraux du premier processeur, ensuite ceux du deuxième proceur, ... et finalement ceux du dernier processeur NPROC.

◇ arp/utility/spareord.F90 :

Idem pour Arpège.

◇ arp/parallel/disspec0.F90 :

La distribution du tableau spectral global sur les différents processeurs se fera dorénavant dans disspec0.F90 (phase Envoi) et non pas dans spareord.F90 ou espareord.F90.

◇ arp/parallel/diwrspe0.F90 :

Les tableaux spectraux locaux sont rangés dans un tableau spectral global dont les coefficients spectraux sont rangés selon JM=0, 1, 2, 3, 4, ... (phase Réception).

◇ arp/parallel/trwvtof.F90 :

Idem. Cette routine est utilisée en post-processing.

◇ arp/setup/sufpc.F90 :

Avant ma modification, la clé NFPGRIB assumait les valeurs : 0, 1, 2 et 3. J'ai ajouté la valeur « -1 : pas de compactage mais ordonnement des tableaux spectraux dans le fichier comme dans le modèle ». Ainsi NFPGRIB= -1, 0, 1, 2, 3.

◇ arp/utility/prepacka.F90 :

Cette routine est utilisée en post-processing. Nous avons dû la changer pour réussir la compression des champs post-traités (NFPGRIB=3). Le problème qui existait au niveau de cette routine venait du fait que la condition utilisée pour choisir un codage GRIBEX avec compression ou un codage non GRIBEX, portait sur la valeur de NVGRIB et non sur NFPGRIB.
La variable INGRIB (NVGRIB) a été changée par la variable KGRIB (NFPGRIB).

◇ xrd/fa/faipag.F :

Pour une raison que j'ignore, les lignes contenant l'initialisation de l'indicateur de type de niveau KNIPAR(3) ont été commentées. Cet indicateur fait partie des descripteurs de l'entête Gribex (Section 1), l'avoir commenté a fait planter le post-processing.
Les niveaux : isentrope, hauteur, iso-tourbillon potentiel et niveau modèle ont été omis. Seul le niveau isobare était accepté.

◇ xrd/fa/facodx.F :

Le test qui porte sur la valeur de ERPK pour changer l'ordre de rangement des valeurs, Nord-Sud au lieu de Sud-Nord pour une grille lat-lon, était fait en considérant seulement l'ancienne géométrie. Nous avons modifié cette routine pour prendre en compte également le nouveau cadre FA.

◇ xrd/fa/faisc2.F :

Cette routine codait la section 2 des messages GRIB sur la base de l'ancienne géomètrie (ancien cadre FA). Jean Daniel Gril a modifié faisc2.F pour qu'elle prenne en compte le nouveau cadre FA.
A rappeler que Faisc2.F ne code pas :
- Mercator.
- Mercator Oblique.
- Stéréographique polaire.

◇ xrd/fa/fainig.F :

Les valeurs de la section2 des GRIB pour une grille lat-lon régulière sont initialisés ici sur la base de l'ancienne géométrie. Cette routine a été modifiée pour prendre en compte le nouveau cadre FA.

◇ arp/setup/suarg.F90 :

La valeur par défaut de NVGRIB dans sufa.F90 était donnée par favori.F (NVGRIB=NIGRIB=2).
Nous avons changé la routine suarg.F90 pour que la valeur par défaut ne soit plus 2, mais celle du fichier indiquée par la ligne de commande, si un fichier a été fourni.
Ainsi, une prévision à partir d'un fichier NVGRIB=3 doit produire des fichiers NVGRIB=3 sans qu'il soit nécessaire de préciser en namelist la valeur de NVGRIB.
A noter que dans sufpc.F90 (fullpos), la valeur par défaut de NFPGRIB est bien NVGRIB.
Ainsi, un fichier NVGRIB=3 doit être traité par fullpos implicitement avec NFPGRIB=3, sans qu'il soit nécessaire de préciser en namelist ni NVGRIB, ni NFPGRIB.

Annexe II : autre application de l'utilisation de GRIBEX

L'utilisation de GRIBEX Edition 1 nous a encouragé à tester d'autres applications autres que la compression de champs, comme par exemple traiter les fichiers compressés comme étant des fichiers GRIB, et donc pouvoir tracer les champs directement à partir des fichiers de sortie fullpos en latlon, i.e., sans devoir utiliser l'outil de gribage PROGRID.
En effet, GRIBEX produit des fichiers pseudo-GRIB, avec une entête FA, et un message GRIB par champ écrit. Chaque message GRIB (et donc chaque champ) contient une entête qui ressemble à du GRIB (elle contient plusieurs descripteurs comme la date, la géographie, le degré de compactage, ...), suivie par les valeurs du champ.
L'outil qu'on a utilisé pour le traçage est Metview. Avec un forçage de la nature du fichier fullpos (on change le statut du fichier de BINARY à GRIB), on a pu tracer directement des champs en points de grille sans utiliser PROGRID !
Or, nous avons constaté plusieurs "petites" bugs, qui nous empêchent, au moins à l'instant où on est, de penser à se débarasser d'un outil de gribage pur comme PROGRID.

Le premier problème concerne la correspondance entre le nom FA du champ et son code GRIB. En effet, plusieurs champs, notamment des champs qui ont été créés récemment n'ont pas de code GRIB ! En plus, la table de correspondance qui existe actuellement est codée en dur, deux champs différents pourraient avoir le même code GRIB par faute d'attention !
Le deuxième problème qu'on a trouvé est la date fausse écrite dans l'entête du champ (à différencier de la date dans l'entête du fichier qui elle, est bonne). En effet, celle-ci est figée et correspond à la date du 02/09/1993 donnée par fanouv.F. La figure (19) illustre ce problème, car en réalité il s'agit de données du 28/07/2005 !
La troixième bug est le domaine géographique. En effet il y a eu inversement de l'ordre d'écriture de la latitude nord et sud dans la section 2 du message GRIB. La figure (19) montre ce problème. Cette bug a été résolue et on a retrouvé le bon domaine (voir figure (20)).

Il faut bien comprendre que les fichiers FA ainsi compressés avec GRIBEX Edition 1, sont avant tout des fichiers FA permettant une lecture séquentielle indexée.
Dans l'état actuel, traiter ces fichiers comme des fichiers "GRIB" pur serait acrobatique, et dans certains cas erroné, et ce au moins jusqu'à la résolution complète de tous les problèmes résiduels décrit ci-dessus.

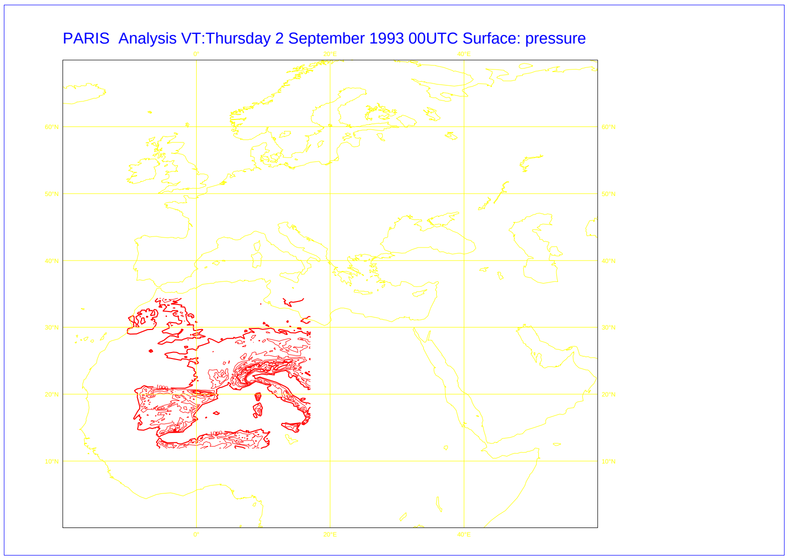

FIG. 19 – La pression de surface compressée tracée sans passer par PROGRID : problème de la date (02/09/1993) et de latitude (la latitude sud du bon domaine devient la latitude nord du faux domaine).

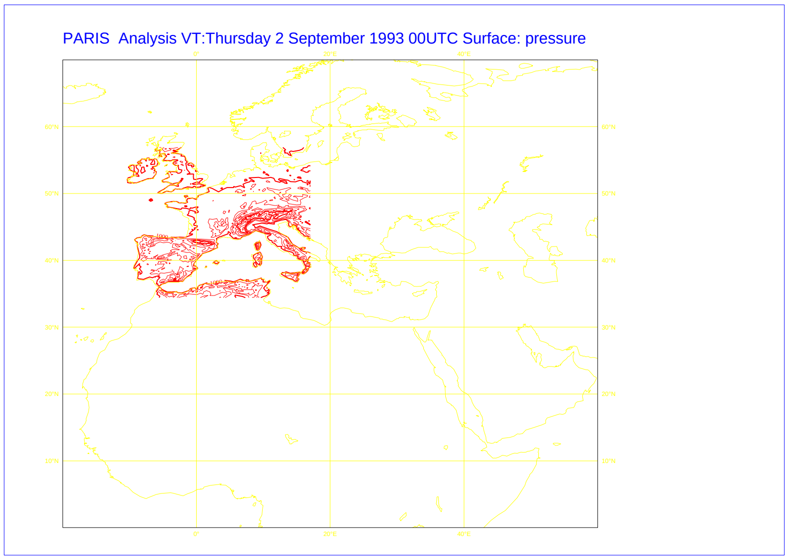

FIG. 20 – La pression de surface compressée tracée sans passer par PROGRID : le problème de date réside toujours. Le problème des latitudes est résolu.