

**Test des paramétrisations simplifiées de la physique humide  
dans les modèles ARPEGE et ALADIN**

**à**

**Météo France  
Centre National de Recherches Météorologiques**

**Adam Dziejic  
Institut de la Météorologie et de Gestion des Eaux  
Division de Cracovie**

**encadrement assuré par  
Olivier Rivière**

**Toulouse, avril 2009**

## 1. Introduction

Le but de ce travail était de tester deux types des paramétrisations simplifiées des précipitations stratiformes de grande échelle, la paramétrisation de Marta Janiskova et une nouvelle paramétrisation basée sur le schéma de Smith, dans les modèles Arpège et Aladin.

L'assimilation 4D-Var incrémentale a besoin d'un modèle direct, d'un modèle linéaire-tangent et d'un modèle adjoint. Dans le modèle numérique direct, l'intégration se fait à pleine résolution et on utilise une physique complète décrivant les processus physiques d'une manière très complexe, alors que dans les modèles linéaire-tangent et adjoint on utilise une physique simplifiée à basse résolution.

Dans la version simplifiée des précipitations stratiformes de grande échelle de Marta Janiskova, on fait l'hypothèse que toute super saturation est immédiatement enlevée du système et que tout est évaporé si la couche nuageuse sous-jacente n'est pas saturée. La congélation des précipitations apparaît lorsque la température atteint 0° C (Janiskova, 1998).

La version simplifiée des précipitation stratiformes de grande échelle de Smith développée par Olivier Rivière, est basée sur la routine « acnebsm.F90 » utilisée dans la version opérationnelle du code. Ici elle est utilisée de façon diagnostique pour calculer une nébulosité et une quantité d'eau condensée dans la maille. Cette eau condensée est ensuite précipitée entièrement.

## 2. Test avec le modèle Arpège

### 2.1 Déroulement du test

Les deux expériences Arpège ont été préparées sous OLIVE, avec la paramétrisation de Marta Janiskova (82T8) et avec la paramétrisation de Smith (82TC). Pour ces expériences, on a lancé le cycle avec ses 4 réseaux d'assimilation sur une durée de 22 jours, du 4/02/2009 00h au 25/02/2009 00h. L'exécutible correspond au cycle cy33t1. La production (la prévision de 102 heures) a été effectuée à 00h. Pour la référence on a utilisé la prévision opérationnelle Arpège (PA).

Pour la période du 8/02/2009 00 au 27/02/2009 06h sur plusieurs domaines du globe, on a calculé les scores par rapport à l'analyse ECMWF, aux TEMPSs et aux SYNOPS, pour les expériences 82T8, 82TC et pour la référence PA. Pour les mêmes expériences on a aussi calculé les diagnostics obstat, pour la période du 5/02/2009 00h au 22/02/2009 18h.

### 2.2 Résultats obtenus

Scores 82TC contre PA, par rapport à l'analyse ECMWF:

*Le géopotentiel* – amélioration des prévisions 82TC de 48h à 102h d'échéance entre 1000 hPa et 50 hPa sur le domaine SUD20, AUS-NZ; légère amélioration des prévisions les plus longues sur le domaine NORD20;

*La température* - amélioration des prévisions 82TC de 48h à 102h d'échéance entre 1000 hPa et 50 hPa sur le domaine SUD20, AUS-NZ; légère amélioration des prévisions sur le domaine AMNORD; légère dégradation des prévisions les plus longues sur le domaine EURATL entre 300 hPa et 200 hPa;

*La direction du vent* - amélioration des prévisions 82TC de 48h à 102h d'échéance entre 1000 hPa et 50 hPa sur le domaine SUD20, AUS-NZ; légère amélioration des prévisions sur le domaine AMNORD; dégradation des prévisions de 72h à 102h d'échéance entre 850 hPa et 200 hPa sur le domaine EURATL;

*La force du vent* – légère amélioration des prévisions 82TC de 48h à 102h d'échéance entre 1000 hPa et 50 hPa sur le domaine AUS-NZ;

*L'humidité spécifique* - résultats neutres.

Scores 82TC contre PA, par rapport aux TEMPS:

Les résultats pour 82TC sont très proches des résultats obtenus par rapport à l'analyse ECMWF, sauf sur le domaine EUROPE où pour toutes les variables et les prévisions de 72h à 102h d'échéance entre 1000 hPa et 200 hPa, les résultats se dégradent et deviennent moins bons que ceux obtenus par rapport à la prévision opérationnelle PA. Une légère dégradation est aussi visible pour l'humidité spécifique sur le domaine TROPIQ et pour la force du vent sur le domaine AUS-NZ.

Scores 82T8 contre PA, par rapport à l'analyse ECMWF et aux TEMPS:

Les résultats sont neutres, mais pour la température et le vent il y a une légère dégradation des prévisions 82T8 de 48h à 102h d'échéance surtout sur les domaines EUROPE et AMNORD entre 1000 hPa et 50 hPa.

Scores 82TC contre PA, par rapport aux SYNOPS:

*La pression au niveau de la mer* – amélioration des prévisions 82TC de 84h à 102h d'échéance sur les domaines AMNORD, ANTART, AUS-NZ; dégradation des prévisions sur les domaines AFNORD0, AFRIQUE, ARABIE, EUROPE et NORD20 (prévisions de 84h à 102h);

*La température* - résultats neutres;

*Les précipitations de 6h* - résultats neutres;

*La nébulosité* – légère dégradation des prévisions 82TC de 72h à 102h d'échéance sur le domaine AUS-NZ; légère amélioration des prévisions sur le domaine ANTART;

*La direction et la force du vent* - légère amélioration des prévisions 82TC de 72h à 102h d'échéance sur le domaine ARABIE;

*L'humidité* - légère dégradation des prévisions 82TC de 0h à 36h d'échéance sur les domaines AFNORD et TROPIQ.

Scores 82T8 contre PA, par rapport aux SYNOPS:

Les résultats sont presque neutres, sauf une légère amélioration des prévisions 82T8 de 60h à 102h d'échéance pour *la pression* sur le domaine AUS-NZ et des prévisions de 72h à 96h d'échéance pour les *précipitations de 6h* sur les domaines ARABIE et EUROPE.

Les figures concernant les scores se trouvent au annexe.

### **3. Test de validité de l'hypothèse LT dans Aladin (conf 501li).**

#### **3.1 Quelques mots sur la configuration 501li**

Le test 501li a pour objectif d'évaluer la qualité de l'approximation linéaire, au sens physique. Dans ce test, l'évolution d'une perturbation  $\delta x$  (de l'ordre de grandeur des incréments d'analyse) transportée par le modèle linéaire tangent  $L$  est comparée à la différence finie entre deux prévisions non linéaires utilisant le modèle complet  $M$ , effectuées respectivement à partir d'un état initial de base  $x$  et d'un état initial perturbé  $(x + \delta x)$  (Loo, 2004, 2008). Les prévisions sont de 3 ou 6 heures.

Le script effectuant le test 501li fournit à partir d'une analyse  $A$  et d'un guess  $G$  trois fichiers correspondant aux champs:

-le fichier  $f1$ :  $M(x_0) = M(G)$

-le fichier  $f2$ :  $M(x_0 + \delta x_0) = M(A)$

-le fichier  $f3$ :  $M(x_0) + L(\delta x_0) = M(G) + L(A - G)$

Avec un autre l'exécutable tenant compte des modifications dans la routine « testli.F90 » on a obtenu

le fichier contenant le champ:

-le fichier *f5*:  $M(x_0 - \delta x_0)$

L'évaluation quantitative est effectuée par l'intermédiaire des erreurs  $\epsilon$  et  $\epsilon_1$  données par des équation (1) et (2):

$$\epsilon = M(x_0) + L(\delta x_0) - M(x_0 + \delta x_0) = M(G) + L(A - G) - M(A) \quad (1)$$

$$\epsilon_1 = 0.5[M(x_0 + \delta x_0) + M(x_0 - \delta x_0) - 2M(x_0)] \quad (2)$$

### 3.2 Description du test

Le test a été effectué avec le cycle *cy33t1* sur le domaine Aladin France pour les différents jeux de paramétrisations physiques simplifiées intégrées dans le modèle linéaire tangent: DV - diffusion verticale, MJ - diffusion verticale + précipitations stratiformes de Marta Janiskova, SM - diffusion verticale + précipitations stratiformes de Smith et GW - diffusion verticale + trainée des ondes de gravité.

Pour ce test on a choisi deux situations météorologiques: la situation stable du 28 février 2009 et la situation dynamique du 8 mars 2009 (Figure 1).

On a calculé les profils verticaux de RMS sur le domaine Aladin France, pour l'humidité spécifique, la température, les composantes zonale et méridienne du vent, avec ces 4 jeux de paramétrisations physiques simplifiées (Figure 2, 3).

Après, seulement pour le cas de la diffusion verticale DV, on a calculé et cartographié le champs  $\epsilon = M(x_0) + L(\delta x_0) - M(x_0 + \delta x_0)$  (*f3-f2*),  $L(\delta x_0)$  (*f3-f1*),  $M(x_0 + \delta x_0) - M(x_0)$  (*f2-f1*) et  $M(x_0)$  (*f1*) pour la composante zonale du vent aux niveaux 300 hPa et 800 hPa, ainsi que pour la température aux niveaux 300 hPa et 700 hPa. On a aussi calculé et cartographié le champ  $\epsilon_1 = 0.5[M(x_0 + \delta x_0) + M(x_0 - \delta x_0) - 2M(x_0)]$  (*0.5f2+0.5f5-f1*) pour comprendre d'où vient l'erreur  $\epsilon$  et si elle est liée à la non-linéarisation ou à un autre processus, comme par exemple la dynamique (Figures 4 .. 11). L'erreur  $\epsilon_1$  correspond au terme d'ordre 2 calculé par différences finies.

### 3.3 Résultats obtenus

Sur les profils verticaux, l'erreur  $\epsilon$  est moindre pour la situation stable que pour la situation dynamique pour tous les paramètres (Q,T,U,V) et pour tous les jeux de paramétrisations physiques simplifiées (DV, MJ, SM, GW). Les résultats sont identiques si on compare la prévision de 3h avec la prévision de 6h. L'erreur augmente avec l'échéance de la prévision.

Les meilleurs résultats sont obtenus pour l'humidité spécifique, pour laquelle l'erreur diminue avec l'altitude et pour laquelle il n'y a pas de pics supplémentaires, sauf un petit pic au niveau 900-850 hPa. Pour la température et les composantes zonale et méridienne du vent, les résultats sont moins bons avec deux pics, un au niveau 900-850 hPa et l'autre plus marqué au niveau 300-200 hPa. Cette erreur en altitude est plus forte pour la situation dynamique.

En évaluant l'influence de la paramétrisation physique simplifiée sur l'erreur  $\epsilon$ , les meilleurs résultats sont obtenus pour l'humidité spécifique avec la paramétrisation SM dans tous les cas, la paramétrisation MJ se situe en deuxième position pour l'échéance 3h. Quant aux paramétrisations DV et GW, les résultats sont moins bons et semblables. Pour la température, les meilleurs résultats sont obtenus pour la paramétrisation SM, pour les niveaux au dessous 300 hPa,

viennent ensuite les résultats avec MJ, puis avec DV et GW pour lesquels les profils sont superposés. Pour les composantes du vent, les résultats sont presque identiques que pour la température, mais seulement pour la prévision de 3h. Pour la prévision de 6h on observe une dégradation des résultats pour les paramétrisations SM et MJ, surtout pour la situation dynamique. Pour toutes les paramétrisations, les résultats sont neutres au dessus 300 hPa (Figures 2, 3)

Lest cartes décrites dans le chapitre 3.2 sont tracées seulement pour la diffusion verticale DV et sur les niveaux pour lesquels l'erreur  $\epsilon$  est la plus grande, pour deux situations météorologiques et pour les échéances de 3h et 6h. Pour la composante zonale du vent, on a choisi les niveaux 300 hPa et 800 hPa et pour la température les niveaux 300 hPa et 700 hPa. Puisque ces cartes se ressemblent, seulement certaines d'elles sont présentées dans le rapport (Figures 4..11), les autres se trouvent au annexe.

Les plus intéressantes sont des erreurs  $\epsilon$  et  $\epsilon_1$ , qui se ressemblent beaucoup et qui apparaissent surtout là où la composante zonale du vent a une grande valeur négative ou dans les zones frontales (Figure 6, 8, 9, 10), ce qui peut prouver que ces erreurs ne sont pas liées à la linéarisation, mais à la croissance non-linéaire des erreurs, probablement à cause des termes dynamiques.

#### **4. Conclusion et perspectives**

La nouvelle paramétrisation basée sur Smith donne des scores légèrement positifs et s'avère meilleure que celle de Marta Janiskova.

Il va falloir étudier le rôle des non-linéarités dans la dynamique pour penser à des applications basées sur les modèles LT et AD.

Il serait intéressant de refaire ce test à des résolutions plus faibles.

#### **5. Bibliographie**

R.N.B. Smith,1990: A scheme of predicting layer clouds and their water content in a general circulation model,

Marta Janiskova, 1998: Réalisation d'une physique simplifiée, différentiable et réaliste pour une assimilation variationnelle quadri-dimensionnelle incrémentale,

Cécile Loo, 2007: Tests 401/501/501li, Cycle 28 d'ARPEGE,

Cécile Loo, 2008: Coefficients de la Diffusion Verticale du Modèle NL dans les Modèles TL et AD,