



Environnement
Canada

Environment
Canada

Canada

La configuration stratosphérique du Système de Prévision d'Ensemble.

**Séminaire interne à Dorval
Peter Houtekamer
Division de Recherche en Météorologie,
Montréal, Canada
10 Décembre, 2010**

Les “contributeurs”

Beaucoup de personnes contribuent au succès du Système de Prédiction d'Ensemble (SPE). Souvent, dans le SPE, nous prenons et profitons d'outils développés ici pour tout le monde. Dans le nouveau système que nous regarderons aujourd'hui nous utilisons, par exemple, le modèle GEM-4 ([André Plante](#)), la nouvelle analyse de la température de la mer (TM) et le séquenceur Maestro ([Michel Desgagné](#)).

Juste pour les ensembles, il y a des contributions de

- [Seung-Jong Baek, Xingxiu Deng](#):
l'amélioration du Filtre de Kalman d'Ensemble (FKEn),
- [Bin He](#): l'utilisation du séquenceur Maestro,
- [Martin Charron, Normand Gagnon et Gérard Pellerin](#):
les prévisions jusqu'au jour 15 et en particulier le développement des paramétrages stochastiques.



Contenu de la présentation

- Introduction,
- Changements pour le FKEn,
- Vérifications à 6 heures,
- Changements pour les prévisions de 15 jours,
- Vérifications jusqu'au jour 15,
- Problème avec l'humidité dans la stratosphère,
- État des travaux.



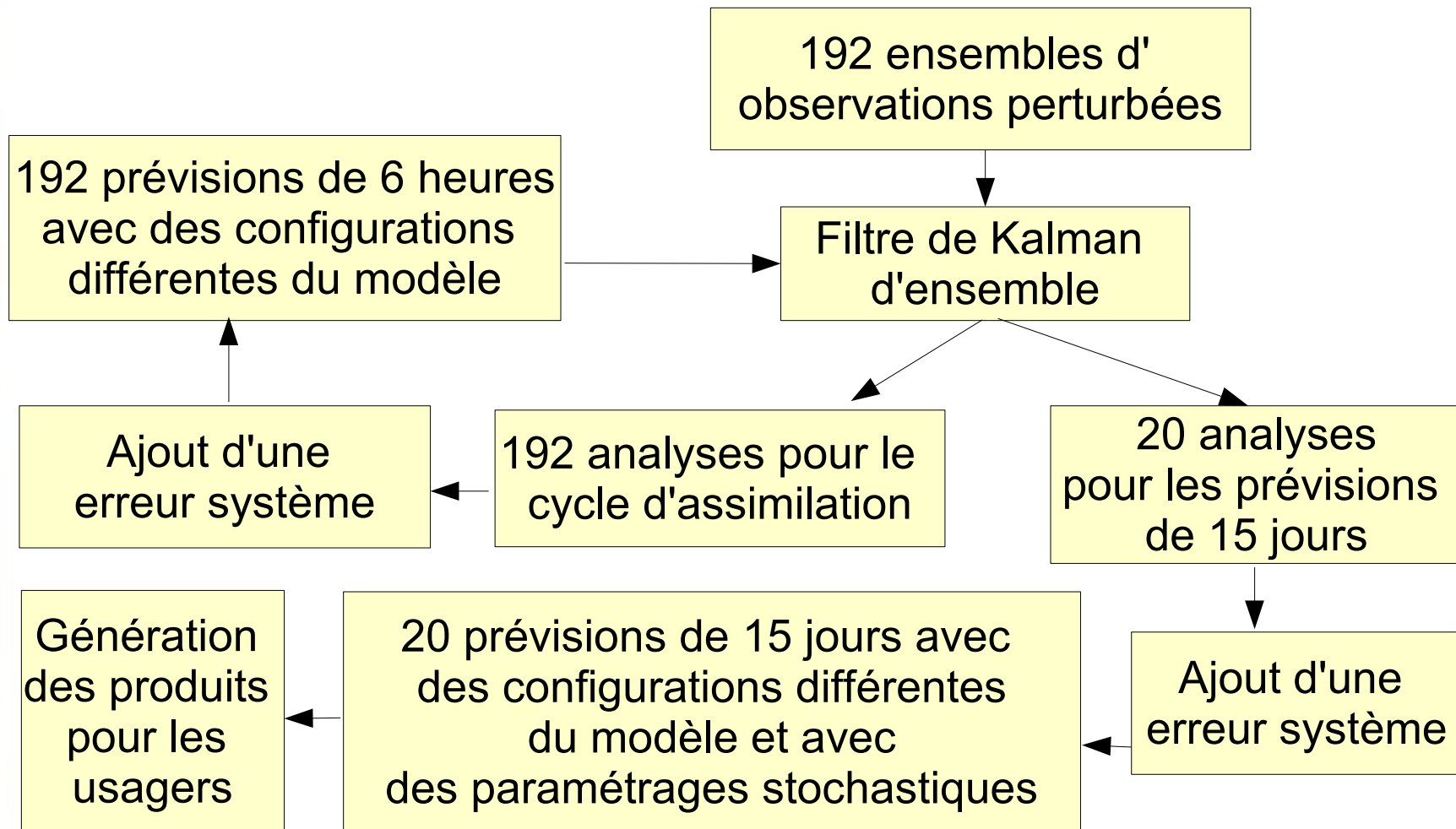
Contexte

Pour la saison des ouragans, il a (eu) une passe parallèle avec des changements au modèle global déterministe (“[stratos-2a](#)”, présentation de [Ayrton Zadra](#), 29 janvier 2010). La configuration stratos-2a n'a pas été testée avec les ensembles.

Bientôt, il y aura un ajout de plus d'observations dans la passe parallèle (“[stratos-2b](#)”, présentation de [Mark Buehner](#), 15 octobre 2010).

Nous voulons brancher une nouvelle configuration du système global de prévision d'ensemble ([version 2.0.0](#)) sur stratos-2b.

Le Système de Prédiction d'Ensemble



Modifications au Filtre de Kalman d'Ensemble

La configuration testée utilise:

- 1) 192 membres d'ensemble (au lieu de 96),
- 2) le code du 3D-Var pour la simulation de l'erreur système,
- 3) la version 4.1.4 du modèle GEM-DM avec la coordonnée verticale décalée (Charney-Phillips),
- 4) le toit du modèle à 2 hPa (au lieu de 10 hPa),
- 5) la nouvelle analyse de la température de la mer (TM).



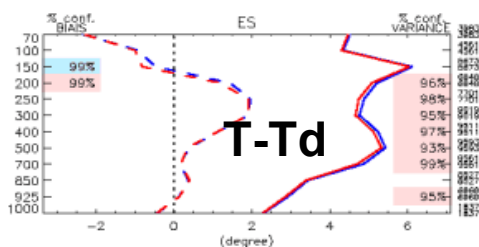
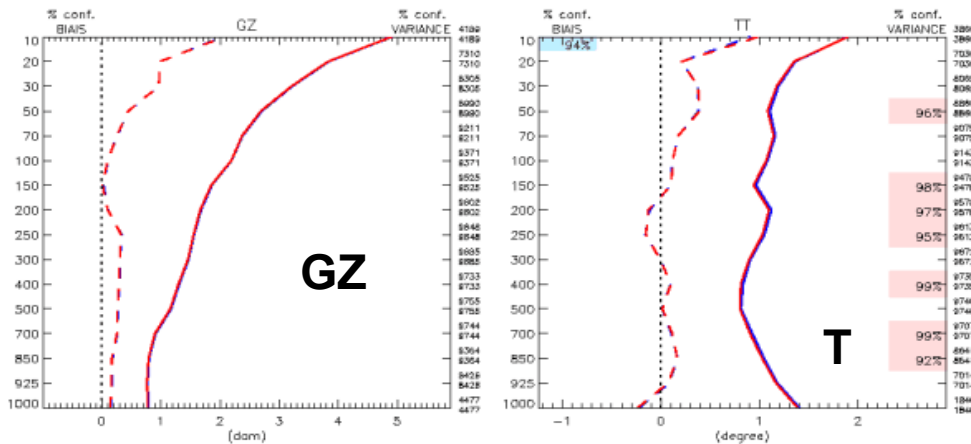
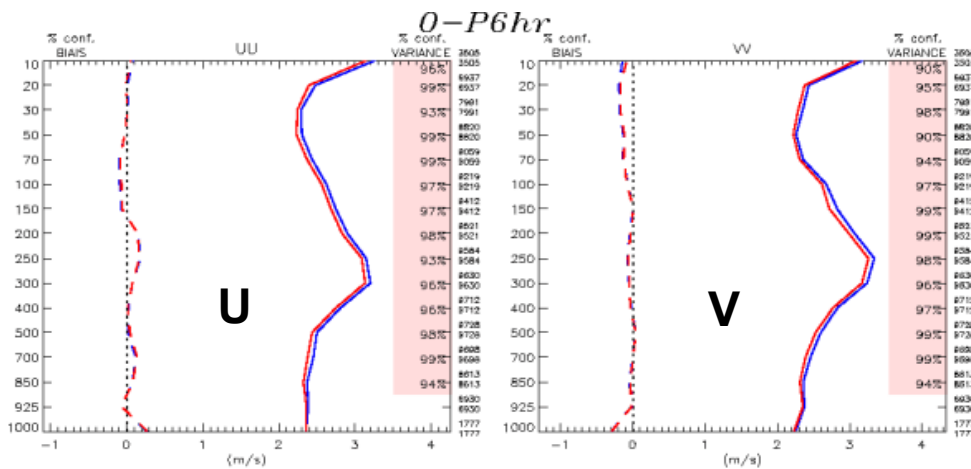
192 membres au lieu de 96

En bleu: 96 membres

En rouge: 192 membres

Avec la méthode de Monte-Carlo, les erreurs d'estimation diminuent avec la racine du nombre de membres. Nous avons aussi besoin de plus de membres (plus de directions avec de l'incertitude) afin de pouvoir extraire plus d'information du réseau d'observations.

En particulier pour les vents, l'amélioration est importante.



| | | | |
|---|-------|---|------------------------------------|
| ◇ | — | E-T m_uu08070100_08071012_000_xin91 (20) | Type : 0-P6hr |
| ◇ | - - - | BIAIS m_uu08070100_08071012_000_xin91 | Region : Monde |
| ◇ | — | E-T m_uu08070100_08071012_000_pih280 (20) | Lat-lon: (90S, 180W) (90N, 180E) |
| ◇ | - - - | BIAIS m_uu08070100_08071012_000_pih280 | Stat. |

7 - 08-05-09

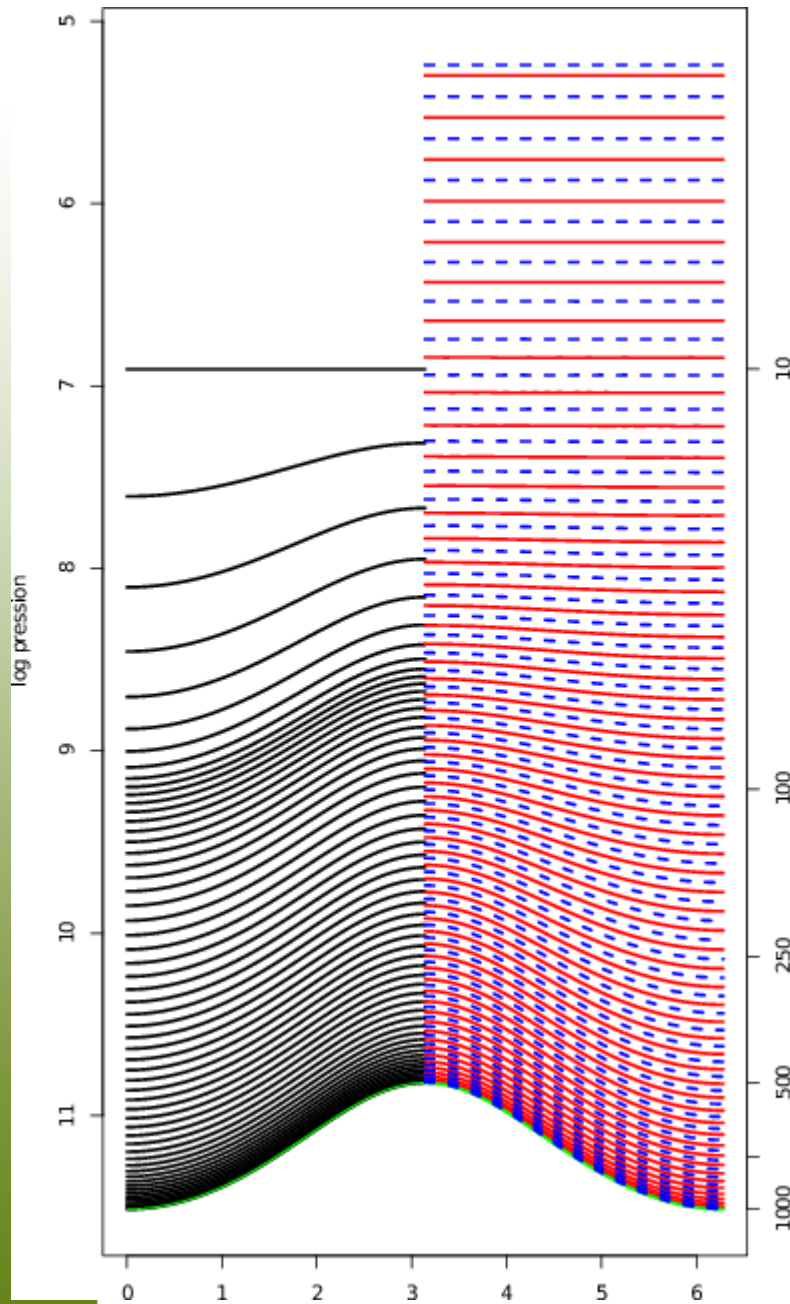


Environnement
Canada

Environment
Canada

Canada

Le décalage verticale



Dans le SPE opérationnel, l'information des vents, températures et de l'humidité est aux mêmes niveaux verticaux (côté gauche).

Dans GEM 4, les niveaux avec les vents (**courbes en rouge**) sont entre les niveaux avec la température et l'humidité (**courbes en blue**).

La nouvelle discrétisation est plus stable et donne plus de précision. Les biais stratosphériques sont plus petits.

Le toit à 2 hPa

Nous avons monté le toit du modèle de 10 hPa à 2 hPa.

Nous avons choisi prudemment de mettre le toit à 2 hPa parce que nous ne recevons pas de données GPS-RO en haut de 2 hPa. Actuellement, nous (Seung-Jong Baek) tentons d'aller à 0.1 hPa.

Avec le toit à 2 hPa, nous pouvons assimiler les canaux 11 et 12 de AMSU-A et les observations GPS-RO entre 2 et 10 hPa. Autrement, nous n'avons pas ajouté d'observations.



L'ajout d'une erreur système (OPS).

Depuis sa première configuration, le toit du SPE a été à 10 hPa. Nous utilisons **une description séparable**, avec un bon nombre **de paramètres ajustables**, dans la génération des champs aléatoires. Les 10 modes verticaux viennent de la matrice `B_NMC` du 3D-Var à un certain nombre d'onde.

Nous avons maintenant besoin des champs de perturbation jusqu'à 2 hPa et il n'est pas évident comment étendre la description actuelle.

Nous aimerions avoir une description non-séparable qui sera aussi utilisable pour un toit à 0.1 hPa.



L'usage du 3D-Var

Le 3D-Var utilise **une description non-séparable** pour la matrice B_NMC . Dans le 3D-Var, il y a des transformations pour aller de l'espace de la variable de contrôle, où B_NMC est l'identité I , vers l'espace physique $(u,v,T,\ln(q),ps)$.

Nous pouvons maintenant générer une perturbation aléatoire, avec covariance δI , dans l'espace contrôle du 3D-Var et transformer la perturbation vers l'espace physique. Il ne reste qu'à interpoler les perturbations vers la grille du FKEn.

Merci à **Cécilien Charette** pour l'extension au 3D-Var.



Le chemin critique pour le filtre

| Action | OPS CPU | OPS wall | OPS CPUsec | R&D CPU | R&D wall | R&D CPUsec |
|----------------------------|------------|--------------|----------------|------------|--------------|----------------|
| pré-traitement | 8 | 7:08 | 3 424 | 16 | 5:18 | 5 088 |
| analyse | 128 | 26:41 | 204 928 | 160 | 22:57 | 220 320 |
| ménage | 1 | 0:08 | 8 | 4 | 0:08? | 32 ? |
| sélection de 20 membres | 8 | 8:48 | 4 224 | 8 | 4:35 | 2 200 |
| ----- | | | | | | |
| somme | | 42:45 | 212 584 | | 32:58 | 227 640 |

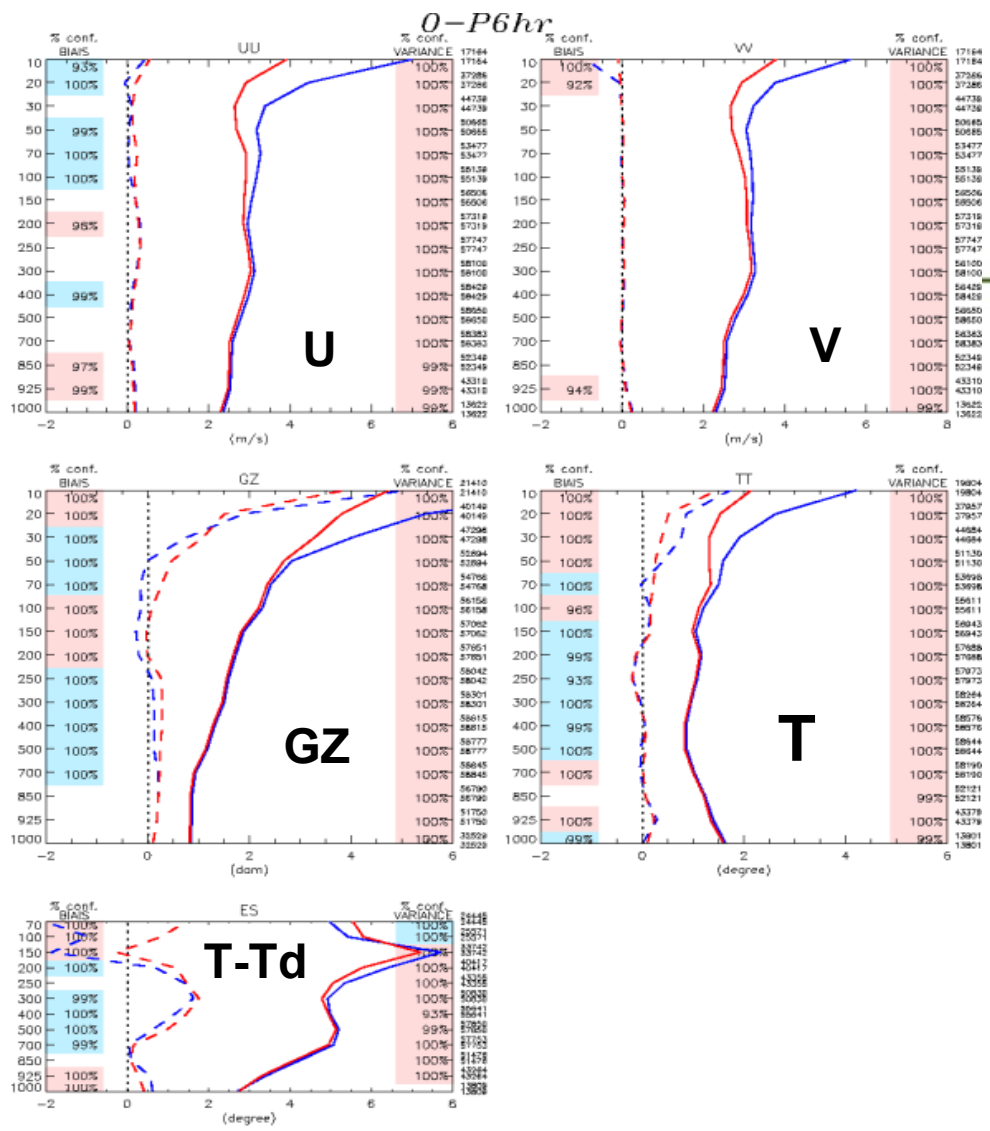
Pour toutes sortes de raisons (optimisation, choix des paramètres, réduction du chemin critique, ...), la nouvelle analyse pour **192 membres** est plus rapide que l'analyse opérationnelle avec **96 membres**.

Vérifications d'hiver contre sondages

Courbes en bleu:
le FKEn opérationnel.

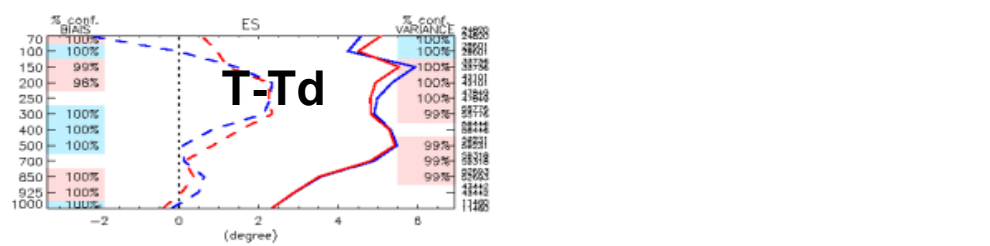
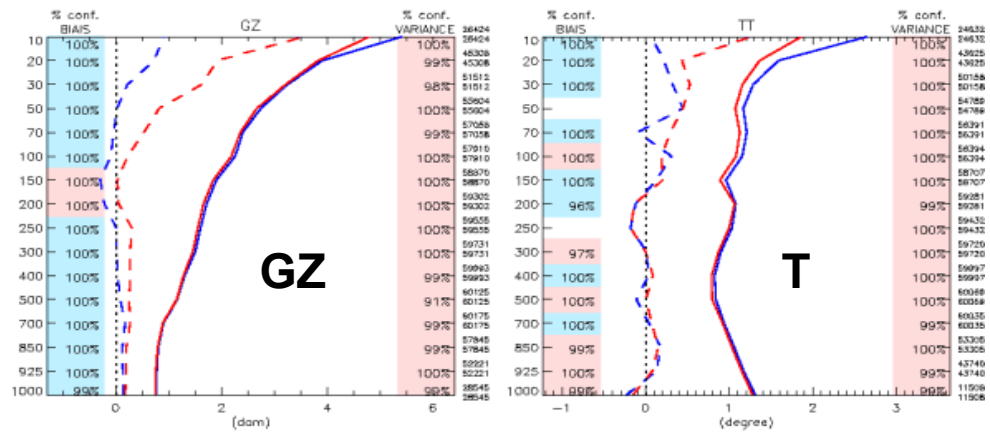
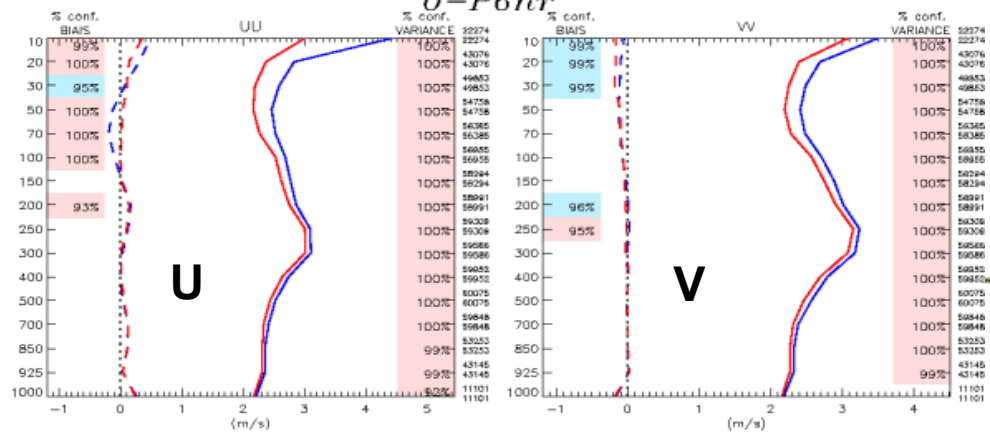
Courbes en rouge:
le FKEn proposé.

Les améliorations sont significatives à presque tous les niveaux. En haut de 200 hPa les améliorations sont généralement grandes. Il n'y a pas d'amélioration pour les biais.



| | | | |
|---|-------|---|---------------------------------------|
| ◇ | — | E-T m_ua09010100_09022812_000_xin78 (118) | Type : 0-P6hr |
| ◇ | - - - | BIAS m_ua09010100_09022812_000_xin78 | Region : Monde |
| ◇ | — | E-T m_ua09010100_09022812_000_ph328 (118) | Lat-lon : (90S, 180W) (90N, 180E) |
| ◇ | - - - | BIAS m_ua09010100_09022812_000_ph328 | Stat. |





| | | |
|-----|--|---------------------------------------|
| — | E-T m_u08070100_08083112_000_ph244 (124) | Type : 0-P6hr |
| --- | BIAIS m_u08070100_08083112_000_ph244 | Region : Monde |
| — | E-T m_u08070100_08083112_000_ph327 (124) | Lat-lon : (90S, 180W) (90N, 180E) |
| --- | BIAIS m_u08070100_08083112_000_ph327 | Stat. |

Vérification d'été contre sondages

Courbes en bleu: le FKEn opérationnel.

Courbes en rouge: le FKEn proposé.

Les améliorations sont significatives à presque tous les niveaux. En haut de 200 hPa les améliorations sont généralement grandes. Il y a une dégradation pour le biais d'hauteur.

Résumé des changements au FKEn

Grâce surtout à:

- 192 membres et,
- un toit plus élevé à 2 hPa,

nous avons une belle amélioration de la qualité des nos champs d'essai.

Il faut voir, maintenant, l'effet sur les 20 prévisions jusqu'au jour 15.

La configuration pour les prévisions jusqu'au jour 15 a changé autant que celle du FKEn.

Améliorations des 20 prévisions jusqu'au jour 15

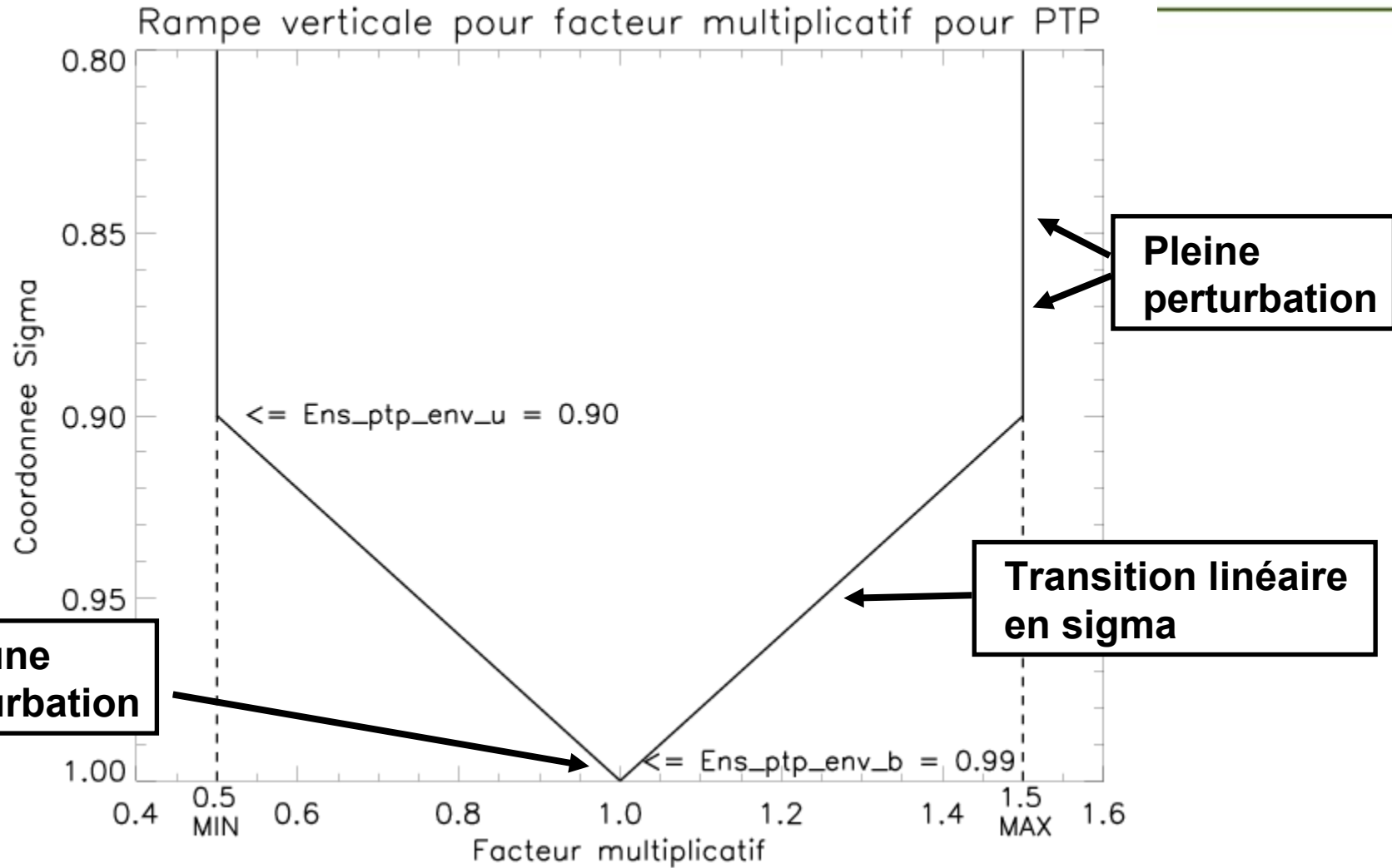
Normand Gagnon et Gérard Pellerin

- Augmentation de la résolution horizontale de 400x200 (100km) à 600x300 (66km),
- Niveaux verticaux décalés (GEM 4.2.0),
- Augmentation de la résolution verticale de L28 à L40,
- Toit plus haut: de 10 hPa à 2 hPa,
- Réduction du pas de temps de 45 minutes à 30 minutes.

Modifications à la physique

- Nous n'utilisons plus les schémas de **RAS** (Relaxed Arakawa Schubert) et de **Kuo-Sym** (Kuo Symétrique).
- PTP (Perturbations des Tendances de la Physique)
 - 1) nous ne perturbons plus à la surface,
 - 2) nous perturbons 50% de moins dans les tropiques,
 - 3) le temps de décorrélation passe de 3h à **36h**.
- SKEB (Stochastic Kinetic Energy Backscatter)
 - 1) augmentation de l'intensité (α va de 0.7 à **0.8**),
 - 2) forçage à des échelles plus courtes (**T60-192** au lieu de T40-128),
 - 3) le temps de décorrélation passe de 36h à **6h**.

Enveloppe verticale utilisée pour PTP



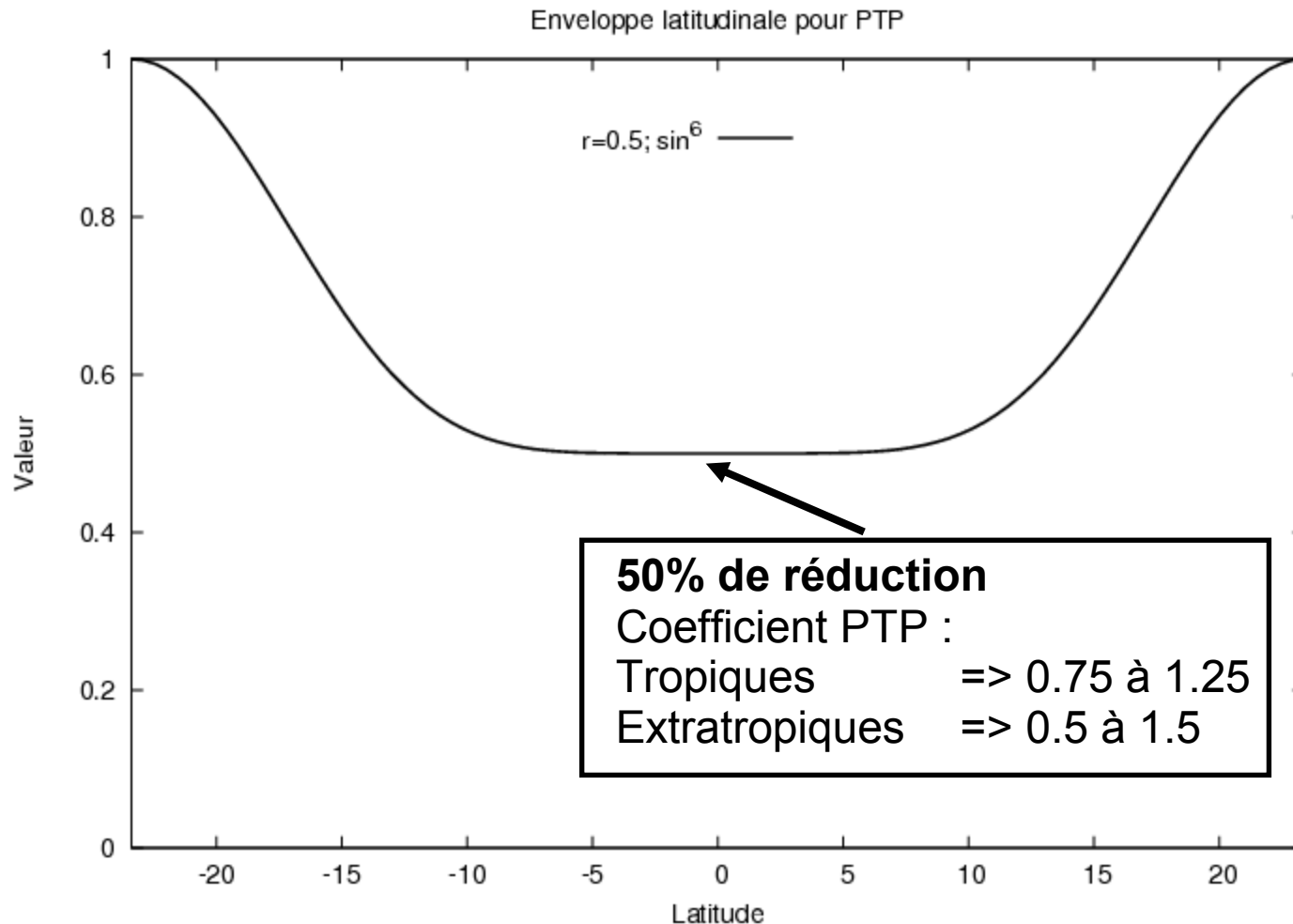
Aucune perturbation

Transition linéaire en sigma

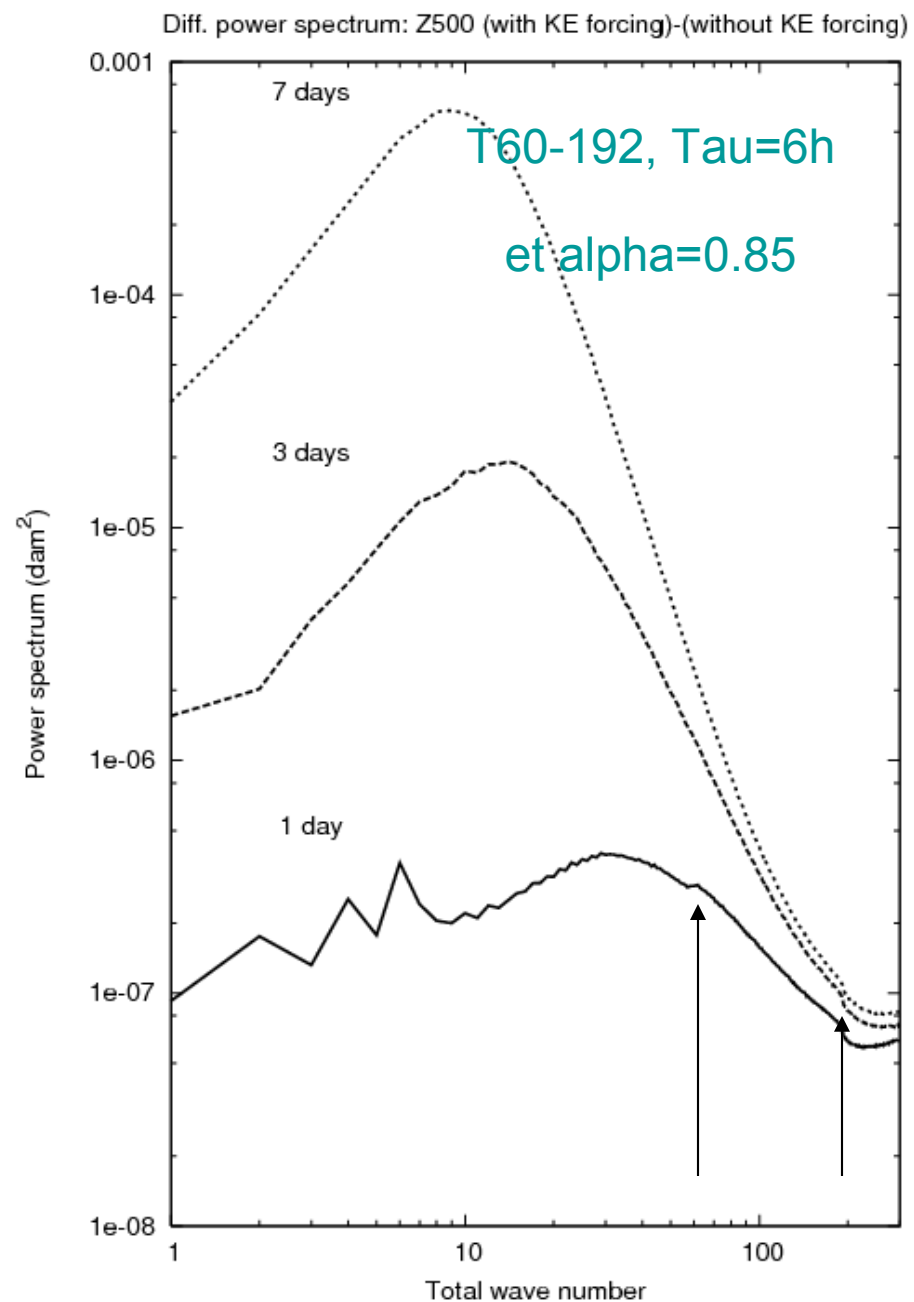
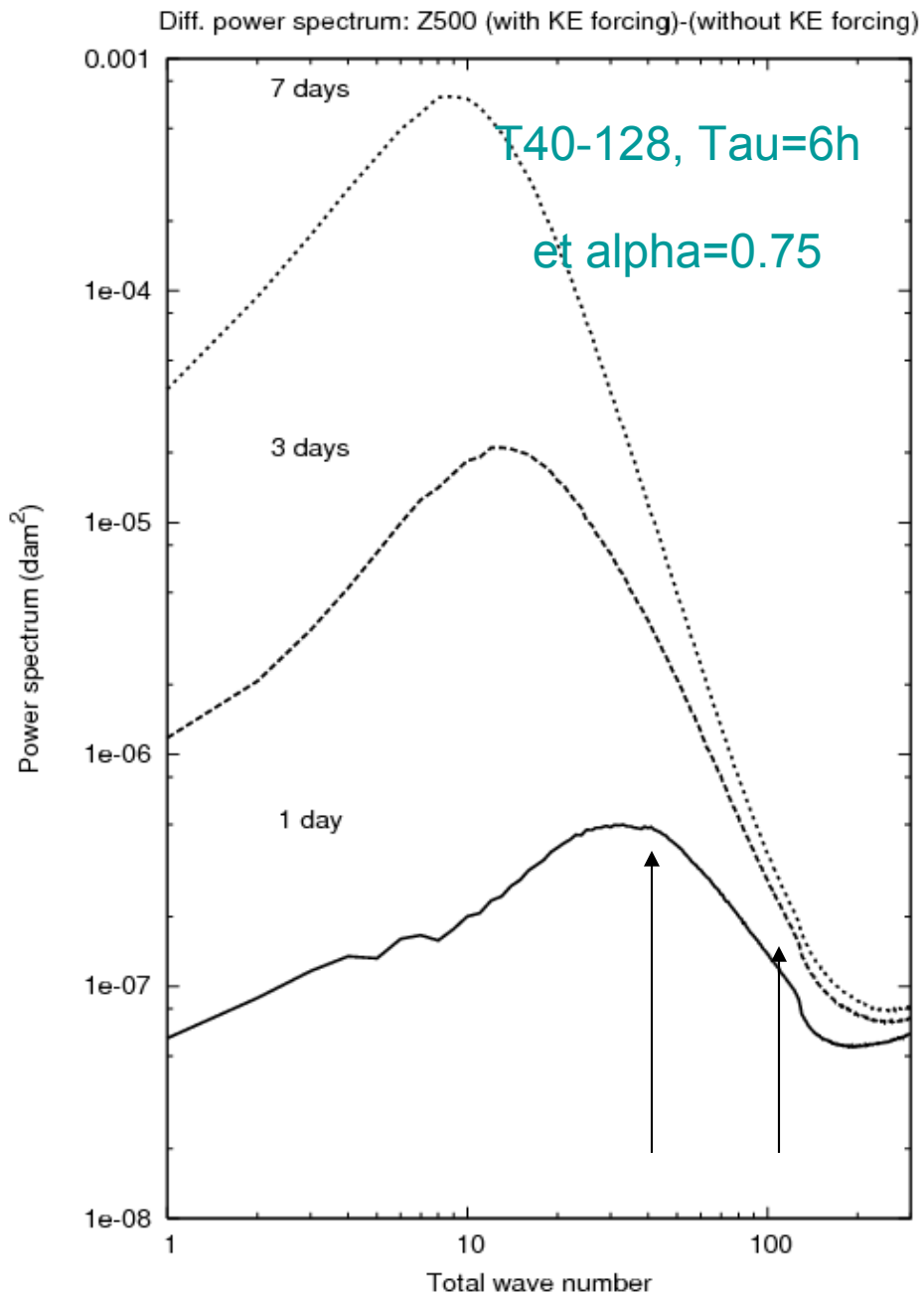
Pleine perturbation



Enveloppe latitudinale pour PTP



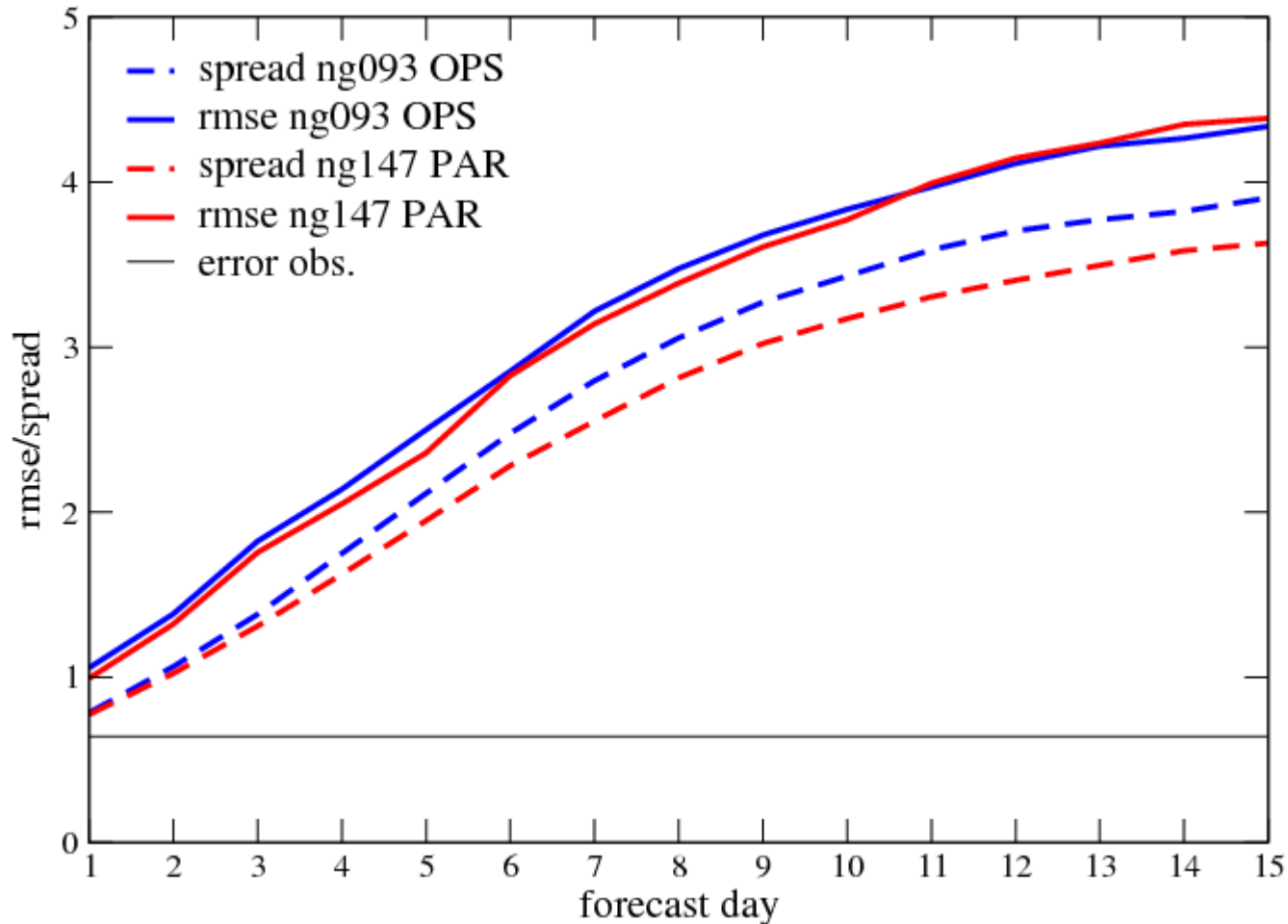
Progression temporelle du forçage SKEB en termes d'échelle spatiale



Le coût des modifications

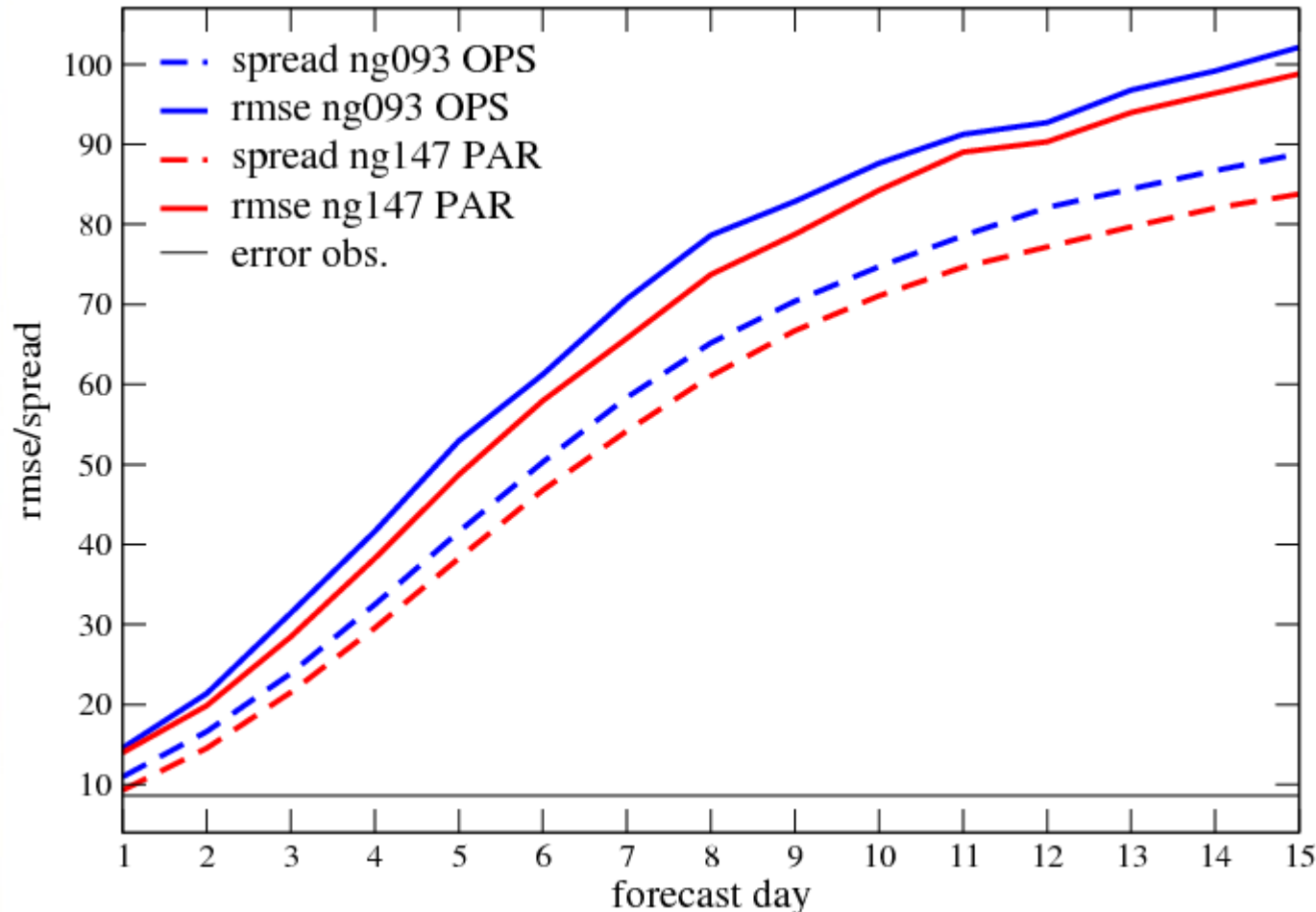
- Le système OPS courant:
 - 21 x 16 cpus (336), env. 30 minutes pour 16 jours,
 - + 15-25 minutes pour les sorties.
- Le système proposé:
 - 21 x 32 cpus (672), env. 100 minutes pour 16 jours,
 - +1-2 minutes pour les sorties,
 - sorties progressives donc peu d'impact sur les principaux produits (jours 6 -7, cartes, grib, etc.),
 - gain potentiel avec optimisation de la configuration MPI/Open-MP/SMT?

Vérification globale de TT 500 hPa contre les sondages (hiver)



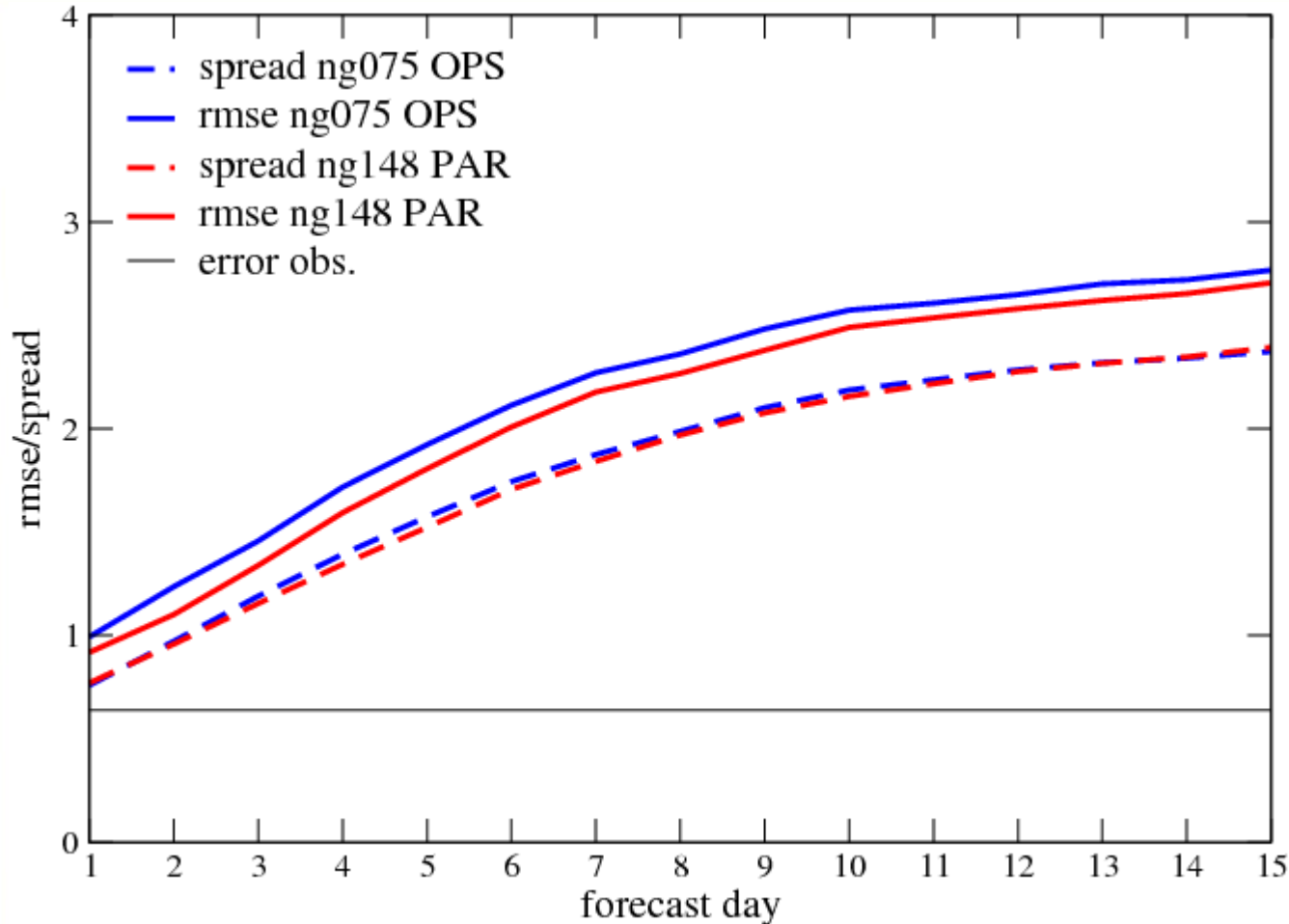
Pour l'erreur rms de la moyenne de l'ensemble, le gain est d'environ 6 heures.

Vérification globale de GZ 500 hPa contre les sondages (hiver)



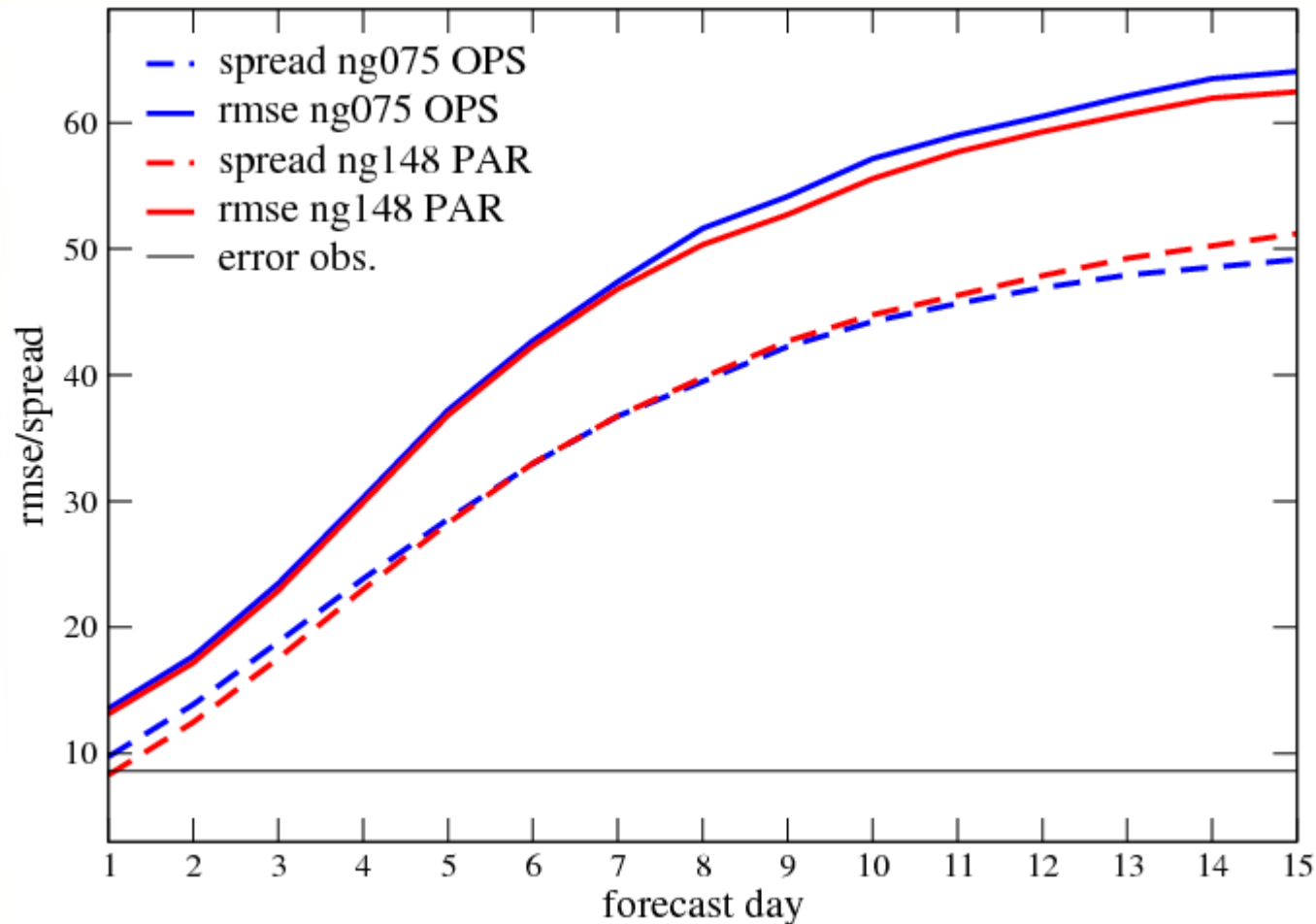
Pour l'erreur rms de la moyenne de l'ensemble, le gain est d'environ 12 heures.

Vérification globale de TT 500 hPa contre les sondages (été)



Pour l'erreur rms de la moyenne de l'ensemble, le gain est de 12 heures ou plus.

Vérification globale de GZ 500 hPa contre les sondages (été)



Pour l'erreur rms de la moyenne de l'ensemble, il n'y a presque pas de gain.

Résumé des changements

La composante prévision du système de prévision d'ensemble a été stable depuis le 10 juillet 2007.

Nous proposons maintenant des changements pour tous les aspect:

- 1) 400 x 200 L28 => 600 x 300 L40,
- 2) toit à 10 hPa => toit à 2 hPa,
- 3) GEM 3.2.8 => GEM 4.2.0,
- 4) moins de choix pour les paramétrages,
- 5) ajustements pour les paramétrages stochastiques.

Notre évaluation est **assez positive** et nous jugeons qu'il est temps de procéder à un transfert de technologie.

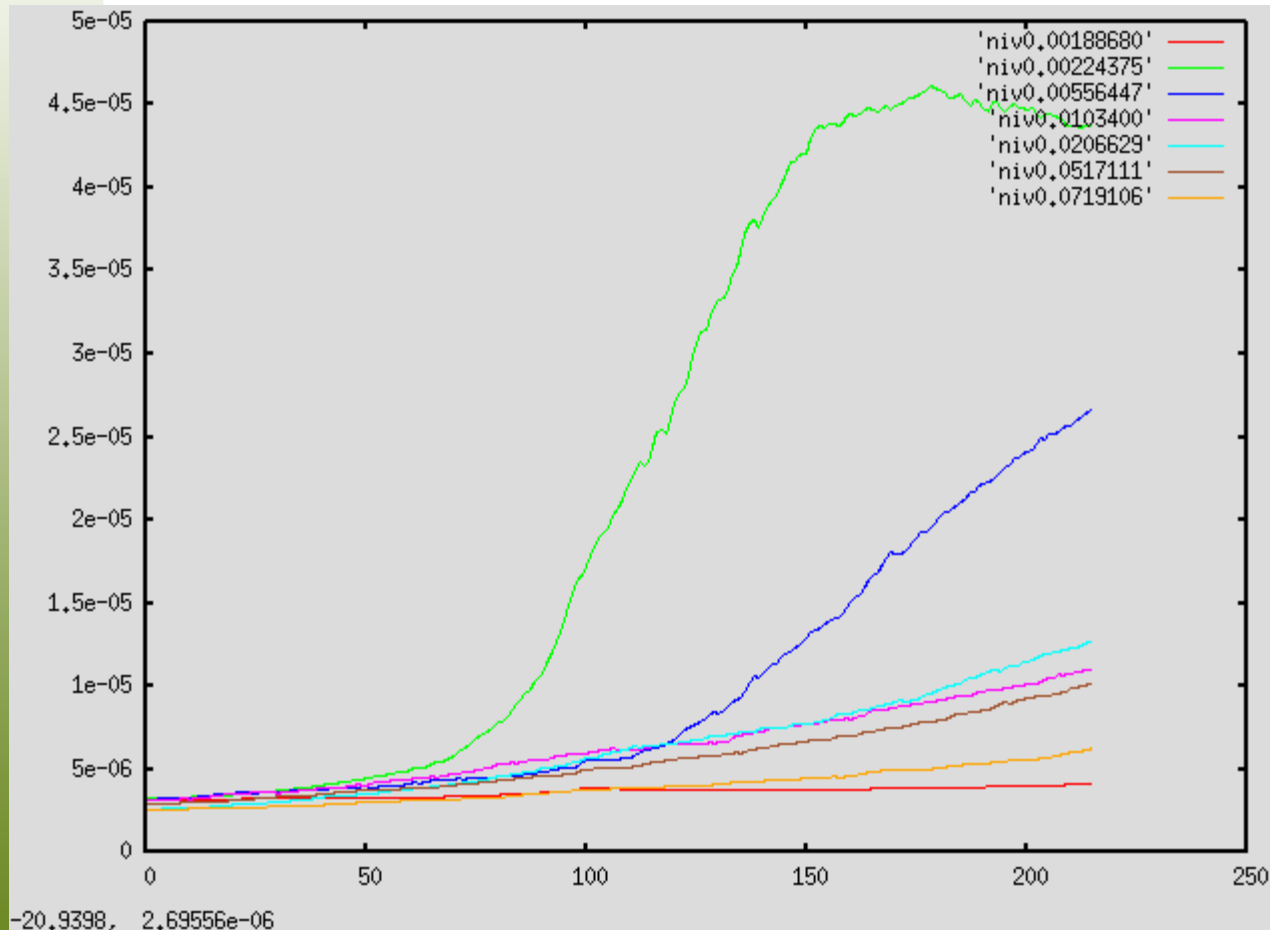
Petit pépin

Sauf que:

Il y a un problème connu avec la configuration testée.



Accumulation stratosphérique d'humidité



Dans les cycles finaux, nous (Michel Roch et Seung-Jong Baek) avons constaté une accumulation graduelle et irréaliste de l'humidité stratosphérique (ici entre 2 et 70 hPa).

La balance de l'humidité

Dans les cycles finaux nous appliquions, à chaque 6 heures, une perturbation à $\ln(q)$. Ceci agissait, après la transformation vers q , comme une source d'humidité:

$$\ln q_+ = \ln q + \Delta \ln q \text{ et } \ln q_- = \ln q - \Delta \ln q \implies$$

$$\frac{1}{2} (q_+ + q_-) = q \left(1 + \frac{1}{2} (\Delta \ln q)^2 + \dots \right) > q$$

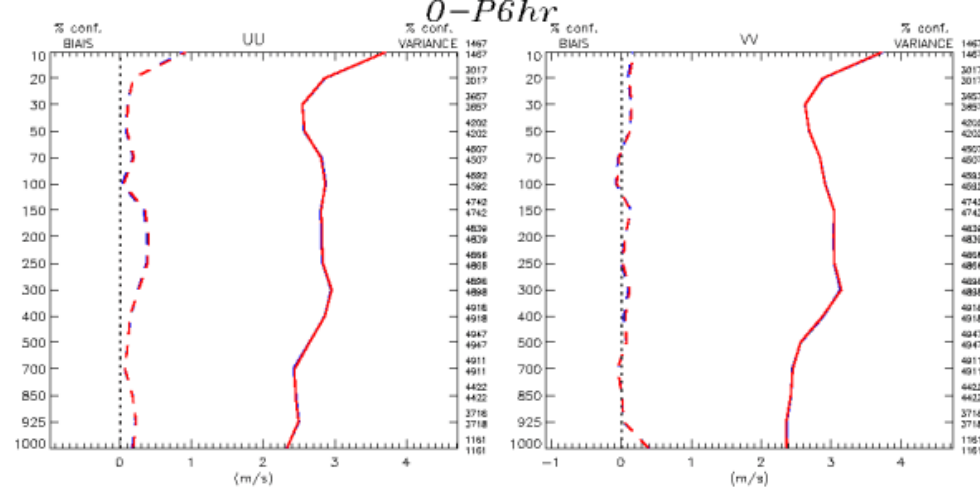
La solution est de perturber q au lieu de $\ln(q)$. e.g:

$$q_+ = q (1 + \Delta) \text{ et } q_- = q (1 - \Delta)$$

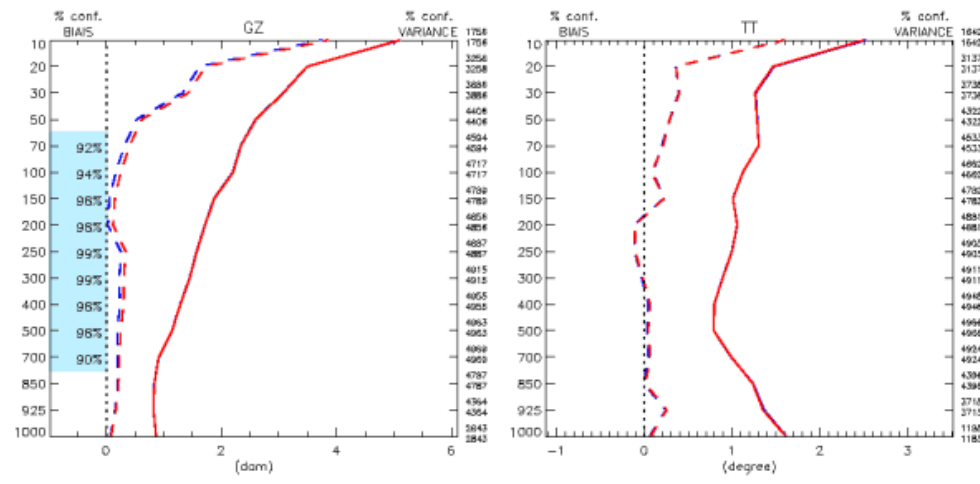
De plus:

- 1) nous imposons maintenant une **valeur maximale** à HU et
- 2) nous ne perturbons plus l'humidité en haut de **100 hPa**.

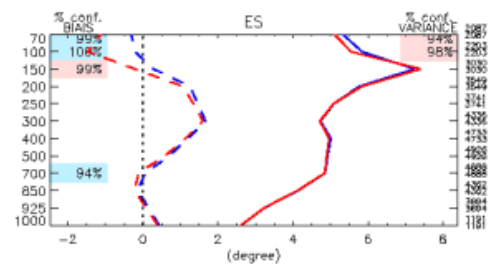
L'effet des changements



En bleu: le cycle d'hiver
 En rouge: avec les modifications (5 jours uniquement).



L'effet des correctifs est d'assécher l'atmosphère (surtout en haut de 200 hPa). Il y a aussi une influence correspondante sur le biais de GZ.



| | | | |
|---|-------|---|---------------------------------------|
| ◇ | — | E-T m_u09010100_09010512_000_ph328 (10) | Type : 0-P6hr |
| ◇ | - - - | BIAS m_u09010100_09010512_000_ph328 | Region : Monde |
| ◇ | — | E-T m_u09010100_09010512_000_ph329 (10) | Lat-lon : (90S, 180W) (90N, 180E) |
| ◇ | - - - | BIAS m_u09010100_09010512_000_ph329 | Stat. |

Le séquenceur Maestro

Dans le cadre du projet **ISST** (Intégration et Standardisation du Système de suite de Tâches), **CMOI a développé le séquenceur Maestro pour couvrir les besoins de CMOI et les besoins spécifiés par R&D.**

En juin 2010, l'équipe des ensembles se portait volontaire pour *tester Maestro*.

Nous (**Normand Gagnon**) avons re-livré le SPE opérationnel à CMOI et ceci tourne actuellement aux opérations pour permettre la stabilisation de Maestro.

La configuration R&D du FKEn tourne maintenant avec Maestro et nous ajoutons maintenant la composante prévision de 15 jours.



L'état de nos travaux

Nous sommes en train de faire basculer la configuration R&D du SPE vers Maestro.

Nous voulons répartir des cycles d'été et d'hiver avec:

- 1) les modifications pour l'humidité,
- 2) Maestro,
- 3) la version 4.2.0 de GEM-DM (au lieu de 4.1.4),
- 4) la dernière configuration du FKEn (plus de Fortran 90),
- 5) calcul des perturbations initiales en une seule étape.

En plus, il y a:

L'ensemble régional

Actuellement, nous avons un ensemble régional pour la prévision du temps violent en [Haïti](#). La saison des ouragans achève et nous planifions d'augmenter la résolution de l'ensemble global. Nous pensons, l'été prochain, pouvoir faire la prévision du temps violent pour Haïti avec l'ensemble global.

Après l'installation de l'ensemble global, nous considérons re-centrer l'ensemble régional sur l'[Amérique du Nord](#).

Lorsque la nouvelle configuration de l'ensemble global sera installée aux opérations, Martin Charron fera une proposition pour l'ensemble régional.



Le post-processing

Des fichiers sont disponibles pour tester le post-processing.

Il est possible de combiner les séquenceurs Maestro et OCM et, alors il n'est probablement pas nécessaire d'avoir le post-processing en Maestro tout de suite.



Merci

Des questions?

