



Réunion de Coordination de l'Assimilation – Assimilation de données d'images télédétectées en météorologie

Yann MICHEL

ENPC & METEO-FRANCE/CNRM/GMAP

décembre 2006

- ♣ Avec l'aide de Gérald pour les σ_b et l'opérateur *PV* ; de Guillaume et Eric pour *hpc* ; de Patrick et Thibaut pour les CSR.



Assimilation de pseudo-observations de PV

Méthodologie

Lien physique PV-WV

Ebauche dans l'espace PV

Etude de cas

Sur l'assimilation directe des radiances

Assimilation des CSR dans ARPEGE

Covariances d'erreurs d'ébauche dans différents espaces

Conclusion - Prospective

Références



Méthodologie

Utiliser des outils de la prévision immédiate et du traitement d'image pour définir et suivre temporellement des structures. Construire des pseudo-observations corrigeant les erreurs de déplacement et d'amplitude et étudier leur comportement dans le système d'assimilation.

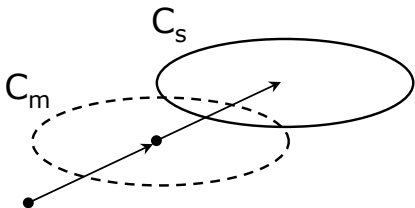
Les problèmes liés aux pseudo-observations

- ▶ Niveau d'attribution vertical
- ▶ Choix de la balance locale (PV pour les cyclogénèses)
- ▶ Lien physique (radiances WV - PV)
- ▶ La spécification des variances d'erreur
- ▶ L'interaction avec les autres observations (CSR, ATOVS)
- ▶ La corrélation des erreurs entre ébauche et observations (?)



Correction de déplacement et d'amplitude

Les cellules modèle C_m et satellite C_s sont appariées temporellement sur la fenêtre d'observation. On cherche à corriger l'erreur de placement de l'anomalie et son erreur d'amplitude.



$$PV_o [G(C_s)] = PV_b [G(C_m)] + \Delta PV(C_s, C_m)$$

$$PV_o [G(C_m)] = PV_b [G(C_m) - \overrightarrow{G(C_m)G(C_s)}]$$



Le lien physique PV-WV

Comme les erreurs de déplacement sont souvent importantes, on étudie la relation en comparant des champs de PV et la température de radiance des anomalies **modèles**.

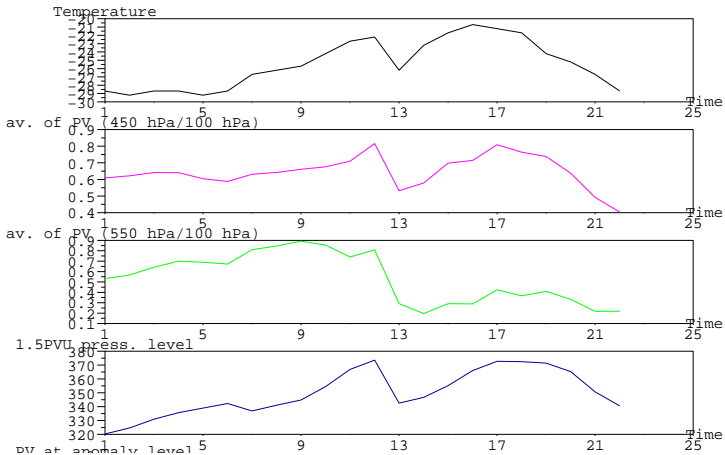
15 cas d'anomalies modèle ont été étudiés (trajectoires 4D-var ARPEGE + appel à RTTOV toutes les heures + application du traitement d'images RDT/SODA).

Les problèmes du lien physique

- ▶ Niveau d'attribution vertical,
- ▶ Foliation de tropopause,
- ▶ Incréments dus aux ATOVS aux réseaux d'assimilation,
- ▶ Plus rarement, perte de la relation WV - PV pour les anomalies piégées dans un "cut-off".

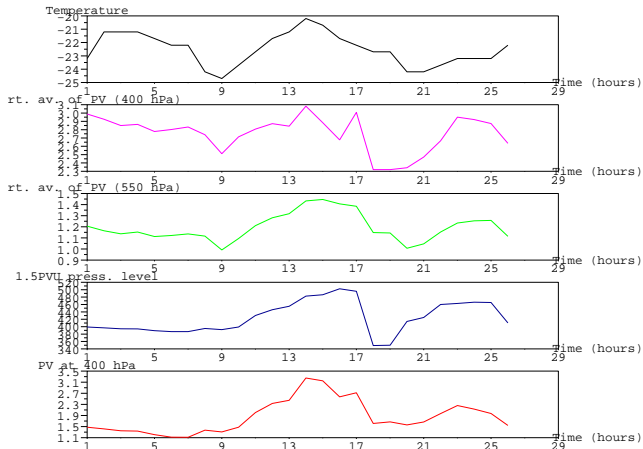


Le lien physique PV-WV : illustrations





Le lien physique PV-WV : illustrations 2





Spécification des pseudo-observations

ou une tentative de réponse aux problèmes précédents...

- ▶ Détection des anomalies par classification des profils de PV :
monotone (choix tropopause 1.5 PVU) ; avec anomalie >1.5 PVU
(choix tropopause 1.5 PVU) ; avec anomalie <1.5 PVU (extraction
niveau et valeur anomalie),
- ▶ Cohérence temporelle de l'appariement et du type de profil de PV,
- ▶ Annulation des sauts de température aux réseaux d'assimilation,
- ▶ Correction de biais pour la température satellite,
- ▶ Option de déplacement horizontal,
- ▶ Option d'observations en monopôle / dipôle / quadrupôle.



Spécification des pseudo-observations

Les observations sont générées au niveau détecté par l'analyse des profils de PV, en cas de corrélation WV-PV suffisante et de cohérence temporelle.

La relation WV-PV diagnostiquée est appliquée à la température de la cellule satellite débiaisée en cas de correction d'amplitude.

Les observations peuvent être décalées horizontalement pour tenter de prendre en compte une foliation de tropopause.

Ce qui n'a pas été abordé...

- ▶ Correction de biais pour PV ?
- ▶ σ_o pour PV ?
- ▶ Détection automatique de foliation de tropopause (?),
- ▶ **Validation de la génération des observations.**



σ_b dans l'espace PV

Le but est de disposer de cartes d'écart type d'erreur d'ébauche en tourbillon potentiel. On peut donc voir si les observations que l'on se propose d'introduire sont dans des zones à forte incertitude (pour la formulation de B du modèle).

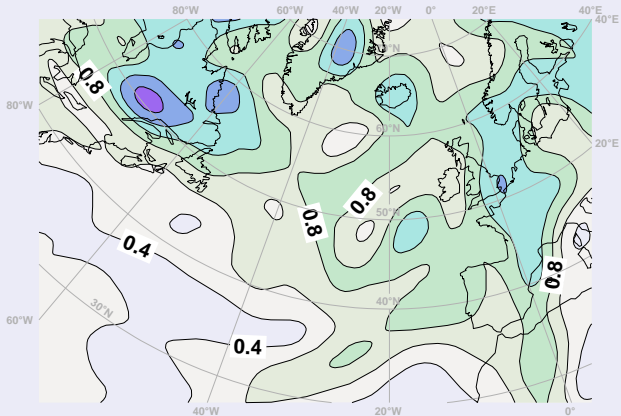
$$H_{PV} B H_{PV}^T \simeq \frac{1}{N_{BGVECS}} \sum_{i=1}^{N_{BGVECS}} (H_{PV} B^{1/2} \xi_i) (H_{PV} B^{1/2} \xi_i)^T \text{ où } \xi_i \sim \mathcal{N}(0, 1)$$

Le terme $H_{PV} B H_{PV}^T$ intervient dans l'amplitude donnée à la correction issue de l'assimilation 3D-Var de tourbillon potentiel.

$$\underline{\delta}_x = B H_{PV}^T (H_{PV} B H_{PV}^T + R_{PV})^{-1} \underline{d}_{PV}$$

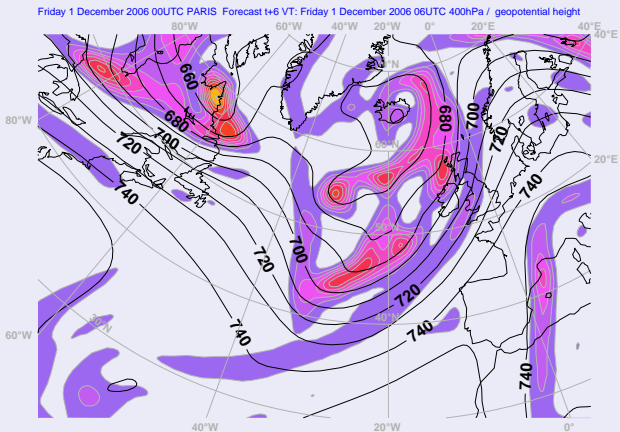


Exemple : 01 décembre 2006, 00 UTC. $N_{BGVECS} = 100$, T107.
 σ_b PV au niveau 25 ($\simeq 430$ hPa).





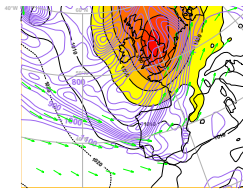
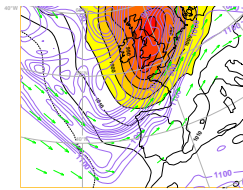
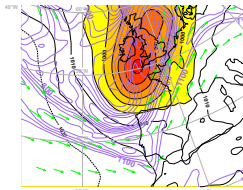
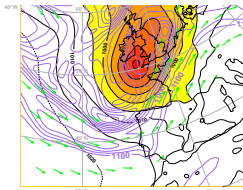
Exemple : 01 décembre 2006, 00 UTC. $N_{BGVECS} = 100$, T107.
PV et Géopotential à 400 hPa.





Etude de cas – 22 mai 2006 : Description

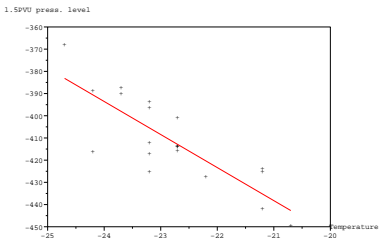
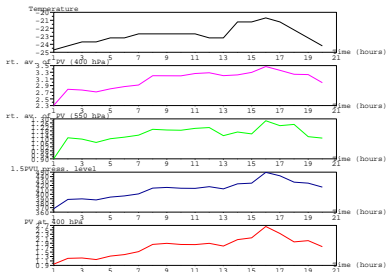
Il y a une divergence entre les modèles pour le placement d'une dépression aux échéances moyennes (48 heures). Le minimum de pression est placé alternativement sur la Bretagne et sur l'est de l'Angleterre.



- ▶ Vent à 300 hPa (seuil 30ms^{-1}) en vert
- ▶ Pmer en contours noirs et couleurs jaune/rouge (seuils 1000 et 990 hPa).
- ▶ Altitude 1.5PVU (Z1500) en violet.
- ▶ Echéances 0, 24, 48 et 72 heures.



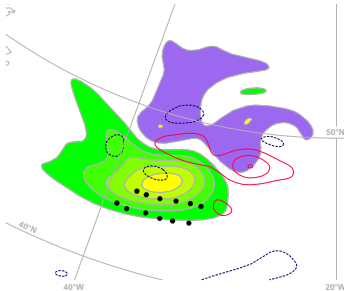
Etude de cas – 22 mai 2006 : Génération des observations



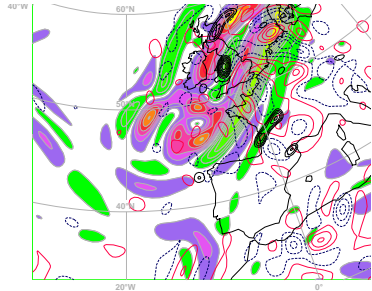
Choix correction de l'amplitude + correction de foliation de 1.5° .



Etude de cas – 22 mai 2006 : Evolution non-linéaire de l'incrément de PV



Incrément de PV à 300 hPa (0 heures)

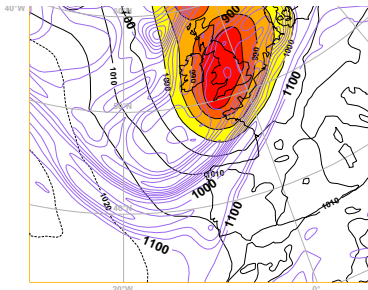


(48 heures).

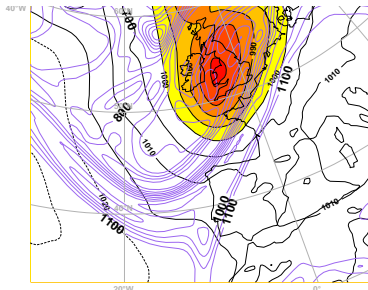


Etude de cas – 22 mai 2006 : Résultats

Z 1.5 PVU et Pmer.



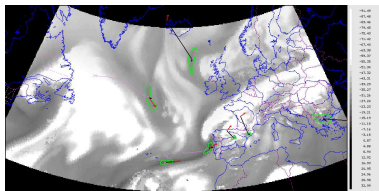
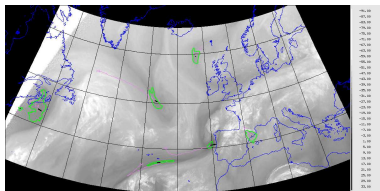
Ebauche (54 heures)



Observations de PV (48 heures).



La tempête du Sud-Ouest du 3 octobre



Deux anomalies coexistent et sont appariées entre modèle et satellite.

R_1 Satellite 01/10/2006 03TUC \implies 02/10/2006 06UTC

R_2 Satellite 02/10/2006 03UTC \implies 03/10/2006 18UTC

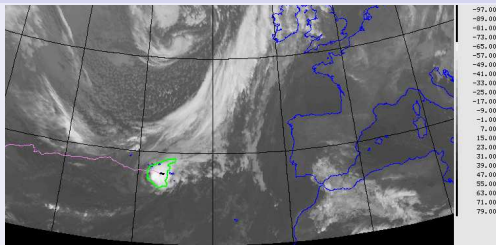
+ bonne corrélation WV-PV (sans décalage horizontal), donc de nombreuses expériences sur différents réseaux peuvent être prévues.



Autres études de cas à venir

Gordon – 21 septembre 2006

Il faudra sans doute ajouter aux observations de PV des observations de Pmer ou de ξ en surface.

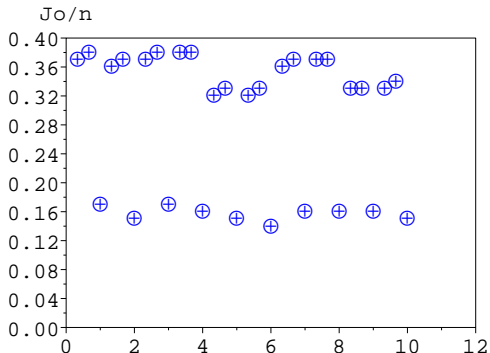


Un cas de réanalyse par CTPini – 27 mai 2006

Une cyclogénèse “Arpégeade” se développe fortement aux échéances 6, 12 et 24 heures pour le 27 mai 2006, 00UTC.

Assimilation des CSR

L'idée à moyen terme est de mieux comprendre la capacité éventuelle de l'assimilation des CSR à impacter sur la cyclogénèse et notamment à corriger la tropopause et le vent d'altitude.



- ▶ Reprise de la configuration OLIVE de P. Moll, cycle double 31t1_op1.
- ▶ Fichier de correction de biais de T. Montmerle.
- ▶ Février 2006, données CSR MSG 8.



Assimilation des CSR

Les CSR sont capables de corriger l'état initial...

- ▶ directement si l'anomalie a une erreur de déplacement inférieure à sa taille caractéristique et si J_b permet des incréments dynamiques (lien tourbillon relatif - température)
- ▶ indirectement en corrigeant le vent.



Covariances entre des erreurs d'ébauche dans différents espaces

Idée : regarder les incréments pour des quantités dynamiques (vent, température, tourbillon...)

Projection dans l'espace tourbillon potentiel des incréments dus à l'analyse des radiances

$$H_{PV} \underline{\delta}_x = H_{PV} B H_{rad}^T (H_{rad} B H_{rad}^T + R_{rad})^{-1} \underline{d}_{rad}$$

Pour l'assimilation d'une seule observation, $H_{PV} B H_{rad}^T$ détermine la structure spatiale et en partie l'amplitude de la correction en PV des incréments dus aux radiances.



$$H_{PV} \underline{\delta}_x = H_{PV} B H_{rad}^T \cdot \frac{d_{rad}}{b_{rad} + r_{rad}}$$

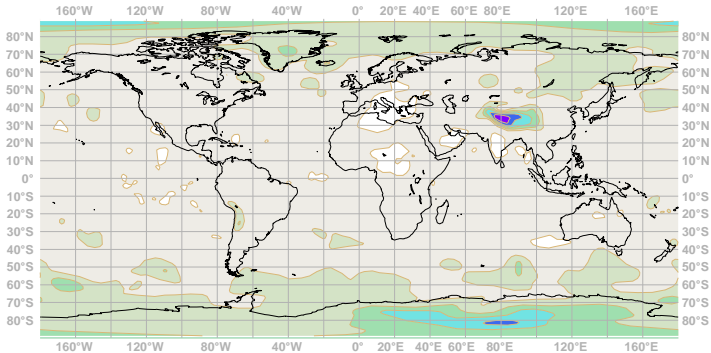
- ▶ b_{rad} est la variance d'erreur d'ébauche dans l'espace des radiances et peut être estimée comme précédemment par Monte Carlo (appel à RTTOV, actuellement codé pour les seules radiances ATOVS).
- ▶ r_{rad} est la variance d'erreur des observations.
- ▶ On estime la diagonale de $H_{PV} B H_{rad}^T$ par Monte Carlo.

$$H_{PV} B H_{rad}^T \simeq \frac{1}{N_{BGVECS}} \sum_{i=1}^{N_{BGVECS}} (H_{PV} B^{1/2} \xi_i) (H_{rad} B^{1/2} \xi_i)^T \text{ où } \xi_i \sim \mathcal{N}(0, 1)$$



Un canal HIRS

σ_b pour HIRS Canal 4, intervalle de contour 0.05 K.
01 décembre 2006, 00 UTC. $N_{BGVECS} = 100$, T107

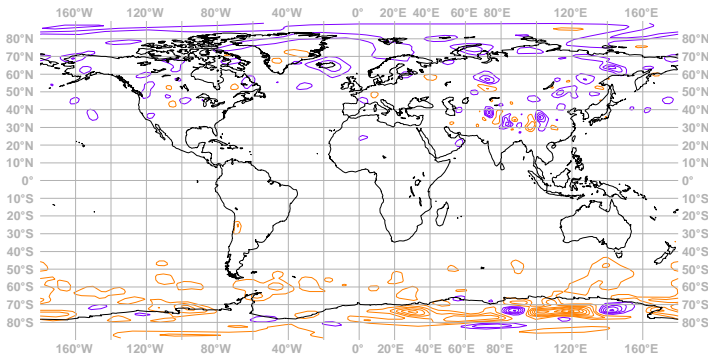




Un canal HIRS : covariance PV - radiance

Covariance PV Niveau 25 (≈ 435 hPa) - radiance HIRS Canal 4. Intervalle de contour 0.1 PVU·K.

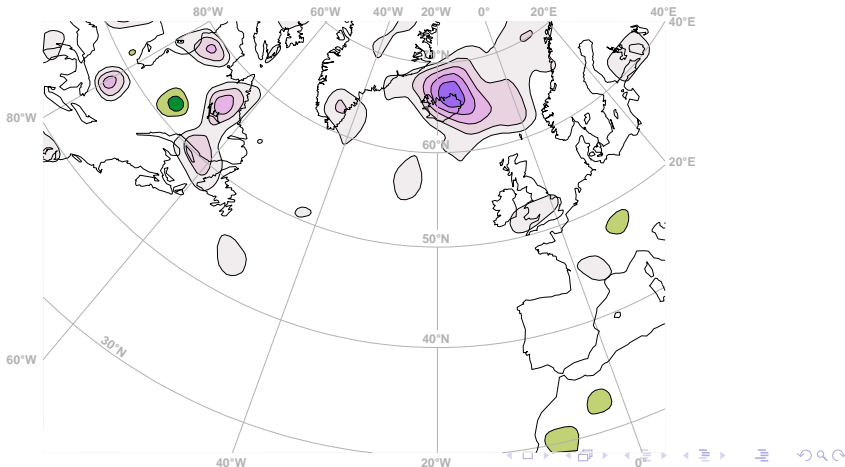
01 décembre 2006, 00 UTC. $N_{BGVECS} = 100$, T107





Covariances d'erreurs d'ébauche dans différents espaces

Impact maximum ($R = 0$) d'une observation de radiance en PVU (pour une innovation $d_{rad} = \sigma_b^{rad}$)
Contour tous les 0.25 PVU, colorés pour $\|PV\| \geq 0.5$ PVU.





A faire...

- ▶ Mieux comprendre et utiliser les cartes de covariances : que permettent-elles de conclure exactement sur l'assimilation des CSR ?
- ▶ Etudier les canaux vapeurs d'eau MSG pour H_{rad} .
- ▶ Appel au modèle tangent linéaire L pour évaluer $H_{PV} L B L^T H_{rad}^T$ avec plusieurs échéances pour L (6/12/24 heures) pour simuler l'évolution de B dans un 4D-Var.
- ▶ Comparer avec les covariances d'erreur d'ébauche estimées sur les membres d'un ensemble d'assimilation.



Conclusion - Prospective

- ▶ La génération d'observations de PV à partir des radiances WV est difficile quantitativement (problèmes restants : biais en PV, niveau d'attribution vertical, foliation de tropopause).
- ▶ Une fois celle-ci validée des expériences plus complètes doivent être réalisées (cyclage, σ_0).
- ▶ La génération d'observations de PV à partir des radiances WV ne se justifie donc que si on démontre la difficulté qu'a le système d'assimilation actuel à utiliser l'information contenue dans les CSR.
- ▶ Les outils de traitement d'image et de génération des observations peuvent être assez facilement adaptés à d'autres systèmes / imageries...



Articles de référence

Assimilation de structures

Lawson, W.G. and Hansen J.A., 2005 :

Alignment error models and ensemble-based data assimilation.

Monthly Weather Review, **133**, pp. 1687–1709.

Evolution de B

Snyder C., Hamill T.M., and Trier S.B., 2003 :

Linear Evolution of Error Covariances in a Quasigeostrophic Model.

Monthly Weather Review, **131**, pp. 189–205

Modifications de PV

Røsting, B, Kristjánsson, J.E., 2006 :

Improving simulations of severe winter storms by initial modification of potential vorticity in sensitive regions.

Q. J. R. Meteorol. Soc., In Press.