

Modélisations des retards troposphériques pour les observations GPS et impacts sur l'estimation de la hauteur ellipsoïdale

■ François FUND - Laurent MOREL - Antoine MOCQUET

MOTS-CLÉS

GPS, délais troposphériques, hauteur, séries temporelles

L'estimation d'une hauteur ellipsoïdale par GPS est connue pour être d'une précision inférieure à celles des composantes planimétriques. En première approximation, on peut l'expliquer par la couverture des satellites qui ne décrit pas complètement la géométrie du problème. Pourtant, d'autres paramètres peuvent

aisément dégrader l'estimation de la hauteur. Un paramètre majeur concerne la traversée de la troposphère qui affecte radialement les observations GPS. Certes dans un contexte de positionnement différentiel à base courte de quelques kilomètres, cette problématique est largement résolue. Cependant pour le traitement précis de réseaux GPS à longues lignes de base, elle ne peut plus être négligée. Le choix de la modélisation des effets troposphériques peut alors entraîner des variations de plusieurs millimètres sur les estimations des hauteurs des stations du réseau. Les recherches menées par la communauté internationale depuis quelques décennies ont permis d'aboutir à différentes solutions de hauteur dont la précision ne cesse de s'améliorer.

Les effets troposphériques

■ Modélisation

La physique de l'atmosphère terrestre possède la propriété de ralentir la vitesse de propagation des signaux radios comme ceux émis par les satellites GPS. Deux couches principales sont responsables de ce ralentissement. D'une part l'ionosphère qui s'étend de 50 km jusqu'à près de 1 000 km d'altitude. D'autre part la troposphère qui s'étend depuis la surface terrestre jusqu'à 10 km d'altitude. Cette couche provoque des ralentissements qui augmentent la distance satellite-antenne observée de 2 m environ au zénith et jusqu'à 20 m pour un satellite avec une élévation de 5°. Ces ralentissements sont causés par les paramètres météorologiques de la troposphère :

pression, température et humidité relative.

La figure 1 illustre la décomposition en trois quantités classiquement utilisées pour modéliser les effets troposphériques au lieu d'une antenne GPS (McCarthy et Petit, 2004) : la composante troposphérique en équilibre hydrostatique (Slant Hydrostatic Delay, SHD), la composante humide (Slant Wet Delay, SWD) et l'anisotropie horizontale de la troposphère. La somme de ces trois quantités permet de définir le retard troposphérique total "suivant la pente" (Slant Total Delay, STD) modélisé par l'équation (1). Pour les deux premières quantités, les retards occasionnés sur les signaux d'un satellite visible à un angle d'élévation el sont le résultat de la projection des retards zénithaux à l'angle el (respec-

tivement ZHD et ZWD). Une fonction de projection (mapping function, mf) différente est utilisée pour chaque composante (respectivement mf_H et mf_W). La troisième quantité fait référence, en première approximation, à la non-colinéarité des directions normales aux couches troposphériques localement à l'antenne GPS avec la direction de la normale à l'ellipsoïde. Cette déviation des directions normales entraîne l'apparition d'un gradient horizontal qui est décomposé géométriquement dans le repère local tangent à l'ellipsoïde du lieu de l'antenne (G_N et G_E) et projeté à l'angle d'élévation el avec la fonction mf_G .

$$\begin{aligned} \text{STD}(el) = & \text{ZHD} \cdot mf_H(el) \\ & + \text{ZWD} \cdot mf_W(el) \\ & + (\cos(Az) + \sin(Az)) \cdot mf_G(el) \end{aligned} \quad (1)$$

Parmi tous ces paramètres, les retards liés à l'humidité relative et l'anisotropie de la troposphère sont difficilement prédictibles en raison du caractère aléatoire de leurs variations spatio-temporelles. Ils sont donc rapidement décorrélés dans le temps et dans l'espace, d'une station à une autre. Ils représentent près de 10 % du retard total, soit environ 200 mm au zénith, et ne peuvent donc pas être négligés pour un positionnement GPS précis. Les paramètres ZWD, G_N et G_E sont alors estimés simultanément lors du traitement des observations GPS. Les retards zénithaux causés par la composante hydrostatique de la troposphère (ZHD) et les fonctions de projection mf_H , mf_W et mf_G doivent être connus *a priori*.

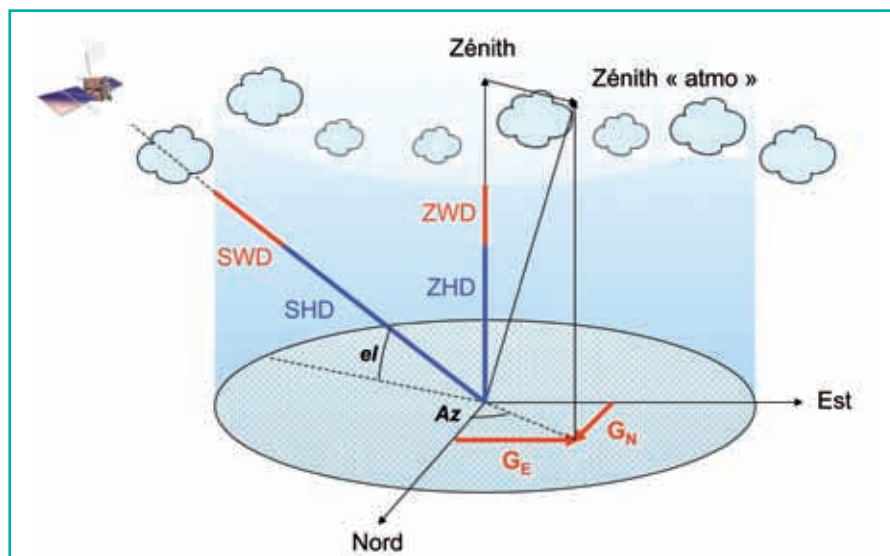


Figure 1. Illustration de la décomposition classique des effets troposphériques.
rouge = paramètres estimés, bleu = paramètres connus *a priori*.



■ Dernières avancées

Depuis plusieurs années, les produits disponibles pour obtenir les retards troposphériques nécessaires *a priori* se sont multipliés. Les caractéristiques principales des derniers produits de ZHD *a priori* et des fonctions de projections mf_H et mf_W sont présentées dans la table 1.

Concernant les ZHD *a priori*, il a longtemps été d'usage d'utiliser des modèles de ZHD dépendant des paramètres météo au sol que sont la pression et la température. Le modèle recommandé dans les conventions de

I'ERS 2003 (McCarthy et Petit, 2004) est le modèle de Saastamoinen (1972). Des valeurs standards de pression et température valables au niveau de la mer (Standard Pressure and Temperature, SPT), extrapolées à la hauteur du site considéré à l'aide d'un modèle de type Berg (1948) sont une solution simpliste. Elle souffre d'imprécision car elle ne tient pas compte des variations spatio-temporelles des paramètres météo. Une autre solution consiste à utiliser des mesures *in situ* mais la qualité des calibrations des baromètres et thermomètres est différente d'un site à un autre et le

matériel pas toujours disponible. Ceci réduit la fiabilité de cette solution malgré l'avantage de la haute fréquence des enregistrements (jusqu'à 1 Hz).

Pour augmenter les résolutions spatiales et temporelles des données météo au sol, Boehm et al. (2007) ont proposé le modèle Global Pressure and Temperature, GPT. Les valeurs moyennes et les amplitudes moyennes des variations annuelles des paramètres de pression et température sont ici développées en harmoniques sphériques à l'ordre et au degré 9, permettant de disposer de données au niveau du géoïde qui dépendent de la position géographique du lieu et de la date. Cette modélisation est issue de données satellites de l'European Center for Medium-range Weather Forecast (ECMWF ; Simmons et Gibson, 2000).

Cependant, les résolutions de GPT sont insuffisantes pour tenir compte des variations météorologiques à courte longueur d'onde (contraste jour/nuit, passages de fronts anticycloniques ou dépressionnaires). Boehm et al. (2006b) proposent les Vienna ZHD (VZHD), une intégration des profils verticaux de pression et de température discrétisés par les 25 couches isobares des données opérationnelles de l'ECMWF, d'une

	Produit	Type	Technique	Résolution spatiale	Résolution temporelle
ZHD <i>a priori</i>	SPT (Herring et al 2006)	Empirique	Constantes extrapolées à hauteur du site	-	-
	Vienna ZHDs (Boehm et al 2004)	Grille	Intégration des données ECMWF au zénith	2,5° x 2,0° (~200 km)	6 h
	GPT (Boehm et al. 2007)	Empirique	Harmoniques sphériques des données ECMWF au niveau du géoïde	Degré/ordre 9 (~2 000 km)	Annuelle
mf_H / mf_W	NMF (Niell, 1996)	Empirique	Dérivée de radiosondages et modèles d'atmosphère	5 bandes latitudinales	Annuelle
	VMF1 (Boehm et al. 2006b)	Grille	Intégration des données ECMWF à angle el	2,5° x 2,0° (~200 km)	6 h
	GMF (Boehm et al. 2006a)	Empirique	Harmoniques sphériques des données VMF1	Degré/ordre 9 (~2 000 km)	Annuelle

Table 1. Caractéristiques des principaux produits disponibles pour les ZHD *a priori* et les fonctions de projections des retards zénithaux.

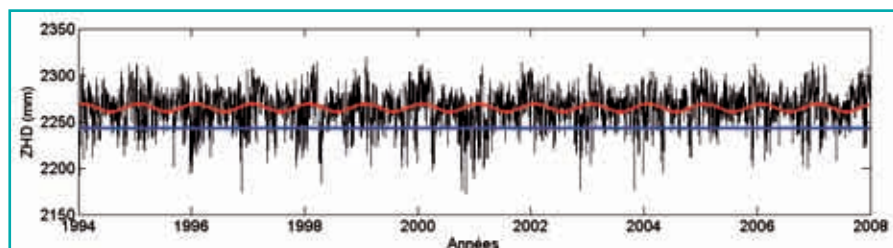


Figure 2. Séries de ZHD tirées de SPT (en bleu) et de GPT (en rouge) et séries de VZHD (en noir) au Mans sur la période 1994-2009. Résultats en mm.

résolution spatiale environ dix fois plus forte que GPT et rafraîchies toutes les 6 h. Ces couches s'étendent du sol jusqu'à une altitude d'environ 40 km.

Pour illustrer les variations traduites par ces données grille, la figure 2 présente les séries de ZHD tirées de SPT, GPT en comparaison des séries de VZHD, au Mans sur la période 1994-2009. On constate que les ZHD issus des paramètres constants de SPT (en bleu) ou issus des seules variations annuelles de GPT (en rouge) ne permettent pas de modéliser les variations de ZHD issus des VZHD, les écarts peuvent atteindre 50 mm.

Concernant les fonctions de projection des retards zénithaux, les modèles ont connu une avancée semblable aux ZHD *a priori*. Chacun des produits présentés dans la table 1 prend la forme de l'équation (2):

$$mf_{H,W}(el) = \frac{1 + \frac{a_{H,W}}{b_{H,W}} \sin(el)}{\sin(el) + \frac{a_{H,W}}{b_{H,W}} \sin(el) + \frac{c_{H,W}}{b_{H,W}} \sin^2(el)} \quad (2)$$

Les différences entre les modèles concernent les jeux des paramètres (a_H , b_H , c_H) pour la mf_H et (a_W , b_W , c_W) pour la mf_W . Un modèle standard, la Niell Mapping Function, NMF, basée sur des données de radiosondage en Amérique du Nord permet de traduire les valeurs moyennes et les valeurs moyennes des amplitudes annuelles des fonctions de projection en fonction de la latitude. Cependant, son absence de dépendance à la longitude et sa résolution temporelle annuelle, ne permettent pas toujours de traduire les variations spatio-temporelles des fonctions de projection. Une autre possibilité consiste en la Vienna Mapping Function 1 (VMF1) qui est le résultat de l'intégration des profils de pression, température et d'humidité

des données opérationnelles de l'ECMWF à différents angles d'élévation, rapportés à l'intégration des profils zénithaux. Les données de la VMF1 ont les mêmes caractéristiques que les VZHD: une résolution spatiale de 200 km environ et une période de 6 h. A partir de ces données, Boehm et al. (2006a) ont proposé une modélisation basée sur les amplitudes annuelles moyennes des valeurs de la VMF1. Une modélisation sous la forme d'un développement en harmoniques sphériques à l'ordre et au degré 9, comme GPT, est utilisée. Il s'agit de la Global Mapping Function, GMF, qui est un modèle empirique comparable à la NMF.

Ces trois produits de fonctions de projection, NMF, VMF1 et GMF, sont illustrés au Mans sur la période 1994-2009 sur la figure 3. Il s'agit des valeurs à un angle d'élévation de 5°. Concernant la composante hydrostatique, mf_H , les variations annuelles dominent les séries temporelles et une modélisation empirique de type NMF ou GMF apparaît suffisante dans une

limite de 0,02, c'est-à-dire une précision de 40 mm (avec un ZHD de 2 000 mm) à 5°. Pour la composante humide, mf_W , les écarts entre produits sont bien plus importants car les variations de ce paramètre sont très bruitées et les variations annuelles sont relativement faibles (moins de 0,1). Les variations à haute fréquence de VMF1 s'écartent de GMF à hauteur de 0,1, soit 20 mm (pour un ZWD) à 5° d'élévation.

Que ce soit, pour les ZHD *a priori* et les fonctions de projection des retards zénithaux, les données grille, VZHD et VMF1, ne sont pas adaptées pour des traitements temps réel en raison du temps de latence de ces données. Dans ce cas, les modèles empiriques GPT et GMF sont adaptés et sont facilement exploitables. Les codes sources sont disponibles sur la page Web www.hg.tuwien.ac.at/~ecmwf1/.

Différences spatiales entre les produits troposphériques

Afin de quantifier les différences entre les produits troposphériques à l'échelle spatiale, leurs moyennes et écarts-types sont calculés en Europe et tracés sur la figure 4. Les données de la VMF1 sont prises en référence car elles constituent les seules données à haute fréquence et sont directement dérivées des observations météorologiques de l'ECMWF. Seul l'exemple de la

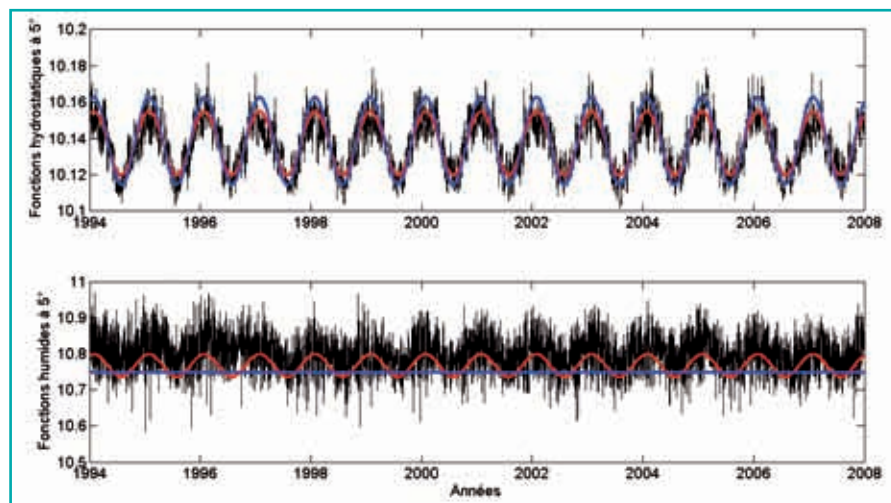


Figure 3. Séries de mf_H (en haut) et mf_W (en bas) tirées de NMF (en bleu), de GMF (en rouge) et de VMF1 (en noir) au Mans sur la période 1994-2009. Résultats en mm/mm.

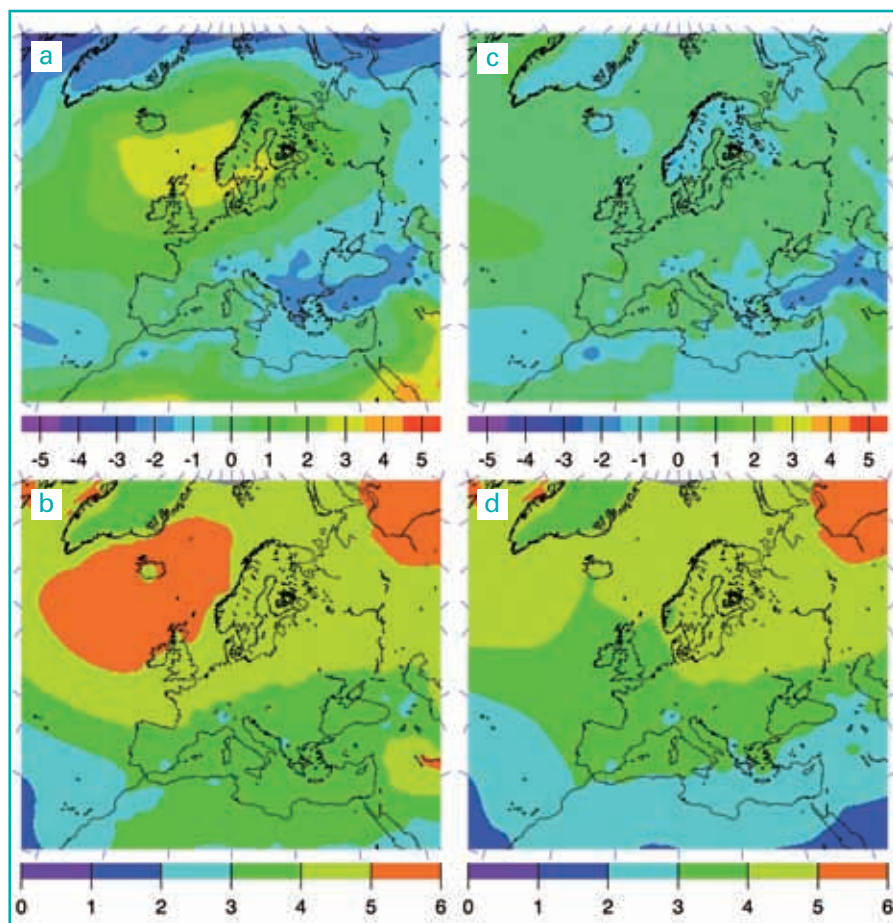


Figure 4. Moyennes et écarts-types en mm des différences entre les composantes hydrostatiques de NMF (a et b, figures de gauche) ou GMF (c et d, figures de droite) et la composante hydrostatique de VMF1 à un angle d'élévation de 5°. Les VZHD sont utilisés comme ZHD *a priori*. Les écarts obtenus à 5° sont traduits en termes d'erreur sur l'estimation de la hauteur avec le rapport d'échelle empirique de Boehm et al. (2006b).



composante hydrostatique des fonctions de projection est représenté car il illustre parfaitement l'impact du choix du modèle pour corriger la troposphère. Ces résultats, obtenus à un angle d'élévation de 5° sont exprimés en termes d'erreur sur l'estimation de la hauteur à l'aide d'un rapport d'échelle empirique exposé dans Boehm et al. (2006b).

Les différences moyennes entre la GMF et la VMF1 (figure 4c) sont largement réduites par rapport à celles obtenues entre la NMF et la VMF1 (figure 4a), de ± 4 mm à ± 2 mm, notamment en mer du Nord et aux abords du Sahara. Cela est dû à la prise en compte de la longitude dans le développement de la GMF et au fait que cette dernière est dérivée de données de la VMF1. D'autre part, la résolution spatiale de la GMF est de

l'ordre de 2000 km (cf. table 1) alors que la NMF est discrétisée en fonction de la latitude par pas de 15°. Concernant les écarts-types des différences (figures 4b et 4d), aucune amélioration significative n'apparaît avec la GMF. Dans les deux cas les écarts-types sont croissants avec la latitude et supérieurs à 4 mm au-delà du parallèle 45°N. Cette tendance latitudinale est due à l'absence de modélisation des ondes semi-annuelles et diurnes dans la NMF et la GMF.

Les différences entre les autres paramètres (non présentés ici), ZHD *a priori* et composantes humides des fonctions de projection présentent les mêmes caractéristiques : une réduction significative des différences moyennes, spécialement pour les ZHD calculés avec GPT, mais pas d'amélioration en termes d'écart-type. Ce pro-

blème est parfaitement illustré sur la figure 3 où les variations de la composante humide de la VMF1 sont très bruitées. Il apparaît qu'utiliser une simple modélisation des ondes annuelles est insuffisant pour caractériser les variations "naturelles" de ce paramètre. Néanmoins, les différences entre les fonctions de projection humide ont un impact plus faible sur l'estimation de la hauteur : 2 à 3 mm alors que les impacts des différences entre ZHD *a priori* sont de l'ordre de 4 à 6 mm, tout comme les impacts des différences entre les fonctions de projection hydrostatiques (figure 4).

D'une manière générale, ces comparaisons directes entre produits indiquent que les nouveaux modèles empiriques, GPT et GMF, sont bien plus cohérents avec les données VZHD et VMF1 que les produits SPT et NMF. Ce résultat n'est pas surprenant puisque GPT et GMF sont dérivés des produits de l'ECMWF. Néanmoins, les comparaisons avec VZHD et VMF1 indiquent que les modélisations utilisées permettent seulement de satisfaire des déterminations moyennes de hauteur.

Impacts sur l'estimation de la hauteur ellipsoïdale par GPS

Les résultats précédents sur la hauteur ellipsoïdale sont issus d'une prédiction calculée avec une règle empirique développée par Boehm et al. (2006b) pour convertir les différences des produits troposphériques en différences de hauteur. Au travers du traitement du réseau de stations GPS visible sur la figure 6, nous étudions l'impact réel des choix de produits troposphériques dans l'estimation de la hauteur ellipsoïdale par GPS dans un cadre européen. Notre réseau se constitue de 50 stations de l'European Permanent Network (Kenyeres et Bruyninx, 2004) réparties uniformément sur le continent. Elles font l'objet de traitements par sessions de 24 h avec des angles de coupure différents (3°, 5°, 10°) et avec les stratégies troposphériques suivantes : -SPT+NMF (1)

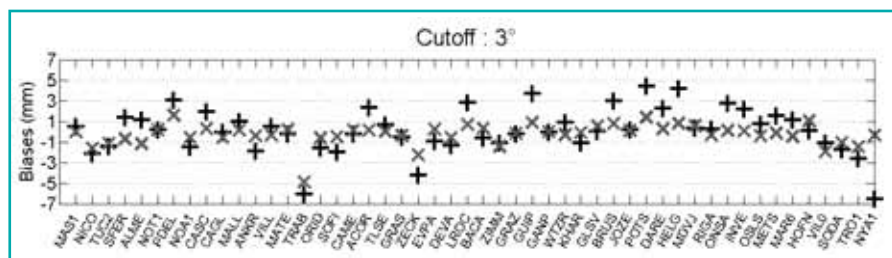


Figure 5. Biais moyens de hauteur ellipsoïdale en mm entre un traitement GPS utilisant SPT+NMF (gris) ou GPT+GMF (gris) et un traitement utilisant VZHD+VMF1. Résultats obtenus à un angle d'élévation de 3°. Les sites sont classés en fonction de la latitude.

-GPT+GMF (2)
-VZHD+VMF1 (3)

Nous avons choisi de tester ces trois stratégies car elles sont conformes aux stratégies "standards" employées par les centres de calcul GPS en Europe dans le cadre du calcul de l'EUREF Permanent Network. Certains de ces centres évoluent vers les nouveaux produits troposphériques tels que les VZHD et la VMF1 conformément aux nouvelles conventions. Par conséquent il est important de quantifier l'impact de ce changement sur la position des sites GPS européens ou sur leurs séries temporelles. Afin de séparer au mieux la détermination simultanée de la hauteur et des résidus de ZWD (cf. équation 1), les centres de calcul utilisent un angle de coupure faible. Les différences entre les produits troposphériques qui augmentent avec la réduction de l'angle de coupure

(principalement en deçà de 10°) sont alors susceptibles d'entraîner des différences pour l'estimation de la hauteur. Ainsi, nous présentons les résultats obtenus avec un angle de coupure de 3°.

Les différences moyennes par rapport à la solution (3), VZHD+VMF1, sont présentées site par site sur la figure 5, classées en fonction de la latitude. Les différences sont plus faibles avec la solution (2), GPT+GMF, de +/- 1 à 2 mm contre +/- 2 à 3 mm avec la solution (1), SPT+NMF. Un facteur d'environ 2 apparaît donc entre les deux stratégies utilisant les modèles empiriques.

La figure 6 montre les différences de répétabilité obtenues sur les séries de hauteur entre les solutions (1) et (2) par rapport à la solution (3). Ces différences de répétabilité (ou différences d'écart-types) sont positives, indiquant que les répétabilités

obtenues avec la solution utilisant VZHD+VMF1 donnent les meilleures séries temporelles. La figure 6 n'indique aucune amélioration entre les solutions (1) et (2), et l'augmentation des écarts avec la latitude est nettement visible. En Scandinavie, les répétabilités peuvent être augmentées de 4 à 5 mm lors de l'utilisation des modèles empiriques et sont supérieures à 2 mm au-delà du 45° parallèle.

Conclusion

Les résultats obtenus par le traitement GPS du réseau européen avec plusieurs stratégies pour les produits troposphériques sont nettement cohérents avec les prédictions présentées sur la figure 4. Les tendances spatiales sont respectées. Les estimations des hauteurs sont donc corrélées avec les différences entre les fonctions de projection hydrostatique. On pourrait montrer par une étude similaire que les estimations de ZWD seront corrélées avec les différences entre ZHD *a priori*. Les impacts des différences sur les hauteurs sont réduits avec un angle de coupure de 5° mais restent significatifs. Avec un angle de 10°, ils sont sub-millimétriques mais la corrélation entre les paramètres estimés de ZWD et hauteur est accrue d'un facteur 3 par rapport à celle avec un angle de 3°.

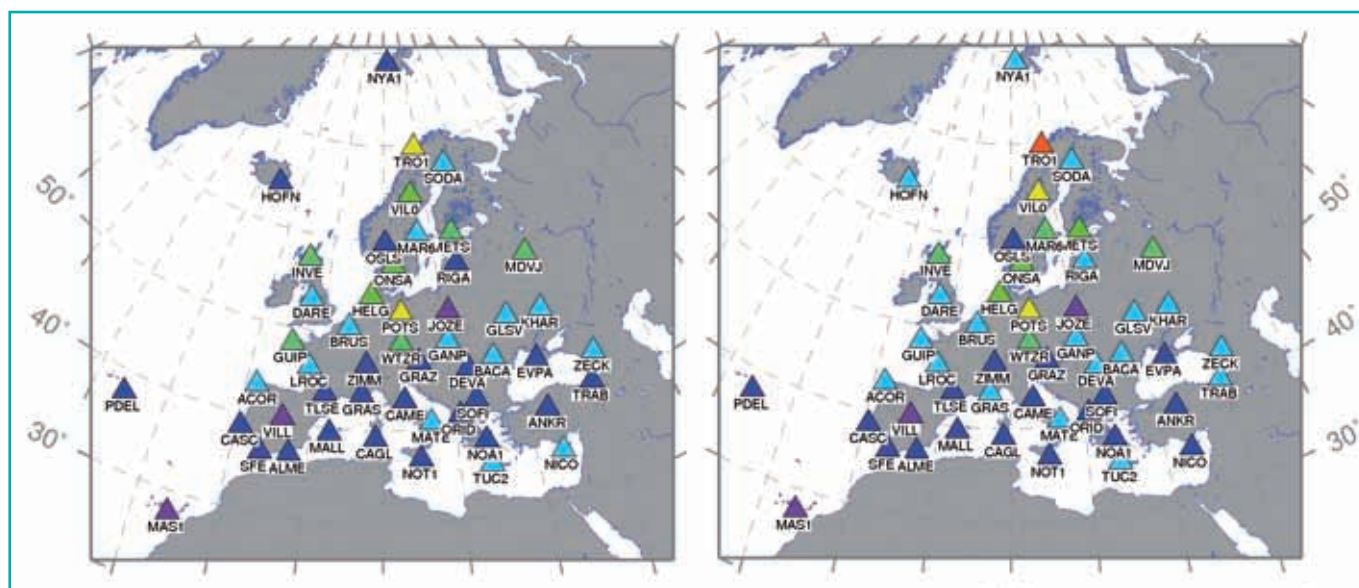


Figure 6. Différences moyennes de répétabilité des séries temporelles de hauteur en mm entre un traitement GPS utilisant SPT+NMF (a) ou GPT+GMF (b) et un traitement GPS utilisant VZHD+VMF1. Résultats obtenus avec un angle d'élévation de 3°.



Toute erreur sur les produits troposphériques a alors d'autant plus d'impact sur l'estimation de la hauteur (Fund et al, 2010).

Les dernières avancées dans le traitement de la troposphère ont élargi le choix pour le traitement scientifique de réseaux GPS mais les impacts sur les résultats de hauteur ne sont pas négligeables. En Europe ils peuvent être de plusieurs millimètres, notamment en Europe du Nord. Un problème majeur réside dans la modélisation des variations temporelles des données météorologiques et traduites dans les séries de VZHD et VMF1. Seule l'onde annuelle est caractérisée, entraînant des différences significatives avec les séries de la composante hydrostatique de la VMF1 et par suite sur l'estimation précise d'une hauteur par GPS. Ce paramètre est le paramètre troposphérique dominant l'estimation de la hauteur car il est caractérisé par des amplitudes très fortes, contrairement à la composante humide des fonctions de projection.

Ce problème de séparation hydrostatique/humide peut être étendu aux gradients pour lesquels aucune séparation entre composante hydrostatique et composante humide n'est distinguée (cf. équation 1). Les gradients hydrostatiques présentent une échelle spatiale de l'ordre de 1 000 km alors qu'elle est plutôt de 200 km pour les gradients humides. Les recherches menées actuellement sur la modélisation de la troposphère suivent différents axes. D'une part, la séparation des gradients hydrostatiques et humides, et d'autre part, l'insertion de ce concept de gradient au sein même de celui de fonction de projection en les rendant doublement dépendantes de l'azimut et de l'élévation. Aujourd'hui, elles ne sont que dépendantes de l'élévation (équation 2). Dans tous les cas, des efforts au niveau des basses élévations sont à mener car les observations GPS doivent être corrigées avec une précision meilleure que 5 mm à un angle d'élévation de 5° pour obtenir un positionnement vertical d'une précision millimétrique. ●

Contacts

François FUND est ingénieur ESGT et a soutenu sa thèse en géophysique (spécialité géodésie) le 18 décembre 2009 à l'ESGT au Mans. Il mène actuellement des activités de recherche sur le Positionnement GPS Ponctuel Précis (PPP) à haute fréquence à l'Observatoire Dynamique Terrestre et Planétaire de l'Observatoire Midi-Pyrénées à Toulouse (UMR 5562) dans le cadre d'un contrat CNES/INSU.
francois.fund@dtb.obs-mip.fr

Laurent MOREL est maître de conférences en géodésie à l'ESGT et chercheur du Laboratoire de Géodésie et Géomatique de l'ESGT (JE 2508).
laurent.morel@esgt.cnam.fr

Antoine MOCQUET est professeur et directeur de l'équipe de géophysique du Laboratoire de Planétologie et Géodynamique de l'UFR des Sciences et Techniques de l'Université de Nantes (UMR 6112).
antoine.mocquet@univ-nantes.fr

Références

BERG, H. (1948) *Allgemeine Meteorologie*, Duemmler, Bonn, Germany.

BOEHM, J. and H. SCHUH (2004) *Vienna mapping functions in VLBI analyses*, Geophys. Res. Lett., 31, L01603, doi: 10.1029/2003GL018984.

BOEHM, J., A. NIELL, P. TREGONING, H. SCHUH (2006a) *Global Mapping Function (GMF): a new empirical mapping function based on numerical weather model data*, Geophys. Res. Lett., 33, L07304, doi: 10.1029/2005GL025546.

BOEHM, J., B. WERL, H. SCHUH (2006b) *Troposphere mapping functions for GPS and very long baseline interferometry from European Center for Medium-Range Weather Forecasts operational analysis data*, J. Geophys. Res., 111, B02406, doi: 10.1029/2005JB003629.

BOEHM, J., R. HEINKELMANN, H. SCHUH (2007) *Short Note: a global model of pressure and temperature for geodetic applications*, J. Geod., doi: 10.1007/s00190-007-0135-3.

FUND, F., L. MOREL, A. MOCQUET (2010) *Assessment of ECMWF derived tropospheric delay models within the EUREF Permanent*

Network. GPS Solutions, doi: 10.1007/s10291-010-0166-8.

HERRING, T.A., R.W. KING, S.C. MCKLUSKY (2006), *Reference manual for the GAMIT GPS software, release, 10.3.*, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Boston, U.S.A., 182 pp.

KENYERES A. and BRUYNINX C. (2004), *Monitoring of the EPN Coordinate Time Series for Improved Reference Frame Maintenance*, GPS Solutions, Vol 8, No 4, pp. 200-209.

MCCARTHY, D.D. and G. PETIT (eds.) (2004), *IERS Conventions (2003)*, IERS Technical Note No. 32, Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main, Germany.

NIELL, A.E. (1996), *Global mapping functions for the atmospheric delay at radio wavelengths*, J. Geophys. Res., 101, 3227-3246.

SAASTAMONINEN, J. (1972), *Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites*, in: *The use of artificial satellites for geodesy*, Geophys. Monogr. Ser. 15, edited by S.W. Henriksen, A. Mancini, and B.H. Chovitz, 247-251, AGU, Washington, D.C., U.S.A.

SIMMONS, A. J., and J.K. GIBSON (2000), *The ERA-40 Project Plan*, ERA-40 Proj. Rep. Ser. 1, Eur. Cent. for Medium-Range Weather Forecast, Reading, U.K.

ABSTRACT

For precise geodetic studies, tropospheric delays need to be taken account when processing GPS data. Tropospheric models are under studies for a few days and their accuracy is always improving. Impacts on GPS height estimates are about many millimeters, especially in a regional context. In this paper we recall main principles of this models and how they are considered in GPS equation observations. Then we compare these models in order to quantify impacts of changing tropospheric models on height estimates and confirm our predictions thanks to a GPS analysis at a European scale.