

Gestion du réseau GNSS permanent européen à l'Observatoire royal de Belgique

■ Carine BRUYNINX - Juliette LEGRAND - Dominique MESMAKER - Ann MOYAERT - Quentin BAIRE

Créé en 1996 afin de maintenir un accès précis au système de référence européen (ETRS89), le réseau GNSS permanent d'EUREF (EPN pour EUREF Permanent Network) est en constant développement afin de suivre l'évolution des systèmes de navigation globaux par satellites (GNSS) et d'introduire des applications pionnières, comme la technologie NTRIP. L'Observatoire royal de Belgique, responsable de la gestion de l'EPN, joue le rôle de gardien du réseau afin de garantir la fiabilité de ses données et produits (<http://epncb.oma.be>).

MOTS-CLÉS

EUREF, GNSS, GPS, Réseau GNSS permanent

En 1987, EUREF, la sous-commission régionale pour l'Europe de la commission 1 pour les Systèmes de Référence de l'Association Internationale de Géodésie (AIG), est créée afin de faire face à un besoin croissant : celui de fournir des données géo-localisées dans un système de référence géodésique tridimensionnel européen qui soit uniforme et précis. Le repère le plus précis qui existait à ce moment (l'ITRF pour *International Terrestrial Reference Frame*, (Altamimi et al., 2007)) ne convenait pas. En effet, en raison du mouvement des plaques tectoniques, les coordonnées exprimées dans le repère global de l'ITRF changent d'environ 2,5 cm par an en Europe. En coopération avec les services de l'AIG concernés et EuroGeographics, l'organisation des agences cartographiques nationales européennes, EUREF se munit en 1990 d'un Système de Référence Terrestre Européen (ETRS89 pour *European Terrestrial Reference System*). Dans le repère de référence associé à l'ETRS89, les coordonnées restent presque constantes.

Réseau EPN et rôle du bureau central

En 1996, EUREF se dote d'un instrument clé permettant le maintien et l'accès à l'ETRS89 : le réseau GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) permanent d'EUREF appelé EPN pour EUREF

Permanent Network (Bruyninx, 2004). L'EPN suit en grande partie l'exemple de l'IGS (International GPS – maintenant GNSS – Service, Dow et al. 2009) et est considéré par l'IGS comme sa densification Européenne. L'EPN comporte alors 35 stations GPS permanentes existantes qui souhaitent partager leurs données. A cette époque, les données GPS, envoyées quotidiennement à un unique centre de données, se limitaient à des fichiers journaliers et leur traitement était distribué entre quatre centres d'analyse afin de déterminer les positions précises de ces 35 stations dans l'ITRF. Pour obtenir les positions des stations avec une précision millimétrique, toutes les analyses étaient réalisées avec des logiciels scientifiques. Après l'analyse, les positions estimées étaient combinées et converties en ETRS89 pour obtenir le produit EUREF : les positions précises des stations EPN en ETRS89.

La coordination du réseau était alors gérée par un coordinateur. Mais, au cours du temps, la structure du réseau s'est étoffée et le nombre de partenaires qui y contribuaient a considérablement augmenté allant de pair avec une complexification des tâches du coordinateur. Si bien qu'en 2000, le bureau central de l'EPN a été créé et est hébergé depuis lors par l'Observatoire royal de Belgique. Le bureau central est responsable de la gestion quotidienne du réseau, il développe et maintient un site web <http://epncb.oma.be> donnant

accès aux données, aux produits, et aux différentes métadonnées nécessaires, comme par exemple la documentation détaillée des stations contenue dans les fichiers site log.

Toutes les contributions à l'EPN sont volontaires. Cependant, afin de garantir la fiabilité du réseau et de ses services dérivés, les contributeurs s'engagent à suivre des lignes directrices (http://epncb.oma.be/_documentation/guidelines/) et à respecter les formats (http://epncb.oma.be/_documentation/formats/). Ces lignes directrices et formats sont définis et émis par EUREF basés sur les standards IGS.

Le bureau central a également un rôle de gardien car il veille à ce que les lignes directrices et les formats soient bien respectés. Il vérifie également la qualité des observations afin de détecter au plus tôt des dysfonctionnements du matériel ou des changements affectant l'environnement et perturbant la bonne réception des observations GNSS.

Dans le cadre de ces activités, l'Observatoire royal de Belgique développe des outils qu'il met à la disposition des utilisateurs. Un outil de transformation de coordonnées de stations permet de transformer les coordonnées entre les différentes réalisations de l'ETRS89 et de l'ITRS (International Terrestrial Reference System). Il est disponible en ligne (http://epncb.oma.be/_dataproducs/coord_trans/).



Figure 1. Réseau des stations GNSS permanentes de l'EPN (statut janvier 2013).

Statut du réseau

Actuellement, le réseau EPN couvre toute l'Europe et compte presque 250 stations GNSS permanentes (Figure 1). Les directives de l'EPN exigent notamment que les récepteurs et antennes GNSS soient installés sur des monuments géodésiques et observent au minimum les codes et les phases GPS sur les deux fréquences L1 et L2. Le détail des directives et des recommandations est disponible sur http://epncb.oma.be/_documentation/guidelines/guidelines_station_operationalcentre.pdf.

Modernisation du réseau

EUREF veut jouer un rôle pionnier dans la modernisation de réseaux de stations GNSS permanentes et stimule donc l'installation de récepteurs capables d'observer tous les satellites GNSS visibles (le système américain GPS, mais aussi le système russe GLONASS et le système européen Galileo). La première station capable d'observer les satellites GPS et GLONASS a été installée dans l'EPN en décembre 1999. Aujourd'hui presque toutes les nouvelles stations incluses dans l'EPN sont équipées avec

des récepteurs GPS+GLONASS, ce qui porte le pourcentage des stations EPN fournissant des données GPS+GLONASS à 68 %. En outre, 67 stations EPN (Figure 2) utilisent déjà du matériel qui est certifié "Galileo-ready".

Depuis le lancement du premier satellite GPS du block II-F, le 27 mai 2010, les nouveaux satellites GPS émettent une troisième fréquence, la "L5". A ce jour, 75 stations EPN ont la capacité d'observer ce nouveau signal, mais seulement 32 d'entre elles le fournissent réellement dans leurs données (Figure 3). Les responsables des stations sont réticents à activer le suivi de L5 en raison de conflits possibles avec les services nationaux RTK (*Real Time Kinematic*) qu'ils fournissent par ailleurs.

Dans le cadre de la modernisation du réseau EPN vers un réseau multi-GNSS, le bureau central a développé les outils nécessaires pour fournir des statistiques détaillées sur chacune des fréquences observées dans les stations de l'EPN (http://epncb.oma.be/_networkdata/trackingstatus.php). De plus, le bureau central a récemment mis à jour les graphiques fournissant un aperçu mensuel des satellites observés à chaque station incluant maintenant également les satellites GLONASS (Figure 4).

Calibrations d'antennes

Afin de pouvoir modéliser les erreurs qui affectent les positions de stations



Figure 2. Stations de l'EPN capables d'observer Galileo : ▲ envoient effectivement les données Galileo à EUREF, △ n'envoient pas (encore) les données Galileo à EUREF.



Figure 3. Stations de l'EPN capables d'observer L5 : ▲ envoient effectivement les données L5 à EUREF, △ n'envoient pas (encore) les données L5 à EUREF.

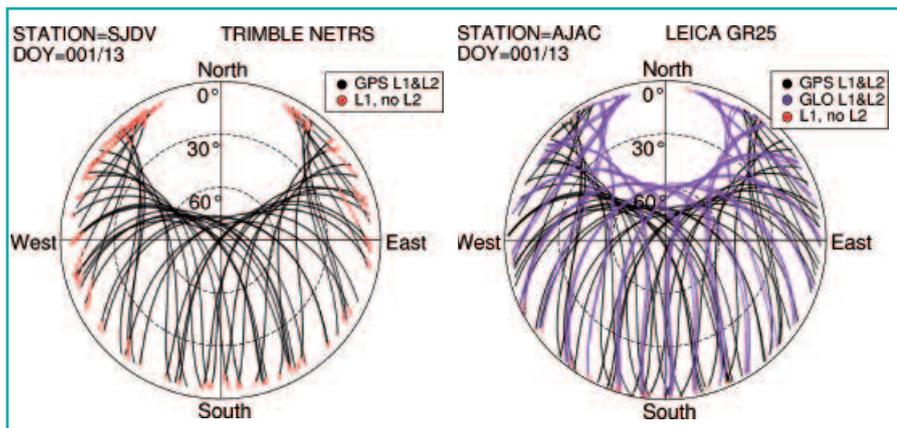


Figure 4. Représentation graphique polaire des satellites GPS et GLONASS observés par la station pour un jour donné : à gauche la station SJDV (Saint-Jean-des-Vignes, France) sans GLONASS et à droite la station AJAC (Ajaccio, France) avec GLONASS.

et obtenir des positions de qualité millimétrique pour ses stations, EUREF exige que les antennes des stations EPN soient de "qualité géodésique" et calibrées. C'est-à-dire que l'on doit connaître les variations du centre de phase de l'antenne en fonction de l'élévation et de l'azimut des satellites. Depuis 2003, l'EPN utilise des calibrations individuelles d'antennes qui peuvent être considérées comme la calibration optimale pour une antenne spécifique. Ces calibrations sont fournies d'une part par des organismes effectuant des calibrations par robot (par exemple, GEO++ GmbH à Garbsen, Allemagne) ou d'autre part par des organismes effectuant des étalonnages dans une chambre anéchoïque (par exemple, l'université de Bonn, Allemagne).

Le bureau central de l'EPN maintient la base de données de toutes ces calibrations (y compris les données historiques) à http://epncb.oma.be/ftp/station/general/epnc_08.atx. Depuis 2003, 81 calibrations d'antennes individuelles ont été recueillies pour 60 stations. De plus, la majorité des nouvelles antennes introduites dans l'EPN (nouvelles stations ou remplacement d'antennes) ont des calibrations individuelles. Si une station ne met pas de calibration individuelle à disposition d'EUREF, alors les centres d'analyse de l'EPN recourent au modèle de calibration utilisé par l'IGS. Ce modèle est basé sur une moyenne des calibrations individuelles de plusieurs antennes.

Flux de données / accès aux données

■ Données horaires et journalières

Les données provenant des stations GNSS de l'EPN sont disponibles gratuitement sur Internet (par ftp anonyme) dans deux centres de données (OLG, Austrian Academy of Sciences, Autriche, <ftp://olggps.oeaw.ac.at/pub/outdata/>) et BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Allemagne, <ftp://igs.bkg.bund.de/EUREF/obs/>). Ces

données sont distribuées sous forme de fichiers journaliers (obligatoire) et horaires (94,7 % des stations de l'EPN) échantillonnés à 30 secondes et au format RINEX 2.11 (Gurtner et al. 2012).

■ Flux temps réel

En 2002, EUREF lance l'idée d'utiliser Internet pour diffuser des corrections RTCM (*Radio Technical Commission for Maritime Services*) afin de permettre à ses utilisateurs d'avoir accès à l'ETRS89 en temps réel en utilisant la technique RTK (*real-time kinematic*). Le projet pilote EUREF-IP qui a pour vocation à développer, tester et implémenter cette idée baptisée NTRIP pour "*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*" dans l'EPN est un succès spectaculaire. L'idée NTRIP est reprise par les fabricants de récepteurs GNSS et plusieurs stations EPN commencent à distribuer leurs données en temps réel. En 2007, le projet pilote est clos et le flux de données en temps réel s'intègre dans les activités de routine de l'EPN. Aujourd'hui, en plus du flux de données standard (fichiers horaires et journaliers), les stations sont fortement encouragées à rendre leurs données disponibles en temps réel au format

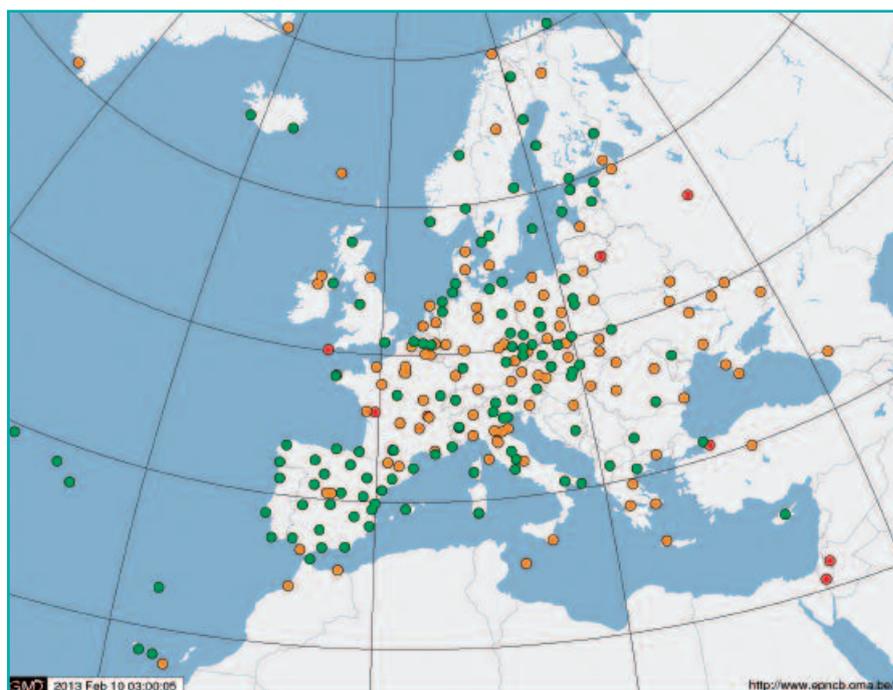


Figure 5. Flux de données des stations EPN : En rouge, stations délivrant des données journalières, en orange, stations délivrant en plus des données horaires, en vert, stations délivrant en plus des données en temps réel.



RTCM 3.X ce qui est déjà le cas pour la moitié d'entre elles. Trois émetteurs régionaux (ASI (<http://euref-ip.asi.it:2101/>), BKG (<http://www.euref-ip.net/home>), ROB (<http://www.euref-ip.be/home>)) reçoivent et disséminent tous les flux de données temps-réels provenant des stations EPN.

Des données 15 min RINEX high-rate échantillonnées à 1 seconde sont générées à partir de ce flux temps réel. Ces données high-rate peuvent alors être analysées de la même manière que les données RINEX horaires ou journalières et les mêmes corrections et modèles d'analyse sont utilisés. Par conséquent, les RINEX high-rate, comme toutes les autres données RINEX, doivent contenir des observations faisant référence au centre de phase de l'antenne. L'option NULLANTENNA permettant que les observations de code et phase fassent référence au point de référence de l'antenne (et non plus au centre de phase) ne peut donc pas être utilisée par les responsables de station en créant leur flux RTCM. Depuis 2012, le bureau central vérifie si l'option est utilisée et demande sa suppression le cas échéant.

Dans le cadre d'un projet pilote, le coordinateur des analyses temps réel (BKG, Allemagne) génère et distribue (en utilisant NTRIP) des flux de corrections d'orbites et d'horloges à appliquer aux orbites et horloges radiodiffusées afin que les utilisateurs qui veulent tester la technique PPP (*Precise Point Positioning*) puissent estimer leur position en ETRS89 au décimètre près en temps réel.

■ Surveillance du flux de données

Le bureau central vérifie la disponibilité des données ainsi que le temps mis par les fichiers pour être présents dans les centres de données. Cette vérification est réalisée pour tous les fichiers RINEX journaliers, horaires et pour les flux temps réels. Pour les données journalières et horaires, nous vérifions si les données sont bien présentes dans les deux centres de données régionaux (BKG et OLG) dans un délai de respectivement 3 jours, et 10 minutes. En cas de données manquantes (sans en avertir

le bureau central), nous demandons aux responsables des stations concernées de vérifier leurs procédures d'envoi des données et, si possible, de les soumettre à nouveau.

Un contrôle similaire est effectué sur les données en temps réel. Toutes les deux heures, le bureau central se connecte aux flux de données temps réel et vérifie le délai entre le moment de la réception du flux et l'heure d'observation. Un aperçu général de ces délais est disponible à partir du ftp://epncb.oma.be/pub/station/real_time/monitor.latency et montre, en général un temps de latence entre 0,3 s et 2 s.

■ Surveillance des métadonnées

L'historique des équipements de chaque site EPN doit être rigoureusement documenté par le responsable de la station dans un fichier appelé site log qui est maintenu au bureau central de l'EPN (voir <ftp://epncb.oma.be/pub/station/log/>). Il contient toutes les métadonnées concernant la station GNSS telles que les informations sur le matériel installé à la station, sa monumentalisation, son environnement et, éventuellement les instruments qui lui sont co-localisés. Le site log est dans un format standard très strict et doit être mis à jour à chaque changement affectant la station ou son environnement. Le bureau central met à disposition un formulaire web dédié à la mise à jour des fichiers site log (http://epncb.oma.be/_networkdata/sitelogsubmission). Cet outil a été développé pour les stations du réseau EPN mais il est également accessible à tous les utilisateurs afin de créer ou de vérifier le formatage d'un site log d'une station n'appartenant pas à l'EPN. Un formulaire dédié à la soumission des photographies des stations a également été développé. Ces photographies apportent une information intéressante afin d'analyser la qualité des stations et de comprendre leurs éventuels soucis.

Le bureau central de l'EPN compare quotidiennement les métadonnées contenues dans les en-têtes des fichiers RINEX avec les informations fournies dans les fichiers site log. Une procédure similaire est également appliquée pour

les données en temps réel, dont les métadonnées sont vérifiées toutes les 2 heures. En cas de divergences entre les métadonnées des observations et des site log, l'exploitant de la station est avisé et invité à mettre à jour le fichier site log de la station, l'en-tête du fichier RINEX ou le flux RTCM.

L'Observatoire royal de Belgique maintient un centre des données historiques (<ftp://ftp.epncb.oma.be/pub/obs/>) qui fournit les fichiers RINEX journaliers avec un délai de 6 mois. Les en-têtes des fichiers ont été vérifiés et corrigés afin d'être en accord avec les site logs.

Analyse et produits

Le bureau central permet d'accéder à tous les produits des stations EPN, que sont les positions hebdomadaires, une solution cumulative fournissant des positions et vitesses, et enfin les délais troposphériques zénithaux qui sont en fait un sous-produit de l'analyse EPN de routine. En parallèle de l'analyse de routine, l'EPN a également finalisé, un premier retraitement en 2012 (EPN-REPRO1), comprenant toutes les données de l'EPN depuis début janvier 1996 jusqu'à fin décembre 2006. Le bureau central de l'EPN assure une vérification des métadonnées utilisées lors du traitement de la station par les centres d'analyse et demande, si nécessaire, aux centres d'analyse de refaire les calculs et soumettre à nouveau leur solution.

La solution cumulative fournit les positions et vitesses de chaque station de l'EPN. Elle est mise à jour toutes les 15 semaines et est exprimée dans l'ITRS et l'ETRS89. Les stations EPN sont classées en 2 catégories (*Figure 6*): Les stations de classe A assurent une exactitude meilleure que le centimètre à toutes les époques de la période observée, alors que pour les stations de classe B cette exactitude de un centimètre n'est valable qu'à l'époque centrale des mesures de la station. Souvent les stations de classe B sont de jeunes stations ou des stations ayant subi un changement récent et leur statut change en classe A dès que la station dispose d'une période d'observation plus longue. Pour les sta-

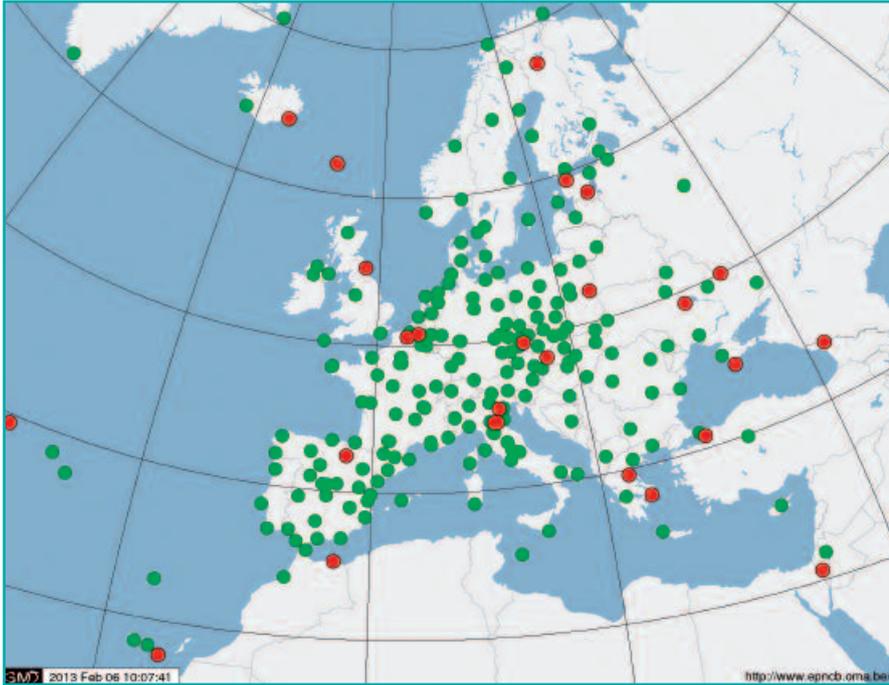


Figure 6. Carte des stations de l'EPN présentes dans la dernière solution cumulative (C1710, 24 janvier 2013), en vert, stations de classe A et en rouge, stations de classe B.

tions de classe B, la modélisation par la position moyenne et la vitesse estimée n'est pas représentative du comportement de la station sur toute la durée. Par conséquent, seules les stations de classe A peuvent être utilisées lors des densifications de l'ETRS89 (voir "Guidelines for EUREF Densifications" (Bruyninx et al., 2010)).

Toutes les informations concernant la solution cumulative sont disponibles sur http://epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/. La page contient les coordonnées des stations, les discontinuités appliquées lors de la combinaison de la solution afin de prendre en compte des éventuels changements de

positions (par exemple Figure 9), la liste des données aberrantes rejetées lors du traitement et enfin les séries temporelles de résidus de positions de stations. Depuis 2012, cette solution incorpore les résultats hebdomadaires issus du retraitement du réseau EPN-REPRO1 améliorant considérablement la qualité des estimations (Figure 7).

De plus, le bureau central calcule quotidiennement une solution cumulative temporaire afin de surveiller au mieux le comportement des stations entre deux soumissions des solutions cumulatives officielles et de mettre en évidence des changements récents de positions de stations. Elle est dispo-

nible sur le site de l'EPN à côté des séries temporelles officielles associées à la dernière solution cumulative officielle.

Depuis 1989, la plupart des pays européens ont défini leur référence nationale en ETRS89 en incluant des positions ETRS89 de stations de l'EPN de classe A. Ces coordonnées ETRS89, adoptées par les pays, peuvent être différentes les unes par rapport aux autres en raison de différences dans la définition de leur repère de référence : elles sont souvent basées sur des réalisations de l'ETRS89 différentes ou elles se réfèrent à différentes époques d'observation. Afin d'avoir une idée de la cohérence entre les réalisations nationales de l'ETRS89, EUREF a lancé en novembre 2008 l'idée de les comparer à la solution officielle cumulative de l'EPN qui forme une solution homogène de coordonnées exprimée en ETRS89 (Brockmann, sous presse). Les résultats de cette comparaison montrent un très bon accord de niveau centimétrique (Figure 8).

Un rôle de gardien

Dans son rôle de gardien de la qualité du réseau, le bureau central de l'EPN a peu à peu collecté un grand nombre d'informations sur les stations et développé des outils permettant de vérifier la qualité des données. Ces informations sont nécessaires aux responsables de stations afin de détecter au plus tôt d'éventuels problèmes et d'améliorer les performances de leurs stations. Elles sont également précieuses pour les

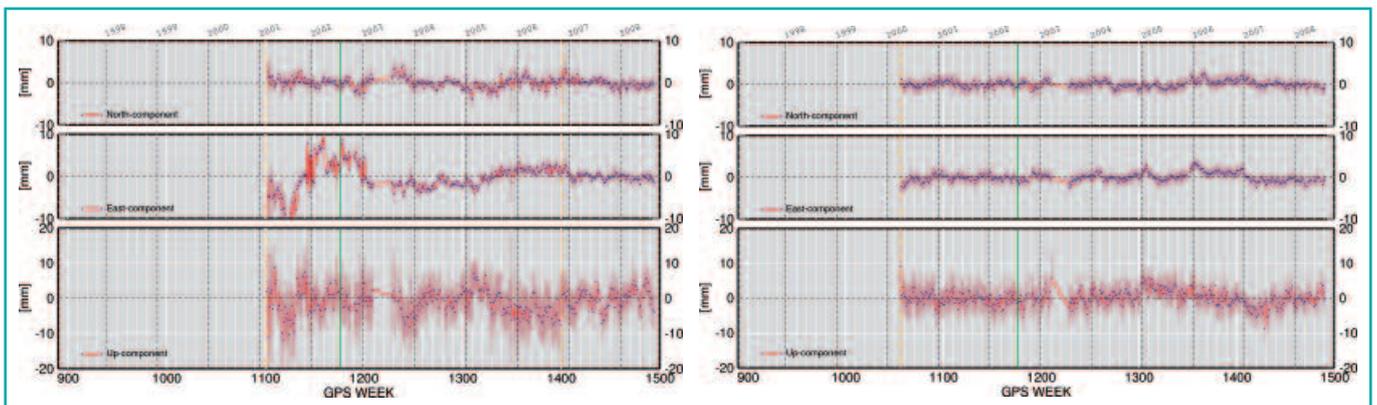


Figure 7. Exemple de la série temporelle de résidus de position de la station LAGO (Lagos, Portugal) avant (à gauche) et après (à droite) le retraitement réalisé en 2008 par l'Observatoire royal de Belgique dans le cadre d'un projet pilote.

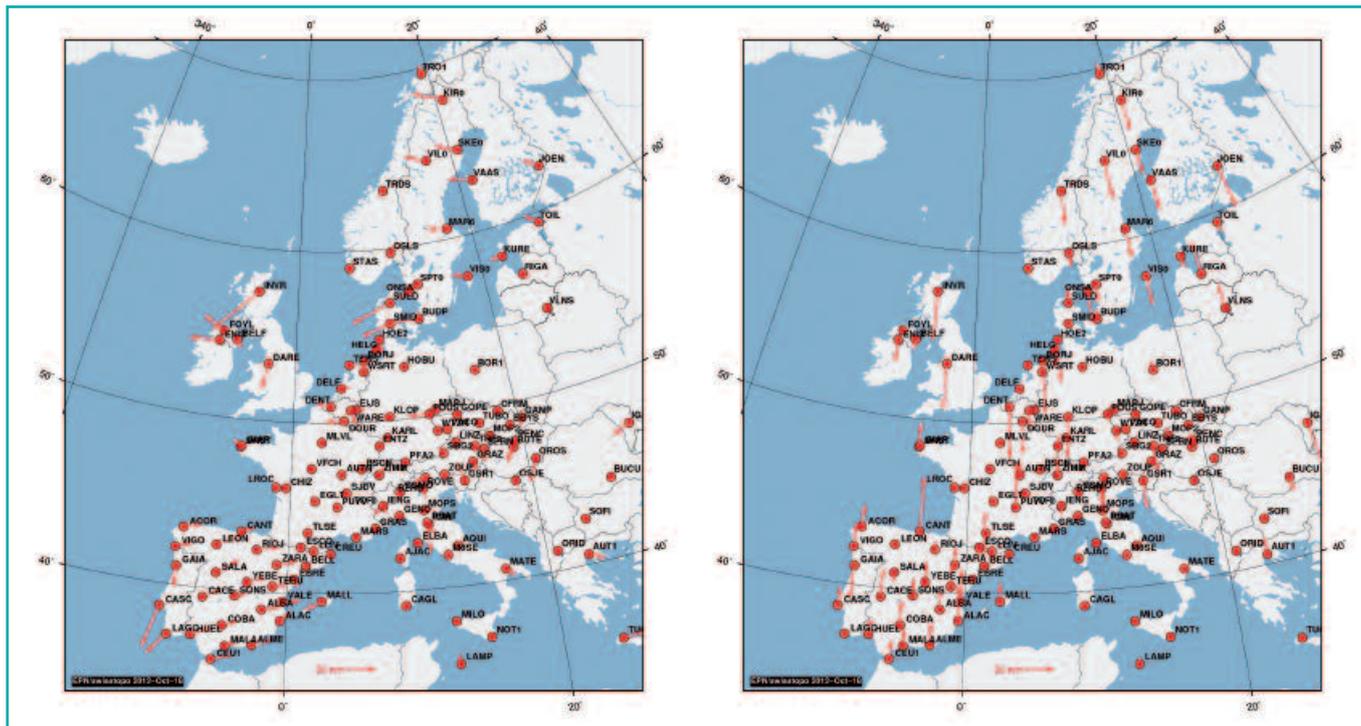


Figure 8. Différences entre les coordonnées ETRS89 nationales et la dernière solution cumulative officielle de l'EPN (Brockmann, sous presse) : à gauche, différences affectant la composante horizontale et à droite, différences affectant la composante verticale.



centres d'analyse et les utilisateurs du réseau.

Pour chaque station, une page individuelle regroupe toutes les informations concernant la station (par exemple pour la station Marseille en France http://epncb.oma.be/_networkdata/siteinf/o4onestation.php?station=MARS) : la localisation, des photographies, des liens vers le site log et les données, différents types de graphiques fournissant des informations sur la qualité des données (temps de latence, pourcentage d'observations effective-

ment observées à différentes élévations, constellation effectivement observée tracée en fonction du temps ou sur une carte du ciel, multi-trajet et nombre de sauts de cycle). Cette page fournit également les différents produits : les coordonnées, mais aussi les séries temporelles de positions de stations ou de paramètres troposphériques. Elle donne également accès aux calibrations d'antennes utilisées à la station ou aux courriels EUREF concernant cette station.

Tout changement affectant n'importe quel élément d'une station (y compris

l'environnement du site) peut affecter les produits de l'EPN. La composante verticale est l'élément le plus sensible à la fois aux variations de conditions physiques ou environnementales et aux techniques de traitement. Au moins 90% des sauts de positions affectant les stations apparaissent dans la composante verticale. La Figure 9 montre l'impact d'un changement d'équipement affectant la station française AUTN.

Dans le cadre de l'analyse des positions de stations, il est important de mettre en évidence les mouvements

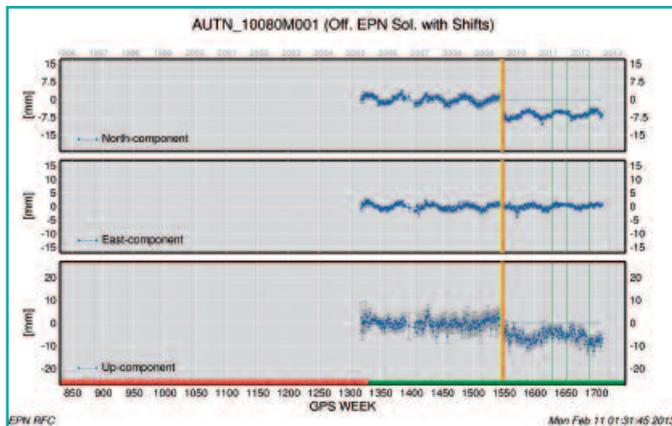


Figure 9. Séries temporelles de résidus de positions de la station AUTN (Autun, France) montrant la discontinuité apparaissant lors du changement d'antenne en 2009.

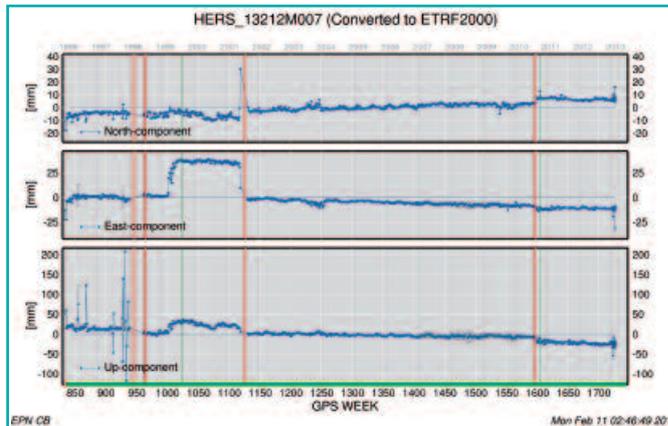


Figure 10. Séries temporelles de positions exprimées en ETRF2000 de la station HERS (Herstmonceux, Royaume Uni).

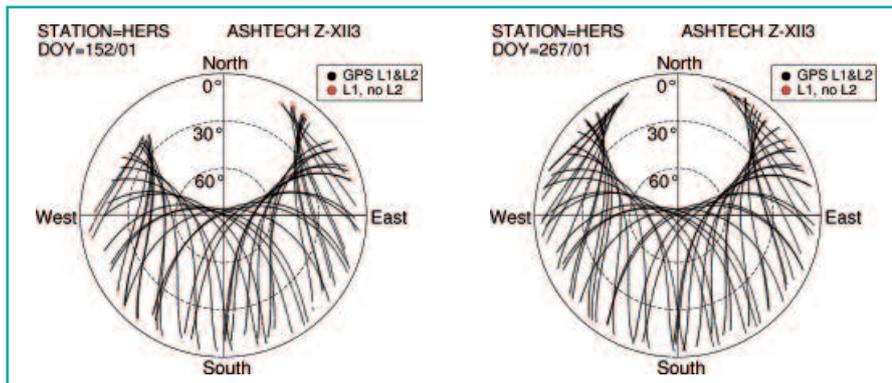


Figure 11. Représentation graphique polaire des satellites GPS observés par la station HERS (Herstmonceux, Royaume-Uni) pour un jour donné : à gauche, en juin 2001 avant le changement de matériel et à droite, en septembre 2001 après le changement de matériel.

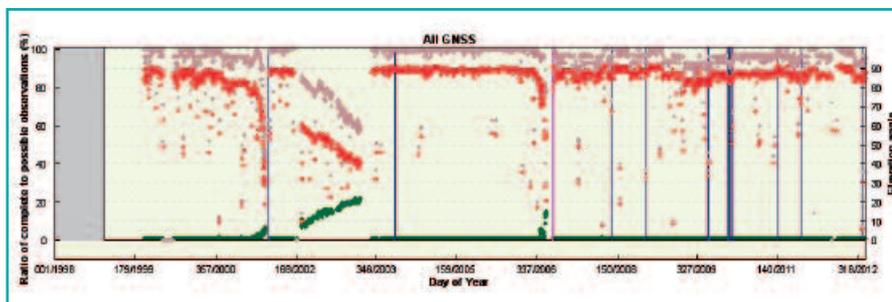


Figure 12. Evolution temporelle du pourcentage d'observations effectivement enregistrées par la station ACOR (La Corogne, Espagne) sur les deux fréquences sur le nombre d'observations prédites. En rouge, pour un angle de coupure de 15° et en marron, pour un angle de coupure de 0°. L'angle de coupure observé effectivement est montré en vert sur le graphique. Les changements de matériel sont indiqués par les barres verticales.

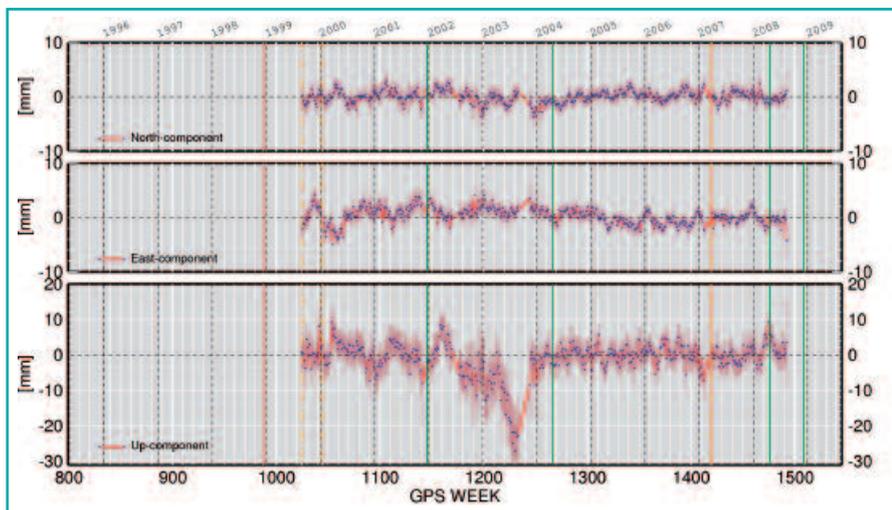


Figure 13. Série temporelle brute de la station GPS ACOR (La Corogne, Espagne).

qui ne sont pas réels et qui sont dus à des artefacts de calculs. Grâce aux vérifications du bureau central, il est parfois possible de corrélérer les mouvements observés dans la série temporelle de positions avec des changements dans la qualité des données de la station.

Par exemple, entre 1999 et 2001, la position de la station HERS (Herstmonceux, Royaume-Uni) s'est dégradée (Figure 10). Le problème a été détecté par le bureau central de l'EPN en 2001 lors de l'introduction de nouvelles vérifications de la qualité des données GNSS (Figure 11 gauche). Ces nouveaux graphiques

ont permis d'identifier une perte des données à basse élévation au nord-ouest de la station. Le problème a été résolu en 2001 lorsque l'antenne et le récepteur ont été changés (Figure 11 droite).

Un autre exemple concerne la station ACOR (La Corogne, Espagne). En 2002, ses données ont commencé à se détériorer avec une diminution du rapport entre les observations observées et prédites (Figure 12). On peut noter en particulier une perte des données à basse élévation et une augmentation de l'élévation minimale à partir de laquelle les satellites sont observés (angle de coupure) par la station. Cette dégradation s'est poursuivie jusqu'en 2003 lorsque l'origine du problème a été détectée et résolue, il s'agissait d'interférences. Ces problèmes se sont répercutés sur les positions de stations et sont donc visibles sur les séries temporelles brutes (Figure 13). Les données de mauvaise qualité en 2002 et 2003 n'ont pas été conservées lors de l'estimation des positions dans l'EPN.

Ces deux exemples montrent bien que des contrôles qualité sont indispensables afin de confirmer ou d'infirmer des changements de mouvements affectant les stations GNSS.

Conclusion

Le réseau de stations permanentes EUREF a été créé en 1996 afin de réaliser, maintenir et donner accès à l'ETRS89. Depuis sa création, le réseau a évolué considérablement afin d'introduire des applications pionnières et de répondre aux besoins en constante évolution des utilisateurs. Aujourd'hui le nombre de stations d'observations est multiplié par cinq. Elles observent les constellations GPS, mais aussi GLO-NASS et Galileo. Le flux de données a évolué du journalier vers l'horaire et le temps réel. Le produit original, à savoir les positions hebdomadaires des stations, est devenu multiple et comprend toujours les positions hebdomadaires mais aussi les positions et les vitesses issues du cumul de 1996 à nos jours ainsi que les séries temporelles de positions de stations et un produit troposphérique combiné. De plus, des



orbites temps réels en ETRS89 font actuellement l'objet d'un projet pilote. (http://epncb.oma.be/_organisation/projects/RT_analysis/).

Tous ces changements ont demandé des développements continus à l'Observatoire royal de Belgique qui est responsable du bureau central de l'EPN et assure la gestion quotidienne du réseau de l'EPN. Même si toutes les contributions à l'EPN sont volontaires, elles doivent adhérer aux directives d'EUREF, afin de maintenir la qualité des données de l'EPN et la précision de ses produits. Le bureau central veille à ce que toutes les composantes du réseau suivent les directives EUREF. Aujourd'hui le bureau central maintient à jour les métadonnées de toutes les stations et vérifie les métadonnées incluses dans les fichiers d'observations. Il vérifie la latence et la qualité des observations GNSS et des produits EPN. Quand un problème est détecté, le bureau central contacte le responsable (de la station, du centre de données, de l'émetteur ou du centre d'analyse) afin de le résoudre au plus vite.

Les vérifications standards faites par le bureau central sont indispensables et permettent de mettre en évidence les mouvements artificiels affectant des stations et de résoudre les problèmes dans les plus brefs délais.

Le travail du bureau central de l'EPN est en constante évolution. De nouveaux contrôles sont réalisés chaque année par le bureau central au gré des développements réalisés, des nouvelles données ou des nouveaux produits disponibles. Ces développements suivent ou préparent notamment les évolutions des GNSS : adapter les directives et les formats standards et contrôler la qualité des nouveaux signaux GNSS. ●

Bibliographie

Z. Altamimi, X. Collilieux, J. Legrand, B. Garayt, and C. Boucher (2007). *ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters*, J. Geophys. Res., 112, B09401, doi:10.1029/2007JB004949

C. Bruyninx (2004), *The EUREF Permanent Network; a multidisciplinary network serving surveyors as well as scientists*. Geoinformatics, Vol 7, pp. 32-35

C. Bruyninx, Z. Altamimi, C. Boucher, E. Brockmann, A. Caporali, W. Gurtner, H. Habrich, H. Hornik, J. Ihde, A. Kenyeres, J. Mäkinen, G. Stangl, H. van der Marel, J. Simek, W. Söhne, J.A. Torres, G. Weber (2009). *The European Reference Frame: Maintenance and Products*, IAG Symposia Series, "Geodetic Reference Frames", Springer, Vol. 134, pp. 131-136, DOI: 10.1007/978-3-642-00860-3_20

C. Bruyninx, Z. Altamimi, A. Caporali, A. Kenyeres, M. Lidberg, G. Stangl, G. A. Torres, (2010), *Guidelines for EUREF Densifications*, Version 4: 13-06-2012, ftp://epncb.oma.be/pub/general/Guidelines_for_EUREF_Densifications.pdf.

E. Brockmann (sous presse) *Monitoring of official national ETRF coordinates on EPN web Project of the EUREF TWG*, *Mitteilungen des BKG*, EUREF Publication "Proc. EUREF 2009 Symposium, 27-30 May, Florence, Italie", Ed. BKG, Frankfurt am Main, http://www.epncb.oma.be/_documentation/papers/eurefsymposium2009/monitoring_of_official_national_ETRF_coordinates_on_epn_web_project_of_the_euref_twg.pdf

J.M. Dow, R.E. Neilan, and C. Rizos (2009), *The International GNSS Service in a changing landscape of Global Navigation Satellite Systems*, Journal of Geodesy, 83:191-198, DOI: 10.1007/s00190-008-0300-3

W. Gurtner, L. Estey (2012), *RINEX The Receiver Independent Exchange Format Version 2.11.*, available from <http://igs.cbl.nasa.gov/igs/scb/data/format/rinex211.txt>

Contact

Juliette LEGRAND

Juliette.Legrand@oma.be

Carine BRUYNINX

Carine.Bruyninx@oma.be

Equipe GNSS (<http://gnss.be>)

Observatoire Royal de Belgique



COMITÉ DE LECTURE D'XYZ

BAILLY André, ingénieur, Paris

BOTTON Serge, ingénieur, ENSG Marne-la-Vallée

CHRISMAN Nicholas, professeur, RMIT (Australie)

DUQUENNE Françoise, ingénieur en chef des ponts et chaussées, Saint-Mandé

DURAND Stéphane, maître de conférences, ESGT Le Mans

FLACELIÈRE Bernard, ingénieur topographe, Pau

GRUSSENMEYER Pierre, professeur des universités, INSA Strasbourg

KASSER Michel, professeur, HEIG-VD (Suisse)

KOEHL Mathieu, maître de conférences, INSA Strasbourg

LANDES Tania, maître de conférences, INSA Strasbourg

MAILLARD Jean-Pierre, géomètre-expert foncier, Marne-la-Vallée

MAINAUD DURAND Hélène, ingénieur topographe, CERN Genève

MISSIAEN Dominique, ingénieur topographe, CERN Genève

MOREL Laurent, maître de conférences, ESGT Le Mans

NATCHITZ Emmanuel, ingénieur, EIVP Paris

PANTAZIS N. Dimos, professeur, TEI Athènes

POLIDORI Laurent, professeur, ESGT Le Mans

REIS Olivier, ingénieur, traducteur Sarreguemines

ROCHE Stéphane, professeur, Université Laval (Québec)

VINCENT Robert, ingénieur, Paris

ABSTRACT

This paper presents the day-to-day monitoring of the EUREF Permanent GNSS Network performed by the Royal Observatory of Belgium in support of maintaining and providing access to the European Terrestrial Reference System (ETRS89). In addition, it shows that a thorough network monitoring is necessary in order to separate virtual changes of the station positions with respect to real changes.