

Évaluation d'une solution de positionnement ponctuel précis temps réel

■ Pierre BOSSER - Ismail HMAMA - Iiro KUUSISTO - Julien LE MERCIER - Christelle MEKEMLONG LANDO

Le positionnement différentiel en temps réel (RTK pour Real Time Kinematic) est la technique de positionnement GNSS en temps réel la plus utilisée actuellement. De précision centimétrique, elle s'est largement développée en particulier avec la mise en place des réseaux RTK (on parle souvent de N-RTK pour Network-RTK), qui diffusent par téléphone mobile ou Internet les données nécessaires au positionnement différentiel.

La principale faiblesse de ce mode de positionnement par GNSS est la nécessité de disposer d'une ou plusieurs stations de référence, de préférence proche, pour une précision optimale.

D'un autre côté, le positionnement ponctuel précis par GPS (PPP), apparu dans les milieux scientifiques dans les années 1990, s'est largement développé au cours des années 2000. Il présente l'avantage de fournir une position en mode absolu, c'est-à-dire calculée indépendamment de toute station de référence (du moins directement). L'objectif de ce projet est d'évaluer l'utilisation d'une méthode de PPP en temps réel, développée par la société Trimble, le RTX (pour Real Time eXtended). Cette méthode est ici évaluée dans différentes configurations d'utilisation. Ses limites en terme de temps d'initialisation sont confirmées, tandis que ses capacités en terme de positionnement centimétrique sont constatées.

MOTS-CLÉS

PPP, GPS, GLONASS, GNSS, RTK, positionnement cinématique, temps réel

comme l'une des évolutions¹ du très démocratisé RTK. Ce dernier, utilisé de manière standard par tous les professionnels du positionnement et de la géolocalisation (géomètre, hydrographe, BTP, etc.) présente un inconvénient majeur : sa dépendance à une (ou plusieurs) station(s) de base, de préférence proche(s). Cet aspect est particulièrement limitant dans les zones dépourvues et/ou éloignées de toute infrastructure géodésique "moderne" (réseau GNSS permanent), comme c'est le cas de bon nombre de pays en voie de développement, dans certaines régions reculées, en haute mer, etc.

De manière similaire aux autres solutions de PPP en temps réel, le système RTX bénéficie des améliorations récentes du PPP, comme la résolution entière des ambiguïtés de phase, l'utilisation de données multi-constellation (GPS et Glonass) ; il profite également de l'effort porté par la communauté scientifique pour la détermination très rapide d'éphémérides précises (erreur moyenne quadratique sur les éphémérides de l'ordre de quelques centimètres) [Hadas et Bosy, 2015 ; IGS, 2013] et la standardisation des formats de transmission des données en temps réel [IGS, 2013]. Les performances de cette nouvelle technologie sont plutôt concluantes en terme de précision, de 1 à 2 cm sur la composante horizontale, 2 à 4 cm sur la composante verticale, mais restent limitées en terme de convergence (ou initialisation) de la solution, de 15 à 45 min selon les cas en raison de la constellation et des conditions d'observation (trajet multiple,

1- D'autres solutions de PPP temps réel existent. Citons par exemple la solution Starfix.G2 proposée par Fugro, le démonstrateur du CNES (Projet PPP-Wizard) et l'interface PPP du logiciel BNC développé par le BKG.

Introduction

Le développement continu des réseaux GPS (puis GNSS) permanents depuis le début des années 2000 a contribué à l'augmentation importante des observations à analyser. Ces observations étant en général analysées en mode différentiel, le temps de calculs nécessaire à ce mode de traitement peut rapidement devenir un facteur très limitant. En 1998, une équipe du *Jet Propulsion Laboratory* (JPL/NASA) propose une alternative à ce mode de calcul [Zumberge et al., 1997], fournissant une précision similaire au traitement différentiel, diminuant significativement les temps de calcul et facile à mettre en œuvre : le *Precise Point Positioning* (PPP) pour Positionnement Ponctuel Précis. Depuis, avec le raffinement des modèles et l'amélioration de la détermination des paramètres propres aux satellites (position,

horloge), cette nouvelle technique est de plus en plus utilisée, les applications étant variées : analyse globale ou régionale de réseaux permanents, transfert de temps, météorologie, positionnement cinématique de mobiles au sol, dans le ciel ou dans l'espace (satellites à basse altitude).

Grâce aux dernières innovations comme la résolution entière des ambiguïtés de phase [Ge et al. 2007], la précision tend désormais vers celle obtenue pour un traitement relatif. Le nouveau défi réside maintenant dans l'utilisation en temps réel de cette technique. Ce dernier verrou tend à disparaître depuis le début des années 2010 avec la mise sur le marché de plusieurs solutions temps réel dont les performances apparaissent de plus en plus satisfaisantes.

Ainsi, développé par Trimble au début des années 2010, le système RTX (pour *Real Time eXtended*) apparaît

allongement troposphérique) [Leandro et al. 2011]. Dans sa brochure descriptive, les spécifications annoncées sont légèrement moins optimistes (4 cm en horizontal, 10 cm en verticale, initialisation de 30 min) mais demeurent très intéressantes.

Dans cet article, nous nous donnons donc l'objectif d'évaluer sur quelques cas d'étude les performances du RTX. Plusieurs caractéristiques de la méthode sont donc abordées :

1. Les performances en terme de durée de convergence vers une solution précise. On parle aussi de durée d'initialisation.
2. Les performances en terme de répétitivité, c'est-à-dire sur la capacité à estimer la même position lorsque l'antenne est fixe.
3. L'opportunité d'une telle technique lors de la réalisation d'un levé ; on s'intéresse plus particulièrement au levé hydrographique, thématique chère à l'ENSTA Bretagne.

Avant d'aborder ces points d'étude, nous nous attacherons à détailler la méthodologie mise en œuvre.

Méthodologie

Quatre méthodes de positionnement GNSS sont considérées par la suite ; elles diffèrent sur le mode (absolu ou relatif) et la latence (temps réel ou différé) (voir *tableau 1*).

Méthode	Latence	Mode
RTX	Temps réel	Absolu
RTK	Temps réel	Relatif
PPP	Temps différé	Absolu
DD	Temps différé	Relatif

Tableau 1. Synthèse des méthodes de positionnement utilisée dans cette étude.

■ Positionnement absolu en temps réel (RTX)

Ce positionnement utilise la technologie présentée en introduction. On utilise pour cela un récepteur SPS855 de Trimble, connecté à une antenne Antcom. Cette dernière mesure les signaux GPS et Glonass et reçoit également des éphémérides précises émises par un satellite géostationnaire de la constellation. La position est calculée

en temps réel par le logiciel interne au récepteur à une cadence fixée (1 à 30 s) et est exprimée dans le repère ITRF2008 à l'époque 2005.0 (réglage par défaut).

Le passage ITRF2008(2005.0) vers le RGF93 se fait en 2 étapes :

1. Calcul de la vitesse de la station à partir du pôle de rotation de la plaque européenne [Altamimi et al., 2011].
2. Utilisation des paramètres de transformation ad-hoc pour une transformation de l'ITRF2008(2005.0) à l'ETRF2000(2009.0) [Altamimi et Boucher, 2012 ; Harmel, 2010].

Dans la suite, ce calcul est celui qu'on cherche à évaluer.

■ Positionnement absolu en temps différé (PPP)

Le récepteur SPS855 compatible RTX est configuré de manière à stocker les observations brutes au format Trimble. Les données sont alors converties au format RINEX.

On utilise alors le logiciel Gipsy-Oasis II version 6.4 [Zumberge et al., 1997] pour le traitement PPP de ces observations GPS uniquement. Les paramètres du traitement sont classiques (respect des conventions IERS [MacCarthy et Petit, 2013]). Notons quelques points plus précis sur le calcul : les ambiguïtés sont fixées à des valeurs entières en utilisant la méthode de [Bertiger et al., 2010], les allongements troposphériques sont estimés avec une résolution temporelle de 30 s. Les positions sont calculées avec une résolution de 30 s ou 1 s en fonction des tests réalisés.

Les positions sont exprimées dans le même repère que les orbites, ITRF2008, à la date de la mesure. Elles sont alors ramenées dans le RGF93 de la même manière que les positions RTX.

Dans la suite, ce calcul fournit la solution absolue de référence.

■ Positionnement différentiel en temps réel (RTK)

On utilise un récepteur Proflex 500 de Magellan, relié à une antenne MAG111406 de même marque, compatible GPS uniquement. Le récepteur est équipé d'un modem 3G permettant de recevoir les données NTRIP diffusées par le réseau Teria (N-RTK). Les positions sont alors calculées en temps réel

à une cadence choisie (1 à 30 s) et référencées dans le RGF93.

Les données brutes de ce récepteur sont enregistrées. Elles sont utilisées pour ramener la position RTK au niveau de l'antenne Antcom du système RTX à partir du positionnement différentiel en temps différé (détermination du vecteur instantané séparant les deux antennes). Les deux méthodes de positionnement peuvent ainsi être comparées.

Dans la suite, ce calcul fournit la solution temps réel de référence.

■ Positionnement différentiel en temps différé (DD)

Les fichiers RINEX obtenus précédemment pour le système compatible RTX sont également utilisés pour un traitement différentiel. Ce calcul est réalisé à l'aide du logiciel RTKlib version 2.4.3 [Takasu, 2009]. Les paramètres du traitement sont eux aussi classiques. On utilise 2 stations de référence (BRST et GUIP du RGP) ; les lignes de base sont alors compensées pour obtenir des positions dans le RGF93 (résolution de 30 s ou 1 s en fonction des tests). Dans la suite, ce calcul fournit la position de référence.

Initialisation

Une première évaluation du système consiste au contrôle de la période d'initialisation annoncée par le constructeur : de l'ordre de 30 min selon la brochure technique, entre 15 et 45 min selon [Leandro et al., 2011]. Pour ces tests d'initialisation, on considère uniquement les positions estimées par le système RTX avec un échantillonnage d'une seconde.

Six sessions d'observation d'une heure sont réalisées à différents moments de la journée, s'assurant ainsi différentes configurations géométriques des satellites (*tableau 2*). L'antenne associée au système RTX est placée dans un cadre dégagé et est gardée fixe. Les résultats sont présentés sur les *figures 1* (20 premières minutes d'observation) et *2* (après 15 min d'observation). Concernant le positionnement horizontal, les premières minutes sont très bruitées avec des variations supérieures à 1 m. Au bout de 20 min, les écarts par rapport à la position finale sont



	Date	Début	Fin	Nsat	σ_E [cm]	σ_N [cm]	σ_U [cm]
Session 1	24/11/2015	12:40	13:40	4 / 17	1,7	1,5	6,0
Session 2	24/11/2015	13:42	14:42	4 / 13	1,8	3,3	2,8
Session 3	24/11/2015	14:45	15:45	4 / 14	2,9	4,3	15,3
Session 4	27/11/2015	07:26	08:26	4 / 18	2,0	4,1	2,5
Session 5	02/12/2015	09:00	10:00	4 / 18	2,3	1,8	14,1
Session 6	02/12/2015	10:04	11:04	4 / 17	7,4	7,9	18,7

Tableau 2. Description des sessions d’observation d’1h réalisées pour les tests d’initialisation. La colonne Nsat indique le nombre minimum et maximum de satellites observés pendant la session. Les 3 dernières colonnes identifient la répétitivité après initialisation “théorique” (30 min).

inférieurs à 10 cm. Au bout de 30 min ils sont encore supérieurs à 4 cm ; la convergence à ± 4 cm est atteinte pour toutes les sessions au bout d’environ 40 min. Statistiquement parlant, les répétitivités calculées après 30 min d’observation sont bien inférieures à 4 cm (tableau 2) hormis pour la dernière session.

Sur la composante verticale, l’amplitude des variations est plus importante et reste de l’ordre de 10 cm même après

30 min d’observation. Plusieurs sources d’incertitudes peuvent être suspectées, en particulier les difficultés d’une modélisation correcte de la troposphère à cette échelle, des effets géophysiques peut-être mal pris en compte.

Le nombre de satellites utilisés durant la phase d’initialisation varie au cours des sessions. Il ne semble pas impacter la rapidité de convergence ; au contraire le récepteur tend à utiliser un jeu limité de satellites (GPS uniquement) pour

converger vers une solution de qualité décimétrique. Ensuite, il ajoute au fur et à mesure des satellites (GPS et Glonass) pour fiabiliser son estimation.

La durée d’initialisation est en partie respectée. Notons cependant les conditions très favorables d’acquisition par rapport à une utilisation plus classique (station fixe dans un environnement dégagé).

Positionnement statique

Pour tester la répétitivité des positions estimées par RTX, on s’intéresse aux données acquises par le système RTX pendant 3 jours. À proximité (moins de 5 m), la station Magellan est également déployée. On considère donc les positions estimées avec une résolution de 30 s par les différentes méthodes proposées (RTX, RTK, PPP et DD). Les données sont filtrées après analyse : les positions avec erreurs formelles supérieures à 50 cm sont considérées

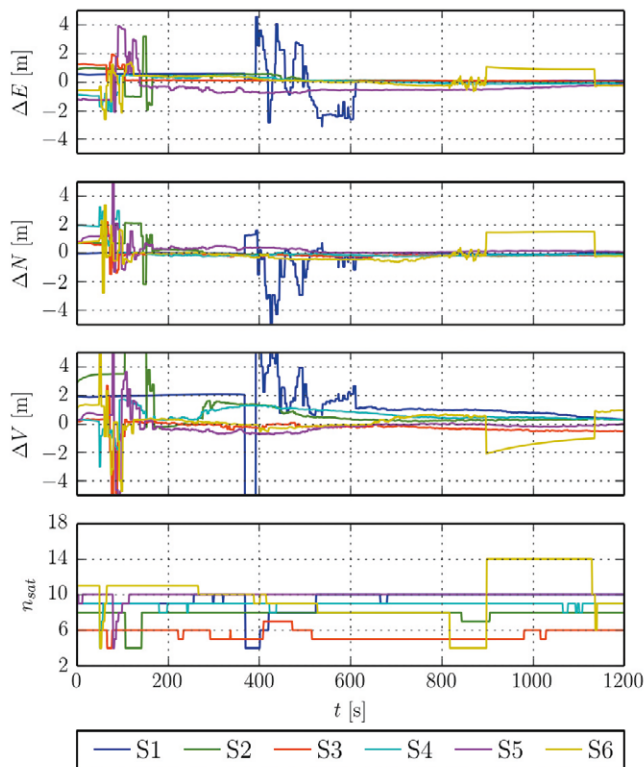


Figure 1. Positions instantanées estimées par le récepteur RTX lors des tests d’initialisation en début de session d’observation d’1h (0 - 1200 s) : Composantes Est, Nord et Verticale. En bas, nombre de satellites utilisés.

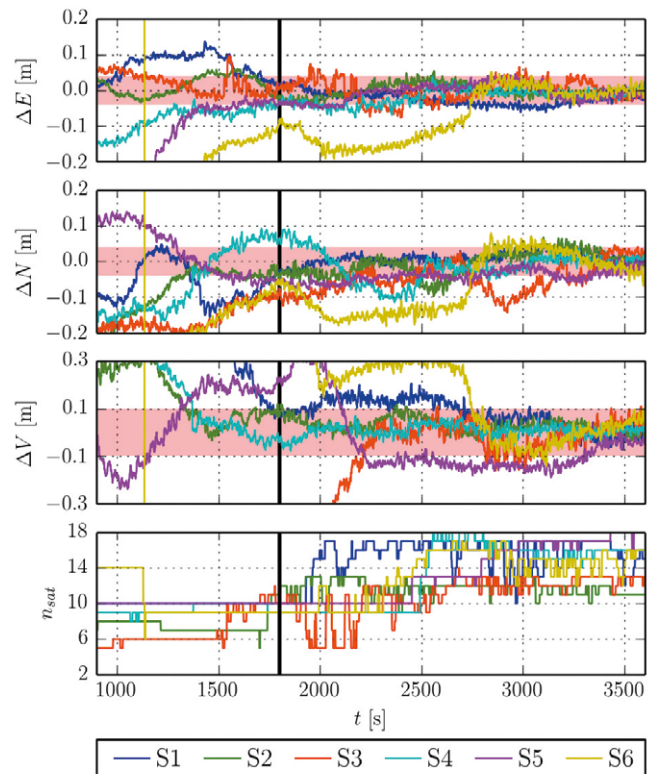


Figure 2. Positions instantanées estimées par le récepteur RTX lors des tests d’initialisation en fin de session d’observation d’1h (900 - 3600 s). Composantes Est, Nord et Verticale. En bas, nombre de satellites utilisés. La ligne verticale indique l’époque de fin de la phase d’initialisation annoncée par le constructeur (30 min.). La zone rose désigne l’incertitude annoncée par le constructeur après initialisation (± 4 cm pour les composantes horizontales, ± 10 cm pour la composante verticale).

comme aberrantes (au vu des précisions attendues) et donc rejetées. Les séries temporelles de position exprimées par rapport à la position moyenne de référence (issue du traitement DD) sont représentées sur la *figure 3* ; les

écarts moyens sont résumés dans le *tableau 3*.

Les répétitivités obtenues pour les traitements RTK, PPP et DD sont satisfaisantes (niveau centimétrique) bien que légèrement supérieures à ce que l'on

obtient usuellement (dégradation d'un facteur 2 environ) ; après investigation, on constate que le résidu quadratique moyen du calcul PPP est supérieur à la normale, ce qui est parfois le cas avec des antennes non géodésiques (ce qui est notre cas).

Si on considère les composantes planimétriques, les répétitivités sont bien inférieures à 4 cm pour le RTX ; les erreurs moyennes quadratiques par rapport au calcul de référence sont également conformes aux spécifications (inférieures à 4 cm), malgré quelques valeurs hors tolérances (visibles sur la *figure 4*). Sur la composante verticale, les variations du RTX sont importantes avec un comportement d'apparence périodique que l'on retrouve (de manière atténuée) pour le PPP ; on peut suspecter un effet géophysique local (atmosphère, surcharge) mal modélisé et éliminé dans le cas d'un positionnement différentiel. Les écarts sont cependant bien inférieurs à 10 cm.

De manière générale, la variabilité des positions calculées par RTX est plus importante que pour le PPP (apport attendu du temps différé par rapport au temps réel) et que pour le RTK (apport attendu du différentiel par rapport au relatif) mais les résultats sont concluants et relativement conformes aux spécifications.

Positionnement dynamique

Pour évaluer le comportement du système RTX lors d'un levé dynamique nous nous sommes mis dans une configuration de levé hydrographique, thématique d'intérêt pour l'ENSTA Bretagne. Pour cela, la vedette Panopé de l'ENSTA Bretagne, utilisée régulièrement pour le levé hydrographique, est mise à contribution. Les deux systèmes d'acquisition en temps réel (RTK et RTX) sont à nouveau déployés et les données brutes sont enregistrées. Les positions sont restituées avec une résolution temporelle d'1 s. Seules les positions avec erreurs formelles inférieures à 50 cm sont conservées. On se place dans une configuration de levé hydrographique classique, avec

Méthode	σ_E [cm]	σ_N [cm]	σ_V [cm]	Δ_E [cm]	Δ_N [cm]	Δ_V [cm]
RTX	3,2	2,2	6,8	$1,5 \pm 3,3$	$0,1 \pm 2,3$	$7,4 \pm 7,7$
RTK	1,3	1,6	2,1	$0,0 \pm 1,6$	$-1,8 \pm 1,9$	$0,0 \pm 3,5$
PPP	1,3	1,8	4,2	$-0,1 \pm 1,4$	$0,7 \pm 1,9$	$1,0 \pm 4,4$
DD	0,8	1,2	1,4			

Tableau 3. Statistiques issues des séries temporelles de position pour les différentes méthodes. Les 3 premières colonnes représentent les répétitivités (composante Est, Nord et Verticale) ; les 3 dernières colonnes indiquent les écarts (moyenne \pm écart-type) par rapport au calcul de référence (DD).

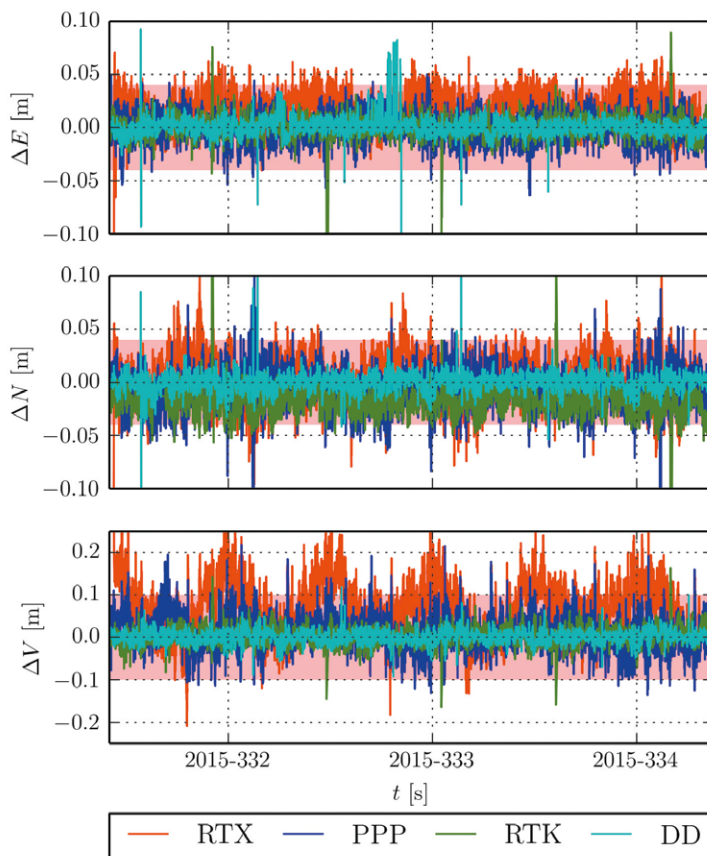


Figure 3. Postions instantanées estimées par les différents modes de calcul pour une antenne fixe sur une durée de 3,5 jours. De haut en bas, composantes Est, Nord et Verticale. La zone rose désigne l'incertitude annoncée par le constructeur après initialisation (± 4 cm pour les composantes horizontales, ± 10 cm pour la composante verticale).

Méthode	ΔE [cm]	ΔN [cm]	ΔV [cm]
RTX	$3,2 \pm 5,7$	$-0,3 \pm 7,5$	$10,7 \pm 17,8$
RTK	$0,3 \pm 0,8$	$1,0 \pm 1,0$	$1,7 \pm 1,9$
PPP	$0,2 \pm 0,9$	$-0,2 \pm 1,1$	$-6,2 \pm 2,3$

Tableau 4. Statistiques issues des séries temporelles de position obtenues en dynamique. Les 3 colonnes indiquent les écarts (moyenne \pm écart-type) par rapport au calcul de référence (DD) pour les composantes Est, Nord et Verticale.



Figure 4. Déroulé des acquisitions en mode dynamique en Rade de Brest (Image Ortho-Sat SPOT / IGN).

un environnement dégagé ; les lignes de sondages (figure 4) sont parcourues à faible vitesse (5 à 8 nœuds soit 9 à 15 km/h). La session d'acquisition dure 3 h 30 ; la vedette quitte son point d'attache après initialisation de la solution RTX (information indiquée par le récepteur).

Les résultats sont présentés sur la figure 5. L'échelle des variations des composantes planimétriques ne permet pas de déceler les écarts. Par contre, si on regarde l'évolution de la composante verticale restituée par les différentes méthodes, on constate à première vue des écarts importants de la solution RTX par rapport aux 3 autres (jusqu'à 2 m en début de levé). Les écarts sont examinés plus précisément sur la figure

6 qui représente les différences entre les traitements RTX, RTK et PPP par rapport au calcul de référence (DD).

Les écarts sont assez significatifs sur les 3 composantes pour le calcul RTX (amplitude supérieure à 10 cm) ; des variations brutales sont observées en cours de levé (vers 9:00). Les distributions des composantes sont très étalées en particulier pour la verticale (figure 5, courbes de droite). En fin de session (à partir de 10:00), le calcul RTX semble converger vers une position proche de celle issue des autres techniques. De manière générale les positions planimétriques présentent une erreur quadratique moyenne de l'ordre de 8 cm et dépassent 20 cm sur la verticale (tableau 5). Bien que présentant un

biais vertical non négligeable (6 cm, voir tableau 4), le traitement PPP ne présente pas une telle variabilité. Le calcul RTK présente quant à lui un très bon accord avec la solution de référence.

Les résultats obtenus ici sont moins satisfaisants que précédemment, avec une dégradation d'un facteur 2 environ des précisions par rapport aux spécifications. La réduction des écarts en fin de session peut laisser envisager un problème d'initialisation corrigé en cours de levé.

Conclusion, perspectives

Nous avons cherché à évaluer une solution PPP temps réel, le système RTX développé par Trimble. Cette évaluation

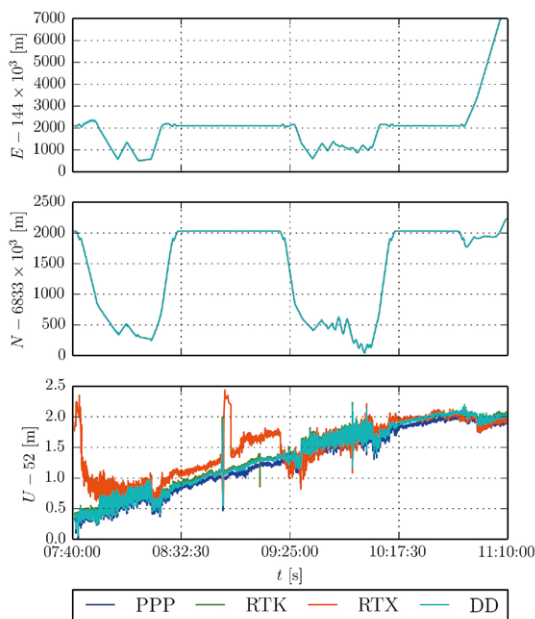


Figure 5. Positions instantanées estimées par les différents modes de calcul lors du levé hydrographique. De haut en bas, composantes Est, Nord et Verticale.

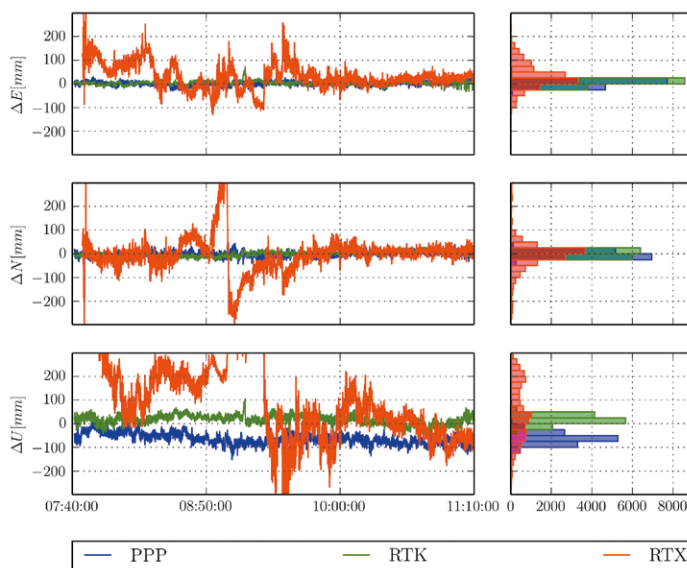


Figure 6. Écarts sur les positions instantanées estimées par les différents modes de calcul lors du levé hydrographique par rapport au calcul de référence (DD). De haut en bas, composantes Est, Nord et Verticale. À droite, distribution des écarts.

► s'est faite par comparaison avec des méthodes plus classiques et déjà bien éprouvées : le RTK (référence en terme de positionnement temps réel), le PPP (référence en terme de positionnement absolu), le différentiel post-traité (DD, référence en terme de positionnement GNSS).

L'intérêt de la méthode RTX est de permettre à l'utilisateur de s'affranchir de l'utilisation directe d'une (ou plusieurs) station(s) de référence pour du positionnement temps réel, répondant ainsi à la limite la plus importante du RTK. Insistons cependant sur le fait que cette technique nécessite toujours l'utilisation en amont d'un réseau de stations de référence suffisamment dense et réparti pour la détermination et la diffusion en temps réel des éphémérides précises des satellites composant les constellations GNSS utilisées. Elle requière en outre une bonne maîtrise de changement de référence car contrairement au positionnement relatif, elle ne procure pas directement les coordonnées dans le repère de référence national, mais dans le repère associé aux éphémérides.

Les tests conduits confirment en partie les spécifications annoncées. On retrouve bien une durée de convergence de l'ordre de 30 min ; on peut s'attendre cependant à des écarts de l'ordre d'une dizaine de minutes par rapport à cette durée moyenne. L'utilisateur doit également veiller à ce que cette initialisation est bien conservée, celle-ci étant parfois totalement perdue lors de certains tests. Concernant les précisions, les tests réalisés en statiques confirment les précisions annoncées (± 4 cm en horizontal, ± 10 cm en vertical) mais des variations périodiques subsistent sur la composante verticale. Par contre, les valeurs obtenues en dynamique sont dégradées (de l'ordre d'un facteur 2 sur chacun de composantes). Pour les applications hydrographiques, cette précision est cependant suffisante car compatible avec l'ordre spécial préconisé par l'OHI (de l'ordre de la dizaine de centimètres pour les précisions les plus exigeantes). Pour un levé de qualité centimétrique, des précautions doivent encore être prises ; pour des applications temps réel, on préférera

donc encore le RTK lorsque celui-ci est disponible.

Rappelons enfin que le RTX est une solution de PPP temps réel proposé par Trimble ; d'autres solutions existent, citons par exemple : Starfix.G2 proposée par Fugro, le démonstrateur du CNES PPP-Wizard, l'interface PPP du logiciel BNC du BKG ou encore le logiciel RTKlib. Les spécifications de ces différentes solutions sont similaires au RTX, les mêmes conclusions peuvent être attendues.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet de 3^e année du cycle Ingénieur de l'ENSTA Bretagne, spécialité "Hydrographie et Océanographie". Le matériel Trimble compatible RTX a été gracieusement mis à disposition par la société PrimeGPS. ●

Remerciements

- La société PrimeGPS (<http://www.primegps.fr>) pour la mise à disposition du système RTX.
- Le réseau Teria (<http://www.reseau-teria.com/>) pour la mise à disposition d'un abonnement N-RTK.
- Pierre Simon (ENSTA Bretagne) pour son soutien technique et logistique lors des différents tests réalisés.

Contacts

Pierre BOSSER, Ismail HMAMA, Iiro KUUSISTO, Julien LE MERCIER, Christelle MEKELONG LANDO
ENSTA Bretagne, Brest
pierre.bosser@ensta-bretagne.fr

Références

- Altamimi, Z. & Boucher, C. : *Specification for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign* - Version 8, Rapport technique, Institut Géographique National, 2011.
- Altamimi, Z.; Métivier, L. & Collilieux, X. : *ITRF2008 plate motion model*, Journal of Geophysical Research, 2012, vol. 117, B07402.
- Bertiger, W.; Desai, S. D.; Haines, B.; Harvey, N.; Moore, A. W.; Owen, S. & Weiss, J. P. : *Single receiver phase ambiguity resolution with GPS data*, Journal of Geodesy, 2010, vol. 84, pages 327-337.
- Ge, M.; Gendt, G.; Rothacher, M.; Shi, C. & Liu, J. : *Resolution of GPS carrier-phase ambiguities in Precise Point Positioning (PPP)*

with daily observations, Journal of Geodesy, 2007, vol. 82, pages 389-399.

Hadas, T. & Bosy, J. : *IGS RTS precise orbits and clocks verification and quality degradation over time*, GPS Solution, 2015, vol. 19, pages 93-105.

Harmel, A. : *Rénovation du RGF93*, XYZ, 2010, pages 36-40.

IGS : *IGS Real Time service*, ftp://igs.org/pub/resource/pubs/IGS_Real_Time_Service-131031.pdf, 2013.

Leandro, R.; Landau, H.; Nitschke, M.; Glocker, M.; Seeger, S.; Chen, X.; Deking, A.; BenTahar, M.; Zhang, F.; Ferguson, K.; Stolz, R.; Talbot, N.; Lu, G.; Allison, T.; Brandl, M.; Gomez, V.; Cao, W. & Kipka, A. : *RTX Positioning: The Next Generation of cm-accurate Real-time GNSS Positioning* Proceedings of the 24th International Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation, 2011, pages 1460 - 1475.

MacCarthy, D. D. & Petit, G. : *IERS 2003 Conventions IERS*, Rapport Technique, IERS, 2003

Takasu, T. : *RTKlib: Open Source Program Package for RTK-GPS*, FOSS4G 2009, 2009.

Zumberge, J. F.; Hefflin, M. B.; Jefferson, D. C. & Watkins, M. M. : *Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks*, Journal of Geophysical Research, 1997, vol. 102, pages 5005-5017.

ABSTRACT

RTK positioning is nowadays the most popular technique to reach real time positioning using GNSS with a cm-accuracy; its development is clearly linked to the outbreak of real time GNSS network in early 2000's. The main drawback of RTK is to depend highly on a close reference station (or a set of reference stations) to converge to an accurate position. PPP is another GNSS-based positioning techniques developed in the 90's. Receiver position is computed with respect to satellites orbits without the help of ground reference stations. Here we propose the study of a real time PPP commercial solution. This solution is developed by Trimble and is called RTX (Real Time eXtended). We investigate the performance of this technique both in term of initialization time and positioning accuracy. Results meet its specifications in term of initialization time and static accuracy despite some discrepancies during kinematic positioning.