

Analyse des Données issues de trois Stations du Réseau GPS Permanent Algérien

Mahdi HADDAD

Institut National de Cartographie et de Télédétection,
123, me de Tripoli - BP 430, Hussein-Dey - Alger, Algérie.
Email : inct99@wissa.dz / haddad_mahdi@yahoo.fr Fax : +213 (0) 21 23 43 81

Résumé : Dans le cadre de ses activités, l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) a lancé un projet visant la définition d'un nouveau système géodésique tridimensionnel basé sur la technique du GPS permanent. Sur l'ensemble de neuf stations GPS permanent algériennes prévues dans ce projet, trois stations sont déjà opérationnelles, à savoir celles d'Alger, d'Oran et de Constantine. Le traitement des données issues de ces trois stations s'effectue avec le logiciel scientifique de l'université de Berne "Bernese GPS Software Version 5.0". La difficulté de l'emploi de ce logiciel et le caractère fastidieux de la préparation des traitements ainsi que les critères de choix des paramètres de calcul ont contraint l'INCT à automatiser au maximum son emploi.

L'objectif de cet article consiste d'une part, à définir une méthodologie de contrôle de la qualité des données de trois stations GPS permanent algériennes (Alger, Oran et Constantine) afin de s'assurer des performances et du choix des sites des récepteurs GPS (satellites visibles, effet multi-trajet, saut de cycles...); et d'autre part, à effectuer une étude comparative des résultats fournis par le logiciel Bernese 5.0 en modes interactif et automatique (BPE) en utilisant les deux scripts PCF PPP et PCF RNX2SNX.

Les résultats obtenus ont montré que le module d'automatisation BPE fournit une solution proche de celle obtenue par le mode interactif.

Mots Clés : Bernese, mode automatique, mode interactif, contrôle qualité, GPS Permanent.

1. Introduction

Le développement des techniques et méthodes de traitement de données de positionnement à partir d'observations GPS vise des applications à caractère scientifique et utilitaire (cartographie, topographie, géodynamique, surveillance sismique, auscultation d'ouvrages, trajectographie, etc.).

Actuellement, il existe trois outils scientifiques principaux permettant le traitement précis des données GPS : BERNESE (Université de Berne), GAMIT/GLOBK (MIT) et GIPSY/OASIS (JPL).

Dans le cadre de la mise en place du réseau GPS fondamental (Ordre Zéro), l'INCT utilise le logiciel Bernese version 5.0. Si l'utilisation en mode interactif du logiciel de Bernese sous Windows est déjà répandue au sein de l'INCT, l'utilisation du module d'automatisation Bernese Processing Engine (BPE) est pratiquement inexploitée.

Cette étude portera essentiellement sur les deux aspects suivants :

- contrôle de qualité des données issues des trois stations GPS permanent d'Alger, d'Oran et de Constantine.
- traitement des données GPS permanent d'Alger, d'Oran et de Constantine par le logiciel Bernese en modes interactif et automatique.

2. Réseau GPS Permanent Algérien (RGPA)

Le Réseau GPS Permanent Algérien (RGPA) a été initié en 2006 dans le cadre du projet AFREF (AFrican REFerence) au sein de l'Institut national de cartographie et de télédétection. Sur l'ensemble de neuf stations GPS permanent algériennes prévues dans ce projet, trois stations sont déjà opérationnelles, à savoir celles d'Alger (5 octobre 2006), d'Oran (28 novembre 2006) et de Constantine (14 janvier 2007). La configuration du RGPA, définie dans le cadre de ce projet, est illustrée dans la figure (1) :



Fig. 1 Configuration du Réseau GPS Permanent Algérien (RGPA).

L'équipement GPS utilisé pour les trois stations opérationnelles est constitué de :

- Récepteur GPS : ASHTECH UZ-12
- Antenne GPS: ASH701945E_M SNOW D/M element, REV.E, chokering with radome NGS
- Logiciel de gestion : ASHTECH Micro Manager.

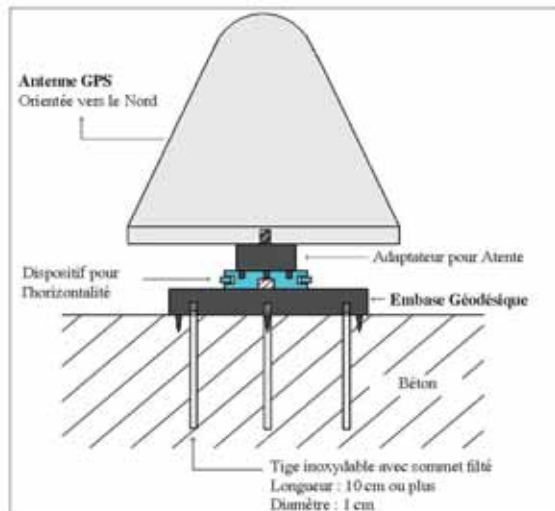


Fig. 2 Schéma de fixation de l'antenne (stations : Alger, Oran et Constantine).

Ces stations produisent des sessions d'observations journalières de 24 heures avec une cadence de 30 secondes. Les fichiers d'observations sont régulièrement téléchargés en format RINEX (Receiver INdependent EXchange) et transmis à l'INCT à travers un réseau d'interconnexion.

3. Contrôle de qualité des données issues de trois stations du RGPA

Le but du contrôle de qualité des données collectées par les trois stations opérationnelles du RGPA (Alger, Oran et Constantine) est de s'assurer des performances des récepteurs GPS utilisés et du choix des emplacements des stations GPS (multi-trajet, saut de cycles,...). A cet effet, deux logiciels dédiés au contrôle de qualité sont utilisés à savoir TEQC de l'UNAVCO (sous environnement DOS) et QC Leica GNSS V1.2 en version libre (sous environnement Windows).

Le tableau (1) fournit les résultats obtenus par les deux logiciels cités ci-dessus de la station d'Alger (session 15 janvier 2007) :

Tableau 1. Résultats de contrôle de qualité obtenus par TEQC et GNSS QC (Station d'Alger, session du 15/01/07).

Paramètre	TEQC	Leica GNSS QC
Satellites visibles	31	31
Observations possibles > 0°	31732	31738
Observations > 0°	-	26331
Observations possibles >10°	25165	25173
Observations > 10°	-	24458
Observations complètes >10°	24444 (97.0%)	24453 (97.1%)
Observations supprimées >10°	5	-
MP1	0,038 m	0,060 m
MP2	0,044 m	0,018 m
PDOP min., max., moy.	-	2.5 5.2 3.3
GDOP min, max, moy	-	2.9 6.4 4.0
Moyenne nbr. SV	-	8.5
Sauts de cycle >10°	-	18

Les figures 3 et 4 représentent respectivement l'effet multi-trajet et le bruit sur L2 obtenus avec le logiciel TEQC (station d'Alger, session du 15 janvier 2007):

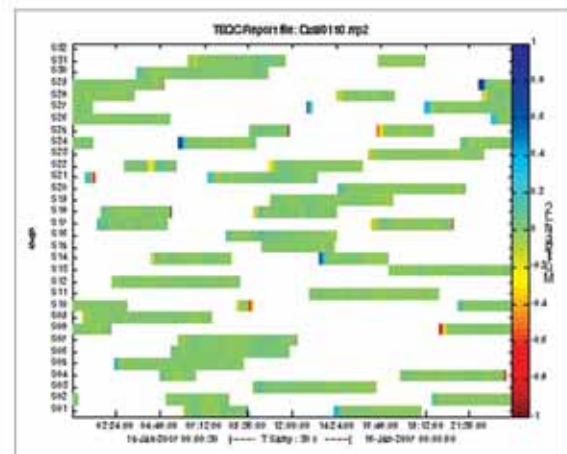


Fig. 3 Effet multi-trajets L2 en fonction du temps (Station d'Alger, session du 15/01/07).

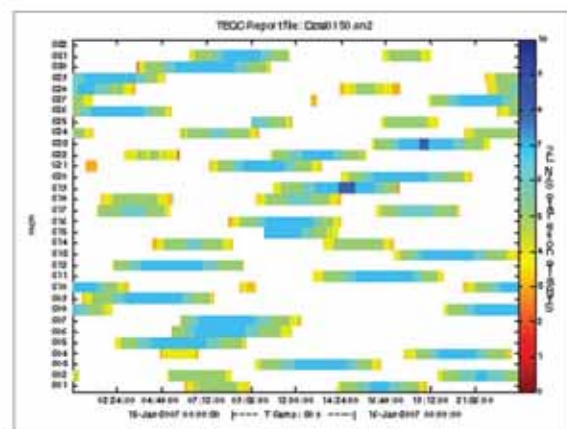


Fig. 4 Bruit sur L2 en fonction du temps (Station d'Alger, session du 15/01/07).

Les différents résultats fournis par les deux logiciels TEQC et QC Leica GNSS pour les trois stations opérationnelles du RGPA et obtenus lors des traitements de différentes sessions d'observations sont pratiquement identiques et acceptables. Ce qui justifie le bon choix des sites des trois stations et de l'équipement GPS utilisé.

4. Traitement des données issues de trois stations du RGPA

A titre expérimental, les données GPS utilisées dans le traitement sont constituées de deux sessions de 24 heures datées du 15 janvier 2007 et du 1^{er} février 2007 et elles sont obtenues à partir des trois stations du RGPA (Alger, Oran et Constantine). La détermination des coordonnées de ces trois stations a été effectuée avec le logiciel scientifique Bernese version 5.0 en mode interactif et automatique. La figure (5) représente la configuration des stations de référence de l'IGS (International GNSS Service) utilisées comme points d'appui :



Fig. 5 Stations RGPA et IGS utilisées.

Le programme dénommé «NetDownload», développé par Marco Roggero de l'école polytechnique d'Italie, a été utilisé pour télécharger automatiquement les fichiers des éphémérides précises (sp3) et d'horloge (clk) à partir des sites Internet : ftp.unibe.ch et igscb.jpl.nasa.gov. NetDownload est un programme libre et accessible à partir du site Internet: <http://antartica60.spaces.live.com/blog/cns!340535DA8086D35A!766.entry>.

Les fichiers de mesures sont téléchargés à partir d'autres sites Internet : igs.ifag.de, gpsw.polito.it, igs.ensg.ign.fr, geodaf.mt.asi.it et cdis.gsfc.nasa.gov. Par contre, les fichiers code p1p2 et p1c1 et les fichiers dits généraux ont été préparés par téléchargement manuel à partir du site : ftp.unibe.ch/aiub/CODE/yyyy.

Le traitement des deux sessions a été effectué en mode automatique (BPE) en utilisant les deux scripts PCF (Process Control File) PPP et RNX2SNX ainsi qu'en mode interactif.

Notons que le mode automatique PCF PPP permet uniquement le calcul des coordonnées à priori des stations qui serviront comme solution approchée pour le mode automatique PCF RNX2SNX et le mode interactif. Le PCF RNX2SNX offre le calcul des coordonnées des stations et des paramètres troposphériques à partir des fichiers RINEX d'un réseau régional de GNSS sur la base de la stratégie de résolution de l'ambiguïté dite QIF (Quasi Ionosphere Free) dédiée au traitement de longues lignes de bases.

Les tableaux 4 à 7 (présentés en annexe) illustrent les résultats relatifs à la résolution des ambiguïtés par la méthode QIF en modes interactif et automatique (RNX2SNX) pour les deux sessions (15 janvier 2007 et 1^{er} février 2007).

5. Comparaison des résultats obtenus

La solution obtenue en mode automatique PCF PPP a servi de solution à priori dans l'estimation des coordonnées finales des stations en adoptant le mode automatique PCF RNX2SNX et le mode interactif.

Les tableaux 2 et 3 fournissent les différences de coordonnées des stations des deux sessions d'observations obtenues par les deux modes PCF RNX2SNX et interactif.

Tableau 2. Différences de coordonnées déterminées en modes PCF RNX2SNX et interactif (15/01/07)

Station	DX (m)	DY (m)	DZ (m)
DZAL (Alger)	-0.0042	0.0030	-0.0033
DZCO (Constantine)	-0.0041	0.0029	-0.0033
DZOR (Oran)	-0.0033	0.0027	-0.0030
GRAZ 11001M002	-0.0039	0.0031	-0.0028
MAS1 31303M002	-0.0065	0.0033	-0.0047
MATE 12734M008	-0.0032	0.0034	-0.0024
VILL 13406M001	-0.0040	0.0027	-0.0030

Tableau 3. Différences de coordonnées déterminées en modes PCF RNX2SNX et interactif (01/02/07)

Station	DX (m)	DY (m)	DZ (m)
DZAL (Alger)	-0.0028	0.0016	-0.0045
DZCO (Constantine)	-0.0027	0.0015	-0.0045
DZOR (Oran)	-0.0051	0.0013	-0.0061
GRAZ 11001M002	-0.0004	0.0018	-0.0029
VILL 13406M001	-0.0033	0.0016	-0.0050

Les différences de coordonnées obtenues par les deux modes PCF RNX2SNX et interactif diffèrent de quelques millimètres. Finalement, les deux modes fournissent pratiquement des résultats identiques.

Néanmoins, le traitement en mode automatique PCF RNX2SNX permet d'une part, de réduire considérablement le temps d'exécution du traitement, et d'autre part, d'éviter les erreurs de transcription et de manipulation des données lors de l'introduction manuelle des paramètres du traitement (cas du mode interactif).

6. Conclusion

Une série de contrôle de qualité des données des trois stations GPS permanent (Alger, Oran et Constantine) a été effectuée.

Au terme des résultats obtenus, il en ressort que la qualité des données issues des trois stations GPS permanent (Alger, Oran et Constantine) est acceptable au vu des critères internationaux en matière de GPS permanent, notamment en ce qui concerne le nombre de satellites visibles, le nombre de mesures, l'effet multi trajet et le nombre de sauts de cycle.

Au vu de la précision obtenue pour les lignes de base par Bernese 5.0 en mode automatique PCF RNX2SNX et en mode interactif, il est évident que les résultats fournis par ces deux modes sont assez proches et ne diffèrent que de quelques millimètres. Néanmoins, le traitement en mode automatique PCF RNX2SNX permet à l'utilisateur de bénéficier de la simplicité de manipulation du logiciel Bernese 5.0.

En conclusion, on retiendra l'importance de la réalisation du réseau GPS permanent algérien et de sa densification qui représente un enjeu capital pour la définition d'un nouveau système géodésique national.

7. Recommandations

Au terme de cette étude, on retiendra les recommandations suivantes :

- Calcul hebdomadaire de l'ensemble du réseau GPS permanent algérien et des stations voisines des réseaux EPN et IGS. Les traitements doivent être effectués avec le logiciel de l'université de Berne version 5.0 en mode automatique (PCF SNX2RNX) par semaine GPS du jour 0 au jour 6 de la même semaine en utilisant des fichiers d'orbites précises de IGS au format SP3.
- Comparaison des 7 solutions transformées de la semaine, combinaison des équations normales sans contrainte.
- Densification du réseau GPS permanent algérien.
- Diffusion sur Internet des données des stations GPS permanent algériennes.
- Intégration d'au moins une station du réseau GPS permanent algérien dans le réseau IGS.
- Rattachement des stations GPS permanent au système géodésique en vigueur (Nord Sahara 1959), en vue d'une meilleure définition des paramètres de transformation entre les deux systèmes.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Monsieur Oukaci Hamid, Directeur Général de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection, pour toute l'aide qu'il lui a apportée pour la mise en place des trois stations GPS permanent et pour l'accomplissement de ce travail.

Références bibliographiques

- Altamimi Z., 2003: *Systèmes de référence terrestre : Définition et réalisation*. Institut Géographique National.
- Asgari J., 2005 : *Etude de modèles prédictifs dans un réseau de stations GPS permanentes*. Thèse de doctorat de l'observatoire de Paris en dynamique des systèmes gravitationnels. Ecole Doctorale Astronomie & Astrophysique d'Ile de France
- Dach R., Fridez P., Hugentobler U., 2004: *Tutorial Bernese GPS Software 5.0*
- Dupraz H., 1994 : *La méthode GPS*. École Polytechnique Fédérale de Lausanne – Cours de topométrie I.
- Haddad M., 2006: *Procédure de traitement des données GPS Permanent par l'utilisation du logiciel Bernese 5.0 en mode automatique*. Rapport technique INCT.
- Haddad M., 1999 : *Traitement des données GPS pour l'étude Géodynamique de l'Algérie du Nord : réseau ALGEONET*. Mémoire de fin d'études d'ingénieur. CNTS.
- Hofmann-Wellenhof B., et al., 1993: *GPS, Theory and Practice*. Edition Springer-Verlag.
- IGS Central Bureau, Jet Propulsion Lab/Caltech. *IGS Site Guidelines*.
- Légrand J., 2002 : *Utilisation du logiciel de l'université de Berne pour le traitement de données GPS en production. Automatisation des processus et stratégies de calculs*. Mémoire d'ingénieur, IGN.
- Leica Geosystems. *Leica GNSS QC V1.2 - User Manual*.
- Louis L., 1989: *Ephémérides GPS*. GPS report N°2-1989. Observatoire Royal de Belgique.

Tableau 4. Résolution des ambiguïtés en mode automatique, PCF RNX2SNX (Session du 15/01/07).

File Res	Length (km)	#Amb	RMS0 (mm)	Max/RMS (L5 Cycles)	L5 Amb	Max/RMS (L3 Cycles)	L3 Amb	#Amb	RMS0 (mm)	#Amb (%)	
ALCO0150	315.0	98	0.9	0.106	0.037	0.095	0.024	8	0.9	91.8	
COGR0150	1399.1	92	1.1	0.459	0.142	0.089	0.026	4	1.2	95.7	
COOR0150	654.2	96	1.1	0.206	0.078	0.082	0.023	8	1.1	91.7	
GRMT0150	719.4	102	0.9	0.437	0.125	0.076	0.017	10	1.0	90.2	
ORMS0150	1664.4	82	2.1	0.497	0.165	0.098	0.026	8	2.2	90.2	
ORVI0150	601.8	90	1.1	0.289	0.074	0.086	0.020	2	1.1	97.8	
Tot:	6	892.3	560	1.3	0.497	0.111	0.098	0.023	40	1.3	92.9

Tableau 5. Résolution des ambiguïtés en mode interactif (Session du 15/01/07).

File Res	Length (km)	#Amb	RMS0 (mm)	Max/RMS (L5 Cycles)	L5 Amb	Max/RMS (L3 Cycles)	L3 Amb	#Amb	RMS0 (mm)	#Amb (%)	
ALCO0150	315.0	100	0.9	0.106	0.037	0.091	0.026	10	1.0	90.0	
COGR0150	399.1	96	1.1	0.471	0.141	0.098	0.026	4	1.2	95.8	
COOR0150	654.2	102	1.1	0.217	0.081	0.078	0.026	16	1.2	84.3	
GRMT0150	719.4	108	1.0	0.497	0.146	0.094	0.020	16	1.0	85.2	
ORMS0150	664.4	86	2.1	0.476	0.156	0.098	0.034	10	2.2	88.4	
ORVI0150	601.8	102	1.1	0.291	0.075	0.093	0.019	14	1.2	86.3	
Tot:	6	892.3	594	1.3	0.497	0.114	0.098	0.025	70	1.4	88.2

Tableau 6. Résolution des ambiguïtés en mode automatique, PCF RNX2SNX (Session du 01/02/07).

File Res	Length (km)	#Amb	RMS0 (mm)	Max/RMS (L5 Cycles)	L5 Amb	Max/RMS (L3 Cycles)	L3 Amb	#Amb	RMS0 (mm)	#Amb (%)	
ALCO0320	315.0	96	1.2	0.081	0.029	0.069	0.019	10	1.2	89.6	
ALVI0320	739.4	90	1.1	0.320	0.082	0.075	0.022	6	1.1	93.3	
COGR0320	1399.1	88	1.4	0.474	0.123	0.097	0.032	4	1.5	95.5	
COOR0320	654.2	96	1.2	0.177	0.056	0.097	0.026	10	1.3	89.6	
Tot:	4	776.9	370	1.2	0.474	0.080	0.097	0.025	30	1.3	91.9

Tableau 7. Résolution des ambiguïtés en mode interactif (Session du 01/02/07).

File Res	Length (km)	#Amb	RMS0 (mm)	Max/RMS (L5 Cycles)	L5 Amb	Max/RMS (L3 Cycles)	L3 Amb	#Amb	RMS0 (mm)	#Amb (%)	
ALCO0320	315.0	102	1.2	0.089	0.030	0.062	0.017	16	1.2	84.3	
ALVI0320	739.4	96	1.1	0.340	0.080	0.093	0.022	12	1.1	87.5	
COGR0320	1399.1	94	1.5	0.421	0.120	0.098	0.035	10	1.6	89.4	
COOR0320	654.2	112	1.3	0.424	0.074	0.097	0.025	24	1.4	78.6	
GRMT0320	719.4	20	1.3	0.229	0.088	0.096	0.040	8	1.3	60.0	
ORMS0320	1664.4	40	1.3	0.470	0.136	0.099	0.031	8	1.4	80.0	
Tot:	6	915.2	464	1.3	0.470	0.088	0.099	0.027	78	1.3	83.2

ALCO: DZAL - DZCO
 COGR: DZCO - GRAZ
 COOR: DZCO - DZOR
 GRMT: GRAZ - MATE
 ORMS: DZOR - MAS1
 ORVI: DZOR - VILL
 ALVI: DZAL - VILL