

J-C. Poyard

**Rattachement métrologique
du marégraphe à la station GNSS permanente**



Dakar, Sénégal

Octobre 2011

RT/G 126

N° archive 28369

Date de création 14/11/2011

N° de version 1

Mots-clé

Nivellement ; IGS ; marégraphe ; GLOSS ; ANAT ; DTGC

Résumé

Le repère de marée et ses repères auxiliaires constituent les témoins de la référence du marégraphe. Leur présence est capitale pour le suivi à long terme. Au niveau local, ils permettent de contrôler la stabilité du support de marégraphe mais doivent être rattachés à un réseau plus étendu, au réseau national ou à d'autres techniques de géodésie spatiale pour permettre le contrôle de la stabilité régionale du site.

Le rapport décrit les observations effectuées à Dakar et les résultats obtenus.

Matériel

Systeme d'exploitation	Logiciel
Mac OS X	Word 2008 pour Mac version 12.2.3

Validation

	Fonction	Nom	Visa
Commanditaire	Responsable de production	Jean-Claude Poyard	25/11/2011 – signé
Rédacteur principal	Responsable de production	Jean-Claude Poyard	25/11/2011 – signé
Correcteur	Chef d'unité RSI	Bruno Garayt	09/12/2011 – signé
Correcteur	Responsable de production	Marie Chalmel	30/11/2011 – signé
Approbateur	Chef de service	Alain Harmel	17/02/2012 – signé
Vérificateur	Responsable qualité	Thierry Person	20/02/2012 – signé

Diffusion

Organisme, service	Nom	Numérique	Papier
IGN / DG	Alain Perret	oui	-
IGN / MODSP	François Becirspahic	oui	-
IGN / SG / SDOG / CDOC	Richard Grimm	oui	-
IGN / DT / SR / LAREG	Olivier Jamet	oui	-
IGN / ENSG / DPTS	Serge Botton	oui	-
IGN / DPR / SGN	Alain Harmel	oui	-
IGN / DPR / SGN	Resp. qualité / Thierry Person	oui	-
IGN / DPR / SGN / PMC	Resp. doc / Xavier della Chiesa	non	3
IGN / DPR / SGN / PMT	François L'Ecu	oui	-
IGN / DPR / SGN	Chefs de départements	oui	-
IGN / DPR / SGN / PMS	Marie Chalmel	oui	-
IGN / DPR / SGN / PMM	Jean-Claude Poyard	oui	-
CRODT	Bassirou Diaw	oui	1
DTGC	Youssou Ndong	oui	1
University Cheikh Anta Diop	Mouhamed Gaye	oui	-
University of Hawaii	Mark Merrifield	oui	-
Université de La Rochelle	Médéric Gravelle	oui	-
Université de La Rochelle	Pascal Tiphaneau	oui	-
Université de La Rochelle	Guy Wöppelmann	oui	-

Remerciements

Cette mission a été réalisée avec l'aide précieuse de la DTGC et de son directeur M. Youssou Ndong pour l'appui technique, ainsi qu'avec l'aide du Pr. Gaye et du Dr. Diaw pour l'accès aux différents sites.

Glossaire

ANAT	Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire
DOMES	Directory of MERIT Sites (Numéro de station attribué par les centres de données IERS/ITRS)
DTGC	Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques
GLONASS	Global Navigation Satellite Soviet System
GLOSS	Global Sea Level Observing System
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
IERS	International Earth Rotation Service
IGN	Institut Géographique National, France
IGS	International GNSS Service
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NRCan	Natural Resources Canada
PSMSL	Permanent Service for Mean Sea Level
RGPP	Révision Générale des Politiques Publiques
RINEX	Receiver Independent Exchange format
SONEL	Système d'Observation du Niveau des Eaux Littorales
TG	Tide Gauge
UH	University of Hawaii
UHSLC	University of Hawaii Sea Level Center

Consulter également le glossaire de géodésie disponible à l'adresse :
<http://geodesie.ign.fr/index.php?page=glossaire#gstation%20permanente>

Sommaire

1. INTRODUCTION.....	6
2. DESCRIPTION DU SITE	7
2.1. ÉTAT DES LIEUX.....	7
2.2. SCHÉMA DE LOCALISATION DES POINTS.....	7
3. DESCRIPTION DES REPÈRES - POINTS COLOCALISÉS	8
3.1. STATIONS GNSS DE L'IGS	8
3.1.1. Localisation des stations de l'IGS DAKA et DAKR	8
3.1.2. Ancienne station de l'IGS DAKA.....	9
3.1.3. Future station de l'IGS DAKR.....	9
3.2. MARÉGRAPHE.....	10
3.2.1. Localisation des marégraphes	10
3.2.2. Marégraphe actuel.....	11
3.3. REPÈRES PROCHES DU MARÉGRAPHE.....	11
3.3.1. Schéma de localisation des repères existants	11
3.3.2. Repères du marégraphe	12
3.3.3. Repère de Nivellement	14
3.3.4. Repère MARE.....	14
4. TRAVAUX DE RATTACHEMENT RÉALISÉS	15
4.1. RATTACHEMENT ALTIMÉTRIQUE - NIVELLEMENT	15
4.2. RATTACHEMENT DES STATIONS GNSS PERMANENTES	15
4.2.1. Ancienne station DAKA	15
4.2.2. Station GNSS permanente DAKR	15
4.2.3. Repère MARE.....	16
5. RÉSULTATS.....	17
5.1. RÉSULTATS DU NIVELLEMENT DIRECT	17
5.2. RÉSULTATS DU NIVELLEMENT INDIRECT	17
5.3. RÉSULTATS DU RATTACHEMENT PAR GPS.....	18
ANNEXE A : CALCUL NIVELLEMENT INDIRECT	19
ANNEXE B : FICHER GEOLAB EN ENTRÉE	20
ANNEXE C : FICHER GEOLAB RÉSULTAT (EXTRAIT)	23
ANNEXE D : CALCUL BERNESE DAKR ET DAKA	26
ANNEXE E : CALCUL BERNESE DAKR ET MARE.....	29

1. INTRODUCTION

Si les marégraphes ont à l'origine uniquement servi comme instruments de mesure et d'enregistrement en continu de la surface de l'eau permettant de déterminer le niveau moyen de la mer ou de l'océan dans un endroit précis, ils ont par la suite également servi à établir pour chaque site la variation du niveau moyen de la mer dans le temps.

À l'inquiétante constatation de la diminution de l'écart entre le repère de référence de chaque marégraphe et le niveau moyen des mers, on peut proposer trois explications :

- la réponse qui fait polémique envisageant une montée des eaux due à un réchauffement climatique brutal de nature anthropique ;
- au contraire, le site du marégraphe subit un tassement conduisant à un « enfoncement » du marégraphe et de son repère dans les flots ;
- enfin, une combinaison des deux phénomènes est également possible !

D'où l'intérêt capital de rattacher le repère du marégraphe à un réseau de nivellement permettant d'évaluer la stabilité du site ou de détecter d'éventuels mouvements locaux.

De plus, le rattachement à une station GNSS permanente permet d'avoir un positionnement altimétrique absolu.

Enfin, en association avec les données marégraphiques, l'avènement depuis 1992 de l'altimétrie satellitaire (avec TOPEX/Poséidon et ensuite avec d'autres satellites tels la série des JASON) permet un apport grandissant des satellites environnementaux dans les études scientifiques. Les données sont directement liées aux orbites des satellites déterminées par différentes techniques spatiales dont la technique GNSS grâce aux stations permanentes de l'IGS. La mesure de la dénivellée entre le marégraphe et la station GNSS de l'IGS apporte le lien manquant dans la corroboration des informations marégraphiques par les observations satellitaires.

Le SGN, en réponse à la demande de l'Université de La Rochelle d'étudier l'implantation d'une station GNSS permanente colocalisée avec le marégraphe de Dakar, propose courant septembre de profiter de la mission d'un agent de l'IGN à Dakar pour effectuer les travaux de rattachement du marégraphe à la station GNSS installée par la DTGC.

Ce document décrit les résultats obtenus à partir des mesures de rattachement (nivellement et GNSS) réalisées par Marie Chalmel du 10 au 17 octobre 2011 lors de sa mission au Sénégal dans le cadre de la mise en place du réseau géodésique urbain de référence dans l'agglomération de Dakar.

2. DESCRIPTION DU SITE

2.1. ÉTAT DES LIEUX

Depuis de nombreuses années, le Sénégal participe aux études scientifiques dans le domaine des sciences de la Terre, grâce aux instruments installés sur son territoire et en particulier à Dakar. En effet, dans le domaine de l'étude du niveau des mers, plusieurs instruments ont été déployés dans les environs de Dakar. Par exemple, le marégraphe « historique » a été installé en 1889 ; Mais à ce jour, seul reste le marégraphe géré par la Subdivision des Phares et Balises et l'« University of Hawaii Sea Level Center ».

De même dans le domaine de la géodésie spatiale Dakar a hébergé à partir de mars 2002 une station GNSS permanente de l'IGS dont l'acronyme est « DAKA ». Cette station située sur un toit de l'Université Cheikh Anta Diop a été démontée en juillet 2007. En juillet 2011 une nouvelle station GNSS permanente « DAKR » située sur le toit d'un des bâtiments de la DTGC, la remplace. Cette station sera très prochainement proposée comme station du réseau de l'IGS. De plus, un réseau de nivellement matérialisé existe dans la ville de Dakar.

2.2. SCHÉMA DE LOCALISATION DES POINTS



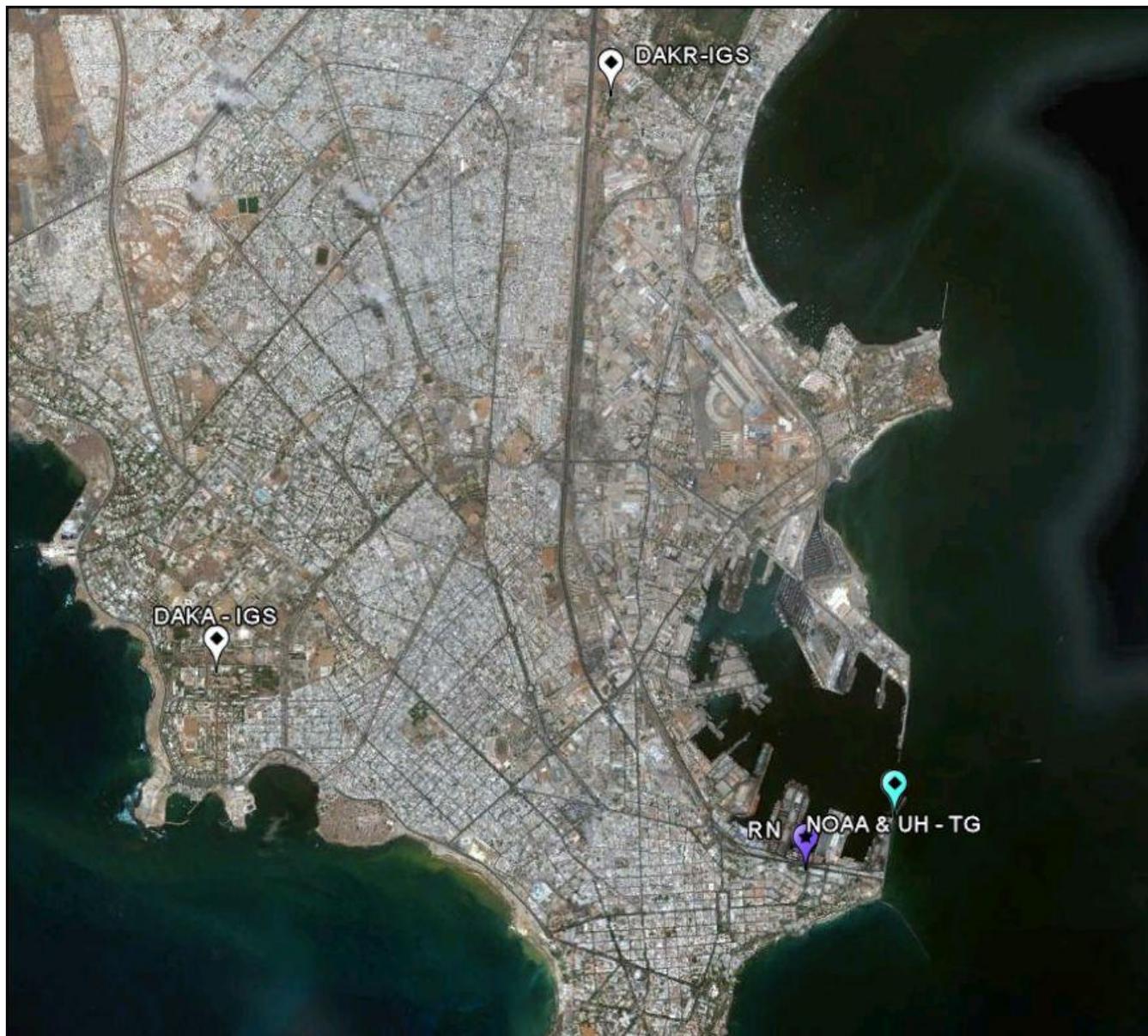
* RRS04 : Réseau de Référence du Sénégal mis en place en 2004

* RRUS : Réseau de référence Urbain du Sénégal mis en place en 2011

3. DESCRIPTION DES REPÈRES - POINTS COLOCALISÉS

3.1. STATIONS GNSS DE L'IGS

3.1.1. Localisation des stations de l'IGS DAKA et DAKR



Station GNSS



Repère du marégraphe



Repère de nivellement

3.1.2. Ancienne station de l'IGS DAKA

Cette station de l'IGS a été installée le 21 mars 2002. Le point de référence est l'axe au sommet d'un repère bronze gravé GFZ- POTSDAM 1995 ID 0558 scellé dans un pilier sur le toit de l'université. La station est démontée le 1^{er} juillet 2007.

Acronyme : DAKA

Numéro DOMES : 34106M001



Vue générale



Vue de détail (point de référence)

Description : repère bronze au sommet du pilier (axe et sommet).

3.1.3. Future station de l'IGS DAKR

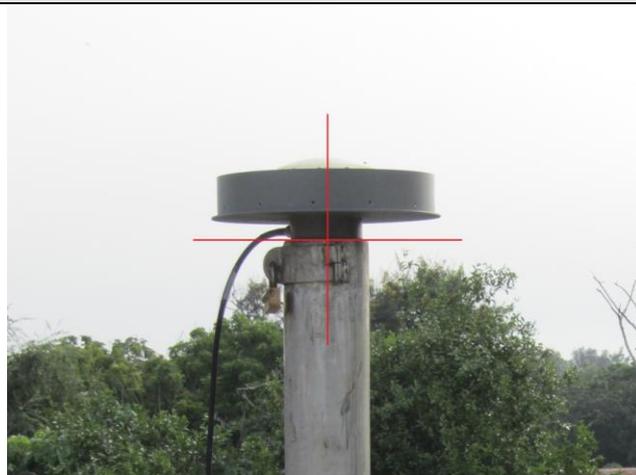
L'Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire / DTGC a installé avec l'appui du NRCan une station GNSS permanente dans le cadre du projet d'élaboration du Plan National de Géomatique du Sénégal. Cette station située sur le toit d'un des bâtiments de la DTGC sera proposée prochainement pour intégrer le réseau de l'IGS.

Acronyme : DAKR

Numéro DOMES : 34108M001



Vue générale



Vue de détail (point de référence)

Description : axe et sommet du système d'attache d'antenne, fixé au sommet d'un mât métallique. Le point de référence est **0,000 m au-dessous de l'ARP.**

3.2. MARÉGRAPHE

3.2.1. Localisation des marégraphes

Il y a eu plusieurs sites marégraphiques à proximité de Dakar.



Nous nous focaliserons ici sur le marégraphe actif : c'est à dire le marégraphe moderne américain (site n°2 NOAA&UH-TG) géré par l'Université d'Hawaï et la Subdivision des Phares et Balises.



3.2.2. Marégraphe actuel

Numéro GLOSS : 253

Numéro PSMSL : 390



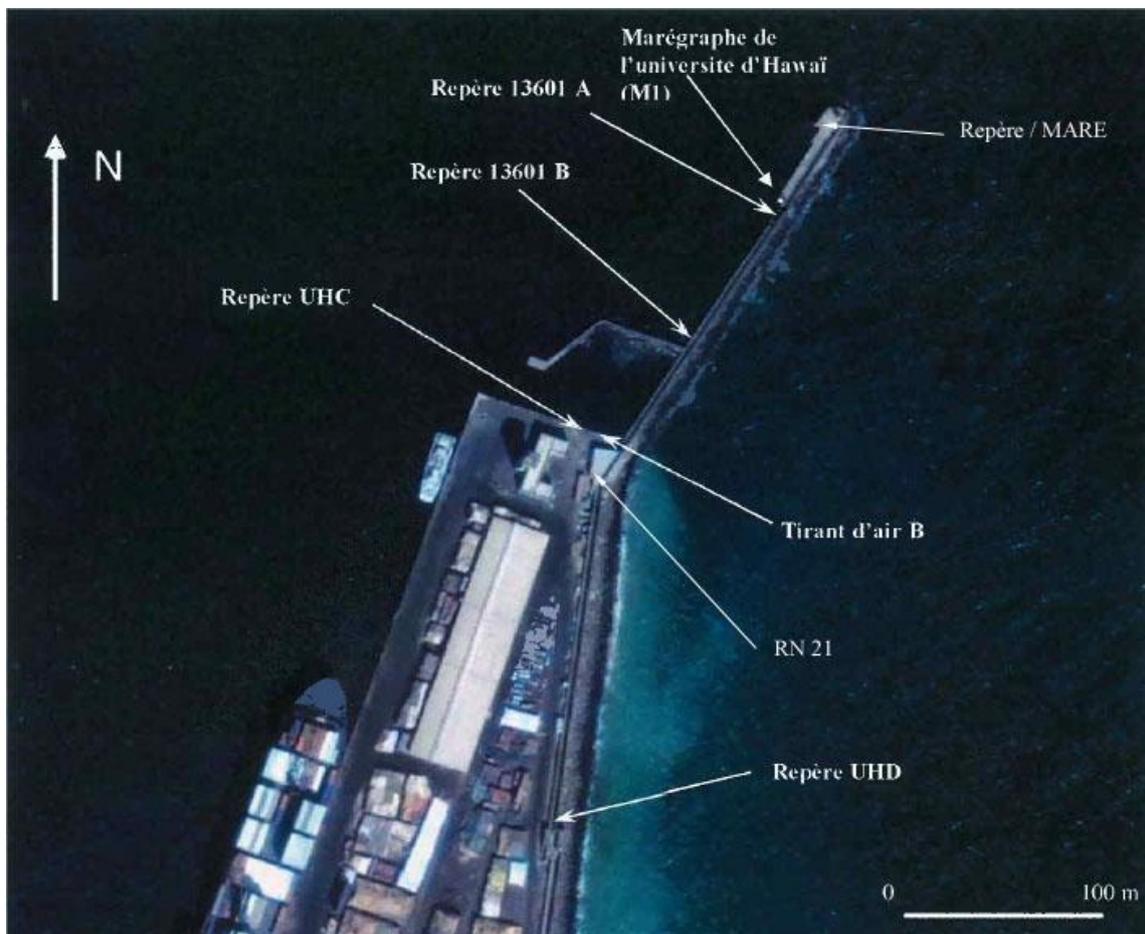
Vue générale

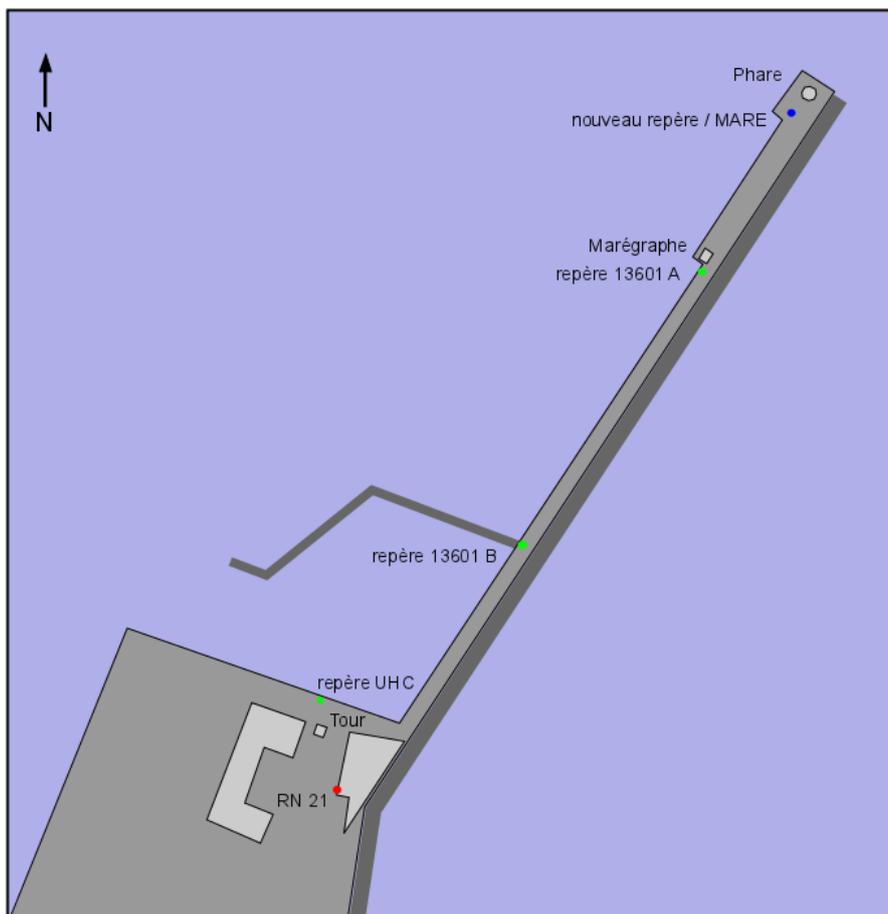


Vue de détail

3.3. REPÈRES PROCHES DU MARÉGRAPHE

3.3.1. Schéma de localisation des repères existants





3.3.2. Repères du marégraphe

Repère 13601 A



Vue générale



Vue de détail

Description : repère gravé « Ocean Service Benchmark – for information write to the director Washington DC »

Repère 13601 B



Vue générale



Vue de détail

Description : repère gravé « Ocean Service Benchmark – for information write to the director Washington DC »

Repère UHC



Vue générale



Vue de détail

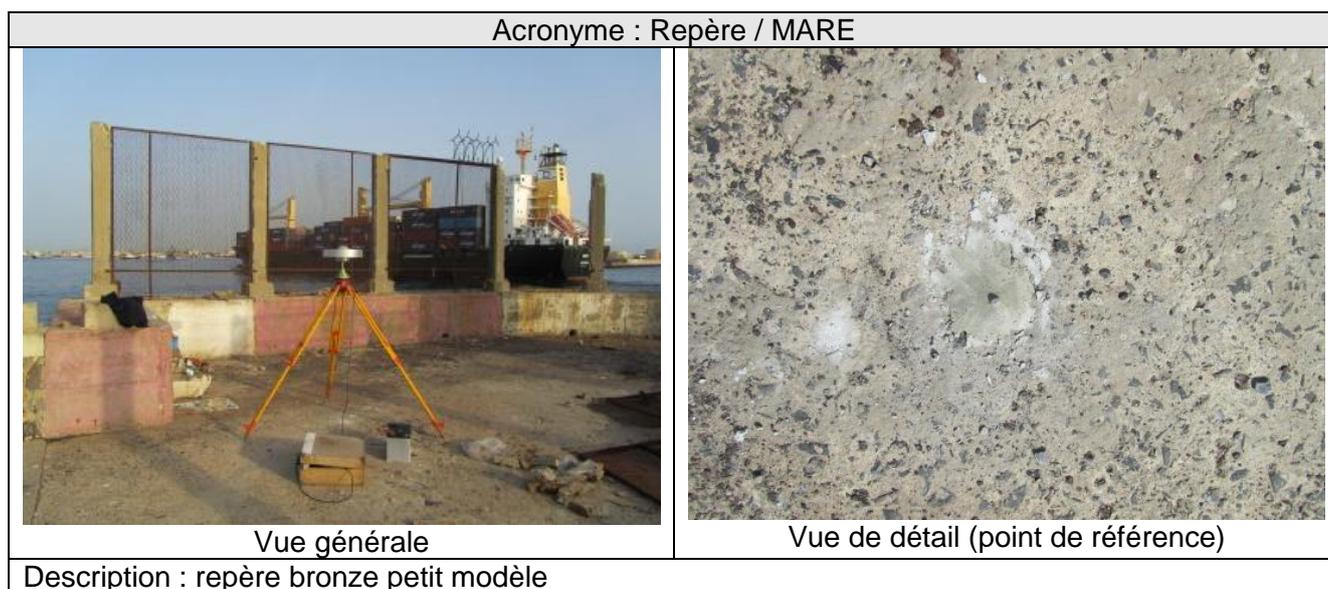
Description : repère

3.3.3. Repère de Nivellement



3.3.4. Repère MARE

Les repères 13601 A, 13601 B et UHC sont trop proches du bord de la jetée et ne permettent pas de mettre sereinement en station une antenne GNSS, ce qui a conduit à l'implantation d'un nouveau repère.



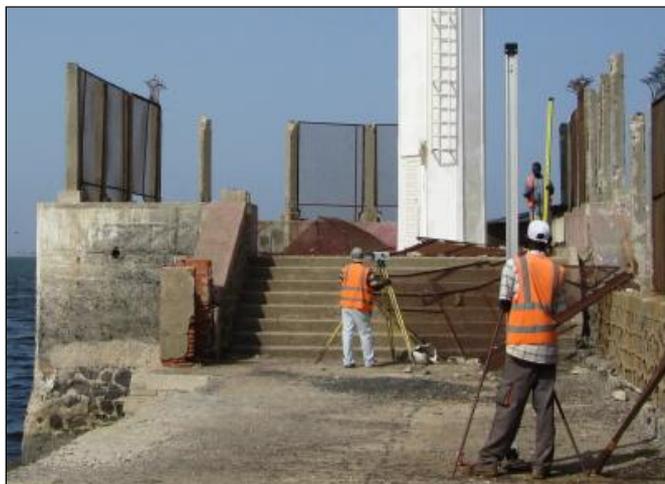
4. TRAVAUX DE RATTACHEMENT RÉALISÉS

Les travaux de rattachement par technique GNSS ont permis d'établir le lien entre le repère « MARE » proche du marégraphe moderne américain et la nouvelle station GNSS permanente DAKR ; puis également le lien avec l'ancienne station IGS DAKA.

Quant au rattachement altimétrique, on a observé en nivellement direct et rattaché au réseau de nivellement local les repères 13601 A, 13601 B, UHC ainsi que le point « MARE ».

Du fait de l'éloignement et de la situation de la station sur un toit, le point de référence de la station DAKR a été rattaché en nivellement indirect au réseau de nivellement local. Quant à DAKA : le point de référence de la station a été rattaché par technique GNSS. Des sessions d'observations d'au moins 24 heures avec antenne Choke-Ring ont été réalisées.

4.1. RATTACHEMENT ALTIMÉTRIQUE - NIVELLEMENT



Les observations de nivellement direct ont été réalisées par une équipe de niveleurs de la DTGC les 10 et 11 octobre 2011 à l'aide d'un niveau électronique Zeiss Dini10 T sur des mires à code-barres sur ruban invar. La résolution des mesures est de 0,01 mm.

Les observations ont été réalisées en aller/retour de sorte que l'écart entre les valeurs mesurées à l'aller et au retour ne soit pas supérieur à $0,3 \text{ mm} \times \sqrt{n}$ (avec n = nombre de nivelées). La collimation de l'instrument est contrôlée quotidiennement avant le début des mesures.

Avec le mode opératoire utilisé, l'écart-type sur les dénivelées est de l'ordre de 1 mm par kilomètre.

4.2. RATTACHEMENT DES STATIONS GNSS PERMANENTES

Les repères de référence des stations GNSS permanentes ont été rattachés par technique GNSS.

4.2.1. Ancienne station DAKA

Le repère de référence de l'ancienne station de l'IGS DAKA a été observé à l'aide d'un récepteur Leica 1200 associé à une antenne Choke Ring Leica AT504 dont la hauteur au-dessus du repère est de 0,422 m.

La session d'observation a eu lieu du 13 octobre à 18h55 au 15 octobre à 10h13 soit plus de 39 heures d'observations cadencées à 15 secondes.



4.2.2. Station GNSS permanente DAKR



C'est une station permanente équipée d'un récepteur Topcon TPS NET-G3A et d'une antenne Choke Ring Topcon TPSCR.G3 sans radôme.

La hauteur d'antenne est nulle. Les fichiers d'observations sont disponibles sur internet seulement depuis mi-novembre ; les fichiers cadencés à 30 secondes réalisés au moment des travaux ont été récupérés sur place.

4.2.3. Repère MARE

Le repère implanté spécialement pour les observations a été observé à l'aide d'un récepteur Leica 1200 associé à une antenne Choke Ring Leica AT504 dont la hauteur au-dessus du repère est de 1,457 m.

La session d'observation a eu lieu du 15 octobre à 18h37 au 17 octobre à 8h15 soit plus de 37 heures d'observations cadencées à 15 secondes.



5. RÉSULTATS

5.1. RÉSULTATS DU NIVELLEMENT DIRECT

Repère	Altitude (m)	Dénivelée calculée (m)
RN-DTGC	12,1369	
		-10,0525
RN 21	2,0844	
		-0,5947
UHC	1,4897	
		0,7061
13601 B	2,1958	
		0,0713
13601 A	2,2671	
		1,5589
MARE	3,8260	

Le dixième de mm est indicatif.

Ces altitudes ont été obtenues **en fixant dans la compensation globale les repères de nivellement 11, 18 et 59 à leurs valeurs respectives, soient 4,472 m, 4,805 m et 37,895 m, dans le système NGAO53** (Nivellement Général de l'Afrique de l'Ouest). Ce système, de type orthométrique, a pour point fondamental un repère de nivellement scellé dans le puits du marégraphe historique, à la Direction de l'Arsenal de Dakar.

5.2. RÉSULTATS DU NIVELLEMENT INDIRECT

Repère	Altitude (m)	Dénivelée calculée (m)
RN-DTGC	12,1369	
		8,8203
DAKR	20,9572	

Le dixième de mm est indicatif.

La précision sur la dénivelée calculée est de l'ordre de 2 mm.

5.3. RÉSULTATS DU RATTACHEMENT PAR GPS

Les lignes de base GNSS ont été calculées à l'aide du logiciel scientifique BERNESE V5.0 développé par l'Université de Berne.

Ce logiciel prend en compte différentes informations telles que les mouvements des pôles, un modèle de surcharge océanique (FES2004) mais également les modèles absolus de la position et la variation des centres de phases des antennes (récepteurs, satellites) du fichier igs08.atx. De plus, il estime précisément les paramètres troposphériques.

Les calculs ont été effectués en calculant les lignes de bases les plus courtes et en intégrant les observations GNSS des 15 stations du réseau de l'IGS les plus proches. Les coordonnées ont été obtenues dans l'IGS08 à l'époque des observations soit 2011.79 (15 oct. 2011).

Les calculs effectués avec le logiciel BERNESE nous permettent de déduire les vecteurs suivants :

VECTEURS	dX (m)	dY (m)	dZ (m)
DAKR --> DAKA	149,606	-2941,398	-3928,093
DAKR --> MARE	1804,221	1610,863	-4790,130

Les précisions à 2 sigmas estimées sur les composantes du vecteurs sont de l'ordre de :
 $SX = 3 \text{ mm}$ $SY = 2 \text{ mm}$ et $SZ = 2 \text{ mm}$

Tableau récapitulatif :

POINTS	X (m)	Y (m)	Z (m)	Altitude (m)
	Longitude E	Latitude N	h (m)	
<i>POSITION IGS08 EPOQUE 2011.79 (15/10/11) :</i>				
DAKR	5886533,482	-1849181,602	1610300,440	20,957
	-17° 26' 22,07602"	14° 43' 16,44749"	51,800	
MARE	5888337,703	-1847570,740	1605510,311	3,826
	-17° 25' 12,63894"	14° 40' 35,46862"	34,678	
DAKA (*)	5886683,088	-1852123,001	1606372,347	-
	-17° 27' 54,37141"	14° 41' 04,36474"	46,142	

(*) les coordonnées de DAKA sont obtenues à partir des coordonnées de DAKR et du vecteur DAKR → DAKA.

Les altitudes sont issues de la page précédente.

ANNEXE A : CALCUL NIVELLEMENT INDIRECT

de Choke-ring vers station taché (volante)

lecture ruban		-0,3545
ARP de la Choke-Ring (TopCon)	récupéré sur ANTCAL de la NOAA	0,0345

nivellement indirect de station taché (volante) vers 1000 (canne à prisme)

Zénithale	Dp (brute)	Dn
119,66967	25,477	7,747
119,66926	25,474	7,746
280,33038	25,479	7,748
280,33384	25,476	7,745
280,33457	25,476	7,745
280,3309	25,477	7,747

moyenne : **-7,7463**

hauteur de la canne à prime sur 1000 **-1,30**

nivellement direct entre 1000 et RN de la DTGC

de	vers	
400100	1000	-0,54618
1000	400100	0,54593
moyenne :		0,546055

Dénivelé entre antenne Choke-Ring et RN-DTGC : **-8,8202**

altitude du RN-DTGC	issu du calcul GeoLab	12,1369
altitude de l'ARP de DAKR		20,95713

D'où la dénivelée entre antenne Choke-Ring et 1000 : -9,36629

ANNEXE B : FICHER GEOLAB EN ENTRÉE

TITL 911003.iob Ratt. du marégraphe de Dakar - M. Chalmel IGN (France) Oct. 2011

COMP ADJ
*ELIP
MAXI 10
CONF YES YES NO YES NO
PSOL NO YES
PMIS NO NO
PADJ NO NO NO YES NO NO
PRES YES NO
VARF YES YES NO
RTST TAU MAX
LUNT m 1.000000000000
CONV 0.00010
CLEV 95.000
LDEC 4

***** altitudes fixées dans le système orthométrique NGA053 *****

PLO	111	RN11	n	0	0	0.000000	e	0	0	0.000000	4.472 m
PLO	111	RN18	n	0	0	0.000000	e	0	0	0.000000	4.805 m
PLO	111	RN59	n	0	0	0.000000	e	0	0	0.000000	37.895 m

VSCA 3.50

HIST NEW

***** Boucle 8 dans le projet BDU *****

*110914N

OHDF	RN11	100007				4.00881				0.00046
OHDF	100007	DK30				-1.96222				0.00035
OHDF	DK30	100007				1.96206				0.00033
OHDF	100007	DK46				-4.32801				0.00059

*110920N

OHDF	RN11	DK23				-0.70031				0.00048
OHDF	DK23	100107				1.30848				0.00045
OHDF	100107	100009				1.96097				0.00033
OHDF	100009	DK22				6.89710				0.00066
OHDF	DK22	DK28				-1.43406				0.00068

*110920O

OHDF	DK46	DK64				12.84304				0.00062
OHDF	DK64	DK45				-2.14724				0.00052
OHDF	DK45	DK28				-2.34113				0.00051

***** Boucle 13 dans le projet BDU *****

*110428M

OHDF	DK15	100210				3.02694				0.00032
OHDF	100210	DK21				4.08996				0.00045
OHDF	DK21	100211				-10.15900				0.00033
OHDF	DK16	100211				4.81743				0.00037
OHDF	DK16	100212				-1.91087				0.00026
OHDF	100212	100214				-0.70544				0.00042
OHDF	100214	DK12				0.43995				0.00036

*110920N

OHDF	RN11	DK23				-0.70031				0.00048
OHDF	DK23	100107				1.30848				0.00045
OHDF	100107	100009				1.96097				0.00033
OHDF	100009	DK22				6.89710				0.00066
OHDF	DK22	DK28				-1.43406				0.00068

*110926N

OHDF	DK21	DK22				-8.14381				0.00057
------	------	------	--	--	--	----------	--	--	--	---------

*110929N				
OHDF	DK12	100022	0.53585	0.00051
OHDF	100022	RN18	-0.65319	0.00041
OHDF	RN18	DK06	0.48348	0.00026
OHDF	DK06	100018	-0.08946	0.00047
*111001N				
OHDF	100107	DK18	0.10778	0.00033
OHDF	DK18	100017	-0.41521	0.00032
OHDF	100017	DK13	1.60456	0.00040
OHDF	DK13	100017	-1.60521	0.00040
*OHDF	DK04	RN111	2.62538	0.00039 *a reprendre
OHDF	RN111	DK05	-0.57901	0.00041
OHDF	DK05	RN06	2.41520	0.00024
OHDF	RN06	DK05	-2.41580	0.00024
OHDF	DK01	RN59	12.28790	0.001
OHDF	RN59	DK02	-11.37534	0.00040
*111001O				
OHDF	100017	DK09	4.44750	0.00057
OHDF	DK09	DK08	-5.56142	0.00050
*OHDF	DK08	DK05	0.98000	0.00054
*reprise du 06/10/2011				
OHDF	DK08	DK05	0.91698	0.00054
OHDF	DK02	RN59	11.37391	0.00039
OHDF	RN59	DK01	-12.28484	0.001
*111002N				
OHDF	DK03	RN19	-3.01471	0.00039
OHDF	RN19	DK06	-0.54112	0.00046
OHDF	DK17	DK12	-2.65765	0.00055
OHDF	DK12	DK17	2.65912	0.00056
*111002O				
OHDF	DK03	100020	18.00887	0.00041
OHDF	100020	DK02	-0.33526	0.00032
OHDF	DK02	100021	-3.60895	0.00037
OHDF	100021	DK04	-20.24806	0.00040
OHDF	DK04	RN52	0.34541	0.00022
OHDF	RN52	DK04	-0.34481	0.00022
OHDF	RN-DTGC	100009	-5.09650	0.00030
OHDF	100009	RN-DTGC	5.09610	0.00030
***** nivellement du marégraphe *****				
*111011N				
OHDF	RN52	RN21	-0.92326	0.00042
OHDF	RN21	RN52	0.92443	0.00044
OHDF	UHC	RN21	0.59475	0.00010
OHDF	RN21	UHC	-0.59472	0.00010
OHDF	UHC	13601B	0.70615	0.00014
OHDF	13601B	UHC	-0.70615	0.00014
OHDF	13601B	13601A	0.07121	0.00014
OHDF	13601A	MARE	1.55890	0.00017
OHDF	MARE	13601A	-1.55893	0.00014
***** nivellement direct de DAKR *****				
*nivellement direct de RN-DTGC au point visé pour le nivellement indirect (1 portée):				
OHDF	RN-DTGC	100	-0.54618	0.00010
OHDF	100	RN-DTGC	0.54593	0.00010
***** nivellement indirect de DAKR *****				
VSCA 1				
*nivellement indirect				
OHDF	100	DAKR	9.36629	0.0020
HIST ALL				

END

ANNEXE C : FICHIER GEOLAB RÉSULTAT (EXTRAIT)

```
=====
911003.iob Ratt. du marégraphe de Dakar - M. Chalmel IGN (France) Oct. 20
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0 WGS 84 UNITS: m,GRAD Page 0001
=====
```

Wed Feb 15 14:03:06 2012

Input file: X:\Donnees\MARE_Donnees_NIV\GeoLab\911096.iob
Output file: X:\Donnees\MARE_Donnees_NIV\GeoLab\911096.lst
Options file: C:\Program Files\Microsearch\GeoLab\default.gpj

PARAMETERS		OBSERVATIONS	
Description	Number	Description	Number
No. of Stations	49	Directions	0
Coord Parameters	46	Distances	0
Free Latitudes	0	Azimuths	0
Free Longitudes	0	Vertical Angles	0
Free Heights	46	Zenithal Angles	0
Fixed Coordinates	101	Angles	0
Astro. Latitudes	0	Heights	0
Astro. Longitudes	0	Height Differences	67
Geoid Records	0	Auxiliary Params.	0
All Aux. Pars.	0	2-D Coords.	0
Direction Pars.	0	2-D Coord. Diffs.	0
Scale Parameters	0	3-D Coords.	0
Constant Pars.	0	3-D Coord. Diffs.	0
Rotation Pars.	0		
Translation Pars.	0		
	-----		-----
Total Parameters	46	Total Observations	67
Degrees of Freedom =		21	

SUMMARY OF SELECTED OPTIONS

OPTION	SELECTION
Computation Mode	Adjustment
Maximum Iterations	10
Convergence Criterion	0.00010
Residual Rejection Criterion	Tau Max
Confidence Region Types	1D 2D Station
Variance Factor (VF) Known	Yes
Scale Covariance Matrix With VF	Yes
Scale Residual Variances With VF	No
Force Convergence in Max Iters	No
Distances Contribute To Heights	No
Compute Full Inverse	Yes
Optimize Band Width	Yes

```
=====
911003.iob Ratt. du marégraphe de Dakar - M. Chalmel IGN (France) Oct. 20
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0 WGS 84 UNITS: m,GRAD Page 0002
=====
```

Generate Initial Coordinates	Yes
Re-Transform Obs After 1st Pass	Yes
Geoid Interpolation Method	Bi-Quadratic

=====
911003.iob Ratt. du marégraphe de Dakar - M. Chalmel IGN (France) Oct. 20
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0 WGS 84 UNITS: m,GRAD Page 0003
=====

Adjusted PLO Coordinates:

CODE	FFF	STATION	LATITUDE			LONGITUDE			O-HEIGHT			
			STD	DEV		STD	DEV	STD	DEV			
(...)												
PLO	110	13601A	N	0	0	0.000000	E	0	0	0.000000	2.2671 m	0
						0.0000				0.0000	0.0014	
PLO	110	13601B	N	0	0	0.000000	E	0	0	0.000000	2.1958 m	0
						0.0000				0.0000	0.0014	
PLO	110	DAKR	N	0	0	0.000000	E	0	0	0.000000	20.9572 m	0
						0.0000				0.0000	0.0023	
PLO	110	MARE	N	0	0	0.000000	E	0	0	0.000000	3.8260 m	0
						0.0000				0.0000	0.0014	
PLO	110	RN-DTGC	N	0	0	0.000000	E	0	0	0.000000	12.1369 m	0
						0.0000				0.0000	0.0010	
PLO	110	RN21	N	0	0	0.000000	E	0	0	0.000000	2.0844 m	0
						0.0000				0.0000	0.0013	
PLO	110	UHC	N	0	0	0.000000	E	0	0	0.000000	1.4897 m	0
						0.0000				0.0000	0.0013	
(...)												

=====
911003.iob Ratt. du marégraphe de Dakar - M. Chalmel IGN (France) Oct. 20
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0 WGS 84 UNITS: m,GRAD Page 0006
=====

Residuals (critical value = 3.165):

NOTE: Observation values shown are reduced to mark-to-mark.

TYPE	AT	FROM	TO	OBSERVATION STD DEV	RESIDUAL STD DEV	STD RES PPM
(...)						
OHDF		UHC	RN21	0.59475	-0.0000	-0.1134
				0.0002	0.0001	25.22
OHDF		RN21	UHC	-0.59472	-0.0000	-0.1134
				0.0002	0.0001	25.22
OHDF		UHC	13601B	0.70615	0.0000	0.0000
				0.0003	0.0002	0.00
OHDF		13601B	UHC	-0.70615	-0.0000	-0.0000
				0.0003	0.0002	0.00
OHDF		13601B	13601A	0.07121	0.0000	0.0000
				0.0003	0.0000	0.00*
OHDF		13601A	MARE	1.55890	0.0000	0.0728
				0.0003	0.0002	11.47
OHDF		MARE	13601A	-1.55893	0.0000	0.0728
				0.0003	0.0002	7.78
OHDF		RN-DTGC	100	-0.54618	0.0001	0.9449
				0.0002	0.0001	228.91
OHDF		100	RN-DTGC	0.54593	0.0001	0.9449
				0.0002	0.0001	228.91
OHDF		100	DAKR	9.36629	0.0000	0.0000

0.0020 0.0000 *

(...)

=====
911003.iob Ratt. du marégraphe de Dakar - M. Chalmel IGN (France) Oct. 20
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0 WGS 84 UNITS: m,GRAD Page 0010
=====

S T A T I S T I C S S U M M A R Y

Residual Critical Value Type	Tau Max
Residual Critical Value	3.1651
Number of Flagged Residuals	0
Convergence Criterion	0.0001
Final Iteration Counter Value	2
Confidence Level Used	95.0000
Estimated Variance Factor	1.0475
Number of Degrees of Freedom	21

| Chi-Square Test on the Variance Factor:
|

| 6.2000e-01 < 1.0000 < 2.1392e+00 ?
|

THE TEST PASSES

NOTE: All confidence regions were computed using the following factors:

Variance factor used	=	1.0475
1-D expansion factor	=	1.9600
2-D expansion factor	=	2.4477

| Note that, for relative confidence regions, precisions are
| computed from the ratio of the major semi-axis and the spatial
distance between the two stations.

=====
911003.iob Ratt. du marégraphe de Dakar - M. Chalmel IGN (France) Oct. 20
Microsearch GeoLab, V2001.9.20.0 WGS 84 UNITS: m,GRAD Page 0011
=====

2-D and 1-D Station Confidence Regions (95.000 and 95.000 percent):

STATION	MAJOR SEMI-AXIS	AZ	MINOR SEMI-AXIS	VERTICAL
13601A	0.0000	0	0.0000	0.0027
13601B	0.0000	0	0.0000	0.0026
DAKR	0.0000	0	0.0000	0.0044
MARE	0.0000	0	0.0000	0.0027
RN-DTGC	0.0000	0	0.0000	0.0019
RN21	0.0000	0	0.0000	0.0026
UHC	0.0000	0	0.0000	0.0026

NOMBRE D'EPOQUES : 4715
DATE DEBUT : 13/10/11 18:56:00.000000
DATE FIN : 15/10/11 10:13:00.000000

MISE A JOUR RINEX : C:\CALCULS_GPS\GPSDATA\ONLINE\RAW\tmp_1.RNX -> daka2860.11o

STATION : DAKR

POSITION APPROCHEE (RINEX) : 5886533.4800 -1849181.6000 1610300.4400
W 017 26 22.075971 N 14 43 16.447500 51.7974

STATION : DAKA

POSITION APPROCHEE (RINEX) : 5886683.0973 -1852123.0008 1606372.3432
W 017 27 54.371320 N 14 41 04.364547 46.1496

II/ DAKR : STATIONS RGP DANS UN RAYON DE 5000000 m (MAX : 15)

1 mas1 : 1457334m
mas12860.11d.Z mas12870.11d.Z mas12880.11d.Z => MAS12860.11O
2 izan : 1508507m
Données manquantes
3 ouag : 1740208m
Données manquantes
4 func : 1982292m
func2860.11d.Z func2870.11d.Z func2880.11d.Z => FUNC2860.11O
5 rabt : 2377177m
rabt2860.11d.Z rabt2870.11d.Z rabt2880.11d.Z => RABT2860.11O
8 sfer : 2640606m
sfer2860.11d.Z sfer2870.11d.Z sfer2880.11d.Z => SFER2860.11O
9 pdel : 2660720m
pdel2860.11d.Z pdel2870.11d.Z pdel2880.11d.Z => PDEL2860.11O
15 flrs : 3023154m
flrs2860.11d.Z flrs2870.11d.Z flrs2880.11d.Z => FLRS2860.11O
16 brft : 3061828m
brft2860.11d.Z brft2870.11d.Z brft2880.11d.Z => BRFT2860.11O
19 vill : 3110446m
vill2860.11d.Z vill2870.11d.Z vill2880.11d.Z => VILL2860.11O
21 yebe : 3152920m
yebe2860.11d.Z yebe2870.11d.Z yebe2880.11d.Z => YEBE2860.11O
27 ebre : 3339496m
ebre2860.11d.Z ebre2870.11d.Z ebre2880.11d.Z => EBRE2860.11O
28 nklg : 3341378m
nklg2870.11d.Z nklg2880.11d.Z => NKLG2860.11O
54 tlse : 3623078m
tlse2860.11d.Z tlse2870.11d.Z tlse2880.11d.Z => TLSE2860.11O
57 fjcp : 3640042m
fjcp2860.11d.Z fjcp2870.11d.Z fjcp2880.11d.Z => FJCP2860.11O
69 cagl : 3691284m
cagl2860.11d.Z cagl2870.11d.Z => CAGL2860.11O
78 lroc : 3749111m
lroc2860.11d.Z lroc2870.11d.Z lroc2880.11d.Z => LROC2860.11O

DONNEES DISPONIBLES : 15 (/ 15)

III/ TRAITEMENT

LOGICIEL : Bernese GPS Software Version 5.0

PHASE 1 : RESOLUTION DES AMBIGUITES

BRFT DAKA	3061.8	412	86 (20.9%)
CAGL FJCP	676.3	126	62 (49.2%)
DAKA DAKR	4.9	246	150 (61.0%)
DAKR MAS1	1453.0	270	50 (18.5%)
DAKR NKLG	3340.7	266	76 (28.6%)
EBRE FJCP	312.5	202	114 (56.4%)
EBRE YEBE	304.5	212	114 (53.8%)
FJCP TLSE	120.9	246	132 (53.7%)
FLRS PDEL	512.0	162	100 (61.7%)
FUNC MAS1	555.0	256	132 (51.6%)
FUNC PDEL	976.0	242	136 (56.2%)
FUNC RABT	946.7	254	124 (48.8%)

LROC TLSE	359.0	186	144 (77.4%)
RABT SFER	279.9	202	122 (60.4%)
SFER VILL	483.4	206	128 (62.1%)
VILL YEBE	73.8	184	132 (71.7%)

AMBIGUITES L1 L2 : 7766 RESOLUES : 2906 (37.4%)

PHASE 2 : TRAITEMENT FINAL (AMBIGUITES RESOLUES FIXEES)
FACTEUR DE VARIANCE : 2.49
SIGMA_0 : 0.0016 M

PRECISION INTERNE ESTIMEE (MILLIMETRES) :

DAKR DAKR
SX : 5.6 SY : 2.8 SZ : 3.5
SN : 2.8 SE : 2.8 SH : 6.0

DAKA DAKA
SX : 5.6 SY : 2.8 SZ : 3.5
SN : 2.8 SE : 2.8 SH : 6.0

IV/ RESULTATS

DAKR DAKR

POSITION IGS08 EPOQUE 2011.78 (13/10/11) :
DAKR DAKR
X: 5886533.4711 Y: -1849181.5953 Z: 1610300.4363

POSITION IGS08 COORDONNEES GEOGRAPHIQUES :
DAKR DAKR
LONGITUDE -17.4394655305 ° LATITUDE 14.7212354071 ° HELL 51.7869
W 017 26 22.075910 N 14 43 16.447466 51.7869

DAKA DAKA

POSITION IGS08 EPOQUE 2011.78 (13/10/11) :
DAKA DAKA
X: 5886683.0767 Y: -1852122.9937 Z: 1606372.3428

POSITION IGS08 COORDONNEES GEOGRAPHIQUES :
DAKA DAKA
LONGITUDE -17.4651031390 ° LATITUDE 14.6845457538 ° HELL 46.1285
W 017 27 54.371301 N 14 41 04.364714 46.1285

QUALITE DE LA MISE EN REFERENCE IGS08 : RESIDUS N E HE (MILLIMETRES)

NOM	N	E	HE
BRFT 41602M002	8.0	-4.7	6.1
CAGL 12725M003	1.2	2.2	0.2
EBRE 13410M001	-0.4	-1.2	9.6
FLRS 31907M001	-0.9	-3.8	-14.6
FUNC 13911S001	-5.2	0.0	-3.3
LROC 10023M001	0.1	-0.2	-4.4
MAS1 31303M002	-1.3	-4.4	8.6
NKLG 32809M002	2.9	7.8	-7.8
PDEL 31906M004	-2.0	-2.1	-7.9
RABT 35001M002	-1.4	1.9	3.0
SFER 13402M004	-1.8	0.6	2.4
TLSE 10003M009	-0.4	0.3	-3.2
VILL 13406M001	0.3	2.1	9.7
YEBE 13420M001	-0.3	0.3	4.3
FJCP 10086M001	0.3	0.9	-2.9
EMQ	2.8	3.1	7.2

EXACTITUDE ESTIMEE (2*SIGMA) :

DAKR E_N : 9.7 mm E_E : 10.1 mm E_H : 21.8 mm
DAKA E_N : 9.7 mm E_E : 10.1 mm E_H : 21.8 mm

INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL CALCUL GPS EN LIGNE 24-NOV-11 10:29
FIN DE COMPTE-RENDU

ANNEXE E : CALCUL BERNESE DAKR ET MARE

INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL CALCUL GPS EN LIGNE 24-NOV-11 14:54
COMPTE-RENDU

ORBITES : igs16580.sp3.Z igs16580.sp3.Z igs16576.sp3.Z igs16576.sp3.Z
ROTATION TERRESTRE : igs16587.erp.Z igs16577.erp.Z

Systeme de reference du calcul d'apres les ephemerides : IGS08

I/ ELEMENTS EN ENTREE

ENTREE NUMERO : 1 / 2

FICHER RINEX : DAKR2880.11o
EN-TETE NOM STATION : DAKR (2)
EN-TETE NUMERO : DAKR (2)
EN-TETE RECEPTEUR : TPS NET-G3A
EN-TETE ANTENNE : TPSCR.G3 NONE
EN-TETE POSITION : 5886533.4800 -1849181.6000 1610300.4400
EN-TETE ANT H/E/N : 0.0000 0.0000 0.0000

ELEMENTS RETENUS

RECEPTEUR: TPS NET-G3A :: RECONNU IGS : OUI
*antenne : radome sans indication = 'NONE' (DEFAULT)
ANTENNE :>TPSCR.G3 NONE<:: RECONNUE IGS : OUI

ANTENNE CENTRES DE PHASE N/E/H :
TPSCR.G3 NONE L1 -0.0002 0.0003 0.0884 2
TPSCR.G3 NONE L2 0.0003 0.0000 0.1194

ANTENNE ARP N/E/H : 0.0000 0.0000 0.0000

NOMBRE D'EPOQUES : 3453
DATE DEBUT : 15/10/11 18:40:00.0000000
DATE FIN : 16/10/11 23:59:00.0000000

MISE A JOUR RINEX : C:\CALCULS_GPS\GPSDATA\ONLINE\RAW\tmp_0.RNX -> dakr2880.11o

ENTREE NUMERO : 2 / 2

FICHER RINEX : MARE2880.11o
EN-TETE NOM STATION : MARE
EN-TETE NUMERO : MARE
EN-TETE RECEPTEUR : LEICA GX1230GG
EN-TETE ANTENNE : LEIAT504 NONE
EN-TETE POSITION : 5888337.7090 -1847570.7413 1605510.3057
EN-TETE ANT H/E/N : 1.4565 0.0000 0.0000

ELEMENTS RETENUS

RECEPTEUR: LEICA GX1230GG :: RECONNU IGS : OUI
*antenne : radome sans indication = 'NONE' (DEFAULT)
ANTENNE :>LEIAT504 NONE<:: RECONNUE IGS : OUI

ANTENNE CENTRES DE PHASE N/E/H :
LEIAT504 NONE L1 0.0003 0.0003 0.0913 2

DAKR MAS1	1453.0	288	32 (11.1%)
EBRE TLSE	315.1	172	106 (61.6%)
EBRE YEBE	304.5	164	100 (61.0%)
FLRS PDEL	512.0	176	126 (71.6%)
FUNC MAS1	555.0	238	98 (41.2%)
FUNC PDEL	976.0	210	128 (61.0%)
FUNC RABT	946.7	206	116 (56.3%)
LROC TLSE	359.0	154	108 (70.1%)
MARE NKLG	3336.8	300	66 (22.0%)
RABT SFER	279.9	164	98 (59.8%)
SFER VILL	483.4	152	102 (67.1%)
VILL YEBE	73.8	160	102 (63.7%)

AMBIGUITES L1 L2 : 3254 RESOLUES : 1576 (48.4%)

PHASE 2 : TRAITEMENT FINAL (AMBIGUITES RESOLUES FIXEES)
FACTEUR DE VARIANCE : 1.98
SIGMA_0 : 0.0014 M

PRECISION INTERNE ESTIMEE (MILLIMETRES) :

DAKR DAKR	SX : 1.3	SY : 0.5	SZ : 0.6
	SN : 0.4	SE : 0.4	SH : 1.4
MARE MARE	SX : 1.7	SY : 0.6	SZ : 0.7
	SN : 0.5	SE : 0.4	SH : 1.8

IV/ RESULTATS

DAKR DAKR

POSITION IGS08 EPOQUE 2011.79 (15/10/11) :

DAKR DAKR
X: 5886533.4820 Y: -1849181.6022 Z: 1610300.4404

POSITION IGS08 COORDONNEES GEOGRAPHIQUES :

DAKR DAKR	LONGITUDE	-17.4394655613 °	LATITUDE	14.7212354143 °	HELL	51.8000
	W 017 26 22.076021		N 14 43 16.447492			51.8000

MARE MARE

POSITION IGS08 EPOQUE 2011.79 (15/10/11) :

MARE MARE
X: 5888337.7027 Y: -1847570.7397 Z: 1605510.3105

POSITION IGS08 COORDONNEES GEOGRAPHIQUES :

MARE MARE	LONGITUDE	-17.4201774834 °	LATITUDE	14.6765190601 °	HELL	34.6781
	W 017 25 12.638940		N 14 40 35.468616			34.6781

QUALITE DE LA MISE EN REFERENCE IGS08 : RESIDUS N E HE (MILLIMETRES)

NOM	N	E	HE
AJAC 10077M005	3.7	1.3	1.0
BRFT 41602M002	5.5	-1.7	-1.2
EBRE 13410M001	2.2	1.1	1.6
FLRS 31907M001	-3.4	-4.0	-3.0
FUNC 13911S001	-3.7	1.5	-3.1
LROC 10023M001	-0.4	-0.4	-0.4
MAS1 31303M002	-1.1	-4.4	0.8
NKLG 32809M002	0.1	16.2	-43.3
PDEL 31906M004	-3.6	-1.9	1.5
RABT 35001M002	-0.6	3.9	0.1
SFER 13402M004	-1.3	2.6	-0.4
TLSE 10003M009	0.5	0.0	-1.2
VILL 13406M001	1.0	3.0	9.4
YEBE 13420M001	1.0	1.7	0.2

BRST 10004M004		-1.3	-2.2	-5.2		

EMQ		2.7	2.6	3.3		

EXACTITUDE ESTIMEE (2*SIGMA) :

DAKR E_N : 7.9 mm E_E : 7.8 mm E_H : 13.7 mm
MARE E_N : 8.0 mm E_E : 7.8 mm E_H : 13.9 mm

INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL CALCUL GPS EN LIGNE 24-NOV-11 15:12
FIN DE COMPTE-RENDU
