

INSTALLATION D'UNE STATION GPS PERMANENTE (SMTG) AU MAREGRAPHE DE SAINT-MALO

Rédacteurs : Pascal TIPHANEAU et Jean-François BREILH



Table des matières

1. INTRODUCTION.....	5
2. ORGANISATION DE LA MISSION.....	5
2.1. CONTACTS PRATIQUES	5
2.2. MATERIEL EMPORTE	6
2.3. ACCES AU SITE ET SITUATION.....	6
2.4. PRISE EN CHARGE DE LA MISSION.....	7
3. DESCRIPTION DES TRAVAUX ET RESULTATS OBTENUS.....	7
3.1. INSTALLATION DU PYLONE.....	7
3.2. DETERMINATION DE LA HAUTEUR D'ANTENNE	9
3.2.1. Mesures au distance-mètre laser.....	9
3.2.2. Mesures par nivellement optique sur mire inverse.....	10
3.2.3. Bilan des déterminations de hauteur d'antenne.....	10
3.3. INSTALLATION DE L'ANTENNE ET DU RECEPTEUR	10
3.4. OPERATIONS DE NIVELLEMENT	13
4. ACTIONS A ENVISAGER.....	14
REMERCIEMENTS	15
REFERENCES.....	15
ANNEXES	17
ANNEXE 1 : CORRESPONDANCE ENTRE LE SHOM ET LA CCI DU PAYS DE SAINT-MALO.....	18
ANNEXE 2 : DIAGRAMME DE L'ANTENNE TPSPG_A1+GP FOURNI PAR L'UNAVCO.....	24
ANNEXE 3 : SCRIPT GRIL FIXANT LES PARAMETRES DU RECEPTEUR GB-1000.....	25
ANNEXE 4 : SITELOG DE LA STATION GPS PERMANENTE DE SAINT-MALO (SMTG).....	26
ANNEXE 5 : DETAIL DES MESURES DE NIVELLEMENT.....	33
ANNEXE 6 : DIAGRAMME DES DIFFERENCES DE HAUTEUR DES REPERES NIVELES.....	34
ANNEXE 7 : PLANS DES STRUCTURES METALLIQUES FOURNIS PAR LA SOCIETE ANTENNES LECLERC	35

Liste de diffusion

Extérieur :

Jean-Claude LE GAC, chef du département PEP, SHOM, Brest
Ronan CREACH, chef de projet RONIM, SHOM, Brest
Marie-Françoise LALANCETTE, responsable équipe gravimétrie, SHOM, Brest
Alain HARMEL, chef de service SGN (Géodésie – Nivellement), IGN, Saint-Mandé
Thierry DUQUESNOY, responsable RGP, SGN/IGN
Andréa WALPERDORF, responsable RENAG, Montpellier
Jean-Mathieu NOCQUET, centre de données RENAG, Nice
Bruno GARAYT, IGS Reference Frame Coordinator, SGN/IGN
Laurent TESTUT, LEGOS, Toulouse
Philippe SCHAEFFER, CLS, Toulouse
Guillaume VALLADEAU, CLS, Toulouse
Actualités SONEL, www.sonel.org

Interne :

Jean-François BREILH
Mikael GUICHARD
Pascal TIPHANEAU
Guy WOPPELMANN
Eric CHAUMILLON, chef d'équipe DPL
Archives LIENSs/DPL, Axe Niveau marin

1. Introduction

Le marégraphe de Saint-Malo est opérationnel depuis le 1^{er} octobre 2003. Ce marégraphe côtier numérique (MCN) a été installé dans le cadre du réseau RONIM en partenariat avec la Chambre de Commerce et d'Industrie du Pays de Saint-Malo. Il est installé à l'intérieur du local électrique de commande de vérins de la rampe de Ferries n°2 du terminal du Naye. La configuration d'origine était un capteur radar KROHNE de type BM70 émettant dans un tube inox et tenu dans le puits par un lest ; l'acquisition des mesures étant assurée par une centrale ELTA.

Le 1 décembre 2009 a eu lieu une jouvence du matériel permettant au système de supporter l'application temps réel. Le capteur BM70 a été remplacé par un OPTIWAVE de marque KROHNE. La centrale ELTA a elle aussi été changée pour un modèle de nouvelle génération, compatible avec les capteurs OPTIFLEX, et un module "Temps Réel" a été ajouté.

Ce changement de matériel aurait justifié un nouveau test de Van de Castele (IOC 1985, Martin Miguez et al. 2008), mais cette mission était principalement motivée par le fort intérêt des mesures du niveau de la mer à Saint-Malo en raison de la proximité (moins de un kilomètre) de l'observatoire historique de Saint-Servan. En complément des observations du niveau de la mer, il devient en effet primordial de déterminer d'éventuels mouvements verticaux de la côte à laquelle est rattachée le marégraphe. L'installation d'un GPS géodésique permanent répondrait à ce besoin. Cet équipement s'inscrit dans une action GRGS du SHOM dans laquelle l'Université de La Rochelle (ULR) est partenaire.

Le 20 octobre 2009 un courrier motivé de demande d'installation est envoyé par le SHOM à la Chambre de Commerce et d'Industrie du Pays de Saint-Malo et le 6 novembre 2009 un avis favorable est retourné (cf. Annexe 1).

La mission pour l'installation du matériel GPS est programmée pour les journées du 16 et 17 février 2010. Par manque de temps et de personnel un test de Van de Castele n'a pu être réalisé. Il sera intéressant de l'exécuter à l'occasion d'un rattachement du nouveau marégraphe avec le marégraphe historique de Saint-Servan.

2. Organisation de la mission

L'équipe de l'ULR participant à cette mission est composée des personnes suivantes :

- Jean-François BREILH, Ingénieur sous contrat INSU/CNRS à LIENSs
- Pascal TIPHANEAU, Adjoint Technique BIATOSS à LIENSs

2.1. Contacts pratiques

A Brest (SHOM) :

- Ronan CREAMCH : Tél. 02 98 22 15 89 (ronan.creamch@shom.fr)
- Virginie GOIRAND : Tél. 02 98 22 17 55 (virginie.goirand@shom.fr)
- Jean-Claude KERINEC : Tél. 02 98 22 08 92 (kerinec@shom.fr)
- Bruno TREGUIER : Tél. 02 98 22 17 49 (bruno.treguier@shom.fr)
- Thierry LENGART : Tél. 02 98 22 18 97 (thierry.lengart@shom.fr)

Sur place à Saint-Malo :

Chambre de Commerce et d'Industrie du Pays de Saint-Malo:

- Direction de la CCI,
Tél. 02 99 20 63 00 (dg@saint-malo.cci.fr)
- Gilles BLANDEAU, Responsable d'exploitation de l'avant port
Tél. 06 85 13 02 18 (gblandea@saint-malo.cci.fr)

A l'ULR (équipe DPL de LIENSs), partenaire de l'équipe SHOM/GRGS :

- Guy Wöppelmann : Tél. 05 46 45 86 13 (gwoppelm@univ-lr.fr)
- Pascal Tiphaneau : Tél. 05 46 45 82 72 (ptiphane@univ-lr.fr)

2.2. Matériel emporté

- 1 mallette TOPCON "GB-1000 UNAVCO package" contenant :
 - 1 récepteur "TOPCON GB-1000" SN/T225780 (désignation IGS : TPS GB-1000), Firmware : 3.3 Dec,22,2008 p6
 - 1 antenne "TOPCON PG-A1 with Groundplane" SN/310-0965 (désignation IGS : TPSPG_A1+GP)
 - 1 boîtier d'alimentation 230V-AC/12V-DC
 - 1 câble d'antenne GPS de 7 mètres réalisé sur mesure
 - 1 bobine de câble coaxial, RG58A/U, 52 OHM IMP., 20AWG
 - 3 batteries Lithium-ion de type BT-60Q
 - Connectiques d'alimentation
- 1 mât de fabrication "LECLERC-Type IGN" de trois mètres, une chaise pour adaptation en applique et une bride de fixation pour la partie haute
- 1 plaque d'aluminium triangulaire servant de support d'antenne GPS
- Lot de visserie inox A4 pour fixation de la plaque support d'antenne GPS
- Lot de chevilles inox de marque SPIT et de type "FIX Z 10X75/15 A4"
- 1 vis laiton 5/8'' hexagonale de 24mm percée dans son axe pour centrage optique
- 1 cartouche de scellement chimique
- Lot de repères bronze hémisphériques à sceller
- 1 embase avec plomb optique
- Outillage divers : perforateur, clés, niveau à bulle...
- 1 échelle
- 1 niveau optique de précision Leica NA2 S/N 5427060 + GPM3 S/N 5402850
- 1 mire à ruban invar de 3 mètres S/N 022004
- 1 mire de chantier télescopique
- 1 carnet de prises de notes des lectures de nivellement
- 1 trépied coulissant
- 1 distance mètre Leica "DATA DISTO GSI" SN/ 563 867 non étalonné
- 1 PC portable de terrain pour les calculs
- 1 pied à coulisse
- 1 clé 3G
- 1 visseuse
- Tube IRO électrique + colliers + chevilles

2.3. Accès au site et situation

Le marégraphe de Saint-Malo se trouve installé à l'intérieur du local électrique de commande des vérins de la rampe des Ferries (terminal du Naye). La Figure 1 montre une vue aérienne dans laquelle la localisation du marégraphe est indiquée. L'accès y est possible après avoir prévenu au préalable le responsable d'exploitation de l'avant port et seulement hors des périodes d'embarquement. Il est possible d'accéder avec un véhicule jusqu'au local abritant le matériel.

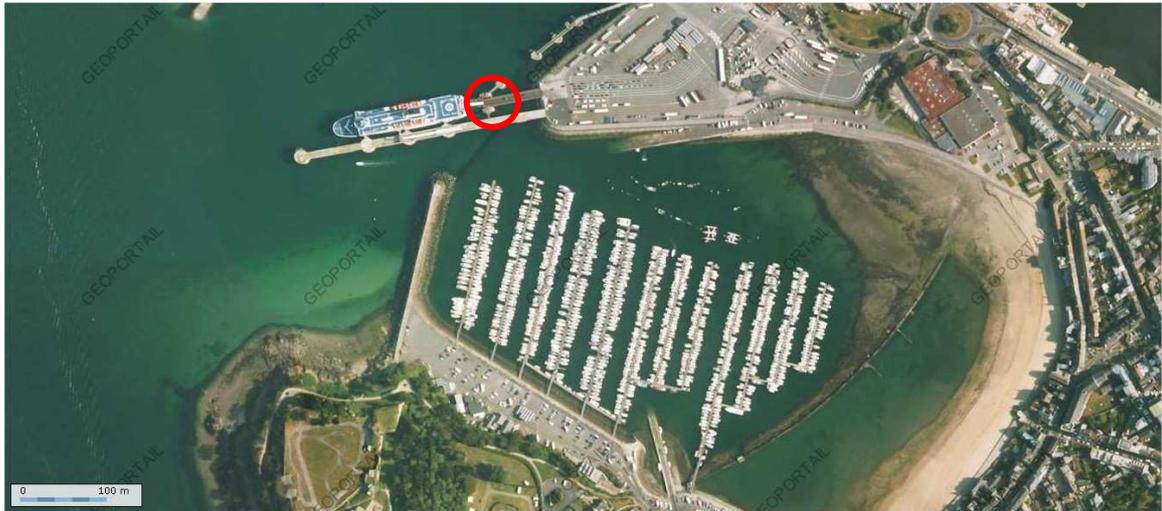


Fig. 1 : Situation du marégraphe de Saint-Malo © GEOPORTAIL 2007

2.4. Prise en charge de la mission

La mission est prise en charge par l'ULR sur des crédits GRGS. Une estimation de son coût (hors salaires des personnes qui sont intervenues) est :

- Frais de transport : AR par voiture administrative, soit :	90 €
- Frais de séjour : 2 personnes x 2 jours, soit :	360 €
	TOTAL : 450 €

3. Description des travaux et résultats obtenus

3.1. Installation du pylône

A notre arrivée sur site le matin du 16 février nous rencontrons M. SOCHARD, remplaçant de M. BLANDEAU en congés, qui nous donne accès au site pour l'implantation du pylône support d'antenne GPS. Il est rapidement convenu de sa position à gauche du local du MCN, en applique sur le mur, unique position ne gênant pas l'accès au local et à la terrasse de celui-ci (cf. *figure 2*).

La structure supportant l'antenne a été réalisée par la société "ANTENNES LECLERC". Il s'agit d'une "chaise support" fixé en applique sur laquelle repose un pylône type 323 modifié pour l'IGN de 3 mètres. Les plans de ce matériel figurent en *annexe 7*. Une bride pour la fixation en partie haute du pylône est également fournie.



Fig. 2 : Implantation du pylône avec l'antenne GPS au sommet

Dans un premier temps la chaise est fixée au mur par 8 chevilles inox et son horizontalité est contrôlée au niveau à bulle. Le pylône est alors monté sur la chaise et fixé provisoirement pour effectuer les réglages de verticalité. Pour cela la plaque support GPS triangulaire est montée au sommet du pylône, réglée horizontalement au niveau à bulle et l'embase à plomb optique est installée. Cela permet de réaliser des visées verticales, le but étant d'obtenir la meilleure verticalité du pylône de 3 mètres. Signalons que le centre du montant incliné à 45° de la "chaise" a été percé d'une fenêtre au préalable pour permettre les visées au plomb optique (cf. *figure 3*). Nous réglons la verticalité du pylône en jouant sur les encrages de la chaise.

Une fois le réglage optimal, un repère (Z) de sauvegarde est positionné par visée au plomb optique puis scellé à la résine sous le pylône à l'aplomb de l'antenne GPS (cf. *figure 3*).

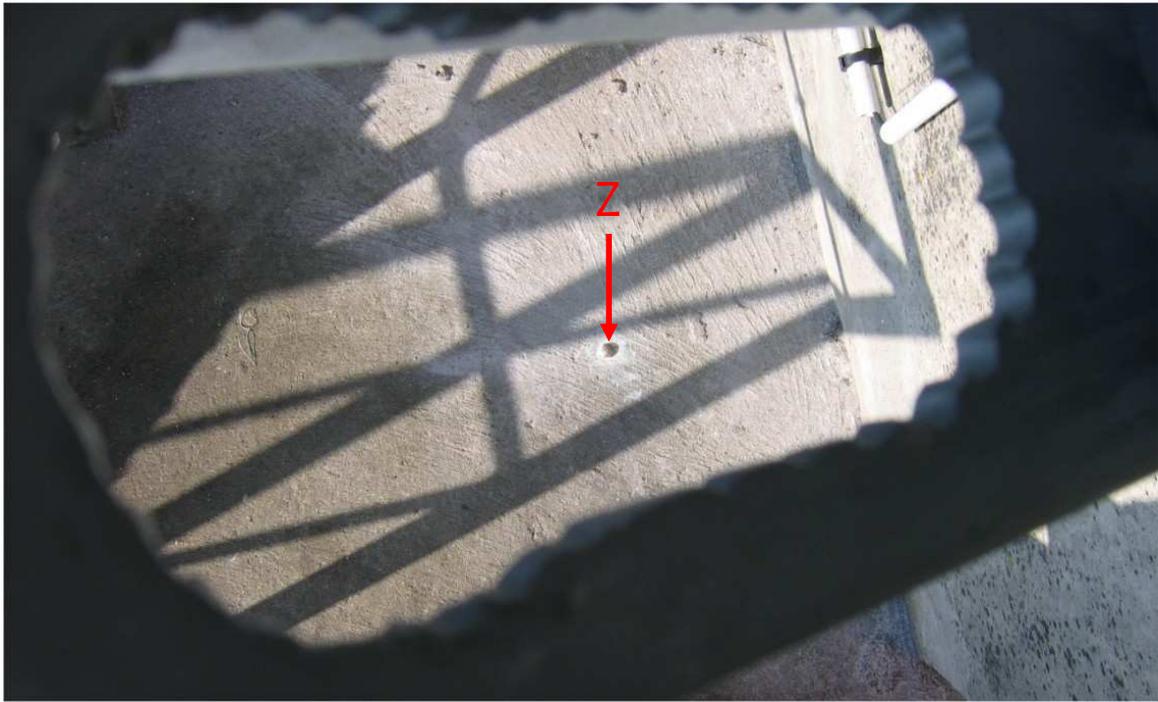


Fig. 3 : Vue du repère de sauvegarde (repère Z) sous le pylône à l'aplomb de l'antenne GPS

3.2. Détermination de la hauteur d'antenne

La détermination de la hauteur de l'antenne n'a pas pu être réalisée par nivellement direct car il est impossible de placer le plan optique du niveau au-dessus de la plaque, située à plus de 4 mètres du sol.

Cette configuration ayant été prévue, nous avons procédé à deux déterminations par deux méthodes différentes : une série de mesures avec un distance-mètre laser et un nivellement optique sur mire inverse.

3.2.1. Mesures au distance-mètre laser

Une série de huit mesures au distance-mètre laser a été réalisée, l'appareil en appui sur le repère Z et visant la face inférieure de la plaque (repère Y). Les mesures et résultats figurent dans le *tableau 1*.

La moyenne de la dénivelée entre le repère Z et la face inférieure de la plaque triangulaire (Y) par cette méthode est $4,684 \pm 0,001$ mètres.

Mesures disto laser Z -> Y (Face inférieure)	
Série de 11 mesures (m)	4,676
	4,683
	4,677
	4,684
	4,686
	4,687
	4,687
	4,687
	4,683
	4,683
	4,687
Moyenne (m)	4,684
Ecart-type (m)	0,004
Erreur sur la moyenne (m)	0,001

Tableau 1 : mesures au distance-mètre laser entre les repères Z et Y (face inférieure)

3.2.2. Mesures par nivellement optique sur mire inverse

Les mesures ont été réalisées sur une mire de chantier télescopique, la seule pouvant être glissée dans le pylône sans avoir à démonter la plaque triangulaire. La mire est tenue plaquée contre la face inférieure de la plaque et son réglage de verticalité assurée grâce à un niveau de maçon, sa nivelle ne pouvant pas s'inverser. Les mesures sur mire inverse (NA2 - GPM3) ont été exploitées de la manière suivante : exemple pour la mesure de Z → Y :

- _ Lecture au NA2 = 33700
- _ Lecture au GPM3 = 95
- _ NA2 – GPM3 = 33605

La dénivelée est obtenue par la somme des coups arrière et coups avant.

Les mesures et résultats en dixième de millimètres figurent dans le *tableau 2*. La dénivelée moyenne entre le repère Z et la face inférieure de la plaque triangulaire (Y) par cette méthode est de **4,6841 ± 0,0007 m**.

Coups arrière	Coups avant	Repérage		Remarques	Dénivelée
13266	33605	Rivet aplomb (Z)	---->	Plaque GPS (Y) Face inférieure	Lue 33795 46841
34042	12798	Plaque GPS (Y) Face inférieure	---->	Rivet aplomb (Z)	Lue 34158 -46840

Tableau 2 : mesures par mire inverse entre le repère Z et l'intérieur de la plaque au sommet du pylône

3.2.3. Bilan des déterminations de hauteur d'antenne

Les deux méthodes de détermination décrites ci-dessus arrivent à des résultats très similaires. Leur différence n'est pas statistiquement significative. La mesure au distance-mètre laser est à considérer comme une mesure « contrôle » du nivellement par mire inverse.

L'épaisseur de la plaque triangulaire a été mesurée au pied à coulisse à $0,0082 \pm 0,0002$ m, ce qui donne une dénivelée entre Z et le dessus de la plaque support (repère Y bis) :

$$4,6841 + 0,0082 = \underline{4,6923 \pm 0,0007 \text{ m}}$$

Une rehausse est nécessaire pour permettre la connexion du câble d'antenne. Elle a été mesurée en laboratoire à $0,1198 \pm 0,0001$ m.

Cela nous donne une dénivelée totale entre le repère Z et l'ARP de l'antenne de :

$$4,6923 + 0,1198 = \underline{4,8121 \pm 0,0007 \text{ mètres}}$$

3.3. Installation de l'antenne et du récepteur

L'antenne montée sur sa rehausse est vissée sur la plaque et orientée au nord magnétique. Une marque indiquant le nord est inscrite au marqueur indélébile (cf. *figure 5*).

Le diagramme d'antenne fourni par l'UNAVCO figure en *annexe 2*.

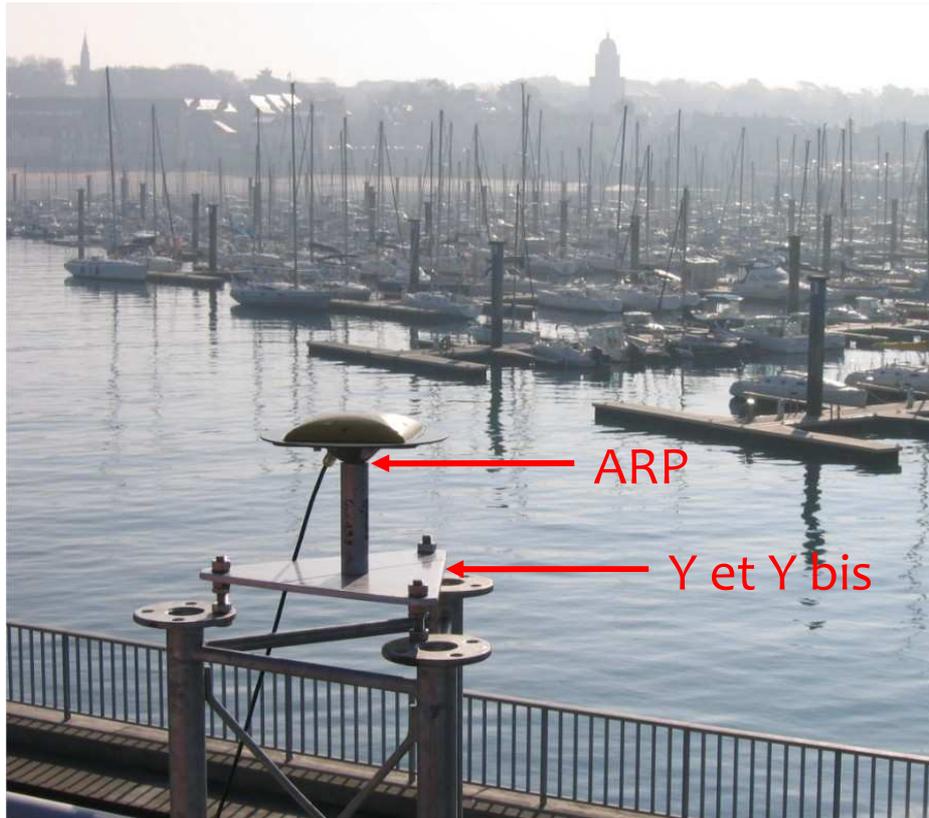


Fig. 5 : Vue de l'antenne GPS installée au marégraphe de Saint-Malo

Le câble d'antenne de 7 mètres est tiré depuis l'antenne vers le récepteur GB-1000. Il est fixé par des colliers le long du mat et passé dans une gaine PVC de protection du bas du mat au local du MCN (cf. *figure 6*).

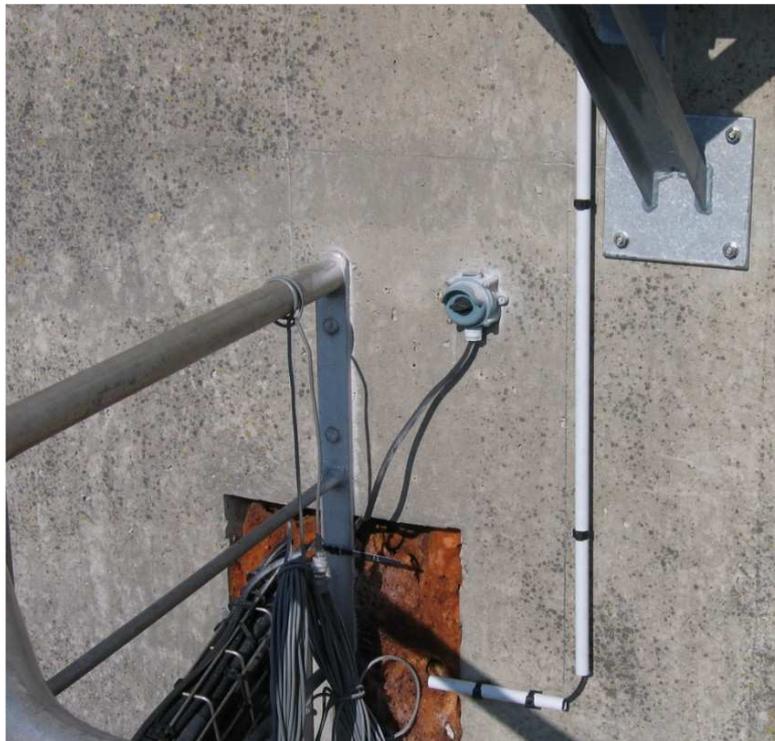


Fig. 6 : Vue de la protection PVC du câble d'antenne



Fig.7 : Vue du récepteur GB-1000 installé dans le local du MCN (le marégraphe radar est en premier plan)

Le récepteur est alimenté sur une source 12V du boîtier temps réel du marégraphe. Les batteries Li-Ion internes donnent une autonomie de 7h30 en cas de coupure du secteur.

Les paramètres d'acquisition du récepteur ont été établis par l'interface "GRIL" (GNSS Receiver Interface Language). Le script des commandes utilisées figure en *annexe 3*. Les paramètres ainsi fixés forcent la création de fichiers journaliers et un intervalle de mesure de 30 secondes. Les fichiers de mesures sont enregistrés localement dans la mémoire interne du récepteur qui offre une capacité de 300 jours d'autonomie environ. En cas de coupure d'alimentation du secteur de plus de 7 heures, ce qui correspond à la capacité des batteries internes, l'acquisition des mesures sera relancée automatiquement au redémarrage du récepteur. Les paramètres réseau sont configurés pour la connexion à l'ADSL. La connexion ADSL dédiée à l'application temps réel du MCN a été mutualisée avec l'autorisation du SHOM pour le transfert des fichiers bruts journaliers. Bruno Tréguier, ingénieur en informatique au SHOM, a configuré le routeur ADSL pour nous permettre le transfert par le protocole TELNET sur le port 8002.

L'acronyme "SMTG" ("Saint-Malo Tide Gauge") a été réservé auprès du service international SOPAC (http://sopac.ucsd.edu/scripts/SIMpl_launch.cgi) et un numéro DOMES a été alloué pour l'observatoire de Saint-Malo, il s'agit du **19936M001**. Un sitelog de type IGS synthétisant toutes les informations a été renseigné et figure en *annexe 4*. Il sera diffusé en ligne dans le centre de données du projet IGS 'TIGA' qui se trouve à l'ULR, puis envoyé aux différents responsables de réseau (RENAG, RGP, IGS/TIGA) pour intégration dans ces réseaux.

3.4. Opérations de nivellement

Les mesures de nivellement des différents repères ont été réalisées avec un niveau NA2 équipé de l'option GPM3 (LEICA). L'utilisation de la mire invar de 3 mètres étant impossible sur les repères Z et H, il a été décidé d'utiliser exclusivement une mire de chantier télescopique neuve.

Désignation	Description
C	Repère SHOM, scellé dans le nouveau quai des ferries, à proximité du troisième pilier, terminal du Naye. (Repère utilisé pour les mesures de tirants d'air).
H	Plaque support du marégraphe côtier numérique. Index de lecture des mesures de contrôle à la sonde lumineuse.
W	<u>Nouveau repère</u> : Repère SHOM implanté en juin 2007 sur la terrasse du bâtiment du marégraphe.
X	<u>Nouveau repère</u> : Téton métallique rouillé installé en mars 2005 sur la terrasse du bâtiment du marégraphe, à proximité du repère W.
Y	<u>Nouveau repère</u> : Face inférieur de la plaque triangulaire support de l'antenne GPS.
Y bis	<u>Nouveau repère</u> : Face supérieure de la plaque triangulaire support de l'antenne GPS.
Z	<u>Nouveau repère</u> : Repère laiton scellé verticalement à l'aplomb de l'axe de l'antenne GPS.
ARP	<u>Nouveau repère</u> : Point de référence de l'antenne GPS = base de l'antenne.

Tableau 3 : Descriptif des repères. La désignation de la fiche de marée du SHOM est reprise lorsque le repère existait. Une nouvelle désignation est proposée ici pour les nouveaux repères.

En plus des nouveaux repères liés à l'installation de l'antenne GPS les repères C et H figurant sur la "fiche d'observatoire de marée" n°1580 du 18/03/2004 et mise à jour le 20/10/2006, ont été nivelés.



Fig.8 : Vue de l'index pour les mesures de contrôle à la sonde lumineuse (repère H)

Des repères installés sur la terrasse au dessus du local du marégraphe par l'ULR en 2005 et par le SHOM en 2007 (voir *figure 9 ci-dessous*) sont également nivelés à cette occasion.



Les incertitudes des dénivelés mesurés sont précisées dans le tableau 4 et sont dans les spécifications de l'instrument.

Le détail des mesures de nivellement figure en *annexe 5* et les valeurs des dénivelés calculés figurent dans le *tableau 4*, ci-dessous.

Dénivelés	Valeurs	Erreurs
Deniv. Y bis->X	-1,1674	± 0,0002
Deniv. Y bis->ARP	0,1198	± 0,0002
Deniv. X->W	0,0020	± 0,0001
Deniv. W->C	-2,7702	± 0,0005
Deniv. C->H	1,8608	± 0,0004
Deniv. Z->Y bis	4,6923	± 0,0001

Tableau 4 : valeurs des dénivelés mesurés et leurs erreurs

Un diagramme des hauteurs relatives des repères nivelés figure en *annexe 6*

4. Actions à envisager

Le matériel GPS a été installé et monumenté dans un objectif d'observation du niveau de la mer "absolu" à long terme (dans un repère de référence terrestre géocentrique). Le récepteur est paramétré en conséquence pour acquérir des mesures toutes les 30s dans des fichiers journaliers. Dès l'installation, la station est pleinement opérationnelle ses flux de données intègrent les différents réseaux nationaux (RENAG, RGP) et internationaux (IGS/TIGA, et EPN bientôt), une collecte automatique à distance et journalière des fichiers d'observation a rapidement été mise en place.

L'installation d'une échelle de marée à proximité du puits du marégraphe est vivement souhaitable suivant les recommandations de l'IOC (1985).

Une prochaine mission qui permettra de rattacher le marégraphe numérique au marégraphe historique de Saint-Servan est envisagée. A cette occasion un contrôle de type "Van de Castele" des marégraphe sera réalisé. Des compléments de nivellement seraient également effectués.

Remerciements

Un grand merci à Mikael GUICHARD (LIENSs) et à Charly KRIER qui ont réussi à implémenter le protocole de transfert propre au matériel TOPCON (TDTP) sous JAVA. Cela a permis de s'affranchir des soucis de connexion au serveur FTP du récepteur et d'exploiter les informations de la base de données du SONEL. Nous disposons ainsi d'une collecte automatisée tout à fait fiable.

Références

IOC, 1985. Manual on sea-level measurement and interpretation. Volume I: Basic procedures. Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals & Guides, No. 14, 84 pp

Martin Miguez B., L. Testut, G. Wöppelmann (2008). The van de Castele test revisited: an efficient approach to tide gauge error characterization. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technologies*, 25(7), 1238-1244.

SHOM (2005). Fiche d'Observatoire de Marée de Saint-Malo. SHOM, n°1580 du 18/03/2004 et mise à jour le 20/10/2006. Accessible en ligne : http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_oceano/maree/ronim_f.htm.

ANNEXES

Annexe 1 : Correspondance entre le SHOM et la CCI du Pays de Saint-Malo

Lettre de demande pour l'installation d'un GPS permanent au marégraphe de Saint-Malo



MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

Brest, le 20 octobre 2009

N° 109 SHOM/DO/MIP/PEP/NP



SERVICE HYDROGRAPHIQUE ET
Océanographique DE LA MARINE
DIRECTION DES OPERATIONS

Division "maîtrise de l'information et
produits mixtes"

Division "maîtrise de l'information et
produits mixtes"

Département "produits, études et projets"

Dossier suivi par :
IETA Ronan Créach
☎ : 02 98 22 15 89
Fax : 02 98 22 08 99
Mél : ronan.creach@shom.fr

Chambre de Commerce et d'Industrie du Pays de Saint-Malo,
4 avenue Louis Martin,
BP 185,
35409 SAINT-MALO CEDEX

Objet : Intervention au marégraphe de Saint-Malo.

Référence(s) : Contrat n°E19/2003 SHOM/DDE d'Ille et Vilaine/CCI Saint-Malo.

Annexe : Eléments techniques.

Monsieur le Président,

Conformément au contrat cité en référence, le SHOM, la CCI de Saint-Malo et la DDE d'Ille et Vilaine gèrent et exploitent l'observatoire de marée de Saint-Malo, pour leurs besoins en données marégraphiques.

Le SHOM envisage une prochaine intervention technique sur le marégraphe qui viserait à :

- doter le marégraphe d'une capacité de transmission temps réel ;
- moderniser l'installation : remplacement du télémètre et de la centrale du marégraphe, étalonnage *in situ* ;
- installer un GPS permanent.

Je vous demande votre accord pour cette intervention qui serait effectuée par des techniciens du SHOM et de l'Université de La Rochelle. L'intervention pourrait se dérouler début décembre 2009.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération distinguée.

L'ingénieur général de l'armement Alain Fourgassié
directeur des opérations du SHOM

Signé IGA Fourgassié

Destinataire(s) : CCI Saint Malo

Copie(s) extérieure(s) : Université de La Rochelle - DDE d'Ille et Vilaine

Copie(s) intérieure(s) : DO - MGS/IES - MIP/PEP (2 dont 1 CP RONIM, 1 gestionnaire RONIM)

ANNEXE TECHNIQUE

1. TRANSMISSION TEMPS REEL DES DONNEES.

Une demande de ligne ADSL sera faite par le SHOM sur la ligne téléphonique du marégraphe mis à disposition par la CCI (02 23 18 20 61). Le SHOM supportera le coût de cet abonnement ADSL.

Cette ligne ADSL dotera le site marégraphique d'une transmission temps réel des données au bénéfice de futurs systèmes de vigilance littoraux et permettra une connaissance instantanée du niveau d'eau dans le port. Cette ligne ADSL permettra la récupération des données GPS.

2. MODERNISATION DU MAREGRAPHE.

La modernisation du marégraphe sera réalisée : remplacement du télémètre et de la centrale d'acquisition et nouvel étalonnage de l'instrument.

3. INSTALLATION D'UNE STATION GPS PERMANENTE.

Dans le cadre des études sur l'élévation du niveau de la mer et compte tenu de la série historique disponible à Saint-Malo et Saint-Servan, il apparaît aujourd'hui judicieux de surveiller les mouvements terrestres au voisinage du marégraphe à l'aide d'un GPS permanent. Le projet de cette installation a été soumis au Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale (GRGS) auquel participe le SHOM, et accepté. Le site de Saint-Malo a été retenu et jugé prioritaire.

Cet équipement complémentaire consomme très peu d'énergie engendrant un coût supplémentaire d'électricité marginal. La collecte de données GPS se ferait de manière automatique par ADSL.

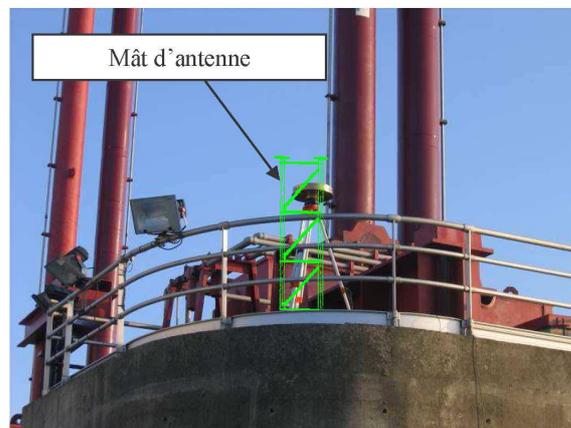
La reconnaissance géodésique effectuée en mars 2005 lors du contrôle des performances du marégraphe montre que l'installation d'une antenne GPS permanente peut être envisagée sur la même structure que le marégraphe :

- Le meilleur emplacement est la terrasse au-dessus du local abritant le marégraphe MCN. La condition de dégagement de l'horizon nécessaire à la bonne qualité des observations GPS y est également remplie malgré la présence de quatre hauts vérins actionnant la rampe des Ferries. La sécurité du matériel est bien assurée par l'accès réglementé de cette zone du port.



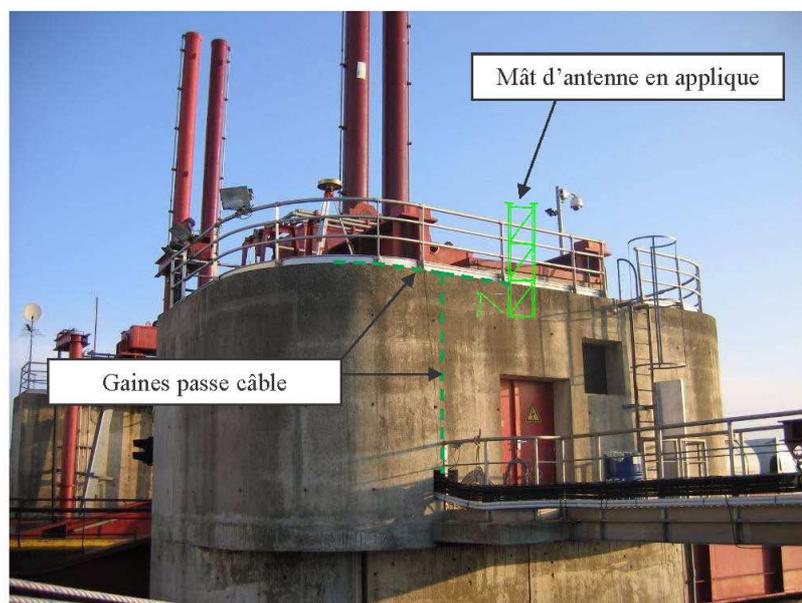
Rappel de la localisation du marégraphe dans le port de Saint-Malo

- Il est envisagé de monter l'antenne directement sur la terrasse – toit de l'abri du marégraphe à l'emplacement du trépied de la figure ci-dessous.



Emplacement privilégié pour l'antenne GPS

- S'il est impossible d'occuper la terrasse pour des raisons d'accès pour l'entretien des machineries de la rampe des ferries, il est aussi possible de fixer un mât d'antenne en applique au-dessus de l'entrée du local des machines tel qu' illustré dans la figure ci-après.



Second emplacement envisagé de l'antenne du GPS

- Dans les deux cas de figure le câble reliant l'antenne au récepteur GPS sera passé dans une gaine PVC de protection avant d'entrer dans l'ouverture passe-câbles communicant avec le local hébergeant le marégraphe.
- Le récepteur du GPS, électronique qui enregistre les mesures, pourra quant à lui être abrité dans le même local où se trouve la centrale d'acquisition du marégraphe.
- La communication à distance des mesures GPS requiert de disposer d'une connexion ADSL. La connexion ADSL SHOM temps-réel du marégraphe MCN sera mutualisée avec le GPS.
- Le dispositif nécessite également une alimentation en énergie électrique 220 volts/50Hz. A noter que la consommation est très faible : 4 W/h soit environ 35 kWh par an.



4, avenue Louis-Martin ~ B.P. 185
35409 Saint-Malo cedex

Téléphone
02 99 20 63 00

Télécopie
02 99 56 61 48

dg@saint-malo.cci.fr

LE PRÉSIDENT

Service Hydrographique
et Océanographique de la Marine
S.H.O.M.
13, rue du Chatellier
CS 92803

29228 BREST Cédex 2

Saint Malo, le 6 Novembre 2009

OBJET : Intervention au marégraphe de Saint-Malo

Monsieur l'Ingénieur Général,

Je viens donner suite à votre correspondance du 20 Octobre dernier par laquelle vous sollicitez notre accord pour une prochaine intervention technique sur le marégraphe situé au poste n°2 du terminal ferries du Naye, sur le port de Saint-Malo.

Nous avons bien noté qu'il s'agit :

- d'ouvrir une ligne ADSL à partir de la ligne téléphonique du marégraphe, pour une transmission en temps réel des données (abonnement ADSL à charge du SHOM),
- de moderniser le marégraphe avec le remplacement du télémètre et de la centrale d'acquisition et un nouvel étalonnage de l'instrument,
- d'installer une station GPS permanente.

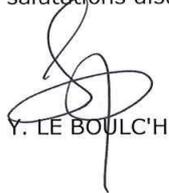
Sur ce dernier point, des deux solutions techniques proposées, la seconde, consistant à fixer un mât d'antenne en applique au-dessus du local des machines de la rampe ferries a notre préférence, l'occupation de la terrasse pouvant créer des contraintes lors des opérations de maintenance des vérins de la rampe ; nous avons bien noté que la consommation électrique du GPS reste marginale.

Sous ces conditions, c'est bien volontiers que nous vous autorisons à effectuer les travaux que vous envisagez.

.../...

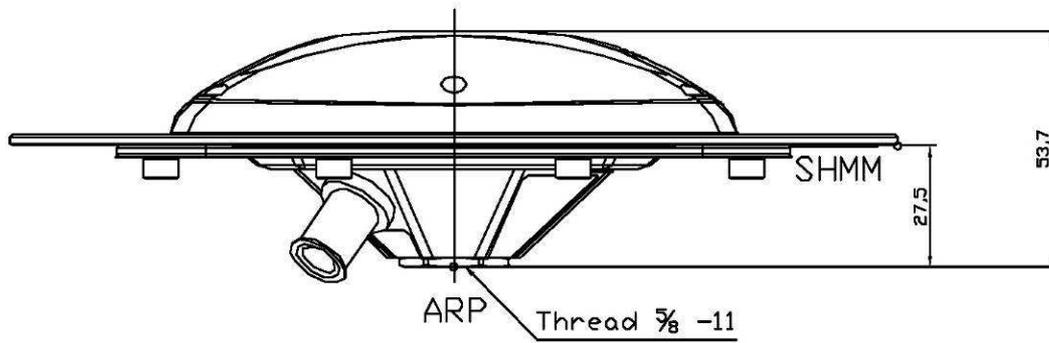
Pour votre intervention qui devrait avoir lieu début Décembre, nous vous invitons à prendre préalablement contact avec Monsieur Gilles BLANDEAU, Responsable d'Exploitation de l'avant-port (06.85.13.02.18), pour convenir des modalités d'accès au site au regard des contraintes de sûreté qui touchent nos installations.

Je vous prie d'agréer, Monsieur l'Ingénieur Général, l'expression de mes salutations distinguées.



Y. LE BOULC'H

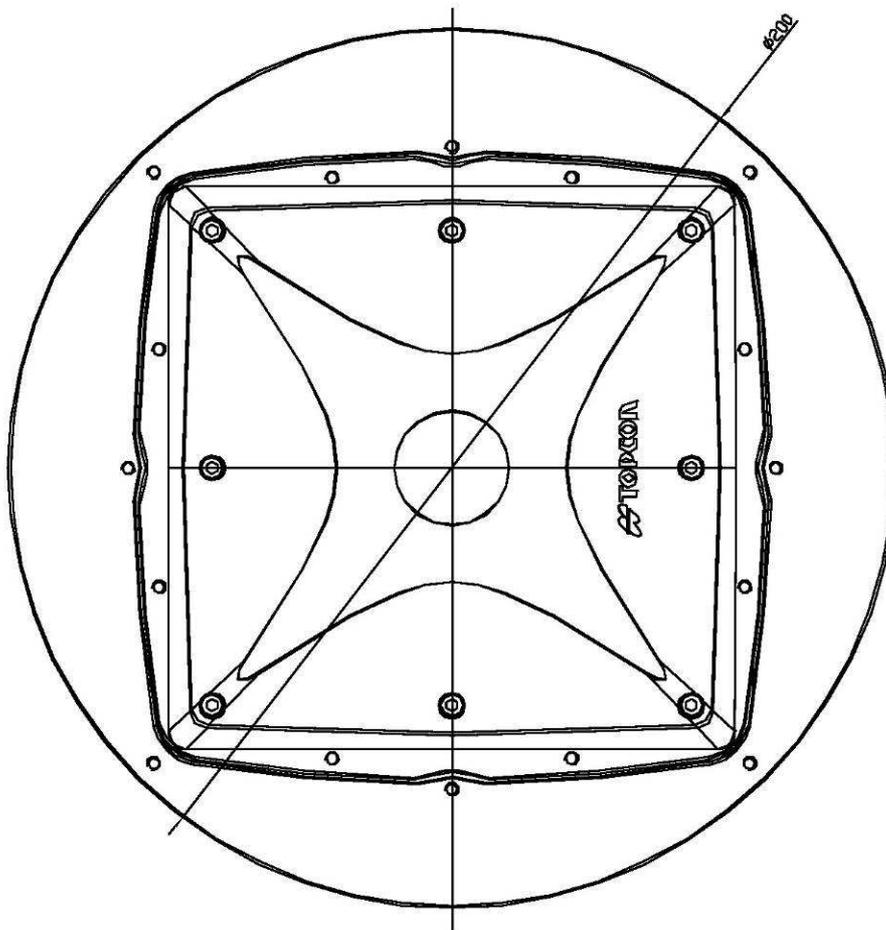
Annexe 2 : Diagramme de l'antenne TPSPG_A1+GP fourni par l'UNAVCO



Dimensions are in mm

ARP - Antenna Reference Point

SHMM - Slant Height Measure Mark



Annexe 3 : Script GRIL fixant les paramètres du récepteur GB-1000

```
set,/par/log/rot/mode,on #active l'AFRM
set,/par/log/rot/sc/period,86400 #durée en seconde d'un fichier
set,/par/log/rot/sc/phase,0 #décallage du début de fichier par rapport à 00:00TU
set,/par/log/rot/sc/count,0 #nombre de fichiers avant d'arrêter l'enregistrement
set,/par/log/rot/rmold,on #« remove oldest first »
set,/par/log/sc/period,30 #période d'échantillonnage en seconde
set,/par/cmd/create/prefix,SMTG #nom du fichier (jusqu'à 20 caractères)
set,/par/button/auto,always #redémarrage automatique de l'enregistrement à la mise
sous tension
set,ref/ant/id,TPSPG_A1+GP #Nom IGS de l'antenne
set,net/ip/addr,10.10.10.6 #adresse IP
set,net/ip/mask,255.255.255.0 #masque de sous-réseau
set,net/ip/gw,10.10.10.1 #passerelle
```

ANNEXE 4 : SITELOG de la station GPS permanente de Saint-Malo (SMTG)

SMTG Site Information Form (site log)
International GPS Service
See Instructions at:
ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/sitelog_instr.txt

0. Form

Prepared by (full name) : Pascal TIPHANEAU
Date Prepared : 2010-03-09
Report Type : NEW
If Update:
Previous Site Log :
Modified/Added Sections : (n.n,n.n,...)

1. Site Identification of the GNSS Monument

Site Name : SAINT-MALO TIDE GAUGE
Four Character ID : SMTG
Monument Inscription : None
IERS DOMES Number : 19936M001
CDP Number : (A4)
Monument Description : STEEL MAST
Height of the Monument : About 3 m
Monument Foundation : CONCRETE PORT QUAY
Foundation Depth : (m)
Marker Description : BRASS NAIL
Date Installed : 2010-02-17T00:00Z
Geologic Characteristic : MAGMATIC
Bedrock Type : granite
Bedrock Condition : (FRESH/JOINTED/WEATHERED)
Fracture Spacing : (1-10 cm/11-50 cm/51-200 cm/over 200 cm)
Fault zones nearby : NO
Distance/activity : (multiple lines)
Additional Information : (multiple lines)

2. Site Location Information

City or Town : Saint-Malo
State or Province : Finistere
Country : France
Tectonic Plate : EURASIA
Approximate Position (ITRF)
X coordinate (m) : 4219870.922
Y coordinate (m) : -149386.734
Z coordinate (m) : 4764322.118
Latitude (N is +) : +483827.8975
Longitude (E is +) : -0020138.8776
Elevation (m,ellips.) : 00057.8149
Additional Information : PPP-derived mean coordinates over one week expressed in the ITRF2005.

3. GNSS Receiver Information

3.1 Receiver Type : TPS GB-1000

Satellite System : GPS+GLONASS
Serial Number : T225780
Firmware Version : 3.3 Dec,22,2008 p6
Elevation Cutoff Setting : 5
Date Installed : 2010-02-17T00:00Z
Date Removed : (CCYY-MM-DDThh:mmZ)
Temperature Stabiliz. : NONE
Additional Information :

3.x Receiver Type : (A20, from rcvr_ant.tab; see instructions)
Satellite System : (GPS/GLONASS/GPS+GLONASS)
Serial Number : (A20, but note the first A5 is used in SINEX)
Firmware Version : (A11)
Elevation Cutoff Setting : (deg)
Date Installed : (CCYY-MM-DDThh:mmZ)
Date Removed : (CCYY-MM-DDThh:mmZ)
Temperature Stabiliz. : (none or tolerance in degrees C)
Additional Information : (multiple lines)

4. GNSS Antenna Information

4.1 Antenna Type : TPSPG_A1+GP
Serial Number : 310-0965
Antenna Reference Point : BAM
Marker->ARP Up Ecc. (m) : 4.8121
Marker->ARP North Ecc(m) : 000.0000
Marker->ARP East Ecc(m) : 000.0000
Alignment from True N : -2.0
Antenna Radome Type : NONE
Radome Serial Number :
Antenna Cable Type : RG58A/U TNC-LEMO
Antenna Cable Length : 7
Date Installed : 2010-02-17T00:00Z
Date Removed : (CCYY-MM-DDThh:mmZ)
Additional Information : (multiple lines)

4.x Antenna Type : (A20, from rcvr_ant.tab; see instructions)
Serial Number : (A*, but note the first A5 is used in SINEX)
Antenna Reference Point : (BPA/BCR/XXX from "antenna.gra"; see instr.)
Marker->ARP Up Ecc. (m) : (F8.4)
Marker->ARP North Ecc(m) : (F8.4)
Marker->ARP East Ecc(m) : (F8.4)
Alignment from True N :
Antenna Radome Type : (A4 from rcvr_ant.tab; see instructions)
Radome Serial Number :
Antenna Cable Type : (vendor & type number)
Antenna Cable Length : (m)
Date Installed : (CCYY-MM-DDThh:mmZ)
Date Removed : (CCYY-MM-DDThh:mmZ)
Additional Information : (multiple lines)

5. Surveyed Local Ties

5.x Tied Marker Name :
Tied Marker Usage : (SLR/VLBI/LOCAL CONTROL/FOOTPRINT/etc)
Tied Marker CDP Number : (A4)
Tied Marker DOMES Number : (A9)
Differential Components from GNSS Marker to the tied monument (ITRS)
dx (m) : (m)
dy (m) : (m)

dz (m) : (m)
Accuracy (mm) : (mm)
Survey method : (GPS CAMPAIGN/TRILATERATION/TRIANGULATION/etc)
Date Measured : (CCYY-MM-DDThh:mmZ)
Additional Information : (multiple lines)

6. Frequency Standard

6.1 Standard Type : INTERNAL
Input Frequency :
Effective Dates : ??????
Notes : (multiple lines)

6.x Standard Type : (INTERNAL or EXTERNAL H-MASER/CESIUM/etc)
Input Frequency : (if external)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Notes : (multiple lines)

7. Collocation Information

7.1 Instrumentation Type : Tide Gauge - Radar type
Status : PERMANENT
Effective Dates : 2003-10-01
Notes : (multiple lines)

7.x Instrumentation Type : (GPS/GLONASS/DORIS/PRARE/SLR/VLBI/TIME/etc)
Status : (PERMANENT/MOBILE)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Notes : (multiple lines)

8. Meteorological Instrumentation

8.1.1 Humidity Sensor Model :
Manufacturer :
Serial Number :
Data Sampling Interval : (sec)
Accuracy (% rel h) : (% rel h)
Aspiration : (UNASPIRATED/NATURAL/FAN/etc)
Height Diff to Ant : (m)
Calibration date : (CCYY-MM-DD)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Notes : (multiple lines)

8.1.x Humidity Sensor Model :
Manufacturer :
Serial Number :
Data Sampling Interval : (sec)
Accuracy (% rel h) : (% rel h)
Aspiration : (UNASPIRATED/NATURAL/FAN/etc)
Height Diff to Ant : (m)
Calibration date : (CCYY-MM-DD)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Notes : (multiple lines)

8.2.1 Pressure Sensor Model :
Manufacturer :
Serial Number :
Data Sampling Interval : (sec)

```

    Accuracy                : (hPa)
    Height Diff to Ant      : (m)
    Calibration date        : (CCYY-MM-DD)
    Effective Dates         : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
    Notes                   : (multiple lines)

8.2.x Pressure Sensor Model :
    Manufacturer           :
    Serial Number          :
    Data Sampling Interval : (sec)
    Accuracy               : (hPa)
    Height Diff to Ant     : (m)
    Calibration date       : (CCYY-MM-DD)
    Effective Dates        : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
    Notes                  : (multiple lines)

8.3.1 Temp. Sensor Model   :
    Manufacturer           :
    Serial Number          :
    Data Sampling Interval : (sec)
    Accuracy               : (deg C)
    Aspiration             : (UNASPIRATED/NATURAL/FAN/etc)
    Height Diff to Ant     : (m)
    Calibration date       : (CCYY-MM-DD)
    Effective Dates        : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
    Notes                  : (multiple lines)

8.3.x Temp. Sensor Model   :
    Manufacturer           :
    Serial Number          :
    Data Sampling Interval : (sec)
    Accuracy               : (deg C)
    Aspiration             : (UNASPIRATED/NATURAL/FAN/etc)
    Height Diff to Ant     : (m)
    Calibration date       : (CCYY-MM-DD)
    Effective Dates        : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
    Notes                  : (multiple lines)

8.4.1 Water Vapor Radiometer :
    Manufacturer           :
    Serial Number          :
    Distance to Antenna    : (m)
    Height Diff to Ant     : (m)
    Calibration date       : (CCYY-MM-DD)
    Effective Dates        : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
    Notes                  : (multiple lines)

8.4.x Water Vapor Radiometer :
    Manufacturer           :
    Serial Number          :
    Distance to Antenna    : (m)
    Height Diff to Ant     : (m)
    Calibration date       : (CCYY-MM-DD)
    Effective Dates        : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
    Notes                  : (multiple lines)

8.5.1 Other Instrumentation : (multiple lines)

8.5.x Other Instrumentation : (multiple lines)

```

9. Local Ongoing Conditions Possibly Affecting Computed Position

9.1.1 Radio Interferences : (TV/CELL PHONE ANTENNA/RADAR/etc)
Observed Degradations : (SN RATIO/DATA GAPS/etc)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Additional Information : (multiple lines)

9.1.x Radio Interferences : (TV/CELL PHONE ANTENNA/RADAR/etc)
Observed Degradations : (SN RATIO/DATA GAPS/etc)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Additional Information : (multiple lines)

9.2.1 Multipath Sources : (METAL ROOF/DOME/VLBI ANTENNA/etc)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Additional Information : (multiple lines)

9.2.x Multipath Sources : (METAL ROOF/DOME/VLBI ANTENNA/etc)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Additional Information : (multiple lines)

9.3.1 Signal Obstructions : (TREES/BUILDINGS/etc)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Additional Information : (multiple lines)

9.3.x Signal Obstructions : (TREES/BUILDINGS/etc)
Effective Dates : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Additional Information : (multiple lines)

10. Local Episodic Effects Possibly Affecting Data Quality

10.1 Date : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Event : (TREE CLEARING/CONSTRUCTION/etc)

10.x Date : (CCYY-MM-DD/CCYY-MM-DD)
Event : (TREE CLEARING/CONSTRUCTION/etc)

11. On-Site, Point of Contact Agency Information

Agency : UMR 6250 LIENSs, CNRS - Universite de La Rochelle
Preferred Abbreviation : ULR
Mailing Address : Institut du Littoral et de l'Environnement
2 rue Olympe de Gouges 17000 LA ROCHELLE

Primary Contact

Contact Name : Pascal TIPHANEAU
Telephone (primary) : (33) 5 46 45 83 94
Telephone (secondary) : (33) 5 46 45 82 74
Fax : (33) 5 46 50 76 63
E-mail : ptiphane@univ-lr.fr

Secondary Contact

Contact Name : Guy WOPPELMANN
Telephone (primary) : (33) 5 46 45 86 13
Telephone (secondary) : (33) 5 46 45 82 74
Fax : (33) 5 46 50 76 63
E-mail : gwoppelm@univ-lr.fr

12. Responsible Agency (if different from 11.)

Agency : (multiple lines)
Preferred Abbreviation : (A10)
Mailing Address : (multiple lines)

```

Primary Contact
Contact Name      :
Telephone (primary) :
Telephone (secondary) :
Fax              :
E-mail          :
Secondary Contact
Contact Name      :
Telephone (primary) :
Telephone (secondary) :
Fax              :
E-mail          :
Additional Information : (multiple lines)

```

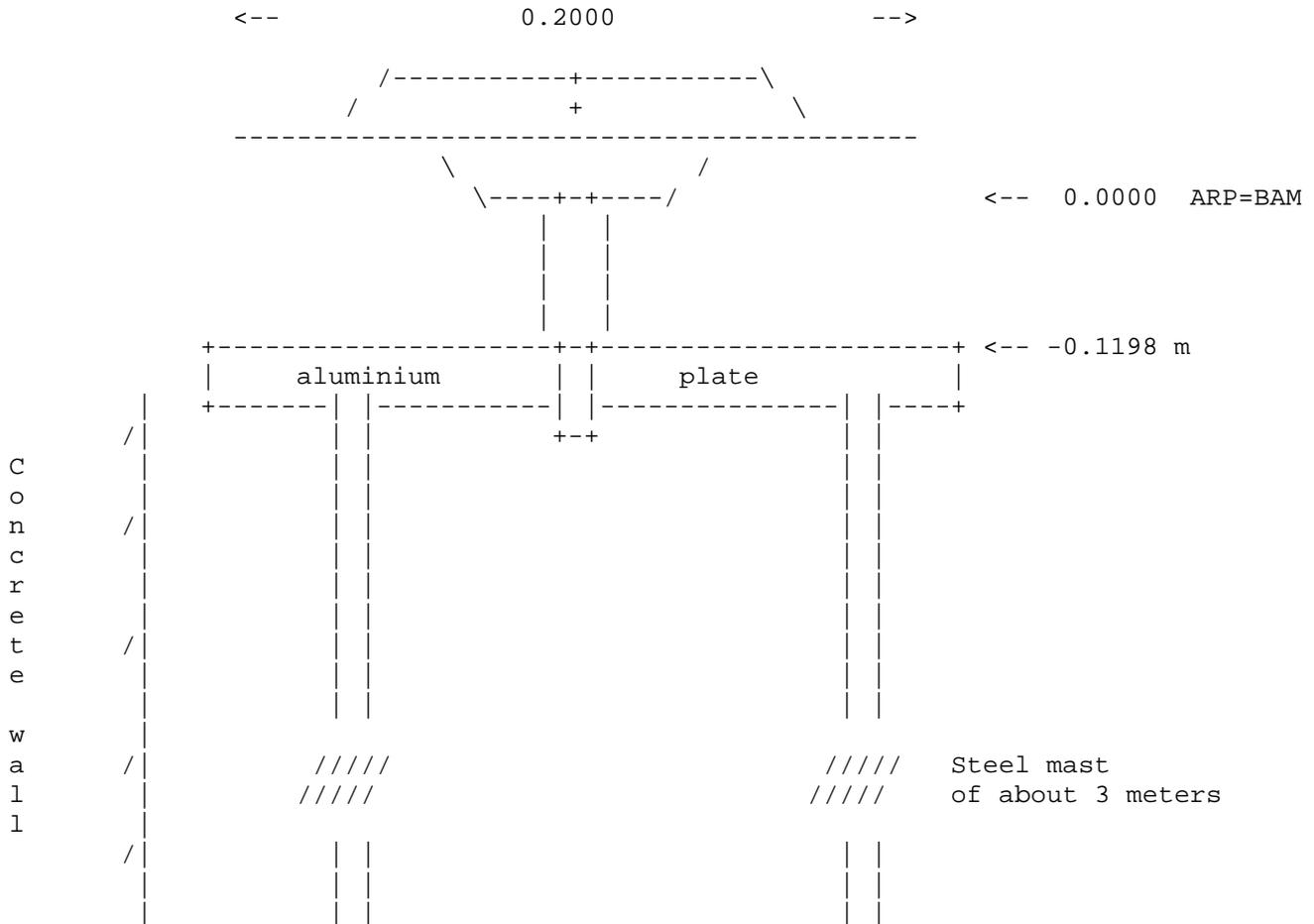
13. More Information

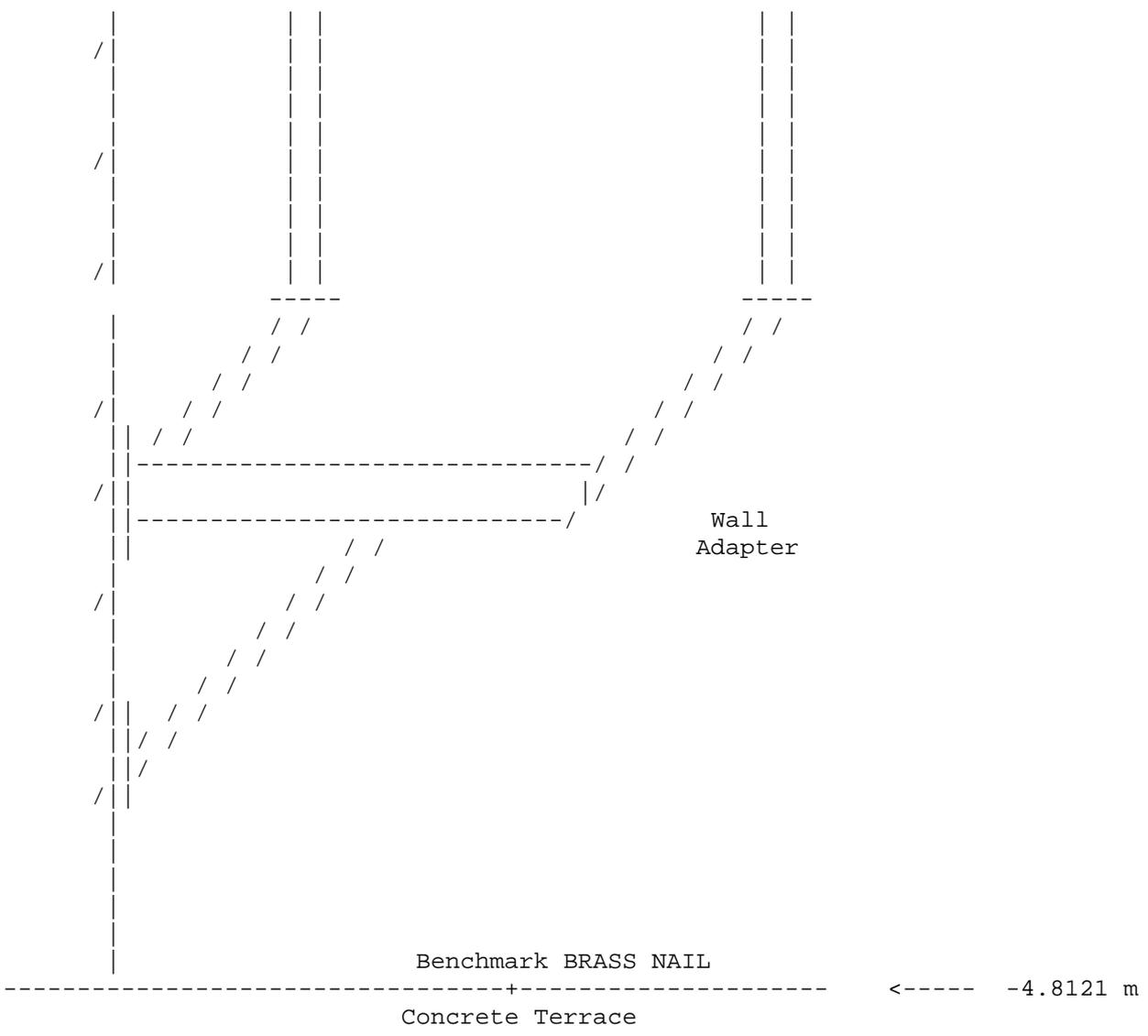
```

Primary Data Center      : SONEL
Secondary Data Center    : IGN
URL for More Information : http://www.sonel.org/
Hardcopy on File
Site Map                 : (Y or URL)
Site Diagram             : (Y or URL)
Horizon Mask             : (Y or URL)
Monument Description     : (Y or URL)
Site Pictures            : (Y or URL)
Additional Information    : (multiple lines)
Antenna Graphics with Dimensions

```

TPSPG_A1+GP

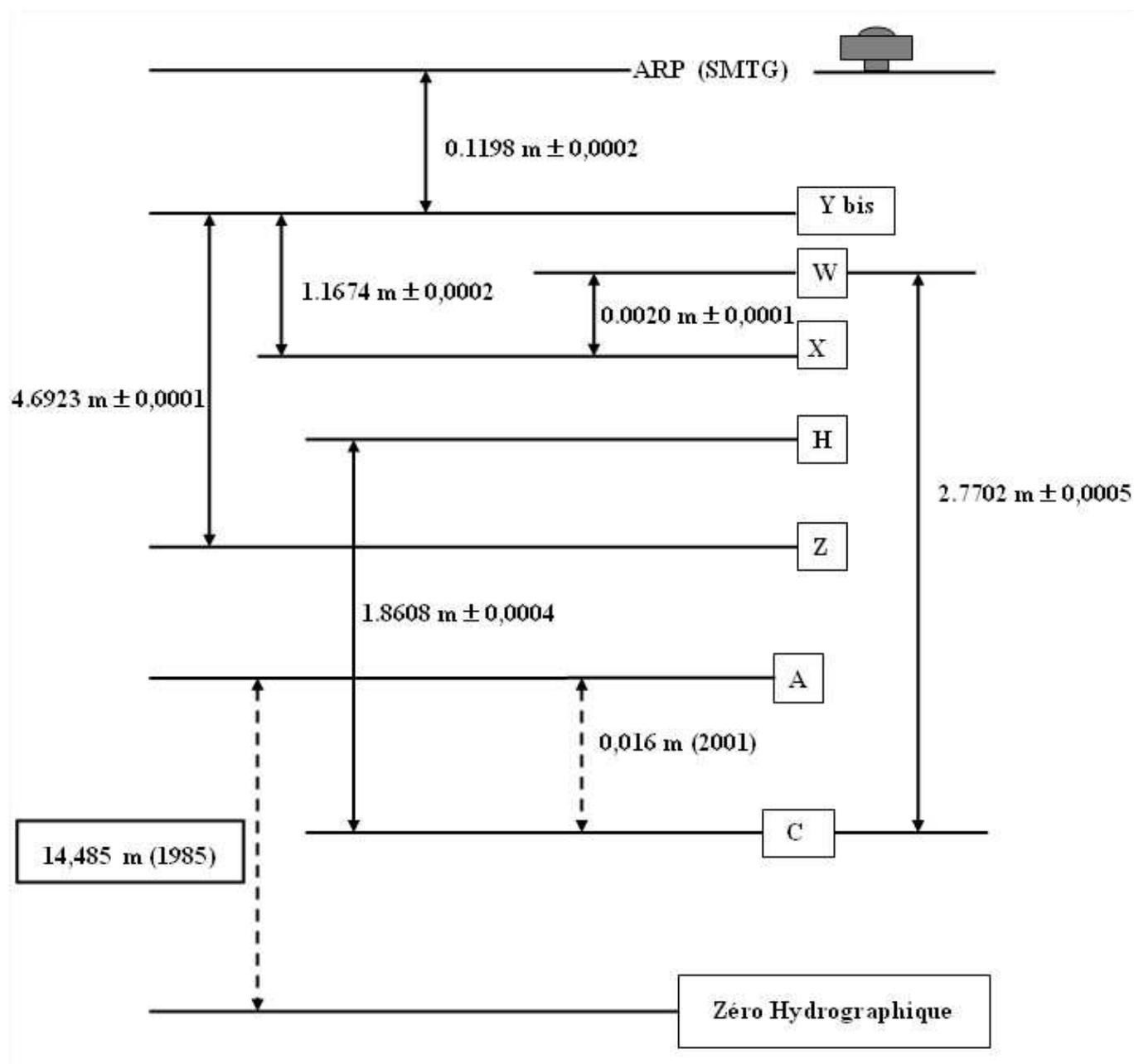




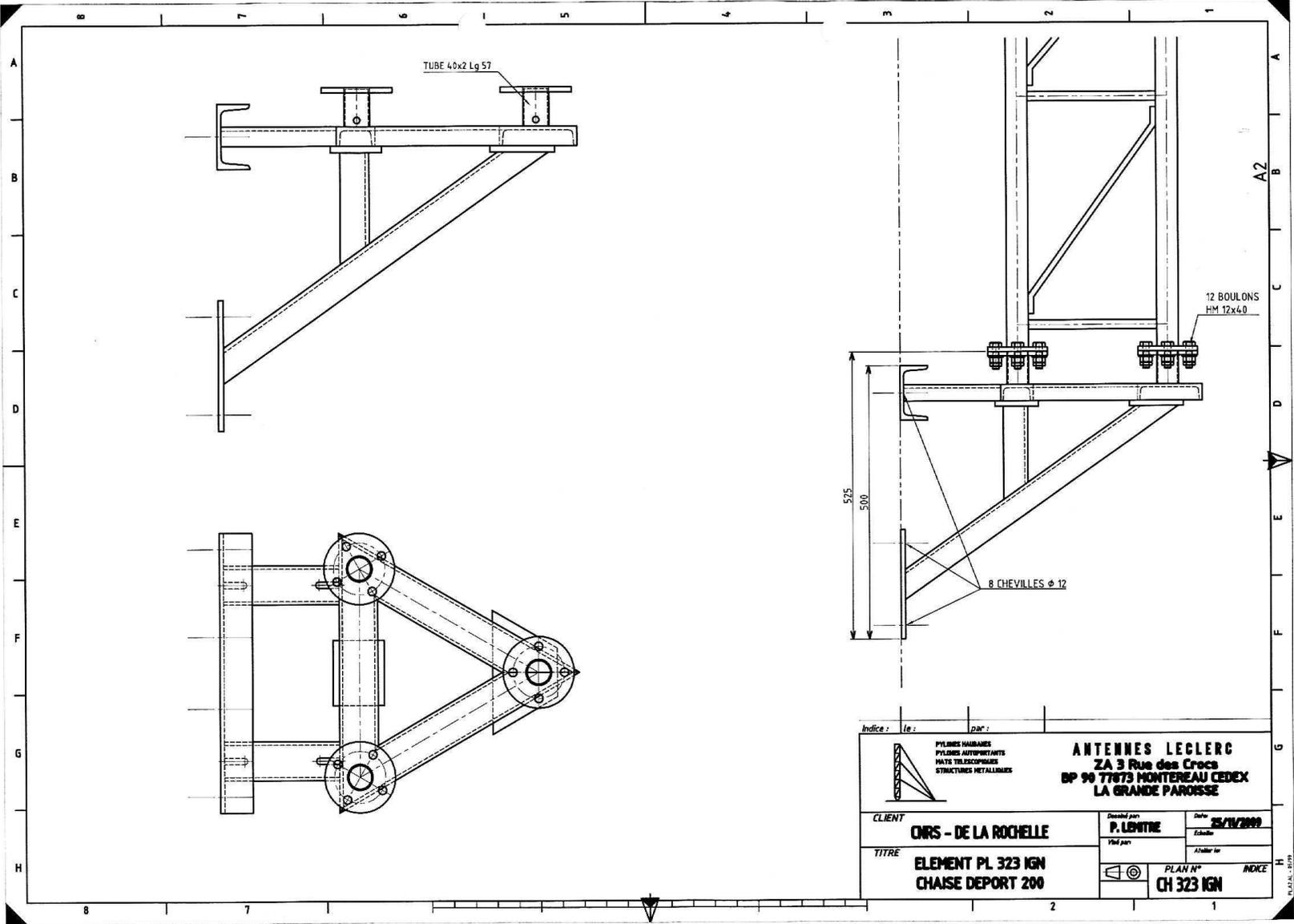
ANNEXE 5 : Détail des mesures de nivellement

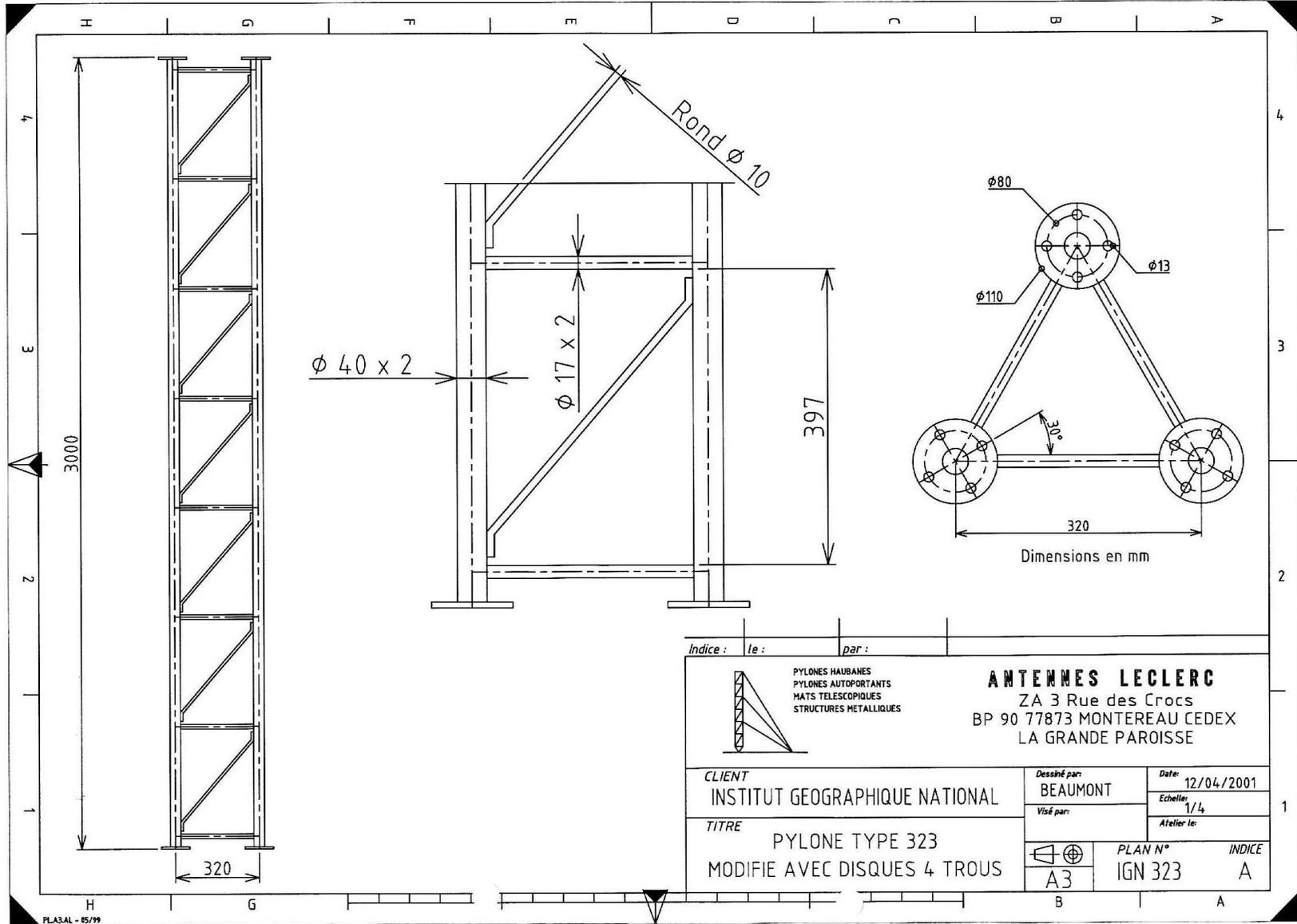
Différences stadimétriques	COUPS ARRIERE		COUPS AVANT		Différences stadimétriques	Constantes de mire		Niveau leica NA2 SONEL n°5427060, Mire télescopique		Observations (Circonstances atmosphériques, état du cheminement ect.)	Dénivelés		
	Lecture ech. I fil niveleur	Lecture ech. II - fil supérieur - fil niveleur	Lecture ech. I fil niveleur	Lecture ech. II - fil supérieur - fil niveleur		Arrière	Avant	Points nivelés	Repérage		Ech. I	Ech. II	
141	13236	13377	33605	33605	-33605	0	0	apb GPS	---->	Bas plaque	cp avant sur mire inverse lu 33795	46841	46841
139	13097	13236	33605	33605	33605	0	0	apb GPS	---->	Bas plaque	cp avant sur mire inverse lu 33795	46841	46841
-34042	34042		12798	12939	141	0	0	Bas plaque	---->	apb GPS	cp arriere sur mire inverse lu 34042	46840	46840
34042		34042	12658	12798	140	0	0	Bas plaque	---->	apb GPS	cp arriere sur mire inverse lu 34042	46840	46840
-4555	4555		16210	16210	-16210	0	0	Haut plaque	---->	Sonel		-11655	-11655
4555		4555	16210	16210	16210	0	0	Haut plaque	---->	Sonel		-11655	-11655
-16196	16196		16216	16216	-16216	0	0	Sonel	---->	Terrasse		-20	-20
16196		16196	16216	16216	16216	0	0	Terrasse	---->	SHOM		-20	-20
-16196	16196		4523	4523	-4523	0	0	SHOM	---->	terrasse	haut plaque	11673	11673
16196		16196	4523	4523	4523	0	0	terrasse	---->	SHOM	haut plaque	11673	11673
238	34554	34792	15235	15356	121	0	0	Appui inter	---->	SHOM		19319	19319
240	34314	34554	15116	15235	119	0	0	Appui inter	---->	SHOM		19319	19319
119	15620	15739	34943	35181	238	0	0	SHOM	---->	terrasse	Appui inter	-19323	-19323
119	15501	15620	34706	34943	237	0	0	SHOM	---->	terrasse	Appui inter	-19323	-19323
154	826	980	15957	16058	101	0	0	Appui inter	---->	cr		-15131	-15131
153	673	826	15853	15957	104	0	0	Appui inter	---->	cr		-15131	-15131
109	15947	16056	16764	16879	115	0	0	cr	---->	Rivet		-817	-817
109	15838	15947	16647	16764	117	0	0	cr	---->	Rivet		-817	-817
116	16746	16862	15784	15891	107	0	0	Rivet	---->	arpentage	cr	962	962
115	16631	16746	15675	15784	109	0	0	Rivet	---->	arpentage	cr	962	962
113	15341	15454	11188	11340	151	0	1	cr	---->	index		4153	4152
115	15226	15341	11038	11189	150	0	1	cr	---->	index		4153	4152
151	11175	11326	15326	15439	113	0	0	index	---->	cr		-4151	-4151
152	11023	11175	15212	15326	114	0	0	index	---->	cr		-4151	-4151
105	15181	15286	16142	16262	120	0	0	cr	---->	Rivet		-961	-961
108	15073	15181	16021	16142	121	0	0	cr	---->	Rivet		-961	-961
712	2206	2918	15585	16422	837	0	0	Rivet	---->	arpentage	cr	-13379	-13379
713	1493	2206	14749	15585	836	0	0	Rivet	---->	arpentage	cr	-13379	-13379
563	15148	15711	15261	15919	658	0	0	cr	---->	C		-113	-113
563	14585	15148	14604	15261	657	0	0	cr	---->	C		-113	-113
663	15580	16243	15466	16028	562	0	0	C	---->	cr		114	114
661	14919	15580	14906	15466	560	0	0	C	---->	cr		114	114
820	15597	16417	2215	2926	711	0	0	cr	---->	Rivet		13382	13382
820	14777	15597	1504	2215	711	0	0	cr	---->	Rivet		13382	13382

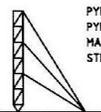
ANNEXE 6 : Diagramme des différences de hauteur des repères nivelés



ANNEXE 7 : Plans des structures métalliques fournis par la société ANTENNES LECLERC





Indice :		le :		par :	
 PYLONES HAUBANES PYLONES AUTOPORTANTS MATS TELESCOPIQUES STRUCTURES METALLIQUES		ANTENNES LECLERC ZA 3 Rue des Crocs BP 90 77873 MONTEREAU CEDEX LA GRANDE PAROISSE			
		CLIENT INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL		Dessiné par: BEAUMONT	
TITRE PYLONE TYPE 323 MODIFIE AVEC DISQUES 4 TROUS		Visé par:		Echelle: 1/4	
 A3		PLAN N° IGN 323		INDICE A	