



## Contrôle des performances du marégraphe radar BM70A de Socoa (Saint Jean-de-Luz) – le 17 mai 2007

Rédacteurs : P. TIPHANEAU, J-F. BREILH et G. WOPPELMANN





# Table des matières

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2. ORGANISATION DE LA MISSION.....</b>	<b>5</b>
2.1. CONTACTS PRATIQUES .....	5
2.2. MATERIEL EMPORTE DEPUIS LA ROCHELLE .....	5
2.3. ECHANTILLONNAGE – CENTRALE D’ACQUISITION .....	5
<b>3. DESCRIPTION DU SITE .....</b>	<b>6</b>
<b>4. MESURES .....</b>	<b>6</b>
4.1. NIVELLEMENT DES REPERES DE MAREE.....	6
4.2. ETALONNAGE DU MAREGRAPHE.....	7
<b>5. CONCLUSIONS .....</b>	<b>10</b>
<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>10</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>10</b>
<b>ANNEXE 1 : FICHE DESCRIPTIVE DE STATION (SONEL, MAI 2007) .....</b>	<b>12</b>
<b>ANNEXE 2 : EXTRAIT DE LA LETTRE RONIM N°5 (SHOM 2007) .....</b>	<b>13</b>
<b>ANNEXE 3 : DETAIL DES LECTURES DE NIVELLEMENT.....</b>	<b>14</b>
<b>ANNEXE 4 : COTES DES REPERES ET REFERENCES DE HAUTEUR.....</b>	<b>15</b>
<b>ANNEXE 5 : POINT DE REFERENCE DE L’ANTENNE GPS DE SCOA.....</b>	<b>16</b>
<b>ANNEXE 6 : TABLEAU DES MESURES D’ETALONNAGE DU MAREGRAPHE .....</b>	<b>17</b>

## Liste de diffusion

### **Extérieur :**

Ronan CREACH, SHOM

Lucia PINEAU, SHOM

Jean-Claude KERINEC, SHOM

Laurent LOUVART, SHOM

François LUCAS et Virginie GOIRAND, SHOM

Alain ROUDIL, Service Maritime de la DDE des Pyrénées-Atlantiques

### **Interne (UMR 6250 LIENSS) :**

Jean-François BREILH

Pascal TIPHANEAU

Guy WOPPELMANN

## 1. Introduction

Depuis le 05 mai 2004, le marégraphe de Socoa (Saint Jean-de-Luz) est composé d'un télémètre radar Krohne BM70A et d'une centrale d'acquisition Marelta. Il participe au réseau RONIM du SHOM ([http://www.shom.fr/fr\\_page/fr\\_act\\_oceano/maree/ronim\\_f.htm](http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_oceano/maree/ronim_f.htm)) et, par conséquent, enregistre des mesures de hauteur du niveau de la mer toutes les 10min. avec une période d'intégration de 2min. suivant les spécifications actuelles de ce réseau. Les observations du marégraphe sont accessibles en ligne sur SONEL (<http://www.sonel.org>). La courte fiche descriptive disponible dans SONEL pour cette station est jointe en annexe 1. Ce marégraphe a la particularité d'être équipé d'un tube en acier inoxydable de 9cm de diamètre dans lequel se propage l'onde du télémètre radar. Nous reviendrons dans les conclusions sur l'importance de ce dispositif dans la qualité des résultats que nous obtenons.



**Fig.1 :** Vue de gauche : marégraphe et antenne GPS permanente de Socoa (la mire est placée sur le repère J).  
Vue de droite : télémètre radar (en bleu à gauche) et marégraphe mécanique historique.

Si bien des observations marégraphiques à Socoa existent au SHOM depuis 1942, avec deux lacunes importantes entre 1942 et 1964, et entre 1996 et 2004, des recherches récentes indiquent l'existence d'observations du niveau marin entre 1875 et 1920 (thèse en cours de N. Pouvreau). Ces observations historiques se trouveraient sous forme papier. Elles auraient été effectuées au même endroit. Le puits de tranquillisation est en effet de toute évidence de construction ancienne et se trouve au bout d'un quai qui porte le nom commémoratif de « quai du marégraphe ». L'installation d'une station GPS permanente à un mètre du marégraphe est une initiative excellente de l'IGN (Beilin 2006). Le quai est en effet plusieurs fois centenaire, bien ancré dans le socle rocheux. La surveillance par GPS du mouvement vertical de ce quai, et donc du marégraphe, devrait contribuer à corriger l'enregistrement marégraphique de ce mouvement pour en isoler les variations lentes et ténues du niveau marin.

La mission du 16-18 mai 2007 à Socoa était motivée par les résultats récents de contrôle semestriel du marégraphe rapportés dans la Lettre RONIM No. 5 (SHOM 2007) : des écarts de 8 cm en basse mer et d'un peu plus de 3 cm en pleine mer sont en effet indiqués par rapport à la sonde étalon dans cette

Lettre (voir annexe 2). Ces écarts sortent clairement des spécifications des marégraphes de RONIM, établies en accord avec celles du programme mondial d'observation du niveau marin GLOSS de la Commission Océanographique Intergouvernementale de l'UNESCO (COI 2006, pp. 52). Par ailleurs, les résultats publiés par Martin Miguez et al. (2007) montrent l'intérêt particulier du test de van de Castele pour mettre en évidence des erreurs systématiques dans les mesures des marégraphes radar. L'application de ce type de contrôle une fois par an sur un cycle complet de marée était déjà recommandée dans le premier manuel COI (1985). Dans les esprits, il était cependant resté associé à tort aux marégraphes mécaniques alors qu'il est indépendant de la technique de marégraphie. La mission avait donc pour objet de réaliser un tel contrôle sur un cycle complet de marée lors d'un marnage aussi important que possible afin d'explorer les performances du marégraphe radar sur la plus grande plage de mesure possible.

## **2. Organisation de la mission**

### **2.1. Contacts pratiques**

Sur place à Socoa :

- |   |                     |
|---|---------------------|
| -M. Alain Roudil, Service Maritime de la DDE (64) | Tel. 05 59 47 65 18 |
| -M. Christian Lecorff                             | Tel. 05 59 47 10 45 |
| -M. B. Plouvier                                   | Tel. 06 71 92 51 47 |

Au SHOM, Brest :

- |                                     |                     |
|-------------------------------------|---------------------|
| - Ronan CREACH(GG/SHOM, Brest) :    | Tél. 02 98 22 15 89 |
| - François LUCAS (GG/SHOM, Brest) : | Tél. 02 98 22 17 55 |
| ou Virginie GOIRAND (idem)          | idem                |

(à contacter pour tout changement dans le paramétrage de la centrale d'acquisition du marégraphe).

### **2.2. Matériel emporté depuis La Rochelle**

Pour l'étalonnage du marégraphe:

- 1 sonde lumineuse et sonore OTT S/N 187978
- 1 horloge "garde temps"
- 1 PC pour la saisie des mesures sur fichier Excel au format préétabli.
- 1 carnet de notes manuscrites des mesures

Pour le nivellement géométrique:

- 1 niveau optique de précision Leica NA2 S/N 5427060 + GPM3 S/N 5402850
- 1 mire à ruban nivar de 3 mètres S/N 022004
- 1 trépied
- 2 crapauds
- 1 carnet de notes

### **2.3. Echantillonnage – Centrale d'acquisition**

L'expérience d'étalonnage vise à contrôler le bon fonctionnement du marégraphe sur la plus grande plage de mesure possible. C'est pourquoi notre choix s'est porté sur la journée du 17 mai 2007 où l'annuaire de marée prédit un coefficient de marée important de 102 (SHOM 2006).

La cadence d'archivage actuellement opérationnelle dans RONIM de 10 min. est suffisante, aussi bien d'un point de vue pratique pour l'exécution des mesures d'étalonnage que technique pour l'exploration de la plage de mesure du marégraphe. Elle représente près de 75 mesures sur un cycle de marée, ce qui commence à devenir intéressant pour tirer des résultats statistiquement significatifs, en particulier sur le calage de la référence du marégraphe. L'expérience montre par ailleurs que l'intervalle de 10 min. est suffisamment long pour qu'il soit mis à profit dans l'exécution des mesures de nivellement des repères de marée proches.

La période d'intégration de la centrale d'acquisition est changée de sa définition opérationnelle de 2 min. à une période de 10s. Ce choix est motivé par des considérations techniques et pratiques. L'objectif est d'apprécier la capacité du marégraphe à mesurer avec précision et exactitude la hauteur instantanée du niveau de la mer. Pendant la durée d'intégration de 2 min., le niveau de la mer subit une variabilité naturelle liée au mouvement de la marée. Celle-ci n'est pas négligeable ; elle représente quelque 2 cm en 2min. à Socoa le 17 mai 2007, mais peut atteindre 6 cm en 2 min. à Saint-Malo. Il convient donc d'éviter d'introduire dans la comparaison des hauteurs d'eau une source de variation et d'incertitude extérieure à l'instrumentation, d'autant qu'il est en pratique difficile d'exécuter avec soin plusieurs mesures à la sonde lumineuse dans l'intervalle de 2 min. Par ailleurs, l'effet d'une moyenne, et la relation entre valeur moyenne et valeur individuelle est connue si les erreurs de mesure sont bien aléatoires et indépendantes.

### 3. Description du site

La figure 2 montre la localisation du Marégraphe permanent de Socoa (Saint Jean-de-Luz) au bout de la digue du marégraphe, ainsi que l'implantation respective des instruments (marégraphe et GPS).



**Fig.2 :** Situation de l'observatoire de Socoa et de ses instruments permanents (Marégraphe, GPS)

## 4. Mesures

### 4.1. Nivellement des repères de marée

Six repères proches du marégraphe ont été observés par nivellement de précision en aller – retour. Ils font tous partis de la dernière fiche d'observatoire de marée (SHOM 2004), sauf l'échelle de port de la DDE. Nous y reprenons la désignation et la description des repères ci-dessous :

- D: Repère IGN n° O.A.K3L3-4-II Rivet scellé verticalement dans le socle du calvaire à proximité du marégraphe, a bout du quai. **Repère fondamental.**
- J : Repère IGN n° O.A.K3L3-4bis. Repère scellé horizontalement dans le mur de l'école de voile UCPA (cf. Figure 1)
- N : Point de lecture à la sonde lumineuse marquée sur une traverse en bois au-dessus du puits du marégraphe (cf. Figure 3).
- O : Repère NGF, scellé horizontalement dans le mur de la construction abritant la centrale d'acquisition du MCN.
- Plaque support du MCN.
- Sommet de l'échelle de port (DDE)

La cote du repère fondamental D est de 5,804 mètres par rapport au zéro IGN 69 (IGN 1997). Elle est de 7,975 mètres par rapport au zéro de réduction des sondes, ou zéro hydrographique (SHOM 2004). La différence entre ces deux références est donc de 2,171 mètres, valeur confirmée par la fiche d'observatoire de marée.

A partir de la cote du repère fondamental nous avons déterminé les cotes des autres repères. Les résultats sont présentés dans le tableau 1 par rapport au zéro hydrographique (ZH). Le tableau 1 rappelle aussi les résultats fournis par la fiche de marée (SHOM 2004). La comparaison avec nos résultats donne des différences de l'ordre du millimètre qui ne sont pas statistiquement significatives. On peut conclure que les repères n'ont pas bougé les uns par rapport aux autres. L'ensemble est localement stable. Les détails des mesures de nivellement sont fournis dans l'annexe 3.

Repère	Dénivelé /D (2004) +/- 0,001 m	Dénivelé /D (2007) +/- 0,0005 m	Cote /ZH (2004) +/- 0,001 m	Cote /ZH (2007) +/- 0,0005 m
J	-0,003 m	-0,0053 m	7,972 m	7,9697 m
N	0,161 m	0,1623 m	8,136 m	8,1373 m
O	0,148 m	0,1495 m	8,123 m	8,1245 m
Plaque MCN	-	0,1564 m	-	8,1314 m
Sommet échelle 5m	-	-2,9648 m	-	5,0103 m

**Tableau 1 :** Dénivelés par rapport au repère D et cotes des repères par rapport au zéro hydrographique (ZH), issus de la fiche de marée (2004) et de nos mesures de nivellement (2007)

L'annexe 4 reprend de manière schématique les cotes des différents repères déterminés ci-dessus par rapport au zéro hydrographique (ZH), ou zéro de réduction des sondes. Il donne également la cote du point de référence de l'antenne GPS de la station permanente SCOA (cf. annexe 5) par rapport au ZH. **Cette cote de l'antenne GPS par rapport au ZH est de : 12,858 +/- 0,001 m.** Elle est déterminée à partir de l'analyse des rapports SHOM (2004) et Beilin (2006) : écart entre les références IGN69 et ZH, et altitude de l'antenne dans l'. Rappelons que le zéro hydrographique est la référence des valeurs des marégraphes du SHOM, diffusées via SONEL notamment.

#### 4.2. Etalonnage du marégraphe

Les résultats des mesures d'étalonnage sont fournis en annexe 6. Il s'agit de mesures réalisées à la sonde sonore simultanément aux mesures du marégraphe, soit une lecture au ruban de la sonde sonore toutes les 10 min. pendant près d'un cycle de marée. La figure 3 montre l'index où est prise la lecture au ruban porte-sonde (flèche au marqueur noir sur la potence en bois), ainsi que la méthode pratique pour apprécier le millimètre (guide plastique dans lequel coulisse le ruban).



**Fig.3 :** Index de lecture du ruban porte-sonde (repère N) et méthode pratique pour apprécier le millimètre

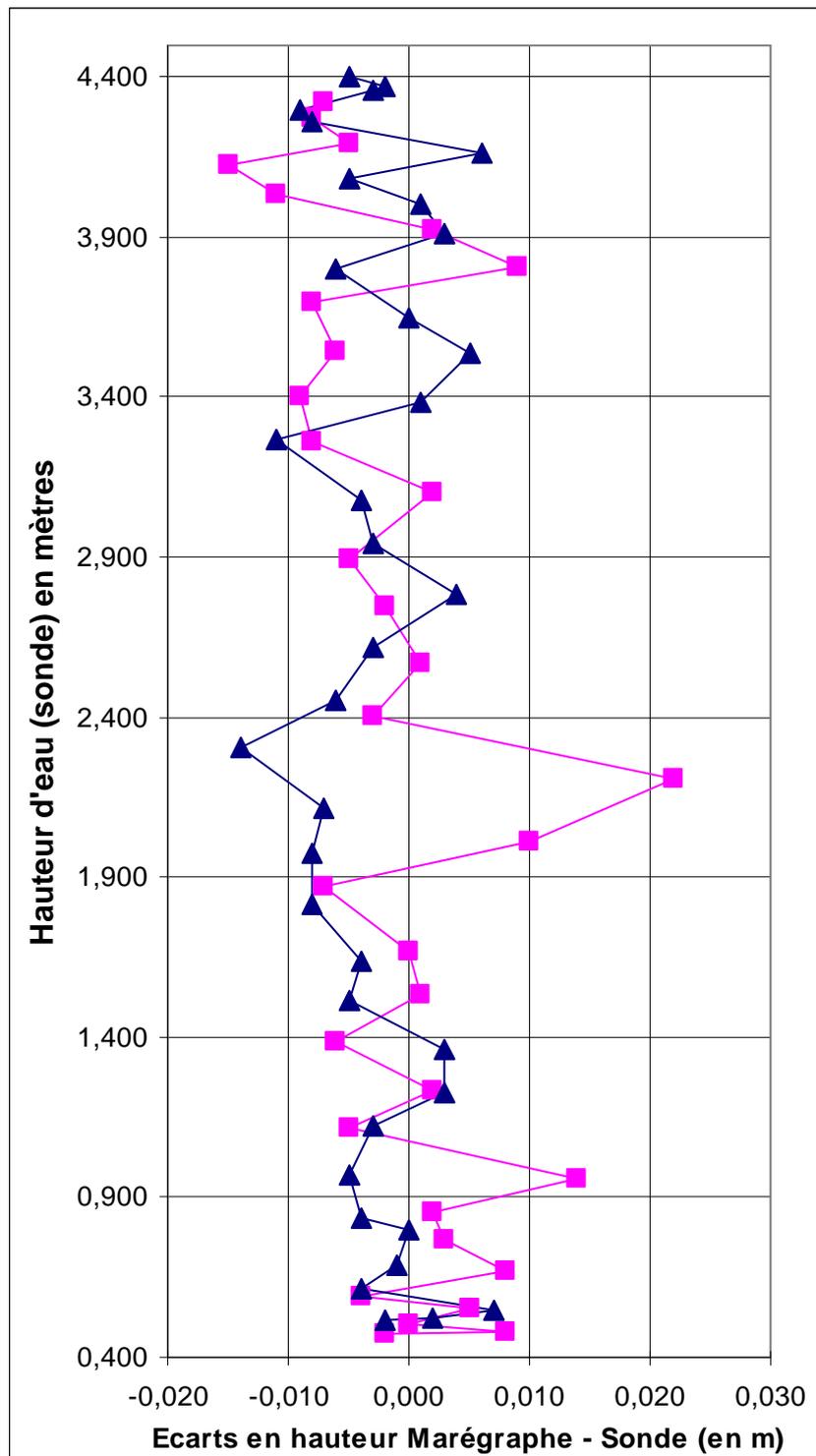
L'exploitation des mesures d'étalonnage acquises simultanément au marégraphe et à la sonde sonore est effectuée de façon à construire un graphique qui porte le nom de *diagramme de Van de Castele* (COI 1985, Martin Miguez et al. 2007). Dans ce diagramme, sont portées en abscisses les différences de hauteur du niveau de la mer obtenues à partir des deux instruments (marégraphe – sonde), et en ordonnées les hauteurs d'eau correspondantes, obtenues à partir de la sonde qui est considérée ici comme étalon. La hauteur fournie par la sonde est obtenue en retranchant la valeur lue au ruban porte-sonde à la hauteur de l'index de lecture (repère N).

La Figure 4 donne le diagramme de Van de Castele obtenu pour le marégraphe de Socoa le 17 mai 2007. La plage de mesure explorée cette journée-là était de 4 mètres (coefficient de marée 102). La précision des écarts en hauteur entre marégraphe et sonde (abscisses) est estimée à 0,0064 m par l'écart-type des 71 valeurs de comparaison. On en déduit à partir du calcul de la moyenne des écarts en hauteur un **décalage de la référence instrumentale du marégraphe** de :

$$(-0,0017 \pm 0,0008) \text{ m par rapport au ZH}$$

Plus intéressant, la forme du diagramme de Van de Castele (Figure 4) indique un marégraphe très juste (ou exact) autour de cette valeur de décalage. Aucune pente (ou facteur d'échelle) n'est visible entre la pleine mer et la basse mer. Aucun cycle d'hystérésis n'est par ailleurs décelable entre la marée montante et la marée descendante.

Si l'on considère la sonde comme un étalon parfait et, par suite, les écarts en hauteur observés entre marégraphe et sonde dus aux seules erreurs du marégraphe, on peut conclure à une mesure individuelle du marégraphe précise à mieux que le centimètre (0,0064 m). L'hypothèse de l'étalon parfait étant optimiste, la précision des mesures individuelles du marégraphe est donc certainement meilleure. Elle se situerait autour de 4-5 mm : de 4 mm si l'on suppose que les lectures à la sonde sont exécutées avec une précision de 5 mm ; et de 5 mm si l'on suppose les erreurs du marégraphe et de la sonde identiques. Dans tous les cas, les erreurs sont supposées aléatoires et indépendantes. On peut donc conclure à un marégraphe dont les performances sont très satisfaisantes, en particulier vis-à-vis des spécifications du programme mondial GLOSS (COI 2006, pp.52).



**Fig.4** : Diagramme de Van de Casteele du marégraphe obtenu pour le marégraphe de Socoa le 17 mai 2007 (les carrés représentent la marée descendante alors que les triangles la marée montante).

## 5. Conclusions

Le principal résultat de cette mission est que le marégraphe radar BM70A de Socoa présente des performances très satisfaisantes en accord avec les spécifications du programme mondial GLOSS. La précision de la mesure de hauteur individuelle est estimée à 4-6 mm. Elle est très juste tout au long de la plage de mesure sans défaut apparent d'hystérésis ou de facteur d'échelle dans le diagramme de Van de Casteele. Les écarts en hauteur observés le 30 mars 2006 par l'équipe de la DDE, rapportés dans la lettre RONIM n°5 (SHOM 2007) ne sont pas observés dans notre expérience. Leur origine pourrait provenir d'une étourderie dans les lectures relevées, dans la méthode de contrôle, ou bien encore dans la comparaison des valeurs.

Les performances du marégraphe radar de Socoa sont comparables à celles des marégraphes de Saint-Malo et du Conquet employant le même type de capteur radar BM70A couplé à un tube en acier inoxydable de 9 cm de diamètre. Cette dernière caractéristique (tube en acier inoxydable) distingue ces marégraphes performants des marégraphes de La Pallice et des Sables d'Olonne dont le capteur radar BM70A opère dans un tube en PVC de 30 cm de diamètre, et où des performances médiocres sont constatées (écarts en hauteur de plusieurs centimètres avec la sonde étalon).

Un deuxième résultat important de cette mission est la stabilité locale des repères de marée dont la hauteur relative n'a pas bougé depuis 2004. Nous donnons également la hauteur du point de référence de l'antenne GPS par rapport au ZH (12,859 m), une information importante dans les applications qui exploitent le couplage des marégraphes avec les stations de géodésie spatiale (GPS, DORIS...).

Lors de notre étude, une question est apparue, qu'il conviendrait d'examiner en détail, c'est celle de la référence des valeurs de niveaux moyens mensuels et annuels de Socoa qui sont diffusées par le service international PSMSL (<http://www.pol.ac.uk/psmsl/>). Cette référence appelée 'RLR' est donnée à 9,9 mètres sous un repère A (1976) que nous n'avons pas réussi à identifier. Voir la page web du PSMSL : <http://www.pol.ac.uk/psmsl/pubi/docu/psmsl/190141.docu>

Enfin, nous recommandons l'installation d'une échelle de marée de type SHOM à la place de l'actuelle échelle de la DDE qui est difficile à lire en raison de ses graduations peu adaptées à une lecture précise et rapide.

## Remerciements

Nous remercions Alain Roudil pour son accueil chaleureux, et la confiance qu'il nous a portés en nous permettant d'effectuer les mesures le jour de plus grand coefficient de marée, à savoir le jeudi de l'Ascension.

## Références bibliographiques

Beilin J. (2006). Réseau GPS Permanent, station de Socoa (SCOA) – Sauvegarde régionale ; mise en référence RGF93 ; rattachement topométrique. Compte Rendu IGN, CR/G 203.

COI (1985). Manuel sur la mesure et l'interprétation du niveau de la mer. Commission Océanographique Intergouvernementale, Manuels et guides No. 14, Vol. I (version en français), 83 pp.

COI (2006). Manual on sea level measurement and interpretation. Commission Océanographique Intergouvernementale, Manuals and guides No. 14, Vol. IV: An update to 2006, 80 pp.

IGN (2006). Fiche signalétique de nivellement du repère O.A.K3L3 - 4-II accessible en ligne : [ftp://arethuse.ign.fr/pub/Serv\\_BDG/Nivellement/Metropole/](ftp://arethuse.ign.fr/pub/Serv_BDG/Nivellement/Metropole/(fichier%20niv1244.pdf)) (fichier "niv1244.pdf").

IGN (2006). Fichier descriptif de type 'sitelog' de l'IGS du 4 janvier 2006 de la station GPS de Socoa / Saint Jean-de-Luz (acronyme SCOA).

Martin Miguez B., R. Le Roy, G. Wöppelmann (2007). The use of radar tide gauges to measure variations in sea level along the French coast. *Journal of Coastal Research*, doi:10.2112/06-0787.

SHOM (2004). Fiche d'Observatoire de Marée de Socoa. SHOM, 15 Novembre 2004. Accessible en ligne : [http://www.shom.fr/fr\\_page/fr\\_act\\_oceano/maree/ronim\\_f.htm](http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_oceano/maree/ronim_f.htm).

SHOM (2006). Annuaire des marées 2007 – Ports de France. SHOM, Tome 1, Octobre 2005.

SHOM (2007). Performance du réseau en 2006. SHOM, La lettre de RONIM No. 5, Mars 2007.

## Annexe 1 : Fiche descriptive de station (SONEL, Mai 2007)

Source : Serveur FTP de SONEL ftp.sonel.org (dans pub/meta/tglog/)

<b>Gauge general information</b>	
Port name	SOCOA / SAINT-JEAN-DE-LUZ
Responsible authority	SHOM
Point of contact	<a href="mailto:ronim@shom.fr">ronim@shom.fr</a>
Latitude	43°23,8' N
Longitude	001°40,9' W
Gauge committed to GLOSS	No
Gauge manufacturer	ELTA ( <a href="http://www.elta.fr">www.elta.fr</a> )
Type of sensor	Radar gauge Krohne BM70A
Sensor serial number	
Date of installation	2004-05-05
In situ frequency control	2 years
Other sensors	Pressure sensor (Vaisala PTB 210-A)
<b>Sea level data</b>	
Sample interval	10 min computed from 2 min averaging 1 hour computed from smoothing of 10 min levels
Length of record	34 years
First year of recording	1942 (continuous record since 1964, no data between 1996 and 2004)
Monthly and annual MSL supplied to PSMSL	Yes. PSMSL Id = 190141
Data reference	Chart Datum
Data accuracy	± 10 mm
Data latency	1 week for 10-min data 3 months for hourly data
Quality assurance	Once a week : artefact and spikes corrections, mean levels drawing once a month : comparison between observation and prediction
Meteorological data	Atmospheric pressure
Real time data supply	No
<b>Levelling and geodetic information</b>	
Levelling frequency	5 years
Chart Datum / IGN 69	2,171 m
Primary TGBM description	Repère IGN n° NGF Oa.K313.4.II, rivet scellé sur le socle du calvaire situé sur la digue du marégraphe de Socoa à Ciboure.
Primary TGBM / Chart Datum	7,975 m (Benchmark)
Chart Datum / ITRF	46.647 m (± 1 cm) above GRS80 epoch 2005-348
Permanent GPS	Yes since 2006/004
Distance TG to CGPS	2 m

## Annexe 2 : Extrait de la lettre RONIM n°5 (SHOM 200 7)



### PERFORMANCE DU RESEAU EN 2006 : DES PARTENAIRES IMPLIQUES

**Les contrôles semestriels des marégraphes permettent le suivi des instruments et garantissent la satisfaction des besoins des clients du réseau. Ces contrôles sont réalisés par les partenaires locaux conformément aux conventions établies, ils sont exploités par le gestionnaire RONIM.**

Le résultat du contrôle le plus récent reçu par le SHOM depuis l'année 2006 est présenté dans le tableau ci-dessous. Seuls 14 partenaires locaux sur 26 ports y sont représentés en 2006 :

Port	Dernier contrôle	Partenaire effectuant le contrôle	Basse Mer (*)	Pleine Mer (**)
ILE ROYALE	01/02/2007	DDE Guyane	/	0,8 / 0,1
POINTE-A-PITRE	27/12/2006	Météo-France (Guadeloupe)	-0,6 / 0,1	-0,3 / 0,2
ARCACHON	07/11/2006	DDE – Subdivision d'Arcachon	-0,7 / 0,4	2,4 / 0,1
LE CROUESTY	07/11/2006	Météo-France (Morbihan)	/	0,3 / 0,7
FORT DE FRANCE	03/11/2006	Météo-France (Martinique)	-0,1 / 0,3	0,1 / 0,2
LE CONQUET	11/09/2006	SHOM - Etablissement principal	/	0,3 / 0,3
POINTE DE GRAVE	11/09/2006	Port Autonome de Bordeaux	5,2 / 0,6	0,7 / 0,6
CONCARNEAU (**)	07/09/2006	DDE – Subdivision de Concarneau	0,15 / 6	-2,3 / 3,2
BOULOGNE	11/07/2006	Service Maritime de Boulogne-sur-Mer et Calais	2,1 / 1	3,5 / 0,8
TOULON	09/06/2006	SHOM – Base Océanographique Méditerranée	1,5 / 0,4	1,8 / 0,2
BREST	19/05/2006	SHOM - Etablissement principal	0,5 / 0,3	0,3 / 1,2
CALAIS	10/05/2006	Service Maritime de Boulogne-sur-Mer et Calais	0,2 / 0,8	0,5 / 0,2
CHERBOURG	29/03/2006	Marine Nationale – Base Navale Cherbourg	-1,7 / 1,6	-0,1 / 1,1
SOCOA	30/03/2006	Conseil Général des Pyrénées Atlantiques	8,2 / 0,4	3,4 / 1,5

(\*) Ecart moyen entre la hauteur d'eau calculée à partir de la mesure de tirant d'air à la sonde lumineuse et la hauteur d'eau du marégraphe en cm / Ecart-type des écarts

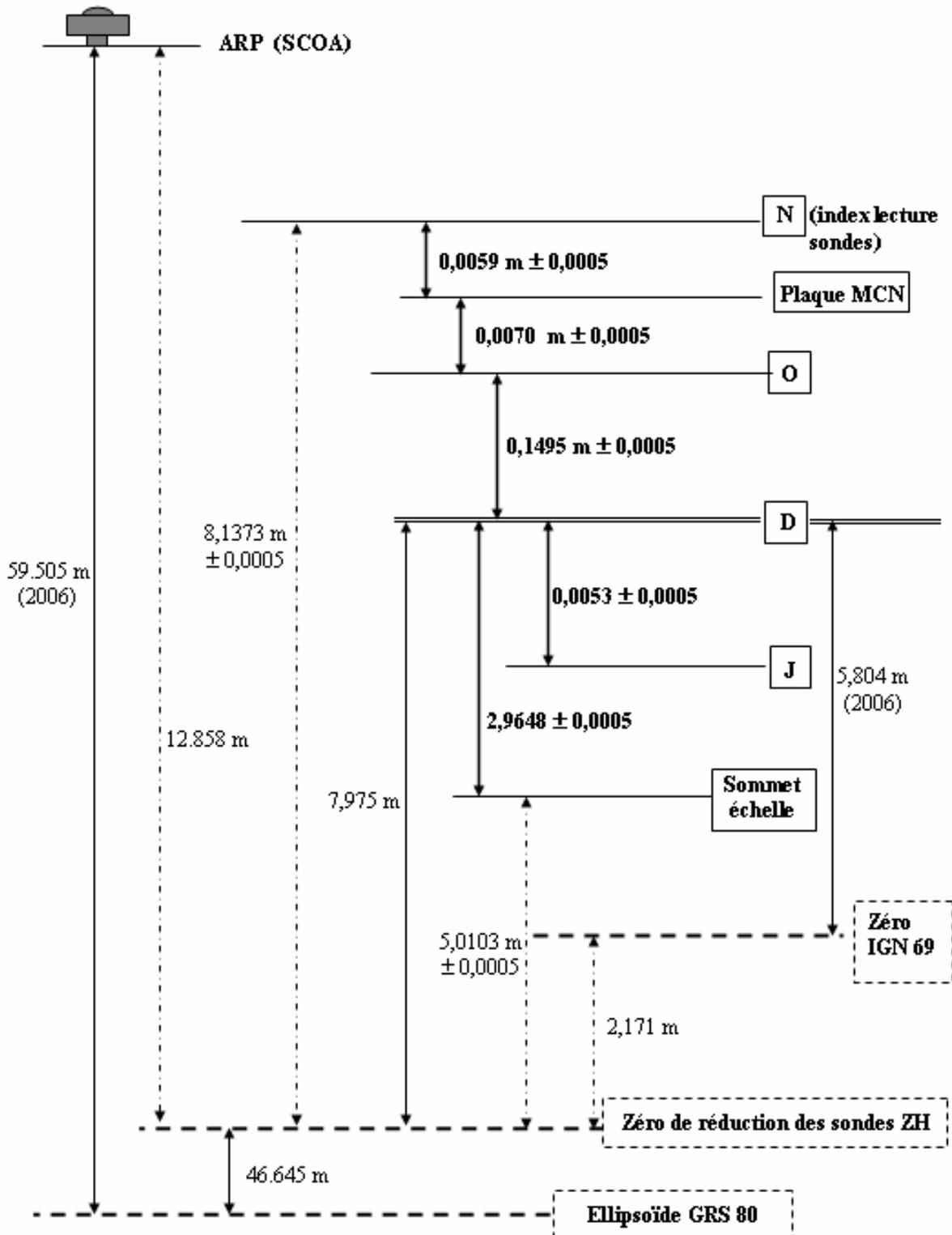
(\*\*) Suite à ces contrôles, le capteur acoustique a été remplacé par un capteur radar Optiflex en novembre 2006.

En complément de ces résultats les missions hydro-océanographiques du SHOM et nos partenaires de l'Université de La Rochelle ont effectué des contrôles supplémentaires sur les marégraphes du réseau.

### Annexe 3 : Détail des lectures de nivellement

COUPS ARRIERE ( 1/10 mm)			COUPS AVANT (1/10 mm)			Niveau leica NA2 SONEL n°5427060, Mire invar de 3m SONEL n°022004				
Différences stadimétriques	Lecture ech. I - fil niveleur - fil inférieur	Lecture ech. II - fil supérieur - fil niveleur	Lecture ech. I - fil niveleur - fil inférieur	Lecture ech. II - fil supérieur - fil niveleur	Différences stadimétriques	Points nivelés		Dénivelés		
	Repérage						Ech. I	Ech. II		
17/05/2007 Vent modéré + embruns + crachin; Opérateur : P.TIPHANEAU, Porte-mire : J.F BREILH										
166	11231	41552	9738	40096	204	D	---->	O	1493	1494
166	11065	41386	9532	39892	206					
176	5080	35410	5010	5214	-29950	O	---->	Plaque PVC support BM 70A	70	70
175	4905	35234	4805	35164	205					
165	4734	35053	4605	4814	-29945	O	---->	N	129	129
166	4568	34888	4397	34759	208					
170	4174	34499	5670	35981	157	O	---->	D	-1496	-1495
171	4003	34329	5508	35824	162					
880	8576	39610	17041	48215	1019					
880	7696	38730	16026	47196	1015	D	---->	Cr1	-8465	-8466
300	5649	36103	26832		-56984					
301	5348	35803		56984	26832	Cr1	---->	Echelle 5m	-21183	-21181
825	14412	45393	16659	47920	1105					
828	13584	44568	15553	46815	1106	Cr1	---->	Cr2	-2247	-2247
1250	17116	48521	6427	38015	1434					
1250	15866	47271	4990	36581	1437	cr2	---->	J	10689	10690
1688	5057	36900	13905	46438	2378					
1685	3372	35212	11522	44060	2383	J	---->	Cr7	-8848	-8848
1059	16631	47845	7753	39289	1381					
1060	15571	46786	6370	37908	1383	Cr7	---->	D	8878	8878

### Annexe 4 : Cotes des repères et références de hauteur





## Annexe 6 : Tableau des mesures d'étalonnage du marégraphe

Le tableau suivant présente les valeurs telles qu'elles ont été saisies sur place pendant l'opération d'étalonnage :

- « Heure TU+0 » : valeur donnée par le garde temps ;
- « Sonde » : mesure au ruban de la sonde ;
- « Opérateur » : personne qui a fait la lecture au ruban de la sonde ;
- « Commentaire » : des lectures ont pu être réalisées à l'échelle qui se trouvait à proximité ;
- « MCN » : valeur affichée sur la centrale Elta ;
- « Résultat sonde » : calcul de la différence de hauteur de l'index moins la mesure au ruban ;
- « Ecart » : différence des hauteurs d'eau affichée par le MCN et calculée pour la sonde.

Heure TU	Sonde (m)	Opérateur	Echelle DDE	MCN (m)	Résultat sonde (m)	Ecart (m)
4:00	3,812	Pascal		4,317	4,324	0,007
4:10	3,862	Jeff		4,266	4,274	0,008
4:20	3,945	Jeff		4,186	4,191	0,005
4:30	4,011	Pascal		4,11	4,125	0,015
4:40	4,100	Pascal		4,025	4,036	0,011
4:50	4,215	Pascal		3,923	3,921	-0,002
5:00	4,329	Jeff		3,816	3,807	-0,009
5:10	4,437	Pascal		3,691	3,699	0,008
5:20	4,593	Jeff		3,537	3,543	0,006
5:30	4,734	Jeff		3,393	3,402	0,009
5:40	4,872	Pascal		3,256	3,264	0,008
5:50	5,032	Pascal		3,106	3,104	-0,002
6:00	5,241	Jeff		2,89	2,895	0,005
6:10	5,391	Jeff		2,743	2,745	0,002
6:20	5,567	Pascal		2,57	2,569	-0,001
6:30	5,730	Pascal		2,403	2,406	0,003
6:40	5,929	Jeff		2,229	2,207	-0,022
6:50	6,125	Jeff	10s retard	2,021	2,011	-0,010
7:00	6,264	Pascal		1,865	1,872	0,007
7:10	6,468	Pascal		1,668	1,668	0,000
7:20	6,605	Pascal	1,50 +/- 0,05	1,532	1,531	-0,001
7:30	6,747	Jeff	1,35 +/- 0,05	1,383	1,389	0,006
7:40	6,902	Jeff	1,22 +/- 0,03	1,236	1,234	-0,002
7:50	7,022	Pascal	1,05 +/- 0,05	1,109	1,114	0,005
8:00	7,180	Pascal		0,97	0,956	-0,014
8:10	7,284	Pascal		0,854	0,852	-0,002
8:20	7,367	Jeff		0,772	0,769	-0,003
8:30	7,469	Jeff		0,675	0,667	-0,008
8:40	7,545	Pascal		0,587	0,591	0,004
8:50	7,585	Pascal		0,556	0,551	-0,005
9:00	7,634	Jeff		0,502	0,502	0,000
9:10	7,656	Jeff		0,488	0,480	-0,008
9:20	7,661	Pascal		0,473	0,475	0,002
9:40	7,620	Pascal		0,514	0,516	0,002
9:50	7,612	Jeff		0,526	0,524	-0,002
10:00	7,587	Jeff		0,556	0,549	-0,007
10:10	7,520	Jeff		0,612	0,616	0,004

Continue...

Heure TU	Sonde (m)	Opérateur	Echelle DDE	MCN (m)	Résultat sonde (m)	Ecart (m)
10:20	7,449	Guy		0,686	0,687	0,001
10:30	7,338	Guy		0,798	0,798	0,000
10:40	7,300	Guy		0,832	0,836	0,004
10:50	7,169	Jeff		0,962	0,967	0,005
11:00	7,014	Jeff		1,119	1,122	0,003
11:10	6,910	Pascal		1,229	1,226	-0,003
11:20	6,775	Pascal		1,364	1,361	-0,003
11:30	6,618	Pascal		1,513	1,518	0,005
11:40	6,495	Pascal		1,637	1,641	0,004
11:50	6,320	Pascal		1,808	1,816	0,008
12:00	6,161	Pascal		1,967	1,975	0,008
12:10	6,018	Pascal		2,111	2,118	0,007
12:20	5,830	Jeff	2,29 +/- 0,05	2,292	2,306	0,014
12:30	5,684	Guy		2,446	2,452	0,006
12:40	5,520	Guy		2,613	2,616	0,003
12:50	5,352	Guy		2,788	2,784	-0,004
13:00	5,191	Guy		2,942	2,945	0,003
13:10	5,058	Guy		3,074	3,078	0,004
13:20	4,865	Guy		3,26	3,271	0,011
13:30	4,752	Guy		3,385	3,384	-0,001
13:40	4,601	Guy		3,54	3,535	-0,005
13:50	4,490	Guy		3,646	3,646	0,000
14:00	4,334	Guy		3,796	3,802	0,006
14:10	4,223	Guy		3,916	3,913	-0,003
14:20	4,132	Guy		4,005	4,004	-0,001
14:30	4,050	Guy		4,081	4,086	0,005
14:40	3,973	Guy		4,169	4,163	-0,006
14:50	3,872	Guy		4,256	4,264	0,008
15:00	3,838	Guy		4,289	4,298	0,009
15:10	3,780	Guy		4,353	4,356	0,003
15:20	3,765	Guy		4,369	4,371	0,002
15:30	3,733	Guy		4,398	4,403	0,005