



Contrôles du Marégraphe d’Arcachon - Mission du 12 au 15 juin 2018 -

Rédacteurs : E. POIRIER, M. GRAVELLE, C. VELUT, G. WOPPELMANN

Avec relecture de : K. GOBRON, R. LE GALL



Mission de terrain effectuée dans le cadre de SONEl par :

Shom : Séverine Enet, Christian Kervella

IGN : Damien Pesce, Charles Velut

LIENSs : Médéric Gravelle, Etienne Poirier, Guy Wöppelmann

Table des matières

Table des matières	2
Table des figures.....	3
Liste des tableaux.....	3
Listes de diffusion.....	4
1. Introduction.....	5
2. Présentation du marégraphe.....	7
3. Organisation de la mission.....	8
3.1 Contacts pratiques.....	8
3.2 Participants & matériel emporté.....	8
3.3 Echantillonnage – Centrale d’acquisition.....	9
3.4 Instruments déployés.....	10
4. Mesures & Résultats	12
4.1 Nivellement des repères	12
4.2 Etalonnage du marégraphe.....	13
4.2.1 Marégraphe MCN (radar Krohne Optiwave 7300C)	15
4.2.2 Bouées GNSS.....	18
4.3 Caractérisation des instruments par la méthode LS-VCE	21
4.3.1 Utilisation des instruments.....	21
4.3.2 Précision de EPONIM, VEGA, MCN et INSU	21
4.3.3 Biais et facteurs d’échelle de VEGA, MCN et INSU par rapport à la solution combinée	21
5. Reconnaissance GNSS	23
5.1 Station permanente sur la jetée	23
5.1.1 Contact de l’organisme hôte : mairie de la ville d’Arcachon.....	23
5.1.2 Convention d’hébergement.....	23
5.1.3 Implantation.....	23
5.1.4 Monumentation de l’antenne GNSS	24
5.2 Station permanente au phare du Cap Ferret (FERR).....	24
5.2.1 Motivations	24
5.2.2 Inspection du site de FERR.....	24
5.2.3 Propriété de FERR.....	25
5.2.4 Caractéristiques de FERR.....	26
5.2.5 Actions à mener.....	26
Références	27
Annexe 1 : Tableau des mesures d’étalonnage du 14 juin 2018	28
Annexe 2 : Caractéristiques des deux antennes de FERR	30
Annexe 3 : Extrait du Plan Local d’Urbanisme d’Arcachon	31
Annexe 4 : Cotes du mât Leclerc et de la plaque sommitale.....	34
Annexe 5 : Post-traitement GNSS ARCJ.....	36

Table des figures

Figure 1: Série temporelle de la station GNSS FERR issue de la solution ULR6a. Source: SONEL (www.sonel.org)	6
Figure 2: Photos de l'extérieur et l'intérieur du caisson abritant le marégraphe, ainsi que du tube de tranquillisation sous le quai	7
Figure 3 : Station ARCJ sur la bite d'amarrage (à quelques mètres du marégraphe) et ARCM sur le toit de la station marine (à 150 m)	11
Figure 4 : Plan de situation des repères de nivellement	13
Figure 5: Cotes des zéros des instruments déterminés lors de l'opération de nivellement du 14 juin 2018 à Arcachon	14
Figure 6 : Plages d'enregistrements des instruments déployés (Les séries ont été décalées en hauteur pour la lisibilité).....	15
Figure 7: Diagramme de Van de Casteele du marégraphe MCN d'Arcachon-Eyrac le 14 juin 2018, avec la sonde lumineuse comme étalon (N est le nombre de mesures et STD l'écart-type des différences).	16
Figure 8: Diagramme de Van de Casteele du marégraphe MCN d'Arcachon-Eyrac le 14 juin 2018, avec comme étalons le marégraphe EPONIM (à gauche) et le radar mobile VEGA (à droite). (N est le nombre de mesures et STD l'écart-type des différences).....	17
Figure 9: Diagramme de Van de Casteele du marégraphe EPONIM (à gauche) et du marégraphe radar mobile Vega (à droite) en utilisant la sonde comme étalon. (N est le nombre de mesures et STD l'écart-type des différences).....	18
Figure 10 : Micronappe pliée sous l'effet du courant faussant les mesures GNSS	18
Figure 11 : Diagramme de Van de Casteele du MCN en utilisant la bouée INSU comme étalon. (N est le nombre de mesures et STD l'écart-type des différences individuelles)	19
Figure 12 : A gauche avec La cote ARP-niveau de la mer de MICR est à 0.224 m, à droite elle a été corrigée à 0.159 m	20
Figure 13 : Antenne GNSS de type choke-ring sur mât Leclerc de 2 m et cotes su mât	24
Figure 14 : Vue des anciens plots des stations GNSS depuis le sommet du phare	25
Figure 15 : Support du mât inox et antennes GPS bi-fréquences de FERR.....	25
Figure 16 : Façade arrière du récepteur Thalès de FERR.....	26

Liste des tableaux

Tableau 1: Instruments de mesure déployés	11
Tableau 2 : Résultats des nivellements géométriques obtenus (2018) et ceux disponibles dans la Fiche d'Observatoire de Marée (FOM 2014)	12
Tableau 3 : Tableau des différences d'altitudes (référence IGN69) entre les campagnes de nivellement. Les différences statistiquement significatives à 95% sont inscrites en rouge	12
Tableau 4 : Précisions des instruments a posteriori par la méthode LS-VCE.	21
Tableau 5 : Biais et facteurs d'échelle des instruments	22

Listes de diffusion

Extérieure :

Jean-Paul Archer, Services Techniques de la ville d'Arcachon

Ronan Floch, Subdivision Phares et Balises au Verdon

Au laboratoire de Recherche EPOC : Bruno Castelle , Frédéric Frappart, Benoît Gouilleux, Bertrand Lubac, Vincent Marieu, Francis Prince

Interne (équipes SONEL) :

Au Shom : V. Donato, S. Enet, R. Le Gall, C. Kervella, P. Lurton, N. Pouvreau, P. Velut

A l'IGN : T. Donal, B. Garayt, T. Person, D. Pesce, C. Velut

Au LIENSs : M. Gravelle, E. Poirier, E. Prouteau, G. Wöppelmann

Au LEGOS : L. Testut

1. Introduction

Le service d'observation SONEL, qui fournit des données depuis 2002, est labellisé Service National d'Observation de l'INSU depuis 2011. Regroupant entre autres le Shom, l'IGN et le LIENSs, il est animé par l'objectif commun de diffuser des informations de niveau de la mer de haute qualité métrologique. Pour atteindre ce but il est nécessaire d'organiser des missions de contrôle afin de déceler d'éventuels dysfonctionnements qui pourraient altérer la qualité des mesures.

L'objectif principal de la mission du 12-15 juin 2018 était le contrôle exhaustif du marégraphe d'Arcachon, situé sur la jetée d'Eyrac, tel qu'il est recommandé de le réaliser au minimum tous les trois ans pour les marégraphes du réseau RONIM [Lannuzel, 2011]. Cela comprend notamment des opérations de :

- Contrôle de la stabilité locale du site par nivellement de précision des repères de l'observatoire de marée, incluant l'antenne de la station GNSS permanente ;
- Calage du marégraphe par rapport au zéro hydrographique ;
- Vérification métrologique du marégraphe (test de Van de Casteele).

L'intérêt de ces opérations est démontré par ailleurs, en particulier le test de Van de Casteele (VdC), suite aux études menées par le Shom lors de la rénovation du réseau RONIM par des capteurs radar [Martin Miguez *et al.*, 2008]. Ces opérations concourent à assurer la qualité des observations en accord avec les standards internationaux du programme mondial GLOSS de la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI) de l'UNESCO [COI, 2012].

Le marégraphe d'Arcachon a également été choisi pour cette mission suite aux échanges avec des collègues du laboratoire EPOC de l'Université de Bordeaux qui déploraient l'absence de station GNSS permanente dans la région du bassin d'Arcachon suite à l'arrêt de la diffusion des données de la station FERR située sur le phare du Cap Ferret. L'intérêt de la mission était alors d'étudier dans quelle mesure il serait possible de ré-instrumenter le site pour reprendre et étendre la série temporelle de presque sept ans (Figure 1), et d'effectuer une reconnaissance en vue d'une installation d'une nouvelle station GNSS permanente sur le site de marégraphe. Cette mission se fait donc aussi dans le cadre du projet DISA soutenu par la Région Nouvelle Aquitaine.

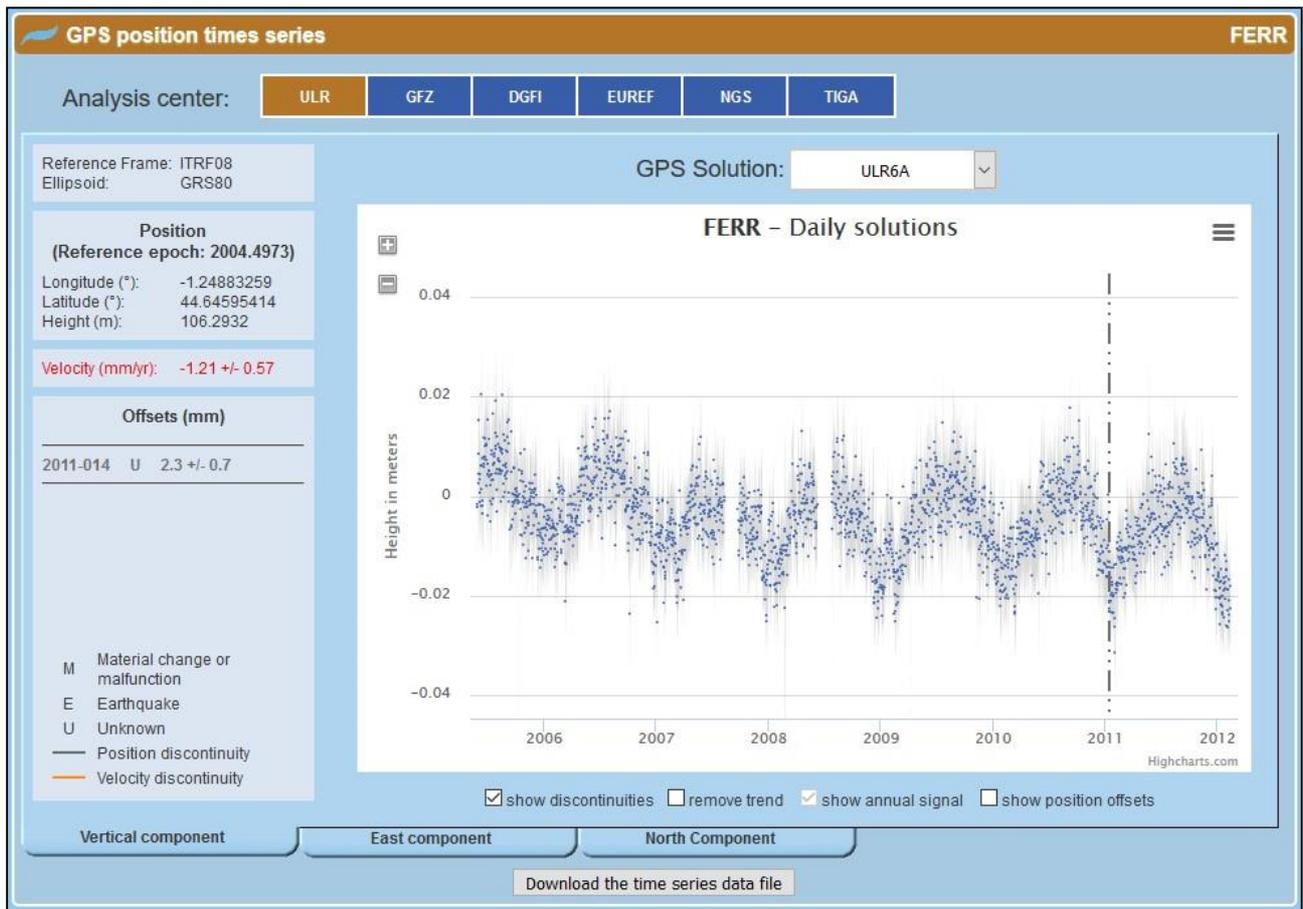


Figure 1: Série temporelle de la station GNSS FERR issue de la solution ULR6a. Source: SONEL (www.sonel.org)

2. Présentation du marégraphe

Des observations marégraphiques existent à Arcachon depuis 1967, mais la série temporelle actuellement disponible n'est réellement complète (sans lacunes importantes) qu'à partir de 2001 suite à l'installation d'un marégraphe RONIM sur la jetée Eyrac. Cependant, *Pouvreau* [2008] signale l'existence de 76 années d'observations plus anciennes entre 1892 et 1967, mais au format papier. Le Shom travaille actuellement à la numérisation de nombreux marégrammes français et il est fort à parier que les données anciennes d'Arcachon seront bientôt accessibles à la communauté.

Le marégraphe RONIM désigné MCN (Marégraphe Côtier Numérique) dans la suite du document est situé à l'Est de l'extrémité de la jetée Eyrac, dans un caisson placé dans un renforcement du quai (Figure 2). Depuis sa modernisation en février 2010, il est équipé d'un capteur radar Optiwave 7300C (22 21 1 – 4730020004 – S/N Shom 06012009T00209) dont l'onde se propage dans un tube en acier inoxydable de diamètre 9 cm, et d'une centrale d'acquisition MARELTA (Figure 2). Il est à noter que le tube de tranquillisation métallique se trouve lui-même dans un tube PVC de diamètre plus grand de l'ordre de 50 cm qui constitue l'enveloppe externe du dispositif.

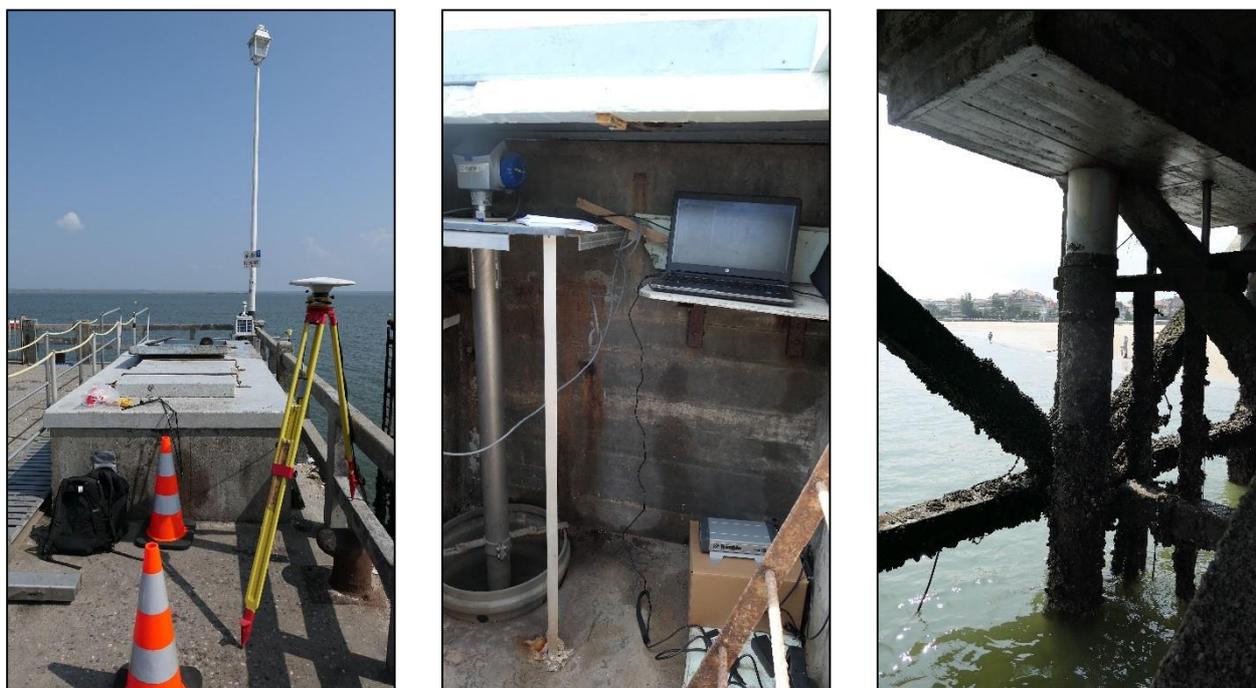


Figure 2: Photos de l'extérieur et l'intérieur du caisson abritant le marégraphe, ainsi que du tube de tranquillisation sous le quai.

Comme tout marégraphe inclus dans le réseau RONIM, il enregistre des observations toutes les 10 minutes ; il s'agit de moyennes de mesures à la seconde sur une période d'intégration de 2 minutes.

Les observations brutes haute fréquence (horaires, 10 min) du marégraphe sont accessibles en ligne sur REFMAR (<http://data.shom.fr/donnees/refmar>), alors que les produits de moyennes journalières, mensuelles et annuelles calculés en accord avec les spécifications internationales le sont sur SONEL (<http://www.sonel.org>). Les observations à la seconde sont quant à elles archivées au CEA. Elles peuvent aussi être ponctuellement archivées au Shom pour des missions comme celle-ci.

3. Organisation de la mission

3.1 Contacts pratiques

- Benoit Guillieux, responsable de la station marine d'Arcachon.

benoit.guillieux@u-bordeaux.fr

Station Marine d'Arcachon
UMR 5805 EPOC CNRS - Université Bordeaux
2 rue du Professeur Jolyet
33120 Arcachon (France)
Tel: +33 (0)5 56 22 39 15
Fax: +33 (0)5 56 83 86 51

- Bertrand Lubac, maître de conférences, laboratoire de Recherche EPOC.

bertrand.lubac@u-bordeaux.fr

Université de Bordeaux
Enseignement : UF Sciences de la Terre et Environnement
Recherche : UMR5805 EPOC-OASU / Equipe METHYS
Bât. B18
Allée Geoffroy St Hilaire
CS50023
33615 Pessac Cedex
France
Tel. +33 (0)5 40 00 88 26
Fax. +33 (0)5 56 84 08 48

- Francis Prince (Commandant du bateau de la flotte INSU 'La Planula').

francis.prince@u-bordeaux.fr

- Enzo, matelot sur 'La Planula'.

3.2 Participants & matériel emporté

Equipe LIENSs (M. Gravelle, E. Poirier, G. Wöppelmann)

- 1 PC pour la saisie des mesures sur fichier Excel au format préétabli.
- 1 Micro-nappe GNSS et le mouillage associé.
- 1 bouée GNSS INSU
- 1 station GNSS mobile (désignée par ARCJ dans la suite) pour stationner sur un repère proche du marégraphe : récepteur Trimble NetR9 (S/N : 5439R49344), antenne Trimble Zephyr Geodetic RoHs TRM57971 (S/N : 1551140840).

- 1 station GNSS mobile (désignée par ARCM dans la suite) pour stationner sur la plateforme située sur le toit de la station marine : récepteur Trimble NetR9 (S/N : 5216K84418), antenne Trimble Zephyr Geodetic RoHs - TRM57971 (S/N : 2612117426).
- 1 sonde lumineuse 20 m Richter n°cofrac 2.1446, étalonnée le 24/03/2019, Certificat K031212-8. N°Shom 06992009T00023.

Equipe Shom (S. Enet, C. Kervella)

- 1 sonde lumineuse de 30M Geotech (S/N : 79703-11). Id Shom 06012011T00089.

Equipe IGN (C. Velut, D. Pesce)

- 1 niveau numérique Leica DNA03 (S/N : 339370)
- 1 mire invar Nedo (S/N : 26321) d'une longueur de XX m
- 1 mire invar Leica Wild GPCL2
- 1 mire INVAR courte BAS10303
N°DMD : S10303, mise en service 24/06/97, type Mesureur
N° constat 180046, vérifié le 15/01/2017, valable jusqu'au 15/01/2018.
- 1 mire INVAR Wild GPCL2 BAS10305
N°DMD : S10305, mise en service 2000, type Mesureur
N° constat 180048, vérifié le 15/01/2018, valable jusqu'au 15/01/2019.
Propriété de l'IGN 9302399

3.3 Echantillonnage – Centrale d'acquisition

La cadence d'archivage de 10 minutes des marégraphes RONIM est suffisante d'un point de vue pratique pour l'exécution des mesures d'étalonnage à la sonde lumineuse. Elle représente près de 75 mesures sur un cycle de marée complet (12h25min.), ce qui commence à devenir intéressant pour tirer des résultats statistiquement significatifs, en particulier sur le calage de la référence du marégraphe.

En revanche, une période d'intégration de 10 secondes conviendrait mieux que 2 min. En effet, cette préférence est motivée par des considérations métrologiques et pratiques. L'objectif est d'apprécier la capacité du marégraphe à mesurer avec précision et fidélité (justesse) la hauteur instantanée du niveau de la mer. Or, 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 peut représenter quelque 2 cm en 2 min. à Arcachon, et peut atteindre 6 cm 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. 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.

3.4 Instruments déployés

<p>Sonde lumineuse Shom</p>	<p>Marque Geotech. Capteur sonore et lumineux au bout d'un ruban gradué. Un son est émis dès que le capteur entre en contact avec l'eau. Utilisée jusqu'à 11:20 TU inclus. Ensuite sonde LIENSs.</p>	
<p>Sonde lumineuse LIENSs</p>	<p>Marque Richter. Utilisée de 11:30 TU inclus à la fin du VdC.</p>	
<p>EAPONIM</p>	<p>Marégraphe autonome portable développé au Shom. Il est muni d'un capteur VEGA PS62, d'une station météo Airmar et d'un capteur GPS intégré pour l'horodatage des mesures.</p>	
<p>Capteur Vega</p>	<p>Capteur Vega PS1.</p>	
<p>Bouée GNSS INSU</p>	<p>Antenne Topcon PGA1+GP, P/N 01-840201-07, S/N 310-1971 Récepteur Topcon GB1000 S/N T225870.</p>	

<p>Micro-nappe GNSS</p>	<p>Antenne Tallysman 33-3870 GNSS TWI3870+GP S/N cache Récepteur GNSS Asterx-M UAS 3008592 ref 410141B1602 GRB00231000AC0701 S/N15273009898</p>	
--------------------------------	--	--

Tableau 1: Instruments de mesure déployés

Pour obtenir des hauteurs d'eau suffisamment précises à partir des observations des bouées GNSS, un post-traitement cinématique différentiel doit être réalisé à l'aide d'une station de base située à proximité. La station permanente la plus proche se situe à Lacanau (≈ 35 km) et elle est donc trop éloignée pour obtenir un post-traitement de qualité adapté à notre expérience. Une station temporaire a donc été installée sur un boulon d'une bite d'amarrage sur la jetée (ARCJ), et une autre, en secours, sur une plate-forme sur le toit de la station marine, à environ 150 mètres du marégraphe (ARCM).

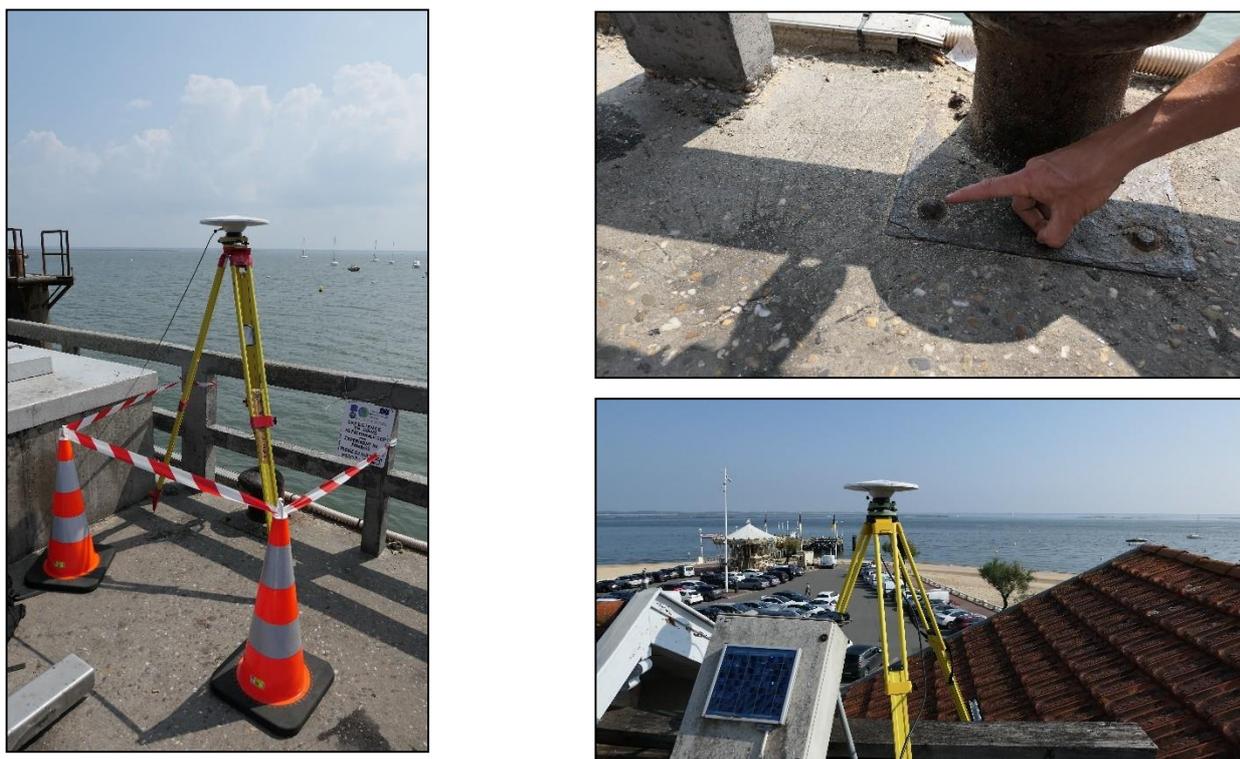


Figure 3 : Station ARCJ sur la bite d'amarrage (à quelques mètres du marégraphe) et ARCM sur le toit de la station marine (à 150 m).

4. Mesures & Résultats

4.1 Nivellement des repères

Le nivellement a été réalisé par l'équipe IGN les 13 et 14 juin. Les résultats sont présentés ci-dessous.

Numéro nivellement	Désignation FOM	Description	Cote zéro Hydro ZRS	Altitude IGN 69	Altitude IGN 69 (FOM 2014)
4	A	IGN O.B.N3 - 69 – hôtel roc repère fondamental (point fixé)	6.518	4.538	4.538 (1982)
101	B	repère de tirant d'air Marégraphe	6.176	4.196 ± 0.001*	4.197
2	C	repère Shom 14541304 à l'entrée de la jetée	5.656	3.677 ± 0.001*	3.676
3	D	IGN O.B.N3 - 274 – institut de biologie marine	6.244	4.264 ± 0.001*	4.263
5	G	IGN O.BN – 26 BIS – théâtre	9.409	7.429 ± 0.001*	NC
7		IGN O.BN – 23 – maison de garde barrière	11.170	9.190 ± 0.001*	9.194

points temporaires					
2000		radar autonome VEGA, point référence i.e zéro instrumental	5.575	3.595 ± 0.002*	3.595
2010		radar EPONIM, point de référence i.e zéro instrumental	6.352	4.372 ± 0.002*	4.372
300		boulon sous l'antenne GNSS	5.696	3.716 ± 0.001*	3.716

Tableau 2 : Résultats des nivellements géométriques obtenus (2018) et ceux disponibles dans la Fiche d'Observatoire de Marée (FOM 2014).

Repères	Campagne 01/10/2002	Campagne 04/03/2014	Campagne 14/06/2018	Différence des altitudes 2014-2002	Différence des altitudes 2018-2014	Différence des altitudes 2018-2002
A	4.538	4.538	4.538	0 [†]	0 [†]	0 [†]
B	4.193	4.197	4.196 ± 0.001	0.004	-0.001	0.003 ± 0.002
C	3.682	3.676	3.677 ± 0.001	-0.006	0	-0.006 ± 0.002
D	4.267	4.263	4.264 ± 0.001	-0.004	0.001	-0.003 ± 0.002
O.BN-26 BIS	ABS	ABS	7.429 ± 0.001	NA	NA	NA
O.BN-23	ABS	9.194	9.190 ± 0.001	NA	-0.004	NA

Tableau 3 : Tableau des différences d'altitudes (référence IGN69) entre les campagnes de nivellement. Les différences statistiquement significatives à 95% sont inscrites en rouge. (ABS : donnée absente / NA : non applicable)

* Les intervalles de confiance à 95% sur les cotes par rapport au ZRS sont les mêmes que pour les altitudes. Ils n'ont pas été écrits par souci de lisibilité. Attention le calcul de ces intervalles de confiance ne prend pas en compte l'incertitude sur l'altitude du point 4.

† L'altitude du point A est fixée dans les calculs.

passés. La hauteur ellipsoïdale (GRS 1980) du repère stationné par la station GNSS ARCJ a été calculé à partir des mesures collectées pendant la mission et vaut 50.491 ± 0.009 m (95%). Elle a été obtenue par post-traitement en utilisant la méthode de double différence avec la station GNSS LCAU située à Lacanau sur 31 heures d'observations. Le logiciel utilisé pour ce calcul est RTKPOST ver.2.4.2. Bien sûr, la hauteur oblique de l'antenne par rapport au repère d'une valeur de 1.642 m a été convertie en hauteur verticale de 1.588 m. La position en coordonnées géographiques obtenue par double différence pour le repère stationné par ARCJ est:

Coordonnées du sommet du boulon de la bite d'amarrage de la jetée (système géodésique RGF93) :

Latitude : $44.66493188^\circ\text{N} \pm 0.003$ m (95%)*

Longitude : $1.16352820^\circ\text{W} \pm 0.005$ m (95%)*

Hauteur Ellipsoïdale : 50.491 ± 0.009 m (95%)*

La station ARCM n'a pas été exploitée car elle était là uniquement en cas de panne de ARCJ.

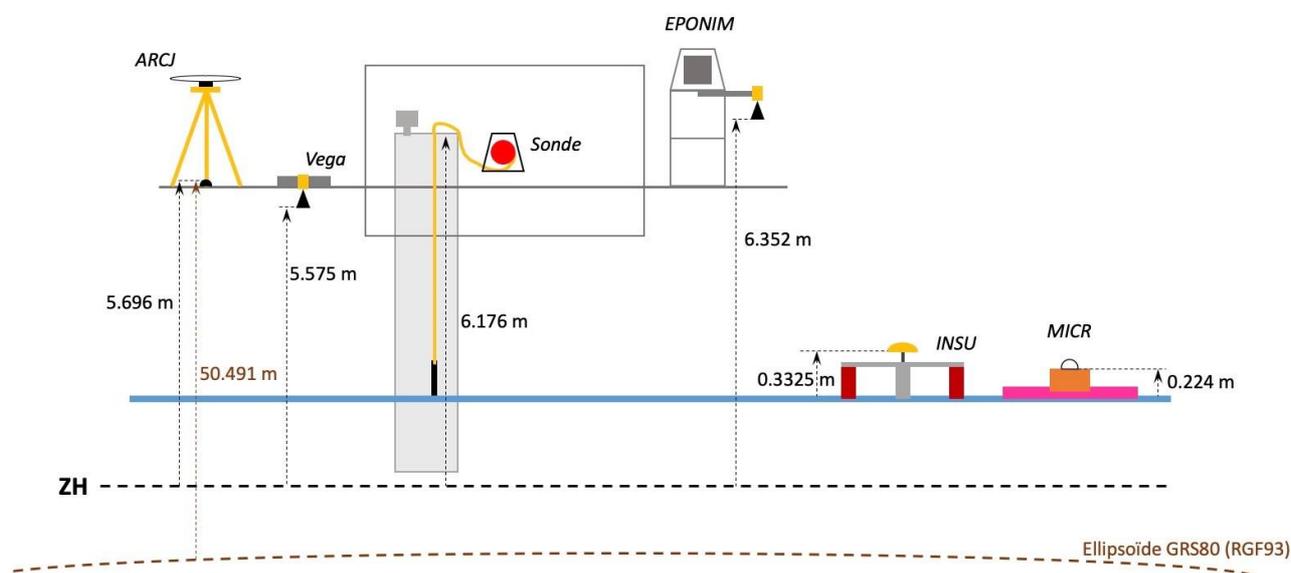


Figure 5: Cotes des zéros des instruments déterminés lors de l'opération de nivellement du 14 juin 2018 à Arcachon

Les observations réalisées par les divers instruments lors de d'étalonnage sont fournies en *Annexe 1 : Tableau des mesures d'étalonnage du 14 juin 2018*. Il s'agit de mesures réalisées dans le puits à la sonde lumineuse simultanément aux mesures du marégraphe RONIM, soit 9 lectures au ruban de la sonde (cadence de 15 secondes pendant 2 minutes) toutes les 10 minutes pendant près d'un cycle de marée (10h50 exactement). L'index où est prise la lecture au ruban porte-sonde a une hauteur de 6.176 m par rapport au zéro hydrographique (Figure 5), cote issue du nivellement de cette expérience.

En parallèle, des mesures à l'extérieur du puits de tranquillisation ont été réalisées à la Micro-nappe GNSS et à la bouée GNSS INSU. L'annexe 5 du rapport de l'étalonnage réalisé à Socoa en 2017 [Poirier et al., 2017] apporte des compléments techniques sur les données issues de ces deux instruments. Ces données apportent une information importante sur le rôle du puits, s'il introduit un retard ou un amortissement aux mesures du marégraphe MCN. Par ailleurs, deux marégraphe

* L'erreur formelle étant trop optimiste car nous avons 106447 positions GNSS et ne prenant pas en compte les biais, nous optons pour l'écart type des mesures individuelles pour estimer l'erreur sur la moyenne des hauteurs ellipsoïdales.

radar Vega ont temporairement été déployés à l'extérieur du puits (Vega PS61 et Vega PS62, ce dernier étant désigné par EPONIM dans Figure 5 Figure 8 et 9).

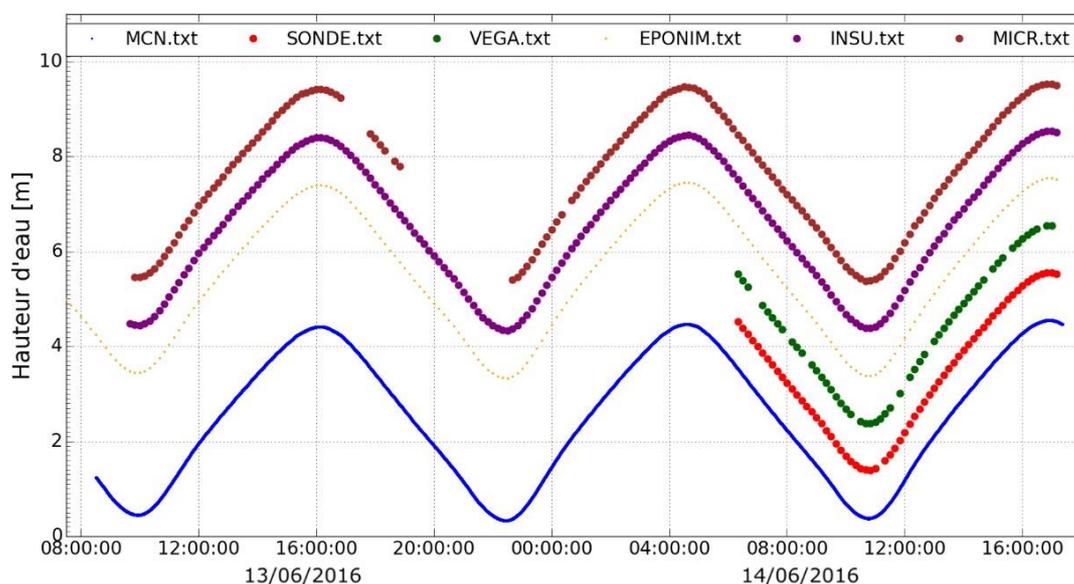


Figure 6 : Plages d'enregistrements des instruments déployés (Les séries ont été décalées en hauteur pour la lisibilité).

4.2.1 Marégraphe MCN (radar Krohne Optiwave 7300C)

L'exploitation des mesures d'étalonnage acquises simultanément au marégraphe et à la sonde est réalisée de façon à construire un graphique qui porte le nom de diagramme de Van de Casteele (VdC). 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 (6.176 m, Figure 5).

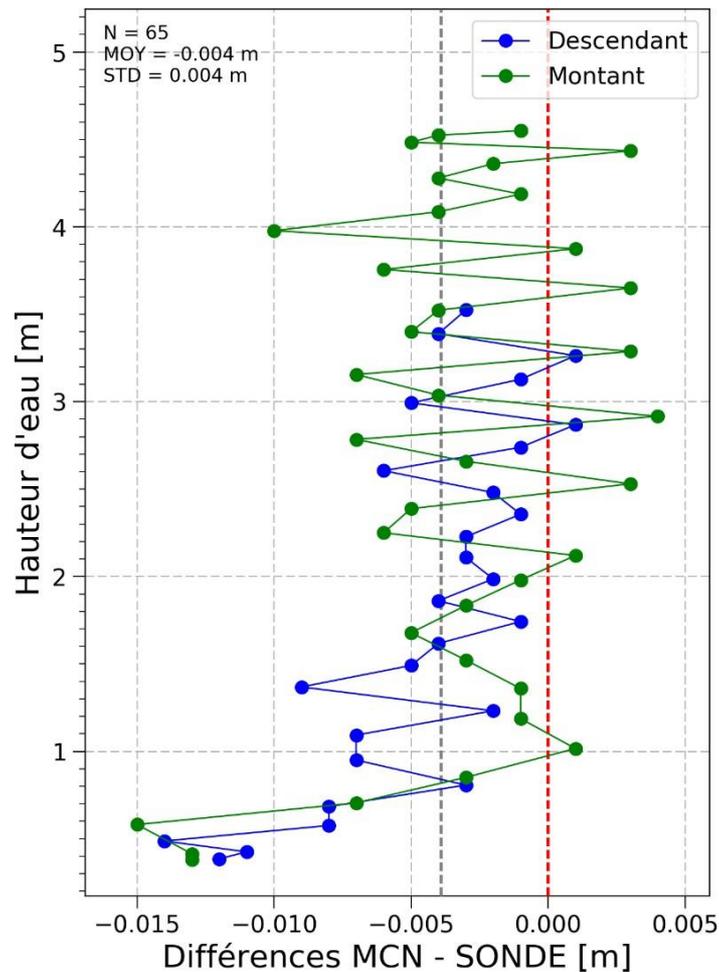


Figure 7: Diagramme de Van de Casteele du marégraphe MCN d'Arcachon-Eyrac le 14 juin 2018, avec la sonde lumineuse comme étalon (N est le nombre de mesures et STD l'écart-type des différences).

La Figure 7 fournit le diagramme de Van de Casteele obtenu pour le marégraphe MCN (Optiwave 7300C) le 14 juin 2018 avec la sonde lumineuse comme étalon. La plage de hauteurs d'eau explorée cette journée-là était de près de 4.20 mètres (coefficient de marée 101) avec 65 lectures à la sonde. La moyenne de la série MCN-Sonde est de -0.004 m et l'écart-type de la série est de 0.004 m. Cela signifie que chaque valeur individuelle de la série est précise à ± 0.004 m, et que la valeur moyenne de la série est précise à $\pm \sigma/\sqrt{n}$, c'est à dire $0.004/\sqrt{65} \approx 0.0005$ m donc ± 0.0005 m. C'est ce que l'on appelle aussi l'écart-type sur la valeur moyenne, parfois aussi l'erreur moyenne. Avec un niveau de confiance à 95% en supposant les erreurs aléatoires suivant une distribution normale et les erreurs systématiques négligeables, il vaut $1.96 \times 0.0005 \approx 0.001$ m.

Le biais du marégraphe MCN sur la valeur de hauteur d'eau mesurée lors de cette expérience est au plus de $-0.004 \pm 0.001^*$ m (niveau de confiance de 95%), ce qui est satisfaisant.

Les hauteurs d'eau par rapport au ZH fournies par le MCN sont donc plus petites d'environ 4 millimètres par rapport à la réalité indiquée par la sonde, par conséquent la référence instrumentale du MCN est légèrement au-dessus de celle de la sonde.

Un phénomène de facteur d'échelle semble se dessiner dès lors que le niveau de la mer est inférieur à 1 mètre (Figure 7). En effet, sous ce niveau, les différences MCN-Sonde atteignent -0.015 m, ce qui

* La sonde est considérée comme parfaite. L'erreur systématique introduite par le nivellement de l'index n'est pas prise en compte.

signifie que la valeur renseignée par le MCN était plus petite d'1.5 centimètre par rapport à la réalité (valeurs données par la sonde). Il est à noter que ce phénomène est observé à la fois à marée montante et descendante, et qu'il n'aurait peut-être pas pu être mesuré si l'expérience d'étalonnage avait eu lieu lors de coefficients de marée moins importants.

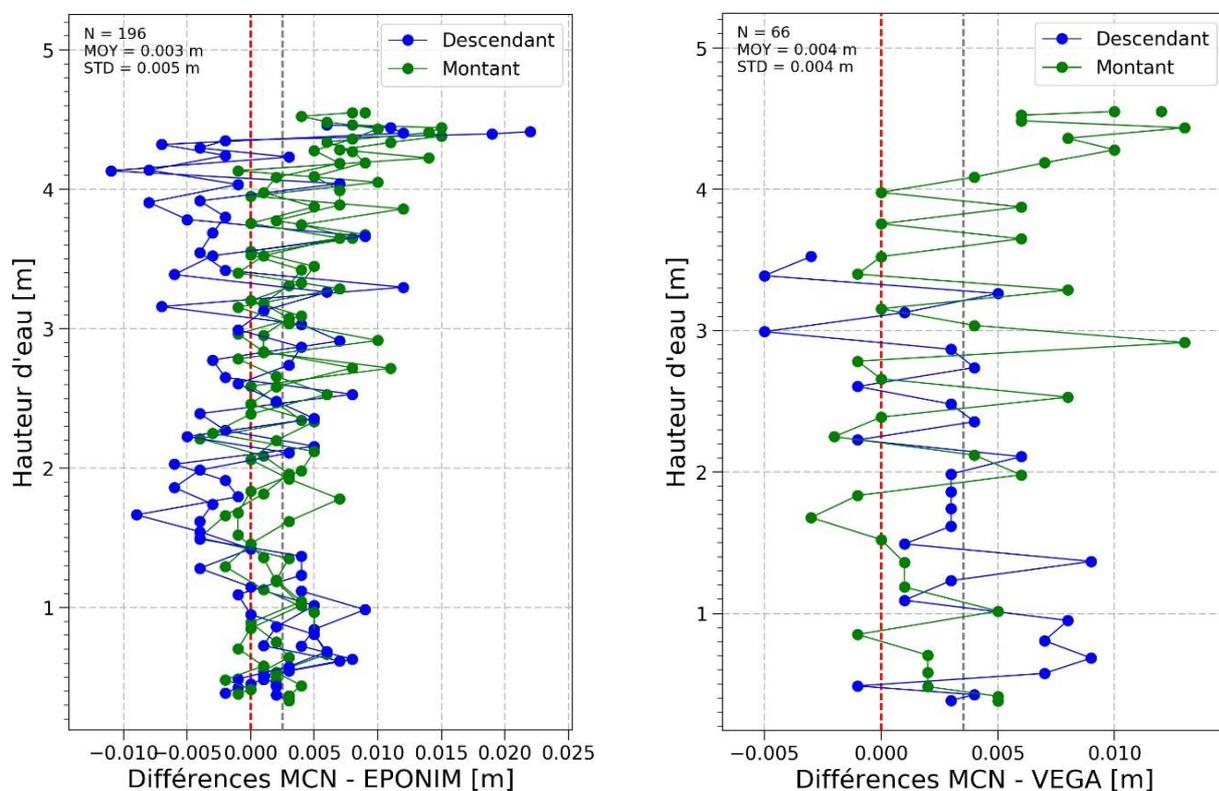


Figure 8: Diagramme de Van de Casteele du marégraphe MCN d'Arcachon-Eyrac le 14 juin 2018, avec comme étalons le marégraphe EPONIM (à gauche) et le radar mobile VEGA (à droite). (N est le nombre de mesures et STD l'écart-type des différences)

Les diagrammes de Van de Casteele utilisant un étalon à l'extérieur du puits (Figure 8) permettent d'observer deux choses : tout d'abord, l'absence de facteur d'échelle et de biais entre la référence du MCN et de l'étalon extérieur ($0.003 \pm 0.0007^*$ m (95%) avec EPONIM comme étalon) nous indique que **le puits n'a pas d'impact sur le niveau d'eau par rapport à l'extérieur.**

De plus, on peut donc supposer que **le phénomène de facteur d'échelle observé sous la cote 1 mètre en utilisant la sonde comme étalon serait finalement un problème dans les mesures à la sonde.** Ceci se confirme avec la Figure 9 qui montre la présence de ce phénomène sur les diagrammes de Van de Casteele entre la sonde et les deux capteurs radar à l'extérieur du puits. Dans ce cas le fait d'avoir déployé d'autres marégraphes pendant l'étalonnage à la sonde a permis de mettre en évidence un défaut de l'étalon principal. Cette question de disposer de plusieurs instruments de comparaison sera développée en Section 4.2.

* L'incertitude sur le nivellement du radar EPONIM n'est pas prise en compte dans cet intervalle de confiance.

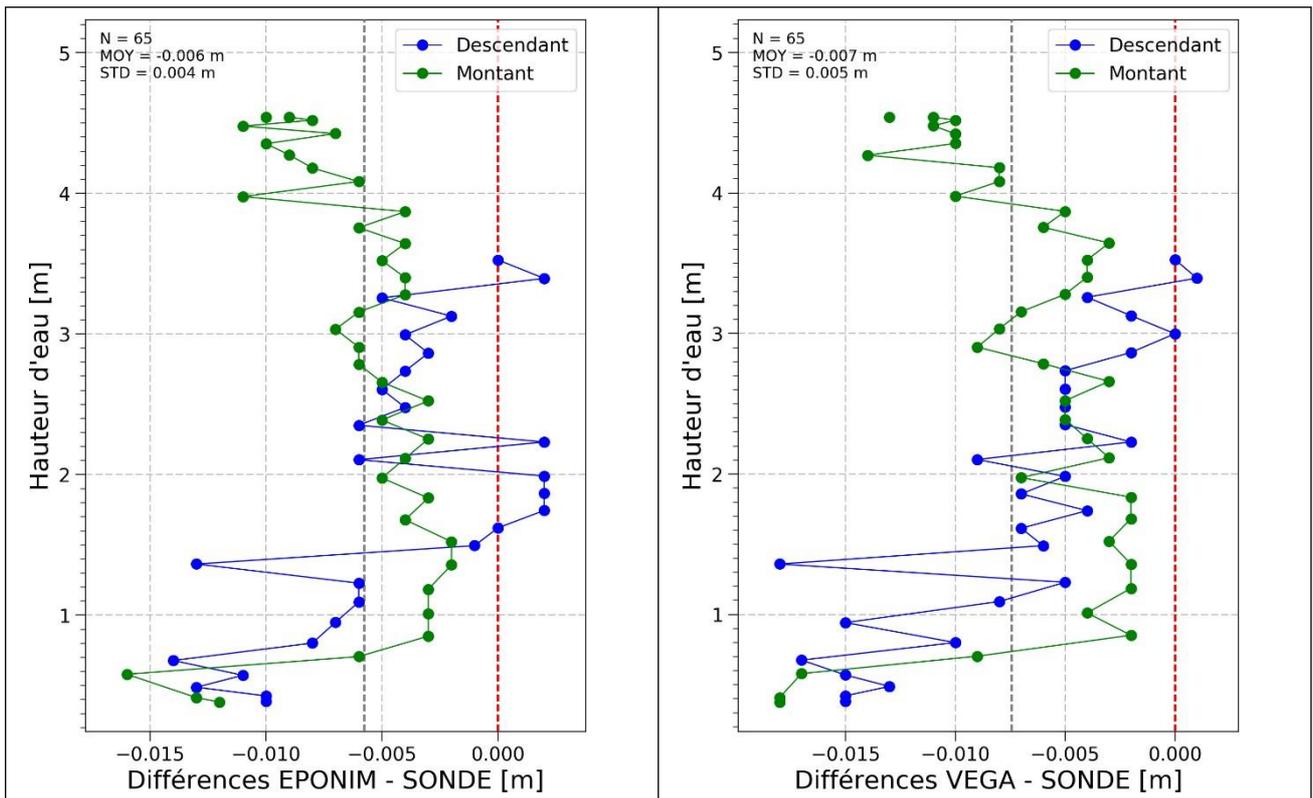


Figure 9: Diagramme de Van de Castele du marégraphe EPONIM (à gauche) et du marégraphe radar mobile Vega (à droite) en utilisant la sonde comme étalon. (N est le nombre de mesures et STD l'écart-type des différences)

4.2.2 Bouées GNSS

Comme cela avait déjà été le cas lors de missions précédentes (Aix 2017, Aix 2016), la micronappe GNSS s'est repliée sur elle-même (Figure 10) sous l'effet du courant dans la nuit du 13 au 14 juin, entraînant une modification de la hauteur d'antenne. Il a donc été décidé de ne pas utiliser cet instrument comme étalon pour évaluer les performances du marégraphe MCN. C'est la bouée INSU qui a été choisie, entre autres grâce à son bon comportement à la mer.



Figure 10 : Micronappe pliée sous l'effet du courant faussant les mesures GNSS.

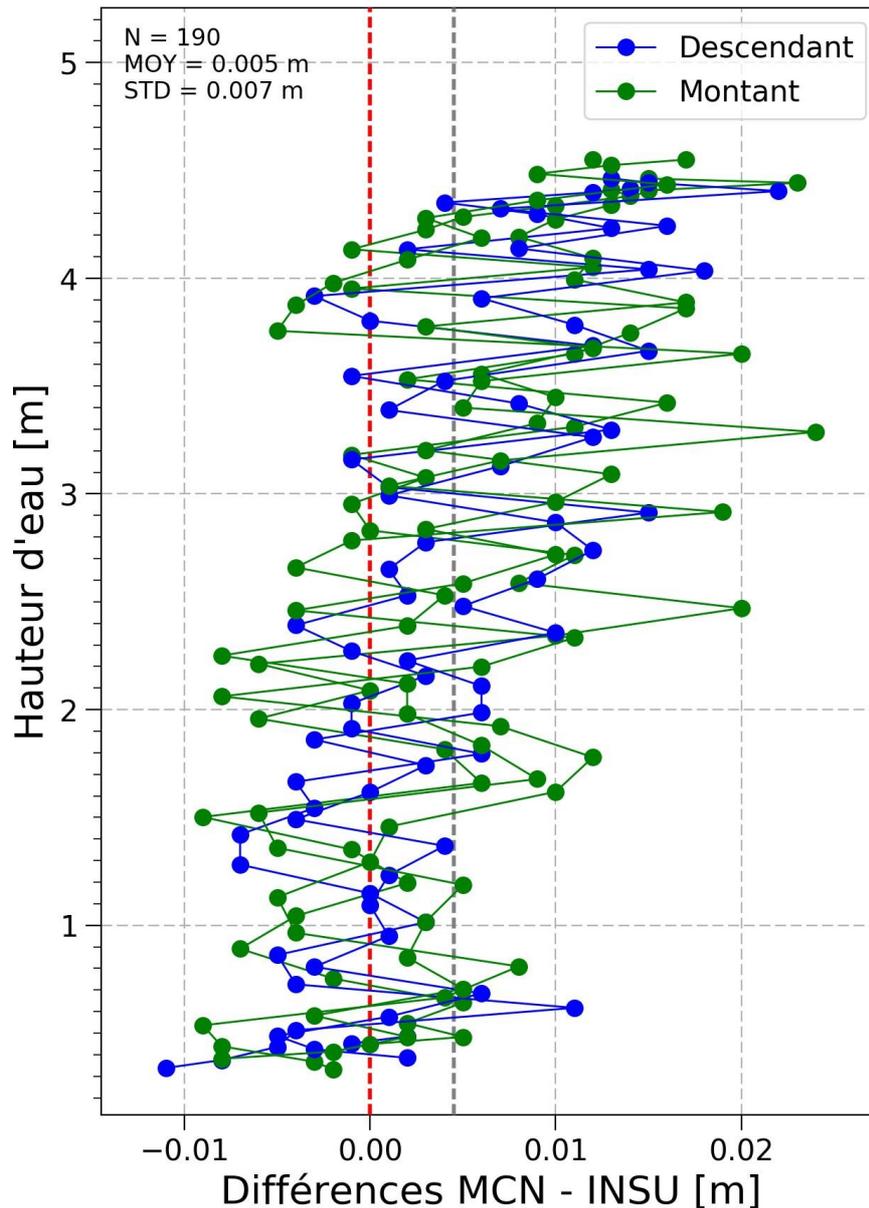


Figure 11 : Diagramme de Van de Casteele du MCN en utilisant la bouée INSU comme étalon. (N est le nombre de mesures et STD l'écart-type des différences individuelles)

Le graphique de la Figure 11 indique un facteur d'échelle entre le MCN et la bouée INSU. Cela ne peut pas être lié au puits car il n'induit aucun déphasage aux mesures comme le montrent les différentes comparaisons plus en amont (Figures 7 à 9).

Comme lors des expériences à l'île d'Aix, il convient de se poser la question de la co-localisation des instruments. En effet EPONIM, VEGA, MCN et SONDE peuvent être considérés comme co-localisés dans leur mesure du niveau de la mer car ils se trouvent à quelques mètres les uns des autres. Par contre la bouée INSU, elle, est plus éloignée et subit peut-être l'effet de la topographie dynamique du niveau de la mer liée à des courants.

Cependant la bouée INSU montre d'excellents résultats à basse mer avec un biais moyen de 5 mm avec le MCN ce qui est très bon si l'on considère l'ensemble des mesures. De plus, la série de la bouée INSU est beaucoup moins bruitée que celle de la micronappe ce qui peut s'expliquer par la différence de qualité des antennes GNSS et la meilleure stabilité à la mer de 'INSU'.

Considérant que la micronappe et la bouée INSU sont co-localisées, nous avons confronté les données de la micronappe avec celles de la bouée INSU que les analyses précédentes suggèrent d'utiliser juste à basse mer (Figure 11, cf. aussi Section 4.2) afin de quantifier le biais potentiel de la micronappe.

En faisant une différence MICR-INSU sur les périodes d'étales de pleine mer et de basse mer où la micronappe devait être bien horizontale (pas de courant) on obtient un biais de **MICR – INSU = - 65 mm**. Donc la micronappe sous-estime le niveau de l'eau de cette valeur. On en déduit que la cote ARP de l'antenne de la micronappe par rapport au niveau de la mer est de $0.224 - 0.065 = 0.159$ mm. Ceci peut expliquer le **biais de -50 mm** qui avait été trouvé lors de l'étalonnage effectué à Socca [Poirier et al., 2017].

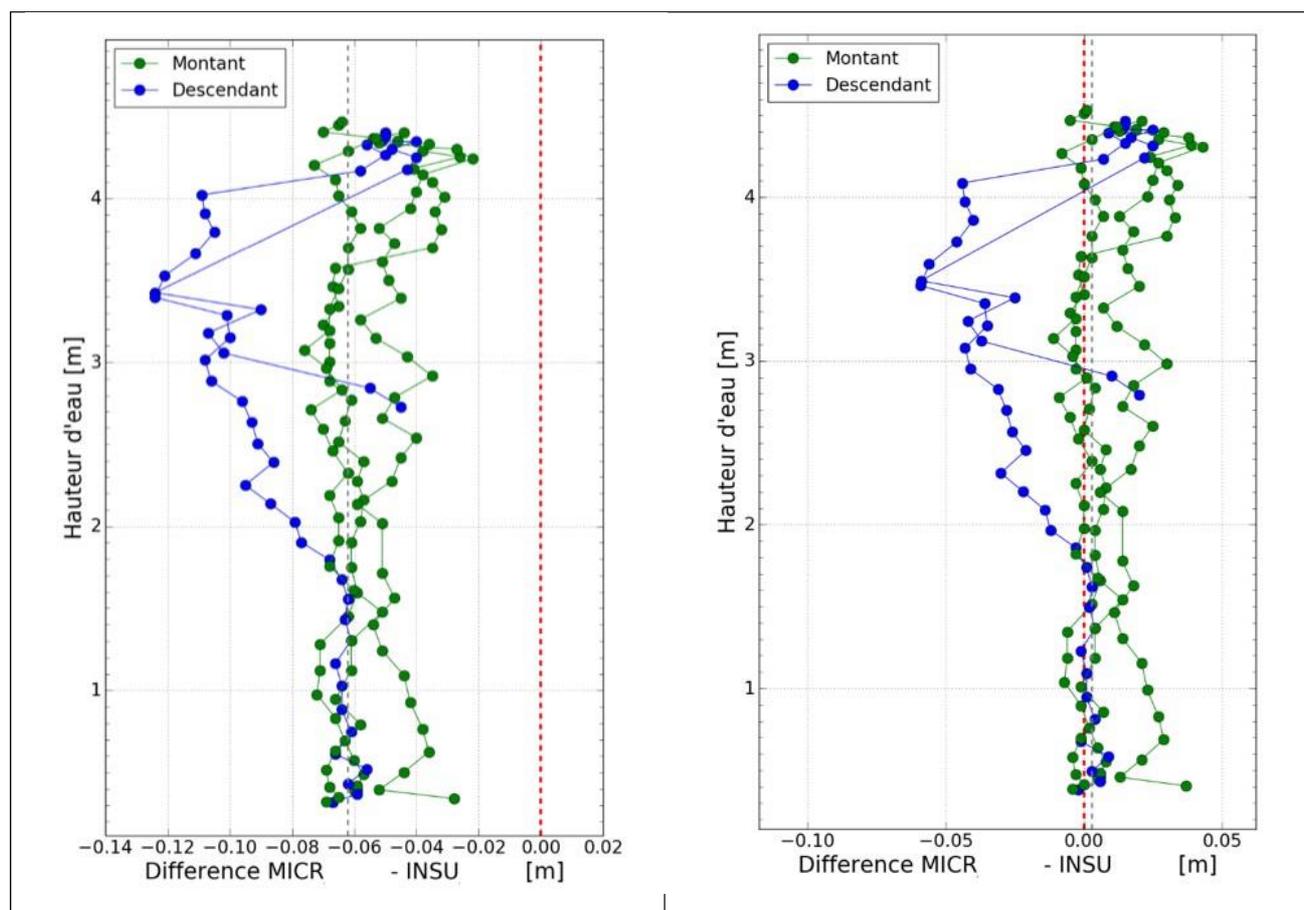


Figure 12 : A gauche avec La cote ARP-niveau de la mer de MICR est à 0.224 m, à droite elle a été corrigée à 0.159 m

4.3 Caractérisation des instruments par la méthode LS-VCE

Dans le cadre de ses travaux de thèse au LIENSs, Kevin Gobron s'intéresse à une méthode statistique nommée *LS-VCE (Least Squares - Variance Component Estimation)* [Teunissen and Amiri-Simkooei, 2008] qu'il applique aux observations du niveau de la mer. Le détail de l'application de cette méthode aux marégraphes avec des premiers résultats démonstratifs est soumis dans une revue spécialisée [Gobron et al., subm.]. Très brièvement, le but de cette méthode est d'évaluer les biais et les précisions des mesures de plusieurs instruments ayant mesuré la même grandeur en même temps ; en l'occurrence ici le niveau de la mer. Ci-après vous trouverez les résultats obtenus et communiqués par Kevin Gobron après application de cette méthode aux mesures collectées durant cette expérience à Arcachon.

4.3.1 Utilisation des instruments

- La micronappe a été ignorée des traitements car ayant eu des problèmes de flottaison il semble raisonnable de penser que sa série n'est pas de qualité suffisante au regard des autres.
- La sonde a été ignorée du traitement car elle semble être incohérente avec tous les autres instruments en-dessous de 1m / ZRS (Figure 9).
- EPONIM a été choisi comme référence (étalon) pour la méthode car il a mesuré sur toute la plage horaire du MCN et ne présentait pas d'incohérence apparente au vu des analyses précédentes.

4.3.2 Précision de EPONIM, VEGA, MCN et INSU

La méthode LS-VCE permet d'estimer la partie aléatoire de l'erreur de chacun des instruments. Les résultats sont exprimés en termes d'écart-types :

Instruments	Ecart –type (mm)
EPONIM	2.6 +/- 0.3
INSU	5.0 +/- 0.3
MCN	4.0 +/- 0.3
VEGA	1.6 +/- 0.4

Tableau 4 : Précisions des instruments a posteriori par la méthode LS-VCE

Concernant le MCN, le résultat obtenu par la méthode LS-VCE est en accord avec l'analyse VdC MCN-SONDE de la section 4.2.1 Marégraphe MCN (radar Krohne Optiwave 7300C). L'écart-type de 4 mm obtenu montre que les performances du MCN sont bien meilleures que les spécifications internationales [COI 2006]. Il apparaît aussi que les radars EPONIM et VEGA présentent un niveau de bruit inférieur au MCN bien qu'ils soient à l'extérieur du puits.

4.3.3 Biais et facteurs d'échelle de VEGA, MCN et INSU par rapport à la solution combinée

A supposer qu'EPONIM soit juste, on peut suggérer le modèle de correction suivant à appliquer aux valeurs de niveau d'eau (par rapport au zéro hydrographique tel que réalisé par le zéro d'EPONIM) des instruments :

$$H_{corrigée} = H_{mesurée} - b - a \cdot H_{mesurée}$$

avec :

Instruments	b (mm*)	a (mm*/m* eau mesurée)
INSU	3.4 +/- 0.9	-2.2 +/- 0.3
MCN	-0.1 +/- 0.7	1.1 +/- 0.3
VEGA	-3.3 +/- 0.8	0.7 +/- 0.3

Tableau 5 : Biais et facteurs d'échelle des instruments.

Ce tableau confirme la bonne cohérence du MCN avec EPONIM. En terme de biais, pour une hauteur d'eau de 4 mètres mesurée par le marégraphe MCN, on aura une hauteur corrigée de 3.9957 m soit une correction de 4.3 mm.

*désigne seulement le mm d'eau tel que mesuré par l'instrument testé. Il peut différer de celui d'EPONIM en raison du facteur d'échelle.

5. Reconnaissance GNSS

5.1 Station permanente sur la jetée

La Commission océanographique intergouvernementale recommande l'installation de stations GNSS permanentes co-localisées aux marégraphes dès lors qu'ils présentent de longues séries d'observation et donc un intérêt pour l'étude de l'évolution à long terme du niveau de la mer [COI 2012]. C'est le cas du marégraphe d'Arcachon qui possède une série de 76 ans (cf. Introduction). Un des objectifs de SONEL est de mettre à niveau les marégraphes suivant ces recommandations internationales.

De plus le laboratoire EPOC et le RGP sont moteurs dans ce projet car ils ont besoin d'une station permanente dans la zone pour leurs activités. L'équipe IGN a donc profité de cette mission pour engager les démarches en vue d'obtenir une autorisation pour une antenne GNSS permanente à la jetée d'Eyrac. La rubrique ci-dessous présente l'état d'avancement du projet.

5.1.1 Contact de l'organisme hôte : mairie de la ville d'Arcachon

Jean-Paul Archer
Directeur Général des Services Techniques de la ville d'Arcachon
Centre Technique Municipal d'ARCACHON
110 rue Lagrua
33260 La Teste-de-Buch
dst@ville-arcachon.fr
tel: 0557727148

5.1.2 Convention d'hébergement

A priori, il n'y a pas de convention spécifique requise à signer entre l'organisme hôte et l'IGN car il y a déjà une convention existante pour le marégraphe entre le Shom et la mairie. A l'image d'autres observatoires de marée des côtes métropolitaines, il faudra inclure la station GNSS par le biais d'un avenant à la convention existante.

5.1.3 Implantation

Une autorisation d'implantation de l'antenne GNSS au bout de la jetée d'Eyrac est requise. La demande doit être adressée aux Services Techniques de la ville d'Arcachon.

Cette demande doit présenter une insertion de l'antenne dans une vue d'ensemble de la jetée.

Les services techniques ne disposent pas de plan de la jetée. Ils ont toutefois communiqué un extrait du PLU (Annexe 3 : Extrait du Plan Local d'Urbanisme d'Arcachon).

Il faudra donc établir un schéma d'insertion et proposer une ou plusieurs options d'implantation d'antenne.

5.1.4 Monumentation de l'antenne GNSS

À ce stade, la monumentation qui sera proposée est une monumentation standard type mât Leclerc en acier galvanisé comme présenté sur la Figure 13 ci-dessous.

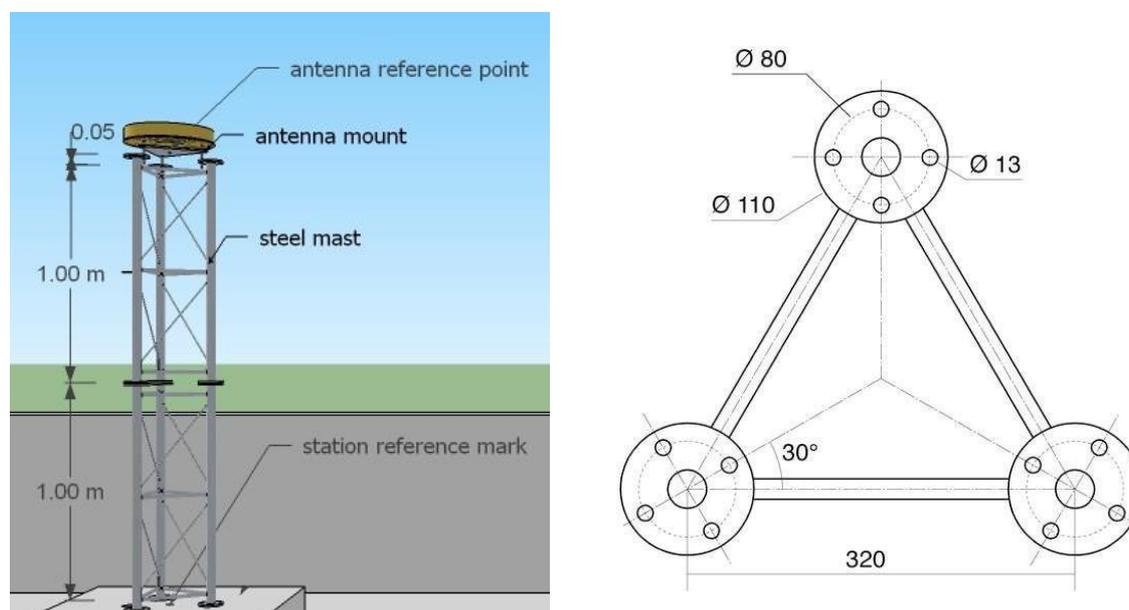


Figure 13 : Antenne GNSS de type choke-ring sur mât Leclerc de 2 m et cotes su mât

5.2 Station permanente au phare du Cap Ferret (FERR)

5.2.1 Motivations

La station FERR n'envoie plus ses données au RGP depuis le 29/08/2016 à cause de l'obsolescence de la technologie Numéris pour la transmission des données. Une des raisons est aussi que la machine Windows qui gère la station est ancienne. Il se trouve que le laboratoire EPOC de Bordeaux (Frédéric Frappart, Vincent Marieu, Bruno Castelle) aurait un besoin important d'une station de référence sur le littoral dans la zone d'Arcachon. C'est pourquoi ils ont sollicité l'équipe SONEL de l'université de La Rochelle pour étudier une nouvelle implantation GNSS à l'ancien site de FERR ou au marégraphe de Eyrac, ce dernier site correspondant mieux aux activités GNSS de SONEL.

5.2.2 Inspection du site de FERR

En préparation de cette mission à Arcachon, un rendez-vous avait été convenu le 13 juin 2018 à 14h30 avec M. Bernard Cassar, chef du CEI (Centre Exploitation Intervention) des Phares et Balises pour inspecter la station FERR située au sommet du phare du cap Ferret.

Arrivés sur site, nous avons d'abord inspecté l'ancien site de la station GNSS qui se situait au sol à proximité immédiate du phare (50 m). Cette station, dont nous n'avons pas retrouvé l'acronyme, était équipée d'une antenne choke ring et implantée sur un des deux plots (cercles rouges de la Figure 14) situés dans le périmètre d'un mât antenne haubanné. Les perturbations électromagnétiques liés à l'imposante antenne d'émission du CROSS Etel et le masque de la forêt de pin dégradait

beaucoup les données GNSS. Ceci a motivé l'IGN et le CEREMA (contact Etienne Leroy) à déplacer la station au sommet du phare (cf. Figure 15).



Figure 14 : Vue des anciens plots des stations GNSS depuis le sommet du phare

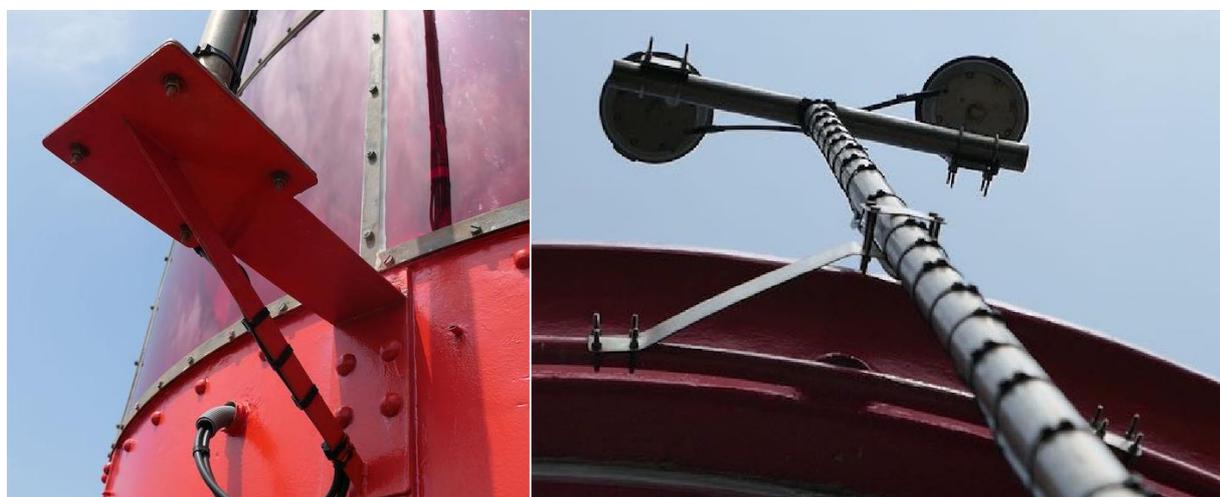


Figure 15 : Support du mât inox et antennes GPS bi-fréquences de FERR

5.2.3 Propriété de FERR

Mr Anne Gilles, chef de subdivision Phares et Balises au Verdon, est en charge de la station FERR située au sommet du phare du cap Ferret. Alain Millot est un de ses collègues sur place potentiellement concerné. Il travaille à la direction inter-régionale de la mer, secteur sub-Atlantique.

D'après nos recherches, cette station fait partie des 7 stations GPS (source CETMEF, SeaTech Week Brest, 2004) qui sont sur le littoral métropolitain et assurent un service DGPS pour les navires grâce à l'émission de signaux de corrections par radio. Elles étaient historiquement gérées par le CEREMA (ex-CETMEF) et incluses dans le réseau RGP. Apparemment, ce serait actuellement la dernière station de ce type avant la frontière avec l'Espagne. Qu'en est-il de Soulac, Contis et Biarritz ? Il semblerait bien que Soulac ait été supprimée et Biarritz aussi pour ce qui concerne le DGPS et la navigation.

D'après un mail du 20 avril 2018 de M. Leroy du CEREMA, cet organisme précité n'est pas propriétaire de la station. Cette dernière se trouve sous la responsabilité de la DIRM SA qui est l'opérateur et responsable du site sous délégation de la direction des affaires maritimes.

5.2.4 Caractéristiques de FERR

La station GNSS au sommet du phare est équipée de deux antennes bi-fréquence de type aero-antenna AT2775-42W (Acronyme : AERAT2775_42 NONE). Elle est équipée d'un récepteur Thalès 5202 MF/RS (P/N :DSNP101310, S/N :102) . Le logiciel Trimble GPS Control installé sur un PC fixe permet la configuration du récepteur. Le récepteur et le PC sont au rez-de-chaussée du phare, dans des locaux qui appartiennent aux Phares et Balises. D'ailleurs le rez-de-chaussée accueille aussi un gros parc de batteries et les baies informatiques des relais mobiles Orange et SFR présents sur le phare.



Figure 16 : Façade arrière du récepteur Thalès de FERR

Actuellement, il y a deux antennes au sommet du phare comme montré sur la Figure 15. Cependant, seulement une seule des deux est raccordée sur la face arrière du récepteur (Figure 16). Les câbles des deux antennes descendent jusqu'à la baie qui abrite le récepteur au rez-de-chaussée du phare. La question qui se pose est : pourquoi avoir installé deux antennes bi-fréquences L1-L2 ?

5.2.5 Actions à mener

Parmi les actions à mener, il faut étudier la possibilité de rétablir l'envoi des données de cette station vers le RGP. Normalement, elle tourne encore car elle est utilisée dans le cadre du service DGPS lié à la navigation. Il faudrait donc revoir le moyen de transmission des données.

Il était aussi question de rénover la station. Peut-être que nous pouvons simplement connecter un récepteur récent du parc SONEL en remplacement de celui actuel pour poursuivre la série FERR. Une autre solution possible serait de connecter un nouveau récepteur à la deuxième antenne bi-fréquence du mât et démarrer une série FER2.

A ce propos, dans un courriel du 18 avril 2018 Etienne Leroy écrivait : *'Si la DIRM est d'accord sur le principe d'étudier la faisabilité de l'installation de ce matériel, le CEREMA apportera son expertise pour s'assurer que le matériel installé ne perturbe pas la station DGPS'*.

Une autre idée était, vu l'âge avancé du matériel, serait de moderniser la station en installant une antenne *choke ring* en remplacement de celles actuelles et un récepteur GNSS plus récent. Cette action entrerait dans le cadre du projet DISA, soutenu par la Région Nouvelle-Aquitaine, qui comprend d'abord l'implantation d'une station GNSS permanente à la jetée d'Eyrac à Arcachon.

Il se pose enfin une question de résistance mécanique du mât qui supportera l'antenne au sommet du phare. De plus, c'est une installation compliquée exigeant des compétences de travaux en hauteur, peut-être sur cordes.

Références

- COI (1985). Manuel sur la mesure et l'interprétation du niveau de la mer. *Commission Océanographique Intergouvernementale, Manuels et guides No. 14*, Vol. I, 83 pp.
- COI (2006). Manuel sur la mesure et l'interprétation du niveau de la mer. *Commission Océanographique Intergouvernementale, Manuels et guides No. 14*, Vol. IV, 87 pp.
- COI (2012). Global sea level observing system (GLOSS): Implementation plan 2012. *Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) Technical Series, 100*.
- Gobron K., O. de Viron, G. Wöppelmann, E. Poirier, M. Van Camp (Subm.). Method for assessment of biases and precisions of co-located tide gauges using Least-Squares Variance Component Estimation. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, submitted 19 December 2018, Nr. JTECH-D-18-0235.
- Lannuzel S. (2011). Réseau de marégraphes dans le Pacifique. *Annales Hydrographiques, 777*. Disponible en ligne : <http://diffusion.Shom.fr/ah-777.html>
- Martin Miguez B., R. Le Roy, G. Wöppelmann (2008). The use of radar tide gauges to measure variations in sea level along the French coast. *Journal of Coastal Research, 24*, 61-68.
- Poirier E., M. Gravelle, G. Wöppelmann (2017). Contrôles du Marégraphe de Socoa (Saint-Jean-de-Luz). *Rapport interne SONEL*.
- Pouvreau N. (2008). Trois cents ans de mesures marégraphiques en France : outils, méthodes et tendances des composantes du niveau de la mer au port de Brest. Thèse de doctorat de l'université de la Rochelle, soutenue le 26 septembre 2008.
- Shom (2014). Fiche d'Observatoire de Marée de la Jetée d'Eyrac N° 2420. Shom, 04/03/2014.
- Teunissen P.J.G., A.R. Amiri-Shimkooei (2008). Least-squares variance component estimation. *Journal of Geodesy, 82*, 65-82.

Annexe 1 : Tableau des mesures d'étalonnage du 14 juin 2018

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 ;
- « MCN » : hauteur d'eau moyenne sur 2min de mesures du marégraphe Krohne Optiwave 7300C ;
- « Résultat sonde » : calcul de la différence de hauteur de l'index moins la mesure au ruban ;
- « Ecart MCN – sonde » : différence des hauteurs d'eau du MCN et issues de la sonde ;
- « Bouée GNSS INSU » : résultats de l'analyse des mesures GPS de la bouée INSU ;
- « Ecart MCN – sonde » : différence des hauteurs d'eau du MCN et issues de la bouée GNSS INSU

Heure TU	Sonde (m)	MCN (m)	Résultat sonde (m)	Ecart(m) MCN – sonde	Bouée GNSS INSU (m)	Ecart(m) MCN – INSU	EPONIM (m)	VEGA (m)	Opérateur sonde
06:20	2.650	3.524	3.527	-0.003	3.520	0.004	3.508	3.520	CK
06:30	2.784	3.389	3.393	-0.004	3.388	0.001	3.376	3.389	CK
06:40	2.915	3.263	3.262	0.001	3.251	0.012	3.238	3.253	CK
06:50	3.048	3.128	3.129	-0.001	3.121	0.007	3.108	3.121	CK
07:00	3.179	2.993	2.998	-0.005	2.992	0.001	2.975	2.992	EP
07:10	3.310	2.868	2.867	0.001	2.858	0.010	2.845	2.860	EP
07:20	3.437	2.739	2.740	-0.001	2.727	0.012	2.717	2.729	EP
07:30	3.566	2.605	2.611	-0.006	2.596	0.009	2.587	2.600	EP
07:40	3.695	2.480	2.482	-0.002	2.475	0.005	2.459	2.469	EP
07:50	3.820	2.356	2.357	-0.001	2.346	0.010	2.332	2.346	EP
08:00	3.947	2.227	2.230	-0.003	2.225	0.002	2.213	2.222	EP
08:10	4.065	2.109	2.112	-0.003	2.103	0.006	2.087	2.097	EP
08:20	4.189	1.986	1.988	-0.002	1.980	0.006	1.971	1.976	EP
08:30	4.312	1.861	1.865	-0.004	1.864	-0.003	1.848	1.850	EP
08:40	4.434	1.742	1.743	-0.001	1.739	0.003	1.726	1.732	EP
08:50	4.556	1.617	1.621	-0.004	1.617	0.000	1.602	1.607	EP
09:00	4.681	1.491	1.496	-0.005	1.495	-0.004	1.476	1.486	EP
09:10	4.800	1.368	1.377	-0.009	1.364	0.004	1.345	1.353	CV
09:20	4.943	1.232	1.234	-0.002	1.231	0.001	1.209	1.222	CV
09:30	5.077	1.093	1.100	-0.007	1.093	0.000	1.075	1.085	CV
09:40	5.220	0.951	0.957	-0.006	0.949	0.002	0.931	0.936	CV
09:50	5.367	0.807	0.810	-0.003	0.810	-0.003	0.783	0.793	DP
10:00	5.485	0.684	0.692	-0.008	0.678	0.006	0.659	0.671	DP
10:10	5.593	0.576	0.584	-0.008	0.575	0.001	0.554	0.565	DP
10:20	5.676	0.487	0.501	-0.014	0.492	-0.005	0.469	0.483	DP
10:30	5.741	0.425	0.436	-0.011	0.428	-0.003	0.407	0.417	GW

Heure TU	Sonde (m)	MCN (m)	Résultat sonde (m)	Ecart (m) MCN – sonde	Bouée GNSS INSU (m)	Ecart (m) MCN – INSU	EPONIM (m)	VEGA (m)	
10:40	5.780	0.385	0.397	-0.012	0.383	0.002	0.368	0.380	GW
10:50	5.783	0.381	0.394	-0.013	0.389	-0.008	0.363	0.379	GW
11:00	5.750	0.414	0.427	-0.013	0.416	-0.002	0.395	0.413	DP
11:10		0.482			0.480	0.002	0.465	0.483	MG
11:20	5.581	0.581	0.596	-0.015	0.584	-0.003	0.561	0.585	MG
11:30	5.465	0.705	0.712	-0.007	0.700	0.005	0.687	0.707	MG
11:40	5.323	0.851	0.854	-0.003	0.849	0.002	0.832	0.859	MG
11:50	5.162	1.016	1.015	0.001	1.013	0.003	0.993	1.019	MG
12:00	4.989	1.187	1.188	-0.001	1.182	0.005	1.166	1.193	MG
12:10	4.817	1.359	1.360	-0.001	1.364	-0.005	1.339	1.367	MG
12:20	4.652	1.522	1.525	-0.003	1.528	-0.006	1.504	1.531	MG
12:30	4.494	1.678	1.683	-0.005	1.669	0.009	1.660	1.688	MG
12:40	4.340	1.834	1.837	-0.003	1.828	0.006	1.815	1.843	MG
12:50	4.196	1.980	1.981	-0.001	1.978	0.002	1.957	1.981	MG
13:00	4.058	2.120	2.119	0.001	2.118	0.002	2.096	2.122	MG
13:10	3.921	2.250	2.256	-0.006	2.258	-0.008	2.234	2.259	MG
13:20	3.784	2.388	2.393	-0.005	2.386	0.002	2.369	2.395	MG
13:30	3.650	2.530	2.527	0.003	2.526	0.004	2.505	2.529	MG
13:40	3.515	2.659	2.662	-0.003	2.663	-0.004	2.638	2.664	MG
13:50	3.386	2.784	2.791	-0.007	2.785	-0.001	2.766	2.792	MG
14:00	3.265	2.916	2.912	0.004	2.897	0.019	2.887	2.909	MG
14:10	3.136	3.037	3.041	-0.004	3.036	0.001	3.015	3.041	MG
14:20	3.015	3.156	3.162	-0.006	3.148	0.008	3.137	3.162	MG
14:30	2.893	3.287	3.284	0.003	3.263	0.024	3.261	3.286	MG
14:40	2.772	3.400	3.405	-0.005	3.395	0.005	3.382	3.407	MG
14:50	2.650	3.523	3.527	-0.004	3.517	0.006	3.503	3.529	MG
15:00	2.530	3.650	3.647	0.003	3.630	0.020	3.624	3.650	EP
15:10	2.415	3.756	3.762	-0.006	3.761	-0.005	3.737	3.761	EP
15:20	2.303	3.875	3.874	0.001	3.879	-0.004	3.851	3.874	EP
15:30	2.189	3.978	3.988	-0.010	3.980	-0.002	3.958	3.982	CK
15:40	2.087	4.086	4.090	-0.004	4.084	0.002	4.065	4.088	CK
15:50	1.989	4.186	4.188	-0.002	4.181	0.005	4.161	4.185	CK
16:00	1.894	4.279	4.283	-0.004	4.276	0.003	4.255	4.274	CK
16:10	1.814	4.361	4.363	-0.002	4.352	0.009	4.334	4.357	CK
16:20	1.745	4.435	4.432	0.003	4.419	0.016	4.406	4.425	CK
16:30	1.688	4.484	4.489	-0.005	4.475	0.009	4.459	4.480	MG
16:40	1.649	4.524	4.528	-0.004	4.511	0.013	4.501	4.520	MG
16:50	1.626	4.550	4.551	-0.001	4.533	0.017	4.523	4.541	CK
17:00	1.625	4.551	4.552	-0.001	4.539	0.012	4.523	4.538	CK
17:10	1.648	4.525	4.529	-0.004	4.514	0.011	4.497	4.509	CK

Annexe 3 : Extrait du Plan Local d'Urbanisme d'Arcachon

REGLEMENT

CHAPITRE II : DISPOSITIONS APPLICABLES A LA ZONE NL

CARACTERE DE LA ZONE :

La Zone NL correspond à la partie du territoire communal couverte par les espaces maritimes du littoral constitué des plages de la commune, dont l'occupation du sol est par ailleurs gérée par la concession de plage qui a été approuvée, après enquête publique, par arrêté préfectoral du 10 septembre 2013.

SECTION I : NATURE DE L'OCCUPATION DU SOL

Article NL 1 : Occupations et utilisations du sol interdites

SONT INTERDITES LES OCCUPATIONS ET UTILISATIONS DU SOL SUIVANTES :

- Les constructions et utilisations du sol de toute nature autres que celles admises à l'article NL 2.

Article NL 2 : Occupations et utilisations du sol admises

SONT ADMISES LES OCCUPATIONS ET UTILISATIONS DU SOL SUIVANTES :

- Les aménagements et équipements de toute nature liés aux activités nautiques, balnéaires, piscicoles et ostréicoles, sportives, touristiques et de plage ;
- la réalisation des ouvrages et bâtiments nécessaires aux équipements et aux services publics ;
- les installations classées soumises à déclaration justifiant, conformément au Code de l'Environnement, les dispositions prises pour limiter leurs nuisances éventuelles ;

SECTION II : CONDITIONS DE L'OCCUPATION DU SOL

Article NL 3 : Accès et voirie

Sans objet.

Article NL 4 : Desserte par les réseaux

Sans objet.

Article NL 5 : Surface de plancher des constructions en fonction de la taille des terrains

Sans objet.

114

VILLE D'ARCACHON
PLAN LOCAL D'URBANISME
APPROUVE LE 26.01.2017

Article NL 6 : Implantation des constructions par rapport aux voies et emprises publiques

Considérant que la zone NL fait partie du domaine public maritime et constitue une emprise publique dans son ensemble, seule l'implantation des constructions par rapport aux voies est réglementée.

Ainsi :

Les constructions s'implanteront à une distance au moins égale à 4m par rapport aux voies publiques.

Pour les constructions publiques, installations et aménagements nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif, il pourra être admise une implantation différente. Ces constructions, installations ou aménagements pourront s'implanter au plus jusqu'en limites des voies publiques ou en retrait d'un minimum de 2m.

Article NL 7 : Implantation des constructions par rapport aux limites séparatives

Considérant que la zone NL fait partie du domaine public maritime, les limites séparatives doivent être entendues comme celles séparant la zone de plage des zones urbanisées contiguës.

Ainsi :

Les constructions devront être implantées en retrait des limites séparatives des unités foncières à une distance au moins égale à 4m.

Pour les constructions publiques, installations et aménagements nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif, une implantation différente pourra être admise. Ces constructions, installations ou aménagements pourront s'implanter au plus jusqu'en limites séparatives sous réserve que leur hauteur, sur ces limites, n'excède pas 2,60m. Au-delà de cette hauteur, ces constructions, installations ou aménagements, s'implanteront avec un retrait minimum de 2m.

Article NL 8 : Implantation des constructions les unes par rapport aux autres sur une même propriété

Les constructions devront s'implanter, les unes par rapport aux autres sur une même propriété, à une distance minimale de 2m.

Article NL 9 : Emprise au sol

Sans objet.

Article NL 10 : Hauteur maximum des constructions

La hauteur maximale des constructions ne doit pas excéder 6,50m au faîtage et 4,50m à l'égout du toit et R+C.

Pour les constructions publiques, installations et aménagements nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif, leur hauteur pourra être différente sans pour autant excéder 8,50m au faîtage et 6,50m à l'égout du toit, sauf si ces constructions, aménagements ou installations sont implantés en limites séparatives. Dans ce cas, leur hauteur, sur ces limites, n'excèdera pas 2,60m.

Article NL 11 : Aspect extérieur

Avant tout projet de construction, il est recommandé de se référer à la charte architecturale et au schéma directeur de coloration joints en pièces annexes au PLU et de soumettre un avant-projet à l'Architecte Conseil de la Ville.

Sont interdits :

- les constructions d'aspect précaire, notamment en matériaux préfabriqués ou de récupération ;
- les couvertures en fibrociment ou en tôles ondulées ;
- les équipements techniques apparents en toiture-terrasse. Ces équipements devront être intégrés dans des locaux techniques clos et couverts.

Les choix des matériaux et des couleurs ne devront pas porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants ainsi qu'aux sites et aux paysages naturels ou urbains.

De même, la mise en lumière des bâtiments ne devra pas porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants ainsi qu'aux sites et aux paysages naturels ou urbains. Ainsi, les couleurs vives sont prohibées et les couleurs naturelles recommandées.

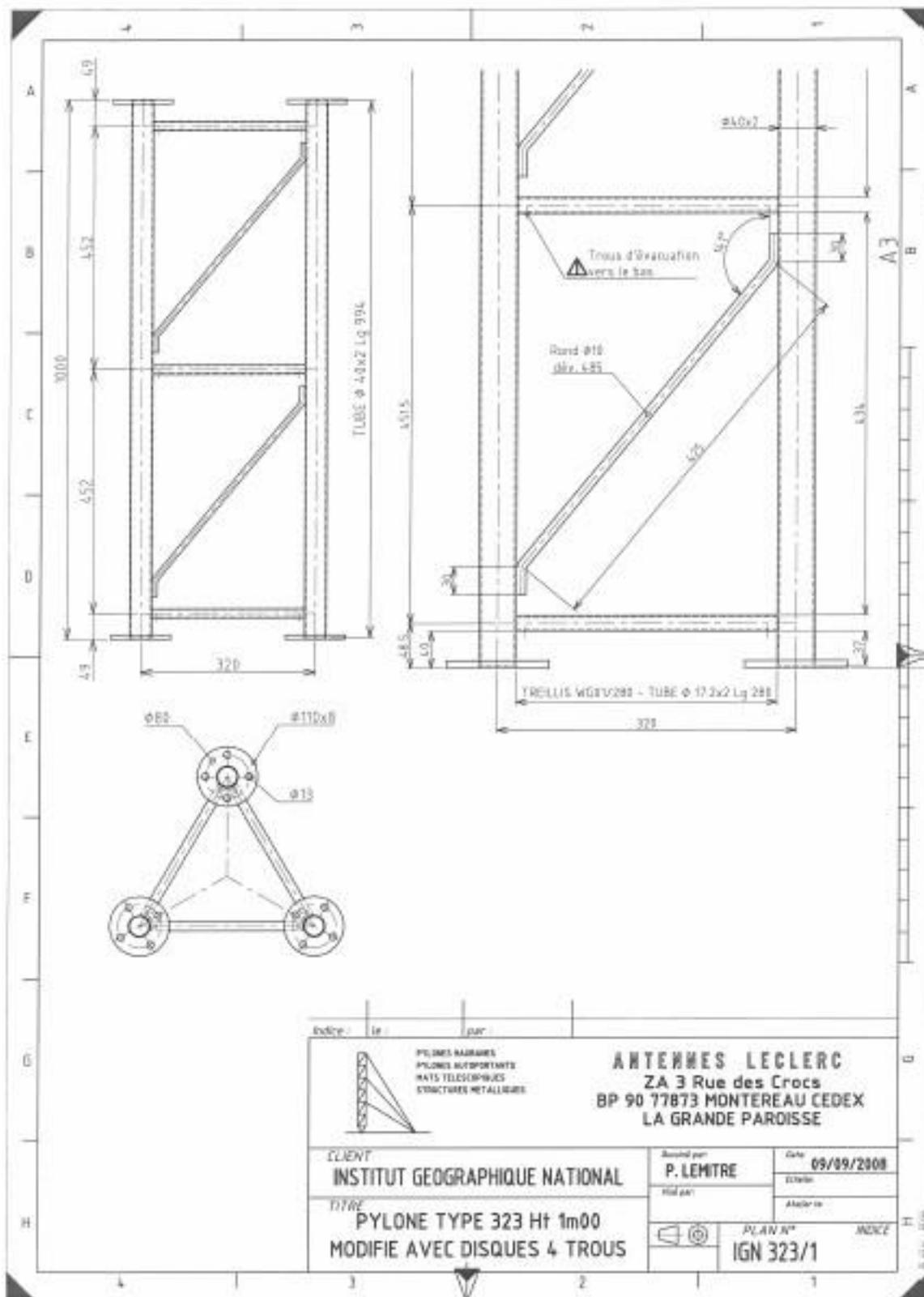
Article NL 12 : Stationnement

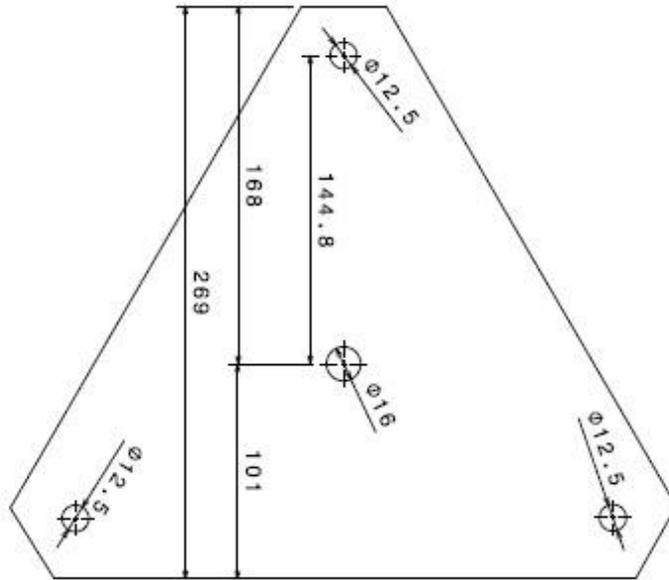
Sans objet.

Article NL 13 : Espaces libres et plantations, espaces boisés classés

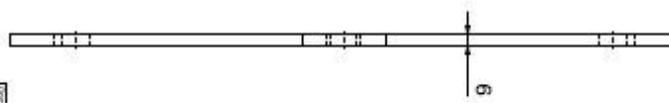
Sans objet.

Annexe 4 : Cotes du mât Leclerc et de la plaque sommitale

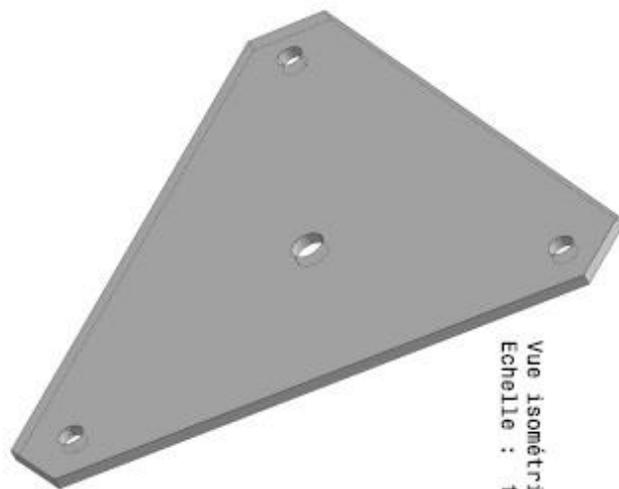




Vue de droite
Echelle : 1:2



Vue de face
Echelle : 1:2



Vue isométrique
Echelle : 1:2

INOX 316L

OBJET: Francçois LEGRAND		Support antenne GPS type 3	
DATE: 08/08/2011			
MATERIAU: INOX 316L		I.G.N.	
Dessin:			
MATERIAU: A3		SGN/PPM	
Echelle: 0:5			
XXX		1/1	
DE BRUIJN VAN DE PROEFDE ORDE: I. G. N. - INSTITUT GEOGRAPHISCH NATIONAAL			
I	-	A	-
H	-	B	-
G	-	C	-
F	-	D	-
E	-	E	-
D	-	F	-
C	-	G	-
B	-	H	-
A	-	I	-

Annexe 5 : Post-traitement GNSS ARCJ

```
% program      : RTKPOST ver.2.4.2
% inp file    : D:\SONEL\Arcachon_062018\Data\ARCJ_base jetee
eyrac\5439R49344201806130939B.180
% inp file    : D:\SONEL\Arcachon_062018\Data\LCAU\lcau.18o
% inp file    : D:\SONEL\Arcachon_062018\Data\BRDC\brdc.18n
% inp file    : D:\SONEL\Arcachon_062018\Data\SP3\igs2005_345.sp3
% obs start   : 2018/06/13 09:39:14.0 GPST (week2005 293954.0s)
% obs end     : 2018/06/14 17:14:29.0 GPST (week2005 407669.0s)
% pos mode    : static
% freqs       : L1+L2
% solution    : combined
% elev mask   : 15.0 deg
% dynamics    : off
% tidecorr    : off
% ionos opt   : broadcast
% tropo opt   : saastamoinen
% ephemeris   : precise
% amb res     : continuous
% val thres   : 3.0
% antenna1    : TRM57971.00      NONE   ( 0.0000  0.0000  1.5889)
% antenna2    :                  ( 0.0000  0.0000  0.0720)
% ref pos     : 44.978240666     -1.075533337     73.6676
```