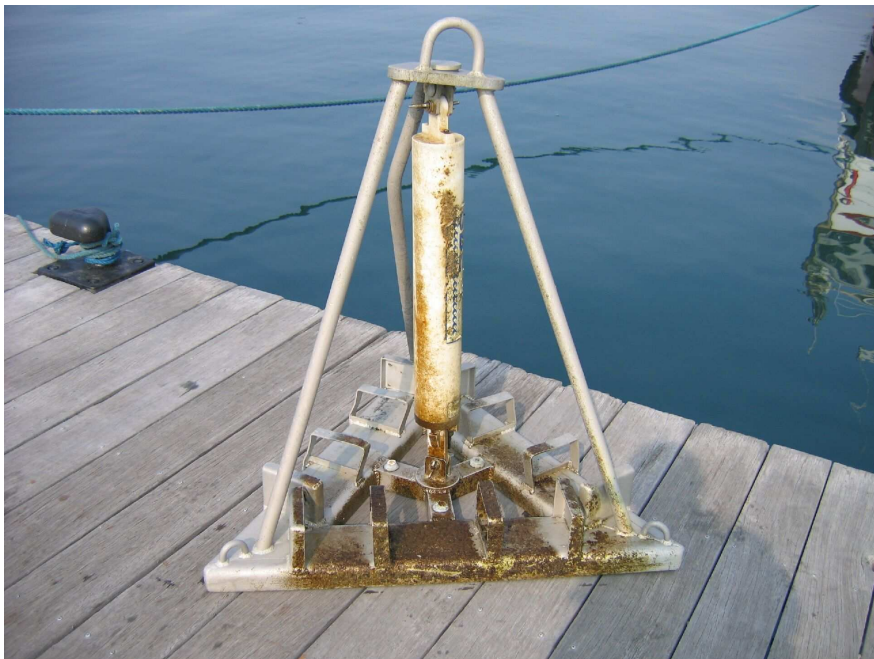




Rapport n° 03/06  
Juillet 2006

# FIN DE L'EXPÉRIENCE AVEC DEUX MAREGRAPHERS SBE26 DANS L'ANSE CALVO, MARSEILLE 16-17 mars 2006

Rédacteurs : Pascal TIPHANEAU et Belén MARTIN MIGUEZ



# Table des matières

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ORGANISATION DE LA MISSION.....</b>	<b>3</b>
2.1. CONTACTS PRATIQUES .....	3
2.2. MATERIEL EMPORTE .....	3
2.3. MATERIEL SUR PLACE .....	3
2.4. EQUIPES ET/OU PERSONNEL INTERVENANT SUR SITE .....	3
2.5. AGENDA DE LA MISSION .....	4
2.6. PRISE EN CHARGE DE LA MISSION .....	4
<b>3. DESCRIPTION DES TRAVAUX .....</b>	<b>4</b>
3.1. MISE EN ŒUVRE DU TEST DE VAN DE CASTEELE .....	4
3.2. RECUPERATION DU MAREGRAPHE SBE26 N°1017 (DANS LE Puits) .....	5
3.3. DECHARGEMENT DES DONNEES DU BAROMETRE MADOPUS .....	5
3.4. RECUPERATION DU MAREGRAPHE SBE26 1016 (AU LARGE).....	5
3.5. CONTROLE DES MAREGRAPHERS SBE26 ET DECHARGE DE SES DONNEES .....	6
<b>4. TRAITEMENTS DES OBSERVATIONS SUR PLACE.....</b>	<b>8</b>
4.1. RESULTATS DU NIVELLEMENT DE L'INDEX DE LECTURE DE LA SONDE .....	8
4.2. RESULTATS DE LA COMPARAISONS AVEC LA SONDE.....	9
<b>5. CONCLUSIONS .....</b>	<b>9</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>10</b>
<b>ANNEXE 1 : DIAGRAMMES DE VAN DE CASTEELE DES MAREGRAPHERS MCN A ULTRASON ET A FLOTTEUR (16/03/2006).....</b>	<b>11</b>

## Liste de diffusion

### **Extérieur :**

Laurent LOUVART, chef de la section GG (Géodésie – Géophysique), EPSHOM  
Ronan LE ROY, responsable du réseau RONIM, EPSHOM  
Bernard SIMON, section GG, EPSHOM  
François LUCAS, section GG, EPSHOM  
Jean-Claude KERINEC, service IS (Instrumentation Scientifique), EPSHOM  
Laurence MELEO, BOM Toulon, SHOM  
Françoise DUQUENNE, chef de service SGN (Géodésie – Nivellement), IGN  
Alain COULOMB, responsable du département de Nivellement, SGN/IGN  
Franck VERGNE, contact IGN, Aix-en-Provence  
Pierre GAUFRES, CETMEF, Aix-en-Provence

### **Interne :**

Guy WOPPELMANN  
Archives CLDG

## 1. Introduction

Les motivations de l'expérience avec les deux marégraphes à pression SEABIRD SBE26 installés en octobre 2005 sur le site du marégraphe de Marcella, et contrôlés en janvier 2006, sont décrites dans Wöppelmann et al (2005).

La mission des 16-17 mars 2006 correspond à la fin de cette expérience, c'est-à-dire, au relevé des marégraphes à pression et de la station météorologique ainsi qu'à la récupération des données. Un étalonnage à la sonde lumineuse a été effectué pour recalibrer le marégraphe à pression du puits et par la même occasion pour vérifier les performances des instruments permanents.

## 2. Organisation de la mission

### 2.1. Contacts pratiques

- Ronan Le Roy (GG/EPHOM, Brest) : Tél. 02 98 22 15 89
- François Lucas (GG/EPHOM, Brest) : Tél. 02 98 22 17 55
- Jean-Claude Kerinec (IS/EPHOM, Brest): Tél. 02 98 22 08 92 ( kerinec@shom.fr )
- Laurence Méleo (BOM, Toulon): Tél. 06 77 83 33 51 ( meleobom@yahoo.fr )
- Franck Vergne (IGN, Aix-en-Provence): Tél. 04 42 16 31 08

A noter que François Lucas est désormais en CPA et ne travaille que les *semaines paires*.

### 2.2. Matériel emporté

- 2 PC portables sous Windows 98 (note : un PC suffirait bien sûr)
- 2 flacons, d'eau distillée et de triton pour conservation et nettoyage du capteur de conductivité
- 1 GPS de poche MLR pour le calage des horloges des marégraphes
- 1 Niveau optique Wild NA20 et sa mire télescopique
- 1 Appareil photo numérique
- 1 appareil photo submersible jetable
- 1 Fiche Excel des données du précédent étalonnage (25 octobre 2005)
- 1 Fiche "pense-bête" sur le fonctionnement des SBE26 et du baromètre (formation à l'EPHOM)
- Les manuels d'utilisation des capteurs SEABIRD et MADOPUS

### 2.3. Matériel sur place

- 1 sonde lumineuse IGN avec son ruban invar et l'ensemble du matériel pour la mettre en œuvre
- 1 Tripode pour mouillage avec 1 chaîne lourde (les 6 lests de 18kg ont disparus)
- 2 Marégraphes à pression SBE26, unités n° 1016 et 1017, avec manuel, logiciel, et 2 lests "légers" (un des SBE26 est équipé d'un capteur de conductivité)
- 1 baromètre Modoplus avec logiciel sous DOS (requiert un système d'exploitation Windows 98)
- 1 trépied de nivellement prêté par l'IGN d'Aix-en-Provence

### 2.4. Equipes et/ou personnel intervenant sur site

- Marins pompiers de Marseille avec vedette
- David GIRAUREAU et un collègue (BOM, Toulon)
- Belén Martin (GRGS/SHOM, Université de la Rochelle)
- Pascal TIPHANEAU (CLDG, Université de La Rochelle)

## 2.5. Agenda de la mission

→ **mercredi 15/03/2006 :**

- Transport de La Rochelle à Marseille (train de nuit) : personnel CLDG et matériel nivellement

→ **jeudi 16/03/2006 :**

- 7h30 : Rendez-vous avec Franck VERGNE à l'observatoire marégraphique
- 8h00 – 19h00 : Test de Van de Castele
  - 2 contrôles de nivellement de l'index de lecture de la sonde lumineuse (à 12h et à 16h)
  - mesures d'étalonnage à la sonde lumineuse toutes les 10 min.
- 19h00 : Relevé du capteur SEABIRD n°1017 dans le puits
- 21h55 : Déchargement des mesures de la station MADOPLUS, puis arrêt

→ **vendredi 17/03/2006 :**

- 7h30 : Rendez-vous avec la BOM
- 9h00 : Rendez-vous avec les marins pompiers : Les Ports, quartier de la Joliette, Porte n°2C.
- 9h20-10h40 : Relevé définitif du capteur SEABIRD n°1016 du large.
- 10h45-11h45 : Déchargement des données à la caserne des marins pompiers au port.
- 16h20: Retour de mission Marseille – La Rochelle par le train.

## 2.6. Prise en charge de la mission

La mission est prise en charge par le GRGS, expérience « Niveau des mers » du SHOM, et par l'université de la Rochelle dans sa participation à SONEL. Une estimation de son coût total est :

- Frais de transport : 2 AR par le train, soit :	374 €
- Frais de séjour : 2 personnes x 2 jours, soit :	220 €
	<hr/>
	<b>TOTAL : 594 €</b>

Le coût ci-dessus ne prend toutefois pas en compte les frais liés au personnel, du CLDG, de la BOM de Toulon, ou des marins pompiers de Marseille, ni les frais de véhicules (vedette...).

Remarque : la BOM s'occupe de l'expédition du matériel de l'expérience vers l'EPSHOM (*la prise en charge par le CLDG ne concernait que le convoi de Brest à Marseille via La Rochelle*).

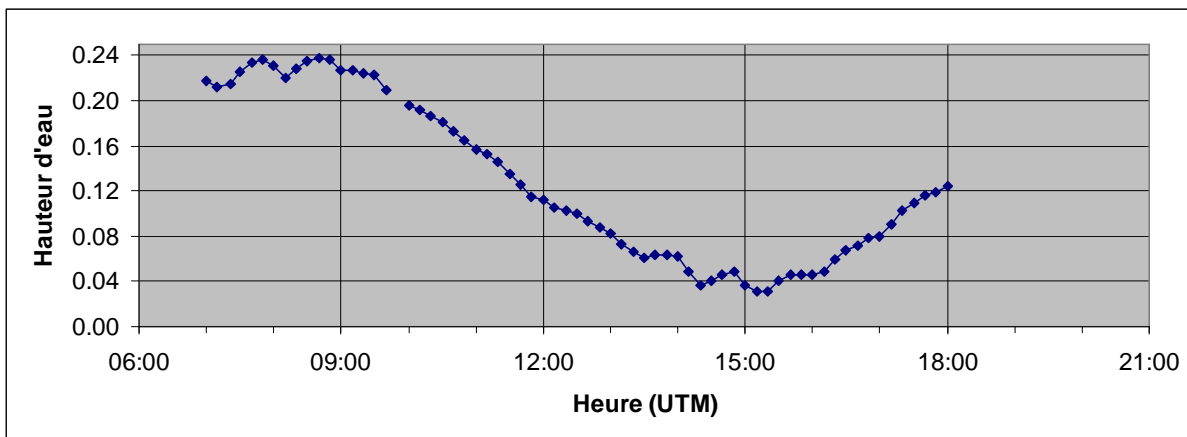
## 3. Description des travaux

### 3.1. Mise en œuvre du Test de van de Castele

Rappelons brièvement les objectifs de l'étalonnage à la sonde lumineuse : (i) de caler les marégraphes à la référence de l'observatoire, (ii) de contrôler leurs performances en surveillant notamment qu'ils ne sont pas sujets à des erreurs de type systématique. Ceci est possible en confrontant les mesures des marégraphes aux lectures effectuées à l'aide d'un étalon indépendant, en l'occurrence la sonde lumineuse suspendue au bout d'un ruban invar, dispositif réputé plus juste, et au moins aussi précis que les marégraphes.

Le but particulier de notre étalonnage était de vérifier (avant de le relever) si le SBE26 n°1017 mouillé dans le puits avait bougé depuis son dernier mouillage en janvier 2006 (Tiphaneau et Martin 2006), et si son comportement a changé au cours de l'expérience. Par ailleurs, l'étalonnage servira aussi à contrôler les performances des autres appareils de l'observatoire, à savoir le marégraphe à ultrasons et le marégraphe à flotteur.

L'opération d'étalonnage s'est déroulée le 16/03/2006 sur un cycle de marée théorique qui s'étalait de 7h30 à 19h30 TU (voir Fig. 1). Les mesures à la sonde lumineuse sont réalisées toutes les 10 minutes en accord avec la cadence d'enregistrement du marégraphe à ultrasons. La période d'intégration de ce dernier a été programmée au préalable à 10 secondes afin de mieux connaître ses performances et de permettre une comparaison plus rigoureuse avec les lectures à la sonde lumineuse.



**Fig. 1** : Courbe de marée du 16/03/2005 issue des lectures de la sonde lumineuse (en mètres).

### **3.2 Récupération du marégraphe SBE26 n°1017 (dans le puits)**

Le marégraphe SBE26 n°1017, équipé du capteur de conductivité, avait été installé au fond du puits à l'aide d'un bout attaché aux deux extrémités du marégraphe. Le marégraphe a été relevé au terme de l'opération d'étalonnage puis nettoyé avec de l'eau distillée et séché avec un tissu. En ce qui concerne le capteur de conductivité, suivant les instructions de manuel d'utilisation, nous avons soigneusement nettoyé le senseur avec de l'eau distillée puis mis le tube plastique sans le remplir d'aucun produit (donc, cette fois nous n'avons pas utilisé le triton).

### **3.3. Déchargement des données du baromètre Madoplus**

Le déchargement des données a été effectué avec le logiciel Mado installé sur un PC W98 à l'hôtel, le 16/03/2006 à 20h55 TU. L'enregistrement des mesures a été stoppé. La mémoire n'a pas été effacée !

### **3.4. Récupération du marégraphe SBE26 1016 (au large)**

L'opération de récupération du marégraphe à pression SBE26 n°1016 est menée par trois plongeurs marins pompiers de Marseille à partir de la vedette GYPTIS.

Comme la dernière visite de janvier avait conclu au constat d'un tripode partiellement ensablé, les marins pompiers avaient prévu des ballons qui peuvent être gonflés avec l'air des bouteilles de plongée pour être en mesure d'arracher le tripode du fond. Mais la première plongée a montré que le tripode était dégagé, sans doute suite à l'épisode de tempête de la semaine précédente. Les quelques photos prises par les marins pompiers n'apportent pas d'information utile sur la situation du mouillage avant le relevé. Le tripode avec le marégraphe est remonté aisément à l'aide d'un petit ballon. Il est hissé sur la vedette vers 8h45 TU. La Figure 2 montre un des montants tordu. Les logements prévus pour loger les lests de 18 kg sont également abîmés.

Il convient de souligner que les pompiers ont le sentiment que le tripode a encore été déplacé.

Enfin, la chaîne en inox servant à fixer le tripode aux rochers n'a pas pu être récupérée car elle se trouve coincée entre plusieurs rochers qui ont été déplacés par les tempêtes. Rappelons que nous avons déjà constaté la disparition des six lests de plomb en janvier.



Fig. 2 : Tripode et marégraphe hissés sur le bateau, un des montants est tordu.

### 3.5. Contrôle des marégraphe SBE26 et décharge de ses données

Tandis que les marins pompiers effectuaient l'opération de relevé du marégraphe SBE26 n°1016, nous avons réalisé le déchargement des données du SBE26 n°1017 (celui du puits) et la vérification de son état, à savoir :

- la dérive d'horloge : 10 s d'avance par rapport au GPS ;
- les valeurs de différents paramètres : intervalle d'échantillonnage, capacité des batteries ;
- les mesures, valeurs qui doivent être raisonnables.

Tout cela en utilisant le commande <ds>. La figure 3 présente les captures d'écran avant et après le déchargement des données.

```

int.cap - Bloc-notes
-----
SBE 26plus
S>ds
SBE 26plus v 6.0 SN 1017 17 Mar 2006 08:17:01
user info=test
quartz pressure sensor: serial number = 89303, range = 100 psia
conductivity = YES
iop = 17.3 ma vmain = 16.3 v vliith = 9.0 v
last sample: p = 14.7291, t = 19.8597, s = -99.0000

tide measurement: interval = 1.000 minutes, duration = 60 seconds
measure waves every 10000 tide samples
4 wave samples/burst at 4.00 scans/sec, duration = 1 seconds
logging start time = 16 Jan 2006 19:29:30
logging stop time = do not use stop time

tide samples/day = 1440.000
wave bursts/day = 0.144
memory endurance = 1940.8 days
nominal alkaline battery endurance = 327.8 days
total recorded tide measurements = 85726
total recorded wave bursts = 8
tide measurements since last start = 85726
wave bursts since last start = 8

transmit real-time tide data = NO
transmit real-time wave burst data = NO
transmit real-time wave statistics = NO

status = logging started
logging = YES

int_fin.cap - Bloc-notes
-----
ds
SBE 26plus v 6.0 SN 1017 17 Mar 2006 09:40:38
user info=test
quartz pressure sensor: serial number = 89303, range = 100 psia
conductivity = YES
iop = 16.4 ma vmain = 16.3 v vliith = 9.1 v
last sample: p = 14.7291, t = 19.8238, s = -99.0000

tide measurement: interval = 1.000 minutes, duration = 60 seconds
measure waves every 10000 tide samples
4 wave samples/burst at 4.00 scans/sec, duration = 1 seconds
logging start time = 16 Jan 2006 19:29:30
logging stop time = do not use stop time

tide samples/day = 1440.000
wave bursts/day = 0.144
memory endurance = 1940.8 days
nominal alkaline battery endurance = 327.8 days
total recorded tide measurements = 85726
total recorded wave bursts = 8
tide measurements since last start = 85726
wave bursts since last start = 8

transmit real-time tide data = NO
transmit real-time wave burst data = NO
transmit real-time wave statistics = NO

status = stopped by user
logging = NO, send start command to begin logging
S>

```

Fig. 3 : Capture d'écran issue de la commande <ds> su logiciel SEABIRD avant (panneau de gauche) et après (panneau de droite) le déchargement des données.

Ensuite nous avons déchargé les données dans le format BIN (baud rate =19800). Cette méthode est beaucoup plus rapide. Cela nous a permis d'achever l'opération en à peine 5 min (autrement, avec le déchargement classique on aurait mis une demi-heure).

On remarque qu'il nous a fallu introduire manuellement les coefficients de calibration de l'appareil pour qu'il soit possible de convertir les valeurs au format .hex vers le format .tid. Ils sont obtenus par la commande <DC> comme le montre la figure 4.

```

int.cap - Bloc-notes
Eichier Edition Format Affichage ?
S>DC
Pressure coefficients: 06-04-2002
U0 = 5.853843e+00
Y1 = -3.942734e+03
Y2 = -1.063669e+04
Y3 = 0.000000e+00
C1 = 6.129728e+02
C2 = -6.075474e+00
C3 = -1.018299e+03
D1 = 2.667000e-02
D2 = 0.000000e+00
T1 = 2.779632e+01
T2 = 4.847950e-01
T3 = 1.836950e+01
T4 = 2.303237e+01
M = 125829.1
B = 8388.6
OFFSET = 0.000000e+00
Temperature coefficients: 17-jun-04
TA0 = 5.752796e-04
TA1 = 1.736345e-04
TA2 = 4.437172e-06
TA3 = -8.169521e-09
Conductivity coefficients: 19112002
CG = -1.025795e+01
CH = 1.398797e+00
CI = -7.039001e-04
CJ = 1.151899e-04
CTCOR = 3.250000e-06
CPCOR = -9.570000e-08
CSLOPE = 1.000000e+00

```

**Fig. 4 :** Coefficients de calibration du SBE26, nécessaires pour effectuer la conversion entre valeurs .hex et .tid.

Une fois les marins pompiers de retour avec le SBE26 n°1016, nous avons effectué la vérification de son état et le déchargement des données. Mais la seule réponse que nous avons obtenu du SBE26 est « low battery ». D'après Bernard Croguennoc (CIS-SHOM), les batteries se sont épuisées prématurément car le paramètre « real-time data » est resté activé par erreur (voir Figure 5).

```

ext.cap - Bloc-notes
Eichier Edition Format Affichage ?
ds
SBE 26plus V 6.0 SN 1016 17 Mar 2006 10:10:05
user info=
quartz pressure sensor: serial number = 89301, range = 100 psia
conductivity = NO
iop = 7.0 ma vmain = 16.4 v v1ith = 8.6 v
last sample: p = 22.5342, t = 12.4004

tide measurement: interval = 1.000 minutes, duration = 60 seconds
measure waves every 10000 tide samples
4 wave samples/burst at 4.00 scans/sec, duration = 1 seconds
logging start time = 16 Jan 2006 10:59:30
logging stop time = do not use stop time

tide samples/day = 1440.000
wave bursts/day = 0.144
memory endurance = 2587.7 days
nominal alkaline battery endurance = 464.3 days
total recorded tide measurements = 167078
total recorded wave bursts = 16
tide measurements since last start = 46219
wave bursts since last start = 4

transmit real-time tide data = YES
transmit real-time wave burst data = YES
transmit real-time wave statistics = NO

```

**Fig. 5 :** Capture d'écran issue de la commande <ds> qui montre l'activation de la transmission de real-time data.

Nous avons pu entrer en communication et télécharger les données en utilisant le jeu de batteries de l'autre SBE26.

#### 4. Traitements des observations sur place

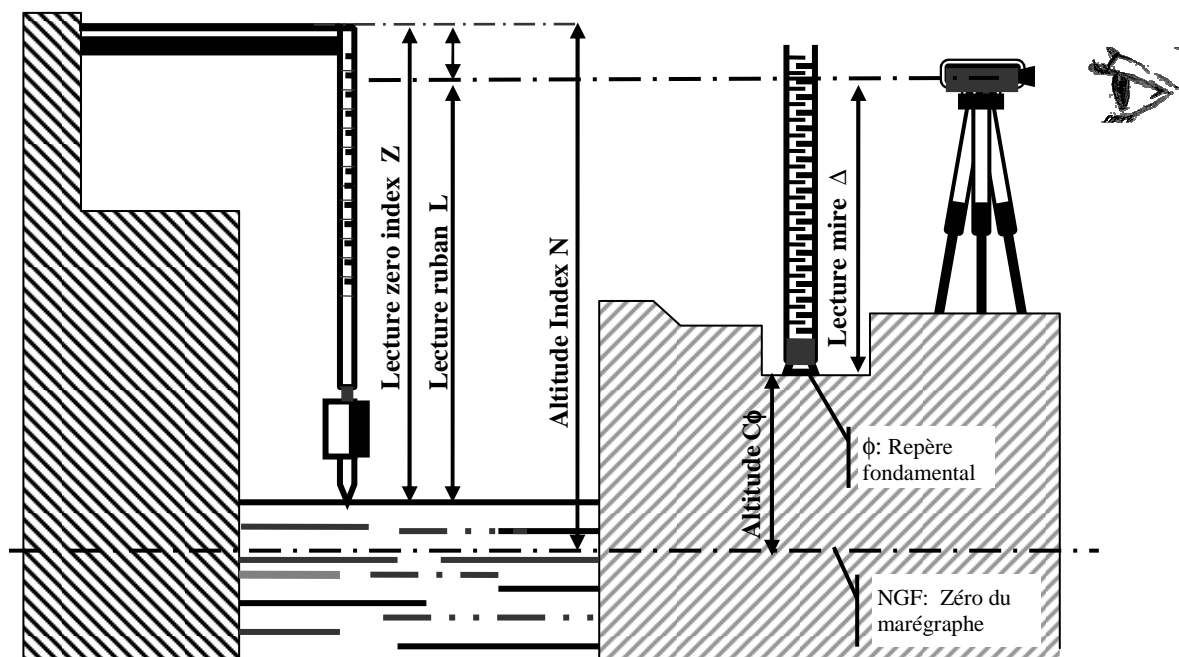
Il s'agit des observations et des traitements effectués sur place pendant la mission, plus précisément ceux de l'étalonnage. Les observations sont disponibles sur demande auprès du CLDG. Une copie est fournie à nos collègues de la section GG (R. Le Roy, EPSHOM) avec ce rapport.

##### 4.1. Résultats du nivellement de l'index de lecture de la sonde

Le 16/03/2006 deux opérations de nivellement ont été effectuées pour déterminer l'altitude de l'index de lecture du ruban de la sonde lumineuse. La moyenne des résultats est :  $N = 3,10975$  mètres au-dessus de la référence de l'observatoire (IGN69). Le tableau ci-dessous donne le détail des mesures et des calculs :

Opérateur	Pascal	Belén
Altitude ( $C\phi$ )	1,6610 m	1,6610m
Lecture mire ( $\Delta$ )	1,4230 m	1,3980 m
Lecture zero index ( $Z$ )	1,7000 m	2,0000 m
Lecture ruban ( $L$ )	1,6740 m	1,9495 m
<b>Altitude Index (<math>N</math>)</b>	<b>3, 1100 m</b>	<b>3,1095 m</b>

La relation permettant d'obtenir cette altitude est :  $N = C_{\phi} + \Delta + (Z - L)$ . Voir schéma ci-dessous.



La valeur de 3,10975m se trouve à 0.15mm de celle qui fut obtenue le 25 avril 2005. Il faut noter que nous ne disposons que d'un niveau Wild NA20 et d'une mire télescopique, la précision ne peut guère être supérieure à 1mm. Nous adoptons donc la hauteur d'avril 2005, à savoir : **3,1096m**.



## 4.2. Résultats de la comparaisons avec la sonde

La sonde lumineuse que nous avons employée était la sonde IGN n°3 avec le ruban invar IGN n°3. Les coefficients de la sonde sont :  $\mathbf{a} = \mathbf{0,4646\ m}$  (fourni par le service SLOG de l'IGN) et  $\mathbf{b} = \mathbf{0,065\ m}$  (mesuré sur place à la règle). On obtient alors à partir de la lecture de la sonde  $x(t)$  à l'instant  $t$  la hauteur du niveau de la mer  $h_{mer}(t)$  par la formule suivante :

$$h_{mer}(t) = H_{index} - a - b - x(t)$$

Suivant les recommandations du manuel de l'UNESCO (1985), nous avons représenté les diagrammes de Van de Casteele pour les deux marégraphes dont nous disposons des observations, à savoir le marégraphe à flotteur et le marégraphe MCN à ultrasons.

Les diagrammes de Van de Casteele sont fournis en annexe 1. Sur la plage de mesure explorée ce jour-là, qui s'étale de l'altitude 0,14m à l'altitude 0,28m au dessus de la référence IGN69, les deux marégraphes donnent des observations remarquablement justes et précises à mieux que le centimètre, sans modification notable des allures des diagrammes de Van de Casteele avec les expériences précédentes (Wöppelmann et al. 2005, Tiphaneau et Martin 2006).

On déduit des comparaisons les constantes de calage de chacun des marégraphes en calculant simplement la moyenne et l'erreur sur la moyenne des écarts observés entre les valeurs des marégraphes et de la sonde. L'allure des diagrammes de Van de Casteele du marégraphe totalisateur (à flotteur) ne justifie pas le découpage traditionnel entre branche montante et branche descendante de la marée, aucun effet d'hystérésis n'y est en effet visible (cf. annexe 4). Nous obtenons donc :

$$h_{Totalisateur} = (1,2746 \pm 0.0003) \text{ m}$$

$$h_{MCN} = (-0,3243 \pm 0.0004) \text{ m}$$

Rappelons ci-dessous les valeurs de ces constantes de calage trouvées les 25/04/2005, 25/10/2005 et 17/01/2006 sans oublier que les coefficients internes du MCN ont été ré-initialisés à leurs valeurs par défaut avant le début de l'expérience octobre 2005.

17 janvier 2006	$h_{Totalisateur} = (1,2742 \pm 0.0003) \text{ m}$	$h_{MCN} = (-0,3267 \pm 0.0003) \text{ m}$
25 octobre 2005	$h_{Totalisateur} = (1,2756 \pm 0.0002) \text{ m}$	$h_{MCN} = (-0,3229 \pm 0.0006) \text{ m}$
25 avril 2005	$h_{Totalisateur} = (1,2755 \pm 0.0007) \text{ m}$	$h_{MCN} = (-0,3346 \pm 0.0008) \text{ m}$

La stabilité dans le temps du calage des deux marégraphes est millimétrique.

## 5. Conclusions

Cette mission met fin aux mesures de terrain de l'expérience initiée en octobre 2005 qui avait pour objectif d'acquérir les données nécessaires pour comprendre l'influence de l'ensemble puits – chenal d'accès de l'observatoire marégraphique de Marseille. Seuls sont à déplorer la perte des 6 lest de 18 kg et la chaîne. Le matériel est expédié par la BOM au service CIS de l'EPSHOM.

Par prudence, le marégraphe SBE26 de l'extérieur est resté sur le même site de mouillage pendant toute l'expérience, à savoir près du chenal d'accès au puits de tranquillisation, ceci afin d'assurer l'objectif premier de l'expérience rappelé ci-dessus.

Il conviendra donc d'étudier la faisabilité d'une extension de l'expérience si l'on souhaite apporter des éléments de réponse à la deuxième question qui est celle de la représentativité géographique de la mesure de l'observatoire marégraphique de Marseille.

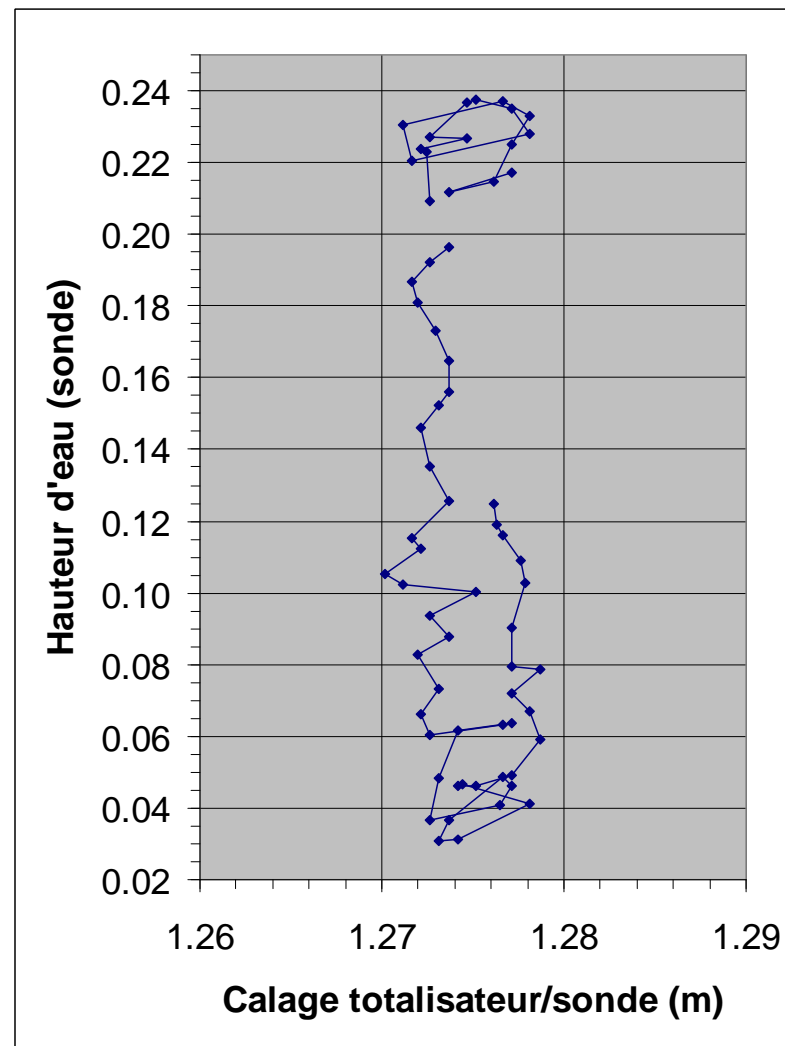
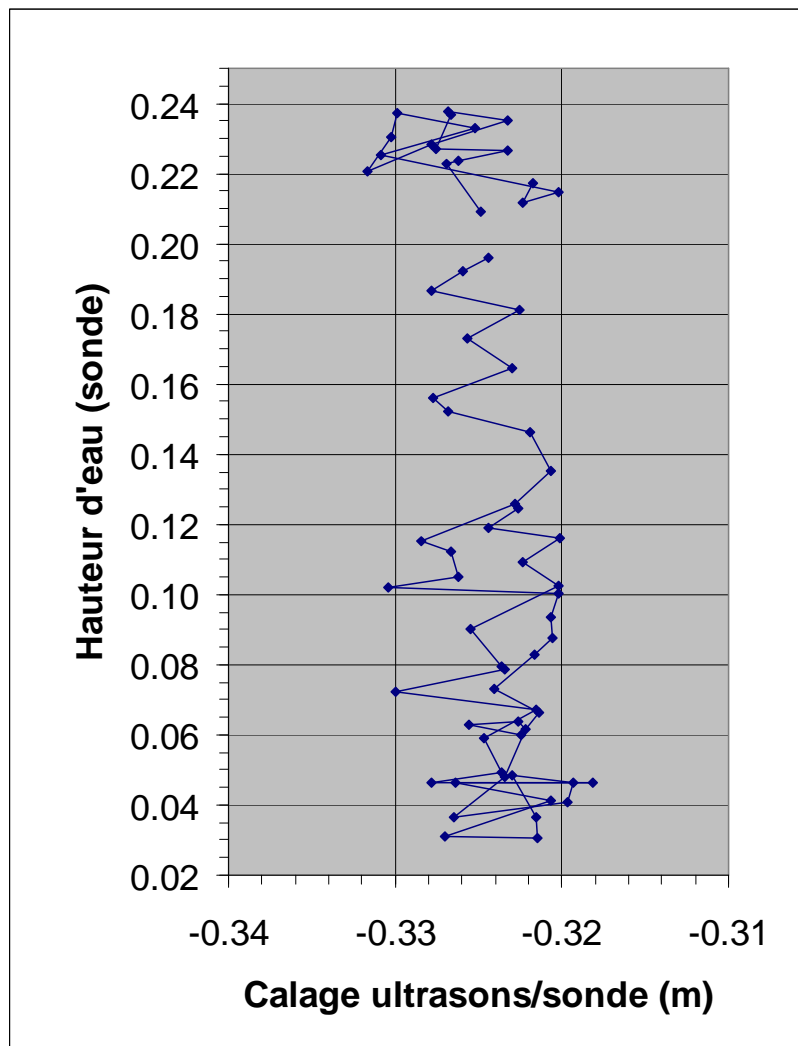
## **Références**

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.

Tiphaneau P. et B. Martin (2006). Contrôle des deux marégraphes SBE26 dans l'anse Calvo à Marseille (16-17 janvier 2006). Rapport CLDG No. 01/06, 11 pp.

Wöppelmann G. B. Martin et M. Marcos (2005). Installation de deux marégraphes SBE26 dans l'anse Calvo à Marseille. Rapport CLDG No. 01/05, 15 pp.

## ANNEXE 1 : Diagrammes de van de Castele des marégraphes MCN à ultrasons et à flotteur (16/03/2006)



(Note : la référence de la sonde est celle de l'observatoire, à savoir : le zéro NGF-IGN69)