

Note Technique LPO

UMR 6523 Laboratoire de Physique des Océans	Utilisation de sondes NKE-STPS sur le voilier Fleur Australe (juin 2010-mars 2013)	
Date : 12/09/2013	Auteurs : Floriane Desprez de Gésincourt Michel Hamon Pierre Branellec Fabienne Gaillard	Archivage : LPO-GT13-01

Liste de diffusion : Public



SOMMAIRE

1	Introduction	5
2	Caractéristiques techniques des sondes	6
2.1	Caractéristiques de la mesure	6
2.2	Caractéristiques mécaniques.....	8
2.3	Caractéristiques de la transmission Radio	8
2.4	Autonomie.....	8
2.5	Entretien.....	8
3	Montage des sondes sur Fleur Australe	9
4	Historique des sondes utilisées	10
5	Contrôles effectués sur les sondes	13
5.1	Voyage 1.....	13
5.2	Voyage 2.....	17
5.1	Voyage 3.....	22
6	Synthèse des résultats.....	25
7	Références	26

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Sonde STPS profileur radio	6
Figure 2 : Photo du dispositif de fixation de la sonde (© P. Poupon).....	9
Figure 3 : Les sondes placées sur le tableau arrière, prêtes pour l'acquisition (© P. Poupon) ..	9
Figure 4 : Comparaison des mesures de température, mars 2011	14
Figure 5 : Comparaison des mesures de salinité, mars 2011	14
Figure 6 : Comparaison entre les températures obtenues par les sondes et par les thermomètres, juin 2012.....	18
Figure 7 : Comparaison entre la salinité acquise par les sondes et les analyses effectuées au laboratoire, juin 2012	19
Figure 8 : Comparaison entre les températures obtenues par les sondes et par le thermomètre, mars 2013	23
Figure 9 : Comparaison entre la salinité acquise par les sondes et les analyses effectuées au laboratoire, mars 2013	23
Tableau 1: Caractéristiques du capteur de pression suivant le type de capteur STPS (selon notice NKE).....	7
Tableau 2: Caractéristiques mécaniques suivant le type de capteur STPS (selon notice NKE)	8
Tableau 3 : Historique des évènements.....	11
Tableau 4: Localisation des sondes	12
Tableau 5 : Ecarts de température entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (mars 2011).....	15
Tableau 6 : Résultats de mesures obtenus par les capteurs de conductivité et température par le service de métrologie de l'IFREMER Brest, avril 2011.....	16
Tableau 7 : Ecarts sondes - référence pour la température (en haut) et la salinité (en bas) lors des test de métrologie en avril 2011.....	17
Tableau 8 : Prélèvements effectués en juin 2012	18
Tableau 9 : Ecarts de température entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (juin 2012)	20
Tableau 10 : Ecarts de salinité entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (juin 2012)	21
Tableau 11 : Prélèvements effectués en mars 2013	22
Tableau 12 : Ecarts de température entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (mars 2013).....	24
Tableau 13 : Ecarts de salinité entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (mars 2013).....	24
Tableau 14 : Bilan des biais et écarts types mesurés depuis la calibration NKE de février 2011	25

1 Introduction

Les instituts océanographiques et notamment l'IFREMER utilisent leurs propres navires pour effectuer des prélèvements lors de nombreux transects. Cependant, face à l'ampleur de la tâche, afin d'obtenir des jeux de données les plus conséquents possible et ainsi élargir les observations, d'autres navires sont régulièrement mis à contribution, comme par exemple les navires de commerces. Par ailleurs, de plus en plus de bateaux d'opportunité sont sollicités, et en retour, un nombre grandissant de navigateurs proposent de se mettre à contribution de la science.

C'est dans cet esprit que Philippe Poupon a sollicité un partenariat avec notre institut et a été mis en relation avec Fabienne Gaillard du Laboratoire de Physique des Océans. Le parcours proposé par P. Poupon, décrit sur son site: <http://www.fleuraustrale.fr/>, a été jugé particulièrement intéressant. La collaboration établie sur plusieurs années doit permettre de recueillir des observations de température et salinité de surface dans des régions du globe rarement échantillonnées.

Les sondes qui ont été fournies à P. Poupon sont des systèmes miniaturisés développés par la société NKE en collaboration avec l'IFREMER pour le projet RECOPECA. Ces sondes pourraient être à la base d'un système facilement intégrable sur les voiliers (projet CANOE, labellisé Pôle-Mer). La mission confiée à P. Poupon est donc, au delà de la collecte des mesures, celle de la validation d'un système pour des mesures de longue durée en haute mer.

Ce rapport rassemble les informations concernant la préparation, l'installation et la vérification des capteurs. Un autre rapport sera consacré à la validation des mesures.

2 Caractéristiques techniques des sondes

Les sondes installées à bord de Fleur Australe sont des Enregistreurs autonomes de Température, Pression et Salinité (STPS) fabriqués par la société NKE. Ces sondes, robustes et faciles d'emploi, sont adaptées à une mise en œuvre sur un voilier.

Pour réaliser cette sonde, NKE a intégré les capteurs suivants:

- La conductivité est mesurée par un capteur de marque WTW, qui intègre également la température. On peut choisir d'acquérir une donnée de conductivité ou de salinité. La donnée est acquise par un convertisseur analogique numérique, et la conversion en salinité est effectuée par le processeur de la sonde selon le calcul de la PSS-78. Le calcul de salinité ne tient pas compte de la pression
- Le capteur de pression est de marque City sensor.

Les sondes STPS existent en plusieurs versions. Celles que nous avons utilisées sont des sondes STPS 300, profileur Radio. Elles ont été développées pour le projet Recopesca, qui vise à mettre en place un réseau de navires de pêche volontaires pour mesurer l'activité de pêche et fournir des données environnementales.

Nous avons emprunté ces sondes au projet RECOPECA, équipe RBE-STH-LBH, gérées par REM-RDT. Pour une mise en œuvre sous la coque du bateau, des STPS 10 auraient donné une meilleure résolution de la pression.

On communique avec les sondes à l'aide d'un data pencil Radio, il n'y a donc pas de connectique. Le logiciel utilisé est WINMEMO.

Nota : la communication avec le STPS Radio ne peut s'effectuer que hors de l'eau.

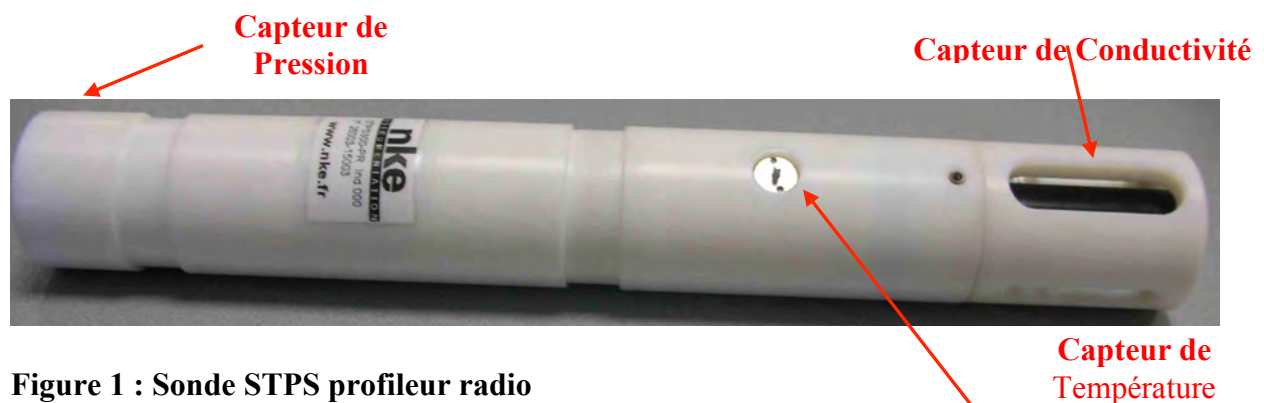


Figure 1 : Sonde STPS profileur radio
Figure issue de la notice d'utilisation des sondes STPS

2.1 Caractéristiques de la mesure

Ces informations sont issues de la notice d'utilisation des sondes STPS.

2.1.1 Temperature (Canal 0)

Gamme de mesure : $-5^{\circ}\text{C}/+35^{\circ}\text{C}$.

Résolution : $0,5\text{m}^{\circ}\text{C}$ à 0°C , $1\text{m}^{\circ}\text{C}$ à 10°C , $1,5\text{m}^{\circ}\text{C}$ à 20°C

Précision : $< 50\text{m}^{\circ}\text{C}$ dans la gamme 0°C à $+20^{\circ}\text{C}$.

Capteur : Thermistance

Temps de réponse (STPS xxx-Px : Profileur) : $< 0,5\text{s}$ à 63%

Paramètre de configuration de l'étalonnage : Les valeurs d'étalonnage du Canal 0 doivent obligatoirement représenter des valeurs physiques de température exprimées en °C (Paramètre Unité).

2.1.2 Pression (Canal 1)

Capteur : Capteur de pression céramique

Précision : $\pm 0,3\%$ de la pleine échelle.

Résolution : inférieure à 0,04% de la pleine échelle.

Paramètre de configuration de l'étalonnage : les valeurs d'étalonnage du Canal 1 doivent obligatoirement représenter des valeurs physiques de profondeur exprimées en **mètre**, ou des valeurs de pression en **dbar** (Paramètre Unité).

Type de STPS	Gamme de profondeur	Précision	Résolution
STPS 10	0 – 10m	3cm	0,24 cm
STPS 30	0 – 30m	9cm	0,72 cm
STPS 100	0 – 100m	30cm	2,4 cm
STPS 300	0 – 300m	90cm	7,2 cm

Tableau 1: Caractéristiques du capteur de pression suivant le type de capteur STPS (selon notice NKE)

2.1.3 Conductivité ou Salinité (Canal 2)

Choix de la valeur affichée

- La Voie affectée au Canal 2 permet d'enregistrer la valeur de conductivité in situ.
- La valeur affichée peut-être au choix la conductivité mesurée ou la salinité calculée.
- La salinité est calculée à partir des valeurs physiques de température, pression et conductivité selon l'algorithme EPS 78.

2.1.3.1 Conductivité

Caractéristiques:

Gamme : 0 à 70 mS/cm

Précision : $\pm 0,05$ mS/cm dans la gamme 10 à 60 mS/cm

Temps de réponse : $< 0,1$ s

Paramètre de configuration de l'étalonnage :

Unité : mS

Type du capteur : *Conductivité*

Etalonnage du Canal : les valeurs physiques du Canal 2 sont toujours exprimées en mS/cm.

2.1.3.2 Salinité

Caractéristiques:

Gamme : 2 à 42 ‰

Précision : $\pm 0,1$ ‰

Temps de réponse : $< 0,1$ s

Paramètre de configuration de l'étalonnage :

Unité : PSS

Type du capteur : Salinité

Etalonnage du Canal : les valeurs physiques du Canal 2 sont toujours exprimées en mS/cm.

2.2 Caractéristiques mécaniques

Dimensions : longueur : 217mm, diamètre : 30mm

Matériaux : Plastique, capteur température en Inconel pour la version Profileur

Poids dans l'air : environ 180g

Les sondes STPS peuvent être fournies avec une protection souple (caoutchouc vulcanisé de 10mm d'épaisseur) leur permettant de mieux résister aux chocs. C'est le cas pour les sondes de FleurAustrale.

Type de STPS	Immersion maximale		
	sans recalibrage	sans casse électrique	sans casse mécanique
STPS 10	20m	30m	40m
STPS 30	30m	32m	35m
STPS 100	120m	150m	200m
STPS 300	300m	320m	340m

Tableau 2: Caractéristiques mécaniques suivant le type de capteur STPS (selon notice NKE)

2.3 Caractéristiques de la transmission Radio

Fréquence : 868,3 MHz

Puissance d'émission : 5mW

Portée en champ libre : 25m

2.4 Autonomie

Donnée pour un fonctionnement départ et arrêt manuel :

2.4.1 Autonomie mémoire

Pour une sonde STPS effectuant des mesures à la cadence de 1 minute, l'autonomie mémoire sera d'environ 5 mois.

2.4.2 Autonomie piles

Pour une STPS en enregistrement à 1 minute, résolution à 13 bits pour voies température, salinité et 12 bits pour voie profondeur, la durée de vie des piles sera supérieure à 4 ans.

Les piles sont remplacées en usine. En effet, il faut pour cela démonter et dessouder la capsule de pression, puis effectuer un ré-ajustage du capteur de pression.

2.5 Entretien

Les électrodes de la sonde de conductivité se nettoient en les trempant dans de l'eau contenant un produit dégraissant du type liquide vaisselle ménager. Il est également possible de les nettoyer avec une petite brosse non métallique en faisant attention de ne pas rayer les électrodes.

3 Montage des sondes sur Fleur Australe

Le montage des sondes sur Fleur Australe a été conçu et réalisé par Philippe Poupon. Les deux sondes sont placées sur le tableau arrière, de part et d'autre de l'échelle de bain. Elles sont maintenues dans un tube qui permet un accès facile pour la vérification et le nettoyage.

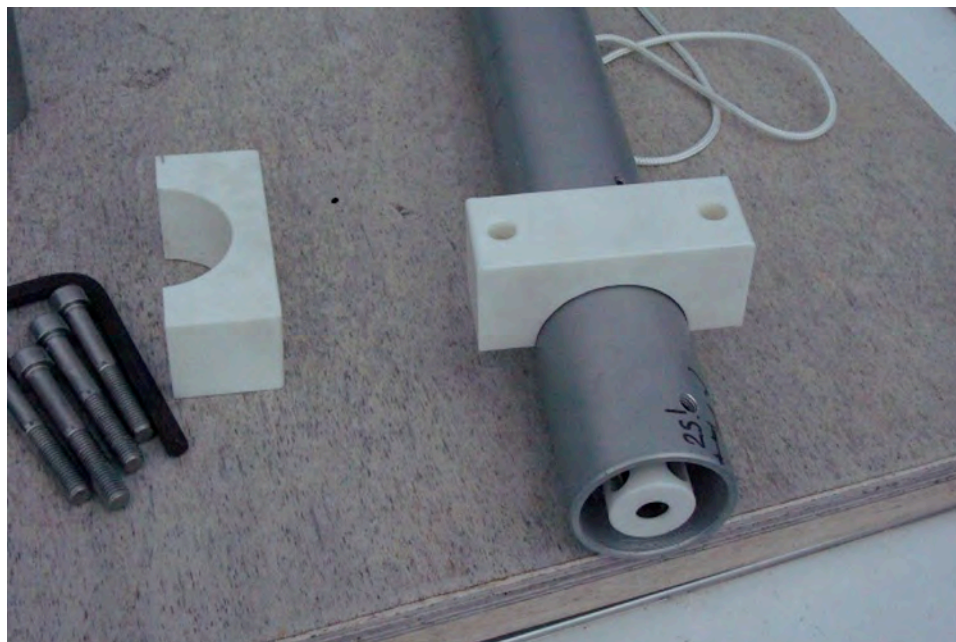


Figure 2 : Photo du dispositif de fixation de la sonde (© P. Poupon)



Figure 3 : Les sondes placées sur le tableau arrière, prêtes pour l'acquisition (© P. Poupon)

4 Historique des sondes utilisées

Les 4 sondes utilisées sont :

- s/n 26003 (référence canal radio : 15003)
- s/n 28001 (référence canal radio : 15046)
- s/n 28033 (référence canal radio : 15049)
- s/n 28036 (référence canal radio : 15052)

Avril 2010, les 4 sondes calibrées et équipées de batteries neuves par NKE				
<u>Voyage 1</u>				
Départ Alaska 1/06/2010 au 09/09/2010 Periode 1	cadence 1mn	sonde 28001 fichier 15046 MH Récupération des données OK.	sonde 26003 fichier 15003MH Récupération des données OK. Début janvier, impossible de re- communiquer avec la sonde.	Retournées à Ifremer début septembre 2010.
Los Angeles 15/08/2010 au 4/01/2011 Periode 2	cadence 1mn	sonde 28033 fichier 28033 et fichier 15052MH2 Pas de communication (avarie de l'électronique), les données ont été récupérées par NKE par la suite.	sonde 28036 fichier 15052MH Récupération des données OK.	Retournées à Ifremer début janvier 2011
Mars 2011	Maintenance des 4 sondes chez NKE	Puis test au labo des 4 sondes		
<u>Voyage 2</u>				
06/07/2011 au 16/11/2011	Cadence 3mn	sonde 28036 fichier 15052MH4 Récupération des données le 16/11/11 Horloge en TU + 1 (retard de 1mn et 08s)	sonde 28033 fichier 15049MH4 Récupération des données le 16/11/11 Horloge en TU + 1 (retard de 6mn et 02s)	Retournées à Ifremer le 14/11/11

01/12/2011 au 15/05/2012	Cadence 3mn	sonde 28001 fichier 15046MH4 Horloge en TU + 1 (retard de 8mn et 20s)	sonde 26003 fichier 15003MH4 Horloge en TU + 1 (retard de 6mn et 30s)	Retournées à Ifremer le 15/05/2012
Juin 2012	Tests au labo des 4 sondes			
<u>Voyage 3</u>				
26/10/12 au 05/03/13	Cadence 3mn	Sonde 26003 fichier 15003MH5 Récupération des données le 5/03/13 Horloge en TU (retard 3mn 34s)	Sonde 28001 fichier 15046MH5 Récupération des données le 5/03/13 Horloge en TU (retard 4mn 27s)	Retournées à ifremer le 05/03/2013
Mars 2013	Test au labo des sondes 26003 et 28001			

Tableau 3 : Historique des évènements

	26003 radio:15003	28001 radio:15046	28033 radio:15049	28036 radio:15052
Décembre 2009	Test Labo/LPO			
Janvier 2010				
Février				
Mars				
Avril	NKE			
Mai				
Juin	Voyage 1 – Alaska- San-Francisco		Voyage 1 (en attente)	
Juillet			Voyage 1 – San Francisco - Tahiti	
Août				
Septembre				
Octobre				
Novembre				
Décembre				
Janvier 2011				
Février	NKE			
Mars	Test Labo/LPO			
Avril	Mesures métrologie Ifremer			
Mai				
Juin				
Juillet	Voyage 2 (en attente)		Voyage 2 – Tahiti-Nouvelle-Zélande	
Août				
Septembre				
Octobre				
Novembre	Voyage 2 – Nouvelle Zélande - Uruguay			
Décembre				
Janvier 2012				
Février				
Mars				
Avril				
Mai				
Juin	Test labo/LPO			
Juillet				
Août				
Septembre				
Octobre	Voyage 3 – Uruguay – Puerto Montt			
Novembre				
Décembre				
Janvier 2013				
Février				
Mars	Test Labo/LPO			

Tableau 4: Localisation des sondes

5 Contrôles effectués sur les sondes

Avant chaque envoi et à leur retour, les sondes ont subi différents contrôles au LPO. Dans certains cas ces sondes ont été envoyées au laboratoire de métrologie de l'Ifremer ou chez le constructeur NKE.

5.1 Voyage 1

5.1.1 Préparation des sondes

Une série de tests préalables ont fait l'objet de la note technique LPO-GT10-01 du 07/01/2010 intitulée Compte-rendu d'essais sur enregistreurs NKE STPS et rédigée par Pierre Branellec et Michel Hamon.

Voici la conclusion de ces essais :

Ces différents essais nous ont permis de nous familiariser avec l'utilisation de ce type d'appareils de mesure. Les deux appareils utilisés n'étant pas neufs et n'étant pas calibrés, il est difficile de conclure sur la qualité des mesures.

NKE vient de s'équiper récemment de moyens métrologiques leur permettant d'étalonner plus précisément leurs sondes STPS.

D'autres essais sur des capteurs sortis directement d'étalonnage chez NKE seraient certainement intéressants. Une discussion avec les autres utilisateurs de sondes STPS permettrait de cibler ces essais.

Les sondes ont été envoyées à NKE en avril 2010 pour une mise à niveau complète (changement de pile + étalonnage avec leurs nouveaux moyens). Elles ont ensuite été programmées (cadence 1mn avec départ différé) et envoyées à P. Poupon pour être installées sur son bateau :

s/n 26003 (référence canal radio : 15003) -> départ le 01/06/10 - Cadence : 1mn
s/n 28001 (référence canal radio : 15046) -> départ le 01/06/10 - Cadence : 1mn
s/n 28033 (référence canal radio : 15049) -> départ le 15/08/10 - Cadence : 1mn
s/n 28036 (référence canal radio : 15052) -> départ le 15/08/10 - Cadence : 1mn

5.1.2 Retour des sondes après le voyage 1

Pour chaque période, 2 sondes STPS avaient été installées sur le bateau :

Période 1 : s/n 26003 et s/n 28001. Ces capteurs ont été retournés à Ifremer début Septembre

Période 2 : s/n 28036 et s/n 28033. Ces capteurs ont été retournés à Ifremer début Janvier

Les données des capteurs de la période 1 ont été récupérées début septembre sans problème particulier.

D'après le rapport de Michel Hamon intitulé STPS-LPO_201102 :

Début janvier, les données du capteur s/n 28036 sont récupérées correctement. Par contre, il a été impossible de communiquer et de récupérer les données du capteur s/n 28033.

Début janvier, il a également été impossible de re-communiquer avec le capteur s/n 26003.

Après discussion avec le SAV NKE (Y Lin Pitros), il est convenu d'expédier chez NKE les 4 sondes pour expertise.

Il est à noter que :

-les données du s/n 28033 ont pu être récupérées par NKE

-chaque capteur a été étalonné.

5.1.3 Tests effectués au LPO

Nous avons effectué une vérification des capteurs 28036 , 28001, 28033 , 26003 à leur retour de chez NKE. Ces tests ont été réalisés du 15/03/2011 au 17/03/2011. Les résultats sont présentés Figure 4 et Figure 5.

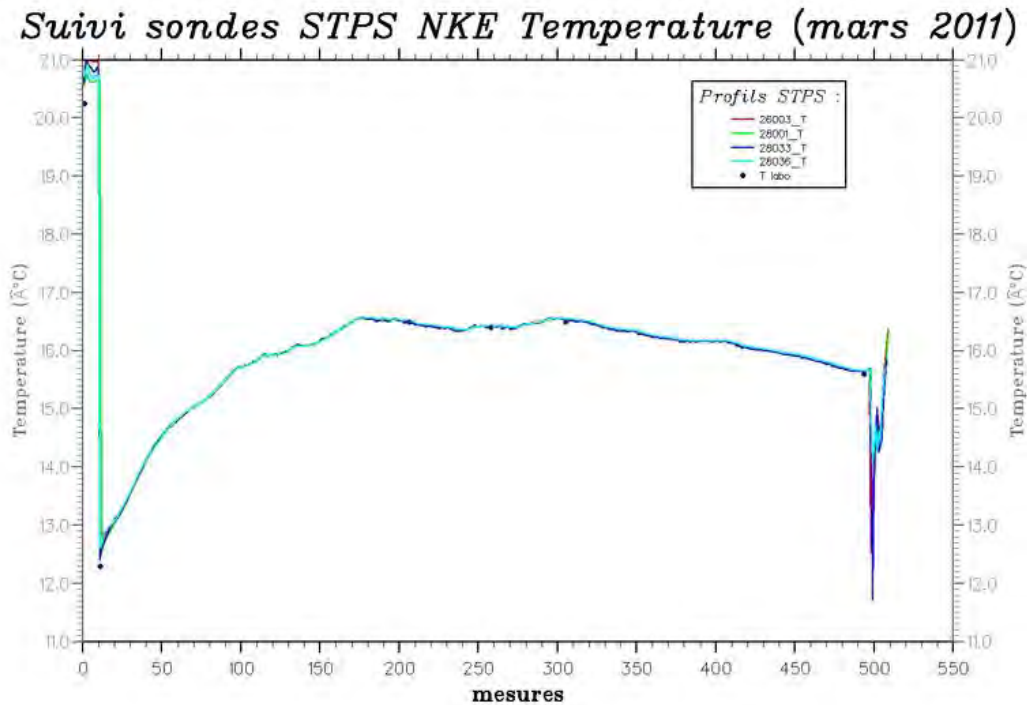


Figure 4 : Comparaison des mesures de température, mars 2011

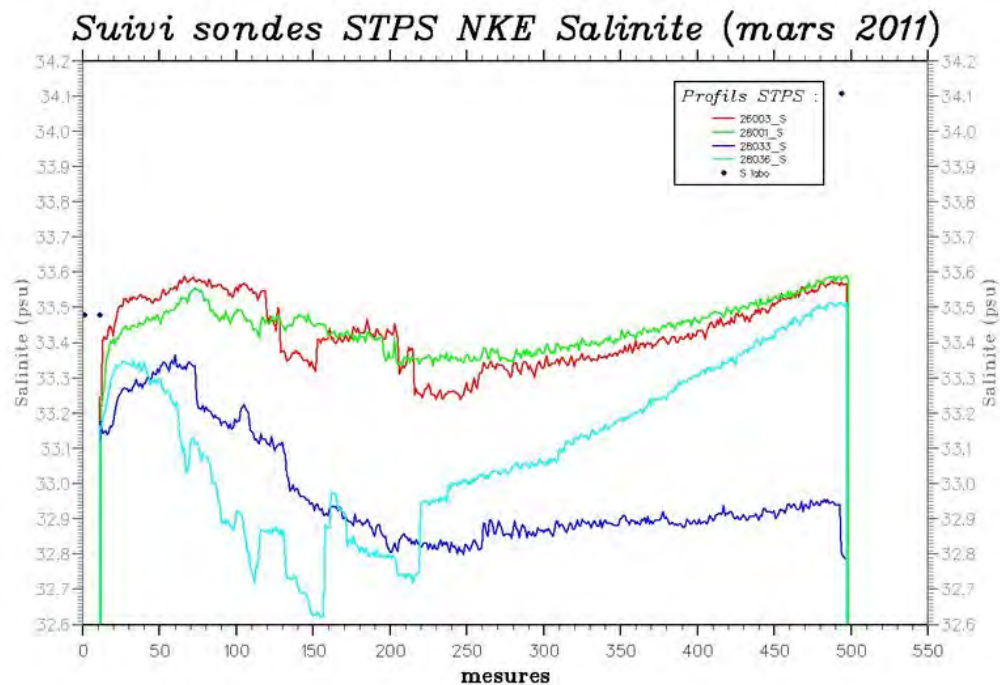


Figure 5 : Comparaison des mesures de salinité, mars 2011

Date/heure prélèvement	Temp	heures	28001 Ecart	28033 Ecart	26003 Ecart	28036 Ecart
16/03/2011 08:45	16,5	08:34:47	0,005	-0,015	-0,031	0,021
	16,5	08:39:47	0,005	-0,023	-0,023	0,014
	16,5	08:44:47	0,005	-0,015	-0,007	0,006
	16,5	08:49:47	0,005	-0,03	0,001	0,006
	16,5	08:54:47	-0,003	-0,03	0,001	0,006
16/06/2011 13:05	16,4	12:54:47	0,012	0,008	-0,009	0,028
	16,4	12:59:47	0,019	0,008	0,006	0,02
	16,4	13:04:47	0,019	0,023	0,006	0,02
	16,4	13:09:47	0,027	0,031	0,022	0,02
	16,4	13:14:47	0,027	0,031	0,03	0,028
16/06/2011 17:00	16,5	16:49:47	0,044	0,032	0,032	0,053
	16,5	16:54:47	0,052	0,032	0,048	0,061
	16,5	16:59:47	0,052	0,04	0,048	0,053
	16,5	17:04:47	0,052	0,047	0,04	0,053
	16,5	17:09:47	0,052	0,04	0,048	0,045
17/03/2011 08:45	15,6	08:34:47	0,05	0,036	0,046	0,058
	15,6	08:39:47	0,05	0,036	0,046	0,058
	15,6	08:44:47	0,05	0,036	0,053	0,05
	15,6	08:49:47	0,05	0,058	0,061	0,058
	15,6	08:54:47	0,057	0,073	0,069	0,058
Biais moyen			0,032	0,021	0,024	0,036
Ecart type des biais			0,021	0,030	0,029	0,021

Tableau 5 : Ecart de température entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (mars 2011)

Les mesures de température sont cohérentes entre les capteurs et conformes avec les précisions annoncées par NKE (0.05°C).

Par contre, les données obtenues en salinité posent des questions.

- Ecart en fin d'expérience de 0.5 psu entre le salinomètre et les capteurs s/n 26003, s/n 28001 et s/n 28036
- Ecart en fin d'expérience de 1.1 psu entre le salinomètre et le capteur s/n 28033

Nous avons écarté la première série de mesures de températures effectuée le 15/03, car il semble que les sondes n'étaient pas stabilisées. D'autre part, les mesures de salinité sont inexploitables car probablement polluées par les bulles formées autour des capteurs.

5.1.4 Métrologie avril 2011

En avril 2011, une vérification des capteurs conductivité et température a été effectuée par le service de métrologie de l'IFREMER Brest (Service Interfaces et Capteurs du Département de Recherches et Développement Technologiques). Les résultats de ces mesures sont les suivants:

Sonde 26003-15003 :

Conductivité (1) mS/cm	Référence		Capteur						Correction		
	Salinité (2) -	T° (3) °C	Conductivité		Salinité		T°		Conductivité (1) - (4) mS/cm	Salinité (2) - (5) -	T° (3) - (6) °C
			Moyenne (4) mS/cm	Ecart type mS/cm	Moyenne (5) -	Ecart type -	Moyenne (6) °C	Ecart type °C			
33,179	31,705	8,06	33,108	0,013	31,666	0,013	8,02	0,00	0,071	0,039	0,04
37,665	31,737	13,16	37,605	0,012	31,730	0,007	13,10	0,01	0,060	0,007	0,06
37,667	31,739	13,16	37,611	0,011	31,733	0,006	13,11	0,01	0,056	0,006	0,05
45,264	32,905	19,91	45,201	0,007	32,893	0,005	19,87	0,01	0,063	0,012	0,04
45,331	32,835	20,07	45,264	0,010	32,829	0,008	20,01	0,01	0,067	0,006	0,06
26,847	18,415	20,00	26,885	0,009	18,463	0,010	19,96	0,02	-0,038	-0,048	0,04
22,478	18,473	12,11	22,436	0,008	18,462	0,005	12,06	0,01	0,042	0,011	0,05
17,026	19,163	0,56	16,950	0,015	19,102	0,018	0,51	0,00	0,076	0,061	0,05
0,440	0,237	19,81	0,418	0,005	0,225	0,002	19,77	0,00	0,022	0,012	0,04
0,353	0,229	11,76	0,334	0,005	0,217	0,003	11,70	0,00	0,019	0,012	0,06

Sonde 28001-15046 :

Conductivité (1) mS/cm	Référence		Capteur						Correction		
	Salinité (2) -	T° (3) °C	Conductivité		Salinité		T°		Conductivité (1) - (4) mS/cm	Salinité (2) - (5) -	T° (3) - (6) °C
			Moyenne (4) mS/cm	Ecart type mS/cm	Moyenne (5) -	Ecart type -	Moyenne (6) °C	Ecart type °C			
33,179	31,705	8,06	33,079	0,008	31,638	0,007	8,02	0,01	0,100	0,067	0,04
37,665	31,737	13,16	37,552	0,012	31,677	0,006	13,11	0,01	0,113	0,060	0,05
37,667	31,739	13,16	37,565	0,010	31,684	0,005	13,11	0,01	0,102	0,055	0,05
45,264	32,905	19,91	45,113	0,007	32,822	0,006	19,86	0,01	0,151	0,083	0,05
45,331	32,835	20,07	45,132	0,010	32,727	0,007	20,01	0,01	0,199	0,108	0,06
26,847	18,415	20,00	26,689	0,022	18,324	0,015	19,94	0,02	0,158	0,091	0,06
22,478	18,473	12,11	22,438	0,006	18,461	0,004	12,06	0,01	0,040	0,012	0,05
17,026	19,163	0,56	16,949	0,016	19,094	0,019	0,52	0,00	0,077	0,069	0,04
0,440	0,237	19,81	0,445	0,005	0,240	0,003	19,76	0,00	-0,005	-0,003	0,05
0,353	0,229	11,76	0,352	0,003	0,229	0,002	11,70	0,00	0,001	0,000	0,06

Sonde 28033-15049 :

Conductivité (1) mS/cm	Référence		Capteur						Correction		
	Salinité (2) -	T° (3) °C	Conductivité		Salinité		T°		Conductivité (1) - (4) mS/cm	Salinité (2) - (5) -	T° (3) - (6) °C
			Moyenne (4) mS/cm	Ecart type mS/cm	Moyenne (5) -	Ecart type -	Moyenne (6) °C	Ecart type °C			
33,179	31,705	8,06	32,742	0,017	31,282	0,017	8,02	0,01	0,437	0,423	0,04
37,665	31,737	13,16	37,244	0,012	31,387	0,006	13,11	0,01	0,421	0,350	0,05
37,667	31,739	13,16	37,265	0,011	31,402	0,006	13,11	0,01	0,402	0,337	0,05
45,264	32,905	19,91	44,675	0,007	32,468	0,007	19,86	0,01	0,589	0,437	0,05
45,331	32,835	20,07	44,720	0,027	32,394	0,021	20,01	0,01	0,611	0,441	0,06
26,847	18,415	20,00	26,147	0,039	17,912	0,023	19,95	0,02	0,700	0,503	0,05
22,478	18,473	12,11	22,346	0,006	18,378	0,004	12,07	0,01	0,132	0,095	0,04
17,026	19,163	0,56	16,861	0,014	18,998	0,018	0,50	0,00	0,165	0,165	0,06
0,440	0,237	19,81	0,441	0,004	0,238	0,002	19,77	0,00	-0,001	-0,001	0,04
0,353	0,229	11,76	0,348	0,004	0,226	0,003	11,70	0,00	0,005	0,003	0,06

Sonde 28036-15052 :

Conductivité (1) mS/cm	Référence		Capteur						Correction		
	Salinité (2) -	T° (3) °C	Conductivité		Salinité		T°		Conductivité (1) - (4) mS/cm	Salinité (2) - (5) -	T° (3) - (6) °C
			Moyenne (4) mS/cm	Ecart type mS/cm	Moyenne (5) -	Ecart type -	Moyenne (6) °C	Ecart type °C			
33,179	31,705	8,06	32,838	0,027	31,332	0,023	8,08	0,01	0,341	0,373	-0,02
37,665	31,737	13,16	37,359	0,011	31,492	0,008	13,11	0,01	0,306	0,245	0,05
37,667	31,739	13,16	37,375	0,012	31,489	0,009	13,14	0,01	0,292	0,250	0,02
45,264	32,905	19,91	44,850	0,007	32,616	0,006	19,85	0,00	0,414	0,289	0,06
45,331	32,835	20,07	44,871	0,034	32,516	0,026	20,01	0,00	0,460	0,319	0,06
26,847	18,415	20,00	26,616	0,013	18,259	0,005	19,96	0,02	0,231	0,156	0,04
22,478	18,473	12,11	22,351	0,009	18,362	0,006	12,11	0,01	0,127	0,111	0,00
17,026	19,163	0,56	16,862	0,012	18,904	0,013	0,66	0,01	0,164	0,259	-0,10
0,440	0,237	19,81	0,432	0,003	0,233	0,002	19,78	0,00	0,008	0,004	0,03
0,353	0,229	11,76	0,338	0,005	0,219	0,003	11,74	0,00	0,015	0,010	0,02

Tableau 6 : Résultats de mesures obtenus par les capteurs de conductivité et température par le service de métrologie de l'IFREMER Brest, avril 2011

Référence température	26003 Ecart	28001 Ecart	28033 Ecart	28036 Ecart
8.06	-0.04	-0.04	-0.04	+0.02
13.16	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05
13.16	-0.05	-0.05	-0.05	-0.02
19.91	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06
20.07	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
Biais moyen	-0.05	-0.05	-0.05	-0.034
Ecart type des biais	0.01	0.007	0.007	0.034

Référence salinité	26003 Ecart	28001 Ecart	28033 Ecart	28036 Ecart
31.705	-0.039	-0.067	-0.423	-0.373
31.737	-0.007	-0.060	-0.350	-0.245
31.739	-0.006	-0.055	-0.337	-0.250
32.905	-0.012	-0.083	-0.437	-0.289
32.835	-0.006	-0.108	-0.441	-0.319
Biais moyen	-0.014	-0.075	-0.398	-0.295
Ecart type des biais	0.014	0.021	0.050	0.053

Tableau 7 : Ecart sondes - référence pour la température (en haut) et la salinité (en bas) lors des test de métrologie en avril 2011.

5.2 Voyage 2

5.2.1 Préparation des sondes

Les sondes ont été programmées pour une acquisition toute les 3mn,

- à partir du 6 juillet 2011 pour la 28036 et la 28033 (arrêt manuel au retour, le 16 novembre 2011);
- à partir du 1 decembre 2011 pour la 28001 et la 26003 (arrêt manuel au retour, le 15 mai 2012).

5.2.2 Retour des sondes après le voyage 1

Les données ont été récupérées le 16 novembre 2011, sans problème particulier.

Horloges en TU + 1.

Des retards horloges ont été constatés :

- 1 minute et 8 secondes pour la sonde 28036
- 6 minutes et 2 secondes pour la sonde 28033
- 8 minutes et 20 secondes pour la sonde 28001
- 6 minutes et 30 secondes pour la sonde 26003

5.2.3 Tests effectués au LPO

Des comparaison données sonde STPS- mesures in situ ont été réalisées en juin 2012 au LPO sur les sondes: 26003, 28001, 28033, 28036.

Nous les avons programmées pour une acquisition toutes les 3mn, puis les avons plongées toutes les 4 dans une bassine remplie d'eau de mer, du 7 juin 2012 au 11 juin 2012. Des mesures de température ont été faites régulièrement, ainsi que des prélèvements d'eau en vue d'analyses de salinité. Les résultats des mesures et analyses sont présentés dans le tableau qui suit :

	Températures à droite	Températures à gauche	Analyses salinité
7/06/2012 15h10	19,06	19,06	34,7973375
8/06/2012 8h18	12,85	12,85	34,9433875
8/06/2012 11h41	14,11	13,94	34,9708667
8/06/2012 15h25	16,43	16,36	35,021675
11/06/2012 9h15	13,1	13,1	35,2294875
11/06/2012 11h15	13,49	13,5	35,209925
11/06/2012 13h05	14,34	14,25	

Tableau 8 : Prélèvements effectués en juin 2012

Voici les profils des sondes en température puis salinité, comparés aux mesures.

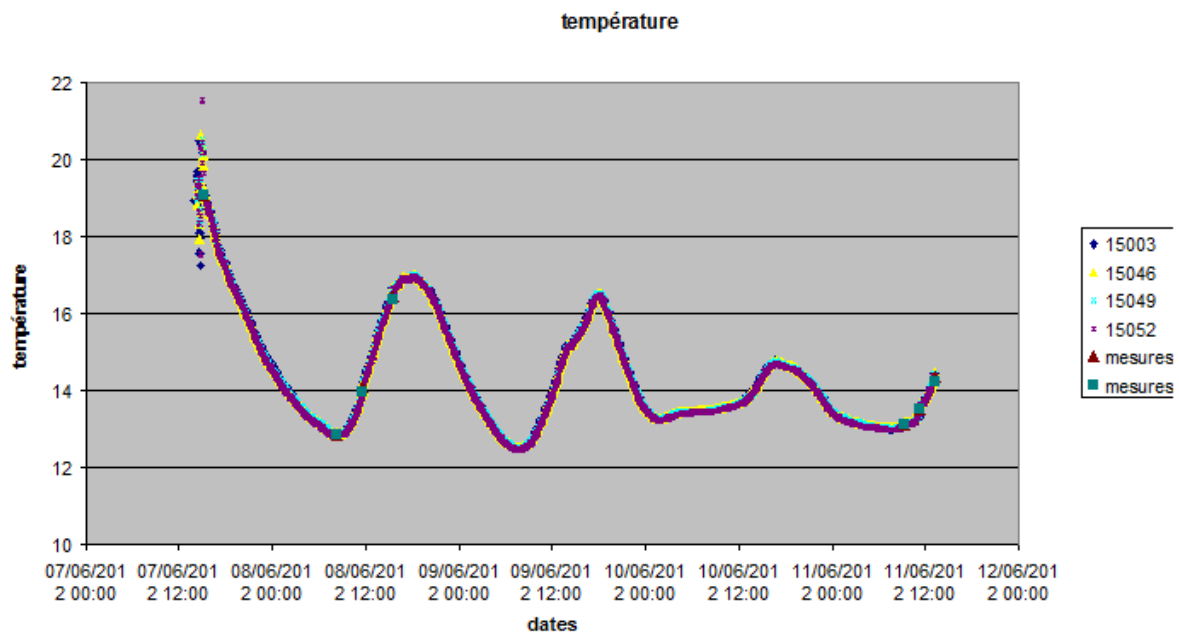


Figure 6 : Comparaison entre les températures obtenues par les sondes et par les thermomètres, juin 2012

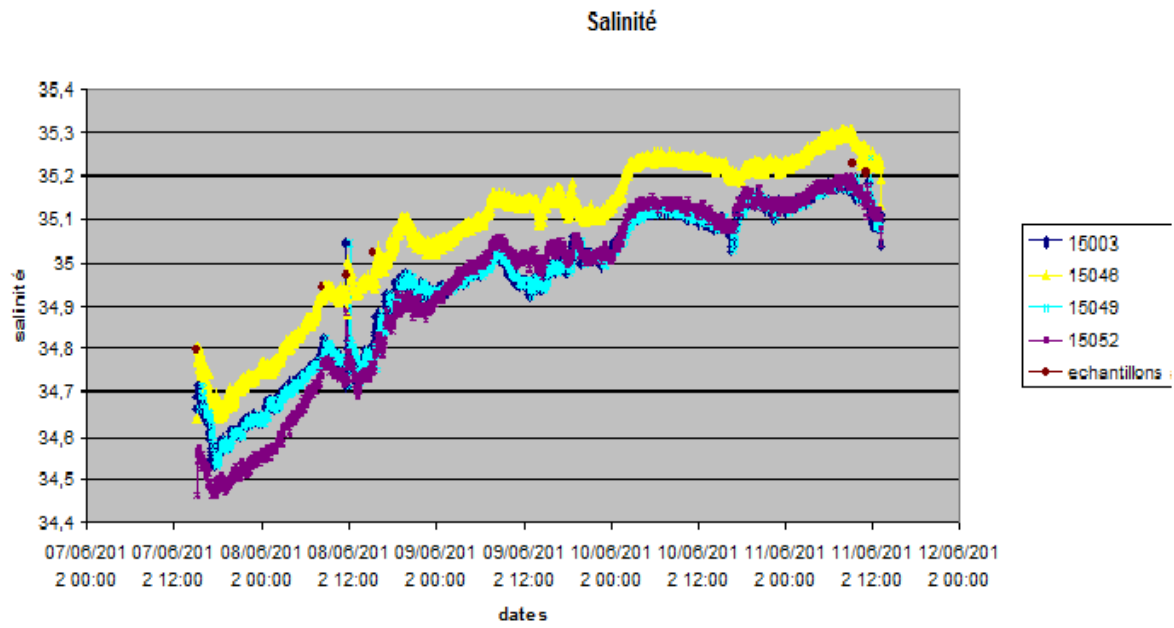


Figure 7 : Comparaison entre la salinité acquise par les sondes et les analyses effectuées au laboratoire, juin 2012

Date/heure prélèvement	Temp gauche	heures	28001 Ecart	28033 Ecart	Temp droite	26003 Ecart	28036 Ecart
07/06/12 15:10	19,06	15:08:26	0,193	-0,007	19,06	0,015	0,072
	19,06	15:11:26	0,085	0,046	19,06	0,033	0
	19,06	15:14:26	0,049	0,011	19,06	0,015	0
	19,06	15:17:26	0,022	0,002	19,06	0,015	-0,009
	19,06	15:20:03	-0,004	-0,025	19,06	-0,003	-0,071
08/06/2012 08:18	12,85	08:11:26	0	-0,003	12,85	-0,007	-0,057
	12,85	08:14:26	0	-0,009	12,85	-0,007	-0,057
	12,85	08:17:26	0,007	-0,009	12,85	-0,007	-0,057
	12,85	08:20:26	0,02	0,004	12,85	0	-0,031
	12,85	08:23:26	0,026	0,004	12,85	0,032	-0,031
08/06/2012 11:41	13,94	11:35:26	0,011	-0,006	14,11	-0,17	-0,22
	13,94	11:38:26	0,045	0,021	14,11	-0,129	-0,179
	13,94	11:41:26	0,231	0,042	14,11	-0,039	-0,036
	13,94	11:44:26	0,279	0,281	14,11	0,128	0,088
	13,94	11:47:26	0,3	0,281	14,11	0,163	0,109
08/06/2012 15:25	16,36	15:20:26	0,106	0,094	16,43	0,031	-0,01
	16,36	15:23:26	0,145	0,117	16,43	0,063	0,021
	16,36	15:26:26	0,215	0,234	16,43	0,229	0,186
	16,36	15:29:26	0,286	0,265	16,43	0,229	0,178
	16,36	15:32:26	0,318	0,289	16,43	0,237	0,162
11/06/2012 09:15	13,1	09:08:25	0,01	-0,008	13,1	0,005	-0,055
	13,1	09:11:25	0,01	-0,001	13,1	0,005	-0,048
	13,1	09:14:25	0,023	0,005	13,1	0,011	-0,029
	13,1	09:17:25	0,062	0,057	13,1	0,058	0,017
	13,1	09:20:25	0,075	0,064	13,1	0,058	0,017
11/06/2012 11:15	13,5	11:08:25	-0,034	-0,173	13,49	-0,186	-0,123
	13,5	11:11:25	-0,021	-0,153	13,49	-0,173	-0,097
	13,5	11:14:25	0,059	-0,101	13,49	-0,133	-0,004
	13,5	11:17:25	0,14	0,058	13,49	0,129	0,13
	13,5	11:20:25	0,146	0,138	13,49	0,129	0,103
11/06/2012 13:05	14,25	12:56:25	-0,01	-0,022	14,34	-0,137	-0,162
	14,25	12:59:25	0,011	-0,001	14,34	-0,13	-0,142
	14,25	13:02:25	0,032	0,019	14,34	-0,109	-0,121
	14,25	13:05:25	0,115	0,082	14,34	-0,039	-0,017
	14,25	13:08:25	0,227	0,193	14,34	0,095	0,074
Biais moyen			0,091	0,051		0,012	-0,011
Ecart type des biais			0,104	0,114		0,113	0,100

Tableau 9 : Ecart de température entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (juin 2012)

Date/heure prélèvement	Salinité	heures	28001 Ecart	28033 Ecart	26003 Ecart	28036 Ecart
07/06/12 15:10	34,797	15:08:26	-0,154	-0,262	-0,134	-0,335
	34,797	15:11:26	-0,027	-0,223	-0,111	-0,237
	34,797	15:14:26	0,003	-0,186	-0,081	-0,253
	34,797	15:17:26	0,010	-0,224	-0,111	-0,230
	34,797	15:20:03	0,010	-0,194	-0,104	-0,231
08/06/2012 08:18	34,943	08:11:26	-0,024	-0,395	-0,154	-0,205
	34,943	08:14:26	-0,025	-0,381	-0,163	-0,196
	34,943	08:17:26	-0,030	-0,389	-0,154	-0,205
	34,943	08:20:26	-0,025	-0,392	-0,160	-0,177
	34,943	08:23:26	-0,022	-0,384	-0,139	-0,168
08/06/2012 11:41	34,971	11:35:26	-0,047	-0,298	-0,224	-0,243
	34,971	11:38:26	-0,044	-0,297	-0,220	-0,246
	34,971	11:41:26	-0,053	-0,231	-0,259	-0,199
	34,971	11:44:26	-0,088	-0,363	0,074	-0,084
	34,971	11:47:26	0,035	-0,263	-0,149	-0,145
08/06/2012 15:25	35,022	15:20:26	-0,056	-0,265	-0,224	-0,268
	35,022	15:23:26	-0,066	-0,253	-0,228	-0,263
	35,022	15:26:26	-0,080	-0,371	-0,270	-0,271
	35,022	15:29:26	-0,031	-0,319	-0,238	-0,248
	35,022	15:32:26	-0,042	-0,252	-0,214	-0,234
11/06/2012 09:15	35,229	09:08:25	0,070	-0,004	-0,047	-0,033
	35,229	09:11:25	0,070	-0,002	-0,047	-0,030
	35,229	09:14:25	0,066	-0,008	-0,045	-0,040
	35,229	09:17:25	0,064	-0,022	-0,036	-0,039
	35,229	09:20:25	0,052	-0,019	-0,053	-0,065
11/06/2012 11:15	35,210	11:08:25	0,041	0,028	-0,059	-0,063
	35,210	11:11:25	0,037	0,018	-0,054	-0,078
	35,210	11:14:25	0,006	0,003	-0,057	-0,104
	35,210	11:17:25	0,017	0,001	0,032	-0,031
	35,210	11:20:25	0,045	-0,013	-0,027	-0,041
Biais moyen			-0,010	-0,199	-0,122	-0,166
Ecart type des biais			0,054	0,155	0,088	0,093

Tableau 10 : Ecart de salinité entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (juin 2012)

5.1 Voyage 3

5.1.1 Préparation des sondes

Les sondes 26003 et 28001 ont été programmées avec une cadence de 3mn, à partir du 26 octobre 2012.

5.1.2 Retour des sondes après le voyage 3

Les 2 sondes sont revenues du 3em voyage le mardi 5 mars 2013.

Les données ont été récupérées sans problème. (fichiers 15046MH5 et 15003MH5)

Les horloges étaient en TU.

La sonde 26003 présentait un retard de 3 minutes 34 secondes.

La sonde 28001 présentait un retard de 4 minutes 27 secondes.

5.1.3 Tests effectués au LPO

Les sondes ont été remises en acquisition pour un dernier test.

Dans un bac rempli d'eau de mer, les 2 sondes a tester, à savoir 26003-15003 et 28001-15046, ont été plongées le 5/03/2013 après midi (16h26).

Des mesures de températures et des échantillons d'eau en vue d'analyses de salinité ont collectés aux dates et heures indiquées

Tableau 11. Les sondes ont été agitées le 6/03 après le prélèvement car il y avait des bulles sur les capteurs.

La série d'analyse a été effectuée le vendredi 8/03/2013 à 14h00 à l'autosal en métrologie.

Puis le bac a été vidé à 14h57.

Lecture des sondes à 15h38.

- Sonde 28001-15046
 - Memoire module utilisée 0.15%
 - Fichiers 1315046txt, cfg et mes, renommés 15046testmars2013.
- Sonde 26003-15003
 - Memoire module utilisée 17.12%
 - Fichiers 1315003txt, cfg et mes, renomés 15003testmars2013.

date	heure	température	N flacon salinité
05/03/2013	16h32	24.53	
	17h07	23.35	E13 et E14
06/03/2013	16h11	17.01	E15 et E16
07/03/2013	9h55	16.90	E17 et E18
	17h00	17.15	E19 et E20
08/03/2013	9h22	17.15	E21 et E22

Tableau 11 : Prélèvements effectués en mars 2013

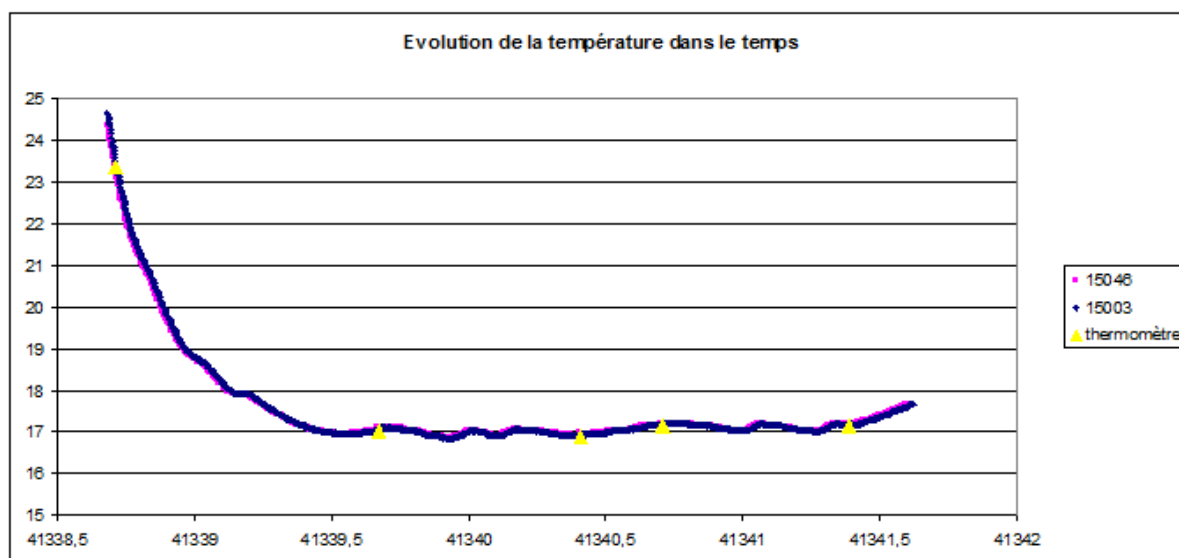


Figure 8 : Comparaison entre les températures obtenues par les sondes et par le thermomètre, mars 2013

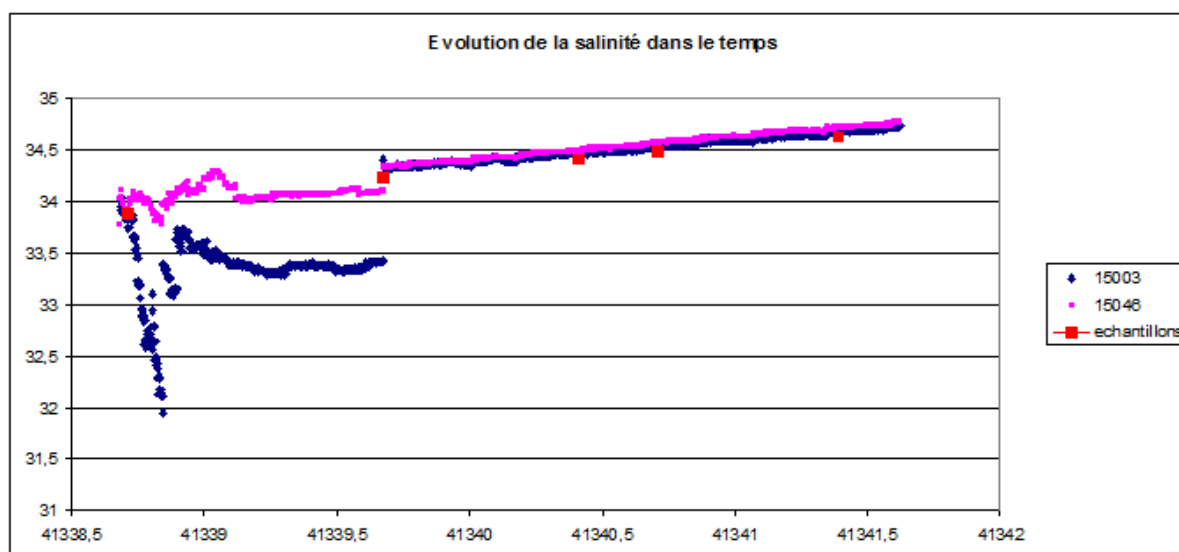


Figure 9 : Comparaison entre la salinité acquise par les sondes et les analyses effectuées au laboratoire, mars 2013

On note sur la figure 10 que la présence des bulles sur les capteurs remarquée le 6/03 perturbait les mesures. Pour estimer la dérive moyenne des capteurs, seules les mesures faites après le prélèvement du 6 seront utilisées. Les mesures faites sur les échantillons en laboratoire sont comparées aux 5 mesures sondes les plus proches dans le temps. Les tableaux qui suivent donnent les écarts moyens (biais) et l'écart type autour de ce biais.

Date/heure du prélèvement	Température	Heure	26003 Ecart	28001 Ecart
07/03/2013 09 :55	16,9	09 :50	0,007	0,031
		09 :53	0,015	0,031
		09 :56	0,015	0,031
		09 :59	0,047	0,071
		10 :02	0,039	0,063
07/03/2013 17 :00	17,15	16 :53	0,024	0,03
		16 :56	0,008	0,03
		16 :59	0,008	0,022
		17 :02	0,04	0,038
		17 :05	0,04	0,047
08/03/2013 09 :22	17,15	09 :17	0,024	0,022
		09 :20	0,024	0,022
		09 :23	0,024	0,038
		09 :26	0,04	0,038
		09 :29	0,024	0,038
Biais moyen			0,025	0,037
Ecart type des biais			0,013	0,014

Tableau 12 : Ecart de température entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (mars 2013)

Date/heure du prélèvement	Salinité analysée	Heure	26003 Ecart	28001 Ecart
07/03/2013 09 :55	34,408	09 :50	0,059	0,083
		09 :53	0,060	0,083
		09 :56	0,068	0,083
		09 :59	0,056	0,072
		10 :02	0,063	0,087
07/03/2013 17 :00	34,472	16 :53	0,048	0,088
		16 :56	0,070	0,088
		16 :59	0,070	0,095
		17 :02	0,049	0,089
		17 :05	0,057	0,09
08/03/2013 09 :22	34,623	09 :17	0,053	0,101
		09 :20	0,053	0,093
		09 :23	0,045	0,087
		09 :26	0,039	0,087
		09 :29	0,061	0,095
Biais moyen			0,057	0,088
Ecart type des biais			0,009	0,007

Tableau 13 : Ecart de salinité entre les sondes et les prélèvements au moment de l'échantillonnage (mars 2013).

6 Synthèse des résultats

Le suivi sur plusieurs années des 4 sondes NKE-PTS décrit dans ce document mène aux remarques suivantes:

- Après étalonnage constructeur, les 4 sondes sont conformes aux spécifications pour la mesure de température.
- Après étalonnage constructeur, les sondes 26003 et 28001 sont conformes aux spécifications pour la mesure de salinité (mieux que 0.1 PSS), les sondes 28001 et 28036 présentent un biais de -0.4 et -0.3 PSS et leur mesure est moins stable que celle des deux autres sondes.
- Les mesures effectuées au LPO sans bain thermostaté sont peu précises et ne peuvent détecter que des anomalies grossières de fonctionnement, ce contrôle simple est néanmoins utile et devra être systématiquement effectué. Des précautions sont à prendre pour empêcher la formation de bulles.
- Les capteurs n'ont pas notablement évolué au cours du temps.

	26003	28001	28033	28036
Calibration NKE	02/2011	02/2011	02/2011	02/2011
LPO/ mars 2011	$\Delta T = 0.024$ $\sigma T = 0.029$ $\Delta S = /$ $\sigma S = /$	$\Delta T = 0.032$ $\sigma T = 0.021$ $\Delta S = /$ $\sigma S = /$	$\Delta T = 0.021$ $\sigma T = 0.030$ $\Delta S = /$ $\sigma S = /$	$\Delta T = 0.036$ $\sigma T = 0.021$ $\Delta S = /$ $\sigma S = /$
Métrie / Ifremer avril 2011	$\Delta T = -0.05$ $\sigma T = 0.01$ $\Delta S = -0.014$ $\sigma S = 0.014$	$\Delta T = -0.05$ $\sigma T = 0.007$ $\Delta S = -0.075$ $\sigma S = 0.021$	$\Delta T = -0.05$ $\sigma T = 0.007$ $\Delta S = -0.398$ $\sigma S = 0.050$	$\Delta T = -0.034$ $\sigma T = 0.034$ $\Delta S = -0.295$ $\sigma S = 0.053$
LPO/ juin 2012	$\Delta T = 0.012$ $\sigma T = 0.113$ $\Delta S = -0.122$ $\sigma S = 0.088$	$\Delta T = 0.091$ $\sigma T = 0.104$ $\Delta S = -0.010$ $\sigma S = 0.054$	$\Delta T = 0.051$ $\sigma T = 0.114$ $\Delta S = -0.199$ $\sigma S = 0.155$	$\Delta T = -0.011$ $\sigma T = 0.100$ $\Delta S = -0.166$ $\sigma S = 0.093$
LPO/ mars 2013	$\Delta T = 0.025$ $\sigma T = 0.013$ $\Delta S = 0.057$ $\sigma S = 0.009$	$\Delta T = 0.037$ $\sigma T = 0.014$ $\Delta S = 0.088$ $\sigma S = 0.007$	No data	No data

Tableau 14 : Bilan des biais et écarts types mesurés depuis la calibration NKE de février 2011

7 Références

- NKE, rev 7, notice d'utilisation STPS, 33-30-047_UTI, documentation technique.
- Branellec, P., M. Hamon, 2010, Compte-rendu d'essais sur enregistreurs NKE STPS, note technique LPO-GT10-01.
- Hamon, M., 2013, LPO_Suivi_STPS, historique de suivi.
- Hamon, M., P. Branellec, F. Gaillard, 2010, Capteurs de pression- température- salinité pour Fleur Australe, rapport technique.
- Nico, I., 2011, Resultats_verif, prestation n°M-IC-11-020, Compte rendu de prestation.
- Hamon, M., 2011, STPS-LPO_201102, Vérification de 4 sondes STPS après maintenance chez NKE, Compte rendu technique.
- Desprez de Gésincourt, F., 2012, STPS-LPO_201206, Comparaison données sondes STPS – mesures in-situ, Compte rendu technique.