



Mesures de température et salinité de surface sur voiliers d'opportunité. Bilan 2014

Thierry Reynaud, Floriane Desprez de Gésincourt, Fabienne Gaillard

Rapport LPO 15-02

Sommaire

1	Introduction.....	5
2	Installation et suivi des instruments	6
2.1	L'inventaire 2014 des campagnes.....	6
2.2	Campagnes ayant impliqué le groupe technique.....	7
2.3	Les campagnes du programme OceanoScientific®	9
3	Suivi des sondes.....	9
3.1	Etalonnage constructeur des sondes STPS300.....	9
3.1	Inter-comparaison des sondes STPS300.....	9
4	Les données traitées en 2014	18
5	Conclusions et recommandations.....	20
5.1	STPS300.....	20
5.2	OSC.....	20
5.3	SBE45.....	21
6	Les campagnes prévues en 2015.....	21
6.1	STPS300.....	21
6.2	OSC.....	21
6.3	SBE 45.....	22
7	Articles et présentations	22
8	Références.....	22
I.	ANNEXES.....	24
I.1	Les instruments suivis au LPO	24
I.2	Les trajets des navires	25
I.3	Les données des campagnes	28

1 Introduction

L'observation des propriétés de surface de l'océan (température et salinité) est indispensable pour quantifier et comprendre les échanges océan-atmosphère de chaleur et d'eau douce. En effet, la salinité de surface est encore mal représentée par les modèles d'océan, souvent contraints par un terme de rappel et le bilan évaporation-précipitation est sujet à des erreurs parfois importantes. Les observations des satellites SMOS et Aquarius donnent maintenant une couverture globale avec une résolution temporelle et spatiale jusqu'ici inégalées, mais la mise au point et la validation des algorithmes et le suivi des dérives dans le temps augmentent encore le besoin de mesures in-situ de qualité.

Depuis de nombreuses années, le SNO-SSS (responsable T. Delcroix, IRD) organise la collecte de mesures en route avec des thermo-salinomètres (TSG) installés à bord de navires de commerce. Ce groupe a mis au point les méthodes (Hénin et Grelet, 1996), et développé le logiciel de contrôle et post-traitement (TSGQC : <http://www.ird.fr/us191/spip.php?article63>).

Lors du lancement de CORIOLIS, en 1999, le LPO a proposé la mise en place du réseau des navires de recherche. Il a participé à sa définition et en a formalisé la méthodologie (Reverdin et al. 2006). Depuis les deux réseaux fonctionnent de façon similaire et coordonnée. Les navires de commerce et de recherche sont pour la plupart équipés de systèmes Seabird de type SBE21.

Plus récemment nous avons proposé de mettre en place un réseau de mesure sur voiliers comprenant un volet de type 'Science collaborative'. En effet, le voilier constitue un support de mesure de la surface océanique prometteur: il est peu intrusif, fournit des mesures plus proches de la surface et donne accès à des zones différentes de celles explorées par les navires de commerce ou de recherche.

Le premier système considéré dans ce cadre a été l'OceanoScientific® (OSC) initié en 2006. Prévu à l'origine pour voiliers de course, ce système multicapteurs de la société SailingOne a été développé en concertation avec le LOCEAN (mesures PCO₂), Météo France (mesures atmosphériques) et le LPO (mesures T-S). La mesure de température et de salinité est obtenue par pompage vers un capteur Seabird, SBE-45 à l'origine, remplacé depuis par un capteur adapté par la société Seabird pour le système SeaKeeper. Le système OceanoScientific® reste la propriété de la société SailingOne qui en assure la mise en oeuvre. Le LPO intervient pour le contrôle des installations, le choix des campagnes de mesures et la validation des données T et S en vue de leur mise à disposition de CORIOLIS et GOSUD.

Afin de répondre aux demandes de voiliers de taille plus modeste souhaitant contribuer à des programmes de science participative, le LPO a recherché une solution simple et économique. Ces navires disposant de peu d'énergie et de faibles capacités d'emport, les sondes NKE-STPS développées dans le cadre du projet RECOPECA sont apparues comme une possibilité intéressante. Il s'agit d'un simple data logger immergé, dont les mesures sont ensuite géo-localisées à partir du suivi de la position du navire. Après des essais sur le voilier Fleur Australe de Philippe Poupon, ce système s'est avéré satisfaisant en termes de simplicité, de robustesse et la précision des mesures (un ordre de grandeur en dessous de celles des capteurs Seabird) suffisante pour apporter des

informations utiles sur la position des fronts et des principales structures (Desprez et al. 2013). Le déploiement d'une telle sonde est techniquement simple pour un marin car il ne nécessite aucune procédure de mise en marche, la sonde étant programmée en laboratoire. En revanche, l'installation de ces capteurs sur des voiliers reste très personnalisée et difficilement généralisable. L'expertise du groupe technique du LPO a été sollicitée à ce sujet. Le LPO travaille de concert avec l'association RIEM (<http://riem-asso.com>) quant aux choix des navires et des voyages.

Ce rapport présente les différents aspects du travail effectué au LPO en 2014 sur la collecte et la validation des mesures T et S depuis les voiliers d'opportunité.

2 Installation et suivi des instruments

2.1 L'inventaire 2014 des campagnes

L'inventaire des campagnes à traiter est présenté Tableau 1 mettant en évidence le type de sonde, les navires impliqués et les dates de début et de fin de campagne.

Navire	Leg	Type	Serial	Date/deb	Date/Fin	Collecte	Géo- localiser	Commentaires
BarkEuropa	1	OSC	2.1	20/01/2013	28/04/2013	Oui	Auto	SN 4555104-0293
BarkEuropa	2	OSC	2.1	08/10/2013	11/06/2014	Oui	Auto	SN 4555104-0293
Boogaloo	1	OSC	3.0	28/11/2013	17/12/2013	Oui	Auto	
Boogaloo	2	OSC	3.0	30/01/2014	11/02/2014	Oui	Auto	
Boogaloo	3-4	OSC	3.0	09/04/2014	26/04/2014	Oui	Auto	
Fleur Australe	1A	STPS300	15046	24/11/2013	06/03/2014	Oui	yes	
Fleur Australe	1B	STPS300	15003	24/11/2013	06/03/2014	Oui	yes	
Fleur Australe	2A	STPS300	15046	06/06/2014	11/09/2014	Oui	xls	
Fleur Australe	2B	STPS300	15049	01/04/2014	11/09/2014	Oui	xls	
Marisposa	1	STPS300	15052	01/10/2013	08/07/2014	Oui	xml	Conductivité HS
OKIOS	1	STPS300	15003	27/04/2014		Non		Sonde HS
OLMIX	1	STPS300	15046	02/11/2014		Non		Etat inconnu

Tableau 1: Liste des campagnes traitées en 2014. Les campagnes en vert ont produit des données, en rouge n'ont pas permis d'acquérir des mesures, et en orange produiront peut-être des mesures.

Les trajets pour lesquels des données valides ont été récoltées par les voiliers au cours de l'année 2014, sont présentés Figure 1. Les trajectoires individuelles sont montrées dans l'annexe I.2.

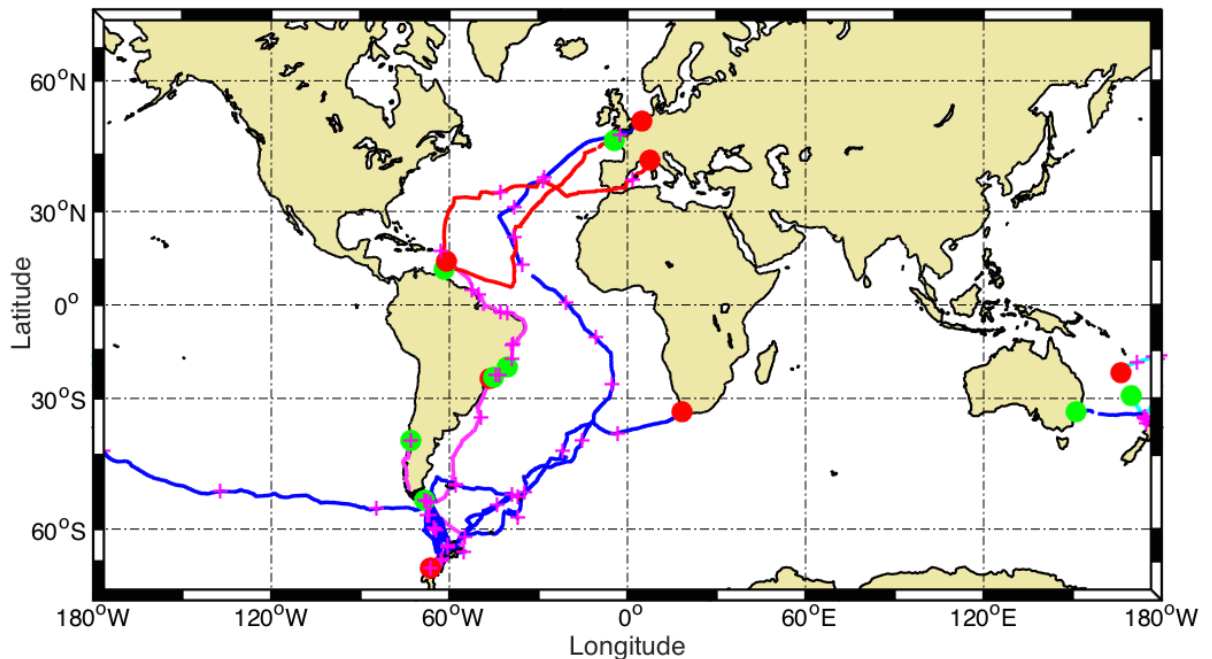


Figure 1: Trajets des voiliers: en bleu le BarkEuropa, en rouge le Boogaloo, en cyan le Mariposa et en fuschia le Fleur Australe. Les points verts indiquent les points de départ, les rouges les point d'arrivée les croix sont espacées de 10 jours

2.2 Campagnes ayant impliqué le groupe technique

Les sondes NKE sont plus simples au déploiement mais ont nécessité de la part du laboratoire des efforts qui vont de l'expédition à la récupération voire même dans certains cas à l'installation.

2.2.1 Les campagnes de Fleur Australe

Le voilier Fleur Australe effectue 2 campagnes par an au printemps et à l'automne. L'installation nécessite le prêt de 2 capteurs STPS300 pour chaque campagne. La description de cette installation a fait l'objet d'un rapport technique (Hamon et al 2013, <http://dx.doi.org/10.13155/26696>). Le skipper Philippe Poupon contacte directement le LPO pour nous informer de son calendrier.

2.2.2 La campagne 4SMS

Une sonde STPS300 a été prêtée pour la campagne 4SMS du skipper Stéphane Narvaez sur le navire OKIOS. A l'issue d'une campagne écourtée, la sonde a été retournée hors-service. Un problème d'électronique a été diagnostiqué chez NKE qui a remplacé la sonde.

2.2.3 La campagne de Mariposa

Une sonde STPS300 a été prêtée pour la croisière du voilier MARIPOSA dans le Pacifique. Une sonde très encrassée a été retournée au laboratoire. Le skipper avait fixé la sonde dans un passe-coque ce qui ne permettait pas de nettoyer les capteurs qui se sont très rapidement salis.

2.2.4 La Route du Rhum 2014

Dans le cadre de la Route du Rhum 2014, l'Ifremer et le RIEM soutenaient la participation du trimaran OLMIX à cette course mythique à la voile. Le LPO et en particulier son Groupe Technique (TOIS) se sont impliqués dans ce projet pour veiller à l'installation d'une sonde STPS300 dans le puits de dérive d'OLMIX. Le système mis en place (voir Figure 2) permettait la remontée du capteur dans les ports afin de limiter l'encrassement de celui-ci.



Figure 2: Fixation de la sonde NKE-STPS dans son support sur OLMIX

Les efforts déployés furent infructueux, OLMIX ayant été foudroyé au large de l'Espagne quelques jours après le départ de la course. OLMIX a été remorqué fin janvier 2015 vers Lorient. Le capteur a été récupéré récemment et les données n'ont pas été traitées.

2.2.5 Développement d'un châssis pour Manzanillo

Le LPO a également été directement sollicité par les propriétaires du voilier Manzanillo qui souhaitent le prêt d'une sonde STPS300 pour un périple d'un an en Atlantique. Leur voilier est un Feeling 10.90. Les demandes directes sont habituellement redirigées vers la RIEM mais dans ce cas là, le LPO s'est directement impliqué les propriétaires sont des agents de Genavir.

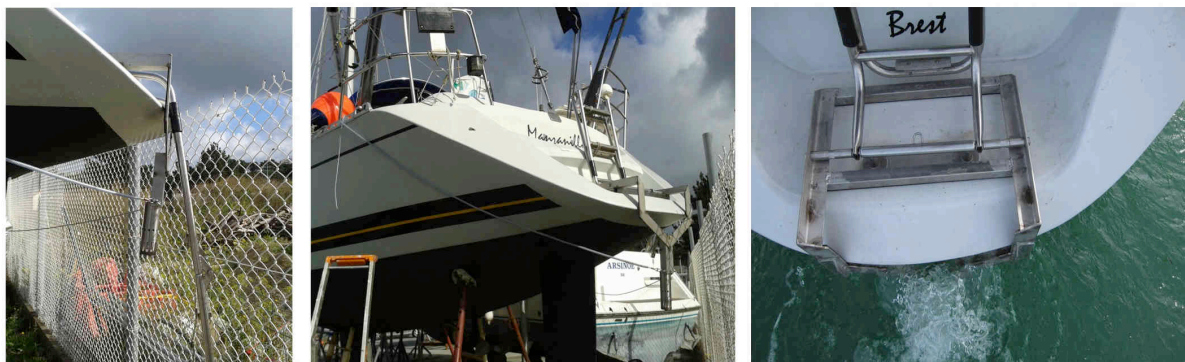


Figure 3: Installation du châssis sur le voilier Manzanillo

Le Groupe Technique du LPO a conçu un châssis pour être fixé à l'arrière du voilier sur l'échelle de bain dont la fixation fut renforcée par les propriétaires. Après des essais en mer, ce projet a été abandonné à cause de la forte trainée occasionnée par le châssis à l'arrière du voilier et des efforts sur l'échelle de bain du navire qui servait à le fixer. Les photos présentées Figure 3 montrent le châssis à terre et en mer. La trainée est visible sur la photo justifiant le choix du skipper de partir sans le châssis et la sonde.

2.3 Les campagnes du programme OceanoScientific®

Le développement technique, l'installation et la mise en œuvre de l'OceanoScientific® est assuré par la société Sailing One. Cet instrument étant relié au réseau NMEA du navire transmet des données qui sont ainsi géolocalisées. Notre rôle consiste principalement à valider les données de l'instrument pour permettre leur diffusion à la communauté. L'OSC a été déployé sur 2 voiliers, le BarkEuropa et le Boogaloo. Des échantillons d'eau de mer ont été prélevés sur le Boogaloo et analysés par le laboratoire de métrologie de l'Ifremer en l'absence de Pierre Branellec en charge de ces mesures au LPO.

3 Suivi des sondes

3.1 Etalonnage constructeur des sondes STPS300

Les sondes STPS 300 sont retournées chez NKE ponctuellement pour faire changer les piles. Un étalonnage est effectué par le constructeur à cette occasion. A noter que les sondes STPS300 28036 (15052) et 26003 (15003) ont été remplacées par le constructeur par les sondes STPS300 28069 et 29009 en octobre 2014. Le Tableau 2 résume les retours chez le constructeur NKE depuis 2010.

No Sonde	2010	2011	2012	2013
26003	Avril	Février		
28001	Avril	Février		
28033	Avril	Février		Septembre
28036	Avril	Février		
28050				
28069				
29009				

Tableau 2: Retour constructeur des sondes NKE

3.1 Inter-comparaison des sondes STPS300

En marge de cet étalonnage chez le constructeur, le LPO effectue annuellement des mesures de contrôle sur les sondes STPS300 afin de suivre le bon fonctionnement des instruments. En 2014, nous avons au laboratoire 4 sondes revenant de campagnes en mer avec lequel nous avons effectué des mesures en cuve. L'objet du test effectué était d'inter-comparer ces sondes. Parallèlement à l'enregistrement de données par les sondes, des prélèvements de salinité et des prises de températures ont été effectués.

3.1.1 Mode opératoire

Les 4 sondes utilisées sont :

- S/n 28001 (référence radio : 15046)
- S/n 28033 (référence radio : 15049)
- S/n 28036 (référence radio : 15052)
- S/n 28050 (référence radio : 15066)

La sonde 26003 prêtée à OKIOS était hors-service et donc inutilisable dans cette expérience.

Les sondes ont été mises en route le 19/09/2014 à 11h30 TU, les unes après les autres, avec un pas de 60 secondes, en départ et arrêt manuel. L'ordinateur a été ajusté la veille sur l'horloge parlante, en TU. Les 4 sondes ont ainsi été synchronisées sur l'heure du PC.

Elles ont été plongées dans un bac plastique (voir Figure 4) rempli d'eau de mer, et légèrement surélevées sur une petite base en bois. Les bulles sur les capteurs qui auraient faussé les mesures ont été enlevées. Ce bain n'était pas thermostaté.



Date	Heure (TU)	AOIP	EBRO	Mesure salinité	Mesure salinité
19/09/2014	12:10	18,95	18,84	35,253	35,255
19/09/2014	13:12	19,33	19,27		
19/09/2014	13:30	19,39	19,47		
19/09/2014	13:50	19,63	19,63		
22/09/2014	06:45	19,75	19,74	35,582	35,583
22/09/2014	07:34	19,46	19,44		
22/09/2014	08:50	19,31	19,30		
22/09/2014	09:36	19,28	19,26		
22/09/2014	11:00	19,31	19,30		
22/09/2014	13:15	19,58	19,49	35,624	35,629
22/09/2014	15:46	19,99	19,93		
23/09/2014	07:23	18,5	18,53	35,738	35,742
23/09/2014	08:51	18,17	18,20		
23/09/2014	09:50	18,01	18,02		

Tableau 3: Valeurs de contrôle

A fin de comparaison, les températures sont relevées à partir de deux thermomètres :

- AOIP PN 5207 étalonné en 2011 (précision : $\sim 0.02^{\circ}\text{C}$; correction moyenne : -0.13)
- Ebro TFX430 (précision : 0.05°C)

Des échantillons de salinité ont été prélevés dans le bac, puis analysés à la fin de l'expérience, le 23/09/2014. Les valeurs de contrôle sont résumées dans le Tableau 3.

3.1.2 Récupération des données et exploitation:

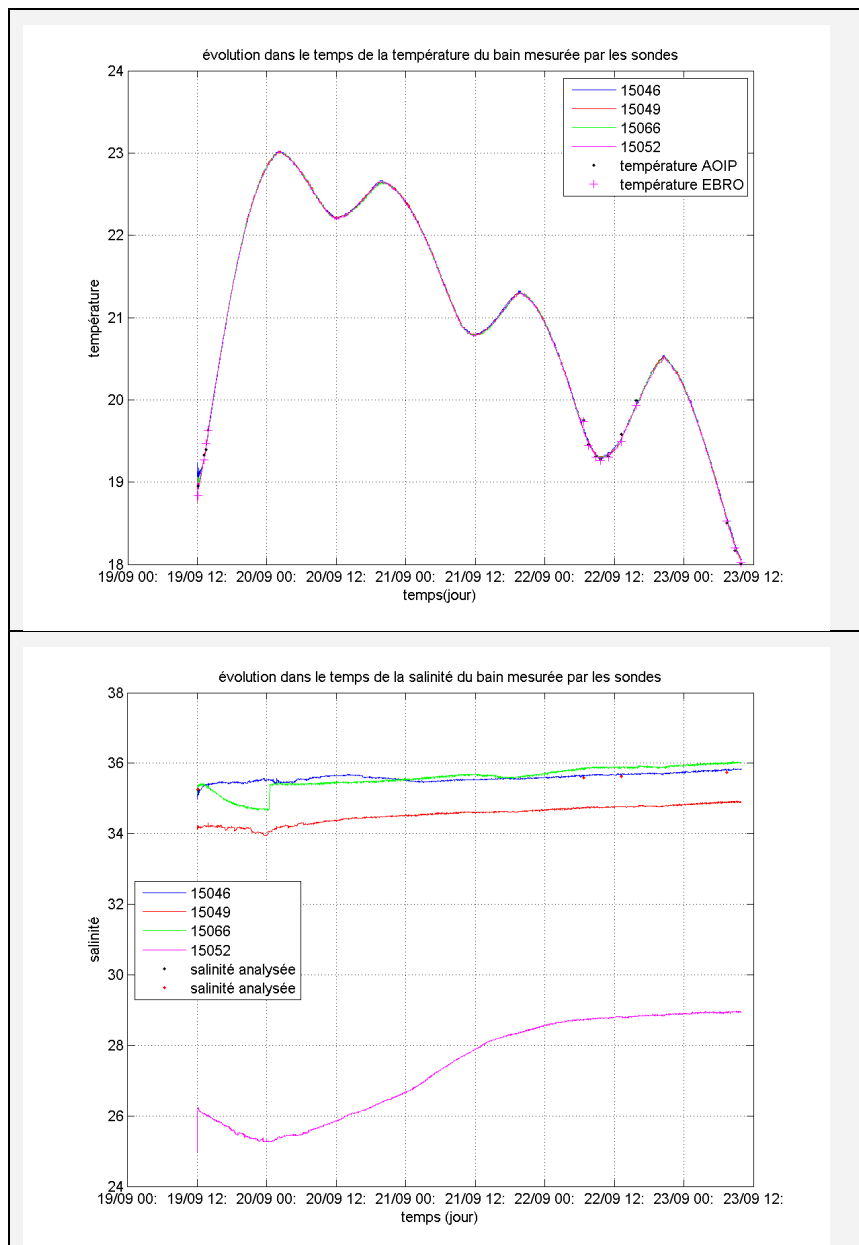


Figure 4: Intercomparaison des sondes STPS300 (haut : température, bas: salinité). Les valeurs de contrôles sont indiquées par des +.

La Figure 4 présente les séries temporelles des mesures de température (panneau du dessus) et salinité (panneau du dessous). Elles permettent de comparer les mesures

effectuées par les sondes NKE à des valeurs de références (sondes plus précises et autosal). Le panneau supérieur permet de visualiser les mesures de température provenant des sondes NKE. Elles sont cohérentes avec celles des thermomètres EBRO et AOIP.

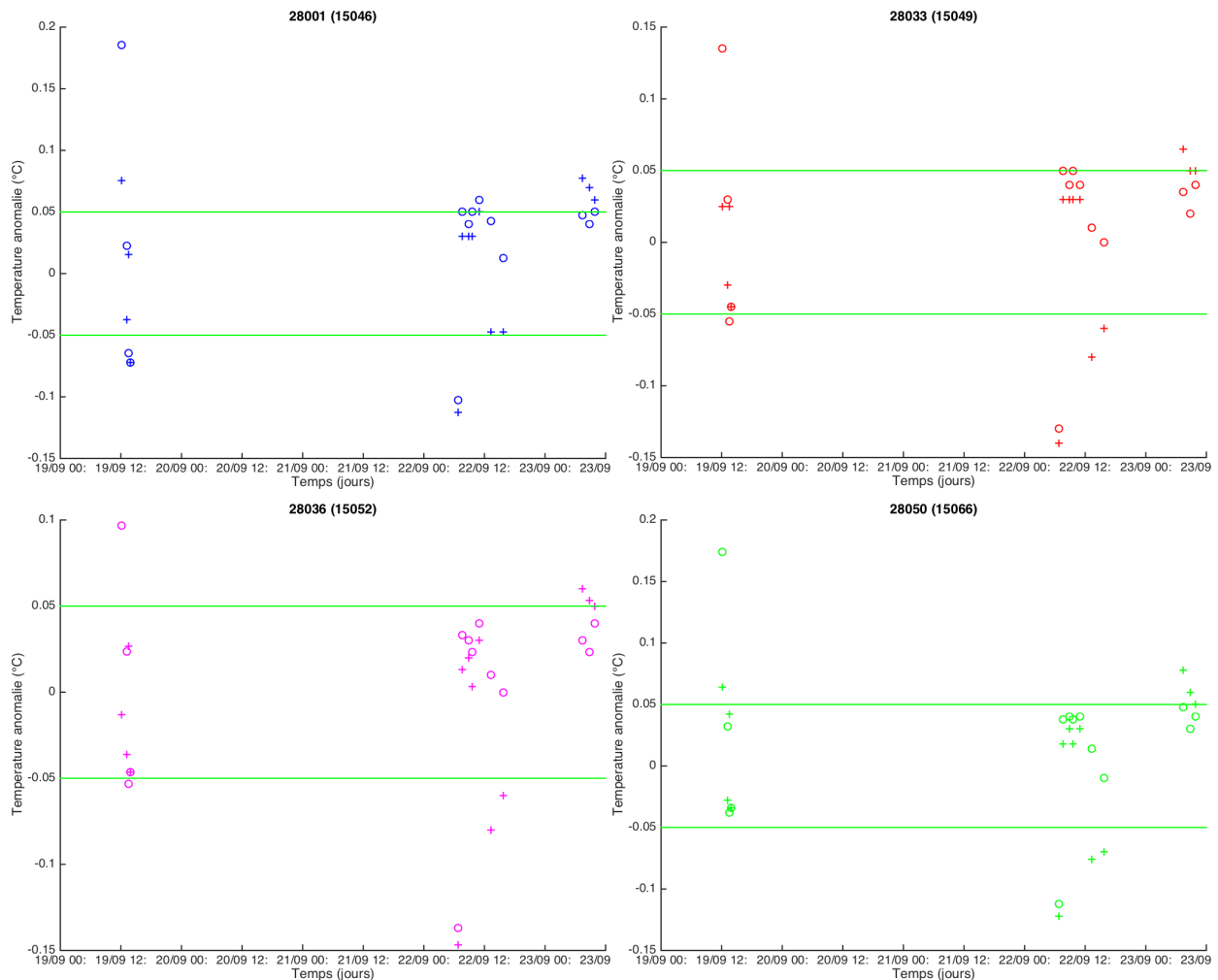


Figure 5: Anomalies de température (°C) par rapport aux valeurs de contrôle (+: AOIP et o pour EBRO). Les lignes vertes représentent la précision de la sonde NKE

Les anomalies de température, c'est-à-dire les écarts aux valeurs de contrôle, sont présentées pour chaque sonde NKE dans la Figure 5. Ces anomalies sont compatibles avec la précision des sondes NKE qui est de 0.05°C. Les capteurs de température fonctionnent correctement.

La figure 6 représente un zoom des mesures de salinité effectuées pendant l'inter-comparaison. Cette figure met en évidence des écarts entre les mesures des sondes et les valeurs de contrôle. Ces écarts aux mesures de contrôle en salinité sont explorés dans la Figure 7.

Les mesures en salinité de la sonde 28036-15052 montrent une anomalie importante de plus de 7 PSU: les mesures ne sont pas exploitables. Cette sonde n'avait pas été renvoyée chez NKE depuis février 2011. Un test laboratoire avait été effectué en 2011 également puis en juin 2012. A l'époque, les données étaient légèrement décalées, d'environ 2 dixièmes, la précision donnée de ce capteur en salinité étant de 0.1 PSU. Suite à son utilisation sur le voyage de Mariposa, cette sonde a été retournée au LPO très encrassée.

Elle avait été nettoyée avant les essais mais des concrétions calcaires demeuraient. Cette sonde a été remplacée par NKE en octobre 2014.

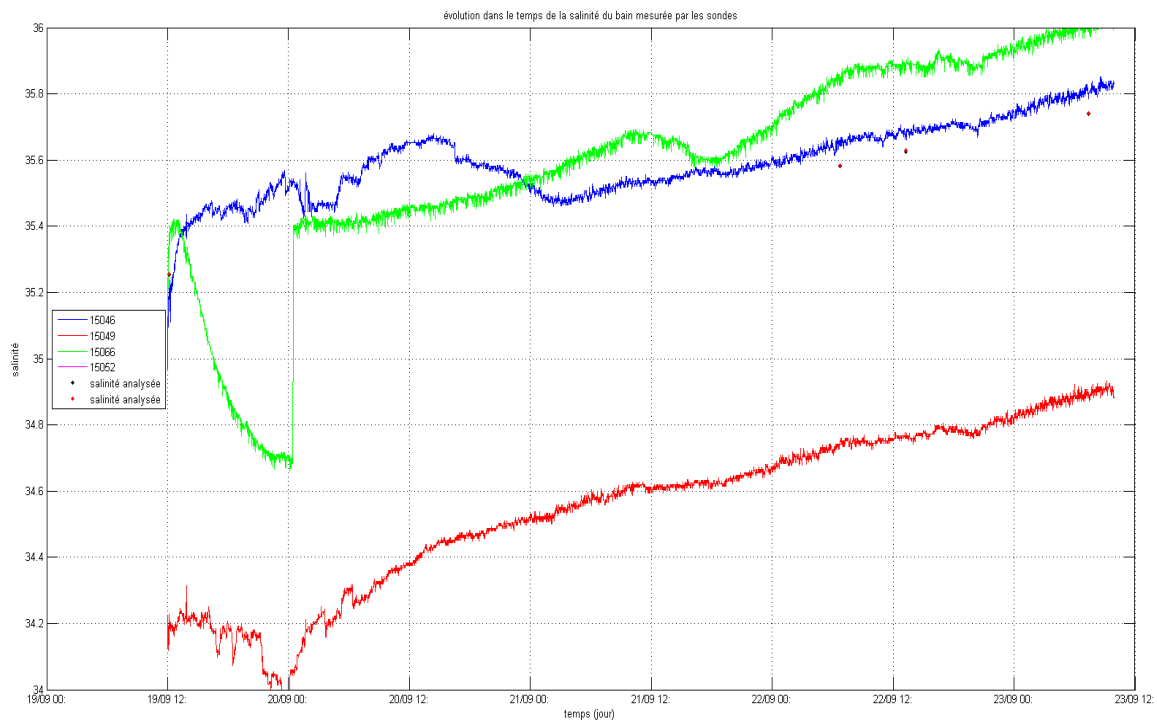


Figure 6: Inter-comparaison sur les mesures de salinité, zoom sur les valeurs de 34 à 36 PSU.

La pile de la sonde 28033-15049 a été changée et la sonde ajustée chez NKE en novembre 2013. Malgré cela, elle présente également un écart par rapport aux deux autres sondes et aux mesures de contrôle. Précisons que cette sonde avait été nettoyée avant l'essai mais qu'il demeurait des concrétions calcaires. Suite à des échanges avec NKE, il a été possible de la nettoyer au vinaigre blanc en suivant le protocole donné par le constructeur. Aucun contrôle n'a été effectué suite à ce nettoyage.

Les piles des sondes 28001-15046 et 28050-15066 ont été changées et les sondes ajustées en avril 2014 chez le constructeur. Les mesures sont cohérentes. On constate un écart allant jusqu'à 2 dixièmes entre les 2 sondes (voir figure 6).

Les anomalies en salinité de la sonde 28001-15046 sont conformes à la précision donnée par NKE. Cette sonde fonctionne normalement.

Après des mois passés en mer, toutes les sondes, à l'exception de la 28050-15066, étaient sales et présentaient des concrétions calcaires sur le capteur de conductivité.

Il serait souhaitable d'améliorer le dispositif d'inter-comparaison des sondes en trouvant un moyen d'homogénéiser l'eau du bain afin que les écarts ne soient pas dus à la structure T/S du bain.

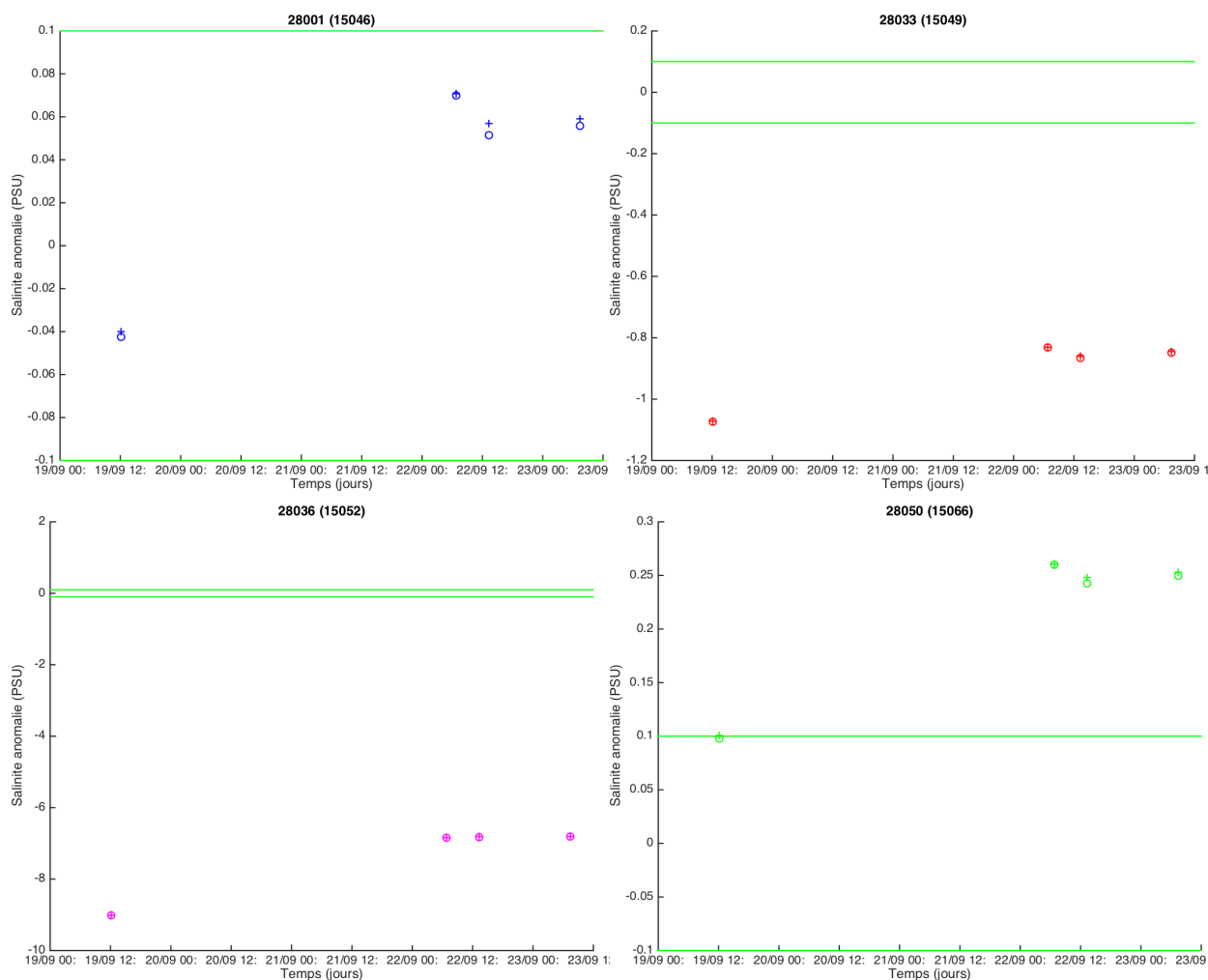


Figure 7: Anomalies de salinité (PSU) par rapport aux valeurs de contrôle. Les lignes vertes représentent la précision de la sonde NKE.

3.1.3 STPS300 sur OLMIX

La sonde STPS300 no 28050-15066 a été initialement mise en place à Lorient sur le voilier dans son tube en PVC. Le ralliement entre Lorient et Saint-Malo a servi de galop d'essai pour valider l'installation avant le départ de la route du Rhum 2014.

Les valeurs de pression, température et conductivité ont été extraites de la sonde dans le bassin d'attente à Saint-Malo. Les valeurs acquises sont tracées dans la figure 8. Les valeurs nulles de conductivité sont liées à la position haute de la sonde dans son tube PVC (hors de l'eau dans les ports). Les valeurs de salinité sont calculées en aval à partir des mesures P, T, et C.

Des valeurs de salinité entre 33 et 35 PSU sont attendues en Manche. Les valeurs inférieures indiquent un dysfonctionnement du capteur.

Une sonde de secours avait été amenée (SN 28001-15046). Les 2 sondes ont été plongées dans un même sceau d'eau de mer pendant trente minutes. Les valeurs sont montrées dans la colonne de droite (bleu) de la figure 8. Les valeurs de températures sont cohérentes mais l'écart de conductivité entre les 2 sondes est flagrant. La sonde de remplacement fonctionne normalement et a été finalement reprogrammée pour son utilisation lors la route du Rhum 2014.

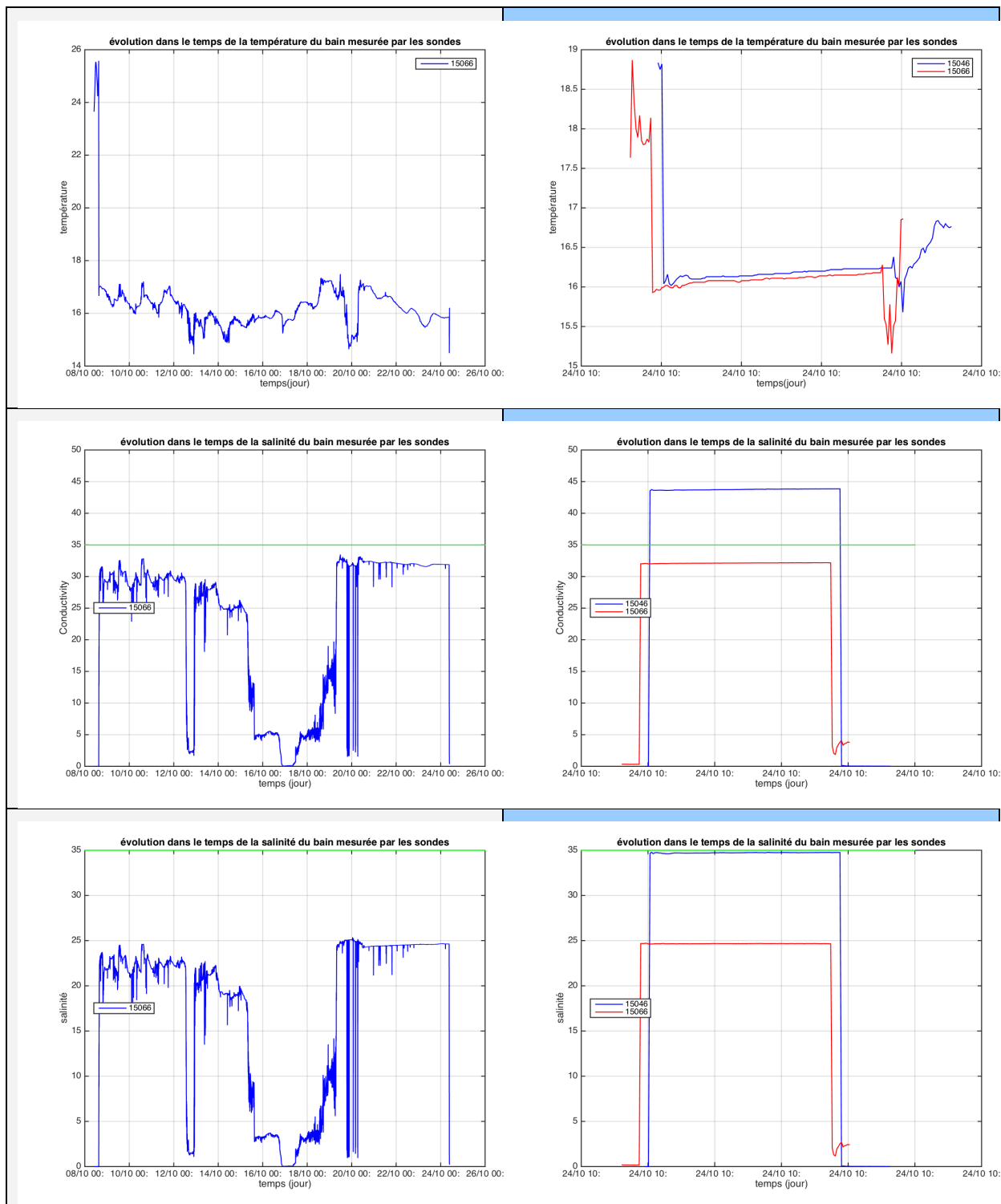


Figure 8: Temperature, Conductivité et Salinité lors du trajet Lorient - Saint Malo (colonne de gauche) et Comparaison avec la sonde de secours (colonne de droite)

3.1.4 Prise d'échantillons pour ajuster les données de l'OSC 3.0

Des flacons ont été fournis pour effectuer des prélèvements sur Boogaloo. Ces échantillons ont été transmis en mai 2014 au service de métrologie Ifremer qui a effectué les analyses en juin 2014. Certains échantillons datent de novembre 2013. Les valeurs sont résumées dans le tableau Tableau 4.

Numero de flacon	date	Heure UTC	Latitude	Longitude	T OSC, °C	S OSC, PSS	S métrologie, PSS	Ecart PSS
C03	29/11/2013	11:29	47° 29,646'N	8° 25,477'W	13.79	35.62	35.63	-0.01
C04	29/11/2013	11:37	47° 29,221'N	8° 26,840'W	13.68	35.62	35.648	-0.028
C05	06/12/2013	13:34	25° 53,96'N	36° 02,178'W	24.74	37.55	37.577	-0.027
C06	06/12/2013	13:36	25° 53,877'N	36° 02,37'W	24.74	37.55	37.57	-0.02
C07	06/12/2013	18:43	25° 29,321'N	36° 08,41'W	24.71	37.58	37.61	-0.028
C08	06/12/2013	18:46	25° 29,508'N	36° 08,77'W	24.73	37.58	37.62	-0.044
C09	07/12/2013	10:56	24° 27,465'N	37° 56,223'W	24.76	37.44	37.46	-0.017
C10	07/12/2013	11:02	24° 26,391'N	37° 56,24'W	24.79	37.45	37.50	-0.05
C11	10/12/2013	20:07	11° 26,38'N	38° 05,40'W	27.56	35.42	35.46	-0.038
C12	10/12/2013	20:11	11° 25,9'N	38° 05,4'W	27.58	35.44	35.47	-0.028
C13	11/12/2013	20:27	7° 50,23'N	38° 02,45'W	27.67	35.72	35.75	-0.03
C14	11/12/2013	20:29	7° 50,08'N	38° 02,34'W	27.67	35.73	35.746	-0.016
C15	11/12/2013	21:45	7° 56,423'N	38° 04,665'W	27.56	35.67	35.686	-0.016
C16	11/12/2013	22:15	7° 56,971'N	38° 05,775'W	27.58	35.68	35.693	-0.013
C17	11/12/2013	22:45	7° 55,82'N	38° 04,75'W	27.63	35.69	35.716	-0.026
C18	11/12/2013	23:15	7° 55,012'N	38° 03,78'W	27.63	35.7	35.712	-0.012
C19	12/12/2013	13:54	7° 57,94'N	39° 12,7'W	28.12	35.66	35.691	-0.031
C20	12/12/2013	13:56	7° 57,77'N	39° 13,14'W	28.11	35.65	35.689	-0.039
C21	14/12/2013	12:49	8° 21,20'N	47° 56,00'W	28.02	35.48	35.511	-0.031
C22	14/12/2013	12:50	8° 21,30'N	47° 56,10'W	28.02	35.49	35.539	-0.049
C23	15/12/2013	11 :44	10° 8,60'N	52° 18,30'W	26.95	36.13	36.174	-0.044
C24	15/12/2013	11 :48	10° 8,70'N	52° 18,80'W	26.95	36.13	36.146	-0.016
C25	16/12/2013	15 :47	11° 56,50'N	57° 57,90'W	27.72	35.80	35.985	-0.185
C26	16/12/2013	15:52	11° 56,70'N	57° 58,60'W	27.78	35.88	35.926	-0.046
C27	26/04/2013	14 :15	43° 27,80'N	7° 24,40'E	16.93	37.90	37.906	-0.006
C28	26/04/2013	14 :17	43° 28,20'N	7° 24,20'E	16.89	37.89	37.899	-0.009
C29	26/04/2013	16 :03	43° 40,70'N	7° 24,90'E	17.46	37.62	37.684	-0.064
C30	26/04/2013	16 :05	43° 40,90'N	7° 25,00'E	17.47	37.67	37.695	-0.025

Tableau 4: Comparaison entre les échantillons et l'OSC 3.0

La colonne de droite du tableau donne l'écart entre la mesure de l'OSC et l'échantillon. L'OSC a tendance à sous-estimer la salinité de 0.033 PSU en moyenne.

La composante TSG de l'OSC est constituée d'un système SeaKeeper. Aucun étalonnage de l'OSC 3.0 n'a été effectué.

3.1.5 Etalonnage de l'OSC 2.1

Le SBE45 de l'OSC 2.1 a été envoyé chez SeaBird à deux occasions soit le 21/06/2009 et le 12/12/2012. Lors de son dernier passage chez Seabird, la cellule de conductivité a été re-platinisée. Après cette étape l'erreur sur les mesures est de 0.05 mS/m et 0.5 m°C. Il s'agit de valeurs très faibles. Nous allons à ce stade-ci les considérer comme négligeables.

Le laboratoire de métrologie de l'Ifremer s'est occupé de l'étalonnage de l'OSC 2.1. Les derniers rapports datent du 26/09/2013 (compte rendu no M-DCM-13-093) et du 19/08/2014 (compte rendu no M-DCM-14-141).

Param	T (°c) Bain	26/09/2013	19/08/2014	Evolution (12 mois)	
		Correction	Correction		
T90	10.10	-0.101	-0.055	0.046	°C
T90	15.06	-0.059	-0.030	0.029	°C
T90	20.03	-0.021	-0.010	0.011	°C
C	10.10	-0.026	0.125	0.151	mS/cm
C	15.06	0.028	0.167	0.139	mS/cm
C	20.03	0.066	0.206	0.140	mS/cm
PSAL	10.10	0.072	0.182	0.110	PSU
PSAL	15.06	0.078	0.179	0.101	PSU
PSAL	20.03	0.072	0.177	0.105	PSU

Tableau 5: Evolutions de la dérive des capteurs de l'OSC 2.1

Les valeurs du Tableau 5 sont des corrections à ajouter aux valeurs de l'OSC. Elles sont extraites des 2 rapports rédigés par le laboratoire de métrologie de l'Ifremer. Une dérive sur 12 mois a été calculée à partir des mesures.

Les corrections pour la température et la conductivité fluctuent selon la température du bain et entre les 2 contrôles effectués par l'équipe de métrologie. Néanmoins, la correction pour la salinité est quasi constante mais a fortement évolué en 1 an entre les deux contrôles. Au vu des dérives constatées dans le tableau no 5, le laboratoire de métrologie estime que cet instrument est potentiellement défectueux et recommande le renvoi chez Seabird du TSG.

Lors d'une réunion en septembre 2014, le laboratoire de métrologie a pointé du doigt le mode opératoire utilisé avec le SBE 45 dans leurs installations. Dans le montage retenu, cet instrument ne baignant pas dans le bain thermostaté est sujet à des échanges thermiques avec l'environnement par la tuyauterie et par le corps de l'appareil. Par ailleurs, la pompe elle même dégage de la chaleur. Le mode opératoire retenu par Marc Le Menn au SHOM semble mieux adapté car l'instrument est plongé dans un bain thermostaté.

Sur le BarkEuropa l'OSC était installé dans la salle des machines. On peut imaginer que la température de cette pièce était nettement plus chaude que l'eau de mer particulièrement en Antarctique. En l'absence d'une sonde SBE38 installée à l'entrée du circuit d'eau de mer, la validation d'une valeur fiable de la SST à partir de la température

du bain du capteur (SSJT) ne sera pas facile. Dans les faits, la SSJT est inutilisable sur le BarkEuropa.

4 Les données traitées en 2014

Les sondes NKE mesurent P, T, et C en fonction du temps, à partir d'une date de départ et à une fréquence d'échantillonnage choisie en laboratoire (typiquement de 3 à 5 minutes). Elles ne sont pas géolocalisées. La validation des données des sondes NKE nécessite la récupération des positions GPS du navire. Le format des données GPS est très variable allant du fichier xls au format gpx (dérivé de XML). Une interpolation des positions sur les temps d'acquisition est donc requise en amont de la validation. Les OSC et SBE45 sont reliés à un GPS ce qui permet la géolocalisation des mesures en temps réel. Les données sont ensuite réécrites au format d'entrée de la chaîne TSGQC développée par l'IRD et utilisée au LPO pour valider les mesures T/S de surface. Cette chaîne a été légèrement modifiée pour lire la climatologie ISAS13.

L'état du traitement est donné dans le Tableau 6 :

Navire	Leg	Type/serial	Date/deb	Date/Fin	Collecte	GPS	Fmt TSGQC	Clean	Argo	Bottles	Bias
BarkEuropa	1	OSC-2.1	20/01/2013	28/04/2013	Yes	Auto	Yes	Yes	Yes	No	Yes
BarkEuropa	2	OSC-2.1	08/10/2013	11/06/2014	Yes	Auto	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Boogaloo	1	OSC-3.0	28/11/2013	17/12/2013	Yes	Auto	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Boogaloo	2	OSC-3.0	30/01/2014	11/02/2014	Yes	Auto	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Boogaloo	3-4	OSC-3.0	09/04/2014	26/04/2014	Yes	Auto	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Fleur Australe	1A	STPS300 15046	24/11/2013	06/03/2014	Yes	yes	yes	Yes	Yes	No	Yes
Fleur Australe	1B	STPS300 15003	24/11/2013	06/03/2014	Yes	yes	yes	Yes	Yes	No	Yes
Fleur Australe	2A	STPS300 15046	06/06/2014	11/09/2014	Yes	xls	yes	Yes	Yes	No	Yes
Fleur Australe	2B	STPS300 15049	01/04/2014	11/09/2014	Yes	xls	yes	yes	Yes	No	Yes
Marisposa	1	STPS300 15052	01/10/2013	08/07/2014	Yes	xml	yes	yes	Yes	No	Yes
OKIOS	1	STPS300 15053	27/04/2014								
OLMIX	1	STPS300 15046	02/11/2014								

Tableau 6: Avancé du traitement pour chaque campagne

Les codes de couleurs vert, orange et rouge du tableau sont liés à la production de données. La sonde cassée d'OKIOS ne produira rien, elle apparaît en rouge dans le tableau. La couleur orange dénote l'incertitude sur l'état de la sonde d'OLMIX.

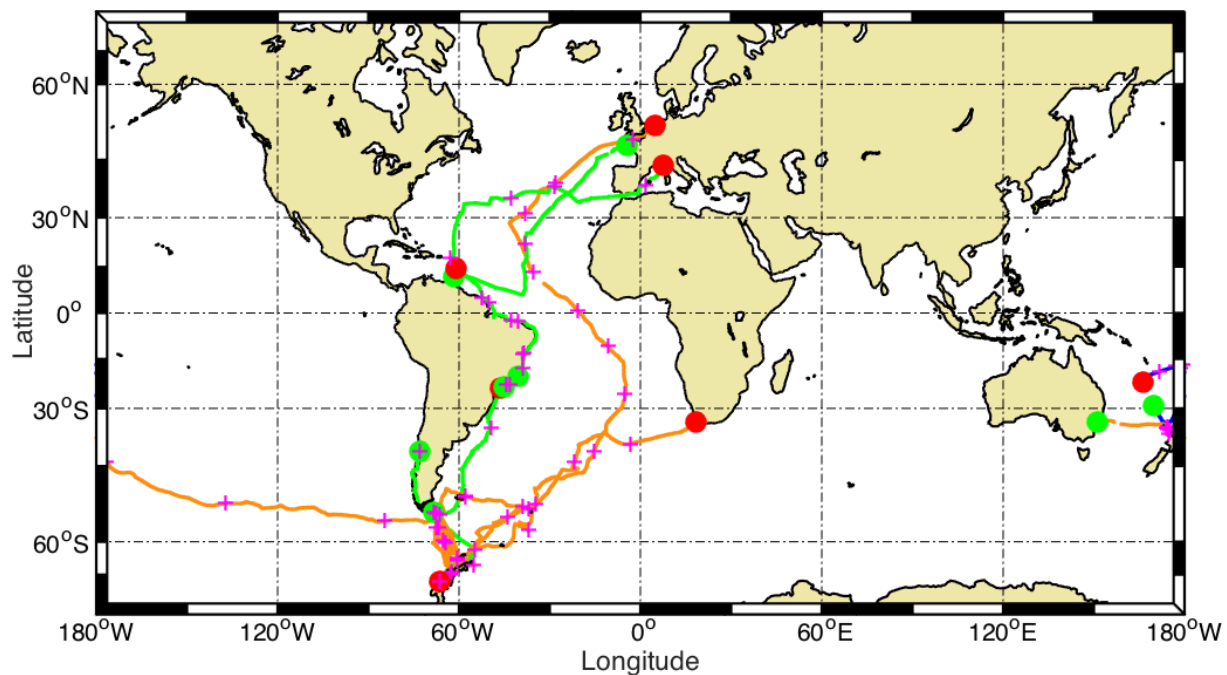


Figure 9: Trajets des voiliers: les campagnes en vert ont produit des mesures de T et S, en rouge aucune mesure, en bleu T seulement et en orange S uniquement. Les points verts indiquent les points de départ, les rouges les point d'arrivée les croix sont espacées de 10 jours.

Les trajectoires des voiliers sont illustrées Figure 9. Le détail des données validées-corrigées est présenté dans l'Annexe I.3. Il n'y a pas de mesures de température sur la dernière campagne du Boogaloo. Une mise à jour du firmware avait introduit un bug informatique. D'une manière générale les données de l'OSC sont bonnes.

Le bilan des mesure est présenté Tableau 7 qui donne le nombre de jours contenant au moins une mesures ayant un indice de qualité égal à 1 (bonne) ou 2 (probablement bonne). Nous faisons abstraction ici de la fréquence d'échantillonnage.

Campagne	Nombre de jours d'acquisition	Nombre de jours Salinité valide	Nombre de jours Température valide
Boogaloo 2013a	20	20	20
Boogaloo 2014a	31	26	13
BarkEuropa 2013a	99	96	0
BarkEuropa 2013b	247	231	0
Mariposa 2013a	160	0	160
Fleur Australe 26003 2013a	30	30	30
Fleur Australe 28001 2013a	66	53	55
Fleur Australe 28001 2014a	55	48	53
Fleur Australe 28033 2014a	123	59	69

Tableau 7: Nombre de jours de mesure pour T et S par campagne

5 Conclusions et recommandations

5.1 STPS300

L'utilisation des sondes NKE s'inscrit dans un volet "grand public" d'un effort scientifique appelé 'océanographie participative' et répond aux sollicitations, de plus en plus nombreuses, de particuliers auprès des institutions souhaitant être associés pour effectuer des mesures en mer. La stratégie de prêt via le RIEM fonctionne très bien. Nos interlocuteurs de l'association sont à l'écoute et disponibles.

Le bilan des sondes STPS300 est cependant contrasté. Les essais réalisés au LPO montre que

- les capteurs de température des sondes sont en conformité avec les spécifications du constructeur.
- En revanche, ce n'est pas le cas avec les capteurs de conductivité, seules 2 des 4 sondes testées ont des anomalies de 1 ou 2 dixièmes de PSU et proches de la précision annoncée par le constructeur.
- Les interrogations portent sur l'encrassement du capteur et son impact sur la mesure de conductivité. L'entretien de celui-ci par les équipages, via une procédure simple, est une piste pour améliorer les mesures. Cette procédure de nettoyage est en cours de rédaction sous réserve que la sonde puisse être accessible et remontée à bord du voilier.
- Les campagnes d'Olmix et d'Okios ont été infructueuses.
- Rappelons que la conception d'un support générique fut un échec. Il est difficile de concilier solidité et encombrement. Un support trop imposant génère une traînée importante.

A l'inverse les campagnes du Fleur Australe fournissent des données à la communauté scientifique dans des régions où peu de campagnes sont organisées (par exemple les chenaux de Patagonie ou la remontée de l'Amazone). Les échanges entre Philippe Poupon, le skipper de Fleur Australe, et le LPO sont faciles et les campagnes régulières et prévisibles.

Le prêt d'une sonde STPS300 doit être lié à son installation : solide, accessible et de manière à ce que la sonde soit protégée des impacts.

5.2 OSC

Le programme OcéanoScientific produit de très bonnes données. L'équipement est fiable. L'installation a été récemment améliorée par l'ajout d'une sonde de température SBE38 à l'entrée du circuit d'eau de mer sur le Boogaloo.

L'évolution du format d'échange fut gênant en 2014 mais devrait à terme être standardisé.

Le traitement se fait maintenant en routine.

Il reste le problème des échantillons d'eau de mer. On ne peut dissocier le prêt de bouteilles pour les échantillons de la présence d'un laboratoire pour effectuer les mesures de contrôle et de la disponibilité du personnel. Le prêt de flacon n'est donc pas systématique. En 2015 le Boogaloo sera au Cap, Pierre Branellec recherche des moyens d'y effectuer des analyses.

5.3 SBE45

Les premières données en provenance du TSG installé sur le Rara Avis ont été reçues récemment. Les données du leg Brest-Antilles sont excellentes et, ont été reformatées pour leur utilisation dans tsgqc. On ne constate pas de biais important. Le traitement sera effectué au LPO.

Des échantillons ont été prélevés lors de ce premier leg. Ils seront retournés au LPO ce printemps et analysés par Pierre Branellec ou Floriane Desprez de Gésincourt.

Le LPO n'est pas entièrement propriétaire de l'installation actuelle dont une partie (SBE38, GPS, ordinateur...) proviennent de et retourneront sur le Tara.

Le Rara Avis rentrant à Brest à la mi-juin, quelle sera la future utilisation du TSG? Dans quel cadre scientifique utiliser cet équipement. Des discussions sont en cours avec Fabienne Gaillard et Gilles Réverdin.

6 Les campagnes prévues en 2015

6.1 STPS300

Le trimaran OLMIX est de retour en France depuis la fin janvier 2015. Des données seront à traiter si la sonde n'est pas endommagée.

La Fleur Australe est en campagne depuis fin 2014. Les 2 sondes prêtées nous ont été retournées récemment. Une seconde campagne a généralement lieu au printemps. Du traitement sera nécessaire et 2 semaines de temps (2 campagnes) requis.

L'association RIEM a été sollicitée pour le prêt de capteurs. Nous sommes en discussion avec elle quant aux choix des candidats. Deux projets ont retenu notre attention. Les 2 voiliers partiront en fin avril début mai 2015. Le Kejadenn ira jusqu'au Maine (USA) en passant par l'Islande, le Groenland et le golfe du Saint-Laurent (<http://www.kejadenn.fr/>). Le second projet mènerait vers les Antilles, le Brésil puis New-York.

Il serait souhaitable d'effectuer une inter-comparaison des sondes en septembre 2015 ce qui demande une semaine de travail.

6.2 OSC

Le Boogaloo est en escale à Caen. L'OSC 3.0 sera réinstallé courant mars à Monaco. Un programme de navigation Brest-Monaco puis Monaco Le-Cap est prévu en 2015. Les données seront traitées au LPO.

L'OSC 2.1 ne sera pas réinstallé pour l'instant. Les coûts de remise en état du système sont trop élevés.

6.3 SBE 45

LE SBE 45 du LPO a été installé à la mi-janvier 2015 sur le voilier Rara-Avis. Ce navire effectue un long voyage en Atlantique du 25/01/2015 au 10/06/2015. Floriane Desprez de Gésincourt a supervisé l'installation du thermo-salinographe conjointement avec Hervé Le Goff (LOCEAN).

Traitement de données et analyses des échantillons prélevés demanderont une semaine de travail.

7 Articles et présentations

Le programme OcéanoScientific a participé à plusieurs conférences internationales en 2014:

TECO 2014 à Saint Petersburg (Russie) du 7 au 9 juillet 2014 organisé par la WMO :

The *OcéanoScientific Programme: Scientific Data Acquisition by Sailing Ships*

Margot Choquer, Pierre Blouch, Fabienne Gaillard, Thierry Reynaud, Gilles Reverdin, Nicolas Metz, Martin Kramp, Pierre Branellec, Denis Diverrès

- Le 6^{ème} workshop Ferrybox à Tallin (8 au 9 septembre 2014) : Fabienne Gaillard et Thierry Reynaud ont participé à la préparation de la présentation intitulée :

The OcéanoScientific Programme: Scientific Data Acquisition by Sailing Ships, results from the 2013 and 2014 campaigns

- La 2^{ème} conférence internationale sur la recherche océanique à Barcelone du 17 au 21 novembre 2014.

8 Références

Articles

Henin, C. and J. Grelet. A merchant ship thermo-salinograph network in the Pacific Ocean. *Deep-Sea Research I*, 43 (11-12), 1833-1855 (1996).

Rapports

Reverdin Gilles, Gaillard Fabienne, Contardo Stephanie, Mathias Delphine, Gouriou Yves, Dagorne Dominique (2006). **Réseau bleu Coriolis : Qualification des mesures navire / Salinité de surface**. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00115/22585/>

Desprez De Gesincourt Floriane, Hamon Michel, Branellec Pierre, Gaillard Fabienne (2013). **Utilisation des sondes NKE-STPS sur le voilier Fleur Australe (juin 2010-mars 2013)**. <http://dx.doi.org/10.13155/26696>

Data citations :

ISAS-13-clim: Fabienne Gaillard (2015). **ISAS-13-CLIM temperature and salinity gridded climatology. Pôle Océan.** <http://dx.doi.org/10.12770/e23e19d4-dc4d-40d1-8cfd-4e9f70746dd7>

Remerciements

Nous remercions l'équipe du TOIS (LPO), en particulier Olivier Peden pour son implication dans le développement du support aux sondes NKE, Stéphane Leizour et Olivier Ménage pour l'installation qu'ils ont réalisé sur Olmix et Pierre Branellec pour sa participation aux tests effectués sur les sondes NKE.

Nous remercions également Florence Salvetat et Nolwen Lamandé du laboratoire de métrologie (Ifremer) pour les analyses effectuées.

Nous remercions également nos partenaires du RIEM et de l'Océanoscientific ainsi que les équipages en mer qui ont pris de leur temps pour effectuer des mesures utiles à la communauté scientifique.

I. ANNEXES

I.1 Les instruments suivis au LPO

Type d'instrument	Fabriquant	No série	Propriétaire
SPTS300	NKE	26003 (15003)	RDT
SPTS300	NKE	28001 (15046)	RDT
SPTS300	NKE	28033 (15049)	RDT
SPTS300	NKE	28036 (15052)	RDT
SPTS300	NKE	28050 (15066)	RDT
SPTS300	NKE	28069 (15085)	RDT
SPTS300	NKE	29009 (15097)	RDT
OCS	OceanoScientific	2.1	Sailing One
OCS	OceanoScientific	3.0	Sailing One
TSG SBE 45	SeaBird	45-0513	LPO

I.2 Les trajets des navires

Les points verts et rouges indiquent respectivement les positions de départ et d'arrivée. Le coloriage de la trajectoire en bleu et jaune permet de distinguer la première et la seconde moitié des mesures. Les croix rouges indiquent les positions quotidiennes des navires à 0h00 entre la première et la dernière position de chaque campagne

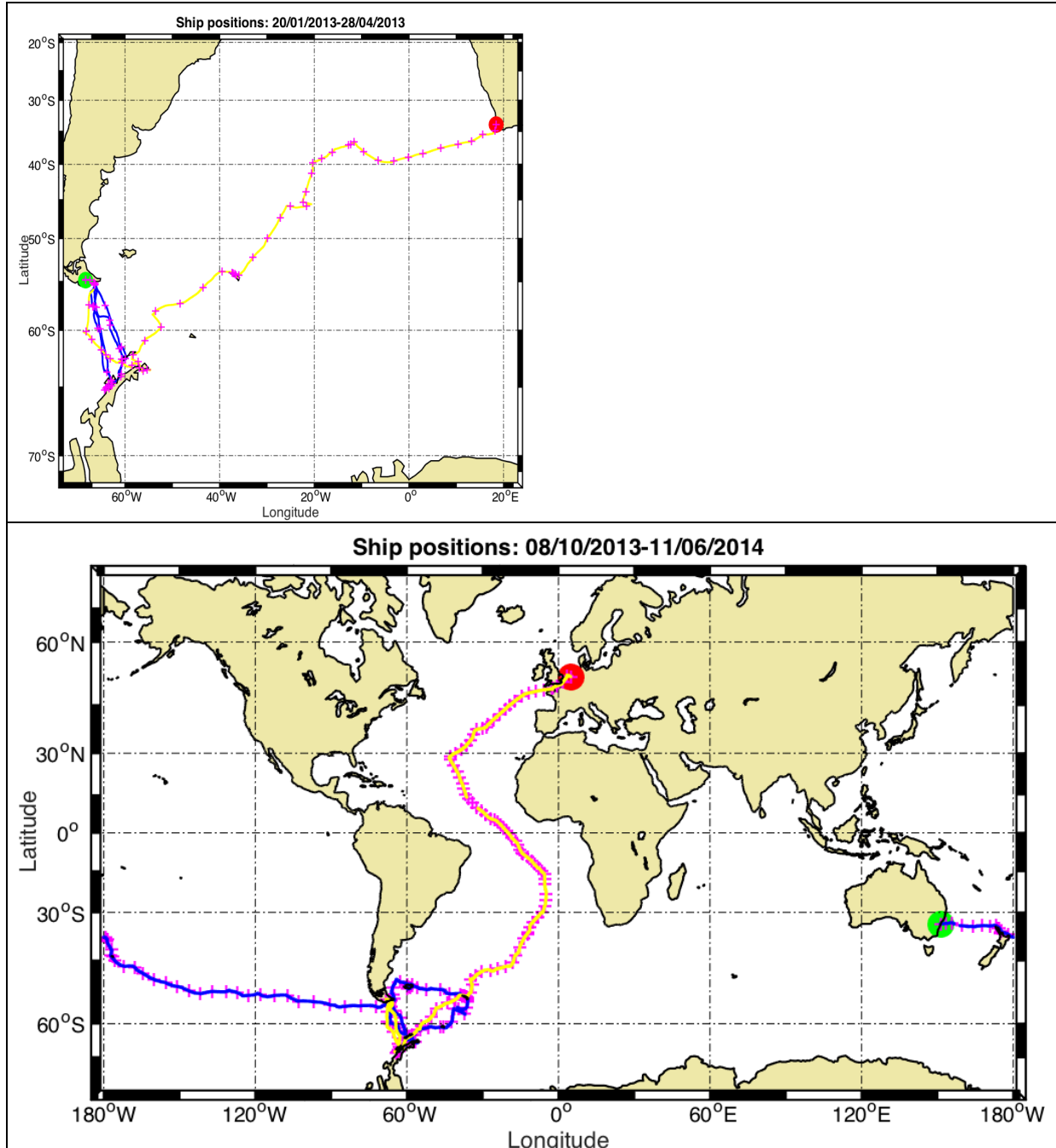


Figure 10: BarkEuropa leg 1 (en haut) et leg 2 (en bas)

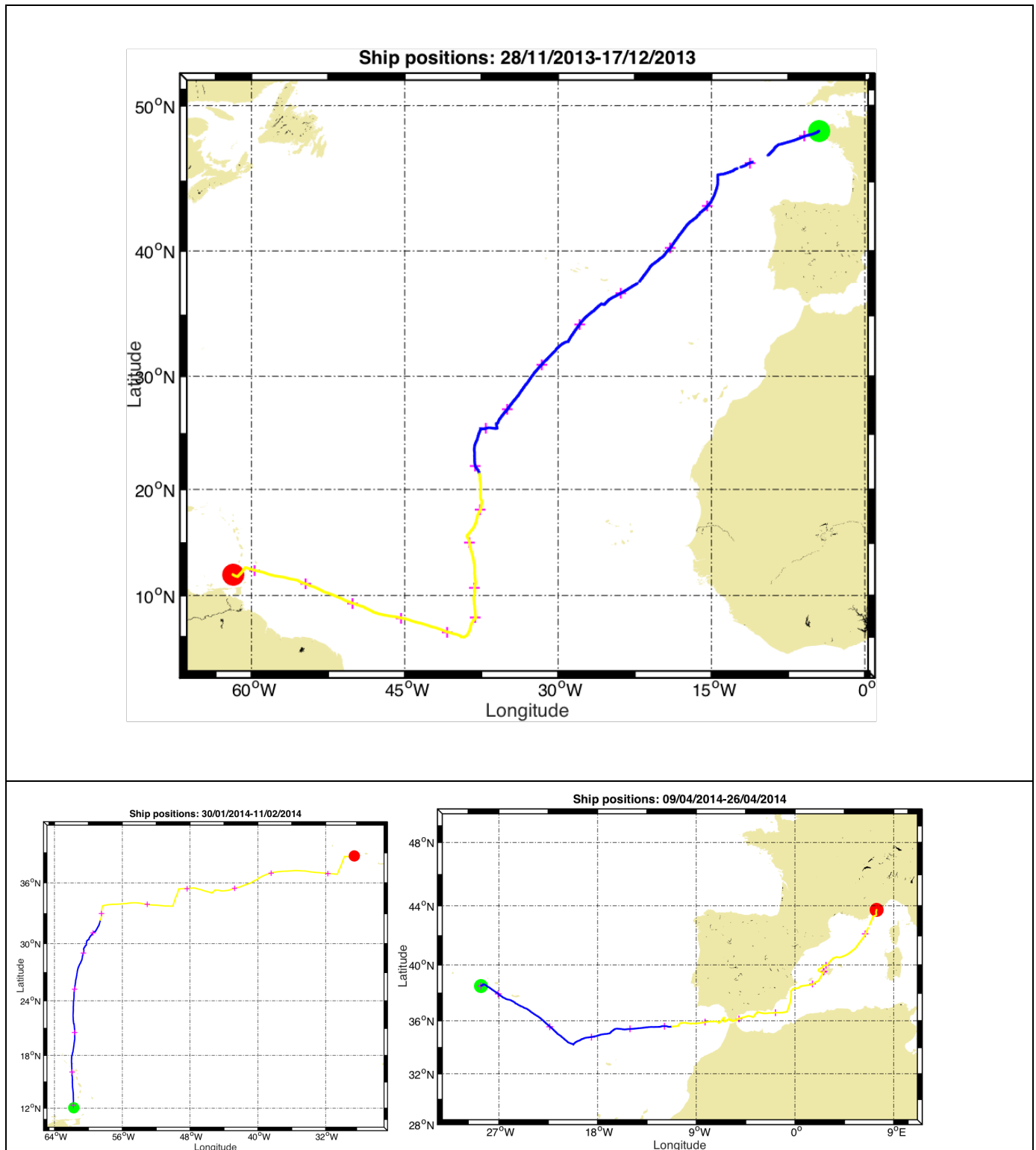


Figure 11: Boogaloo, legs 1(haut), 2 (bas gauche) et 3 (bas droite)

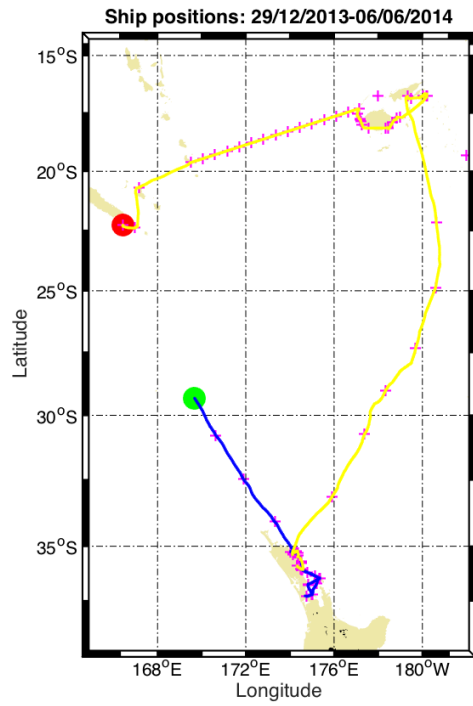


Figure 12: Mariposa

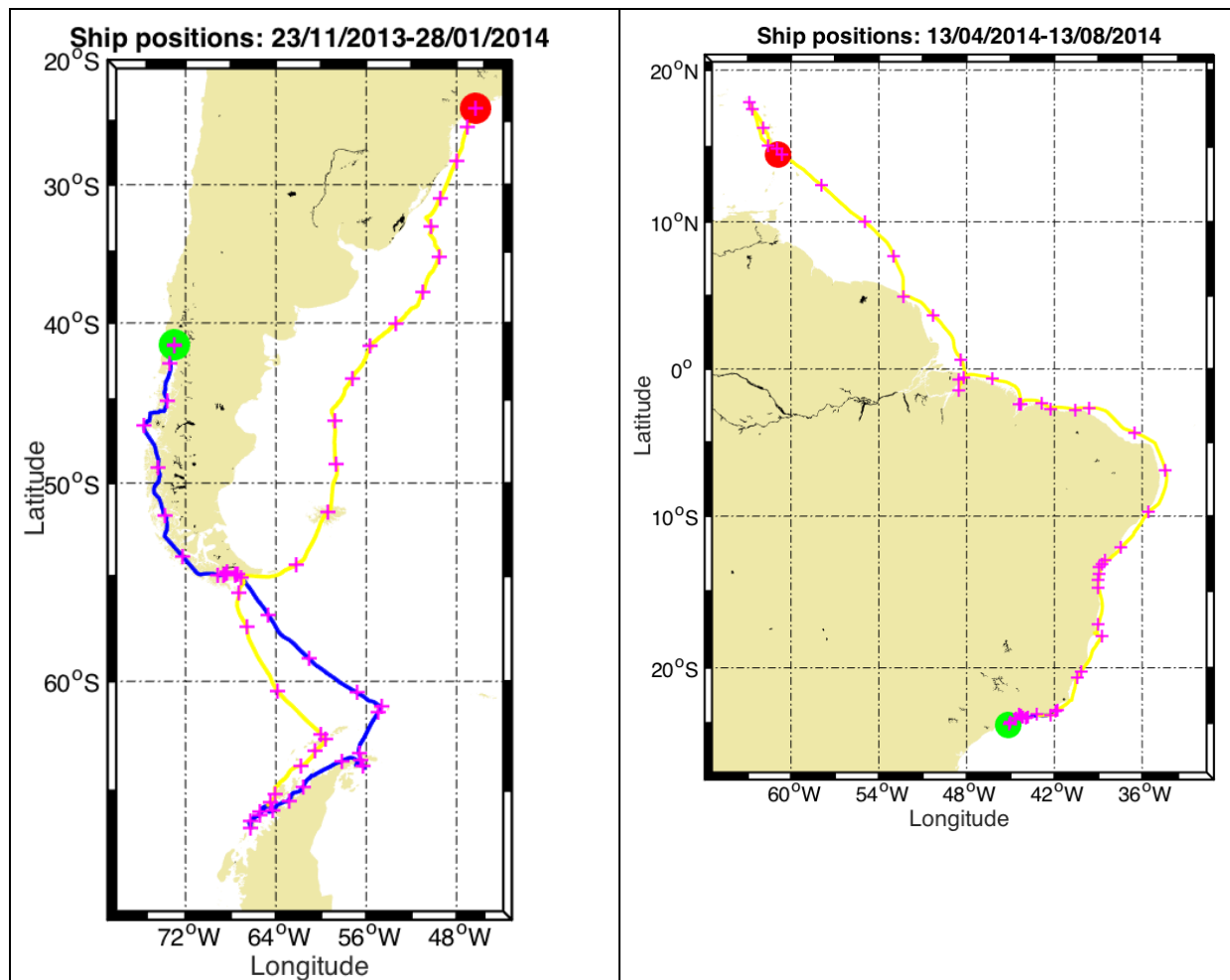
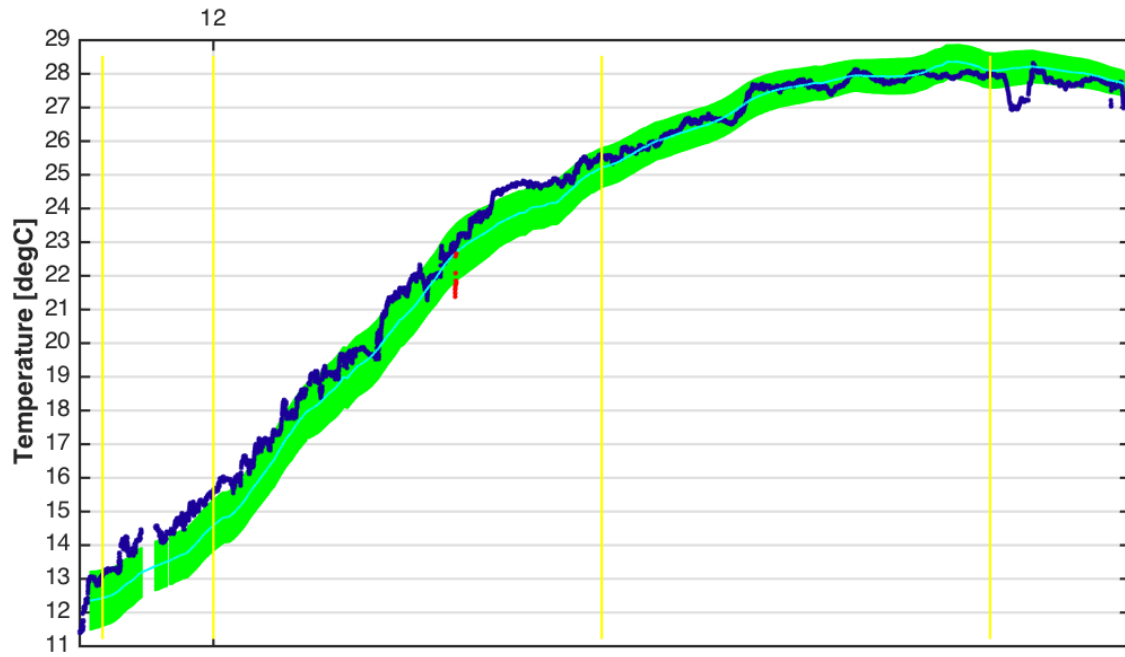


Figure 13: Fleur Australe, leg 1 (à gauche) et leg 2 (à droite)

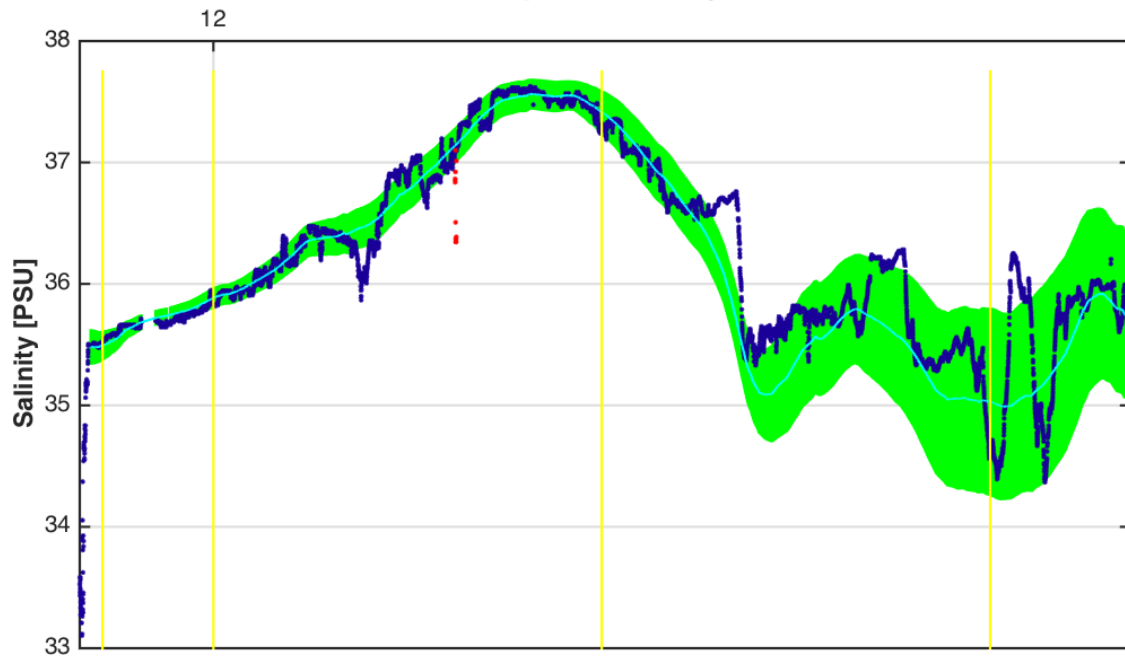
I.3 Les données des campagnes

Chaque figure représente la température (panneau supérieur) et la salinité (panneau inférieur), les courbes bleues sont les mesures validées alors que celles en rouges représentent les mesures qui ne le sont pas (invalidées et douteuses). Les chiffres au dessus des panneaux indiquent le premier jour du mois concerné (12 pour le 01/12, 01 pour /01/01). Les lignes jaunes ont une périodicité d'une semaine (1, 8, 15, 22 et le 29 s'il y a lieu). La climatologie ISAS13 interpolée sur la trace du navire est présentée comme une enveloppe verte (l'écart-type annuel). Pour des raisons de temps de calcul, le mois climatologique moyen d'ISAS13 est utilisé (afin de limiter les ouvertures de fichiers netcdf sous Matlab).

Sea Water Properties Boogaloo - 2013a



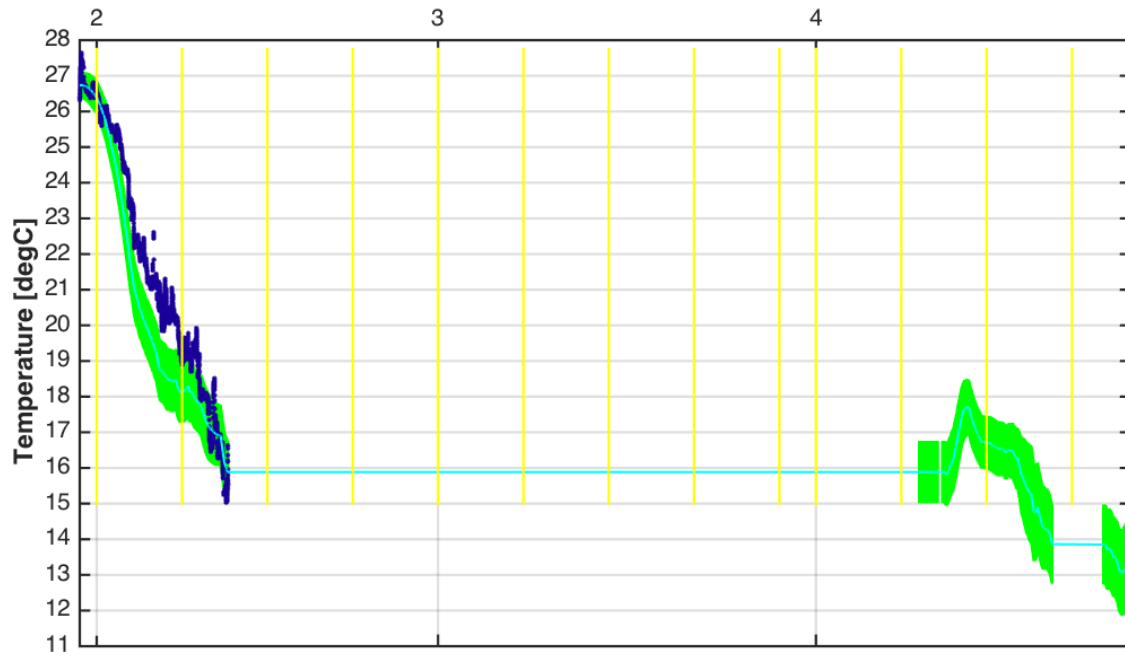
Sea Water Properties Boogaloo - 2013a



2014/01/30

2014/04/26

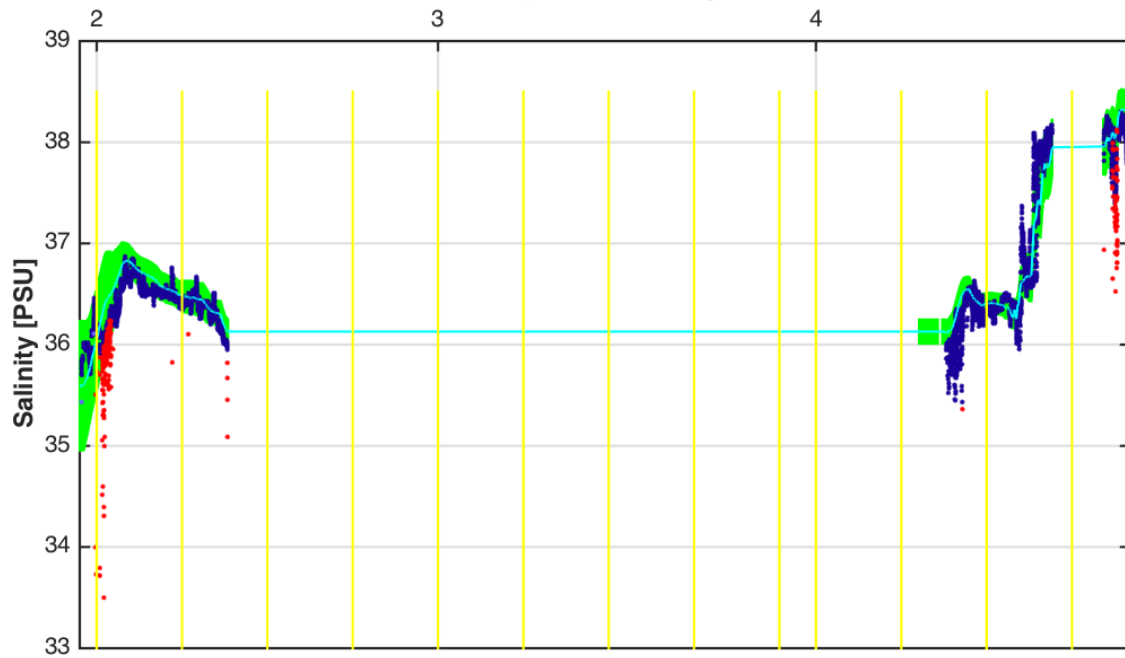
Sea Water Properties Boogaloo - 2014a



2014/01/30

2014/04/26

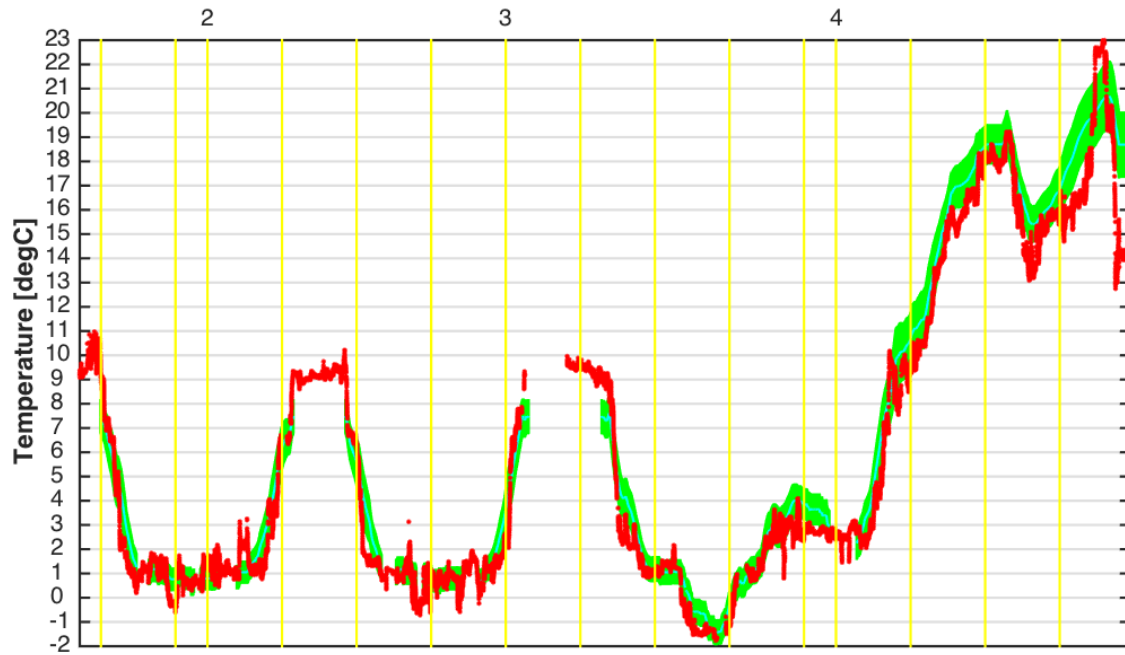
Sea Water Properties Boogaloo - 2014a



2013/01/20

2013/04/28

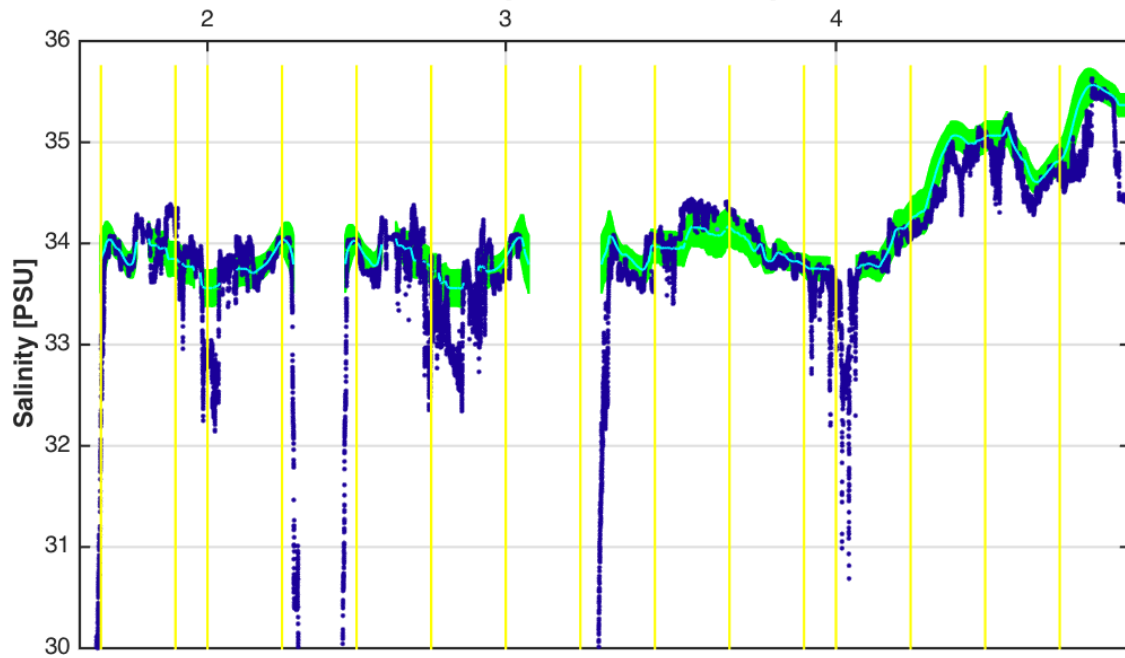
Sea Water Properties BarkEuropa - 2013a



2013/01/20

2013/04/28

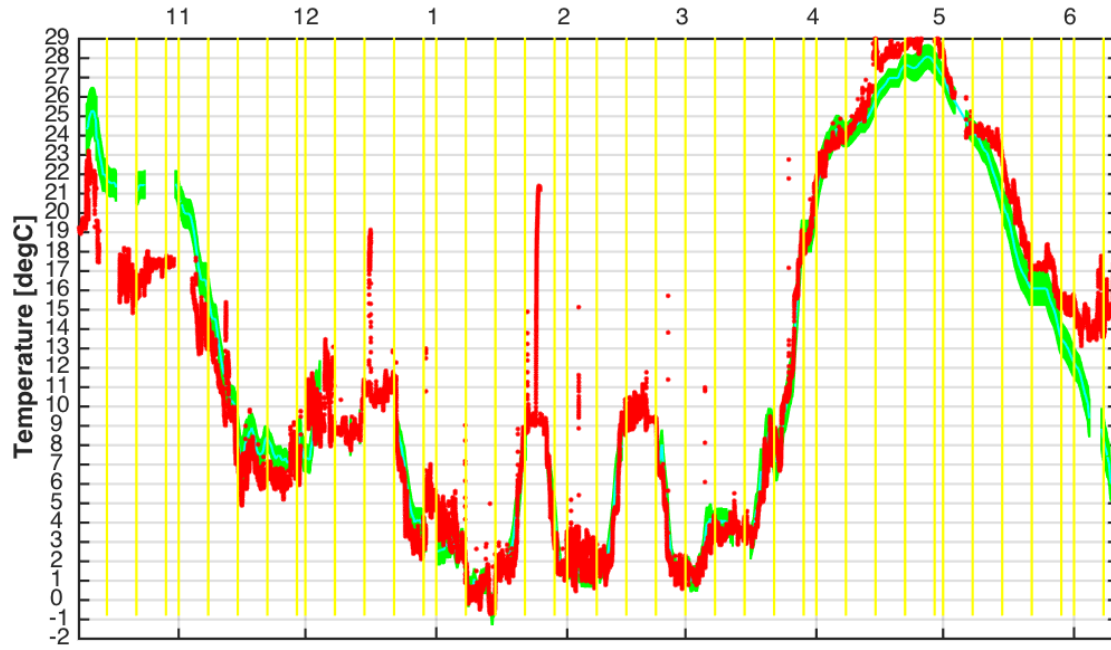
Sea Water Properties BarkEuropa - 2013a



2013/10/08

2014/06/11

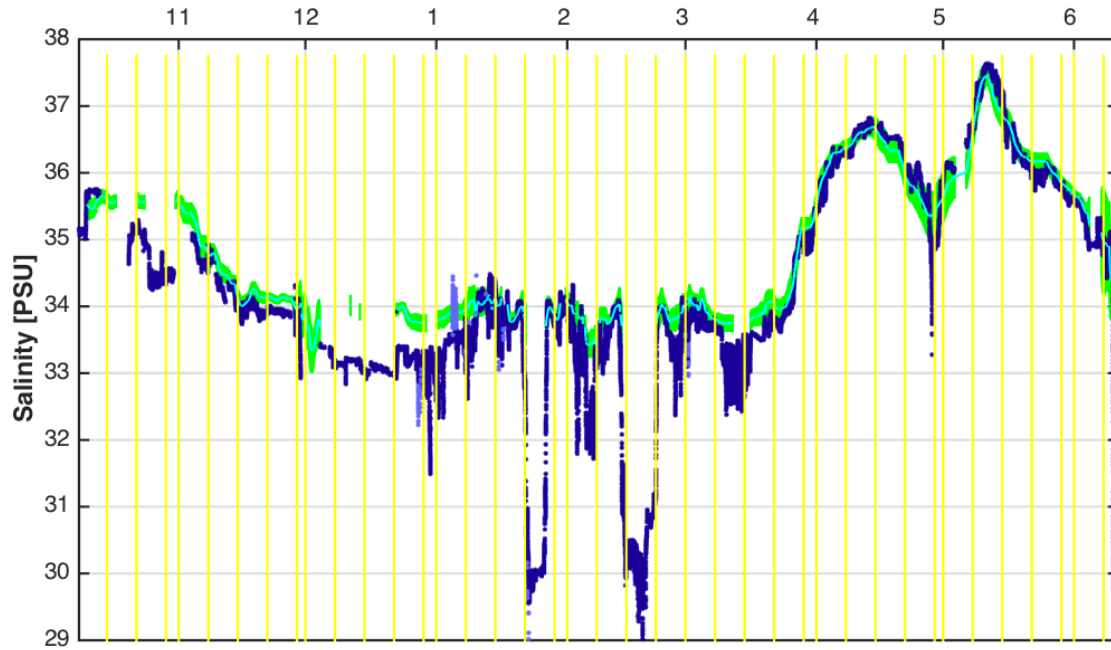
Sea Water Properties BarkEuropa - 2013b



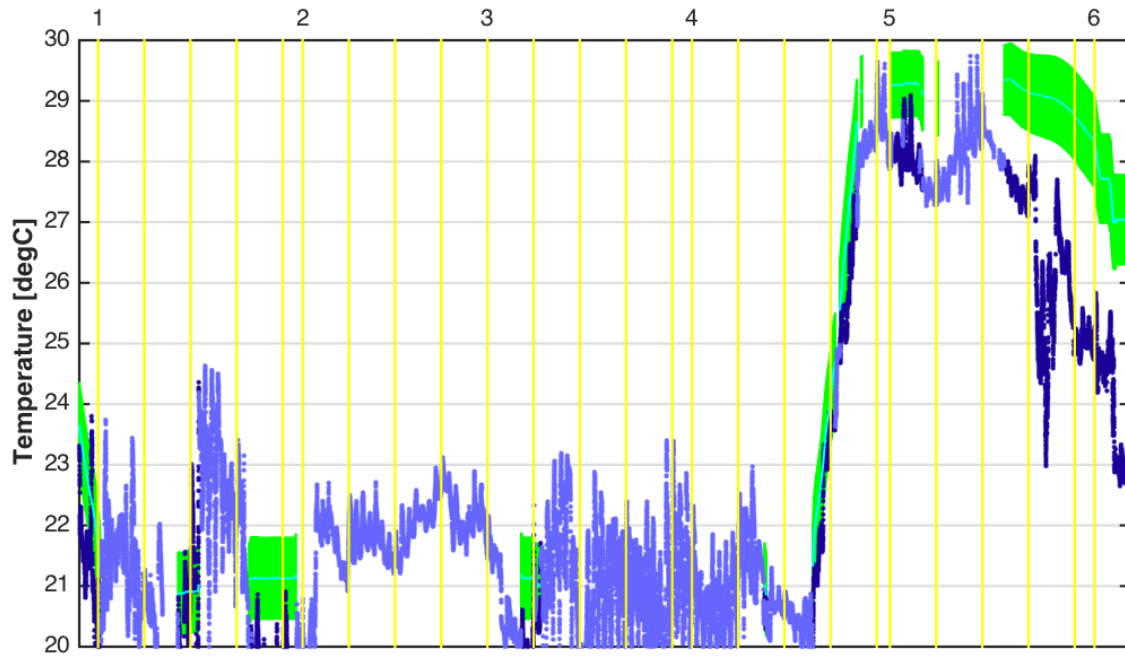
2013/10/08

2014/06/11

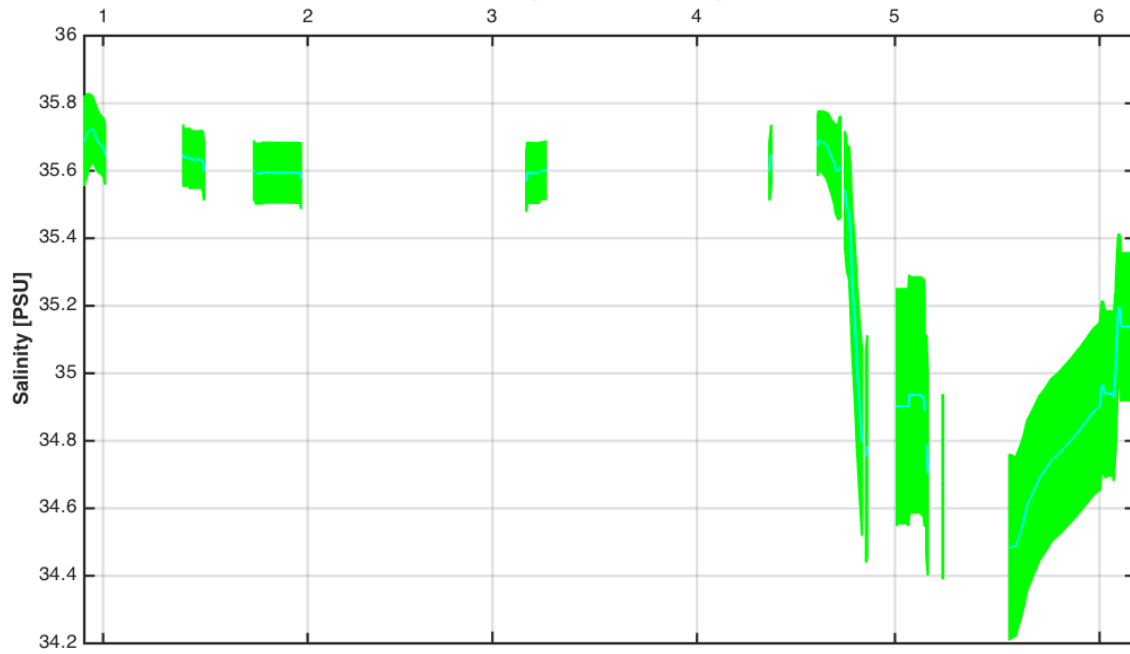
Sea Water Properties BarkEuropa - 2013b



Sea Water Properties Mariposa - 2013a



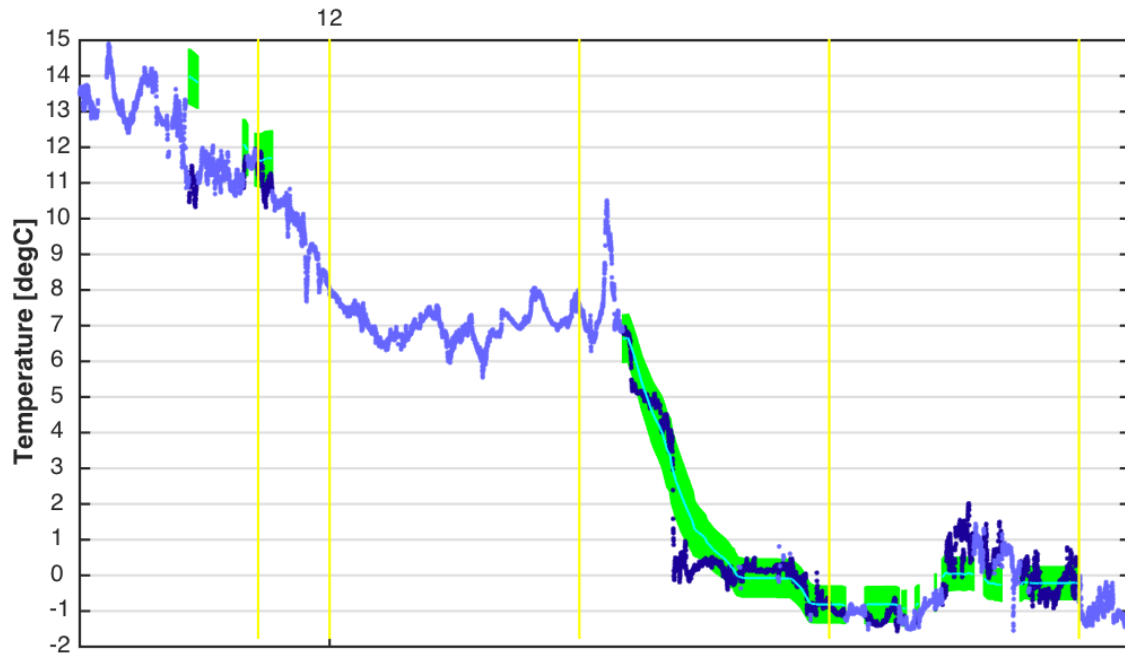
Sea Water Properties Mariposa - 2013a



2013/11/24

2013/12/23

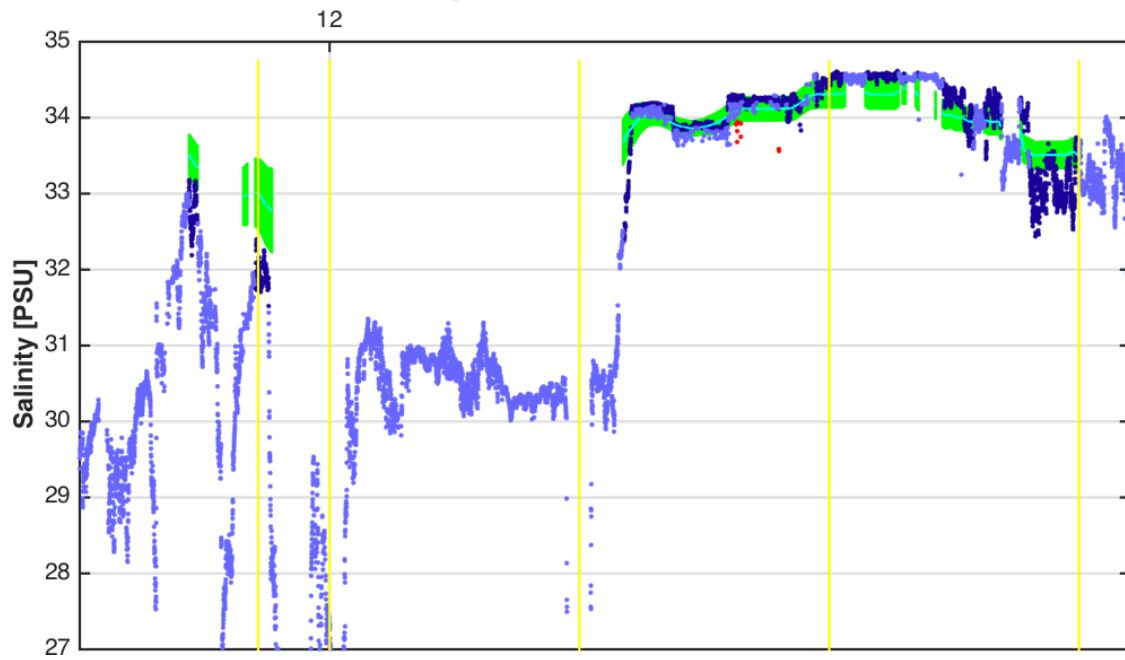
Sea Water Properties FleurAustrale 26003-2013a



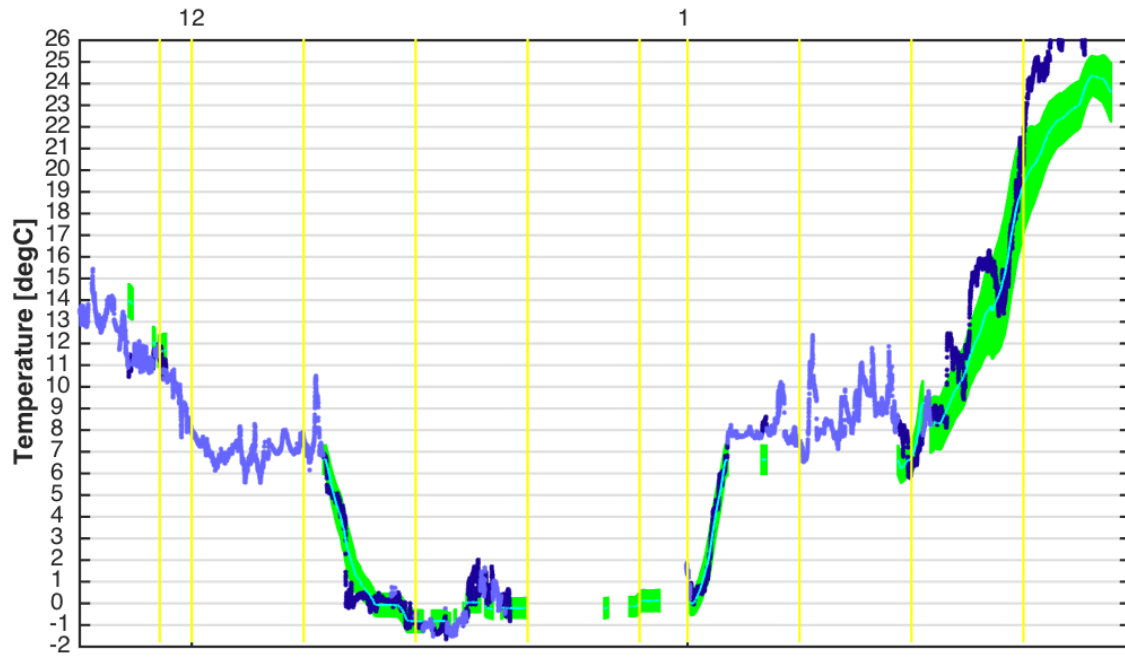
2013/11/24

2013/12/23

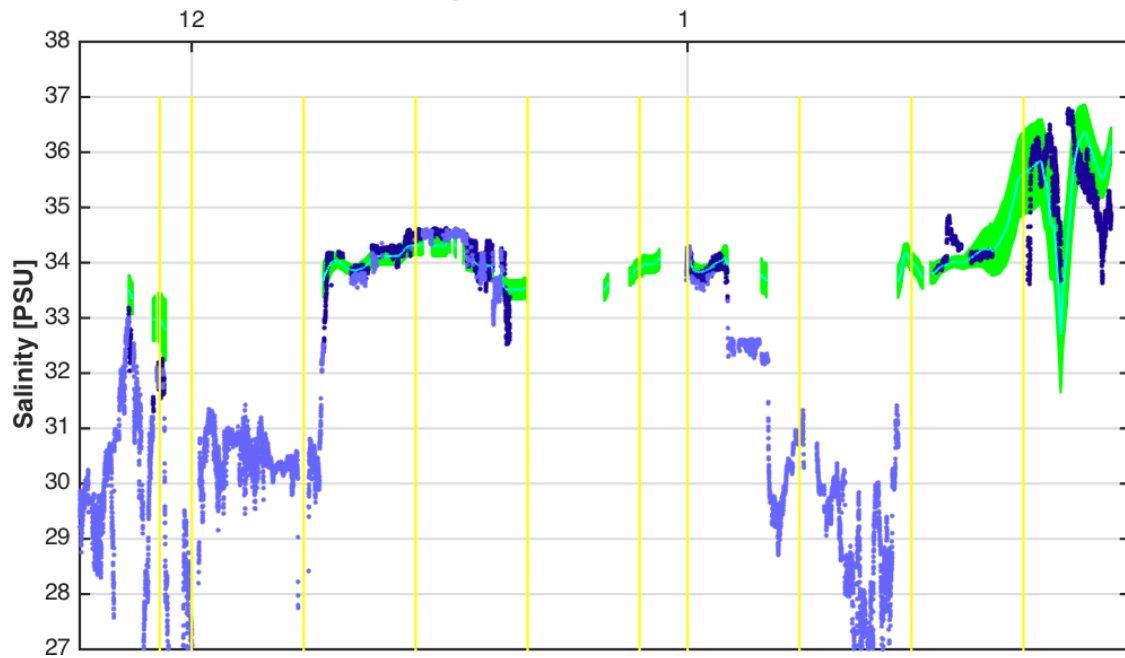
Sea Water Properties FleurAustrale 26003-2013a



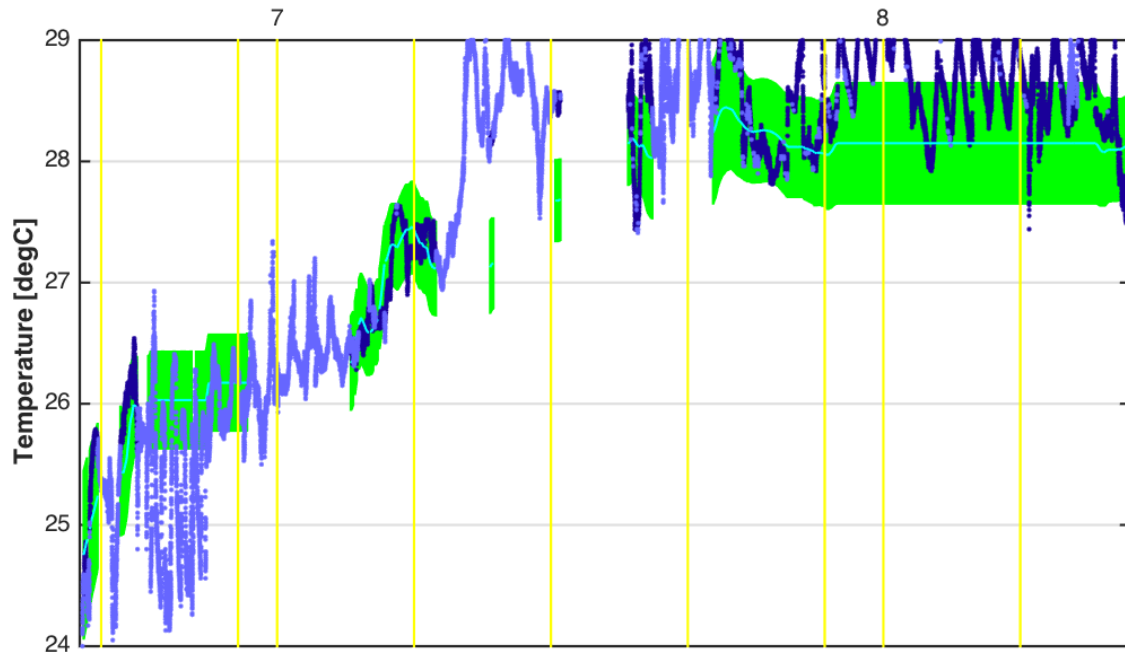
Sea Water Properties FleurAustrale 28001-2013a



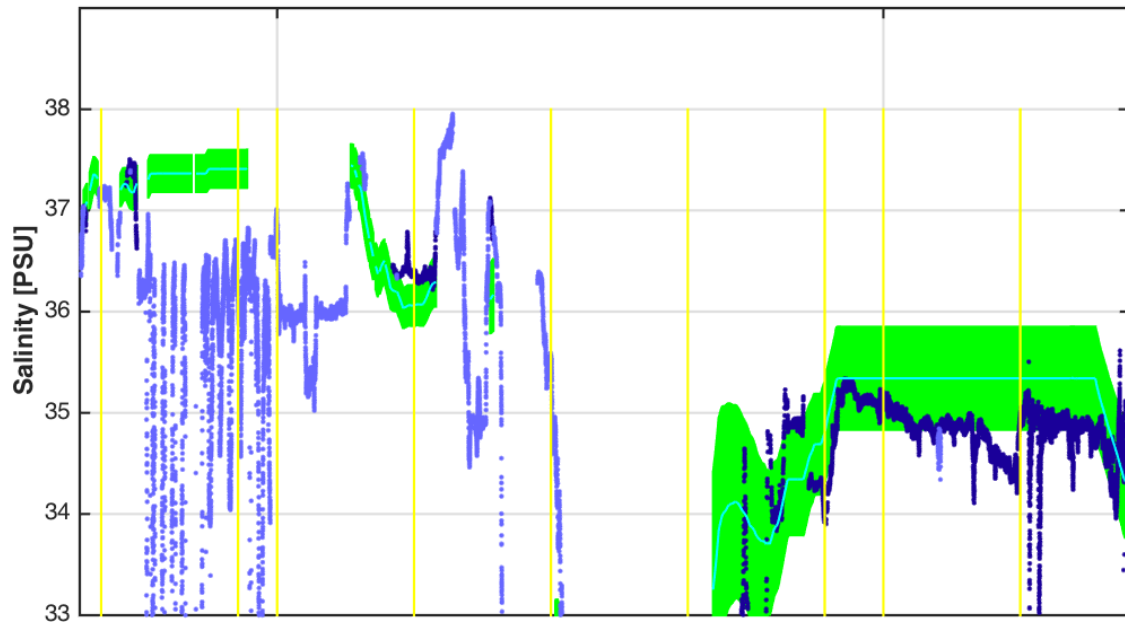
Sea Water Properties FleurAustrale 28001-2013a



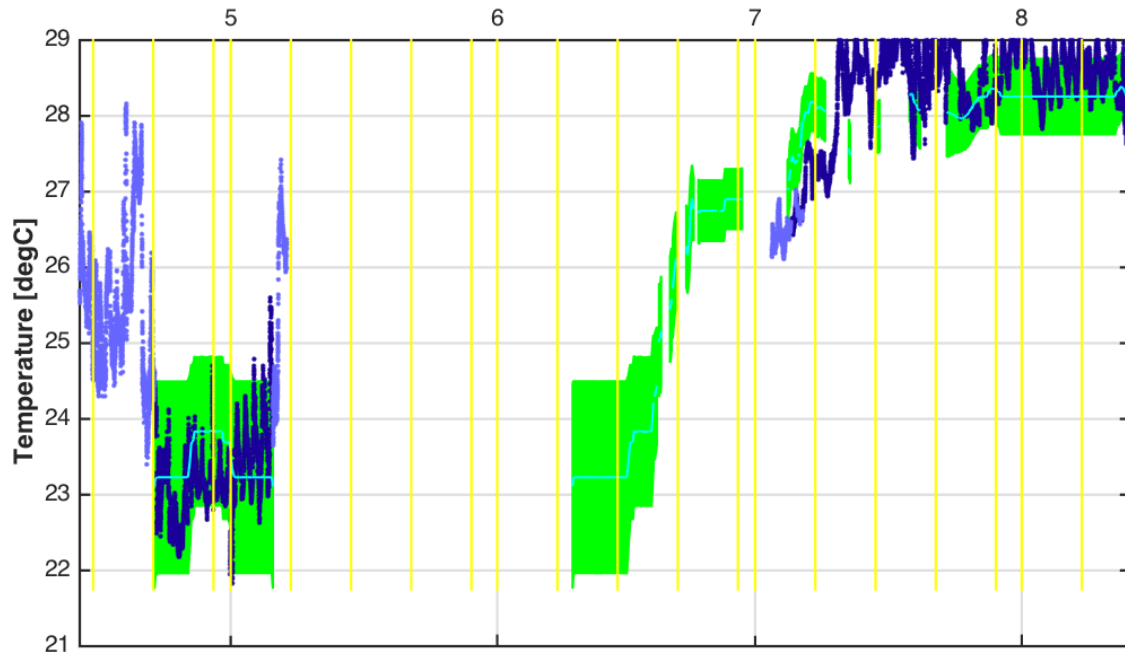
Sea Water Properties FleurAustrale 28001-2014a



Sea Water Properties FleurAustrale 28001-2014a



Sea Water Properties FleurAustrale 28033-2014a



Sea Water Properties FleurAustrale 28033-2014a

