

Underwater WRC Slocum Glider Laboratory evaluation and control of the Conductivity & Temperature sensors

N. Medeot, R. Gerin and R. Nair

*Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS)
Trieste, Italy*

Abstract:

Il Glider è un AUV (Autonomus Underwater Veichle) in grado di navigare lungo rotte programmate a priori. Il suo tipico modo di procedere chiamato “YO” (up/downward motion) porta ripetutamente questo veicolo in prossimità della superficie dove possono trovarsi gli strati più inquinati (specialmente nelle zone costiere) dell’acqua. Inoltre, per effettuare il collegamento satellitare (Iridium) con il DockServer il veicolo emerge quasi completamente e, per tutta la durata della rice-trasmissione, rimane in superficie e viene trasportato dalla corrente. In queste fasi la cella di conducibilità del Glider subisce i maggiori effetti dovuti al “foulant” presente nell’acqua.

Introduction:

Il Glider OGS “Trieste 1” è equipaggiato con un sensore di Conducibilità e Temperatura prodotto dalla SBE e derivato dal modello SBE 41. La particolare posizione e la difficoltà di separare tale sensore dal corpo del Glider, impediscono di effettuare agevolmente le procedure standard di controllo e manutenzione dei sensori così come documentato dalla stessa SBE.

In questo documento si descrive la procedura adottata all’OGS mediante la quale vengono valutate le “performance” ed il “drift” dei sensori di conducibilità e temperatura e gli effetti del “fouling” sulla cella di conducibilità.

Tale controllo viene effettuato ad ogni rientro missione in maniera tale da poter garantire una stima quantificabile della qualità dei dati raccolti tramite una procedura ripetibile e di monitorare nel tempo il comportamento dei sensori.

Details of the test set-up:

Presso il **Centro di Taratura Oceanografico** dell’ OGS (vedi Appendice A, CTO), dove sono disponibili le attrezzature e gli standard di riferimento necessari, sono state sperimentate diverse soluzioni, configurazioni e supporti per poter immergere i soli sensori di conducibilità e temperatura in un bagno termostatico contenente acqua di mare filtrata. Il sistema sperimentato, consente di effettuare un test efficiente ed abbastanza rapido (della durata di circa 6 – 8 ore) (fig. 1).

La soluzione ottimale prevede, infatti, l'utilizzo di un bagno termostatico della Guildline (Mod. 5010) che garantisce una eccellente stabilità in temperatura ($\leq 0.002^{\circ}\text{C}/24\text{ h}$) e una perfetta uniformità del campione grazie all’ottimo rimescolamento dell’acqua ottenuto con una forte circolazione pompata (fig. 2).



fig. 1

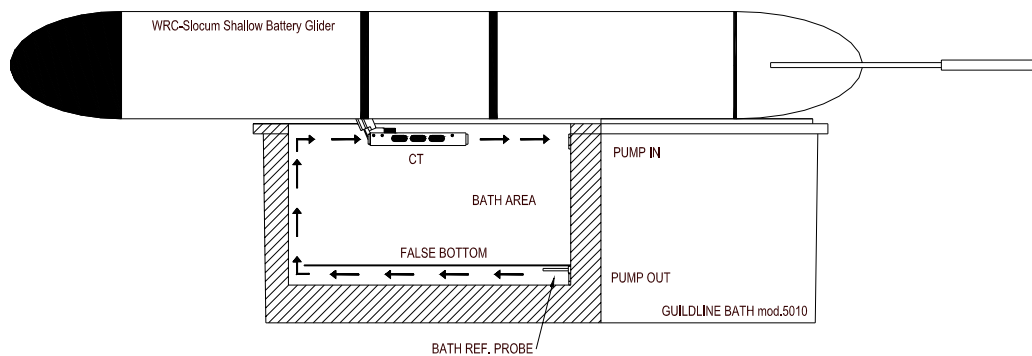


fig. 2

La circolazione indotta dalla pompa del bagno Guildline permette il ricambio d'acqua anche all'interno della cella di conducibilità del Glider. Per garantire l'uniformità del flusso

Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Dipartimento OGA – Centro di Taratura Oceanografico

Rel. 2008/109 OGA 35 CTO, Borgo Grotta Gigante (Trieste), 05/09/2008

nella cella e ovviare alla possibile formazione di bolle d'aria all'interno, è stato deciso di utilizzare una ulteriore pompa collegata, in serie, all'uscita della cella stessa (fig. 3 e 4). La pompa usata è del tipo a bassa dispersione di energia, prodotta dalla SBE (mod 5M) che non perturba il bagno ed è comunemente usata su molti CTD come l'SBE 16, SBE 19 ecc.

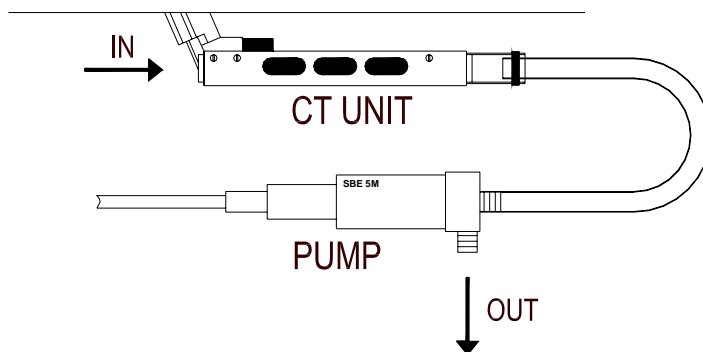


fig. 3

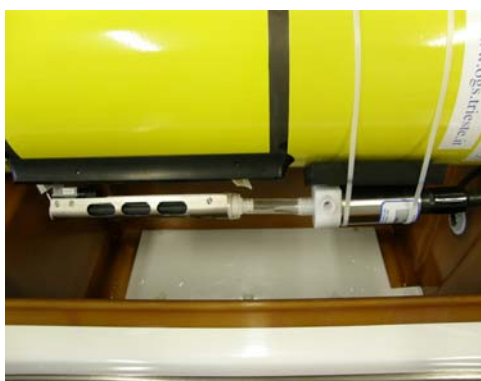


fig. 4

Per poter realizzare il circuito schematizzato in fig. 3, è stato necessario utilizzare un piccolo raccordo-adattatore "uscita cella - pompa" che è stato fabbricato presso l'OGS con l'impiego di tubo in tygon e raccordi a vite SBE (vedi fig. 5).



fig. 5

Method:

Il test, eseguito nel bagno termostatico contenente acqua di mare a salinità pressoché costante, si svolge variando progressivamente la temperatura del bagno (tra 0°C e 27°C con step di circa 5°C) in modo da coprire buona parte del range di conducibilità oceanografico (0÷60 mS/cm).

Per ogni punto di temperatura raggiunto, dopo un'adeguata stabilizzazione, viene acquisito un file con i dati di Conducibilità e Temperatura del Glider e contemporaneamente con gli strumenti di riferimento.

L'acquisizione dati con il Glider (logging) viene effettuata in modalità laboratorio (lab_mode) e con frequenza di campionamento massima (1 sec). Bisogna ricordare che, una volta dato il comando "logging on", passano circa 60-80 secondi prima del reale inizio dell'acquisizione (quando i dati compaiono nuovamente sullo schermo – "put c_science_on 3").

La temperatura (**T Ref**) del bagno di prova è acquisita, per ogni punto impostato (Set Point), con un Termometro digitale (Ponte DC a bilanciamento automatico HART 1590) e una sonda al platino SPRT (Standard Platinum Resistance Thermometer) immersa nel bagno, nelle immediate vicinanze del sensore di temperatura del Glider (vedi fig. 6).

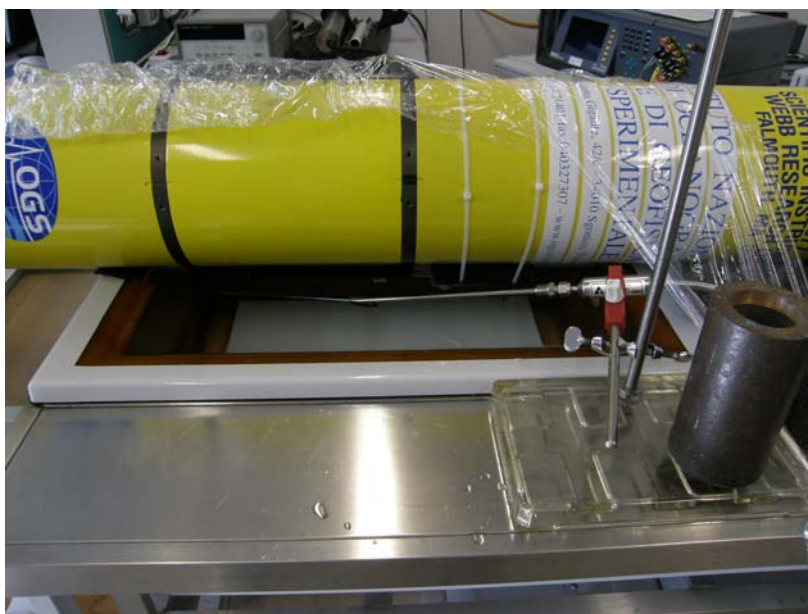


fig. 6

La salinità (**S Ref**) non è esattamente costante durante tutto il test, (alle alte temperature parte dell'acqua tende ad evaporare), pertanto, ad ogni Set Point vengono prelevati dei campioni d'acqua del bagno di prova. I campioni vengono successivamente analizzati con un Salinometro da laboratorio Guildline 8400B per procedere poi al calcolo della Conducibilità.

Le conducibilità di riferimento (**C Ref**), calcolate quindi dalle misure di temperatura e di salinità (PSS-78) di ogni campione d'acqua e le temperature di riferimento (**T Ref**) sono comparate con i dati acquisiti dal Glider in prova, per verificare gli eventuali scarti sulle misure (vedi tabella "Results", dati acquisiti al rientro di una missione).

Estimating the effect of fouling on conductivity readings

Una volta accertato lo scarto nella misura di Conducibilità, per verificare l'effetto del "fouling" sulla cella di conducibilità si procede con i vari livelli di pulizia descritti nell'Application Note n. 2D di SBE (Rev. Sept. 2008). In pratica si effettuano dei lavaggi ripetuti della cella con il "Triton X-100" e "Bleach solution" per eliminare l'eventuale presenza di fouling.

Per le operazioni di manutenzione del sensore (vedi fig. 7 e 8) è necessario applicare il raccordo-adattatore all'uscita della cella che permette il collegamento alla siringa.

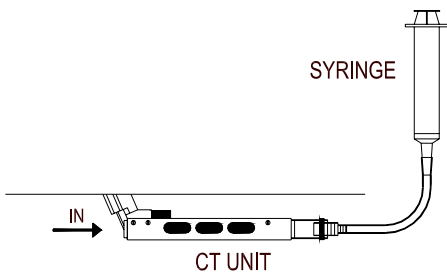


fig. 7



fig. 8

In caso di Fouling "ostinato" potrebbe essere necessario immergere completamente il sensore di conducibilità in un Beaker riempito di "1000 ppm Beach solution" per un paio di minuti. Per poter effettuare questa operazione bisogna rimuovere completamente la sezione del Glider alla quale sono fissati i sensori CT ("Payload Bay Mid Hull section") e posizionarla come nella figura 9.

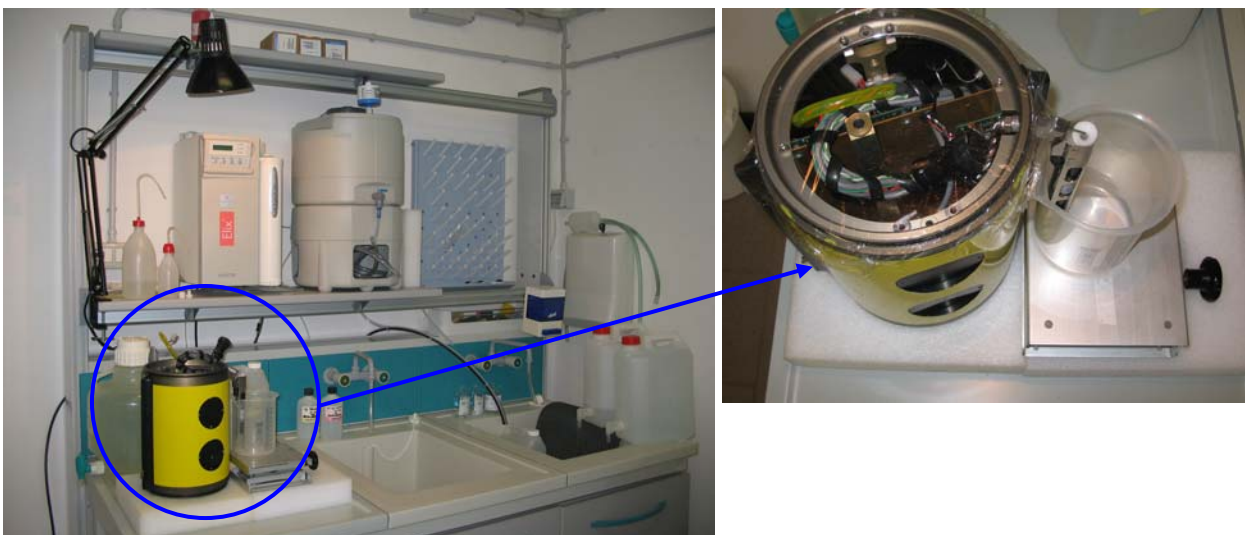


fig. 9

Terminate le operazioni di pulizia, è necessario un prolungato lavaggio con acqua deionizzata (5 ÷ 10 minuti) (vedi fig. 10). Tutte le fasi di manutenzione del sensore di conducibilità sono delicatissime e devono essere eseguite con estrema cautela. In alcuni casi potrebbe essere necessario rimuovere momentaneamente i dispositivi antifouling che devono essere maneggiati seguendo le apposite disposizioni (Material Safety Data Sheet for Anti –Foulant Device).



fig. 10

Dopo ogni ciclo di pulizia si procede ad un nuovo confronto con gli standard di riferimento su un solo punto (tipicamente intorno ai 20°C).

Quando ogni ulteriore pulizia, sembra non apportare più apprezzabili migliorie si interrompe l'operazione e si ripete completamente la procedura iniziale, confrontando nuovamente, su tutto il range, i dati acquisiti dal Glider¹ con i dati della strumentazione di riferimento.

L'errore residuo può essere considerato come l'effettivo "drift" del sensore (vedi tabella "Results", dati acquisiti dopo la manutenzione).

¹ Una volta scaricati i dati dal Glider, questi vengono convertiti in grandezze fisiche tramite gli "script" della WRC. I file ASCII prodotti vengono poi elaborati con MatLab o equivalenti fogli di calcolo.

Results:

TEST SENSORI C-T GLIDER s/n 075

T_SPRT °C	S_BATH psu	S_BATH_corr psu	C_BATH mS/cm	T_GLIDER °C	C_GLIDER mS/cm	S_GLIDER psu	T_RES °C	C_RES mS/cm	S_RES psu
26,4969	37,6546	37,6564	58,3014	26,4986	58,2859	37,6437	0,0017	-0,0155	-0,0127
20,0042	37,6644	37,6662	51,1561	20,0056	51,1427	37,6539	0,0014	-0,0134	-0,0105
15,0058	37,6616	37,6634	45,8238	15,0075	45,8141	37,6510	0,0017	-0,0097	-0,0106
10,0056	37,6595	37,6613	40,6787	10,0073	40,6693	37,6498	0,0017	-0,0093	-0,0097
5,0076	37,6306	37,6324	35,7173	5,0091	35,7098	37,6220	0,0015	-0,0074	-0,0086

Risultati ottenuti al rientro della missione di Giugno 2008. Lo scarto di Temperatura (T_RES) rispetto al Riferimento (T_SPRT) è inferiore ai 0.002°C mentre la salinità è mediamente inferiore di circa un centesimo.

TEST SENSORI C-T GLIDER s/n 075

T_SPRT °C	S_BATH psu	S_BATH_corr psu	C_BATH mS/cm	T_GLIDER °C	C_GLIDER mS/cm	S_GLIDER psu	T_RES °C	C_RES mS/cm	S_RES psu
25,9977	37,8114	37,8137	57,9559	25,9994	57,9499	37,8079	0,0017	-0,0060	-0,0058
20,0039	37,8208	37,8231	51,3448	20,0052	51,3365	37,8150	0,0013	-0,0083	-0,0081
15,0056	37,8219	37,8242	45,9997	15,0070	45,9927	37,8163	0,0014	-0,0070	-0,0079
10,0053	37,8206	37,8229	40,8343	10,0065	40,8270	37,8141	0,0012	-0,0073	-0,0089
5,0073	37,8161	37,8184	35,8754	5,0085	35,8696	37,8102	0,0012	-0,0058	-0,0082

Dopo la manutenzione della cella di Conducibilità, si può notare una sensibile diminuzione dello scarto di Salinità (S_RES) e la conferma dello scarto precedentemente accertato per la Temperatura.

APPENDICE A

Centro di Taratura Oceanografico (CTO)

L'OGS ha da sempre avuto una particolare attenzione al problema della qualità dei dati raccolti nelle campagne oceanografiche. Per questo motivo fin dagli anni 70 disponeva di attrezzature atte alla taratura della strumentazione oceanografica di tipo fisico. Dal 2002 è disponibile il "nuovo" Centro di Taratura Oceanografico.

Thermally-regulated and humidity-controlled, the Centro di Taratura Oceanografica is currently equipped with primary physical standards, secondary transfer standards and support equipment for performing high-accuracy calibrations of devices or sensors measuring temperature, conductivity and pressure, the fundamental seawater parameters, across the full oceanographic range. It is also endowed with a number of instruments for making standard electrical measurements of various kinds.

Current capabilities for temperature and salinity/conductivity calibrations:

Table 1. The laboratory instrumentation and reference material constituting the calibration set-up for **salinity/conductivity**.

Test instrumentation	Specifications
Hart 7052 Seawater Calibration Bath	Range: -10.00 - 110.00°C Stability: > ± 0.001°C
Guildline 5010 Seawater Calibration Bath	Range: -9.90 - 65.00°C Stability: ± 0.002°C over 24 hours
Hart 1590 Precision Digital Thermometer With Metal-sheath SPRT (Rosemount 162CE or Hart 5699)	Range: 0.00 – 30.00°C Accuracy: > ± 0.0015°C
SBE41 CP-OGS Conductivity & Temperature Monitor	Range: 0.00 – 60.00 mS/cm Accuracy: > ± 0.003 mS/cm
Laboratory Salinometer (Guildline Autosal 8400B)	Range: 0.005 - 42 psu salinity Accuracy: > ± 0.002 PSU over 24 hours
Portable Salinometer (Guildline model 8410)	Range: 2 - 42 psu salinity Accuracy: ± 0.003 PSU

Reference Material
IAPSO Standard Seawater

Table 2. The laboratory instrumentation and reference material constituting the calibration set-up for **temperature**.

Test instrumentation	Specifications
Hart 1590 Precision Digital Thermometer with Metal-sheath SPRT (Rosemount 162CE or Hart 5699)	Range: 0.00 – 30.00°C Accuracy: > ± 0.0015°C
SBE41 CP-OGS Conductivity & Temperature Monitor	Range: 0.00 – 30.00°C Accuracy: > ± 0.003°C
Hart 7312 TPW Cell Maintenance Bath	Range: -5 – 110°C Stability: ± 0.001°C at 0°C
Hart 9230 Gallium Cell Maintenance Bath	Range: 15 – 35°C Stability: ± 0.02 °C
Reference Material	
<p>Jarrett B13 and Hart 5901, Triple Point Water Cells (0.0100°C)</p> <p>Hart 5943, Melting Point of Gallium Cell (29.7646°C)</p> <p>Standard resistors (L&N 4030B / Guildline – 9330)</p>	

References

- Standard and Laboratory Calibration, WHP Operations and Methods – July 1991
- Salinity Measurements, WHP Operations and Methods – July 1991
- Slocum Glider, Operations Manual v. 1.6, WRC USA 2005
- Instructions for Care and Cleaning of Conductivity Cells (Revised Sept. 08), SBE Application Note n. 2D
- Fundamentals of the TC Duct and Pump-Controlled Flow Used on Sea-Bird CTDs, SBE Application Note N. 38