



Institut de recherche
pour le développement

CENTRE DE BRETAGNE
US025 « Moyens à la mer
et observatoire océanique »

Technopôle Brest-Iroise
B.P. 70 – 29280 PLOUZANÉ

Tél + 33 (0)2 98 22 45 61

Fax + 33 (0)2 98 22 45 14

Mel secrétariat : Francoise.Cudennec@ird.fr

Web : <http://www.brest.ird.fr/us025/>

Prélèvements d'échantillons d'eau de mer au cours de la campagne ARAMIS-2.

Comparaison de leur salinité avec celles mesurées par le thermosalinographe et les sondes XCTD.

ARAMIS (Altimétrie sur un Rail Atlantique et Mesures In Situ) est une expérience destinée à valider les satellites JASON et ENVISAT récemment lancés, respectivement en décembre 2001 et mars 2002. Ces deux satellites sont équipés d'altimètres qui mesurent la topographie dynamique des océans.

Les missions ARAMIS ont pour but de comparer la topographie dynamique obtenue par satellite à des mesures in-situ des courants océaniques dans l'Atlantique tropical.

Les mesures in-situ sont effectuées à bord d'un navire de commerce, le CMA-CGM Pasteur, dont la route entre l'Amérique du Sud et l'Europe du Nord coïncide avec la trace du satellite JASON. Ce navire est équipé par l'IRD d'un thermosalinographe.

A intervalles réguliers (0,5 ° de latitude, soit environ toutes les 1h 3/4), des sondes XBT et XCTD sont lancées par des scientifiques embarqués à bord du navire dans la zone géographique comprise entre les parallèles 20°S et 30°N.

La mission ARAMIS-2 entre Santos (Brésil) et Southampton (Grande Bretagne) s'est déroulée du 14 mars au 27 mars 2003. Nous avons profité de cette opportunité pour effectuer des prélèvements d'eau de mer au niveau du thermosalinographe du navire.

Deux types de flacons ont été utilisés dans le but de définir une procédure de prélèvement pour les navires marchands et de comparer leurs avantages et leurs inconvénients respectifs. Il s'agit des flacons commercialisés par OSI (flacon en verre avec topette et bouchon à vis) et de ceux déjà utilisés par l'EPSHOM (flacons en verre avec topette, joint en caoutchouc et fermeture à levier du type "bouteille de limonade").

Après chaque lancer de sonde XCTD, un prélèvement en double (flacon OSI et flacon SHOM) a été effectué de manière à comparer la salinité mesurée à celle du thermosalinographe et à celle de la sonde XCTD.

46 doublets correspondant à 46 sondes XCTD ont ainsi été prélevés.

I. Dispositif expérimental

I.1. Le thermosalinographe du CGM Pasteur

Le thermosalinographe est installé dans la salle des machines du navire. Placé sur un châssis en acier galvanisé, l'appareil est connecté au circuit de refroidissement du navire. Sur le CGM Pasteur, celui-ci est un peu particulier : l'eau de mer pénètre par un gros tube appelé "scoop" situé dans l'axe du navire ; lorsque le navire fait route, l'eau s'engouffre dans le scoop et alimente les différents circuits secondaires.

L'entrée du scoop se situe entre 11 et 13 mètres sous la surface de la mer, selon le chargement du navire.

Les deux pickages d'entrée et de sortie sont situés sur le scoop et distants de quelques mètres. La différence de pression entre le pickage amont (entrée d'eau de mer) et le pickage aval (sortie d'eau de mer) est de l'ordre de 0,2 bar.



le thermosalinographe du CGM Pasteur en fonctionnement

Le thermosalinographe mesure la température et la conductivité en continu toutes les 15 secondes. Une valeur médiane est calculée et stockée avec un pas de temps choisi par l'opérateur. Pour cette campagne, nous avons imposé une cadence d'acquisition d'une minute afin de faire mieux coïncider le prélèvement et l'indication du TSG.

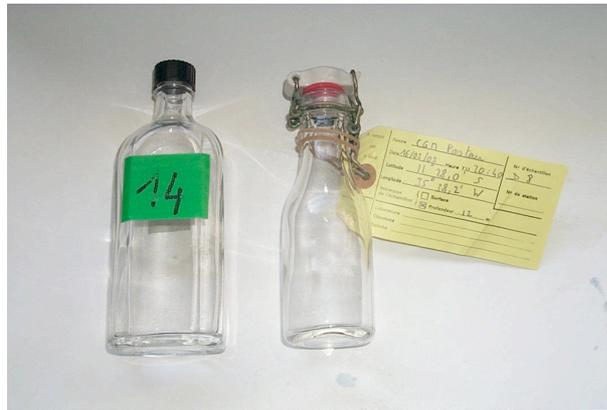
I. 2. Description des flacons utilisés

Les deux types de flacons sont conditionnés en caisses de 25 unités.

Les flacons OSI sont numérotés de 1 à 25, tandis que les flacons SHOM sont munis d'une étiquette amovible contenant les informations nécessaires à l'identification de l'échantillon.

Dans les deux cas, une topette assure l'étanchéité du flacon. Elle est maintenue en place par un bouchon à vis pour les flacons OSI et par un ensemble rondelle en caoutchouc / bouchon en porcelaine pour les flacons SHOM.

Remarque : les topettes sont mieux ajustées au diamètre du goulot pour les flacons OSI. Le diamètre du goulot des flacons SHOM n'est pas toujours le même. L'étanchéité est néanmoins assurée par la rondelle en caoutchouc à condition de bien la centrer sur le goulot.



Flacons OSI (à gauche) et SHOM (à droite) fermés



Flacons ouverts

I. 3. Stratégie d'échantillonnage et protocole de prélèvement

Après chaque lancer de sonde XCTD, soit environ chaque degré de latitude, nous avons prélevé à la fois un flacon OSI et un flacon EPSHOM au niveau du thermosalinographe.

Pour chaque prélèvement, nous avons procédé de la manière suivante :

Prise d'échantillon

Faire couler l'eau au niveau de la prise d'eau du thermosalinographe pendant 1 minute.

Tout en laissant l'eau s'écouler, rincer simultanément les flacons, munis de leur topette et du joint en caoutchouc pour le flacon SHOM, à 3 reprises.

Remplir le flacon en laissant 2 cm d'air (environ) dans le goulot .

Placer soigneusement la topette en plastique sur le goulot .

Secouer le flacon pour chasser l'eau emprisonnée sur le joint .

Visser le bouchon en bakélite pour le flacon OSI, fermer le bouchon en porcelaine pour le flacon SHOM.

En raison de l'absence d'eau douce à proximité du thermosalinographe, les flacons n'ont pas été rincés après le prélèvement.

La position exacte du navire était systématiquement relevée avant de descendre à la machine et la date et l'heure notées au moment du prélèvement. Entre le moment où la position est notée et le moment où le prélèvement est effectué, 5 à 10 minutes s'écoulent.

II. Résultats

II. 1. Influence des prélèvements sur la mesure de T et S par le thermosalinographe.

La première sonde XCTD a été lancée le 15 mars à 14h58 GMT à la position GPS 19° 38,1' S 39° 02,4' W. Le premier prélèvement en double a été effectué quelques minutes plus tard.

Le dernier prélèvement en double a été réalisé le 22 mars après le 46ème lancer de sonde XCTD à la position 26°30,9' N 20° 14,1' W.

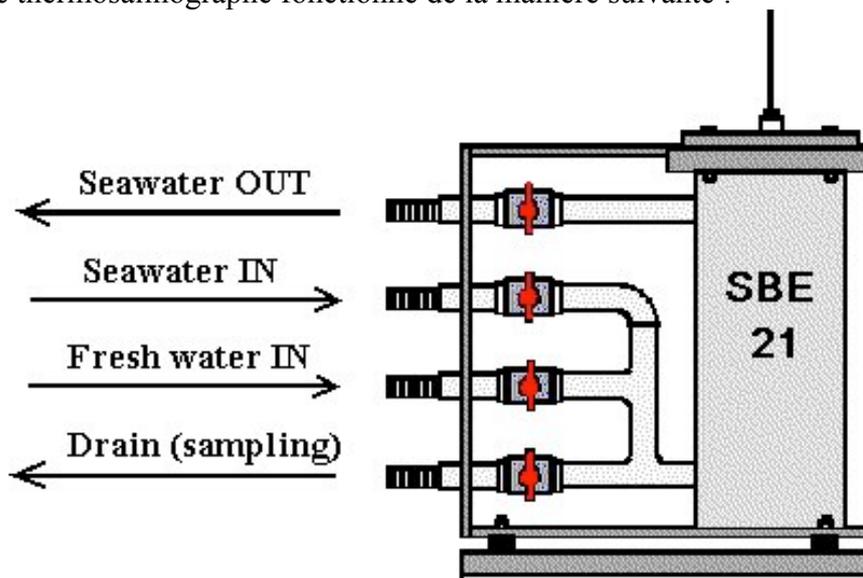
Dans l'intervalle, la température et la salinité ont été mesurées en continu et stockées toutes les minutes. L'acquisition des données a cessé de fonctionner entre le 21 mars 09h03 et le 24 mars 00h53.

L'évolution de la température et de la salinité en fonction du temps, entre le 15 mars et le 21 mars sont représentées dans le classeur excel TSG.xls joint.

Un problème saute immédiatement aux yeux : de manière périodique, T et S présentent des pics en forme d'hystérésis. Systématiquement, après un prélèvement d'échantillon, la température de l'eau augmente dans le bac du TSG. La salinité chute puis augmente brutalement. Il faut attendre 10 à 15 minutes environ pour que tout redevienne normal.

Explication probable :

Le thermosalinographe fonctionne de la manière suivante :



L'eau de mer entre par la vanne IN et sort par OUT.

Sur le CGM Pasteur, les canalisations IN et OUT sont connectées au circuit de refroidissement du navire, avec $P_{IN} > P_{OUT}$. La vanne 'Fresh water' est équipée d'un tube et sert aux prélèvements. En fonctionnement normal, IN et OUT sont ouvertes tandis que DRAIN et FRESH WATER sont fermées.

Pour effectuer un prélèvement, nous ouvrons FRESH WATER et laissons suffisamment d'eau couler pour rincer la partie de canalisation comprise entre la vanne et le réservoir. En même temps, les 2 flacons sont rincés 3 fois. Ensuite nous les remplissons simultanément.

En procédant ainsi, au niveau de FRESH WATER, $P_{FW} = P_{atm}$. Or, $P_{IN} > P_{OUT} > P_{atm}$.

Il en résulte que l'eau prélevée au niveau de FRESH WATER provient à la fois de la vanne IN, mais également du bac du TSG, la vanne OUT se comportant alors comme une arrivée d'eau. Du coup, l'eau contenue dans la canalisation de sortie (eau plus chaude) revient dans le bac du TSG puis ressort par FRESH WATER si le volume de rinçage est important.

L'eau du prélèvement ne peut donc pas être comparée à celle contenue dans le bac car elle résulte du mélange d'eau d'arrivée et d'eau déjà analysée. Il devient alors aléatoire de comparer les deux analyses.

Dans le cas des navires marchands, l'eau de mer est presque toujours évacuée dans une canalisation dont la pression est supérieure à la pression atmosphérique. Le reflux d'eau déjà analysée risque de se produire de manière systématique. Pour y remédier, la vanne au niveau du pickage de sortie devra être munie d'un clapet anti-retour.

Il est également préférable de prélever l'eau de mer en aval de la vanne de sortie eau de mer du thermosalinographe (vanne OUT), de manière à prélever de l'eau déjà analysée par l'appareil.

II. 2. Comparaison des salinités des flacons OSI et SHOM avec celles du thermosalinographe.

En raison du problème évoqué ci-dessus, il est difficile de comparer la salinité calculée par le thermosalinographe à celles des flacons. La salinité TSG retenue pour cette comparaison est celle stockée dans le fichier de données juste avant le début du prélèvement.

Le classeur SSS-1.xls montre les résultats obtenus.

Il faut noter une très bonne homogénéité des salinités calculées à partir des deux types de flacons. L'écart moyen $S_{SHOM} - S_{OSI}$ est de +0,004 psu. L'analyse des flacons a été réalisée trois semaines après la fin de la campagne.

Cet écart est probablement dû à une légère évaporation d'eau dans les flacons utilisés par le SHOM. L'étanchéité de ces flacons n'est pas toujours parfaite en raison des fluctuations du diamètre du goulot (les topettes sont parfois mal ajustées) et du diamètre trop faible du joint en caoutchouc (écrasé, il ne recouvre pas complètement la topette).

II. 3. Comparaison de la salinité et de la température indiquée par le thermosalinographe à celles des sondes XBT et XCTD.

Cette comparaison s'étend du 15 mars au 21 mars. 75 sondes (37 XBT et 38 XCTD) ont été lancées pendant cette période, fournissant 75 températures et 38 salinités.

Au cours de la campagne ARAMIS-2, le CGM Pasteur était moyennement chargé, la profondeur à laquelle l'eau de mer est aspirée par le scoop est évaluée à 12 mètres.

Les données et les graphes sont présentés dans le classeur SSS-2.xls.

Le tracé de l'évolution de la salinité en fonction du temps (feuille SSS-temps) montre l'absence de biais systématique entre les deux mesures. Celles-ci sont par contre bien corrélées (feuille corrélation-SSS) ce qui permet éventuellement de corriger la mesure du thermosalinographe.

La différence de salinité entre le TSG et les sondes XCTD varie légèrement avec le temps (feuille Delta SSS –temps), ce qui pourrait être dû à un encrassement progressif de la cellule de conductivité.

Pour ce qui concerne la température (feuilles SST-temps, Delta SST-temps et corrélation SST), on observe un réchauffement de l'eau de mer avant son arrivée au niveau du thermosalinographe. Il est en moyenne de 0,17 °C pour les 75 mesures et on peut considérer qu'il est constant tout au long du voyage.

Conclusions

Au cours de la campagne ARAMIS-2 à bord du porte-conteneurs CGM Pasteur, 46 prélèvements d'eau de mer en double ont été effectués au niveau du thermosalinographe en utilisant deux types de flacons : un flacon du type OSI et un flacon du type SHOM.

A l'issue de la campagne, la détermination de leur salinité respective a montré que les deux types de flacons testés (type OSI et type SHOM) conviennent pour ce genre d'analyse.

La faible différence de salinité constatée (0,004 psu en moyenne pour un mois environ) peut être imputée à une légère évaporation dans les flacons SHOM.

Les flacons OSI ont cependant notre préférence en raison de leur système de bouchon à vis plus simple que le système de fermeture type "bouteille de limonade". Par ailleurs, à bord d'un navire marchand, il est plus simple de rassembler toutes les informations relatives aux prélèvements sur une seule feuille plutôt que de devoir remplir une étiquette et la fixer sur la bouteille à chaque fois.

On peut procéder de la manière suivante : noter la position exacte du navire sur la feuille de prélèvement avant de descendre à la salle des machines, noter l'heure exacte (GMT) au moment du prélèvement. A la remontée, reporter l'heure du prélèvement sur la feuille de prélèvement et vérifier la position du navire.

Quel que soit le type de flacon, l'heure précise est indispensable afin de faire correspondre la valeur de la salinité du fichier du thermosalinographe (cadence d'acquisition fixée à 1 minute) à celle du flacon. Il faut donc bien vérifier la synchronisation de la montre de l'opérateur avec l'horloge de PC d'acquisition.

Cette campagne nous a également permis de mettre en évidence un problème technique lié à l'installation d'un thermosalinographe sur un navire marchand : il est nécessaire que la vanne du pickage de sortie d'eau de mer soit munie d'un clapet anti-retour afin d'éviter un reflux d'eau du circuit de refroidissement lors du prélèvement.

Par conséquent, il a été impossible pour cette campagne de calibrer le thermosalinographe par les prélèvements bouteilles.

Enfin, la température et la salinité acquises par le thermosalinographe à 12 m ont été comparées à celles mesurées par les sondes XBT et XCTD à la même profondeur.

Nous avons pu ainsi estimer le réchauffement de l'eau de mer avant son analyse par le thermosalinographe. Nous pouvons également, le cas échéant, corriger la salinité calculée par le thermosalinographe au moyen d'une relation la liant au calcul de la salinité par les sondes XCTD.