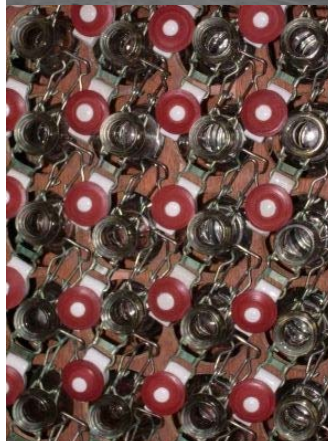
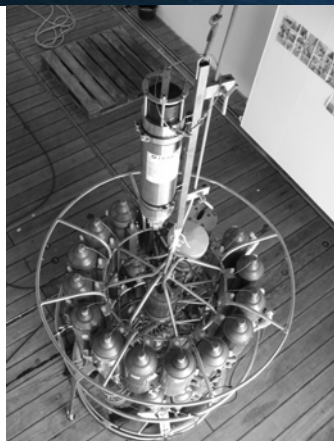


Rapport de stage de Johanna Lerebours
Promotion Bougainville 2003/2006
Stage réalisé du 24 Avril au 30 Août 2006 *au sein du* Laboratoire de
Physiques des Océans de L'Institut Français de Recherche pour
l'Exploitation de la MER

**Mesure et calibration de la
conductivité dans le cadre de la
campagne
« Observation de la Variabilité
Interannuelle à DEcennale en
Atlantique Nord (OVIDE) »**

Mesure et calibration de la conductivité dans le cadre de la campagne
« Observation de la Variabilité Interannuelle à DEcennale en Atlantique
Nord (OVIDE)»



**Rapport de stage
de**

Johanna Lerebours

Promotion Bougainville 2003/2006

Stage réalisé du 24 Avril au 30 Août 2006

au sein du

Laboratoire de Physiques des Océans

de

L'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER

pour l'obtention du

Diplôme de Bachelor Océanographe « mention prospection du domaine marin »

délivré par

L'Institut National des Techniques et Sciences de la MER et le Conservatoire National des Arts et Métiers

Maître de stage :

Pascale LHERMINIER, chercheuse

Laboratoire de Physique des Océans

IFREMER – Centre de Brest

BP 70 – 29280 Plouzané

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
Liste des figures et des illustrations	2
Liste des tableaux et des formules	3
1 – INTRODUCTION	4
2 - CONTEXTE	4
2.1 IFREMER BREST	4
2.2 Le Laboratoire de Physique des Océans	4
2.3 La mission OVIDE	5
2.3.1 Contexte	5
2.3.2 Présentation du Projet	6
2.3.3 OVIDE 2006	7
3 - MESURES DE CONDUCTIVITE.....	8
3.1 Acquisition des données CTD-O2	8
3.1.1 Déroulement de la campagne.....	8
3.1.2 Traitement préliminaires des données	9
3.2 Echantillonnage en mer.....	10
3.3 Analyse des échantillons de salinité	13
3.3.1 Mesure de la salinité : méthode	13
3.3.2. Application de la méthode d'analyse à la campagne OVIDE.....	17
4. TRAITEMENT DES DONNEES ET ANALYSE DES PREMIERS RESULTATS	23
4.1. Calibration de la conductivité sur les profils CTD	23
4.1.1. Mode opératoire	23
4.1.2. Bilan de la calibration préliminaire des profils.....	24
4.1.3 Vérifications de certains résultats : les diagrammes TS	26
4.2- Création des profils XBT.....	28
4.2.1 Définition	28
4.2.2 Données XBT.....	29
4.2.3 Création des profils : logiciel MATLAB	30
5 - CONCLUSION	32
GLOSSAIRE :	34
Quelques conclusions importantes relatives à OVIDE.....	34
Bibliographie.....	35
ANNEXES	36

Liste des figures et des illustrations

Figure 1 : Eléments de circulation dans le gyre subpolaire de l'Atlantique Nord, région étudiée par OVIDE. Schéma proposé par Schott et al. 2004.....	6
Figure 2 : Trajet de la section OVIDE qui est répétée tous les 2 ans depuis 2002. Les points rouges indiquent la position des stations où sont effectués des profils de température, salinité et oxygène dissous en fonction de la pression à l'aide d'une CTD, des prélèvements d'échantillons d'eau de mer et des mesures de courant à l'aide d'un courantomètre acoustique Doppler (LADCP). Des mesures en continu de la vitesse du courant dans les couches de surface sont effectuées à l'aide d'un courantomètre acoustique Doppler monté dans la coque du navire (VMADCP). Les échantillons d'eau sont analysés pour déterminer les teneurs des éléments géochimiques (sels nutritifs, pH, alcalinité, CFCs). Les petites sections au sud-est du Groenland et de l'Islande sont spécifiques à 2006. Les points roses indiquent les stations XBT.....	7
Figure 3 : Photo de la mise à l'eau du GLIDER.....	8
Figure 4 : Photo de la rosette.....	8
Figure 5 : Photo du VMP, les capteurs sont à l'extrémité en bas de l'instrument.....	9
Figure 6 : Photo du lâcher du VMP.....	9
Figure 7 : Coupe de l'Oxygène mesuré le long de la section hydrologique de OVIDE 2006. En abscisse : en rouge, le nombre de km parcouru depuis la première station au large Lisbonne, en bleu le numéro de chaque station ; en ordonnée la profondeur selon la pression exprimée en dbar.....	11
Figure 8 : Coupe de la salinité mesurée le long de la section hydrologique de la campagne OVIDE 2006.....	12
Figure 9 : Photo d'un échantillon de 125ml d'eau de mer utilisé pour la mesure de la salinité.....	18
Figure 10 : Photo d'une caisse contenant les échantillons à traiter de chaque station, soit 28 échantillons par caisse. Les bouteilles sont ainsi maintenues en position verticale.....	18
Figure 11 : Photo d'une ampoule d'eau de mer standard du lot P146 fabriqués par l'OSIL.....	18
Figure 12 : Photo du salinomètre Portasal (sans la pompe).....	19
Figure 13 : Photo du salinomètre Portasal (avec la pompe).....	19
Figure 14 : Ecart entre la conductivité des échantillons et la conductivité « bathysonde » corrigée au niveau de chaque prélèvement, tout d'abord en fonction du numéro de la station concernée, et en fonction de la pression au niveau de prélèvement.....	25
Figure 15 : Diagrammes TS des 120 stations de la campagne OVIDE 2006, mesures en continu sur les profils descente. La droite matérialise la relation préconisée par Saunders (1986).....	27
Figure 16 : Diagramme TS des eaux profondes de la section OVIDE 2006.....	28
Figure 17 : Photo d'une XBT saisie de façon à être tirée.....	29
Figure 18 : Profils des 47 XBT et 5 CTD réalisées pendant la deuxième partie de la campagne OVIDE 2006.....	31
Figure 19 : Section de la température selon le numéro des XBT.....	31
Figure 20 : Section de la température selon la longitude.....	32

Liste des tableaux et des formules

Tableau 1 : Tableau des caractéristiques techniques du salinomètre Portasal.....	19
Tableau 2 : Tableau des caractéristiques générales du salinomètre Portasal.....	20
Tableau 3 : Tableau récapitulatif des mesures de salinité de la mission OVIDE 2006.	23
Tableau 4 : Tableau du bilan de la calibration de profils de conductivité.....	24
Tableau 5 : Tableau synthétique des XBT « tirées » durant la campagne OVIDE 2006	30

1 – INTRODUCTION

Dans le cadre de ma dernière année en Bachelor Océanographe mention prospection du domaine marin à INTECHMER, j'ai pu réaliser un stage d'une durée de quatre mois au sein d'un grand organisme océanographique français : à l'IFREMER.

J'ai effectué ce stage au sein du Laboratoire Physique des Océans de l'IFREMER Brest sous la tutelle de Pascale LHERMINIER, chercheuse IFREMER.

Durant ce stage, j'ai participé à la mission OVIDE (Observation de la Variabilité Interannuelle à Décennale en Atlantique Nord) dont ma maître de stage était le chef de mission. Mon travail pendant cette campagne consistait principalement en la mesure et en la calibration de la salinité de 2767 échantillons prélevés selon une section allant de Lisbonne jusqu'à la pointe sud du Groenland.

Ce rapport présente tout d'abord le laboratoire au sein duquel j'ai effectué mon stage puis le projet OVIDE et son contexte scientifique. Ensuite, je présenterai le déroulement de la campagne OVIDE 2006, ainsi que le travail que j'ai réalisé à bord avec d'une part l'acquisition de données, et d'autre part l'analyse et le traitement préliminaire de ces données toujours dans la problématique « Comment obtenir de bonnes données et des mesures de qualité. ». Enfin, j'expliquerai ce que m'a apporté ce stage, comment je me suis intégré au sein de l'équipe scientifique de la campagne OVIDE et au sein du LPO.

2 - CONTEXTE

2.1 IFREMER BREST

En 1984, l'Ifremer est créée : il devient le Centre de Brest de l'Ifremer. Le Centre est en réalité un CAMPUS puisqu'il accueille sur une surface de 30 ha, outre les laboratoires et ateliers de l'Ifremer (plus de 600 personnes), une partie de la filiale GENAVIR (Groupement pour la Gestion des Navires) et des centres ou laboratoires relevant d'organismes nationaux : AFSSA, IPEV, INSU/CNRS, IRD.

12 départements sont rattachés au centre de Brest.

Le département Océanographie Physique et Spatiale comporte deux entités :

- Le Laboratoire de Physique des Océans a pour mission de proposer et de mener des programmes de recherche en océanographie physique destinés à comprendre et à modéliser la circulation océanique. C'est une unité mixte de recherche associant l'Ifremer, le CNRS/INSU et l'Université de Bretagne Occidentale.
- Le Laboratoire d'Océanographie Spatiale développe des programmes de recherche sur l'utilisation des mesures de télédétection spatiale, en particulier micro-ondes actives (radar), pour la compréhension de phénomènes géophysiques de l'océan et de l'interface océan/atmosphère. Il héberge le Centre ERS d'Archivage et de Traitement (CERSAT) chargé de la diffusion de données satellites.

2.2 Le Laboratoire de Physique des Océans

Le Laboratoire de Physique des Océans (LPO), créé le 1er janvier 1991, est une unité mixte de recherche CNRS/IFREMER/UBO. Il est localisé sur deux sites : sur le centre de Brest de l'Ifremer et à l'Université de Bretagne Occidentale. Le personnel et le financement viennent de trois organismes : CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), IFREMER (Institut

Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) et UBO (Université de Bretagne Occidentale). Le laboratoire a des missions d'enseignement et de recherche.

Le LPO a pour fonction de proposer et de mener des programmes de recherche en Océanographie Physique, destinés à comprendre et modéliser la circulation océanique. Ces programmes se basent sur des études théoriques, sur des modèles numériques, sur l'analyse de données historiques, et sur la réalisation de campagnes en mer. Pour effectuer ces mesures, diverses techniques d'observation de l'océan (telles que l'hydrologie, courantométries eulérienne et lagrangienne, et tomographie) sont mises en œuvre.

Deux objectifs majeurs motivent les thèmes de recherche, les programmes et les projets du laboratoire.

Le premier est de proposer une meilleure compréhension des mécanismes dynamiques de la circulation générale de l'Atlantique, de la distribution des masses d'eau et des flux de chaleur, basée sur l'analyse des observations et sur la modélisation des processus en jeu dans cet océan.

Le second concerne le rôle de l'océan dans la dynamique du climat. Il s'agit d'identifier et d'analyser la dynamique des mécanismes précurseurs et moteurs de la variabilité de la circulation. Cette action de recherche comprendra l'analyse des données existantes, la mise au point et l'exploitation de modèles numériques ainsi que la réalisation d'expériences pilotes de mesures à la mer.

2.3 La mission OVIDE

Définition : Observation de Variabilité Interannuelle à Décennale en Atlantique Nord

2.3.1 Contexte

Les mers du Labrador, du Groenland et de Norvège sont les lieux principaux de formation de l'Eau Profonde Nord Atlantique. Cette masse d'eau, qui forme la composante principale de la branche froide de la cellule méridienne de circulation en Atlantique, est exportée vers le sud par les courants profonds de bord ouest. La branche supérieure de la cellule méridienne de circulation transporte, via la dérive Nord Atlantique, l'eau chaude et salée subtropicale vers le nord. Celle-ci est progressivement refroidie et convertie en partie en eau modale subpolaire (SPMW), une des sources de l'Eau Profonde Nord Atlantique.

La branche froide de la circulation thermohaline est liée à la branche chaude par l'existence de processus de mélange qui créent des transferts de chaleur et d'autres propriétés entre les deux branches. De par l'existence d'une branche chaude dont le transport est compensé par la branche froide, la cellule méridienne de circulation crée un transport de chaleur vers le nord de l'Atlantique et répond au forçage atmosphérique : sa variabilité pourrait être le signe, cause ou effet, de changements climatiques majeurs. La dérive Nord Atlantique et le gyre subpolaire de l'Atlantique Nord sont des régions importantes pour le climat de l'Europe par les transferts de chaleur qui y sont associés et qui participent à tempérer le climat européen (Stommel, 1979 ; Seager et al., 2002 ; Seager, 2003).

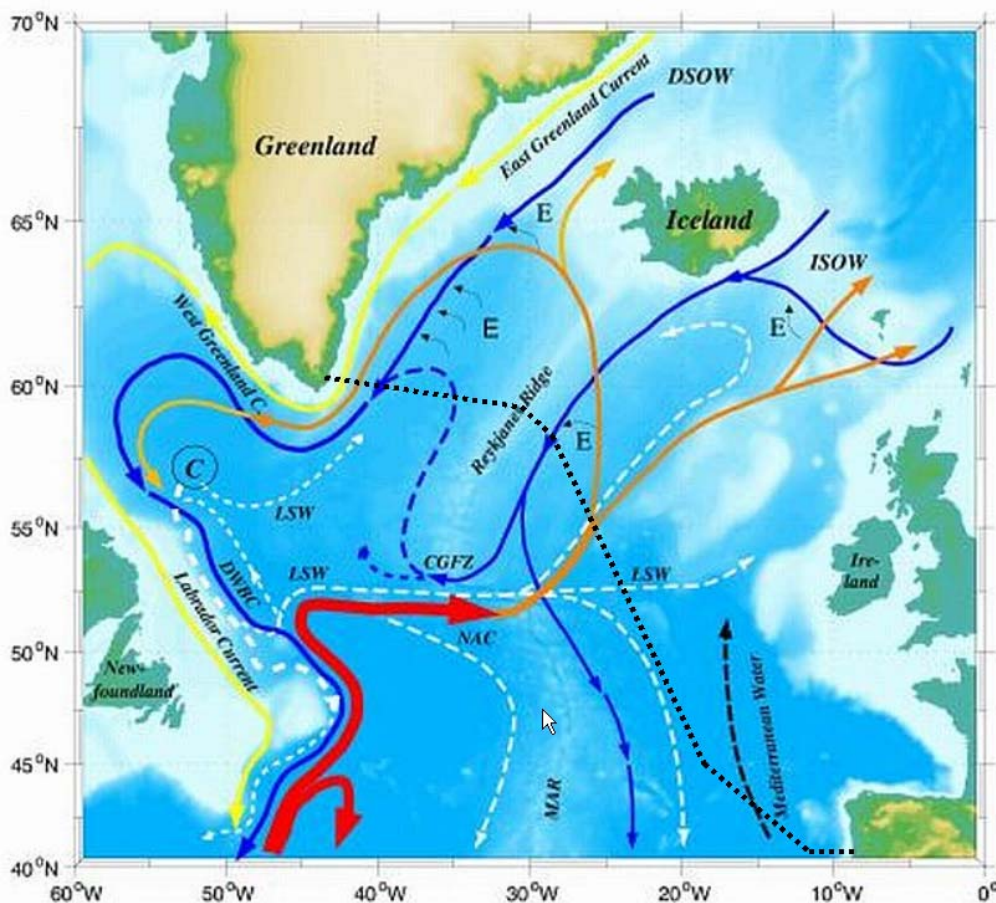


Figure 1 : Éléments de circulation dans le gyre subpolaire de l'Atlantique Nord, région étudiée par OVIDE. Schéma proposé par Schott et al. 2004.

Il faut également noter la tendance au réchauffement global de l'océan mondial, mis en évidence par Levitus et al. (2000) par exemple. En parallèle, les eaux profondes de l'Atlantique Nord voient leur salinité diminuer depuis 4 décennies (Dickson et al. 2002). Ces observations justifient une préoccupation croissante pour l'évolution future de la cellule méridienne, d'autant plus qu'un changement important de cette cellule pourrait entraîner des fluctuations significatives de température sur le continent européen (Vellinga et al. 2002, Wood et al. 2003).

2.3.2 Présentation du Projet

Le projet OVIDE contribue depuis 2002 à l'observation des éléments de circulation du gyre subpolaire de l'Atlantique Nord, dans le but de mieux comprendre la variabilité du climat de l'océan Atlantique Nord et les interactions de cet océan avec l'atmosphère. L'équipe de LPO surveille certaines caractéristiques océaniques qui ont un impact potentiellement important sur le climat de l'Europe :

- l'amplitude de la cellule méridienne de circulation, et les variations associées des transports des principaux courants ;
- les eaux modales subpolaires, afin de comprendre la variabilité de leur formation et leur association aux transferts de chaleur entre l'océan et l'atmosphère ;

A cette fin, trois campagnes hydrologiques ont eu lieu en juin 2002, 2004 et 2006, avec pour principal objectif, la réalisation d'une section hydrologique entre la pointe sud du Groenland (Cape Farwel) et le Portugal (Lisbonne).

De plus, 5 lignes de courantométrie ont été mouillées en juin 2004 pour 2 ans sur le plateau et la pente groenlandaise pour étudier la variabilité du transport du courant est Groenlandais et du courant côtier associé.

Le projet s'appuie aussi sur les observations de dénivellation de la surface de la mer par altimétrie, sur le réseau de profileurs dérivants ARGO et sur les bases de données de forçages issues des modèles des centres météorologiques. Un programme d'analyse des données est en cours de création.

2.3.3 OVIDE 2006

La campagne OVIDE de 2006 s'est déroulée sur le navire hydrographique allemand M. S. Merian. La campagne est partie de Lisbonne le 22 mai et s'est terminée aux Iles Féroé le 28 juin. Les objectifs principaux (atteints) étaient de réaliser des mesures d'hydrographie, de géochimie et de courantométrie entre la Péninsule Ibérique et le large du Groenland, de relever quatre des mouillages au large du Groenland.

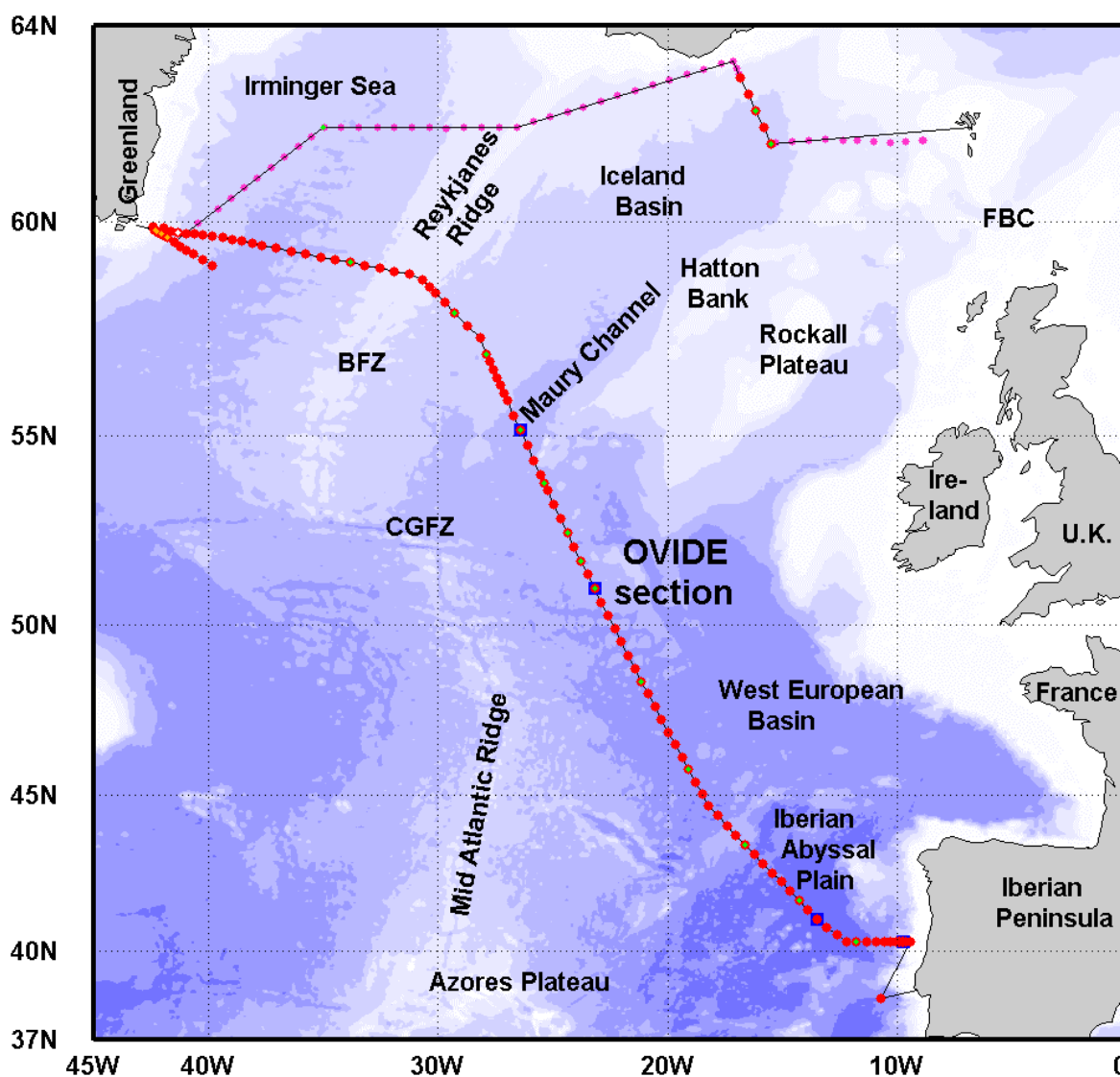


Figure 2 : Trajet de la section OVIDE qui est répétée tous les 2 ans depuis 2002. Les points rouges indiquent la position des stations où sont effectués des profils de température, salinité et oxygène dissous en fonction

de la pression à l'aide d'une [CTD](#), des prélèvements d'échantillons d'eau de mer et des mesures de courant à l'aide d'un courantomètre acoustique Doppler ([LADCP](#)). Des mesures en continu de la vitesse du courant dans les couches de surface sont effectuées à l'aide d'un courantomètre acoustique Doppler monté dans la coque du navire ([VMADCP](#)). Les échantillons d'eau sont analysés pour déterminer les teneurs des éléments géochimiques (sels nutritifs, pH, alcalinité, CFCs). Les petites sections au sud-est du Groenland et de l'Islande sont spécifiques à 2006. Les points roses indiquent les stations XBT.

3 - MESURES DE CONDUCTIVITE

3.1 Acquisition des données CTD-O2

3.1.1 Déroulement de la campagne

120 stations ont été réalisées au cours de la campagne OVIDE 2006 avec une sonde de type Neil-Brown Mark III à bord du MS MERIAN.

104 stations CTD-O2 ont été réalisées de manière quasi-continue selon une section partant de la côte Portugaise jusqu'à la pointe Sud du Groenland, durant les quatre premières semaines de la campagne, 13 flotteurs Provor ont été mis à l'eau régulièrement durant la réalisation de cette section. Le mouillage d'un VMP (Vertical Microstructure Profileur) a été réalisé à trois reprises au cours des trois premières semaines afin d'évaluer les mélanges dans la colonne d'eau. Un Glider a également été déployé à la fin de la quatrième semaine.



Figure 3 : Photo de la mise à l'eau du GLIDER.



Figure 4 : Photo de la rosette.



Figure 5 : Photo du VMP, les capteurs sont à l'extrémité en bas de l'instrument.



Figure 6 : Photo du lâcher du VMP.

La cinquième semaine, les 16 dernières CTD ont été réalisées selon deux sections secondaires. Une première au large du sud du Groenland, puis une section de direction Nord West / Sud-est au sud de l'Islande. Cette section est perpendiculaire à la direction du courant ISOW (Iceland Scotland Overflow Water) qui longe le bord est de l'Islande en direction du sud. Entre ces deux sections, 52 XBT, régulièrement espacés géographiquement, ont été tirés.

Les profils ont été réalisés de la surface jusqu'à une distance de 15 mètres du fond. A chaque station, le câble électroporteur est déroulé puis enroulé à une vitesse de 1 mètre par seconde (0.5 m/s pour les 100 mètres de surface). Au cours de la remontée le treuil est stoppé aux niveaux de fermeture des 28 bouteilles de prélèvement. L'approche du fond est contrôlée à l'aide d'un pinger embarqué dans le châssis de la sonde et d'un contacteur de fond qui déclenche un signal sonore.

Outre ces instruments deux ADCP (Acoustic Doppler Currentmeter Profiler) sont embarqués dans le châssis pour obtenir des profils verticaux de vitesse du courant.

3.1.2 Traitement préliminaires des données

Les signaux de la sonde CTD-O₂ sont transmis au système d'acquisition d'hydrologie du Laboratoire de Physique des Océans (LPO). Ce système, conçu autour d'une station de travail UNIX, permet de visualiser en temps réel les différents paramètres mesurés et calculés sur les profils tout en contrôlant la qualité du signal transmis par la sonde. L'ensemble des données

transmises par la sonde, à la cadence de 32 cycles par seconde, est sauvegardé sur disque. Après chaque station, un programme de traitement permet d'obtenir un profil de données réduites et validées tous les décibars selon une procédure décrite dans Billant (1985 et 1987). La validation consiste à comparer chaque paramètre d'un cycle à sa valeur au cycle précédent, le cycle est éliminé si la nouvelle valeur diffère de la précédente de :

0.5 dbar en pression (P),

0.032°C pour $0 < P < 1500$ dbar ou 0.005°C à $P > 1500$ dbar en température,

0.032 mmho/cm pour $0 < P < 1500$ dbar ou 0.005 mmho/cm à $P > 1500$ dbar en conductivité,

0.010 μ A en courant oxygène,

0.3°C en température oxygène.

Une moyenne arithmétique est calculée pour chaque paramètre aux niveaux entiers de pression à condition d'avoir validé 25 % du nombre théorique de mesures dans l'intervalle de 1 dbar (32 pour un profil réalisé à un mètre par seconde). Les mesures de pression, de température, de conductivité et d'oxygène dissous ont été exploitées sur le profil descente de la sonde.

Pour maintenir une bonne stabilité de la mesure de conductivité pendant la durée de la campagne, un nettoyage périodique de la cellule a été effectué pour éliminer les dépôts. Ces nettoyages ont été réalisés après les stations 12, 25, 37, 49, 65, et 85.

3.2 Echantillonnage en mer

La rosette de prélèvement PASH 6000 utilisée, a été conçue au LPO ; initialement développée en 1984 pour supporter 16 bouteilles, elle a été équipée d'un deuxième étage de prélèvement portant ainsi sa capacité à 32 bouteilles de 8 litres. Le nombre de bouteilles est limité à 28 lorsque le châssis est équipé de deux ADCPs, ce qui est le cas d'OVIDE 2006.

Les bouteilles sont fermées au cours de la remontée de la sonde après arrêt aux niveaux de prélèvement. Ces niveaux sont répartis sur toute la hauteur du profil de manière à échantillonner toutes les masses d'eau : les 28 bouteilles étaient fermées systématiquement à chaque station. Le but des chimistes embarqués était d'échantillonner de manière plus dense la couche supérieure de l'océan, et dans certains cas la couche du fond. Il a donc été nécessaire d'établir un compromis acceptable afin de pouvoir disposer à chaque station de niveaux de prélèvements répartis sur toute la colonne d'eau pour recalculer les profils de salinité et d'oxygène dissous. Ainsi, un minimum de 16 échantillons ont été prélevés pour mesurer salinité et oxygène dissous afin de recalculer les profils.

La figure 4 et 5 présente l'ensemble des niveaux de prélèvement auxquels salinité et oxygène dissous ont été mesurés.

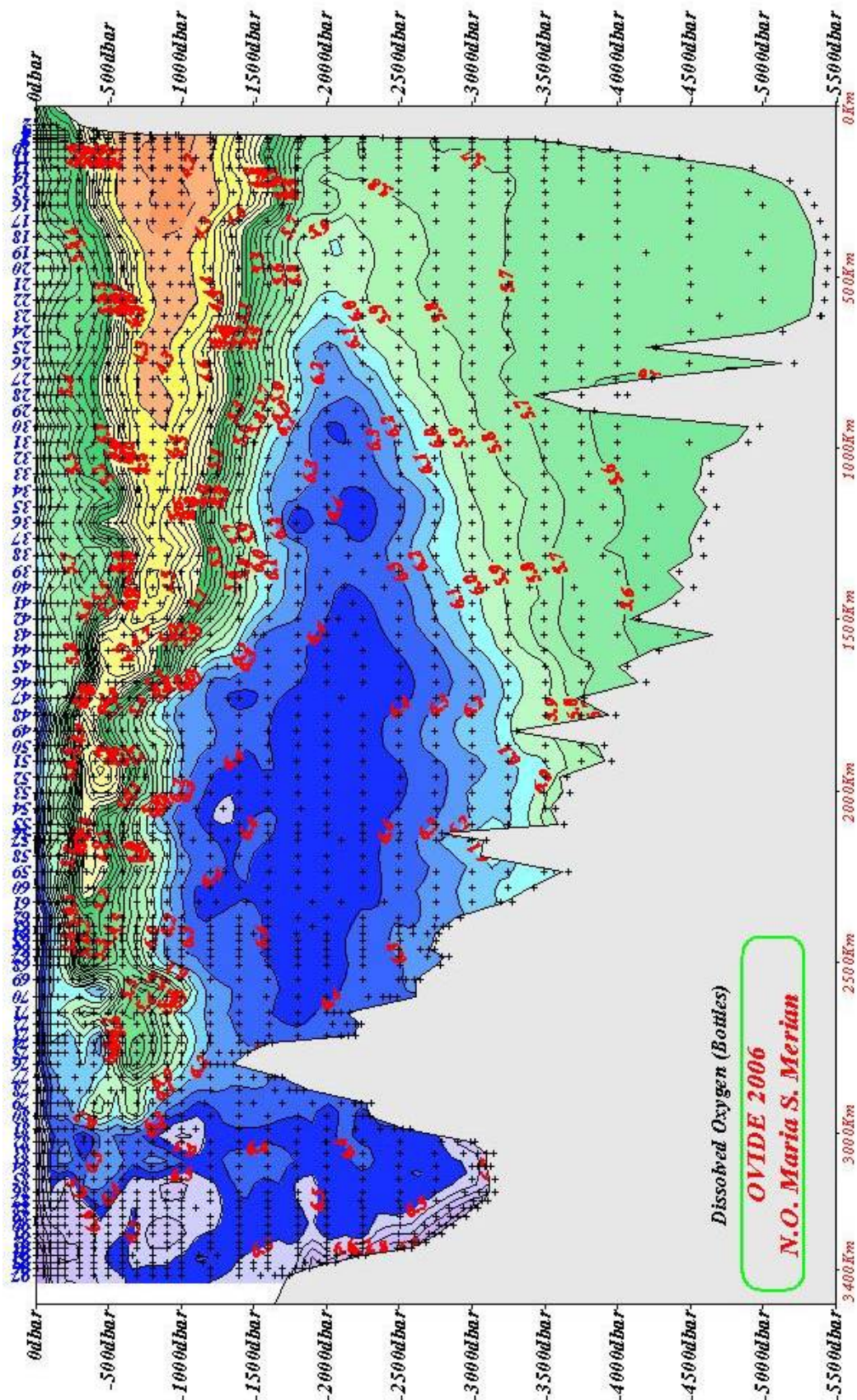


Figure 7 : Coupe de l'Oxygène mesuré le long de la section hydrologique de OVIDE 2006. En abscisse : en rouge, le nombre de km parcouru depuis la première station au large Lisbonne, en bleu le numéro de chaque station ; en ordonnée la profondeur selon la pression exprimée en dbar.

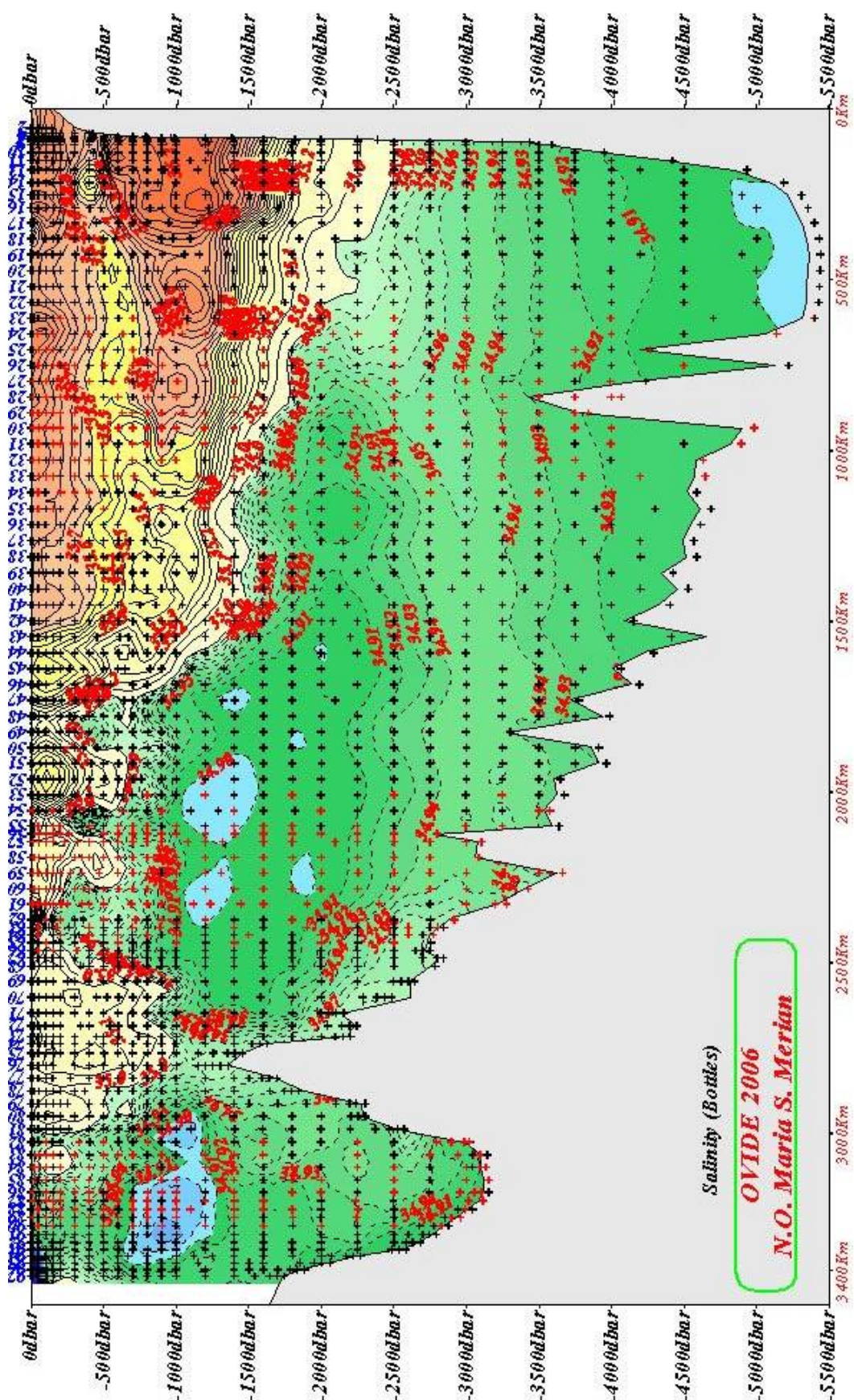


Figure 8 : Coupe de la salinité mesurée le long de la section hydrologique de la campagne OVIDE 2006.

J'ai utilisé le logiciel SURFER pour réaliser ces deux figures.

Johanna Lerebours
IFREMER

Rapport de stage
Avril Août 2006

INTECHMER
Promotion 2003/2006

Dès la remontée en surface, les échantillons sont recueillis dans chaque bouteille pour les très nombreuses analyses effectuées à bord suivant l'ordre préconisé par les instructions de WOCE. Les bouteilles sont échantillonnées suivant leur chronologie de 1 à 28.

Au cours de la campagne, 2767 mesures de salinité et 2770 mesures d'oxygène dissous ont été effectuées à bord.

Pour estimer l'erreur sur les méthodes de mesure de conductivité, des doublets ont été effectués à quelques stations en déclenchant la fermeture de deux bouteilles au même niveau de prélèvement.

3.3 Analyse des échantillons de salinité

3.3.1 Mesure de la salinité : méthode

3.3.1.1- L'échelle de salinité en vigueur

La salinité, relative à la conductivité de l'eau de mer, se réfère actuellement à l' *Echelle de Salinité Pratique* de 1978 (**Practical Salinity Scale 1978 ou PSS78**), officiellement entrée en vigueur au 1^{er} janvier 1982 (Unesco, 1981a). L'adoption de cette échelle a eu les conséquences suivantes :

- Etant calculée à partir d'un rapport de conductivité sans dimension, *la salinité pratique est un nombre sans dimension*.
- La salinité pratique est 1 000 fois plus grande que la salinité définie antérieurement. Les valeurs antérieures, exprimées en « pour mille » étaient donc affectées du facteur 10^{-3} , facteur supprimé sur l'échelle de salinité pratique : on écrit $S = 35,12 \text{ ‰}$ ($= 35,12 \times 10^{-3}$). Néanmoins, le nombre est le même que lorsque l'expression était en « pour mille ».
- Il existe de légères différences avec les salinités calculées par la relation de 1969 et exprimées en « pour mille ». Ces différences, à 20°C, sont comprises entre -0.011 et +0.040 dans la gamme de salinité 2-42. Pour plus de précisions, consulter Lewis & Perkins (1981).
- La *salinité* et la *chlorinité* deviennent des *variables indépendantes*. Des mesures très précises peuvent montrer de légères fluctuations du rapport S/CL. Néanmoins, pour l'eau de mer standard (salinité ~ 35), le rapport S/Cl est égal à 1.80655.

3.3.1.2- Prélèvement et échantillonnage

- **Prélèvement**

Toutes les bouteilles de prélèvement couramment utilisées, quels qu'en soient le type de matériau, conviennent pour les prélèvements d'eau destinés à la mesure de la salinité.

- **Echantillonnage**

- Flaconnage

Les flacons doivent garantir la stabilité de l'échantillon sur une durée de quelques mois. Pour cela, le plastique est à usage limité et le bouchage doit être très hermétique. Le verre reste d'usage général, malgré la très lente dissolution de silicate dans l'échantillon.

Il est conseillé d'utiliser des canettes en verre munies de fermeture rapide à bouchon de porcelaine et de joint de caoutchouc ou de silicone. Un volume de 150 à 200 ml suffit (les salinomètres nécessitent plus d'eau que les méthodes chimiques).

Le système de bouchage est à considérer avec attention car des dépôts salins peuvent y être piégés. Le système conseillé permet l'élimination aisée de ces dépôts par rinçage à l'eau douce (puis séchage) avant ouverture. Les bouchons à vis peuvent emprisonner de l'eau de mer dans le filetage. Les sels résultant de l'évaporation ne peuvent pas être éliminés et risquent donc de retomber dans le flacon lors de l'ouverture.

L'entretien des flacons consiste notamment à s'assurer de la bonne étanchéité des joints qu'il ne faut pas hésiter à changer s'ils sont trop usagés ou craquelés. Après chaque utilisation, flacons et bouchons doivent être soigneusement nettoyés à l'eau douce (éventuellement en lave-vaisselle), rincés à l'eau distillée, égouttés puis séchés. Ne pas conserver d'une campagne à une autre les flacons contenant de l'eau de mer analysée.

- Remplissage des flacons.

Prendre l'eau directement à la sortie de la bouteille de prélèvement en rinçant deux à trois fois le flacon (et le bouchon) avec l'eau à analyser. Remplir ensuite le flacon en laissant impérativement quelques millilitres d'air en prévision de toute dilatation ultérieure. Boucher aussitôt.

3.3.1.3-Conservation

Les échantillons doivent être conservés à *l'abri de la lumière, en position verticale*. Ils ne doivent pas subir de variations importantes de température risquant de modifier la composition du milieu (par évaporation ou congélation). La conductivité peut être légèrement altérée par l'interaction entre l'eau de mer et le verre. Aussi pour des mesures très précises, la conservation ne doit pas excéder quelques mois. Les flacons ne doivent pas être ouverts plus de quelques minutes avant l'analyse. Les analyses répétées sur le même flacon doivent être faites en l'espace d'une heure, en rebouchant aussitôt après chaque prélèvement.

Hors évaporation, la chlorinité est très stable. En revanche, la conductivité peut changer au cours du temps par interaction de l'eau de mer avec le verre ou par déplacement des équilibres du système des carbonates. Des variations de l'ordre de plusieurs millièmes, voire centièmes de pour mille, ont été mesurées sur des durées de 6 à 16 mois (Grasshoff, 1968 ; Park, 1968 ; Sy & Hinrichsen, 1986).

3.3.1.4.- Les étalons d'eau de mer

- **L'étalon primaire : l'eau de mer standard**

Le seul et unique matériau de référence internationalement reconnu pour la salinité est l'eau de mer standard « IAPSO Standard Seawater ». Il n'en existe qu'un fournisseur, actuellement : Ocean Scientific International, South Down House, Station Road, Petersfield, Hampshire, GU32 3ET, UK (osil@oceanscientific.co.uk ; <http://www.oceanscientific.com>).

Cette eau sert à étalonner les méthodes, tant volumétriques que conductimétriques. Auparavant vendue en ampoules scellées de 250 ml, elle l'est maintenant en bouteilles de 200 ml.

La salinité de l'eau de mer standard usuelle est très proche de 35. La valeur du K15 et celle de la salinité sont mentionnées sur chaque lot. Des eaux de mer standards à salinité certifiée aux environs de $S = 10,30$ et 38 peuvent être également obtenues. Depuis l'entrée en vigueur de l'échelle de salinité pratique, la chlorinité n'est plus indiquée. Calculée par la relation $S = 1.80655 \times Cl$, la chlorinité est exacte pour $S = 35$. Son incertitude sera inférieure à $\pm 0,006$ entre 22 et 42, et à $\pm 0,022$ pour $S < 22$.

L'eau de mer standard est très stable. En ampoules scellées de verre, sa chlorinité ne varie pas significativement en trente ans (Levy, 1970). Sa conductivité est susceptible de varier légèrement, mais les tests effectués montrent une stabilité de l'ordre de 0,001 (PSS78) sur plusieurs années (Takatsuki *et al.*, 1991 ; Culkin & Ridout, 1998). Une comparaison des

salinités de nombreux lots d'eau de mer étalon a montré des différences de salinité allant de -0,0022 à +0,0012 entre les lots et inférieures à 0,0003 pour un même lot (Aoyama *et al.*, 2002).

- **L'étalon secondaire**

Pour limiter la consommation d'eau de mer standard, tout laboratoire peut préparer un étalon secondaire à partir d'une eau de mer de chlorinité supérieure à 18 ‰, stockée environ une semaine au laboratoire, filtrée et stabilisée par quelques cristaux de thymol. Cette eau est répartie sans délai dans des flacons d'échantillonnage en verre bien étanches.

Pour la mesure de haute précision à l'aide d'un salinomètre, les étalons secondaires ne servent qu'au contrôle de la dérive, l'étalonnage devant être effectué avec de l'eau de mer standard.

3.3.1.5 Les méthodes

Il existe quatre principales méthodes pour mesurer la salinité : la méthode volumétrique de Mohr-Knudsen, la méthode conductimétrique avec l'utilisation du salinomètre, le cas des sondes océanographiques, et enfin le cas des conductimètres usuels avec ou sans conversion en salinité. Ensuite, il existe des méthodes dites secondaires. Elles sont peu précises mais rapides et peuvent s'avérer utiles pour une caractérisation grossière d'un milieu salé, sans matériel important. Dans cette partie, seules les méthodes utilisées lors des campagnes OVIDE seront expliquées. Il s'agit de la méthode conductimétrique avec l'utilisation d'un salinomètre et du cas des sondes océanographiques.

- **Méthode conductimétrique : utilisation du salinomètre**

Cette méthode est aujourd'hui couramment utilisée en raison de sa *rapidité*, de sa *simplicité* et de sa *précision*. Les salinomètres, dont le coût relatif a diminué, ne requièrent aucun produit chimique et réduisent le temps d'analyse. Dès 1970, la mesure de la salinité à l'aide d'un salinomètre de précision est devenue la seule méthode retenue par les océanographes de la mer Baltique (Helsinki, 7^e conférence ; Carlberg, 1972), puis par la communauté scientifique internationale lors des expériences WOCE (World Ocean Circulation Experiment) des années 1990.

- Principes des mesures au salinomètre

Deux types de salinomètre sont généralisés : le salinomètre à électrodes et le salinomètre à induction.

Dans un **salinomètre à électrodes**, ces dernières sont en contact direct avec l'eau de mer, introduites dans une cellule immergée dans un bain thermostaté. Pour ces salinomètres, les problèmes d'électrolyse et de polarisation ont été résolus. La température est réglée à $\pm 0,001$ en salinité (la conductivité variant de plus de 2 % par degré Celsius).

Dans un **salinomètre à induction**, l'eau de mer est introduite dans une cellule où elle forme un anneau conducteur mettant en liaison deux transformateurs. L'un, alimenté par un oscillateur à fréquence élevée (10 kHz), crée un courant induit dans l'anneau d'eau de mer. Ce courant crée à son tour, aux bornes du secondaire de l'autre transformateur, une tension que l'on amplifie et mesure. Une résistance compense les effets de température dans une gamme de $\pm 2-3$ °C. Ces appareils sont d'un encombrement plus réduit que les modèles à électrodes, mais d'une précision légèrement moindre.

- Domaine d'application, précision

Les salinomètres peuvent être utilisés dans la gamme de salinité 2 à 42 PSU (PSS78).

La précision dépend des instruments, de leur étalonnage, des conditions d'utilisation. Des écarts entre appareils identiques ont pu être constatés (Grasshoff & Hermann, 1975).

Pour les salinomètres à induction, les constructeurs garantissent une précision de $\pm 0,003$ (PSS78). Pour les salinomètres à électrodes, elle peut atteindre $\pm 0,001$ (PSS78). Il s'agit là de la reproductibilité d'un même appareil. Cette précision peut être atteinte *d'une façon relative* pour la comparaison d'eaux de salinités et de provenances très voisines. Cependant, pour une large gamme de salinité, il faut tenir compte des écarts possibles de l'étalonnage de l'appareil.

- Mode opératoire

Il s'agit principalement ici d'insister sur certains aspects opératoires.

On ne décrira plus que le salinomètre à électrodes dans les paragraphes suivants. En effet de part sa plus grande précision, c'est celui-ci qui a été utilisé pendant les campagnes OVIDE.

Précautions préliminaires

Eliminer les dépôts salins. Si on note fréquemment la présence de bulles dans la cellule de mesure, il peut s'agir du dégazage des échantillons. Dans ce cas, on peut les dégazer 1 à 2 h avant la mesure en agitant fortement les flacons, puis en les débouchant brusquement (les reboucher aussitôt). Dans le cas d'échantillons turbides, il faut veiller à ce que les particules aient décanté avant d'effectuer la mesure.

Les salinomètres doivent être allumés de préférence la veille, notamment les salinomètres à électrodes dont la température du bain thermostaté doit être stabilisée (il faut sélectionner la température du bain immédiatement supérieure à celle du laboratoire).

Etalonnage

L'étalonnage sera réalisé avec de l'eau de mer standard. Les étalons secondaires servent à contrôler la dérive. On ne transvasera pas l'eau de mer standard qui sera donc directement prélevée de l'ampoule ou du flacon d'origine.

1. Noter la température de réglage du bain thermostaté.
2. Rincer la cellule à plusieurs reprises avec l'eau de mer standard d'une ampoule déjà entamée ou une eau de mer de salinité identique conservée pour cet usage.
3. Rincer à nouveau deux fois avec l'eau de mer standard d'une ampoule fraîchement ouverte.
4. Remplir une troisième fois la cellule avec cette même eau pour faire la mesure. S'assurer que les électrodes sont bien immergées.
5. Passer en mode lecture et contrôler la stabilité du rapport de conductivité ; en cas de dérive, renouveler l'eau dans la cellule. Comparer le rapport de conductivité lu sur l'appareil à celui de l'eau de mer standard. En cas d'écart excessif, il faut calibrer l'appareil.
6. Renouveler l'eau de la cellule et faire une mesure de contrôle ; noter la valeur.
7. Noter l'heure (en vue de correction de dérive éventuelle).

Analyse des échantillons

Si l'on désire obtenir la précision maximale sans effectuer un nombre excessif de rinçage, on doit éviter de passer à la suite des échantillons dont les salinités diffèrent de plus de 1 à 2 (PSS78). Dans la mesure du possible, on analysera donc les échantillons dans l'ordre présumé de croissance ou de décroissance de leurs salinités ou par groupes d'échantillons de salinités voisines. Sinon, en cas d'écarts importants des salinités, des rinçages supplémentaires de la cellule s'imposent.

En cas de dépôt de particules dans l'échantillon, il faut veiller à ce que le tuyau d'aspiration de l'échantillon ne plonge pas jusqu'au fond du flacon (risque d'encrassement de la cellule de mesure).

1. Rincer deux fois la cellule avec l'échantillon.
2. Vider et remplir une troisième fois la cellule pour effectuer la mesure en s'assurant que les électrodes soient bien immergées.
3. Faire la lecture du rapport de conductivité ou de la salinité.
4. Noter l'heure pour chaque échantillon.

- **Corrections**

Une *correction de dérive* doit, si nécessaire, être appliquée aux rapports de conductivité ou aux salinités fournis par le salinomètre. Cette correction est estimée à l'aide des étalons passés à intervalles réguliers. On calcule la dérive sur l'intervalle de temps considéré et on la reporte linéairement sur tous les échantillons intermédiaires en arrondissant au dernier chiffre significatif.

3.3.1.6– Cas des sondes océanographiques

- **Calcul de la salinité, corrections de pression et de température *in situ***

Le cas des sondes océanographiques est particulier. Ces sondes fonctionnent, comme les salinomètres, en rapport de conductivité et sont étalonnées en laboratoire. Toutefois, sur le terrain, la mesure est soumise à l'influence de la pression et de la température *in situ*. Des calculs doivent être effectués (Unesco, 1984). Les sondes fournissent un rapport de conductivité *in situ* « R » qui est le rapport entre la conductivité *in situ* et la conductivité standard à $S = 35$, $t = 15^\circ\text{C}$ et $p = 0$ (p est la pression *in situ*, pression mesurée moins 1 atmosphère normale) :

$$R = C_{s, t, p} / C_{35, 15, 0}$$

- **Validation par mesures sur échantillons**

Le profil descente en salinité, disponible en temps réel, permet d'ajuster les niveaux de prélèvements de façon à ne prélever des échantillons que dans les tranches d'eau relativement homogènes, conformément aux recommandations des manuels de références.

3.3.2. Application de la méthode d'analyse à la campagne OVIDE

Les échantillons sont recueillis après trois rinçages successifs dans des flacons de 125 ml dont l'étanchéité est assurée par un joint en caoutchouc. Dès la fin des prélèvements, les échantillons sont placés dans le conteneur d'analyses dont la température contrôlée est fixée à 20°C ($\pm 1^\circ$). Les échantillons sont analysés 20 à 30 heures après le prélèvement pour leur permettre d'atteindre un équilibre thermique.

La salinité des échantillons est déterminée d'après l'équation PSS 78 (UNESCO, 1981). Le salinomètre est standardisé en utilisant des ampoules d'eau normale du lot P 146 ($K15 = 0.99979$) fabriquées par l'OSIL à Petersfield (UK), le 12 Mai 2005 : pendant toute la campagne, la température du bain thermostaté est fixée à 21°C .

Tous les jours, avant chaque série d'analyses, la standardisation de l'appareil est vérifiée puis ajustée si nécessaire. Après l'analyse des échantillons d'une station, la standardisation est vérifiée par une nouvelle ampoule d'eau normale puis consignée sur la fiche d'analyses. Pour

chaque échantillon, trois rinçages successifs de la cellule sont effectués avant de faire deux ou trois lectures séparées à chaque fois par un rinçage.



Figure 9 : Photo d'un échantillon de 125ml d'eau de mer utilisé pour la mesure de la salinité.



Figure 10 : Photo d'une caisse contenant les échantillons à traiter de chaque station, soit 28 échantillons par caisse. Les bouteilles sont ainsi maintenues en position verticale.

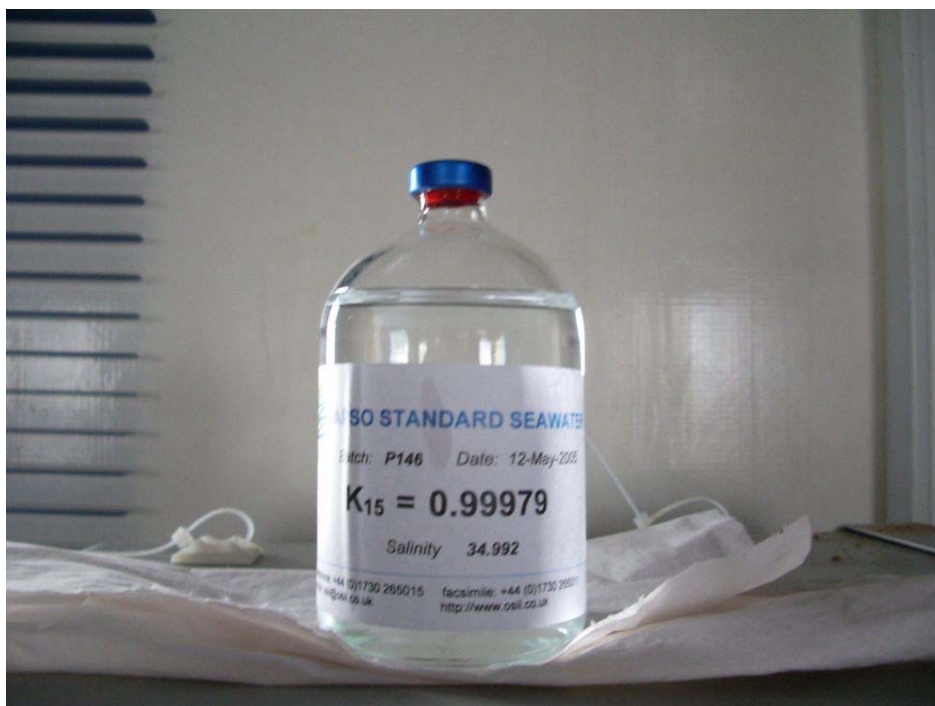


Figure 11 : Photo d'une ampoule d'eau de mer standard du lot P146 fabriqués par l'OSIL.

Les échantillons de la campagne ont été analysés avec un salinomètre de type PORTASAL B sauf les échantillons des stations 84 à 120 qui l'ont été avec le Portasal C. En effet après le nettoyage de la cuve du PORTASAL B, ce dernier affichait des mesures instables.

Ces deux appareils ont été vérifiés par l'OSIL avant la campagne. La stabilité des appareils a été satisfaisante pendant la durée de la campagne.



Figure 12 : Photo du salinomètre Portasal (sans la pompe).



Figure 13 : Photo du salinomètre Portasal (avec la pompe).

Les tableaux ci-dessous présentent les caractéristiques du salinomètre Portasal 8410A.

Performance		
Measurement Range:	0.004 to 76	mS/cm
	0.0001 to 1.15	conductivity ratio
	2 to 42	equivalent PSU ¹
Accuracy:	±0.003	equivalent PSU ²
	0.0003	mS/cm
Resolution:	0.0003	equivalent PSU ³
	100	ml minimum
Sample Volume:	15 to 38	°C
Bath Temperature Range:	±0.050	°C of setting (1 Yr)
Bath Temperature Accuracy:	±0.001	°C per 24 hr
Stability:	±0.010	°C per year

Tableau 1 : Tableau des caractéristiques techniques du salinomètre Portasal.

General Specifications of Portasal		
Temperature: Operating;	5 to 40	°C
Storage;	-40 to 70	°C
Max Operating Humidity:	80	% RH (non condensing)
Shock:	20	g 7-11 ms half sine
Vibration	1.5	g 5-200 Hz
Dimensions:	530hx450wx420d	mm
	20.9x17.7x16.5	inches
Bath Volume:	9	liters
	2.3	US gals.
Weight (Bath empty):	20	kg
	44	lbs
Power Requirements:	90 to 132	V AC 50/60Hz
	200 to 265	V AC 50/60Hz
	150	V A maximum

Tableau 2 : Tableau des caractéristiques générales du salinomètre Portasal.

MESURES SALINITE OVIDE 2006				
Date	Numéro de station	Nombre d'échantillons	Salinomètre	Remarques
25/05/06	1	28	C	Standardisation Contrôle
26/05/06	2	4	B	Standardisation Contrôle
26/05/06	3	8	B	Contrôle
26/05/06	4	11	B	Contrôle
26/05/06	5	13	B	Contrôle
26/05/06	6	16	B	Contrôle
26/05/06	7	20	B	Contrôle
27/05/06	8	24	B	Contrôle
27/05/06	9	25	B	Contrôle
27/05/06	10	26	B	Contrôle
28/05/06	11	28	B	Contrôle
28/05/06	12	28	B	Contrôle
28/05/06	13	28	B	Contrôle
29/05/06	14	28	B	Contrôle
29/05/06	15	28	B	Contrôle
29/05/06	16	27	B	Contrôle
30/05/06	17	24	B	Contrôle
30/05/06	18	28	B	Contrôle
30/05/06	19	28	B	Contrôle
31/05/06	20	28	B	Contrôle

31/05/06	21	28	B	Contrôle
31/05/06	22	28	B	Contrôle
01/06/06	23	28	B	Contrôle
01/06/06	24	28	B	Contrôle
01/06/06	25	28	B	Contrôle
02/06/06	26	27	B	Contrôle
02/06/06	27	28	B	Contrôle
02/06/06	28	28	B	Contrôle
02/06/06	29	27	B	Contrôle
02/06/06	30	27	B	Contrôle
03/06/06	31	28	B	Contrôle
03/06/06	32	28	B	Contrôle
03/06/06	33	28	B	Contrôle
03/06/06	34	27	B	Contrôle
04/06/06	35	27	B	Contrôle
04/06/06	36	27	B	Contrôle
04/06/06	37	27	B	Contrôle
04/06/06	38	27	B	Contrôle
05/06/06	39	27	B	Contrôle
05/06/06	40	26	B	Contrôle
05/06/06	41	27	B	Contrôle
05/06/06	42	27	B	Contrôle
06/06/06	43	27	B	Contrôle
06/06/06	44	27	B	Contrôle
06/06/06	45	27	B	Contrôle
06/06/06	46	26	B	Contrôle
07/06/06	47	25	B	Contrôle
07/06/06	48	27	B	Contrôle
07/06/06	49	24	B	Contrôle
08/06/06	50	27	B	Standardisation Contrôle
08/06/06	51	27	B	Contrôle
08/06/06	52	26	B	Contrôle
08/06/06	53	26	B	Contrôle
09/06/06	54	26	B	Contrôle
09/06/06	55	25	B	Contrôle
09/06/06	56	23	B	Contrôle
09/06/06	57	24	B	Contrôle
10/06/06	58	24	B	Contrôle
10/06/06	59	26	B	Contrôle
10/06/06	60	26	B	Contrôle
10/06/06	61	24	B	Contrôle
10/06/06	62	23	B	Standardisation Contrôle
11/06/06	63	23	B	Contrôle
11/06/06	64	24	B	Contrôle
11/06/06	65	21	B	Contrôle
11/06/06	66	24	B	Contrôle
11/06/06	67	24	B	Contrôle
12/06/06	68	21	B	Contrôle
12/06/06	69	24	B	Contrôle
12/06/06	70	23	B	Contrôle
12/06/06	71	22	B	Contrôle

12/06/06	72	22	B	Contrôle
13/06/06	73	22	B	Contrôle
13/06/06	74	18	B	Contrôle
13/06/06	75	19	B	Contrôle
13/06/06	76	19	B	Contrôle
13/06/06	77	20	B	Contrôle
13/06/06	78	20	B	Contrôle
14/06/06	79	23	B	Contrôle
14/06/06	80	22	B	Contrôle
14/06/06	81	25	B	Contrôle
14/06/06	82	28	B	Contrôle
14/06/06	83	26	B	Contrôle Nettoyage de la cellule Mesures instables
15/06/06	84	26	C	Contrôle Changement de salinomètre
15/06/06	85	25	C	Contrôle
15/06/06	86	26	C	Contrôle
15/06/06	87	25	C	Contrôle
16/06/06	88	25	C	Contrôle
16/06/06	89	25	C	Contrôle
16/06/06	90	25	C	Contrôle
16/06/06	91	24	C	Contrôle
16/06/06	92	24	C	Contrôle
17/06/06	93	23	C	Contrôle
17/06/06	94	23	C	Contrôle
17/06/06	95	21	C	Contrôle
17/06/06	96	23	C	Contrôle
17/06/06	97	19	C	Contrôle
18/06/06	98	20	C	Contrôle
18/06/06	99	24	C	Contrôle
18/06/06	100	21	C	Contrôle
20/06/06	101	26	C	Contrôle
20/06/06	102	25	C	Contrôle
20/06/06	103	24	C	Contrôle
21/06/06	104	23	C	Contrôle
21/06/06	105	22	C	Contrôle
22/06/06	106	19	C	Contrôle
23/06/06	107	11	C	Contrôle
23/06/06	108	10	C	Contrôle
23/06/06	109	14	C	Contrôle
23/06/06	110	8	C	Contrôle
23/06/06	111	17	C	Contrôle
23/06/06	112	15	C	Contrôle
24/06/06	113	15	C	Contrôle
24/06/06	114	16	C	Contrôle
25/06/06	115	19	C	Contrôle
26/06/06	116	14	C	Contrôle
26/06/06	117	14	C	Contrôle
27/06/06	118	14	C	Contrôle

27/06/06	119	14	C	Contrôle
27/06/06	120	15	C	Contrôle
		2767	Nombre total d'échantillons analysés	

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des mesures de salinité de la mission OVIDE 2006.

4. TRAITEMENT DES DONNEES ET ANALYSE DES PREMIERS RESULTATS

4.1. Calibration de la conductivité sur les profils CTD

Toute cette partie de calibration sera réalisée par Pierre Branellec, responsable de mesures CTD-O2 des campagnes OVIDE. A cette fin il a créé ses propres programmes de traitement en langage C sous Sun. Néanmoins, d'après les fichiers et les rapports CTD-O2 des missions précédentes j'ai pu comprendre les traitements préliminaires des données.

Une calibration préliminaire a été faite à bord, dont les résultats sont présentés ci-dessous.

4.1.1. Mode opératoire

La procédure de calibration, décrite dans Billant (1985), consiste à comparer la conductivité CO_S indiquée par la sonde au niveau du prélèvement à la conductivité in situ CO_H déterminée sur les échantillons. La conductivité CO_S est obtenue en calculant une moyenne sur les valeurs transmises par la sonde au niveau de fermeture de la bouteille et en appliquant à cette moyenne la correction de l'effet de pression et de température sur la cellule. La salinité de l'échantillon est transformée en conductivité in situ CO_H en utilisant les valeurs de pression et de température corrigées de la sonde au niveau du prélèvement.

Les valeurs de conductivité d'un profil sont corrigées en déterminant les coefficients C_1 et C_0 d'un polynôme de degré 1 pour une station, ou un groupe de stations, qui minimisent les écarts $\Delta C = CO_H - CO_S$. Le polynôme est de la forme :

$$CO_R = C_1 * CO_S + C_0$$

Les coefficients retenus résultent d'itérations successives sur le groupe d'échantillons considéré par méthode des moindres carrés. Le processus est stoppé lorsque aucun échantillon supplémentaire n'est éliminé à la sortie de l'itération en cours. Il en résulte que, à la sortie de la dernière itération, tous les écarts ΔC sont inférieurs à la valeur $\Delta C_{max} = 2.8 * \text{écart-type}$ pour les échantillons retenus dans le processus de calcul.

Un découpage à partir de la station 25 a été nécessaire en raison d'un saut dans les données sonde dû au nettoyage de la sonde après la station 25. Cela arrive classiquement après nettoyage de la sonde (cf. 3.1). C'est pourquoi on utilise deux polynômes différents pour traiter ces données.

Ainsi, un premier polynôme a été obtenu après 9 calculs successifs sur les 537 mesures de conductivité des stations 1 à 25, 48 mesures ont été mises de côté, soit 9,4%.

Un deuxième polynôme a été obtenu après 8 calculs successifs sur les 2021 mesures de conductivité des stations 26 à 120, 129 mesures ont été mises de côté, soit 8,1%.

Un premier calcul est ainsi effectué sur l'ensemble des 2735 échantillons prélevés aux stations 0 à 120.

4.1.2. Bilan de la calibration préliminaire des profils

Le tableau, ci-dessous, regroupe les coefficients C_1 et C_0 utilisés pour corriger les valeurs de conductivité sur les profils de la campagne :

Station ou groupe	Nombre d'échantillons considérés	Nombre d'échantillons retenus par le calcul	Déviation standard (0-5500 dbar)	Coefficients	
				C_1	C_0
0 - 26	585	537	0.00251	0.999285	0.270974E-01
26 - 120	2150	2021	0.00281	0.999219	0.287906E-01
0 - 120	2735	2558 (93.5%)			

Tableau 4 : Tableau du bilan de la calibration de profils de conductivité.

Le tableau indique également pour chaque groupe de stations ou station isolée, le nombre d'échantillons considérés pour le calcul, le nombre de ceux retenus par le processus ainsi que la déviation standard qui en résulte pour le groupe considéré.

Pendant la campagne, la salinité a été mesurée sur 2735 échantillons. Le processus de calcul en a validé 2558, soit 93.5 % d'entre eux. Ceci revient à dire que, au niveau des prélèvements, l'écart entre la conductivité de l'échantillon et la conductivité corrigée sur le profil est inférieur à $2.8 * \text{écart-type}$ pour le groupe de stations considéré.

La figure 15 présente les écarts qui subsistent, au niveau de chaque prélèvement, station par station et en fonction de la pression. Les corrections par les polynômes du tableau 4, ont été appliquées aux valeurs de la sonde. Il apparaît d'emblée que ces corrections donnent des résultats satisfaisants (déviation standard < 0.003), malgré un découpage très grossier (un seul entre les stations 25 et 26) et l'absence de travail en détail sur chaque profil de la section.

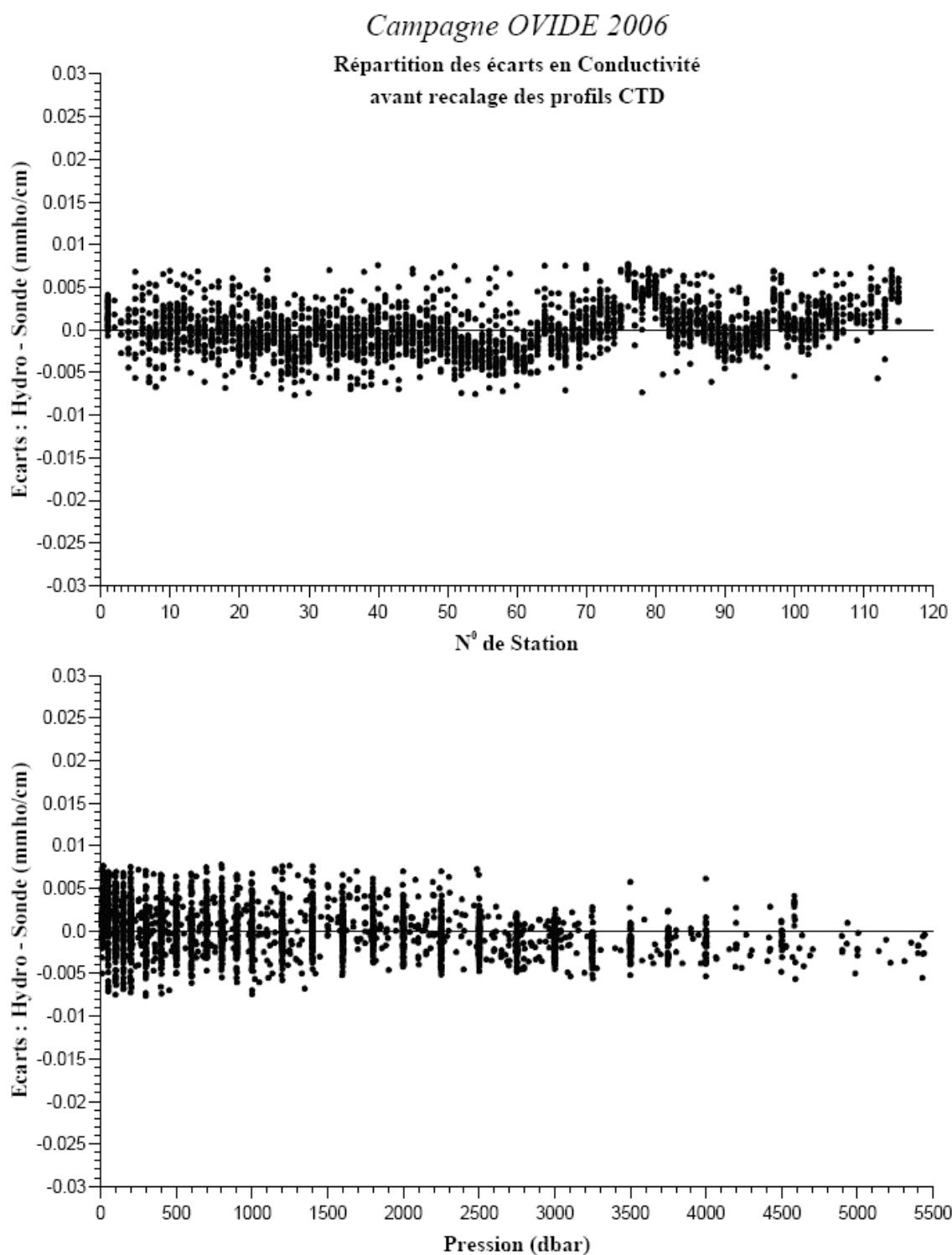


Figure 14 : Ecarts entre la conductivité des échantillons et la conductivité « bathysonde » corrigée au niveau de chaque prélèvement, tout d'abord en fonction du numéro de la station concernée, et en fonction de la pression au niveau de prélèvement.

Le bilan d'ensemble peut être établi comme suit : les valeurs de conductivité des 2558 échantillons validés indiquent un écart quadratique moyen pour l'ensemble de la campagne de 0.0028 mmho/cm.

4.1.3 Vérifications de certains résultats : les diagrammes TS

a- Définition

Sur le carroyage des températures (abscisses) et de la salinité (ordonnées) sont reportées en surcharge les courbes isopycnes (ou d'égale densité, ou sigma t). Les valeurs de température et de salinité d'une station hydrologique y sont pointées pour chaque pression. Les points sont réunis par une courbe qui présente diverses particularités.

Elle est formée de segments correspondants aux diverses masses d'eau rencontrées de la surface jusqu'au fond. Si les segments sont perpendiculaires aux isopycnes, la masse d'eau est stable et ne connaît que des brassages réduits. Au contraire, si le segment est orienté le long des isopycnes, la masse d'eau est instable et soumise à des mélanges actifs.

La courbe s'articule autour de certaines valeurs de température et de salinité considérées comme caractéristiques et qui servent à définir les eaux types, ou eaux initiales. Ce sont des eaux qui ont plus ou moins conservé, depuis leur immersion, leurs caractères originels acquis en surface. Au cours de leur cheminement profond, elles ont donné naissance par mélange aux masses d'eau. En multipliant les stations hydrologiques, on peut détecter ces eaux types, suivre leurs migrations ainsi que l'extension progressive des eaux de mélange. C'est une des méthodes fondamentales d'étude des courants.

b- Réalisation : logiciel MATLAB

MATLAB (Matrix laboratory) est un langage de calcul scientifique très performant intégrant le calcul, la programmation et la visualisation dans un environnement simple à utiliser. C'est un système interactif qui permet de manipuler directement des données structurées (matrices et vecteurs), ce qui n'est pas le cas de C, Java, Fortran ou Pascal par exemple.

MATLAB est à la fois un langage et un logiciel. Il possède une fenêtre principale ou de commande et un éditeur de programmes (M-files). Dans l'éditeur de programme, plusieurs fenêtres (donc programmes) peuvent être ouvertes à la fois. Un éditeur de figure est aussi disponible pour les graphiques.

c- Utilisation

La relation de Saunders

Saunders (1986) a établi une relation entre température potentielle et salinité dans les masses d'eau profonde de l'Atlantique Nord-Est. Cette relation ($S = 34.698 + 0.098 * \theta$) est matérialisée sur la figure 18. On constate que tous les diagrammes θ -S de la campagne OVIDE 2006, obtenus dans la zone géographique concernée, confirment cette relation avec un écart maximum en salinité de 0.002 psu. Sur la même figure sont représentés les diagrammes θ -S qui correspondent aux mesures de salinité in situ obtenues sur les prélèvements utilisés pour recalibrer les profils CTD.

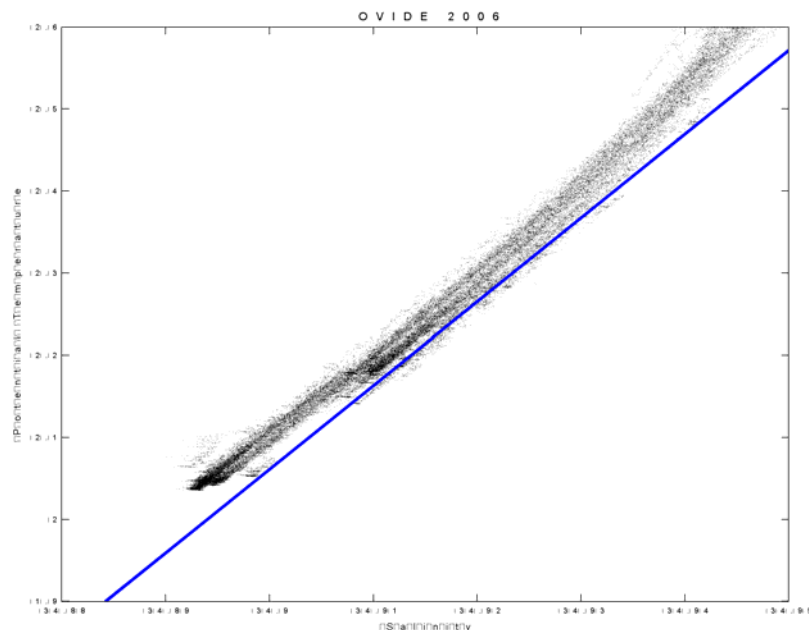


Figure 15 : Diagrammes TS des 120 stations de la campagne OVIDE 2006, mesures en continu sur les profils descente. La droite matérialise la relation préconisée par Saunders (1986).

Identification des masses d'eau

Une masse d'eau type est principalement caractérisée par une gamme limitée de température et de salinité. A cela s'ajoute d'autres caractéristiques, secondaires, comme la teneur en oxygène ou en sels nutritifs. Ces caractéristiques permettent la détermination du lieu de formation de la masse d'eau.

Ainsi, sur le diagramme TS, ci-dessous, on peut identifier la DSOW, Eau Profonde en provenance du Danemark, d'une température comprise entre un et deux degré et d'un taux d'oxygène supérieur à 6.7 mml/l. Sa salinité est ici comprise entre 34,89 et 34,91. Etudier la variabilité de cette eau nécessite une grande précision, inférieure à 0,005. La nécessité de cette précision justifie l'emploi d'un salinomètre du type Portasal, qui est l'instrument le plus précis et le plus adapté actuellement pour mesurer la salinité lors de campagne hydrologique comme OVIDE. Une précision comprise entre 0.002 et 0.003 est généralement atteinte par la méthode utilisée.

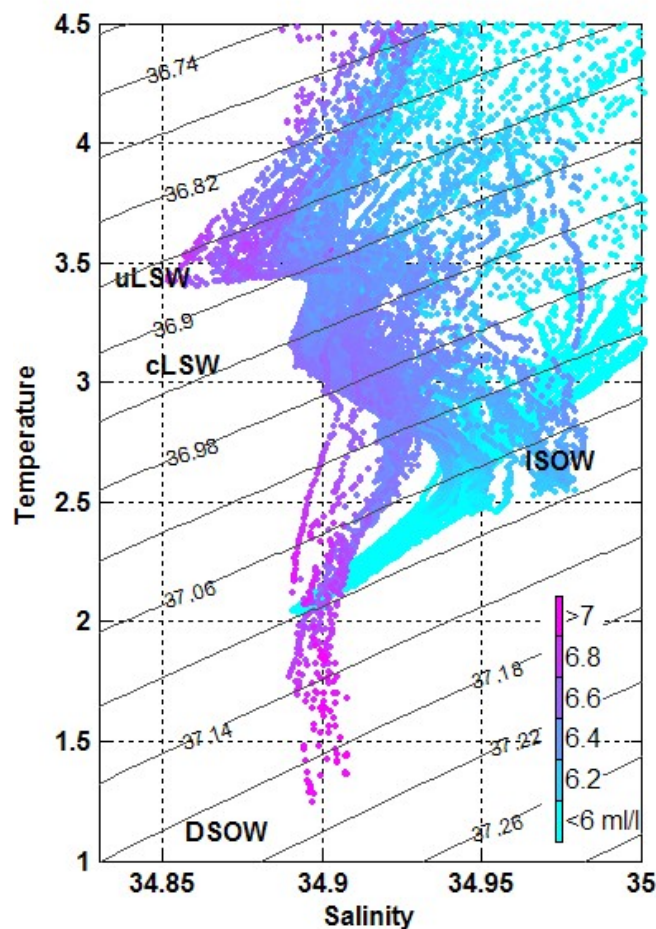


Figure 16 : Diagramme TS des eaux profondes de la section OVIDE 2006.

4.2- Création des profils XBT

A la fin de la section hydrographique, j'ai pu interrompre momentanément mon travail de mesure de la salinité. Des XBT, espacées régulièrement géographiquement, ont été tirées du large de la pointe sud du Groenland jusqu'au large des Iles Féroé. J'ai été chargé de rassembler les données des 47 XBT et 5 CTD, et de les traiter sous MATLAB afin d'obtenir les premiers profils et sections de température.

4.2.1 Définition

Une sonde eXpendable BathyThermograph se compose d'un petit projectile avec un nez en plomb et une enveloppe en plastique qui contient une bobine de fil de cuivre fin. Cette sonde est placée dans un pistolet lanceur, puis lancée à la mer. Pendant que la sonde descend dans la colonne de l'eau, la bobine de fil se déroule et transmet la mesure d'une thermistance à un microordinateur de type PC équipé d'une carte MK 12. Le programme implanté sur le PC permet le suivi en temps réel de la mesure $T=f(P)$, puis l'enregistrement de cette courbe, la mise du fichier au format assimilable par le logiciel CARAÏBES.



Figure 17 : Photo d'une XBT saisie de façon à être tirée.

4.2.2 Données XBT

XBT OVIDE 2006

Date	Numéro XBT	Latitude	Longitude
23/06/2006	1	59 57.89258N	40 27.01733W
23/06/2006	2	60 17.62549N	39 35.22192W
23/06/2006	3	39 35.22192W	39 1.96777W
23/06/2006	4	60 43.72217N	38 26.40454W
23/06/2006	5	60 56.79346N	37 51.59155W
23/06/2006	6	61 9.91113N	37 16.48193W
23/06/2006	7	61 22.81982N	36 41.84692W
23/06/2006	8	61 35.99609N	36 5.90479W
23/06/2006	9	61 48.73779N	35 30.98291W
24/06/2006	10	61 59.98682N	34 57.41919W
24/06/2006	11	62 0.02979N	34 12.38501W
24/06/2006	12	61 59.97217N	33 28.36719W
24/06/2006	13	61 59.97949N	32 39.36426W
24/06/2006	14	62 0.35254N	31 54.38574W
24/06/2006	15	61 59.71338N	31 7.30762W
24/06/2006	16	62 0.01904N	30 22.05811W
24/06/2006	17	61 58.12744N	29 39.80151W
24/06/2006	18	62 0.08936N	28 54.13672W
24/06/2006	19	61 59.9624N	28 7.86401W
24/06/2006	20	61 59.99414N	27 21.01221W
24/06/2006	21	62 0.01221N	26 35.23975W
25/06/2006	22	62 6.33154N	25 51.33911W
25/06/2006	23	62 12.68896N	25 6.92065W
25/06/2006	24	62 18.92100N	24 21.41000W
25/06/2006	25	62 24.88086N	23 41.08325W
25/06/2006	26	62 31.54883N	22 55.7229W
25/06/2006	27	62 37.87744N	22 11.07153W
25/06/2006	28	62 44.36865N	21 25.15576W
25/06/2006	29	62 50.81445N	20 39.13672W
25/06/2006	30	62 57.13965N	19 54.77307W
25/06/2006	31	63 3.34326N	19 10.39648W

25/06/2006	32	63 9.42529N	18 26.06274W
25/06/2006	33	63 15.7998N	17 40.39148W
26/06/2006	34	63 19.26123N	17 9.40491W
26/06/2006	35	63 10.58936N	17 0.24475W
26/06/2006	36	63 4.271N	16 54.14221W
26/06/2006	37	63 0.05 N	16 49.91 W
26/06/2006	38	62 40.26 N	16 30.12 W
26/06/2006	39	62 19.87 N	16 10.33 W
26/06/2006	40	62 0.39 N	15 50.24 W
26/06/2006	41	61 40.09 N	15 29.97 W
27/06/2006	42	61 40.5752N	15 17.39648W
27/06/2006	43	61 42.31787N	14 34.46802W
27/06/2006	44	61 44.23486N	13 51.71082W
27/06/2006	45	61 44.97461N	13 7.28748W
27/06/2006	46	61 44.15674N	12 23.61475W
27/06/2006	47	61 43.43994N	11 46.43982W
27/06/2006	48	61 42.56494N	11 1.85938W
27/06/2006	49	61 41.25342N	10 18.07928W
27/06/2006	50	61 41.64893N	9 39.96332W
27/06/2006	51	61 44.10205N	8 54.30432W
27/06/2006	52	61 44.10889N	8 51.42511W

Tableau 5 : Tableau synthétique des XBT « tirées » durant la campagne OVIDE 2006

4.2.3 Création des profils : logiciel MATLAB

J'ai regroupé les données XBT sous MATLAB afin de créer, d'une part les profils de toutes les XBT, d'autre part de créer une section verticale de température en interpolant les différents profils obtenus.

Les mesures de chaque XBT sont enregistrées sous la forme d'un fichier .EDF avec le logiciel Caraïbes. Les fichiers EDF sont importés sous MATLAB puis lus à l'aide d'une commande créée sous MATLAB : le fichier « XBTread.m »

Les fichiers EDF sont convertis sous MATLAB simultanément comme fichiers MAT.

Ensuite une autre commande permet la réalisation de la section température d'après chaque profil de température.

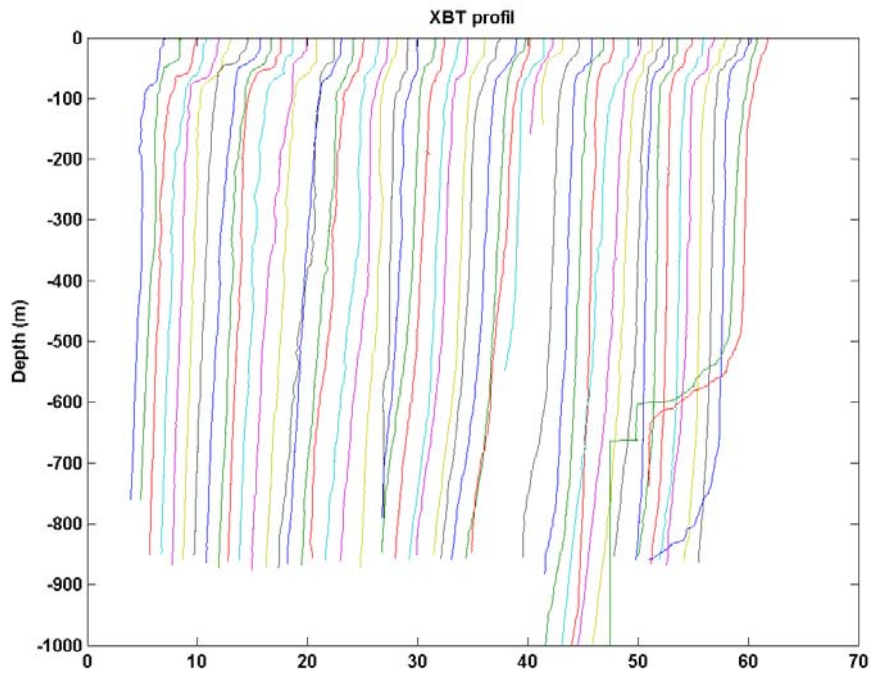


Figure 18 : Profils des 47 XBT et 5 CTD réalisées pendant la deuxième partie de la campagne OVIDE 2006.

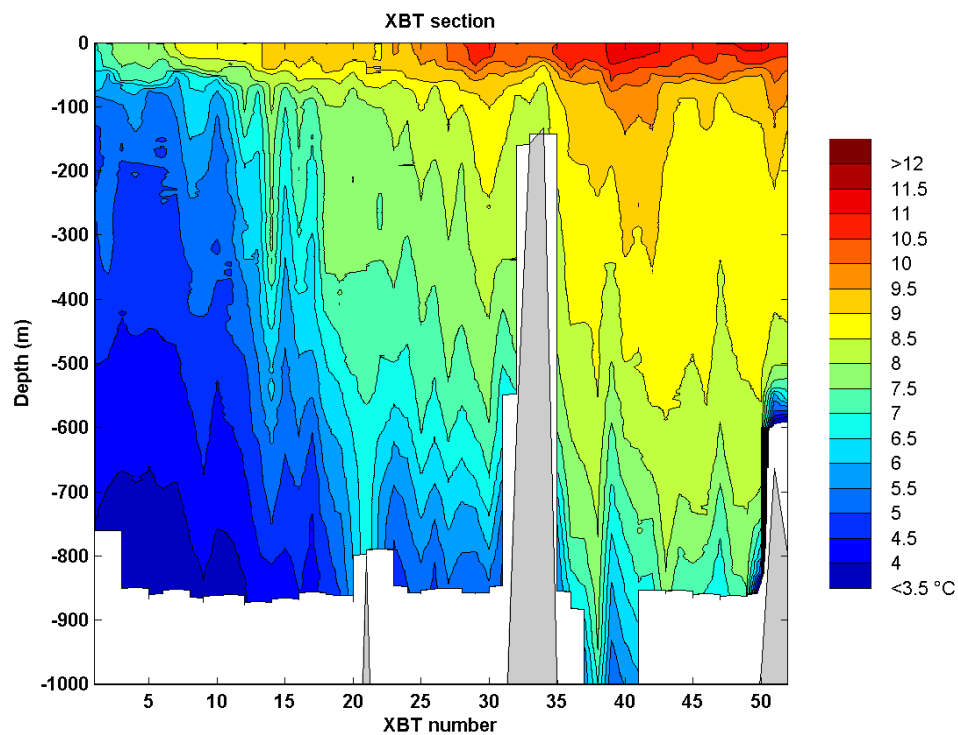


Figure 19 : Section de la température selon le numéro des XBT.

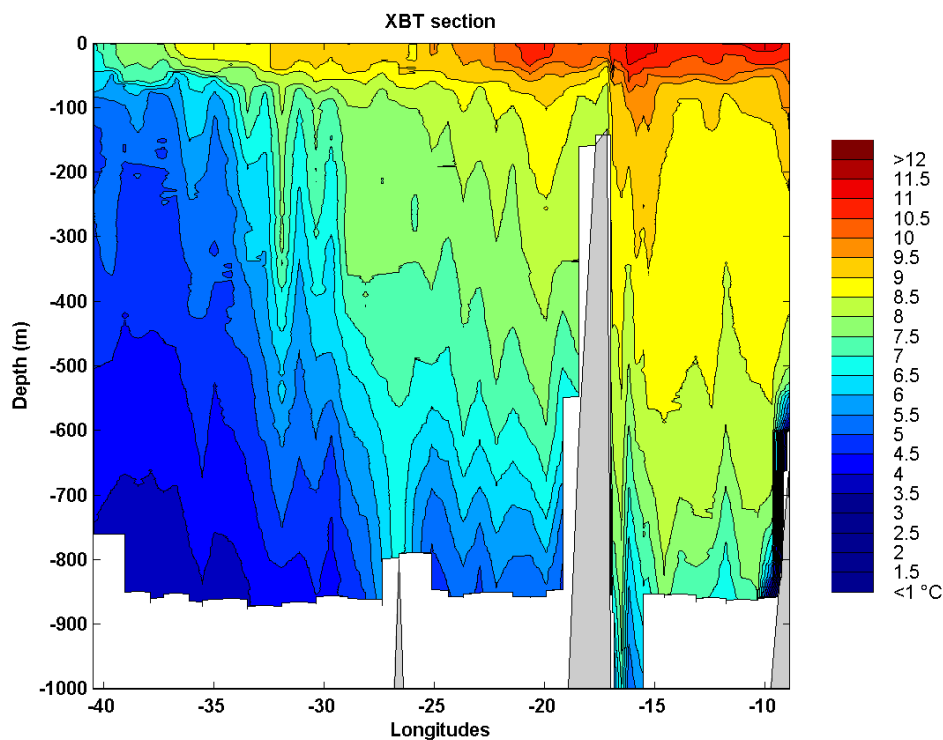


Figure 20 : Section de la température selon la longitude.

5 - CONCLUSION

Au cours de ce stage, j'ai tout d'abord pu mettre en application mes connaissances acquises au cours de ma formation à INTECHMER, j'ai acquis des connaissances techniques, quant aux mesures de la salinité sur les salinomètres PORTASAL, et quant à la calibration de la conductivité dans le cadre d'une mission hydrologique.

J'ai fait 2767 mesures de salinité sur le Portasal. C'est-à-dire, la mesure de trois ou quatre caisses par jour d'environ 28 échantillons, le passage d'une caisse nécessitait entre 1h30 et deux heures de travail. Je travaillais donc près de 8 heures par jour, 7j/7.

A la fin de la section hydrologique et alternativement entre les deux sections courtes, j'ai été chargé de regrouper les données de 47 XBT tirées à interval régulier géographiquement entre le large de la pointe sud du Groenland jusqu'au large des Isles Féroé, afin de les traiter sous MATLAB. Cette mission fut l'occasion pour moi de créer des profils XBT, et des profils CTD de la section, à l'aide du logiciel SURFER.

Durant la mission à laquelle j'ai participé, j'ai été sensibilisé aux activités d'un chef de mission, au métier de chercheur et d'ingénieur en océanographie physique et en chimie marine, au métier de technicien mouillage. J'ai également travaillé avec des étudiants en thèse et des personnes travaillant pour le SISMER, au traitement et au stockage de données.

Je pense m'être bien intégrée à mon nouvel environnement de travail de part la qualité du travail que j'ai fourni pendant cette mission et je suis satisfaite d'avoir participé au succès de cette mission.

Le fait d'embarquer avec l'équipe du LPO sur la mission Ovide fût aussi l'occasion de participer à une grande campagne océanographique en milieu hauturier.

En choisissant ma formation à INTECHMER, participer à une grande campagne en mer d'une structure comme l'IFREMER, était un de mes objectifs. Cette formation m'a permis de l'atteindre.

GLOSSAIRE :

OVIDE : Observatoire de la Variabilité Interannuelle à DEcennale en Atlantique Nord.

MAR: Middle Atlantic Ridge, Ride Medio Atlantique.

DWBC: Deep Western Boundary Current, Courant Profond de Bord Ouest.

NAC: North Atlantic Current, Courant de l'Atlantique Nord.

LSW: Labrador Sea Water, Mer du Labrador.

ISOW: Iceland Scotland Overflow Water, Eau Modale de l'Ecosse.

DSOW: Denmark Strait Overflow Water, Eau Modale du Danemark.

CFC: ChloroFluoroCarbones ou Fréons. La concentration de fréon dans notre échantillon d'eau de mer permet de remonter à la date de formation de la masse d'eau puisque dans l'atmosphère chaque année est caractérisée par une concentration particulière. On peut en déduire une vitesse moyenne de circulation et l'âge des masses d'eaux.

CTD : **Conductivity Temperature Depth**. La **CTD/Sonde** mesure la profondeur, la température, la conductivité (donc la salinité) et la teneur en oxygène dissous.

PROVOR : profileur dérivant de subsurface, mesurant la température, la pression et la conductivité. Il n'est pas localisé sous l'eau. Il effectue de cycles de 10 jours généralement. Il se positionne et transmet ses données de profils verticaux en surface.

OSIL : Ocean Scientific International League.

Section Hydrologique : série de stations régulièrement espacées géographiquement où on mesure des profils de température et de salinité.

Gyre subpolaire : ensemble des courants formant une boucle cyclonique en Atlantique Nord au sud du Déroit de Davis et des seuils Groenland-Ecosse au nord de 52°N.

Quelques conclusions importantes relatives à OVIDE

Variabilité de la circulation : Les transports de masse, de chaleur et de sel perpendiculaires aux sections hydrologiques Ovide de juin 2002 et juin 2004 ont été estimés à l'aide d'un modèle inverse et comparés à ceux obtenus le long d'une section similaire réalisée en 1997. Des variations importantes de transports sont observées en particulier sur l'amplitude de la cellule méridienne de circulation.

Circulation de l'eau de la mer du Labrador : Les CFC permettent d'identifier les veines d'eau formées en mer du Labrador et d'estimer leur âge.

Variabilité des propriétés hydrologiques : La comparaison des données OVIDE aux données climatologiques montre un réchauffement et une salinification des eaux supérieures jusqu'à 1500m, particulièrement marqués au niveau de l'eau méditerranéenne, mais un refroidissement et un adoucissement des eaux profondes, particulièrement marqué vers 2000 m.

Les eaux modales : Depuis 1995 les eaux modales intersectées par la section OVIDE au niveau de la ride de Reykjanes se réchauffent et deviennent plus salées.

Bibliographie

Aminot A., K erouel R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ed. Ifremer. Mesure de la salinité, 5, 65-76.

Brillant A., Branellec P., Mercier H., 2004. Campagne OVIDE 2002. Rapport de données CTD-O2. Rapport interne LPO 04-01. Ed. Ifremer. 55 p.

Brillant A., Branellec P., Mercier H., 2006. Campagne OVIDE 2004. Rapport de données CTD-O2. Rapport interne LPO 06-01. Ed. Ifremer. 65 p.

Vanney J.-R., 1991. Introduction à la géographie de l'océan. Ed. Institut Océanographique. Oc anis, série de documents océanographiques, V17, 1-2, 1-214.

Lherminier P., Mercier H., 2004. Proposition de campagne à la mer, OVIDE 2006, Recherche Scientifique. Proposition de campagne à la mer, IFREMER-IPEV-IRD.

Sites Internet

OVIDE, 2005. . [En ligne] pages consultées en Juillet 2006. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.ifremer.fr/lpo/ovide/presentation.htm>. Mise à jour le 29/05/06. Responsable Mercier H.

IFREMER, 2005. [En ligne] pages consultées en Juillet 2006. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.ifremer.fr/francais/institut/index.htm>. Mise à jour le 08/06/06. Responsable : Lux S.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1 : Notice descriptive du salinomètre Portasal 8410A

Annexe 2 : Fiche de bord utilisée pour les mesures de salinité

Annexe 3 : Fiche de bord utilisée pour les stations CTD

Annexe 4 : Synthesis

1 Notice descriptive du salinomètre Portasal 8410A

The 8410A Portable Salinometer is used to make precision conductivity comparisons between an unknown water sample and a reference water sample. The measurement results can be displayed as either conductivity ratio or Practical Salinity Units (PSU). The measurement is made on a sample kept at a constant temperature in a temperature controlled bath. The control and measurement conversion is performed by a microprocessor. The control panel incorporates a push-button keypad for operator control, and an easy to read digital display for monitoring various parameters. The measurement range is from 0.004 mS/cm to 76 mS/cm with a resolution of 0.0003 mS/cm. The measurement can be made at a bath temperature selectable from 15°C to 38°C in steps of 1°C. The accuracy of measurement is better than 0.003 equivalent Practical Salinity Units.

In addition to the front panel manual controls, the salinometer functions can be controlled from either an RS-232C interface, a 20 mA SAIL interface, or a GPIB (IEEE-488) bus interface. Remote control commands include monitoring the current conductivity or temperature as well as modifying the bath set point temperature. The bath uses constant cooling from a thermoelectric cooling module and balances this with intermittent heating to provide the exact heating/cooling required to maintain a constant bath temperature.

The conductivity is measured by a four electrode conductivity cell excited by a square wave voltage.

The tank and cabinet are of a fibreglass construction. The electronic hardware is housed in a metal chassis to protect it from electrical interferences as well as from water damage.

Features of the 8410A Portable Salinometer include:

- Portability allows easy shipboard installation
- Temperature stability makes temperature compensation unnecessary
- Up to 25 measurements values can be stored in the Portasal non-volatile memory
- Semi-automatic measurement in less than one minute
- Modular construction makes for ease maintenance

CONTROLS AND INDICATORS

All indicators and controls are mounted on the front panel of the 8410A Portable Salinometer. The rear panel of this unit contains the power entry module as well as the RS-232C and the GPIB I/O connectors. **Do not operate 8410A unless tank is filled with water.**

The main function of the salinometer's controls, indicators, and connectors are as follows:

FRONT PANEL

Figure details the front panel controls and indicators

FLOW RATE

This valve regulates the flow of the sample water by controlling the air pressure in the sample bottle. A flow rate of 40 ml/min is available with flow rate valve at maximum (valve fully clockwise). Decreasing the flow rate allows more time for the sample temperature to equal the bath temperature before sample water enters the conductivity cell. The flow rate control switches off the air pumps when turned fully counterclockwise.

- **FUNCTION**

This switch has three positions. In the STDBY (standby) position, the conductivity of a reference resistor is measured. This gives an indication of the gain drift of the electronics. In

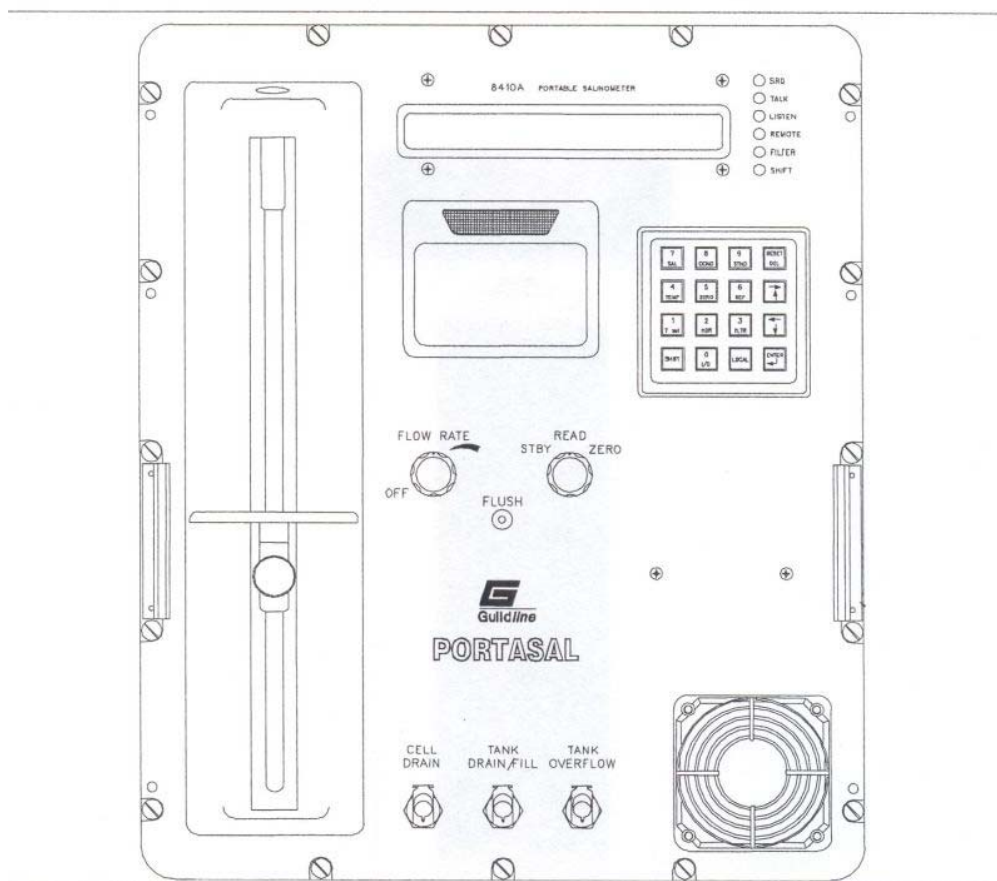


Figure 1

the READ position, the conductivity of the sample water is measured. In the ZERO position, zero conductivity is measured. This gives an indication of the zero drift of the electronics.

CAUTION

This switch should not be left in the READ position when no sample water is in the conductivity cell.

- **FLUSH**

This air vent controls the air pressure in the conductivity cell flushing manifold. Covering the vent with the finger causes the sample water in the conductivity cell to discharge through the CELL DRAIN spigot.

- **CELL DRAIN**

The sample water discharges through this spigot. A quick connect coupling with a short length of tubing attached is connected to this spigot to direct the discharge to a waste water container.

- **TANK DRAIN/FILL**

The temperature bath is filled or drained through this spigot. A quick connect coupling with a hose fitting is supplied to accomplish this. A valve in the spigot prevents the tank from draining when the quick connect coupling is not installed and a valve in the coupling stops the hose flow when disconnected.

- **TANK OVERFLOW**

The temperature bath is vented through this spigot. A quick connect coupling with a short length of tubing attached can be connected to this spigot to collect any overflow from the temperature bath. This spigot does not contain a valve. Caution must be exercised in sealing this spigot, as destructive pressures will build up in the tank when the tank is being filled with this spigot sealed.

KEYPAD

The individual keys are detailed in Figure and function as follows:

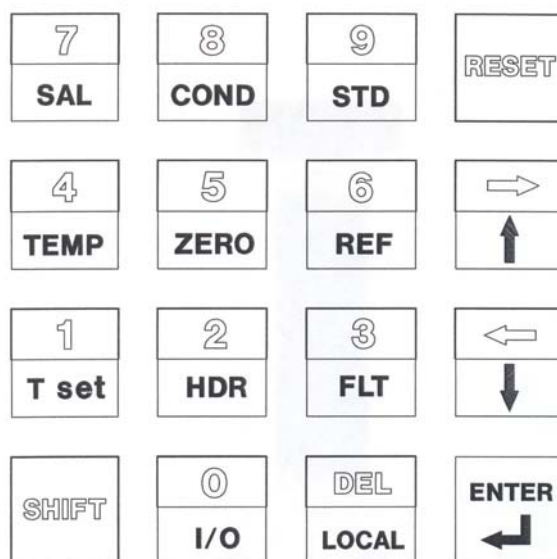


Figure 2

- **SAL**

It displays the conductivity measurement in Practical Salinity Units. The display has the format:

SALINITY nn.nnn

- **COND**

It displays the conductivity measurements as a ratio with respect to the conductivity of the standard water. The display has the format:

RATIO n.nnnnn

- **STD**

Performs the following function:

Prepares the operator for standardization of the Portasal.

The display has the format:

STD STANDARDIZE

Pressing ENTER key will initiate the standardization procedure

Allows the operator to enter the following coefficients:

- Temperature coefficients.
- Set point coefficients.
- Conductivity suppression coefficients.

The display has the format:

STD COEFFICIENTS

Pressing the ENTER key will initiate the coefficient entry procedure

- **TEMP**

It displays the bath temperature. The display has the format:

TEMP nn.nnn°C

While the temperature is being displayed each press of the ↑ key alters the display to the following:

TH1 TEMP XX.XXX°C
 TH2 TEMP XX.XXX°C
 TEMP XX.XXX°F
 TH1 TEMP XX.XXX°F
 TH2 TEMP XX.XXX°F
 TEMP XX.XXX°C

Each press of the ↓ key scrolls the temperature type in the reverse order. TH1 TEMP is the temperature as measured by thermistor #1 only and TH2 TEMP is the temperature as measured by thermistor #2 only.

- **ZERO**

It displays the zero correction in raw A/D converter data units. The display has the format:

ZERO -n.nnnnn

Unless the FUNCTION switch is in the ZERO position this value displayed briefly and then the display reverts to its previous measurement. If the FUNCTION switch in the ZERO position this value is averaged in with the current conductivity measurement and saved and displayed as the new zero correction. This averaging continues until any key is pressed.

- **REF**

It displays the suppression scale in raw A/D converter data units. The display has the format:

REFERENCES nnnnn

Unless the FUNCTION switch is in the STBY position this value is displayed briefly and then the display reverts to its previous measurement. If the FUNCTION switch is in the STDBY position the reference resistor is measured on suppression step 6 and displayed in the format:

-REFERENCES nnnnn

Then after 20 samples the reference resistor is measured on suppression step 7 and displayed as:

+REFERENCES nnnnn

After another 20 samples the average is used to determine the scaling factor and this new scaling factor is saved. This measurement continues to toggle between suppression step 6 and suppression step 7 until any key is pressed.

- **T set**

It displays the current bath temperature set point. The display has the format:

SET POINT XX

If a numeric entry is made while set point is being displayed, the numeric entry becomes the pending set point. If the ↑ or ↓ keys are pressed while displaying set point the pending set point is incremented or decremented by one degree. The pending set point does not become the current set point until ENTER key is pressed.

- **HDR**

It displays the header information in a 16 lines 16 character format. Sequential lines are displayed by pressing the ↑ or ↓ keys. The first six lines are predetermined and cannot be altered. They are:

- Portasal serial number
- Date/Time
- Standard water batch number
- Conductivity ratio
- Salinity
- Bath temperature (rounded to nearest °C)

For the next ten lines, if the SHIFT key is pressed the currently displayed line can be edited in a typeover mode. The display reverts to the previous display after a brief delay with no key pressed.

- **FLT**

Toggles the digital filter on or off. When FILTER is on, the RATIO and SALINITY display shows one extra significant digit.

When the FUNCTION switch is in either STDBY or ZERO and the filter is toggled ON the operator is prompted for the filter type with the message:

FLT WEIGHTED AVG

Or

FLT MOVING AVG

The type can be changed with the ↑ or ↓ keys. When ENTER key is pressed the displayed type becomes the new filter type. The operator is then prompted for the sample size with the message:

SAMPLE SIZE n

If a numeric entry is made, the numeric entry becomes the new sample size. If the ↑ or ↓ keys are pressed the displayed sample size is incremented or decremented. When ENTER key is pressed the displayed number becomes the new sample size and the filter becomes active. The display then reverts to the previous display before FLT key was pressed.

- **RESET**

Power on reset of the Portasal. To reset the Portasal press SHIFT key and then press RESET key.

- **LOCAL**

Returns keyboard control to the Portasal.

- **SHIFT**

Enables the red keys. The SHIFT mode is enabled until the ENTER key is pressed.

- **I/O**

Displays the input-output format of:

- GPIB parameters
- RS-232C parameters
- SAIL parameters

Sequential lines are displayed by pressing the ↑ or ↓ keys. The changes do not become effective until a reset (SHIFT RESET) occurs.

- **ENTER**

Whenever an alpha-numeric entry is being made, this key enters the line. If an accept/reject response is expected this key accepts. If the conductance is being measured and this is the first key pressed the current measurement along with header information is stored for output in the programmed format.

- ↑

Scrolls forward through multiple choice displays.

- ↓

Scrolls backward through multiple choice displays.

LES INDICATORS

The Portasal has the following status indicators:

- **SRQ**

Indicates the Portasal is requesting service from the GPIB remote control interface (Service ReQuest).

- **TALK**

Indicates the Portasal is actively sending data to one of the remote control interfaces (GPIB or RS-232C)

- **LISTEN**

Indicates the Portasal is actively receiving data from one of the remote control interfaces (GPIB or RS-232C)

- **REMOTE**

Indicates the Portasal has been programmed from the GPIB remote control interface for remote control only. The remote state can be overridden by the local key provided a “local lock out” has not been sent by the GPIB controller.

- **FILTER**

Indicates measurements are averaged.

- **SHIFT**

Indicates the red function of keypad is enabled.

ALPHA NUMERIC DISPLAY

A sixteen characters, fourteen segment plus period and comma vacuum fluorescent display.

REAR PANEL

Figure details the rear panel controls and connections:

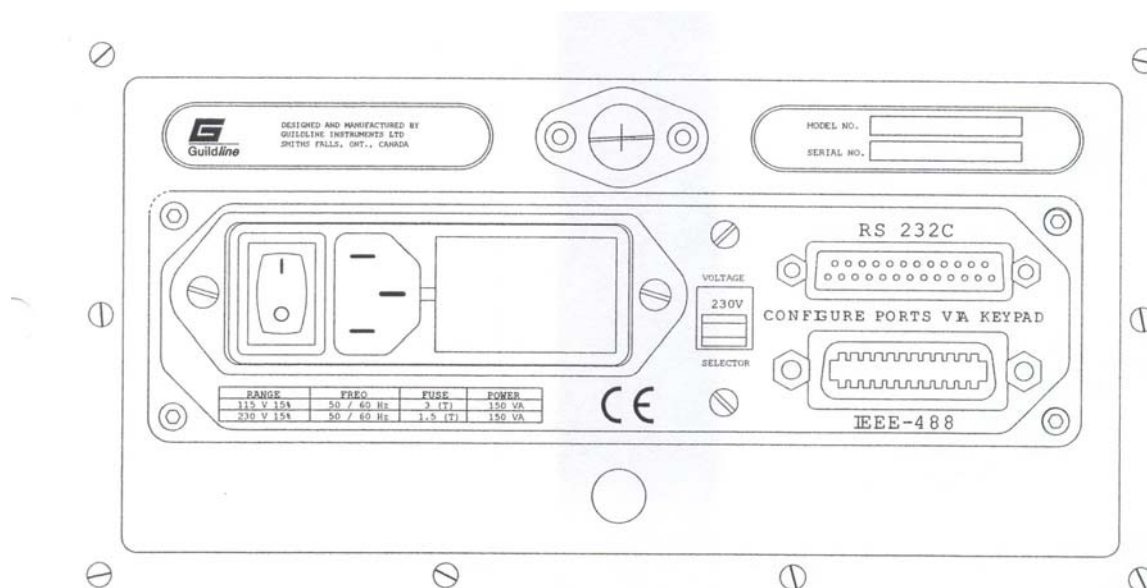


Figure 3

- **POWER ENTRY MODULE**

An integrated receptacle with the following features:

- Connects a standard power cord to an AC power source.
- Fuses the AC line. Should be 3 A slow-blow for 120 V operation and 1.5 slow-blow for 240 V operation.
- Switches the AC power on or off.

- Filters the AC power line.

- **LINE VOLTAGE SELECTOR**

A selector switch for 115 (90 min. to 132 max.) or 230 (200 min. to 265 max.) V AC power operation.

- **RS-232C**

An RS-232C standard interface connector (DB25S type) to connect to user supplied data terminal equipment. Pins 14 et 15 do not conform to RS-232C but are used to connect to a 20 mA loop.

- **IEEE 488**

An IEEE 488.1 standard interface connector.

2 – Fiche de bord utilisée pour les mesures de la salinité

Mesures de SALINITE

(Salinomètre :)

MISSION :		NAVIRE :		STATION :		DATE :		
OVIDE 2006		R/V Maria S. Mérian				/ /		
Eau standard utilisée : Lot P (/ /)			Heure:		Contrôle		Standardisation	
K15 :			Affichage		C:		C:	
Salinité :			Guidline		S:		S:	
Température du bain du salino :								
Heure	Numéro canette	Conductivité	Salinité	Corr.	Salinité recalée	Observations		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
Commentaires:				Heure:		Contrôle		
				Affichage		C:		
				Guidline		S:		

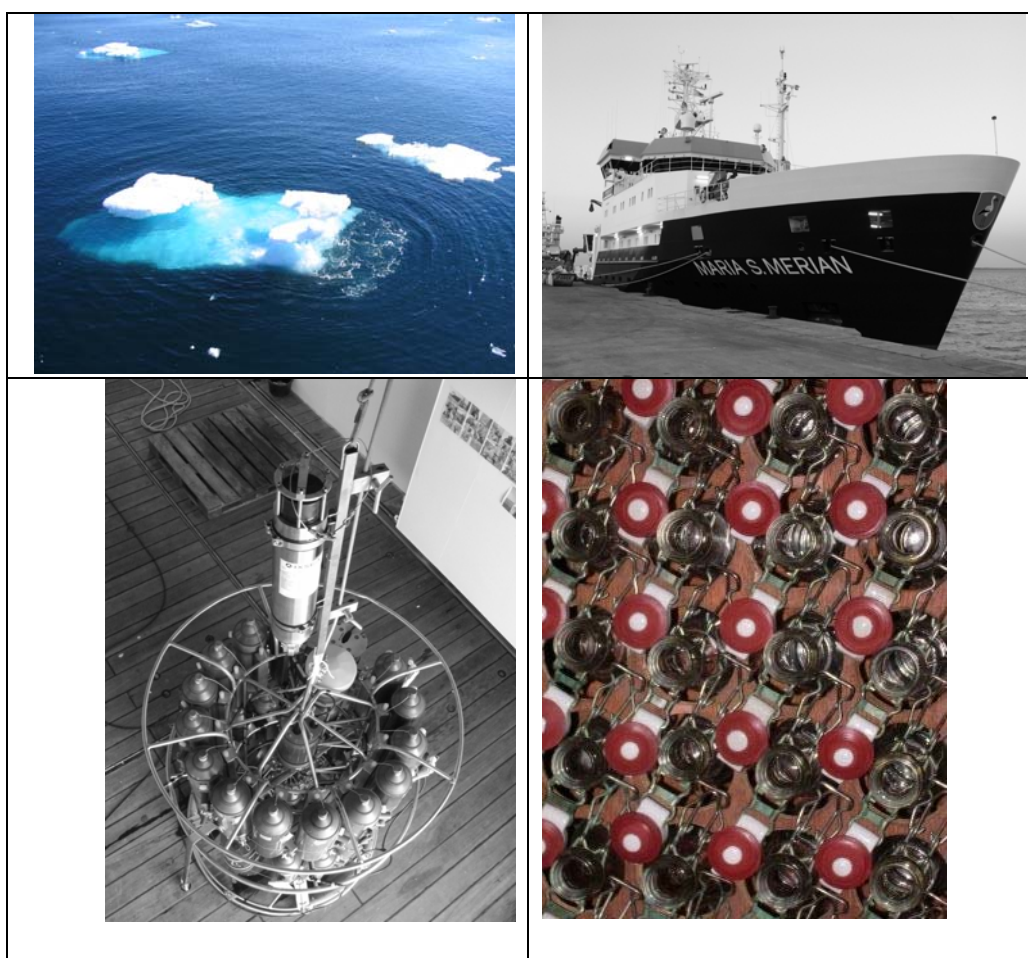
3 – Fiche de bord utilisée pour les stations CTD.

FICHE de STATION N° :

MISSION	DATE	OPERATEURS	SONDE N.B.
OVIDE 2006			
Début du profil descente			
CTD			
Indication du capteur de pression dans l'air (<i>Appareil de bord Neil-Brown</i>) :			
Informations concernant l'enregistrement sur DAT : record mode : Long play / Standard			
Positionnement de la station (<i>conforme à l'initialisation temps réel</i>):			
Latitude (N/S) :	Longitude (E/O) :	Profondeur :	
Heure de mise de la sonde en surface (GMT) :			
Indication des capteurs			
<i>(Appareil de bord Neil-Brown)</i>	Pression :		
	Température :		
	Conductivité :		
Pinger : O/N	Contacteur de fond : O/N	ADCP : O/N	
ADCP			
Heure de mise en route (GMT) :			
Fichier de configuration :		N° déploiement :	
Fin du profil descente			
CTD-ADCP			
Heure (GMT) :			
Ligne filée :			
Latitude (N/S) :	Longitude (E/O) :	Profondeur :	
Indication du capteur de pression (<i>Appareil de bord Neil-Brown</i>) :			
Distance pinger-fond :			
Début du profil montée			
CTD-ADCP			
Heure (GMT) :			
Latitude (N/S) :	Longitude (E/O) :	Profondeur :	
Fin du profil montée			
CTD			
Heure (GMT) :			
Ligne filée :			
Latitude (N/S) :	Longitude (E/O) :	Profondeur :	
Indication du capteur de pression dans l'air (<i>Appareil de bord Neil-Brown</i>) :			
ADCP			
Heure d'arrêt (GMT) :			
Vidage ADCP heure début :	fin :	ens. lus :	erreurs: nom fichier :
Remarques sur le déroulement de la station:			

4 - SYNTHESIS

Salinity Measurement and Calibration during the Campaign “Observation of the Interannual to DEcadal Variability in North Atlantic (OVIDE)”



SYNTHESIS OF JOHANNA LEREBOURS'S INTERNSHIP REPORT

1. INTRODUCTION

The term of my formation of Bsc « Hydrographic Surveying » at INTECHMER (CNAM, Cherbourg) was the opportunity of four months internship in the biggest French center of oceanography: IFREMER, that is the *French Research Institute for Exploitation of the Sea*. I worked, more exactly, during these four months, at the LPO, the *Physical Oceanography Laboratory* of IFREMER.

My work consisted principally to measure and to calibrate the salinity during the oceanographic campaign OVIDE 2006.

2. CONTEXT

OVIDE (Observation of the Interannual to Decadal Variability in the North Atlantic Ocean) is the name of scientific program which contributes since 2002 to the observation of the oceanic meridional overturning cell's characteristics, in the aim to better understand climate's variability of the North Atlantic Ocean and the interactions between this ocean and atmosphere. LPO team study some oceanic characteristics which have potential important impact about European climate: the amplitude of meridional overturning cell (and the associated variations of mains currents) and the modal subpolar water to understand the variability of its formation genesis and the impact of heat transports between the Ocean and the Atmosphere.

To get it, three hydrological surveys have been performed in June 2002, 2004, and 2006 to achieve a hydrological section between Greenland South Point (Cape Farewell) and Portugal (Lisbon).

Moreover, five moorings of current meters were deployed in June 2004 for a two year period near the continental shelf and the slope of Greenland to study the transport variability of the East Greenland Current and its associated coastal current.

This program also relies on the observations of Sea Surface differences in height/altitude, on the ARGO profiler's network and on forcing databases issue from meteorological center models. Many programs for data processing are developed by LPO team.

2006 OVIDE campaign's goals (reached) were the measurements of hydrological and geochemical properties of currents between Iberian Peninsula and Greenland and the recovery of four mooring on the Greenland shelf slope.

The oceanographic boat used was the M.S MERIAN German ship.

3. CONDUCTIVITY MEASUREMENT

3.1. Campaign description

120 stations were done during OVIDE 2006 campaign with a rosette equipped with a Neil-Brown Mark III probe 28 bottles (for water samples) and 2 LADCP.

The campaign started the 22nd of May from Lisbon and finished the 28th of June in Faroe Islands. 104 CTD-O2 were done quasi continuously from Portuguese Coast to South Greenland Point, during the first four weeks of the mission, 13 PROVOR profilers were deployed along the section. VMP (Vertical Microstructure Profiler) profiles were done three times during first three weeks.

The last two weeks, 16 CTD were done according to two secondary sections. The first one, was in the Greenland offshore, the other one in the south of Island, both in North West/South-East direction. This latter section was perpendicular to the ISOW (Iceland Scotland Overflow Water) current. Between these two secondary sections, 47 XBT (eXpendable BathyThermograph), regularly geographically spaced, were shot.

Profiles were done from surface to 15 meters from sea bed. For each station, an electrical cable was unrolled and rolled back out 1m/s (0.5 m/s for the hundred meters of the surface). During the raise, the winch is stopped at 28 different depths to close the sample bottles. Arrival on sea bed is controlled by a pinger fixed on the frame of the rosette, and by a seabed contactor which trigger an acoustic signal.

Besides those instruments, two ADCP (Acoustic Doppler Currentmeter Profiler) were on board, in the frame, to obtain current speed's vertical profiles.

3.1.2. Conductivity measurement

There were two different conductivity measurements during OVIDE 2006. First, there was measurement with Neil-Brown Mark III probe which recorded *in situ* conductivity data. Secondly Portable Portasal salinometer allowed us to measure salinity samples from the bottles. These two types of samples are necessary for data validation. Indeed, *in situ* data can only be calibrated with samples.

***in situ* measurements of conductivity**

PASH6000 Rosette was built by the LPO in 1984 to bring 16 bottles. It has a second sample level, reaching a capacity to 32 bottles of 8 liters. The number of bottles is reduced to 28 when the frame brings two ADCPs, which is the case for OVIDE 2006.

Bottles are closed during the raise of the rosette. Sample levels are done from the bottom to the surface to sample all water column.

In situ measurements and Rosette vertical movement are controlled in real time on a screen thanks to the electrical conductor cable linking to the ship.

Salinity sample measurement

During this campaign, I measure 2767 salinity samples with a Portasal Portable Salinometer. Portasal salinometer allows a 3.10^{-3} accuracy measurement.

The 8410A Portable Salinometer is used to make precision conductivity comparisons between an unknown water sample and a reference water sample. The measurement results can be displayed as either conductivity ratio or Practical Salinity Units (PSU). The measurement is made on a sample kept at a constant temperature in a temperature controlled bath. The control and measurement conversion is performed by a microprocessor. The control panel incorporates a push-button keypad for operator control, and an easy to read digital display for monitoring various parameters. The measurement range is from 0.004 mS/cm to

76 mS/cm with a resolution of 0.0003 mS/cm. The measurement can be made at a bath temperature selectable from 15°C to 38°C in steps of 1°C. The accuracy of measurement is better than 0.003 equivalent Practical Salinity Units.

The bath uses constant cooling from a thermoelectric cooling module and balances this with intermittent heating to provide the exact heating/cooling required to maintain a constant bath temperature.

The conductivity is measured by a four electrode conductivity cell excited by a square wave voltage.

The tank and cabinet are of a fibreglass construction. The electronic hardware is housed in a metal frame to protect it from electrical interferences as well as from water damage.

I used both salinometers. I started measurements using salinometer Portasal 8410A B. Because of salinometer B's instability due to cell cleaning, I kept on with salinometer Portasal 8410A C from station 84 to station 120.

4 – DATA CONTROL AND FIRST DATA ANALYSIS

4.1 Conductivity calibration

Calibration method, referred to Billant (1985), consists in comparing COs conductivity measured *in situ* by a probe with COH conductivity of the samples.

Profile's conductivity values are corrected by the determination of C_1 and C_0 coefficients of one degree polynome.

A change in the polynome was necessary at station 26 due to a gap in the data, consequently to the first probe cleaning after the station 25. It happens sometimes after probe cleaning. So, we use two different polynome to correct these data.

A first polynome was obtained after 9 iterative calculus applied on 537 conductivity data of stations 1 to 25. 48 data were not taken into account, so 9.4%.

A second one, was obtained after 8 iterative calculus applied on 2021 conductivity data of stations 26 to 120. 129 data were not taken into account, so 8.1%.

A first correction is applied to every 2735 sample of stations 0 to 120.

The table below indicates C_1 and C_0 coefficients used to correct conductivity profiles:

Station ou groupe	Nombre d'échantillons considérés	Nombre d'échantillons retenus par le calcul	Déviation standard (0-5500 dbar)	Coefficients	
				C_1	C_0
0 - 25	585	537	0.00251	0.999285	0.270974E-01
26 - 120	2150	2021	0.00281	0.999219	0.287906E-01
0 - 120	2735	2558 (93.5%)			

Tableau 1: Table of results of calibration conductivity profile

The table indicates also for each station group, the number of samples selected, the number of samples validated, and finally the standard deviation which results for the selected group.

During the campaign, salinity was measured on 2735 samples. The calculus process have validated 2558 samples, so 93,5% of those. In other words, the gap between sample

conductivity that have been kept in the calculus and corrected conductivity on the profile is below 2.8* gap for the station group selected.

Figure 15 shows the remaining differences between probe and sample data, station by station as a function of pressure. Corrections by polynomial calculus of table 4 were applied to probe values. It appears that corrections give quite successful results (standard deviation < 0.003), despite a basic processing (only one cut between station 25 and 26) and the absence of precise work on each profile.

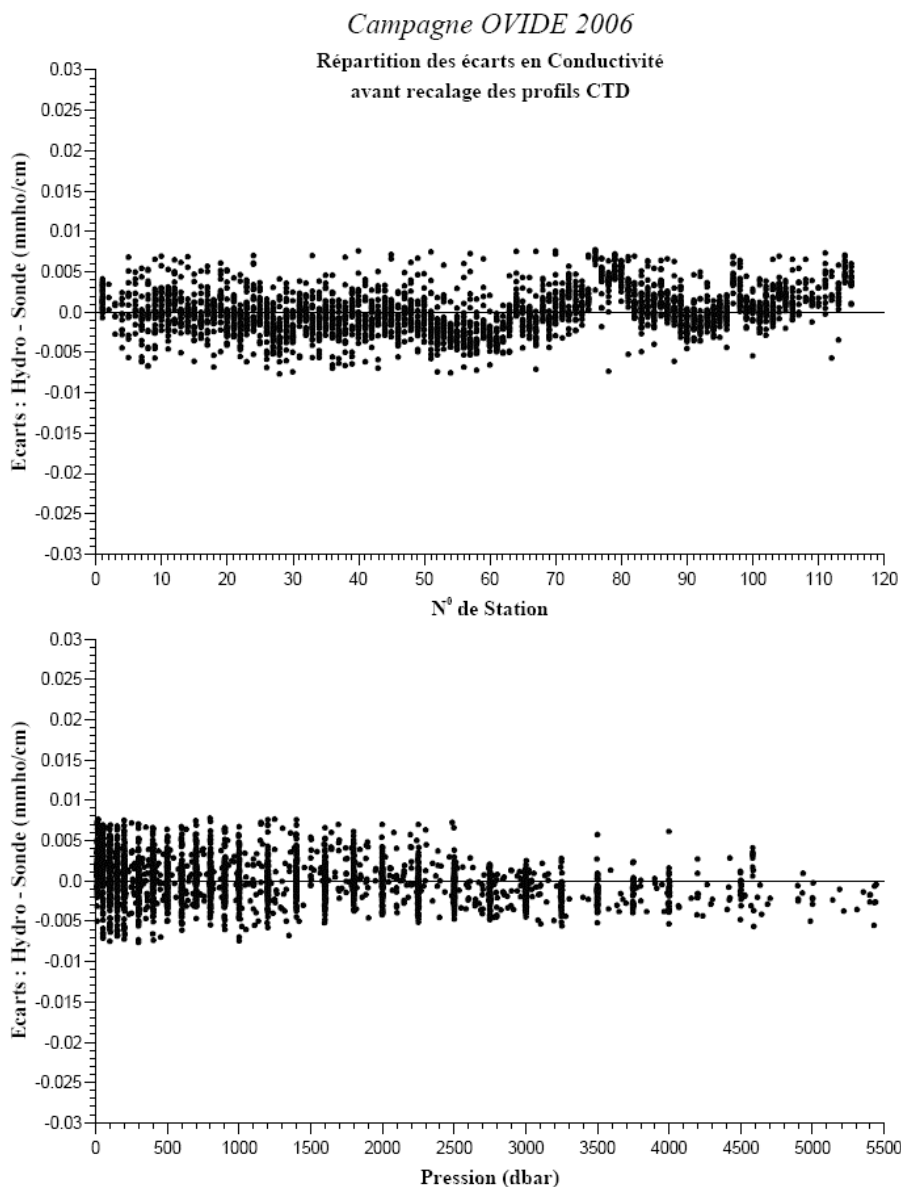


Figure 4 : Gap between the conductivity of samples and the conductivity of probe for each sample, first as a function of station number, and as a function of the pressure of the depth sample.

4.2 XBT Profile

At the end of the hydrological section, I deal with XBT data. XBT means eXpendable BathyThermograph. It measures temperature profile with a thermistance, while falling in the

water. 47 XBT and 5 CTD were deployed from Greenland south point to Faroe Islands. Using MATLAB software, I have created XBT profiles and temperature sections.

CONCLUSION

During my placement, I acquired technical knowledge about measurements and calibration of conductivity during an oceanographic campaign.

I measured 2785 salinity samples on the Portasal salinometers, at a rate of three or four boxes of 28 bottles per day, each box of 28 bottles required up to 2 hours of work.

I learned also how to create XBT and CTD profiles and sections with MATLAB and SURFER's softwares.

During this campaign, I learned part of the work onboard and with oceanography scientists and crewmembers.

I felt well adapted to this new environment because of the quality of my work during this mission, and I'm happy to think I have participated to the success of this campaign. Furthermore, my internship was a very interesting complement to my formation of Bsc "Hydrographic Oceanography"

Résumé :

Toute campagne hydrologique de qualité nécessite que l'on vérifie les mesures de sonde par des mesures d'échantillons prélevés à différentes profondeurs pour chaque station. Le projet d'Observation de la Variabilité Interannuelle à DEcennale en Atlantique Nord (OVIDE) contribue depuis 2002 à l'observation des éléments de circulation du gyre subpolaire de l'Atlantique Nord, dans le but de mieux comprendre la variabilité du climat de l'océan Atlantique Nord et les interactions de cet océan avec l'atmosphère.

A cette fin, trois campagnes hydrologiques ont eu lieu en juin 2002, 2004 et 2006, avec pour principal objectif, la réalisation d'une section hydrologique entre la pointe sud du Groenland (Cap Farwel) et le Portugal (Lisbonne).

La salinité est mesurée d'une part :

- par analyse de l'eau prélevée pour chaque station à l'aide d'une rosette équipée de 28 bouteilles Niskin,
- d'autre part, par la mesure *in situ* de la conductivité et de la température par une Bathysonde montée sur la Rosette.

Ces deux types de mesures sont nécessaires pour la validation des données obtenues. Ainsi, les données échantillons permettent de recalibrer ou de calibrer les données acquises par la sonde. Après validation de ces données, un diagramme TS ainsi qu'un profil des paramètres mesurés de la section, sont réalisés afin d'identifier les masses d'eau types, puis leur variabilité.

Mots-clés :

Calibration de la conductivité, salinité, OVIDE, section hydrologique, Rosette, CTD, masses d'eau.

Abstract:

Any high standard hydrological survey needs the calibration of CTD salinity profiles by conductivity measurements of water samples.

The project OVIDE (Observation of the Interannual to DEcennial Variability in the North Atlantic Ocean) has contributed to the observation of the oceanic meridional overturning cell's characteristics since 2002. The objective is to better understand the climate's variability of the North Atlantic Ocean and the interactions between this ocean and atmosphere. Three hydrological campaigns have been performed in June 2002, 2004 and 2006, mainly realizing a hydrological section between Greenland South Point (Cap Farwel) and the Portugal (Lisbon).

Salinity is measured by the analysis of water sample from each station using 28 bottles Rosette, and by *in situ* measurement of conductivity using a CTD sensor on the Rosette's frame.

These two different types of measurements are necessary to validate the profile data, since data from samples lead to the calibration of *in situ* data. After data validation, TS diagrams and sections can be drawn to identify water masses and their variability.

Keywords:

Conductivity calibration, salinity, OVIDE, hydrological section, Rosette, CTD, water mass.