

CALIBRATION DES MESURES CTD-O₂

Rémy CHUCHLA et Bernard BOURLES (Centre IRD de Bretagne)

1- Contributions à l'acquisition des données d'hydrologie.

L'ensemble du matériel utilisé pendant la campagne EQUALANT 2000 est rigoureusement le même que celui utilisé lors d'EQUALANT 1999 (voir *Chuchla et al.*, 2000). La base du châssis avait cependant été remodelé (changement et augmentation du nombre de silentblocs) et le pinger MORSE remis en état (ayant pris l'eau lors d'EQUALANT 1999 en raison de la présence nouvelle, et non mentionnée dans la documentation, de trous d'aération et de dégazage au niveau de la prise de recharge des batteries). La sonde hydrologique SEABIRD ayant pris l'eau dès le début de la campagne EQUALANT 1999 (*Chuchla et al.*, 2000), une sonde neuve a été expédiée à Nouméa en automne 1999 pour la campagne WESPALIS. C'est cette nouvelle sonde qui a été ensuite utilisée pendant la campagne.

La préparation, le regroupement et le suivi technique de l'ensemble du matériel d'hydrologie ont été assurés à Brest par Rémy CHUCHLA et Bernard BOURLES, avec l'assistance de François BAURAND et de Francis GALLOIS.

L'équipe EQUALANT tient à remercier l'INSU, pour le prêt de matériel (sonde et Deck Unit SEABIRD, châssis et bouteilles hydrologiques, en guise de matériel de secours) et d'un conteneur, et plus particulièrement Claudie BOURNOT-MAREC et Yves L'HERROU pour leur disponibilité, leur assistance et la parfaite préparation du matériel prêté.

Les différents programmes informatiques permettant la calibration des mesures de la sonde ont été mis au point par Rémy CHUCHLA lors du traitement des données de la campagne EQUALANT 1999, en partie à partir des codes développés par Yves GOURIOU et David NOWICKI à Cayenne pour une sonde NEIL-BROWN lors du programme ETAMBOT (voir *Gouriou*, 1997a, b).

Les personnes ayant participé lors de la campagne à l'acquisition des mesures 'sonde', que ce soit sous forme de quarts ou d'assistance électronique, sont les suivantes :

<u>Nom :</u>	<u>Laboratoire :</u>
Angora AMAN	Université de Cocody (Abidjan-CÔTE D'IVOIRE)
Bernard BOURLES	IRD-Brest
Rémy CHUCHLA	IRD-Brest
Boris DEWITTE	IRD-LEGOS-Toulouse
Gérard ELDIN	IRD-LEGOS-Toulouse
Francis GALLOIS	IRD-Nouméa
Georges KOUADIO	Université de Cocody (Abidjan-CÔTE D'IVOIRE)
Yves du PENHOAT	IRD-LEGOS-Toulouse

2- Présentation des sondes utilisées et de l'acquisition des mesures.

La sonde hydrologique CTD-O₂ utilisée est une sonde SEABIRD de type SBE 911+, (numéro de série SBE09P17569-0525). La sonde a parfaitement fonctionné sur l'ensemble de la campagne et la sonde SEABIRD de secours appartenant à l'INSU n'a pas eu à être utilisée.

La sonde comporte :

- un capteur de pression ; ce capteur est un capteur à quartz développé par la société Paroscientific Inc. Il est muni d'un capteur de température interne pour pouvoir effectuer une correction de température sur la mesure de pression. Il permet des mesures de 0 à 10000 psia ('pound per square inch, absolute' soit 6800 dbar, avec 1 dbar=1.4503774 psia) avec une résolution de 0.001% de la pleine échelle (soit 0.068 dbar) et une précision de 0.015% de la pleine échelle (soit environ 1 dbar).
- deux capteurs de température ; ces capteurs à sonde de platine permettent des mesures entre -5°C et +35°C, avec une résolution de 0.0002°C et une précision de 0.002°C.
- deux capteurs de conductivité ; ces capteurs à électrodes sont placés dans un tube en verre et mesurent la conductivité absolue. La gamme de mesure se situe de 0 à 7 S/m (Siemens par mètre, équivalent à 0-70 mmho/cm), avec une résolution de $4 \cdot 10^{-5}$ S/m et une précision de 0.0003 S/m.
- un capteur d'oxygène, à membrane polarographique de type Beckman, permettant des mesures de 0 à 15 ml/l, avec une précision de 0.1 ml/l et une résolution de 0.01 ml/l (soit approximativement 600 µmol/kg, 4 µmol/kg et 0.4 µmol/kg respectivement).

Une pompe externe relie les différents capteurs, afin d'assurer une meilleure synchronisation de leurs réponses. De même, chaque capteur de température est relié à un capteur de conductivité par un conduit, afin qu'ils mesurent exactement la même eau. Ainsi, on dispose de deux ensembles de capteurs T/C (température-conductivité).

Pour les études de répartition des particules un néphélomètre était également relié à la sonde. Les mesures de ce dernier appareil ne sont pas considérées ici.

Pour plus de détails sur les différents capteurs de la SEABIRD 911, prière de se référer au site internet du constructeur : <http://www.seabird.com/911plus.htm>.

Les numéros de série des différents capteurs utilisés pendant la campagne sont reportés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 :

Stations	1-89
Temp_0	32552
Temp_1	35551
Cond_0	42343
Cond_1	42340
Pression	75674
Oxygène	130511

Les capteurs de température et de conductivité de la sonde IRD avaient été calibrés par SEABIRD avant la campagne. Les mesures de conductivité du profil de montée sont ensuite calibrées à l'aide des mesures effectuées à partir des échantillons d'eau de mer prélevés pendant la remontée lors de chaque profil. Les capteurs d'oxygène sont calibrés une fois pour toutes en usine lors de leur fabrication. Les mesures 'brutes' d'oxygène de la sonde ne peuvent *a priori* être utilisées que pour visualiser les variations de la concentration en

oxygène selon la verticale. Cependant, le logiciel d'acquisition de SEABIRD prend en compte un algorithme (Owens et Millard, 1985) qui permet de corriger la mesure du capteur d'oxygène de l'influence de la pression. La correction des mesures est alors affinée par les comparaisons avec les mesures *in-situ*; en effet, les concentrations 'absolues' d'oxygène sont obtenues à partir d'une calibration effectuée à partir des dosages chimiques des échantillons d'eau de mer prélevés pendant la remontée lors de chaque profil.

Les données mesurées par la sonde ont été acquises à l'aide du logiciel SEASOFT (version 4.234) fourni par le constructeur de la sonde. Lors d'un profil les mesures de la sonde, effectuées à la fréquence de 24 Hz, sont transmises à un micro-ordinateur (de type PC) d'acquisition via le programme SEASAVE. Une fois la station terminée, une procédure de traitement préalable préconisée par le constructeur est appliquée aux données des profils de descente et de montée (voir le document joint au logiciel et indiqué en référence). La procédure exécute à la suite les programmes suivants :

- DATCNV : ce programme convertit les mesures brutes de la sonde en données physiques (pression, température, conductivité et les paramètres permettant de déduire l'oxygène dissous, qui sont le courant et la température).
- ALIGNCTD : ce programme avance de 3 secondes les mesures relatives à l'oxygène afin de les recalculer par rapport aux mesures de pression.
- WILDEDIT : ce programme vérifie les mesures et repère les mesures a priori incorrectes (s'écartant de plus de deux écart-types d'une moyenne calculée sur 24 mesures, soit toutes les secondes).
- CELLTM : ce programme applique une correction de l'inertie thermique pour le calcul de la conductivité.
- FILTER : ce programme applique un filtre 'passe-bas' à la conductivité (0.03 s) et à la pression (0.15s).
- LOOPEDIT : ce programme vérifie si le déplacement vertical de la sonde est correct pour effectuer les mesures. Il repère les mesures 1) dont la variation de pression est opposée au déplacement vertical moyen (descente ou montée) ou 2) pour lesquelles la vitesse verticale est inférieure à 25 cm/s.
- ROSSUM : ce programme lit dans un fichier de type '.ROS', généré par DATCNV, et inscrit dans un fichier de type '.BTL' des informations relatives aux mesures effectuées lors de la fermeture des bouteilles hydrologiques et préalablement repérées pendant l'acquisition.
- DERIVE : calcul de la dérivée en fonction du temps du courant d'oxygène et de la teneur en oxygène (en ml/l et en $\mu\text{mol/kg}$)
- BINAvg : ce programme effectue une moyenne des mesures et supprime les mesures 'mauvaises' repérées par BINAvg. Ici, la moyenne est effectuée en fonction de la pression tous les décibars.
- DERIVE : ce programme calcule la salinité pour les deux capteurs.
- SPLIT : ce programme sépare les profils de descente et de montée et ne conserve que le profil de descente.
- ASCIIOUT : ce programme crée un fichier sous le format « ascii » contenant les résultats des mesures pour tous les paramètres choisis.

Pour plus de détails sur ces procédures, prière de se référer au document SEABIRD relatif au logiciel, mentionné dans les références bibliographiques.

Après chaque palanquée de chaque station hydrologique, l'ensemble des mesures (brutes, et issues de ce traitement préliminaire) est systématiquement enregistré en double sur des disques magnéto-optiques.

3- Déroulement des travaux.

89 stations hydrologiques profondes ont été effectuées. En raison des multiples doubles palanquées (une de 0 à 500 m, l'autre jusqu'au fond) effectuées lors de stations très profondes (fond à plus de 4700 m), nous disposons de 109 profils hydrologiques. Une station 'zéro' a été effectuée entre Abidjan et la station n°1 située le long de 5°N au large de Tabou, afin notamment de vérifier les différents appareils installés sur le châssis de la bathysonde et les différentes chaînes d'analyse. Toutes les bouteilles ont été fermées à 2000 dbar (zone de gradient vertical minimum de la salinité et de l'oxygène). Trois autres stations 'tests' ont été effectuées pour permettre la réalisation de 'blancs' et tester la reproductibilité des analyses (salinité, oxygène, sels nutritifs et chlorofluorocarbones –fréons 11 et 12-). Au cours des trois stations 'test' (15, 34 et 49), les 24 bouteilles ont été fermées à 3000 dbar. 9 stations (stations 1 à 9) ont été effectuées le long de 7°W, entre 4°20'N et 1°30'N; 5 stations (stations n°10 à 14) ont été effectuées le long 1°30'N, entre 7°W et 10°N; 19 stations (stations n°14 à 33) ont été effectuées le long de la section méridienne 10°W, entre 1°30'N et 6°S; 14 stations (stations n°35 à 48) ont été effectuées le long de la section méridienne 0°E, entre 3°30'S et 2°N; 3 stations ont été effectuées le long de la méridienne 3°E (stations n°50 à 52), entre 2°N et 3°N; 24 stations ont été effectuées le long de la méridienne 6°E (stations 53 à 76) entre 3°45'N et 6°S, 8 stations (76 à 84) le long de 6°S et enfin, 4 stations (stations 85 à 89) ont été effectuées entre ce dernier point et Pointe Noire. A noter que, lors de la première palanquée de la station 43, les mesures de salinité et d'oxygène ne sont pas disponibles, les bouchons des capteurs n'ayant pas été retirés avant la mise à l'eau de la sonde...

La rosette SEABIRD est prévue pour supporter 24 bouteilles de prélèvement (des bouteilles de 8 litres ont été utilisées pendant la campagne) en PVC de type Niskin. Lors de doubles palanquées, généralement 6 bouteilles sont fermées lors de la première palanquée, de la surface à 500 m. Les prélèvements de la surface au fond (environ 20 mètres au-dessus) se répartissent ainsi :

- 30 bouteilles en 20 stations profondes (doubles palanquées).
- 24 bouteilles en 69 stations.

4- Calibration de la pression.

Les résultats des campagnes précédentes, et plus particulièrement d'EQUALANT-1999 et WESPALIS pendant lesquelles le même type de capteur de pression avait été utilisé, ont montré la précision et la fiabilité de celui-ci. Pendant toute la campagne WESPALIS, la pression a été contrôlée en surface et aucune dérive n'a été observée. Ainsi, il n'a pas été effectué d'étalonnage supplémentaire du capteur de pression, celui ayant été étalonné quelques mois avant la campagne lors de l'acquisition de la sonde.

5- Calibration de la température.

Les deux capteurs utilisés simultanément pour tous les profils ont été calibrés par SEABIRD le 2 Juin 2000 (soit un mois avant le début de la campagne).

Dès le début de la campagne le capteur de température n°32552 indiquait une augmentation brutale de 4/100° de °C à partir de 3000db. Cette brusque variation est probablement causée par un problème de compensation en pression au niveau du capteur. Aussi nous avons conservé pour toutes les calibrations que le capteur n° 32551 associé au capteur de conductivité n° 42340 (T1 et C1).

6- Calibration de la salinité.

6a. Principe :

La calibration des capteurs de conductivité est faite en comparant au niveau de fermeture des bouteilles les mesures de conductivité de la CTD lors du profil de montée avec la conductivité *in situ* des échantillons d'eau de mer prélevés dans ces bouteilles. La salinité de l'échantillon est convertie en conductivité *in situ* en utilisant les mesures de pression et de température calibrées de la sonde au niveau du prélèvement. Les mesures de conductivité de la sonde sont calibrées en utilisant un polynôme de degré 1 qui minimise les écarts d'une station ou d'un groupe de stations. Le calcul des coefficients du polynôme se fait par itérations successives. A chaque itération l'écart en conductivité entre l'échantillon et le modèle est comparé à l'écart-type de l'ensemble des écarts. Les échantillons qui s'écartent de plus de 2,8 fois l'écart-type sont rejetés et le processus de minimisation est repris. Ce dernier est arrêté lorsque tous les écarts sont inférieurs à ce seuil. Le modèle issu de la comparaison avec les mesures CTD du profil de montée est appliqué aux conductivités du profil de descente.

6b. Calibration :

Etant donné i) que seul le second capteur (T1) de température est pris en compte, et que ii) le capteur de conductivité (C1) associé au capteur T1 s'est bien comporté et n'a pas été changé pendant la campagne (voir tableau 1), le capteur de conductivité généralement considéré par la suite correspond à ce capteur C1. La visualisation des écarts entre les conductivités des échantillons d'eau de mer et les mesures brutes de conductivité du profil de montée de la sonde ([figure 1](#) ci-après) permet de choisir une stratégie de regroupement des stations pour le calcul des polynômes de calibration.

Campagne EQUALANT 2000

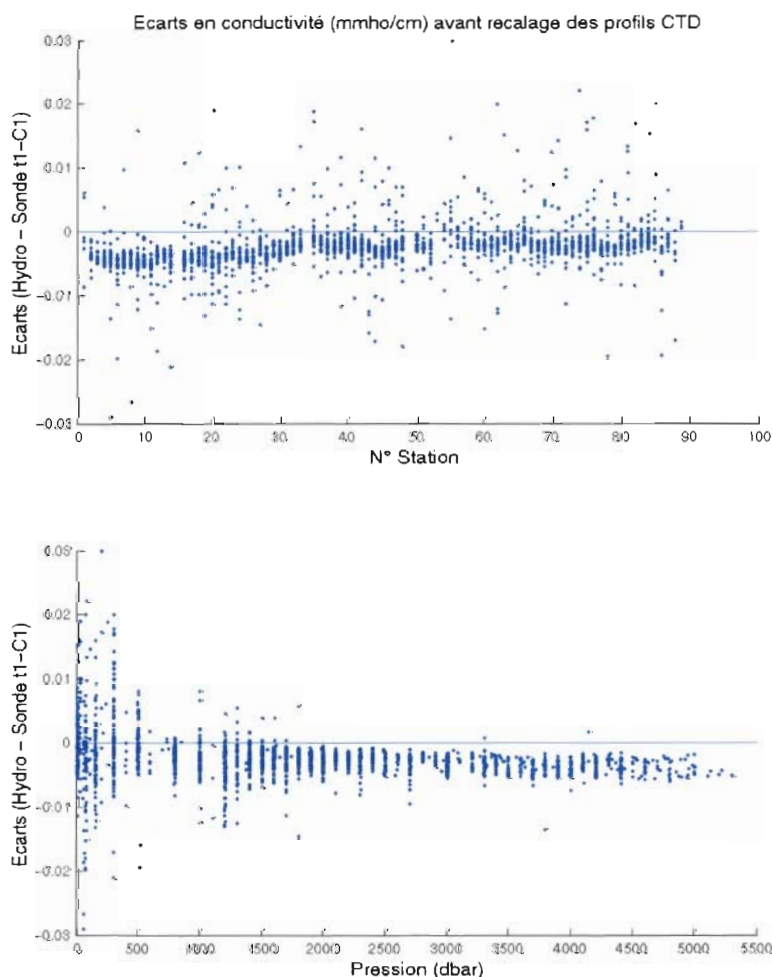


Figure 1 : Ecart en conductivité, en mmho cm^{-1} , entre les mesures des échantillons et les mesures de la sonde lors du profil de remontée, avant calibration; en fonction du temps (numéro de station, en haut) et de la pression (en bas).

Le tableau 2 ci-après présente le découpage retenu ainsi que la déviation standard et les coefficients utilisés pour chaque groupe de stations. La conductivité C ainsi calibrée est obtenue par l'équation linéaire $C_{\text{corrigée}} = A \times C_{\text{mesurée}} + A0$.

A noter que la station 53 a été traitée à part, en raison d'un problème rencontré, et inexpliqué, sur le capteur d'oxygène.

Tableau 2 :

Groupe de Stations	Déviati�n standard	A	A0
0-3	0.0009425	1.0001687	-0.0096047
4-11	0.0008981	1.0000501	-0.0061587
12-14	0.0009671	1.0000521	-0.0060311
16-21	0.0010858	0.9999947	-0.0041144
22-26	0.0008705	1.0000251	-0.0047308
27-33	0.0012068	1.0000337	-0.0038524
35-40	0.000989	1.0001745	-0.0078443
41-43	0.000587	1.0002284	-0.0099708
44-45	0.000641	1.000139	-0.007773
46-48	0.001005	1.0004396	-0.017062
50-76	0.000937	1.0002364	-0.009869
77-80	0.000723	1.0002049	-0.0092653
81-82	0.001005	1.0011874	-0.0409386
83-89	0.001467	1.0000966	-0.0045242

La figure 2 ci-dessous représente les écarts obtenus après la calibration des mesures de la sonde. Les valeurs des écarts sont très satisfaisantes, et n'indiquent aucune dérive au cours du temps ni de dépendance en pression.

Campagne EQUALANT 2000

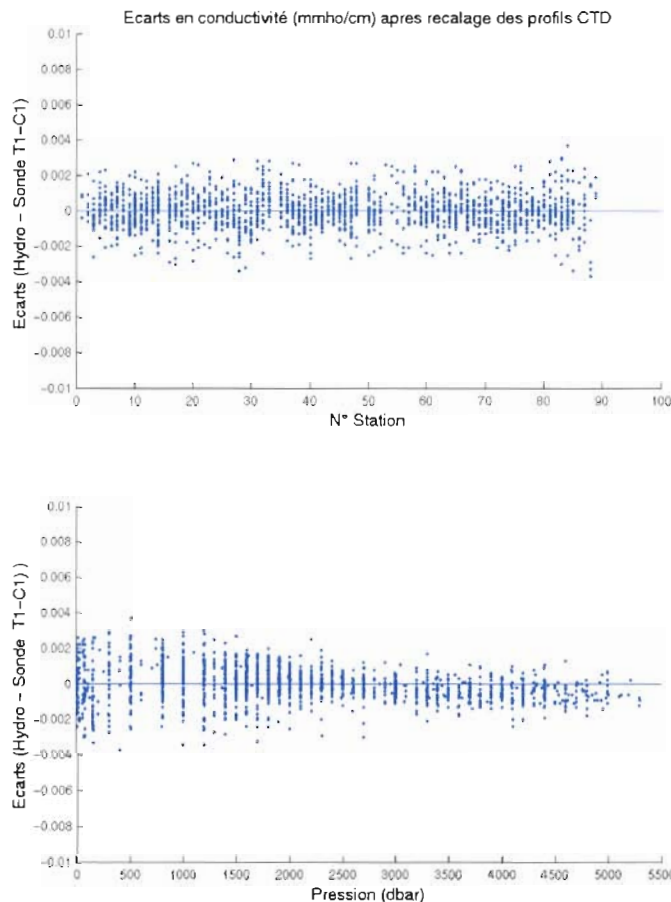


Figure 2 : Ecarts en conductivité, en mmho cm^{-1} , entre les mesures des échantillons et les mesures de la sonde lors du profil de remontée, après calibration; en fonction du temps (numéro de station, en haut) et de la pression (en bas).

Les histogrammes présentés sur la figure 3 montrent que la distribution des écarts est bien centrée. De la surface au fond, l'écart est inférieur à $0.002 \text{ mmho cm}^{-1}$ dans 74% des cas, et inférieur à $0.001 \text{ mmho cm}^{-1}$ dans 35% des cas. Si l'on considère les mesures aux pressions supérieures à 1000 dbar, ces pourcentages deviennent respectivement 88% et 44%. Ces résultats sont plus satisfaisants que lors des deux campagnes ETAMBOT (ETAMBOT-1, en septembre-octobre 1995 et ETAMBOT-2, avril-mai 1996) et équivalents à ceux des deux campagnes EQUALANT 1999 et CITHER-1 (janvier-mars 1993), pour laquelle respectivement 26%, 17% et 38% des écarts considérés de la surface au fond étaient inférieurs à $0.001 \text{ mmho cm}^{-1}$ (Gouriou, 1997a, 1997b ; Billant et Brannelec, 1994).

Campagne EQUALANT 2000

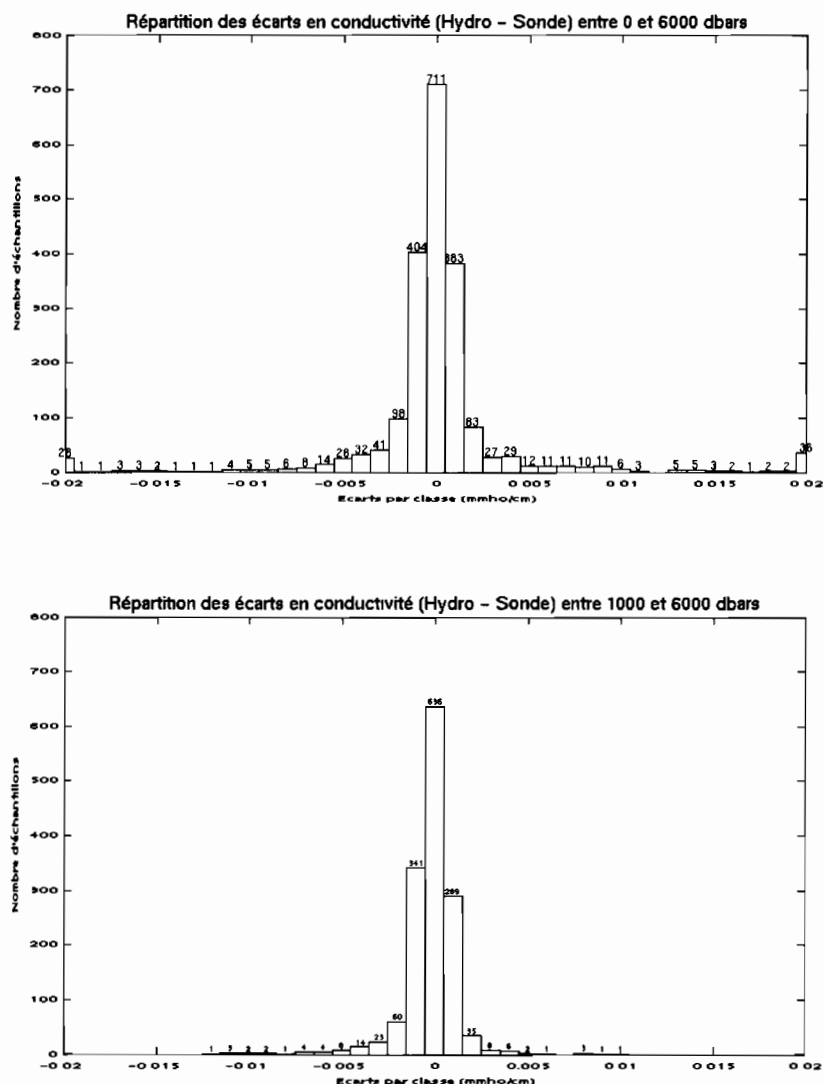


Figure 3: Histogramme des écarts entre les valeurs de conductivité issues de l'analyse des échantillons et des mesures de la sonde après calibration. Ces écarts sont considérés de la surface au fond (en haut) et de 1000 dbar au fond (en bas).

6c. Vérification des résultats :

Hormis les résultats statistiques, le contrôle de la qualité de la calibration du capteur de conductivité de la sonde peut être effectué de plusieurs manières :

- Par comparaison des diagrammes θ -S des profils 'descente' entre stations successives, afin de vérifier s'il n'y a pas de sauts dans la calibration.
- Par comparaison des diagrammes θ -S de la campagne EQUALANT 2000 avec ceux de profils effectués aux mêmes positions géographiques lors de campagnes antérieures.

6c.1 Comparaison des diagrammes θ -S entre stations successives.

Les diagrammes θ -S de toutes les stations de la campagne ont été contrôlés en comparant toutes les paires de stations voisines successives. En analysant les écarts de salinité observés à des températures potentielles inférieures à 2°C (3°C lorsque le fond est moins profond), il s'avère que les écarts excèdent exceptionnellement 1/1000^{ème}.

6c.3 Comparaison des diagrammes θ -S avec des campagnes antérieures.

Certaines stations de la campagne EQUALANT 2000, notamment le long de la section méridienne 10°W, répètent exactement des stations des campagnes CITHER-1 (à 4°30'S, en janvier 1993) et EQUALANT 1999 (août 1999). Au total, 14 comparaisons de diagrammes θ -S ont été effectuées, et les écarts ont été estimés à vue pour des températures potentielles inférieures à 2°C, et plus généralement inférieures à 1,5°C. Il s'avère que 84% des écarts observés sont inférieurs à 0.0015, comme cela est illustré sur la figure 4 ci-dessous (ce qui correspond à la précision, indiquée par le constructeur, de l'appareil d'analyse PORTASAL utilisée pour la mesure de la salinité).

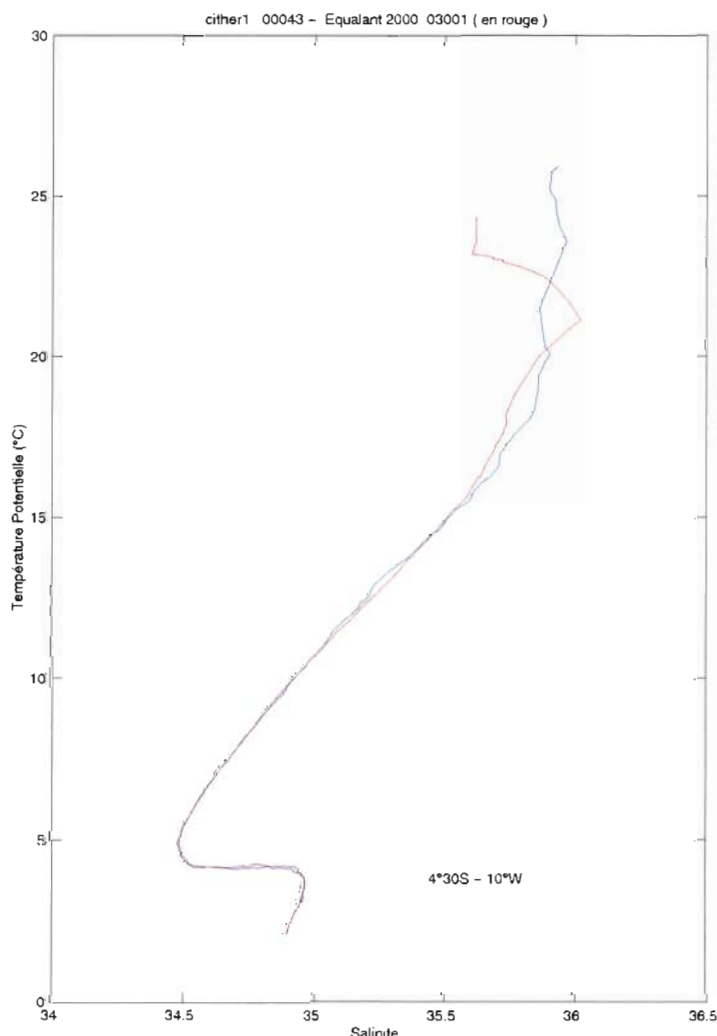


Figure 4: Diagrammes θ -S des profils 43 de Cither-1 (en bleu) et 30 d'Equalant 2000 (en rouge) obtenus à 10°W-4°30'S.

7- Calibration de l'oxygène.

7a. Calibration :

Les mesures du capteur d'oxygène de la sonde sont calibrées en comparant les résultats des analyses chimiques avec les mesures de la sonde obtenues à la même pression, en prenant en compte le profil de descente. En effet la calibration effectuée en prenant en compte le profil de remontée a été abandonnée d'une part à cause d'un phénomène d'hystérésis (de l'ordre de 5 $\mu\text{mol/kg}$) et d'autre part à cause des turbulences engendrées par la fermeture des bouteilles, les capteurs se trouvant au niveau inférieur de la rosette.

La calibration se fait en utilisant la méthode de *Owens et Millard* (1985). Le modèle d'ajustement nécessite une technique de régression non linéaire. Comme pour la calibration de la conductivité, les coefficients du modèle sont déterminés par itérations successives, pour un ensemble de stations.

La figure 5 montre les écarts, en $\mu\text{mol/kg}$, entre les mesures des échantillons et les mesures de la sonde extraites du profil de descente, avant la calibration des profils. Ce type de schéma aide notamment à choisir une stratégie de regroupement des stations pour le calcul des polynômes de calibration des mesures d'oxygène.

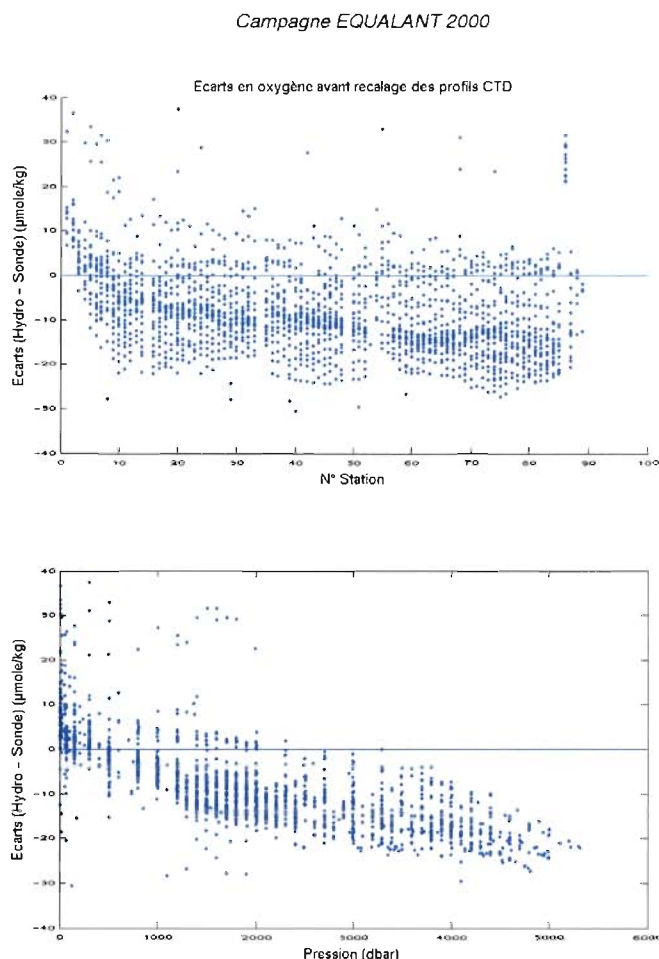


Figure 5 : Ecart d'oxygène dissous (en $\mu\text{mol/kg}$), entre les mesures des échantillons et les mesures de la sonde lors du profil de descente, avant calibration; en fonction du temps (numéro de station, en haut) et de la pression (en bas).

Le tableau 3 ci-après présente le découpage retenu ainsi que le nombre d'échantillons utilisés pour le calcul, le nombre de ceux retenus lors de la minimisation, et la déviation standard pour chaque groupe de stations. Au total, 2003 échantillons ont été utilisés; 1844 ont été retenus, soit 92,1 % des mesures initiales.

Tableau 3 :

Groupe de Stations	Nombre d'échantillons considérés	Nombre d'échantillons retenus par le calcul	Déviati on standard
1-2	20	20	2.0
3-4	38	37	1.4
5-9	138	133	2.7
10-14	131	117	1.3
16-38	543	495	1.7
39-48	281	259	1.4
50	24	24	1.8
51-52	47	44	0.8
53	3	3	-
54	9	9	1.1
55-85	722	657	1.4
86	15	14	2.4
87	14	14	2.8
88	7	7	0.7
88-89	11	11	4.6

La figure 6 montre les écarts, en $\mu\text{mol/kg}$, entre les mesures des échantillons et les mesures de la sonde extraites du profil de descente, après la calibration des profils. Ces écarts sont tout-à-fait acceptables sur l'ensemble des stations et de la colonne d'eau. Ainsi, les histogrammes de la figure 7 montrent que la distribution des écarts est relativement bien centrée. Celle-ci l'est d'autant plus, et moins dispersée, que l'on considère les données situées à des profondeurs supérieures à 1000 dbars. Ainsi, l'écart est inférieur à 1 $\mu\text{mol/kg}$ dans 34 % des cas, et inférieur à 2 $\mu\text{mol/kg}$ dans 76 % des cas. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus pendant les campagnes ETAMBOT, pour lesquelles ces pourcentages sont de 33% et 74%, et de 27% et 65% pour ETAMBOT-1 et 2 respectivement (*Gouriou, 1997a, 1997b*) et également à ceux obtenus pendant la campagne EQUALANT 1999 (*Chuchla et al., 2000*).

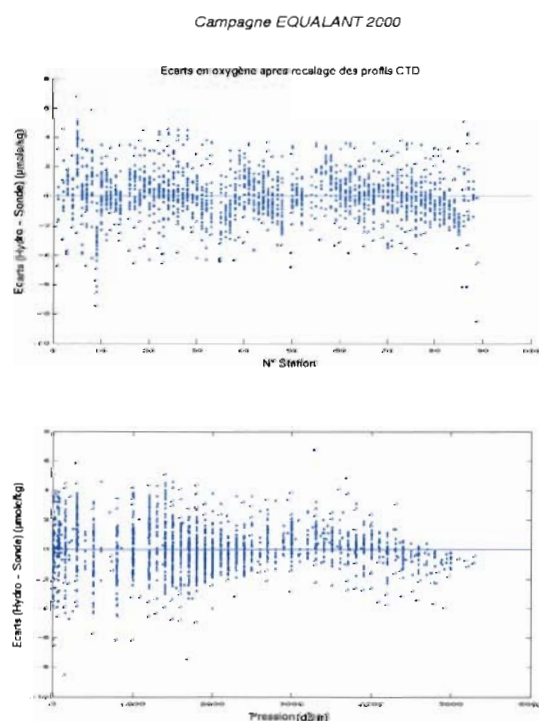


Figure 6 : Ecart s d'oxygène dissous (en $\mu\text{mol/kg}$), entre les mesures des échantillons et les mesures de la sonde lors du profil de descente, après calibration; en fonction du temps (numéro de station, en haut) et de la pression(en bas).

Campagne EQUALANT 2000

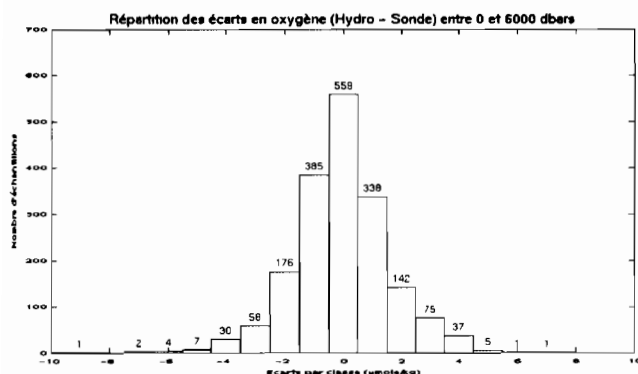
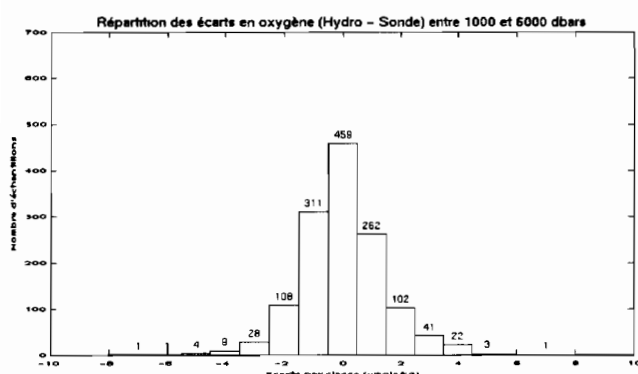


Figure 7 : Histogramme des écarts entre les valeurs d'oxygène dissous issues de l'analyse des échantillons et des mesures de la sonde après calibration. Ces écarts sont considérés de la surface au fond (en haut) et de 1000 dbar au fond (en bas).



7b. Vérification des résultats :

Le contrôle de qualité de la calibration du capteur d'oxygène a été effectué comme pour la conductivité, en comparant les diagrammes θ -O₂ des profils 'descente' entre stations successives (vérification de l'absence de sauts dans la calibration) et par comparaison des diagrammes θ -O₂ de la campagne Equalant2000 avec ceux effectués aux mêmes positions géographiques lors de campagnes antérieures.

7b.1 Comparaison des diagrammes θ -O₂ entre stations successives.

Les diagrammes θ -O₂ de toutes les stations ont été contrôlés en comparant toutes les paires de stations voisines successives. En analysant les écarts observés à des températures potentielles inférieures à 3°C, il s'avère que les écarts sont inférieurs à 2 µmol/kg, sauf pour les couples 6-7, 7-8, 8-9 et 9-10 (soit le long de 7°W au nord de 1°30'N), pour lesquels les écarts sont compris entre 3 et 5 µmol/kg.

7b.2 Comparaison des diagrammes θ -O₂ avec les campagnes antérieures.

Les profils d'oxygène ont été comparés avec des profils réalisés en des mêmes positions lors de campagnes antérieures, à savoir CITHER-1 (février 1993), et EQUALANT 1999 le long de 10°W. Au total, 20 comparaisons de diagrammes θ -O₂ ont été effectuées, et les écarts ont été estimés à vue pour des températures potentielles inférieures à 2°C, et plus généralement inférieures à 1,5°C. Il s'avère que tous les écarts observés sont inférieurs à 2 µmol/kg, comme cela est illustré sur la [figure 8](#) ci-dessous.

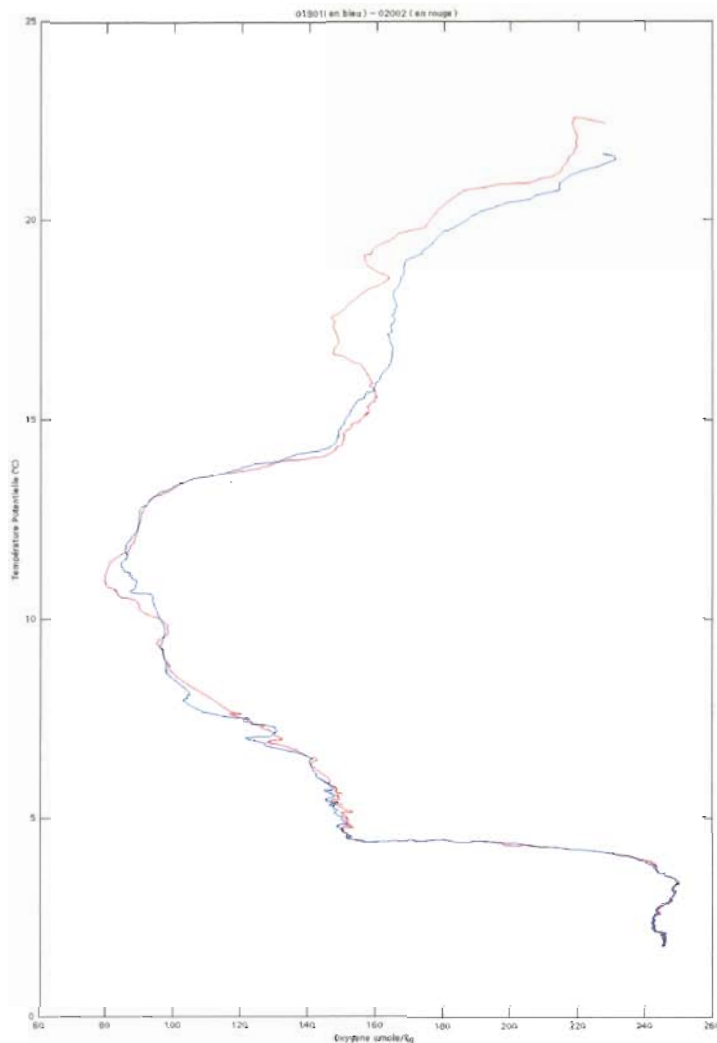


Figure 8 : Diagramme θ -O₂ des profils 24 d'Equalant 1999 (en bleu) et 85 d'Equalant 2000 (en rouge), obtenus à 10°W-2°S.

8- Contenu et format des fichiers générés.

Les fichiers, à raison d'un fichier par palanquée (ainsi, il y a 2 fichiers relatifs aux stations profondes ayant nécessité 2 palanquées), sont en ASCII à un type de format analogue (mais non identique - la position ici est fournie, mais le type d'instrument utilisé et la fréquence d'acquisition ne le sont pas -) à celui préconisé par le WHP (*Joyce et Corry, 1994*). Un exemple de début de fichier est fourni ci-dessous.

```

EQUALANT 2000
STRNBR 30 CASTNO 9 NO.RECORDS 151
DATE: 25/07/2000 05:09:23
LATITUDE: 0 1.9700 S LONGITUDE : 35 1.5300 W
CTDPRS CTDTMP CTDSAL CTD OXY NUMBER QUALT1
DBAR ITS-90 PSS-78 UMOL/KG OBS.
*****
0.00 27.5849 35.5149 156.90 45 2999
1.00 27.5849 35.5149 156.90 45 2999
2.00 27.5849 35.5149 156.90 45 2999
3.00 27.5849 35.5149 156.90 45 2222
4.00 27.5855 35.5178 185.73 58 2222
5.00 27.5863 35.5174 184.51 37 2222
6.00 27.5839 35.5149 184.89 31 2222
7.00 27.5898 35.5188 183.86 44 2222
8.00 27.5915 35.5197 184.46 34 2222

```

avec :

- 1^{ère} ligne : intitulé de la campagne.
- 2^{nde} ligne : indices de la station et de la palanquée, et nombre de données du profil.
- 3^{ème} ligne : date, et heure (TU).
- 4^{ème} ligne : position (degrés, minutes, centièmes).
- 5^{ème} ligne : code des paramètres (p, T, S, O₂, nombre de mesures considérées pour le calcul des valeurs, code de qualité des valeurs)
- 6^{ème} ligne : unité des paramètres.

La signification des codes de qualité est la suivante :

<u>Code</u>	<u>Définition</u>
1	Non calibré
2	Mesure acceptable
3	Mesure douteuse
4	Mauvaise mesure
5	Non reporté
6	Interpolé sur un intervalle supérieur à 2 bar
7	Pics anormaux éliminés
8	Pas défini pour les mesures CTD-O ₂
9	Non échantillonné

A noter que :

- les mesures sont fournies tous les décibars.
- les valeurs les plus proches de la surface sont extrapolées (de façon constante) jusqu'à la surface p=0 lorsqu'elles ne se trouvent pas initialement à ce niveau.
- les valeurs du néphélomètre ne sont pas mentionnées dans les fichiers.

9- Références bibliographiques.

- Billant, A., et P. Brannelec, Calibration des mesures CTD-O₂; Campagne CITHER-1 N/O ATALANTE (2 janvier – 19 mars 1993), Recueil de données, Vol.2 : CTD-O₂, Rapport Interne LPO (94-04), 1994.
- Chuchla, R., B. Bourlès et Y. Gouriou, Calibration des mesures CTD-O₂, Campagne EQUALANT 99, N.O. Thalassa 13 juillet – 21 août 1999, Rapport de campagne à la mer, Rapport interne LODYC n°2000-01, décembre 2000.
- Gouriou, Y., Calibration des mesures CTD-O₂, dans « Campagne ETAMBOT 1, Recueil de données, Vol.1/2 : Introduction, Mesures 'en route', Courantométrie ADCP, mesures CTDO₂, Coupes de distributions verticales », Doc. Scient. du Centre ORSTOM de Cayenne, O.P. 22, 1997a.
- Gouriou, Y., Calibration des mesures CTD-O₂, dans « Campagne ETAMBOT 2, Recueil de données, Vol.1/2 : Introduction, Mesures 'en route', Courantométrie ADCP, mesures CTDO₂, Coupes de distributions verticales », Doc. Scient. du Centre ORSTOM de Cayenne, O.P. 24, 1997b.
- Joyce, T., et C. Corry, Requirements for WOCE hydrographic programme data reporting, WHP Office Report 90-1, WOCE Report n°67/91, Woods Hole, Mass., USA, 1994.
- Owen, W.B., et R.C. Millard, A new algorithm for CTD oxygen calibration, Journal of Physical Oceanography, 15, 621-631, 1985.
- Seabird Electronics, Inc., CTD Data Acquisition software, SEASOFT, version 4.234, Washington, USA, 2 octobre 1998 (email : seabird@seabird.com).
- World Ocean Circulation Experiment : WOCE Experiment Manual, WHP Office Report 90-1, WOCE Report No. 67/91, Rev.2, Woods Hole, Mass., USA, May 1994.

Chuchla Rémy, Bourlès Bernard.

Calibration des mesures CTD-O2, 89.

In Andrié Chantal (ed.), Bourlès Bernard (ed.).

Campagne Equalant 2000 N.O. Thalassa (24 juillet-21 août 2000) : rapport de campagne à la mer.

Brest (FRA) : IRD ; Paris (FRA) : LODYC, 2001, p. 75-87
multigr.. (Document Scientifique et Technique du
Centre IRD de Bretagne (FRA)), 89

Détails