

SOERE CTDO2

Compte rendu de l'atelier OXYGENE

Lundi 10 Octobre 2016 LOCEAN, Paris

Personnes présentes :

F. Baurand (US IMAGO), P. Branellec (LOPS), E. Brion (ALTRAN), L. Coppola (LOV), JL. Fuda (DT-INSU), J. Grelet (IRD), C. Lagadec (Ifremer), D. Lefevre (M.I.O), A. Poteau (LOV), V. Racapé (Ifremer), G. Reverdin (LOCEAN), G. Rougier (CNRS)), P. Rousselot (IUEM), C. Saout-Grit (GLAZEO), P. Testor (CNRS), V. Thierry (LOPS) T. Wagener (M.I.O)

1-Etat des lieux sur les données Argo-O₂ (V.Thierry)

Certains problèmes ont été résolus en ce qui concerne les mesures d'O₂ par capteur optique (optode) : conversion des mesures O₂, dépendance de P et effets du temps de réponse. Ceci est maintenant inclus dans la dernière version du « cookbook » Argo (Thierry et al., 2016a).

D'autres problèmes restent irrésolus : conditionnement in situ, « crochets » en bas des profils O₂ (en profondeur). Ce dernier serait très sensible aux conditions physiques du milieu environnant.
Une vérification de la vitesse de remontée du flotteur serait à tester.

Enfin certaines pistes semblent prometteuses : stabilité sur le long terme, mesures dans l'air (heure de la journée), correction en utilisant la mesure dans l'air et in situ. Pour ce dernier, **la hauteur du mât sur lequel l'optode est fixée et le moment de la journée pendant laquelle cette mesure est effectuée (problème avec l'ensoleillement) sont à prendre en considération.**

Les mesures dans l'air effectuées à bord n'ont pas été vraiment concluantes (trop dépendant de la personne qui effectue le test).

2- Mise à jour du « cookbook » Argo sur les mesures d'oxygène et documents de référence (V.Thierry)

La dernière version 2.2 date d'octobre 2016. Elle est disponible en ligne (<https://dx.doi.org/10.13155/39795>). Ce rapport prend en compte les différents types de capteurs utilisés pour mesurer l'O₂ sur les flotteurs Argo (SBE43-IDO, SBE63, Aanderaa 3830 et 4330, Rinko FT), les différentes équations de calibration avec le nombre de coefficients de calibration (polynomiale, Stern-Volmer).

Un cookbook sur les contrôles qualité temps réels et temps différé est également disponible (Thierry et al., 2016b). Des améliorations sont encore à prévoir. Cela concerne les tests de QC sur les « crochets », l'attribution de QC pour les données de trajectoires et l'ajustement temps réel qu'il serait possible de faire à partir des mesures dans l'air.

La question sur l'application de ces routines QC temps réel pour les gliders par le DAC CORIOLIS a été soulevée. La prochaine réunion prévue autour des données glider-MOOSE avec Coriolis devrait répondre à cela.

Les documents de référence suivants sont disponible en ligne :

Thierry V., H. Bittig, D. Gilbert, T. Kobayashi, K. Sato, C. Schmid, 2016a: Processing Argo OXYGEN data at the DAC level, v2.2, <http://doi.org/10.13155/39795>

Thierry Virginie, Bittig Henry, The Argo-Bgc Team, 2016b: Argo quality control manual for dissolved oxygen concentration. <http://doi.org/10.13155/46542>

Bittig Henry, Kortzinger Arne, Emerson Steve, Gilbert Denis, Neill Craig, **Thierry Virginie**, Bronte Tilbrook, Uchida Hiroshi (2016a). SCOR WG 142: Recommendations on the conversion between oxygen quantities for Bio-Argo floats and other autonomous sensor platforms. <http://doi.org/10.13155/45915>

Bittig Henry, Kortzinger Arne, Emerson Steve, Gilbert Denis, Neill Craig, **Thierry Virginie**, Bronte Tilbrook, Uchida Hiroshi (2016b). SCOR WG 142: Recommendation for oxygen measurements from Argo floats, implementation of in-air-measurement routine to assure highest long-term accuracy. <http://doi.org/10.13155/45917>

3- Statut sur les données O₂ Argo archivées dans les DAC et GDAC (A.Poteau)

Une comparaison des données Argo-O₂ archivées dans les GDAC et JCOMMOPS a permis de montrer qu'environ 883 profils étaient bien bancarisés avec les bonnes informations (modèles de capteurs, date de calibration, nom des paramètres, ...).

Les profils de ces données archivées montrent que le statut sur la correction de l'O₂ est très variable en fonction de l'origine des DAC.

4- Données inter-comparaison sur BioArgoMed (T.Wagener et L.Coppola)

Lors de la seconde campagne d'ensemencement de la Méditerranée en flotteurs bio-Argo, 3 types de mise à l'eau ont été réalisés : un flotteur sans profil de référence, 6 flotteurs avec un profil CTDO2 (ajusté avec Winkler) réalisés après les déploiements et 2 flotteurs accrochés à la rosette CTDO2 (« bicorne »).

Les calculs de concentrations en O₂ à partir des mesures d'optode (4330) ont été réalisés avec la dernière version du rapport « Processing Argo oxygen at the DAC level » auquel ont été rajouté la correction de pression. Les coefficients de calibration de l'optode ont été établis à partir des mesures dans l'air (ajustement avec la routine de H.Bittig).

Les mesures par profils (CTD de référence et flotteurs) montrent des écarts importants entre l'O₂ flotteur et celui mesuré par la méthode Winkler (référence). Ces écarts sont très variables en fonction de la profondeur. Les mesures par paliers (« Bicorne ») montrent aussi des écarts entre la surface et la profondeur alors qu'on s'attendait à avoir des écarts constants (entre -5 et 5 µmol/kg). **Ces écarts pourraient être dus aux pilonnements de la rosette notamment en profondeur** ou à un effet de température car la différence Winkler-DOXY ressemble au profil de température.

La même procédure a été réalisée sur 2 flotteurs bio-Argo récupérés en Méditerranée Nord-Occidentale après 2 ans de déploiement (LOBIO67c et 68d). La différence entre la mesure flotteur et celle de référence (CTDO2 ajusté) avant déploiement et après récupération a peu évolué pour le flotteur LOVBIO67c alors que celle pour le flotteur LOVBIO68d a presque doublé.

5- Outil LOCODOX pour corriger les données d'optode (E. Brion)

Il s'agit d'un outil Matlab permettant de corriger la mesure O₂ à partir des capteurs Aanderaa ou Seabird. Trois paramètres sont nécessaires : la concentration en O₂ (DOXY), le pourcentage de saturation (PSAT) et la pression partielle en O₂ (PPOX).

LOCODOX utilise 3 méthodes de correction :

- WOA : utilisant les données climatologiques (WOA09 (atlas Winkler, mL/L))
- REF : utilisant des données In-Situ de référence : CTD réalisée au déploiement, par exemple
- INAIR : utilisant la mesure dans l'air effectuée par le flotteur

LOCODOX produit les fichiers NetCDF Argo version 3.1 avec une mise à jour des données corrigées et des « metadata ».

La méthodologie se sépare en 6 phases : lecture des données/fichiers, le contrôle qualité (sélectionne uniquement les QC 1 et 2), la préparation des données (interpolation), la correction des données (profils ascendants), l'ajustement et la mise au format NetCDF (diffusable pour les DAC).

Il est à noter que la correction dans l'air n'est pas encore rodée.

6- Comparaison des méthodes d'ajustement de l'O₂ mesuré par SBE43 (CTD). (P. Rousselot)

Les méthodes d'ajustage du LOPS et du LEGOS ont été comparées à partir d'un jeu de données CTDO₂ de la mission PIRATA 2016 (profils peu profond ; <2000m). Cet ajustement consiste à minimiser les erreurs entre le profil SBE43 de descente et celui obtenu à partir des données Winkler.

La méthode du LOPS (chaîne CADHYAC) utilise les données obtenues à la même pression, moyennées sur un intervalle et les concentrations d'O₂ sont obtenues à partir de l'équation de Murphy et al. 2008 (pas de correction dynamique et application d'un polynôme pour la correction de l'effet de pression).

Celle du LEGOS/PMEL utilise les données descentes obtenues à la même densité. Les valeurs O₂ sont calculées à partir de l'équation Uchida et al. 2010 (P_{cor}, T_{cor}, Tau).

Pour la comparaison, 50 profils ont été testés avec 11 prélèvements Winkler par profils. Au total 532 valeurs ont été sélectionnées pour faire la correction du SBE43.

L'ajustement en utilisant les niveaux de densité rejette moins de données et présente des résidus moindres (cas : équation de Murphy et al., optimisation des coefficients SOC et Voffset par groupement de stations).

La méthode statistique proposée dans la méthode du LEGOS où le SOC et l'Offset diffèrent à chaque station n'est pas robuste. **Il est plus robuste d'ajuster sur un groupe de station dont le nombre est conséquent afin de donner plus de poids à la correction.** En général on se fie au rapport Winkler/SBE43 pour grouper les stations ensemble (le rapport doit rester constant pour que la méthode des moindres carrées soit fiable).

Des précisions ont aussi été données pour les conversions utilisées :

$[O_2] \mu\text{mol/l} = [O_2] \text{ ml/l} * 44.6596$ (i.e : volume molaire moléculaire de l'air @ p, T, S standard 22.3916 L/mol, sensu stricto le volume molaire moléculaire de l'O₂ @ S, P=1 atm, T=0°C est de 22.386 dm³, soit 44.67122 pour la conversion mol vers dm³ et 24.03 dm³ @ 20°C soit un facteur de conversion de 41.6121).

Les valeurs ITS-90 et la température in situ sont préférables (SeaBird préconise également d'utiliser les valeurs ITS-90 dans l'équation de Garcia & Gordon pour Oxsat).

7- L'inter-comparaison des mesures SBE63 sur mouillage (D.Lefevre)

Une comparaison des mesures entre le SBE43 ajusté et les SBE63 montés sur la rosette montre des différences importantes entre les paliers de mesure (5 et 2000m) et entre les capteurs calibrés à la même date (capteurs neufs).

L'expérience montre que les acquisitions des mesures SBE63 ne doivent pas être inférieures à 60s et les paliers doivent durer entre 30-45 min pour avoir un nombre de points suffisants (minimum 30 points).

A l'heure actuelle aucune méthode de correction ou d'explications ont permis d'expliquer ces écarts (SBE43_adj vs. SBE63_raw).

8- L'inter-comparaison des mesures SBE63 sur une plateforme fixe ASFAR (P.Branellec)

Le test a été effectué sur une Microcat SBE37-ODO (capteur SBE63 pour l'O₂) de juin 2015 à juillet 2016 avec un pas de temps de 3600s en Atlantique nord sur une plateforme posée sur un fond de 1683m.

Le capteur SBE63 a ensuite été immergé dans un bain d'eau de mer thermostaté avec des sondes CTD 2 mois après la récupération de la plateforme. Deux paliers ont été testés : 2°C et 5°C. En parallèle des analyses Winkler (référence) ont été effectués.

Les résultats post-déploiement (bain en métrologie) montrent que des écarts existent entre :

- La température de référence et celle du SBE37 (sur lequel est monté le SBE63) : -0.26/-0.27
- La salinité mesurée in situ et celle du SBE37 : 0.093/0.013
- L'O₂ Winkler et SBE63 : 0.13 pour les 2 tests (2 et 5°C)

Les mesures au début et à la fin du déploiement montrent des écarts différents pour T, S et O₂ : 0.004, 0.002 et 0.23 respectivement.

L'écart de 0.23 ml/l équivaut à un écart de 10 µmol/kg, ce qui correspond à l'écart moyen observé en Méditerranée sur des capteurs SBE37-ODO installés sur les mouillages (ex. DYFAMED et LION).

Les différences entre les biais estimés en bain ou *in situ* montrent la difficulté de l'exercice et la nécessité de définir un protocole d'étalonnage.

9- Correction des données de profils O₂ obtenus avec capteur JFE RINKO (L.Coppola)

Depuis 2 ans, un nouveau capteur optique (optode) est utilisé sur la série temporelle DYFAMED. A ce jour c'est le seul capteur optique adapté pour les profils verticaux (temps de réponse < 1s).

A DYFAMED, 21 profils ont été comparés et un écart de +/- 8 µmol/kg est observé. Cet écart reste constant mais aucune méthode n'a été publiée à ce jour pour corriger ce type de données. Egalement une surestimation de ces données en profondeur est bien visible si on les compare aux données SBE43 ajustés. Peu d'échanges avec JFE sur les méthodes d'ajustement de ces données.

L'équation qui permet de calculer les concentrations O₂ à partir du voltage en sortie du capteur comporte 8 coefficients de calibrations qui ont été calculés à partir du 0 et 100% de saturation O₂. Ces coefficients ne sont pas assez précis si on se réfère à ceux de l'optode Aanderaa. Cette équation tient compte de T et P. Pas de correction de S.

La méthode d'ajustage par les moindres carrées n'a rien donné de concluant. Celle préconisée pour ajuster ces coefficients serait **un ajustement par polynôme (« polynomial fit ») afin de contraindre ces 8 coefficients en tenant compte des écarts entre la surface et le fond.**

Discussions :

Les données Glider-O₂ :

Des mesures de référence sont nécessaires avant et après le déploiement pour mieux qualifier et ajuster les données optode. En effet, les capteurs (en majorité 3830) sont anciens et présentent un « offset » important qui n'est pas corrigé dans les profils glider. **Il est donc nécessaire de mettre en place une méthode d'inter-comparaison comme c'est le cas actuellement pour T et S.**

La méthode proposée serait une mesure à terre dans un bain avec des valeurs de référence (Winkler et/ou SBE37-ODO calibrée) et une mesure dans l'air au moment du déploiement. Cela nécessite de changer la position du glider en surface. Ces mesures dans l'air devraient durer 15 min.

Un exercice sera organisé à la Seyne/Mer début 2017 pour faire des tests sur ces mesures de référence (à terre, en zodiac/air). Ceci devrait être aussi discuté lors du Comité de Pilotage de la Cellule Glider (JL. Fuda, DT-INSU).

Inter-calibration des mesures Winkler :

L'objectif est d'établir un état des lieux de l'analyse Winkler au niveau national avec rédaction de rapport et une analyse critique. Un exercice est déjà prévu en Novembre 2016 en Bretagne avec les labos IRD et IFREMER.

L'idée ici serait d'élargir l'exercice au niveau national en incluant les labos Parisiens (LOCEAN) et Méditerranéens (Banyuls, Marseille et Villefranche). Une demande de soutien pour réaliser cet exercice en 2018 à Marseille/Villefranche sera envoyé au GMMC en Septembre 2017 (organiseurs : T.Wagener, L.Coppola).

Rédaction d'un « Best Practices » sur les mesures O₂ par SBE43 :

Il est essentiel de rédiger les différentes recommandations pour la mesure et l'ajustement des données O₂ à partir des mesures de SBE43 comme cela a été fait par la communauté Argo pour les mesures optode. Ceci permettrait de proposer des stratégies lors des campagnes en mer (stratégie optimale et à minima lorsque le temps bateau est restreint). On pourrait ainsi s'assurer de l'homogénéisation des mesures et des corrections appliquées.

Opérations à réaliser pour le prochain atelier en 2017 :

Argo-O₂ :

- Vérifier la vitesse de remontée des flotteurs lorsque les profils présentent des « crochets » au fond
- Solutions proposées au sujet des mesures d'optode dans l'air : quelle est la hauteur du mât adéquate ? stratégie pour les bio-Argo (quelle heure ? temps de mesures ? etc...)
- Stratégie pour les mesures sur rosette (« bicorne ») : vérifier la variabilité de la pression sur les données (corriger le pilonnement)

Glider-O₂ :

- Vérifier auprès du DAC CORIOLIS si les méthodes temps-réel pour la qualification des données optode O₂ est bien suivi. Si non, se servir du « cookbook » Argo.
- Effectuer des tests pour les mesures de référence avant et après déploiement du glider. Proposer une stratégie pour ajuster la donnée en temps réel

Mouillage-SBE63 :

- Quelle stratégie et quelles sont les corrections possibles pour les mesures avant et après déploiement ? Quelles profondeurs par paliers choisir ? Pourquoi des différences existent dans les écarts SBE63-Winkler à différentes profondeurs ?

Bateau-SBE43 :

- Rédaction d'un rapport sur la stratégie de mesure et de correction des données
- Comparaison des méthodes d'ajustage du LOPS et du LEGOS à partir de profils profonds
- Comparer mesures Winkler à toutes les stations vs sous-échantillonnage des mesures Winkler
- Intégrer méthode d'ajustage du LEGOS dans CADHYAC comme option

Capteur JFE-RINKO :

- Quelle méthode de correction permet de contraindre au mieux les coefficients de calibration ? Est-il nécessaire de calibrer le capteur avec la méthode multipoints (en utilisant par exemple la plateforme OSMO) ?

Exercices inter-comparaison des mesures Winkler :

- Présenter le projet qui sera soumis au GMMC en Septembre 2017 : quels labos ? quelle stratégie est envisagée ? Quelle serait la période la plus propice ? Etc...