

Meilleures pratiques opérationnelles XBT pour l'assurance qualité

Version 1.0

Auteur : Justine Parks

Contributeurs : Francis Bringas ; Craig Hanstein; Lisa Krumel

Éditeurs principaux : Rebecca Cowley ; Janet Sprintall

Autres rédacteurs : Lijing Cheng ; Mauro Cirano; Samantha Cruz; Marlos Goes;
Shoichi Kizu; Franco Reseghetti

2021

1 Résumé.....	3
2 Présentation.....	3
3 Matériel	4
3.1 XBT	4
3.2 Lanceur.....	4
3.3 Matériel d'acquisition de données	4
3.4 ordinateur	5
3.5 de navigation par satellite (GNSS)	5
3.6 Émetteur.....	6
3.7 Câblage.....	6
3.8 Conditionneur d'alimentation.....	6
3.9 Sondes de test	6
3.10 Plate-forme	6
3.11 Outil de mesure de distance.....	7
3.12 Pièces de rechange et fournitures.....	7
4 Déploiement.....	7
4.1 Préparation avant le déploiement	7
4.2 Installation sur site	9
4.3 terrain	12
5 Étalonnage	14
6 Exactitude et précision	14
7 Normes.....	15
8 Méthodes d'évaluation de la qualité	15
8.1 profils XBT pour les échecs de base.....	16
8.2 Vérification des métadonnées	16
8.3 données de test	16
8.4 de croisière	17
9 Gestion des données	17
10 Résumé	17
11 Organisations/Remerciements	18
12 Glossaire des termes	18
13 Références.....	19
14 Annexe : Exemples de fonctionnalités de profil de données XBT.....	22
14.1 Code 1 - Le CQ a été effectué ; semble correct	22
14.2 Code 2 - Le CQ a été effectué ; probablement bon.....	24
14.3 Code 3 - CQ était joué; semble douteux	26
14.4 Code 4 - Le CQ a été effectué ; semble erroné	27
14.5 Code 5 - La valeur a été modifiée suite à CQ	32

1 Résumé

Depuis les années 1970, les BathyThermographs EXpendables (XBT) ont fourni la solution la plus simple et la plus rentable pour l'échantillonnage rapide des profils de température par rapport à la profondeur de la partie supérieure de l'océan le long des transects de navires.

Ce manuel, compilé par le Groupe d'experts sur la mise en œuvre du programme de navires occasionnels (SOOPIP), un sous-groupe de l'équipe d'observation des navires (SOT) du Groupe de coordination des observations du Système mondial d'observation de l'océan (GOOS) et des membres de l'équipe scientifique XBT, vise à améliorer l'assurance qualité des données XBT en établissant les meilleures pratiques pour les mesures sur le terrain et en promouvant leur adoption par la communauté opérationnelle et scientifique mondiale. Les composants du système de mesure comprennent des sondes de température jetables disponibles dans le commerce, le lanceur, le matériel d'acquisition de données (DAQ), un récepteur GNSS (Global Navigation Satellite System), un émetteur satellite en option et un ordinateur avec des commandes logicielles. La plate-forme de mesure peut être n'importe quel navire de mer disposant d'un espace disponible pour l'équipement et l'opérateur, et capable d'effectuer des voyages océaniques à travers les régions d'intérêt. L'adoption d'une méthodologie standard dans l'installation et le déploiement du système de mesure conduira à des améliorations de la qualité des données avec un impact ultérieur sur le calcul et la compréhension des changements dans les propriétés océaniques proches de la surface (par exemple, la teneur en chaleur), la dynamique de la circulation océanique et leur relation. à la variabilité climatique.

2 Présentation

Les mesures de température XBT surveillent les changements de température de l'océan de la sous-méso-échelle à l'échelle mondiale, en dérivant les principaux courants de surface et de sous-surface pour étudier le transport de chaleur méridien dans tous les bassins océaniques et complètent également d'autres plates-formes d'observation pour évaluer la variabilité de la teneur en chaleur de la partie supérieure de l'océan. Des transects XBT fixes sont établis le long des routes de navigation régulières ciblées pour l'échantillonnage en fonction de notre compréhension de la façon dont la dynamique régionale de la couche supérieure de l'océan et la structure thermique peuvent être liées aux signaux climatiques à long terme, aux événements météorologiques extrêmes, aux évaluations des écosystèmes, etc. Les données XBT sont archivées et distribuées par divers centres de données internationaux et la plupart des données sont mises à disposition sur le système mondial de télécommunications (GTS) dans les 24 heures suivant l'acquisition, fournissant des informations essentielles pour la météo, les modèles de prévision climatique et d'autres applications scientifiques.

Depuis 1980, l'objectif principal du groupe de mise en œuvre du programme de navires occasionnels (SOOPIP) est de répondre aux exigences mondiales en matière de données océanographiques XBT établies par les communautés scientifiques et opérationnelles internationales. De plus, SOOPIP est spécifiquement chargé de coordonner l'échange de pratiques recommandées pour le réseau XBT. Impliquant désormais 20 agences de différents pays distribuant la plupart des données XBT en temps quasi réel sur le GTS, l'importance pour SOOPIP de développer une méthodologie cohérente pour la collecte de données XBT est claire. Lors de la 6^e réunion scientifique internationale XBT en 2018, les participants ont reconnu le besoin fondamental d'un ensemble de meilleures pratiques à travers une action avec cet objectif spécifique (IOC, 2018).

Ce document représente les meilleures pratiques opérationnelles XBT recommandées par SOOPIP pour l'assurance qualité et fait partie d'une suite de documents de bonnes pratiques compagnons distincts pour inclure :

- "Recrutement des navires SOT et conduite à bord"
- "Contrôle qualité XBT en mode différé" • "Contenu et format des métadonnées XBT"

Le système de mesure XBT décrit dans ce document a été adopté pour sa viabilité logistique et financière pour les études nécessitant des mesures à grande échelle, à haute densité et fréquemment répétées des profils de température de la couche supérieure de l'océan. Certains objectifs de recherche océanographique nécessitent des mesures de profil de température très précises à des profondeurs bien résolues que le XBT ne peut pas atteindre avec sa précision spécifiée par le fabricant de $\pm 0,2$ ° C et des profondeurs estimées à partir d'un calcul de temps. Les flotteurs autonomes Argo de profilage de la température et de la salinité qui atteignent 2 000 m de profondeur fournissent un réseau mondial de températures plus précises ($\pm 0,002$ ° C) tout au long de l'année.

profils. La mission principale du flotteur Argo, lancée en 2000, est de maintenir une couverture mondiale maillée de plus de 3 000 de ces flotteurs profilants. Cependant, les flotteurs Argo sont rapidement balayés des courants de frontière où se produisent un transport de masse et de chaleur à grande échelle et il y a moins de résolution spatiale de l'échantillonnage par les flotteurs Argo dans les régions dynamiques. Une approche synergique pour comprendre la circulation dans les courants de frontière et d'autres applications pourrait nécessiter une combinaison de plates-formes, y compris des transects XBT haute résolution, ainsi que des planeurs, des profils Argo, des mouillages et des mesures de télédétection.

3 Équipement Cette

section traite des types d'équipement couramment utilisés pour les déploiements XBT et fournit des aides pour les meilleures sélections. L'installation, les tests et la maintenance de l'équipement sont traités dans les sections suivantes. Tous les prix (en USD) des équipements indiqués ici sont typiques à cette date de publication (2021).

3.1 XBT

Les XBT offrent la solution la plus simple et la plus rentable pour obtenir fréquemment des profils de température le long de transects fixes de la couche supérieure de l'océan. Le XBT contient une thermistance de précision située dans le nez de la sonde et la carte DAQ mesure la résistance de la thermistance et la convertit en température. La profondeur est calculée empiriquement en fonction du temps écoulé depuis le contact avec l'eau à l'aide d'une équation de taux de chute (FRE). Il n'y a actuellement que deux grands fabricants de XBT dans le monde, l'américain Lockheed Martin's Sippican et le japonais Tsurumi-Seiki Company (TSK). Le choix de la sonde est principalement basé sur la société à laquelle l'institution de financement peut accéder pour l'achat. Chaque fabricant propose une variété de modèles XBT ; le SOOPIP recommande les Sippican Deep Blues ou TSK T-7, conçus pour atteindre une profondeur de 760 m à une vitesse de navire de 20 nœuds, l'une des sondes les plus rentables (< 100 USD chacune). Bien que la sonde ne soit évaluée qu'à une profondeur maximale de 760 m, il est courant qu'elle atteigne près de 1000 m, selon la vitesse du navire, avec une qualité de données équivalente. Le XBT le plus profond est le Sippican et le modèle TSK T-5, qui sont capables d'atteindre une profondeur de 1830 m mais doivent être lancés à une vitesse de navire de 6 nœuds.

3.2 Lanceur La

conception de base du lanceur portable à déclenchement manuel pour les XBT Sippican et TSK est la même et disponible dans le commerce auprès de ces fabricants de XBT (~ 1 500 USD). Un levier comprime 3 broches de contact électriques pointues sur la cartouche XBT avec un câble la connectant au système DAQ ; l'utilisateur tient le lanceur au-dessus du côté du navire et tire la goupille qui fixe le XBT à l'intérieur de la cartouche, libérant la sonde XBT pour qu'elle tombe par-dessus bord.

Les fabricants et différentes institutions ont développé leurs propres lanceurs capables de contenir plusieurs sondes XBT et permettant le déclenchement à distance et automatisé du lancement XBT. Les avantages des lanceurs automatiques incluent : un pourcentage plus élevé de profils réussis, des déplacements moins fréquents sur le pont par mauvais temps, plus de repos pour le technicien de terrain lorsque l'échantillonnage est 24h/24 et des intervalles de largage programmables qui permettent d'éviter les stations manquées.

Les inconvénients comprennent: un poids et un volume d'équipement plus importants pour l'expédition et le stockage à bord, et un plus grand potentiel de pannes d'équipement en raison de la complexité accrue des lanceurs manuels. Le coût de développement d'un lanceur automatique comporte trop de variables à estimer ici, mais des économies pourraient être réalisées en produisant un lanceur automatique développé par une autre organisation avec leur coopération.

En fin de compte, SOOPIP ne recommande pas spécifiquement les lanceurs manuels ou automatisés ; cette décision doit être basée sur la satisfaction des besoins et du budget des utilisateurs. Cependant, si un lanceur automatique est utilisé, un lanceur manuel devrait également être disponible en tant qu'outil de dépannage et de secours précieux en cas de défaillance d'un composant du lanceur automatique.

3.3 Matériel d'acquisition de données

Sippican et TSK proposent tous deux du matériel DAQ (cartes de circuits électroniques propriétaires avec boîtiers et câbles en option) pour le traitement du signal XBT, qui fournissent des résultats dans les paramètres de précision et d'exactitude prescrits établis pour la technologie XBT (~ 5000 USD pour Sippican LMC-16 PCBA, circuit carte uniquement).

De plus, les cartes DAQ peuvent être conçues en interne, comme l'enregistreur de données Turo qui a été initialement conçu pour être utilisé pour le programme XBT de l'Organisation de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth d'Australie (CSIRO). Quel que soit le matériel DAQ utilisé, ses performances en combinaison avec l'ensemble du système XBT pour atteindre une précision de $\pm 0,2$ °C doivent être bien validées avant la mise en œuvre.

3.4 Logiciel et ordinateur L'ordinateur peut

être assez basique, n'ayant besoin que des connecteurs de câble de données et de la configuration système appropriés pour faire fonctionner le logiciel de contrôle de l'équipement. Un style d'ordinateur portable approprié (500 USD) est recommandé pour réduire l'espace d'expédition et d'installation sur banc.

Le logiciel de contrôle de l'équipement peut être obtenu auprès du fabricant du matériel DAQ ou conçu sur mesure.

La base de la conception du logiciel doit être axée sur les besoins des utilisateurs, mais il est recommandé d'inclure les fonctionnalités suivantes :

- Interface avec le récepteur GNSS – Affichez en continu la position et capturez-la pour chaque profil éliminer les erreurs de saisie manuelle des données. Effectuez des vérifications internes pour alerter l'utilisateur d'éventuelles erreurs de données de position. Une option de saisie manuelle des positions est recommandée en cas d'échec des données de la source de position principale pour éviter les stations manquées.
- Déclencher automatiquement une libération XBT ou alerter l'opérateur lorsqu'un point de collecte de données prescrit est atteint. Cela peut être basé sur le temps, la distance ou la position.
- Capturer les métadonnées - Exigences en matière de métadonnées telles qu'établies par l'équipe de travail SOT-10 sur les métadonnées SOOP (WMO, 2019) et décrites dans le document d'accompagnement de cette suite de bonnes pratiques "Contenu et format des métadonnées XBT", doivent être capturées et jointes à chaque ensemble de données de profil. • Pour chaque profil de température, conserver les données brutes du signal pour le profil ainsi que les températures calculées et profondeurs.
- Transmission de données – Le programme doit créer un fichier de données approprié pour la transmission en temps réel du navire au rivage. De préférence, le logiciel doit pouvoir s'interfacer avec l'émetteur pour envoyer automatiquement les profils au fur et à mesure qu'ils sont regroupés et alerter l'utilisateur des échecs de transmission.
- Traduire et enregistrer le signal XBT à 3 décimales - Bien que la précision des XBT soit nettement inférieure, les signaux de bruit de cette ampleur sont de bons indicateurs pour alerter l'opérateur des problèmes de données.
- Alerter l'opérateur de diverses défaillances du système telles que la perte du signal GPS. • Capturez les indicateurs de contrôle qualité (CQ) initiaux générés à partir de l'entrée de l'utilisateur ou d'une évaluation automatisée.

3.5 Récepteur du système mondial de navigation par satellite (GNSS) Une position

précise (latitude et longitude) est requise pour chaque profil XBT collecté. Le système de positionnement global (GPS) offre la couverture et la précision les plus fiables à l'échelle mondiale de toute constellation de navigation mondiale, il est donc préférable de sélectionner un récepteur avec accès aux satellites GPS pour éviter la perte du signal de positionnement.

Avec de nombreuses variétés d'appareils GPS abordables et précis disponibles dans le commerce (~ 100 USD), presque tous les modèles pouvant être interfacés avec les commandes informatiques mises en œuvre sont acceptables. Les données de position du récepteur doivent pouvoir être interfacées avec l'ordinateur pour éviter les erreurs de saisie par l'utilisateur plutôt que de se fier aux affichages et à la saisie manuelle. De nombreux modèles d'émetteurs ont également un GPS intégré, éliminant ainsi le besoin d'un GPS séparé. Bien qu'un affichage séparé ne soit pas nécessaire, il s'agit d'un excellent outil de vérification pour s'assurer que les données de position entrées dans le programme sont correctes. Des fonctionnalités supplémentaires telles que des sorties pour la vitesse et le cap peuvent être requises en fonction des commandes logicielles utilisées.

3.6 Emetteur

La valeur des données XBT pour les applications climatologiques est augmentée en rendant les données largement disponibles pour la communauté en temps réel aussi proche que possible. Lorsque les budgets et les conditions sur le terrain le permettent, des transmissions de données du navire à terre doivent être mises en œuvre. La transmission en temps quasi réel permet également un contrôle qualité supplémentaire des profils pendant la croisière. Les émetteurs Iridium sont un bon choix d'émetteur (~ 1 500 USD, antenne comprise) car ils ont des tarifs de données bas (~ 1 USD / profil selon le temps de connexion) et peuvent être utilisés comme modem commuté pour établir une connexion PPP à Internet avec des fichiers de données transférés via FTP. L'utilisation de FTP au lieu de SMTP est recommandée comme option économique en raison de la capacité des connexions FTP à reprendre le téléchargement des données en cas de perte de connexion, ce qui peut être courant dans les régions océaniques éloignées. Étant donné que les fournisseurs Iridium facturent généralement les transmissions en fonction du temps de connexion plutôt que de la taille des fichiers, plusieurs profils peuvent être regroupés pour réduire les coûts. Le service Iridium Short Burst Data est plus coûteux et Inmarsat est encore plus cher que l'option de transfert Iridium FTP.

3.7 Câblage Les

câbles, utilisés sur le pont depuis le point de connexion extérieur de la sonde XBT jusqu'à l'endroit où elle se connecte à l'intérieur au système d'acquisition de données, varient selon l'application. Dans toute installation à long terme, le câble doit être durable contre les dommages causés par l'usure, les intempéries et les rayons ultraviolets. Le câble doit inclure un blindage contre les interférences électromagnétiques souvent présentes sur les navires. Les connecteurs doivent être de faible résistance, les connecteurs extérieurs doivent être étanches et, si des connecteurs métalliques sont utilisés, ils ne doivent pas entrer en contact avec la coque métallique du navire. Une alternative économique au câblage blindé à usage intensif qui n'a pas besoin de résister à des installations de pont à long terme est CAT6, qui utilise des paires de fils torsadés et un amplificateur différentiel et ne devrait donc pas nécessiter de blindage dans la plupart des environnements. Vous pouvez également implémenter une solution sans fil.

3.8 Conditionneur d'alimentation

Une source d'alimentation propre est essentielle pour éviter les interférences avec le signal de la sonde, des dispositifs de protection de l'alimentation sont donc nécessaires. Sippican recommande l'utilisation d'un transformateur ultra-isolant (~ 800 USD) pour isoler le système du sol du navire. Une alimentation sans coupure (UPS) de qualité marine est une autre option pour le conditionnement de l'alimentation (~ 400 USD).

3.9 Sondes de test Les

sondes de test peuvent être achetées dans le commerce ou construites sur mesure. Idéalement, le circuit de test comprendra tous les composants du système XBT, à l'exception de la sonde XBT elle-même, et fournira une simulation de température. Certaines sondes de test peuvent n'agir que pour tester le fonctionnement du système sans fournir de simulation de profil de température ; bien que cela soit mieux que pas de test, il est fortement recommandé d'utiliser une sonde de test de température. D'autres sondes de test peuvent contourner le lanceur, testant ainsi uniquement l'électronique, mais cela ne révélera pas s'il y a des problèmes avec les câbles ou les connecteurs du lanceur. Des informations de diagnostic importantes peuvent être révélées à l'aide d'un test de simulation mono-température. Il est également utile d'avoir plusieurs sondes de température de référence entre 1 et 30 ° C pour couvrir la plage de températures océaniques en utilisant des résistances standard de bonne qualité pour simuler la température souhaitée. Vérifiez que les sondes de test de température fonctionnent à un ordre de grandeur supérieur au capteur de température XBT en termes de précision et d'exactitude en enregistrant à plusieurs reprises la lecture de température simulée pendant la durée d'un profil XBT normal. Voir la section 4.1.2 pour une discussion plus approfondie sur les tests du système.

3.10 Plate-forme

Avec l'autorisation et la coopération des armateurs et des opérateurs, la plate-forme XBT peut être n'importe quel navire en état de naviguer avec de l'espace disponible pour l'équipement et l'opérateur et capable d'effectuer des voyages océaniques à travers les régions d'intérêt à la fréquence requise. L'utilisation de navires d'occasion, qu'ils soient sportifs, militaires, commerciaux, de recherche ou de pêche, permet de réaliser d'importantes économies dans la collecte de données car ces navires sont déjà employés pour leurs activités habituelles, éliminant ainsi les coûts d'affrètement. De nombreux navires accosteront volontairement

espace, tandis que d'autres facturent des frais nominaux pour la nourriture et les repas (10 \$ à 35 \$ US / jour). La sélection, le recrutement et l'interaction avec les navires appropriés sont expliqués en détail dans le document d'accompagnement de cette série de bonnes pratiques « SOT Vessel Recruitment and On-board Conduct » ; utilisez ce guide pour la logistique lors de la préparation de la rencontre avec le navire sélectionné. Anticipez quels équipements, raccords et outils spécifiques à la conception du navire pourraient être nécessaires en plus des matériaux spécifiés dans ce document.

3.11 Outil de mesure de distance La hauteur

de l'emplacement de lancement au-dessus de la surface de l'eau doit être mesurée pour être incorporée dans le FRE afin d'améliorer le calcul de la profondeur du profil (Bringas et Goni 2015). Un outil de mesure de distance laser (50 USD) fournit la hauteur réelle la plus précise pour un navire chargé en cours.

3.12 Pièces de rechange et fournitures Si les

coûts, la commodité et l'espace n'étaient pas un obstacle, les pièces de rechange pourraient comprendre un système de secours complet. En général, les pièces de rechange minimales recommandées sont celles qui sont les plus susceptibles de tomber en panne et dont on ne peut pas se passer, telles que : lanceur manuel, connecteurs de câble, matériel DAQ, ordinateur et GNSS. Complétez la liste d'équipement avec des fournitures supplémentaires telles qu'un multimètre, une lampe de poche, un kit électrique et une trousse à outils pour être prêt à toutes les éventualités et pour éviter d'emprunter les outils et les fournitures de bureau du navire.

4 Déploiement

Comme mentionné précédemment, le système de mesure XBT est une méthode facile à déployer et économique pour obtenir des profils de température océanique aussi profonds que 2000 m où une précision de l'ordre d'un dixième de degré Celsius est acceptable. Le système de lanceur à main le plus simple peut être transporté dans une mallette de la taille d'un gros bagage de passager d'avion. Il peut être utilisé par un seul technicien de terrain sans connaissances techniques avancées, nécessitant environ 5 minutes par profil collecté. En tirant parti des navires d'occasion et du personnel qui travaille à bord en tant qu'opérateurs, les coûts d'affrètement des navires et des techniciens sur le terrain pourraient être réduits à zéro. Généralement, pour les lignes à haute densité (c'est-à-dire lorsqu'une sonde XBT est déployée tous les 10 à 30 km), un technicien de terrain est fourni par l'organisation et payé au tarif contractuel. Les ressources supplémentaires en personnel (hors voyages et jours passés en mer) sont estimées en heures-personnes comme suit : gestion de projet, y compris recrutement et planification des navires, 8 à 40 heures par voyage ; préparations et emballage de l'équipement avant le déploiement, 8 à 40 heures ; installation ou démontage du système à bord, 8 heures ; post-traitement des données et contrôle qualité 0,5-5 minutes par profil.

4.1 Préparation avant le déploiement Une préparation

minutieuse avant la mission est essentielle pour l'assurance de la qualité des données et pour éviter les échecs qui entraînent une réduction de la collecte des données.

4.1.1 Planification

L'importance cruciale des voyages, de la logistique et de la planification des horaires ne peut être surestimée. Bien qu'ils ne fassent pas l'objet d'une discussion approfondie dans ce document, certains exemples de pièges incluent :

- Le transport international d'équipements est chargé de complexités de la part de l'industrie et des autorités. • Les navires SOOP sont souvent soumis aux aléas de la météo, des ports et de la gestion qui peuvent retarder ou acheminer les navires sans préavis.
- Le fait de ne pas anticiper ou comprendre les restrictions et exigences de voyage vers les pays étrangers peut facilement faire dérailler toutes les autres préparations minutieuses.

Voir le document d'accompagnement « SOT Vessel Recruitment and On-board Conduct » pour plus de conseils pour créer des opportunités de collecte de données réussies.

4.1.2 Tests Chaque

composant du système, y compris tous les câbles et pièces de rechange, doit être testé en laboratoire immédiatement avant le déploiement sur le terrain. Assemblez un système complet en laboratoire et utilisez une sonde de test pour lancer une série de gouttes. N'oubliez pas d'inclure dans la configuration toutes les rallonges de câble qui pourraient être nécessaires sur les grands navires.

Même en laboratoire, les conditions de puissance peuvent fluctuer, de sorte que l'exécution de ces baisses sur des jours ou des semaines peut révéler des susceptibilités de puissance autrement cachées. Des tests répétés exhaustifs sont importants lors de l'utilisation de nouveaux fabricants ou de modèles de composants qui n'ont jamais été sur le terrain auparavant.

Lors de l'utilisation d'une sonde de test de température, il ne devrait jamais y avoir de dérive dans un profil de test, même une dérive et un bruit d'un ordre de grandeur inférieur à la précision XBT indiquent des problèmes systémiques. Le bruit et la dérive peuvent ne pas être apparents sur le graphique à pleine échelle, comme 0-25°C, donc agrandissez l'échelle du graphique de l'enregistrement de la température pour révéler visuellement des signaux de bruit aussi petits que 0,001°C. Des exemples de profils d'une sonde de test nominale de 1,5 °C illustrent des données de test normales (Figure 1a) et des données de test qui indiquent clairement un problème (Figure 1b). S'ils ne sont visualisés qu'à une échelle de température grossière sur un petit écran d'ordinateur portable, ces indicateurs seraient invisibles en raison de leur faible amplitude.

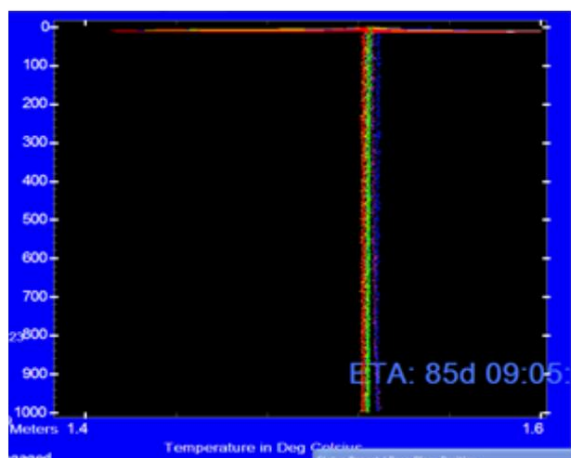


Figure 1a : Données de test XBT normales

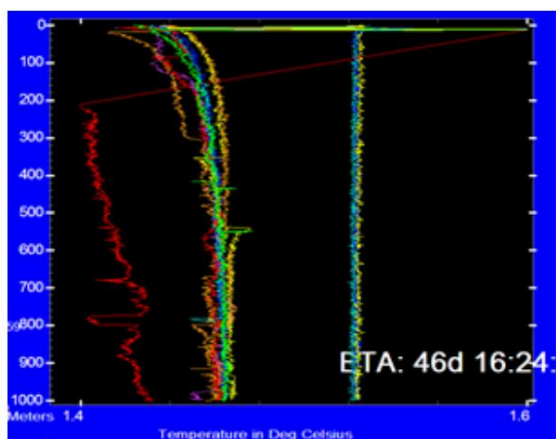


Figure 1b : Données de test XBT anormales

Apprenez à reconnaître les caractéristiques habituelles de l'échelle élargie, les profils de test performants. Voir la section 6 « Exactitude et précision » pour une discussion plus approfondie.

La sonde de test peut également aider à identifier s'il y a un court-circuit dans le système qui provoque le début de la collecte de données avant que le XBT n'entre dans l'eau. La sonde de test ne doit commencer à afficher des données qu'après avoir été connectée à la terre du navire. Si les données sont affichées sans connexion à la terre, un court-circuit est indiqué, ce qui entraînera des données erronées des XBT appelées "fausses éclaboussures".

Identifiez tous les composants défectueux ou la source de bruit ou de dérive en dehors des paramètres acceptés et remplacez-les ou réparez-les avant le déploiement sur le terrain. Les sources de bruit courantes sont les points de mise à la terre, les connexions de câbles, les alimentations, une carte DAQ défectueuse, des sondes de test défectueuses et des équipements lourds fonctionnant sur le même système électrique.

Inspectez soigneusement l'intégrité de tous les composants du système avant de les déployer sur le terrain. Créez des calendriers de maintenance qui sont intégrés dans des listes de contrôle et/ou des rapports de croisière pour inclure au moins les éléments suivants :

- Vérifier les performances de qualité des données à l'aide de sondes de test.
- Vérifiez que les composants mécaniques et programmatiques du système fonctionnent sans défaillance.
- Inspectez l'intégrité de l'isolation des câbles, des points de connexion et des joints exposés aux intempéries.

- Faire fonctionner et lubrifier les pièces mobiles. •

Fournir des batteries de remplacement pour les ordinateurs et les périphériques. •

Vérifiez le fonctionnement des composants de rechange qui seront envoyés sur le terrain. •

Mettez à jour la sécurité de l'ordinateur et créez un support de récupération et un espace de stockage

sur disque. • Vérifiez que le récepteur GNSS se met à jour avec une position, une date et une heure

précises. • Envoyer des données de test via l'émetteur en s'assurant que les paramètres et le service d'abonnement sont

à jour. • Vérifiez les entrées logicielles, y compris les métadonnées de la plate-

forme. • Vérifiez que l'équipement de protection individuelle (EPI) est présent et en bon état.

4.1.3 Préparer un plan d'échantillonnage

L'emplacement et la fréquence des déploiements XBT dépendent de la région étudiée, de l'objectif de l'étude et du budget. Par exemple, les courants de frontière sont des domaines importants pour l'étude du transport de chaleur, de sorte que ces régions auraient une fréquence d'échantillonnage plus élevée sur une trajectoire perpendiculaire au flux de courant, tandis que l'échantillonnage dans un bassin océanique ouvert pourrait être moins fréquent. Avant le voyage, élaborer un plan d'échantillonnage en tenant compte de ces facteurs et de la trajectoire prévue du navire. Les emplacements d'échantillonnage prédéfinis de latitude ou de longitude (les emplacements exacts ne sont pas pratiques en raison des changements de cap inévitables) développés pour l'objectif scientifique sont idéalement programmés dans le logiciel de contrôle de l'équipement pour surveiller la position GPS et lancer automatiquement une sonde ou alerter l'opérateur de le faire. S'il existe des facteurs rendant un plan d'échantillonnage de position trop complexe, un plan de temps ou de distance peut également être mis en œuvre pour des intervalles désignés.

Dans SOOP, les transects de déploiement XBT sont désignés comme étant à faible densité, fréquemment répétés et à haute densité ou haute résolution. «Les transects à faible densité ciblent généralement 12 réalisations par an, avec des XBT déployés à un espacement de 150 à 225 km, et sont conçus pour détecter les modes de variabilité océanique à grande échelle et à basse fréquence.

Les transects [FR] fréquemment répétés ciblent généralement 12 à 18 réalisations par an, avec des XBT déployés à un espacement de 100 à 150 km, et sont conçus pour obtenir des observations à haute résolution spatiale dans des réalisations consécutives dans des régions où la variabilité temporelle est forte et résoluble avec un ordre de Échantillonnage de 20 jours. Les transects à haute densité (HD) [ou haute résolution (HR)] ciblent quatre réalisations par an, avec des XBT déployés à un espacement d'environ 10 à 25 km, et sont conçus pour obtenir une résolution spatiale synoptique élevée résolvant la structure spatiale des tourbillons à mésoéchelle, fronts et courants de frontière » (Abraham et al., 2013) (Goni et al., 2019).

Les zones économiques exclusives (ZEE) sont celles où les nations côtières ont juridiction sur les ressources naturelles de l'océan et une autorisation préalable peut donc être nécessaire de la part de la nation avant que l'échantillonnage ne soit autorisé. Avant de commencer un plan d'échantillonnage, connaître les limites et les règles associées à toute ZEE dans la région à l'étude. Ne pas le faire pourrait exposer le navire et le programme à de lourdes amendes et à d'autres conséquences.

4.2 Installation sur le terrain

Comme discuté plus en détail dans le document d'accompagnement "SOT Vessel Recruitment and On-board Conduct", les trois aspects les plus importants d'une installation correcte sur le terrain pour toutes les opérations SOOP consistent en la sécurité, la performance et l'esthétique.

- Sécurité : L'équipement doit être fixé en place d'une manière adaptée aux conditions météorologiques extrêmes et au roulis rencontrés en mer. Il ne doit pas gêner le fonctionnement des écouteilles, des équipements de sécurité, ni les mouvements du personnel. Un EPI approprié est essentiel pour la sécurité et la conformité, y compris au minimum un casque, un gilet de visibilité, des chaussures de sécurité et un gilet de sauvetage en mer. Avant de travailler hors-bord sur n'importe quel pont, fixez tous les outils et équipements avec une longe afin qu'ils ne puissent pas tomber sur le personnel en dessous ou par-dessus bord.
- Performance : la sélection de l'emplacement le plus approprié pour l'équipement minimise les pannes et garantit la meilleure données de qualité.
- Esthétique : Il est important de faire preuve de professionnalisme tout en travaillant avec les partenaires du programme. L'esthétique est importante pour éviter un impact négatif sur le navire hôte, car non seulement une installation désordonnée est visuellement

peu attrayant, il semble également non professionnel et peut attirer l'attention inconfortable des inspecteurs qui pourraient soulever des questions auxquelles les agents peuvent ne pas être préparés. Communiquer et planifier les emplacements des équipements avec le capitaine et/ou le chef mécanicien du navire peut aider à éviter les infractions et les inconvénients pour le navire.

4.2.1 Placement de l'équipement

Sondes XBT : Identifiez un emplacement de stockage aussi proche que possible de l'emplacement de lancement. Dans la mesure du possible, le stockage XBT doit être climatisé pour éviter tout dommage dû à une chaleur excessive, au gel ou à l'humidité. Des températures élevées peuvent entraîner la dégradation de la cire, de la colle et de l'isolation des fils. Avec ces précautions à l'esprit, les XBT prêts à être lancés doivent être aussi proches que possible de la température de surface de la mer afin de minimiser le temps d'équilibre thermique du capteur de température au contact de l'eau ; ne stockez pas les sondes pour déploiement arctique dans un espace chauffé, ni celles pour déploiement tropical dans un espace climatisé. (Cook et Sy, 2001). Stockez les XBT dans leurs cartons d'emballage ; une cause fréquente de pannes XBT sont les accrocs de fil qui peuvent se produire lorsque le fil glisse sur sa bobine à cause de trop de bousculades, de vibrations ou d'impacts. Gardez l'expédition au minimum et transportez sur une palette pour réduire la manipulation dans la mesure du possible. Une manipulation et un stockage appropriés des XBT garantissent moins d'échecs dus à la qualité de la sonde et donc moins de points de données manqués.

Lanceur : L'aspect le plus important de la sélection de l'emplacement du lanceur est de minimiser la possibilité de contacter le câble XBT avec n'importe quelle partie du navire. Le lanceur et l'opérateur doivent être hors de portée de la houle océanique. Placez le lanceur sur ce qui devrait être le côté principalement sous le vent pour le voyage, en gardant à l'esprit qu'il peut être nécessaire de le déplacer si des conditions de vent défavorables persistent. Évitez les endroits où les structures de pont pourraient créer des tourbillons d'air qui tireraient le fil XBT léger à bord. Le lanceur doit être à environ 3-4 mètres au-dessus de la ligne de flottaison (Bringas et Goni, 2015). Évitez les emplacements proches des endroits où des solides sont rejetés par-dessus bord, tels que les vide-ordures.

Les lanceurs automatiques sont généralement montés sur la balustrade arrière sur le pont le plus bas, aussi loin que possible à bâbord ou à tribord pour éviter les turbulences de l'hélice. Les lanceurs automatiques sont lourds, assurez-vous que les fixations sont sécurisées et correctement dimensionnées pour la charge ; fixez-les toujours avec une longe de sécurité avant de monter et de démonter.

Les lanceurs à main sont également mieux situés sur le pont le plus bas, loin des turbulences, mais ils permettent une plus grande flexibilité dans leur emplacement. Par exemple, un lanceur à main sur le tablier du pont a l'avantage d'utiliser les ressources du personnel du pont pour la collecte de données. Notez que, là où le pont est haut au-dessus de la ligne de flottaison et en avant des structures de navire interférentes, il y aura plus de défaillances des XBT lancés depuis le pont.

Câblage : la sécurité d'abord ! Le câblage doit être installé pour éviter les dommages, éviter les risques de trébuchement, ne doit pas empêcher le verrouillage des écoutilles et des hublots, et ne doit pas bloquer l'accès par-dessus bord des canots de sauvetage/radeaux de sauvetage, ni l'accès du personnel à tout équipement de sauvetage. Par exemple, ne pas attacher un câble à la balise lumineuse d'une bouée de sauvetage, ni enfiler le câble à travers un accès rarement utilisé à la zone d'embarquement du canot de sauvetage. Veillez à ce que les câbles ne soient pas endommagés par les trappes. Les câbles doivent être tendus, avec des points d'attache fréquents pour éviter d'être pris au piège par les membres ou les outils des travailleurs tels que les tiges d'arrimage ou les tuyaux d'incendie. Sachez que certains espaces sont interdits pour les passages de câbles tandis que d'autres espaces exigent que les fixations de câbles soient en métal afin qu'elles ne fondent pas dans un incendie. Dans la mesure du possible, les câbles traversant les passerelles doivent être acheminés au-dessus de la tête, sinon, utilisez une rampe de câbles. Renforcez les points de frottement avec des couches supplémentaires d'isolant. Pour les longs câbles, laissez une boucle de câble de service aux points de connexion pour permettre les réparations sans avoir à retirer tout le câble.

Équipement de contrôle : Les commandes électroniques du système (ordinateur, etc.) doivent se trouver dans un espace climatisé accessible en toute sécurité dans toutes les conditions. La surchauffe n'est pas seulement l'ennemi des ordinateurs, mais il a également été démontré qu'elle provoque des erreurs dans l'électronique DAQ. Fixez tous les composants pour éviter de glisser lors du roulage dans des

temps. S'il s'agit d'un espace de travail partagé, réduisez l'encombrement de la paillasse en sécurisant les composants qui n'ont pas besoin d'être accessibles au sol ou dans une armoire.

Émetteur et GPS : Les antennes de ces instruments dépendent d'une vue dégagée du ciel jusqu'à l'horizon pour communiquer avec les satellites. Parfois, une antenne GPS peut être installée juste à l'intérieur d'une fenêtre et recevra un signal adéquat, mais il est essentiel que le signal reste cohérent car un profil de données avec une position manquante ou inexacte est un profil de données inutile. Les émetteurs ont moins de satellites disponibles, qui peuvent être bloqués par les structures de pont et sont donc mieux montés au sommet du pont.

4.2.2 Mise à la terre Le

système de lancement doit être mis à la terre à l'océan (appelé « terre d'eau de mer »), en connectant le point de mise à la terre du système à la coque métallique du navire avec un fil de section minimale de 3,3 mm². Selon le système, le point de mise à la terre peut être au lanceur ou au système DAQ, mais jamais les deux. Pour les coques non métalliques, connectez-vous à l'arbre du gouvernail ou à la plomberie du navire. N'utilisez pas la masse électrique du navire comme point de masse du système. Une mauvaise terre entraînera des défauts majeurs dans les données et est sans doute l'échec d'installation le plus courant.

Testez la qualité du sol à l'aide d'un ohmmètre avec un fil sur le sol du système et l'autre sur le métal exposé de la coque du navire autre que le point de fixation ; la résistance doit être inférieure à 5 ohms.

Secouez le fil de terre aux deux extrémités pour vous assurer qu'il n'y a pas de fluctuation majeure dans la lecture de la résistance.

Plusieurs points de masse dans le système peuvent créer des boucles de masse qui causent des interférences de signal de température (Lockheed Martin, 2003). Évitez les boucles de masse en éliminant les connexions à la masse électrique du navire au niveau de l'alimentation électrique du matériel DAQ. Ceci peut être accompli en utilisant un câble d'alimentation sans broche de mise à la terre à l'extrémité de la prise. Le point de masse du lanceur fonctionnera de la même manière que la broche de masse du cordon d'alimentation du matériel DAQ tant que la masse du lanceur reste connectée au système. **NOTE DE SÉCURITÉ : Établissez d'abord la terre du système avant de connecter le système à la prise de courant et ne retirez pas la terre du système lorsque l'équipement est branché. Les transformateurs d'isolement, les parasurtenseurs et l'onduleur doivent toujours être mis à la terre normalement avec la troisième broche de terre à la prise de courant du navire. masse électrique. Seul le matériel DAQ connecté à ces sources d'alimentation doit avoir la broche de terre du cordon d'alimentation éliminée tout en maintenant la terre via le point de mise à la terre du système.**

Reliez le récepteur GNSS à la coque du navire pour le protéger contre la foudre.

4.2.3 Considérations relatives à

l'alimentation Les interférences électriques causées par des déséquilibres transitoires dans les systèmes cathodiques actifs du navire, les défauts électriques, les émetteurs électromagnétiques, les communications radio et l'utilisation d'équipements lourds à bord peuvent tous interférer avec la carte DAQ, les alimentations ou même le XBT. fil de sonde agissant comme une antenne, parfois à des niveaux catastrophiques (Cook et Sy, 2001). L'affichage des données de test XBT à une échelle étendue, comme décrit dans la section 4.1.2 « Tests », est un bon outil pour révéler et diagnostiquer les interférences électriques. La première ligne de défense consiste à utiliser des alimentations de haute qualité dans la conception du système. Selon Sippican, certains problèmes induits par le navire peuvent être résolus en utilisant un transformateur ultra-isolant pour isoler le système du sol du navire. D'autres problèmes peuvent bénéficier d'un onduleur, mais il est essentiel de sélectionner une unité de qualité marine de haute qualité. Les multiprises de protection contre les surtensions, si elles sont utilisées, doivent être de qualité marine. L'électronique des onduleurs et des parasurtenseurs conçus pour être utilisés à terre est incompatible avec l'alimentation du navire et peut non seulement aggraver le problème, mais peut également être dangereux. Encore une fois, assurez-vous toujours que ces unités sont connectées à la masse électrique du navire via le câble d'alimentation mis à la terre fourni par le fabricant. Parfois, un problème rencontré avec l'alimentation peut être résolu en utilisant un circuit différent. D'autres fois, l'interférence est transitoire et disparaîtra d'elle-même. Par exemple, les équipements à bord tels que les grues, les soudeuses et les meuleuses peuvent provoquer des interférences électriques qui disparaîtront lorsque l'équipement n'est pas utilisé.

L'engagement de l'électricien et des ingénieurs du navire permet souvent d'identifier et d'éliminer les sources d'interférences électriques du navire.

4.2.4 Tests Tester le

système in situ avant de commencer les mesures sur le terrain est tout aussi important que les tests de pré-déploiement. Testez pour vous assurer que l'installation est correcte, pour vérifier les dommages qui ont pu se produire pendant le transport, et aussi parce que les conditions d'alimentation à bord sont différentes de celles du laboratoire. Tout comme dans les préparatifs de pré-déploiement, utilisez une sonde de test de température et agrandissez l'échelle du graphique pour révéler des traces inhabituelles de l'ordre de millidegrés et testez les "fausses éclaboussures". Effectuez un test sur chacune des positions du lanceur automatique (le cas échéant) et du lanceur manuel. Comparez les résultats de chaque poste entre eux et avec les résultats obtenus lors des tests de pré-déploiement. L'apparence de la trace doit être une ligne droite, sans dérive, avec une moyenne maximale, minimale et nominale comme prévu. Voir la section 4.1.2 "Tests", pour la discussion complète.

4.3 Techniques de terrain

4.3.1 Surveiller le plan d'échantillonnage Le plan

d'échantillonnage aurait dû être établi lors des préparatifs préalables au déploiement, mais pourrait nécessiter des ajustements en fonction de la route réelle du navire ou des conditions locales.

- Éviter les chutes multiples dans la même position une fois qu'un bon profil a déjà été obtenu pour cette position.

Par exemple, si le navire dérive ou est au mouillage, suspendez un plan basé sur le temps ou sur la position. • Surveiller les changements de cap et de vitesse pour s'assurer que les objectifs du plan d'échantillonnage restent cohérents avec les nouvelles piste ou vitesse.

- Surveillez les données pour modifier l'échantillonnage si nécessaire. Par exemple, les limites attendues d'un

un courant important peut changer, alors surveillez les données sur l'approche et augmentez la densité d'échantillonnage si nécessaire.

Collectez également des profils de données supplémentaires dans un emplacement où les données semblaient mauvaises, douteuses ou inhabituelles. • Surveiller les ZEE. Le largage de XBT est autorisé dans de nombreuses ZEE, mais dans le cas où une zone de largage interdite connue est sur la route, ou si le navire se dérouté vers une telle zone, modifiez le plan si nécessaire.

4.3.2 Mesure de la hauteur de lancement La hauteur de

lancement doit être enregistrée et la vitesse XBT doit être prise en compte dans le décalage de profondeur FRE utilisé dans le traitement des données (Bringas et Goni, 2015), c'est-à-dire que les sondes lancées depuis le pont 10 ponts vers le haut se déplaceront plus rapidement qu'une sonde déployée depuis la dunette près de la surface. Cela se fait plus facilement et avec précision à l'aide d'un outil de mesure de distance laser tenu à la même hauteur et à la même position que le lanceur en cours de route à la vitesse typique. Une certaine technique est nécessaire avec cet outil car si l'eau est trop vitreuse et claire, le laser ne sera pas réfléchi sur la surface de l'eau ; dans ce cas, essayez de capturer de l'eau vive directement en dessous créée par la turbulence. La vitesse du navire, sa position sur le navire et le chargement du navire affectent tous la hauteur de tout pont au-dessus de l'eau. Par conséquent, les mesures les plus précises de la hauteur du lanceur doivent être effectuées dans des conditions in situ.

Alternativement, la hauteur peut être calculée tant que les tables de vitesse, de tirant d'eau et de squat (le changement de tirant d'eau du navire en cours) du navire sont incorporées dans le calcul. N'oubliez pas d'entrer la hauteur de lancement dans les métadonnées pour chaque goutte au cas où la position du lanceur serait modifiée.

4.3.3 Lancement des XBT Une fois

relâchée, la sonde XBT doit entrer dans l'eau aussi verticalement que possible et sa cartouche montée sur le navire doit être alignée aussi étroitement que possible avec l'angle de la trajectoire non enroulée du fil afin de minimiser l'abrasion contre l'ouverture de la cartouche. Les lanceurs à montage fixe à l'arrière offrent l'entrée verticale la plus fiable et doivent être réglés à un angle de 10 à 30° vers le bas par rapport à l'horizontale. Le lancement manuel devrait libérer les sondes loin de la coque du navire. Bien que cela soit parfois impossible, essayez d'éviter que les sondes ne culbutent ou n'entrent en contact avec l'eau dans une position plus horizontale, car cela réduira le taux de chute. Une fois la sonde relâchée, le lanceur peut être maintenu à l'angle optimal pour un débobinage en douceur du fil.

4.3.4 Observation des données et relance Observez la

progression des données pendant le lancement en temps réel en utilisant soit le système disponible dans le commerce, soit une capacité d'interface de traçage développée par l'utilisateur. Le traçage du profil de température actuel sur le ou les profils précédents peut être un indice visuel instantané pour alerter d'éventuelles données erronées. Le profil doit être assez lisse et principalement similaire au profil précédent collecté à proximité, sans grands décalages de température, sans bruit à haute fréquence, ni grandes pointes pointues. Voir la section 8 « Méthodes d'évaluation de la qualité » et le livre de recettes de contrôle de la qualité du CSIRO (Bailey et al., 1994) pour identifier les caractéristiques du profil et les modes de défaillance. S'il existe une caractéristique inhabituelle dans le profil de données, ou lorsque les données sont manifestement compromises, un autre XBT doit être lancé dès que possible. Le profil de température ultérieur peut confirmer les caractéristiques des données et garantir qu'il n'y a pas de lacune dans les données. Si les coûts de la sonde XBT sont une préoccupation, les chutes répétées peuvent être limitées là où les données suspectes se trouvent dans les 200 m supérieurs du profil et/ou là où la zone d'observation de l'étude est la plus critique.

Si vous utilisez un lanceur automatique, gardez le lanceur manuel à portée de main afin qu'il puisse être mis en œuvre sans manquer aucune donnée de station. Le lanceur automatique plus complexe peut prendre beaucoup de temps à dépanner et à réparer et peut ne pas être réparable sur le terrain.

4.3.5 Considérations météorologiques Les

conditions météorologiques provoquant des mouvements extrêmes du navire, de fortes pluies, du vent ou la foudre peuvent toutes affecter négativement la collecte de données. Ne montez pas sur le pont si les conditions sont trop dangereuses ; enregistrez-vous avec le second de quart et suivez les consignes de sécurité du capitaine en prenant des précautions supplémentaires telles que prendre une escorte et porter un gilet de sauvetage. Faites des efforts pour vous assurer que le fil de débobinage n'entre pas en contact avec le navire pendant la chute. Parfois, les conditions de vent peuvent rendre cela difficile, essayez de changer l'emplacement du lancement vers un pont inférieur ou une zone plus protégée où les structures du pont ne créent pas de tourbillons ou d'obstacles. La foudre peut provoquer de graves pics dans le profil de données pendant des heures après qu'il ne soit plus observable. Le mauvais temps entraîne généralement un étirement ou une rupture des fils, entraînant des erreurs de données évidentes et subtiles (voir la section 8 « Méthodes d'évaluation de la qualité » pour des exemples). Lors du préchargement du lanceur, il est important de protéger les sondes chargées de la pluie. Les sondes humides peuvent renvoyer des données avant d'entrer dans l'eau, provoquant un contact précoce avec l'eau observé ou une « fausse éclaboussure ». Les observations et les lancements répétés devraient confirmer si la météo est la source de mauvaises données. Si les conditions météorologiques empêchent les lancements réussis, reprenez le lancement dès que possible après l'amélioration des conditions.

4.3.6 Entretien et maintenance Pendant le

voyage, tout l'équipement doit faire l'objet d'un entretien régulier pour se prémunir contre les dommages causés par l'environnement hostile. Collectez également des données de test au début et à la fin de chaque croisière pour vérifier les performances et la stabilité du système.

Protégez le lanceur et tout équipement extérieur de la corrosion par le sel et la suie des cheminées en rinçant à l'eau douce tous les jours ou tous les deux jours. Lorsqu'il n'est pas utilisé, laissez la cartouche de sonde vide verrouillée dans le lanceur pour protéger les broches de contact de la corrosion. Couvrir le lanceur de manière appropriée pour le protéger des intempéries telles que la glace.

Lubrifiez les pièces mobiles avec un lubrifiant de haute qualité adapté aux matériaux. Lubrifiez les composants d'étanchéité en caoutchouc avec une petite quantité de lubrifiant silicone de haute qualité sans enduire les contacts électriques métalliques.

Assurez-vous que les contacts électriques restent exempts de sel, de suie, de saleté et d'huile ; réparer les joints qui permettent l'intrusion de ces contaminants. Inspectez le câblage pour déceler les nœuds, les connecteurs compromis et les dommages à l'isolation ; renforcer les points de frottement en utilisant une isolation supplémentaire. Inspectez les points de fixation pour détecter les signes de desserrage et de fatigue des matériaux qui sont généralement causés par les vibrations du navire, la corrosion et la dégradation par les UV. Protégez les pièces corrodables avec des revêtements anticorrosion et des bâches, le cas échéant. Entre les croisières, rangez l'équipement hors du pont dans des boîtes d'expédition.

Les appareils électroniques intérieurs doivent être régulièrement surveillés pour détecter tout signe de surchauffe ou d'humidité. Sachez que lorsque le navire change de cap et de position, un endroit autrefois frais peut être exposé à plus de soleil ou à des changements de température.

climat. Veillez à ne pas déloger les câbles et à garder la zone autour de l'équipement exempte de poussière. Les appareils électroniques déployés pendant de longues périodes peuvent être obstrués par la poussière à l'intérieur de leurs boîtiers, emprisonnant la chaleur, l'humidité et le sel corrosif de l'air. Si des piles sont utilisées, vérifiez qu'il n'y a pas de corrosion ni de fuite. Intégrez un calendrier d'inspection au rapport de croisière et n'oubliez pas d'inclure des piles de rechange et des outils auxiliaires tels que des lampes de poche et des multimètres.

5 Étalonnage

Les sondes XBT individuelles ne peuvent pas être étalonnées avant utilisation car tout test dans l'eau est destructif. Dans le passé, les changements dans les méthodes ou les emplacements des fabricants ont entraîné des changements dans les caractéristiques de performance et la fiabilité. Bien que les fabricants effectuent des exercices de contrôle de la qualité sur le terrain et en laboratoire, il est recommandé d'effectuer des tests ponctuels sur un petit lot de XBT pour s'assurer qu'ils fonctionnent conformément aux spécifications dans la mesure où le temps et les budgets le permettent. Reportez-vous aux "Procédures de test standard XBT/XCTD" développées pour SOOPIII (Sy et Wright, 2000), pour la mise en œuvre d'une vérification indépendante.

Lorsqu'un lot problématique de XBT est découvert en laboratoire ou sur le terrain, suivez les numéros de série et la date de fabrication (DoM) de la sonde et comparez-les avec d'autres sondes de cette période pour voir la prévalence des problèmes (c'est pourquoi DoM doit toujours être enregistré dans les métadonnées du profil). La ou les défaillances doivent être documentées et résumées pour le fabricant car cela pourrait conduire à la découverte de problèmes d'usine qui peuvent être corrigés dans les lots futurs. Une bonne coopération concernant les problèmes de qualité et les sondes de remplacement a été obtenue à la fois de Sippican et de TSK.

L'électronique propriétaire des cartes Sippican et TSK DAQ n'est pas non plus conçue pour l'étalonnage. Une sonde de test de température XBT avec des résistances standard de bonne qualité est la meilleure méthode pour s'assurer que l'ensemble du système fonctionne conformément aux spécifications.

6 Exactitude et précision Comme indiqué par les

fabricants, la précision du système des Deep Blue XBT et TSK T-7 de Sippican pour la température est de $\pm 0,2$ °C et pour la profondeur de 4,6 m ou ± 2 %, selon la valeur la plus élevée (Lockheed Martin, 2021). Notez que dans certaines conditions et avec des systèmes qui ne sont pas bien évalués, la précision pourrait être moins bonne. Le transitoire de démarrage est la profondeur à laquelle le signal de température initial s'équilibre avec la température de l'eau de mer. À des profondeurs inférieures à cela, la température est en dehors de la précision indiquée par le XBT et considérée comme non fiable. La profondeur transitoire de démarrage est généralement acceptée comme étant <4 m, mais il a été démontré qu'elle dépend de la carte DAQ et pourrait être plus profonde, une considération importante pour éviter un biais systématique dans la température de surface de la mer (Kizu et Hanawa, 2002). La communauté scientifique a déterminé que la précision nominale des données XBT convient à de nombreuses applications scientifiques et que les données historiques corrigées des biais peuvent être appliquées à des fins de recherche sur le climat (Cheng et al., 2016). De nombreuses études impliquant la précision XBT ont été réalisées sur des volumes de données historiques ; pour un examen plus approfondi, une liste complète des références de tests de qualité XBT compilée par les National Centers for Environmental Information (NCEI) de la NOAA est disponible sur leur site Web de bibliographie XBT (<https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-base-de-donnees-xbt-bibliographie.html>). Le NCEI propose également une liste de publications sur les corrections XBT qui traitent des biais dans les données de température ainsi que des erreurs de taux de chute (<https://www.ncei.noaa.gov/expedable-bathythermograph-xbt-corrections>). De plus, la communauté IQuOD (International Quality Controlled Ocean Database) (<http://www.iquod.org>) travaille activement à la construction d'une base de données de température de qualité climatique à partir de toutes les données de profil de température collectées en développant une norme de contrôle de qualité cohérente (Cowley et al., 2021).

Au programme SOOP XBT de la Scripps Institution of Oceanography, les mesures de test utilisant le système Sippican MK21 XBT avec des sondes de test XBT nominales de $1,5$ °C sont capables de produire des résultats avec des plages de bruit de $\pm 0,001$ à $\pm 0,005$ °C et avec une répétabilité de $\pm 0,005$ °C. Bien que les résultats ne soient pas publiés, il s'agit d'une bonne estimation de

observations sur la précision qui couvrent des milliers de mesures sur des dizaines de systèmes effectuées pendant plus de deux décennies. Lorsque des cartes DAQ qui ne fonctionnent pas avec ce niveau de précision sont identifiées, elles sont exclues de l'utilisation dans les mesures de qualité climatique afin de réduire autant que possible le biais du système.

7 Normes

Comme décrit dans la section 3.8 « Sondes de test », les sondes de test XBT fournissent la norme utilisée pour le système de mesure XBT. La cartouche de test couplée au système de mesure doit avoir au moins un ordre de grandeur supérieur à la précision déclarée du système XBT de $\pm 0,2$ °C en termes de précision et d'exactitude.

8 Méthodes d'évaluation de la qualité Cette section traite des

observations d'évaluation de la qualité en temps réel et des actions à entreprendre sur le terrain. Des évaluations plus rigoureuses et des indicateurs de CQ étendus peuvent être appliqués en post-traitement pour produire des données en mode retardé, ce qui est couvert dans l'article complémentaire sur les meilleures pratiques « Contrôle de la qualité XBT en mode retardé ».

Le technicien de terrain est la première ligne d'attaque pour une excellente assurance, évaluation et contrôle de la qualité. Lors de l'identification des problèmes de qualité, le technicien doit noter les indicateurs de données, tenter immédiatement de rectifier la cause afin d'éviter des données médiocres ou manquantes, et documenter les observations et les mesures prises dans le rapport de croisière.

Bien que cela puisse être souhaitable, à l'heure actuelle, il n'existe pas de système unique de signalisation du CQ universellement établi et il est généralement reconnu qu'il est plus réaliste d'accepter diverses normes et de les traduire entre elles (Bushnell et al., 2019). La Commission intergouvernementale des océans (COI) a proposé un système d'indicateurs de qualité à deux niveaux pour l'échange de données océanographiques. Le niveau primaire est défini par cinq drapeaux et appliqué à tout type de données qui ne nécessite que des drapeaux de base. Les drapeaux de niveau primaire sont complétés par les drapeaux de niveau secondaire qui sont créés par le groupe en utilisant les drapeaux en fonction de leurs besoins spécifiques et de leur histoire (Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, 2013). La proposition de la COI comprend des références croisées à certains schémas d'indicateurs de données pour différents programmes avec un plan pour maintenir les références à jour sur le site Web Ocean Data Standards (<https://www.oceandatastandards.org>). SOOPIP recommande l'utilisation du système de signalement du programme de profil de température et de salinité mondiales (GTSP) et de salinité mondiales (GTSP). Notez la différence critique entre les indicateurs primaires IOC et GTSP pour la description du code 2.

Tableau 1 : Comparaison des schémas de signalement

Indicateurs de qualité Code GTSP (utilisés par SOOP)	Drapeaux de qualité IOC 54: V3
0	Aucun contrôle de qualité n'a été assigné
1	Le CQ a été effectué ; semble correct Bon
2	Le CQ a été effectué ; probablement bon Non évalué, non disponible ou inconnu
3	Le CQ a été effectué ; semble douteux Discutable/suspect
4	Le CQ a été effectué ; apparaît erroné Mauvais
5	La valeur a été modifiée à la suite du CQ
9	La valeur est manquante Données manquantes

Les données et métadonnées XBT à signaler sont la date/l'heure, la position, la température et la profondeur. Notez que le profil de température peut contenir plusieurs drapeaux, par exemple, des points de 0 à 250 m marqués comme données correctes, 251 à 350 m probablement bons et 351 à 900 m erronés. Idéalement, le logiciel XBT peut effectuer une évaluation automatisée des données et un marquage QC, ou permettre à l'utilisateur de saisir des drapeaux QC avant toute distribution de données.

8.1 Évaluation des profils XBT pour les défaillances de base

L'opérateur est le seul observateur directement informé des conditions existantes sur le terrain susceptibles d'affecter la qualité des données. L'expérience des conditions de température dans la région et les comparaisons de données supplémentaires sont d'excellents outils pour aider à identifier les anomalies de température erronées par rapport aux anomalies de température réelles. En temps réel, l'opérateur doit examiner la température tracée par rapport à la profondeur pour le bruit à haute fréquence, les données manquantes, les décalages de température importants et les pics aigus. Bien que les inversions de température apparentes et les segments à température constante soient souvent des conditions réelles, ils peuvent également indiquer des erreurs causées par l'étirement du fil, la rupture du fil ou le contact avec le fond marin. Comparez le tracé température-profondeur actuel à celui du profil précédent et si de mauvaises données ou des données douteuses sont observées, une nouvelle chute doit être effectuée dès que possible, déclenchée soit par l'opérateur, soit par le logiciel à partir de son évaluation QC automatisée. Le profil de température répété qui suit peut confirmer les caractéristiques des données et garantir qu'il n'y a pas de lacune dans les données. Les caractéristiques anormales qui sont présentes ou suggérées dans le profil précédent et présentes dans la chute répétée ou le profil suivant, donnent confiance aux données. En l'absence d'une baisse répétée, les profils voisins et les données historiques archivées de la même région géographique sont inestimables et doivent être représentés graphiquement en se chevauchant. Les ensembles de données archivés peuvent indiquer si des caractéristiques telles que de grandes inversions, des tourbillons ou plusieurs couches mixtes sont à prévoir pour la zone d'étude.

Des exemples décrivant les données normales ainsi que les modes de défaillance courants et les indicateurs QC descriptifs pour les étiqueter sur la base du livre de recettes de contrôle qualité du CSIRO (Bailey et al., 1994) peuvent être trouvés dans l'annexe : Exemples de fonctionnalités de profil de données XBT. Bien que tous les indicateurs QC puissent ne pas être appliqués au profil de données en temps réel, les exemples constituent une référence utile pour comprendre les données de profil de température XBT.

8.2 Vérification des métadonnées Il est

essentiel que le technicien de terrain veille à ce que toutes les métadonnées de plate-forme et de mesure soient enregistrées et transmises avec précision, comme indiqué dans la norme de métadonnées du WIGOS (OMM, 2019). Ship-ID, fabricant et modèle de carte DAQ, logiciel et version, informations sur la sonde XBT, position de largage, date et heure de déploiement, hauteur du lanceur, coefficients FRE et drapeaux QC sont tous des exemples de métadonnées cruciales. Étant donné que différents modèles de XBT ont des caractéristiques différentes affectant leur taux de chute, il est important non seulement d'utiliser le FRE approprié, mais également d'inclure le nom du fabricant, le modèle, le numéro de série et la date de fabrication dans les métadonnées rapportées avec chaque chute (WMO/ CIO, 2019). SOOPIP affirme qu'"aucun schéma de correction n'est appliqué aux données XBT brutes. Toutes les données archivées ne doivent contenir que des profondeurs calculées soit par les fabricants, soit par Hanawa et al. (1995) et les températures obtenues à partir du système de collecte » (Cheng et al., 2016).

De plus, étant donné que la profondeur du profil est calculée en fonction du temps, le temps écoulé depuis le déploiement doit également être enregistré explicitement ou implicitement en connaissant le taux d'échantillonnage de la carte DAQ.

Lorsqu'il existe d'excellentes métadonnées, les chercheurs peuvent revoir les ensembles de données historiques et apporter des améliorations en utilisant des corrections ou des ajustements basés sur les améliorations des connaissances qui viennent inévitablement avec le temps, comme le fait IQuOD. Ces ensembles de données ajustées provenant d'institutions disparates utilisant différents équipements et techniques pourraient être fusionnés de manière efficace pour créer un enregistrement historique complet et cohérent. En effet, lors de leur quatrième atelier XBT, l'équipe scientifique XBT a fait la recommandation des travaux de Cheng et al. (2014) pour les corrections des données historiques et une évaluation complète des erreurs passées et présentes (Cheng et al., 2016).

8.3 Comparaisons des données de test

En plus de tester le fonctionnement de l'équipement après l'installation, des données de test doivent être collectées au début et à la fin de chaque campagne. Un nouveau test doit également être effectué chaque fois que la carte DAQ, le lanceur, le câblage ou l'alimentation est remplacé ou réparé. Assurez-vous que le système est resté stable en comparant les données des tests de laboratoire à toutes les données des tests sur le terrain recueillies au cours de la croisière. Vérifiez qu'il n'y a pas d'écarts en dehors des résultats attendus.

8.4 Rapport de campagne

Un rapport détaillé pour chaque campagne XBT doit être rédigé et au moins conservé avec les archives de données internes d'origine. Il doit inclure toutes les métadonnées décrites dans la section 8.2 "Vérification des métadonnées" ainsi que les notations sur les problèmes d'équipement, leurs causes, les changements d'équipement et les réparations. Tenez un journal quotidien qui comprend des observations régulières de la météo qui pourraient affecter les mesures, telles que la vitesse et la direction du vent, la foudre, les fortes pluies, la glace, etc. Pour chaque lancement, notez toute observation inhabituelle et la raison des drapeaux de profil numérotés > 1 (Table 1). Incluez des statistiques sur le nombre de gouttes, les sondes utilisées et les taux d'échec des sondes. Énumérez les fournitures nécessaires pour le prochain voyage et résumez les conseils pour le prochain technicien. Tabuler et résumer les résultats de toutes les données de test. Documentez le manuel de procédure et les meilleures pratiques qui ont été utilisés. N'oubliez pas de préciser le nom et les identifiants du projet scientifique ainsi que tout projet annexe opérant en même temps à bord, comme les déploiements Argo ou dériveurs.

9 Gestion des données Toutes les

données XBT collectées, y compris les copies papier des journaux de bord, les rapports de campagne et les données de test, doivent être conservées et archivées par le groupe qui les collecte. Il est recommandé de conserver les données à l'aide de plusieurs méthodes de stockage différentes, telles que : archive à l'état solide, archive dans le cloud et disque accessible.

Les données SOOP XBT sont en outre archivées et distribuées via NOAA/NCEI, l'Australian Ocean Data Portail du Réseau (AODN), les institutions menant les opérations et autres centres régionaux de distribution de données

Actuellement, SOT travaille avec d'autres équipes de travail organisationnelles pour établir les normes et les procédures pour les métadonnées de plate-forme et de mesure, ainsi que les modèles de formulaire universel binaire pour la représentation des données météorologiques (format BUFR) pour l'envoi de données au GTS. Une fois cela formalisé, il est prévu de créer le document d'accompagnement des meilleures pratiques "Contenu et format des métadonnées XBT".

10 Résumé La mesure

des profils de température océanique de la couche supérieure de l'océan à l'aide de sondes XBT déployées dans un réseau mondial de transects établis continue de fournir des données importantes applicables aux études climatiques telles que l'évolution des courants de la couche supérieure de l'océan, le transport de chaleur méridien et l'élévation thermostérique du niveau de la mer.

Le système de mesure XBT dans sa forme la plus simple est compact, peu coûteux, robuste, fiable et facile à utiliser.

L'application omniprésente des sondes XBT, déployées pour la première fois vers 1967, a conduit à un support technologique à long terme du produit. Les composants permanents du système, comprenant le lanceur, le matériel DAQ, le récepteur GNSS, les commandes et l'alimentation de l'ordinateur, peuvent durer plus de 10 ans avec un entretien minutieux et une surveillance de la stabilité (par exemple, les lanceurs et la carte DAQ utilisés par le programme XBT de SIO ont été en service depuis plus de 20 ans).

Le faible coût de réalisation d'un grand nombre de mesures de température étroitement espacées est la principale raison de la mise en œuvre de cette technique d'arpentage. Les coûts peuvent être encore réduits en recrutant des plates-formes de navires volontaires et en employant du personnel travaillant déjà à bord en tant qu'opérateurs.

La longévité des programmes de mesure XBT augmente leur pertinence pour les études sur la circulation océanique mondiale. Alors que d'autres plates-formes de profilage de température, telles que le programme de base Argo, fournissent désormais beaucoup de données de haute qualité, "elles ne peuvent pas occuper des transects répétés, à résolution méso-échelle, transocéaniques de bassin à travers les principaux courants sur le

des échelles de temps qui sont régulièrement échantillonnées à l'aide de XBT de navires rapides » (Goni et al., 2019). D'autre part, les limites de précision et la spécialisation spatio-temporelle des XBT nécessitent d'autres techniques pour compenser les biais régionaux des données du programme. Par conséquent, les XBT et les autres plates-formes de profilage sont complémentaires et servent également de références croisées pour identifier les biais dans le Système mondial d'observation de l'océan. Étant donné que le système de mesure XBT continuera à occuper un créneau important, la communauté SOOP reste active dans la promotion des meilleures pratiques, les avancées dans la conception des sondes XBT et une meilleure compréhension de leurs caractéristiques qui amélioreront la précision des mesures de température (Abraham et al., 2013).

11 Organisations/Remerciements

Ces meilleures pratiques d'assurance qualité XBT s'appuient fortement sur l'expérience et les manuels opérationnels non publiés des contributeurs de données XBT les plus prolifiques de SOOP : Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, le Bureau australien de météorologie, l'Organisation de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth et la Scripps Institution of Oceanography. Le programme de navires occasionnels fonctionne sous l'égide de l'équipe d'observation des navires (SOT), un réseau du système mondial d'observation de l'océan, groupe de coordination des observations (GOOS, OCG).

Le Global Temperature and Salinity Profile Program (GTSP) est une coopérative internationale développée par un groupe d'organisations de sciences marines pour fournir aux chercheurs et aux responsables des opérations maritimes des données précises, en temps réel et de meilleure qualité sur la température et la salinité. L'Organisation météorologique mondiale (OMM) et la Commission océanographique intergouvernementale (COI) gèrent conjointement le réseau de systèmes de capture, d'archivage et de diffusion du programme afin d'assurer un contrôle de qualité, un stockage et un accès durables.

Les National Centers for Environmental Information (NCEI) de la NOAA hébergent et offrent un accès public à l'une des archives les plus importantes pour les données environnementales sur Terre, fournissant des données atmosphériques, côtières, océaniques et géophysiques complètes. Cela comprend la maintenance des archives à long terme de GTSP en fournissant des services de stockage et de contrôle de la qualité pour garantir que les meilleures versions de copie des données GTSP sont correctement conservées et accessibles au public (<https://www.ncei.noaa.gov>).

Le CSIRO et le Earth Systems and Climate Change Hub du National Environmental Science Program du gouvernement australien soutiennent Rebecca Cowley. Rebecca Cowley et Craig Hanstein sont également soutenus par la sous-installation Ships of Opportunity XBT qui fait partie du système australien d'observation marine intégrée (IMOS) - IMOS est activé par la National Collaborative Research Infrastructure Strategy (NCRIS). <https://imos.org.au/>

Mauro Cirano coordonne le transect NOAA AX97 High Density XBT, qui est un effort multi-institutionnel qui reçoit des fonds brésiliens du ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation et des subventions de projets de recherche CNPq 405908/2016-4 et 443262/2019-5.

Janet Sprintall et Justine Parks, de la Scripps Institution of Oceanography, sont soutenues par la NOAA's Programme mondial de surveillance et d'observation des océans (Prix NA20OAR4320278)

12 Glossaire des termes

Réseau australien de données océanographiques AODN

AOML Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, BUFR Binary

Universal Form for the Representation of meteorological data CSIRO Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization of Australia DAQ Data acquisition FTP File Transfer Protocol est un protocole simple de transfert de fichiers sur Internet.

Système mondial de navigation par satellite GNSS

Système mondial d'observation de l'océan GOOS

Système de positionnement global GPS , une constellation GNSS.
GTS Global Telecommunication System GTSP
Global Temperature and Salinity Profile Program IMOS Australia's
Integrated Marine Observing System IOC the International
Oceanographic Commission IQuOD International Quality
Controlled Ocean Database NCEI NOAA's National Centers for
Environmental Information
NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Department of Commerce OCG Observations
Coordination Group PPE Personal Protective
Equipment PPP Point-to-Point Protocol est
un protocole de communication entre deux nœuds.
QC Quality Control SIO
Scripps Institution of Oceanography de l'Université de Californie à San Diego SMTP Simple Mail
Transfer Protocol est un programme utilisé pour envoyer des e-mails à l'aide d'une adresse e-mail.
SOOPIP Ship of Opportunity Program Implementation Panel SOT Ship
Observations Team UNESCO
Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture OMM Organisation
météorologique mondiale XBT eXpendable
BathyThermograph sondes de profilage de température

13 Références

Abraham, JP, Baringer, M., Bindoff, NL, Boyer, T., Cheng, LJ, Church, JA, Conroy, JL, Domingues, CM, Fasullo, JT, Gilson, J., Goni, G., Good, SA, Gorman, JM, Gouretski, V., Ishii, M., Johnson, GC, Kizu, S., Lyman, JM, Macdonald, AM, Minkowycz, WJ, Moffitt, SE, Palmer, MD, Piola, AR, Reseghetti, F., Schuckmann, K., Trenberth, KE, Velicogna, I. et Willis, JK, 2013. Un examen des observations de la température mondiale des océans : Implications pour les estimations de la teneur en chaleur des océans et le changement climatique, *Rev. Geophys.*, 51 , 450–483, (voir [doi :10.1002/rog.20022](https://doi.org/10.1002/rog.20022)).

Bailey, RJ; Gronell, AM ; Philips, HE ; Tanner, E.; Meyers, GA, 1994. Livre de recettes de contrôle de la qualité pour les données XBT (données de bathythermographes consommables) : Version 1.1. Rapport n° : 221. (Voir <http://hdl.handle.net/102.100.100/237126?index=1>)

Bringas, F., et Goni, G., 2015 : Dynamique précoce des sondes Deep Blue XBT. *J.Atmos. Oceanic Technol.*,32, 2253– 2263. (Voir [jtechD150048.2253..2263 \(noaa.gov\)](https://jtechD150048.2253..2263(noaa.gov)))

Bushnell, M., Waldmann, C., Seitz, S., Buckley, E., Tamburri, E., Hermes, J., Heslop, E., Lara-Lopez, A., 2019. Assurance qualité des observations océanographiques : Normes et orientations adoptées par un partenariat international, *Frontiers in Marine Science*, vol. 6, pp706, 2296-7745 (voir : <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2019.00706>)

Cheng, L., Abraham, J., Goni, G., Boyer, T., Wijffels, S., Cowley, R., Gouretski, V., Reseghetti, F., Kizu, S., Dong, S., Bringas, F., Goes, M., Houpert, L., Sprintall, J. et Zhu, J. (2016). XBT Science : Évaluation des biais et des erreurs instrumentaux, *Bulletin de l'American Meteorological Society*, 97(6), 924-933. Extrait le 27 avril 2021 de <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/97/6/bams-d-15-00031.1.xml>

Cheng, L., Zhu, J., Cowley, R., Boyer, T. et Wijffels, S. (2014). Corrections de biais variables de temps, de type de sonde et de température aux observations historiques de bathythermographes consommables, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 31(8), 1793-1825. Extrait le 27 avril 2021 de https://journals.ametsoc.org/view/journals/atot/31/8/jtech-d-13-00197_1.xml

Cook, S. et A. Sy, 2001. Best Guide and Principals Manual for the Ships of Opportunity Program (SOOP) and Expendable Bathythermograph (XBT) Operations. Mars 2001. Préparé pour la Commission océanographique internationale (COI) - Organisation météorologique mondiale (OMM) - 3e session du groupe de mise en œuvre des navires occasionnels de la JCOMM (SOOPIII), 28-31 mars 2000, La Jolla, Californie, États-Unis (Voir https://www.oceanbestpractices.net/bitstream/handle/11329/130/SOOP_best_guide.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cowley, R., Killick, RE, Boyer, T., Gouretski, V., Reseghetti, F., Kizu, S., et al. 2021. Base de données internationale sur les océans de qualité contrôlée (IQuOD) v0.1 : La spécification d'incertitude de température. *Frontiers in Marine Science*, 8:607, 12pp. DOI :10.3389/fmars.2021.689695.

Goni, GJ, J. Sprintall, F. Bringas, L. Cheng, M. Cirano, S. Dong, R. Domingues, M. Goes, H. Lopez, R. Morrow, U. Rivero, T. Rossby, R. Todd, J. Trinanés, N. Zilberman, M. Baringer, T. Boyer, R. Cowley, C. Domingues, K. Hutchinson, M. Kramp, M. Mata, F. Reseghetti, C. Sun, U. Bhaskar TVS, D. Volkov, 2019. Plus de 50 ans de mesures continues réussies de sections de température par le Global Expendable Bathythermograph Network, son intégrabilité, ses avantages et avenir, *Frontiers in Marine Science*. (Voir <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00452>)

Commission océanographique intergouvernementale/IODE. 2018. Sixth International XBT Science Workshop, IOC Project Office for IODE, Oostende, Belgium, 18-20 April 2018. Paris, UNESCO, 25 pp. 2018. (IOC Workshop Report No. 283) (Voir http://www.iocunesco.org/index.php?option=com_content&task=viewDocumentRecord&docID=21820)

Hanawa, K., P. Rual, R. Bailey, A. Sy, M. Szabados, 1995. Une nouvelle équation profondeur-temps pour les bathythermographes consommables Sippican ou TSK T-7, T-6 et T-4 (XBT), *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Volume 42, Numéro 8, pp 1423-1451, ISSN 0967-0637. (Voir [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(95\)97154-Z](https://doi.org/10.1016/0967-0637(95)97154-Z))

Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, 2013. Paris. *Ocean Data Standards, Vol.3 : Recommandation pour un système de pavillons de qualité pour l'échange de données océanographiques et météorologiques maritimes*. (Manuels et guides du CIO, 54, Vol. 3.) 12 pp. (Anglais)(Voir https://www.nodc.noaa.gov/oads/support/MG54_3.pdf)

Kizu, S. et K. Hanawa, 2002. Start-up transient of XBT measure, *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Volume 49, Issue 5, pp 935-940, (voir [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(02\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(02)00003-1)).

Lockheed Martin, 2003. Manuel d'installation, d'utilisation et d'entretien du système d'acquisition de données du bathythermographe Mk-21/USB. Référence 308437, Révision C, pp 3-2 à 3-12.

Lockheed Martin. Instrumentation océanographique. Consulté en octobre 2021. (Voir <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/oceanographic-instrumentation.html>)

L'administration nationale des océans et de l'atmosphère. Corrections du bathythermographe non récupérable (XBT). Centres nationaux d'information sur l'environnement. Consulté en avril 2021. (Voir https://www.ncei.noaa.gov/expensible_bathythermograph-xbt-corrections)

L'administration nationale des océans et de l'atmosphère. Tableau de références des tests de qualité XBT. Centres nationaux d'information sur l'environnement. Consulté en avril 2021. (Voir <https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-database/xbt-bibliography.html>)

Sy, A. et Wright, D., 2000. Procédures de test standard XBT/XCTD pour les tests de fiabilité et de performance des sondes consommables en mer. Projet révisé. Genève, Suisse, OMM, TC SOT JCOMM Ship Observations Team, 8pp. (Voir <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/129>)

UNESCO, 1997. Recommandations SOOPI-I à l'OOPC, au SMC et à l'IGOSS/GOOS. Première session du Groupe d'experts conjoint COI-OMM du SMISO sur la mise en œuvre du programme de navires occasionnels : annexe VI, Le Cap, Afrique du Sud, 16-18 avril 1997.

Organisation météorologique mondiale et Commission océanographique intergouvernementale (de l'UNESCO). 2019. COMMISSION TECHNIQUE MIXTE OMM/COI D'OCÉANOGRAPHIE ET DE MÉTÉOROLOGIE MARITIME Dixième session de l'équipe d'observation des navires Hong Kong, Chine, 01-04 avril 2019. Équipe spéciale sur l'avant-projet de métadonnées SOOP.

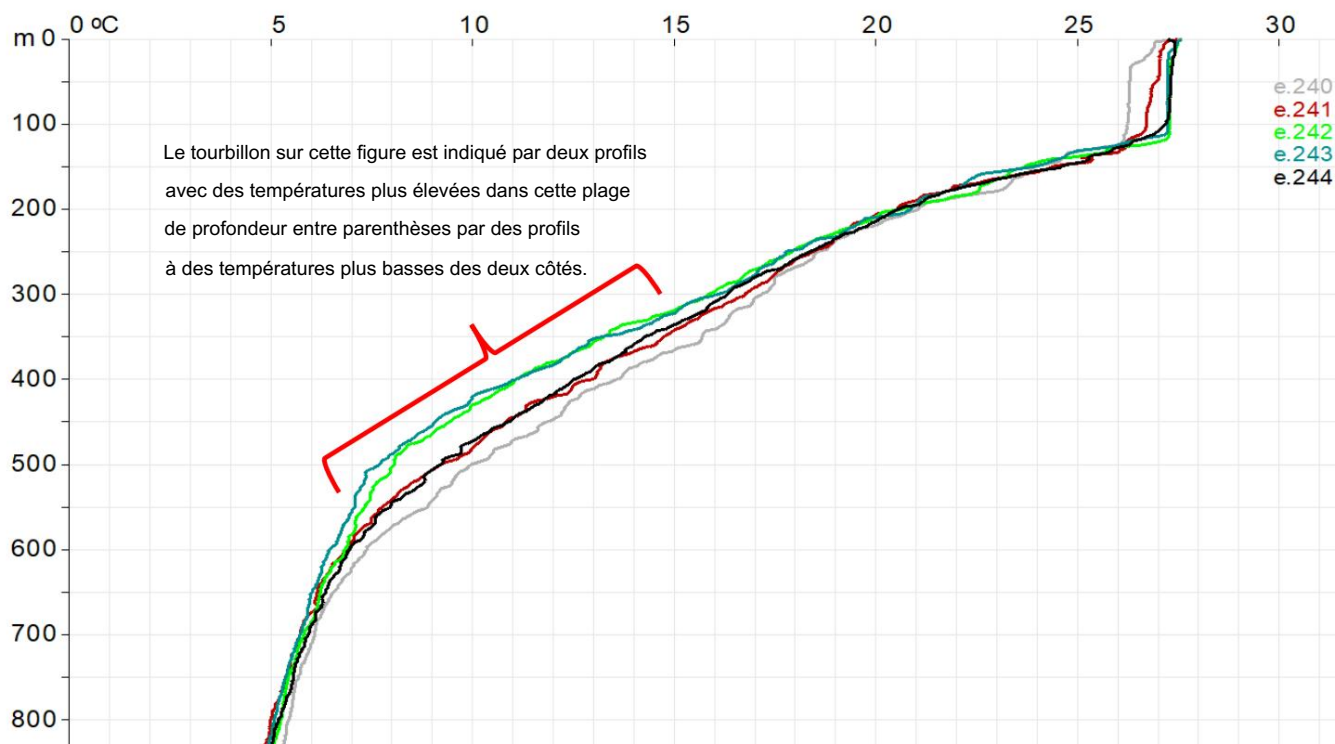
Organisation météorologique mondiale, 2019. Norme de métadonnées du WIGOS. WMO-No. 1192. (Voir la norme [de métadonnées du WIGOS \(wmo.int\)](#))

14 Annexe : Exemples de fonctionnalités de profil de données XBT Cette section est organisée par codes d'indicateur QC GTSP (tableau 1). Chaque catégorie de code comprend quelques exemples de profils avec des explications tirées du Quality Control Cookbook for XBT Data du CSIRO (Bailey, 1994).

14.1 Code 1 - Le CQ a été effectué ; semble être correct Eddy ou Front Confirmed - Code 1

Une zone tourbillonnaire ou frontale est une augmentation ou une diminution de la température sur de grandes plages de profondeur par rapport aux profils voisins. Un déplacement de température peut apparaître en baisses alternées ou séquentielles lorsque la trajectoire du navire traverse un courant, un système tourbillonnaire ou une région frontale. Des profils répétés montrant des températures similaires en profondeur, ou des données d'archives peuvent confirmer la caractéristique.

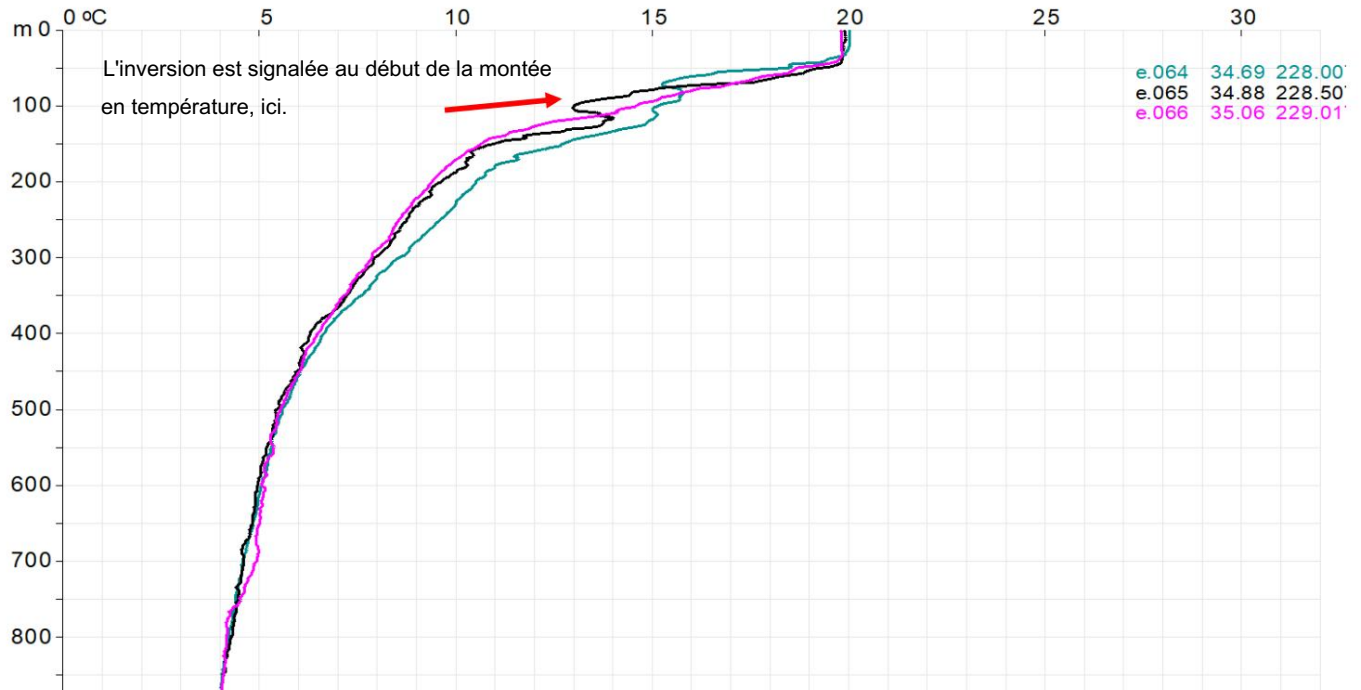
Le tourbillon est signalé en surface et tout le profil est de code 1.



Inversion confirmée - Code 1

Une inversion est définie comme une augmentation confirmée de la température avec la profondeur observée à un certain point du profil. La confirmation est établie par l'observation de la même caractéristique dans une goutte voisine ou répétée. Ces caractéristiques se produisent généralement dans des régions spécifiques.

L'inversion est signalée au début de la montée en température et le profil est en code 1.

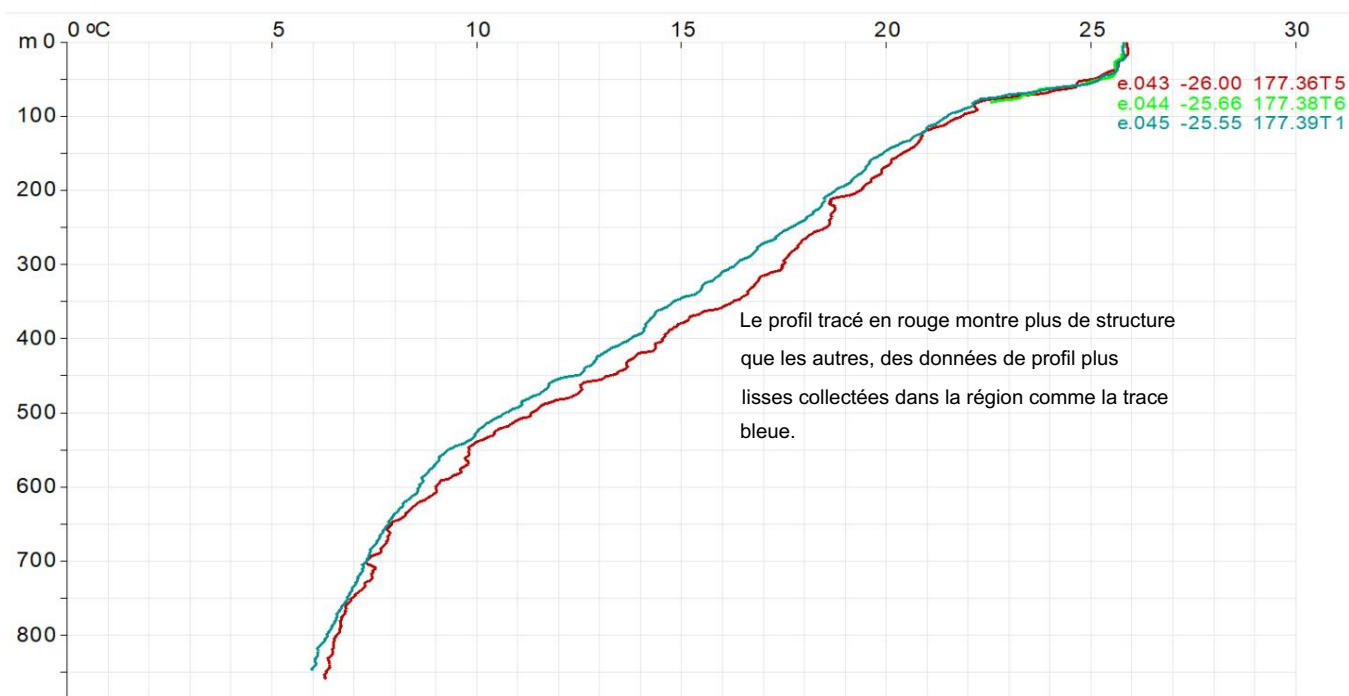


14.2 Code 2 - Le CQ a été effectué ; probablement bonne

Structure fine/Étape Probable - Code 2

Les structures fines ou les marches sont signalées si des caractéristiques structurées en forme de marches sont observées dans une goutte mais ne peuvent pas être complètement confirmées par un profil voisin. Cependant, la caractéristique est probablement réelle car des caractéristiques similaires ont déjà été observées dans la région.

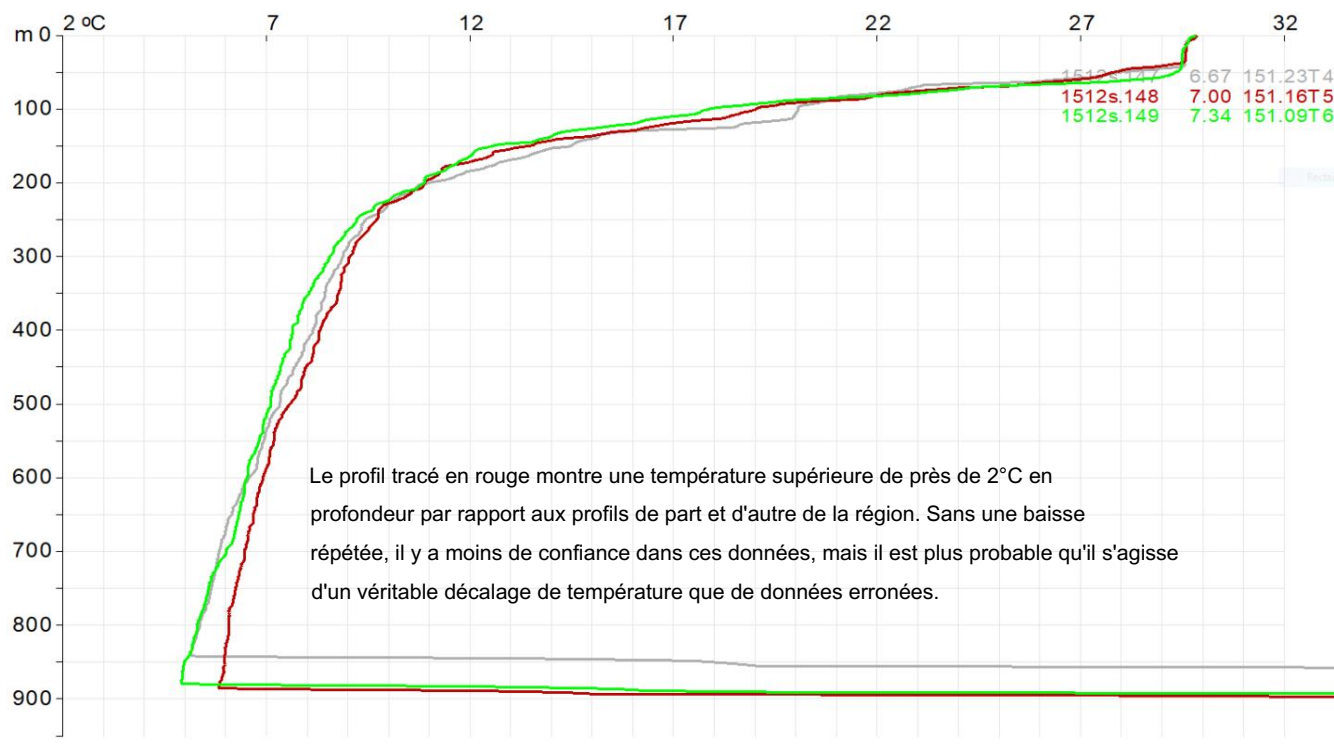
La structure fine est marquée à la surface et le profil entier est marqué comme code 2, donc n'utilisez pas ce drapeau si le profil est certainement bon.



Différence de température en profondeur – Code 2

Cette caractéristique est signalée si une différence de température ($> 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$) en profondeur est observée par rapport aux profils voisins, bien que la différence puisse également se produire sur l'ensemble du profil. Si cette différence ne peut pas être confirmée comme réelle mais que des tourbillons ou des fronts sont connus dans la région à partir des archives, alors la caractéristique est considérée comme probablement réelle.

La température est marquée au début de la différence de température et toutes les profondeurs plus profondes sont codées 2.

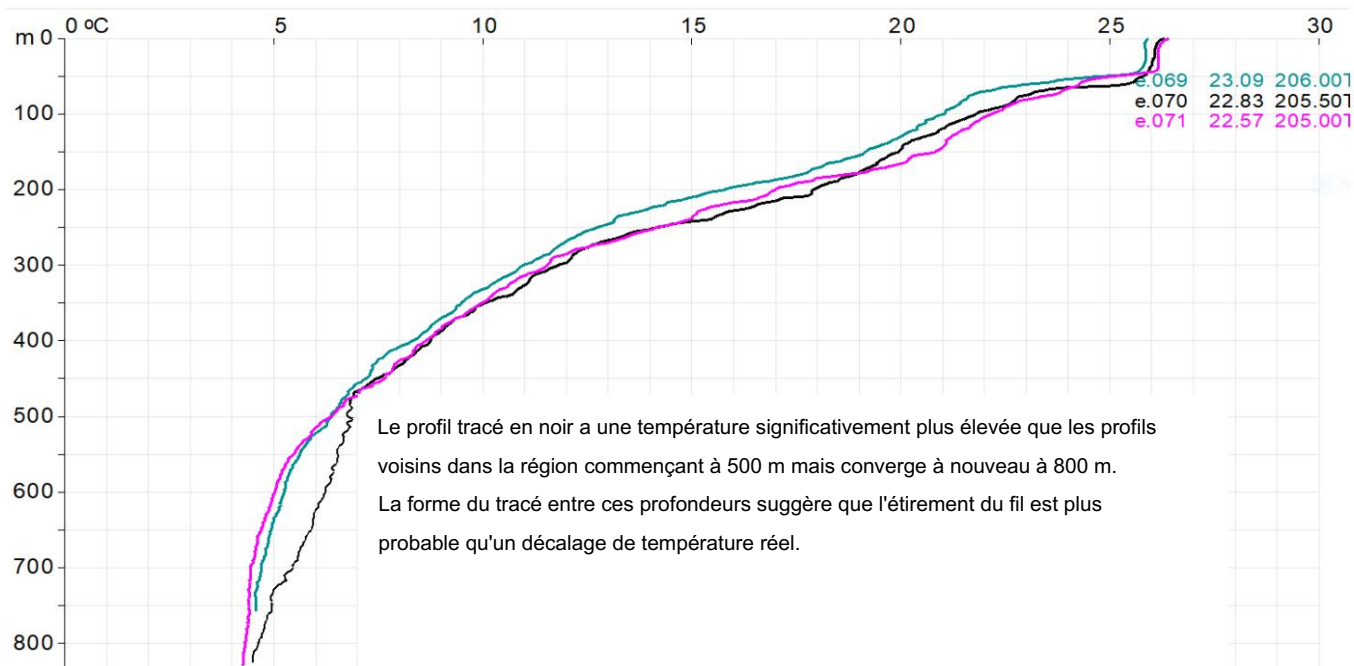


14.3 Code 3 - Le CQ a été effectué ; semble douteux

Étirement du fil ou décalage de température possible - Code 3

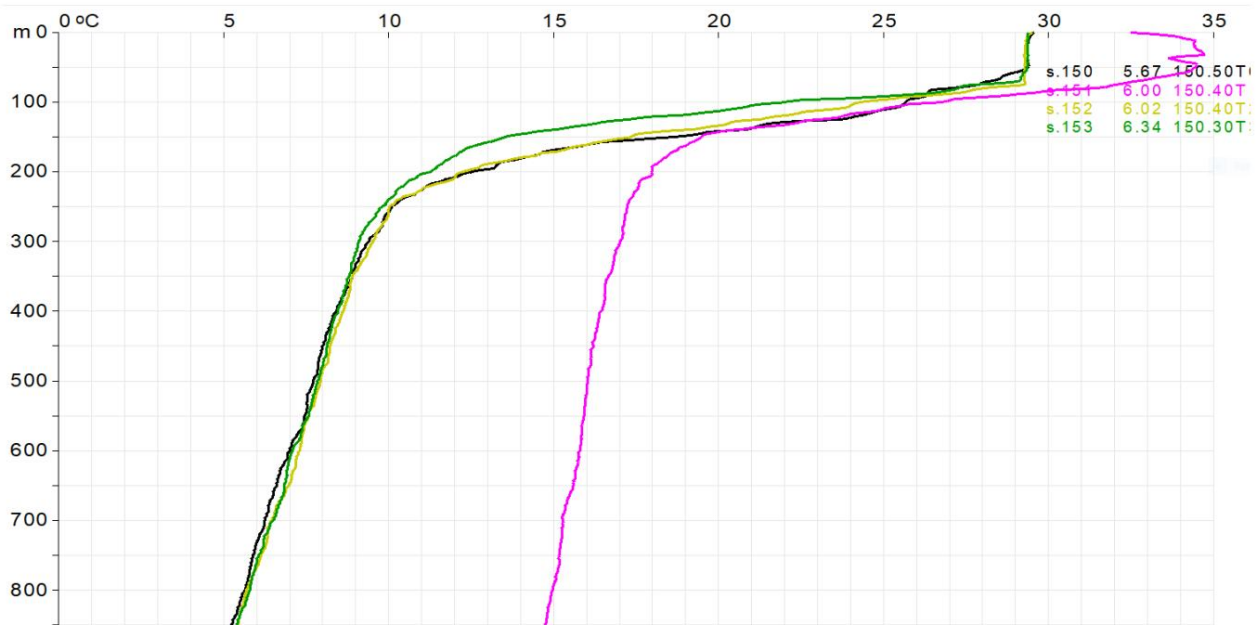
Un étirement possible du fil est un petit réchauffement apparent de la température avec la profondeur à un certain point du profil. Les différences de température irréalistes qui ne peuvent pas être confirmées par une chute voisine et il existe des preuves limitées que des tourbillons ou des fronts se produisent dans la région à partir des archives sont souvent causés par l'étirement des fils.

L'étirement du fil est marqué au début de l'étirement suspecté et toutes les profondeurs ci-dessous sont de code 3.



14.4 Code 4 - Le CQ a été effectué ; apparaît erronée Mauvaise donnée partout – Code 4

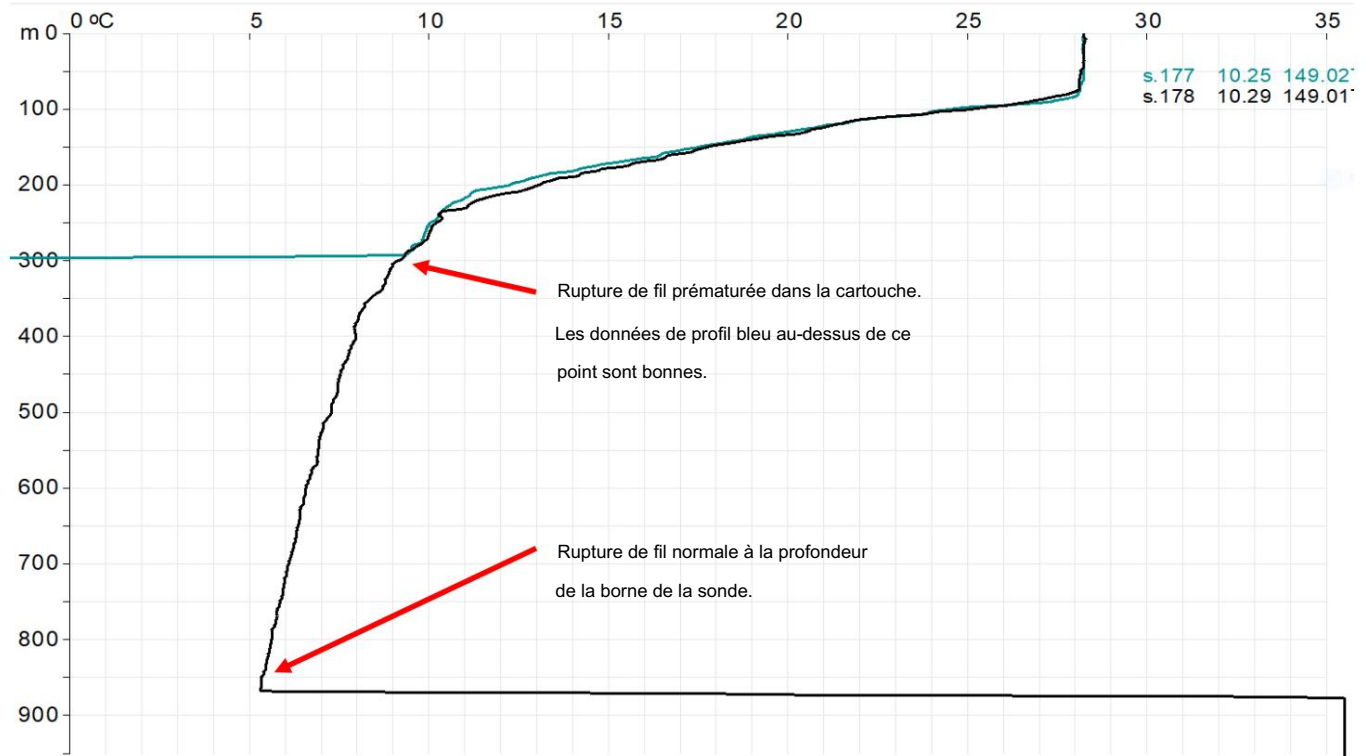
Si les données sont manifestement erronées, comme dans le profil rose ci-dessous, l'ensemble du profil est signalé par le code 4.



Rejet de rupture de fil – Code 4

Lorsqu'un fil XBT se casse, un court-circuit fait sortir les lectures de température de l'échelle soit vers le bas (lorsque le fil se casse de la bobine dans la cartouche) soit vers l'extrémité haute (lorsque le fil se casse de la bobine de la sonde descendante) de l'échelle de température. Les principales causes de rupture de fil sont lorsque la profondeur terminale de la sonde est atteinte. Un bon lancer XBT en eaux profondes se termine par une rupture de fil, mais cela peut aussi se produire moins profond si le fil s'accroche à quelque chose. Les ruptures de fil moins profondes sont souvent précédées d'un étirement du fil.

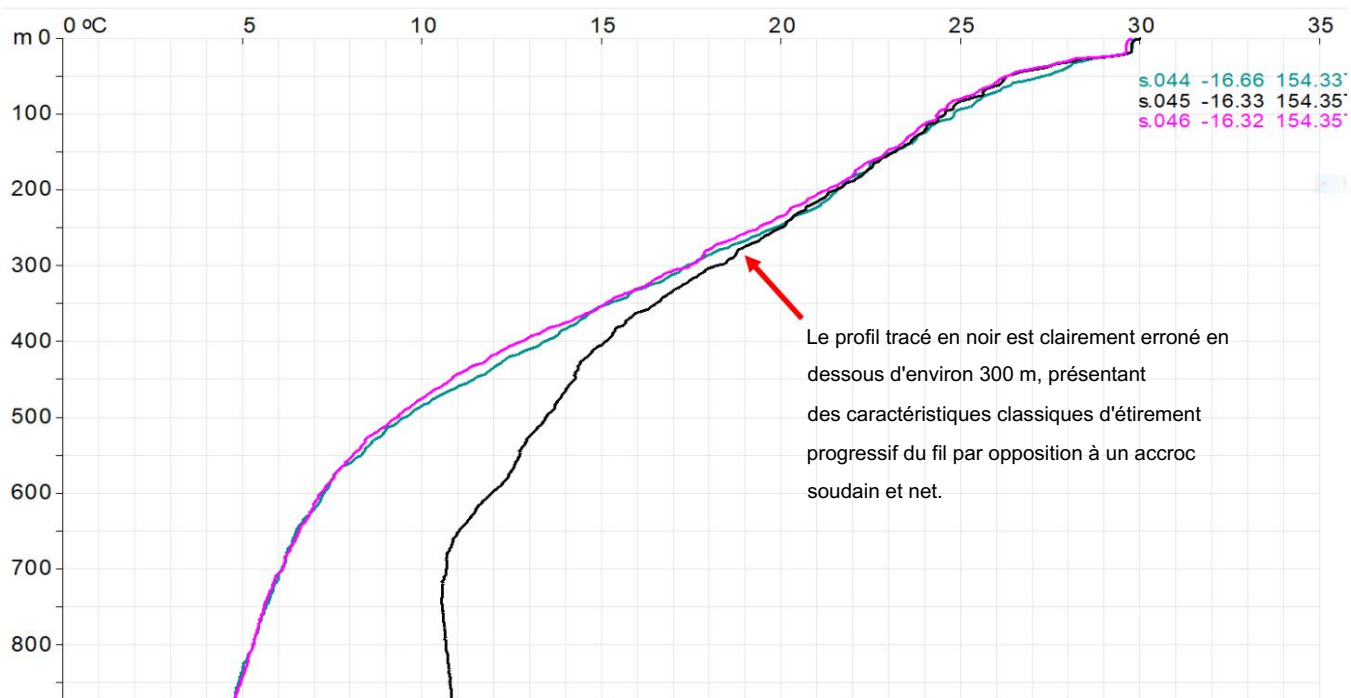
La rupture de fil est marquée au début de la déviation et les données ci-dessous sont signalées par le code 4.



Étirement du fil – Code 4

Un véritable étirement du fil provoque une augmentation anormale de la température avec la profondeur (généralement $> 0,2$ °C observé sur une large gamme de profondeurs). La caractéristique est considérée comme erronée car les températures en profondeur sont incohérentes (plus chaudes) lorsqu'elles sont vérifiées par rapport aux profils voisins. Un étirement de fil est souvent observé à la base d'une trace avant une rupture de fil, ou en cas d'encrassement ou de déroulement restreint.

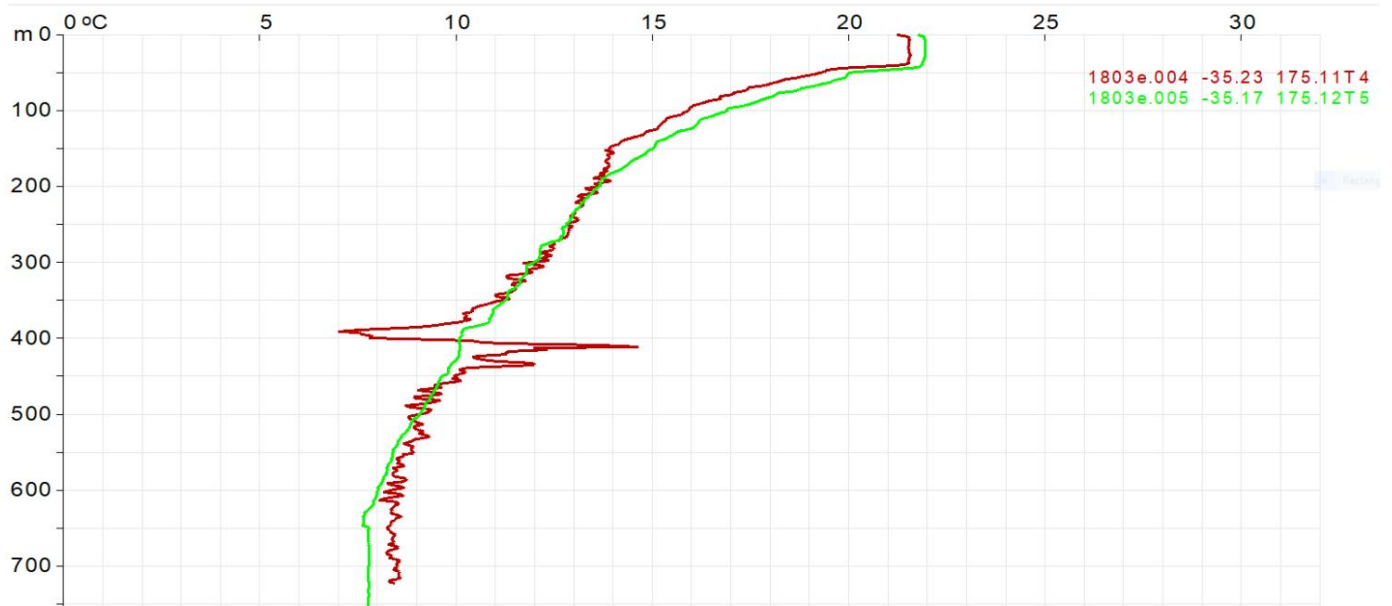
L'étirement du câble est signalé au début de l'étirement et toutes les profondeurs ci-dessous sont codées 4.



Pointes haute fréquence – Code 4

Des pointes continues sur une large plage de profondeurs qui ne peuvent pas être interpolées par filtrage (il n'est pas recommandé d'interpoler à plus de 10 m), peuvent être causées par des fuites, une pénétration d'isolant ou des interférences électriques.

Les pointes sont marquées au début de la pointe et toutes les profondeurs ci-dessous sont signalées par le code 4.



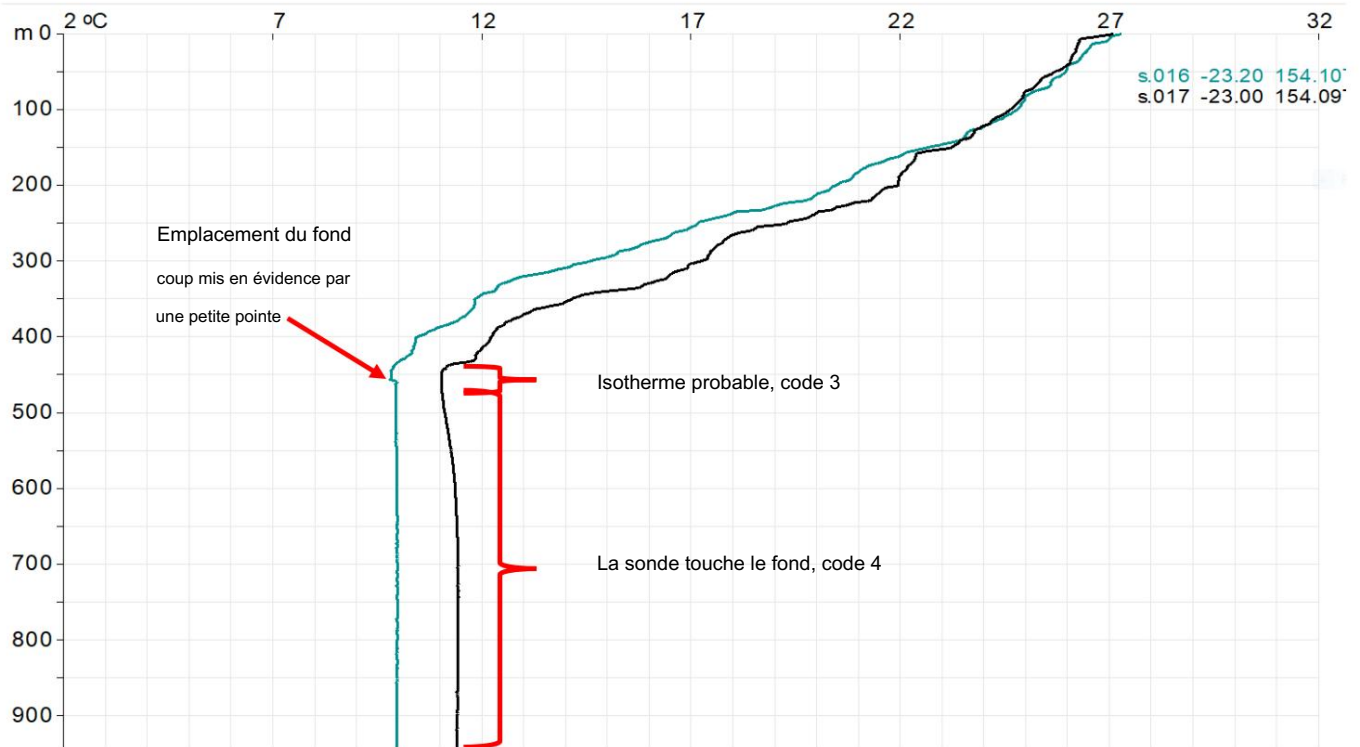
Toucher le fond - Code 4

Lorsqu'une sonde touche le fond, la trace de température devient généralement isotherme. Le contact avec le fond est souvent indiqué par une petite pointe horizontale. Lorsqu'il y a une couche isotherme près du fond et qu'il n'y a pas de pic, il peut être difficile de déterminer la profondeur du coup de fond, utilisez des cartes de topographie du fond pour vous aider à identifier la profondeur correcte.

Isotherm Bound vs. Bottom hit, Code 3 vs. Code 4

Le coup de fond est marqué à la profondeur du coup de fond et toutes les profondeurs plus profondes sont marquées du code 4.

La couche isotherme est marquée au début de l'isotherme et étiquetée code 3 jusqu'au point où le fond la profondeur est identifiée par le coup de fond, puis sous le coup de fond, le drapeau est le code 4.



14.5 Code 5 - La valeur a été modifiée suite à QC Data Interpolated – Code 5

Lorsqu'il y a un pic très net sur une petite plage de profondeur (<10 m) et que le reste des données de profil semble autrement bon, le pic peut être supprimé par interpolation.

Les données interpolées sont marquées au début du pic ; les données modifiées interpolées sur le pic sont signalées code 5 et les données sous le pic sont signalées par le code 2.

