
Laboratoire : US191
Implantation : Brest

RAPPORT DE CALIBRATION
Version 01
Page 0/42

Rapport de Calibration des données SADCP De la campagne PIRATA-FR28

DOI : 10.17600/18000404

Octobre 2018

Version papier non gérée

Sommaire

1.	Procédure de calibration	4
1.1.	Acquisitions des mesures SADCP	4
1.2.	Méthode de calibration	5
2.	Traitement des données	8
2.1.	Nettoyage et correction des données	8
2.1.1.	Fichiers STA	8
2.1.2.	Fichiers LTA	14
2.2.	Etalonnage et correction des données	20
3.	Contrôle et Validation des données	21
4.	Références	28
5.	Annexe 1 – Convention du fichier NetCDF généré par CASCADE	29
6.	Annexe 2 – Date, positions et carte des stations effectuées pendant PIRATA-FR28	33
7.	Annexe 3 – Profils de vitesses absolues du courant moyen pour chaque point de station	35
8.	Suivi des versions de ce document	41

Abstract

Continuous current measurement have been performed during the PIRATA-FR28 cruise using S-ADCP current meter. S-ADCP data are generally contaminated by many artefacts. Data issued from this rapport have been cleaned and qualified using the software CASCADE, developed by the LOPS. Data are eventually calibrated, using ‘bottom track’ or ‘water track’ mode, from the amplitude and alignment. Although the N/O Thalassa is equipped with two S-ADCP, during this campaign, only the 38 kHz SADCPC could be exploited. The SADCPC is an Ocean Surveyor ADCP developed by RDI. The software allows to identify the different phases of the campaign by defining sections and stations. For the sections, data are spatially averaged, whereas for the stations, data are temporally averaged.

Résumé

La campagne PIRATA-FR28 est la 28^{ème} de la série des campagnes annuelles organisées par la France au sein du programme international PIRATA (*Prediction and Research Moored Array in the Tropical Atlantic*). Elle a été menée par l'IRD à bord du N/O Thalassa du 27/02/2018 au 05/04/2018 dans l'Atlantique tropical. Le N/O Thalassa dispose de deux ADCP de coque (Acoustic Doppler Current Profiler) Ocean Surveyor (OS) de type Phase Array (*Teledyne RD Instruments*), fonctionnant l'un à 38 kHz (longue portée, basse résolution), l'autre à 150 kHz (courte portée, haute résolution), permettant la mesure de courant de façon continue tout au long de la campagne. L'acquisition des données se déroule généralement sans interruption pendant toute la durée de la campagne, cependant la mise en place d'une nouvelle procédure pour l'acquisition de données acoustiques pendant la campagne a entraîné de nombreuses coupures dans l'acquisition les premiers jours de campagnes. En outre, des problèmes matériels n'ont pas permis d'exploiter les mesures du S-ADCP 150 kHz. Ce rapport traite uniquement du traitement et de la qualification des données du S-ADCP 38 kHz.

La technologie ADCP impose d'effectuer un nettoyage des données, et si nécessaire un étalonnage du capteur (assiette, alignement, amplitude). Le traitement et la qualification des données a été effectué à l'aide de CASCADE (Chaîne Automatisée de Suivi des Courantomètres Acoustiques Doppler Embarqués), logiciel MATLAB développé au LOPS (Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale).

La procédure de calibration suivie pour traiter les données de cette campagne est présentée dans une première partie. Ensuite sont exposés les résultats du nettoyage des données et de l'éventuel étalonnage. Enfin, nous présenterons dans une dernière partie les produits issus de la validation et du contrôle qualité des données. Les données finales sont identifiées en deux phases, les sections et les stations. Pour les sections, les données sont moyennées spatialement, alors que pour les stations, elles sont moyennées temporellement.

1. Procédure de calibration

1.1. Acquisitions des mesures SADC

Au cours de la campagne PIRATA-FR28, des données S-ADCP ont été acquises de manière continue à bord du N/O Thalassa (figure 1). Les ADCPs permettent une estimation de la vitesse horizontale et verticale du courant à l'aide du son, en utilisant le principe de l'effet doppler. Un signal acoustique est émis à une fréquence connue, et est réfléchi par les particules en suspension dans l'eau jusqu'au capteur avec une fréquence légèrement modifiée. L'ADCP utilise le décalage doppler du signal rétrodiffusé (déphasage proportionnel à la vitesse des réflecteurs) pour mesurer la vitesse du courant, sur toute la colonne d'eau jusqu'à des profondeurs pouvant atteindre 1500m, dans des cellules définies temporellement. De manière à mesurer les trois composantes du courant, quatre faisceaux sont générés simultanément à partir du transducteur de type Phase Array avec un certain angle (30°), permettant la mesure du signal rétrodiffusé dans différentes directions. Ce courantomètre est fixé sous la coque du navire. Grâce à la connaissance de l'orientation du navire par rapport à un repère terrestre (utilisation de PHINS [PHotonic Inertial Navigation System] sur le N/O Thalassa permettant la mesure de la position de l'attitude du navire) et la connaissance de la vitesse du navire, un courant absolu peut être calculé.

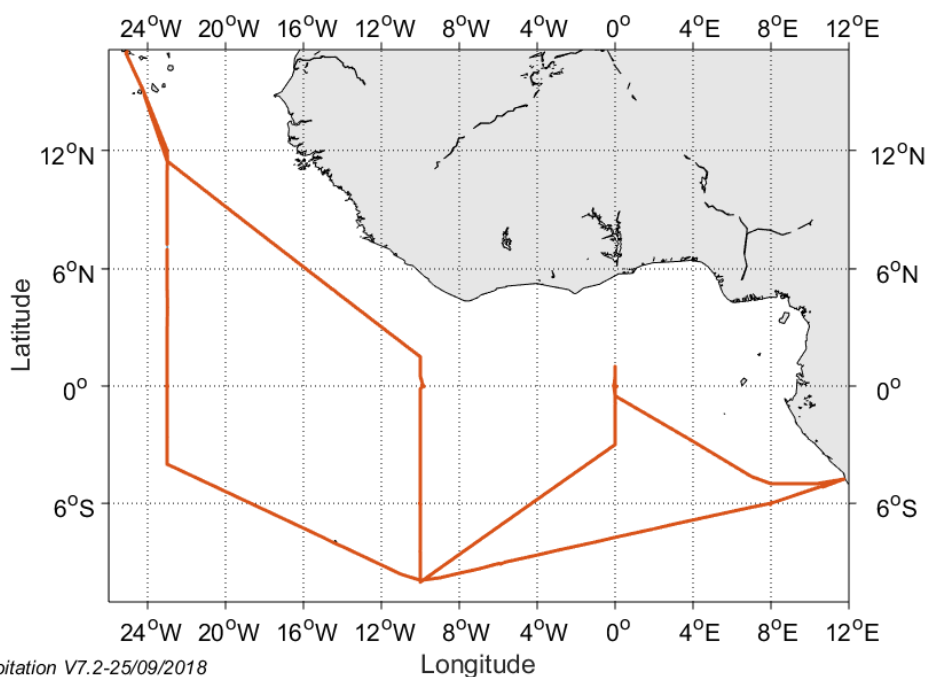


Figure 1 : Tracé de la trajectoire du N/O Thalassa pendant PIRATA-FR28 permettant l'acquisition de mesure S-ADCP

Pendant cette campagne, l'ADCP 38 kHz était commandé par OSEA (Outil de Synchronisation des Equipements Acoustiques), système développé par l'Ifremer permettant de piloter les différents équipements acoustiques d'un navire de façon à éviter les interférences. Il génère les ordres d'émission de chaque équipement. Pendant les premiers jours de la campagne (jusqu'au 08/03/2018), le paramétrage d'OSEA a été modifié de manière à identifier la configuration appropriée pour éviter les interférences avec les différents sondeurs acoustiques présents.

La configuration de l'ADCP est restée la même tout au long de la campagne. Les paramètres choisis sont présentés dans le tableau 1. La précision, la portée et la résolution de la mesure sont dépendantes de cette configuration.

Tableau 1 : Configuration de l'ADCP OS38 utilisé pendant PIRATA-FR28

Mode	Narrow Band
Ping par ensemble	1
Nombres de cellules	66
Longueur d'une cellule [m]	24
Longueur du blanc après transmission [m]	16
Bottom Track	Non
Temps entre ping [s]	3 puis 4.5 à partir du 08/03/2018
Angle de l'ADCP avec axe navire [°]	44.73
Précision de la mesure [cm/s]	20
Portée maximale [m]	1500

1.2. Méthode de calibration

Le traitement de la campagne a été réalisé à partir des fichiers '.STA' et '.LTA' générés par le logiciel VmDAS (*Teledyne RD Instruments*). Ces fichiers contiennent les données de navigation et les vitesses du courant relatives au navire. Le logiciel VmDAS permet de calculer les données ADCP en coordonnées géographiques moyennées sur un intervalle de temps défini par l'utilisateur lors de l'acquisition (ici, 2min et 10min). La configuration ayant été resté la même tout au long de la campagne, il a été possible de concaténer en un seul fichier les '.STA' et '.LTA', permettant d'augmenter le nombre de données pour l'estimation des éventuelles erreurs d'alignement et d'amplitude.

Le traitement a été effectué avec le logiciel CASCADE v7.2. Dans un premier temps, les fichiers sont convertis au format NetCDF. Ce fichier contient toutes les informations relatives au traitement. Le nom des variables suit la convention présentée en annexe 1. Ensuite, le traitement suit ces différentes étapes :

- Vérification, et éventuellement correction, des différences d'horloges PC-GPS.
- Définition d'une couche de référence, définie par des numéros de cellules min et max entre lesquelles les données sont considérées comme bonnes et cohérentes entre elles. Cette couche sert de référence pour le nettoyage des données et les comparaisons route-station.
- Ajout de la bathymétrie (à partir des mesures sondeur du navire ou d'une interpolation en latitude et longitude d'une bathymétrie mondiale) permettant de détecter les données sous le fond.
- Nettoyage des données permettant d'associer un flag de qualité aux données de vitesse absolue du courant en fonction de certains critères. Le code qualité utilisé est présenté dans le tableau 2.
- Correction du désalignement de l'ADCP par rapport à l'axe du navire, elle est nécessaire lorsque la vitesse du courant est corrélée à la vitesse du navire (et/ou la direction du courant corrélée à la direction du navire). Cette corrélation est généralement marquée avec les vitesses de courant perpendiculaire à la route. En effet un désalignement de l'ADCP implique une projection de la vitesse du navire sur la vitesse du courant. L'angle corrigé est calculé en comparant les vitesses issues du bottom ping (dans des fonds peu profonds) avec celles du navire (bottom track), ou en comparant les vitesses du courant moyennées sur la couche de référence en route avec celles en station (water track). Cette correction est appliquée si le désalignement est supérieur à $0,5^\circ$.
- Correction du facteur d'amplitude de l'ADCP, elle est nécessaire lorsque la vitesse du courant est corrélée à la vitesse du navire (et/ou la direction du courant corrélée à la direction du navire). Cette corrélation est généralement marquée avec les vitesses de courant parallèle à la route. Le facteur d'amplitude est calculé en comparant les vitesses issues du bottom ping (dans des fonds peu profonds) avec celles du navire (bottom track), ou en comparant les vitesses du courant moyennées sur la couche de référence en route avec celles en station (water track). Cette correction est appliquée si le facteur d'amplitude diffère de 0,05.
- Ajout de la marée (à partir du modèle TPXO8), permettant de calculer les composantes de la vitesse absolue du courant corrigée de la marée barotrope.
- Invalidation manuelle éventuelle de données entre deux dates ou ensembles.

Laboratoire : US191
Implantation : Brest

RAPPORT DE CALIBRATION
Version 01
Page 7/42

Les données sont ensuite filtrées (horizontalement, verticalement ou les deux) de manière à réduire le bruit et combler les trous isolés. Le filtrage est effectué sur les vitesses absolues du courant et les flags associés sont modifiés (code 8 pour les données sous le fond et code 7 aux données absentes ou mauvaises non comblées par le filtrage). Le filtrage est une moyenne glissante sur 3 points, excepté sur les bords où la valeur filtrée est calculée sur 2 points. Ainsi, la longueur de trou maximale comblée par le filtrage est de 2. Les données créées par le filtrage sont flaguées à 2.

Tableau 2 : Signification des codes de qualité attribuée selon l'ordre de l'algorithme

Code	Signification
8	Données sous le fond
7	Cellules pour lesquelles il n'y a pas de mesure ADCP
6	Données dont : - Les vitesses absolues de courant sont supérieures à une valeur fixée par l'utilisateur V_{max} [cm/s] - La corrélation est inférieure à une valeur fixée par l'utilisateur <i>Seuil de Corrélation</i> - La différence des différences verticales de l'écho d'intensité est supérieure au produit de la moyenne des différences verticales d'écho d'intensité et d'un <i>seuil d'interférence</i> fixé par l'utilisateur (interférence avec un autre appareil acoustique)
5	Données dont : - Le % de bonnes données est inférieur à un seuil utilisateur - L'erreur de vitesse verticale est supérieure à une valeur fixée par l'utilisateur
4	Données dont la différence de deux cisaillements consécutifs dépasse une valeur seuil fournie par l'utilisateur
3	- Données qui ne passent pas le test d'écart à la médiane, soit : la vitesse s'écarte de la médiane des vitesses absolues du courant (niveau par niveau), comprises entre la donnée en cours et les Nb (fixé par l'utilisateur) ensembles voisins de part et d'autre, de plus de $Nb2$ (fixé par l'utilisateur) fois l'écart médian sur ces mêmes valeurs $[abs(vitesse(i)-Med) > Nb2 * (median(abs((vitesse(i-Nb:i+Nb)-Med)))]$ - Données dont la médiane a été calculée avec moins de 20% des vitesses sur l'intervalle (i-Nb : i+Nb)
2	Données douteuses si : - Les vitesses absolues du courant s'écartent de plus de V du profil moyen de vitesses absolues sur les profils (i-5:i+5) et lissé verticalement sur 5 cellules (V est soit un écart maximum au profil moyen défini en cm/s [$V_{difflim}$], soit un facteur de tolérance de cisaillement [$fact_{cis}$] qui permet d'assouplir la valeur seuil définie par le cisaillement maximal des profils moyens lissés ; soit $V = max([fact_{cis} * cisaillement_{maximum} V_{difflim}])$) - Une, voire deux données, sont correctes mais isolées sur la verticale (toutes les données au-dessus et en-dessous sont flaguées entre 2 et 8. - Plus de 50% des données de la couche de référence ont un flag supérieur à 1 (alors toutes les données du profil flaguées à 1 sous le 1 ^{er} point douteux ou mauvais sont flaguées à 2).
1	Données supposées valides
9	Données invalidées manuellement

2. Traitement des données

2.1. Nettoyage et correction des données

2.1.1. Fichiers STA

Les fichiers '.STA' contiennent les données ADCP en coordonnées géographiques moyennées sur 2 minutes. La figure 2 présente le nombre de pings moyennés pour chaque ensemble, le décalage de 20 pings à 26,5 pings est représentatif du changement de configuration (temps entre pings) ayant eu lieu le 08/03/2018.

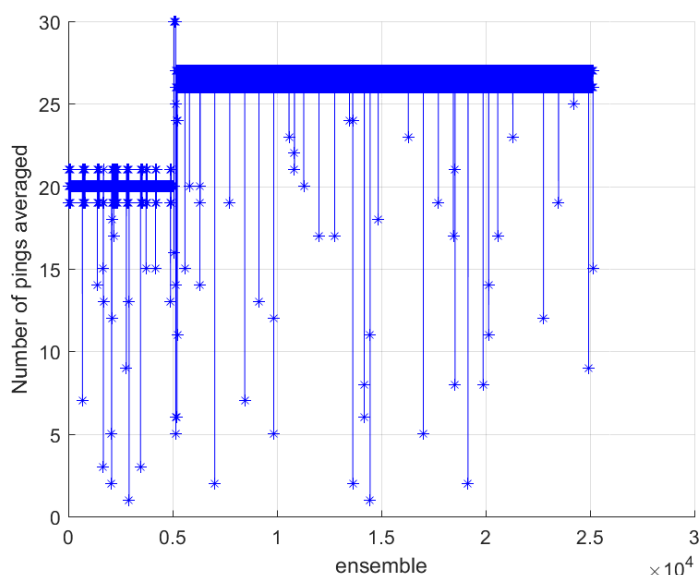


Figure 2: Nombre de pings par ensemble pour les fichiers STA

Sans nettoyage, les données brutes sont parasitées par des valeurs de courant aberrantes (figure 3). La figure 4 présente la corrélation des données, le pourcentage de bonnes données, et l'intensité de l'écho rétrodiffusé. L'analyse de cette figure permet de dresser un diagnostic de la qualité des données. Il apparaît ici évident que les mesures effectuées par petit fond ont entraîné des artefacts. En outre, en début de campagne (jusqu'au 08/03/2018), il apparaît que des interférences existent avec les autres appareils acoustiques. Hormis ces cas particuliers, il apparaît que les données sont plutôt de très bonne qualité. La couche de référence utilisée pour le nettoyage est définie entre les bins 3 et 5 (soit entre 88 et 136m).

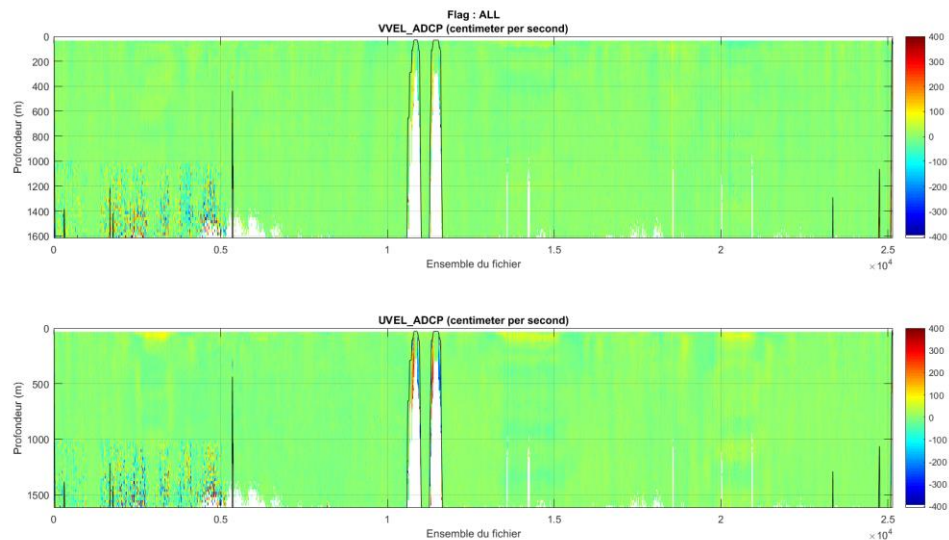
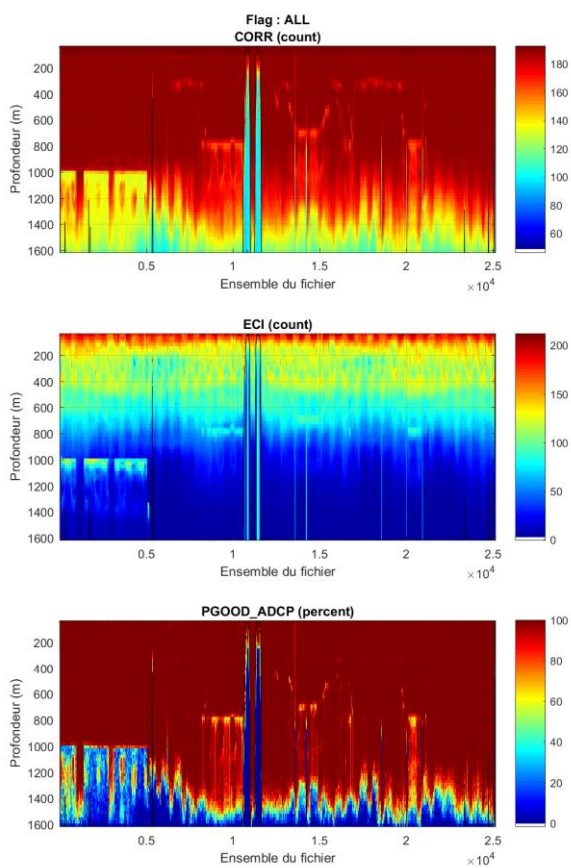


Figure 3: Vitesses absolues du courant (cm/s), des fichiers STA, mesurées pendant PIRATA-FR28

Dans un premier temps, la dérive de l'horloge a été analysée. Ici, aucune correction de l'horloge n'est appliquée car le décalage d'horloge entre le PC et le GPS est d'environ -0,3s. (Figure 5), il n'est donc pas représentatif d'un réel défaut matériel.

Ensuite, une bathymétrie est utilisée pour détecter les données sous le fond. Pendant PIRATA-FR28, les données sondeur du navire n'étaient pas accessibles les premiers jours de campagne, c'est pourquoi il a été préférable d'utiliser l'interpolation d'une bathymétrie mondiale pour définir la bathymétrie rencontrée. La bathymétrie Etopo1 a ici été choisie (figure 6).

Enfin, les données ont pu être nettoyées en utilisant les paramètres présentés dans le tableau 3. Les statistiques relatives à ce nettoyage sont présentées dans le tableau 4. Etant donné la bonne qualité générale des données, il a été préféré d'utiliser des seuils sévères permettant, au mieux, d'éliminer toutes les données douteuses et garder les bonnes données.



Cascade exploitation V7.2-15/10/2018

Figure 4: Indicateur de corrélation (en haut), intensité de l'écho rétrodiffusé (au milieu), et pourcentage de bonnes données des fichiers STA (en bas)

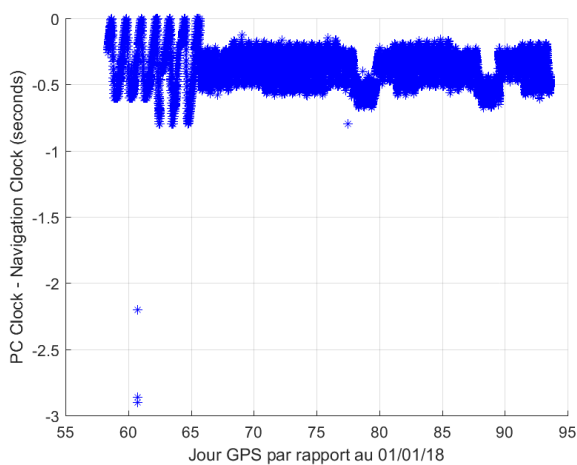


Figure 5: Différences d'horloges PC-GPS en fonction du temps

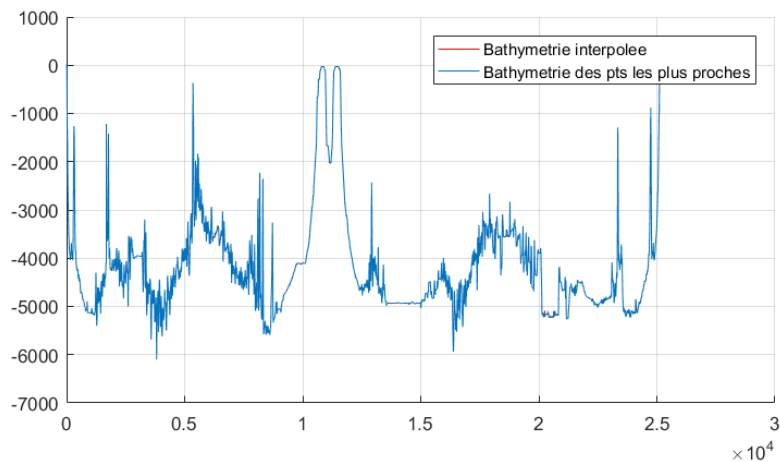


Figure 6: Bathymétrie associée à la trajectoire de la campagne (en rouge) et bathymétrie du point le plus proche (en bleu)

Tableau 3: Paramètres utilisés pour le nettoyage des données STA

Paramètre	Valeur
Seuil de l'erreur de la vitesse verticale [cm/s]	100
Cisaillement vertical maximum	0.2
Nombre de profils à considérer avant et après chaque profil	20
Nombre d'écart à la moyenne	3
Détection du fond	Bathymétrie
Vmax [cm/s]	400
Seuil de corrélation	120
% min. d'ensemble bon	80
Seuil d'interférence	10
Facteur de tolérance de cisaillement	4
Ecart maximal au profil moyen [cm/s]	30

Tableau 4: Statistiques sur le nettoyage des données STA

Flag	Signification	%
1	Données bonnes	75,36
2	Données douteuses	0,62
3	Test d'écart à la médiane	1,27
4	Différence de cisaillement > 0.2	0
5	% données bonnes > 30%, W > 1m/s	16,59
6	U ou V > 4m/s, Corrélation < 100, Différence des différences verticales de l'écho intensité > [10 - 4*moyenne des différences verticales d'écho d'intensité]	2,06
7	Données absentes	0,99
8	Données sous le fond	3,10

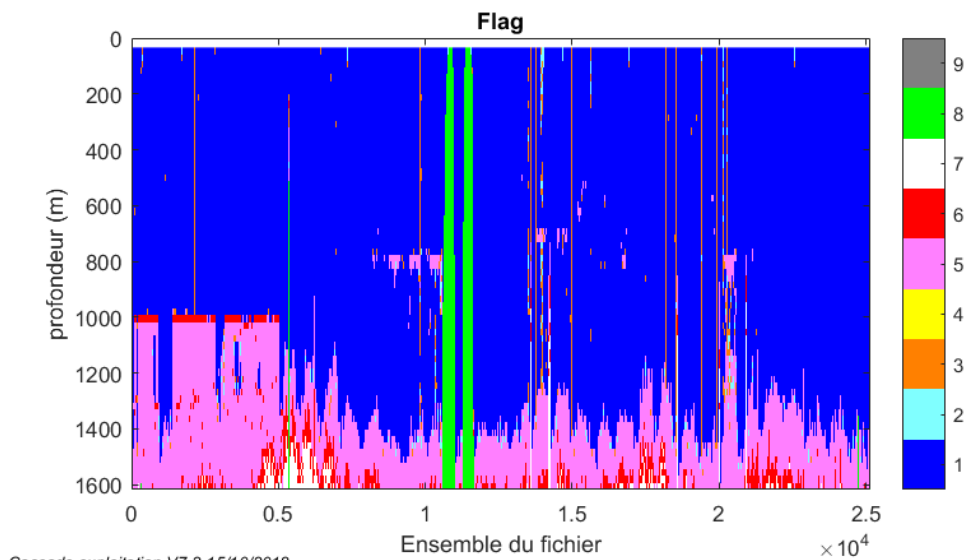
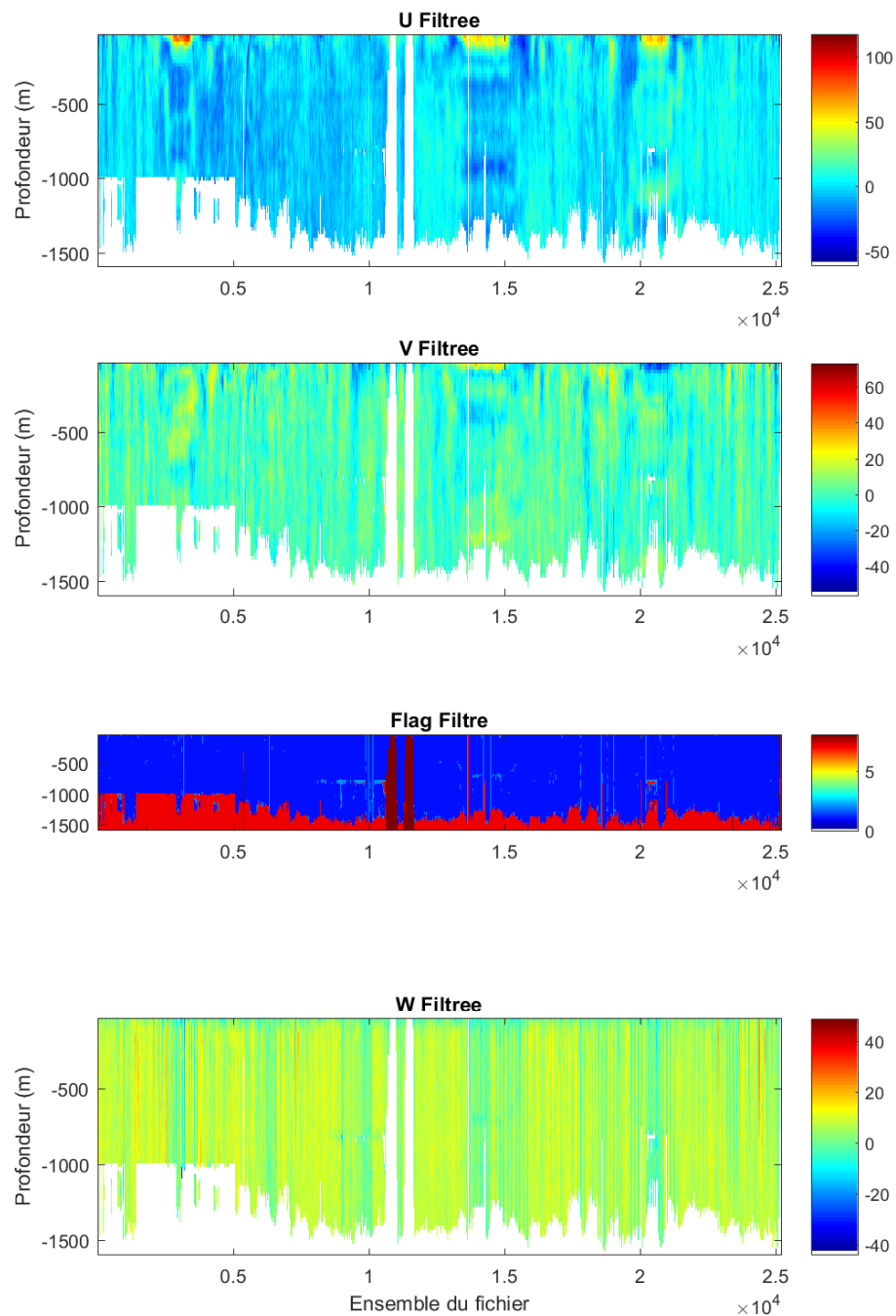


Figure 7: Code qualité attribué aux données des fichiers STA

La figure 7 présente les codes qualités attribués à chaque donnée. Aucune donnée n'a été invalidée manuellement. Les données de courant bonnes (code 1) filtrées horizontalement et verticalement sont présentées sur la figure 8.

PIRATA-FR28_osite_matsm_opt



Cascade exploitation V7.2-15/10/2018

Figure 8: Vitesses du courant absolues [cm/s] bonnes (code 1) et flag filtrées horizontalement et verticalement des fichiers STA

2.1.2. Fichiers LTA

Les fichiers '.LTA' contiennent les données ADCP en coordonnées géographiques moyennées sur 10 minutes. La figure 9 présente le nombre de pings moyennés pour chaque ensemble, le décalage de 100 pings à 133,5 pings est représentatif du changement de configuration (temps entre pings) ayant eu lieu le 08/03/2018.

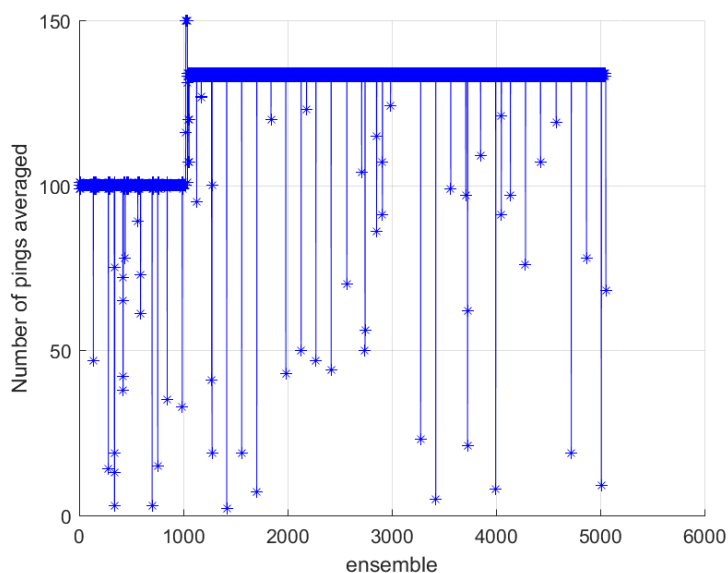


Figure 9: Nombre de pings par ensemble pour les fichiers LTA

Sans nettoyage, les données brutes sont parasitées par des valeurs de courant aberrantes (figure 10). La figure 11 présente la corrélation des données, le pourcentage de bonnes données, et l'intensité de l'écho rétrodiffusé. L'analyse de cette figure permet de dresser un diagnostic de la qualité des données. Il apparaît ici évident que les mesures effectuées par petit fond ont entraîné des artefacts. Egalement, en début de campagne (jusqu'au 08/03/2018), il apparaît que des interférences existent avec les autres appareils acoustiques. En outre, la durée des ensembles étant de 10 minutes, des artefacts apparaissent lorsque le navire est en manœuvre (ie. ensembles 2855 et 2911). En effet, une durée d'ensemble longue offre des données plus robustes, mais des artefacts peuvent apparaître lors des mouvements rapides du navire, caractérisés par un profil entier aberrant. Hormis ces cas particuliers, il apparaît que les données sont plutôt de très bonne qualité. La couche de référence utilisée pour le nettoyage est définie entre les bins 3 et 5 (soit entre 88 et 136m).

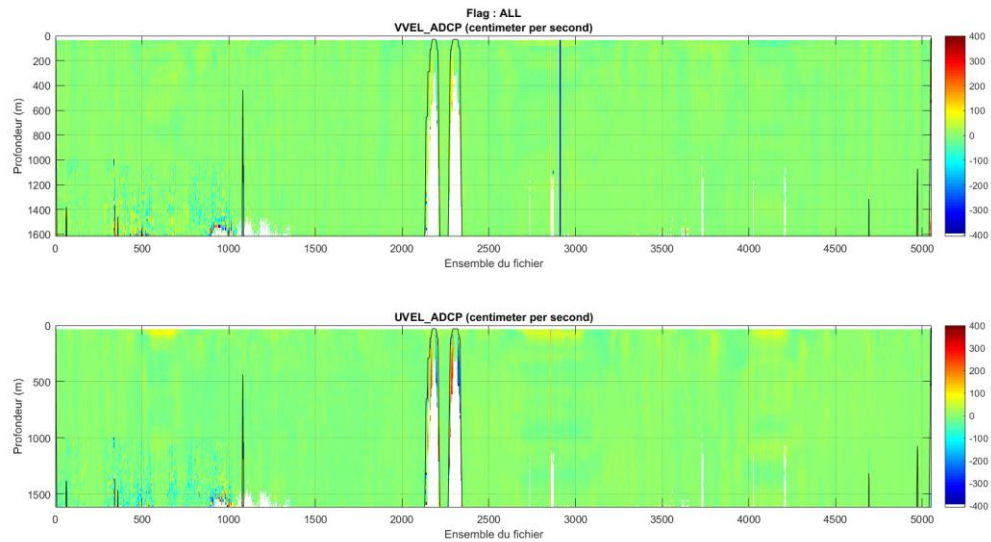
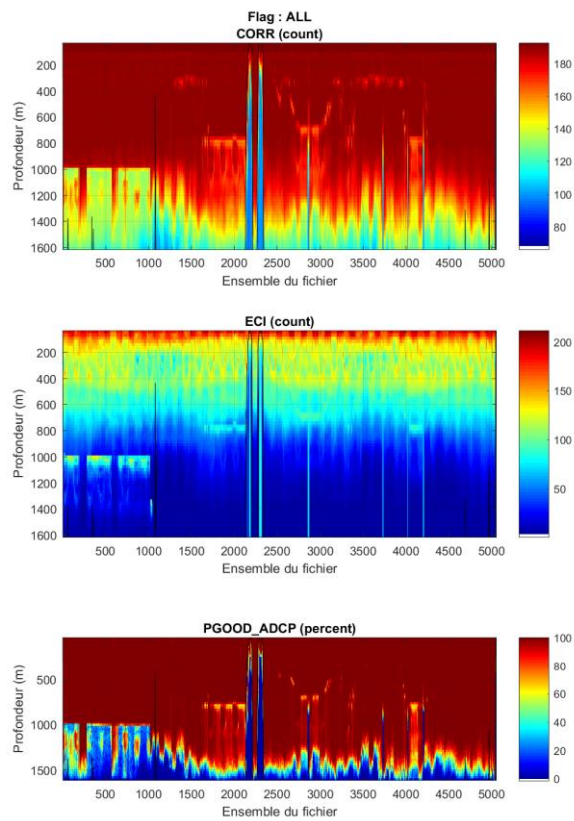


Figure 10: Vitesses absolues du courant (cm/s,) des fichiers LTA, mesurées pendant PIRATA-FR28

De la même manière que les données STA, aucune correction de l'horloge n'a été appliquée et la bathymétrie Etopo1 a été utilisée pour détecter les données sous le fond.

Les données ont ensuite pu être nettoyées en utilisant les paramètres présentés dans le tableau 5. Les statistiques relatives à ce nettoyage sont présentées dans le tableau 6. Etant donné la bonne qualité générale des données, il a été préféré d'utiliser des seuils sévères permettant, au mieux, d'éliminer toutes les données douteuses et garder les bonnes données.



Cascade exploitation V7.2-15/10/2018

Figure 11: Indicateur de corrélation (en haut), intensité de l'écho rétrodiffusé (au milieu), et pourcentage de bonnes données (en bas) des fichiers LTA

Laboratoire : US191
Implantation : Brest

RAPPORT DE CALIBRATION
Version 01
Page 17/42

Tableau 5: Paramètres utilisés pour le nettoyage des données LTA

Paramètre	Valeur
Seuil de l'erreur de la vitesse verticale [cm/s]	100
Cisaillement vertical maximum	0.2
Nombre de profils à considérer avant et après chaque profil	20
Nombre d'écart à la moyenne	3
Détection du fond	Bathymétrie
Vmax [cm/s]	400
Seuil de corrélation	120
% min. d'ensemble bon	80
Seuil d'interférence	10
Facteur de tolérance de cisaillement	4
Ecart maximal au profil moyen [cm/s]	30

Tableau 6: Statistiques sur le nettoyage des données LTA

Flag	Signification	%
1	Données bonnes	76,52
2	Données douteuses	0,17
3	Test d'écart à la médiane	0,27
4	Différence de cisaillement > 0.2	0
5	% données bonnes > 30%, W > 1m/s	16,98
6	U ou V > 4m/s, Corrélation < 100, Différence des différences verticales de l'écho intensité > [10 - 4*moyenne des différences verticales d'écho d'intensité]	2,43
7	Données absentes	0,53
8	Données sous le fond	3,10

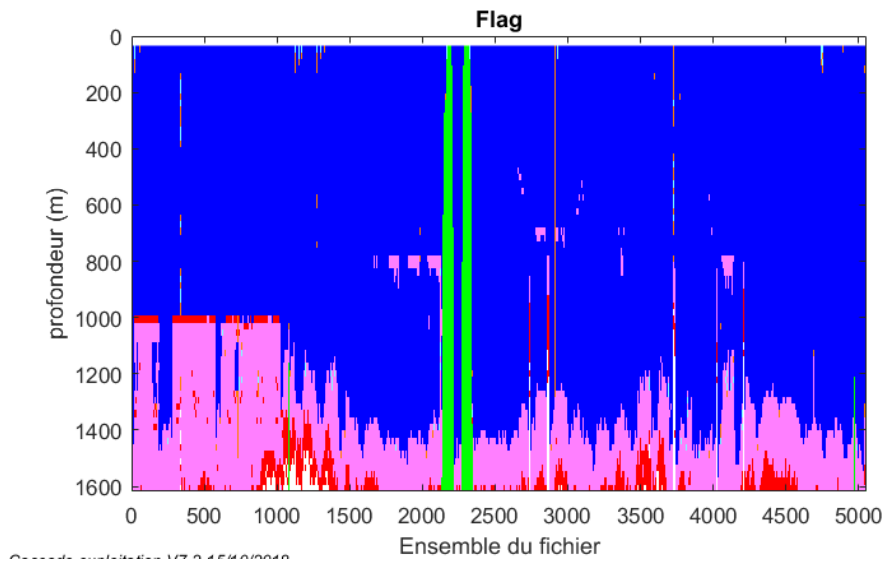
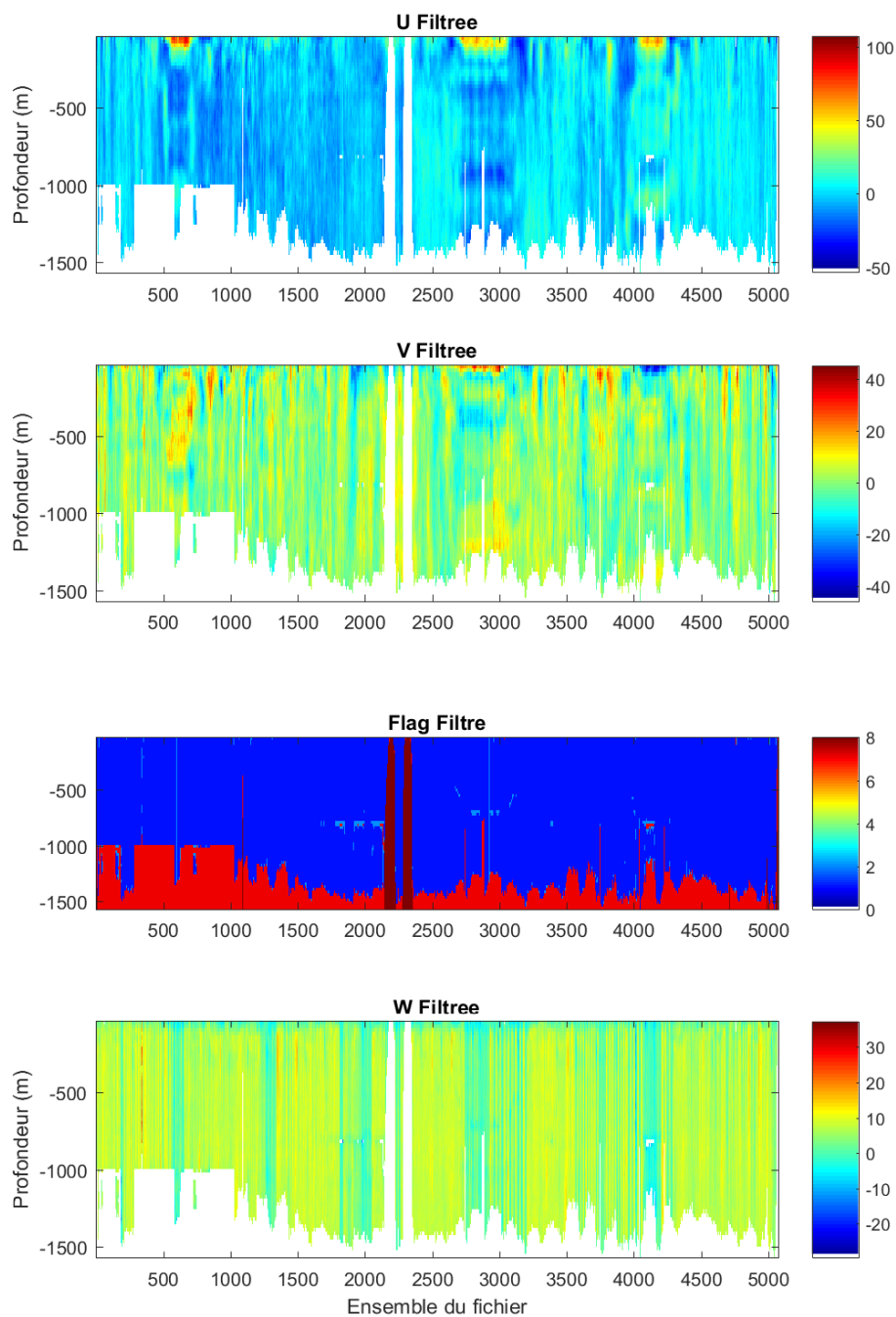


Figure 12: Code qualité attribué aux données des fichiers LTA

La figure 12 présente les codes qualités attribués à chaque donnée. Aucune donnée n'a été invalidée manuellement. Les données de courant bonnes (code 1) filtrées horizontalement et verticalement sont présentées sur la figure 13.

PIRATA-FR28_osite_matsm_opt



Cascade exploitation V7.2-15/10/2018

Figure 13: Vitesses du courant absolues [cm/s] bonnes (code 1) et flag filtrées horizontalement et verticalement des fichiers LTA

2.2. Etalonnage et correction des données

En ce qui concerne la correction du désalignement et du facteur d'amplitude, aucune donnée via bottom-track n'a été acquise pendant la campagne. Ces erreurs n'ont pu être estimées uniquement via water-track. Toutefois, les vitesses et directions du courant et celles du navire ne sont pas corrélées (figure 14 et 15) ; les estimations via water-track proposent des corrections trop faibles (1,003 pour le facteur d'amplitude, et -0,26 pour le désalignement, au lieu de 1 et 0) pour qu'elles soient prises en compte (figure 16).

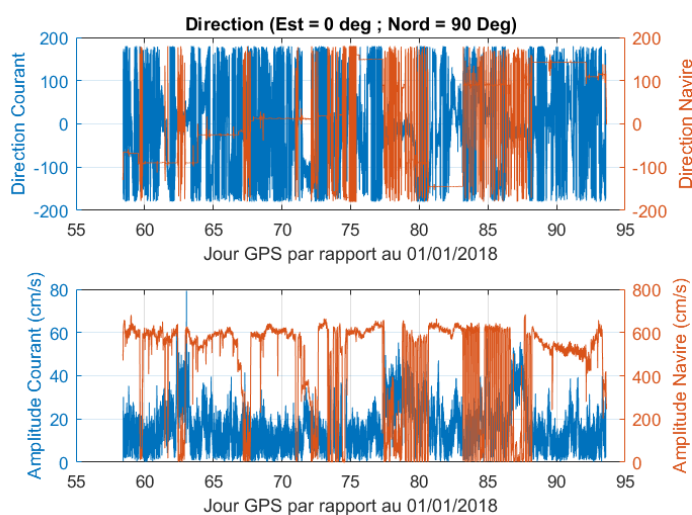


Figure 14: Comparaison, en direction et en modules, des vitesses navire et vitesses du courant

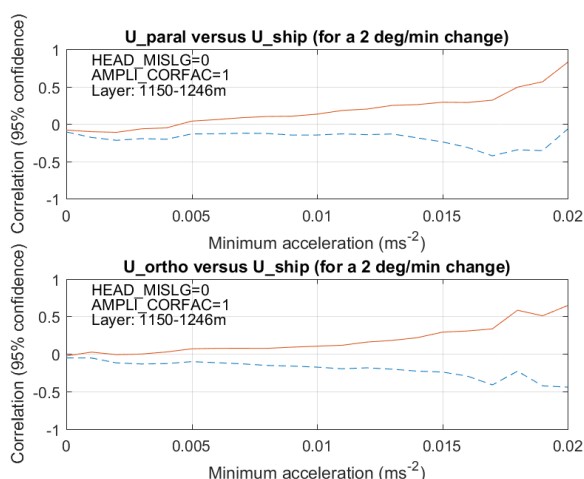


Figure 15: Tracés des corrélations entre vitesses navires et vitesses absolues du courant dans la couche de moindre variabilité en fonction du seuil d'accélération du navire [en pointillé: minimum de l'intervalle de confiance; en trait plein: maximum de l'intervalle de confiance]

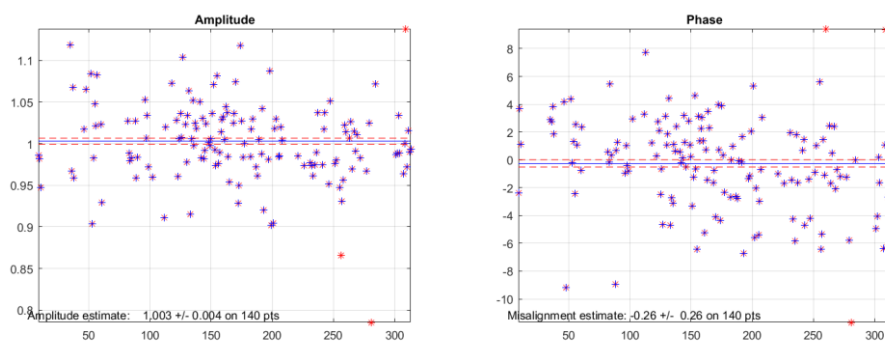


Figure 16: Tracé de l'estimation du facteur d'amplitude (à gauche) et du désalignement (à droite) [en bleu, accélérations prises en compte pour l'estimation ; en rouge: les accélérations éliminées par le test d'écart à la moyenne ; en trait plein bleu: l'amplitude et le désalignement estimés ; en trait plein rouge: l'erreur associée]

3. Contrôle et Validation des données

L'ensemble des contrôles et validations sont effectués sur le fichier créé à partir des données .LTA. Ce fichier est moins précis temporellement mais ces données sont plus lissées que celui créé à partir des données .STA (figure 8 et 13). Seules les données affectées du code qualité 1 sont utilisées, et les courants sont corrigés de la marée. Ces données ont pu être comparées avec les données acquises au cours des précédentes campagnes PIRATA au niveau des mêmes sections et stations. Pendant PIRATA-

FR28, 12 sections sont identifiées (tableau 7 et figure 17) et 44 stations ont été effectuées (annexe 2). Les moyennes des courants acquises sur la durée de chaque station sont présentées en annexe 3.

Tableau 7 : Dates de début et fin de chaque section identifiées sur PIRATA-FR28

Numéro de Section	Date de début	Date de fin
1	28/02/2018 10 :17 :15	01/03/2018 12 :54 :32
2	01/03/2018 12 :56 :32	05/03/2018 20 :39 :09
3	05/03/2018 20 :47 :09	09/03/2018 04 :16 :26
4	09/03/2018 16 :58 :08	15/03/2018 13 :59 :16
5	16/03/2018 14 :07 :16	17/03/2018 09 :38 :03
6	17/03/2018 09 :40 :02	19/03/2018 07 :54 :36
7	19/03/2018 07 :54 :36	20/03/2018 23 :20 :37
8	21/03/2018 00 :10 :36	22/03/2018 13 :41 :47
9	22/03/2018 15 :27 :45	25/03/2018 04 :33 :21
10	25/03/2018 05 :27 :21	30/03/2018 03 :05 :37
11	30/03/2018 04 :37 :36	03/04/2018 03 :33 :08
12	03/04/2018 03 :35 :09	04/04/2018 14 :19 :05

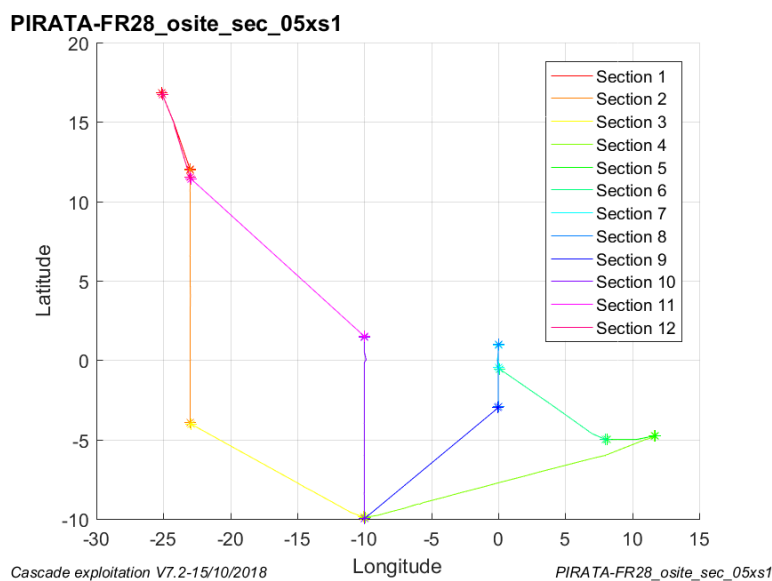


Figure 17 : Identification des différentes sections effectuées pendant PIRATA-FR28

Les stations 11 et 14 ayant été effectuées à la même position mais à des temps différents, il a été possible de contrôler la robustesse des données en comparant les profils de courant moyen obtenus à ces positions (figure 18). A trois jours d'intervalle et à la même position, les signaux de courants sont cohérents entre eux. Ce contrôle de robustesse a également pu être effectué au niveau de la radiale 0° où le navire est repassé sur sa trajectoire selon les directions Sud-Nord puis Nord-Sud, soit les radiales 7 et 8 (figure 19). La distribution des courants sur cette radiale est très cohérente entre les deux passages avec la présence du sous-courant équatorial (EUC, Equatorial Undercurrent), courant qui porte à l'Est entre 50m et 200m, et d'un contre-courant profond entre 800m et 1000m. Les ordres de grandeur de la composante zonale de l'EUC et du contre-courant profond sont les mêmes pour les deux passages (respectivement $>0,4$ m/s et $<-0,3$ m/s), les données sont donc robustes sur cette campagne.

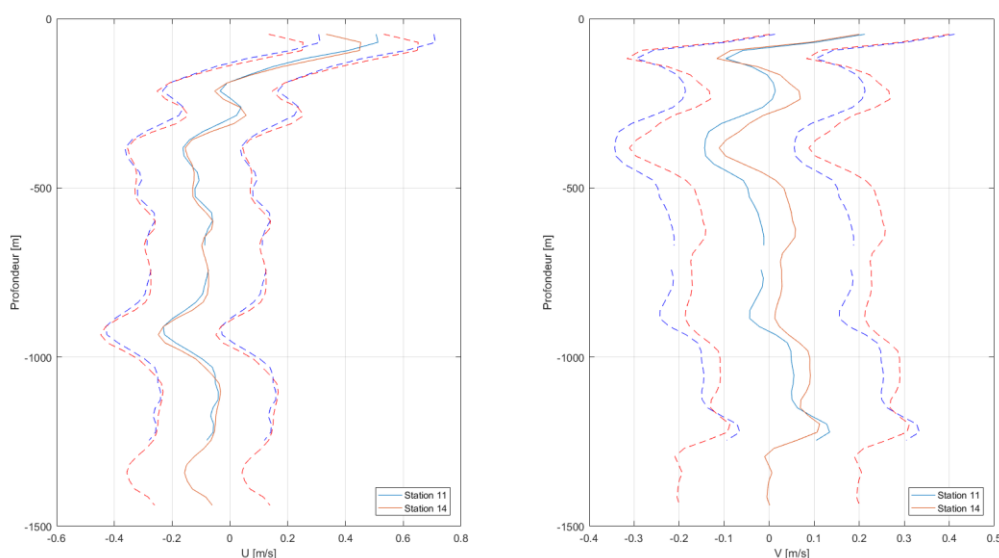


Figure 18 : Comparaison des courants absolus moyennés sur la durée des stations 11 (bleu) et 14 (rouge). Les écarts-types sont présentés en pointillés.

Les données ont ensuite été comparées à celles acquises pendant les précédentes campagnes PIRATA, de manière à valider la justesse de celles-ci. Le tracé des vitesses absolues du courant sur la radiale 23°W entre 50 et 200m sous forme de vecteur (figure 20) met en évidence la même distribution méridionale des courants (présence de l'EUC entre 2°N et 2°S). La comparaison de la composante zonale de ces courants (figure 21) met en évidence un même noyau de vitesse maximale entre 50m et 120m. L'ordre de grandeur des vitesses est identique entre 2017 et 2018 (0,8 m/s).

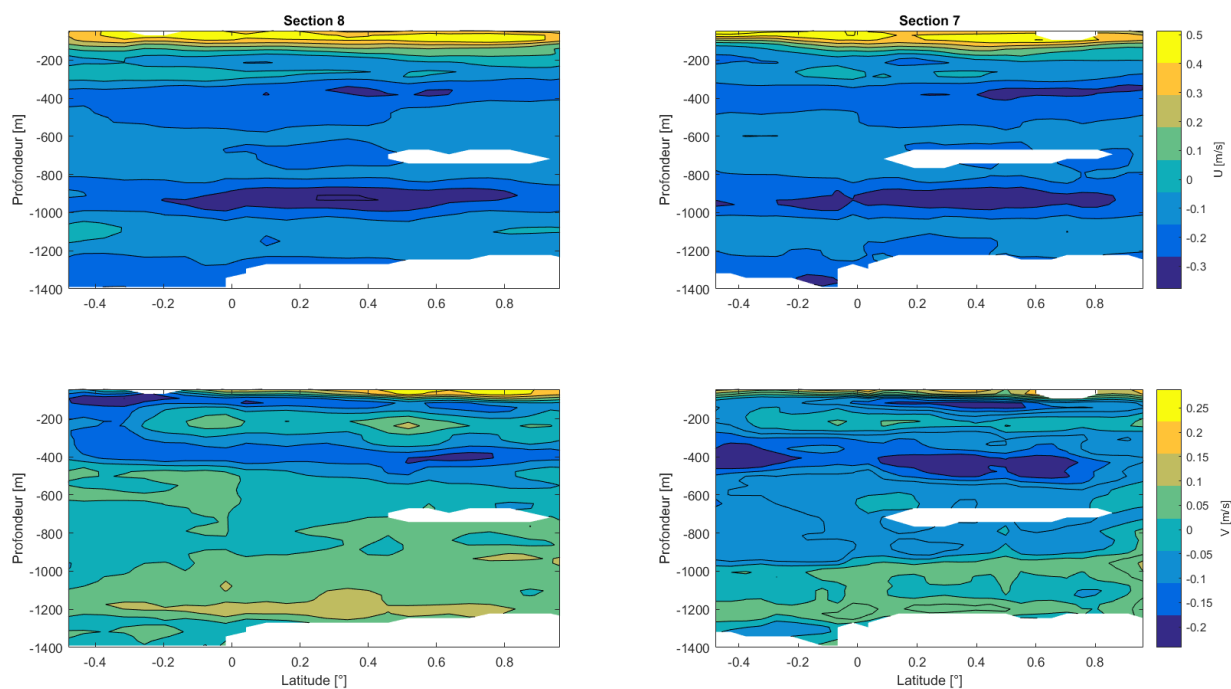


Figure 19 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale 0° à différentes périodes pendant PIRATA-FR28 (section 8 à gauche, et section 7 à droite).

Cette même comparaison a pu être effectuée sur les radiales 10°W et 0°. Sur ces radiales, la distribution méridionale des courants diffère légèrement entre 2017 et 2018 (figure 22 et 24). L'EUC, et le Sous-Courant Equatoriale Sud (SEUC) sur la radiale 10°W, sont bien identifiés entre les deux années mais leurs intensités et directions varient quelque peu. Ces différences peuvent être associées à la variabilité temporelle de ces courants. En effet, les variations interannuelles du vent ont une influence sur la variabilité de l'EUC (l'affaiblissement de l'EUC est en corrélation avec celui des Alizés). Parallèlement, sur ces deux années, on observe la même tendance de l'EUC à remonter lors de sa route vers l'Est.

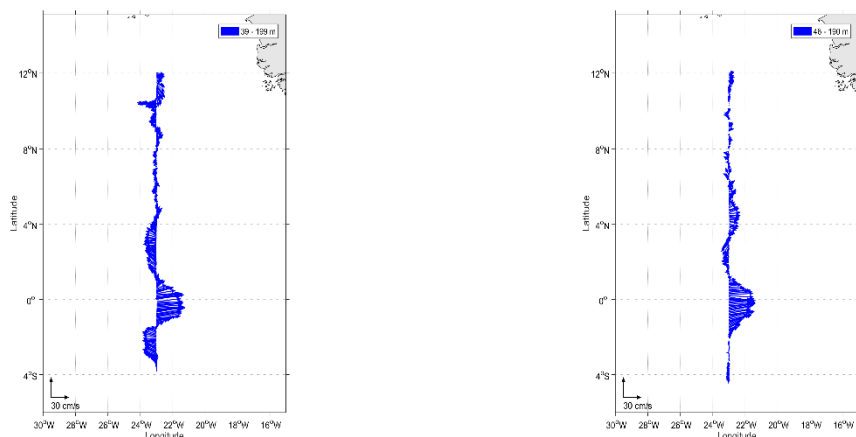


Figure 20 : Comparaison des tracés sous forme des vecteurs des vitesses absolues du courant moyennées entre 50m et 200m sur la radiale 23°W pendant PIRATA-FR27 (à gauche) et PIRATA-FR28 (à droite).

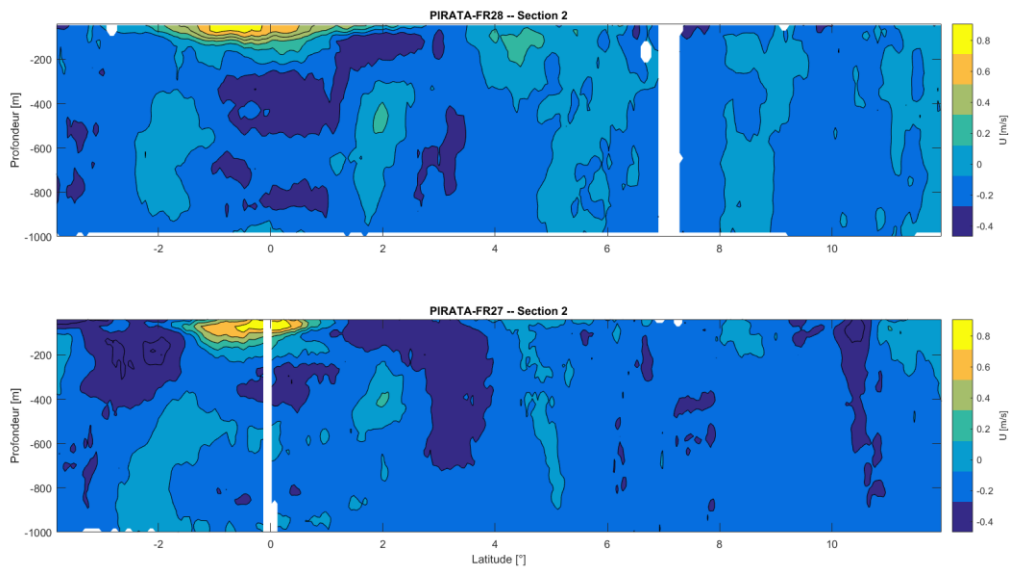


Figure 21 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale 23°W pendant PIRATA-FR27 (section 2, en bas) et PIRATA-FR28 (section 2, en haut).

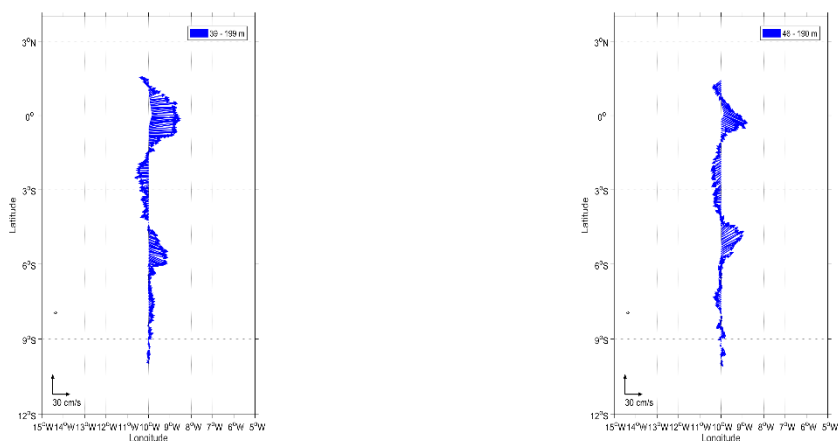


Figure 22 : Comparaison des tracés sous forme des vecteurs des vitesses absolues du courant moyennées entre 50m et 200m sur la radiale 10°W pendant PIRATA-FR27 (à gauche) et PIRATA-FR28 (à droite).

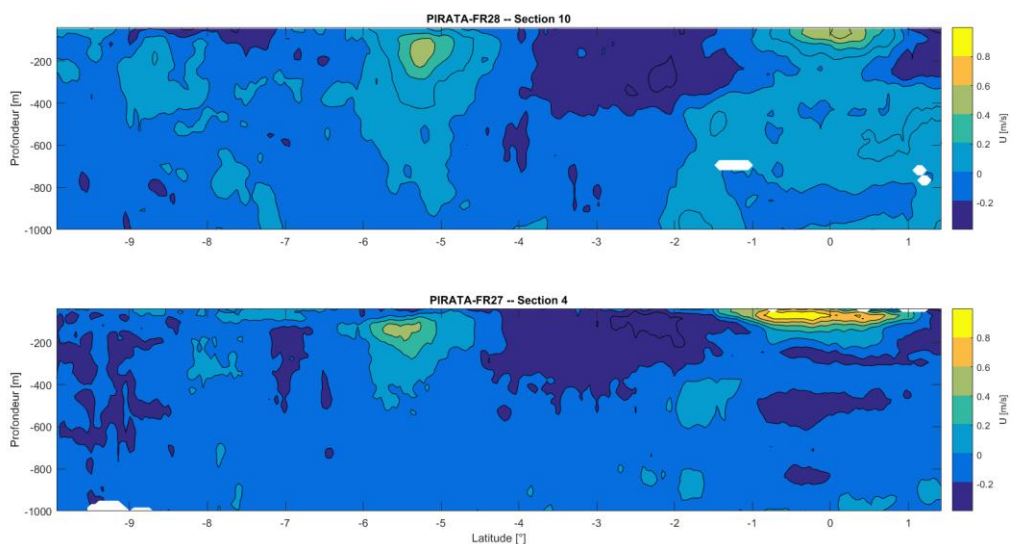


Figure 23 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale 10°W pendant PIRATA-FR27 (section 4, en bas) et PIRATA-FR28 (section 10, en haut).

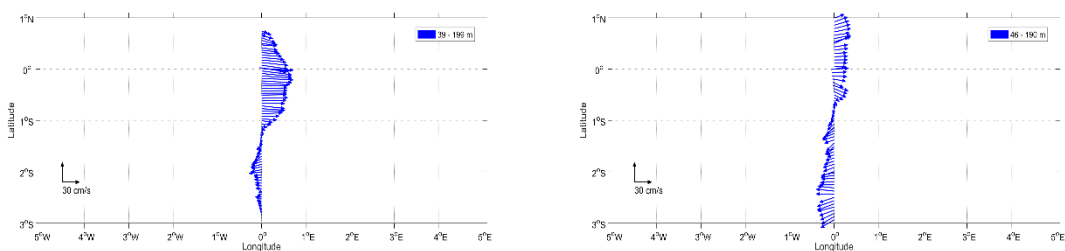


Figure 24 : Comparaison des tracés sous forme des vecteurs des vitesses absolues du courant moyennées entre 50m et 200m sur la radiale 0° pendant PIRATA-FR27 (à gauche) et PIRATA-FR28 (à droite).

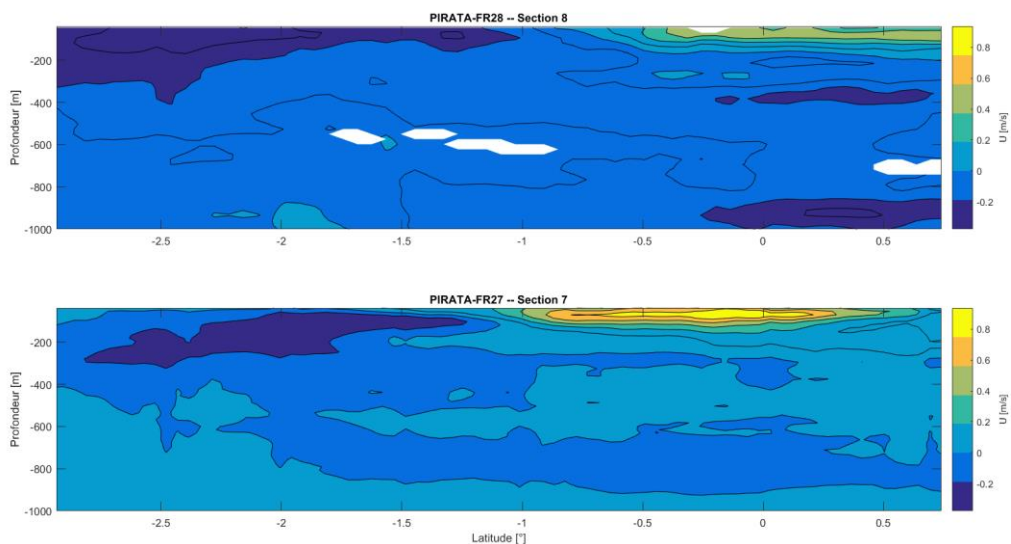


Figure 25 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale 0° pendant PIRATA-FR27 (section 7, en bas) et PIRATA-FR28 (section 8, en haut).

4. Références

- Firing E., Ranada J. et Caldwell P. (1995). *Processing ADCP Data with the CODAS Software System Version 3.1*. JIMAR, University of Hawaii; NOAA.
- Firing E. et Hummon J.M. (2010). *Shipboard ADCP Measurements*. IOCCP Report No.14, ICPO Publication Series No. 134, Version 1.
- Herbert G., Kermabon C., Grelet J. et Bourlès B. (2015). *French PIRATA Cruises S-ADCP Data processing*. Mercator Ocean – Coriolis Quaterly Newsletter – Special Issue, 22.
- Kermabon C., Lherminier P., Le Bot P. et Gaillard F. (2018). *CASCADE V7.2 : Logiciel de validation et de visualisation des mesures ADCP de coque. Documentation utilisateur et maintenance*. LOPS-IFREMER.
- Kolodziejczyk N., sous la direction de Bourlès B. et Marin F. (2008). *Analyse de la circulation de subsurface et de sa variabilité dans le Golfe de Guinée*. Thèse de Doctorat à l'Université de Bretagne Occidentale, IUEM.
- Kolodziejczyk N., Bourlès B., Marin F., Grelet J. et Chuchla R. (2014). *Seasonal variability of the Equatorial Undercurrent and the South Equatorial Undercurrent at 10°W as inferred from recent in situ observations*. J. Geophys. Res., 114, C06014, doi: 10.1029/2008JC004976.
- Pollard R. et Read J. (1989). *A method for Calibrating Shipmounted Acoustic Doppler Profilers and the Limitations of Gyro Compasses*. JAOT, Vol.6, No 6.

Laboratoire : US191
Implantation : Brest

RAPPORT DE CALIBRATION
Version 01
Page 29/42

5. Annexe 1 – Convention du fichier NetCDF généré par CASCADE

TX_FREQUENCY :	Fréquence de l'ADCP
SCALE_FACTOR :	Facteur d'échelle, permet la conversion des données de coordonnées BEAM en coordonnées terrestres
BEAM_ANGLE :	Angle des faisceaux de l'ADCP
ADCP_ANGLE :	Angle de l'ADCP par rapport à l'axe du navire
BIN_LENGTH :	Taille des cellules
MIDDLE_BIN1_DEPTH :	Profondeur milieu de la 1 ^{ère} cellule
HEAD_MISLG :	Désalignement de l'ADCP pris en compte dans le calcul des vitesses de courant
PITCH_MISLG :	Assiette de l'ADCP pris en compte dans le calcul des vitesses de courant
AMPLI_CORFAC :	Amplitude prise en compte dans le calcul des vitesses de courant
XOFF :	Profondeur de l'ADCP par rapport à la coque du navire
CORR_PR :	Indique si les vitesses de courant sont corrigées du roulis/tangage
REFERENCE_DATE_TIME :	Jour julien de référence pour toutes les dates du fichier
JULD :	Jour julien GPS associé à chaque ensemble (la date affectée à un ensemble de données est la moyenne entre les deux dates associées au premier et dernier pings de l'ensemble)
JULD_ADCP :	Jour julien issu du PC ADCP associé à chaque ensemble
JULD_j1 :	Jour julien GPS de début de chaque ensemble
JULD_j2 :	Jour julien GPS de fin de chaque ensemble
DATE_TIME_UTC :	Date grégorienne de chaque ensemble
CAS_DATE_FLAG :	Flag associé à des dates (à -999999 par défaut, à 2 lorsque les données associées ont été invalidées par l'utilisateur)
LATITUDE :	Latitude de chaque ensemble
LONGITUDE :	Longitude de chaque ensemble
UVEL_SHIP :	Vitesse du navire zonale associée à chaque ensemble
VVEL_SHIP :	Vitesse du navire méridienne associée à chaque ensemble
MODE :	Précise si l'acquisition ADCP est en BroadBand (1) ou NarrowBand(10)

Laboratoire :	US191	RAPPORT DE CALIBRATION
Implantation :	Brest	Version 01
		Page 30/42

DEPH :	Profondeur du milieu de la cellule
TEMP_ADCP :	Température au niveau des transducteurs de l'ADCP
HDG :	Cap du navire associé à chaque ensemble
HDG_G1 :	Autre cap éventuellement disponible
HDG_G2 :	Autre cap éventuellement disponible
PTCH :	Tangage du navire associé à chaque ensemble
ROLL :	Roulis du navire associé à chaque ensemble
NB_ENS_AVE :	Nombre de pings moyennés pour chaque ensemble
U_BOTTOM :	Vitesse zonale du navire par rapport au fond
V_BOTTOM :	Vitesse méridienne du navire par rapport au fond
W_BOTTOM :	Vitesse verticale du navire par rapport au fond
RNG_BOTTOM :	Profondeur du fond déterminée par bottom-ping
UVEL_ADCP :	Vitesses absolues zonales du courant
VVEL_ADCP :	Vitesses absolues méridiennes du courant
WVEL_ADCP :	Vitesses verticales du courant
EVEL_ADCP :	Erreur sur les vitesses verticales du courant
UVEL_ADCP :	Vitesses zonales du courant relatives au navire
VVEL_ADCP :	Vitesses méridiennes du courant relatives au navire
PGOOD_ADCP :	% de données avec 4 faisceaux pris en compte pour le calcul des vitesses absolues de courant
PGOOD_ADCP_B2 :	% de données avec 3 faisceaux pris en compte pour le calcul des vitesses absolues de courant
PGOOD_ADCP_B3 :	% de données rejetées, lors de l'acquisition, sur un critère sur l'erreur sur la vitesse verticale. Il dépend donc de la configuration d'acquisition.
PGOOD_ADCP_B4 :	% de données avec au moins 2 faisceaux incorrects
ECI :	Moyenne de l'écho d'intensité sur les 4 faisceaux
ECI_B1 :	Moyenne, sur tous les pings de chaque ensemble, de l'écho d'intensité pour le faisceau 1
ECI_B2 :	Moyenne, sur tous les pings de chaque ensemble, de l'écho d'intensité pour le faisceau 2
ECI_B3 :	Moyenne, sur tous les pings de chaque ensemble, de l'écho d'intensité pour le faisceau 3

Laboratoire : US191
Implantation : Brest

RAPPORT DE CALIBRATION
Version 01
Page 31/42

ECI_B4 :	Moyenne, sur tous les pings de chaque ensemble, de l'écho d'intensité pour le faisceau 4
CORR :	Moyenne de la corrélation sur les 4 faisceaux
CORR_B1 :	Moyenne, sur tous les pings de chaque ensemble, de la corrélation du faisceau 1
CORR_B2 :	Moyenne, sur tous les pings de chaque ensemble, de la corrélation du faisceau 2
CORR_B3 :	Moyenne, sur tous les pings de chaque ensemble, de la corrélation du faisceau 3
CORR_B4 :	Moyenne, sur tous les pings de chaque ensemble, de la corrélation du faisceau 4
CAS_CURRENT_FLAG :	Flag de qualité associé aux vitesses absolues de courant
FILT_TYPE :	Indique le filtrage des données (horizontal, vertical ou les 2)
VError :	Précision des vitesses absolues de courant horizontales (std/sqrt(nb_données))
VRMS_ADCP :	Ecart-type des vitesses absolues de courant sur un ping (donnée constructeur)
REF_LAYER_ILIM :	Couche de référence
FLAG3_HALF_WINDOW :	Taille de la demi-fenêtre pour le test d'écart à la médiane lors du nettoyage des données
FLAG3_SCF_MED_DEV :	Nombre d'écart-type pour le test d'écart à la médiane lors du nettoyage des données
FLAG3_MAX_WVEL :	Maximum de vitesses horizontales absolues de courant autorisé lors du nettoyage des données
FLAG5_PGOOD_MIN :	Minimum de % de données avec 4 faisceaux autorisé lors du nettoyage de données
FLAG4_MAX_VSHEAR :	Cisaillement de vitesses absolues de courant maximum autorisé lors du nettoyage de données
FLAG8_BOTTOM :	Critère de détection des données sous le fond utilisé lors du nettoyage de données
FLAG2_SCF_VSHEAR :	Facteur d'échelle du cisaillement vertical
FLAG2_MAX_DEV :	Déviations maximale relative au profil moyen (cm/s)

Laboratoire : US191
Implantation : Brest

RAPPORT DE CALIBRATION
Version 01
Page 32/42

FLAG6_MAX_VVEL : Vitesse verticale maximale autorisée lors du nettoyage de données
FLAG6_INTERF : Maximum d'interférence autorisé lors du nettoyage de données
FLAG6_MIN_CORR : Minimum de corrélation autorisé lors du nettoyage de données
BATHY : Profondeur issue de la bathymétrie ajoutée par l'utilisateur
U_TIDE : Vitesses zonales associées à la marée
V_TIDE : Vitesses méridiennes associées à la marée
UVEL_ADCP_CORTIDE : Vitesses absolues du courant zonales corrigées de la vitesse de la marée
VVEL_ADCP_CORTIDE : Vitesses absolues du courant méridiennes corrigées de la vitesse de la marée
TU_TIDE : Transport zonal associé à la marée
TV_TIDE : Transport méridien associé à la marée

Laboratoire : US191
Implantation : Brest

RAPPORT DE CALIBRATION
Version 01
Page 33/42

6. Annexe 2 – Date, positions et carte des stations effectuées pendant PIRATA-FR28

Station	Date	Heure	Latitude	Longitude	Pres. max. [dbar]	Fond
1	01/03/2018	16:31:59	11°28.837	N 022°59.508 W	4011	5065
2	04/03/2018	16:29:53	00°00.096	N 023°02.510 W	2002	3933
3	09/03/2018	04:27:13	09°54.260	S 009°59.990 W	2000	3832
4	13/03/2018	00:15:26	06°37.970	S 004°59.870 E	4005	5016
5	14/03/2018	03:14:15	06°00.060	S 007°59.760 E	2001	2000
6	14/03/2018	09:22:06	06°04.000	S 007°58.260 E	50	4102
7	15/03/2018	08:05:22	04°57.020	S 011°14.840 E	699	729
8	15/03/2018	10:00:17	04°54.970	S 011°19.920 E	280	312
9	15/03/2018	21:28:26	04°59.950	S 011°00.030 E	1599	1668
10	16/03/2018	01:35:10	05°09.990	S 010°39.980 E	2002	2054
11	19/03/2018	19:42:10	00°02.080	N 000°00.540 E	500	4906
12	20/03/2018	23:27:22	01°00.050	N 000°00.010 W	2001	4894
13	21/03/2018	04:04:49	00°30.040	N 000°00.010 W	2003	4902
14	21/03/2018	08:42:35	00°00.130	N 000°00.060 W	2002	4906
15	21/03/2018	14:25:58	00°30.000	S 000°00.010 E	2001	4878
16	21/03/2018	18:56:07	00°59.990	S 000°00.080 W	2001	4813
17	21/03/2018	23:32:00	01°29.950	S 000°00.010 E	2000	4716
18	22/03/2018	04:22:26	01°59.900	S 000°00.080 W	2004	4709
19	22/03/2018	09:05:26	02°29.970	S 000°00.040 W	2002	4567
20	22/03/2018	14:07:51	03°00.020	S 000°00.020 W	2002	4453
21	25/03/2018	04:41:17	10°00.160	S 009°59.990 W	502	3477
22	25/03/2018	08:19:51	09°30.030	S 010°00.010 W	500	3506
23	25/03/2018	11:57:02	09°00.030	S 010°00.020 W	501	3275
24	25/03/2018	15:27:49	08°29.900	S 010°00.030 W	502	3573
25	25/03/2018	18:54:58	07°59.950	S 009°59.990 W	503	3896
26	25/03/2018	22:27:04	07°30.020	S 010°00.060 W	501	3456
27	26/03/2018	02:07:59	06°59.950	S 010°00.000 W	501	3587
28	26/03/2018	05:40:34	06°29.970	S 009°59.940 W	499	4026
29	26/03/2018	16:47:51	06°02.170	S 010°00.340 W	502	3557
30	26/03/2018	20:44:45	05°30.010	S 010°00.000 W	500	3386
31	27/03/2018	00:19:30	05°00.050	S 010°00.120 W	501	3350
32	27/03/2018	03:57:36	04°30.080	S 010°00.030 W	504	3685
33	27/03/2018	07:26:50	04°00.050	S 010°00.100 W	502	3581
34	27/03/2018	11:05:03	03°30.060	S 010°00.060 W	502	3824
35	27/03/2018	14:39:30	03°00.000	S 010°00.120 W	501	3731
36	27/03/2018	18:09:08	02°29.940	S 010°00.120 W	500	4306
37	27/03/2018	21:34:49	02°00.060	S 010°00.070 W	2001	4371
38	28/03/2018	02:10:18	01°30.070	S 010°00.090 W	2002	4770

Laboratoire : US191

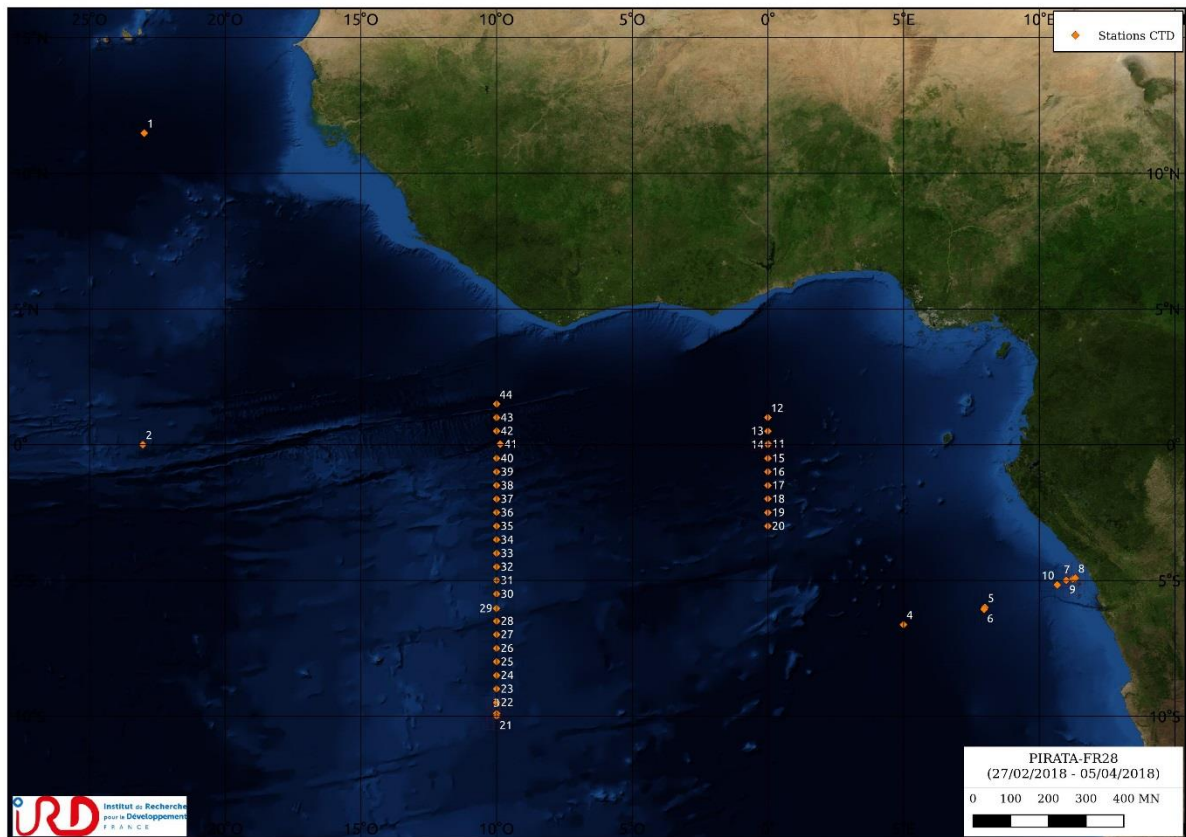
 Implantation : Brest

RAPPORT DE CALIBRATION

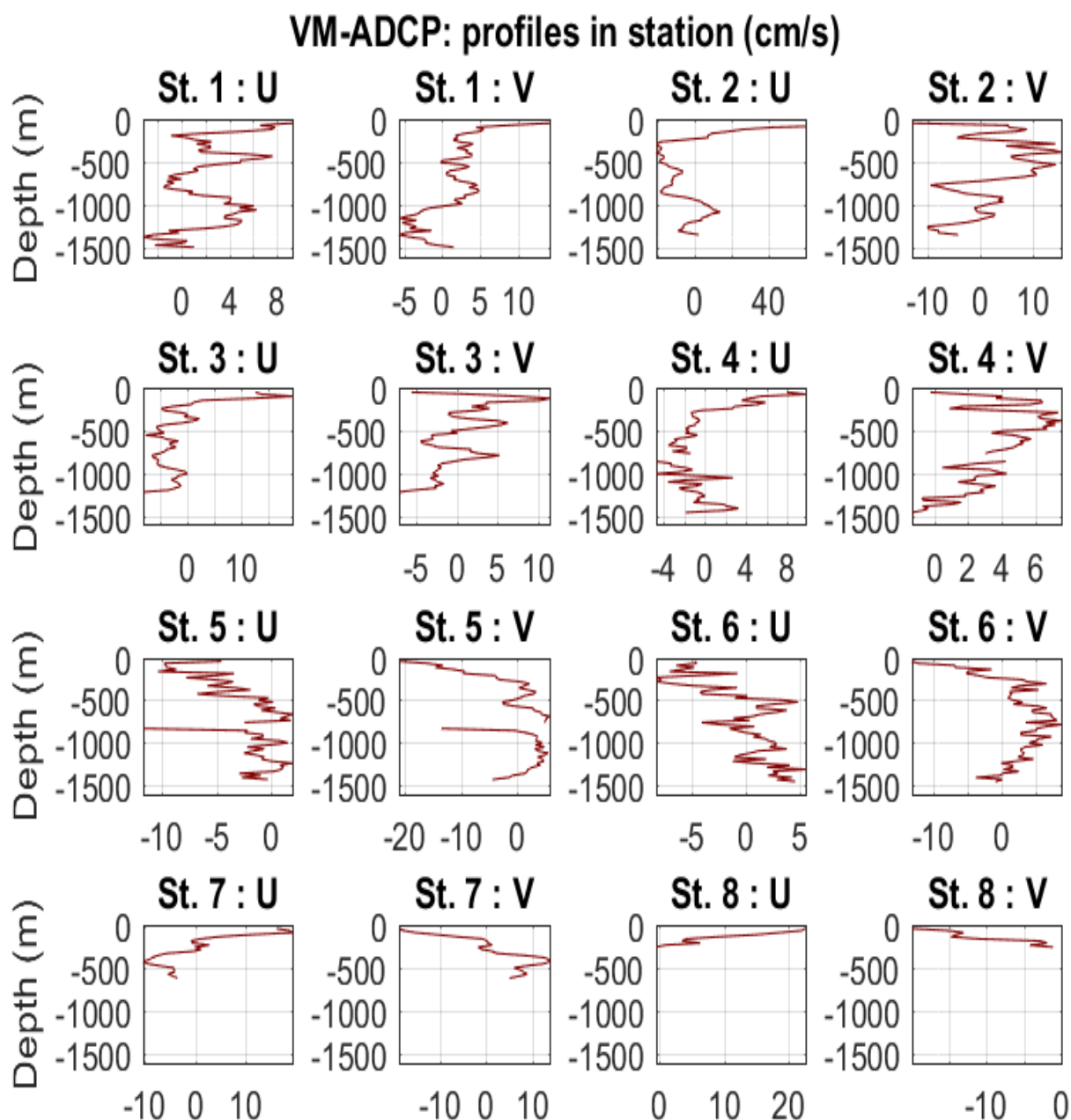
Version 01

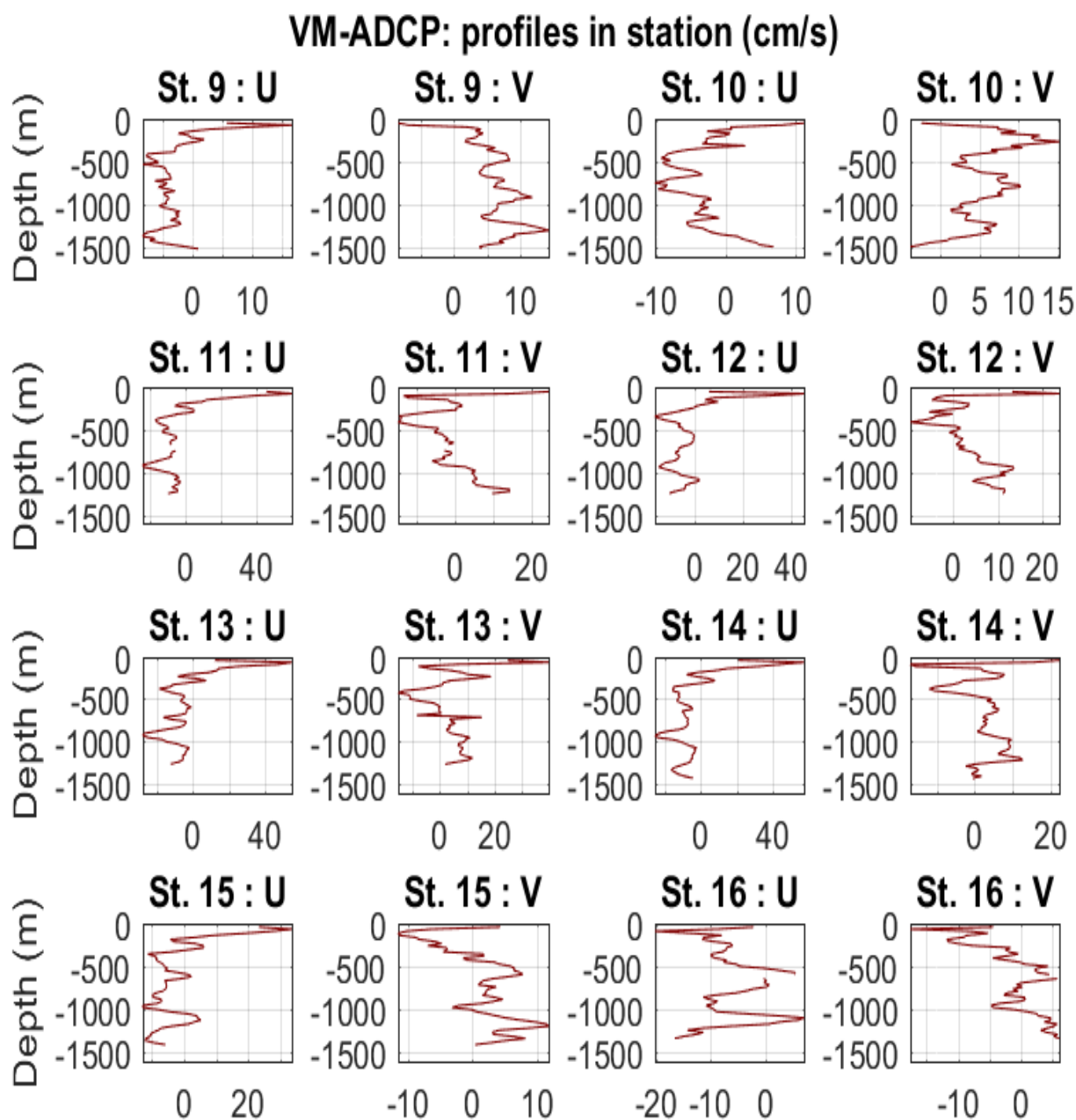
Page 34/42

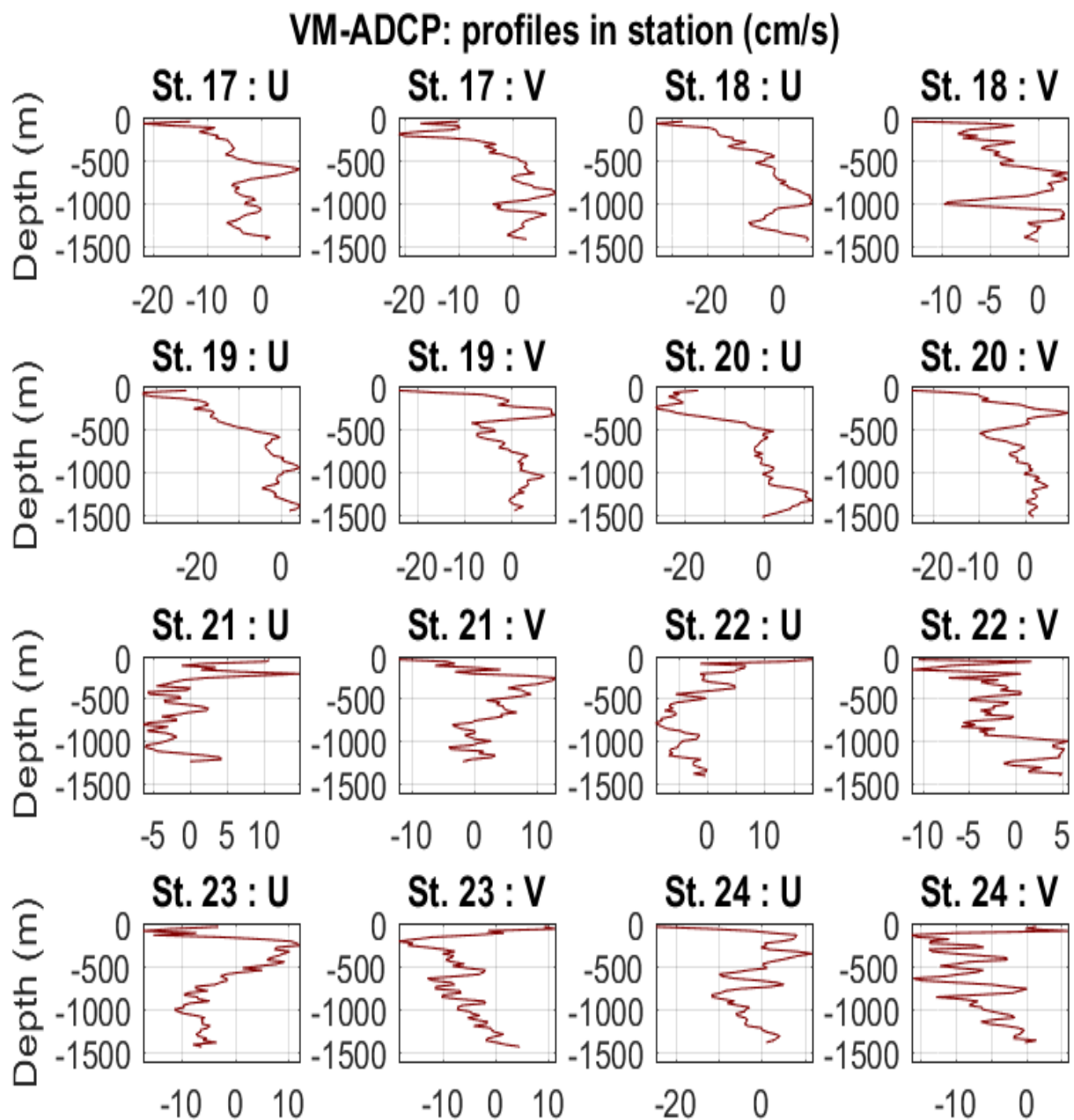
39	28/03/2018	06:42:51	00°59.990	S	010°00.080	W	2000	4902
40	28/03/2018	11:06:39	00°30.090	S	010°00.020	W	2001	4205
41	28/03/2018	20:52:27	00°01.080	N	009°52.080	W	4002	5169
42	29/03/2018	17:52:25	00°30.050	N	010°00.120	W	2001	4559
43	29/03/2018	22:21:31	01°00.030	N	010°00.060	W	2001	4618
44	30/03/2018	03:09:27	01°29.960	N	010°00.040	W	2001	5202

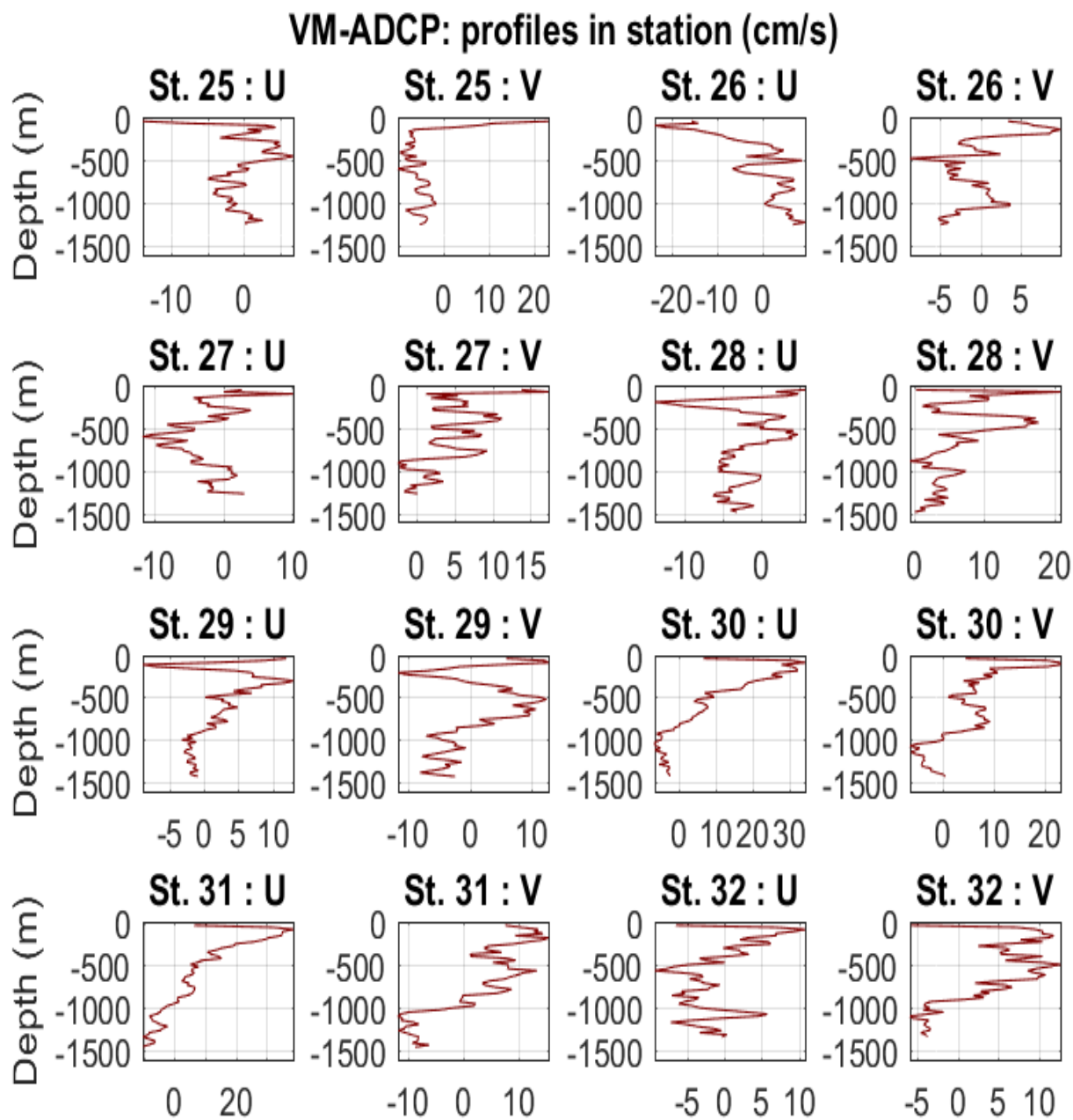


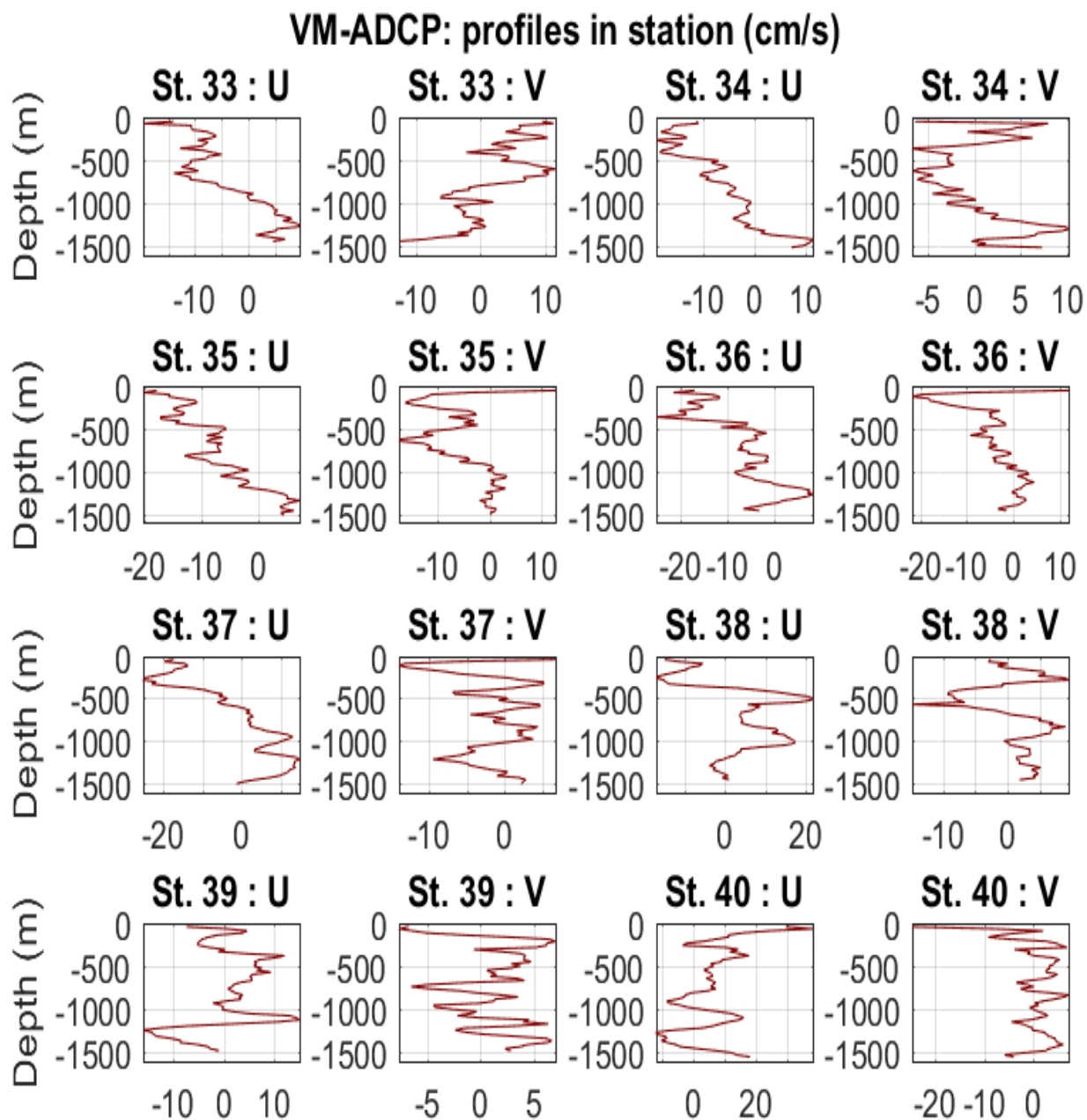
7. Annexe 3 – Profils de vitesses absolues du courant moyen pour chaque point de station

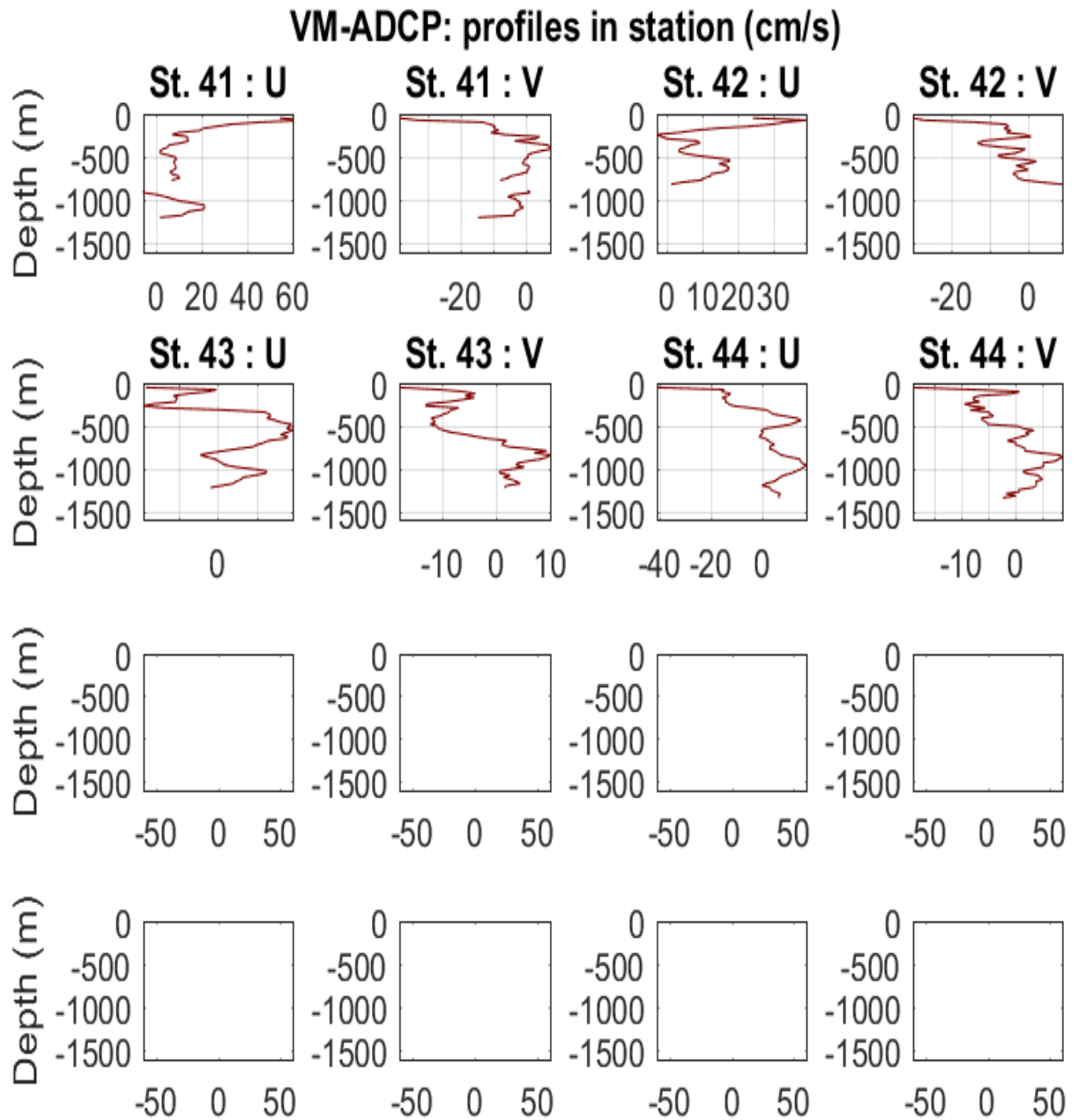












Laboratoire : US191
Implantation : Brest

RAPPORT DE CALIBRATION
Version 01
Page 41/42

8. Suivi des versions de ce document

Rédacteur		Approbateur	
Nom :	Pierre Rousselot	Nom :	
Fonction :	Ingénieur d'étude en acquisition et traitement de données	Fonction :	

Date	Version	Commentaires et modifications
17/10/2018	01	Création

Relecteur	Date