
| | | |
|----------------|-------|------------------------|
| Laboratoire : | US191 | RAPPORT DE CALIBRATION |
| Implantation : | Brest | Version 01 |
| | | Page 0/67 |

Rapport de Calibration des données SADCP De la campagne PIRATA-FR30

DOI : 10.17600/18000690

Juin 2020

Version papier non gérée

Sommaire

| | |
|--|----|
| Sommaire | 1 |
| 1. Procédure de calibration | 4 |
| 1.1. Acquisitions des mesures SADCP | 4 |
| 1.2. Méthode de calibration | 6 |
| 2. Traitement des données | 9 |
| 2.1. Nettoyage et correction des données | 9 |
| 2.1.1. OS 38kHz | 9 |
| 2.1.2. OS 150kHz | 15 |
| 2.1.3. DVL 600kHz | 20 |
| 2.2. Etalonnage et correction des données | 25 |
| 2.2.1. OS 38kHz | 25 |
| 2.2.2. OS 150kHz | 26 |
| 2.2.3. DVL 600kHz | 28 |
| 3. Contrôle et Validation des données | 30 |
| 3.1. OS 38kHz | 31 |
| 3.3. OS 150kHz | 36 |
| 3.4. DVL 600kHz | 41 |
| 4. Références | 47 |
| 5. Annexe 1 – Convention du fichier NetCDF généré par CASCADE | 48 |
| 6. Annexe 2 – Date, positions et carte des stations effectuées pendant PIRATA-FR30 | 52 |
| 7. Annexe 3 – Profils de vitesses absolues du courant moyen pour chaque point de station | 54 |
| 8. Annexe 4 – Sections principales effectuées pendant PIRATA-FR30 | 63 |
| 9. Suivi des versions de ce document | 66 |

Abstract

Continuous current measurement have been performed during the PIRATA-FR30 cruise using S-ADCP current meter. S-ADCP data are generally contaminated by many artefacts. Data issued from this report have been cleaned and qualified using the software CASCADE, developed by the LOPS. Data are eventually calibrated, using ‘water track’ mode, from the amplitude, alignment and attitude. The N/O Thalassa is equipped with two S-ADCP (150kHz and 38kHz) and one DVL (600kHz). The S-ADCPs are Ocean Surveyor ADCP developed by TRDI and the DVL is a Pioneer DVL developed by TRDI. 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-FR30 est la 30^{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 16/02/2020 au 31/03/2020 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 continu tout au long de la campagne. Egalement, depuis 2019, un DVL (Doppler Velocity Log) Pioneer 600kHz de type Phase Array (*Teledyne RD Instruments*) était également à disposition qui, outre sa fonction première d'outils de navigation, a permis la mesure de courant sur les couches de surface tout au long de la campagne. L'acquisition des données se déroule généralement sans interruption pendant toute la durée de la campagne, cependant la nouvelle procédure pour l'acquisition de données acoustiques n'a pas permis d'effectuer de mesures pendant les stations CTD où des mesures L-ADCP (Lowered ADCP) étaient effectuées. Ainsi, de manière à éviter de bruyé les données L-ADCP, le logiciel de synchronisation des appareils acoustiques du bord (OSEA) a été coupé à chaque profil CTD (lorsque la sonde était au-dessus de 800m). Egalement les données antérieures au 20/02/2020 n'ont pas été traitées dans ce rapport car des changements de configuration ont eu lieu. Ces données sont annexes et ont été traitées avec l'aide du logiciel de traitement CODAS.

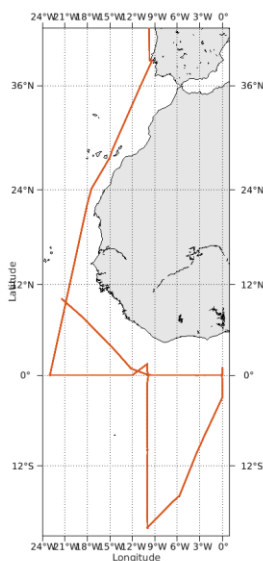
La technologie ADCP impose d'effectuer un nettoyage des données, et si nécessaire un étalonnage du capteur (assiette, alignement, amplitude). Le traitement et la qualification des données a été effectué à l'aide de CASCADE (Chaîne Automatisée de Suivi des Courantomètres Acoustiques Doppler Embarqués),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

Ce rapport synthétise le traitement et la qualification des données des deux S-ADCP et du DVL. 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 des éventuels étalonnages. Enfin, dans une dernière partie sont présentés les produits issus de la validation et du contrôle qualité des données. Les différentes sections parcourues sont ainsi présentées, offrant un moyennage spatial des données.

1. Procédure de calibration

1.1. Acquisitions des mesures SADC

Au cours de la campagne PIRATA-FR30, des données S-ADCP et DVL ont été acquises de manière quasi continue (hors stations) 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 et de l'attitude du navire) et la connaissance de la vitesse du navire, un courant absolu peut être calculé.



Cascade exploitation V7.2-24/06/2020

Figure 1 : Tracé de la trajectoire du N/O Thalassa pendant PIRATA-FR30 permettant l'acquisition de mesure S-ADCP/DVL

Pendant cette campagne, les S-ADCP 38kHz et 150kHz, ainsi que le DVL 600kHz, étaient commandés 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. Les équipements acoustiques du bord entraînant des interférences sur les mesures L-ADCP pendant les stations, il a été préféré de couper OSEA pendant les stations tant que les L-ADCP se trouvaient au-dessus de 800m (sous 800m, les L-ADCP n'étaient plus perturbés). Pendant les premières stations plusieurs tests ont été effectués (arrêt sous 1500m, OSEA coupé toute la station). Lors de l'interrogation des largeurs des bouées PIRATA, OSEA était stoppé également, de manière à ne pas perturber l'écoute des largeurs.

Les configurations des ADCPs et du DVL ont été modifiées jusqu'au 20/02/2020, ensuite elles sont restées les mêmes jusqu'à la fin de la campagne. Les données antérieures au 20/02/2020 ont été traitées avec le logiciel CODAS et n'ont pas été suivies à travers ce rapport. Les ADCPs n'ont pas été configuré en mode 'Bottom Track' (permettant une mesure de vitesse relative par rapport au fond). Ce mode de mesure permet des mesures très fiables utilisées par la suite pour la calibration. Les paramètres choisis sont présentés dans les tableaux 1, 2 et 3. 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-FR30

| | |
|--|----------------------------------|
| Mode | Narrow Band |
| Ping par ensemble | 1 |
| Nombres de cellules | 95 |
| Longueur d'une cellule [m] | 16 (à partir du 18/02, 24 avant) |
| Longueur du blanc après transmission [m] | 16 |
| Bottom Track | Non |
| Temps entre ping [s] | 4.5 |
| Angle de l'ADCP avec axe navire [°] | 44.73 |
| Précision de la mesure [cm/s] | 20 |
| Portée maximale [m] | 1500 |

Tableau 2 : Configuration de l'ADCP OS150 utilisé pendant PIRATA-FR30

| Mode | Broad Band |
|--|----------------------------------|
| Ping par ensemble | 1 |
| Nombres de cellules | 90 (à partir du 19/02, 70 avant) |
| Longueur d'une cellule [m] | 4 |
| Longueur du blanc après transmission [m] | 6 |
| Bottom Track | Non |
| Temps entre ping [s] | 4.5 |
| Angle de l'ADCP avec axe navire [°] | 46,09 |
| Précision de la mesure [cm/s] | 15 |
| Portée maximale [m] | 300 |

Tableau 3 : Configuration du DVL 600kHz utilisé pendant PIRATA-FR30

| Mode | Broad Band |
|--|----------------------|
| Ping par ensemble | 1 |
| Nombres de cellules | 30 |
| Longueur d'une cellule [m] | 2 |
| Longueur du blanc après transmission [m] | 0,88 |
| Bottom Track | Oui (et Water Track) |
| Temps entre ping [s] | 1 |
| Angle de l'ADCP avec axe navire [°] | -112,76 |
| Précision de la mesure [cm/s] | 7,7 |
| Portée maximale [m] | 70 |

1.2. Méthode de calibration

Le traitement de la campagne a été réalisé à partir des fichiers '.LTA' générés par le logiciel VmDAS (*Teledyne RD Instruments*). Ces fichiers sont moins précis temporellement mais les données sont de meilleure qualité que ceux créés à partir des données STA. 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, 5min et 10min pour les S-ADCP et 2sec et 60sec pour le DVL). De manière à simplifier le traitement, les fichiers DVL ont été moyennés sur la même base de temps que les deux ADCPs. La configuration ayant été resté à partir du 20/02, 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, d'amplitude et d'attitude. Aucune données en mode Bottom Track n'a été réalisées.

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 4.
- 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. 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.

- Correction de l'assiette du navire (tangage) lorsque la moyenne de la vitesse verticale, calculée sur toutes les bonnes données dans la couche de moindre variabilité du courant horizontal, est trop élevée (>1cm/s). Dès lors, une moyenne de plus de 1cm/s en valeur absolue peut correspondre à la projection de la vitesse du navire sur la verticale en raison d'une inclinaison de l'ADCP vers l'avant ou l'arrière par rapport à l'assiette du navire. Pour ce faire, la vitesse verticale W est comparée par rapport au module de la vitesse navire $\langle |Us| \rangle$.
- 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.

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 4 : 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 : <ul style="list-style-type: none"> - 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_{diffim}], 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 $V = \max([fact_cis * cisaillement_maximum V_{diffim}])$) - 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. OS 38kHz

Les fichiers '.LTA' contiennent les données ADCP en coordonnées géographiques moyennées sur 10 minutes. La figure 2 présente le nombre de pings moyennés pour chaque ensemble. Aucun problème ne semble apparaître car le nombre de pings moyennés est resté le même tout au long de la campagne (environ 131 pings).

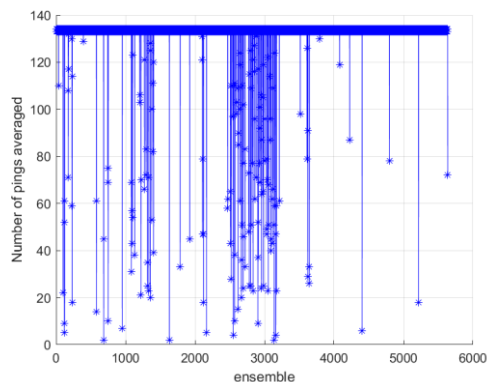


Figure 2: Nombre de pings par ensemble pour les fichiers OS38 LTA

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 que la portée varie fortement au cours du temps (entre 900m et 1400m). Cette variation est liée à la vitesse du navire (plus sa vitesse est élevée, plus faible est la portée). Elle serait dû à l'augmentation de la turbulence et des bulles sous la gondole qui perturberait le signal acoustique. Egalement à 1400mn un pic d'amplitude constant est visible. Il est causé par l'émission synchronisée de l'EK80. La couche de référence utilisée pour le nettoyage est définie entre les bins 3 et 5 (soit entre 88 et 136m).

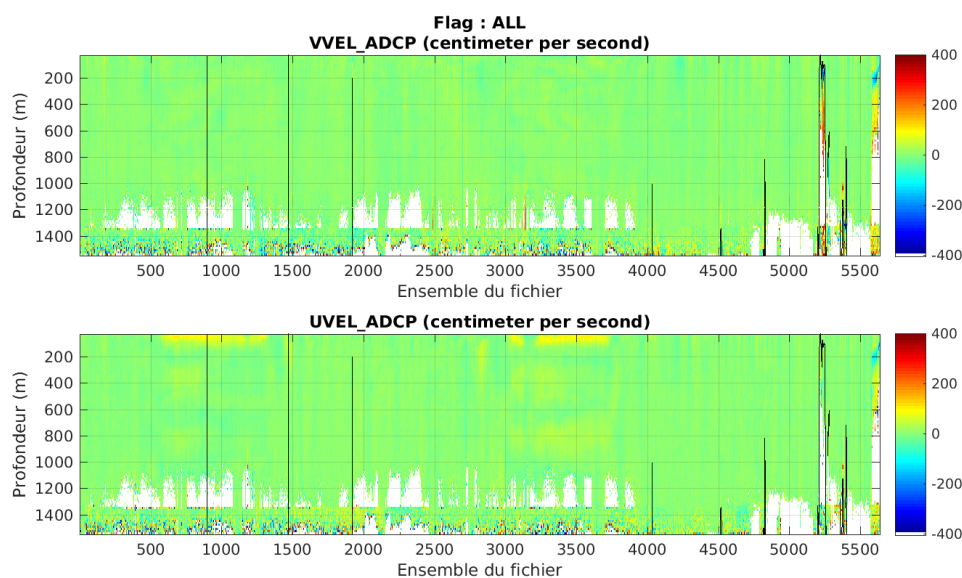
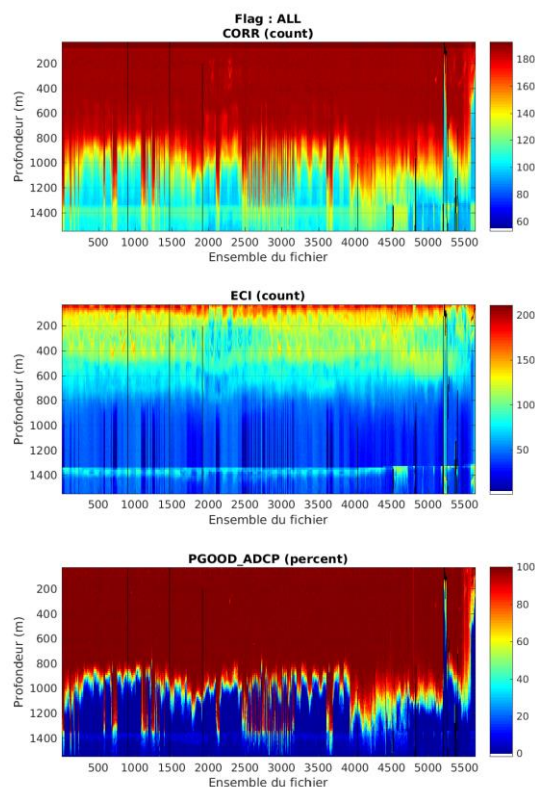


Figure 3: Vitesses absolues du courant (cm/s,) des fichiers OS38 LTA, mesurées pendant PIRATA-FR30

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 n'est jamais supérieur à 1s. (Figure 5), toutefois il apparaît qu'une dérive récurrente existe avant recalage de l'horloge.

Ensuite, une bathymétrie est utilisée pour détecter les données sous le fond. Pendant PIRATA-FR30, le sondeur a été stoppé à plusieurs reprises pour ne pas perturber les données, 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).

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 V7.2-24/06/2020

Figure 4: Indicateur de corrélation (en haut), intensité de l'écho rétrodiffusé (au milieu), et pourcentage de bonnes données (en bas) des fichiers OS38 LTA

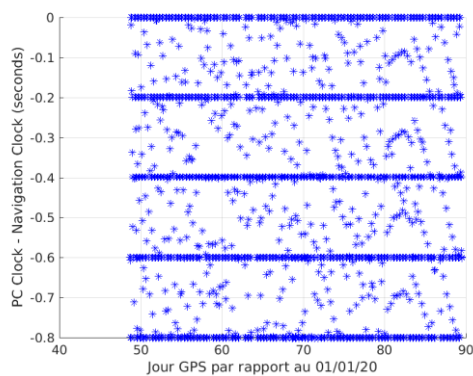


Figure 5: Différences d'horloges PC-GPS en fonction du temps

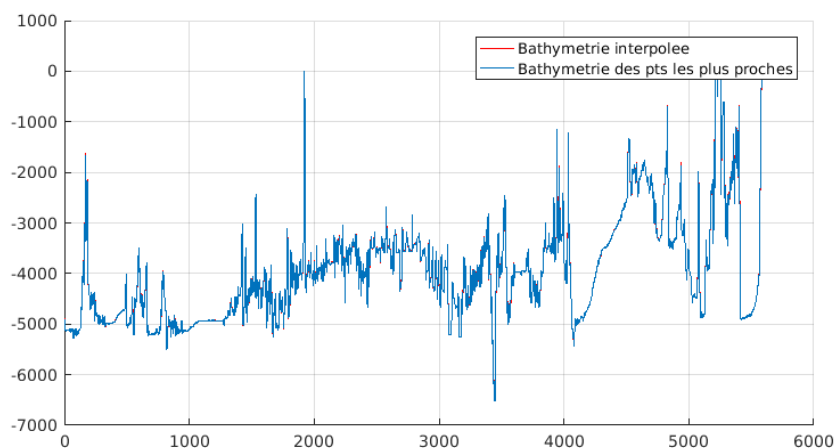


Figure 6: Points sondeurs enregistrés au cours de la campagne PIRATA-FR30

Tableau 5: Paramètres utilisés pour le nettoyage des données OS38 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 OS38 LTA

| Flag | Signification | % |
|------|--|------|
| 1 | Données bonnes | 59,8 |
| 2 | Données douteuses | 0,2 |
| 3 | Test d'écart à la médiane | 0,7 |
| 4 | Différence de cisaillement > 0.2 | 0 |
| 5 | % données bonnes < 80%, W > 1m/s | 13,4 |
| 6 | U ou V > 4m/s, Corrélation < 120, Différence des différences verticales de l'écho intensité > [10 - 4*moyenne des différences verticales d'écho d'intensité] | 14,7 |
| 7 | Données absentes | 9,1 |
| 8 | Données sous le fond | 2,1 |

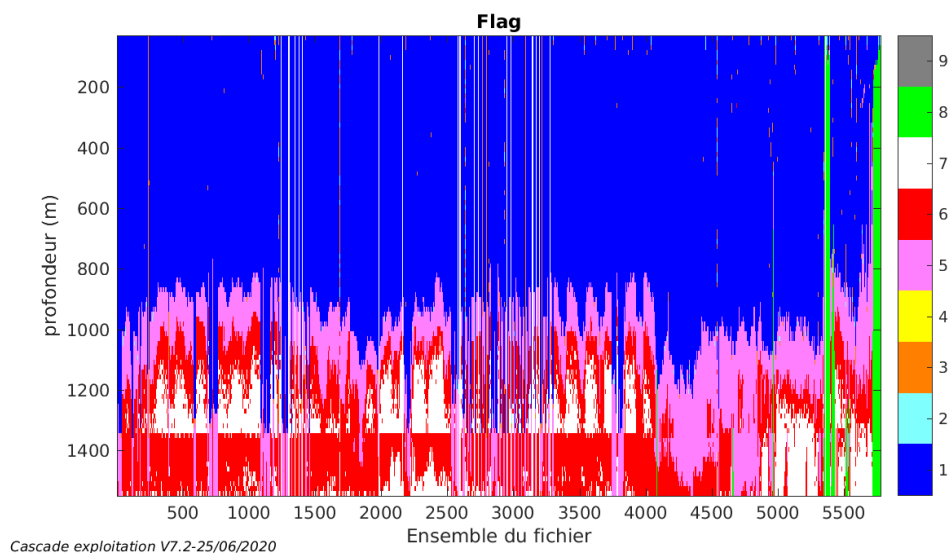
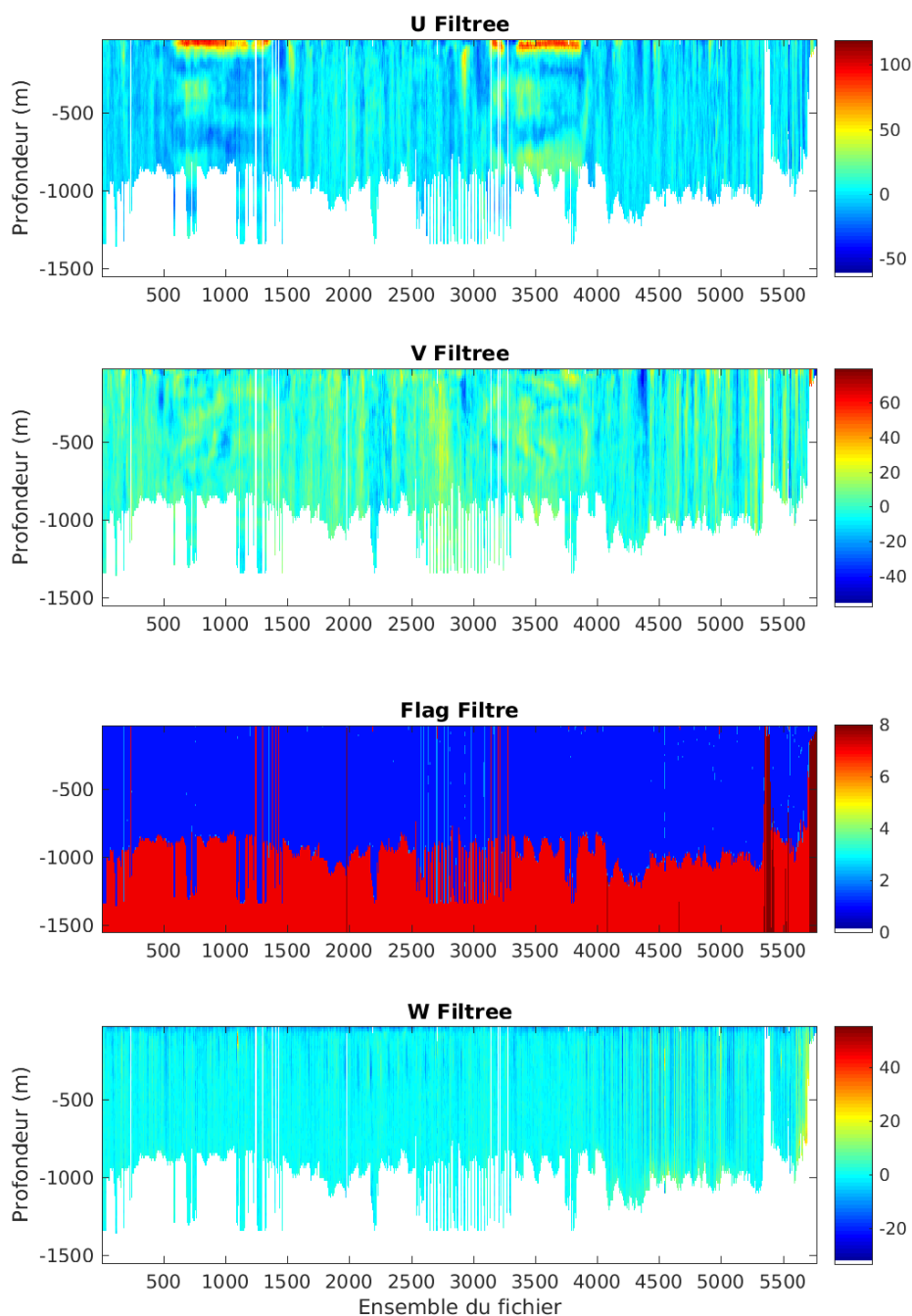


Figure 7: Code qualité attribué aux données des fichiers OS38 LTA

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.

FR30-OS38_osite_mat20_corr



Cascade exploitation V7.2-25/06/2020

Figure 8: Vitesses du courant absolues [cm/s] bonnes (code 1) et flag filtrées horizontalement et verticalement des fichiers OS38 LTA

2.1.2. OS 150kHz

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. Aucun problème ne semble apparaître car le nombre de pings moyennés est resté le même tout au long de la campagne (environ 131 pings).

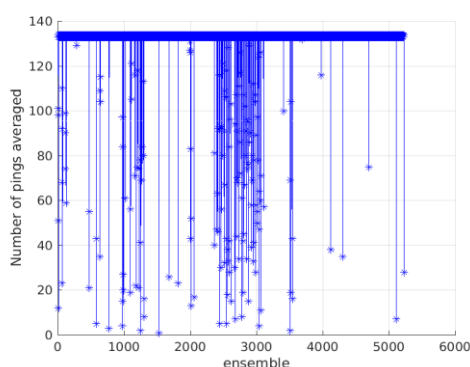


Figure 9: Nombre de pings par ensemble pour les fichiers OS150 LTA

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 qu'une forte variabilité de portée existe entre 225m et 375m. Elle est clairement liée à une variation diurne (visible sur les données d'intensité de l'écho rétrodiffusé) et donc à la charge en plancton. La couche de référence utilisée pour le nettoyage est définie entre les bins 9 et 13 (soit entre 48 et 60m).

De la même manière que les données de l'OS38, 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 7. Les statistiques relatives à ce nettoyage sont présentées dans le tableau 8. 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.

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.

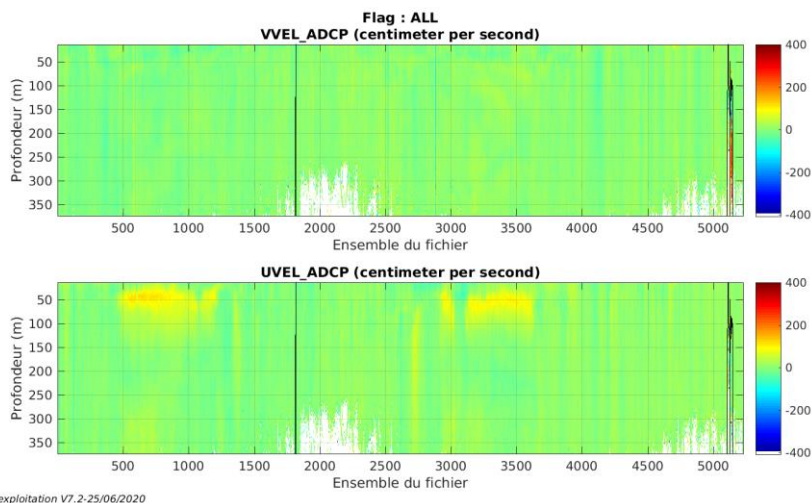


Figure 10: Vitesses absolues du courant (cm/s,) des fichiers OS150 LTA, mesurées pendant PIRATA-FR30

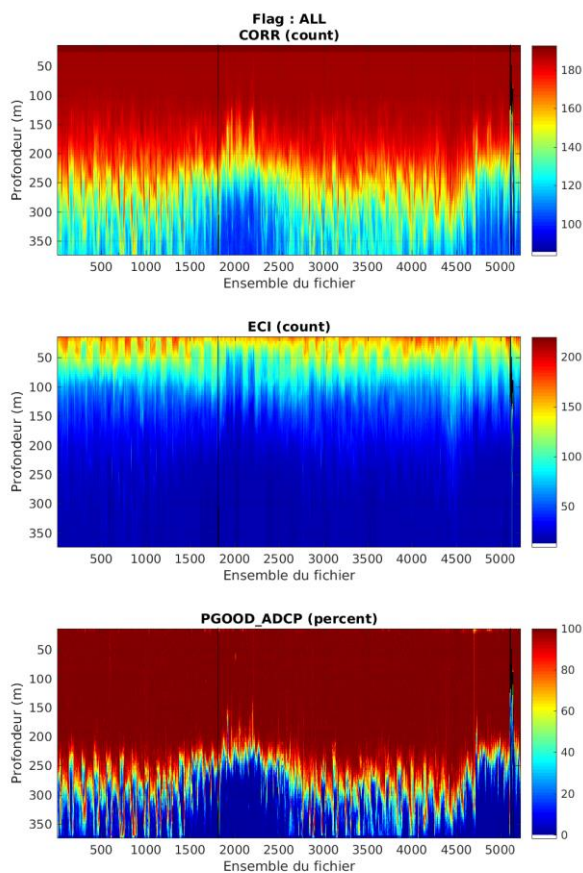


Figure 11: Indicateur de corrélation (en haut), intensité de l'écho rétrodiffusé (au milieu), et pourcentage de bonnes données (en bas) des fichiers OS150 LTA

Tableau 7: Paramètres utilisés pour le nettoyage des données OS150 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 | 150 |
| % min. d'ensemble bon | 80 |
| Seuil d'interférence | 10 |
| Facteur de tolérance de cisaillement | 4 |
| Ecart maximal au profil moyen [cm/s] | 30 |

Tableau 8: Statistiques sur le nettoyage des données OS150 LTA

| Flag | Signification | % |
|------|--|------|
| 1 | Données bonnes | 63,5 |
| 2 | Données douteuses | 0,2 |
| 3 | Test d'écart à la médiane | 0,9 |
| 4 | Différence de cisaillement > 0.2 | 0 |
| 5 | % données bonnes < 80%, W > 1m/s | 0,3 |
| 6 | U ou V > 4m/s, Corrélation < 150, Différence des différences verticales de l'écho intensité > [10 4*moyenne des différences verticales d'écho d'intensité] | 28,7 |
| 7 | Données absentes | 5,5 |
| 8 | Données sous le fond | 0,6 |

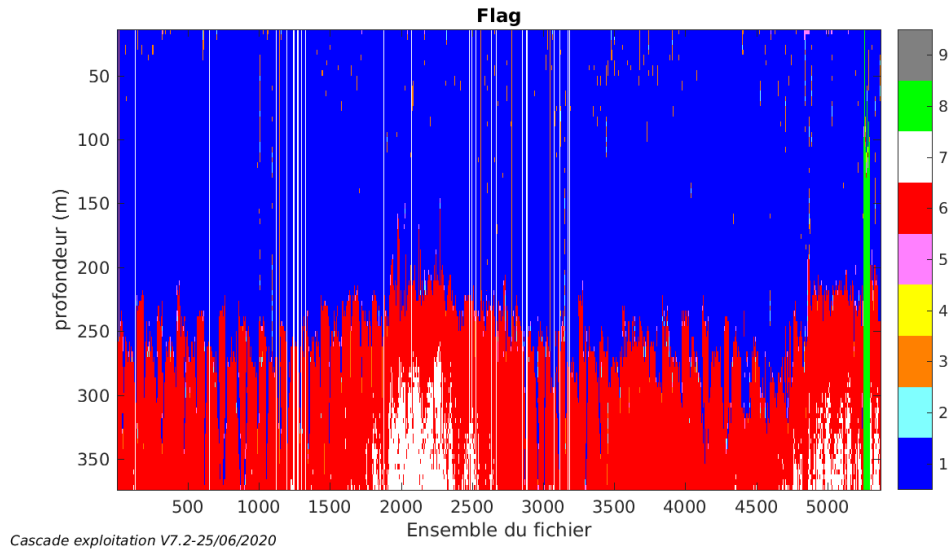
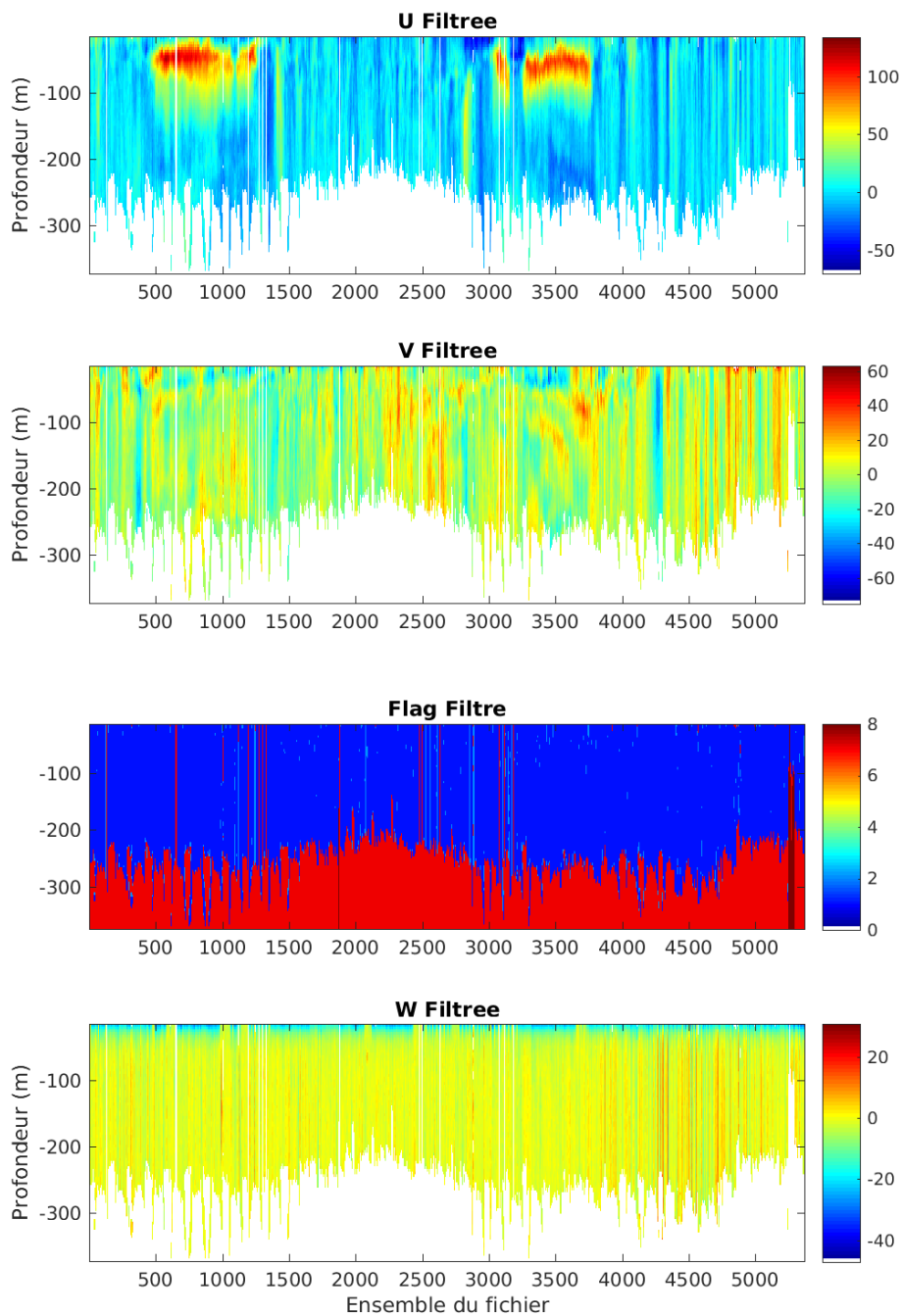


Figure 12: Code qualité attribué aux données des fichiers OS150 LTA

FR30-OS150_osite_mat20_corr



Cascade exploitation V7.2-25/06/2020

Figure 13: Vitesses du courant absolues [cm/s] bonnes (code 1) et flag filtrées horizontalement et verticalement des fichiers OS150 LTA

2.1.3. DVL 600kHz

Les fichiers '.LTA' contiennent les données du DVL en coordonnées géographiques moyennées sur 10 minutes. La figure 14 présente le nombre de pings moyennés pour chaque ensemble. Aucun problème ne semble apparaître car le nombre de pings moyennés est resté le même tout au long de la campagne (environ 10 pings, car les fichiers DVL ont été remoyennés).

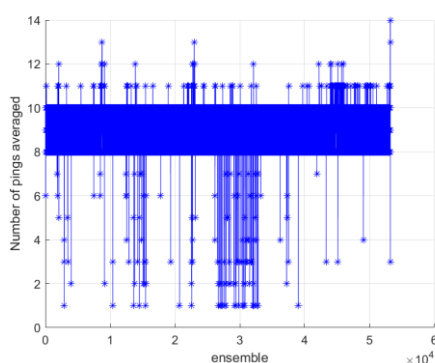


Figure 14: Nombre de pings par ensemble pour les fichiers DVL600 LTA

Sans nettoyage, les données brutes sont parasitées par des valeurs de courant aberrantes (figure 15). La figure 16 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 que la portée est variable entre 20 et 50m, ces variations sont dues aussi bien aux variations diurnes, à l'état de mer et à la vitesse du navire. Lorsque le profil est perturbé sur toute la colonne d'eau, l'état de mer semble avoir un impact important. La couche de référence utilisée pour le nettoyage est définie entre les bins 6 et 10 (soit entre 19 et 27m).

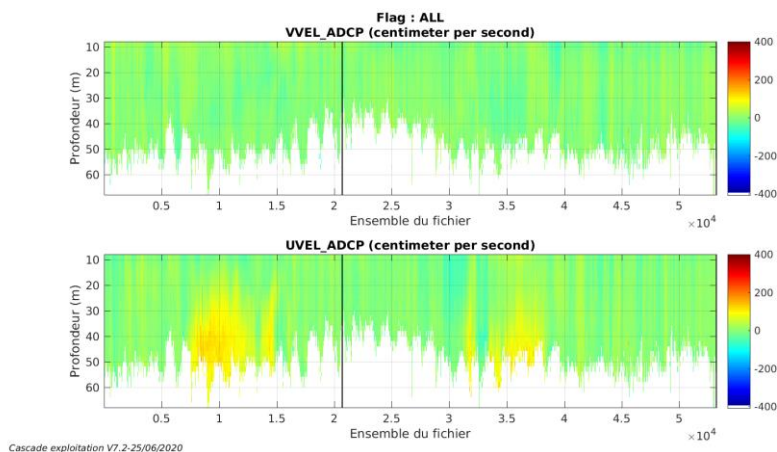


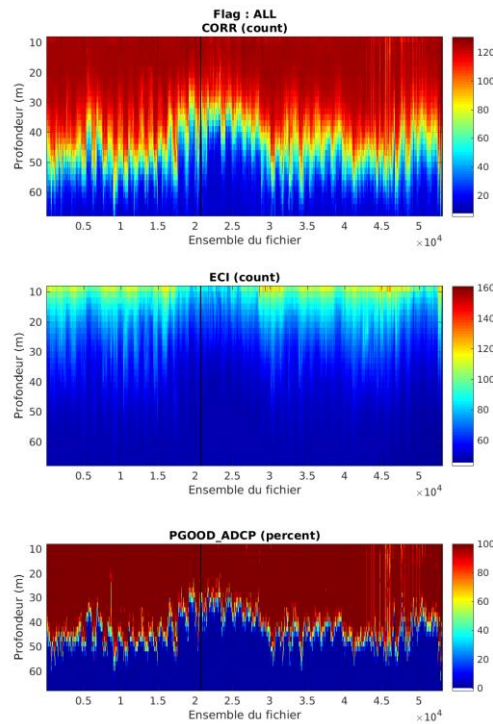
Figure 15: Vitesses absolues du courant (cm/s.) des fichiers DVL600 LTA, mesurées pendant PIRATA-FR30

De la même manière que les deux OS, aucune correction de l'horloge n'a été appliquée et la bathymétrie Etopol 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 9. Les statistiques relatives à ce nettoyage sont présentées dans le tableau 10. 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.

Tableau 9: Paramètres utilisés pour le nettoyage des données DVL600 LTA

| Paramètre | Valeur |
|---|---------------|
| Seuil de l'erreur de la vitesse verticale [cm/s] | 100 |
| Cisaillement vertical maximum | 0.4 |
| 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 | 60 |
| % min. d'ensemble bon | 50 |
| Seuil d'interférence | 10 |
| Facteur de tolérance de cisaillement | 4 |
| Ecart maximal au profil moyen [cm/s] | 30 |



Cascade exploitation V7.2-25/06/2020

Figure 16: Indicateur de corrélation (en haut), intensité de l'écho rétrodiffusé (au milieu), et pourcentage de bonnes données (en bas) des fichiers DVL600 LTA

Tableau 10: Statistiques sur le nettoyage des données DVL600 LTA

| Flag | Signification | % |
|------|--|------|
| 1 | Données bonnes | 57,2 |
| 2 | Données douteuses | 0,5 |
| 3 | Test d'écart à la médiane | 1,2 |
| 4 | Différence de cisaillement > 0.2 | 0 |
| 5 | % données bonnes < 50%, W > 1m/s | 6,8 |
| 6 | U ou V > 4m/s, Corrélation < 60, Différence des différences verticales de l'écho intensité > [10 ⁻⁴ *moyenne des différences verticales d'écho d'intensité] | 2,3 |
| 7 | Données absentes | 31,8 |
| 8 | Données sous le fond | 0,1 |

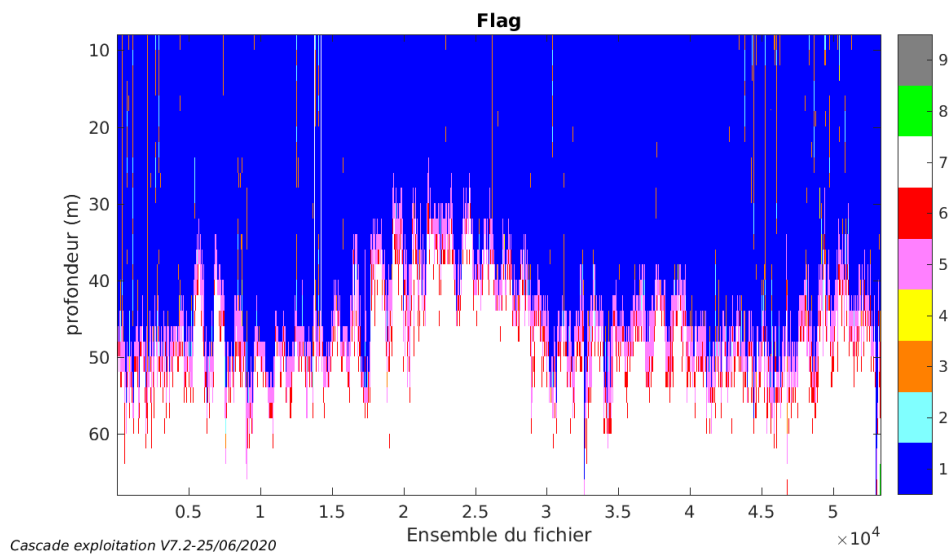
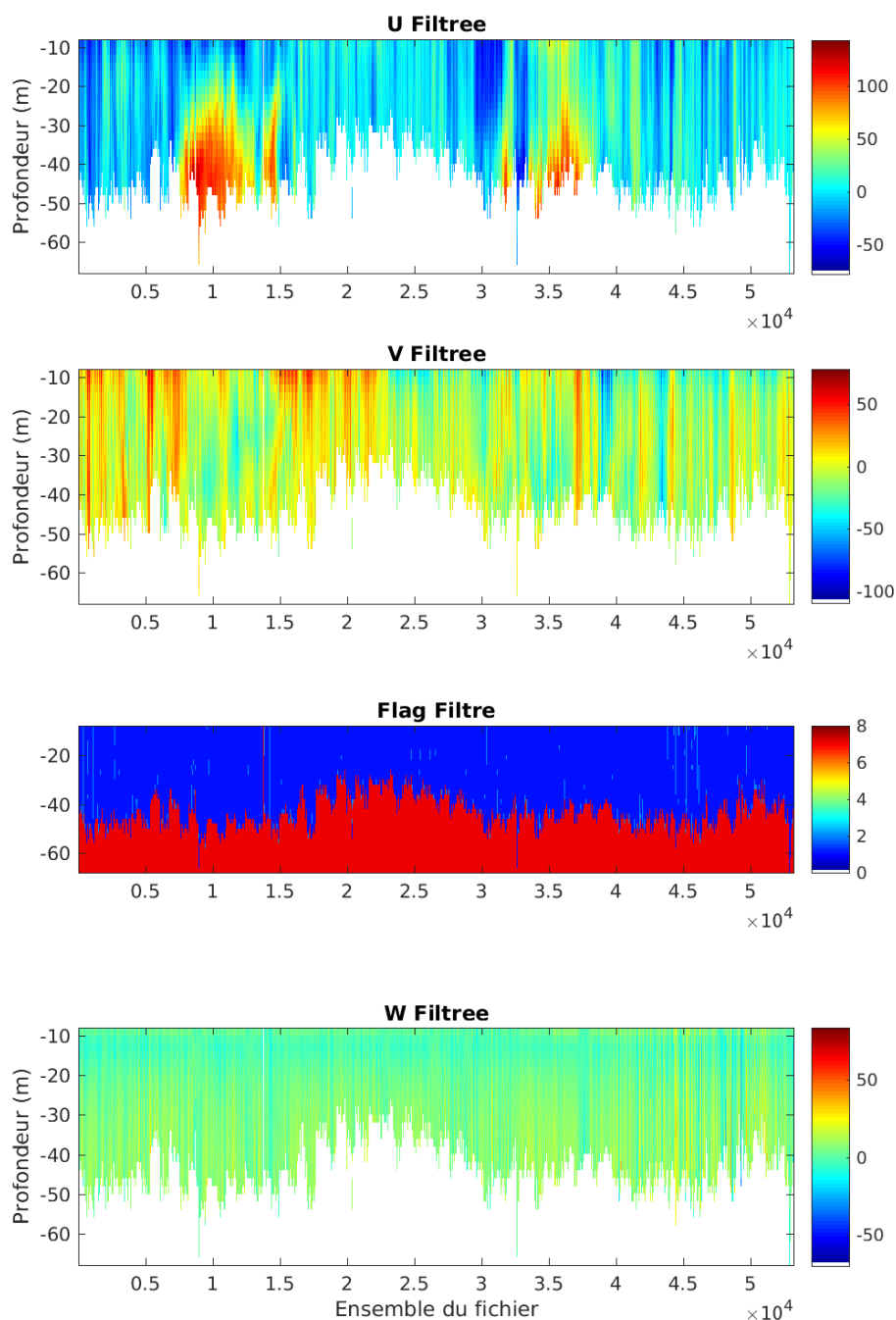


Figure 17: Code qualité attribué aux données des fichiers DVL600 LTA

La figure 17 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 18.

FR30-DVL600_osite_mat20_corr



Cascade exploitation V7.2-25/06/2020

Figure 18: Vitesses du courant absolues [cm/s] bonnes (code 1) et flag filtrées horizontalement et verticalement des fichiers DVL600 LTA

2.2. Etalonnage et correction des données

2.2.1. OS 38kHz

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 avec l'ADCP OS38kHz. Les erreurs ont pu être estimées uniquement via water-track. Toutefois, les vitesses et directions du courant et celles du navire ne semblent pas corrélées (figure 19 et 20) ; les estimations via water-track (accélérations supérieures à 3m/s) proposent des corrections trop faibles (1,005 +/- 0,003 [LTA] pour le facteur d'amplitude, et - 0,07 +/- 0,13 [LTA] pour le désalignement, au lieu de 1 et 0) pour qu'elles soient prises en compte (figure 21). Par contre, l'assiette du capteur a été corrigée. Une erreur de 0,8° a été constatée, il a donc été préféré de corriger les vitesses de courant en prenant en compte cette valeur.

Tableau 11: Corrections appliquées à l'OS38kHz

| Paramètre | Correction |
|-----------|------------|
| Assiette | 0,8° |

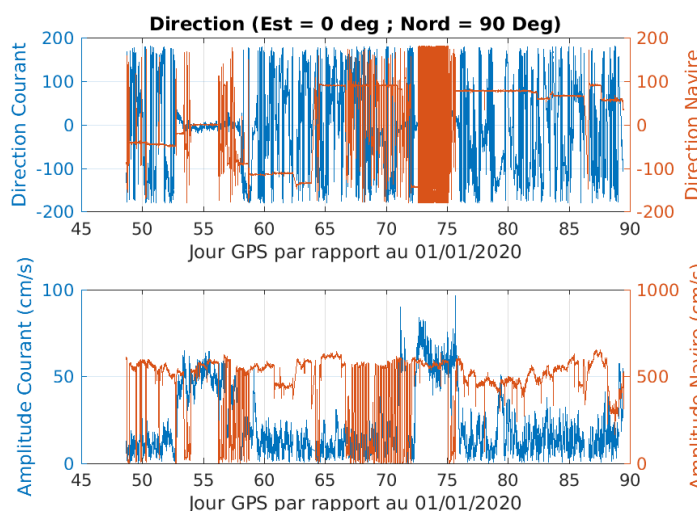


Figure 19: Comparaison, en direction et en modules, des vitesses navire et vitesses du courant mesurées via l'OS38

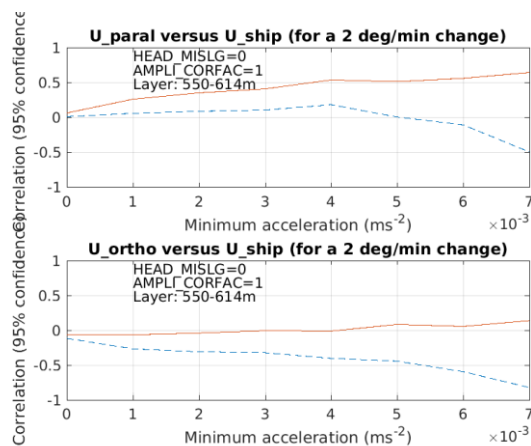


Figure 20: Tracés des corrélations entre vitesses navires et vitesses absolues du courant de l'OS38 des fichiers LTA dans la couche de moindre variabilité en fonction du seuil d'accélération du navire [en pointillé: minimum de l'intervalle de confiance; en trait plein: maximum de l'intervalle de confiance]

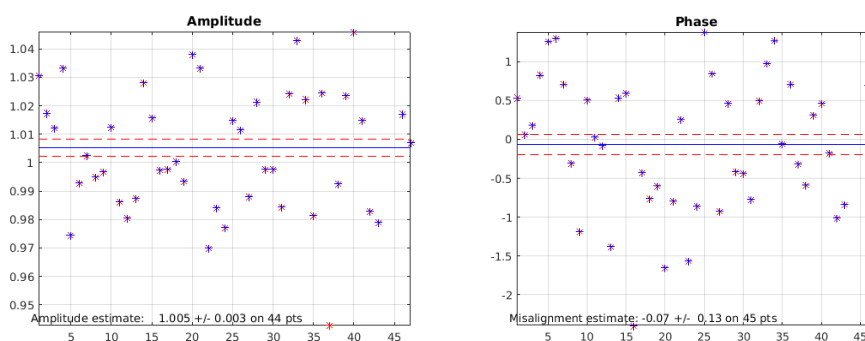


Figure 21: Tracé de l'estimation du facteur d'amplitude (à gauche) et du désalignement (à droite) de l'OS38 pour les fichiers LTA [en bleu, accélérations prises en compte pour l'estimation ; en rouge: les accélérations éliminées par le test d'écart à la moyenne ; en trait plein bleu: l'amplitude et le désalignement estimés ; en trait plein rouge : l'erreur associée]

2.2.2. OS 150kHz

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 via l'ADCP OS150kHz. Les erreurs ont pu être estimées uniquement via water-track. Les vitesses et directions du courant et celles du navire ne présentent pas de nette corrélation (figure 22 et 23). Les estimations via water-track (figure 24) proposent cependant une correction de désalignement non négligeable : $0,87 \pm 0,12$ au lieu de 0. Cette

correction a donc été appliquée pour corriger les vitesses. La correction du facteur d'amplitude est, elle, trop faible pour être prise en compte (0.996 +/- 0,004 au lieu de 1).

Tableau 12: Corrections appliquées à l'OS150kHz

| Paramètre | Correction |
|---------------|------------|
| Désalignement | 0,87° |

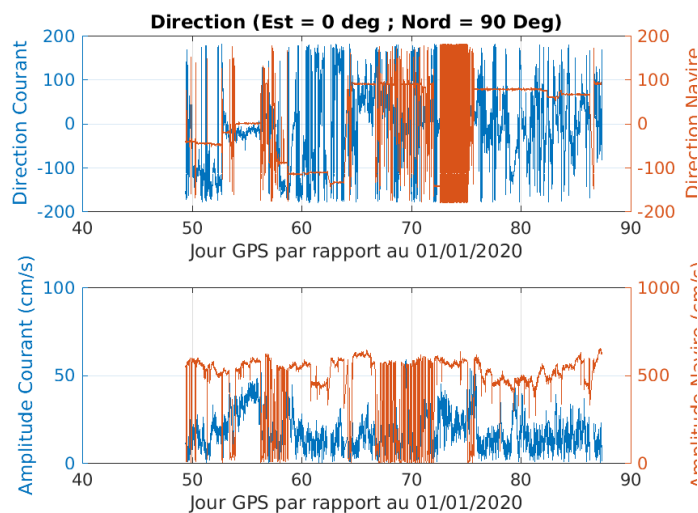


Figure 22: Comparaison, en direction et en modules, des vitesses navire et vitesses du courant via l'OS150

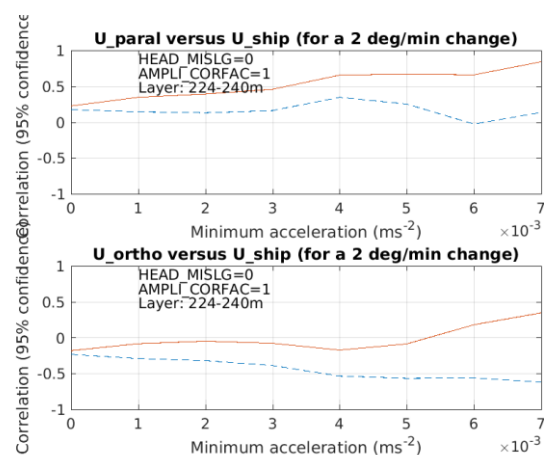


Figure 23: Tracés des corrélations entre vitesses navires et vitesses absolues du courant de l'OS150 des fichiers LTA dans la couche de moindre variabilité en fonction du seuil d'accélération du navire [en pointillé: minimum de l'intervalle de confiance; en trait plein: maximum de l'intervalle de confiance]

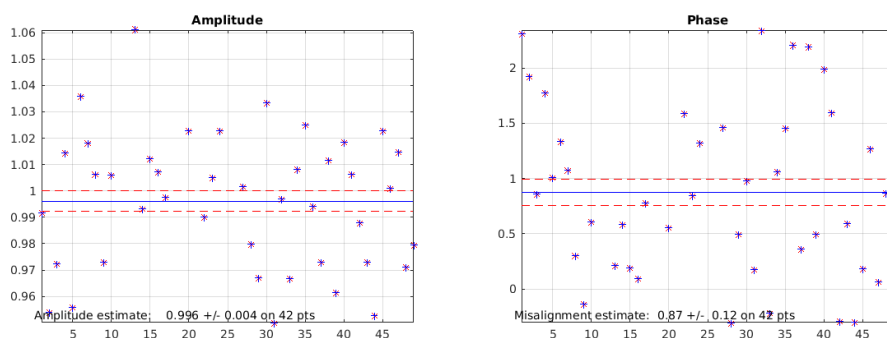


Figure 24: Tracé de l'estimation du facteur d'amplitude (à gauche) et du désalignement (à droite) de l'OS150 pour les fichiers LTA [en bleu, accélérations prises en compte pour l'estimation ; en rouge: les accélérations éliminées par le test d'écart à la moyenne ; en trait plein bleu: l'amplitude et le désalignement estimés ; en trait plein rouge : l'erreur associée]

2.2.3. DVL 600kHz

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. Les erreurs ont pu être estimées uniquement via water-track. Les vitesses et directions du courant et celles du navire semblent ici corrélées (figure 25 et 26). La composante parallèle de la vitesse absolue du courant à la route du navire est corrélée à la composante parallèle de la vitesse navire à la route du navire (l'intervalle de corrélation ne comprend pas 0 pour un seuil de corrélation d'au moins 0,005 soit une accélération de 3m/s). Les estimations via water-track (figure 27) proposent des corrections en amplitude (0,981 +/- 0,007) et en désalignement (-0,52 +/- 0,25) assez importante pour qu'elles soient prises en compte. L'assiette du capteur a également été corrigée : une erreur de -0,94° a été constatée.

Tableau 13: Corrections appliquées au DVL600kHz

| Paramètre | Correction |
|---------------|------------|
| Désalignement | 0,52 |
| Amplitude | 0,981 |
| Assiette | -0,94° |

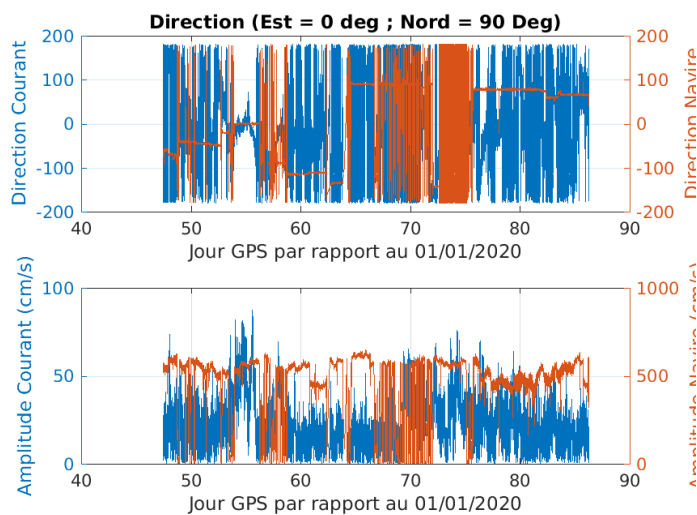


Figure 25: Comparaison, en direction et en modules, des vitesses navire et vitesses du courant via le DVL600

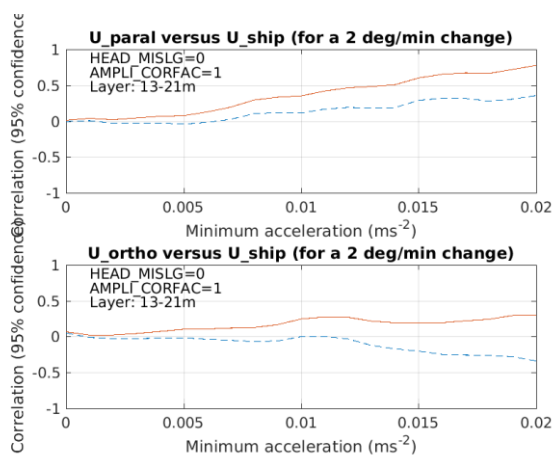


Figure 26: Tracés des corrélations entre vitesses navires et vitesses absolues du courant du DVL600 des fichiers LTA dans la couche de moindre variabilité en fonction du seuil d'accélération du navire [en pointillé: minimum de l'intervalle de confiance; en trait plein: maximum de l'intervalle de confiance]

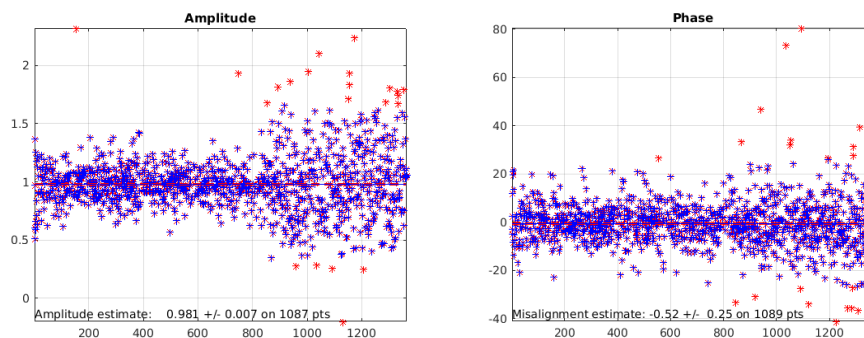


Figure 27: Tracé de l'estimation du facteur d'amplitude (à gauche) et du désalignement (à droite) du DVL600 pour les fichiers LTA [en bleu, accélérations prises en compte pour l'estimation ; en rouge: les accélérations éliminées par le test d'écart à la moyenne ; en trait plein bleu: l'amplitude et le désalignement estimés ; en trait plein rouge : l'erreur associée]

3. Contrôle et Validation des données

Seules les données affectées du code qualité 1 sont utilisées pour effectuer l'ensemble des contrôles et validations, 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-FR30, 11 sections sont identifiées (tableau 14 et figure 28) et 42 stations ont été effectuées (annexe 2). Les moyennes des courants acquises sur la durée des stations sont présentées en annexe 3 et les sections présentant les mesures incrémentées des trois capteurs sont présentées en annexe 4. Les va-et-vient effectués par le navire sur une même section permettent de marquer des zones de recouvrement. Ces zones permettent de comparer et analyser la stabilité et la justesse des mesures.

Tableau 14 : Dates de début et fin de chaque section identifiées sur PIRATA-FR30

| Numéro de Section | Date de début | Date de fin |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 18/02/2020 22:40:00 | 23/02/2020 10:14:00 |
| 2 | 23/02/2020 23:34:00 | 26/02/2020 05:35:00 |
| 3 | 26/02/2020 17:09:00 | 26/02/2020 23:23:00 |
| 4 | 26/02/2020 23:23:00 | 27/02/2020 05:49:00 |
| 5 | 27/02/2020 16:59:00 | 28/02/2020 17:00:00 |
| 6 | 28/02/2020 18:30:00 | 04/03/2020 21:17:00 |
| 7 | 05/03/2020 13:20:00 | 13/03/2020 00:22:00 |
| 8 | 13/03/2020 15:00:00 | 16/03/2020 02:50:00 |
| 9 | 16/03/2020 16:59:00 | 27/03/2020 07:04:00 |
| 10 | 27/03/2020 15:59:00 | 28/03/2020 14:50:00 |
| 11 | 28/03/2020 15:09:00 | 30/03/2020 11:57:00 |

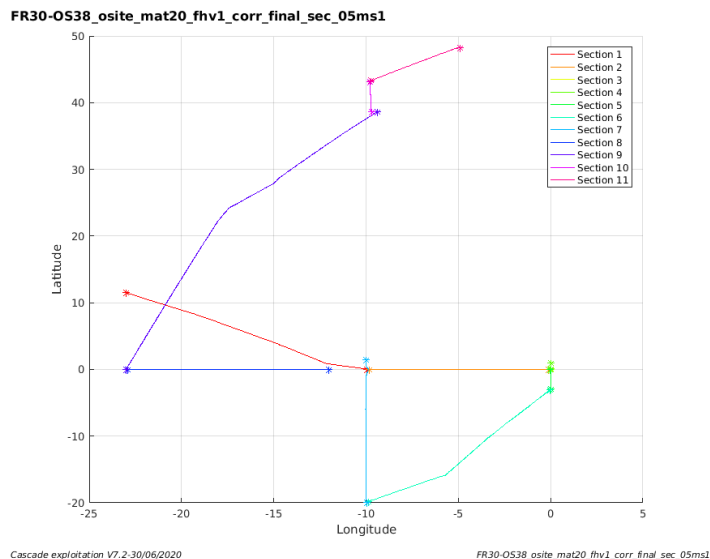


Figure 28 : Identification des différentes sections effectuées pendant PIRATA-FR30

3.1. OS 38kHz

Les stations 25 et 99 ayant été effectuées à la même position et à seulement 1h d'intervalle, il a été possible de contrôler la robustesse des données en comparant les profils de courant moyen obtenus à ces positions (figure 29). Il apparait que les signaux de courants sont très cohérents entre eux. Ce même contrôle a pu être effectué aux stations 6 et 37 (figure 30). Les stations ont été effectuées à environ 2,4MN de distance et 17 jours d'intervalle. Les signaux sont assez cohérents sur la composante zonale mais varient sur la composante méridionale. La variabilité spatio-temporelle semble ici responsable de cette variabilité.

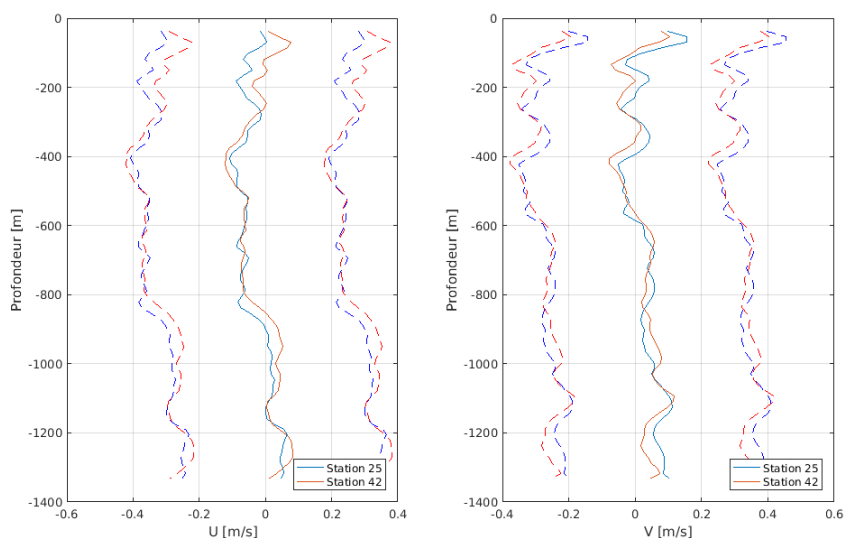


Figure 29: Comparaison des courants absolus de l'OS38 moyennés sur la durée des stations 25 (bleu) et 99 (rouge). Les écarts-types sont présentés en pointillés.

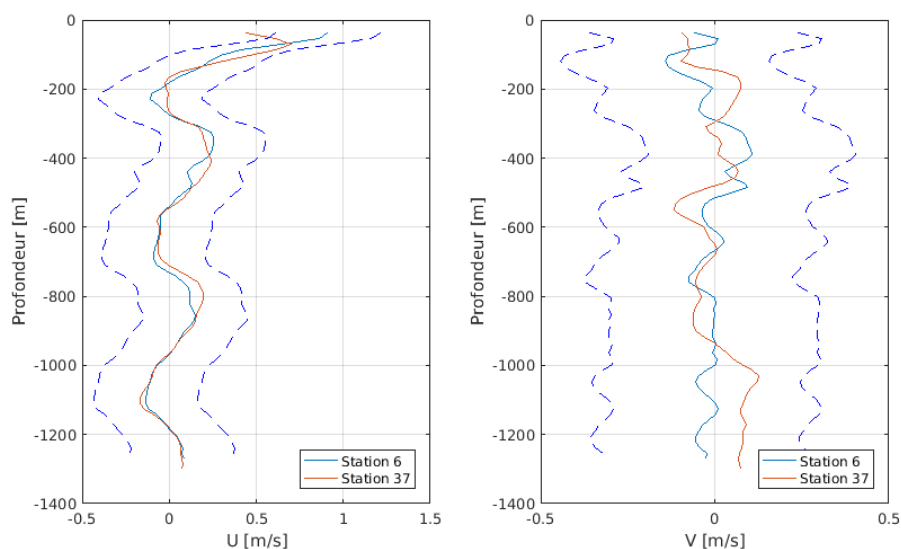


Figure 30: Comparaison des courants absolus de l'OS38 moyennés sur la durée des stations 6 (bleu) et 37 (rouge).

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 (figure 31). 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 au niveau de l’équateur, et d’un même courant qui porte vers l’Est entre 500m et 600m. Les ordres de grandeur de la composante zonale de l’EUC et du courant profond sont les mêmes pour les deux passages (respectivement $>0,5$ m/s et >0 m/s). Une variabilité est visible au niveau de la composante méridionale mais celle-ci n’est rencontrée qu’en intensité. Cette variabilité peut donc être liée à la variabilité spatio-temporelle. Les données de l’OS38 semblent donc robustes sur cette campagne.

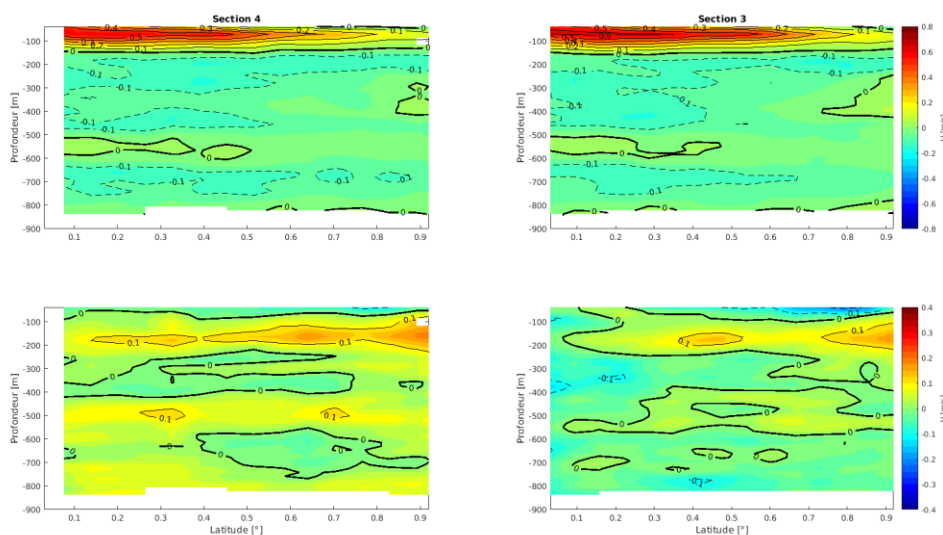


Figure 31: Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée de l’OS38 sur la radiale 0° à différentes périodes pendant PIRATA-FR30 (section 4 à gauche, et section 3 à droite).

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 10°W entre 50 et 200m sous forme de vecteur (figure 32) met en évidence la même distribution méridionale des courants (présence de l’EUC entre 2°N et 2°S et Sous-Courant Equatoriale Sud, SEUC, entre 4°S et 6°S). La comparaison de la composante zonale de ces courants (figure 33) met en évidence un même noyau de vitesse maximale entre 50m et 200m au niveau de l’équateur, et plus profond plus au sud (entre 100m et 200m). L’ordre de grandeur des vitesses est identique entre 2019 et 2020 (0,9 m/s pour l’EUC et 0,4 m/s pour le SEUC).

Cette même comparaison a pu être effectuée sur la radiale 0° . Sur cette radiale, la distribution méridionale des courants est très semblable entre 2019 et 2020 (figure 34 et 35). L’EUC est bien identifié

entre les deux années. L'EUC varie quelque peu en profondeur et en intensité mais ces différences peuvent être associées à la variabilité temporelle de ce courant. 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 33 et 35).



Figure 32 : Comparaison des tracés sous forme des vecteurs des vitesses absolues du courant moyennées de l'OS38 entre 50m et 200m sur la radiale 10°W pendant PIRATA-FR30 (à gauche) et PIRATA-FR29 (à droite).

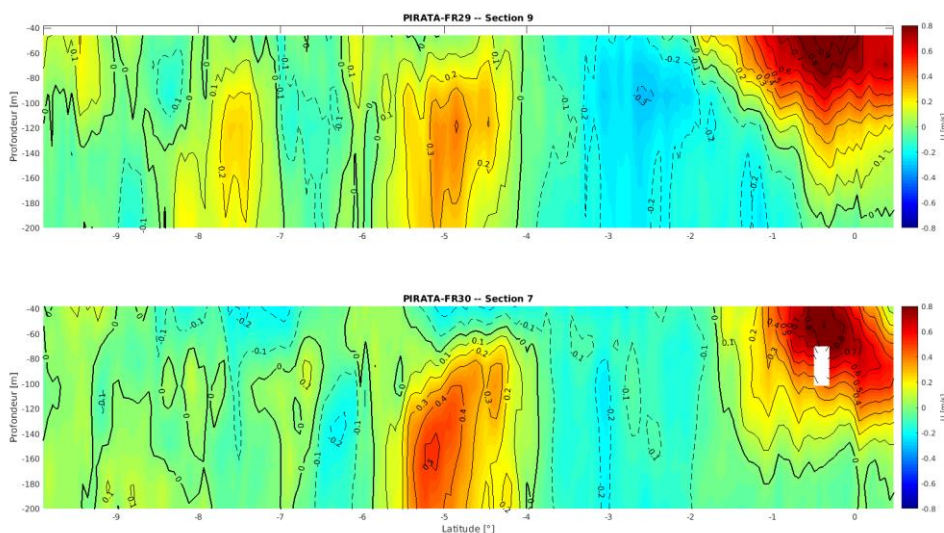


Figure 33 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée de l'OS38 sur la radiale 10°W pendant PIRATA-FR30 (section 7, en bas) et PIRATA-FR29 (section 9, en haut).

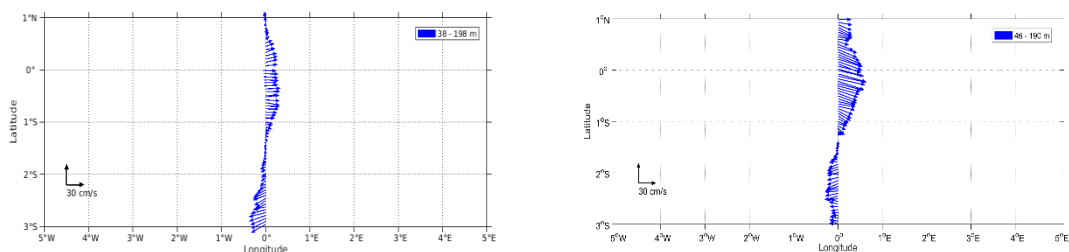


Figure 34 : Comparaison des tracés sous forme des vecteurs des vitesses absolues du courant moyennées de l'OS38 entre 50m et 200m sur la radiale 0° pendant PIRATA-FR30 (à gauche) et PIRATA-FR29 (à droite).

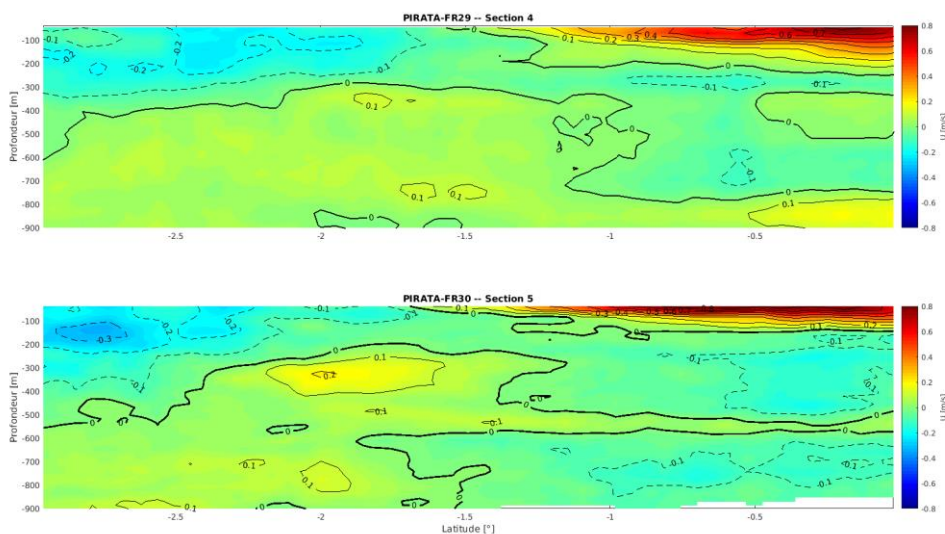


Figure 35 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée de l'OS38 sur la radiale 0° pendant PIRATA-FR30 (section 5, en bas) et PIRATA-FR29 (section 4, en haut).

3.3. OS 150kHz

Les stations 25 et 99 ayant été effectuées à la même position et à seulement 1h d'intervalle, il a été possible de contrôler la robustesse des données en comparant les profils de courant moyen obtenus à ces positions (figure 36). Il apparait que les signaux de courants sont cohérents entre eux avec une légère variabilité spatio-temporelle. Ce même contrôle a pu être effectué aux stations 6 et 37 (figure 37). Les stations ont été effectuées à environ 2,4MN de distance et 17 jours d'intervalle. Les signaux sont ici peu cohérents car la variabilité spatio-temporelle des courants en surface est trop importante.

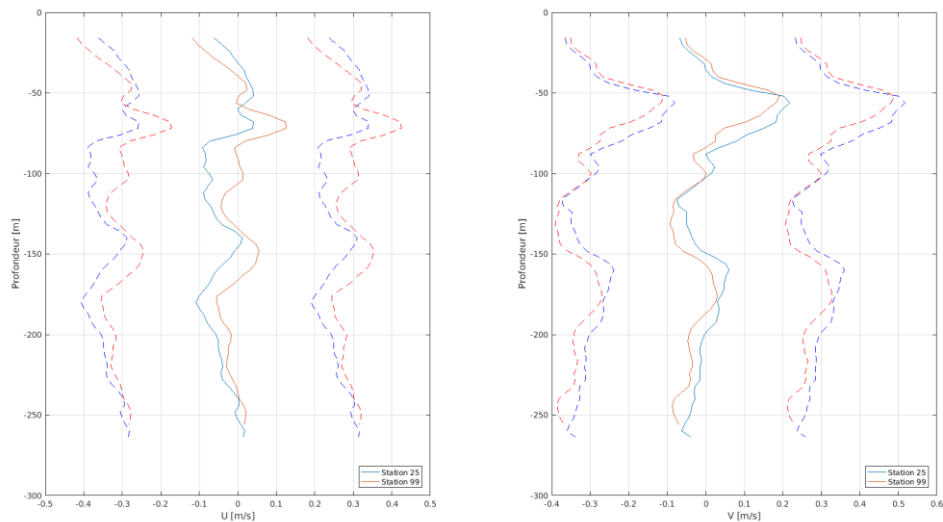


Figure 36: Comparaison des courants absolus de l'OS150 moyennés sur la durée des stations 25 (bleu) et 99 (rouge).

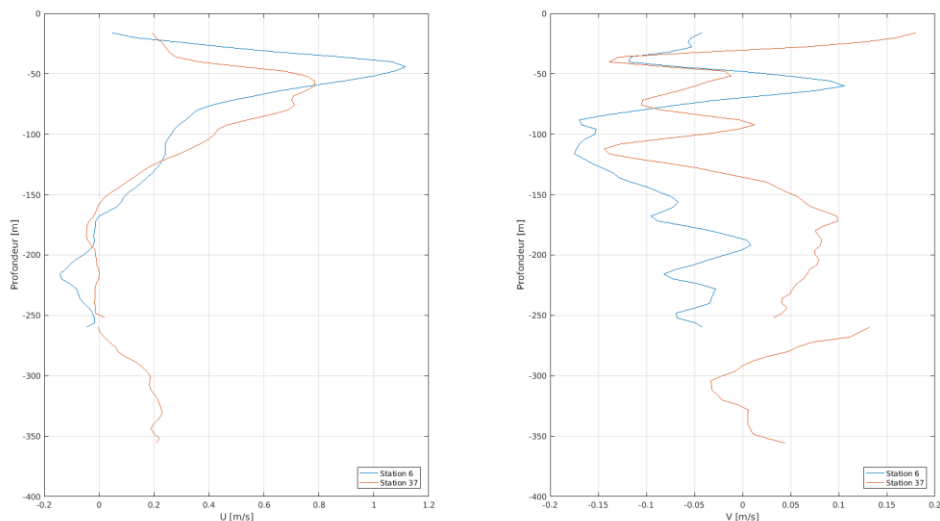


Figure 37: Comparaison des courants absolus de l'OS150 moyennés sur la durée des stations 6 (bleu) et 37 (rouge).

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 (figure 38). 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 40m et 140m au niveau de l'équateur. L'ordre de grandeur de la composante zonale de l'EUC est la même pour les deux passages (0,7 m/s). Une variabilité est visible au niveau de la composante méridionale mais celle-ci n'est rencontrée qu'en intensité. Cette variabilité peut donc être liée à la variabilité spatio-temporelle. Les données de l'OS38 semblent donc robustes sur cette campagne.

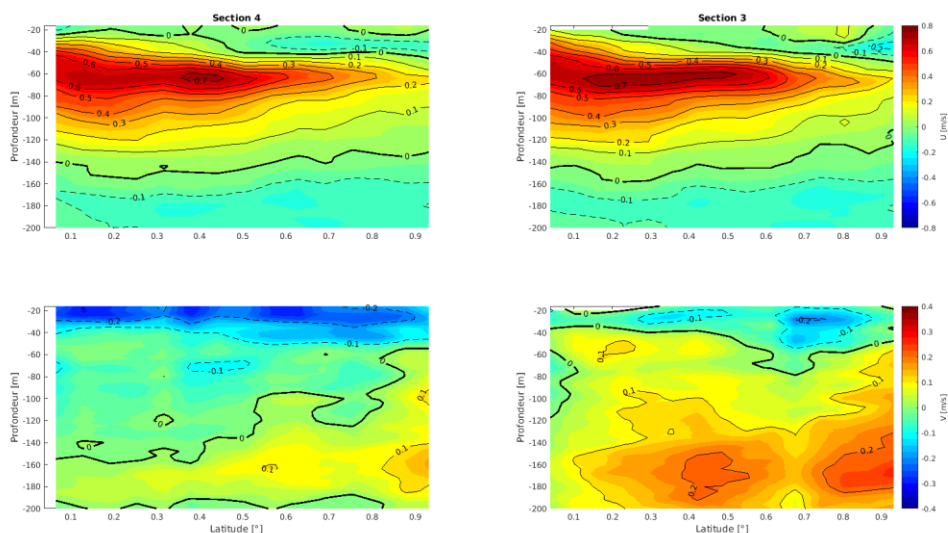


Figure 38: Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée de l'OS150 sur la radiale 0° à différentes périodes pendant PIRATA-FR29 (section 4 à gauche, et section 3 à droite).

Les données ont ensuite été comparées à celles acquises pendant les précédentes campagnes PIRATA, de manière à valider la justesse de celles-ci. La comparaison de la composante zonale de ces courants (figures 39 et 40) met en évidence un même noyau de vitesse maximale entre 2°N et 2°S et entre 50m et 200m. L'ordre de grandeur des vitesses est identique entre 2019 et 2020 (1 m/s). Sur la radiale 10°W est également identifié le SEUC les deux années entre 6°S et 4°S (figure 40). L'EUC varie quelque peu en profondeur et le SEUC en intensité mais 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).

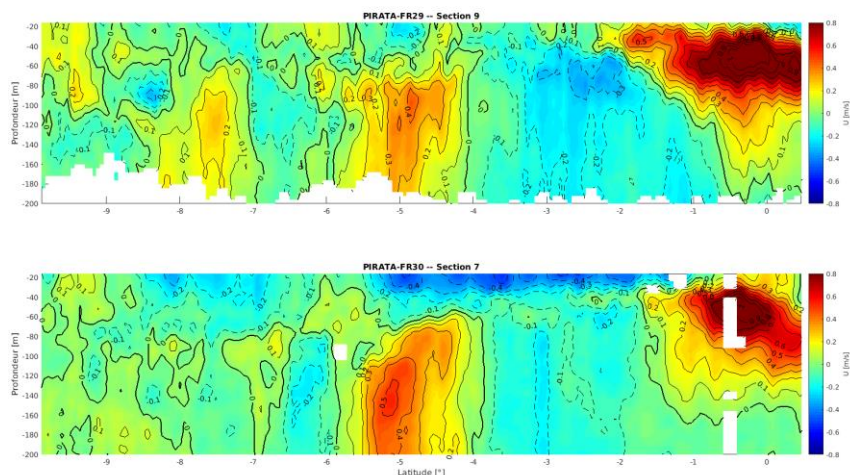


Figure 39 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée de l'OS150 sur la radiale 10°W pendant PIRATA-FR30 (section 7, en bas) et PIRATA-FR29 (section 9, en haut).

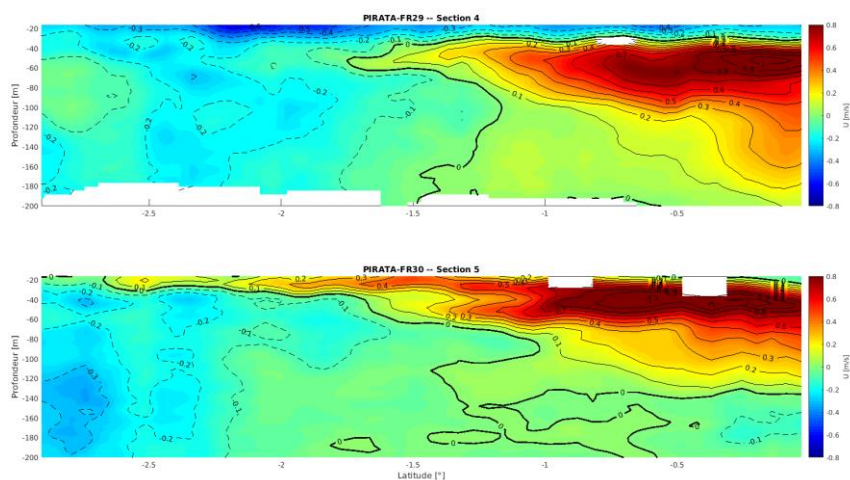


Figure 40 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée de l'OS150 sur la radiale 0° pendant PIRATA-FR30 (section 5, en bas) et PIRATA-FR29 (section 4, en haut).

Une comparaison des mesures effectuées avec l'OS38kHz et l'OS150kHz a également été effectuée au niveau des radiales Equatoriale, 10°W et 0°W (figures 41, 42 et 43). Il apparaît que les mesures correspondent bien entre elles. La précision plus élevée de l'OS150kHz apporte des intensités de courant plus fortes.

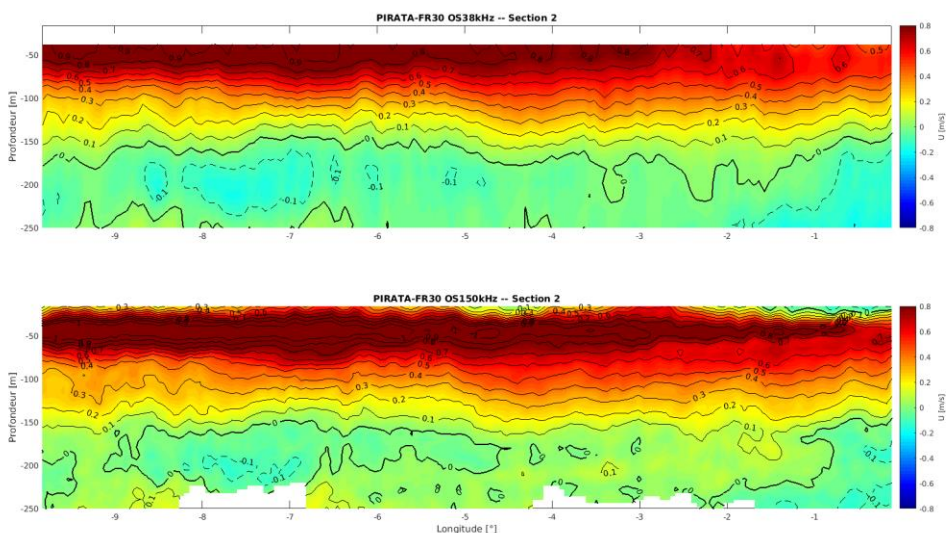


Figure 41 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale Equatoriale de l'OS150kHz (section 2, en bas) et de l'OS38kHz (section 2, en haut).

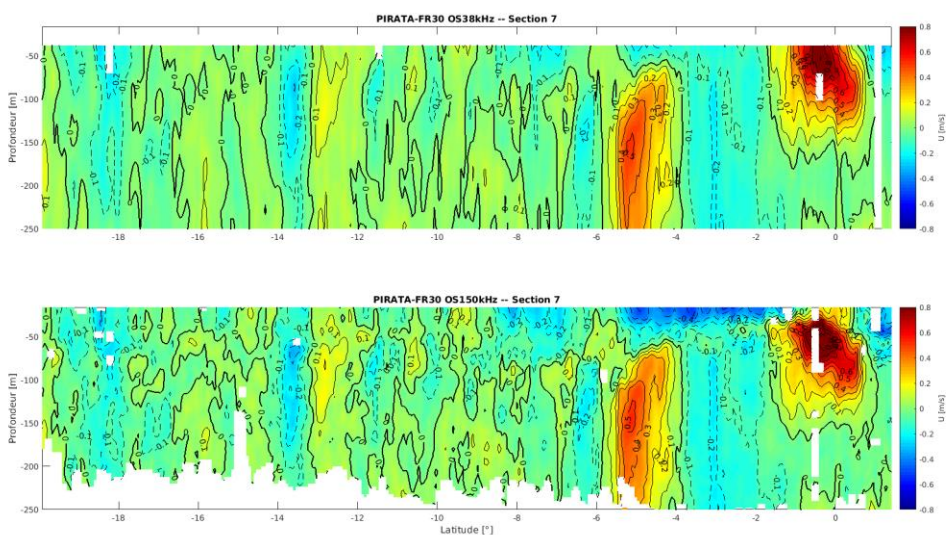


Figure 42 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale 10°W de l'OS150kHz (section 7, en bas) et de l'OS38kHz (section 7, en haut).

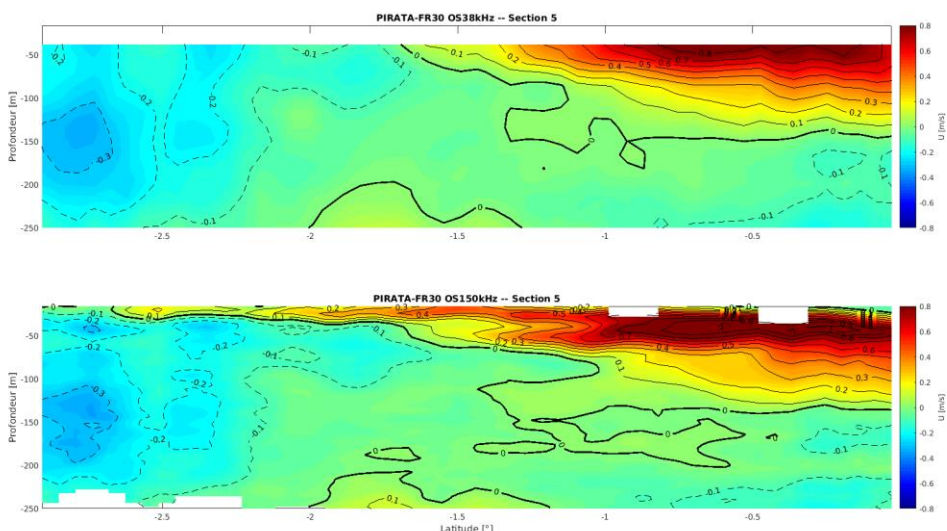


Figure 43 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale 0°W de l'OS150kHz (section 5, en bas) et de l'OS38kHz (section 5, en haut).

3.4. DVL 600kHz

Les stations 25 et 99 ayant été effectuées à la même position et à seulement 1h d'intervalle, il a été possible de contrôler la robustesse des données en comparant les profils de courant moyen obtenus à ces positions (figure 44). Il apparaît que les signaux de courants sont très cohérents entre eux. Ce même contrôle a pu être effectué aux stations 6 et 37 (figure 45). Les stations ont été effectuées à environ 2,4MN de distance et 17 jours d'intervalle. Les signaux sont ici peu cohérents car la variabilité spatio-temporelle des courants en surface est trop importante.

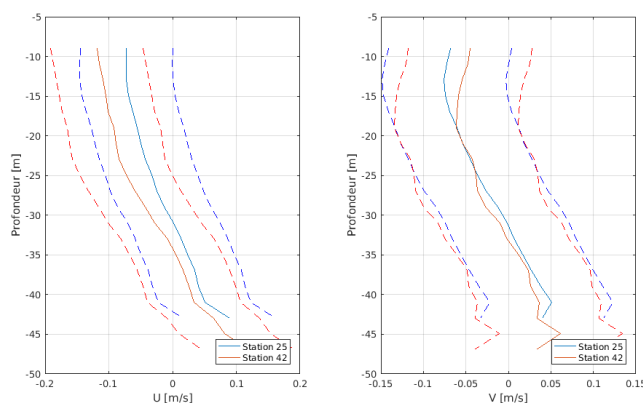


Figure 44: Comparaison des courants absolus du DVL600kHz moyennés sur la durée des stations 25 (bleu) et 99 (rouge).

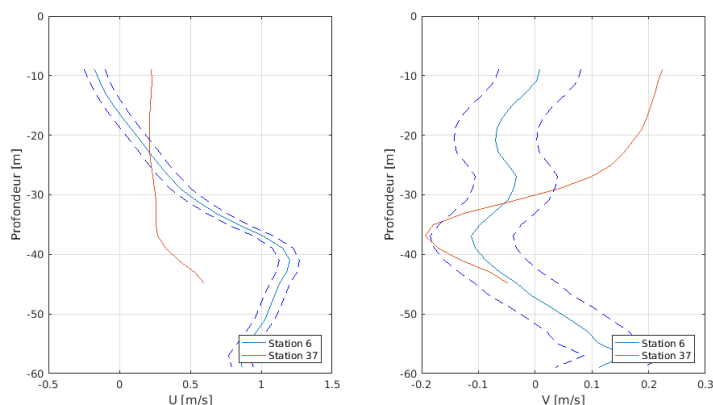


Figure 45: Comparaison des courants absolus du DVL600kHz moyennés sur la durée des stations 6 (bleu) et 37 (rouge).

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 (figure 46). La distribution des courants sur cette radiale est cohérente entre les deux passages avec la présence de l'EUC. L'ordre de grandeur de la composante zonale de l'EUC est la même pour les deux passages (environ 0,6 m/s). Une variabilité est visible au niveau de la composante méridionale mais celle-ci peut être liée à la variabilité spatio-temporelle des courants de surface. Les données du DVL600 semblent donc robustes sur cette campagne.

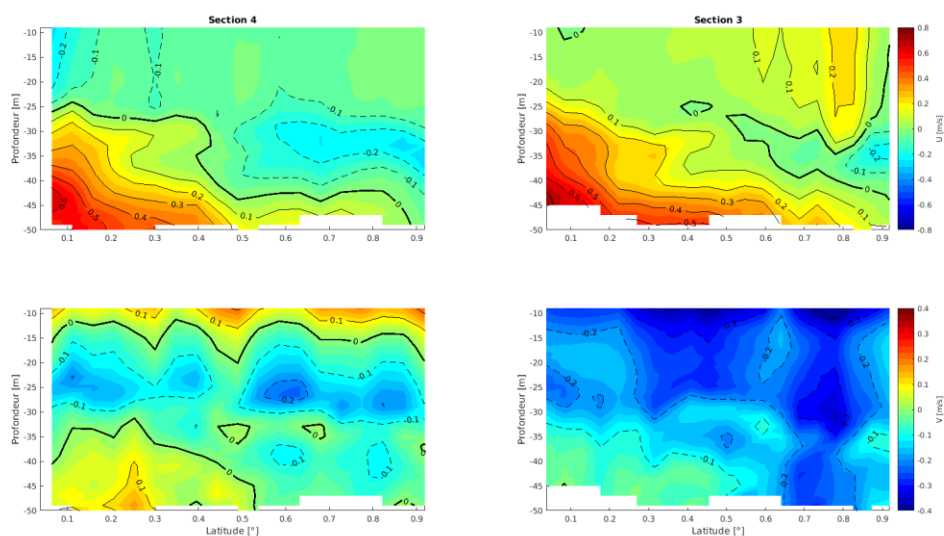


Figure 46: Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée du DL600kHz sur la radiale 0° à différentes périodes pendant PIRATA-FR30 (section 4 à gauche, et section 3 à droite).

Les données ont ensuite été comparées à celles acquises pendant les précédentes campagnes PIRATA, de manière à valider la justesse de celles-ci. La comparaison de la composante zonale des courants sur la radiale Equatoriale (figure 47) met en évidence la présence d'une veine de courant de même intensité (1 m/s) : l'EUC. L'EUC varie quelque peu en profondeur entre ces deux années mais ces différences peuvent être associées à la variabilité temporelle de ce courant. En effet, les variations interannuelles du vent ont une influence sur la variabilité de l'EUC. On retrouve ces mêmes tendances sur les radiales 0°W et 10°W (figures 48 et 49), avec ici une variation en intensité de l'EUC (l'affaiblissement de l'EUC est en corrélation avec celui des Alizés).

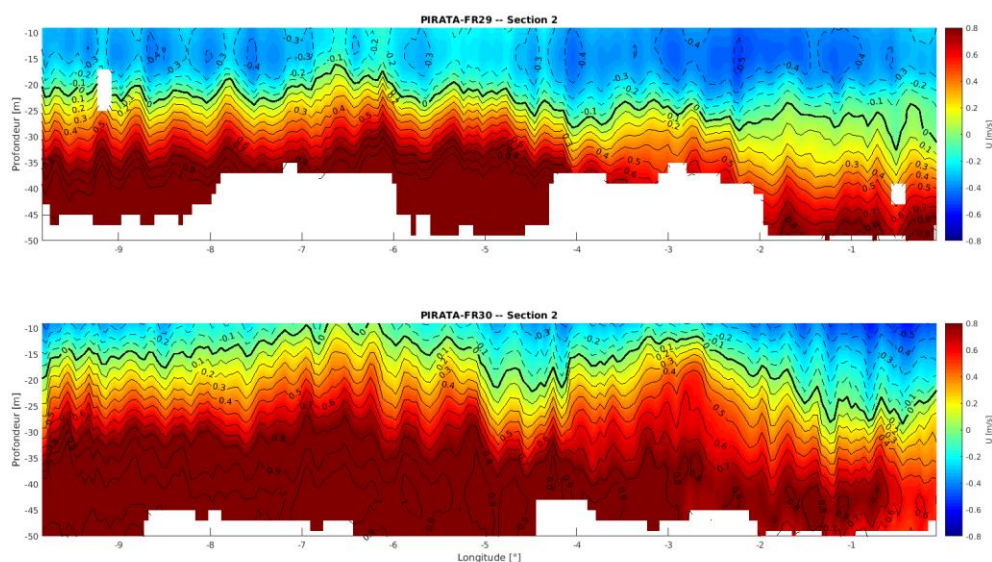


Figure 47: Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée du DVL600 sur la radiale Equatoriale pendant PIRATA-FR30 (section 2, en bas) et PIRATA-FR29 (section 2, en haut).

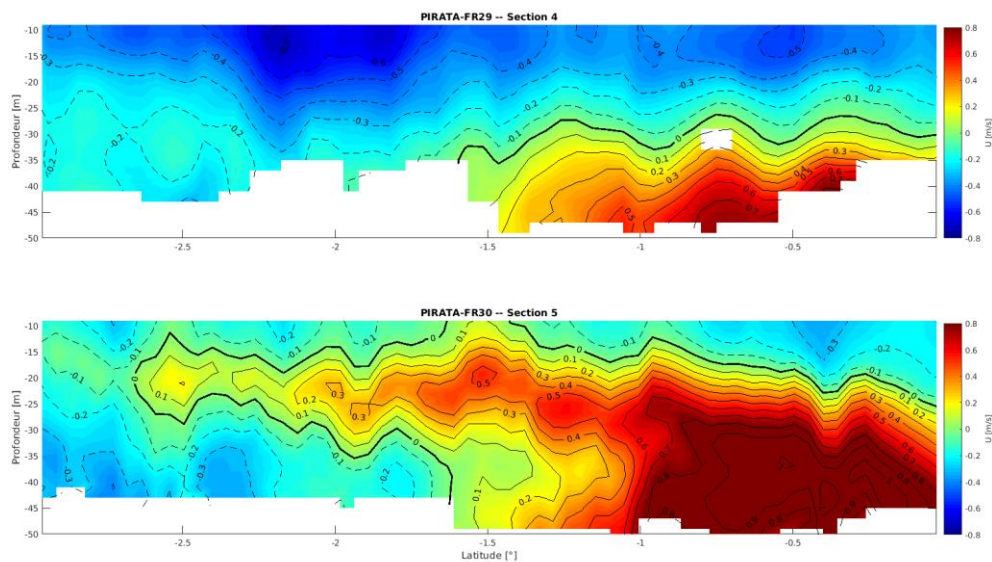


Figure 48: Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée du DVL600 sur la radiale 0°W pendant PIRATA-FR30 (section 5, en bas) et PIRATA-FR29 (section 4, en haut).

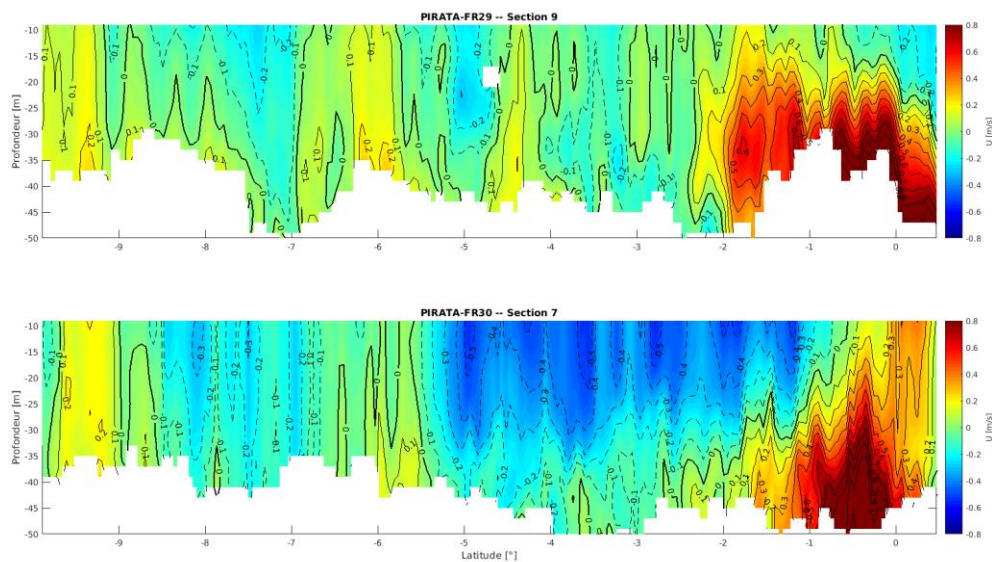


Figure 49: Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée du DVL600 sur la radiale Equatoriale pendant PIRATA-FR30 (section 7, en bas) et PIRATA-FR29 (section 9, en haut).

Une comparaison des mesures effectuées avec le DVL600kHz et l'OS150kHz a également été effectuée au niveau de chacune des radiales Equatoriale, 10°W et 0° (figures 50, 51 et 52). Il apparaît que les mesures correspondent bien entre elles. La précision plus élevée du DVL600kHz apporte toutefois des intensités de courant plus fortes.

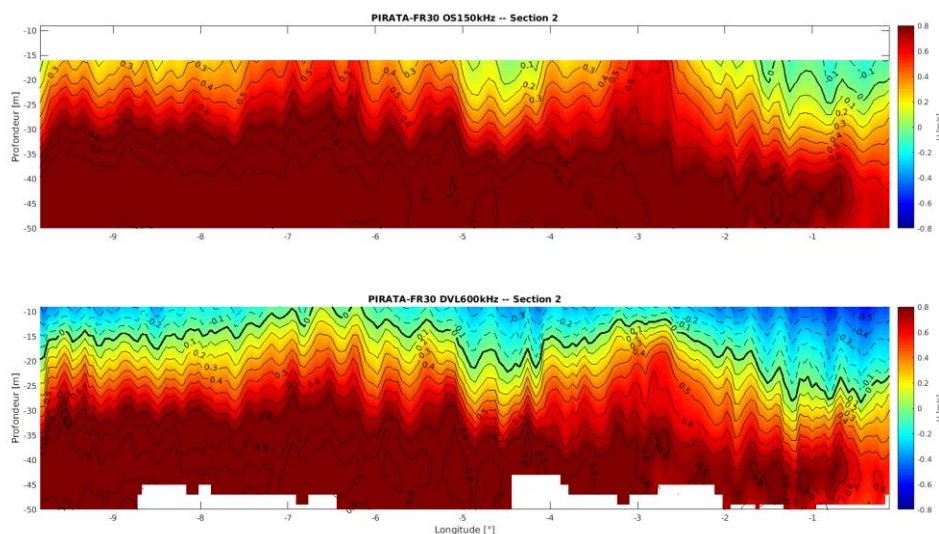


Figure 50 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale Equatoriale du DVL600kHz (section 2, en bas) et de l'OS150kHz (section 2, en haut).

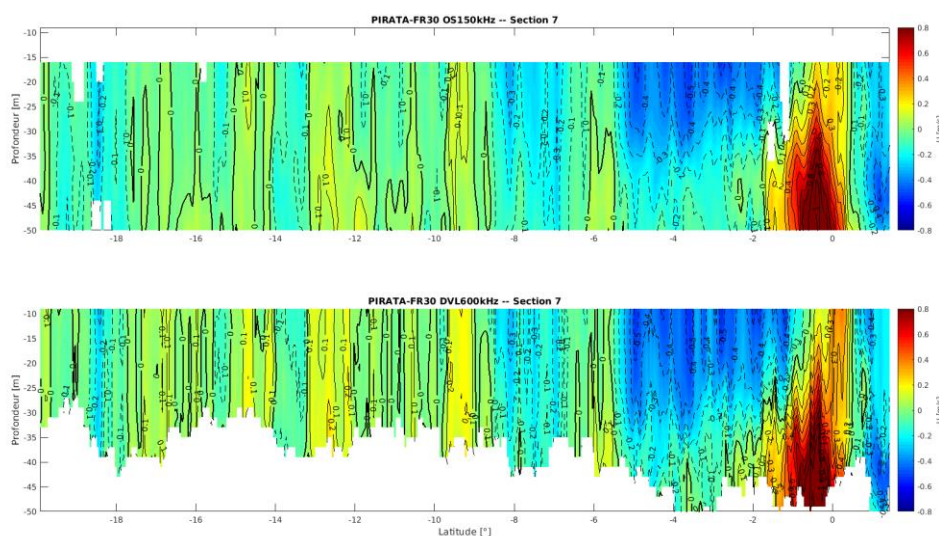


Figure 51 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale 10°W du DVL600kHz (section 7, en bas) et de l'OS150kHz (section 7, en haut).

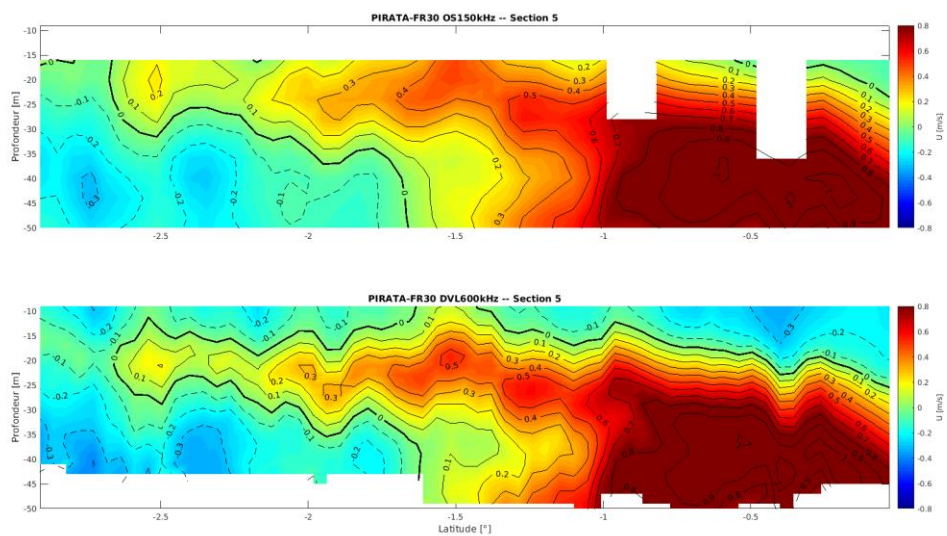


Figure 52 : Comparaison des sections de courants absolus corrigés de la marée sur la radiale 0°W du DVL600kHz (section 5, en bas) et de l'OS150kHz (section 5, en haut).

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.

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) |

| | |
|-----------------|---|
| 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 |

| | |
|---------------------|---|
| 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) |

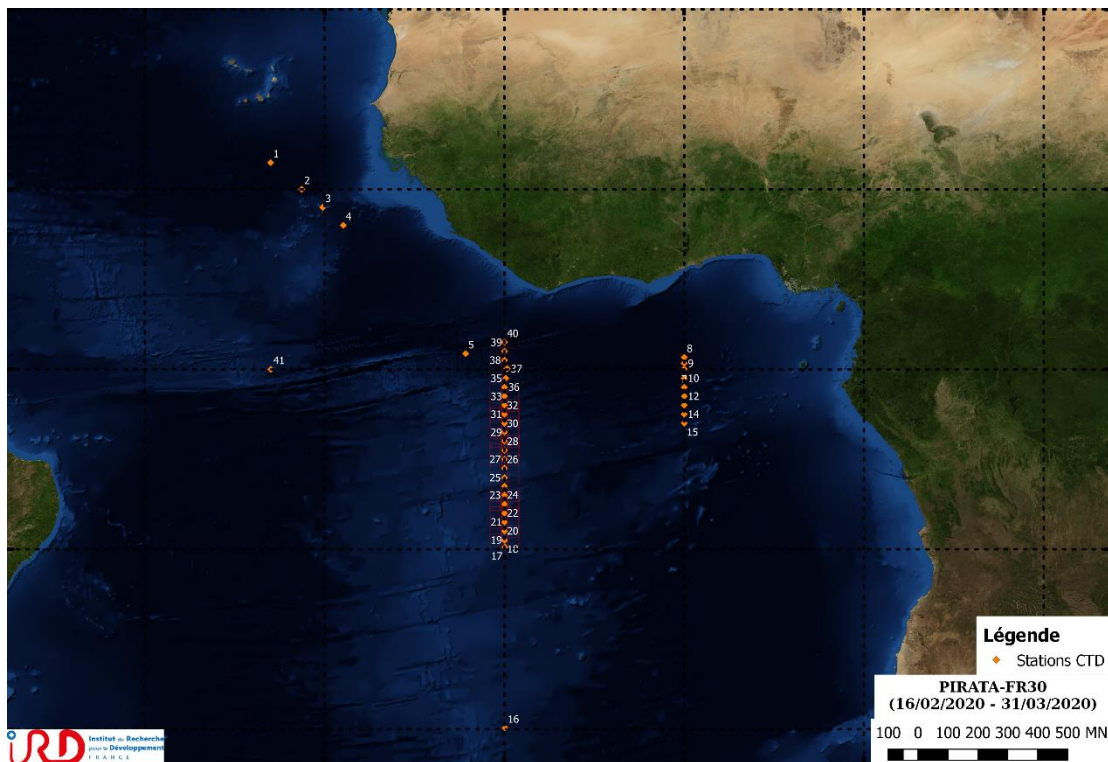
| | |
|---------------------|--|
| FLAG6_MAX_VVEL : | Vitesse verticale maximale autorisée lors du nettoyage de données |
| FLAG6_INTERF : | Maximum d'interférence autorisé lors du nettoyage de données |
| FLAG6_MIN_CORR : | Minimum de corrélation autorisé lors du nettoyage de données |
| BATHY : | Profondeur 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 |

6. Annexe 2 – Date, positions et carte des stations effectuées pendant PIRATA-FR30

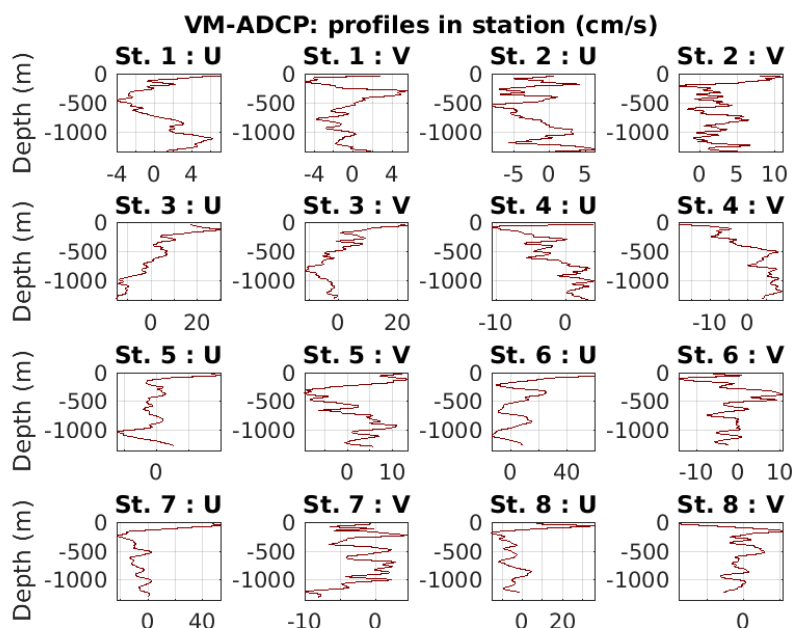
| Station | Date Heure | Latitude | Longitude | Pres. max. [dbar] | Fond |
|---------|---------------------|------------|-------------|----------------------|------|
| 1 | 18/02/2020 19:04:19 | 11°28.85 N | 023°00.59 W | 4063 | 5083 |
| 2 | 19/02/2020 11:47:28 | 09°59.99 N | 021°16.94 W | 1002 | 5101 |
| 3 | 19/02/2020 21:45:54 | 09°00.06 N | 020°06.92 W | 1008 | 3533 |
| 4 | 20/02/2020 07:21:36 | 07°59.92 N | 018°57.90 W | 1008 | 4434 |
| 5 | 22/02/2020 18:14:51 | 00°52.27 N | 012°09.57 W | 1664 | 4789 |
| 6 | 23/02/2020 21:29:31 | 00°02.03 N | 009°53.21 W | 506 | 5166 |
| 7 | 26/02/2020 06:13:22 | 00°00.83 N | 000°00.47 W | 2022 | 4908 |
| 8 | 26/02/2020 20:45:44 | 00°39.70 N | 000°00.16 E | 505 | 4911 |
| 9 | 27/02/2020 03:06:01 | 00°19.82 N | 000°00.04 E | 505 | 4907 |
| 10 | 27/02/2020 20:15:53 | 00°29.99 S | 000°00.06 W | 504 | 4879 |
| 11 | 28/02/2020 00:13:33 | 01°00.12 S | 000°00.02 W | 505 | 4811 |
| 12 | 28/02/2020 04:13:37 | 01°30.03 S | 000°00.08 E | 505 | 4715 |
| 13 | 28/02/2020 08:22:30 | 01°59.95 S | 000°00.00 E | 505 | 4707 |
| 14 | 28/02/2020 12:22:06 | 02°29.88 S | 000°00.09 W | 506 | 4557 |
| 15 | 28/02/2020 17:08:05 | 02°59.87 S | 000°00.14 W | 2022 | 4450 |
| 16 | 05/03/2020 05:35:16 | 19°55.92 S | 009°57.81 W | 3852 | 3879 |
| 17 | 08/03/2020 01:06:00 | 09°53.33 S | 009°58.52 W | 3850 | 3847 |
| 18 | 08/03/2020 07:07:20 | 09°30.37 S | 009°59.89 W | 2022 | 3568 |
| 19 | 08/03/2020 11:49:03 | 08°59.98 S | 010°00.01 W | 2025 | 3273 |
| 20 | 08/03/2020 16:19:01 | 08°29.93 S | 010°00.00 W | 2023 | 3574 |
| 21 | 08/03/2020 20:47:31 | 07°59.98 S | 010°00.12 W | 2021 | 3896 |
| 22 | 09/03/2020 01:26:12 | 07°29.97 S | 010°00.03 W | 2023 | 3454 |
| 23 | 09/03/2020 05:52:45 | 06°59.87 S | 010°00.03 W | 2023 | 3584 |
| 24 | 09/03/2020 10:24:03 | 06°29.87 S | 010°00.04 W | 2020 | 4008 |
| 99 | 09/03/2020 23:11:49 | 06°01.64 S | 010°00.28 W | 202 | 3555 |
| 25 | 10/03/2020 00:30:47 | 06°01.59 S | 010°00.27 W | 2023 | 3555 |
| 26 | 10/03/2020 05:20:41 | 05°30.05 S | 010°00.07 W | 2024 | 3386 |
| 27 | 10/03/2020 10:03:16 | 05°00.04 S | 010°00.25 W | 2023 | 3362 |
| 28 | 10/03/2020 14:43:48 | 04°30.07 S | 010°00.03 W | 2040 | 3685 |
| 29 | 10/03/2020 19:18:47 | 03°59.89 S | 010°00.15 W | 2023 | 3581 |
| 30 | 10/03/2020 23:52:06 | 03°29.90 S | 010°00.22 W | 2023 | 3820 |
| 31 | 11/03/2020 04:24:11 | 02°59.84 S | 010°00.13 W | 2022 | 3880 |
| 32 | 11/03/2020 08:52:52 | 02°29.89 S | 010°00.27 W | 2024 | 4337 |
| 33 | 11/03/2020 13:17:36 | 01°59.95 S | 010°00.03 W | 2023 | 4372 |
| 34 | 11/03/2020 17:44:42 | 01°29.95 S | 010°00.06 W | 2022 | 4770 |
| 35 | 11/03/2020 22:11:32 | 00°59.99 S | 010°00.03 W | 2021 | 4267 |
| 36 | 12/03/2020 02:50:35 | 00°30.01 S | 009°55.73 W | 2023 | 4192 |
| 37 | 12/03/2020 07:54:17 | 00°01.68 N | 009°50.82 W | 5215 | 5169 |
| 38 | 12/03/2020 15:06:39 | 00°29.96 N | 009°59.96 W | 2023 | 4563 |

Laboratoire : US191 **RAPPORT DE CALIBRATION**
 Implantation : Brest Version 01
 Page 53/67

| | | | | | |
|----|---------------------|------------|-------------|------|------|
| 39 | 12/03/2020 19:44:44 | 00°59.99 N | 010°00.00 W | 2022 | 4635 |
| 40 | 13/03/2020 00:26:07 | 01°29.94 N | 010°00.00 W | 2023 | 5202 |
| 41 | 16/03/2020 03:05:11 | 00°00.01 S | 022°59.91 W | 3961 | 3955 |

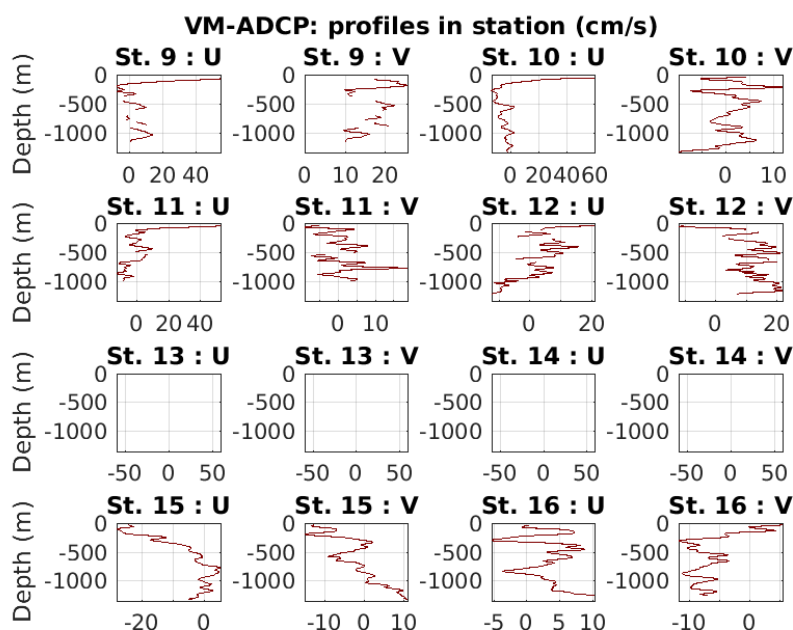


7. Annexe 3 – Profils de vitesses absolues du courant moyen pour chaque point de station



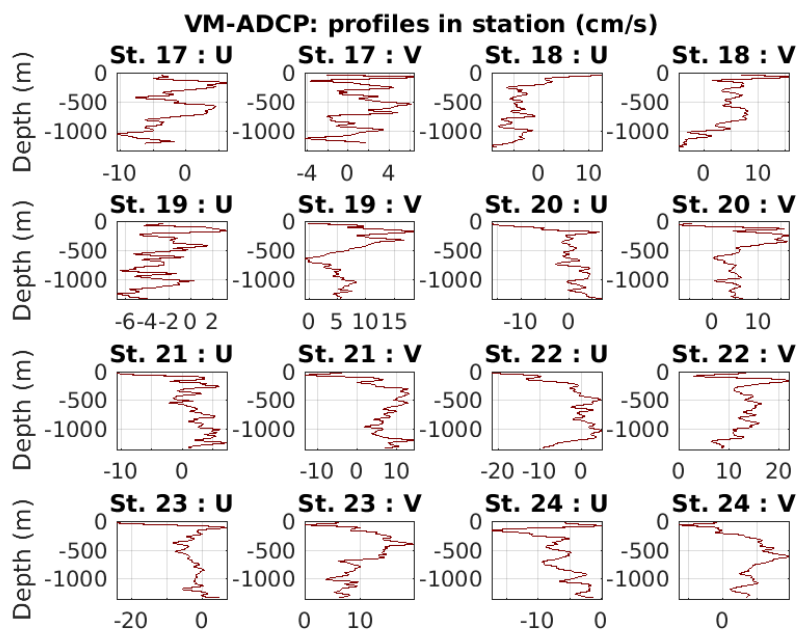
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020

FR30-OS38_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1

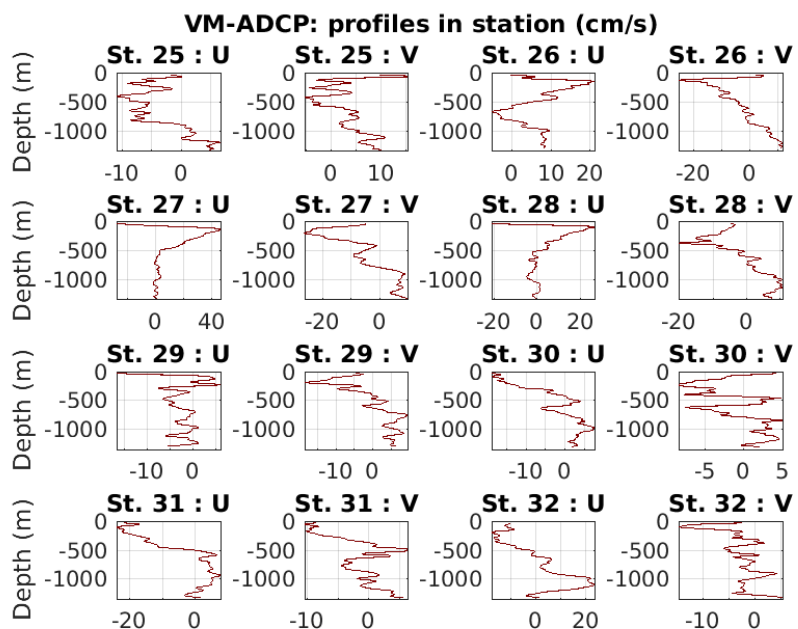


Cascade exploitation V7.2-01/07/2020

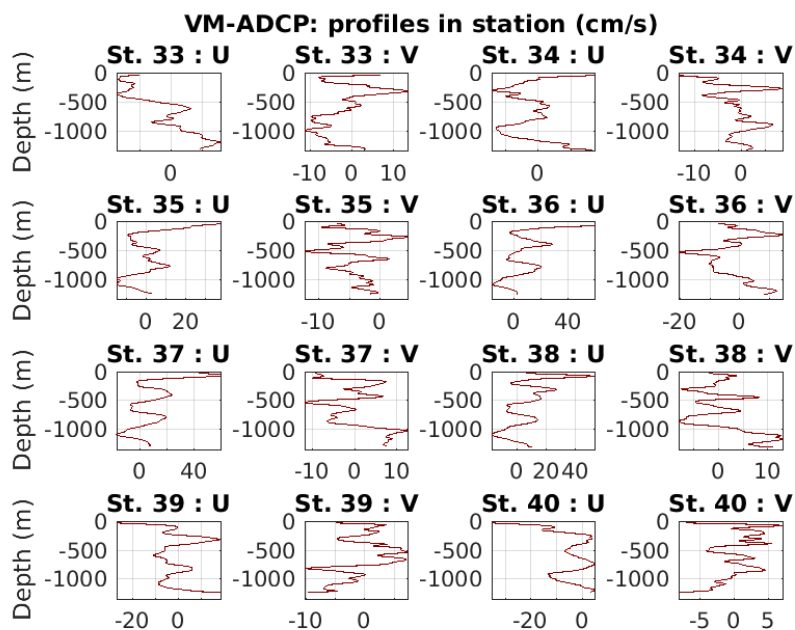
FR30-OS38_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



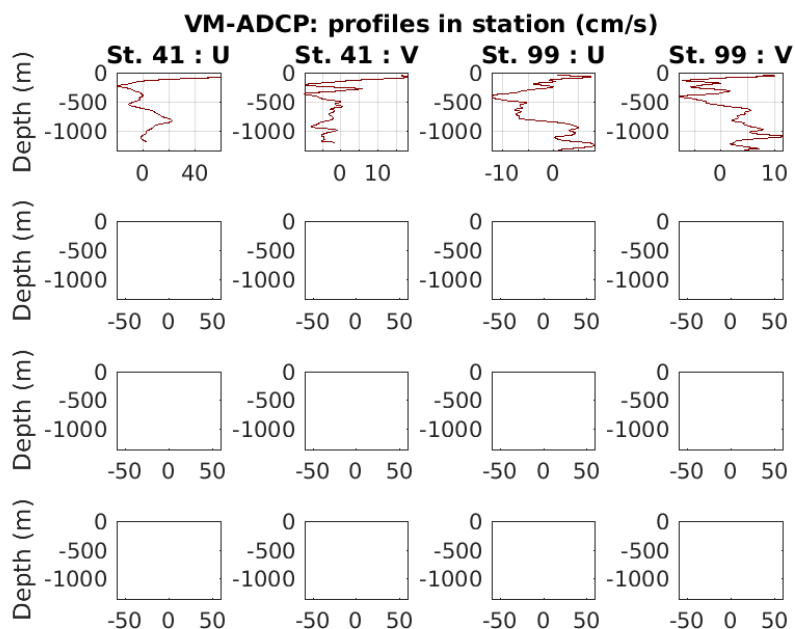
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS38_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



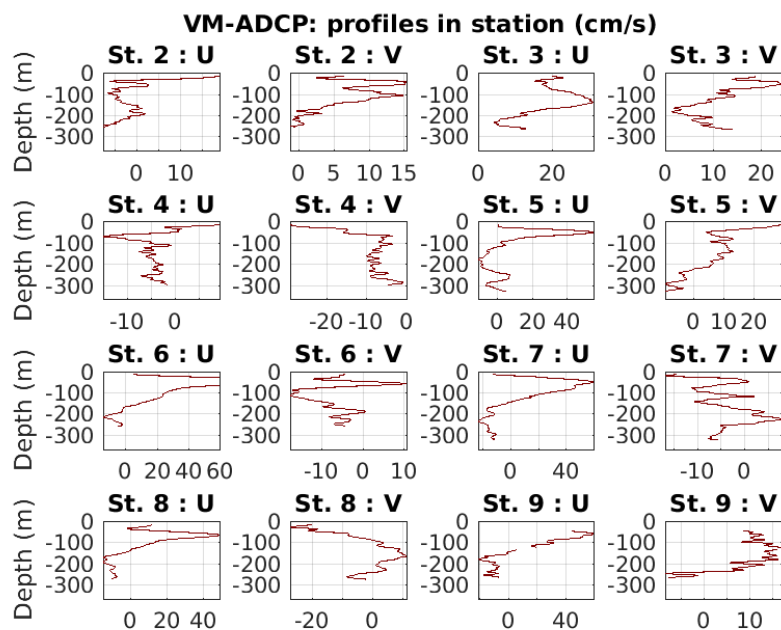
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS38_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



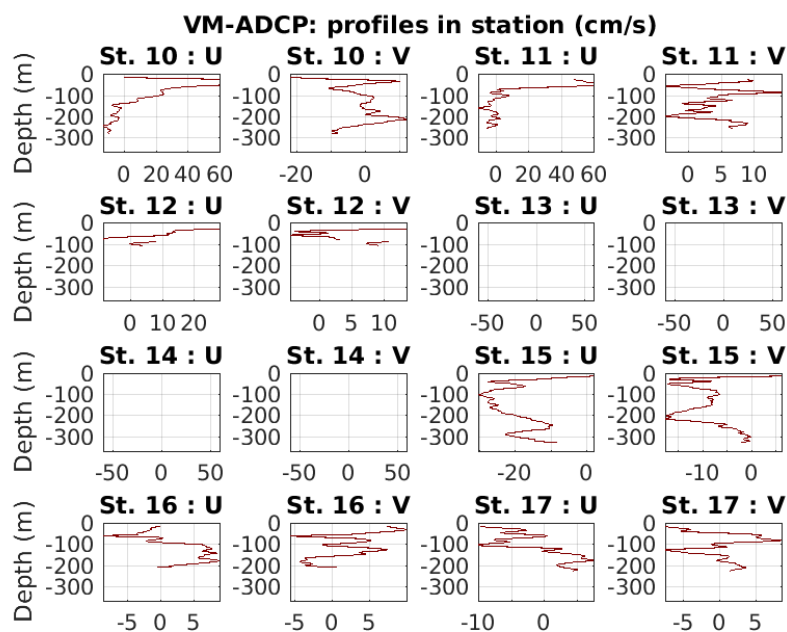
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS38_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



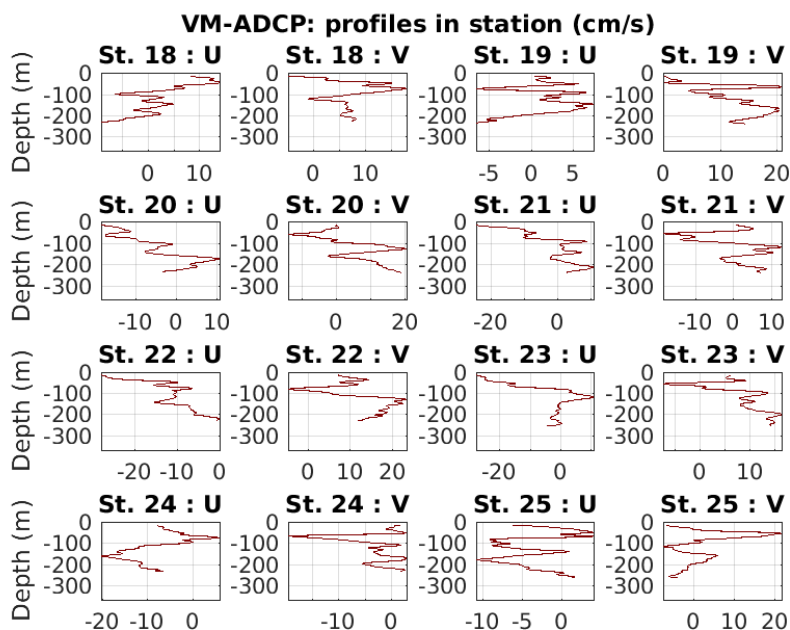
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS38_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



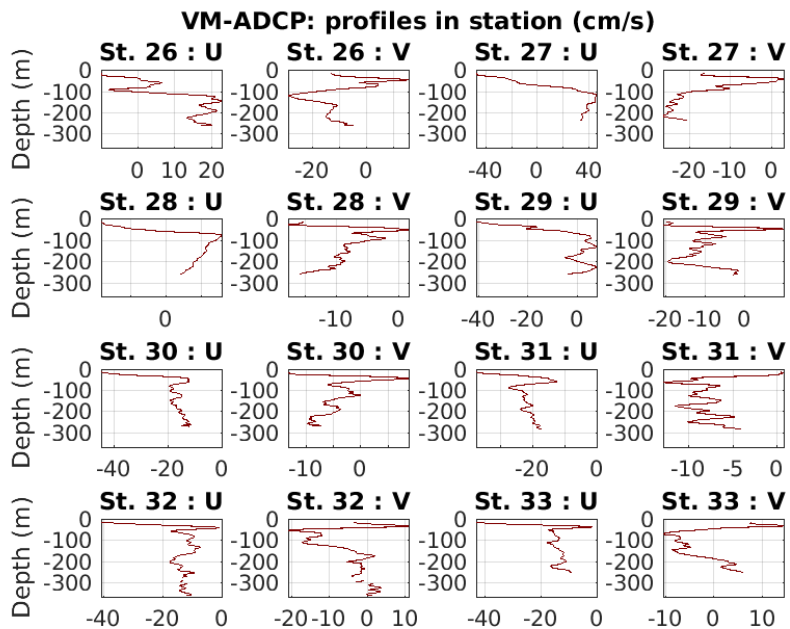
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS150_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



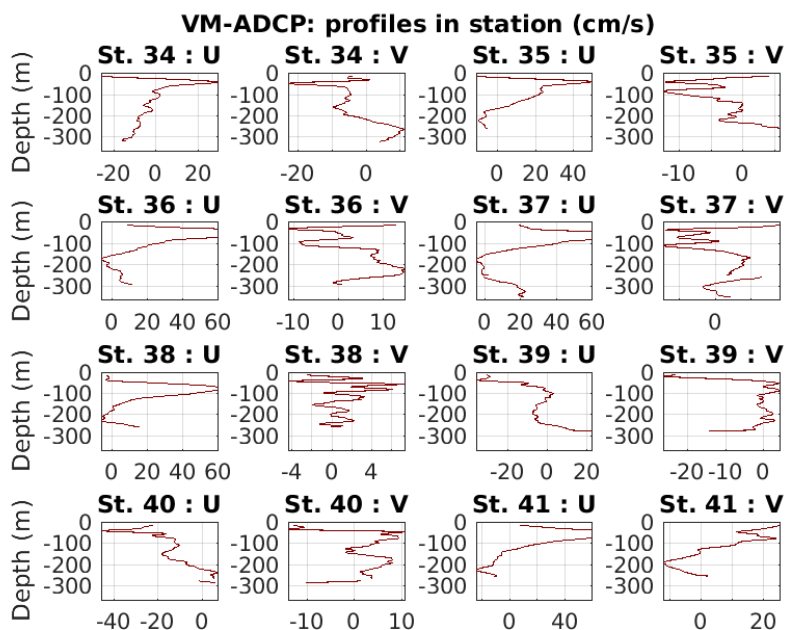
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS150_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



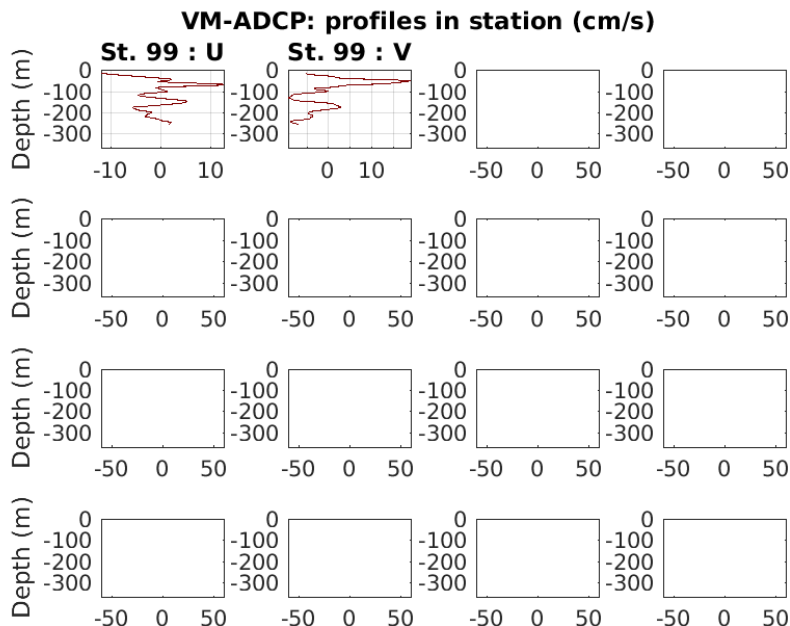
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS150_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



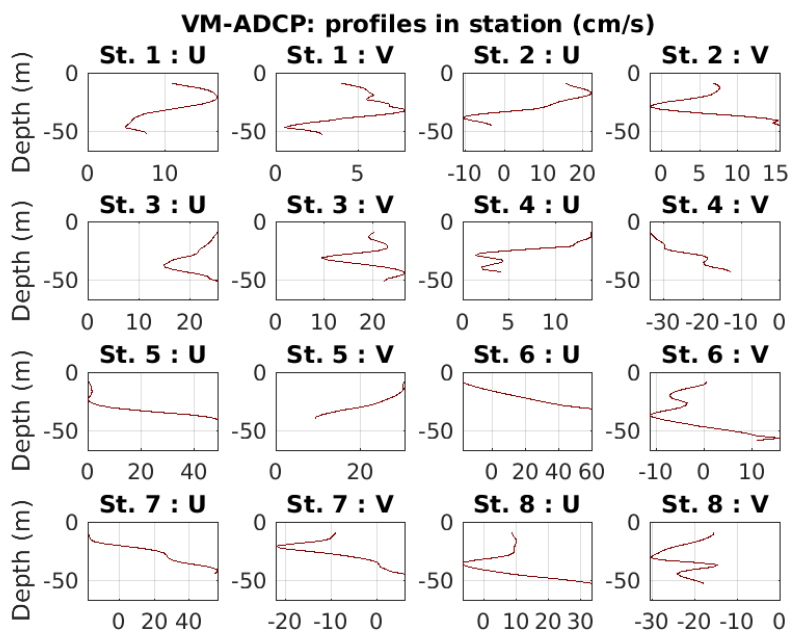
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS150_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



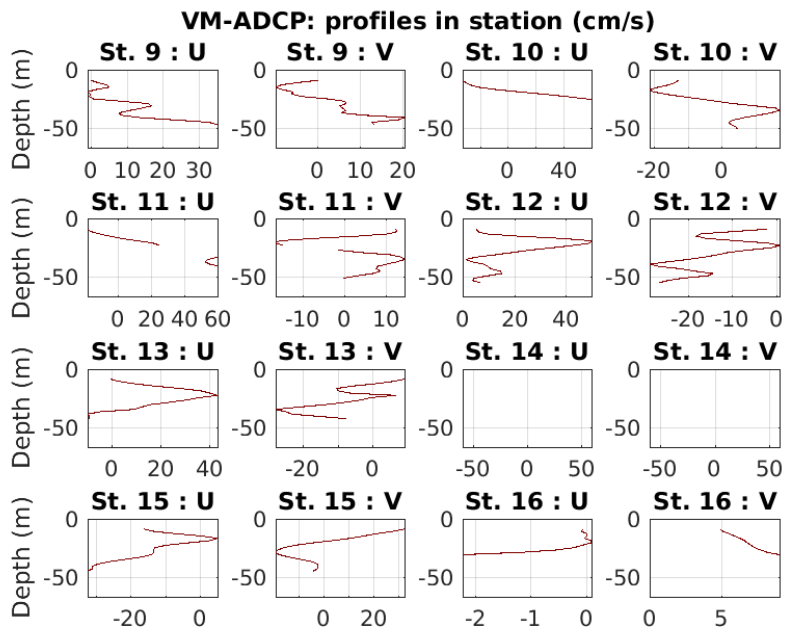
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS150_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



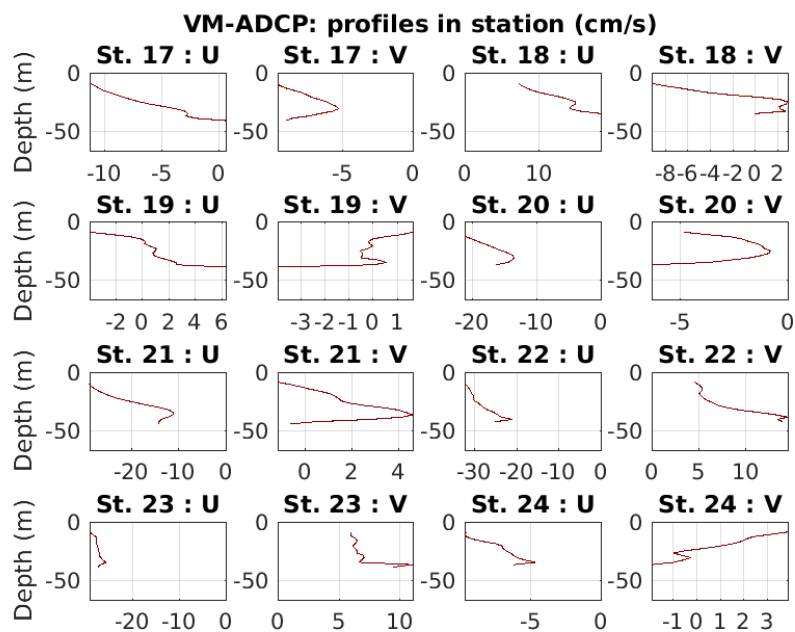
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-OS150_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



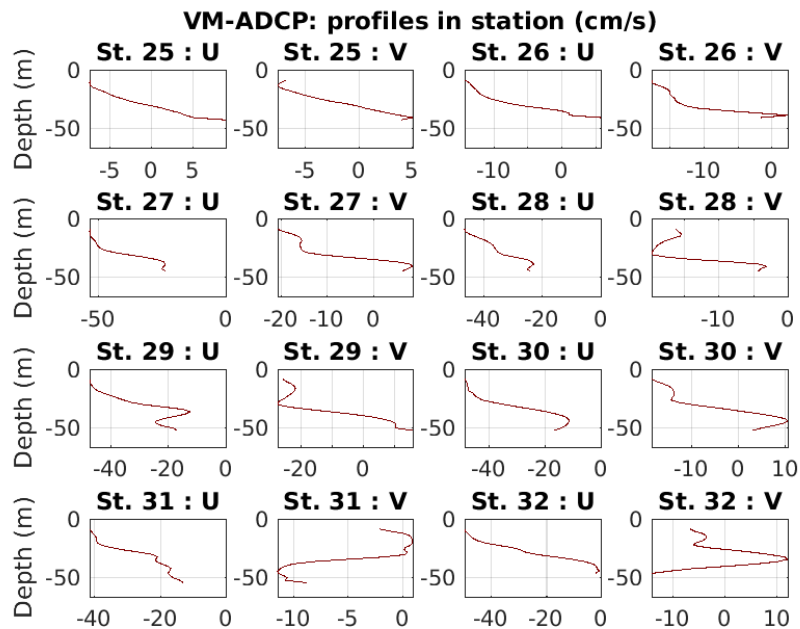
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-DVL600_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



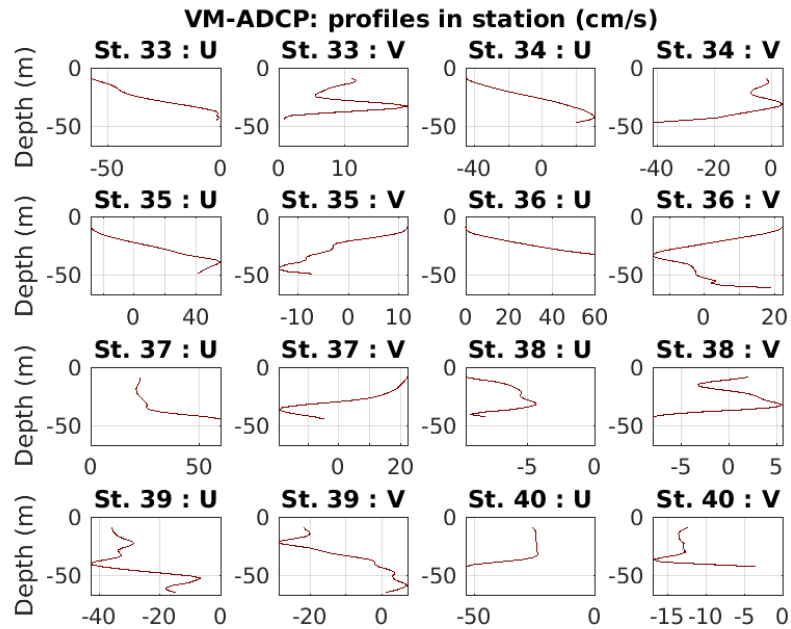
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-DVL600_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



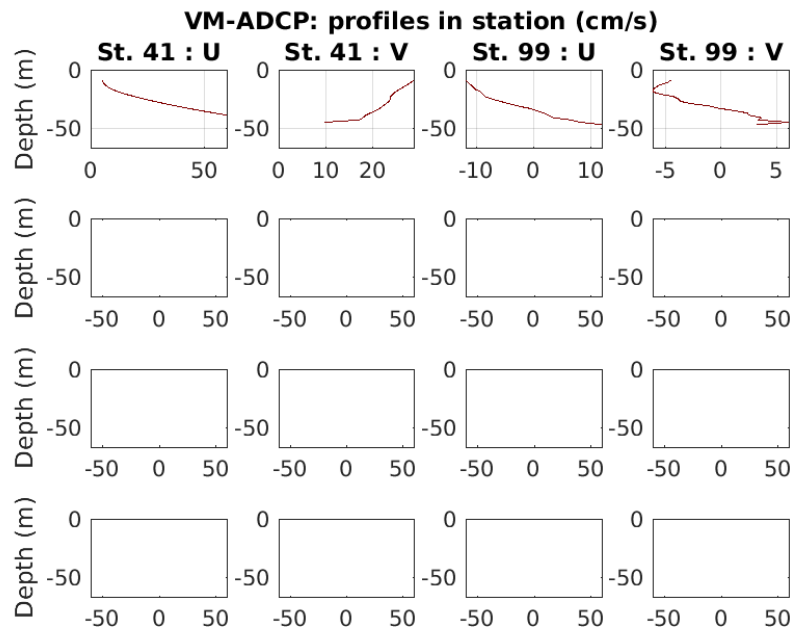
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-DVL600_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1



Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-DVL600_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1

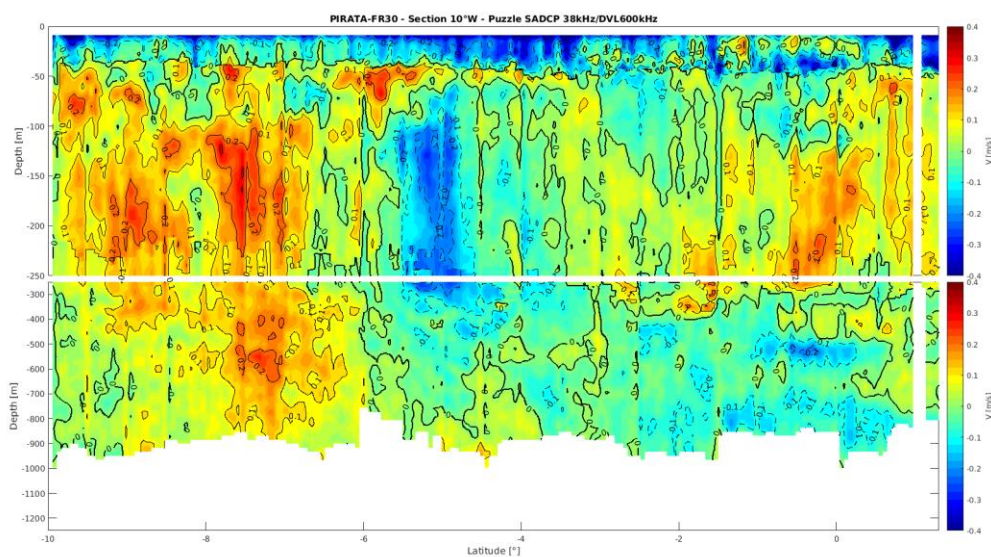
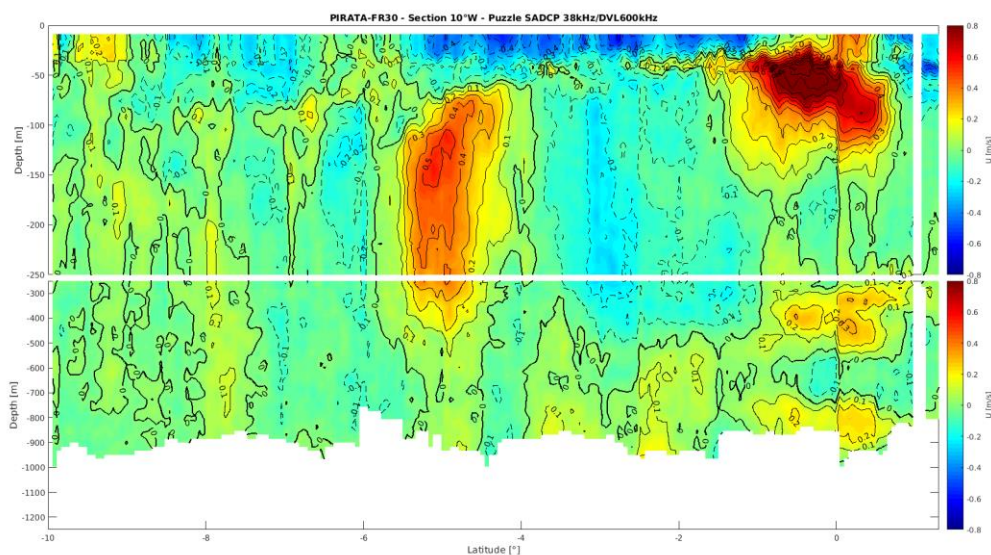


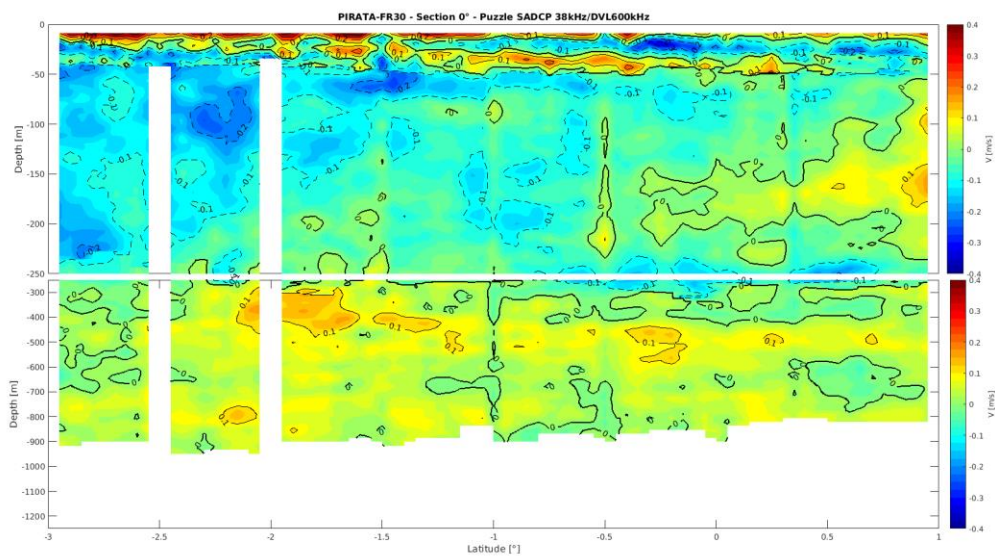
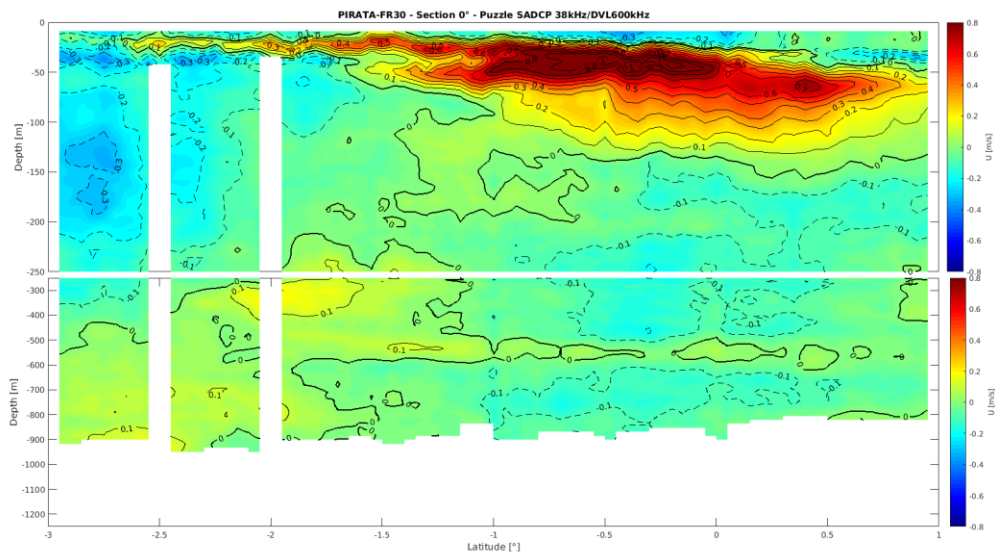
Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-DVL600_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1

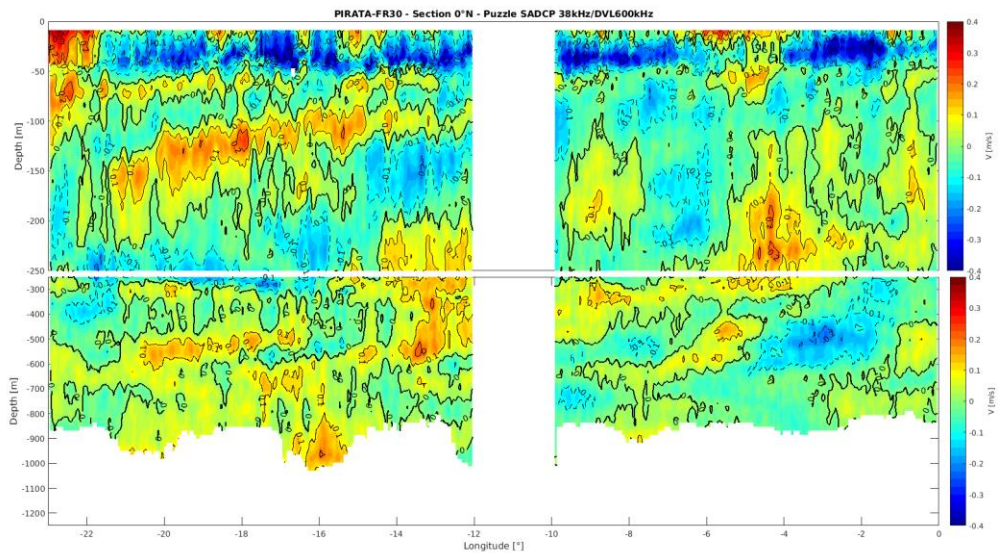
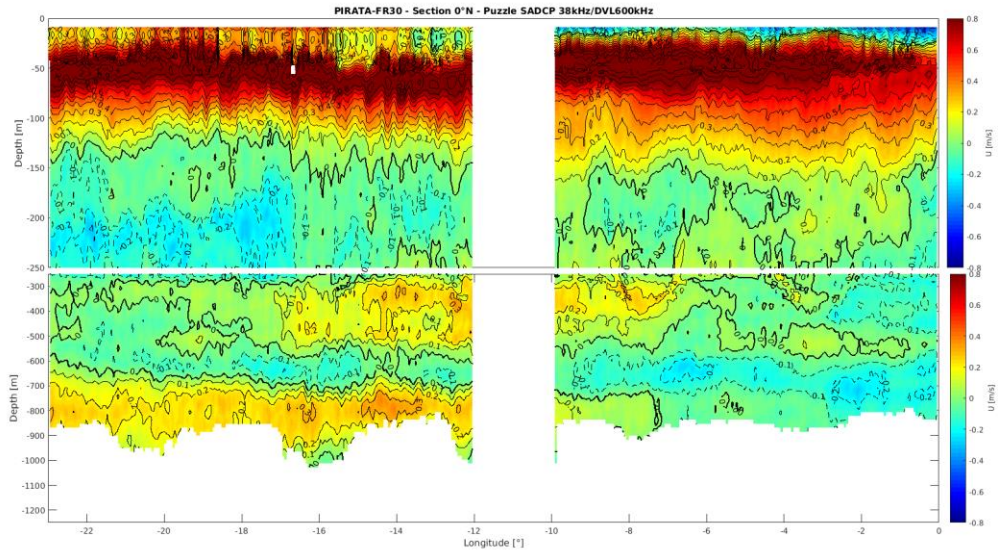


Cascade exploitation V7.2-01/07/2020 FR30-DVL600_osite_mat20_fhv1_corr_final_sta_99999m1

8. Annexe 4 – Sections principales effectuées pendant PIRATA-FR30







Laboratoire : US191 RAPPORT DE CALIBRATION
 Implantation : Brest Version 01
 Page 66/67

9. 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 |
|------------|---------|-------------------------------|
| 31/06/2020 | 01 | Création |
| | | |
| | | |

| Relecteur | Date |
|-----------|------|
| | |