

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire :	US191	PROTOCOLE
Implantation :	Brest	Version 1
		Page 1/10

Sommaire

1. Principe.....	2
2. Traitement.....	2
3. Format des fichiers NetCDF.....	5
4. Références.....	9
5. Suivi des versions de ce document.....	10

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire :	US191	PROTOCOLE
Implantation :	Brest	Version 1
		Page 2/10

1. Principe

Au cours des campagnes PIRATA, des données S-ADCP (ADCP fixé sous la coque des navires) sont acquises de manière quasi continue à bord des navires. 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 (couches d'eau d'épaisseur fixe) 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. Grâce à la connaissance de l'orientation du navire par rapport à un repère terrestre (position et attitude du navire) et la connaissance de la vitesse du navire, un courant absolu peut être calculé. La précision, la portée et la résolution de la mesure sont dépendantes de la configuration choisie pendant la campagne. La mesure par 'Bottom Track', permettant une mesure de vitesse relative par rapport au fond, est recommandée. Ce mode de mesure permet des mesures très fiables utilisées par la suite pour la calibration.

2. Traitement

Le traitement des campagnes est réalisé à partir des fichiers '.STA' (Short Time Average) et '.LTA' (Long Time Average) générés par le logiciel VmDAS (*Teledyne RD Instruments*, 2017). 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. Il est recommandé 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. Toutefois seuls les fichiers ayant la même configuration peuvent être concaténés.

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire :	US191	PROTOCOLE
Implantation :	Brest	Version 1
		Page 3/10

Le traitement est ensuite effectué avec le logiciel CASCADE v7.2, logiciel Matlab développé par le LOPS (Kermabon et al., 2018). 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 troisième partie de ce document. 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 (indexées vers le bas) 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 du 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 code de qualité aux données de vitesse absolue du courant en fonction de certains critères. Le code qualité utilisé est présenté dans le tableau 1.
- 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 perpendiculaires 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 parallèles 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

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire : US191 PROTOCOLE
Implantation : Brest Version 1
Page 4/10

vitesse 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 ($>1\text{cm/s}$). 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 $<|U_s|>$.
- Ajout de la marée (à partir du modèle TPX08 [Egbert et Erofeeva, 2002]), 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 codes 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 mesures successives, 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 codées à 2.

La fidélité des données est contrôlée en comparant les profils de courant moyen obtenus à des positions proches, ou au niveau des sections où le navire est repassé sur sa trajectoire. Enfin les données sont comparées avec les données acquises au cours des précédentes campagnes PIRATA au niveau des mêmes sections et stations de manière à valider la justesse de celle-ci.

Les traitements détaillés sont présentés dans les rapports de calibration des données S-ADCP pour chaque campagne.

Tableau 1 : 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 :

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire : US191 PROTOCOLE
 Implantation : Brest Version 1
 Page 5/10

	<ul style="list-style-type: none"> - 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 : <ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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 $Nb/2$ (fixé par l'utilisateur) fois l'écart médian sur ces mêmes valeurs $[abs(vitesse(i)-Med) > Nb/2 * (median(abs((vitesse(i-Nb:i+Nb)-Med)))]$ - 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 [$V_{difflim}$], 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 codées 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 codées à 1 sous le 1^{er} point douteux ou mauvais sont flaguées à 2).
1	Données supposées valides
9	Données invalidées manuellement

L'ensemble des codes pour effectuer le traitement se trouve sous:

<https://bitbucket.org/us191/sadcp/src/master/>

Il est possible de récupérer l'ensemble de ces codes en effectuant un *clone* ou un *fork* du répertoire de la branche *master*.

3. Format des fichiers NetCDF

TX_FREQUENCY : Fréquence de l'ADCP
 SCALE_FACTOR : Facteur d'échelle, permet la conversion des données de coordonnées BEAM en coordonnées terrestres

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire :	US191	PROTOCOLE
Implantation :	Brest	Version 1
		Page 6/10

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 : Code 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

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire :	US191	PROTOCOLE
Implantation :	Brest	Version 1
		Page 7/10

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

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire :	US191	PROTOCOLE
Implantation :	Brest	Version 1
		Page 8/10

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 : Code de qualité associé aux vitesses absolues du courant

FILT_TYPE : Indique le filtrage des données (horizontal, vertical ou les 2)

VError : Précision des vitesses horizontales absolues du courant (std/sqrt(nb_données))

VRMS_ADCP : Ecart-type des vitesses absolues du 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 du 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 du courant maximum autorisé lors du nettoyage de données

FLAG8_BOTTOM : Critère de détection des données sous le fond utilisé lors du nettoyage de données

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire :	US191	PROTOCOLE
Implantation :	Brest	Version 1
		Page 9/10

FLAG2_SCF_VSHEAR :	Facteur d'échelle du cisaillement vertical
FLAG2_MAX_DEV :	Déviation 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 zonales absolues du courant corrigées de la vitesse de la marée
VVEL_ADCP_CORTIDE :	Vitesses méridiennes absolues du courant corrigées de la vitesse de la marée
TU_TIDE :	Transport zonal associé à la marée
TV_TIDE :	Transport méridien associé à la marée

4. Références

- Egbert G. D. et Erofeeva S. Y. (2002). *Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides*. J. Atmos. Ocean. Tech., 19, 183-204.
-
- 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.
-
- Teledyne RD Instruments (2017). *VMDAS Software User's Guide*.

Protocole de traitement des mesures S-ADCP

Laboratoire : US191 PROTOCOLE
Implantation : Brest Version 1
Page 10/10

5. Suivi des versions de ce document

Rédacteur		Approbateur	
	P. Rousselot	Nom :	
Fonction :	Ingénieur traitement et acquisition de données	Fonction :	

Date	Version	Commentaires et modifications
04/07/2019	1	Création
07/11/2019	1	Mise au format US IMAGO

Relecteur	Date