

ADCP DE COQUE

CAMPAGNES OISO12 A OISO18

Décembre 2004 à Janvier 2009



Rapport Interne LOCEAN



*Laboratoire D'Océanographie et du Climat :
Expérimentation et Approche Numérique*

UNITE MIXTE DE RECHERCHE 7159
CNRS / IRD / UNIVERSITE PIERRE & MARIE CURIE
INSTITUT PIERRE-SIMON LAPLACE



SOMMAIRE

Chapitre 1	Introduction	1
Chapitre 2	Chargement des fichiers bruts	3
Chapitre 3	Obtention et vérification de la navigation	9
Chapitre 4	Edition des données ADCP	13
Chapitre 5	Calibration des données	17
	Section 1 : Erreur sur la vitesse de référence	17
	Section 2 : Erreur sur le gyrocompas	18
	Section 3 : Alignement du transducteur	21
	Section 4 : Résultats de la calibration	25
	Section 5 : Mise en forme définitive de la base de données	27
	Section 6 : Evaluation de l'erreur	27
	Section 7 : References	28
	Section 8 : Remerciements	28
Chapitre 6	Présentation rapide des données	29
ANNEXE I	Exemple de fichier brut de navigation	59
ANNEXE II	Procédure de calibration du gyro-compas (E. Firing)	60
ANNEXE III	Formats des différents fichiers ASCII	64

Chapitre 1

Introduction

Ce rapport technique décrit le dépouillement des données des dernières séries de données des campagnes OISO acquises au moyen de l'ADCP de coque NB150 du Marion Dufresne, (Profileur acoustique à effet Doppler, RDI, 150 kHz, Narrow Band), qui a remplacé l'appareil malheureusement détruit (NB75) lors d'un échouage du Marion Dufresne à Crozet, en octobre 2004.

La configuration choisie est une longueur d'ensemble de 2 minutes ou 2 minutes 30 secondes. La longueur de bin est de 8m (configuration nominale pour la fréquence de 150 KHz). La navigation a été acquise séparément au moyen de la constellation GPS du bord dans la plupart des campagnes, dans les autres cas on a extrait la navigation enregistrée dans les ensembles ADCP, entachée malheureusement de ce fait des mêmes erreurs d'horloge que les ensembles ADCP. Le transducteur est situé 38,6 m à l'avant et 6,3 m à tribord de l'antenne GPS. L'antenne est 30,6 m au-dessus du transducteur. L'immersion réelle du transducteur est de 5,90 m (cette information nous est parvenue après la fin des traitements de données, nous avons adopté par défaut une immersion de 7 m, qui sera conservée). Dans les fichiers de configuration, la profondeur du transducteur est fixée à 23m, ce qui a conduit à des corrections ultérieures de 16m..

Un programme de la routine CODAS permet d'évaluer l'influence de la distance du transducteur à l'antenne GPS (corags) et de corriger les points GPS en fonction de cette distance.

Le traitement se déroule en 5 phases :

Chargement des fichiers bruts . Cette phase comporte aussi une première élimination des données non enregistrables (erreurs de chronologie, mauvaises durées d'ensembles, etc...).

Obtention et Vérification de la navigation . Il est préférable d'avoir une acquisition des données de navigation indépendante de l'acquisition ADCP.

Edition des données ADCP . Cette phase, très importante, permet d'éliminer toutes les mesures mauvaises ou douteuses et de repérer le fond si nécessaire.

Calibration des données . En deux temps, au moyen des données de navigation : correction des données de cap du gyrocompas puis des défauts d'alignement du transducteur.

Mise en forme définitive . Introduction des données de navigation dans la base ADCP. Contrôle de la qualité des données. Construction de différentes grilles, spatiales et/ou temporelles, permettant de tracer les graphiques de présentation et de créer des fichiers ascii pour la communication.

Chapitre 2

Chargement des fichiers bruts

Les fichiers bruts sont stockés sur CD-ROM, chaque fichier de longueur à peu près constante se dénomme généralement pingdata.nnn. La commande *scanping* du logiciel CODAS3 permet de scruter les premières anomalies de ces fichiers bruts, (par exemple longueur de la durée d'ensemble différente de la durée choisie de 2 minutes 30 secondes), et surtout les erreurs d'acquisition d'horloge. Cette commande permet également de préparer le fichier d'entrée de la commande de chargement du logiciel CODAS, *loadping*.

La profondeur du transducteur est systématiquement mise à 23m, ce qui nécessitera une correction ultérieure de 16m, au moyen de la commande *deptheng* du logiciel CODAS, qui permet également de recalculer la profondeur du transducteur à 7m.

OISO12 et OP2004-4 : Le DVD a été envoyé en mars 2006 avec un ensemble de données, du 3 décembre 2004 au 21 février 2005. Il y a en fait deux campagnes, un premier trajet correspondant à une rotation TAAF, du 3 décembre 2004 à 15.42.48 au 3 janvier 2005 à 23.08.31, qui sera nommée OP2004-4. Il n'y a pas d'arrêt d'enregistrement entre les deux campagnes, la coupure se situe au milieu du fichier Pingdata.193, bloc1. La campagne OISO12 proprement dite commence le 10 janvier 2005 à 12.04.29, les données précédentes ne seront pas prises en compte, la longueur d'ensemble étant de 30 secondes au lieu de 2mn 30. Toutes les parties avec "bottom-tracking" ont été acquises avec cette cadence de 30 secondes, et ne seront pas traitées. Au cours de la calibration par "water-tracking", il sera nécessaire de réajuster l'horloge, le décalage n'est pas constant dans le temps, il a fallu construire une fonction de variation du décalage d'horloge en fonction du temps, et appliquer cette fonction aux dates des fichiers extraits de la base ADCP... On dispose de la navigation externe GPS pour OISO12, mais non pour OP2004-4.

OISO 13 : Les données étaient réparties sur 2 CD, il a été nécessaire de charger les deux séries de Pingdata. Les données de navigation externe n'étaient pas jointes, un premier traitement a été fait avec les données de navigation interne, mais abandonné après de multiples tentatives, il était impossible de faire une calibration correcte. Alors que les données ADCP ont été obtenues en juillet 2006, il a fallu attendre avril 2007 pour obtenir les données de navigation GPS externe, et enfin tenter une calibration correcte. Il est alors apparu une fois encore un décalage entre l'horloge ADCP et l'horloge GPS... Le recalage a pu se faire en faisant coïncider les positions tirées de la navigation interne et celles venant des points GPS. Le décalage global au début de la campagne est de 86022 secondes, soit presque une journée, mais il n'est pas constant dans le temps, on a donc appliqué la même méthode que pour OISO12. De plus, à partir de cette campagne, le capteur de température interne de l'ADCP est bloqué à 44°, soit environ l'offset du capteur. La vitesse du son calculée est donc fautive (1538 m/s), et entraîne une erreur sur l'amplitude, normalement corrigée par la calibration. Un module du logiciel CODAS, *fix-temp*, permet de corriger la température, à partir des mesures du thermosalinographe, et la vitesse du son. Nous le verrons plus en détail dans le paragraphe "Edition des données ADCP".

OISO 14 : Les données étaient également réparties sur 2 CD, reçus en juillet 2006. Deux ensembles de fichiers Pingdata se recouvraient : l'un du 4 au 23 janvier 2006, l'autre du 4 au 12 janvier. Il n'y a pas eu de bottom-tracking. Les fichiers navigation GPS ont été communiqués en même temps. La température du capteur interne est toujours aberrante, la vitesse du son bloquée à 1538 m/s. Il a fallu encore faire des corrections d'horloge, selon le même principe.

OISO15 et 15A : Pour la première fois, il y a eu également acquisition de données avec l'OS75 nouvellement installé pour remplacer le NB75 détruit en octobre 2004. En ce qui concerne les données du NB150, lues sur un DVD au contenu indistinct, dont la plus grande partie est occupée par une sorte de logiciel de cartographie, seule la partie Réunion-Kerguelen sera exploitable. A partir de Kerguelen (et du passage en mode "bottom-tracking"), il y a un problème de configuration, les données deviennent complètement aberrantes. Les fichiers de configuration n'étant pas transmis, il n'a pas été possible de faire les vérifications nécessaires. Les parties avec bottom-tracking sont acquises avec une cadence de 2mn, au lieu de 2mn 30 pour les autres ensembles, et une longueur de bin de 4m, au lieu de 8m. De ce fait, elles n'ont pas été traitées. Nous n'avons aucun point de calibration, il n'est donc pas possible de corriger l'horloge, un doute subsiste sur la validité de ces données. La température du capteur interne est toujours aberrante à 44° C, la vitesse du son bloquée à 1538 m/s. Les fichiers navigation GPS ont été communiqués en même temps. Des données supplémentaires de mars-avril 2007 ont été obtenues, nommées OP2007-1, mais sans navigation externe GPS.

OISO16 : On ne dispose que des fichiers navigation GPS, les fichiers pingdata du NB150 ont été perdus. Il n'y a pas eu d'acquisition avec l'OS75. Cette campagne est perdue.

OISO17 : Les données Pingdata et de navigation ont été transmises au retour de la campagne. Il n'y a malheureusement pas eu d'acquisition avec l'OS75. L'horloge du NB150 présente le même type de dérive que pendant OISO12, 13 et 14, il faudra encore appliquer une fonction de variation du décalage d'horloge. La température du capteur interne est toujours aberrante à 44° C, la vitesse du son bloquée à 1538 m/s. On corrigera encore la température et la vitesse du son au moyen du module *fix - temp* de CODAS.

OISO18 : Les données Pingdata et de navigation ont été transmises au retour de la campagne, ainsi que les données de l'OS75. L'acquisition a été surveillée à bord par Elodie Kestenare, de l'équipe TRACK2, qui a remis à l'heure une fois par jour le PC d'acquisition du NB150. Grâce à ses interventions, il n'a pas été nécessaire cette fois-ci d'appliquer une fonction de variation du décalage d'horloge. La température du capteur interne est toujours aberrante à 44° C, la vitesse du son bloquée à 1538 m/s. On corrigera encore la température et la vitesse du son au moyen du module *fix - temp* de CODAS. L'examen des données montrera que seuls trois transducteurs fonctionnent, sur les quatre (variables 56 : PERCENT-GOOD et 57 : PERCENT-3-BEAM identiques).

Il y a de toute évidence toujours un problème récurrent dans l'acquisition de la date sur le PC ADCP, déjà constaté lors du traitement de toutes les précédentes campagnes OISO4 à OISO11. Le transducteur ADCP n'est plus le même, mais le vieux PC d'acquisition a sans doute été conservé...

A ce stade, on dispose d'un répertoire nommé généralement *adcpdb* (pour ADCP Data Base), dans lequel les données sont maintenant organisées en blocs, dont la longueur et le contenu sont définis par l'utilisateur au moyen d'un fichier spécial de définition *.def*, localisé dans ce même répertoire.

Plusieurs outils permettent de vérifier le contenu de la base de données, et d'obtenir des informations utiles.

La commande *lst - block* permet d'obtenir le nombre, la longueur (nombre de profils) et les dates des extrémités des blocs. Pour chacune des campagnes, les dates de début et de fin seront les suivantes (après les multiples corrections d'horloge) :

OP2004-4 2004/12/03 15 :43 :15 à 2004/12/29 12 :00 :20

OISO 12 2005/01/10 11 :59 :52 à 2005/02/21 10 :23 :41

OISO 13 2005/09/17 08 :33 :51 à 2005/11/01 01 :23 :23

OISO 14 2006/01/04 17 :57 :07 à 2006/01/22 19 :08 :41

OISO 15 2007/01/03 16 :22 :49 à 2007/01/07 20 :19 :13

OP2007-1 2007/03/27 09 :12 :18 à 2007/04/26 07 :49 :48

OISO 17 2009/01/06 16 :13 :43 à 2009/02/11 13 :10 :21

OISO 18 2009/12/19 19 :41 :58 à 2010/01/23 19 :03 :03

La commande *showdb* permet d'obtenir la structure précise de la base de données. L'exemple ci-dessous donne la liste des variables de la base (OISO 12). La commande permet aussi de connaître le contenu d'une variable.

Les informations classiques sont contenues dans les structures 35 (Configuration-1), 37 et 38 (Ancillary-1 et 2).

num	name	units	v-ty	ac	ac0	ac1
0	DEPTH	m	3	1	8568	100
7	AMP-SOUND-SCAT	none	1	2	0	0
8	U	m/s	3	2	1	1
9	V	m/s	3	2	2	2
32	PROFILE-COMMENTS	none	2	2	3	3
33	BLOCK-COMMENTS	none	2	1	8668	98
34	PROFILE-FLAGS	none	1	2	4	4
35	CONFIGURATION-1	none	11	1	8766	76
36	CONFIGURATION-2	none	11	1	0	0
37	ANCILLARY-1	none	11	2	5	5
38	ANCILLARY-2	none	11	2	6	6
39	ACCESS-VARIABLES	none	11	2	7	7
54	W	m/s	3	2	8	8
55	ERROR-VEL	m/s	3	2	9	9
56	PERCENT-GOOD	none	1	2	10	10
57	PERCENT-3-BEAM	none	1	2	11	11
58	SPECTRAL-WIDTH	none	1	2	12	12
59	U-STD-DEV	m/s	3	2	13	13
60	V-STD-DEV	m/s	3	2	14	14
61	W-STD-DEV	m/s	3	2	15	15
62	EV-STD-DEV	m/s	3	2	16	16
63	AMP-STD-DEV	none	0	2	17	17
64	RAW-DOPPLER	none	3	2	18	18
65	RAW-AMP	none	1	2	19	19
66	RAW-SPECTRAL-WIDTH	none	11	2	20	20
67	BEAM-STATS	none	1	2	21	21
68	NAVIGATION	none	11	2	22	22
69	BOTTOM-TRACK	none	11	2	23	23
75	USER-BUFFER	none	10	2	24	24
76	ADCP-CTD	none	11	2	25	25

TAB. 2.1: Liste des variables de la base adcpdb pour OISO 12

name	value	unit
avg-interval :	150	s
compensation :	1	none
num-bins :	50	none
tr-depth :	23	m
bin-length :	8	m
pls-length :	8	m
blank-length :	4	m
ping-interval :	1e+38	s
bot-track :	0	none
pgs-ensemble :	1	none
ens-threshold :	25	none
ev-threshold :	32767	mm/s
hd-offset :	45	deg
pit-offset :	0	deg
rol-offset :	0	deg
unused1 :	1e+38	none
unused2 :	1e+38	none
unused3 :	1e+38	none
freq-transmit :	65535	Hz
top-ref-bin :	4	none
bot-ref-bin :	8	none
unused4 :	1e+38	none
heading-bias :	0	deg

TAB. 2.2: Contenu de la variable 35 (CONFIGURATION-1) pour OISO 12

name	value	unit
tr-temp :	28.3984	C
snd-spd-used :	1505.16	m/s
best-snd-spd :	1e+38	m/s
mn-heading :	271.198	deg
pgs-sample :	76	none
unassigned1 :	32767	none
unassigned2 :	32767	none
unassigned3 :	32767	none
unassigned4 :	32767	none
unassigned5 :	32767	none

TAB. 2.3: Contenu de la variable 37 (ANCILLARY-1) pour OISO 12

name	value	unit
watrk-hd-misalign :	0	deg
watrk-scale-factor :	1	none
botrk-hd-misalign :	0	deg
botrk-scale-factor :	1	none
pit-misalign :	0	deg
rol-misalign :	0	deg
unused1 :	1e+38	none
last-temp :	28.3984	C
last-heading :	270.786	deg
last-pitch :	-0.939331	deg
last-roll :	1.09863	deg
mn-pitch :	-0.967231	deg
mn-roll :	1.08794	deg
std-temp :	0	C
std-heading :	0.457936	deg
std-pitch :	0.165616	deg
std-roll :	0.1468	deg
ocean-depth :	32767	m
max-amp-bin :	32767	none
last-good-bin :	50	none
unused2 :	32767	none
unused3 :	32767	none
unused4 :	32767	none

TAB. 2.4: Contenu de la variable 38 (ANCILLARY-2) pour OISO 12

Chapitre 3

Obtention et vérification de la navigation

Selon un document transmis par B. Ollivier (IPEV), du côté de l'instrumentation scientifique géré par l'Ipev, le navire est équipé de :

GPS1 Récepteur Sercel NR103T (1995) en état de marche. Il fournit le message suivant :

@GPS1,1,(heure,date, lat,lon,cog,sog,qualité) à une cadence de 1 Hz. Plusieurs fois par jour, il envoie aussi des messages d'état. En mode différentiel : Il reçoit les corrections RTCM lorsqu'elles sont disponibles. Il possède plusieurs entrées servant à dater et localiser des "événements extérieurs". Utilisé surtout en sismique. Il serait possible de procéder de même avec les ADCP NB ou BB.

GPS2 Récepteur Sercel NR230 (1995) en état de marche mais les données en sortie contiennent parfois des anomalies au niveau de la date, avant le changement de jour (TUC). C'est un triple récepteur associé à un calculateur d'attitude (roulis, tangage et cap). Il fournit les messages suivants :

@GPS2,3,(heure,date, lat,lon,cog,sog,qualité) à une cadence de 1 Hz.

&GPS2,6, (heure, cap,roulis, tangage, qualité) à une cadence de 0.6 Hz.

Plusieurs fois par jour, il envoie des messages d'état, de géométrie de la constellation GPS et de statistiques.

En mode différentiel :

Le récepteur n°1 (maitre) accepte des corrections RTCM mais il est maintenu en mode naturel.

Le récepteur n°2 (esclave, mode naturel) fournit le message suivant aux profileurs RDI ADCP-VM 150 kHz et 75 kHz :

*A,(date,heure,lat,lon,sog,cog) à une cadence de 0.125 Hz (1 msg / 8 secondes, cadence adaptée au 75 kHz avec des ensembles de 300 secondes)

Le récepteur n°3 (esclave, mode naturel) fournit les messages NMEA183 \$GPGGA et \$GPVTG au gyrocompas Sperry MK37VT pour la compensation de vitesse et latitude. Il peut dater des événements extérieurs.

Gyrocompas C'est un gyrocompas SPERRY MK37VT numérique (1995) en état de marche. Il est placé au pont C et se trouve donc moins soumis aux accélérations latérales que celui de la passerelle, de marque différente (Anschutz) Il délivre un message de cap compensé automatiquement NMEA \$HEHDT à une cadence de 20 Hz. Il reçoit l'attitude et la vitesse fond (SOG) du navire à partir du récepteur n°2 du Sercel d'attitude NR230. Il fournit aussi le cap au format triphasé 400 hz / 26V (SelSyn ou synchroémetteur) vers les ADCP équipés de convertisseur idoïne. A partir de 1999, l'information d'attitude et de vitesse a toujours été présente en entrée du système de compensation.

Gestion de la date et l'heure Les PC fonctionnant sous DOS exclusivement et exécutant le programme DAS sont équipés d'une carte de décodage de signaux IRIG-B issus d'une horloge de référence (GPS, TCXO ou Rubidium). Ces derniers temps, l'année enregistrée par le DAS est erronée et de juillet 2004 à novembre 2004 la date elle-même est également erronée. Une correction des pingdata est prévue(!)

Le document ci-dessus reproduit donne une vision théorique optimiste des systèmes d'acquisition de la navigation. En fait, les données de cap "vrai" GPS ont été acquises à partir de OISO9, et ne seront finalement pas utilisées dans la calibration, on a choisi de corriger profil par profil le cap gyro, soit avec la procédure "Proc-gyro" de E. Firing, soit en déterminant la variation du gyro en fonction de la latitude, si on dispose d'un grand nombre de points de calibration bien répartis.

D'autre part les problèmes d'horloge n'ont toujours pas été corrigés, et cela nécessite un traitement spécial, assez complexe et coûteux en temps.

Un exemple de fichier de navigation brut est donné en Annexe I.

Une commande du logiciel CODAS permet d'obtenir un fichier des caps gyro suivis pendant les ensembles ADCP (suffixe .hdg). Ce fichier servira par la suite de référence pour obtenir les dates des ensembles, converties en unités spécifiques au logiciel CODAS (jours décimaux plus nombre de secondes dans le jour)...

On extrait à partir des données du concentrateur du Marion Dufresne, au moyen d'un programme fortran, un fichier brut total de navigation, dont la cadence est de une donnée par seconde ainsi qu'un fichier dont la date est la plus proche des temps des ensembles ADCP (en comparant au fichier précédent .hdg). Le fichier brut total comprend pour chaque ligne "GPS" la date en clair, la date en unités CODAS, la position, ainsi que le "cog" (Course On Ground) et la vitesse du bateau en noeuds entre deux points GPS successifs, pour chaque ligne "PMV" la date (jour, mois, heure) et le cap "vrai", pour chaque ligne "GYR" le cap du gyrocompas :

GPS 13.055880 14 1 2003 1 20 28 -42.39849 74.93840 25.6 15.3

PMV 1 20 28.3 22.11

GYR 23.20

Le fichier "temps ensembles", suffixe .gps, comprend pour chaque ligne un temps, exprimé en unités spécifiques CODAS, une latitude et une longitude (degrés centièmes). Ce fichier date-positions servira de base pour tous les calculs de calibration ultérieurs. Le fichier est édité pour supprimer les positions douteuses et les inversions de date qui subsistent encore. Ces valeurs supprimées sont remplacées par 10E38, codage du logiciel CODAS pour les valeurs aberrantes.

Cette partie du travail est de loin la plus fastidieuse, à cause de l'état des fichiers bruts sortis du concentrateur. On a observé, dans le désordre : la réapparition n'importe où d'un groupe de valeurs appartenant à un fichier précédent, le remplacement du chiffre 0 par un astérisque, la troncature de la ligne contenant les informations de navigation, ou bien son remplacement partiel par des données de thermosalinographe ou de météo. Enfin, un changement de date anticipé (jour remplacé par le jour suivant), se produit souvent, aléatoirement, à partir de 23h54 environ...

Une extraction préalable de la navigation est fortement souhaitée.

Dans le cas du Marion Dufresne, navire d'assez grande taille, nous avons appliqué une correction des positions tenant compte de la distance entre l'antenne satellite GPS et le transducteur ADCP (procédure *corags* intégrée dans la chaîne de traitement CODAS).

Les figures suivantes donnent la correction effectuée en latitude et longitude par cette procédure.

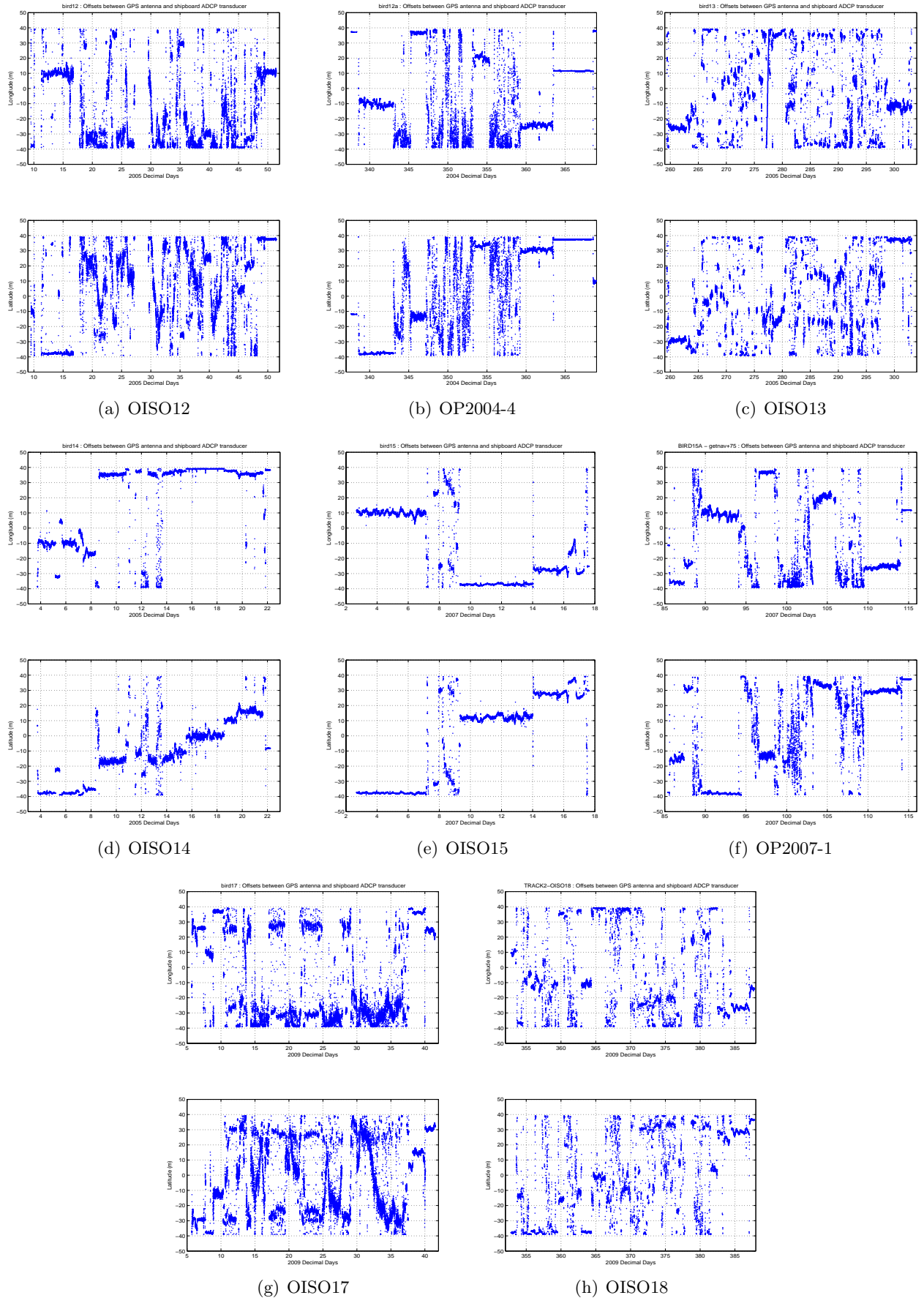


FIG. 3.1: Correction en latitude et longitude due à la distance entre l'ADCP et l'antenne GPS

Une fois obtenu ce fichier corrigé des positions GPS aux temps ensembles, on peut également établir un fichier des différences entre le cap vrai (PMV) et le cap gyrocompas enregistré dans les ensembles ADCP, aux temps ensembles. Ce fichier permettrait d'établir la variation du gyrocompas au cours de la campagne. Cette approche a été testée pour les campagnes NB75 FLOSTRAL et OISO10, puis abandonnée après comparaison avec l'option "Proc-gyro".

Pour certaines campagnes avec un grand nombre de stations CTD, l'évaluation de l'erreur sur le gyrocompas peut se faire par un fit en fonction de la latitude (étant donné que l'erreur sur le gyrocompas dépend de la composante méridienne de la vitesse du navire) sur les points de calibration par "water-tracking" (ce mode de calibration est détaillé dans le chapitre calibration : paragraphe 5.3, Alignement du transducteur).

La carte de la figure suivante montre le tracé des données de navigation.

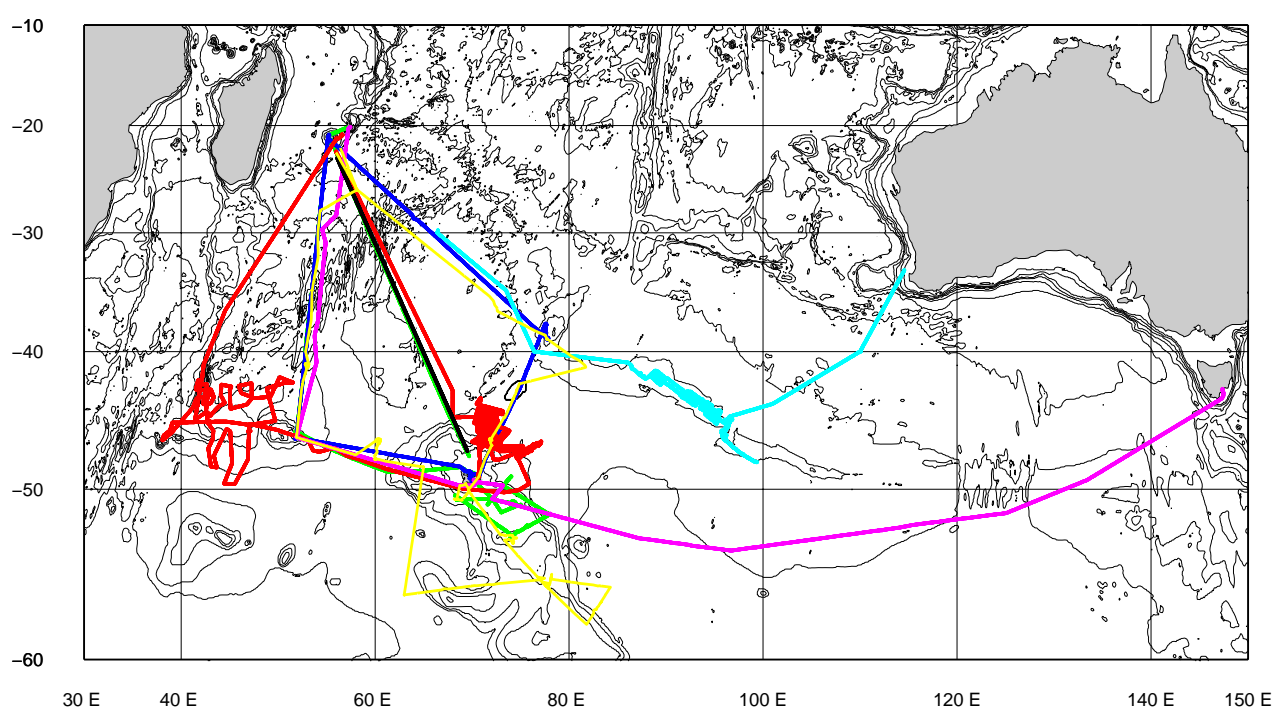


FIG. 3.2: Routes avec données ADCP.

OP2004-4 : bleu, OISO12 : vert, 13 : rouge, 14 : magenta, 15 : bleu, 17 : cyan, 18 : jaune

Chapitre 4

Edition des données ADCP

4.1 Température et vitesse du son

Une première vérification est celle de la vitesse du son, qui peut être figée à une vitesse constante, ou varier suivant la température du transducteur (la salinité a une valeur constante dans le fichier de configuration). En effet une erreur sur la vitesse du son entraîne une erreur sur l'amplitude du courant mesuré par l'ADCP.

On s'assure tout d'abord que la température du transducteur est correcte, en la comparant à la température du thermosalinographe. Un programme Matlab permet de tracer les deux températures ainsi que la vitesse du son.

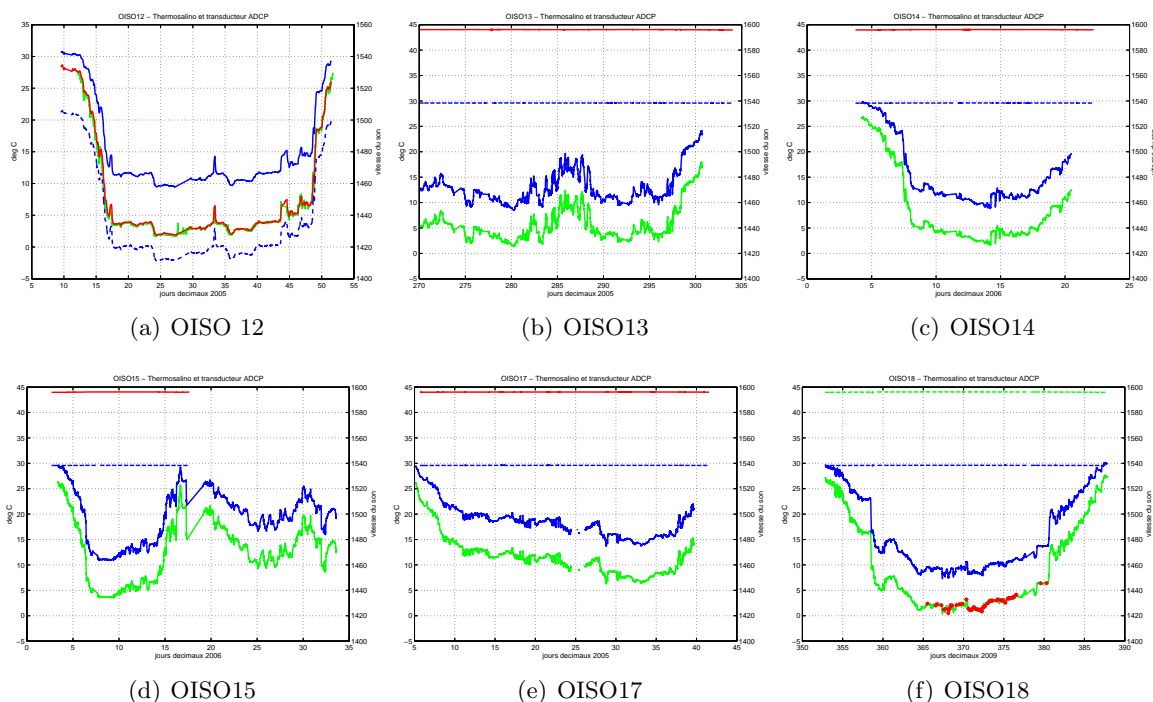


FIG. 4.1: Température de l'eau (transducteur ADCP rouge - thermosalinographe vert) et vitesse du son (bleu), origine en pointillés, corrigée en trait plein

C'est ainsi que nous avons détecté des valeurs trop faibles de vitesse du son pour la campagne OISO12. La calibration par "water tracking" effectuée dans la suite du traitement confirmera cette erreur. En effet, si la vitesse du son est trop faible, la vitesse ADCP est aussi trop faible, et la méthode du "water tracking" donnera un facteur d'amplitude $A > 1$. Une vérification dans la configuration de la base ADCP a montré que la salinité utilisée pour le calcul était de 0 (pour une fenêtre remplie avec de l'eau douce), alors qu'elle est plus vraisemblablement de 35 PSU (fenêtre non étanche, avec pénétration de l'eau de mer).

A partir de OISO13, le capteur de température du transducteur est hors d'usage. On a reconstitué un fichier de température à partir du thermosalinographe, interpolé aux temps ensembles, et la vitesse du son est recalculée avec la salinité du thermosalino. Le programme *fix - temp* du logiciel CODAS permet de corriger cette vitesse du son dans la base ADCP.

Pour OISO18, on a reporté les températures des stations ctd à la profondeur de 7m. Les valeurs sont en très bon accord avec le thermosalino.

4.2 Profils de vitesses

En ce qui concerne les profils de vitesse ADCP, le premier stade est le passage de programmes de calculs de statistiques, qui permettent de déterminer les seuils d'erreurs maxima pour plusieurs paramètres : *pgood* (pourcentage de "bonnes valeurs", vitesse (composantes *u* et *v*), amplitude, erreur verticale. Ces calculs se font sous Matlab. Les valeurs des seuils d'erreur utilisées à partir de OISO12 sont les suivantes :

CAMPAGNE	<i>pgood</i>	<i>d2w</i>	<i>d2uv</i>	<i>ev</i>	<i>wvar</i>
OISO12	30	131	162	150	4780
OP2004-4	30	251	323	150	12751
OISO13	30	111	152	150	2780
OISO14	30	133	172	150	4127
OISO15	30	107	139	500	1992
OP2007-1	30	182	225	150	10409
OISO17	30	107	126	150	3371
OISO18	30	99	125	150	1676

(4.1)

Pour OISO15, il a fallu considérablement augmenter la valeur du seuil pour l'erreur sur la vitesse.

La visualisation des profils se fait aussi au moyen de Matlab. Les différentes erreurs répertoriées sont marquées par des signes de couleurs et de formes différentes. L'opérateur peut accepter les suppressions de données automatiques, en supprimer plus ou bien décider d'annuler le marquage de valeurs erronées. Cette dernière possibilité est très utile dans le cas de couches de diffusion (plancton) qui font apparaître des pics d'amplitude du signal, confondus dans le traitement automatique avec les pics d'amplitude produits par la réflexion sur le fond. Toutefois, la forme et la hauteur de ces pics ainsi que la position géographique permettent de lever l'ambiguïté. La figure ci-dessous montre l'aspect des profils d'amplitude pour OISO 8 (campagne faisant partie d'un rapport technique précédent, avec le NB75), au départ de l'île d'Amsterdam.

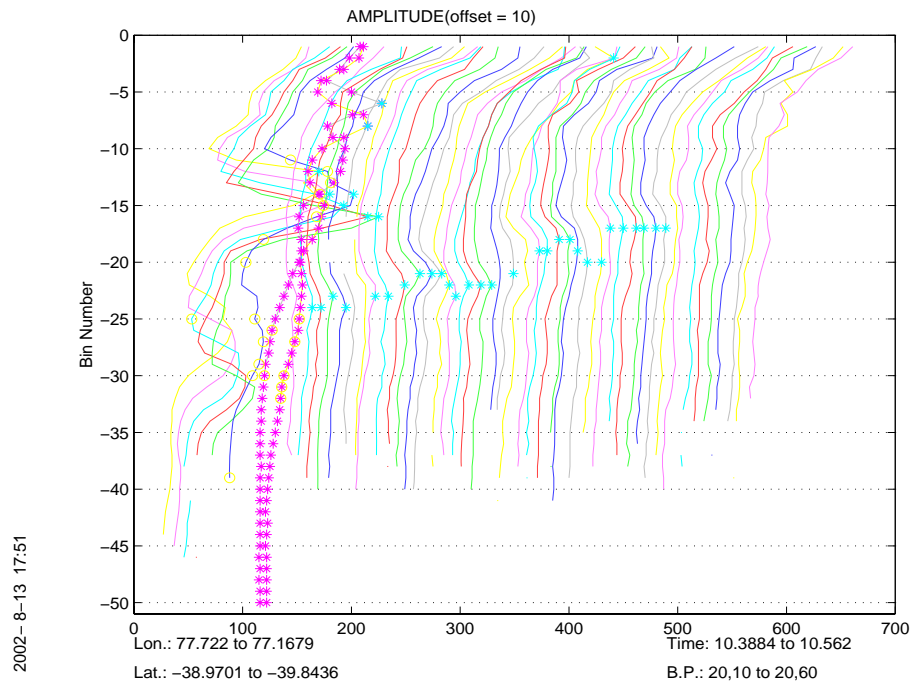


FIG. 4.2: Profils d'amplitude du signal ADCP

Les pics de la gauche de la figure correspondent au fond, tandis que les astérisques de la partie centrale correspondent à une couche de diffusion. D'une façon générale, les profils sont mauvais en route libre, et meilleurs pendant les stations CTD.

Les bins marqués comme mauvais, les profils supprimés, les bins correspondant au fond sont enregistrés respectivement dans 3 fichiers ASCII, badbin, badprf, bottom. Ces fichiers seront consultés ensuite pour la validation de la base de données.

Chapitre 5

Calibration des données

Le principe général de la calibration est de passer de vitesses de courant relatives au bateau à des vitesses absolues dans un référentiel terrestre. Pour obtenir ces vitesses de courant absolues, il faut soustraire aux mesures relatives la vitesse du navire par rapport au référentiel terrestre, cette vitesse étant donnée par les points GPS.

Les erreurs proviennent de trois sources : mauvaises valeurs de la vitesse de référence, erreur de la mesure des caps par le gyrocompas, et défaut éventuel d’alignement du transducteur ADCP par rapport à l’axe du bateau.

5.1 Erreur sur la vitesse de référence

Après les premières vérifications effectuées lors du traitement des fichiers bruts de navigation, le contrôle final de la qualité des vitesses nécessite l’extraction à partir de la base ADCP validée (chapitre édition) d’un fichier des vitesses du navire par rapport à une couche de référence (programme *adcpsect*, fichier créé nommé *.nav*). On a choisi pour chaque ensemble la moyenne des vitesses entre les bins 4 et 8 (soit 32m et 64m pour des bins de 8m). On rappelle que la vitesse du navire par rapport à la couche de référence est l’inverse de la vitesse ADCP par rapport à la couche de référence.

Les données de position permettent d’établir la vitesse du navire dans le référentiel terrestre. Si on admet que l’édition des données ADCP est correcte, lorsqu’on soustrait de la vitesse du navire par rapport à la couche de référence la vitesse absolue du navire (programme *refabs*, fichier créé *.ref*), on obtient alors les vitesses absolues de la couche de référence, et les anomalies proviennent d’erreurs dans le fichier des positions ou d’erreurs d’horloge (vitesse=distance/temps).

Historiquement, à l’époque du système Transit, les erreurs de positionnement (distance) étaient prépondérantes. Actuellement, avec la qualité des points GPS en date et position, la seule source d’erreur importante ne peut provenir que de la date ADCP. Ce contrôle permet de retrouver les erreurs d’horloge du système d’acquisition de l’ADCP.

Pour un contrôle graphique au moyen d’un programme Matlab *callrefp.m*, les données sont lissées (programme *smoothr*, sortie *.sm*). Un décalage d’horloge produit, à chaque arrivée et départ de station, des pics caractéristiques. Il faut alors corriger l’horloge dans la base *adcp* (programme *chtime*), un peu au jugé, tester de nouveau et recommencer les opérations jusqu’à suppression des pics. Pour les campagnes traitées ici, la correction par une constante n’est pas suffisante, il a fallu corriger la dérive de l’horloge en fonction du temps par un polynôme, du premier degré heureusement. La méthode est détaillée dans le paragraphe ”water-tracking”.

5.2 Erreur sur le gyrocompas

La première vérification à faire est que le cap gyro acquis dans la base ADCP est bien le même que le cap gyro du navire.

La figure 5.1 présente les différentes évaluations tirées des fichiers navigation, pour les campagnes avec enregistrement de la navigation externe (début de OISO12, 13, 14, 15, 17, 18) : en rouge la différence entre le cap des ensembles ADCP (hg) et le cap "vrai" (pmv), en bleu celle entre hg et le cap gyro (différence qui devrait être nulle, sauf des valeurs aberrantes pendant les évolutions rapides du navire), et en vert celle entre hg et le "cog" (route fond calculée entre deux points GPS successifs, donc très bruitée, et déjà jugée inutilisable).

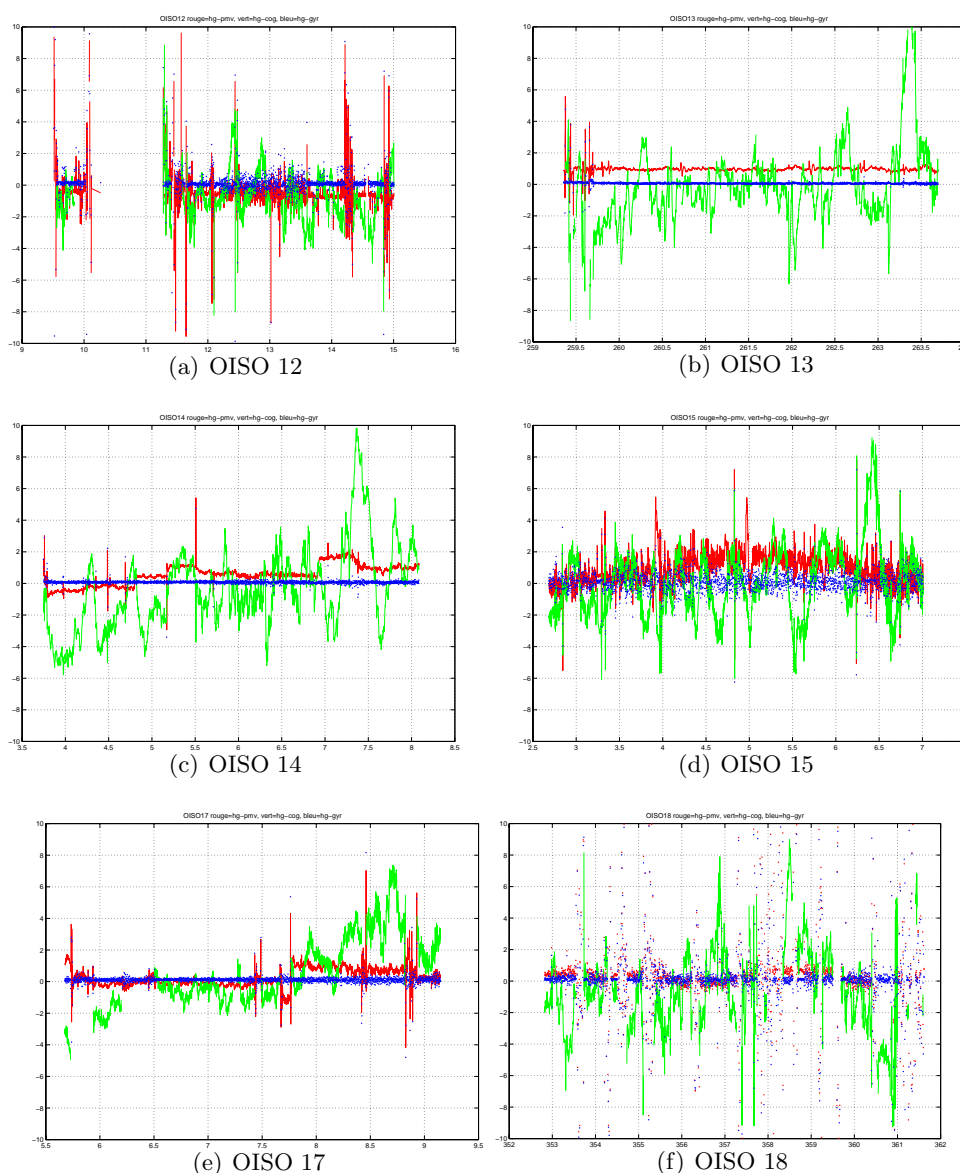


FIG. 5.1: Différences entre les mesures du cap

La différence entre le cap ADCP et le cap gyro (en bleu) n'étant pas nulle, on a fait tourner la procédure de correction du gyrocompas de E. Firing sur les valeurs hg (ADCP) et gyr (gyrocompas du fichier navigation externe), afin d'évaluer l'impact de cette différence sur la sortie du modèle.

La figure montre ce résultat pour les campagnes OISO12 à 18. Les deux sorties de modèle sont quasiment identiques (différence en rouge) : une différence de 0.4° sur le cap entraîne une différence inférieure à $2E-03$ sur la sortie de *Proc - gyro*.

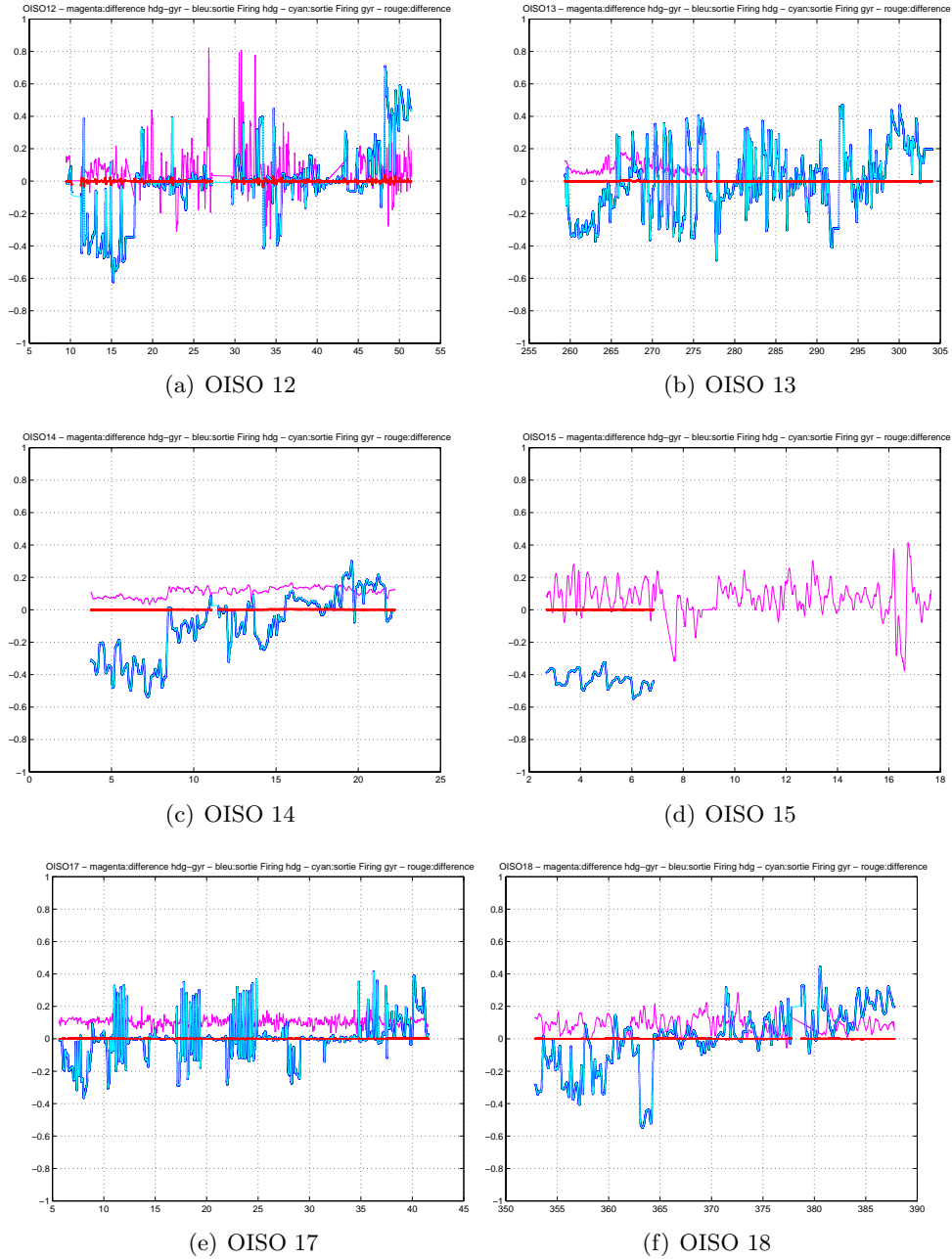


FIG. 5.2: Différences entre les résultats de Proc-gyro sur le cap ADCP(hdg) et le cap gyro(gyr)

La courbe bleue de la figure suivante décrit le fichier d'angles obtenu au moyen de la procédure de E. Firing. Ce fichier de différences d'angles servira à la fin de la phase de calibration à effectuer une première rotation des valeurs de la base de données, la deuxième rotation se faisant ensuite selon un angle constant déterminé au moyen de la procédure décrite au paragraphe suivant (alignement du transducteur).

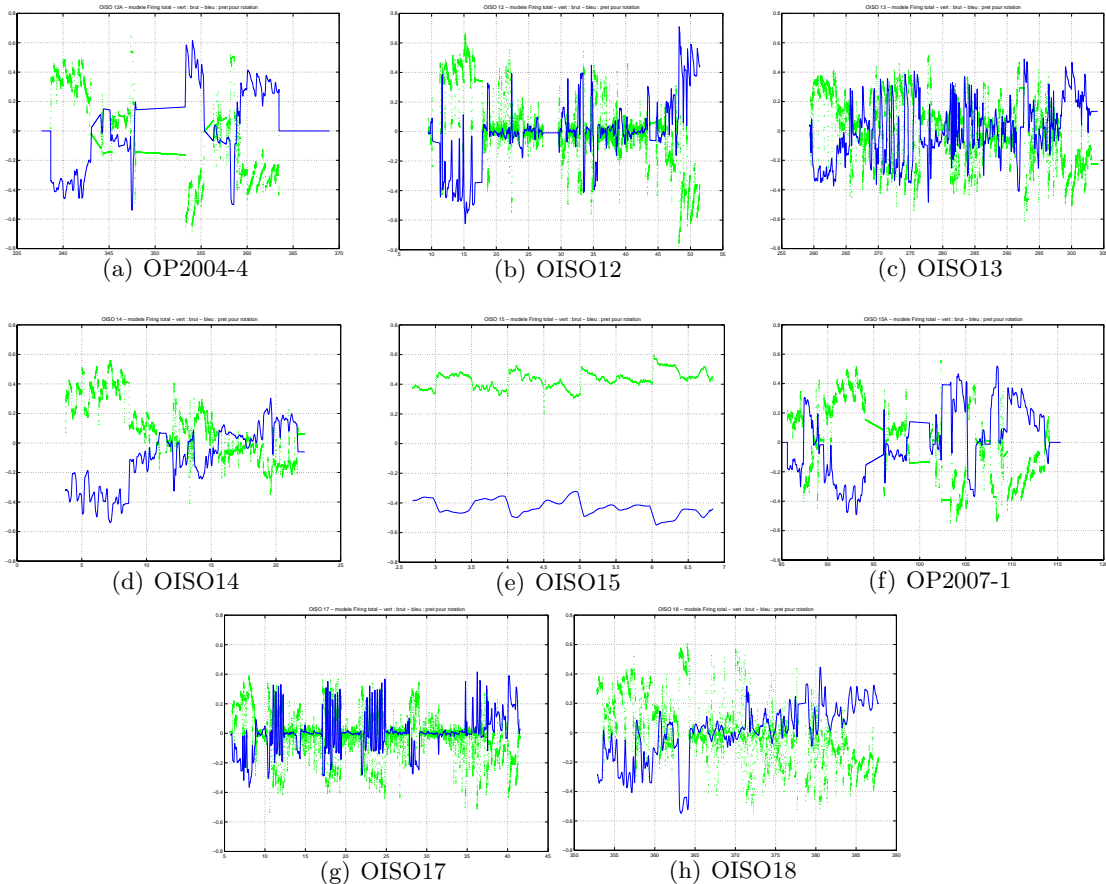


FIG. 5.3: Tracés du fichier d'angles sortie du modèle de gyrocompas de E. Firing

Pendant la phase de tests de calibration, on effectue cette rotation (programme *rotnav*) sur le fichier des vitesses du navire par rapport à la couche de référence (fichier *.nav*), pour ne pas modifier la base elle-même. On obtient le fichier des vitesses absolues de la couche de référence après rotation au moyen du programme *refabs* (fichier *.ref*), puis on lisse les données (programme *smoothr*, fichier *.sm*) pour le contrôle graphique.

On utilisera donc au final la procédure de correction Proc-gyro de E. Firing, (mode d'emploi en Annexe II), qui crée un modèle des erreurs de gyrocompas, utilisant deux fichiers créés dans le logiciel CODAS, soit le fichier de navigation lissé (suffixe *.sm*) et le fichier des caps enregistrés dans la base ADCP (suffixe *.hdg*). Le fichier d'angles ainsi obtenu est lissé et inversé pour être utilisé dans les programmes de rotation de CODAS, au moyen d'une adaptation du logiciel *Corryge* de G. Eldin.

C'est sur ces données corrigées qu'ont été faites la vérification et la correction de l'alignement du transducteur (méthode du water-tracking).

5.3 Alignement du transducteur

On peut utiliser deux méthodes : comparer le déplacement du bateau par rapport au fond déduit de la détermination du fond par l'ADCP ("bottom tracking"), ou bien comparer l'accélération par rapport à l'eau mesurée au moyen de l'ADCP, avec l'accélération calculée au moyen des points GPS ("water-tracking"). Ces deux méthodes donnent des résultats identiques (à 0.5 % près) pour la détermination de l'orientation du transducteur selon l'axe longitudinal de la coque. Dans les deux cas, il faut également examiner la qualité des positions satellites (validation du fichier navigation) et du gyro-compas.

Les enregistrements de "bottom-tracking" sont de très courte durée dans toutes les campagnes OISO étudiées, et le navire étant toujours en manoeuvre dans ces cas là, les mesures sont de très mauvaise qualité. De plus, la configuration étant différente, la longueur des ensembles est différente et la longueur de bin de 4m au lieu de 8m, on ne peut donc utiliser les résultats tels quels. Dans le cas de OISO15, la configuration choisie pour le "bottom tracking" a rendu la fin des données (route de Kerguelen à Durban) inexploitable. On a toutefois enregistré les fichiers .btm nécessaires.

Pour la calibration par "water-tracking" que nous avons utilisée pour corriger les défauts d'alignement du transducteur, on utilise le fichier .nav extrait de la base ADCP éditée et sur lequel on a effectué la rotation des angles de correction du gyrocompas.

On détecte ensuite les accélérations du navire à partir des vitesses ADCP, puis on les compare aux accélérations issues des données GPS, en faisant "glisser" les deux fichiers (vitesses de la couche de référence et GPS) de manière à faire correspondre les temps le mieux possible (programme *timslip*). Les accélérations se produisent lors des arrivées et départs de station CTD ou carottage, lors des changements de direction, et bien sûr lors des ralentissements et accélérations du navire sur sa route directe. On détermine ainsi le décalage de temps entre l'horloge du PC d'acquisition des données ADCP, soit le temps de la base ADCP, et le temps GPS, ainsi que l'angle du transducteur par rapport à l'axe du navire (phase), et l'influence de cet angle sur le module de la vitesse (amplitude).

Le nombre de points extraits par le programme de détection des accélérations et décélérations (*timslip*) est théoriquement égal, au minimum, au double du nombre des stations et/ou des ralentissements et/ou des changements de direction. Le programme effectue un filtrage des valeurs erronées.

Trois essais ont été faits, avec des fenêtres de "9 fixes", soit 22 minutes 30 secondes (pour des ensembles de 2mn 30s), "7 fixes", soit 17 minutes 30 secondes, et "5 fixes", soit 12 minutes 30 secondes. La longueur de la fenêtre doit être supérieure à la durée de l'accélération ou de la décélération. Suivant les campagnes, on a choisi la fenêtre de 5, 7 ou 9 "fixes". Le critère était de garder le plus grand nombre de points de calibration, avec des valeurs minima d'écart-type. On admet 0.6 à 1.2 degrés pour la phase et 1 à 1.5 % pour l'amplitude. La différence de temps "nav-pc" doit rester de l'ordre de quelques secondes.

Pour les campagnes OISO12, 13, 14 et 17, il n'a pas été possible d'avoir des résultats corrects par la méthode classique, malgré le grand nombre de points de calibration (plus de 200 pour OISO12, 13 et 17), le "time-shift" (nav-pc), ou décalage entre l'horloge GPS et l'horloge ADCP était trop important, et surtout variable dans le temps. On a tenté une succession de changements de date dans la base ADCP au moyen du programme CODAS *chtime*, mais sans efficacité.

Finalement, on a effectué un fit de la variation du décalage de date (nav-pc) en fonction du temps, sur le fichier sortie du programme *timslip* avec une fenêtre de 5 fixes pour OISO12, de 7 fixes pour OISO13, de 5 fixes pour OISO14, et de 9 fixes pour OISO17. Au moyen du polynôme calculé (premier degré), on a recalculé les dates du fichier .nav.

La figure suivante illustre la méthode. Le graphique de OISO18 est présenté uniquement pour montrer l'efficacité de la remise à l'heure GPS journalière du PC d'acquisition de l'ADCP.

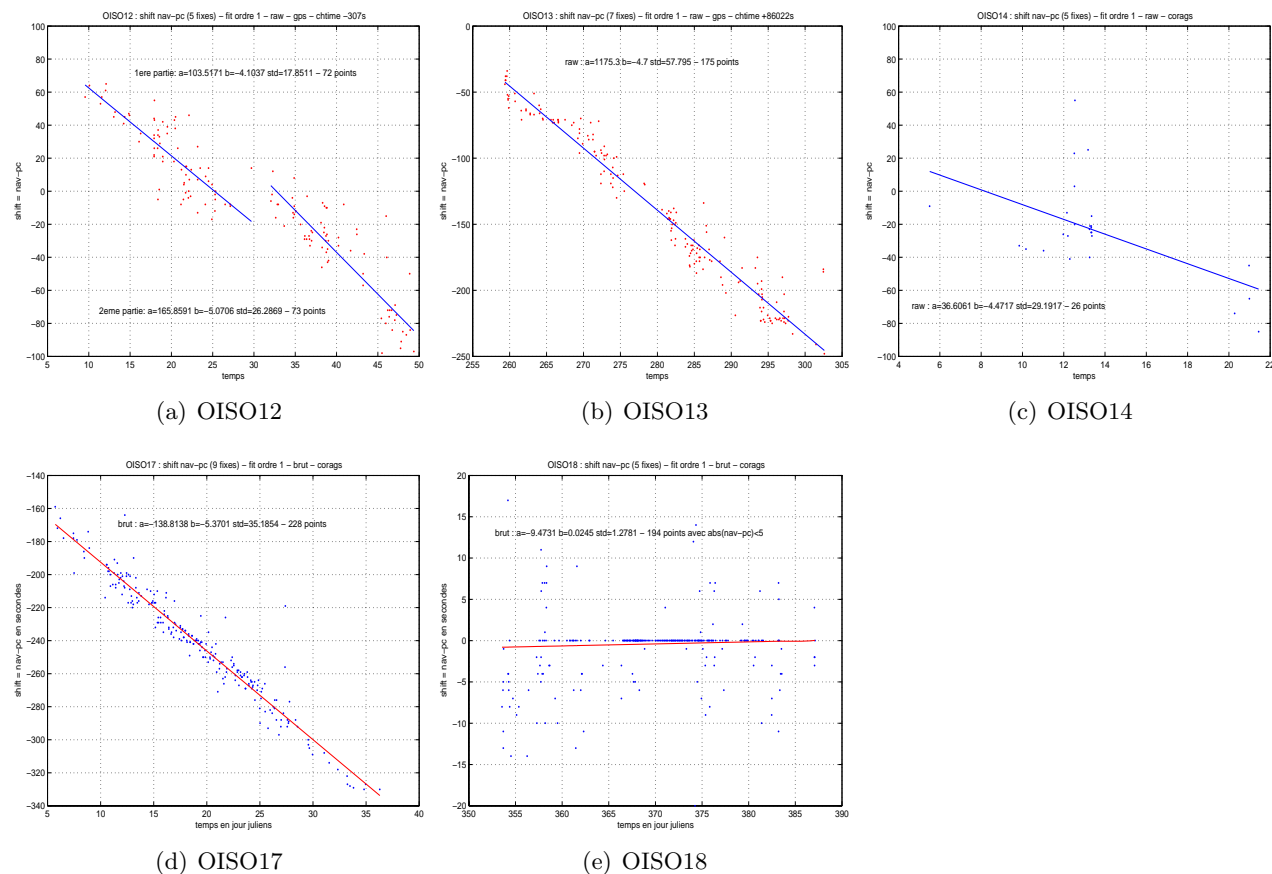


FIG. 5.4: Détermination de polynômes de recalage de la date

On a ensuite modifié avec le même polynôme la date de chaque fichier brut Pingdata, dans le fichier de commande du programme de chargement *loadping*. Les dates des Pingdata initiaux sont obtenues au moyen du programme *lstblock* dans la base *adcpdb* avant tout changement de date. Un programme matlab *modif - loadping.m* permet d'écrire les dates recalculées dans le programme de chargement modifié. La base ainsi rechargée (suffixe "timfit") a des dates correctes, la suite du "water-tracking" (statistiques sur nav-pc du programme *adcpal*), permet de le vérifier.

Le tableau suivant donne le nombre de points de "water-tracking" (total et satisfaisant aux critères du programme *adcpal*) et le décalage d'horloge "nav-pc" (différence moyenne et écart-type), avant et après la correction de temps.

Campagne	Nb de points		Différence nav-pc		Ecart-type sur nav-pc	
OISO12	4 / 86	113 / 176	-290.7500	-1.6195	31.5845	12.0054
OISO13	7 / 175	100 / 216	-139.2857	-2.4200	38.0601	9.4411
OISO14	10 / 30	25 / 35	-16.5000	-1.1667	23.8758	14.9569
OISO17	26 / 229	245 / 340	-246.6154	2.5826	27.4999	14.5034

Le programme Matlab *adpcal* mentionné ci-dessus, fait les moyennes et statistiques sur les valeurs données par le programme *timslip* (nav-pc, phase et amplitude). La valeur moyenne obtenue en angle et en amplitude permet de corriger le défaut d'alignement du transducteur (qui est normalement une constante physique).

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de tolérance maximum pour les paramètres de la calibration prises en compte par le programme *adpcal* (on a utilisé les mêmes paramètres pour toutes les campagnes) :

delta-u min = -100.00, max = 100.00 ;
 delta-v min = -100.00, max = 100.00
 clip-amp = 0.05, clip-ph = 3.0
 clip-dt = 60, clip-var = 0.050

La figure ci-dessous illustre un exemple du résultat du programme *adpcal* pour OISO12.

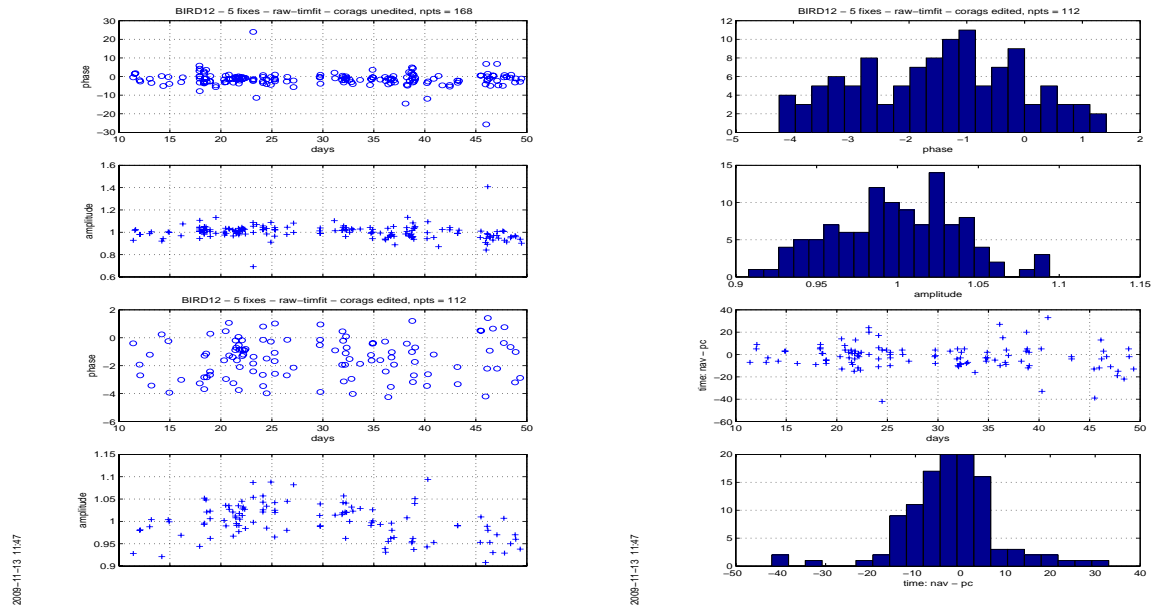


FIG. 5.5: Détermination de la phase, de l'amplitude et d'un décalage d'horloge

Remarque Le programme *timslip* donne un autre moyen d'évaluer la variation du gyrocompas, dans le cas où l'on dispose de nombreux points de calibration (campagnes CTD avec nombreuses stations, et peu de transits à cap constant), en évaluant l'influence de la latitude sur les angles (entre l'axe du transducteur et l'axe longitudinal de la coque) déterminés par le programme *timslip*, et dénommés "phase" au cours de ce traitement. Rappelons que cet angle devrait être une constante, si les caps mesurés étaient parfaits.

On trace la phase extraite au moyen du programme *timslip* décrit ci-dessus en fonction de la latitude, et on effectue un fit polynomial sur le nuage de points. Si l'erreur sur le gyrocompas était nulle, la phase ne varierait pas avec la latitude. Dans le cas contraire, le polynôme obtenu permet d'évaluer la variation du gyrocompas en fonction de la latitude, en calculant un fichier de différences d'angles variant avec la latitude, à partir du fichier de navigation. Ce fichier d'angles est construit en prenant comme constante du polynôme la différence entre la constante calculée par le fit et la phase constante (angle du transducteur) obtenue au moyen de la calibration par water-tracking (*adepcal*). Le terme du premier degré est celui du polynôme.

Il n'a pas été possible d'utiliser cette technique, bien que les campagnes OISO12, OISO13 et OISO17 disposent de nombreux points de calibration, car ces points sont concentrés près de Kerguelen ou de Crozet, et la variation de latitude est trop faible, comme le montre la figure suivante. Pour la campagne OISO18, l'angle est constant selon la latitude.

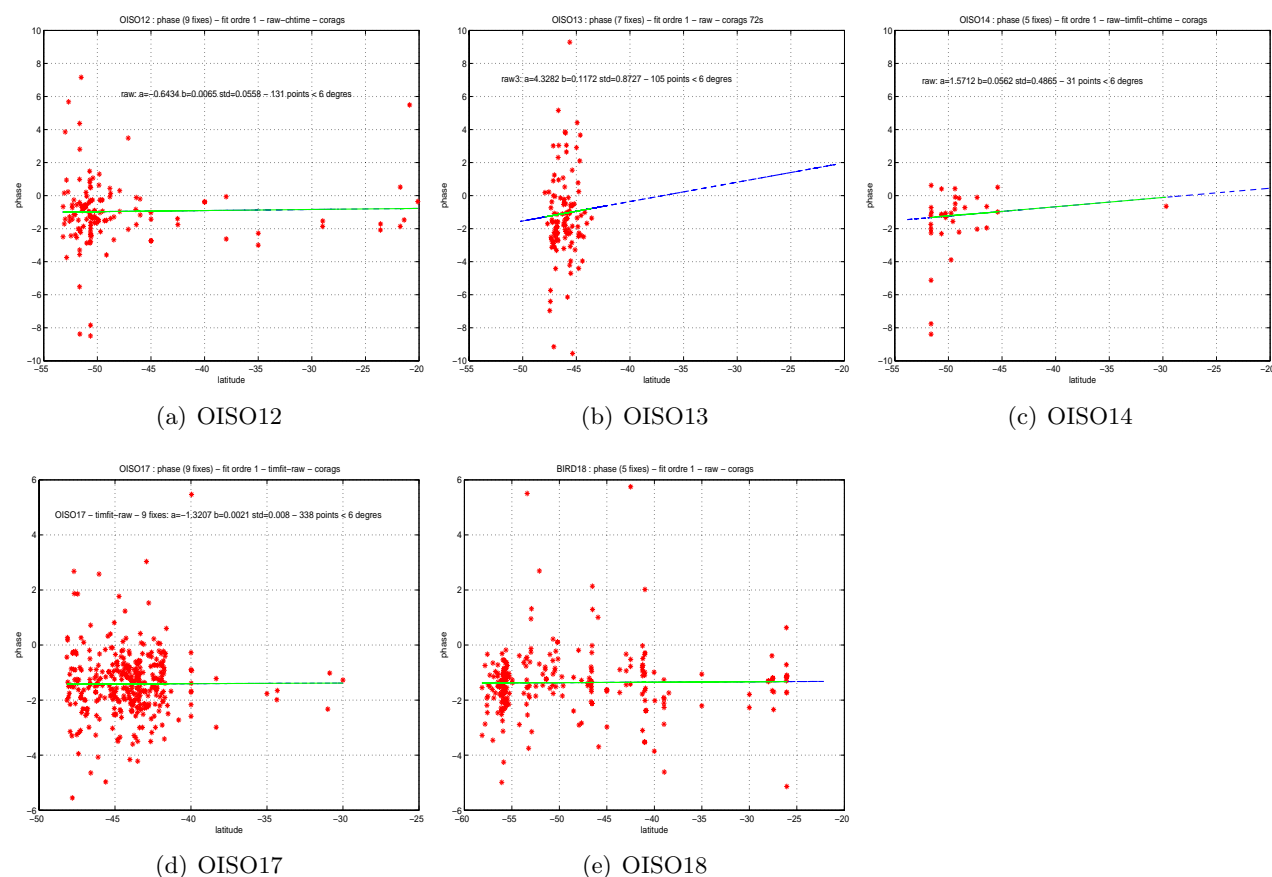


FIG. 5.6: Tracé de la phase en fonction de la latitude, avant calibration, pour OISO12, 13, 14, 17 et 18

5.4 Résultats de la calibration

Le résultat de l'édition et de la calibration est le suivant :

Le décalage d'horloge est ramené à moins de 1 seconde en moyenne avec toutefois un écart-type élevé, ce qui confirme le problème d'horloge lors de l'acquisition, à deux niveaux : erreurs de codage de la date, détectées lors du scan préliminaire, et dérive en cours de fonctionnement. Pour la phase, l'écart-type admissible est de l'ordre de 1.5 degré, et pour l'amplitude, il est de 2%. Les valeurs de la calibration sont donc raisonnables. Les valeurs de l'amplitude confirment l'influence de la valeur de la salinité dans les fichiers de configuration (Figure 4.1 page 9). Sauf pour OISO12 et 15A (valorisation de transit simple), on suppose que pour les autres campagnes, de l'eau douce a été injectée dans la fenêtre avant la campagne.

Pour chaque campagne calibrée, ce tableau récapitule le nombre de jours de données ADCP et les données de correction du cap, soit le nombre de points de calibration par water-tracking (qui permettent d'obtenir la correction de l'alignement du transducteur), ainsi que les valeurs de la phase, de l'amplitude et de l'erreur d'horloge obtenues par cette calibration. On précise le mode de correction : gyro seulement (fichier d'angles issu de Proc-gyro) , gyro + phi (constante du water-tracking) ou bien phi seulement. La dernière colonne indique le nombre de profils ADCP valides par rapport au nombre de profils bruts initiaux compris entre les dates de debut et de fin. Dans la colonne Nb de points, le premier chiffre est le nombre de points retenu, le deuxième chiffre le nombre de points de départ. Dans les colonnes Amplitude, Phase et Delta T, le premier nombre est la valeur avant la calibration, le deuxième nombre est la valeur après la calibration, les nombres de la deuxième ligne sont les écarts-type associés.

Campagne	Données ADCP		Water-tracking				Profils validés
	Début	Fin	Nb Pts	Amplitude	Phase	Delta T	
OISO 12 gyro+phi	12 01 05	21 02 05	113/176	1.0000/1.0000	-1.4615/0.0004	-1.6195/-1.7788	19482
	08 21 26	10 21 26		0.0385/0.0385	1.4716/1.4177	12.0054/11.1209	
OP2004-4 gyro+phi	03 12 04	29 12 04	11/26	0.9941/1.0021	-0.8412/-0.1175	-0.1000/3.4545	5547
	15 42 48	11 59 53		0.0444/0.0431	1.2851/1.2740	19.8015/22.2052	
OISO 13 phi	17 09 05	31 10 05	100/216	0.9776/0.9988	-1.4000/-0.0050	2.4200/3.7064	22375
	08 36 21	01 18 51		0.0293/0.0293	0.9129/0.9231	9.4411/8.3780	
OISO 14 gyro+phi	04 01 06	23 01 06	25/35	0.9765/0.9979	-1.0416/-0.0552	-1.1667/-1.5600	9978
	17 54 50	05 19 50		0.0408/0.0400	0.9430/0.9667	14.9569/13.8235	
OISO 15 gyro	03 01 07	07 01 07	-	-	-	-	2230
	16 25 19	20 12 49					
OP2007-1 gyro+phi	27 03 07	19 04 07	22/49	0.9844/1.0005	-0.9045/0.1669	12.9474/2.0952	6425
	09 12 09	19 37 09		0.0311/0.0293	1.3034/1.0545	9.7267/9.8230	
OISO 17 phi	06 01 09	11 02 09	245/340	0.9775/1.0012	-1.5346/-0.0065	2.5826/3.6818	21239
	20 31 43	13 07 43		0.0247/0.0254	0.9089/0.9023	14.5034/14.6583	
OISO 18 phi	19 12 09	23 01 10	211/248	0.9923/0.9999	-1.4295/-0.0104	-1.1374/-2.0095	9244
	19 41 58	18 56 58		0.0176/0.0179	0.8424/0.8415	6.7128/6.8243	

TAB. 5.1: Récapitulatif de la calibration

Au final, après obtention de ces données de calibration (soit un fichier d'angles pour la correction du gyrocompas, puis un angle (phase) et une amplitude constants pour corriger l'alignement du transducteur), on effectue la rotation des données dans la base définitive (programme *rotate*). Puis on intègre les données de navigation calibrées (fichier lissé .sm créé par *smoothr*) dans cette base définitive (programme *putnav*).

La figure suivante présente les histogrammes des phases (défaut d'alignement du transducteur), avant et après la rotation des données, pour les campagnes avec suffisamment de points de water-tracking.

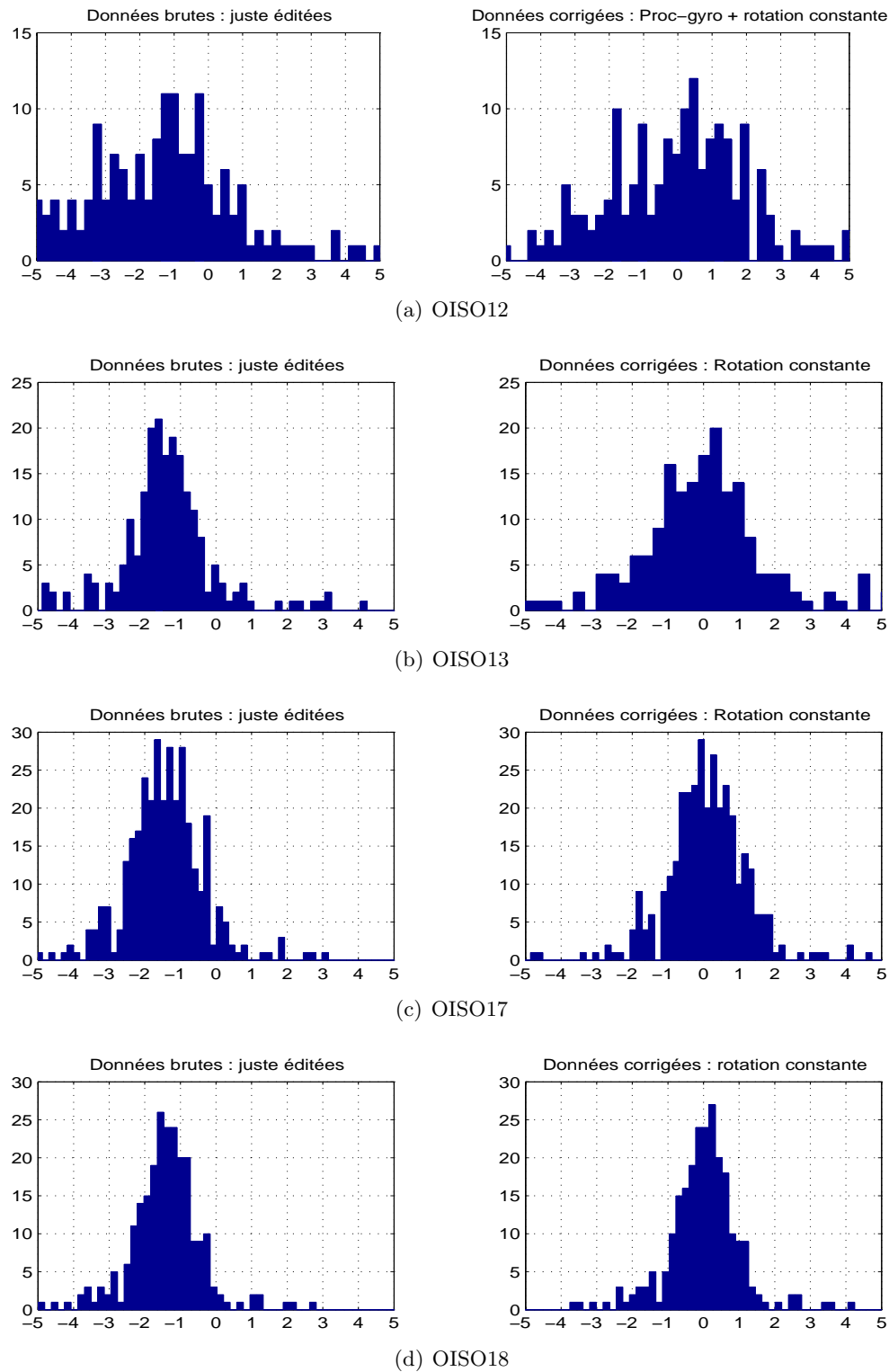


FIG. 5.7: Histogrammes de la phase avant et après rotation, pour OISO12, 13, 17 et 18

5.5 Mise en forme définitive de la base de données

Tout d'abord a été créée une base des données éditées, donc avec des profils "propres", mais avec des données de navigation brutes. Puis nous avons effectué deux calibrations, aux fins de comparaison :

- Rotation par un angle constant (correction de l'alignement du transducteur) obtenu par la méthode du water tracking (ce qui présuppose un fonctionnement parfait du gyrocompas).
- Rotation par un fichier d'angles de correction du gyrocompas calculés par la procédure de E. Firing, puis une constante résiduelle (correction de l'alignement du transducteur).

Après avoir intégré les données de navigation calibrées (fichier .sm) dans la base (programme *putnav*), il est alors possible de construire des grilles de différents formats, suivant un maillage spatial ou temporel, qui serviront de base pour la conversion des données en ASCII sous forme de fichiers formattables pour être lus sous Matlab, et pour les tracés.

La construction des grilles spatiales se fait en 2 temps, d'abord avec le programme *llgrid*, qui demande la définition de la grille en latitude et longitude, puis le résultat (un tableau de temps) sert de contrôle pour le programme *adcpsect*, soit pour créer les fichiers de contours .con, associés à des fichiers de statistiques .sta, soit des fichiers de vecteurs à différents niveaux : .vec. Ces derniers peuvent être tracés au moyen du programme *vector* de CODAS. Les figures des pages 30 à 57 montrent les tracés des vecteurs de courant pour toutes les campagnes, sur les données juste éditées, et après la calibration choisie.

La construction de grilles temporelles se fait également en 2 temps, d'abord au moyen du programme *timegrid*, dans lequel on rentre un pas de temps régulier pendant la durée de traitement désirée. Dans le cas des campagnes OISO, on a utilisé une grille avec la durée des ensembles comme pas de temps, et un programme d'extraction *adcpsect* ne faisant aucune moyenne sur les données, ce qui permet d'obtenir tous les ensembles directement en ASCII (la base CODAS est en binaire). Un formatage postérieur permet de présenter les profils sous forme de matrices facilement exploitables. Les différents formats sont donnés en Annexe III. On utilise un programme de tracés de contours MATLAB pour les sections, à partir de ces données reformatées.

5.6 Evaluation de l'erreur

Erreur sur la vitesse relative (erreurs sur l'amplitude)

La première source d'erreur est, comme nous l'avons vu plus haut, l'erreur sur la vitesse du son. Nous avons vu que l'erreur sur la salinité dans les fichiers de configuration, donc sur la vitesse du son, entraînait une erreur de 2 % sur la vitesse relative. Par exemple, pour une vitesse de bateau de 10 noeuds, soit environ 5m/s, l'erreur est alors de 10 cm/s pour la composante longitudinale (dans l'axe du bateau).

Les bulles peuvent aussi réduire la vitesse du son. C'est souvent le cas pour le Marion Dufresne, qui est la plupart du temps quasi lège pendant les opérations scientifiques, et avec une assiette sur l'arrière. Par gros temps, on n'a pratiquement aucune mesure dans les premiers bins.

Erreur sur la vitesse absolue (erreurs sur la phase)

En supposant que la vitesse du bateau est bien connue (précision des points GPS), les erreurs sur la composante transversale proviennent des erreurs sur le gyro-compas et sur le positionnement (horizontal et vertical) du transducteur.

La méthode de la couche de référence permet de corriger les erreurs éventuelles sur les points GPS. Ces erreurs étaient fréquentes avec l'ancien système Transit, très rares avec le système GPS, même dégradé. La méthode est toutefois conservée pour ses outils de visualisation et de contrôle. La distance entre l'antenne et le transducteur ADCP peut également influencer. Cette dernière erreur a été corrigée au moyen de la procédure corags. Mais ces erreurs sont très faibles en regard des suivantes.

L'erreur sur le positionnement horizontal (angle par rapport à l'axe longitudinal du navire) peut être évaluée et corrigée au moyen de la méthode du water-tracking (Pollard et Read), à condition d'avoir un nombre suffisant de points de calibration (idéalement, au moins 64, pour avoir une précision de 0.2° sur la calibration).

L'erreur sur le positionnement vertical (roulis, tangage, assiette) est normalement corrigée en configuration Janus (les axes du transducteur sont en X par rapport à l'axe du navire).

L'erreur sur le gyrocompas a été évaluée approximativement au moyen de la procédure de E. Firing, en fonction de la vitesse du bateau, du cap et de la latitude. Une erreur de 0.6° entraîne une erreur de 1 % de la vitesse du bateau sur la composante transverse (soit 5 cm/s pour une vitesse de 10 noeuds).

En résumé, compte tenu du nombre important des points de calibration, sauf pour OISO 14 et 15, (les données 12A et 15A ne font pas partie à proprement parler du programme OISO) et malgré les difficultés d'appréciation des erreurs de gyro-compas, une incertitude de ± 7 cm/s sur le module de la vitesse paraît une estimation raisonnable. Toutefois les directions, au moins pour les zones de fort courant, sont réalistes.

Comme il l'est rappelé dans la plupart des publications techniques sur les mesures ADCP de coque, ces mesures ne semblent pas utilisables pour le calcul de transports.

5.7 Références

- Firing E.** Report from the WOCE/NOAA Workshop on ADCP measurements, held in Austin, Texas, March 1-2 1988, U.S. WOCE Planning Report No. 13, U.S. Planning Office for WOCE, College Station, TX.
- Firing E. and Bahr F., Caldwell P., Ranada J., Zhu W.** Processing ADCP Data with the CODAS software System, Version 3.1, "unpublished manuscript", 1995, JIMAR, University of Hawaii, 1000 Pope Road, Honolulu, Hawaii 96822
- Pollard R. and Read J.** , A method for calibrating shipmounted acoustic Doppler profilers, and the limitations of gyro compasses, *J. Atmos. Oceanic. Technol.*, 6, 859-865, 1989.
- RD Instruments** Acoustic Doppler Current Profilers Principles of Operation : A Practical Primer, 1989, RD Instruments, Businesspark AVenue, San Diego, CA 92131
- Eldin G.** Correction des erreurs gyro-compas par GPS System, version 1.2,"unpublished manuscript", août 2000

5.8 Remerciements

Nous remercions particulièrement Bernard Ollivier, sans qui l'acquisition de ces données n'aurait pas pu se faire, Gérard Eldin, qui a toujours répondu à toutes les interrogations concernant le gyrocompas et ses problèmes de calibration. Elodie Kestenare, qui a participé aux dernières campagnes, a supervisé et mis au point les configurations, corrigé les horloges avec constance, et nous avons partagé le traitement des données de OISO17 et OISO18. Raymond Pollard a pris le temps de répondre aussi à nos demandes, ainsi que l'équipe de GENAVIR. Enfin Eric Firing a exhumé pour nous avec promptitude la procédure de correction du gyrocompas de ses archives.

Chapitre 6

Présentation rapide des données

Nous présentons les tracés des vecteurs de courant moyennés sur une grille spatiale de 1/20 ème de degré, pour la première couche, soit de 20 à 50m. Les premiers tracés regroupent les données "raw", c'est à dire débarassées des profils et bins aberrants, et avec correction d'horloge. Puis sont présentés en regard les tracés des données calibrées avec une correction du gyrocompas par la procédure de E. Firing, suivie d'une rotation constante résiduelle.

Dans tous les cas, sur la première figure, les vecteurs sont orientés dans le sens de la route suivie, et on observe bien le changement de sens sur la route Kerguelen - Point Sud. Après calibration, on observe que les vecteurs de courant sont "ramenés" vers le sens contraire à la route du navire . Ces tracés confirment le sens de l'erreur sur le gyrocompas (négatif dans le sens Nord-Sud, positif dans le sens Sud-Nord).

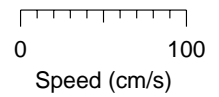
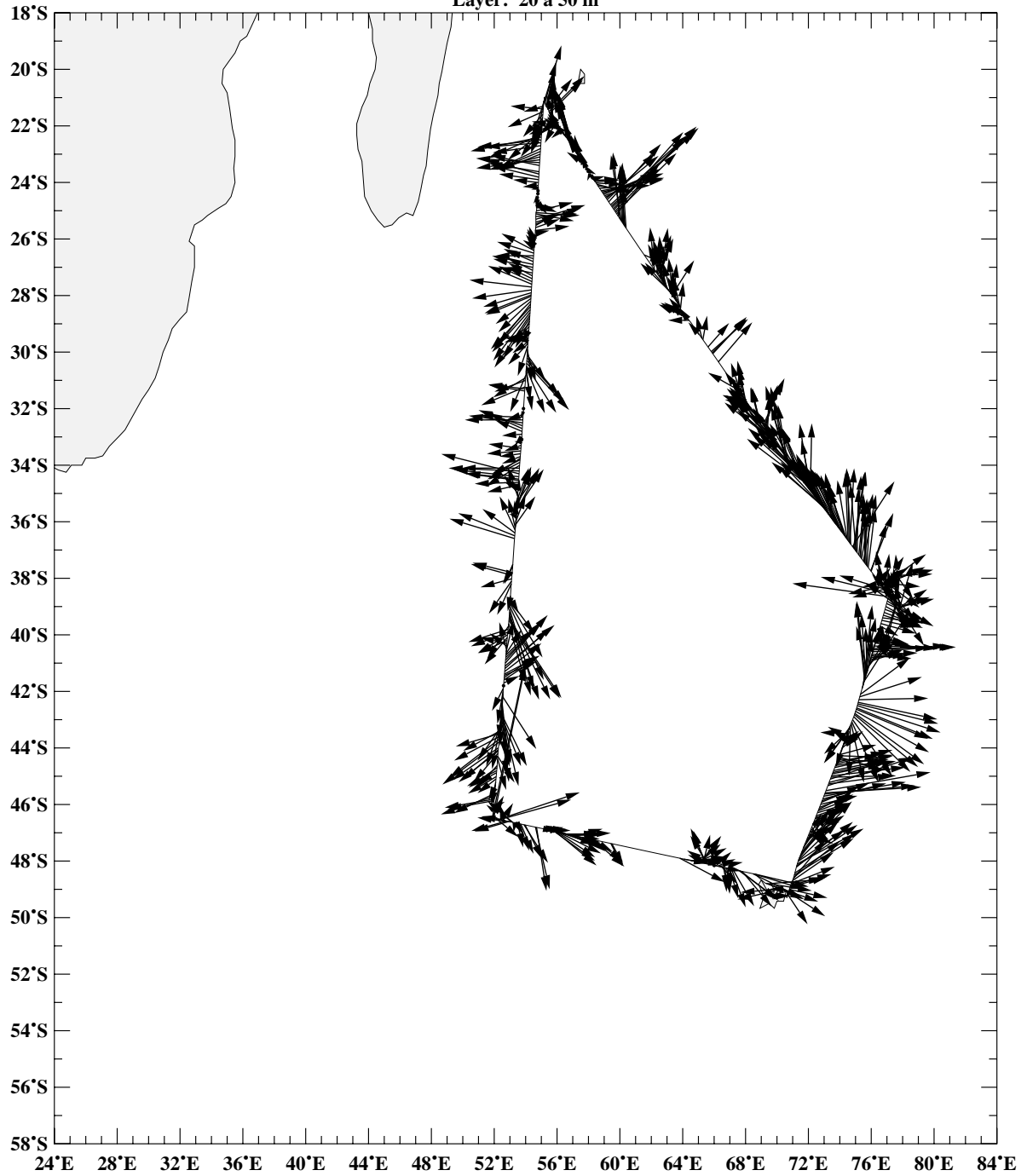
On présente également les sections en fonction de la latitude pour les composantes U et V de la vitesse, dans le sens Sud-Nord et dans le sens Nord-Sud. Les sections sont brutes, tracées sur tous les ensembles, sans moyennage, sur les données calibrées ASCII au format profils (voir ANNEXE III).

OP2004-4

3 au 29 Decembre 2004

Raw - juste editees

Layer: 20 a 50 m

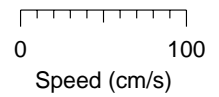
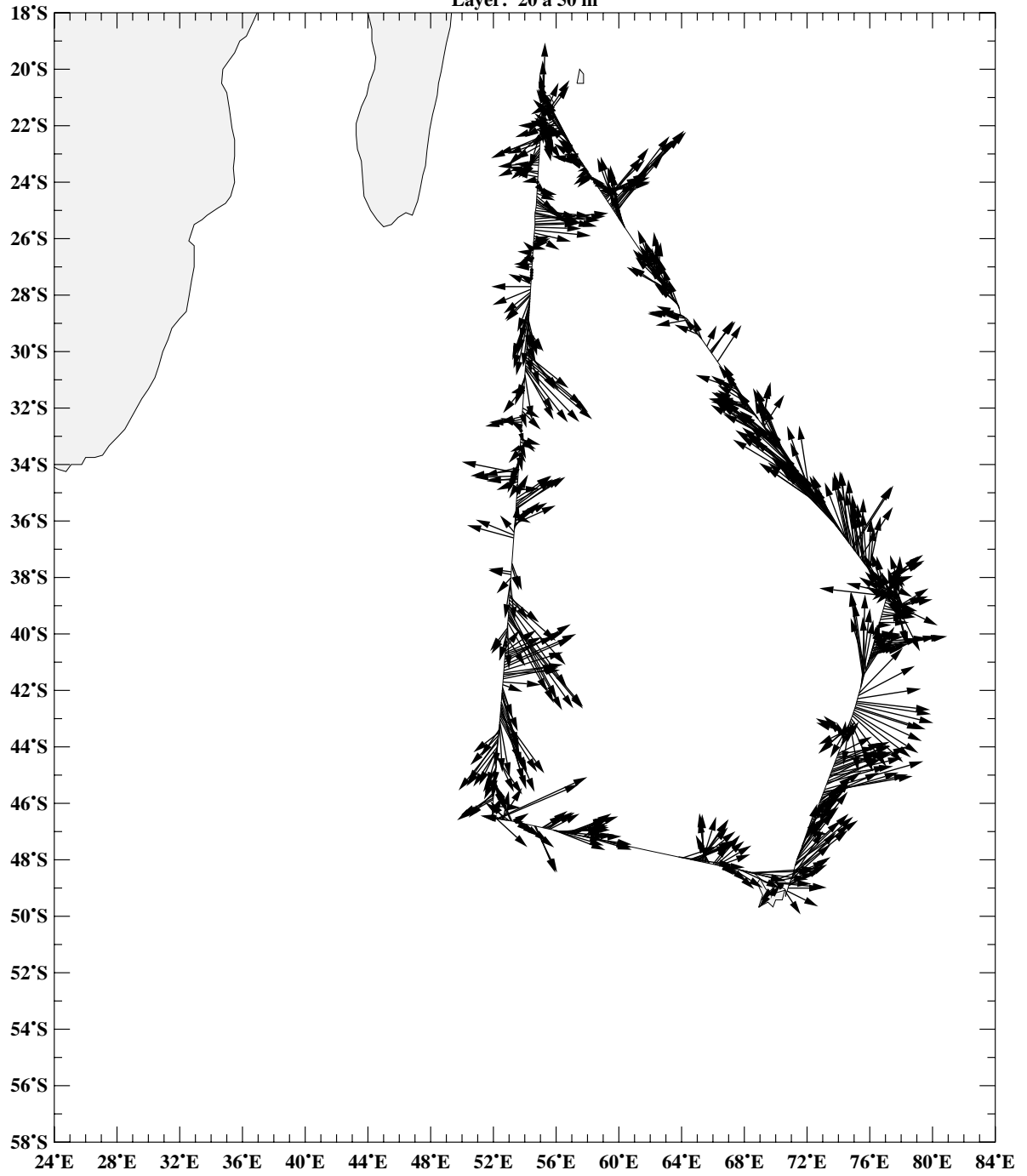


OP2004-4

3 au 29 Decembre 2004

Modele gyro Firing + cte ctime 27s

Layer: 20 a 50 m

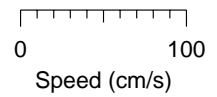
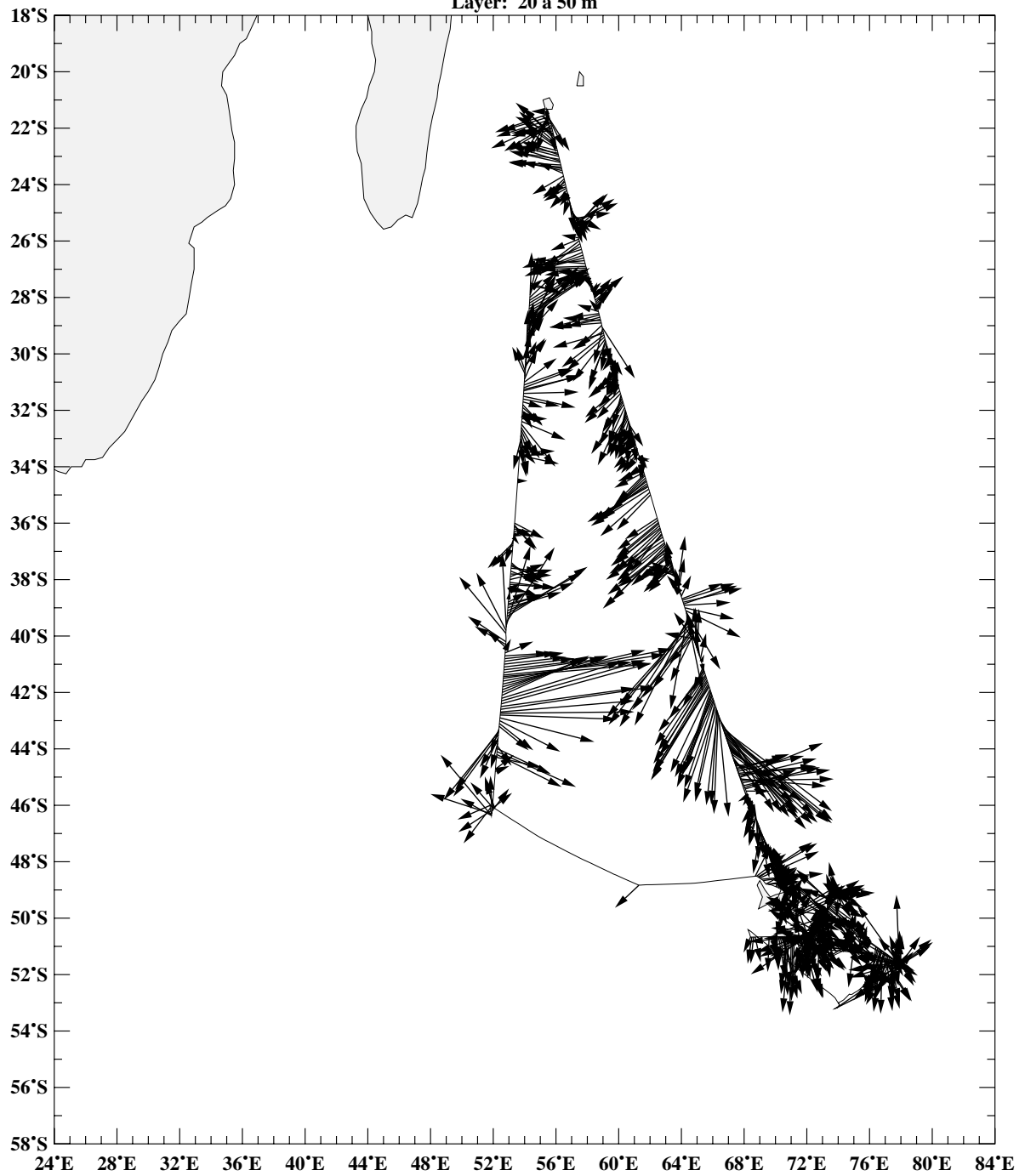


OISO 12

10 Janvier - 21 Fevrier 2005

Raw - editees - timfit - depthcng

Layer: 20 a 50 m

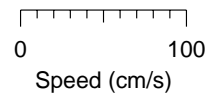
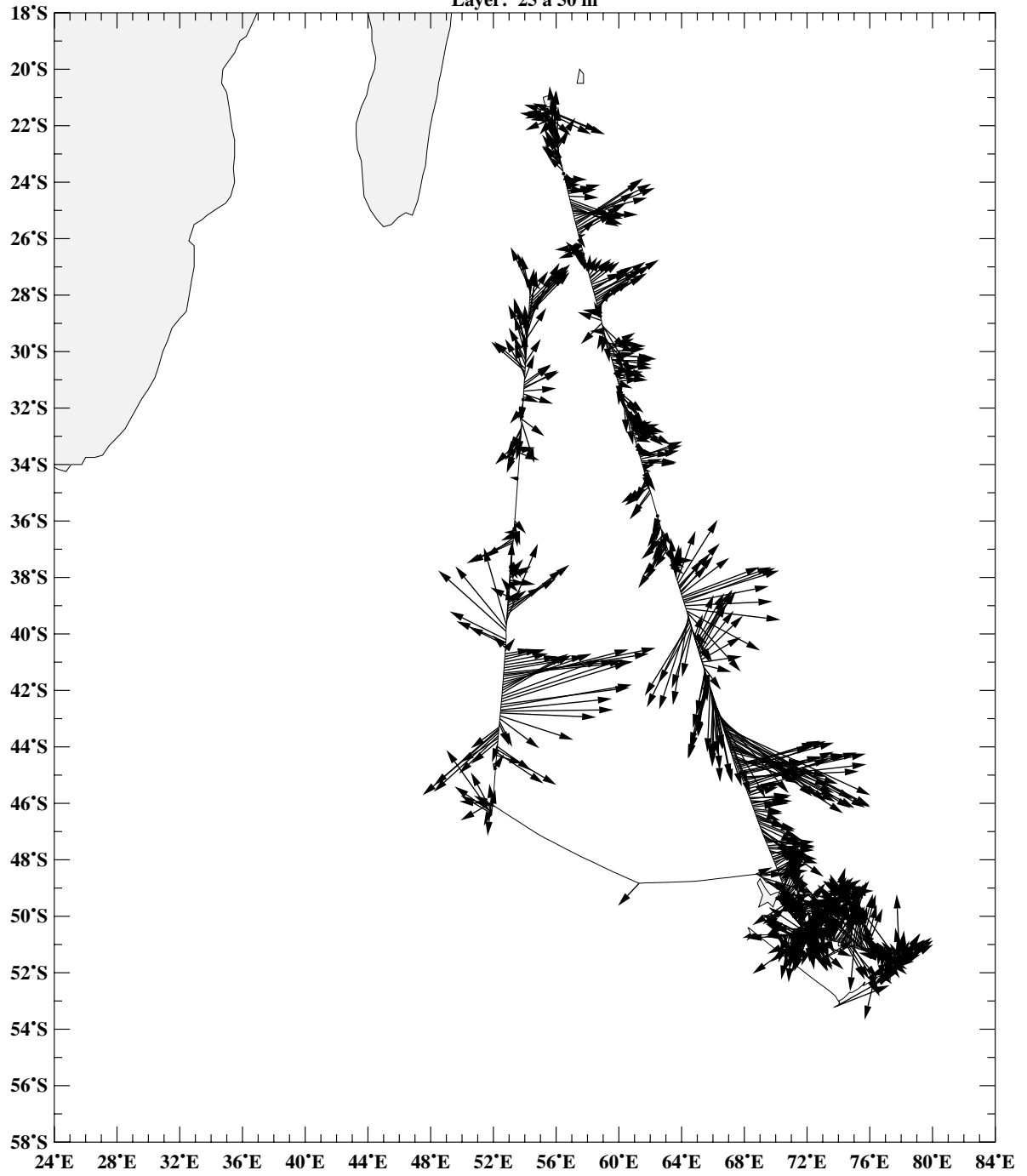


OISO 12

10 Janvier -21 Fevrier 2005

Timfit - depthcng - Modele gyro Firing + Cte

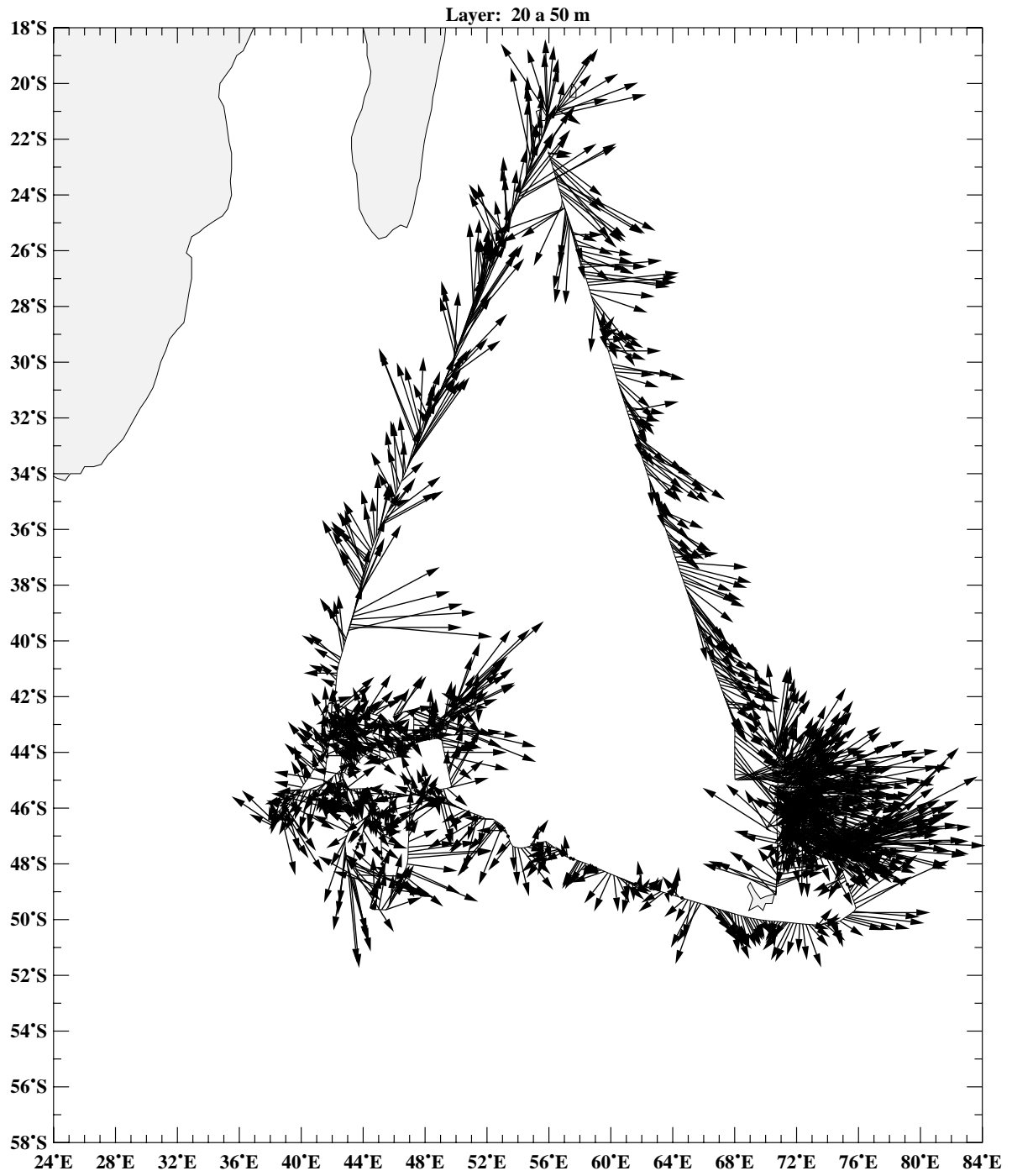
Layer: 25 a 50 m



OISO 13

16 Septembre - 31 Octobre 2005

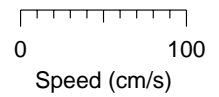
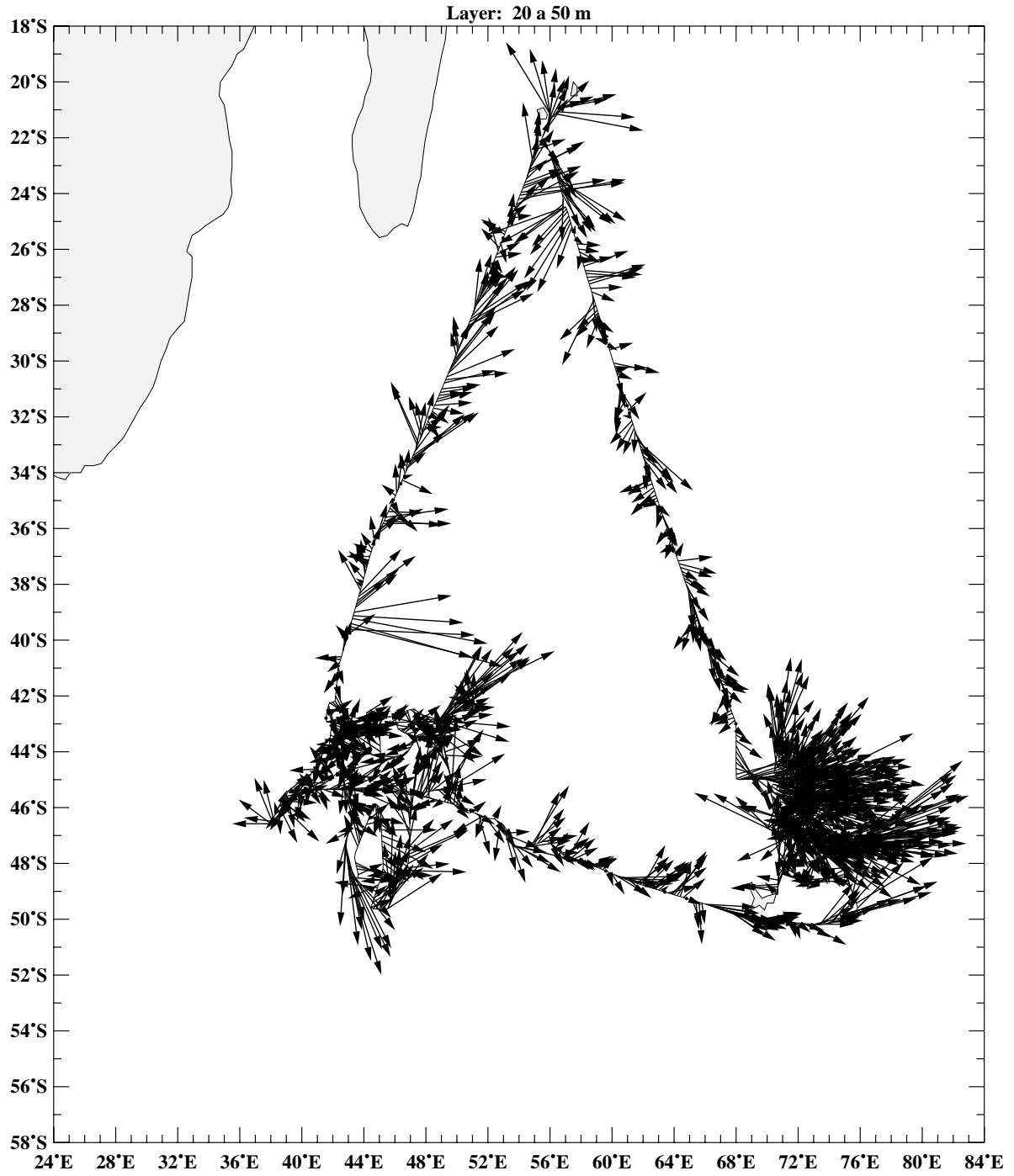
Raw - editees - horloge corrigees-depthcng-sndspd



OISO 13

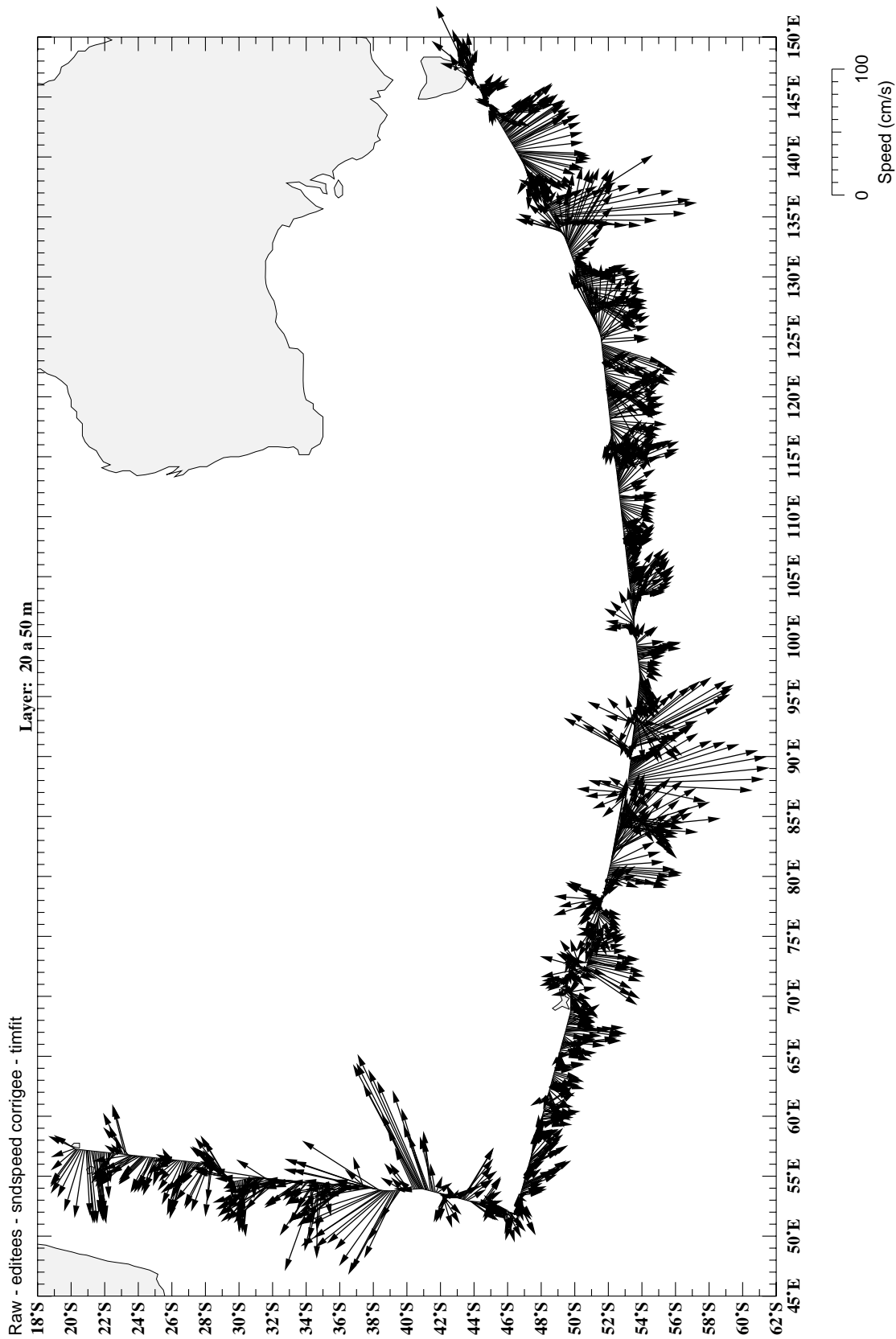
17 Septembre - 31 Octobre 2005

Rotation cte, horloge corrigee-depthcng-sndspd



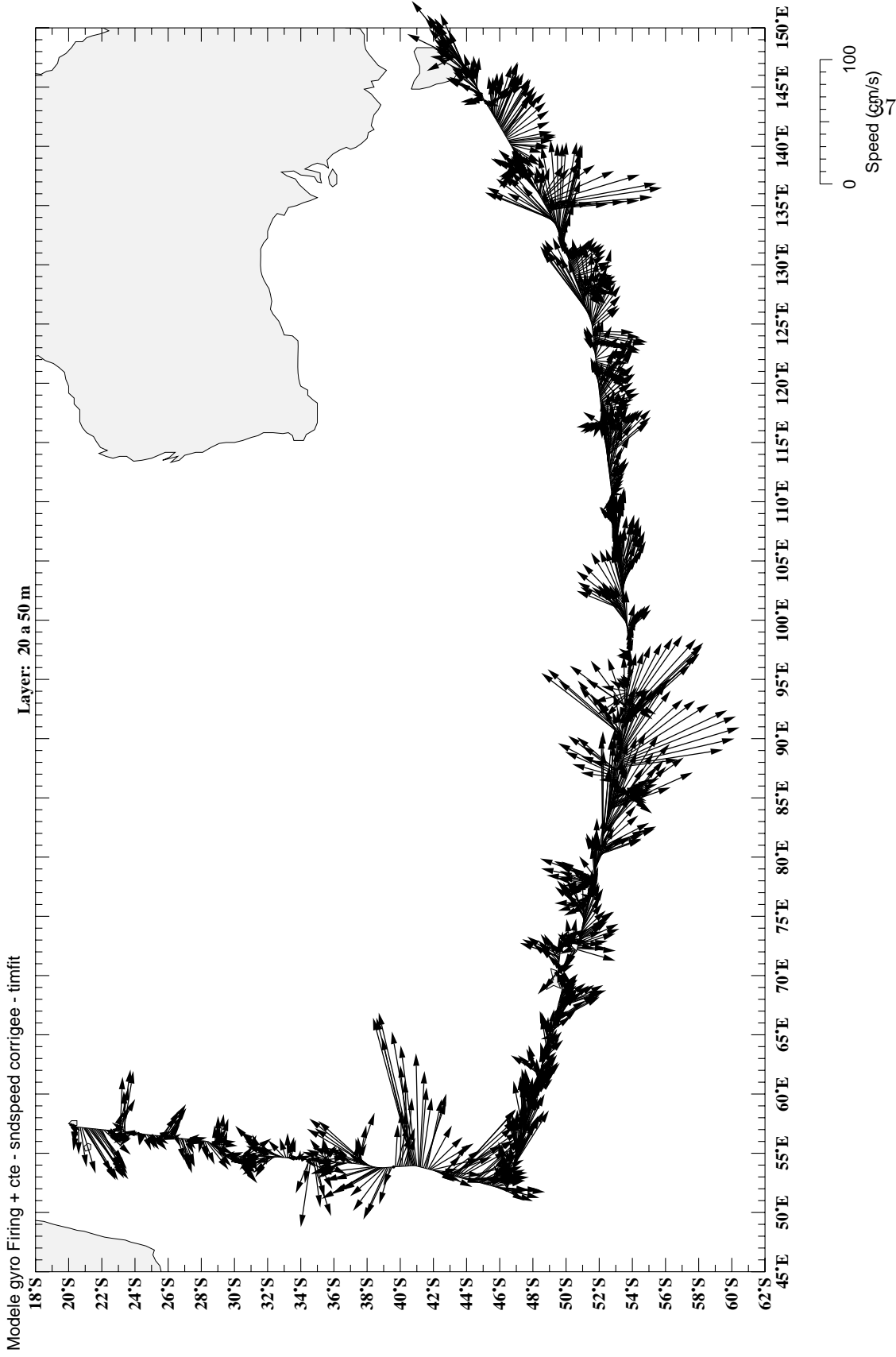
OISO 14

4 au 22 Janvier 2006



OISO 14

4 au 22 Janvier 2006

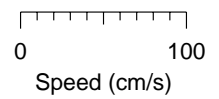
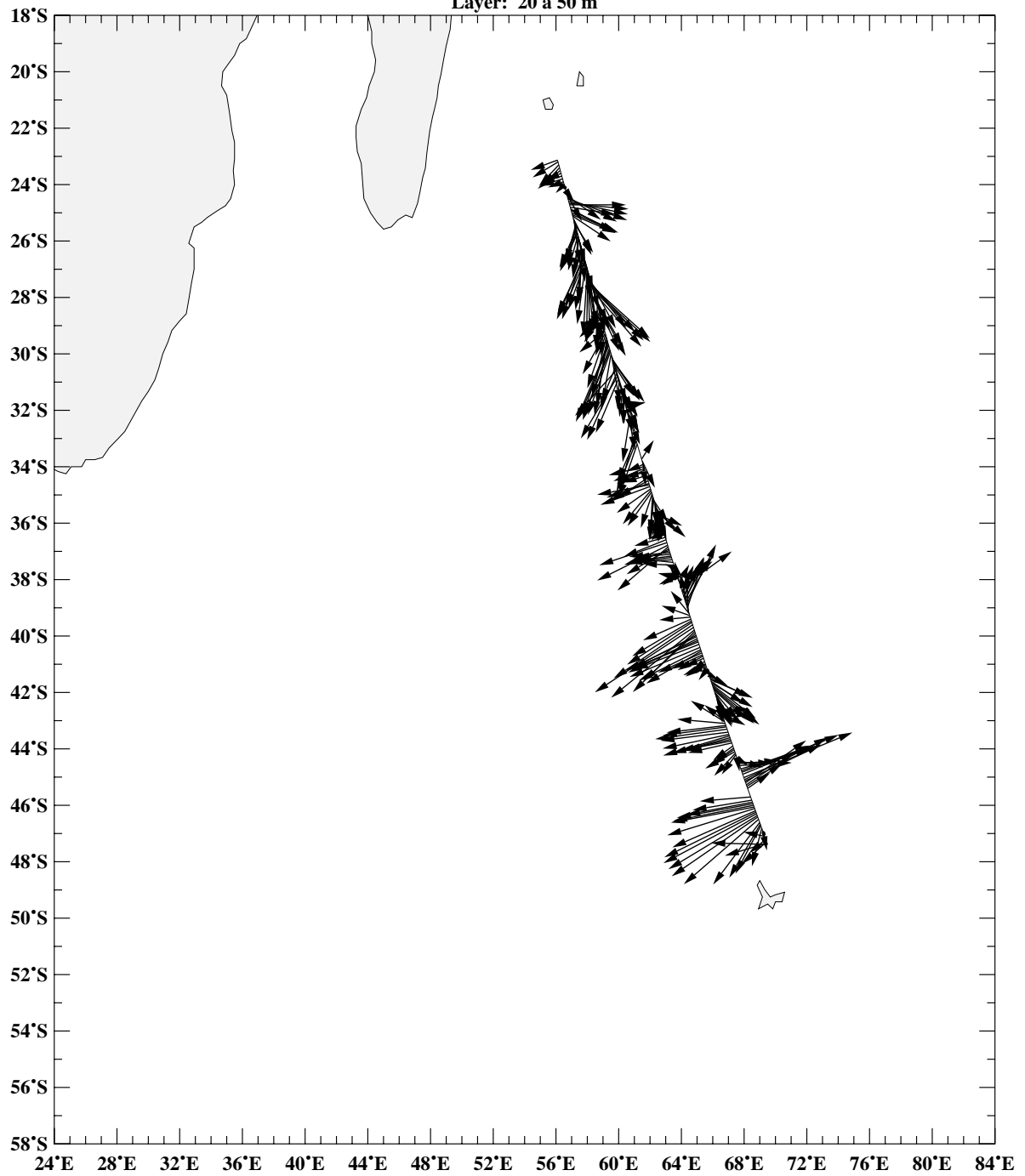


OISO 15

3 au 7 Janvier 2007

Raw - juste editees

Layer: 20 a 50 m

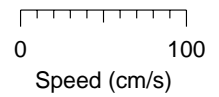
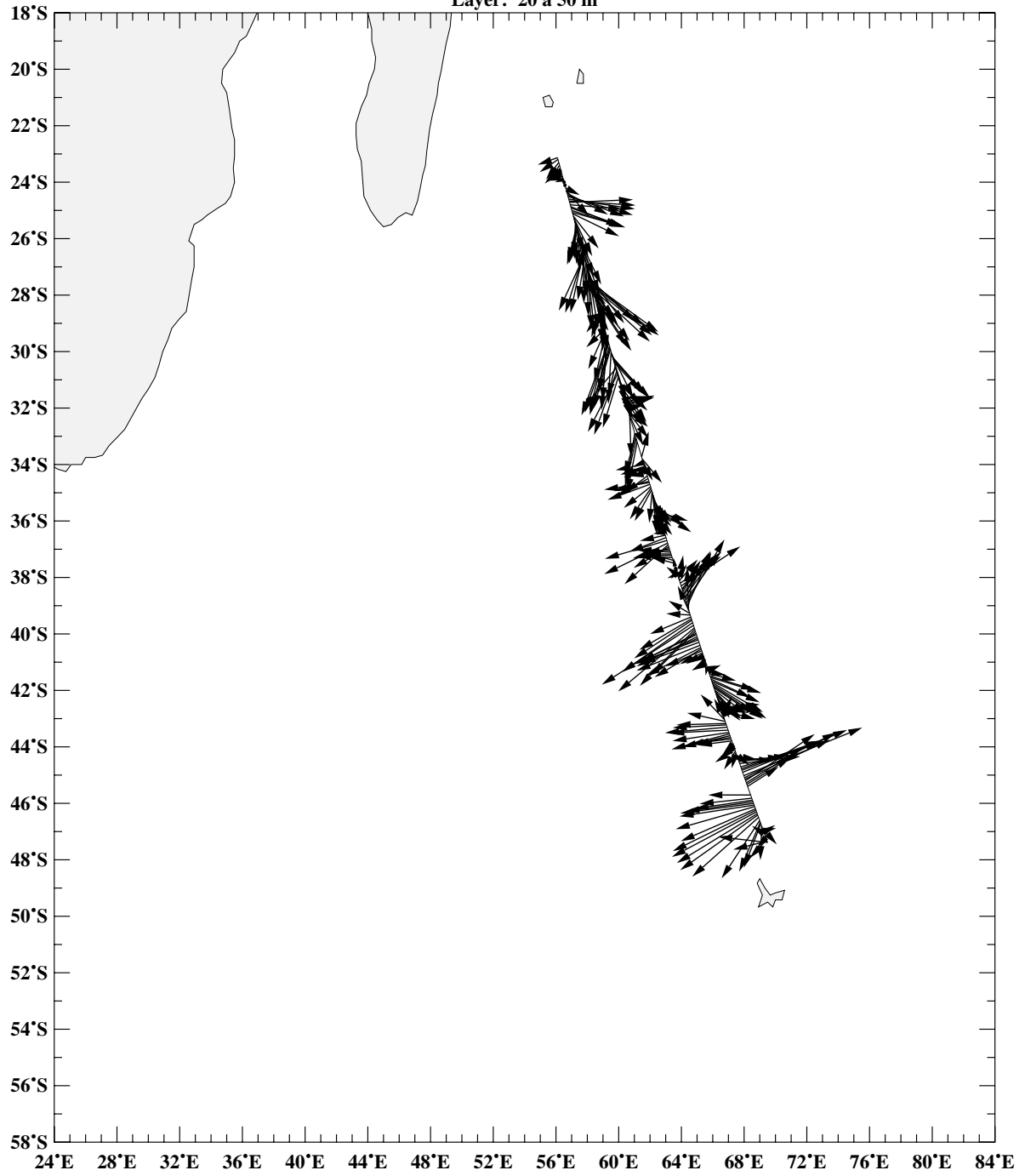


OISO 15

3 au 7 Janvier 2007

Correction gyro uniquement. Pas de rotation cte

Layer: 20 a 50 m

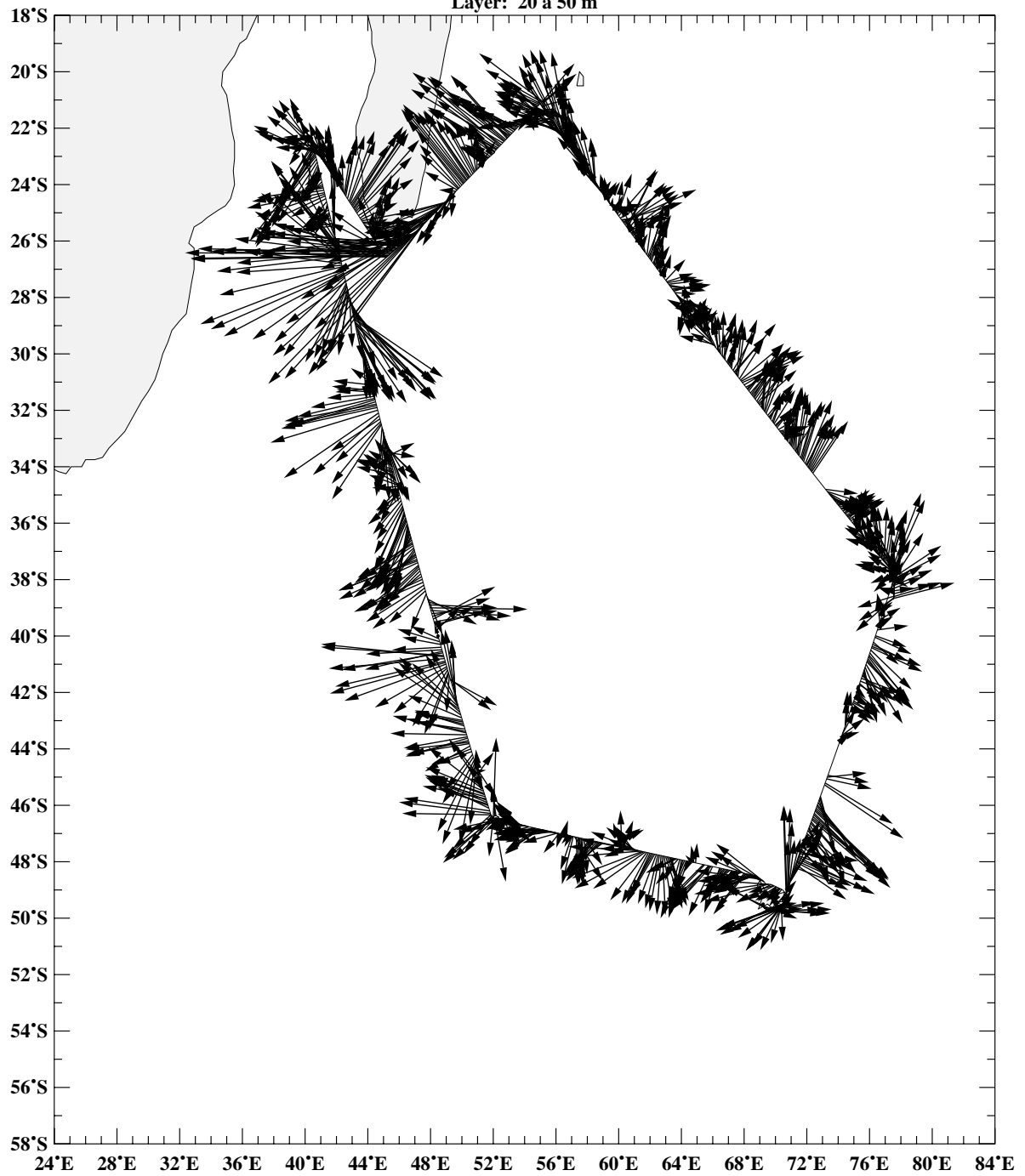


OP2007-1

27 mars au 26 avril 2007

Raw - juste editees

Layer: 20 a 50 m

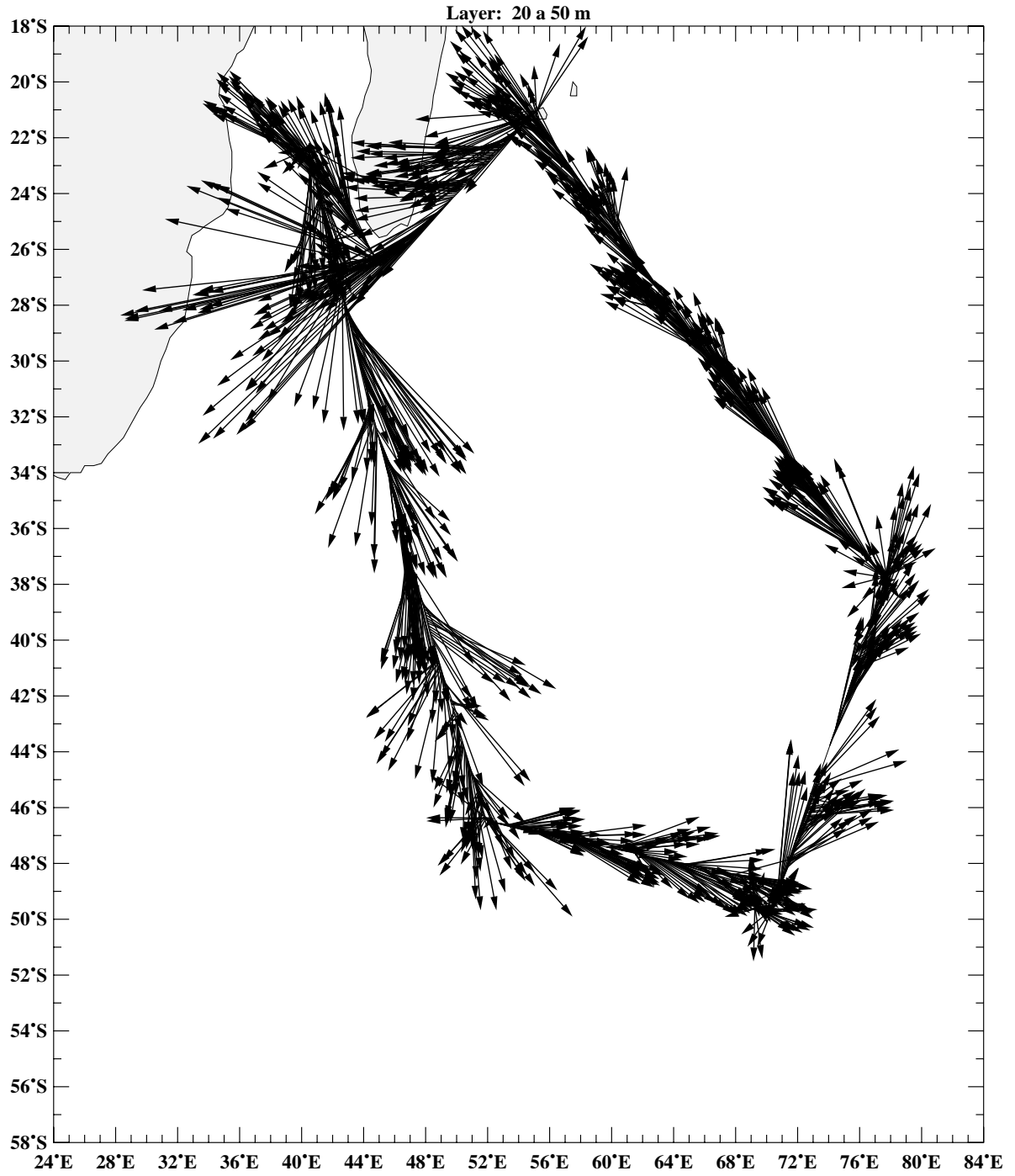


0 100
Speed (cm/s)

OP2007-1

27 mars au 26 avril 2007

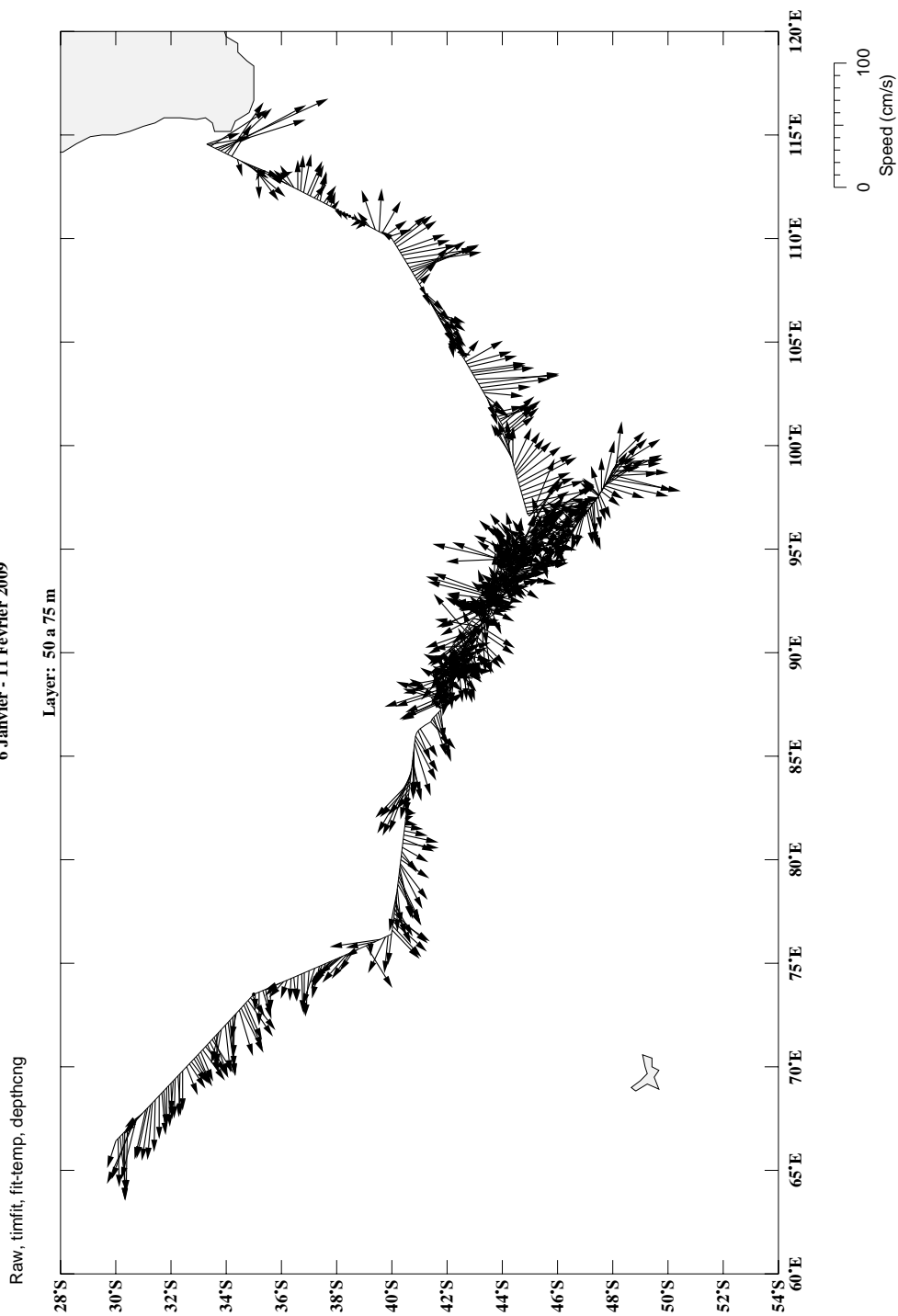
Rotation cte sur chtime+162



0 100
Speed (cm/s)

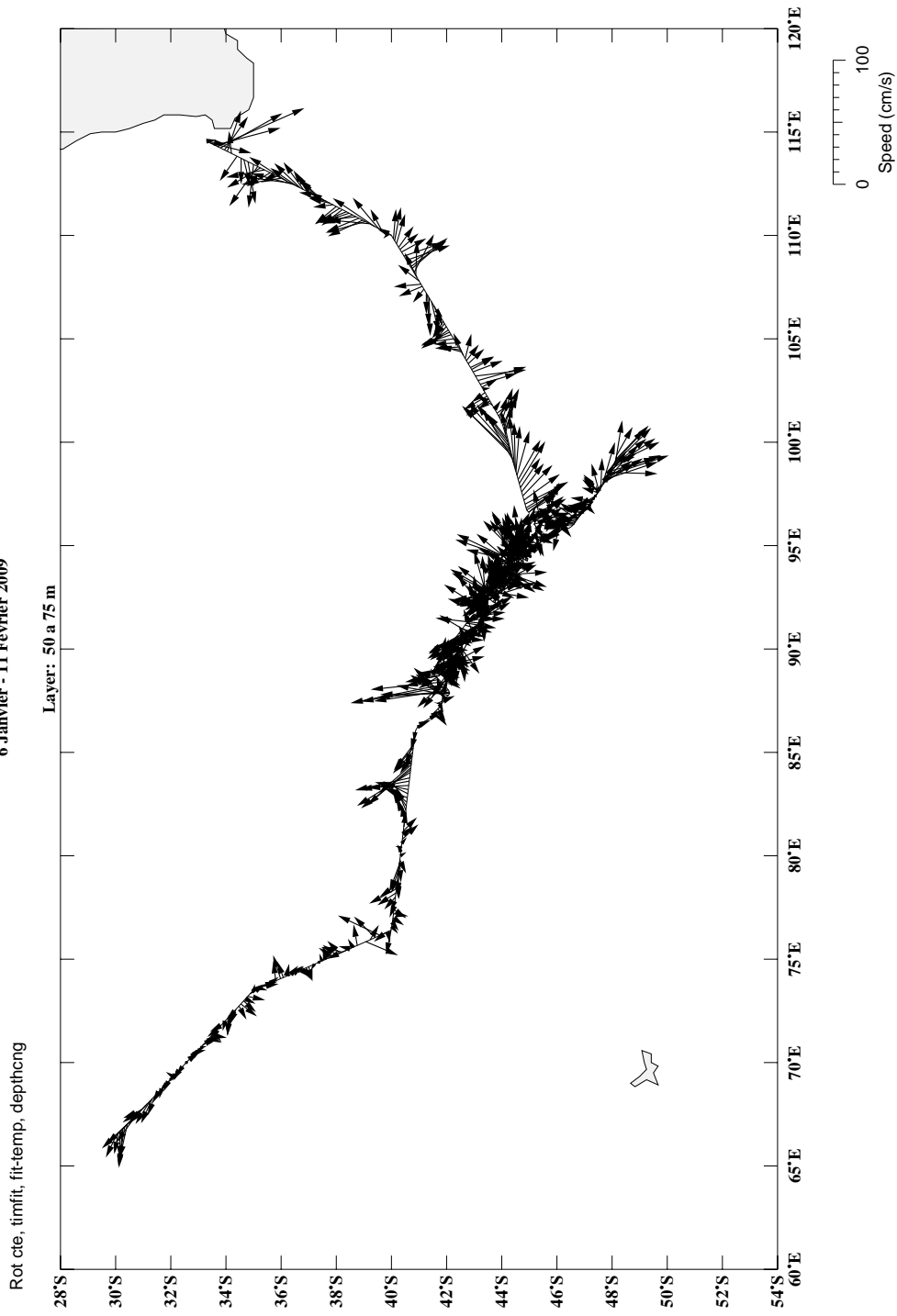
OISO 17

6 Janvier - 11 Fevrier 2009



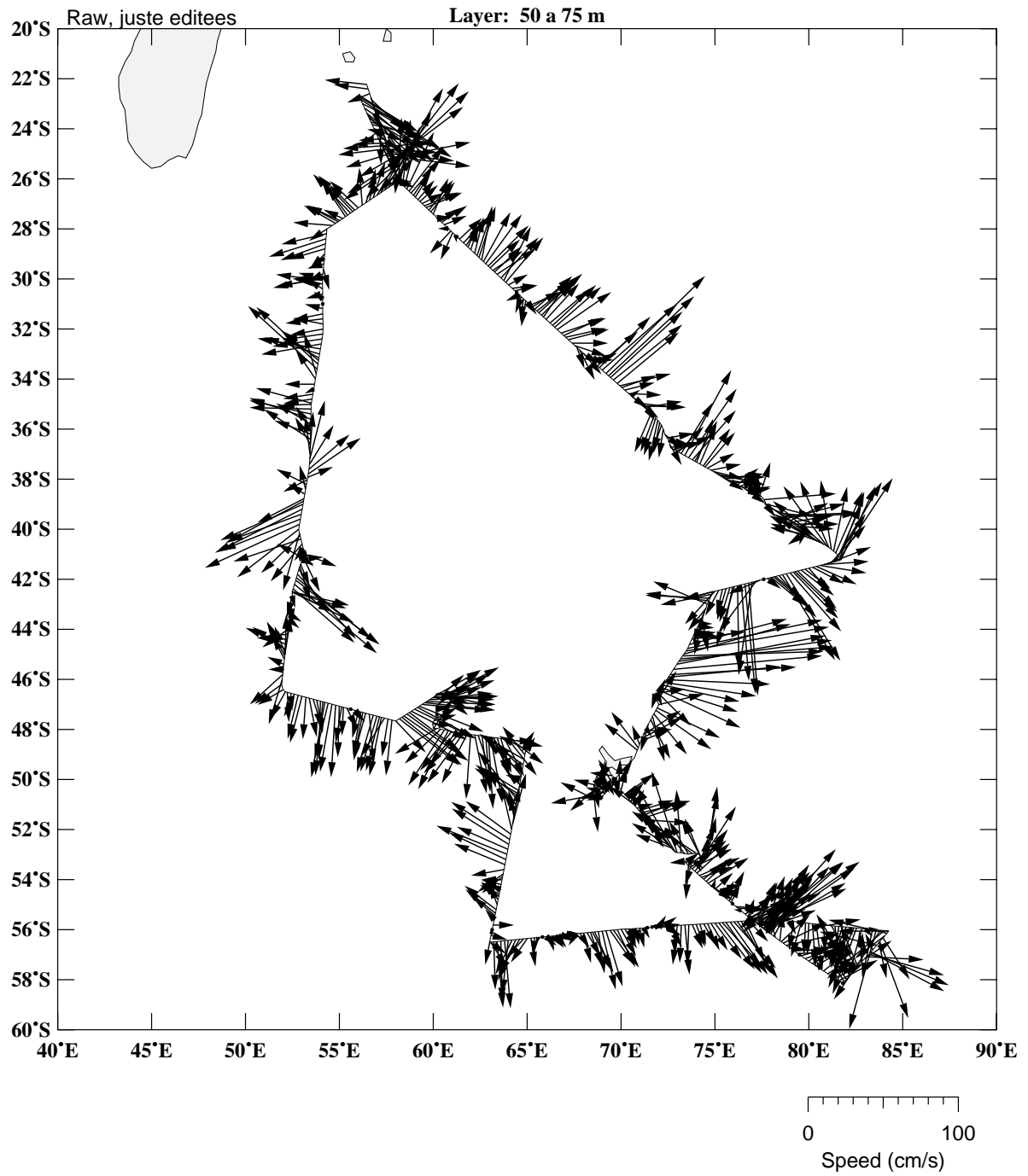
OISO 17

6 Janvier - 11 Fevrier 2009



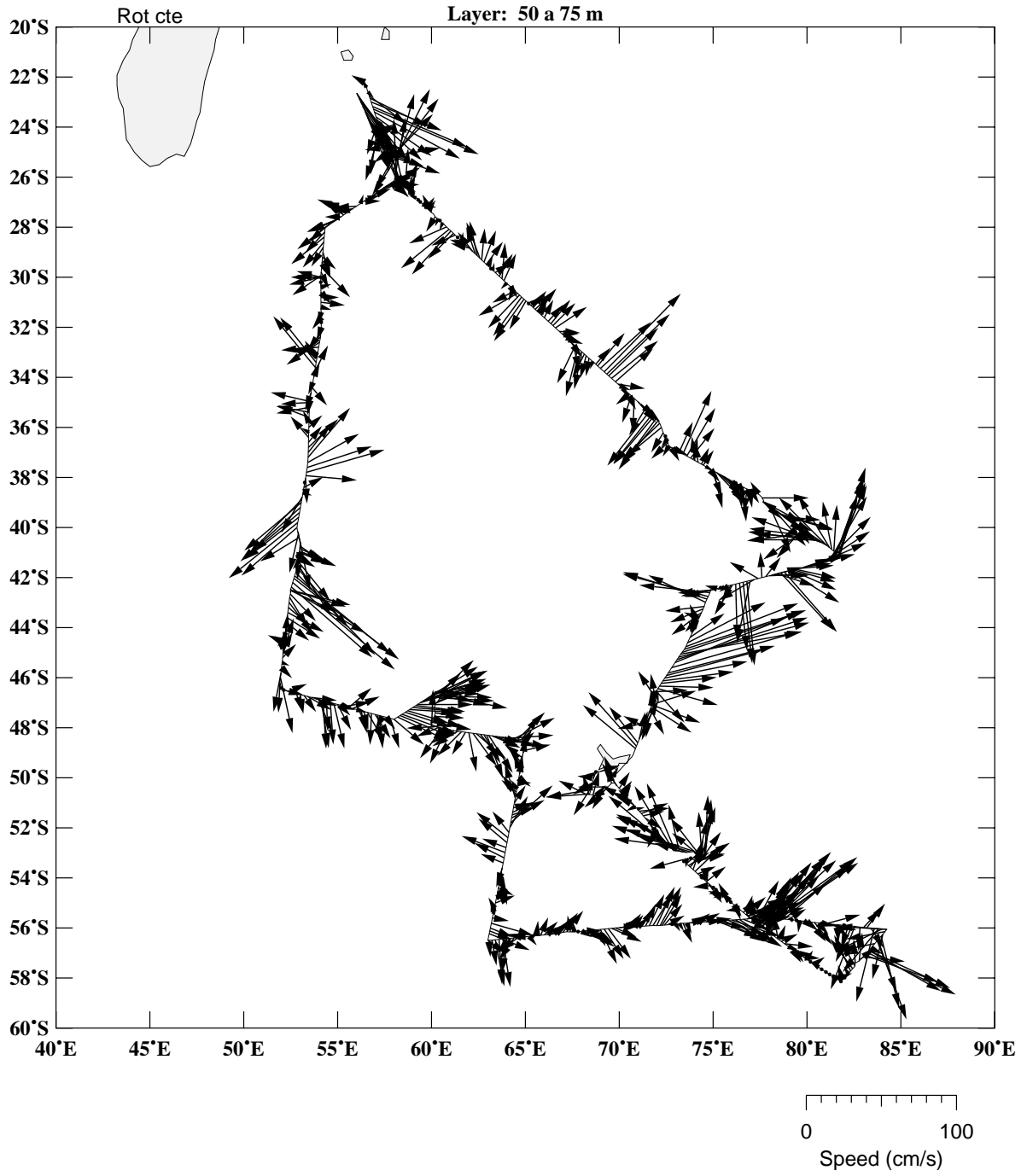
OISO 18

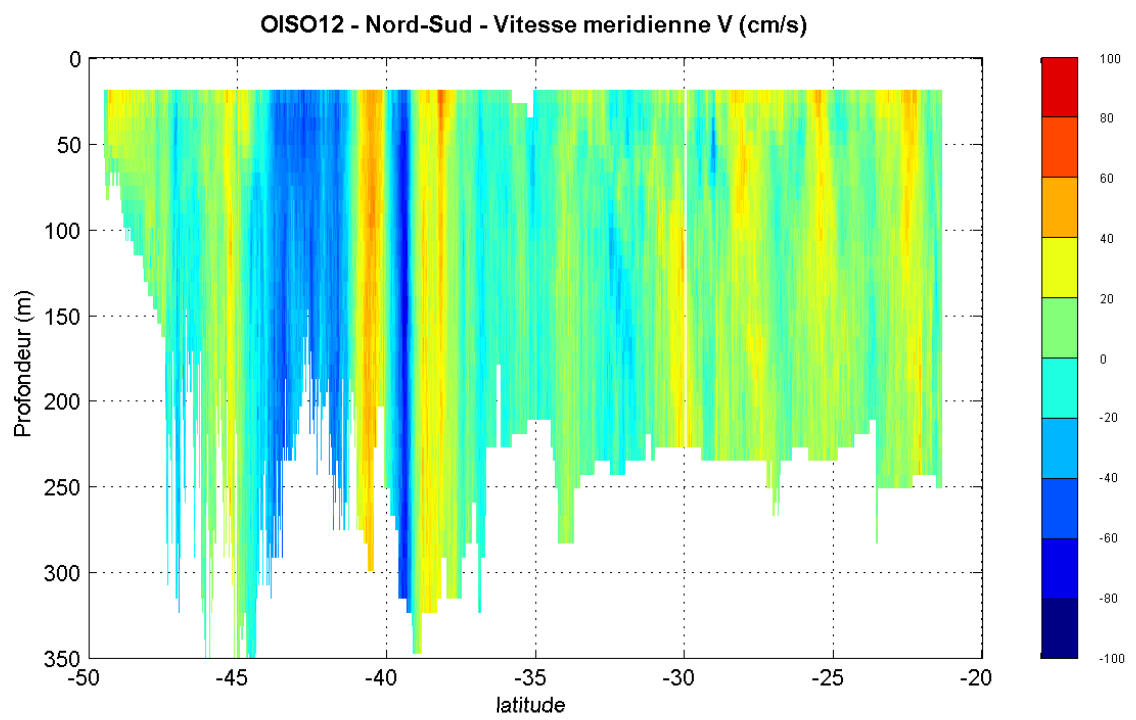
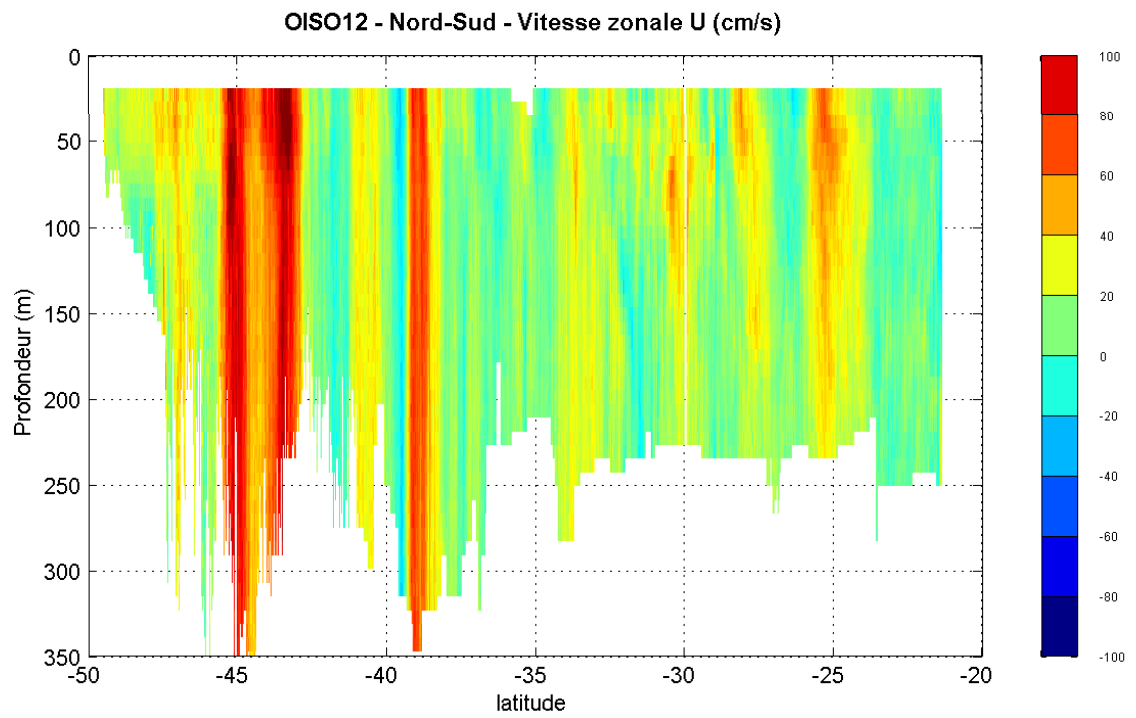
19 decembre 2009 - 23 Janvier 2010

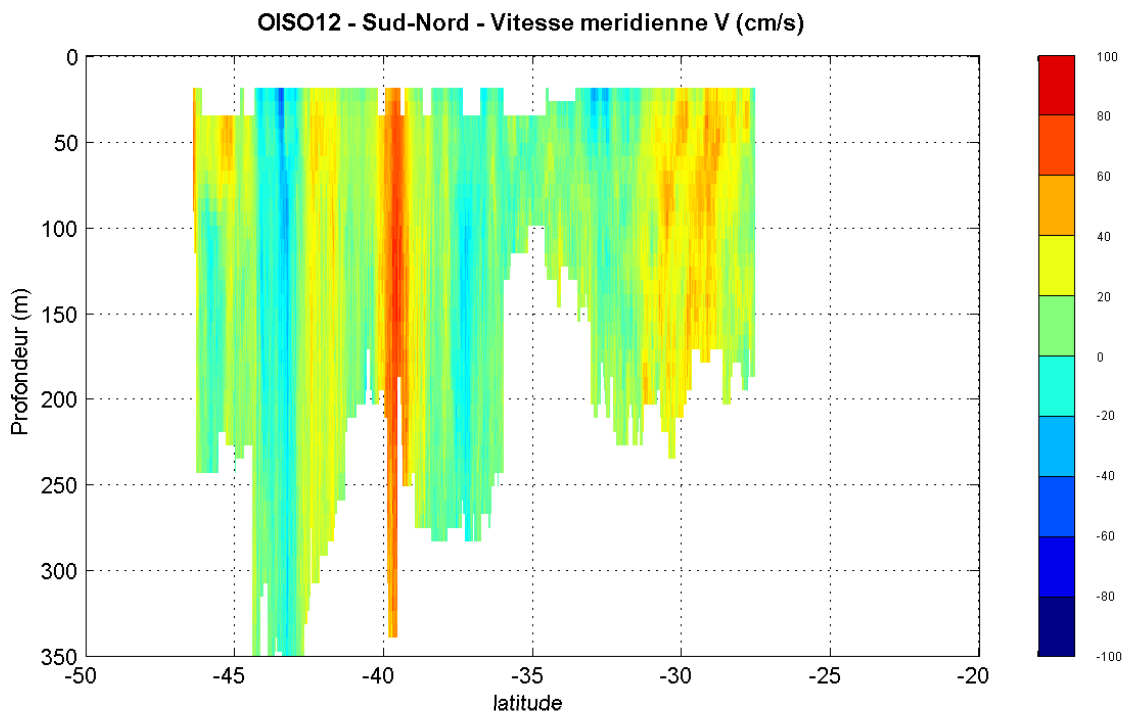
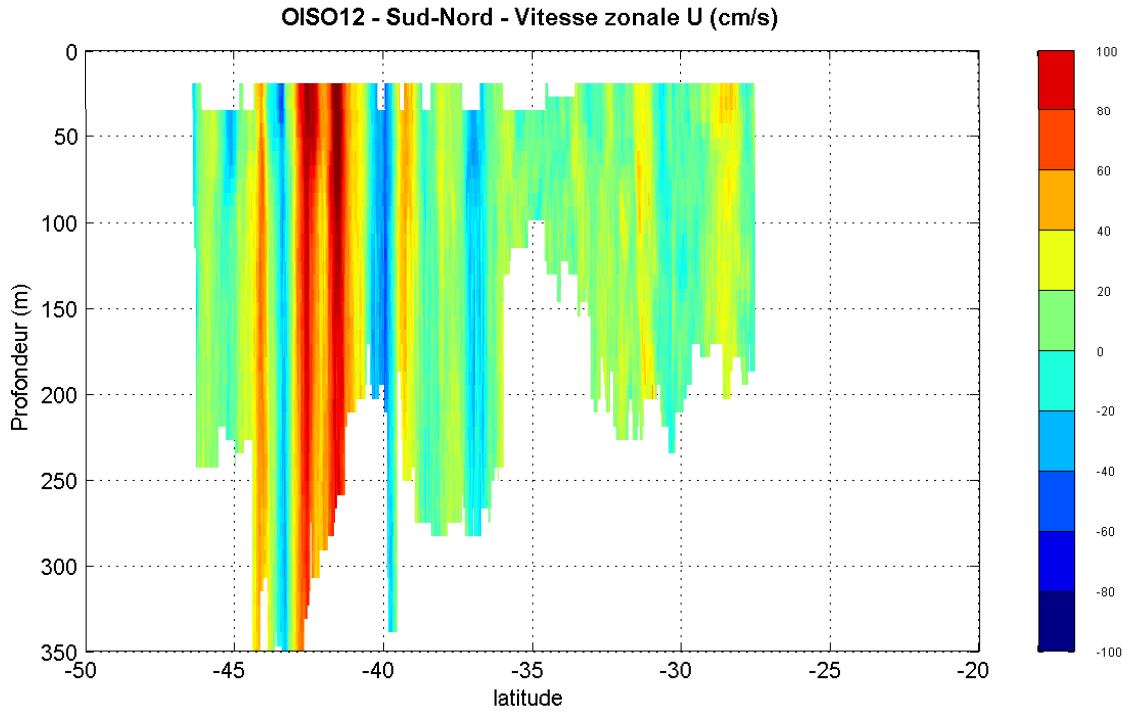


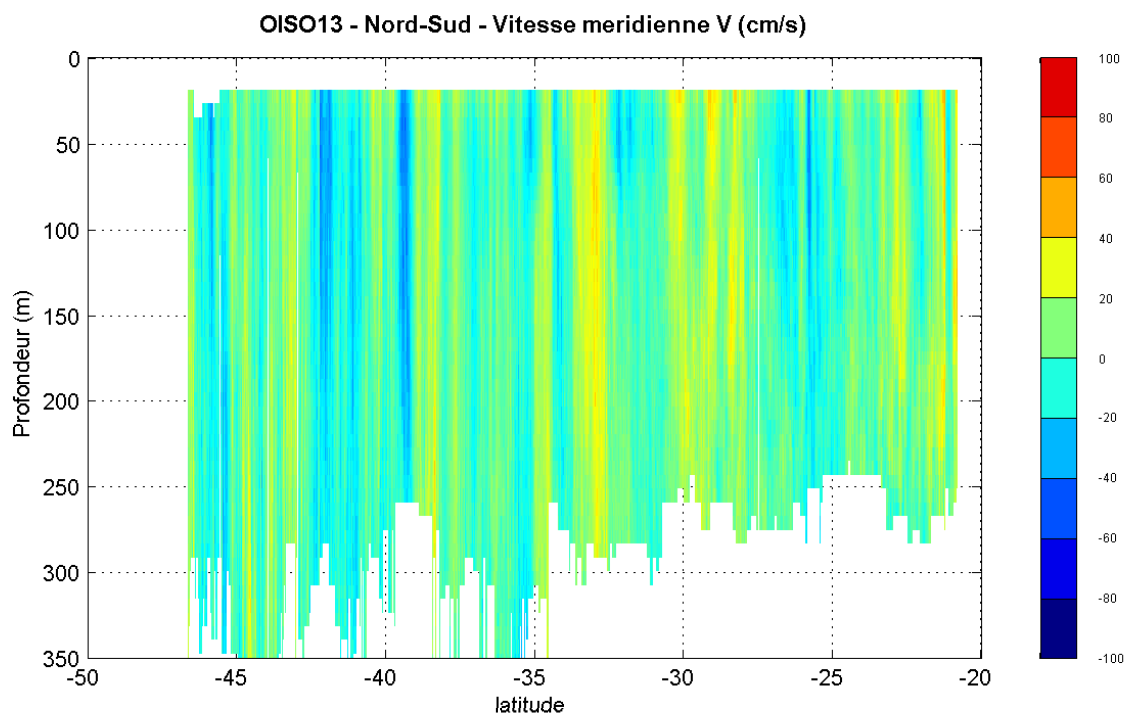
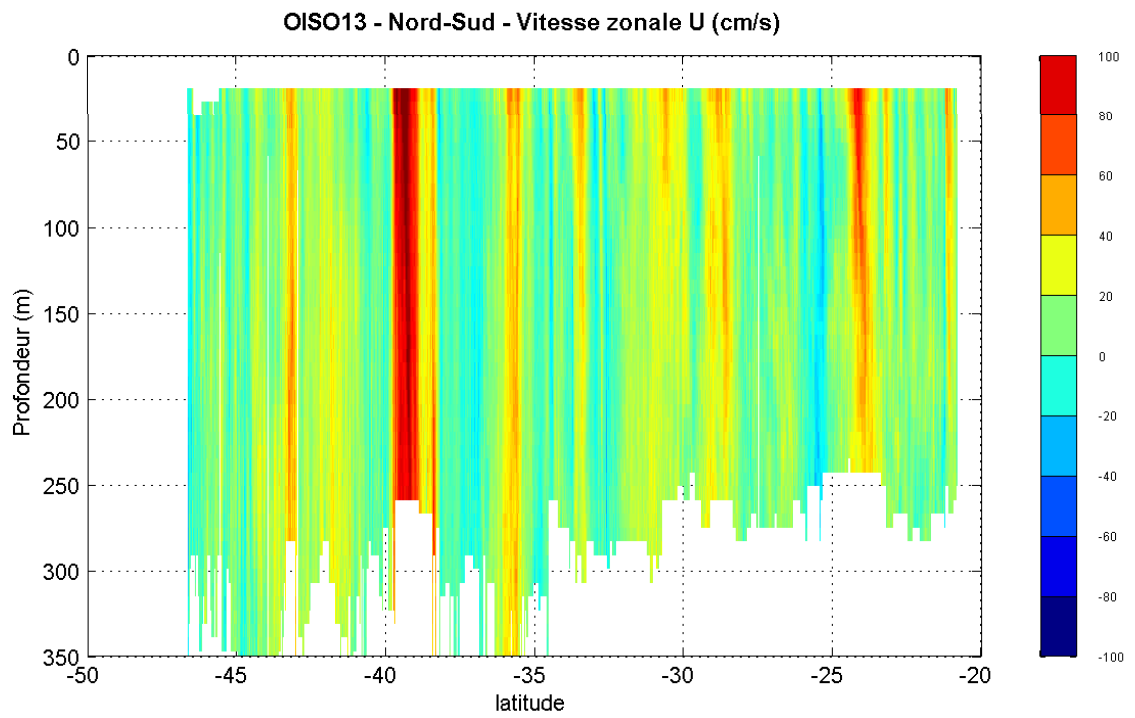
OISO 18

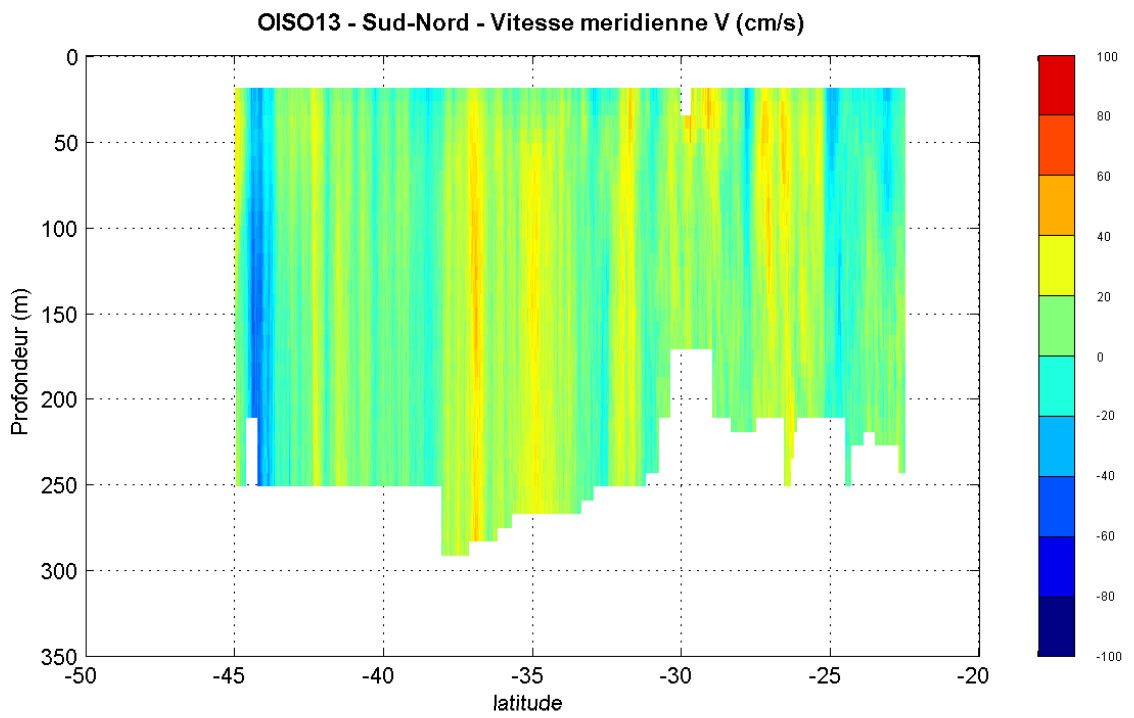
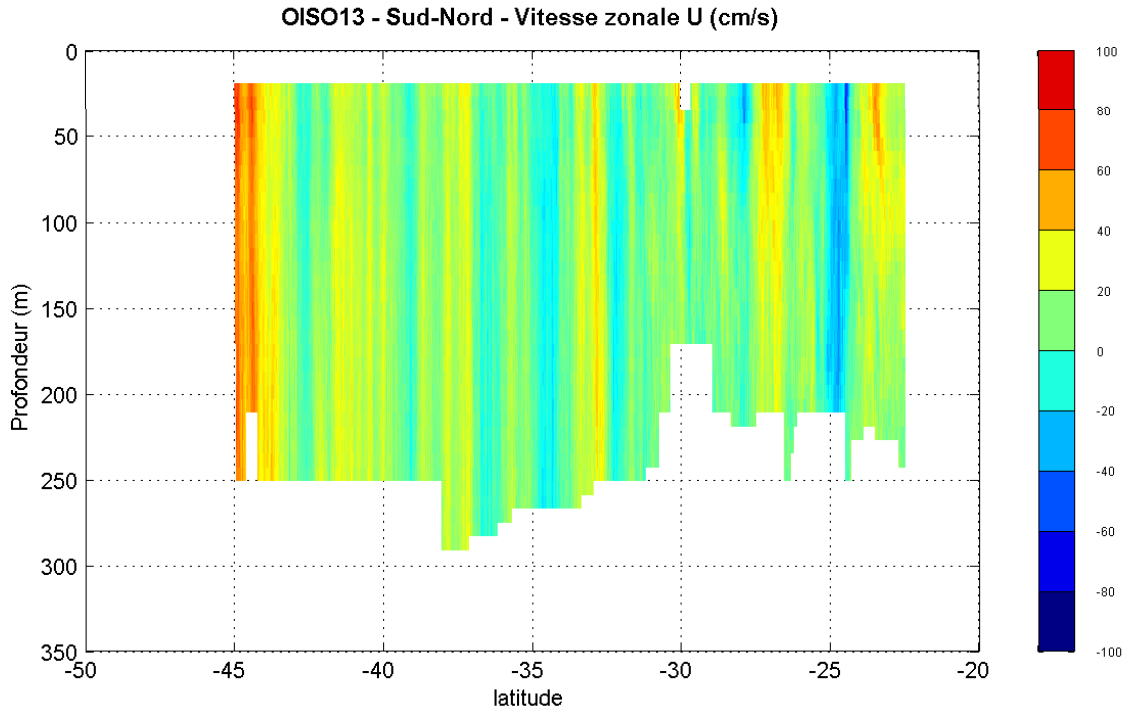
19 decembre 2009 - 23 Janvier 2010

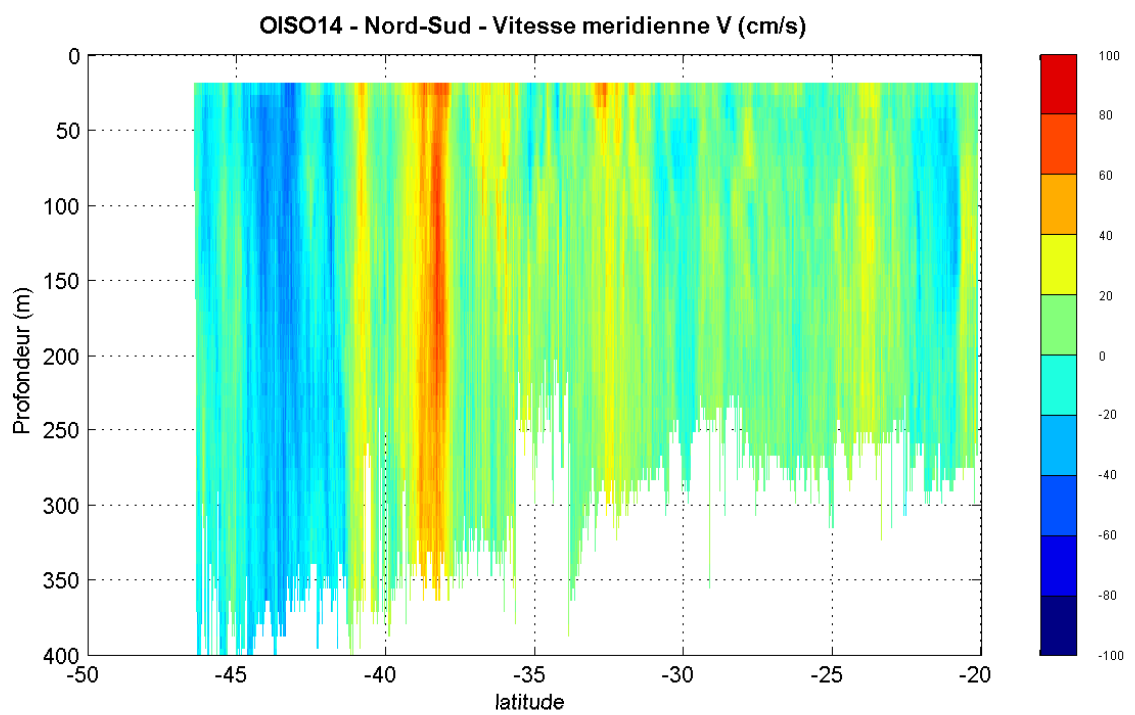
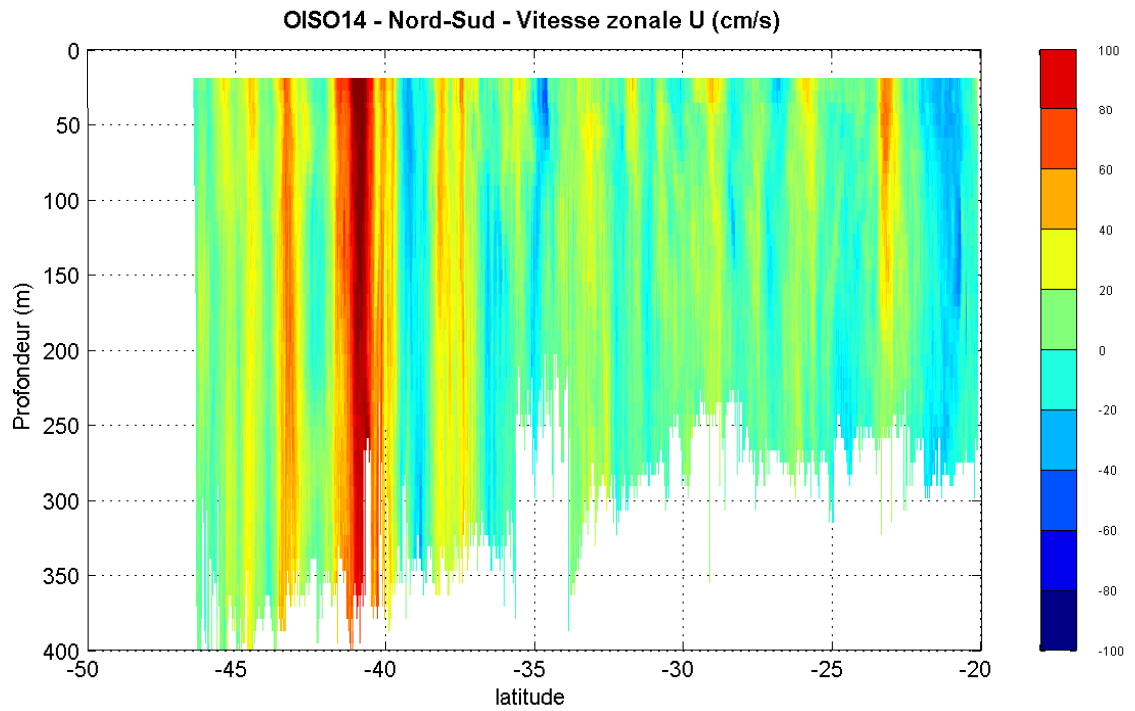


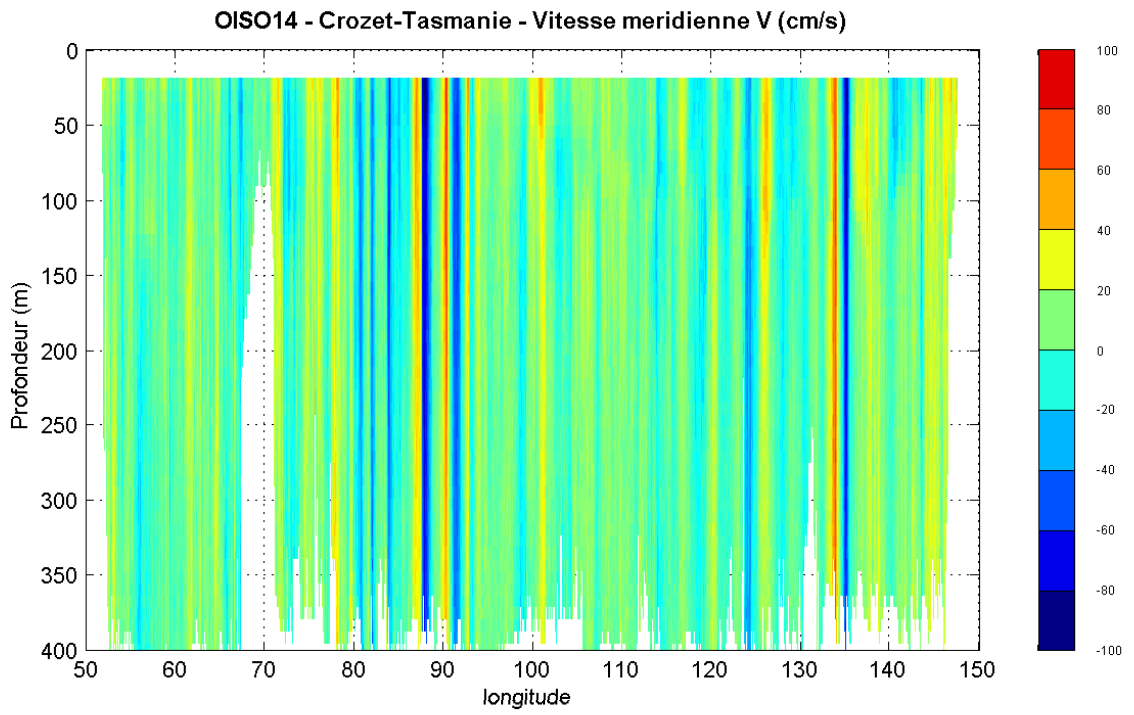
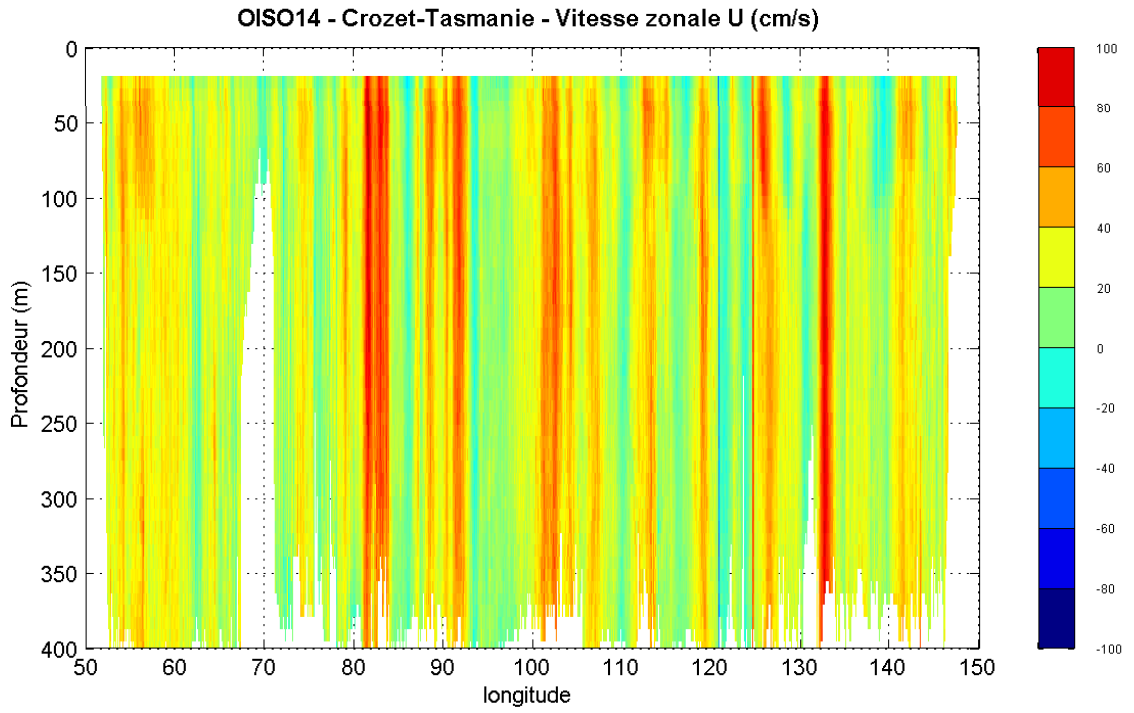


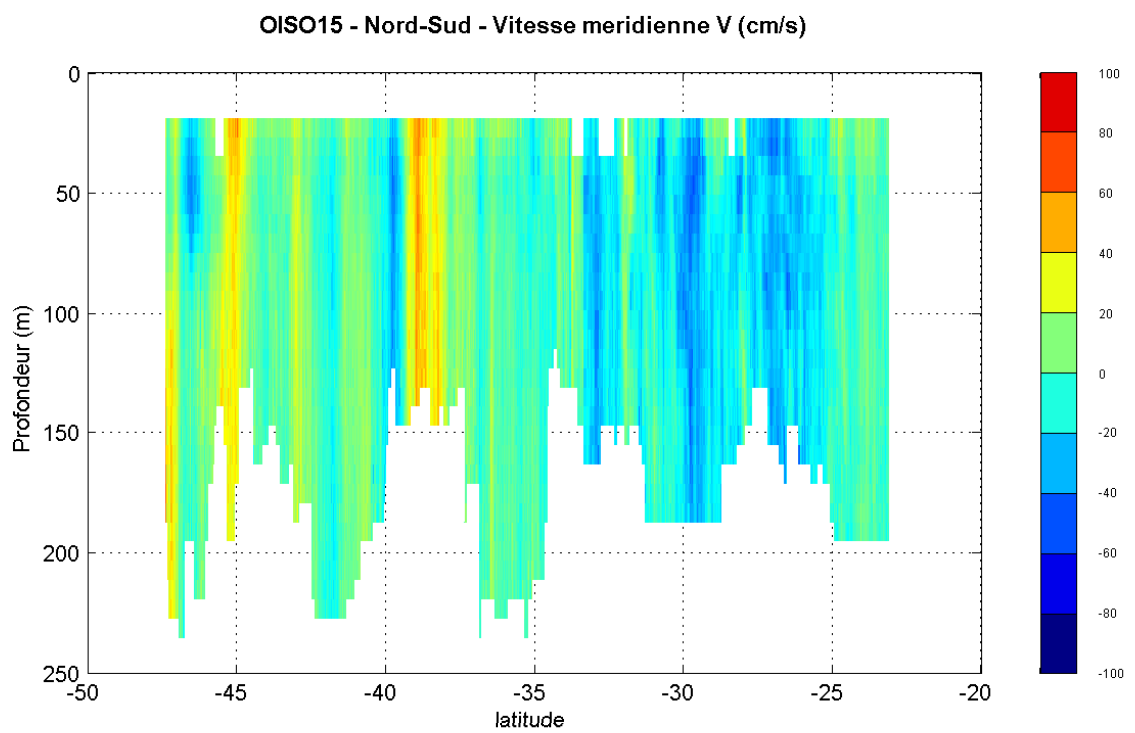
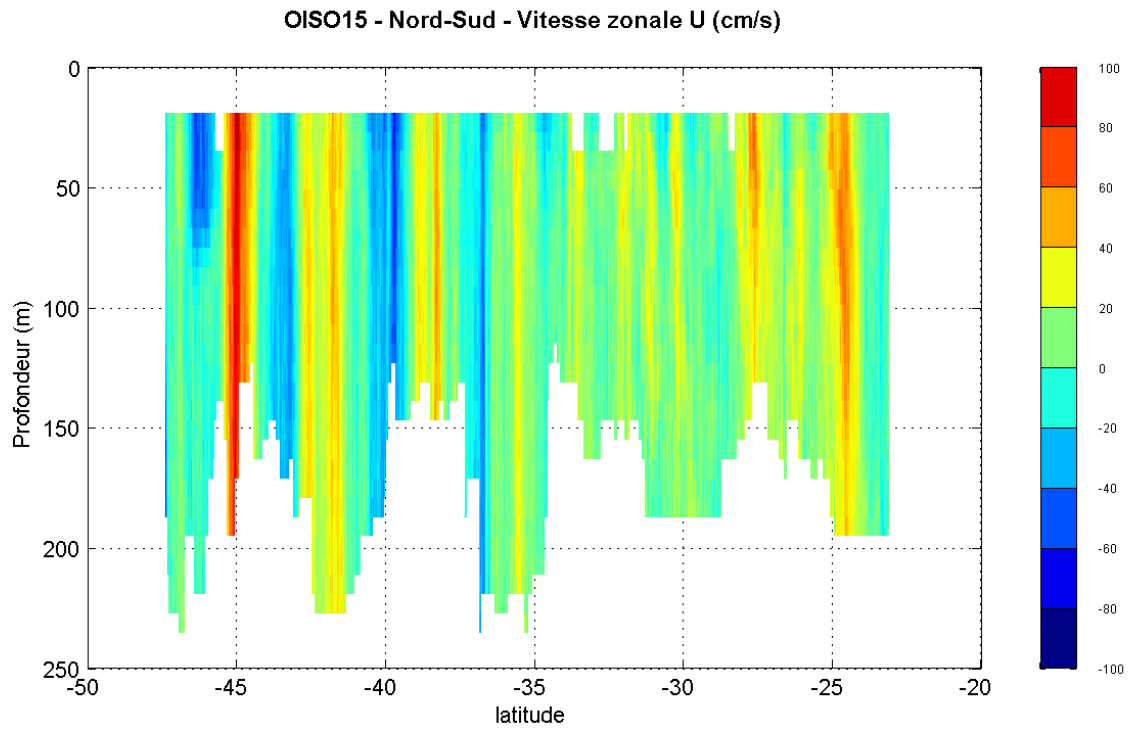


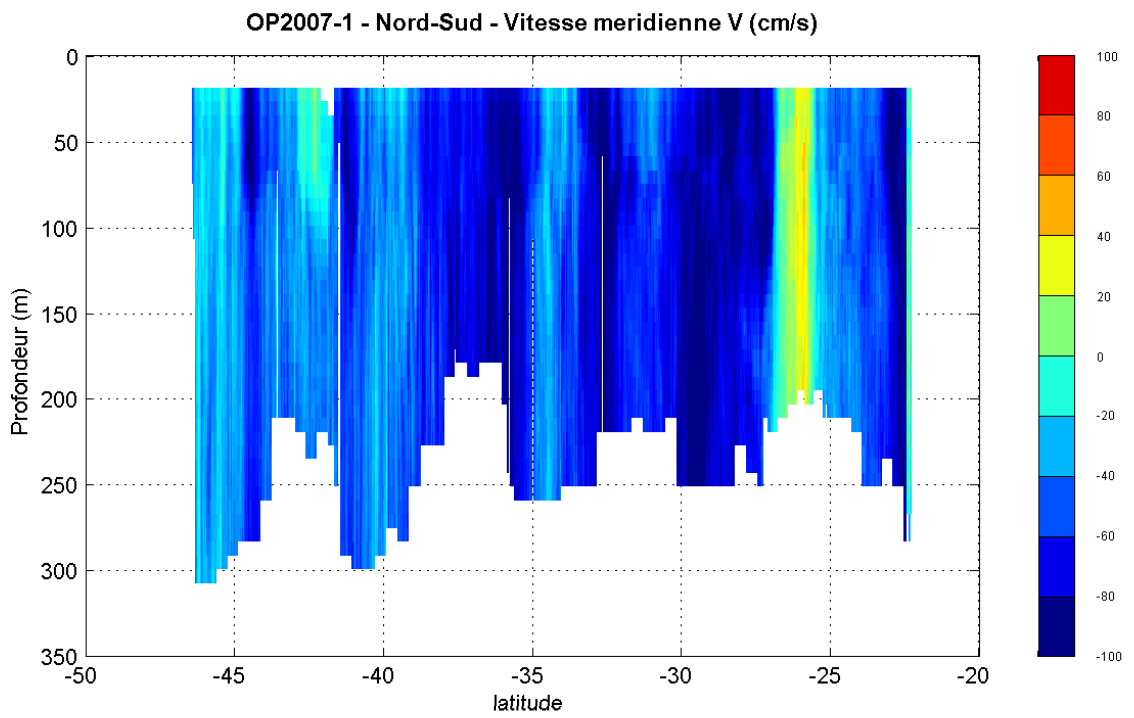
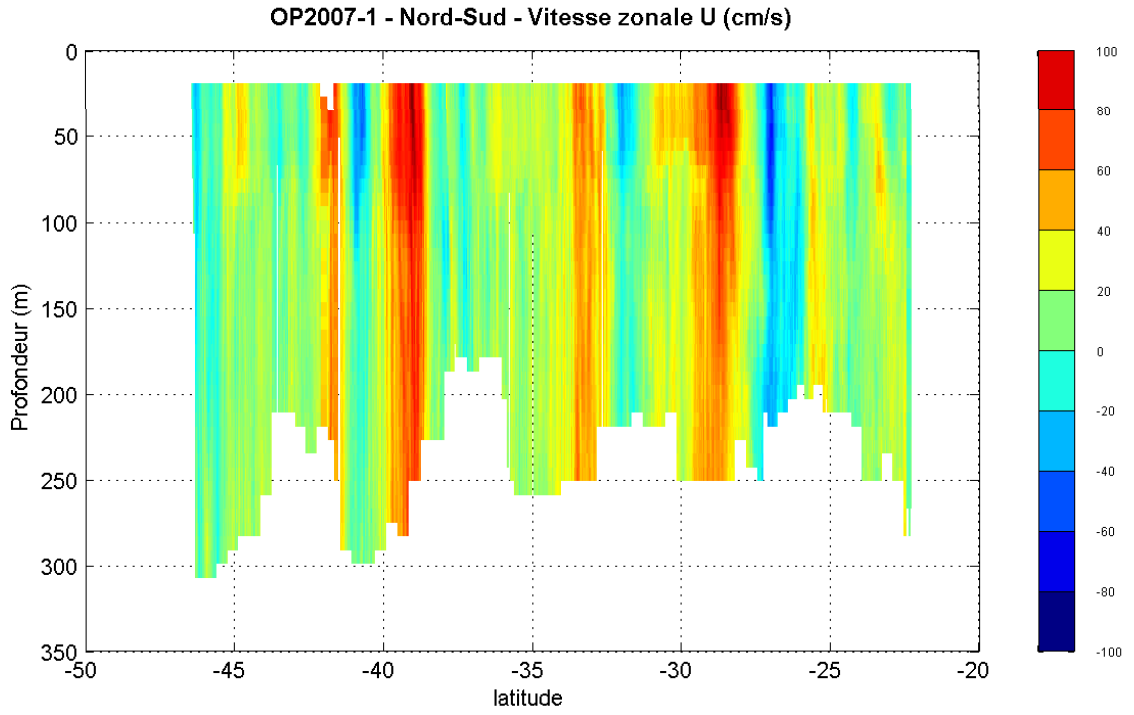


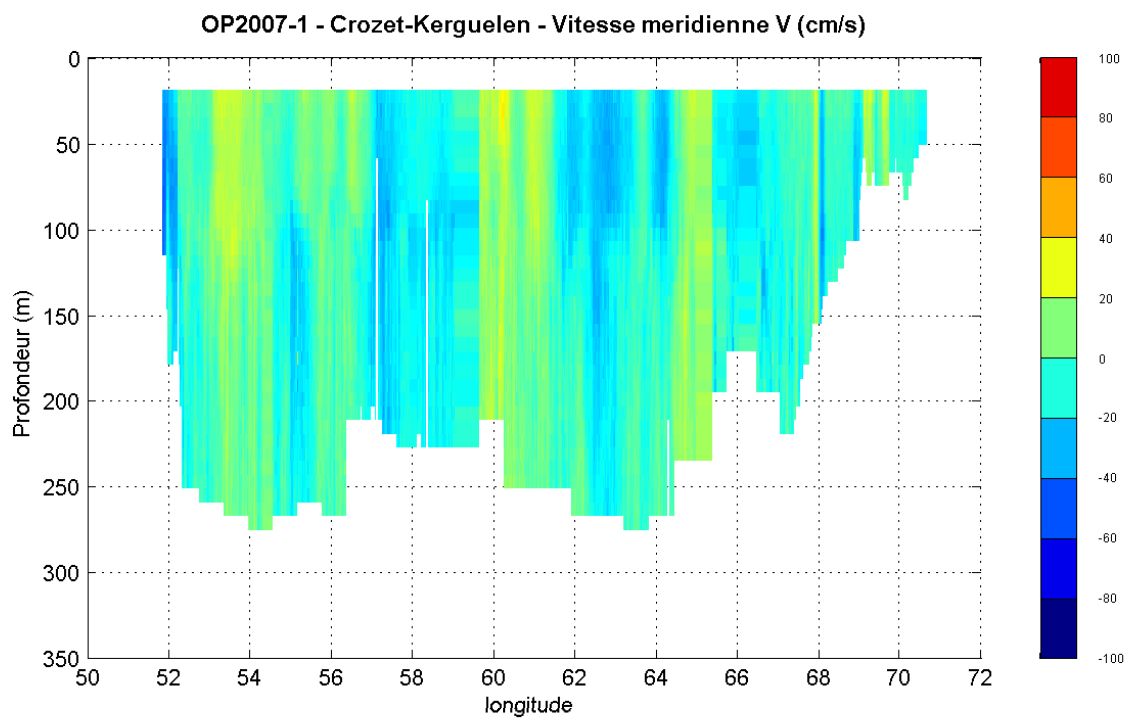
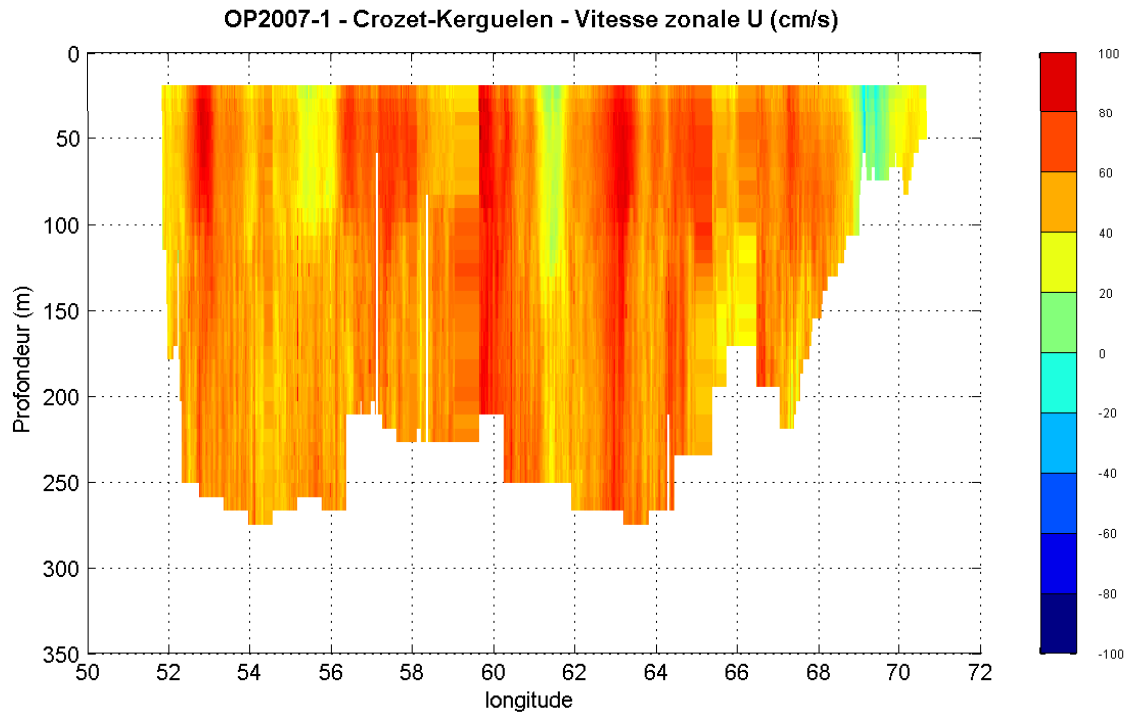




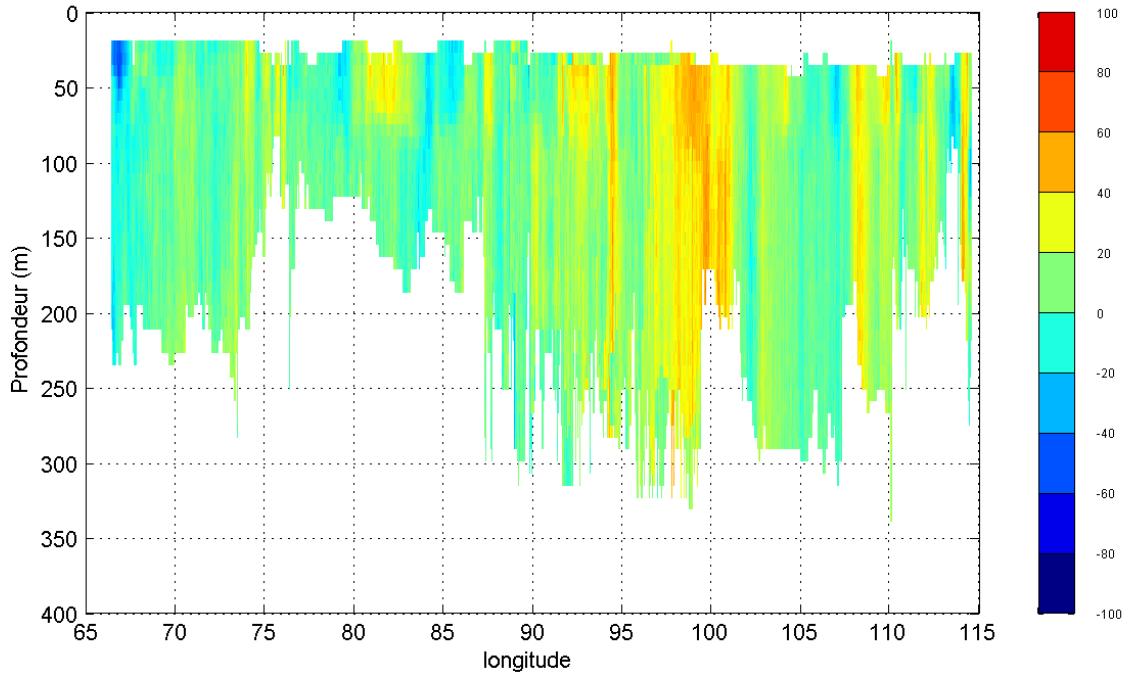




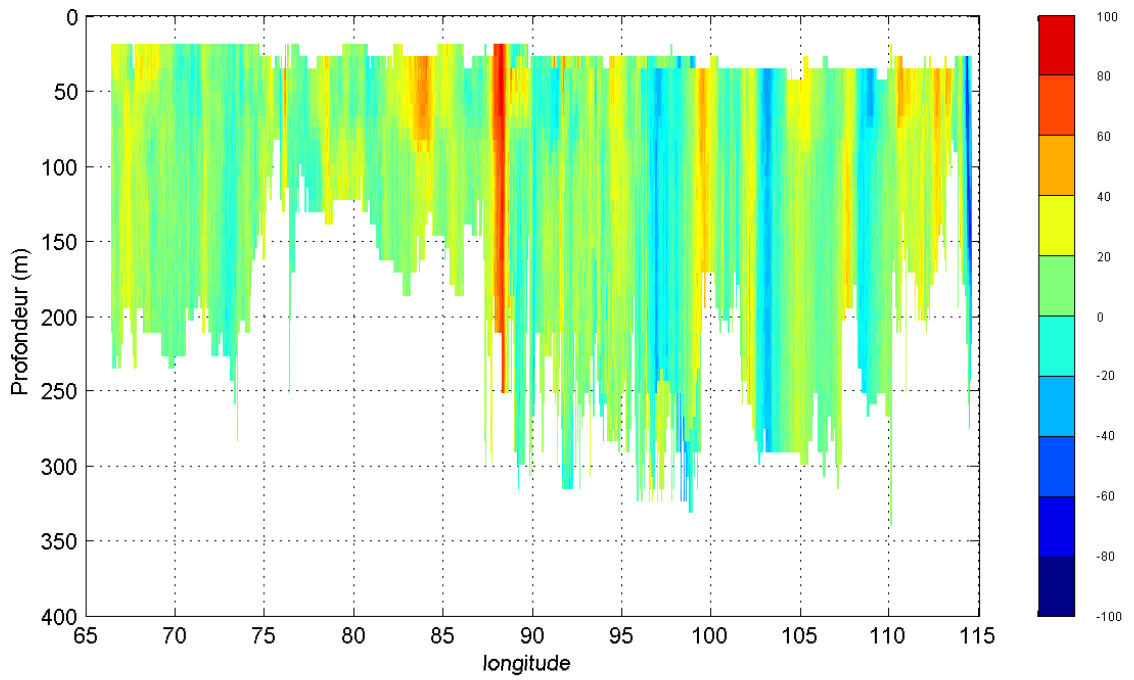




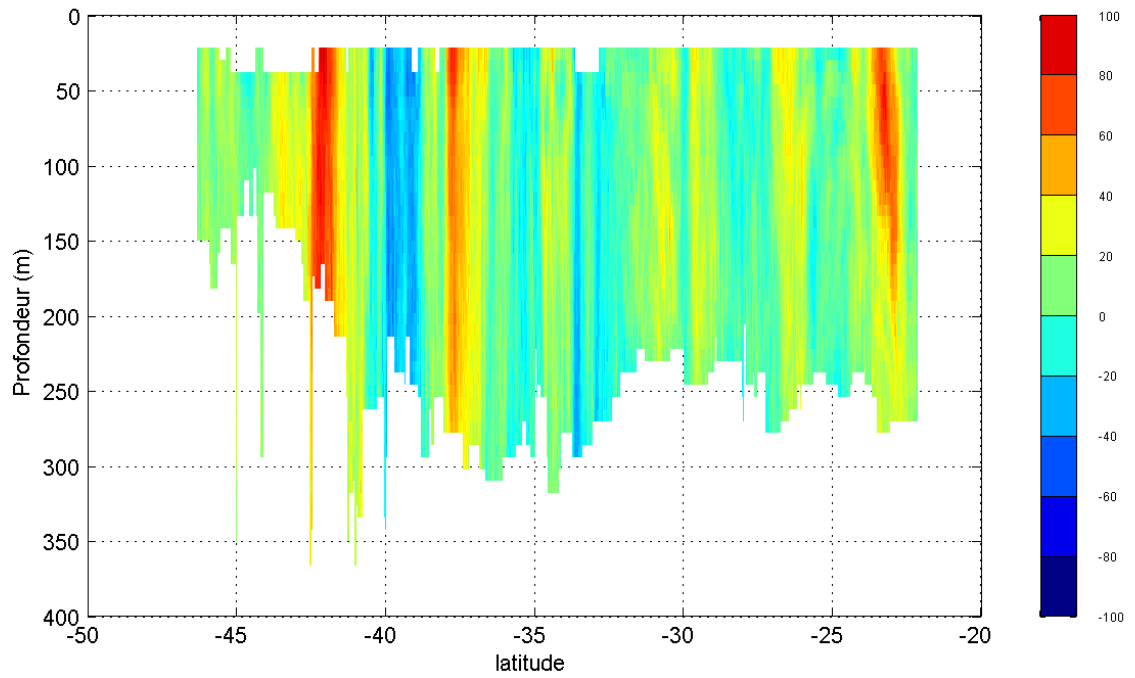
OISO17 NB150 - Ouest-Est - Vitesse zonale U (cm/s)



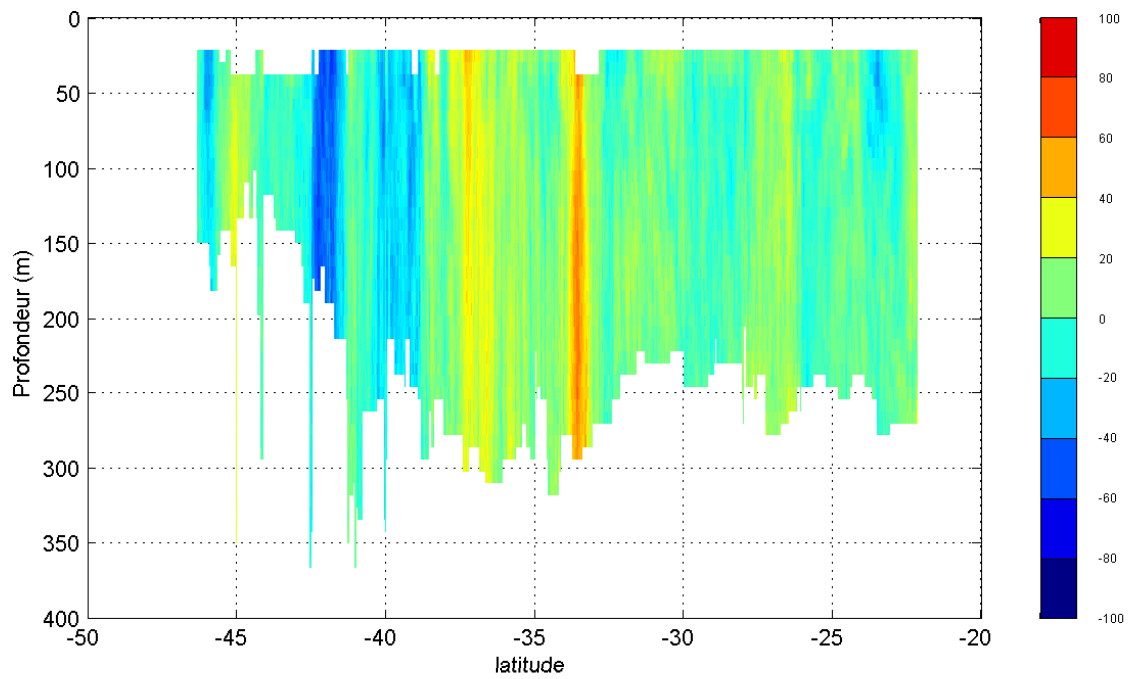
OISO17 NB150 - Ouest-Est - Vitesse meridienne V (cm/s)



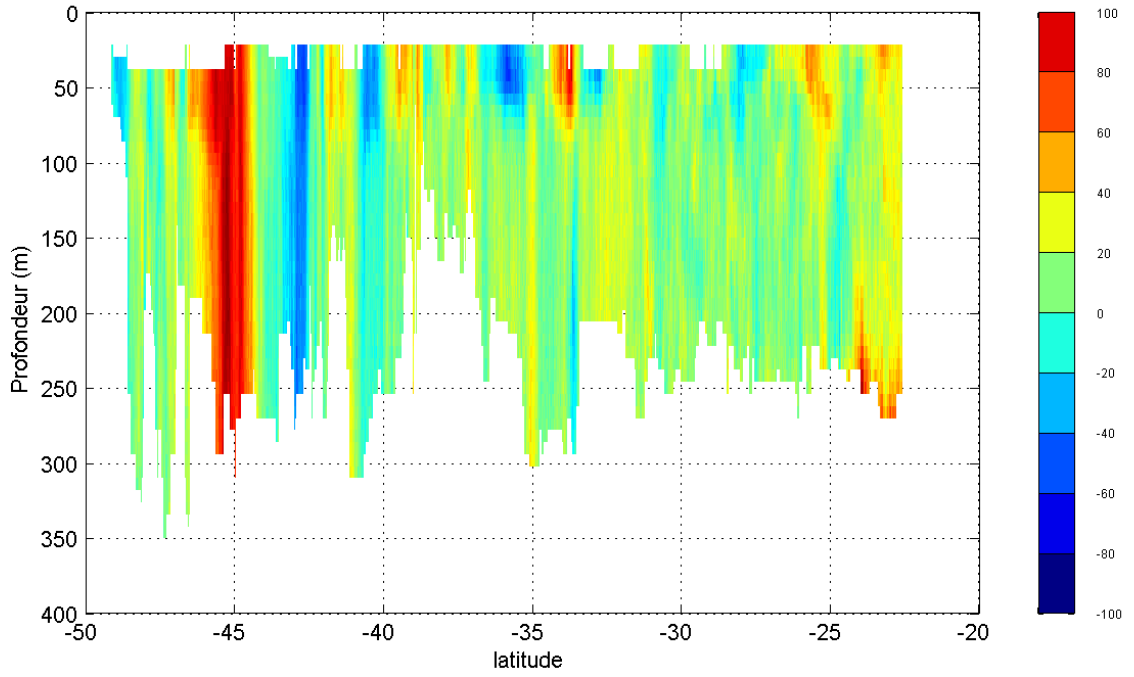
OISO18 NB150 - Reunion-Crozet - Vitesse zonale U (cm/s)



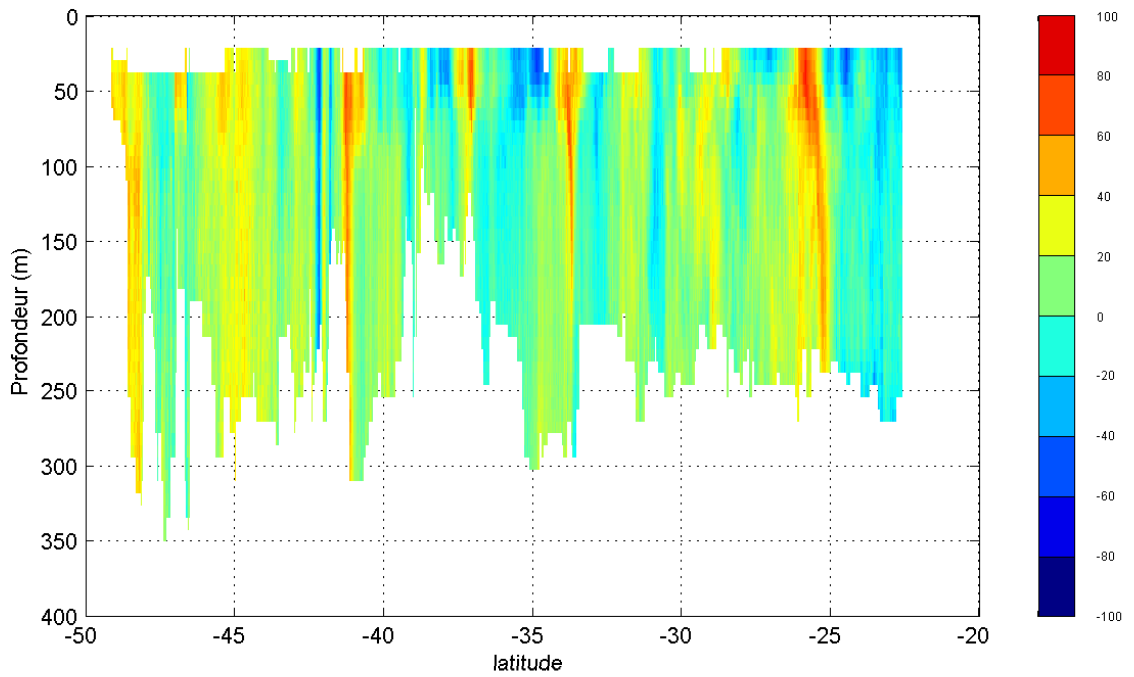
OISO18 NB150 - Reunion-Crozet - Vitesse meridienne V (cm/s)



OISO18 NB150 - Kerguelen-Reunion - Vitesse zonale U (cm/s)



OISO18 NB150 - Kerguelen-Reunion - Vitesse meridienne V (cm/s)



ANNEXE I

```

&GPS2,6,114023.60,+046.72,T,-01.84,-00.26,02.7,09>05,031,0
@PMV2,1,114024.096,2055.96261,S,05519.13693,E,0.1,188.4,85.0,2,07,1.2,4.09,M,,9
.6,0970
@GPS2,3,114024,23,08,2002,2055.9590,S,05519.1196,E,034.4,00.03,07D9,2.5,1.5,30.3
5
&PMV2,1,114024.096,85.04,T,-0.12,0.00,0.01,1,1,0,1,1
@GYR1,0,84.5
&GPS2,6,114024.20,+046.64,T,-02.07,-00.30,02.7,09>05,031,0
&PMV2,1,114024.596,85.03,T,-0.11,0.02,0.00,1,1,0,1,1
@LOC1,0,+00.17,-00.01,E
@SBE5,3,1566EF0AE45F29198B1979CA08C2,27.4168,1.4951,0.7127,23.1908,50.9975
@GPS2,3,114025,23,08,2002,2055.9590,S,05519.1196,E,007.6,00.02,07D9,2.5,1.5,30.4
1
@PMV2,1,114025.096,2055.96267,S,05519.13693,E,0.1,184.2,85.0,2,07,1.2,4.06,M,,1
0.6,0970
&PMV2,1,114025.096,85.03,T,-0.11,0.02,-0.01,1,1,0,1,1
&GPS2,S,S11E 79A592S 7E 20A 82S 1E 25A361S 3E 11A431S28E 80A 96S 8E
25A202S00E000A000S20E136A450S31E 68A471S27E 19A25707D9
&GPS2,6,114024.80,+046.63,T,-01.81,-00.29,02.7,09>05,030,0
your_line#1982236114146 9526.2 9559.6 .0 -27. 0. -46. -42. -40.
-36. -29. -27. -21. -17. -11. -7. 0. 0. 0. 1.
0. 0. 0. 14. -5. 633. 479. 181. 100. 201. 118.
&PMV2,1,114025.596,85.04,T,-0.11,0.02,-0.01,1,1,0,1,1
@LOC1,0,+00.17,-00.01,E
@SBE5,3,15667E0AE45C2919F2197A6308CA,27.4126,1.4950,0.7127,23.1927,51.0088
&GPS2,6,114025.40,+046.65,T,-01.95,-00.14,02.7,09>05,030,0
&GPS2,3,114026,23,08,2002,2055.9590,S,05519.1196,E,346.6,00.02,07D9,2.5,1.5,30.3
9
@PMV2,1,114026.096,2055.96262,S,05519.13696,E,0.1,180.7,85.0,2,07,1.2,4.25,M,,5
.6,0970
&PMV2,1,114026.096,85.04,T,-0.11,0.02,-0.02,1,1,0,1,1
@GIL1,0,073,02.4
@GYR1,0,84.5
&GPS2,G,114026.00,+046.47,T,-01.80,+00.06,02.7,09>05,033,0
&PMV2,1,114026.596,85.04,T,-0.11,0.01,-0.01,1,1,0,1,1
@LOC1,0,+00.18,+00.00,E
@SBE5,3,1565F30AE4602919BE197CAE08CF,27.4073,1.4951,0.7129,23.1917,51.0518
@TSG1,3,+23.6327,+50.5693,34.18083,+23.2446,1530.1
@GPS2,3,114027,23,08,2002,2055.9591,S,05519.1196,E,260.9,00.01,07D9,2.5,1.5,30.3
7
&GPS2,6,114026.60,+046.41,T,-02.10,-00.04,02.7,09>05,035,0
@PMV2,1,114027.096,2055.96258,S,05519.13698,E,0.1,176.6,85.0,2,07,1.2,4.42,M,,6
.6,0970
&PMV2,1,114027.096,85.04,T,-0.11,0.00,0.00,1,1,0,1,1
&GPS2,6,114027.20,+046.47,T,-02.01,-00.07,02.7,09>05,030,0
&PMV2,1,114027.596,85.03,T,-0.11,-0.02,0.02,1,1,0,1,1

```

ANNEXE II

```
*****
**** Proc_gyro.doc ****
**** Notes on running "Proc_gyro.m" to create ****
**** a model of gyrocompass behavior. ****
**** ****
**** For additional notes on gyrocompass ****
**** modelling, see Gyro.doc ****
*****
```

This routine is set up to create a model of gyrocompass errors based upon input data from an ADCP CODAS database. The model is based upon theory from:

"Gyroscopic Theory, Design and Instrumentation"
by Wrigley, Hollister, and Denhard

Specifically, this model is for a Sperry gyrocompass as described in Chapter 10, Equations 10.36 to 10.39. This script employs a 3rd order Runge-Kutta solution of the second order differential equation modelling gyrocompass error (eq. 10.38b). (Note, this can be changed to a fifth order Runge-Kutta solution by switching the call in Gyro_dyn.m from RK3.m to RK5.m. However, given noise levels in input data, the higher order solution does not appear significantly better). In addition to the solution to the differential model, the script creates a steady-state solution which makes no attempt to track compass response time or oscillations. A filtered version of the steady state response is also generated, which typically shows some improvement over the steady state solution.

Input Data

Two input files are needed for the time period to be modelled. The first is output by the "smoothr" routine in CODAS navigation processing (run in the "/nav" directory) as an ascii flat file with the extension "*.sm". This file contains ensemble times and the best estimates of ship's u, ship's v, reference layer u, reference layer v, latitude and longitude data. The second output file is generated by the "lst_hdg" routine in CODAS (typically run in the "/cal/rotate" directory). This creates an ascii file with ensemble time, mean gyrocompass heading and last gyrocompass heading given the extension ".hdg". Note that this file must be manually edited to remove the comments at the beginning before Matlab can read it. These input files are first processed by the "splitset.m" script to break the data at large gaps.

As a general rule, the model output will not be sensitive to small changes in the input data. Thus, a complete ADCP calibration does not need to be done before generating the files for creating the model. In most cases where gyrocompass errors are relatively small (+/- 2-3 degrees at most), the "smoothr" and "lst_hdg" files can be generated before ADCP editing and calibration have been completed.

Model Parameters

At the top of the "Proc_gyro.m" script, there is a section of model parameters which must be edited.

1) Compensation terms

Two arrays must be defined to specify the gyrocompass compensation used with a particular data set. Gyrocompass compensation is set based upon latitude and north-south velocity. Latitude compensation is specified with an array called "clat" with the same size as the "lat" array (loaded from the "*.sm" input file). As with the input "lat" values, "clat" should be in degrees. Several possible examples are shown below.

- a) No latitude compensation

```
clat = zeros(size(lat));
```
- b) Constant latitude compensation

```
clat = ones(size(lat)) * mean(lat);
```
- c) Latitude compensation updated once per day

```
tt = fix(time);
clat = zeros(size(lat));
for ii=min(tt):max(tt)
    k=find(tt == ii);
    clat(k) = ones(size(k))*mean(lat(k));
end;
clear tt ii k
```

North-south velocity compensation is specified with an array called "cV" with the same size as the north-south "V" array (loaded from the input "*.sm" file). As with input "U" and "V" values, "cV" should be in m/s. Several examples are shown below.

- a) No velocity compensation

```
cV = zeros(size(V));
```
- b) Constant velocity compensation - set at cruising speed

```
cV = 5.14 * cos(hd*pi/180);    % 10 knot/hr = 5.14 m/s
```
- c) Velocity compensation set high when underway, zero otherwise

```
cV = zeros(size(V));
k = find(sqrt(U.^2 + V.^2) >= 2);    % underway - sp > 2
cV(k) = 5.14 * cos(hd(k)*pi/180);
k = find(sqrt(U.^2 + V.^2) < 2);    % on station - sp < 2
cV(k) = zeros(size(k));
```

2) System constants

Several constants must be set which affect model behavior. Of the four constants shown, "gamma" is the only one which would normally be modified. The constants, their meanings and typical values are shown below.

gamma - eccentric offset, a physical parameter of the compass itself, expressed in radians. Typical values: 0.015-0.025.

Wie - earth's inertial angular velocity. 7.29e-5 1/sec, or 7.29e-5*86400 1/day (since a decimal day time base is used).

R - earth's radius in meters, 6.37e6 meters.

ws - natural frequency of system, equal to $2\pi/84.4$ 1/min, if the compass is assumed to be Schuler tuned. Schuler tuning is used to minimize errors, and can be assumed to be present on all gyrocompasses. Set to $(2\pi/84.4)*1440$ 1/day to match decimal day time base.

Running the model

Once the beginning section of the "Proc_gyro.m" script has been edited, the model is run from within Matlab by simply typing "Proc_gyro". The routine prompts for the input file name containing the lat, lon, U, V, and hd (heading) data. Thus the script can be run on multiple input files using the same compensation without editing the script each time. Note that the model takes some time to run. To process one days worth of data at 5 minute ensembles (about 280 samples) requires about 20-25 minutes on a Sun workstation.

Output File

The model is saved in a Matlab format file, using the name base from the input file and the addition "_gyro.mat". The output file contains the following variables.

Name	Size	Elements	Bytes	Density	Complex
R	1 by 1	1	8	Full	No
U	10267 by 1	10267	82136	Full	No
V	10267 by 1	10267	82136	Full	No
Wie	1 by 1	1	8	Full	No
cV	10267 by 1	10267	82136	Full	No
clat	10267 by 1	10267	82136	Full	No
ddrV	10267 by 1	10267	82136	Full	No
dphi	10267 by 1	10267	82136	Full	No
drV	10267 by 1	10267	82136	Full	No
gamma	1 by 1	1	8	Full	No
have_ash	1 by 1	1	8	Full	No
hd	10267 by 1	10267	82136	Full	No
lat	10267 by 1	10267	82136	Full	No
lon	10267 by 1	10267	82136	Full	No
phi	10267 by 1	10267	82136	Full	No
phi_ss	10267 by 1	10267	82136	Full	No
phi_ssf	10267 by 1	10267	82136	Full	No
rV	10267 by 1	10267	82136	Full	No
rcV	10267 by 1	10267	82136	Full	No
rclat	10267 by 1	10267	82136	Full	No
rlat	10267 by 1	10267	82136	Full	No
time	10267 by 1	10267	82136	Full	No
ws	1 by 1	1	8	Full	No

The results are stored as shown below.

phi - gyrocompass error based on differential model
 phi_ss - gyrocompass error based on steady state model
 phi_ssf - filtered steady state model output

Example

Input: kn32p01.mat (output of splitset.m)

Execute: Matlab

Proc_gyro

Which data file to load (no extension) ? kn32p01

Loading data

Defining constants and system compensation

Running dynamic modelling routine

 Setting initial conditions

 Solving array of differential equations

Running steady state modelling routine

Saving Results

Output: kn32p_gyro.mat

ANNEXE III

Format des fichiers ASCII ADCP de coque Marion Dufresne II

Profil total

Extraction de tous les profils, au moyen du programme adcpsect de CODAS, par grille temporelle avec un pas de temps régulier correspondant à la longueur d'un ensemble. Formattage au moyen du programme fortran adtimstaform.f. La sortie est une matrice matlab. Vérification au moyen du script matlab plot_verif_sta.m. Chaque profil est repéré par son numéro en première colonne.

En tête du profil (6 colonnes) : Numéro, jour-mois-année, heure-minute-seconde, latitude en degrés décimaux, longitude en degrés décimaux, temps en jours juliens.

Corps du profil (6 colonnes) : Numéro, profondeur, u,v, module de la vitesse, cap

Valeurs de surface

Extraction à partir des fichiers profils totaux des deux premières valeurs, au moyen du script matlab adcoqstalin.m. Il y a une ligne par profil :

Jour, mois, année, heure, minute, seconde, latitude en degrés décimaux, longitude en degrés décimaux, première profondeur, u, v à cette profondeur, u,v à la profondeur suivante (+ 16 m). Si les deux profondeurs ne se suivent pas (intervalle supérieur à 16m), la deuxième est remplacée par la valeur -999.

Profils moyens en station

Extraction des profils moyens en station, au moyen du programme adcpsect de CODAS, par grille temporelle avec un pas de temps irrégulier correspondant aux heures de début et fin des stations ctd. Formattage au moyen du programme fortran adcpstaform.f. La sortie est une matrice matlab. Chaque profil est repéré par son numéro en première colonne.

En tête du profil (10 colonnes) : Numéro, jour, mois, année, heure.minute, latitude en degrés décimaux, longitude en degrés décimaux, profondeur de la station ctd, temps en jours juliens, nombre de profils sur lesquels est faite la moyenne.

Corps du profil (10 colonnes) : Numéro, profondeur, u, v, écart-type sur u, u minimum, u maximum, écart-type sur v, v minimum, v maximum.