

ADCP DE COQUE

CAMPAGNES FLOSTRAL, OISO10, OISO11

Janvier 2003 à Janvier 2004



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	5
Chapitre 4	Edition des données ADCP	9
Chapitre 5	Calibration des données	11
	Section 1 : Qualité du fichier GPS	11
	Section 2 : Erreur sur le gyrocompas	11
	Section 3 : Alignement du transducteur	13
	Section 4 : Résultats de la calibration	15
	Section 5 : Mise en forme définitive de la base de données	16
	Section 6 : Evaluation de l'erreur	17
	Section 7 : References	18
	Section 8 : Remerciements	18
Chapitre 6	Présentation rapide des données	19
ANNEXE I	Exemple de fichier brut de navigation	37
ANNEXE II	Procédure de calibration du gyro-compas (E. Firing)	38
ANNEXE III	Formats des différents fichiers ASCII	42

Chapitre 1

Introduction

Ce rapport technique décrit le dépouillement des données des trois dernières séries de données des campagnes OISO acquises au moyen de l'ADCP de coque NB75 du Marion Dufresne, qui provient du Marion Dufresne I (Profileur acoustique à effet Doppler, RDI, 75 kHz, Narrow Band). Cet appareil a été malheureusement détruit lors d'un échouage du Marion Dufresne à Crozet, en décembre 2004.

La configuration choisie est une longueur d'ensemble de 5 minutes, pour les 3 campagnes OISO 10, OISO 11 et FLOSTRAL. La longueur de bin est de 16m (configuration nominale pour la fréquence de 75 KHz). La navigation a été acquise séparément au moyen de la constellation GPS du bord. 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)..

Un programme de la routine CODAS permet d'évaluer l'influence de la distance du transducteur à l'antenne GPS (corags). On a donc situé par défaut le transducteur à une profondeur de 7m (dans la plupart des fichiers de configuration, la profondeur du transducteur est fixée à 23m, ce qui a conduit à des corrections ultérieures de 16m.

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 scanning 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 5 minutes), 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. Pour les trois campagnes, la durée des ensembles est de 5 mn.

FLOSTRAL: LE CD-ROM a été récupéré à l'IPEV (site IFREMER de Brest) en mars 2003, lors d'une mission OISO, pour un point général ADCP de coque avec bernard Ollivier. Pas de problèmes particuliers pour le chargement des données brutes.

OISO 10: Les données étaient sur le même CD-ROM que les données FLOSTRAL. Pas de problèmes non plus.

OISO 11: Les dates examinées sur le fichier sortie de scanning sont complètement aberrantes: l'année est 2058!!! Un contrôle des positions avec le programme Matlab cruistrk.m confirme que seule la date est fausse. Les dates des positions sont cohérentes. Le chargement est fait sur la totalité des fichiers, puis on effectue 5 fois un changement de date de 10 ans (programme chtime, avec la valeur en secondes : -315360000 s), et une fois un changement de date de 4 ans. L'ajustement final est fait en se recalant sur le point le plus Sud du fichier PCO2 : le 27.01.2004 à 13.03 TU, longitude 63.0272 Est, latitude 60.1147 Sud (degrés décimaux). Un dernier chtime de 14 jours permet d'obtenir les dates suivantes pour le point le plus Sud:

26.5453125 63.0267 Est 60.1122 Sud, soit le 2004/01/27 13:05:15 (point le plus proche).

26.5487847 63.0512 Est 60.1137 Sud, soit le 2004/01/27 13:10:15

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 des précédentes campagnes OISO4 à OISO9.

Courriel de Bernard Ollivier le 26.02.2004: Bord MD,

Bonjour Annie, oui remarqué aussi ce nouveau problème lié au passage à 2004, trop vieille machine, bug lié à son Bios.. Je regarde pour un script de correction et un changement du PC de l'ADCP à Ker le 19/02.

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, lui-même dans ce même répertoire. Plusieurs outils permettent de vérifier le contenu de la base de données, et d'obtenir des informations utiles.

La commande *lstblock* permet d'obtenir le nombre, la longueur (nombre de profils) et les dates des extrémités des blocs. Pour chacune des campagnes, ces dates seront les suivantes :

FLOSTRAL 2003/01/03 13:41:02 à 2003/01/22 04:05:45

OISO 10 2003/01/23 11:10:26 à 2003/02/17 16:27:46

OISO 11 2004/01/12 23:54:32 à 2004/02/09 06:20:17

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 8). La commande permet aussi de connaître le contenu d'une variable.

num	name	units	v-ty	ac	ac0	ac1
0	DEPTH	m	3	1	10512	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	0	0
34	PROFILE-FLAGS	none	1	2	4	4
35	CONFIGURATION-1	none	11	1	10612	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

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 n1 (maitre) accepte des corrections RTCM mais il est maintenu en mode naturel.

Le récepteur n2 (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 n3 (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 n2 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 idoine. 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 des systèmes d'acquisition de la navigation. En fait, les données de cap "vrai" GPS ont été acquises à partir de OISO9, et seulement partiellement pour cette campagne, ce qui nous a conduit à séparer les traitements des campagnes OISO 4 à OISO9 des campagnes ultérieures, à partir de FLOSTRAL, puis OISO10.

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 ensembles (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" comprend pour chaque ligne un temps, exprimé en unités spécifiques CODAS, une latitude et une longitude (degrés centièmes). Ce dernier fichier est le fichier .gps, qui 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.

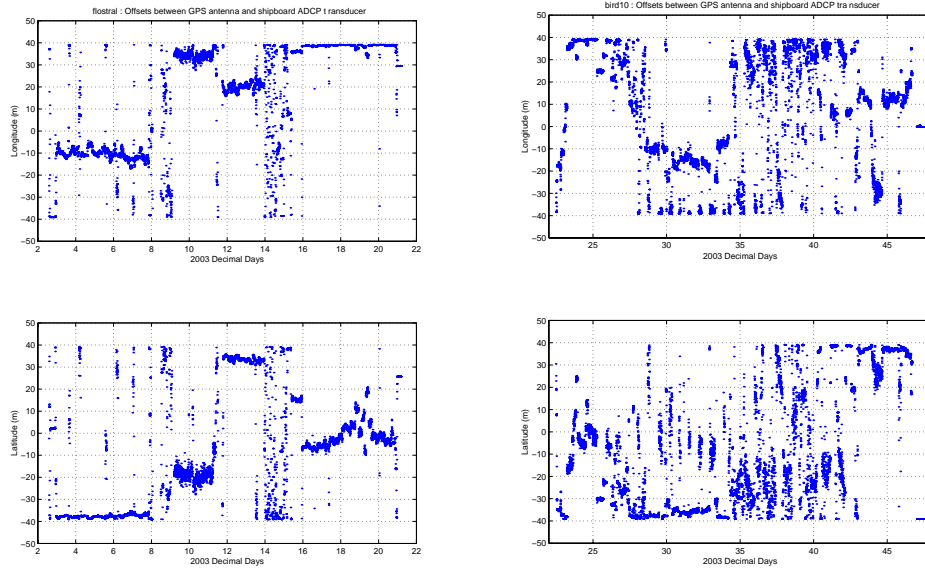
Cette partie du travail est de loin la plus fastidieuse, à cause de l'état des fichiers sortis du concentrateur. On a observé, dans le désordre : la réapparition n'importe où d'un groupe de valeurs appartenant à un fichier précédent, le remplacement du chiffre 0 par un astérisque, la troncature de la 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...

De plus, ces fichiers contiennent de nombreuses données inutiles dans le cadre d'une extraction de la navigation.

Tout cela fait de l'extraction du fichier de navigation un vrai travail de termites.

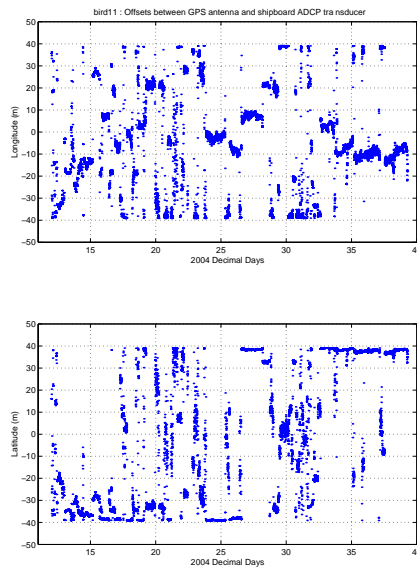
Toutefois, à partir de la campagne OISO10, le cap vrai (ligne PMV) est acquis, et les sauts de ligne rendent les fichiers beaucoup plus accessibles

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). En effet, la distance longitudinale est de 38,6 m, et la distance latérale est de 6,3 m entre les deux appareils. Les figures suivantes donnent la correction effectuée en latitude et longitude par cette procédure.



(a) FLOSTRAL

(b) OISO10



(c) OISO11

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, il faut 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. Nous avons testé cette approche pour les campagnes FLOSTRAL et OISO10 (voir le paragraphe 5.2, "Erreur sur le gyrocompas")

Pour les campagnes ADCP du Marion Dufresne I (JADE 92, CIVA 93) et du Marion Dufresne II (INTERPOLE-GINS 99, TIP 2000), avec un grand nombre de stations CTD, l'évaluation de l'erreur sur le gyrocompas a pu 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). Cette évaluation a été testée pour FLOSTRAL et OISO11.

La carte de la figure 1 montre le tracé des données de navigation.

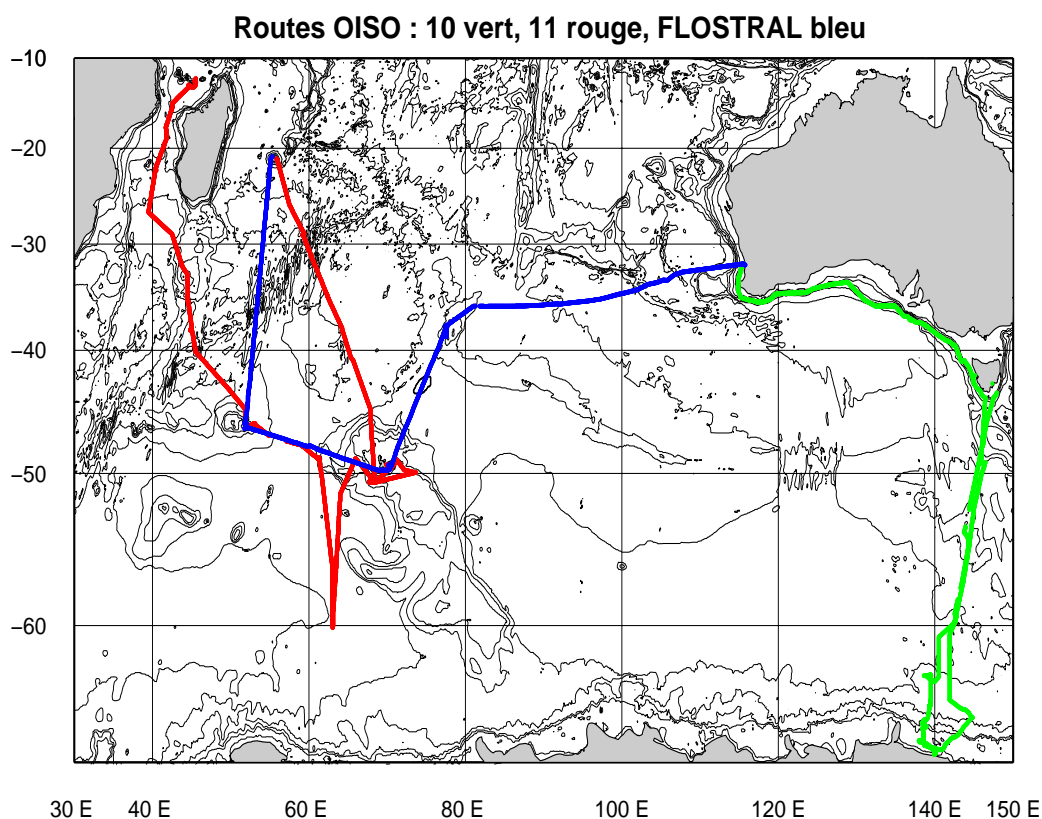


FIG. 3.2 –: Positions des ensembles ADCP

Chapitre 4

Edition des données ADCP

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. C'est ainsi que nous avons détecté des valeurs trop faibles de vitesse du son pour les 3 campagnes. Une vérification dans la base ADCP a montré que dans ces 3 cas, 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). La station CTD effectuée au point le plus Sud pour la campagne OISO11 (60°S , $63^{\circ}.01\text{ E}$) montre une valeur de vitesse du son en surface de 1454.1 m/s, valeur en accord avec une salinité de 35 PSU dans la fenêtre de l'ADCP. On a recalculé la vitesse du son pour ces 3 dernières campagnes avec une profondeur de transducteur de 7m, une salinité de 35 PSU et la température du transducteur.

La figure montre les tracés de la température du transducteur, de la température du thermosalinographe et de la vitesse du son.

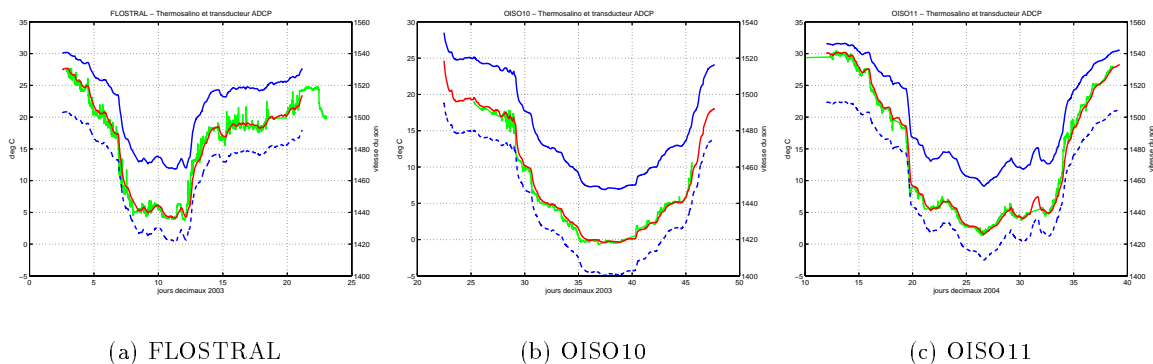


FIG. 4.1 –: Température de l'eau (transducteur ADCP rouge - thermosalinographe vert) et vitesse du son, origine en pointillés, corrigée en trait plein

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 $A > 1$. C'est ce qu'on observera pour ces 3 dernières campagnes, avec A de l'ordre de 1,04. La calibration permettra de corriger cette erreur sur l'amplitude (Tableau 5.1 page 16).

En ce qui concerne les données des profils 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: vitesse (composantes u et v), amplitude, erreur verticale. Ces calculs se font sous Matlab. Les valeurs utilisées pour les campagnes FLOSTRAL, OISO10 et OISO11 sont les suivantes :

CAMPAGNE :	<i>FLOSTRAL</i>	<i>OISO10</i>	<i>OISO11</i>	
pgood-threshold :	30	30	30	
d2w-threshold :	220	158	164	
d2uv-threshold :	359	243	295	(4.1)
ev-threshold :	150	150	150	
wvar-threshold :	14117	7570	10617	

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 du rapport technique précédent), au départ de l'île d'Amsterdam.

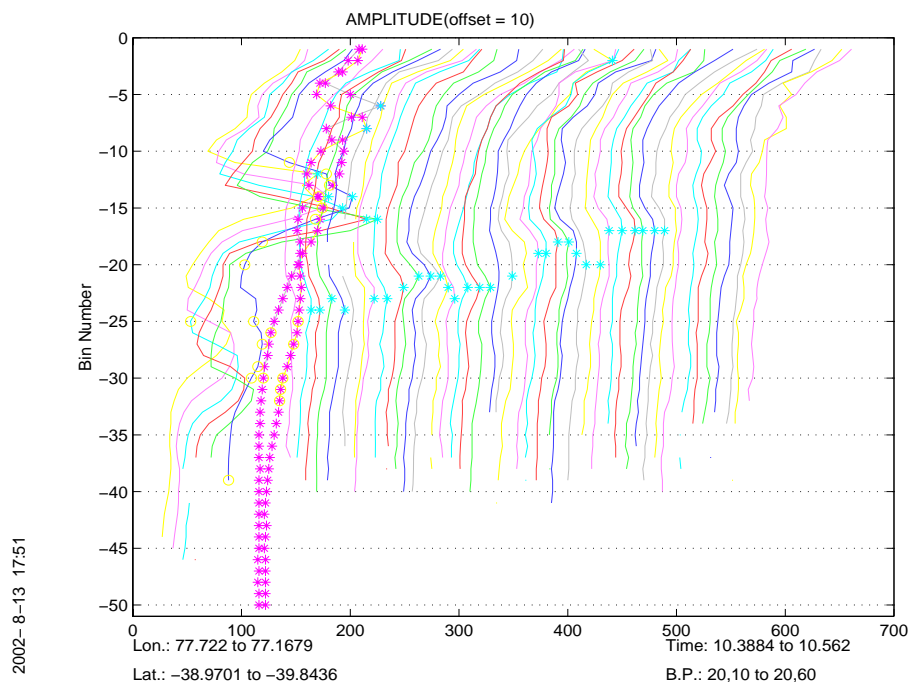


FIG. 4.2 —: Profils d'amplitude du signal ADCP

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 pour les positions GPS, 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 Qualité du fichier GPS

Après les premières vérifications effectuées lors du traitement des fichiers bruts de navigation, le contrôle final de la qualité des points GPS nécessite l'extraction 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`), qui est pour chaque ensemble la moyenne des vitesses entre les bins 2 et 10 (soit 32m et 160m). 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 GPS 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 GPS (`.gps`). Pour un contrôle graphique au moyen d'un programme Matlab (`callrefp.m`), les données sont lissées (programme `smoothr`, sortie `.sm`). Il faut alors éditer le fichier GPS pour mettre en commentaire les points douteux, et recommencer les opérations.

5.2 Erreur sur le gyrocompas

La première vérification faite était que le cap gyro acquis dans la base ADCP était bien le même que le cap gyro du concentrateur. Cela a été fait pour les 3 campagnes, il n'y a pas de problème apparent de transmission de cette donnée (différence tracée en bleu dans la figure suivante).

On a ensuite tenté d'évaluer les erreurs du gyrocompas au moyen du fichier des différences d'angles entre le cap enregistré dans les ensembles ADCP (fichier .hdg) et le cap dit "vrai" des lignes PMV. La figure suivante présente les différentes évaluations tirées des fichiers navigation, pour les campagnes FLOSTRAL et OISO10 (le grand nombre de tours dans les données PMV de OISO11 les rend inexploitables): 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 quasi nulle, sauf des valeurs aberrantes pendant les évolutions rapides du navire), et en vert celle entre hg et le "cog", qui avait été déjà jugée inutilisable.

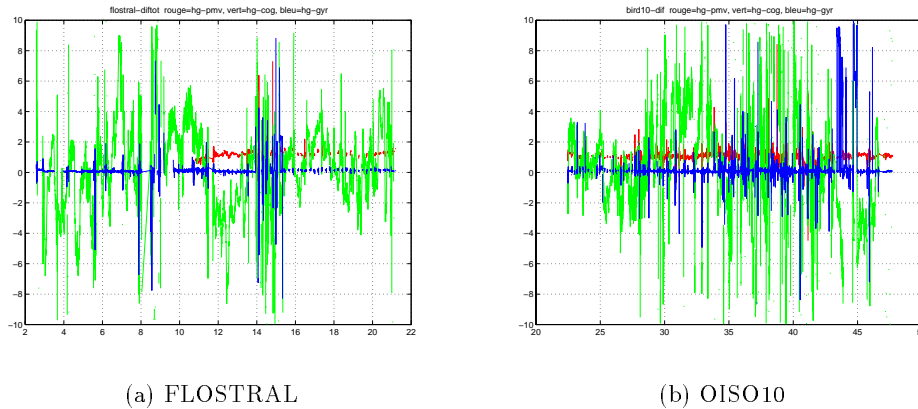


FIG. 5.1 —: Différence entre les mesures du cap

On a également comparé, pour ces deux campagnes, cette différence hg-pmv avec les valeurs de correction de gyrocompas évaluées au moyen de la procédure de E. Firing (Le mode d'emploi en est donné en Annexe II). La figure suivante illustre cette comparaison. La courbe bleue décrit le fichier d'angles qui sera utilisé pour la rotation (valeurs lissées et inversées pour s'adapter à la procédure de rotation CODAS). Les données hg-pmv sont tout d'abord incomplètes, et les valeurs apparemment trop élevées, et toujours dans le même sens, quelle que soit la route suivie par le navire. La suite de la calibration ("water tracking") ne permettra pas de déceler une nette amélioration par rapport au modèle de E. Firing. Ce modèle ayant été utilisé avec succès pour les campagnes OISO précédentes, pour lesquelles on ne disposait pas de la donnée "pmv", nous inclinons à continuer de l'utiliser, avec l'argument supplémentaire de l'harmonisation du traitement des données.

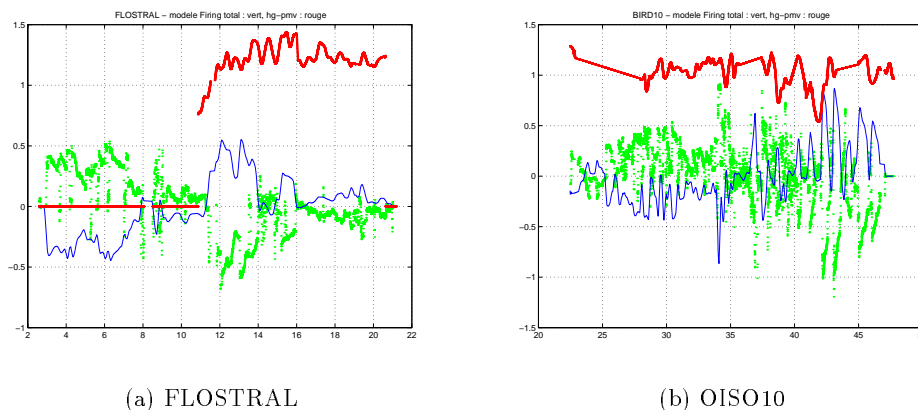


FIG. 5.2 —: Comparaison entre la différence hg-pmv et la sortie du modèle de gyrocompas de E. Firing

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).

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 encore au final la procédure de correction Proc-gyro de E. Firing, 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 créé par cette procédure 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.

Les fichiers d'angles de correction du gyro ont donc été utilisés pour effectuer une rotation des données de navigation en fonction de ces angles. 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. On ne se servira pas des fichiers .btm, toutefois enregistrés.

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/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. Deux essais ont été faits, avec des fenêtres de "7 fixes", soit 35 minutes (pour des ensembles de 5 mn), et "5 fixes", soit 25 minutes. La longueur de la fenêtre doit être supérieure à la durée de l'accélération ou de la décélérations. Suivant les campagnes, on a choisi la fenêtre de "5 fixes" ou "7 fixes". Le critère était de garder le plus grand nombre de points de calibration, avec des valeurs raisonnables 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.

Un programme Matlab, `adcpcal`, fait les moyennes et statistiques sur les valeurs données par le programme `timslip`. La valeur moyenne obtenue en angle et en amplitude permet de corriger le défaut d'alignement du transducteur (qui est normalement une constante).

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de tolérance maximum pour les paramètres de la calibration prises en compte par le programme `adcpcal` (on a utilisé les mêmes paramètres pour les 5 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 `adcpcal`.

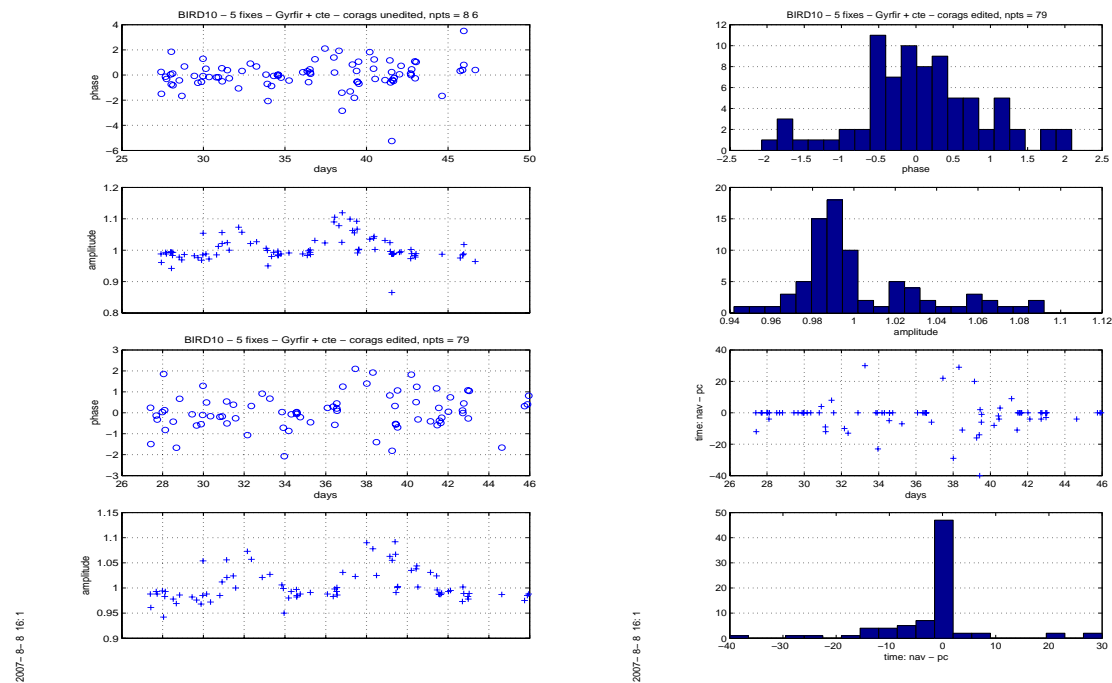


FIG. 5.3 —: Détermination de la phase, de l'amplitude et d'un décalage d'horloge

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` ("phase"). Rappelons que cet angle devrait être une constante.

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 (`adcpcal`). Le terme du premier degré est celui du polynôme.

Les figures suivantes montrent le résultat de ce fit du premier degré pour les campagnes FLOSTRAL et OISO11, pour lesquelles on disposait respectivement de 53 et 107 points de calibration sur les données brutes. On constate que, après la calibration (par un fichier de différences d'angles construit au moyen du polynôme du premier degré issu du fit, puis une constante résiduelle), la pente de la droite passant au mieux dans le nuage de points est quasi-nulle et que la phase est également pratiquement annulée. Toutefois, le contrôle avec `adpcal` a montré des écarts-type trop élevés pour la phase et l'amplitude résiduelles, c'est pourquoi on n'a pas retenu cette évaluation de l'erreur sur le gyrocompas, mais celle donnée par la procédure de E. Firing. .

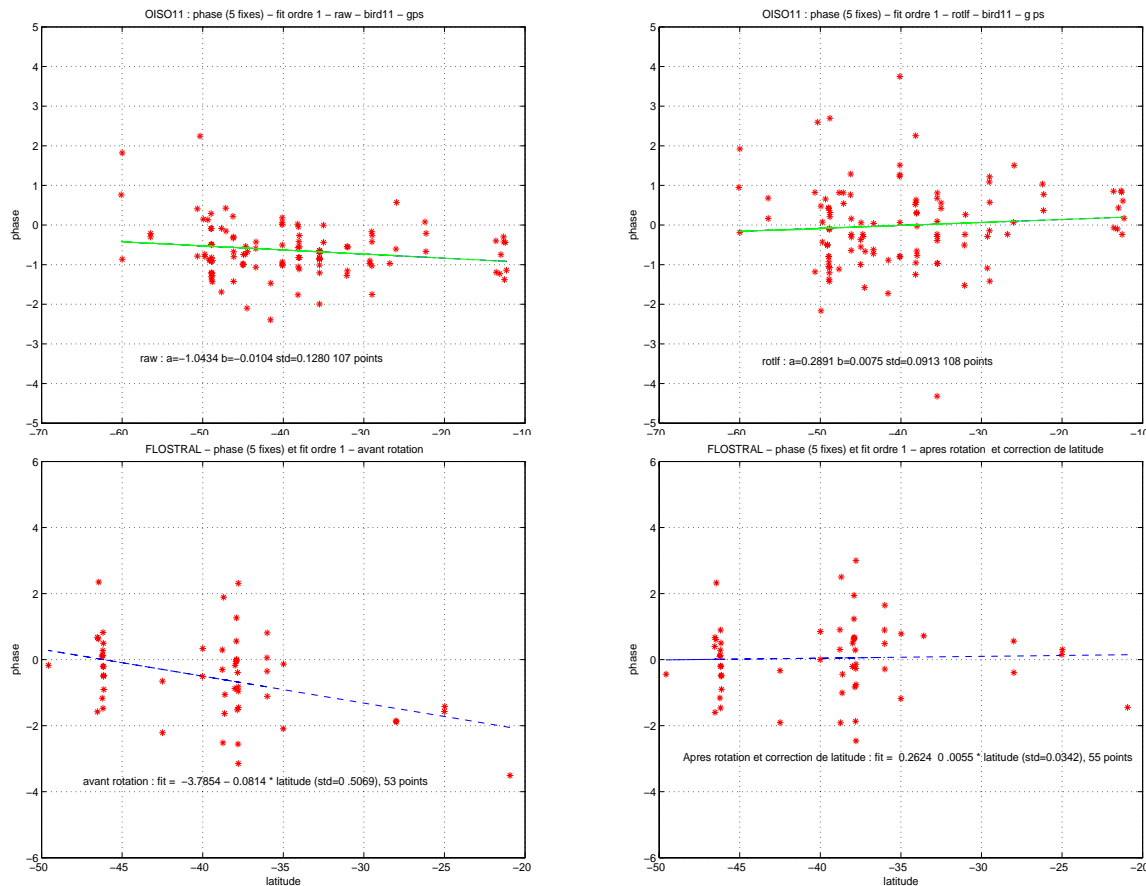


FIG. 5.4 —: Tracé de la phase en fonction de la latitude, avant et après calibration, pour OISO11 et FLOSTRAL

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, l'écart-type sur l'amplitude est toutefois un peu élevé pour OISO11 (3%). Les valeurs de l'amplitude confirment bien l'erreur sur la salinité dans les fichiers de configuration (Figure 4.1 page 9). Avant calibration, elles sont toutes supérieures à 1.

Pour chaque campagne, ce tableau récapitule le nombre de jours de données ADCP et les données de correction du gyrocompas, 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. La dernière colonne indique le nombre de profils ADCP obtenus. 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	
FLOSTRAL	03 01 03	22 01 03	49/61	1.0399/1.0007	-0.3677/0.0092	-4.554/0.469	4706
	13 41 02	04 05 45		0.0209/0.0205	0.9614/0.8956	15.644/8.111	
OISO 10	23 01 03	17 02 03	79/86	1.0579/1.0035	-0.5121/-0.0597	-6.892/-1.658	6694
	11 10 26	16 27 46		0.0290/0.0314	0.7603/0.8500	16.359/9.6	
OISO 11	12 01 04	09 02 04	106/109	1.0358/0.9998	-0.6549/-0.0109	-5.086/-0.434	6787
	23 54 32	06 20 17		0.0123/0.0113	0.6716/0.5774	10.702/3.386	

TAB. 5.1 –: Récapitulatif de la calibration des trois campagnes

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 de la base (programme rotate). Il faut ensuite extraire le fichier .nav (adcpsect) à partir des données ayant subi la rotation, puis calculer la vitesse absolue de la couche de référence (refabs, fichier .ref), et ensuite lisser ce dernier fichier (smoothr, fichier .sm).

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 trois calibrations différentes, 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 calculés par un fit en latitude (FLOSTRAL et OISO11) ou par la différence "hg-pmv" (OISO10), puis une constante résiduelle (correction de l'alignement du transducteur).
- Rotation par un fichier d'angles calculés par la procédure de E. Firing, puis une constante résiduelle (correction de l'alignement du transducteur).

Le dernier stade de l'élaboration de la base est l'intégration des 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 lgrid, 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 20 à 36 montrent les tracés des vecteurs de courant pour les 3 campagnes, sur les données juste éditées, et après les trois calibrations complètes différentes. On utilise un programme de tracés de contours MATLAB pour les sections, qui utilise les fichiers .con.

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 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.

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-compass 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 gyrocompass 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 relativement faible des points de calibration, sauf pour OISO 11, et des difficultés d'appréciation des erreurs de gyro-compass, une incertitude de +/- 10cm/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 tout 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 gyro-compas et ses problèmes de calibration. 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 sa procédure de correction 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 35 à 60m. Les premiers tracés regroupent les données "raw", c'est à dire seulement débarassées des profils et bins aberrants, pour les 3 campagnes. Puis sont présentés en regard les tracés des données calibrées par une rotation constante (cas idéal où le gyro-compas fonctionnerait parfaitement). Ensuite, pour les campagnes FLOSTRAL et OISO11 sont présentées les données avec une correction du gyro-compas par le fit en latitude, suivie d'une correction par une constante, et enfin avec une correction du gyrocompas par la procédure de E. Firing. C'est cette dernière qui a été adoptée. Pour OISO10, la correction du gyro-compas par le fit en latitude est remplacée par une correction par la différence d'angles pmv-hg (cette option n'a pas été retenue non plus).

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).

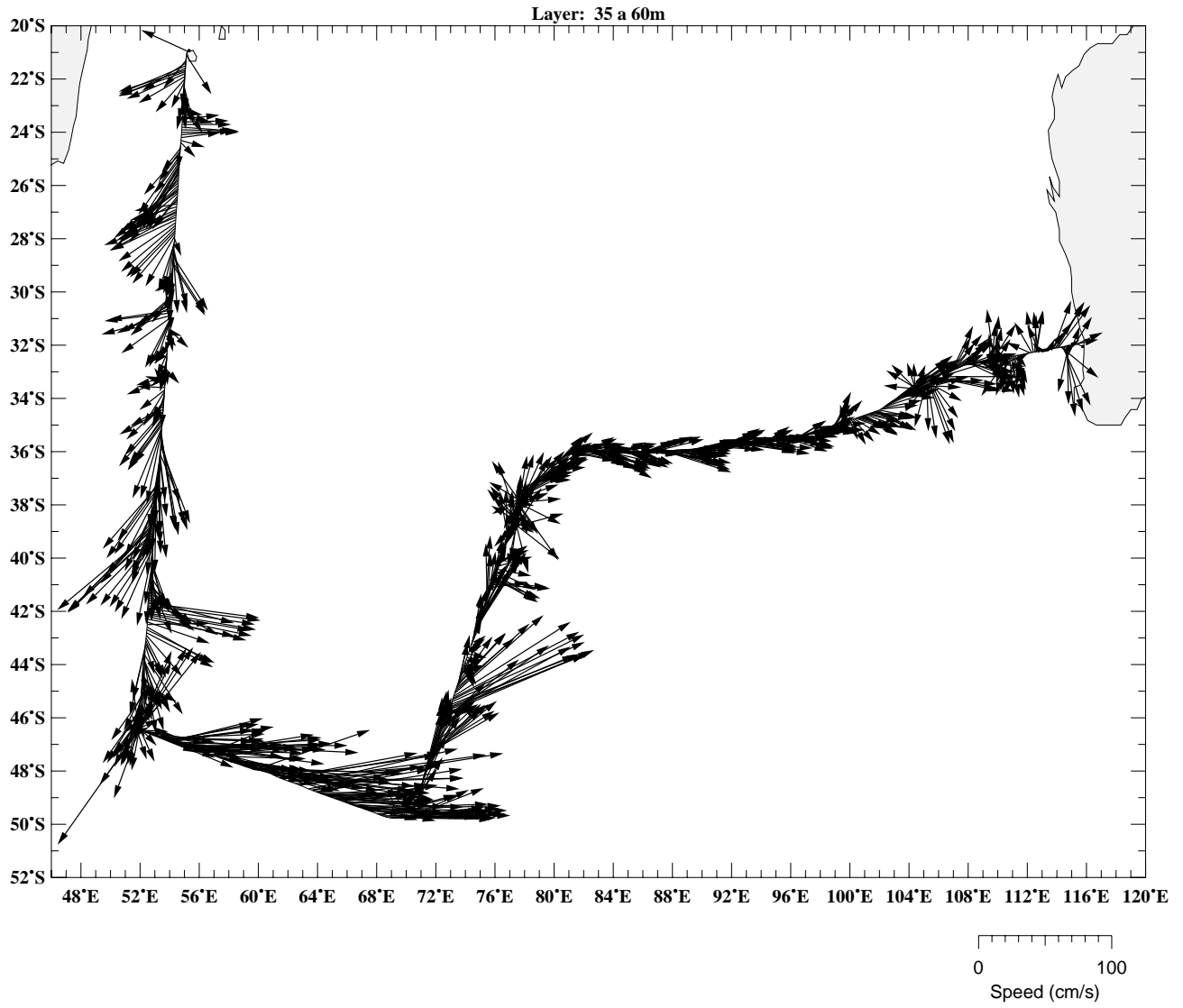
On présente également les sections en fonction de la latitude pour les composantes U et V de la vitesse, dans le sens Sud-Nord et dans le sens Nord-Sud. Les sections sont brutes, tracées sur tous les ensembles, sans moyennage, sur les données calibrées ASCII au format profils (voir ANNEXE III).

FLOSTRAL

3 au 22 Janvier 2003

Fri Jan 28 12:31:31 2005

Raw juste editees

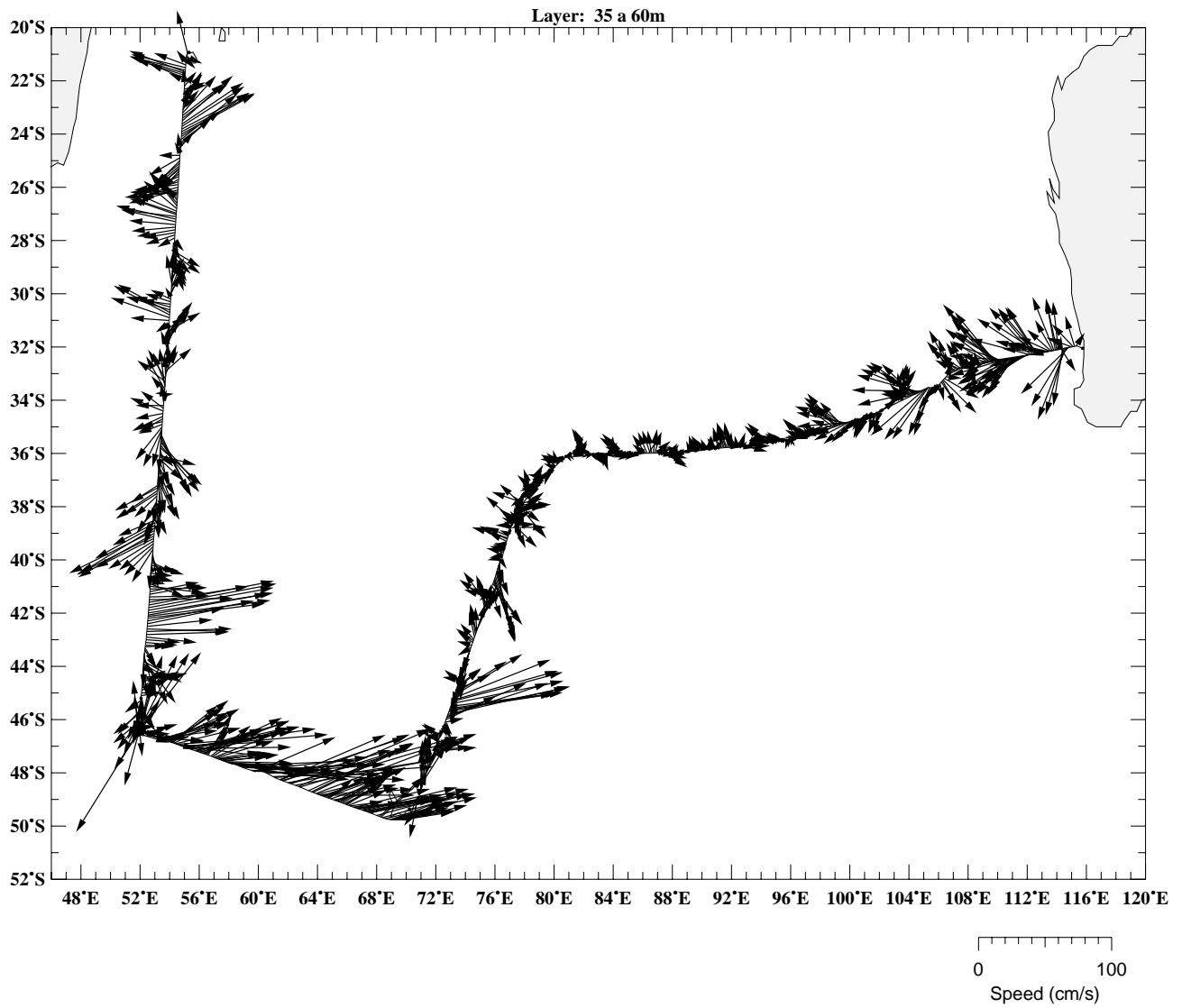


FLOSTRAL

3 au 22 Janvier 2003

Fri Jan 28 12:29:41 2005

Rotation constante

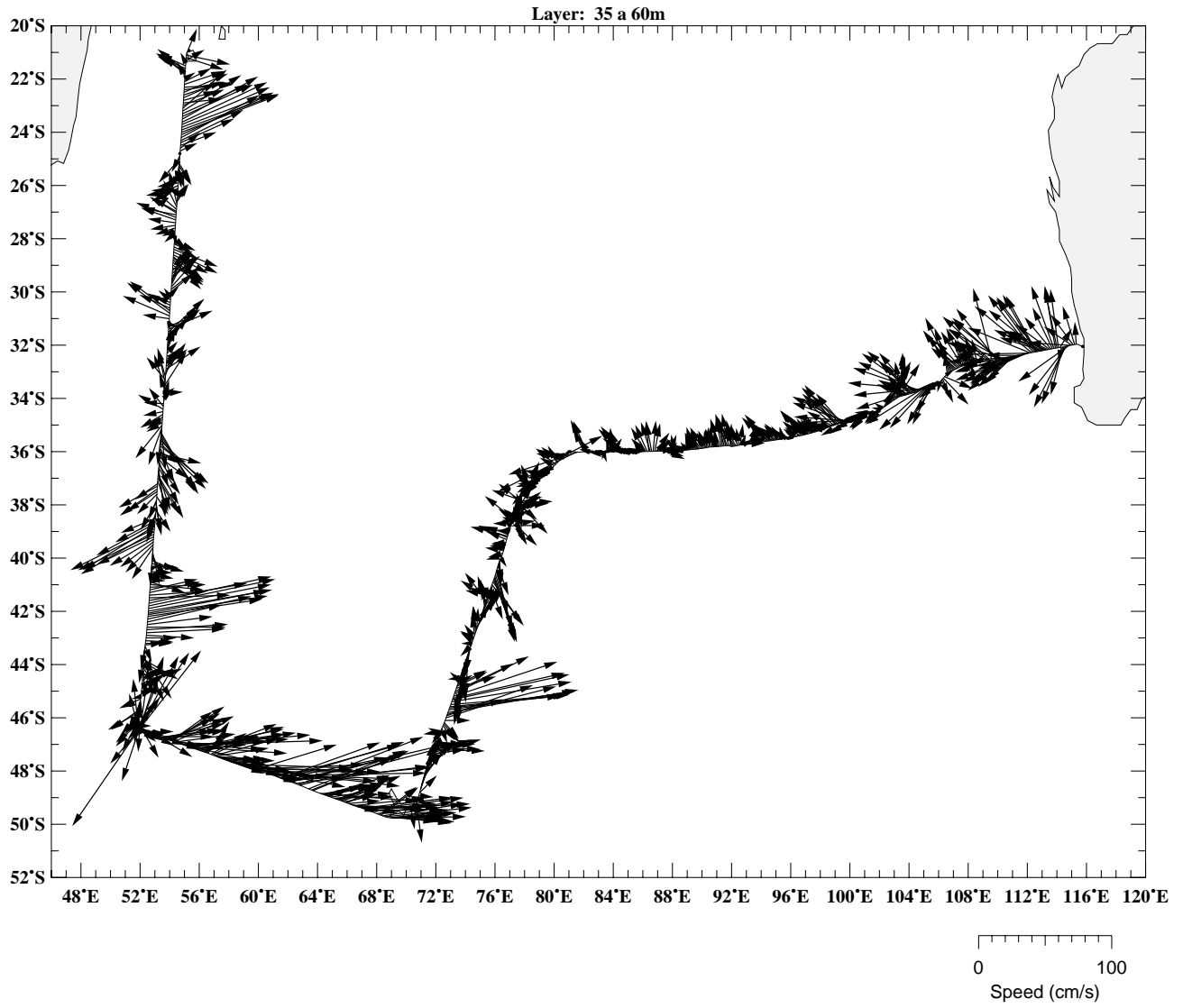


FLOSTRAL

3 au 22 Janvier 2003

Fri Jan 28 12:35:07 2005

Fit en latitude + Rotation cte

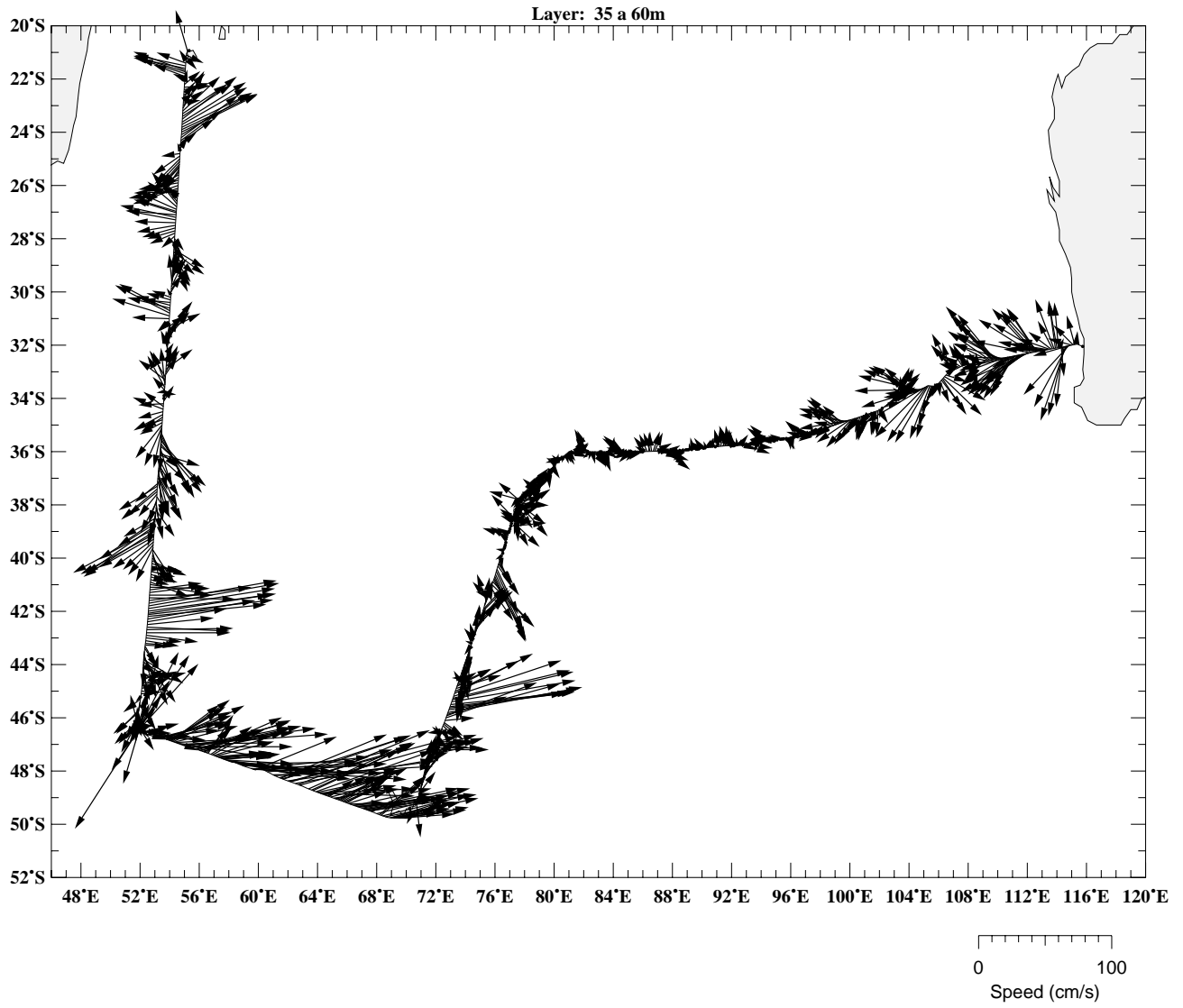


FLOSTRAL

3 au 22 Janvier 2003

Mon Jul 10 15:48:41 2006

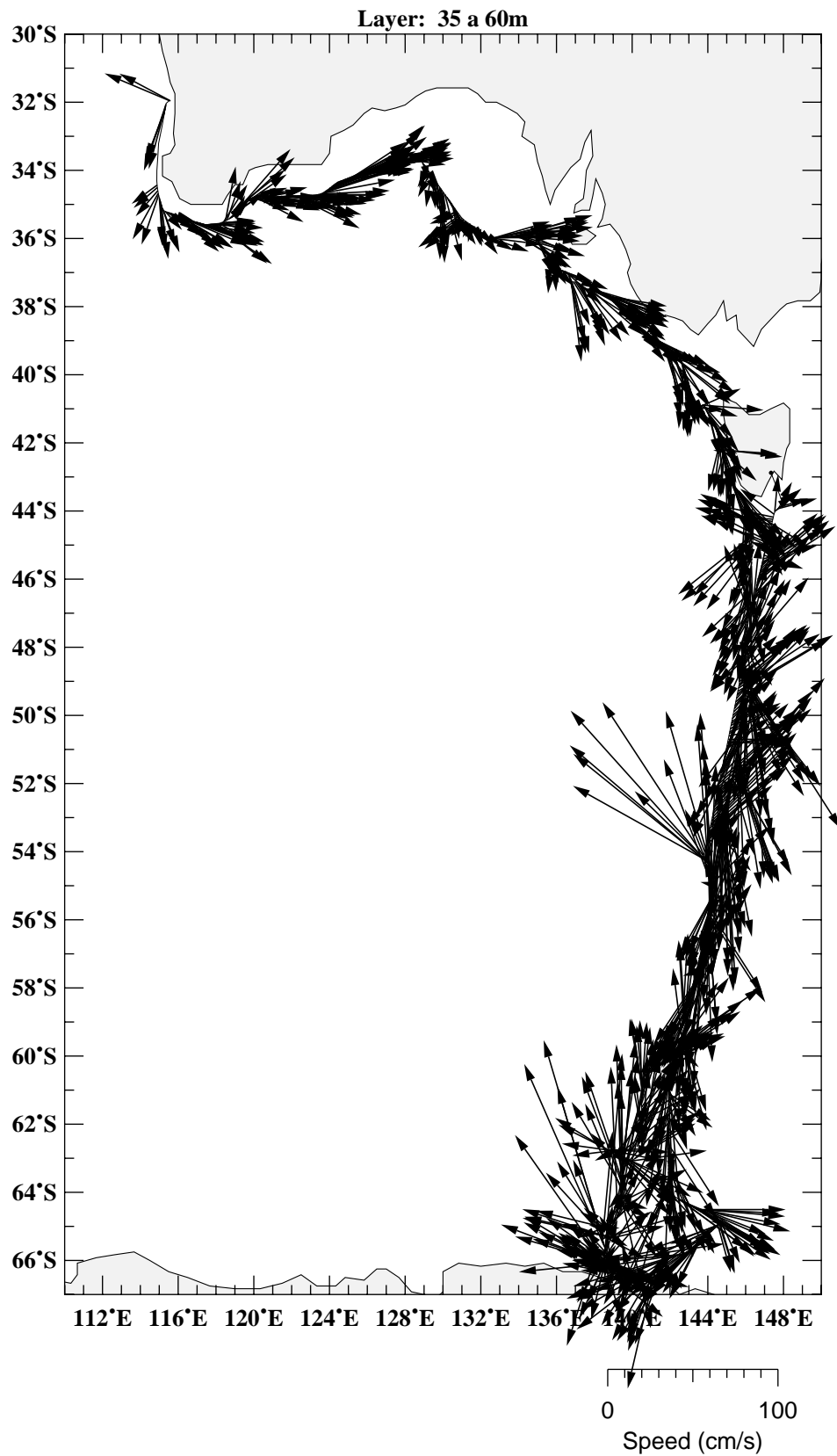
Modele gyro Firing + cte



OISO 10

23 janvier - 17 février 2003

Donnees juste editees

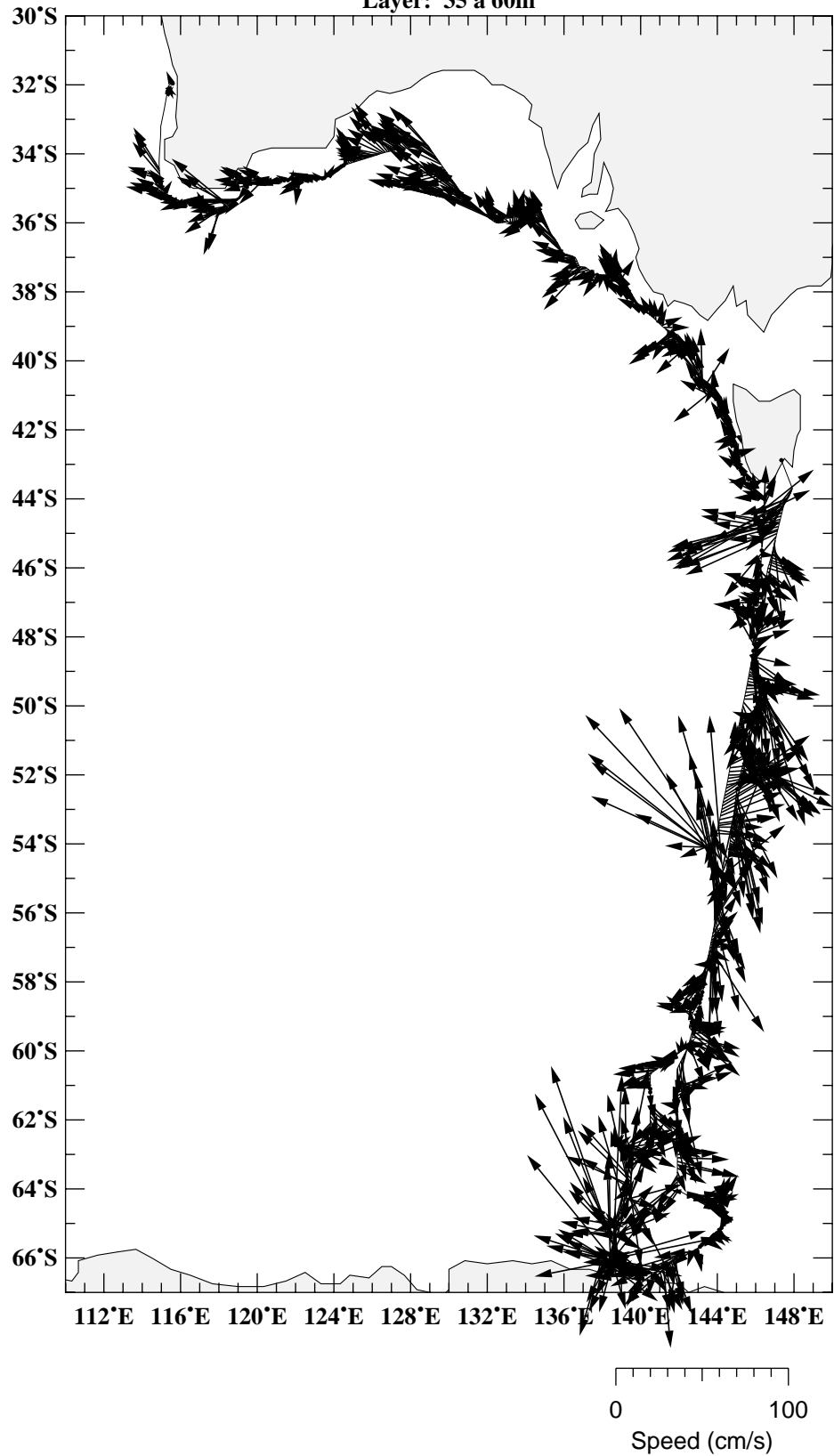


OISO 10

23 janvier - 17 février 2003

Rotation constante

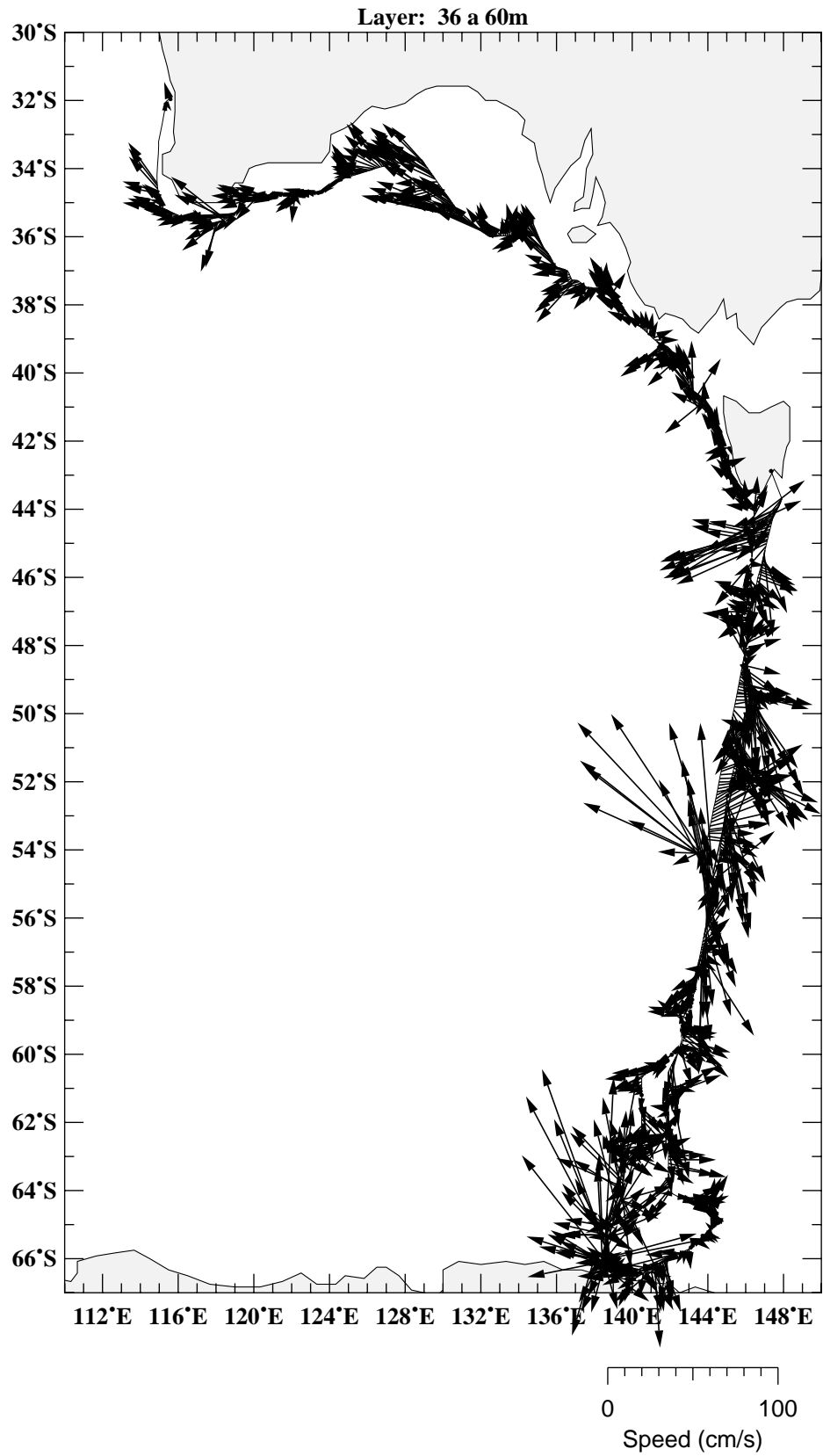
Layer: 35 a 60m



OISO 10

23 janvier - 17 février 2003

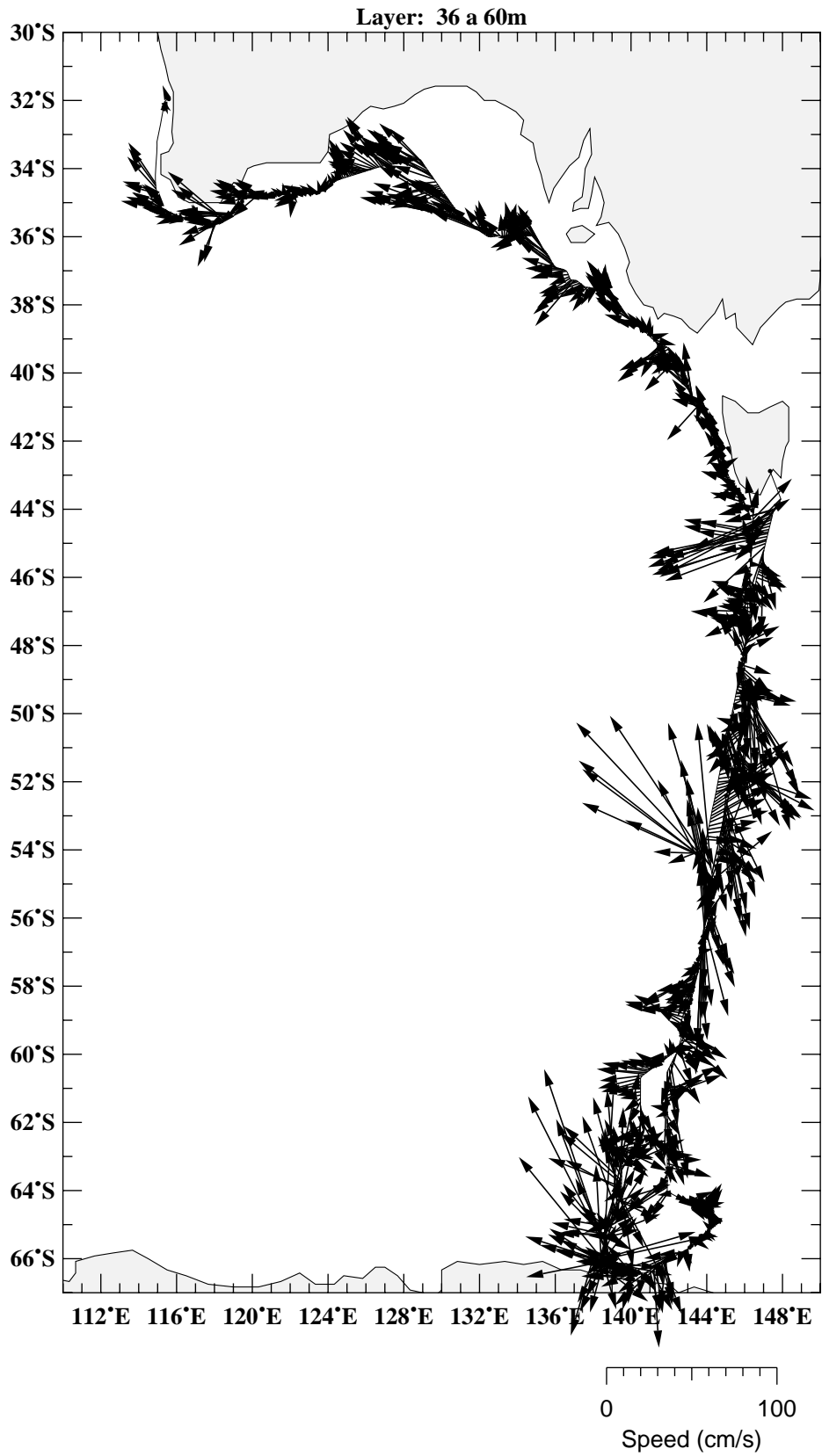
Angle hg-pmv + Rotation cte



OISO 10

23 janvier - 17 février 2003

Angles gyro Firing + cte

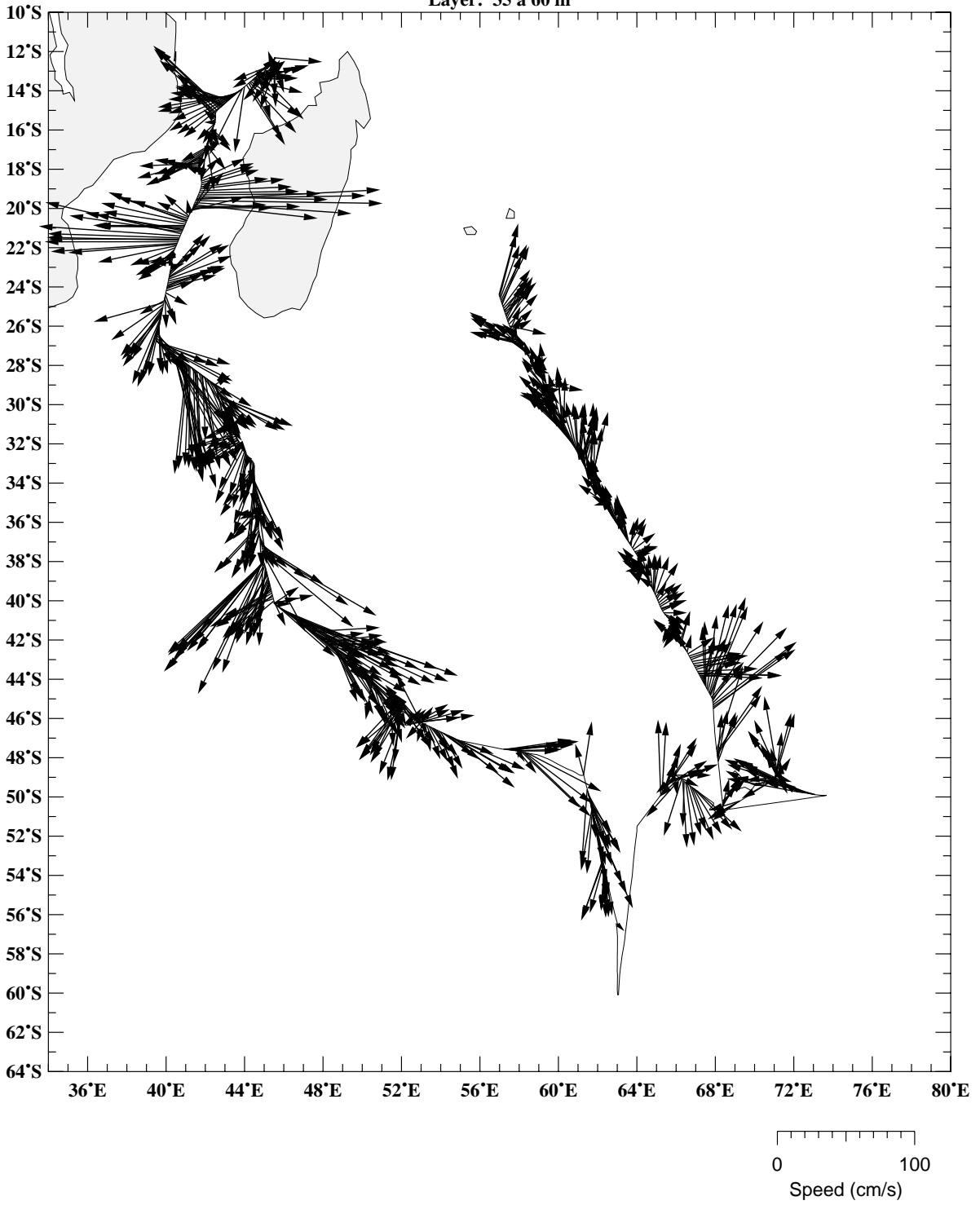


OISO 11

12 Janvier - 8 Fevrier 2004

Raw juste editees

Layer: 35 a 60 m

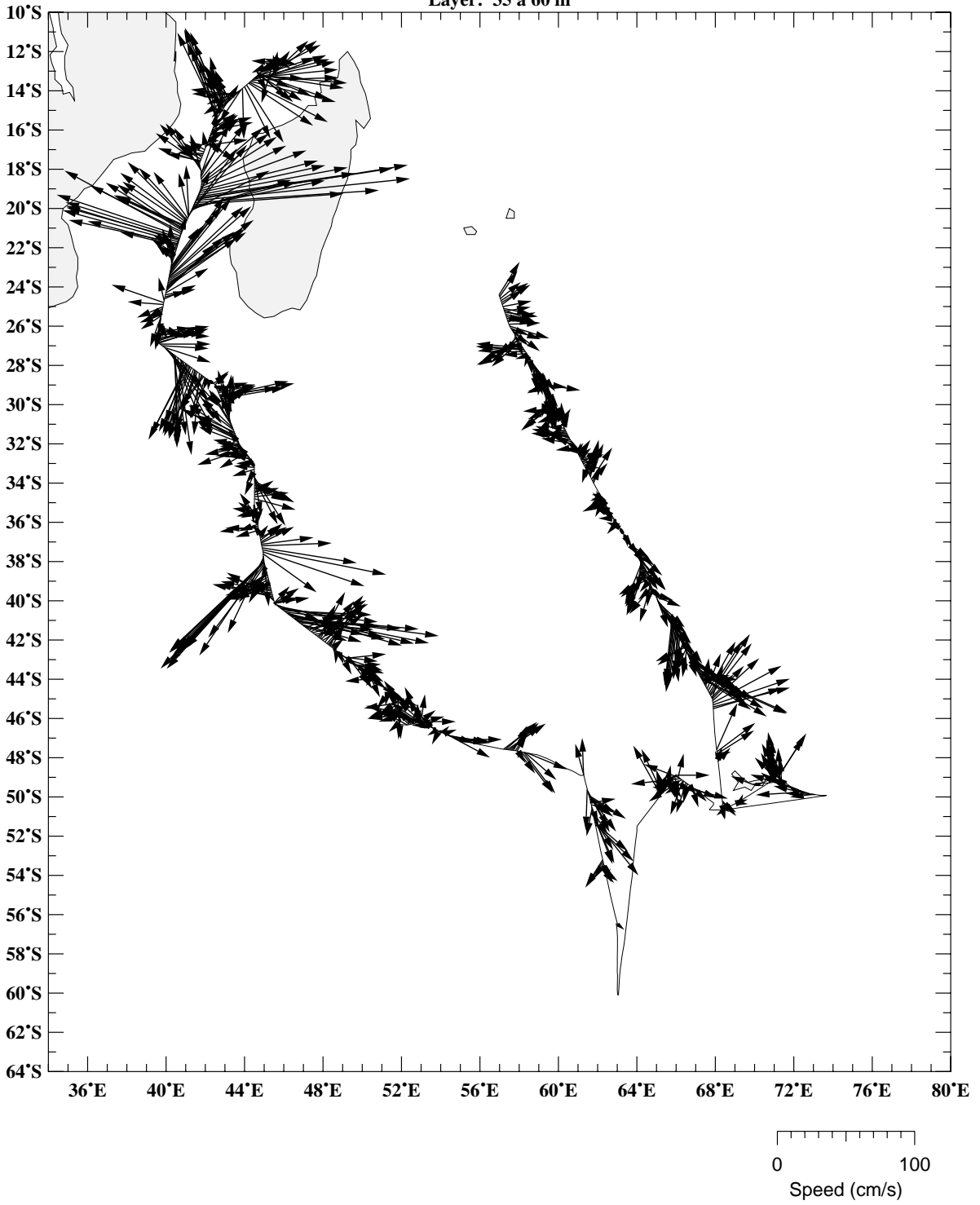


OISO 11

12 Janvier - 8 Fevrier 2004

Rotation Constante

Layer: 35 a 60 m

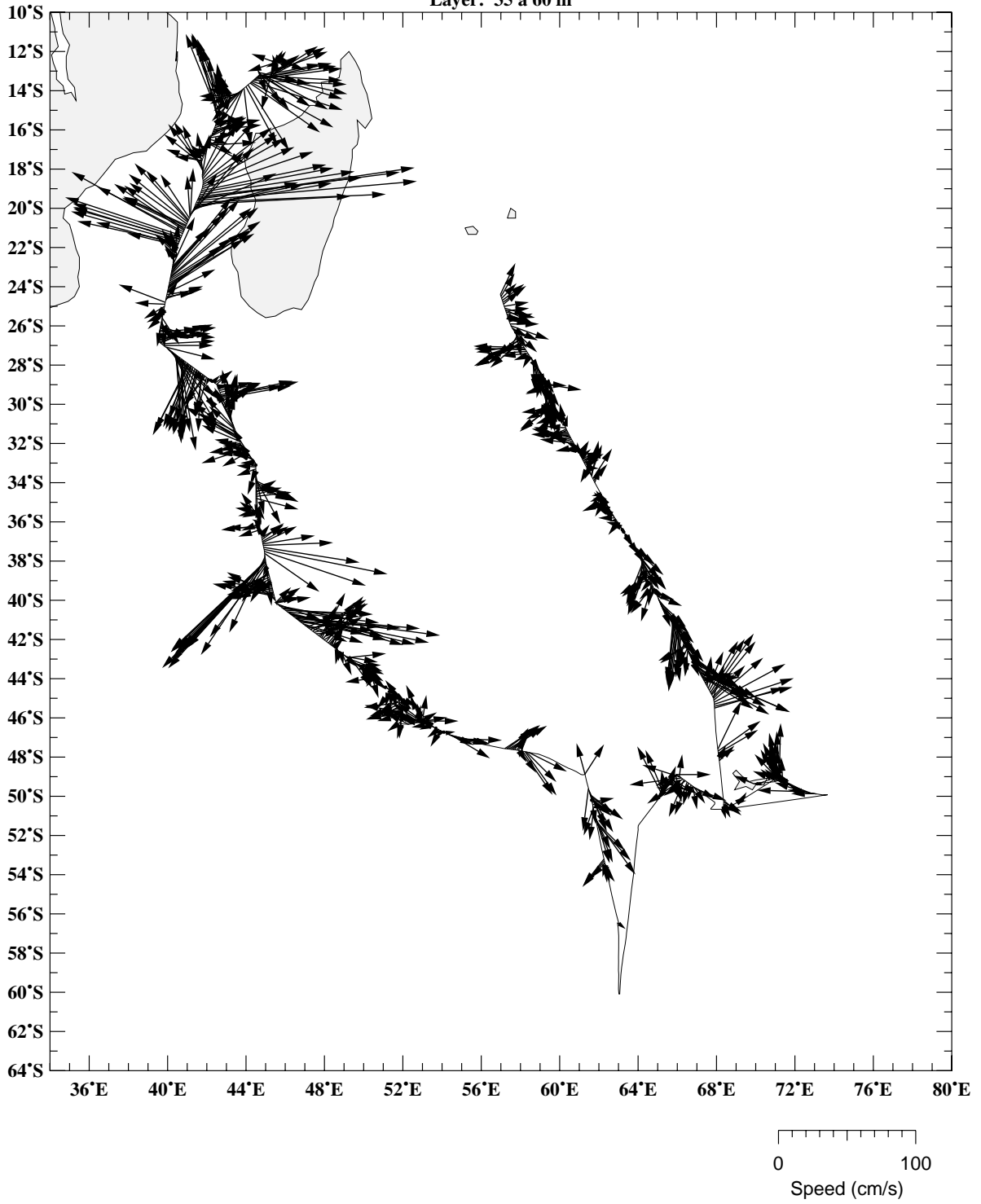


OISO 11

12 Janvier - 8 Fevrier 2004

Fit en latitude + Cte

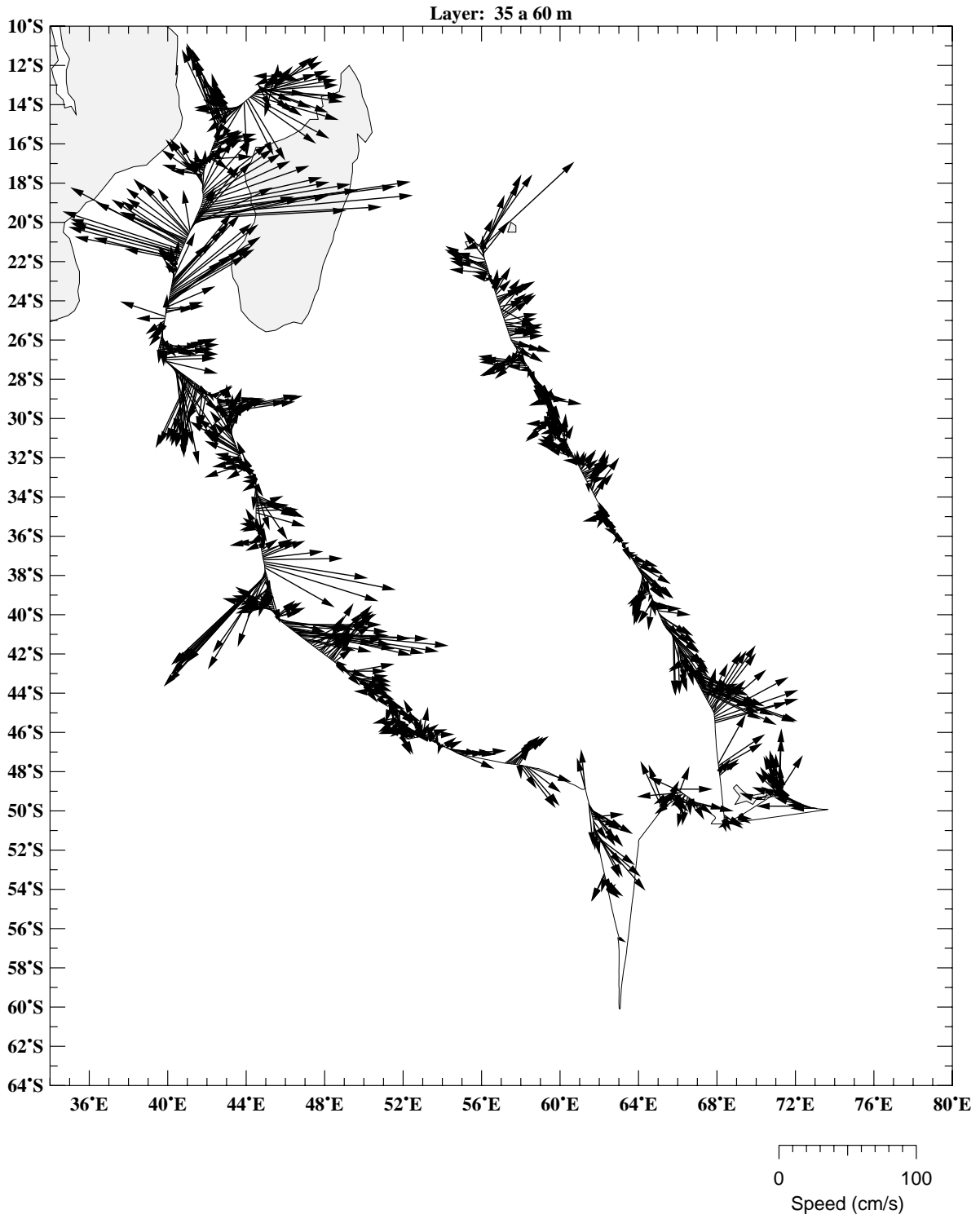
Layer: 35 a 60 m

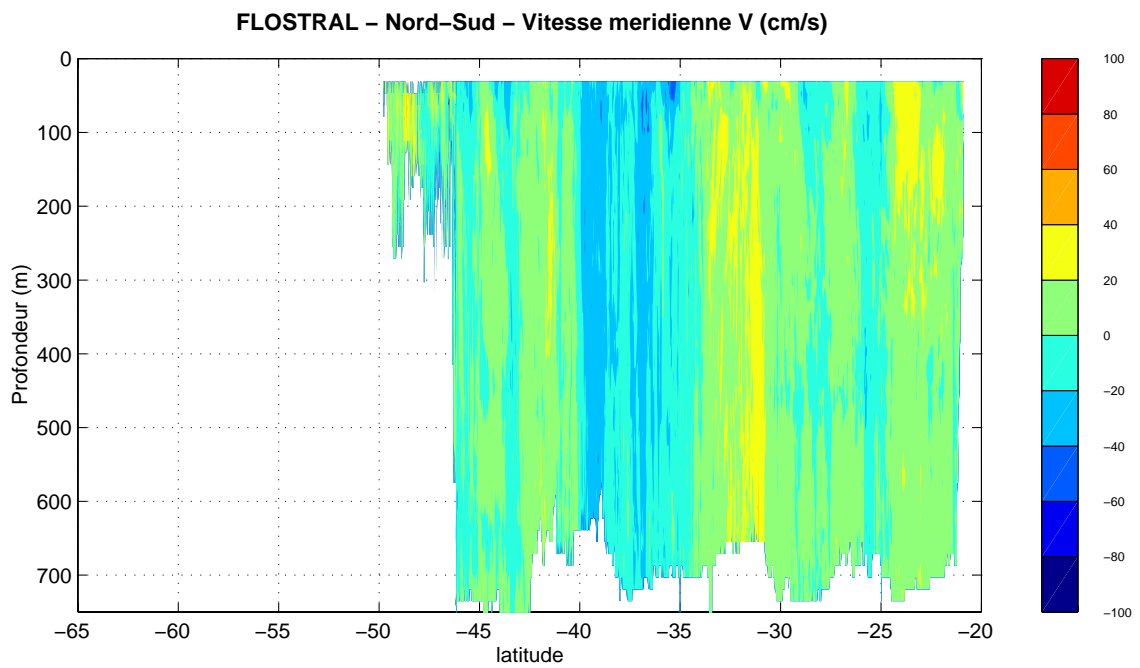
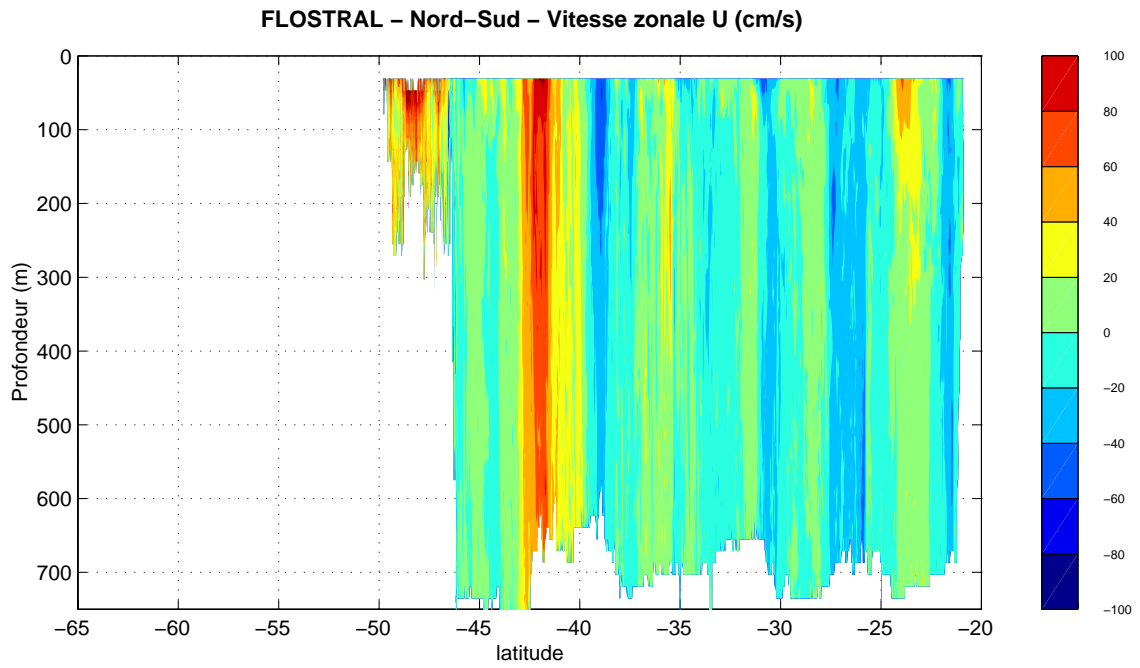


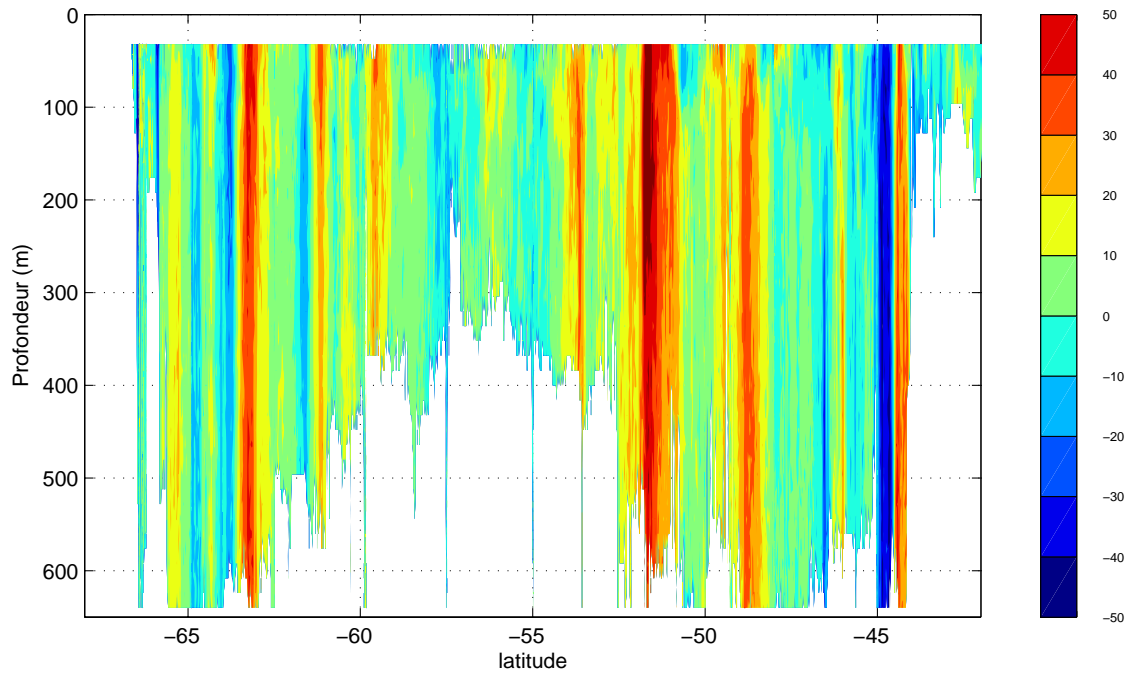
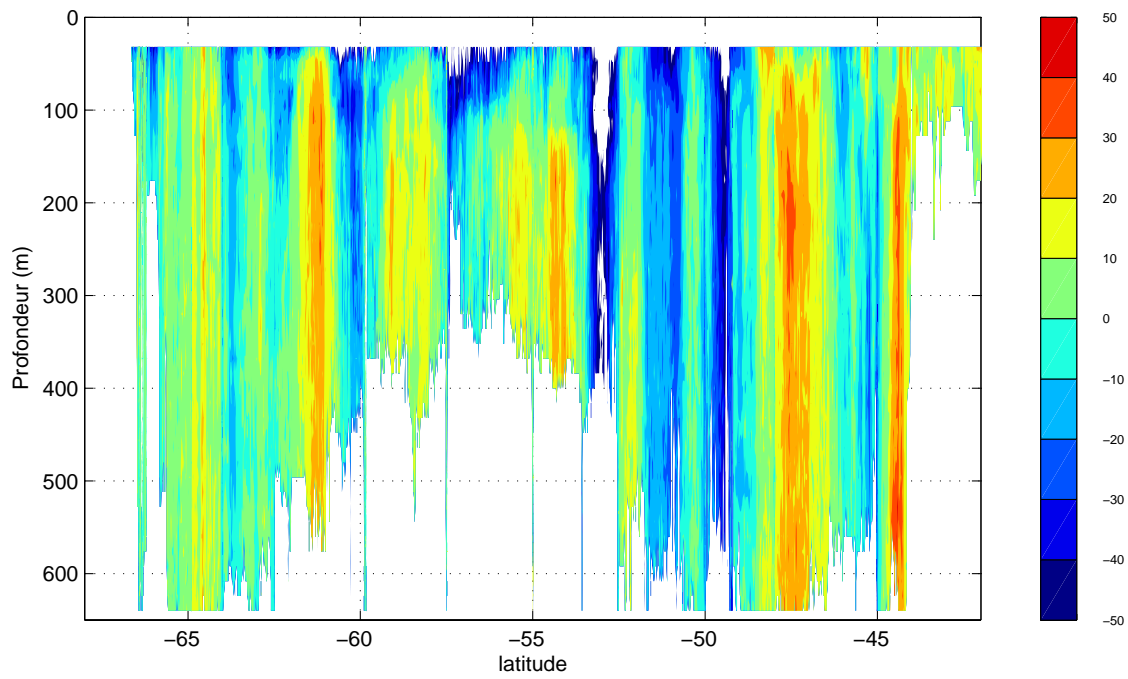
OISO 11

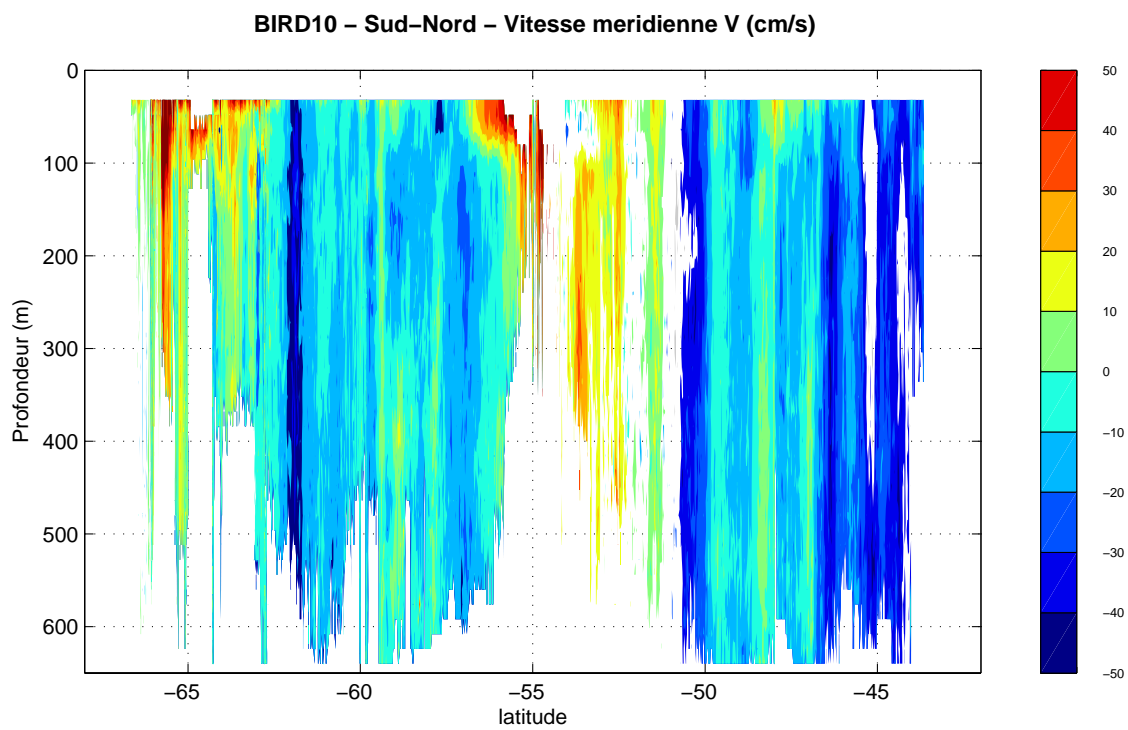
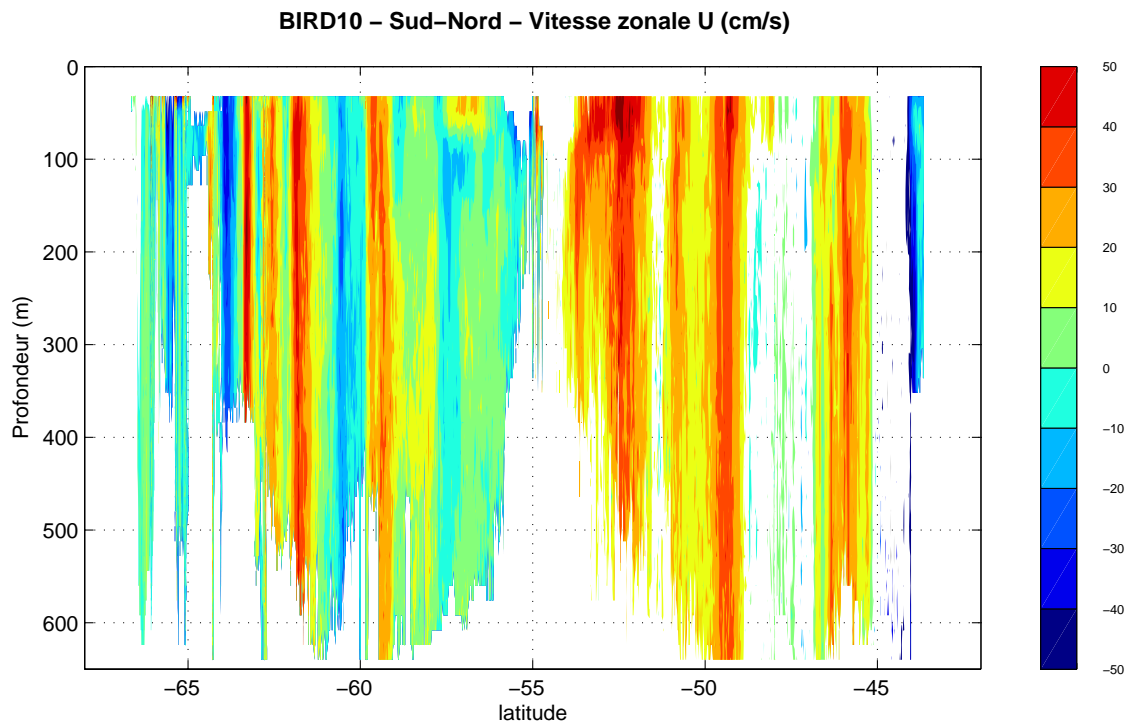
12 Janvier - 8 Fevrier 2004

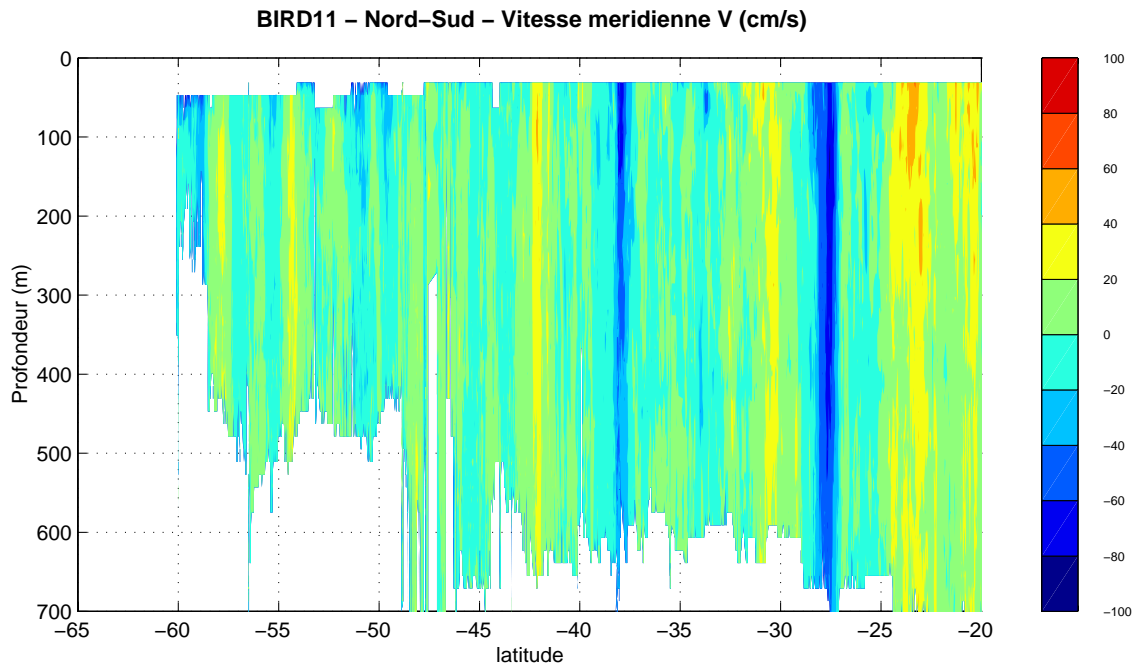
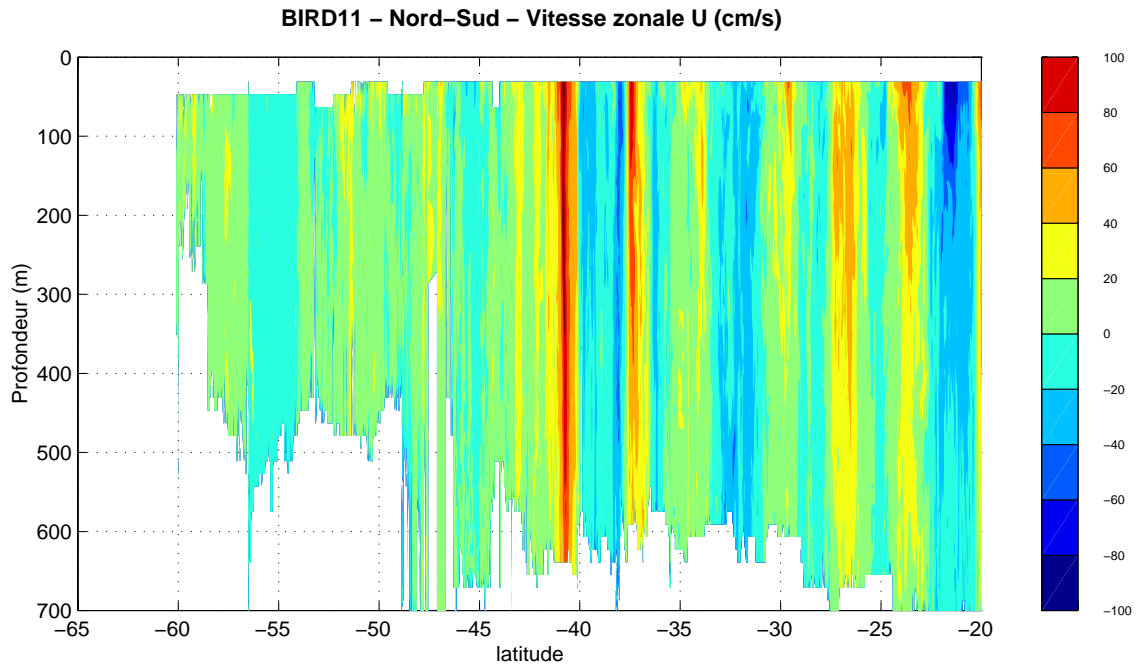
Modele gyro Firing + Cte

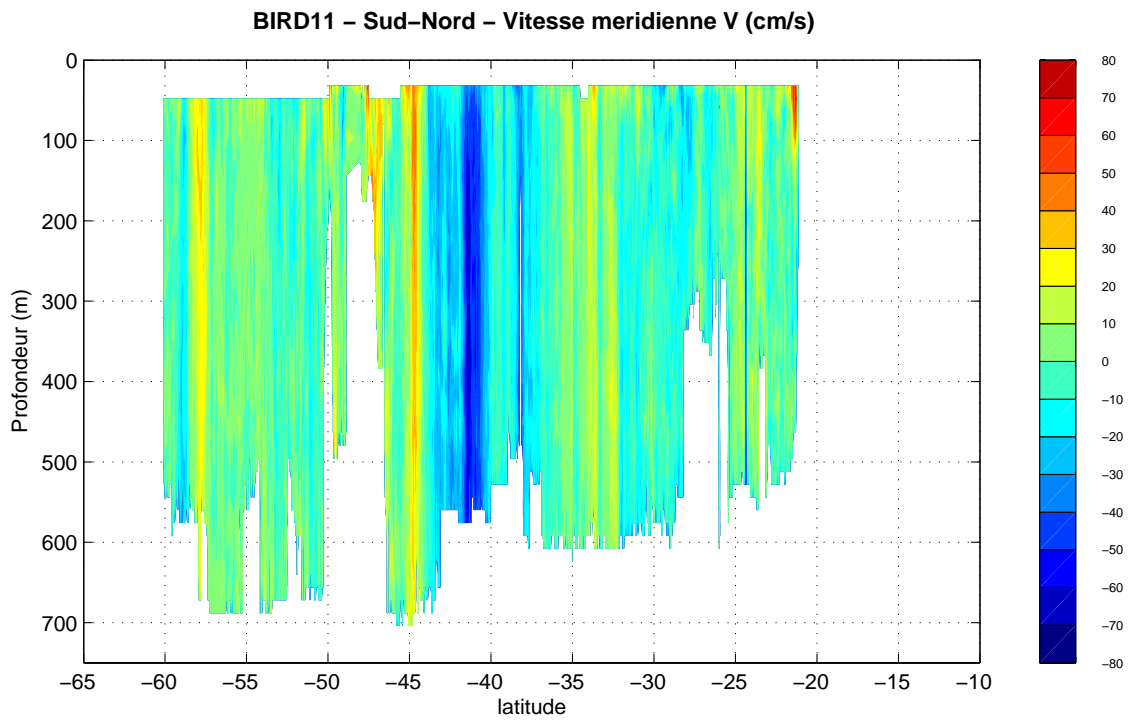
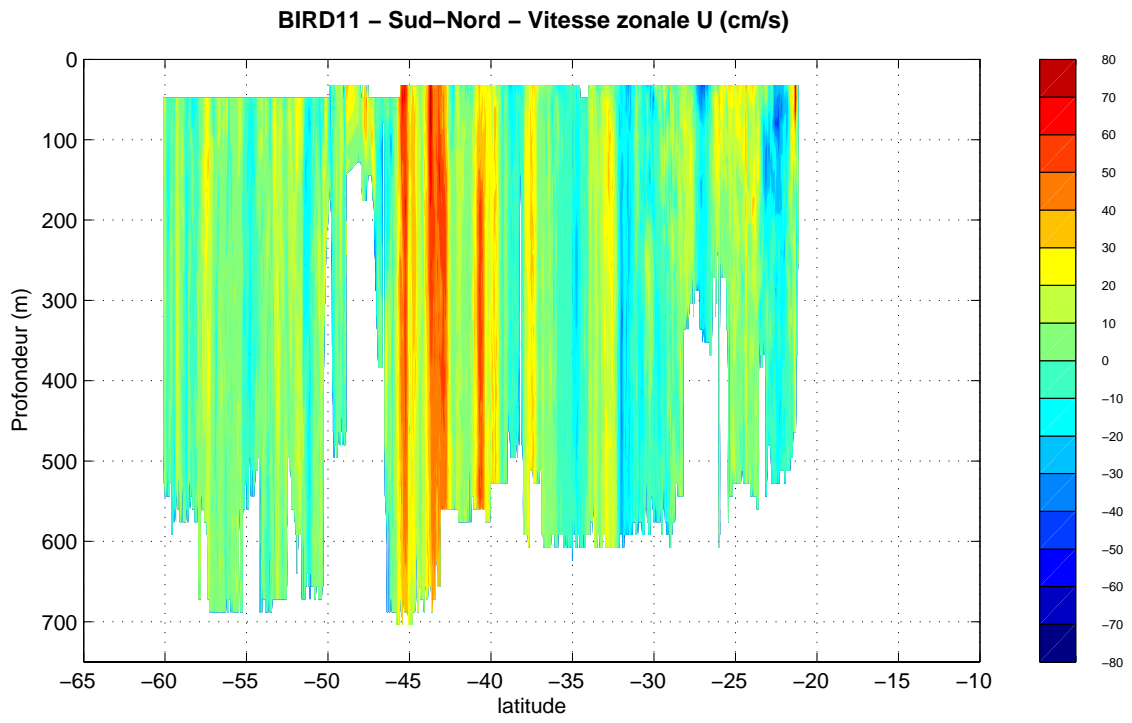




BIRD10 – Nord–Sud – Vitesse zonale U (cm/s)**BIRD10 – Nord–Sud – Vitesse meridienne V (cm/s)**







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.