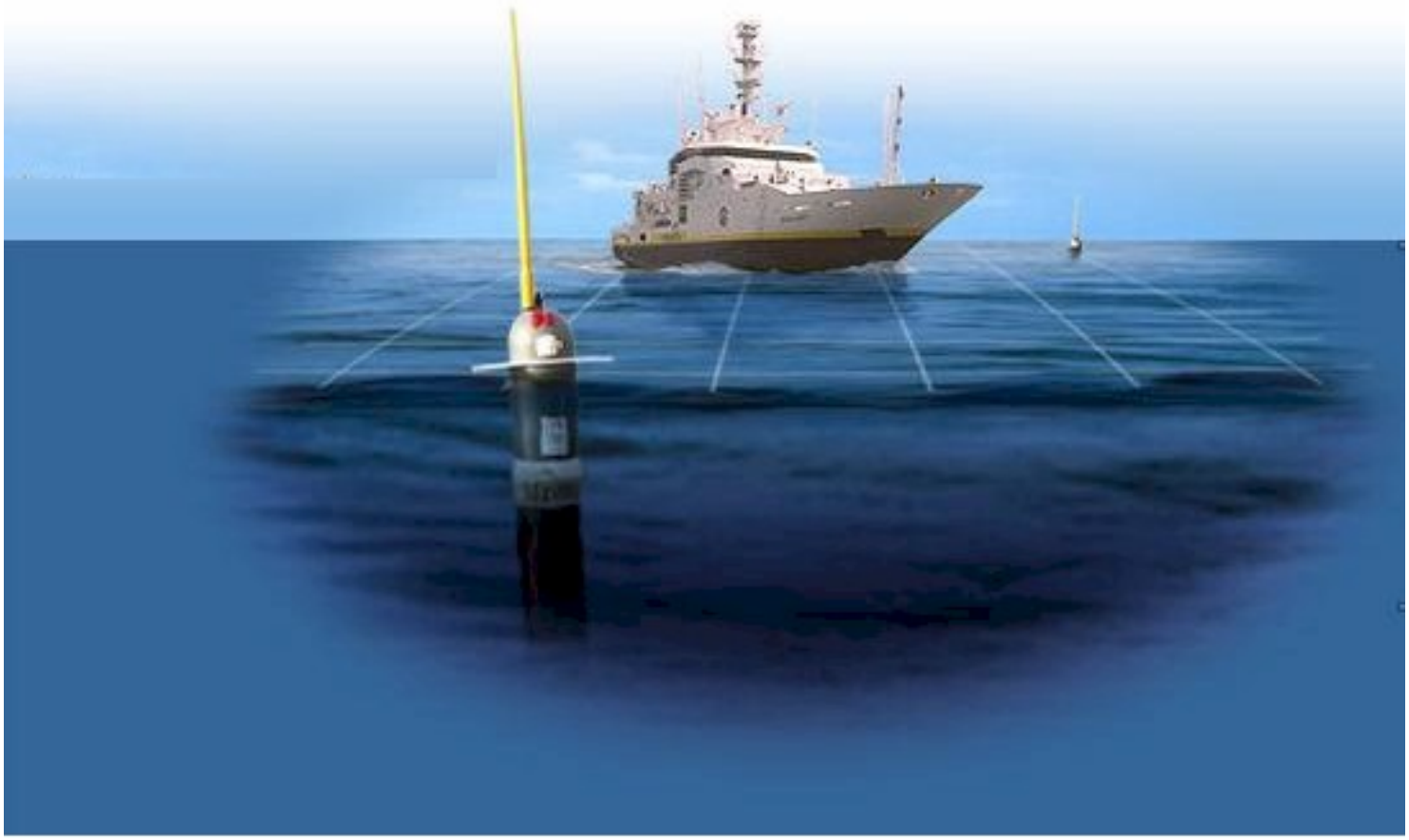
Coriolis

OCEANOGRAPHIE OPERATIONNELLE



Rapport d'Activités du Chantier Coriolis Pour l'Année 2001

Ifremer

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION 4

2. OBJECTIFS ET FAITS MARQUANTS 6

3. MOYENS ET EFFECTIFS 8

3.1. PERSONNELS IFREMER : 8

3.2. STAGIAIRES 9

3.3. PERSONNELS TITULAIRES D'UN CONTRAT A DUREE DETERMINEE 9

3.4. CREDITS D'INVESTISSEMENT ET DE FONCTIONNEMENT 9

3.5. RECETTES 9

4. RESULTATS OBTENUS EN 2001 10

4.1. CENTRE DE DONNEES 10

4.1.1. Objectifs du centre Coriolis-Données 10
4.1.2. Mise en exploitation du Centre Coriolis V.1 11
4.1.3. Développement du Centre Coriolis V.2 12
4.1.4. Coriolis un des deux centres globaux Argo 14

4.2. DEVELOPPEMENT INSTRUMENTAL 14

4.2.1. Objectifs 14
4.2.2. Provor 14
4.2.3. Profileur de Nouvelle Génération 17
4.2.4. EMMA 17

4.3. DEPLOIEMENT DE FLOTTEURS 18

4.3.1. Objectifs du sous-projet déploiement 18
4.3.2. Retour expérience à la mer : algorithme de réduction des données 19
4.3.3. Elaboration de la procédure de recette 19
4.3.4. Activités de recette et déploiement en 2001 21
4.3.5. Planification des déploiements en Atlantique 21

4.4. ACQUISITION DE MESURES NAVIRES 24

4.4.1. Implémentation sur les navires océanographiques Ifremer 24
4.4.2. Bilan des collectes XBT à partir des bateaux de l'Ifremer et du SHOM 26

4.5. SCIENCE PROJET 27

4.5.1. Calibration des mesures de salinité 27
4.5.2. Génération de produits : Les analyses objectives 29

5. PERSPECTIVES 2002 32

6. ANNEXES 33

6.1. INDICATEURS DE PRODUCTION (LISTE MINIMALE, QUI PEUT ETRE PLUS DETAILLEE) 33

6.2. LISTE DES RAPPORTS, PUBLICATIONS 34

6.2.1. Rapports Internes 34
6.2.2. Communications et rapports externes 39
6.2.3. Communication à comité de lecture 40

6.3. BASES DE DONNEES 40

6.4. COLLABORATIONS EXTERIEURES, NATIONALES ET INTERNATIONALES, FORMALISEES 40

6.5. COLLOQUES ET SEMINAIRES ORGANISES PAR UN MEMBRE DE L'UNITE 40

6.6. CAMPAGNES A LA MER 41

6.7. MEETINGS NATIONAUX ET INTERNATIONAUX 41

6.8. REUNIONS DE TRAVAIL 41

6.9. ORGANIGRAMMES DES SOUS-PROJETS 43

6.9.1. Centre de données 43
6.9.2. Instrumentation 44
6.9.3. Déploiement 45
6.9.4. Mesures Navires 45

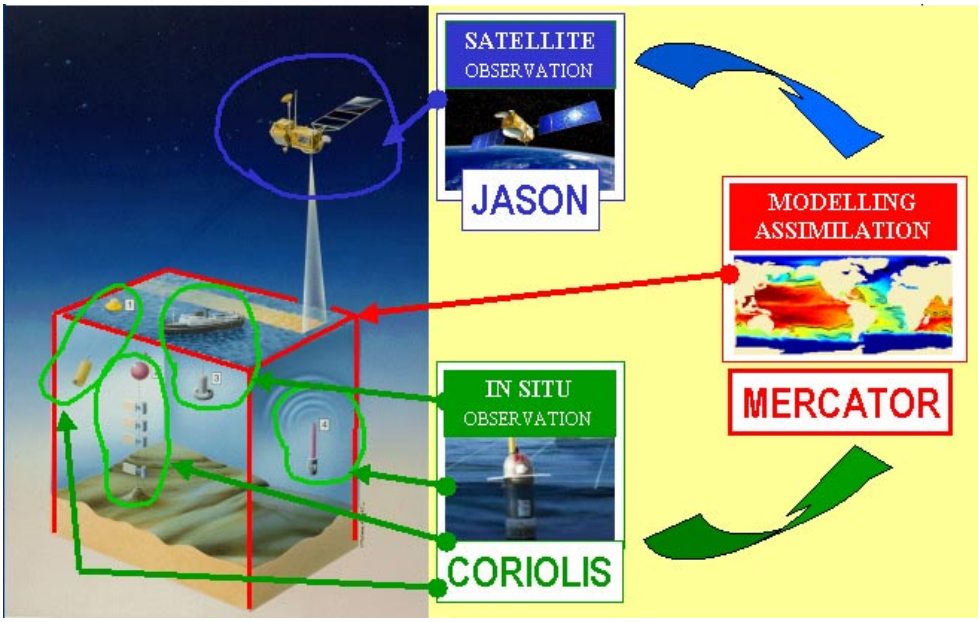
PREAMBULE

Ce document est un rapport d'activités Ifremer ne mentionnant que les activités réalisées par l'équipe du projet Ifremer - Coriolis au cours de l'année 2001.

Ce rapport d'activités a été rédigé par : A. Billant (DRO/LPO), T. Carval (TMSI/IDM/ISI), Y. Desaubies (DRO/LPO), F. Gaillard (DRO/LPO), G. Loaec (TMSI/TSI/ME) et S. Pouliquen (DRO/Coriolis).

1. INTRODUCTION

Coriolis est un projet pilote qui a pour but de mettre en place une structure pour l'acquisition, la collecte, la validation et la diffusion en temps réel et différé de données in situ relatives à l'océan mondial. Les observations concernées sont principalement les mesures des paramètres physiques : température, salinité et vitesse, sous la forme de profils ou sections à haute résolution verticale ou horizontale et de séries temporelles. Coriolis est un projet d'océanographie opérationnelle qui s'articule avec Mercator, et constitue avec ce dernier une contribution aux expériences ARGO et GODAE. Outre sa contribution à ces projets pilote d'océanographie opérationnelle, Coriolis permettra d'initier la base de donnée nécessaire aux programmes d'étude de la variabilité climatique envisagés dans le cadre de CLIVAR.



Coriolis comprend trois phases suivant lesquelles se déclineront des objectifs particuliers :

- La phase de préparation (2000-2002) est synchronisée avec la mise en route de Mercator. Les différents éléments du système seront progressivement mis en place.
- La phase de démonstration (2003-2005) correspond à l'échéance ARGO. Au cours de cette phase Coriolis opérera en mode d'exploitation.
- La phase d'évaluation (2004-2005) commencera à mi-parcours de la phase d'exploitation. Elle sera consacrée à la définition au dimensionnement de ce que pourrait être un centre opérationnel pérenne.

Le projet Coriolis est composé de 5 sous-projets :

1. Le sous-projet Service **Coriolis-données** sous la responsabilité de **T. Carval** (TMSI/IDM/ISI).
2. Le sous-projet **Développement instrumental** sous la responsabilité de **G. Loaec** (TMSI/TSI/ME).
3. Le sous-projet **Déploiement des profileurs** sous la responsabilité de **A. Billant** (DRO/LPO).
4. Le sous-projet **Acquisition des mesures navires** sous la responsabilité de **F. Gaillard** (DRO/LPO) jusqu'en mars 2002 puis par **L. Petit de la Villéon** (TMSI/IDM/SISMER) ensuite.
5. Le composante **Science Projet** sous la responsabilité de **Y. Desaubies** (DRO/LPO).

Les quatre premières composantes correspondent à des objectifs de Coriolis, la dernière composante est transversale.

Le **suivi administratif** du projet est assuré par **A. Gramoullé** (DRO/EP). Le **secrétariat du chef de projet** est assuré par **F. Loubrieu** (DRO/OS).

Les organigrammes de chacun des sous-projets sont fournis en annexe.

2. OBJECTIFS ET FAITS MARQUANTS

En 2001 et 2002, le projet est dans sa phase prototype, c'est-à-dire qu'il met en place tous les éléments lui permettant dès 2003 de démontrer l'opérationnalité d'un tel système de collecte et de distribution de données.

Pour atteindre cet objectif, l'Ifremer, avec ses partenaires, a travaillé en 2001 sur trois axes :

- La mise en opérationnel du centre de données,
- La qualification et l'industrialisation du flotteur profilant Provor,
- L'acquisition de mesures en routine sur les navires océanographiques.

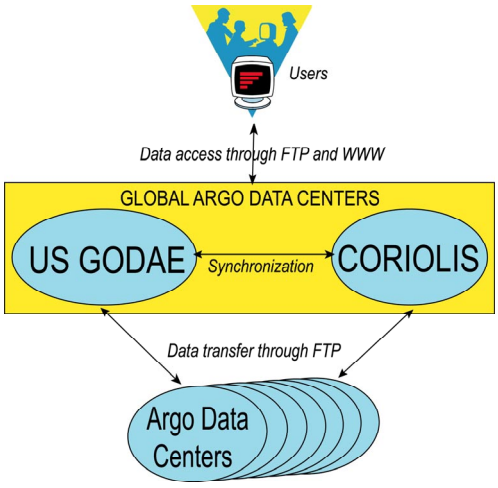
Dans un projet tel que Coriolis le centre de données est un maillon très important. En effet, situé en fin de chaîne, il est la vitrine du projet. Par sa capacité à récolter, qualifier et distribuer efficacement des données de provenances diverses à des utilisateurs, tant météorologues que modélisateurs ou océanographes, il les rend accessibles pour des applications variées. Le centre Coriolis doit à terme traiter des données de température, de salinité et de courant de surface provenant de multiples instruments.

En 2001, la priorité a été mise sur le traitement de données :

- Issues de flotteurs profilants tant de la technologie française Provor, qu'américaine APEX,
- Réalisées avec des sondes à bord de bateaux océanographiques (XBT, CTD…).

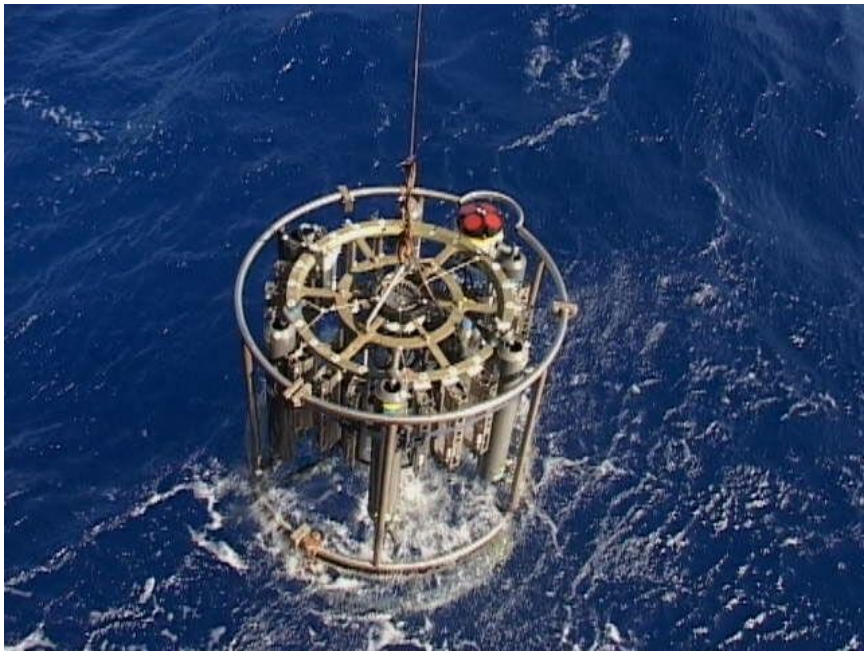
Coriolis est actuellement le centre de traitement des flotteurs déployés par la France (Ifremer, SHOM), par l'Allemagne (IFM-Kiel) dans le cadre du projet allemand SFB460 et du projet européen GyroScope, par le Danemark et depuis peu par le Royaume-Uni. Dans le cadre du projet GTSPP, en collaboration avec MEDS/Canada (Marine Environment Data Service), le centre Coriolis collecte et qualifie toutes les données de température et de salinité distribuées sur le réseau mondial de la météorologie (SMT). Toutes ces données sont mises à disposition de Mercator une fois par semaine. Depuis novembre 2001, une distribution quotidienne est également assurée pour les besoins du modèle d'océan SOAP développé par le SHOM. Toutes les données Coriolis sont également disponibles en vingt-quatre heures sur le site WWW du centre Coriolis http://www.Coriolis.eu.org.

Un centre de données ne peut rien seul : c'est au travers des collaborations tissées avec ses partenaires français, européens et internationaux, qu'il est capable de fournir un service de qualité à la communauté des utilisateurs. L'Ifremer s'est donc fortement impliqué dans le programme international Argo, visant à décrire la structure de l'océan global à l'aide d'un réseau de trois mille flotteurs profilants uniformément répartis. La contribution de Coriolis à ce programme est triple : premièrement au niveau scientifique en assurant la coordination des déploiements en Atlantique, deuxièmement en déployant dans les années 2002-2004 près de 200 flotteurs et finalement par la mise en place au sein de Coriolis d'un des deux centres de données globaux Argo dont le site FTP existe depuis septembre 2001. De plus, au sein du "Argo Data Management Team", l'équipe Coriolis a été le moteur dans la standardisation des formats de diffusion des données Argo.



L'axe suivant sur lequel l'équipe projet Coriolis a porté ses efforts a été la qualification puis l'industrialisation du flotteur profilant Provor. Ce flotteur, issu de la technologie Marvor, est en cours de développement par Ifremer et est industrialisé par la société Martec. Provor désigne en fait une gamme d'équipements, selon le type de capteurs installés et les aménagements éventuels réalisés pour chaque application. En 2001, une version Provor CT-F2 équipé d'un capteur CTD fourni par Falmouth Scientific a ainsi été développé. Les premiers exemplaires ont été déployés en avril 2001. Après quelques aménagements réalisés en collaboration avec les équipes scientifiques et des essais à la mer concluants, la définition des équipements a été figée et Ifremer a commandé à Martec quatre-vingt-dix exemplaires dans le cadre du projet européen GyroScope et du projet Coriolis. Ces flotteurs seront déployés à partir de mars 2002. Une version Provor CT-S équipée d'une sonde Seabird a par ailleurs été développée. Martec a enfin réalisé pour le marché japonais une version spécifique également équipée d'un capteur Seabird (70 exemplaires). L'équipe Coriolis travaille également sur un profileur nouvelle génération, moins coûteux et facilement déployable par du personnel non spécialisé depuis des navires d'opportunité et sur un profileur monocycle de température.

Le dernier axe prioritaire du projet Coriolis a été d'organiser l'acquisition systématique de mesures de température et de salinité de surface à partir des navires océanographiques du SHOM et de l'Ifremer, chaque fois que cela était compatible avec les campagnes réalisées sur ces navires. Ceci a conduit à la transmission systématique, sauf avis contraire du chef de mission, et automatique, en temps réel, des données de température et de salinité au centre Coriolis. Le projet Coriolis a également fourni à GENAVIR un lot de 180 XBT qui ont été tirées lors de transits spécifiés par le projet. Au total 592 profils et 150000 mesures de salinité de surface (un point acquis toutes les 5 minutes) ont été transférés dans un délai de 24 heures, soit une augmentation de 100% par rapport aux données transférées en 2000 au centre Coriolis. En 2002 cette action sera poursuivie par l'acquisition systématique des données de courants à partir des navires océanographiques.



Mise à l'eau d'un capteur CTD monté sur rosette.

3. MOYENS ET EFFECTIFS

3.1. Personnels IFREMER :

Personnel Ifremer ayant travaillé plus de 60 heures sur le chantier Coriolis en 2001. Ceci réprésente 26 183 heures, soit environ 17 hommes/an.

NOM	CAT.	LIBELLE	%	HEURES
Cadres C3 : 3				
DESAUBIES YVES	C3	SCIENCES - DEPLOIEMENT - GyroScope	50	1222
DRO/D	C3	CORIOLIS - COORDINATION	6	88
MAILLARD CATHERINE	C3	DONNEES	6	95
Cadres de Recherche ou Ingénieurs C2 : 8				
AOUSTIN YANNICK	C2	INSTRUMENTATION	16	249
BILLANT ANDRE	C2	DEPLOIEMENT - GyroScope	53	812
GAILLARD FABIENNE	C2	SCIENCES - MESURES NAVIRES	16	241
LOAEC GERARD	C2	INSTRUMENTATION	68	1030
MASSET JEAN FRANCOIS	C2	INSTRUMENTATION	19	289
MAUDIRE GILBERT	C2	DONNEES	22	332
POULIQUEN SYLVIE	C2	CORIOLIS - COORDINATION	73	1106
ROLIN JEAN FRANCOIS	C2	INSTRUMENTATION	8	126
Cadres de Recherche ou Ingénieurs C1 : 17				
BLANDIN JEROME	C1	INSTRUMENTATION	15	223
BOUQUET PHILIPPE	C1	INSTRUMENTATION	88	1336
CARVAL THIERRY	C1	DONNEES	90	1375
CORTES NORBERT	C1	INSTRUMENTATION – GyroScope	45	690
CROIZE-FILLON DENIS	C1	DONNEES	8	114
DELAUNEY LAURENT	C1	INSTRUMENTATION - MESURES NAVIRES	15	225
DEUFF ALBERT	C1	INSTRUMENTATION	31	478
GAC CHRISTIAN	C1	INSTRUMENTATION	78	1191
HARSCOAT VALERIE	C1	DONNEES	5	82
LE BRAS SYLVIE	C1	INSTRUMENTATION	49	746
LE RESTE SERGE	C1	INSTRUMENTATION	74	1127
MAISONDIEU CHRISTOPHE	C1	INSTRUMENTATION	8	125
MARCHESE FABRICE	C1	INSTRUMENTATION	96	1457
PENNEC SERGE	C1	INSTRUMENTATION	26	397
PETIT DE LA VILLEON LOIC	C1	DONNEES	35	525
RAGUENES YVETTES	C1	DONNEES	59	447
SALVETAT FLORENCE	C1	INSTRUMENTATION	9	141
SUCHET JEAN BAPTISTE	C1	INSTRUMENTATION	23	278
Techniciens : 11				
BERNARD VINCENT	TEQ	DONNEES	47	715
LAGADEC CATHY	TEQ	SCIENCES	11	172
LE BOT PHILIPPE	TEQ	DEPLOIEMENT	6	88
LE PIVER DAVID	TEQ	INSTRUMENTATION	33	494
LE ROUX DOMINIQUE	TEQ	INSTRUMENTATION	50	758
LEIZOUR STEPHANE	TEQ	DEPLOIEMENT	23	342
MAROS EMMANUEL	TEQ	DONNEES	62	941
MENAGE OLIVIER	TEQ	DEPLOIEMENT	33	508

	MENUT ERIC	TEQ	INSTRUMENTATION	81	1235
	REGNAULT JEAN PIERRE	TEQ	SCIENCES	12	187
	ROUDAUT MICKAEL	TEQ	INSTRUMENTATION - DEPLOIEMENT	11	168
Post Doc + CDD : 2					
	GABALDON JESUS (Post-doc)		SCIENCES - DONNEES	100	1520
	GRIT CAROLE (CNRS)		SCIENCES - GyroScope	100	1520
Secrétaires : 3					
	LE BORGNE MONIQUE	TEQ	SECRETARIAT - INSTRUMENTATION	20	240
	LOUBRIEU FRANCINE	TEQ	SECRETARIAT - COORDINATION	37	444
	MILOSAVLJEVIC BEATRICE	TEQ	SECRETARIAT - DONNEES	13	194
Cadre administratif : 1					
	GRAMOULLE ANNIE	C1	ADMINISTRATIVE	7	110

La colonne % indique le pourcentage de temps passé sur Coriolis en tenant compte du taux de travail annuel de chacun, congés déduits.

3.2. Stagiaires

Coriolis Données :

- Philippe Larvor : 3 mois ; "étude de flux de données XML", maîtrise informatique.
- Stéphane Gahagon : 3 mois ; "affichages de méta-données Argo XML", maîtrise informatique.
- Tanguy Lebreton : 2 mois ; "chargement de données thermosalinographe", BTS informatique.

3.3. Personnels titulaires d'un contrat à durée déterminée, dont post-doctorants Ifremer

- Jesus Gabaldon : fév. 01 - août 02 ; post-doc "Contribution à la définition des produits Coriolis, statistiques sur la base de données de température en préparation aux analyses à l'échelle de l'Atlantique Nord".

3.4. Crédits d'Investissement et de fonctionnement

Sous-projets	Investissement	Fonctionnement
Coriolis / Coordination		26 145 €
Coriolis / Données	308 975 €	7 622 €
Coriolis / Instrumentation	381 123 €	45 735 €
Coriolis / Déploiement Flotteurs	871 708 €	10 443 €
Budget total :	**1 561 806 €**	**89 945 €**

3.5. Recettes

SHOM :89 183 € : Participation au développement du centre de données Coriolis V.2.

GyroScope : 864 982 € sur 3 ans (Y. Desaubies/LPO).

4. RESULTATS OBTENUS EN 2001

4.1. Centre de données

4.1.1. Objectifs du centre Coriolis-Données

Le Centre de données Coriolis a pour mission de collecter, contrôler, diffuser (ou mettre à disposition) les données *in-situ* d'océanographie physique et d'élaborer, à partir de celles-ci, des produits à valeur ajoutée à vocations technique et scientifique.

Les données prises en compte, pour la période 1999 à 2002, sont :

1. Profils de température et de salinité verticaux ou horizontaux
   - Flotteurs profilants, XBT et CTD,
   - Stations d'observations au point fixe,
   - Thermosalinographes.
2. Mesures de courant
   - Informations lagrangiennes déduite de la dérive des flotteurs profilants et des bouées dérivantes,
   - ADCP de coque.

Pour les données définies ci-dessus, le centre de données Coriolis assure une collecte et une diffusion des données en temps réel. L'objectif fixé est ici, à l'image des données satellite, de pouvoir mettre à disposition les données 24 heures après leur réception au centre de données. En pratique, trois niveaux de contraintes temporelles sont définis :

- **Temps réel strict** (inférieur à 24 h). Ne concerne que la diffusion sur le réseau météorologique mondial (GTS) pour répondre aux spécifications Argo. Le contrôle qualité est limité à des tests automatiques.
- **Temps réel** (inférieur à 24 h jours ouvrables, soit 72 h). Un contrôle qualité visuel est effectué par un opérateur. Il s'agit du produit Coriolis standard dont Mercator est le client privilégié.
- **Temps différé** pour des données complètes (XBT, CTD) ou des synthèses.

Les produits élaborés en routine sont ou seront:

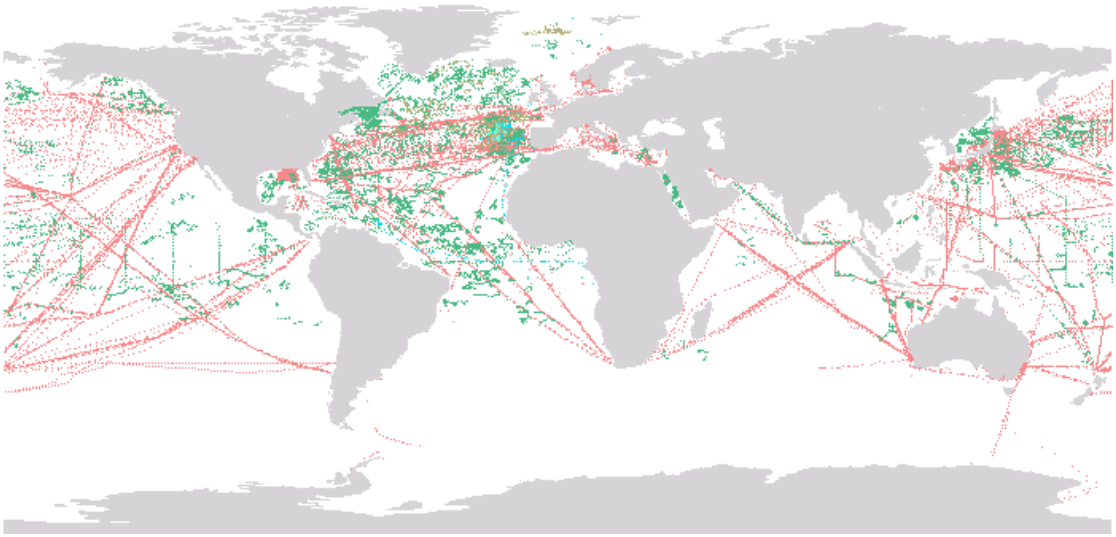
- **Analyses objectives** : grilles numériques et cartes.
- **Estimation de la dérive des capteurs** (en particulier de salinité).

Le centre Coriolis est un centre de données des programmes internationaux Argo, GTSPP, WOCE, CLIVAR. Il en applique les recommandations en terme de gestion de données : procédure de contrôle qualité et formats de diffusion et participe pleinement aux échange de données afin de permettre la constitution, au niveau mondial, d'un jeu de données de référence. Depuis octobre 2000 (1st Data Management Meeting), Coriolis est un des deux centres mondiaux de distribution Argo, avec le centre US-GODAE (Monterey /USA).

4.1.2. Mise en exploitation du Centre Coriolis V.1

La version 1 du centre de données Coriolis a été mise en opérationnel début 2001 Elle avait pour objectifs principaux de fournir les outils de base pour traiter et diffuser les données pour Mercator et pour le projet européen GyroScope. Le centre Coriolis V.1 est donc capable :

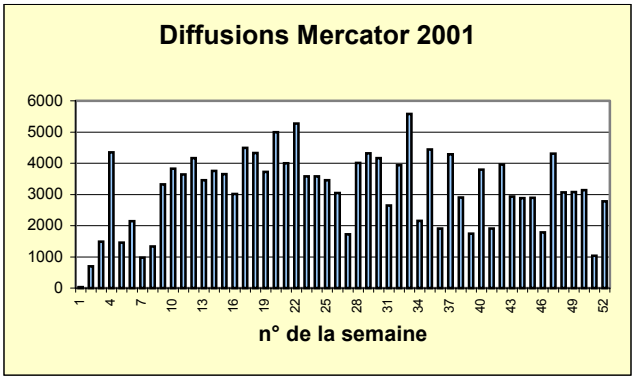
- de traiter les données flotteurs Provor, APEX.
- de contrôler sous 24 heures des données en provenance.
  - des profileurs Argo,
  - du réseau de la météorologie GTS,
  - des navires océanographiques (principalement les XBT et CTD).
- de diffuser en Asci ou en Netcdf :
  - Via le Web : en fournissant des outils de visualisation dynamique aux données.
  - Via FTP publique : hebdomadaire (pour Mercator par exemple) et quotidien (pour le modèle SOAP du SHOM et pour Argo).

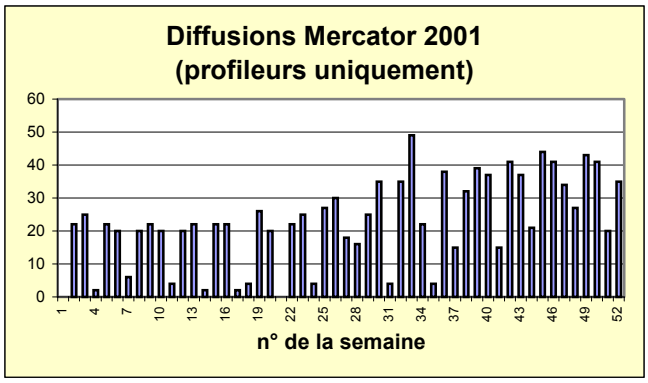


Plus de 165 000 profils acquis par Coriolis en 2001 (5.5 millions de mesures de Température, 0.6 millions de mesure de salinité). Les points en rouge et vert proviennent du GTS, les points en bleu et vert clair sont les profils XBT et CTD transmis par les navires océanographiques de l'Ifremer et du SHOM, les points en marron sont les profils des flotteurs que nous traitons à partir des données Argos.

Depuis janvier 2001, le centre Coriolis diffuse au projet Mercator, tous les mardis, de 2000 à 5000 profils de température et salinité contrôlés par un opérateur. Ces données proviennent en majorité du GTS qui nous sont transmises par MEDS/Canada dans le cadre du projet GTSPP (Global Temperature-Salinity Profile Program) auquel le Sismer contribue depuis sa création. Ce sont des données provenant de mesures XBT, CTD mais pour beaucoup de réseau de mesures au point fixe tels que Pirata ou TAO. La part de profils acquis par les flotteurs est actuellement faible (20 à 50 profils par semaine) mais est en progression au fur et à mesure des déploiements réalisés dans le cadre d'Argo. Quand l'objectif des 3000 flotteurs aura été atteint, 300 profils flotteur seront transmis par jour au centre de données.

Depuis novembre 2001 le centre Coriolis diffuse ces mêmes données sur une base quotidienne au SHOM.





En moyenne 3500 profils diffusés par semaine à Mercator ou encore 700 profils par jour ver SOAP

L'exploitation du centre Coriolis en quelques chiffres pour l'année 2001 :

- Gestion et contrôle de 165 190 profiles (5,5 millions de mesures de température, 0,6 millions de mesures de salinité).
- Gestion de 491 flotteurs Argo, dont 50 décodés par le centre.
- Mise en place des sites et gestion des données des programmes GyroScope (Europe), Argo-Greenland (Niels Bohr Institute, Danemark) et SFB460 (IFM-Kiel, Allemagne).
- Diffusion hebdomadaire de données vers Mercator (3500 profils/semaine).
- Diffusion quotidienne de données vers le modèle SOAP de SHOM (700 profils/jour).
- Collecte de 30000 profils de données historiques auprès du NODC pour les besoins des ré-analyses Mercator.

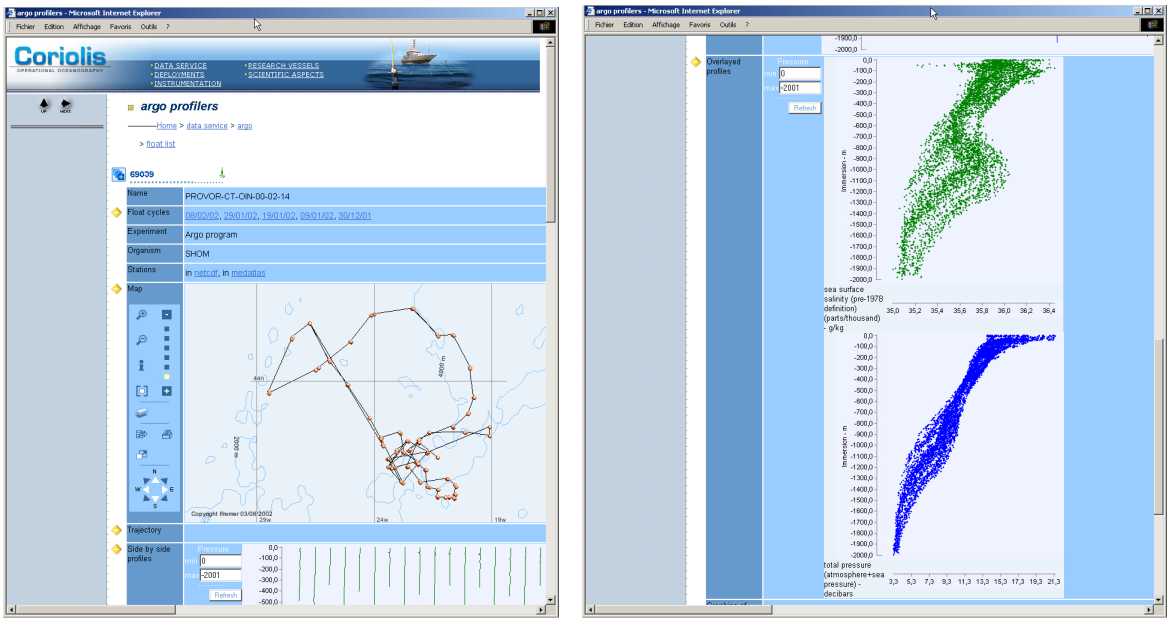
4.1.3. Développement du Centre Coriolis V.2

Le centre Coriolis V.1 a été construit à partir du système développé par ISIB et le SISMER pour le programme TOGA/WOCE. Ceci a permis à Coriolis de rapidement traiter et diffuser les données en 2001. Par contre pour répondre pleinement aux objectifs du projet Coriolis, il a été décidé en 2001 de recourir à la sous-traitance pour développer la version 2 du centre de données. Ce développement concerne principalement :

- La refonte de la base de données pour pouvoir y accueillir des données autres que température et salinité.

- La mise en place d'une interface fournissant des outils de visualisation, de manipulation et d'extraction des données gérées par Coriolis.
- L'ajout de nouveaux types de données comme :
  - Mouillage au point fixe (Pirata, Move, Cmod),
  - Réseau bouées lagrangiennes,
  - Thermo-salinomètres,
  - Courantomètre ADCP de coque.
- Le contrôle automatique des données pour diffusion sur GTS et Internet 24 h/27 7 j/7. Toute donnée rejetée par le contrôle automatique sera contrôlée par un opérateur le jour ouvré suivant.
- Visualisation, manipulation et extraction des cartes issues de l'analyse objective sur l'Atlantique.
- Visualisation, manipulation et extraction de vecteurs de trajectoires issus soit des flotteurs lagrangiens, soit des bouées de surface (données traitées par Météo France).
- Prise en compte des informations de dérive de capteurs calculées lors du contrôle qualité temps différé réalisés par les équipes scientifiques.

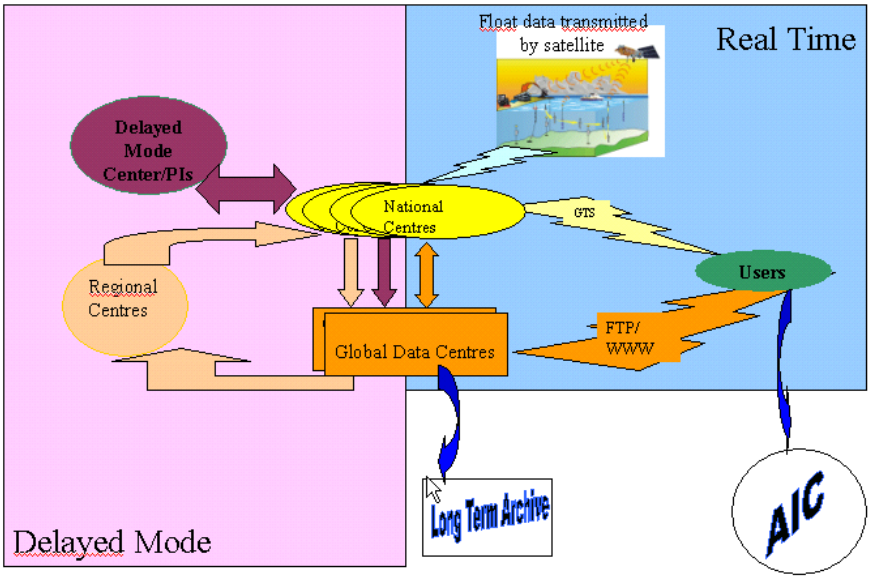
Sur la base de spécifications réalisées au cours du premier semestre 2001, un appel d'offre a été lancé début juillet 2001. A l'issue de la consultation la société Cap Gemini Ernst & Young a été choisie en octobre 2001. Le développement démarré en novembre s'achèvera au cours de l'été 2002 avec des livraisons successives. La première a eu lieu en mars 2002 et concerne la migration de la base de données et le WWW flotteur Argo.



Nouvelle interface WWW Coriolis montrant à gauche la trajectoire d'un Provor et à droite les profils superposés de salinité (en vert) et de température(en bleu) acquis par ce flotteur depuis son déploiement.

4.1.4. Coriolis un des deux centres globaux Argo

Coriolis est avec le Us Godae Server/USA un des deux centres globaux Argo ayant pour mission des diffuser sur Internet (i.e via FTP et WWW) à la communauté internationale les données du programme Argo. Il recevra dès juin 2002 les données qualifiées par les centres nationaux suivant un format commun utilisant le formalisme Netcdf. L'équipe développement Coriolis-Données a coordonné l'élaboration de ce format au sein du comité donnée Argo.



Circulation des données entre les différents acteurs du réseau Argo

4.2. Développement Instrumental

4.2.1. Objectifs

Le sous-projet "Développement des profileurs dérivants" a pour but de développer les technologies permettant à l'Ifremer et à ses partenaires de disposer de profileurs répondant aux spécifications de l'océanographie opérationnelle pour les années à venir. Il inclut le développement et l'industrialisation du profileur Provor et du PNG (Profileur Nouvelle Génération). Ce dernier devra répondre aux critères suivants : maintien voire amélioration des performances, simplification globale de la mise en oeuvre, réduction des coûts. Ces nouveaux équipements devraient remplacer les PROVOR quant ils seront pleinement opérationnels et produits industriellement, vraisemblablement en fin de phase II (2004). L'intérêt du développement de profileurs mono-cycle de faible coût, posés sur le fond et se larguant à date préprogrammée, sera enfin évalué au regard des objectifs des programmes.

4.2.2. Provor

Provor désigne en fait une gamme de profileurs mise au point en partenariat industriel avec la société Martec, intégrant des capteurs différents et utilisant le même vecteur. Sont donc pris en compte des développements portant sur les différentes parties communes en y associant tous les aspects liés à la production des équipements et des actions spécifiques à un profileur particulier.

Provor CT-FSI Excell

Provor CT-Seabird 41 CP

Provor T Seascan

4.2.2.1. Développements génériques

Historiquement, le profileur Provor est issu des développements et fabrications réalisés jusqu'en 96 pour le flotteur dérivant Marvor qui montrait de bons résultats opérationnels (qualité des mesures fournies, fiabilité). Les résultats enregistrés sur les premiers flotteurs déployés en 2000 ont montré des difficultés à reproduire les niveaux de performances observés par le passé. En collaboration avec Martec, les actions mises en place ont porté sur :

- la validation des points ayant évolué dans la conception, pour des raisons de limitation des coûts ou d'obsolescence de composants (intégration mécanique, émetteur Argos),
- l'amélioration de la fiabilité du processus d'intégration, en tenant compte du transfert de ces activités de Sèvres à Brest chez Martec (intégration de la motorisation hydraulique en particulier),
- la prise en compte des caractéristiques de composants non spécifiques aux flotteurs ayant évolué dans le temps (traitement des causes ou des effets, évaluation des nouvelles caractéristiques),
- La prise en compte de l'évolution des performances du système de communication Argos.

Ces différentes actions ont permis de stabiliser en fin 2001 le processus de fabrication des équipements. On peut enfin ajouter sous cette rubrique le soutien aux utilisateurs pour la mise en oeuvre des matériels en France (Ifremer, SHOM) et à l'étranger (U.K Met Office, Jamstec).

4.2.2.2. *Mise au point Provor-CT-F2*

Ce profileur est équipé d'un capteur PTC (Pression, Température, Conductivité) fourni par la société Falmouth Scientific. Les premiers exemplaires opérationnels ont été déployés en avril 2001 depuis le *D'Entrecasteaux* dans le cadre de la campagne Pomme 2. Sur la base des résultats, 90 flotteurs ont ensuite été approvisionnés chez Martec dans le cadre des déploiements opérationnels GyroScope/Coriolis. Les actions menées de façon spécifique sur cet instrument concernent :

- l'amélioration de la fiabilité mécanique du capteur, en liaison avec le fournisseur,
- la modification du logiciel d'acquisition et de traitement des profils afin de mieux représenter le contenu thermique de la colonne d'eau (génération de tranches distribuées), en concertation avec les utilisateurs,
- la validation du dossier de définition fourni par Martec.

4.2.2.3. *Développement PROVOR-CT-S*

Ce profileur est équipé d'un capteur PTS (Pression, Température, Salinité) de la société SeaBird. Il se distingue du précédent par une meilleure protection contre les salissures marines et donc a priori une meilleure durabilité. Ceci a pour inconvénient une complexité plus importante et une énergie consommée plus élevée. En 2001, les points traités concernent :

- la qualification métrologique en laboratoire,
- la définition des spécifications opérationnelles en étroite concertation avec les utilisateurs,
- le suivi du développement du logiciel associé chez Martec.

Les essais à la mer auront lieu en 2002.

4.2.2.4. *Suivi technique PROVOR*

Cette tâche a pour objet :

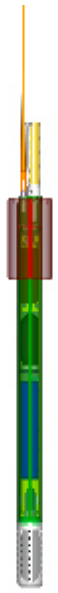
- de fournir régulièrement l'état global de fonctionnement de tous les profileurs PROVOR déployés, sous forme d'indicateurs permettant l'analyse simple du comportement,
- d'identifier les dysfonctionnements et organiser leur prise en charge,
- le test et la validation globale de toute la chaîne acquisition, collecte, décodage.

Un bilan est établi et diffusé tous les deux mois. Un groupe de suivi technique multi-organismes est en cours de mise en place. Tout au long de l'année, l'analyse du comportement des instruments qui avaient été mis à l'eau pour les expériences préliminaires POMME a mené à des modifications et des améliorations des PROVOR. Les flotteurs déployés récemment montrent un comportement satisfaisant : comportement du vecteur, des capteurs, et chaîne de transmission des données. La longévité des instruments reste à évaluer.

4.2.3. Profileur de Nouvelle Génération

Le développement de cet équipement vise à produire des profileurs :

- ayant globalement des performances identiques à celles des Provor en terme de métrologie et durée de vie,
- pouvant être déployés par du personnel non spécialisé depuis des navires d'opportunité ou des avions,
- présentant un prix de série moins élevé,
- prenant en compte les technologies disponibles, au niveau communication en particulier.



LE PNG

Par ailleurs, sur la base des développements associés à la réalisation de ce PNG-Coriolis, il a été convenu avec le SHOM d'étudier un profileur spécifique adapté aux besoins opérationnels de la Marine Nationale pour valoriser les études et cumuler les effets de série possibles. Les actions menées en 2001 ont permis d'évaluer des faisabilités techniques par rapport à des caractéristiques opérationnelles prenant en compte un fonctionnement de 0 à 2000 m, la réalisation d'au moins 100 cycles, l'intégration du capteur le plus contraignant :

- développement d'une motorisation NG chez HRL et évaluation des performances des composants sensibles (électrovanne),
- dimensionnement mécanique d'un profileur complet,
- étude du comportement en surface pour mieux cerner et adapter le dispositif anti-pilonnement et limiter l'émergence,
- estimation des coefficients de traînée,
- essais de déploiements pour mise en œuvre par navire d'opportunité,
- définition de l'énergie embarquée et des ressources électroniques nécessaires.

La faisabilité converge actuellement vers un engin de 18 kg pour le PNG-Coriolis mais reste à démontrer pour la version militaire.

4.2.4. EMMA

Le développement d'EMMA (Echantillonneur de Masses d'eaux Marines) vise à évaluer la faisabilité technique et économique et à démontrer l'intérêt opérationnel d'un équipement destiné à fournir des profils de mesures unitaires sur toute la colonne d'eau. Son mode de fonctionnement comprend une attente sur le fond de l'océan (jusqu'à 6000 m) pendant une période pouvant être de 2 ans, un largage à une date prédéterminée, une remontée jusqu'à la surface avec exécution régulière de mesures et émission Argos en surface. Ce développement exploite un brevet de la société Brio et est conduit en partenariat industriel avec la société Micrel. La version d'évaluation ne comporte qu'une mesure de température compatible en précision avec les besoins de l'océanographie opérationnelle.

L'année 2001 a été consacrée à la qualification sur maquettes des sous-ensembles techniques critiques basés sur des solutions économiques :

- évaluation du comportement en pression et utilisation du corps principal comme corps d'épreuve pour la mesure de pression,
- validation d'un largueur simple (électrocorrosion),
- définition de la cinématique en phase de profil et évaluation du comportement en surface,
- validation de la métrologie,
- évaluation des performances d'un émetteur Argos Seimac équipé d'une antenne ¼ d'onde spécifique,
- élaboration des spécifications du logiciel embarqué.

L'équipement se présente actuellement sous la forme d'un tube en titane de longueur 60 cm, diamètre 3,4 cm et masse totale 2,3 kg équipé d'une flottabilité en mousse syntactique. 5 prototypes opérationnels réalisés par Micrel seront évalués en 2002.

4.3. Déploiement de Flotteurs

4.3.1. Objectifs du sous-projet déploiement

Le projet international ARGO (*A global array of profiling floats*) vise à mettre en place un réseau mondial de 3000 flotteurs autonomes destinés à mesurer la structure thermique et haline des océans en temps réel. Le déplacement des flotteurs donne des informations sur les champs de vitesse. Un tel réseau fournira un échantillonnage basse résolution, à une fréquence de l'ordre de 10 jours.

Une réunion de travail internationale s'est tenue à Paris en juillet 2000 pour définir la mise en place du réseau ARGO dans l'Atlantique. La France y a annoncé son intention de concentrer initialement sa participation au réseau mondial par des déploiements dans l'océan Atlantique, progressivement du nord au sud. Un projet de démonstration, GyroScope, coordonné par l'Ifremer et associant neuf laboratoires dans quatre pays, a été financé par l'Union Européenne.

Les premiers déploiements CORIOLIS se feront donc dans l'Atlantique (Phase I) ; ils seront échelonnés dans le temps de manière à fournir dès 2002 les données nécessaires au prototype MERCATOR (MNATL) et au projet européen GyroScope. Les déploiements seront ensuite définis dans le contexte de la collaboration au réseau global ARGO afin d'assurer la mise en place du réseau de démonstration pour GODAE (2003-2005).

Les travaux réalisés en 2001 ont concerné quatre axes :

- Retour d'expérience à la mer sur les flotteurs déployés lors des campagnes Pomme et GyroScope
- Elaboration de la procédure de recette des flotteurs
- Amélioration de la fiabilité du processus de fabrication des Provors en liaison avec Coriolis-Instrumentation et Martec.
- Planification des déploiements en Atlantique

4.3.2. Retour expérience à la mer : algorithme de réduction des données

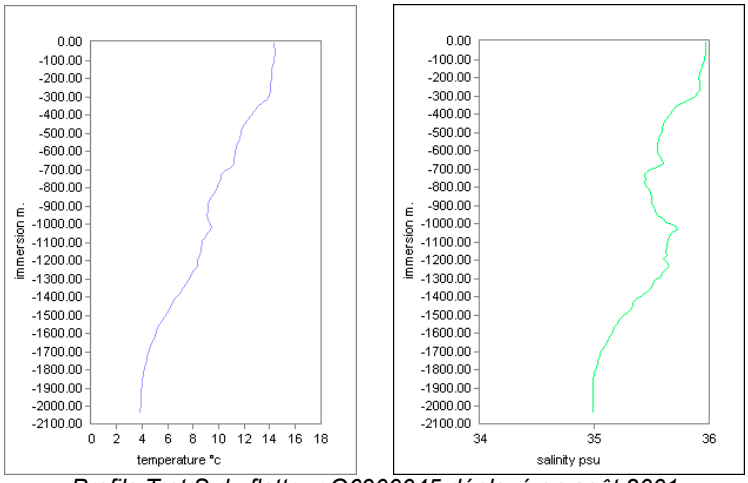
Le flotteur acquiert des mesures toutes les 10 secondes, en fin de profil, un algorithme de réduction des données est déclenché sur cette série de mesures de température.

L'observation des premiers profils, a amené à faire les constatations suivantes concernant le principe de l'algorithme des cordes utilisé début 2001 :

- Il privilégie une multiplication des points de mesure dans la thermocline saisonnière au détriment du reste du profil. Il peut en effet arriver que l'on ait seulement deux ou trois points entre 1600 et 2000 mètres
- En présence d'une forte thermocline saisonnière, le processus d'itération peut boucler jusqu'à 10 fois sur la série de mesures enregistrées et la dernière itération de l'algorithme peut parfois réduire le nombre de points à une valeur assez nettement inférieure au maximum de la centaine de points qu'on lui a autorisé, avec une précision inférieure à celle spécifiée.

Les profils de température et de salinité sont beaucoup mieux restitués en utilisant la valeur moyenne de chaque paramètre dans des tranches de pression. Le nombre de points reste du même ordre de grandeur que celui imposé à l'algorithme des cordes. Plutôt que de privilégier les phénomènes à petites échelles, résultat d'une mesure fausse dans certains cas, le calcul d'une moyenne après validation de la mesure permet d'établir un bilan complet de température et de salinité pour l'ensemble des couches d'eau traversées par le flotteur.

Cette modification a été implantée dans la version 3.6 des flotteurs qui équipe les flotteurs déployés depuis juillet 2001.



Profils T et S du flotteur Q6900045 déployé en août 2001

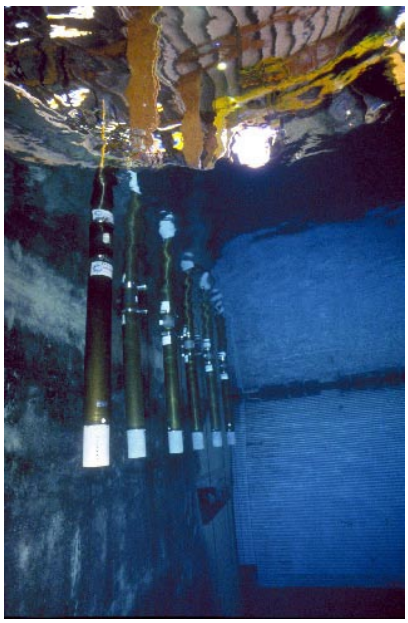
4.3.3. Elaboration de la procédure de recette

Dans le cadre du projet Coriolis, les flotteurs Provor CT-F2 sont fabriqués en série par la société Martec. La procédure de recette est destinée à vérifier que les flotteurs sont conformes à leur spécification. Pour l'instant, cette procédure est appliquée à tous les flotteurs livrés par Martec. Dès que les résultats montreront une fiabilité du processus de fabrication, nous étudierons la possibilité d'alléger les différentes opérations. Les flotteurs sont recettés par série de 20, nombre optimal pour les différentes opérations de contrôle. Cette procédure fait appel à des moyens lourds (caisson de pression et bassin d'essais)

qui sont gérés par TMSI. Ces différentes opérations nécessitent la présence de deux personnes qui, en binôme, peuvent assurer la totalité des opérations de recette. A l'issue de ces opérations, les instruments qui ont subi avec succès les contrôles successifs sont déclarés aptes pour le déploiement. Les autres sont renvoyés chez le constructeur, accompagnés d'un rapport décrivant les défauts constatés.

- La procédure de recette comporte 5 phases successives ;
- Recette en usine : pendant la durée de l'assemblage et avant fermeture de l'enceinte, une vérification des organes vitaux de l'instrument est effectuée par le constructeur. Elle fait objet de fiches de contrôles qui sont livrées avec le matériel. Une recette est réalisée par l'Ifremer chez le constructeur avant livraison.
- Contrôles à la réception : Ces opérations sont effectuées au laboratoire sur tous les éléments de la série de 20 flotteurs : vérification de la tension des batteries, mise à l'heure des horloges, attribution de l'adresse Argos spécifique, contrôles de la pompe et l'électrovanne, pesée des flotteurs…
- Vérification du fonctionnement sous pression : huit instruments sont placés simultanément dans le caisson haute pression pour un cycle dont la durée est d'environ 24 heures. Le cycle porte les instruments à une pression maximale de 200 bars à raison de 6 dbar par minute. Un palier est programmé a 100 bars et à la pression maximale avant de les ramener à la pression atmosphérique. A ces deux paliers, pour chacun des flotteurs, les éléments suivants sont relevés : pression et température des capteurs, détermination des temps de fonctionnement de la pompe puis de l'électrovanne pour le transfert d'un volume d'huile déterminé, tension des batteries pendant ces actions.
- Recette en bassin d'essais : Cette phase implique une réservation préalable du bassin pour une durée de 48 heures. Ce contrôle en bassin est riche en informations car il permet de contrôler tant le fonctionnement du véhicule que les performances des capteurs. Une programmation identique sur un ensemble des flotteurs permet d'inter comparer les résultats après la mission : l'issue de cet essai et le "vidage" de la mémoire permet de comparer la métrologie des capteurs de pression et de température et la mesure de salinité. Ces résultats sont comparés à ceux obtenus sur une mesure de référence température et salinité effectuée sur un prélèvement in-situ dans le bassin

Préparation des flotteurs avant le test



- Contrôle de réception Argos : Cette opération de contrôle est destinée à vérifier la qualité des émetteurs Argos en opérant simultanément avec 8 flotteurs pendant 24 heures.

Test de réception Argos

4.3.4. Activités de recette et déploiement en 2001

En 2001, les activités de recette et de déploiement ont été réalisées dans le cadre des campagnes Pomme et GyroScope. Sur 51 présentations de flotteurs en recette usine, 8 ont été déployés et 6 actifs à ce jour.

Au vue d'un nombre important de refus en recette, le constructeur, en collaboration avec l'équipe Coriolis – Instrumentation, a revu complètement son processus de fabrication. Un certain nombre de modifications a eu lieu tant dans la définition que dans ce processus de fabrication (cf. 4.2.2).

Fin janvier 2002, après ces travaux qui ont fortement mobilisés les équipes Ifremer et Martec, 20 flotteurs présentés par Martec en recette usine ont été acceptés. Dix d'entre eux ont été déployés en mars 2002 pendant une campagne GyroScope et fonctionnent parfaitement. Certains ont déjà réalisé 4 cycles de façon nominale.

Depuis, 20 flotteurs ont été présenté et acceptés en recette usine. Les recettes Ifremer se déroulent parfaitement pour les Provor-CTF2 qui seront déployé de mai à septembre 2002 au cours des prochaines campagnes à la mer "GyrosCope".

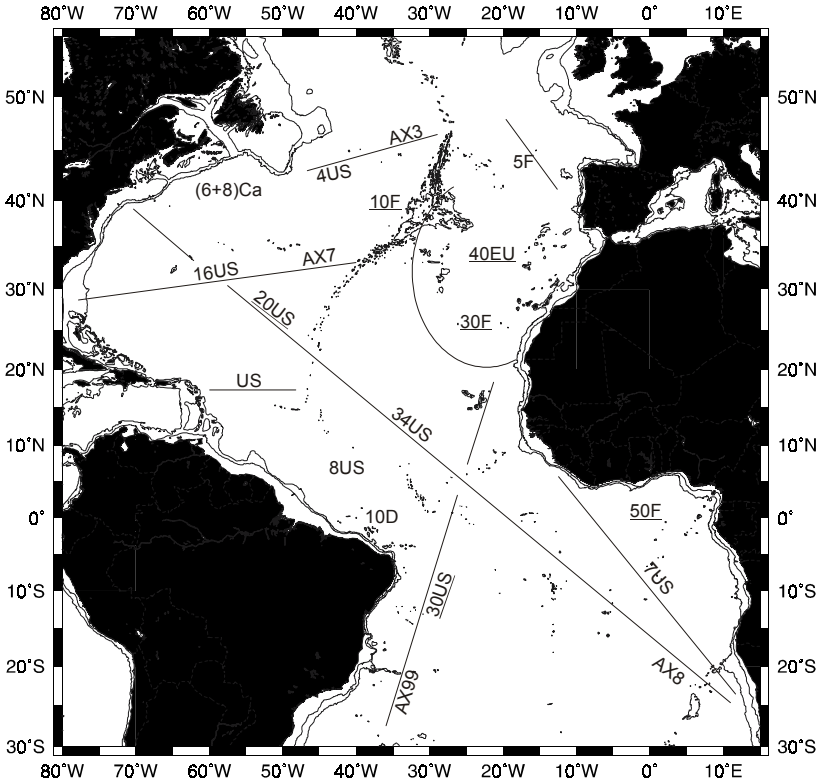
4.3.5. Planification des déploiements en Atlantique

Le déploiement de quelques 250 flotteurs dans l'océan mondial représente un effort logistique considérable, et d'une nature nouvelle pour les équipes françaises. La coordination internationale est assurée par le ARGO Science Team, au niveau national par CORIOLIS. La tactique proposée est de commencer par l'Atlantique au cours de 2002 – 2003, en progressant du nord vers le sud. L'ouverture vers d'autres régions pourra s'effectuer dans le courant 2003 et au-delà.

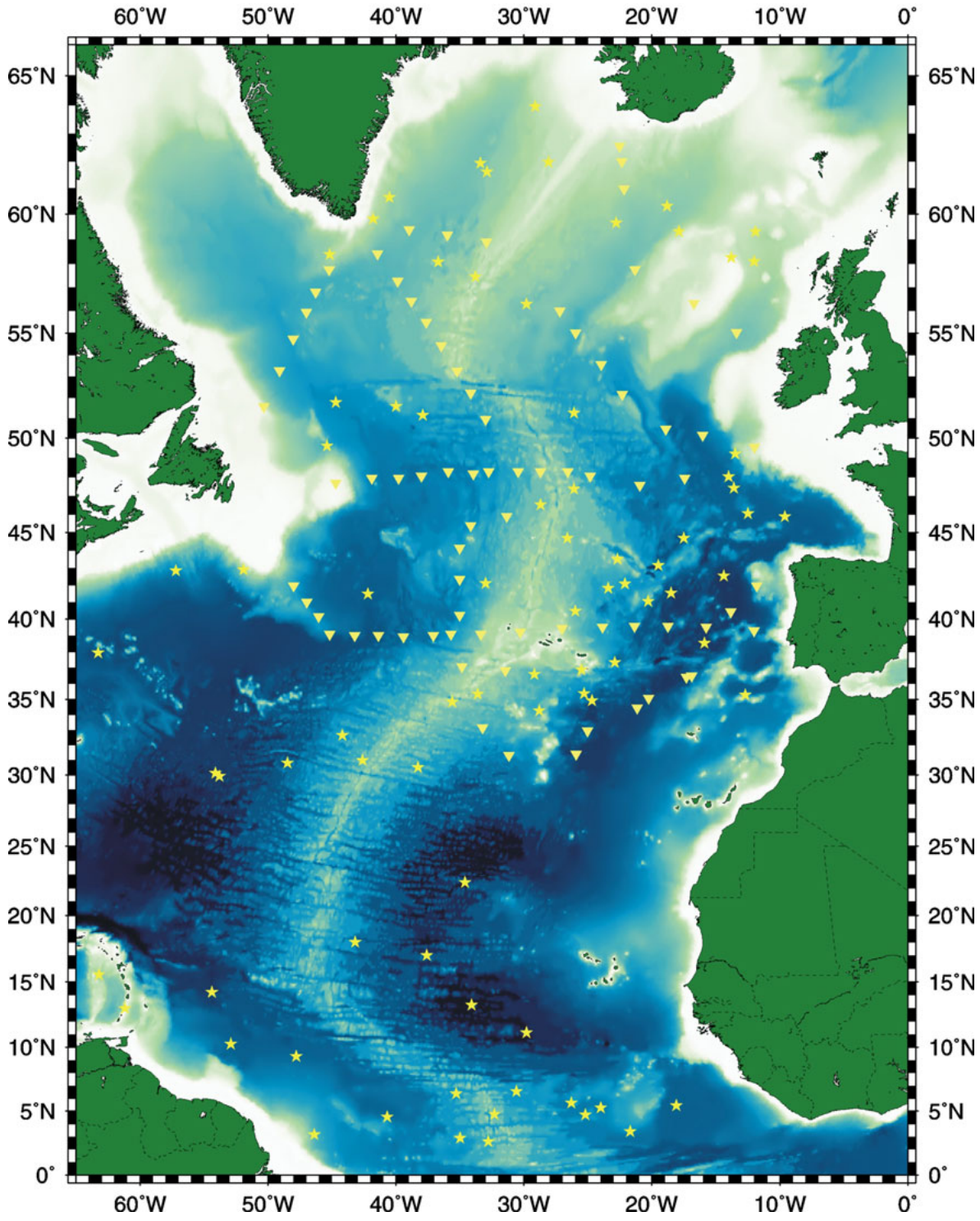
La stratégie générale pour l'Atlantique a été définie à la conférence ARGO de Paris en juillet 2000. Les pays participant sont les Etats Unis, le Canada, et le Royaume Uni ; plusieurs flotteurs sont mis en œuvre par des chercheurs allemands dans le cadre des projets CLIVAR, et une proposition espagnole a été soumise. La concertation internationale (réunions de Sidney, Canada, et Hobart, Australie) a abouti à un plan de déploiement cohérent pour l'Atlantique. Les principales contributions sont apportées par les projet GyroScope, les USA, et la France, avec des apports complémentaires de l'Allemagne, l'Angleterre et le Canada. Au total, quelques 246 flotteurs devraient être actifs au nord de 20°S à la fin 2002. Le total visé est de 410, le déficit provenant essentiellement de la ceinture tropicale, où les déploiements se poursuivront en 2003, avec une contribution française importante.

En réponse à l'appel d'offre CNRS-Ifremer, deux propositions ont été soumises au PNEDC et au PATOM, toutes deux concernant l'océan Indien. Elles sont actuellement examinées par les comités scientifiques de ces programmes nationaux. Si elles sont retenues, elles permettraient une contribution intéressante de Coriolis dans cette région d'un grand intérêt climatique. C'est dans ce sens que la position française a été présentée à la conférence de Hyderabad (Indian Ocean Implémentation meeting, juillet 2001).

ARGO déployments in Northern and Tropical Atlantic Ocean, 2001 - 2002



La figure résume les prévisions établies au début de 2001, en indiquant les zones d'intérêt des pays.



Prévisions de déploiements de flotteurs ARGO en Atlantique Nord. Les étoiles indiquent les flotteurs déjà déployés, les triangles seront déployés durant l'été 2002 par des équipes françaises et allemandes dans le contexte des programmes GyroScope et Coriolis (quelques flotteurs seront également contribués par l'UK et le Canada). Les USA ensemenceront le bassin ouest (45 flotteurs). A la fin de l'été, quelques 246 flotteurs devraient être actifs au nord de 20°S (zone retenue pour PSY 1 de Mercator).

4.4. Acquisition de mesures navires

Les données collectées à bord de navires impliqués dans la recherche océanographique représentent en qualité et quantité une contribution importante au jeu de données potentiellement disponibles pour l'océanographie opérationnelle. La transmission directe de ces mesures depuis la source, permet de disposer de données qualifiées, adaptées aux besoins nouveaux dans des délais compatibles avec les exigences de l'océanographie opérationnelle.

Conscients de l'importance de cet ensemble de données, le SHOM, l'Ifremer, l'IFRTP et l'IRD ont exprimé leur souhait de collaborer à l'effort de transmission temps réel des données acquises sous leur responsabilité à bord des navires vers le centre de données Coriolis.

A cette fin, une composante mesures navires a été définie dans le projet Coriolis. Elle a pour objectif d'intégrer les dispositifs nationaux de mesure in situ installés à bord des navires afin de mettre à disposition de l'océanographie opérationnelle le jeu de données le plus complet possible.

Pour cela, Coriolis doit aborder tous les aspects liés à l'acquisition des données :

- Choix, installation et suivi des équipements
- Mesures de validation annexes
- Réduction des données, formats et modes de transmission
- Validations temps réel et différé, archivage, diffusion.

Les données concernées sont, dans l'ordre chronologique de prise en compte :

- Les XBT, XCTD et CTD temps réel
- Les mesures de thermosalinomètre
- Les mesures de profileur Doppler de coque (VMADCP)
- Les mesures des centrales météo

Pour chaque type de données, un groupe de travail pluri-organisme regroupant à la fois les personnes chargées de la mise en œuvre et les utilisateurs définit les procédures recommandées. Chaque organisme adapte ensuite la procédure aux contraintes propres des navires qu'il gère. Les données sont homogénéisées au niveau du centre de données Coriolis en termes de formats, méta-données, validation.

4.4.1. Implémentation sur les navires océanographiques Ifremer

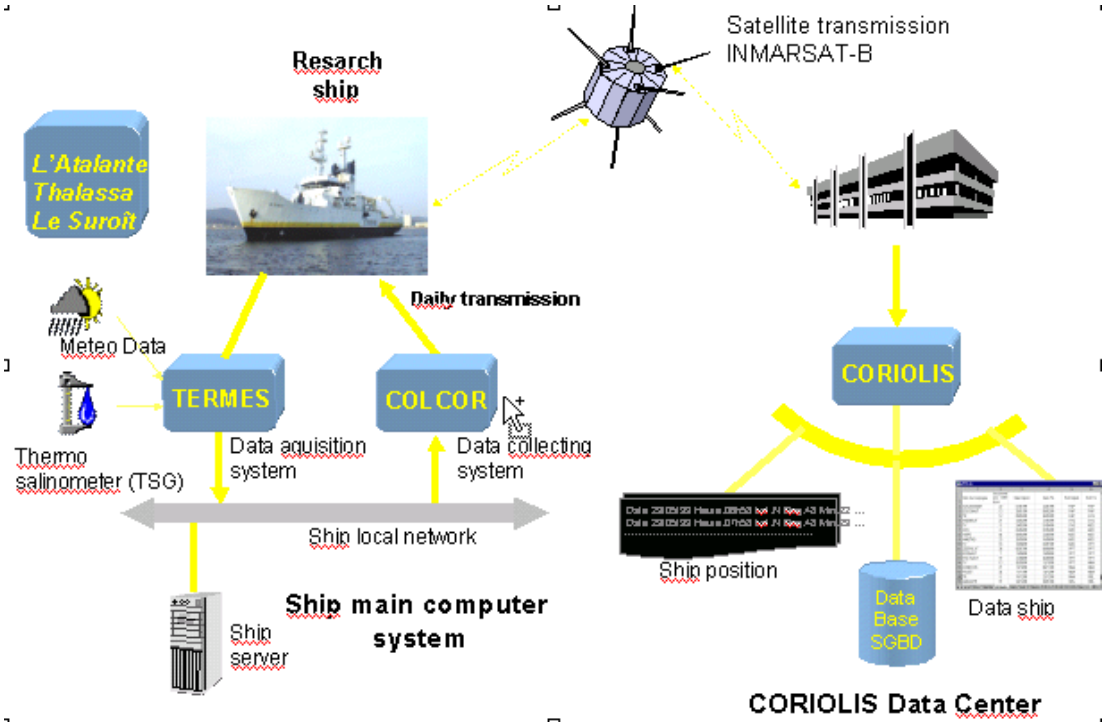
La procédure est maintenant opérationnelle pour les XBT/CTD sur les Navires Océanographiques de l'Ifremer. Les données XBT, XCTD ou CTD temps réel sont acquises dans quatre types de situation.

- Tirs XBT effectués sur le stock de sondes de GENAVIR dans le cadre de l'utilisation du sondeur multifaisceau.
- Tirs XBT effectués à la demande de Coriolis par le bord, avec les sondes fournies par Coriolis lors de transits valorisés au rythme de un tir toutes les 4 heures aux heures bord suivantes : 8h00, 12h00, 16h00, 20h00.

- Tirs XBT ou XCTD effectués par les scientifiques dans le cadre de leur mission avec le matériel du bord.
- CTD ou XBT acquises avec le matériel de l'équipe scientifique.

Les tirs de type 1 à 3 sont placés sous la responsabilité de GENAVIR.

En cours du premier trimestre 2001, DNIS a organisé l'équipement de L'Atalante, La Thalassa et le Suroît ainsi que l'installation du logiciel de communication colcorxbt sur les trois navires Dès février 2000 les premières données étaient reçues et diffusées par le Centre de données Coriolis. Une note demandant au chef de mission de transmettre les données XBT, XCTD ou CTD temps réel est jointe au dossier de préparation de campagne depuis janvier 2002. DMON envisage de l'intégrer au dossier de demande de campagne en décembre 2002.



Acquisition et transmission des données XBT et Thermosalinomètre sur les Navires Océanographiques de l'Ifremer

Les trois navires océanographiques Ifremer sont équipés d'un système SBE21, et ont un équipement de rechange à bord. Les données de Thermosalinomètre sont transmises en temps réel vers le centre de données Coriolis depuis mi-2001, qui les diffuse depuis janvier 2002 après avoir réalisé un contrôle qualité automatique sur ces données. La procédure de calibration de ces données par TMSI, avec analyse d'échantillons pris à bord par GENAVIR, devrait être spécifiée et mise en œuvre premier semestre 2002.

4.4.2. Bilan des collectes XBT à partir des bateaux de l'Ifremer et du SHOM

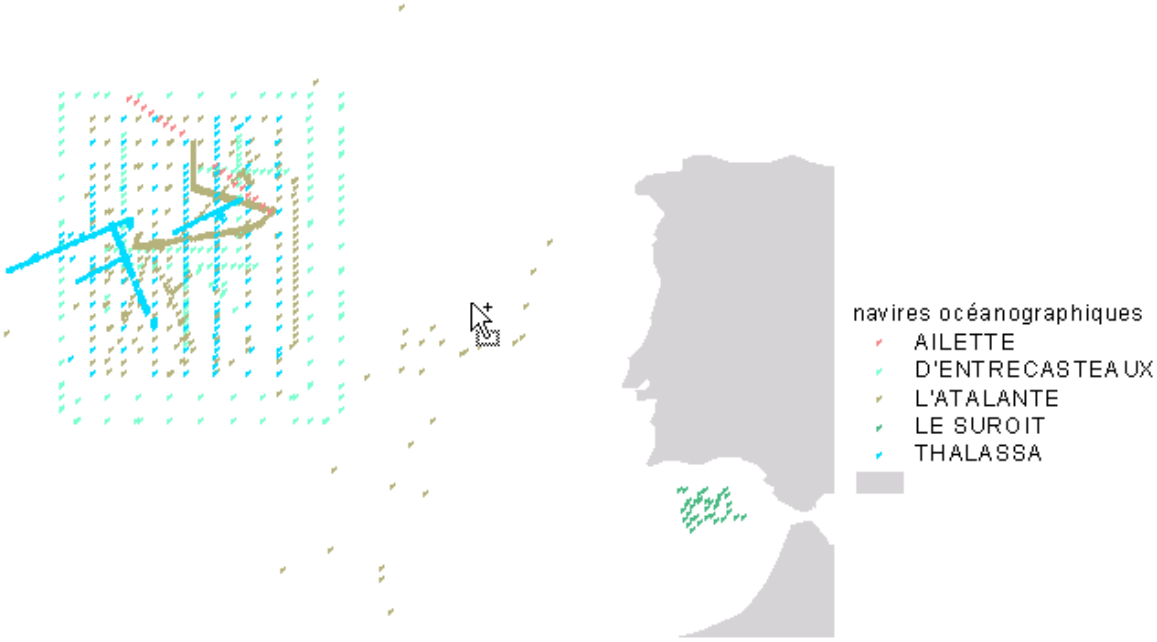
Les premières transmissions de validation ont été effectuées aux dates suivantes :

	Atalante	Thalassa	Le Suroît
XBT-Multifaisceau	22/02/2001	20/09/2000	04/02/2000
XBT Coriolis	01/08/2001	2002 si transits	2002 si transits
XBT-Scientifiques	31/01/2001	20/09/2000	Aucune à ce jour
CTD-externes	31/01/2001	20/09/2000	Aucune à ce jour

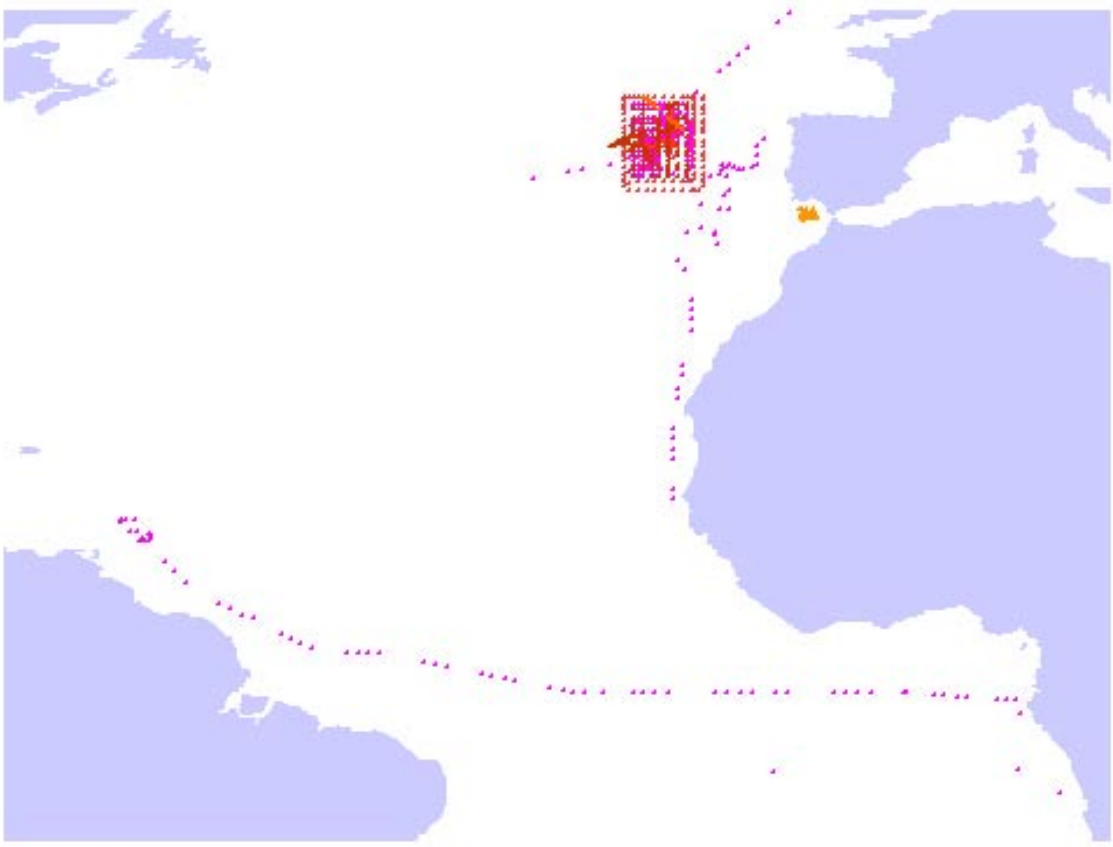
En 2001, 180 sondes T7 fournies par Coriolis (sur financement IFREMER) ont été tirées par GENAVIR sur les transits Atalante suivants :

- Ponta Delgada – Foynes 21/07 - 29/07
- Funchal-Port Gentil 09/10 - 28/10
- Port Gentil – Fort de France 12/11 - 28/11

Les figures suivantes, fournies par le centre de données Coriolis, montrent de manière synthétique l'ensemble des profils collectés lors des campagnes Pomme et des transits cités plus haut.



XBT et CTD sur les campagnes Pomme.



XBT et CTD sur les campagnes Pomme.

4.5. Science Projet

4.5.1. Calibration des mesures de salinité

Un des aspects particulièrement novateur des flotteurs Argo est la mesure de la salinité, qui est indispensable pour étudier les masses d'eau, pour déterminer les champs de pression et de hauteur dynamique (et donc la circulation), et pour établir des bilans de précipitation - évaporation. On sait que les capteurs de conductivité sont susceptibles de dériver au cours du temps ; c'est pourquoi des échantillons d'eau sont prélevés lors des campagnes hydrologiques pour étalonner les capteurs. Comme cette option n'est évidemment pas possible pour des flotteurs autonomes, et comme les capteurs FSI[1] dont sont équipés les PROVOR sont un nouveau modèle, un effort particulier a été initié pour la validation des mesures de salinité.

En concertation avec les recommandations du Argo Science Team, une procédure basée sur la comparaison aux données historiques est actuellement évaluée. L'algorithme, qui a été développé par A. Wong *et al.* (2002). Le principe de base est de déterminer en chaque point de mesure, et pour des isothermes sélectionnées, la valeur la plus probable de la conductivité[2] et l'incertitude correspondante ; une correction est appliquée, qui minimise l'écart entre les valeurs mesurée et attendue.

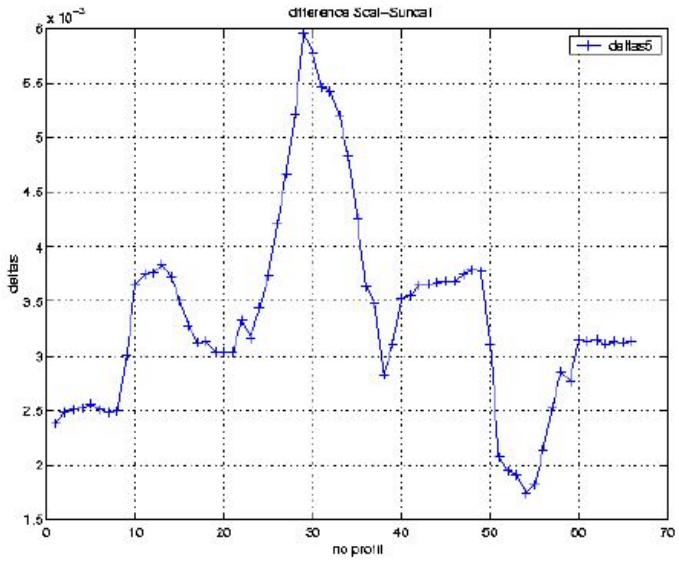
[1] Falmouth Scientific Instruments
[2] Pour des raisons pratiques on travaille sur la conductivité, qui est mesurée, plutôt que sur la salinité, qui en est déduite.

Les données historiques sont extraites de la World Ocean Data base du NODC[3]. Dans une première étape, on détermine par analyse objective, en chaque point géographique où le flotteur a effectué un profil et sur différentes isothermes, la valeur la plus probable (au sens du maximum de vraisemblance) de la conductivité, et l'incertitude associée. Cette dernière est une combinaison de la variabilité océanique, des erreurs de mesure des données historiques, et de leur proximité spatio-temporelle relative.

La seconde étape consiste à déterminer par une procédure de moindres carrés une correction multiplicative à la conductivité, en minimisant les écarts entre les valeurs mesurées et celles obtenues par l'analyse objective. Pour chaque position du flotteur, cette opération se fait sur plusieurs profils antérieurs et postérieurs, et sur toutes les isothermes sélectionnées.

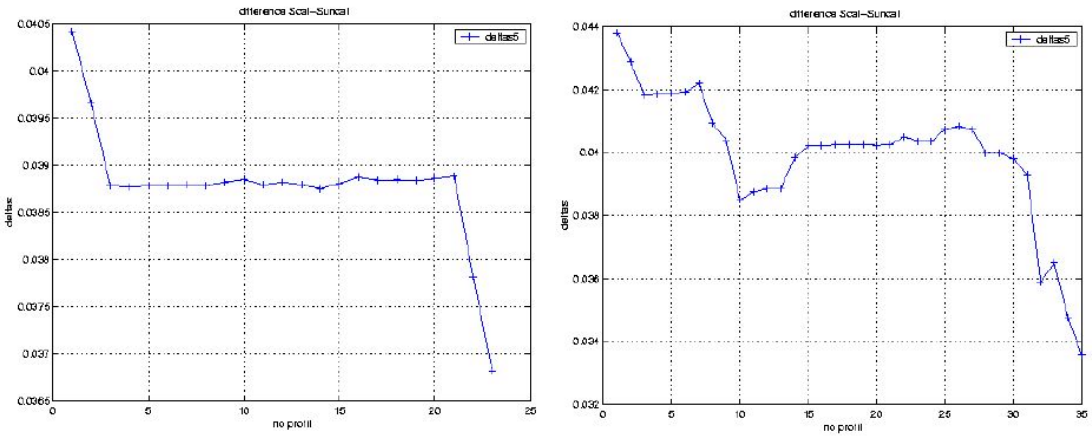
Nous nous sommes d'abord attachés à évaluer et ajuster la méthode, en la mettant en œuvre sur un ensemble de stations bathysonde obtenues au cours de la campagne POMME –T0. Les résultats (voir figure) indiquent que l'on peut atteindre une précision de l'ordre de 4 x 10^{-3} psu par cette méthode. Les deux figures suivantes illustrent la mise en œuvre pour deux PROVOR : ils présentent tous deux un biais de l'ordre de 0.04 psu, qui peut être facilement corrigé.

Ces résultats doivent être considérés comme préliminaires à ce jour ; le travail se poursuit pour établir des corrections fiables en temps différé. Il importe de quantifier la variabilité océanique (variations de salinité sur des isothermes) et d'incorporer dans la base de données des observations précises récentes.



Différence entre les mesures de salinité bathysonde et les valeurs déterminées par analyse objective. Ces différences, de l'ordre de (4 ± 2) x 10^{-3} psu, indiquent les limites de précision de l'analyse objective sur laquelle est basée la méthode de calibration

[3] National Ocean Data Center de la National Ocean and Atmosphere Administration (USA)



Résultat de la calibration pour les PROVOR 690042 et 45 : ils indiquent un biais de l'ordre de 0.04 psu, relativement stable au cours du temps. Un tel biais peut être facilement corrigé

4.5.2. Génération de produits : Les analyses objectives

Le centre de données Coriolis reçoit, valide et met à disposition en temps réel un grand nombre de données de type profil. Ces profils sont issus de profileurs dérivants, d'XBT, XCTD ou CTD, de bouées dérivantes ou de stations au point fixe. Au-delà de la fonction de collecte et diffusion, le centre de données a parmi ses attributions et obligations celle de qualifier la donnée distribuée. La comparaison à des climatologies fait partie des traitements actuellement appliqués en temps réel, cependant de nombreux utilisateurs souhaitent disposer de validations plus élaborées, assurant une échelle plus fine dans la qualification de la donnée.

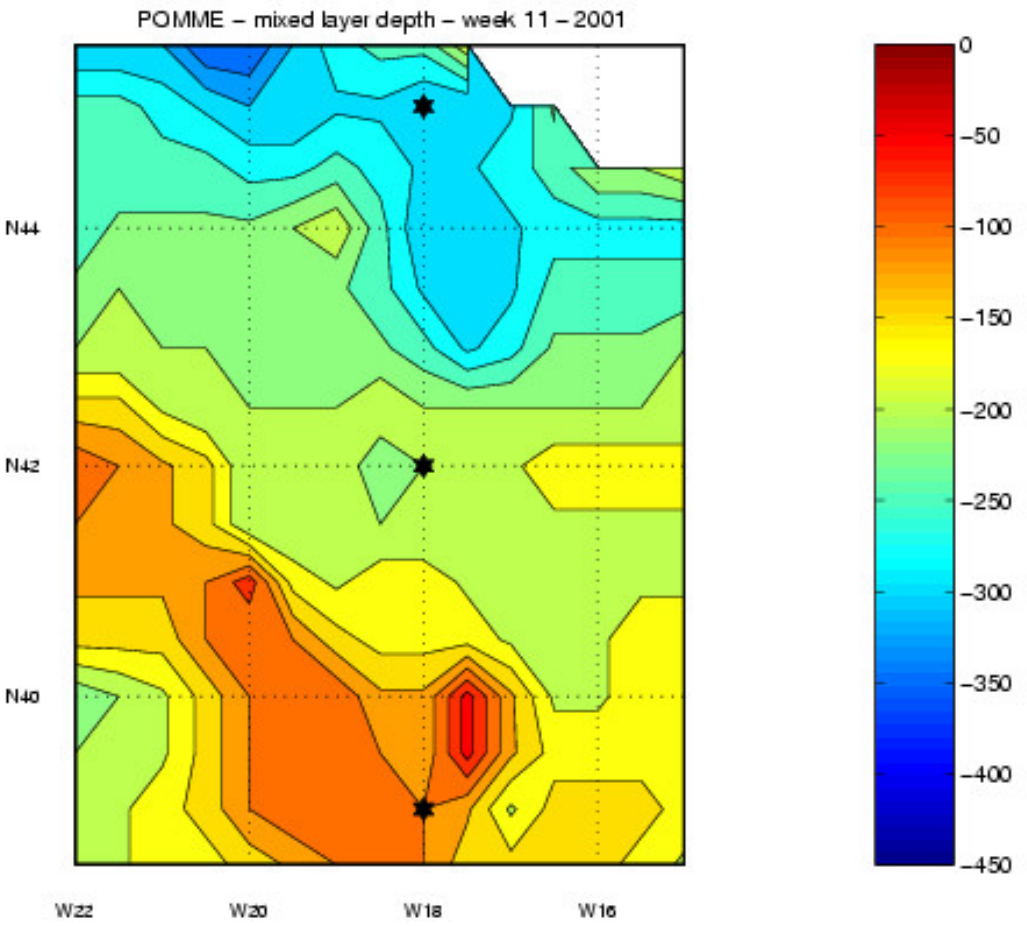
D'autre part, la fourniture de champs analysés correspond à une demande de communautés moins spécialisées. Ces champs, resté proches de la mesure in-situ, constitueront également un jeu de donnée de validation pour les analyses et prévisions fournies par les modèles opérationnels.

Le LPO possède une expérience de l'analyse des mesures in-situ (projet SOO), il a donc proposé à Coriolis de développer une méthode simple d'analyse objective qui pourrait à moyen terme être mise en œuvre par le centre de données pour les analyses à l'échelle globale qu'il envisage. Cette méthode éprouvée répond au double besoin de validation des données et de fourniture de champs analysés proches des données.

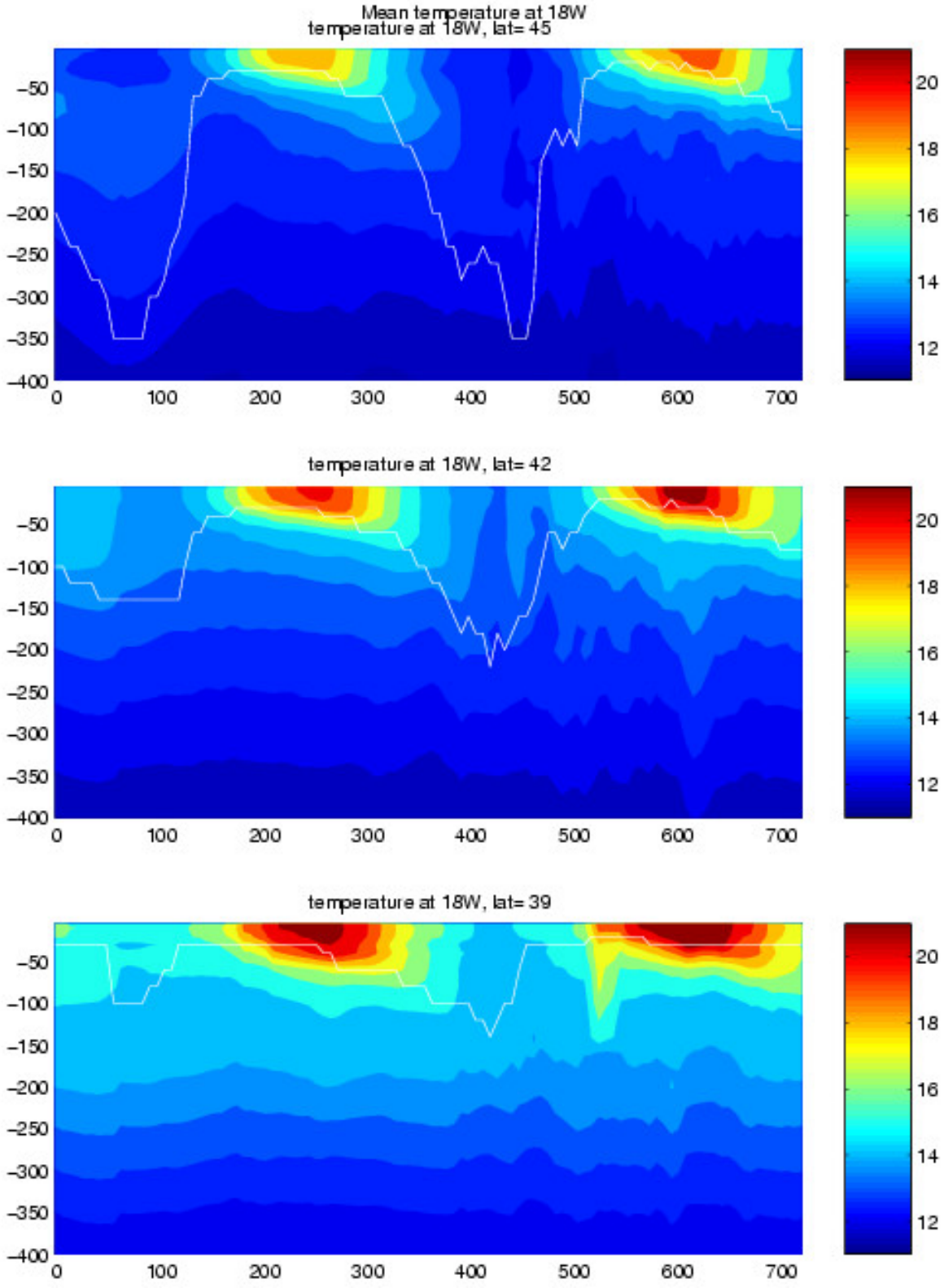
L'expérience POMME dont la phase d'observation intensive s'est déroulée en 2000-2001, au large de la péninsule ibérique a servi d'expérience pilote pour ces analyses temps réel. Depuis novembre 1999, une analyse hebdomadaire est effectuée et les cartes sont publiées sur le site Coriolis. Depuis février 2002, les logiciels (V1.0) sont mis en œuvre par le centre de données Coriolis. Ces analyses sont un succès, elles ont démontré la capacité d'un laboratoire de recherche à développer dans des délais réduits (moins de trois mois) un système opérationnel, à en assurer le suivi durant plus de deux ans, et à effectuer le transfert vers une structure opérationnelle. C'est dans le cadre des analyses POMME qu'ont été proposés les formats de données Coriolis, devenus depuis formats Argo.

Chaque mercredi, les nouvelles données reçues du centre de données Coriolis, sont converties sur niveaux standards. Ensuite, l'analyse objective est mise en œuvre avec comme date d'estimation le jeudi de la semaine précédente et comme covariances : 30 jours, et 120 km pour les plus grandes échelles. Le champ est reconstruit niveau par niveau jusqu'à la profondeur de 2000 m. A partir des champs 3D ainsi constitués, il est possible d'analyser les processus particuliers à cette région. La figure ci-dessous montre par exemple la profondeur de la couche de mélange en fin d'hiver 2001.

On peut également suivre l'évolution temporelle de cette profondeur aux trois points marqués sur la carte précédente (39N, 42N et 45N). On repère ainsi le cycle saisonnier et la variabilité inter annuelle, comme le montre la figure 2 ci après.



Profondeur de la couche de mélange dans la zone POMME en mars 2001.



Séries temporelles de température en trois points de la zone POMME. La profondeur de la couche de mélange est matérialisée par la ligne blanche

5. PERSPECTIVES 2002

2002 sera l'année de la mise en place de la version 2 du centre de données. A partir de juin, le centre recevra régulièrement les données flotteurs des centres Argo nationaux, devenant ainsi un des deux "Global Data Center for Argo". Le centre de données produira également en routine les cartes issues de l'analyse objective sur la zone actuelle de Mercator, c'est-à-dire l'atlantique nord, jusque 20° sud. Ces données seront mises à la disposition sur le web coriolis l'été prochain. En 2003, elles seront étendues à l'océan global.

Nous travaillerons également avec nos partenaires afin d'étendre à leurs navires l'acquisition en routine des mesures XBT, CTD, thermosalinomètre, comme c'est le cas déjà sur les bateaux de l'Ifremer. Des premiers contacts ont été pris tant pour les navires du SHOM que pour ceux de l'IPEV. Le groupe de travail ADCP définira les méthodes et actions à entreprendre pour transférer en temps réel les données ADCP vers Coriolis. Ces transferts démarreront en 2003.

Afin de faciliter le déploiement des flotteurs, nous mènerons des études pour simplifier le processus de déploiement du Provor et ainsi améliorer la communication avec la terre en utilisant les nouveaux moyens qui seront disponibles (lien descendant Argos3, Iridium…). Une version Provor, équipée du capteur Seabird, sera également qualifiée et permettra ainsi le déploiement des Provors dans les zones à forte productivité biologique. Si les premiers essais à la mer sont concluants, une première commande pourrait être passée à Martec en fin d'année.

Une intense activité à la mer est prévue en 2002 pour le déploiement des flotteurs Argo en Atlantique. A la fin de l'été la couverture spatiale au nord de 20°N permettra de commencer les analyses scientifiques prévues pour le programme GyroScope : bilans thermiques, cartographie des champs par analyse objective, estimation de la circulation par analyse inverse en temps réel et différé, étude des caractéristiques des masses d'eau et de leur variabilité saisonnière.

La réalisation des opérations à la mer est une tâche considérable, dont les difficultés vont augmenter lorsqu'il s'agira, en 2003, de travailler en Atlantique sud et dans l'océan Indien. Sans doute faudra-t-il recourir à des navires d'opportunité. La planification de ces opérations sera une des activités de 2002. On définira également les besoins en personnel nécessaires à la poursuite des opérations dans le contexte pluri-organisme.

Le dernier axe, mais non des moindres, sur lequel nous allons travailler en collaboration avec nos partenaires (CNES, INSU, IPEV, IRD, Météo France et SHOM) est la formalisation de la participation de chacun dans le projet inter-organismes Coriolis. Depuis la création du Comité Exécutif Coriolis par le Comité Directeur Inter-organismes en février dernier, nous avons à notre disposition les instances pour le faire.

Pour la poursuite des activités Coriolis au-delà de 2003 (fin du projet GyroScope), il est prévu de rechercher un nouveau co-financement de l'Union Européenne, dans le cadre d'un Grand Projet Intégré. Nous prévoyons de participer activement au montage d'un tel projet.

6. ANNEXES

6.1. Indicateurs de production (liste minimale, qui peut être plus détaillée)

Production scientifique et technologique (nombres)	
Publications dans des revues scientifiques et technologiques avec comité lecture	1
Publications dans des revues ou ouvrages scientifiques et technologiques sans comité lecture	9
Thèses et HDR d'agents de l'Ifremer	0
Articles destinés au grand public	0
Communications écrites, poster et écrits dans des réunions scientifiques ou technologiques	5
Rapports finaux de contrats avec Commission Européenne	1
Rapports finaux d'autres contrats	0
Autres rapports à diffusion restreinte	98
Avis et expertises ayant donné lieu à un document écrit	0
Comités où l'avis de l'Ifremer est requis	0
Participation à la formation	
Nombre d'agents ayant donné des cours (quel que soit le niveau et l'age des auditeurs)	0
Nombre d'heures de cours (idem)	0
Nombre d'exposés dans des réunions professionnelles	15
Nombre de stagiaires accueillis pour une durée supérieure à 5 jours, niveau "Bac à Bac+2"	1
Idem "Bac+3 et plus"	2
Nombre de doctorants Encadrés par des agents Ifremer et accueillis dans des locaux de l'Ifremer, **durée > 3 mois**	0
Nombre de post-doctorants Accueillis dans les mêmes conditions	1
Valorisation	
Brevets	0
Licences de brevets	0
Licences de logiciel	0
Création d'entreprises	0
Nombre de contrats impliquant des valorisations socio-économiques	0
Recettes, dont contrats de sous-traitance	2
Nombre de contractants, dont entreprises étrangères	0

6.2. Liste des rapports, publications et ouvrages réalisés dans le cadre de ces activités :

6.2.1. Rapports Internes

- Equipe Projet Coriolis, Note d'organisation de projet Coriolis, présentée en Comité exécutif Coriolis en septembre 2001.
- Billant, A., C. Grit, F. Gaillard, J.M. Pinot : Analyse des profils collectés par les PROVOR CT-F entre mars 2000 et avril 2001 et propositions d'évolution, Rapport LPO 01-04 2001.
- J. Gabaldon, F. Gaillard, T. Carval : Evaluation of the Coriolis data base, first analysis for year 200-2001, Rapport Coriolis, prévu pour avril 2002.

Documents rédigés par l'équipe de développement Coriolis Données :

- Dossier de conception détaillée bouées CMOD, 1.0,12/12/01.
- Dossier de spécification global Argo data server, 2.0,12/12/01.
- Dossier de test et réception CO0202 : chargement XBT-CTD, 01/01.
- Dossier de consultation Coriolis décodage Apex, Argo, Medatlas, 03/01.
- Service Coriolis données - Centre de Brest Plan qualité, V1.3, 03/01.
- Coriolis-données V.2 Dossier de consultation, V1.0, 04/01.
- Dossier de consultation Coriolis, V.2, 04/01.
- Dossier de tests unitaires Coriolis, V.1 : apex, medatlas, Argo, V1.0, 04/01.
- Dossier de spécification du matériel et des logiciels de base, V1.0, 04/01.
- Dimensionnement du centre, étude préalable, V1.1, 06/01.

Documents rédigés par l'équipe de développement Coriolis Instrumentation :

Provor-T	Objet	Auteurs
C120060f	Doc utilisateur PROVOR T2, V2.7.	S. Le Reste, P. Rousseaux
C120061a	Evolution Simulateur d'environnement pour PROVOR CTS, rapport de stage A.Madec	A. Madec, P. Rousseaux
C120523a	Test de détecteur de proximité magnétique	M. Moal, S. Le Reste
C120521a	Propositions de modifications électronique PROVOR pour mise en œuvre simplifiée.Stage M.Moal	S. Le Reste, M. Moal
C120906a	Largage des Marvor et Provor	P. Bouquet
C120810a	Organigrammes logiciel fonction Dive	S. Le Reste
C120899b	Mise en œuvre simplifiée provor: specs matérielles et logicielles	S. Le Reste
C120812b	Specs des modifs logicielles de pilotage de la carte Seascan type "ptmodl1.1"	S. Le Reste

Provor-CT-F2	Objet	Auteurs
C470050a	Mise en œuvre simplifiée PROVOR CTF2: Specifs et plan de développement	S. Le Reste
C470062	Doc utilisateur PROVOR CTF2, V3.6	S. Le Reste, P. Rousseaux
C470133a	Résultats de qualification du Provor CTF2 et de l'ensemble FSI type "ECTP-202-MARTEC"	S. Le Reste
C470132c	Programme de qualification des ensembles FSI pour intégration dans PROVOR CTF2	S. Le Reste
C470410a	Provor CTF2, Specs des modifs logicielles de pilotage de la carte FSI de type "ECTP202 Martec, version FSI"marvor1.5".	S. Le Reste
C470497a	Développement du logiciel embarqué du CTF2, procédure de génération de code	S. Le Reste

C470480b	Specs d'évolutions logicielles du CTF2, modification de la restitution des profils	S. Le Reste
C470481a	Specs d'évolution logicielles du CTF2, Sécurisation de la mémorisation des données	S. Le Reste
C470496a	Logiciel CTF2, Liens logiciel/ ressources matérielles	S. Le Reste
C471391-	Propositions de modification mécanique des CTF	D. Le Roux
C475003a	Revue de dossier de définition Martec des PROVORT et CTF2	S. Le Reste, D. Le Roux

Provor-CT-S	**Objet**	**Auteurs**
C490198D	Spécification d'intégration du capteur SeaBird	F. Marchese
C490124A	Câble étanche pour liaison au cylindre d'essai PROVOR	F. Marchese
C490125A	Câble outillage pour essais en pression de la tape SeaBird	F. Marchese
C490126A	Rapport de qualification metrologique d'une sonde SBE 41 CP	F. Marchese
C490210A	Logigramme de communication du capteur SeaBird	F. Marchese
C490211A	Spécification du simulateur environnemental	F. Marchese
C490498	Spécification des modifications du logiciel de pilotage	F. Marchese
C491002a	Calcul de la durée de vie du flotteur PROVOR CT-S	F. Marchese
C4941 02A	Spécification des essais de qualification de la tape CTD SeaBird	F. Marchese

Retour d'expérience/ Expertises	**Objet**	**Auteurs**
C920103A	Diffusion des données Provor par le service ADS	S.Le Bras
C920105A	Comportement des flotteurs Provor	S. Le Bras
C920106A	Rapport de suivi technique : indicateurs	C. Grit
C920107A	Vitesses de remontée des flotteurs provor	C Grit

C920108A	Vitesses de plongée des flotteurs provor	C Grit
C920109A	Offset du capteur de pression des provor	C Grit
C920110A	Bilan flotteurs déployés depuis 04/01	S. Le Bras
C920111A	Inventaire des dysfonctionnements (non actifs)	S. Le Bras
c920112A	Inventaire des dysfonctionnements (actifs)	S. Le Bras
C920113A	Indicateurs de fonctionnement (non actifs)	C Grit
C92 0114A	Indicateurs de fonctionnement (actifs)	C Grit
C920115A	Flotteurs provor du JAMSTEC	S. Le Bras
C920116A	Infos sup message technique des provor v 3,6	S. Le Bras
C920316A	Flotteur MARVOR: mesures par pesée de variation de volume sous pression hydrostatique	P. Wargnier
C920317A	Interface Seascan	P. Rousseaux
C920318B	Expertise motorisations hydrauliques: cr de reunion du 08/01/01 chez HRL	G. Loaec
C92 0319A	Rapport d'essais - Comportement de l'huile Morlina 10	A. Deuff
C920320A	Cr expertise du 22/11/2001 chez Martec	G. Loaec
C920321B	Cr réunion Ifremer/Martec du 19/12/2001	G. Loaec

EMMA	Objet	Auteurs
C34 00 11	Modélisation de la remontée du flotteur	Y. Aoustin
C34 00 12	Rapport de calcul mécanique	JB. Suchet
C34 00 13	Essai sur houle de la maquette EMMA-T	Y. Aoustin
C34 00 14	Détermination des coefficients d'étalonnage pour le capteur de température	E. Menut
C34 00 16	Etalonnage capteur de pression fct Température	E. Menut
C34 00 15	Essai maquette antenne Argos EMMA-T	E. Menut
TMSI/RED/ EM/01/324	Essais sous pression hydrostatique d'une maquette métrologie modifiée	M. Roudaut

TMSI/RED/EM/01-148	Etalonnage en T° d'une sonde prototype MICREL EMMA-T	F. Salvetat
TMSI/RED/EM/01/293-292-132	Essais largueurs sous pression hydrostatique	E. Menut/ M. Roudaut
C34 00 20	Compression , formatage et émission des données.	E. Menut

PNG	Objet	Auteurs
C66 90 01A	Bilan de la phase de pré-étude	G. Loaec
C66 90 02A	Organisation de la documentation	G. Loaec
C68 21 06A	Bilan de masse MHPNG Coriolis T	P. Bouquet
C68 50 04A	Actions mécaniques PNG Coriolis	J.F. Masset
C68 60 02	Essai de largage	P. Bouquet
C72 00 02a	ARGOS : Bilan de transmission satellite	C. Gac
C71 00 04a	PNG : Etat d'avancement du lot métrologie	L. Delauney
C68 10 30A	Pré-dimensionnement général	P. Bouquet
C68 01 01A	Pré-dimensionnement mécanique	P. Bouquet
C68 62 02C	Essai bassin maquette	P. Bouquet
C68 30 22A	Calcul de tube en pression extérieure	P. Bouquet
TMSI/TSI/ME/01.068	C. R. de réunion interne : Présentation d'une solution "tube □ 100-113 / 20 piles LSH20"	J. Blandin
C68 12 20	Bilan de masse MHPNG marine T	P. Bouquet
TMSI/TSI/ME/107	C.R. de revue technique	C. Gac
TMSI/TSI/ME/01.119	C.R. de réunion interne PNG/actions DM	C. Gac
C68 41 06	Calcul du CDG du PNG marine T	P. Bouquet
C69 10 10, 11, 12, 13	Programme et rapports d'essais EV Jung	P. Bouquet

C66 10 10a	Projet de plan de consultation industrielle pour le développement PNG	C. Gac
FD42IRA	Contrat Antennessa : Mesure de cinq antennes Argos montées sur flotteur immergé	Antennessa/ C. Gac
EC 9287	Spécifications techniques de l'electro-distributeur	HRL/P.Bouquet
C72 00 05a	C.R. de réunion SERPE-IESM	C. Gac
C701098a	Spécification de l'électronique de contrôle commande	S. Le Reste
C702016a	Spécifications du module énergie	S. Le Reste
GIFR_0512655	Cahier de programme de qualification du groupe électro-pompe	P.Bouquet/HRL
TMSI/TSI/ME/02.039	C.R. de réunion interne	C. Gac
C702051a	Energie : bilan des performances	S. Le Reste
GIFR_0512655	Dossier justificatif de définition MHPNG	P.Bouquet/HRL
C68 11 06E	Bilan de masse MHPNG Coriolis CTD Seabird	P.Bouquet

6.2.2. Communications et rapports externes

- Desaubies Y., L. Petit de la Villéon, First Annual Report for GyroScope project, janvier 2002.
- Gaillard, F., Coriolis, mesures navire et science projet. Groupe Mission Mercator Coriolis (GMMC). Toulouse, septembre 2001.
- Gaillard, F. : Océanographie opérationnelle : interactions avec les études régionales et de processus. Présentation du thème. Journées de prospective PATOM 2001, Paris.
- Gaillard F. & C. Lagadec, Monitoring the ocean variability in the North-East Atlantic with profilers. Abstract soumis à "En route vers Godae", Biarritz, 13-15 juin 2002.
- Pouliquen S., R. Keeley, T. Carval, Data Management within Argo program, Indian Ocean Argo Implementation Meeting, July 2001.
- Pouliquen S. & al., CORIOLIS, A french project for in situ operational oceanography, Meeting DBCP, October 2001.

- Pouliquen S., US GODAE/IFREMER Data Servers as part of the Argo data distribution network , Summer 2001
- Pouliquen S., R. Keeley, 2nd Argo Data Management Report, novembre 2001
- Pouliquen S., R. Keeley, Argo Data management Handbook, décembre 2001
- G. Loaec, Les flotteurs profonds, cycle de conférences Ifremer, Brest, Rennes
- G. Loaec & al, Provor :a range of profiling floats for operational oceanography, Data Buoy Cooperation Panel technical meeting, Perth, Octobre 2001.

6.2.3. Communication à comité de lecture

ARGO SCIENCE TEAM (CO-AUTHOR: DESAUBIES Y.), 2001: *Argo: The Global Array of Profiling Floats*. In: Koblinsky, C.J., and Smith, N.R. (Eds.), Observing the Oceans in the 21st Century. Godae Project Office, Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia, 248-258. ISBN 0642 70618 2.

6.3. Bases de données / Nombre de données dans bases mises à disposition de l'extérieur

Base de données Coriolis

6.4. Collaborations extérieures, nationales et internationales, formalisées

- Y Desaubies : participation ARGO Science Team
- Y Desaubies : Coordinateur du projet GyroScope
- S Pouliquen : CO-Chair du Argo Data Management Committee

6.5. Colloques et séminaires organisés par un membre de l'unité

- **GyroScope Kick Off meeting**, Brest, organisé par Y. Desaubies, en février 2001
- **Argo Data Management meeting** : Le deuxième Argo Data Management meeting a été organisé, du 12 au 14 novembre 2001, pour la seconde fois à Brest par l'équipe projet Coriolis. Il réunissait environ 30 participants de 8 pays différents.

6.6. Campagnes à la mer organisées par l'unité ou sous la direction d'un de ses membres

Plusieurs plans de campagne ont été élaborés en 2001, dont la plupart ont été annulés à cause de l'indisponibilité des flotteurs.

Deux flotteurs ont été déployés lors d'un transit valorisé de l'Atalante (Horta – Corke, juillet).

Campagne POMME 3.5 (Navire Pelagia, Texel – Brest, Octobre 2001) : 4 PROVOR CTF2 et 5 PROVOR T ont été déployés.

6.7. Meetings nationaux et internationaux

- **Argo Science Team meeting n°3**, Sydney Canada — mars 2001
  Y. Desaubies
- **Indian Ocean Argo meeting**, Hyderabad, Inde — du 24/07 au 29/07/2001
  S. Pouliquen et Y. Desaubies
- **Réunion annuelle Jamstec/Ifremer**, Tokyo, Japon — du 10 au 15/09/2001
  S. Pouliquen
- **Journées de prospective PATOM 2001**, Paris. — 11/09/2001
  F Gaillard
- **Meeting GMMC** (groupe mission Mercator Coriolis) — 26/09 au 27/09/2001
  à Toulouse, Equipe Projet Coriolis
- **2nd Argo Data Management meeting**, Brest — du 12 au 14/11/2001
  S. Pouliquen, T. Carval, L. Petit de la Villéon, Y. Desaubies, F. Gaillard

6.8. Réunions de travail

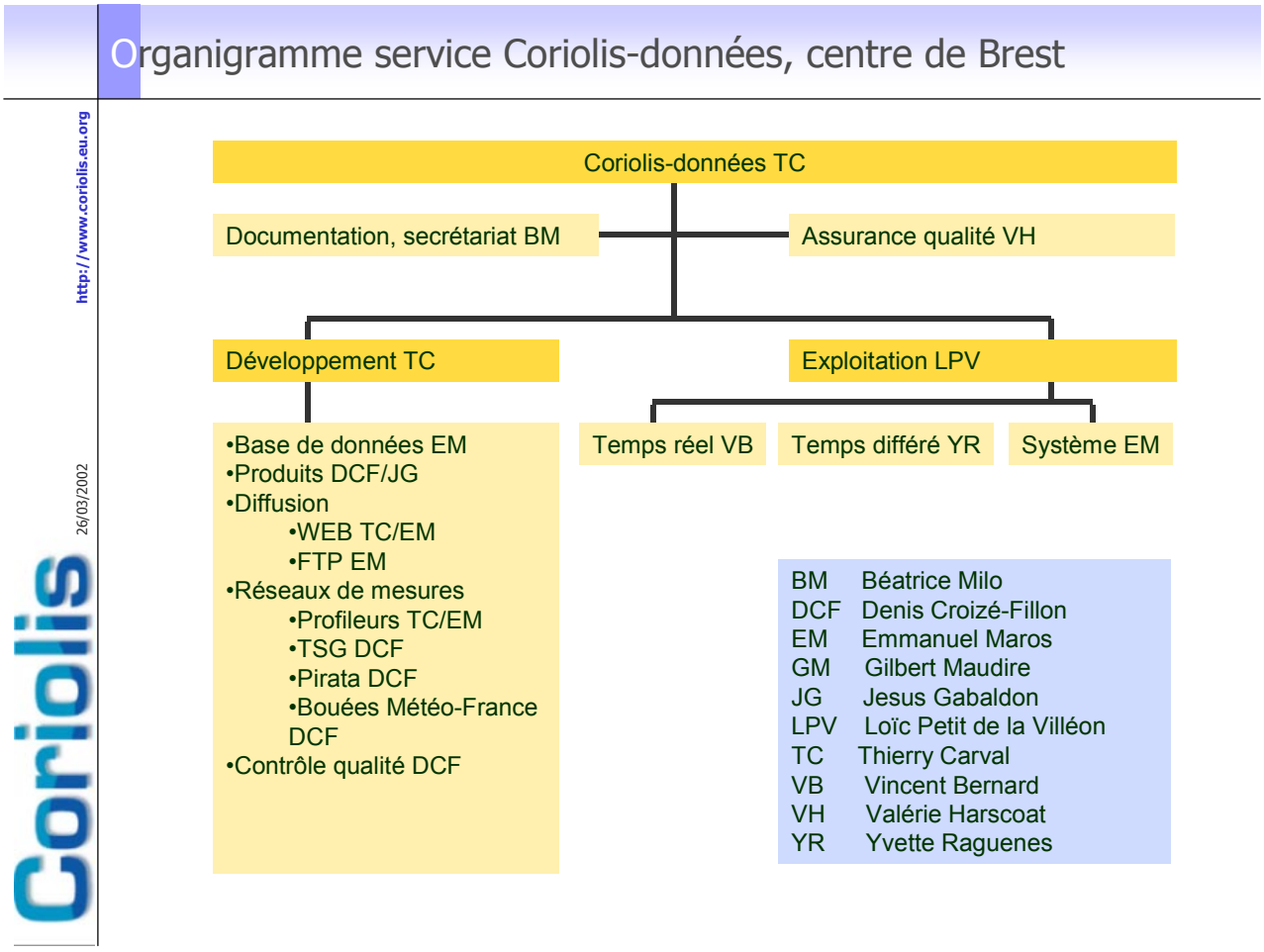
- Réunion Expertise motorisation chez HRL, Azerailles (Nancy) — janvier 2001
  G. Loaec, A. Deuff
- US GODAE Argo Center, FNMOC,Monterey, USA — mars 2001
  S. Pouliquen
- Préparation du 2ème meeting des centres de données — mars 2001
  Argo, AOML, USA, S. Pouliquen
- Rencontre Mercator-Coriolis à Toulouse — avril 2001
  G. Maudire, T. Carval, L. Petit de la Villéon
- Suivi avancement projet EMMA, Hennebont (Lorient) — plusieurs missions
  E. Menut, J.F Rolin, S. Pennec

- Suivi avancement études nouvelles motorisation, HRL, Azerailles (Nancy) juin 2001
  P. Bouquet, A. Deuff
- Réunion technique avec CLS Argos, Toulouse juin 2001
  G. Loaec, C. Gac
- Réunion groupe technique Mercator, Toulouse septembre 2001
  G. Loaec
- Visite chez fournisseur capteurs Provor, Falmouth, Seattle (USA) septembre 2001
  L. Delauney, F. Marchese
- Data Buoy Cooperation Panel, Perth (Australie) octobre 2001
  G. Loec

6.9. Organigrammes des sous-projets

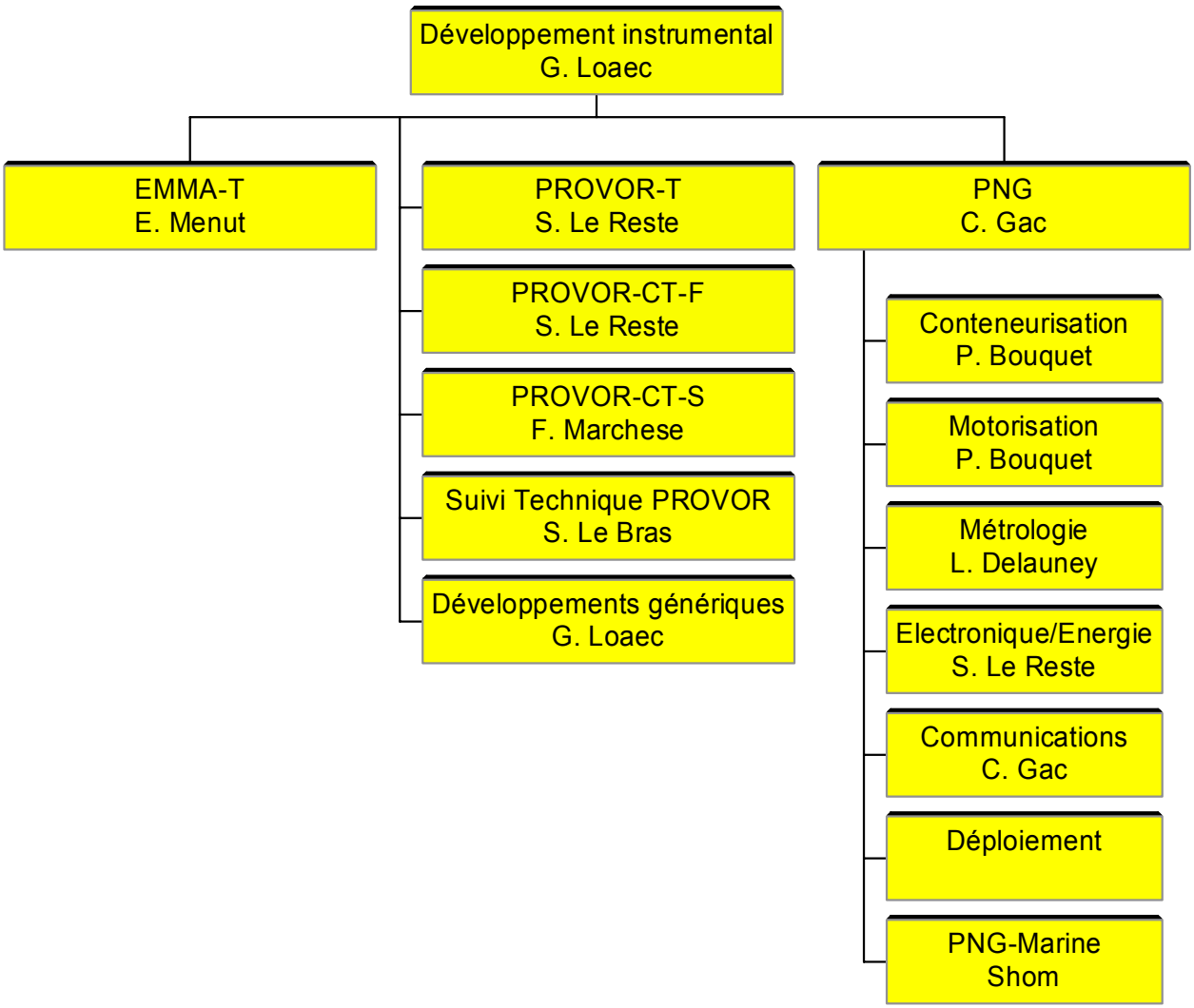
6.9.1. Centre de données

L'équipe d'exploitation est complète depuis mi-juin 2001 avec la venue de Vincent Bernard (en CDD puis en CDI depuis de mi-décembre). L'équipe de développement est complète depuis octobre 2001 avec l'arrivée de Denis Croizé-Fillon (CDD 18 mois) qui suivait l'arrivée d 'Emmanuel Maros en mai 2001 (CDI).

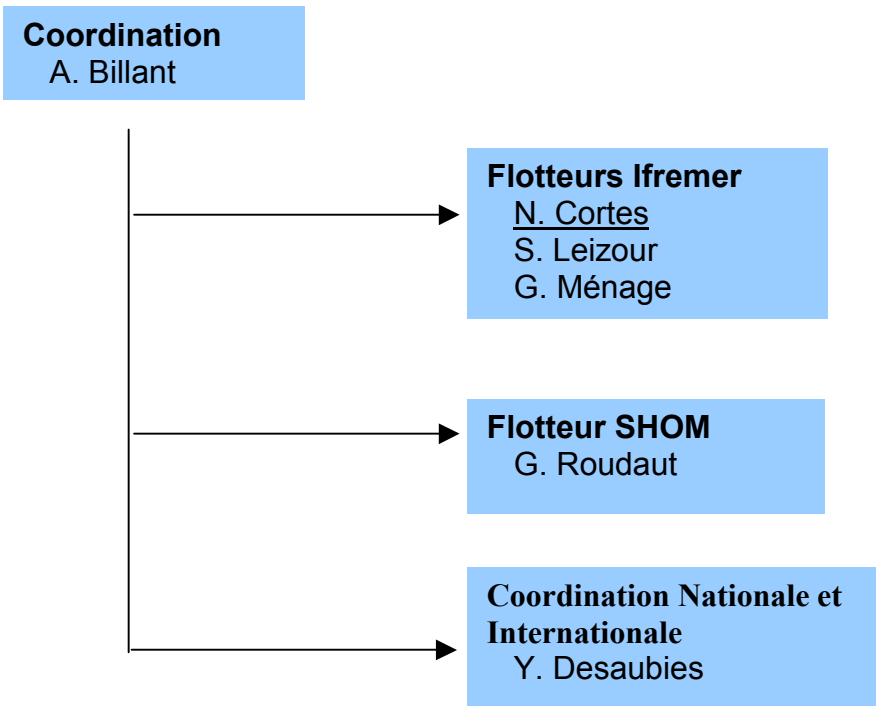


6.9.2. Instrumentation

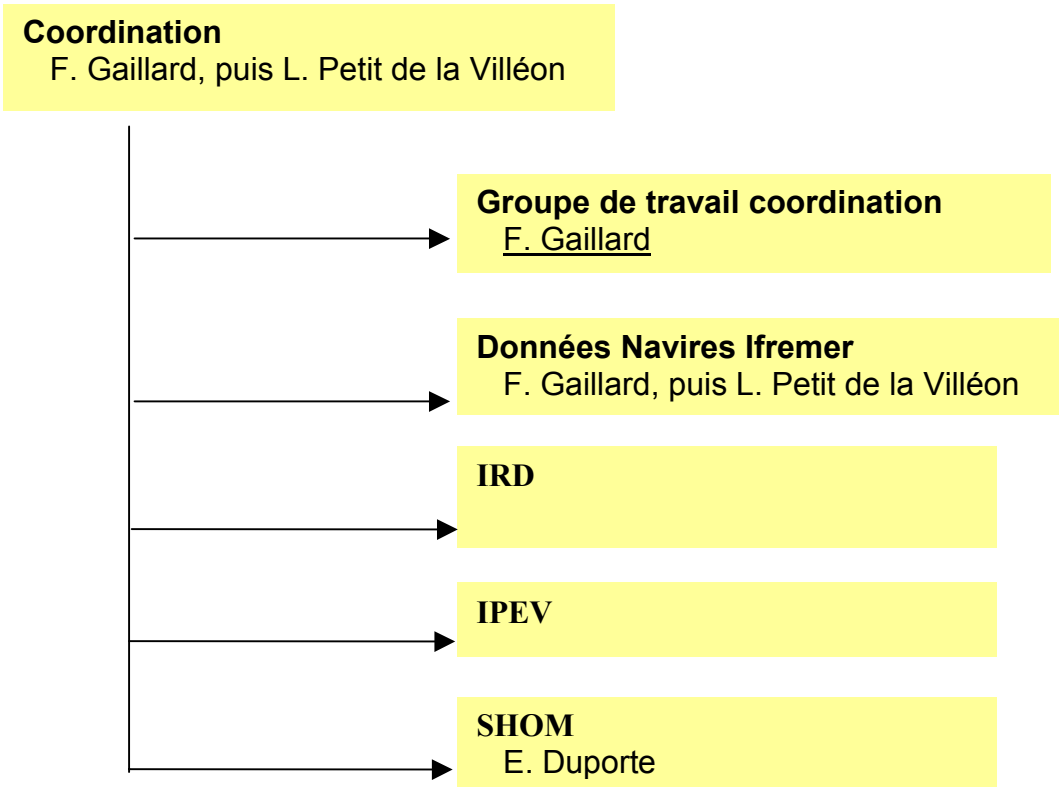
Le sous-projet est organisé à la fois par produits et par métiers. Le découpage par métiers est identifié sur le développement PNG.



6.9.3. Déploiement



6.9.4. Mesures Navires



GLOSSAIRE

Coriolis : Programme Français de collecte et de distribution de mesures in situ relatives à l'océanographie physique

Mercator : Modèle de Circulation Océanique Français

Godae : Global Ocean Data Assimilation Experiment

Argo : A Global Array of Profiling Floats

Apex : Profileur développé par la Société Webbs (U.S.A)

XBT : Expandable Bottom Temperature

GTS : Global Telecommunication System

CTD : Conductivity Temperature

FTP : File Transfer Protocol

SOAP : Modèle de circulation océanique du SHOM

GTSPP : Global Temperature Salinity Profile Program

WWW : World Wild Web

Provor : Profileur développé par Ifremer et commercialisé par Martec (F)

PNG : Profileur Nouvelle Génération

EMMA : Echantillonneur de Masses d'eaux Marines

CLIVAR : International Research Program on Climate Variability & Predictability

PNEDC : Programme National Etude de la Dynamique du Climat

PATOM : Programme Atmosphère – Océan Moyenne Echelle

GyroScope : Projet Européen, coordonné par Ifremer.