

Table des matières

1	Présentation générale	5
1.1	La mission de la DT et sa place dans l'INSU	5
1.2	Organisation générale	6
2	Le Comité de Suivi de la DT et les activités de la DT	8
2.1	Le Comité de Suivi de la DT	8
2.2	Les activités et les demandes de soutien	8
3	Les projets	11
3.1	BIOCAREX	12
3.2	Capteurs pCO2	13
3.3	CIDRE	15
3.4	L'Equipex CLIMCOR	18
3.5	COROLIS	21
3.6	COROT	22
3.7	Cyber-carothèque nationale	23
3.8	DODO	24
3.9	E-BOB :	26
3.10	FOAM	28
3.11	FLUX	30
3.12	GROOM	32
3.13	L'Equipex IAOS	33
3.14	ICI 3 et 4	36
3.15	ILMA	37
3.16	KuROS	39
3.17	R&T LIDAR	40
3.18	MEUST	44
3.19	Micro ARES	48
3.20	MOMA	49
3.21	OPTIMISM	51
3.22	pHAlc	53
3.23	PicoSDLA	54
3.24	RADAR	57
3.25	RADO	58
3.26	Refonte du système de communication et d'acquisition des navires DT/INSU	59
3.27	RESIF Seiscomp3	61
3.28	Système d'information géographique	62
3.29	SST-GATE	63
3.30	Station Benthique	65
3.31	Station marégraphique et bouée GPS	67
3.32	STRATEOLE 2	69
3.33	ANR SUBGLACIOR et ERC ICE&LASERS	70
3.34	TRANSMED	72
4	Parcs nationaux et TGIR	73
4.1	La flotte du CNRS	73
4.2	L'instrumentation embarquée sur les navires	79
4.3	Le parc national d'instrumentation océanographique	83
4.4	Le parc national de planeurs sous-marins	86
4.5	Les parcs nationaux d'instrumentation géophysique	90
4.6	Le service national d'étalonnage pCO2	95
4.7	Le Centre de Carottage et de Forage National	97

5	Les expertises et les services	102
5.1	Expertise en électronique.....	102
5.2	Le Service Mécanique.....	104
5.3	Le Service Informatique.....	107
5.4	Le Service Secrétariat-Gestion-Pilotage	110
6	Personnels ITA 2011 – 2014.....	113
7	Publications	115
8	Glossaire des acronymes	117

1 Présentation générale

1.1 La mission de la DT et sa place dans l'INSU

La Division Technique de l'Institut National des Sciences de l'Univers est une Unité Propre de Service du CNRS (UPS 855), rattachée à la Direction Adjointe Technique (DAT) de l'INSU.

La mission de la Division Technique est d'apporter un soutien à l'ensemble des laboratoires des secteurs scientifiques de l'INSU : Astronomie-Astrophysique, Océan-Atmosphère, Surfaces et Interfaces Continentales et Terre Solide en assurant la maîtrise d'œuvre du développement d'équipements scientifiques ainsi que la mise en œuvre opérationnelle de moyens nationaux.

Les activités couvrent :

- la gestion opérationnelle, la maintenance et la mise en œuvre de moyens et instruments nationaux et TGIR ou IR : flotte océanographique côtière du CNRS, instrumentation embarquée sur ces navires (ADCP, informatique instrumentale, communication), parc national d'instrumentation océanographique, parc géophysique, instruments aéroportés lourds (Léandre, RALI,...), plate-forme de carottage et de forage national océanographique, continental, lacustre et glaciaire.
- la recherche et développement technologique et la réalisation de projets techniques de développement instrumental en partenariat avec les laboratoires dans le cadre de projets INSU, ANR, européens, Equipex ou autres, avec une prise en charge globale ou partielle.
- le soutien et l'expertise informatiques pour l'infrastructure réseau, le stockage et traitement de données, le développement de base de données, l'utilisation du SIG pour la visualisation de données et le développement d'algorithmes scientifiques et d'applications web.
- la participation à des campagnes de mesures océanographiques, aéroportées ou sur le terrain.

Les activités de la DT sont validées et suivies par un comité composé de la directrice de l'INSU, les

Directeurs Adjointes Scientifiques, la Directrice Adjointe Administrative, le Directeur Adjoint Technique et la direction de l'unité.

Au cours des quatre années passées, de 2011 à 2014, la DT s'est impliquée dans trois Equipex :

- Carottage Paléoclimatique : haute Résolution et Innovation (CLIMCOR), construction de trois nouveaux outils de carottage et forage pour améliorer la qualité des échantillons recueillis et par conséquent les moyens d'étude des variations du climat à des pas de temps extrêmement fins, ainsi que la capacité à remonter dans le temps. La DT est responsable technique de cet Equipex, adossé à la plate-forme nationale de carottage et de forage de l'INSU, le C2FN, créée en 2009, sous la responsabilité de la DT et contribue au système d'information pour le C2FN.
- Ice atmosphere, Arctic Ocean Observing System (IAOOS), ensemble d'une vingtaine de plates-formes autonomes dérivantes en Océan Arctique dédiées à l'observation temps réel du climat arctique. La DT participe au développement des prototypes et est responsable de la tâche d'intégration et de déploiement.
- Réseau Sismologique et géodésique Français (RESIF), pour la compréhension des séismes et de la propagation des ondes sismiques, pour une meilleure identification et gestion des risques naturels. Cet Equipex est adossé à l'infrastructure de recherche du même nom, dans lequel la DT coordonne les investissements, gère directement les instruments mobiles et contribue, là aussi, au système d'information de l'Equipex.

Sur le site de La Seyne sur Mer, la DT a consolidé le parc gliders, plate-forme opérationnelle inter-organismes de mise en œuvre de planeurs sous-marins, engins autonomes équipés de divers capteurs, dont elle assure le fonctionnement. Elle a pérennisé la gestion administrative et matérielle du parc national d'instrumentation océanographique de l'INSU, établi à Plouzané, de même que participé à certaines des campagnes océanographiques hauturières ou côtières utilisant le matériel de ce parc.

La gestion de la flotte océanographique du CNRS a toujours été assurée par l'armement de la flotte à la DT. Depuis 2011, l'armement participe activement à l'UMS FOF inter-organismes, créée sous les tutelles du CNRS, d'Ifremer, de l'IRD et de l'IPEV et ayant pour missions la programmation annuelle des activités de la FOF et l'établissement et la mise à jour régulière de son plan d'évolution. L'infrastructure informatique des navires est gérée par le service informatique, tandis que le service instrumentation navires gère les capteurs.

Dans la continuité de ses activités « historiques », la DT a apporté et apporte son soutien à une

vingtaine de laboratoires sous tutelle de l'INSU dans le développement d'instruments scientifiques. Ces participations vont de l'intervention ponctuelle d'une ou deux semaines à la participation à des projets pluriannuels, aussi bien dans le domaine du management de projet que dans l'ingénierie système, la conception de sous-systèmes en mécanique et électronique, la mise en place de bases de données, le calcul scientifique, le logiciel embarqué, la validation instrumentale, l'expertise et la participation à des campagnes de mesures en ballons et en avions.

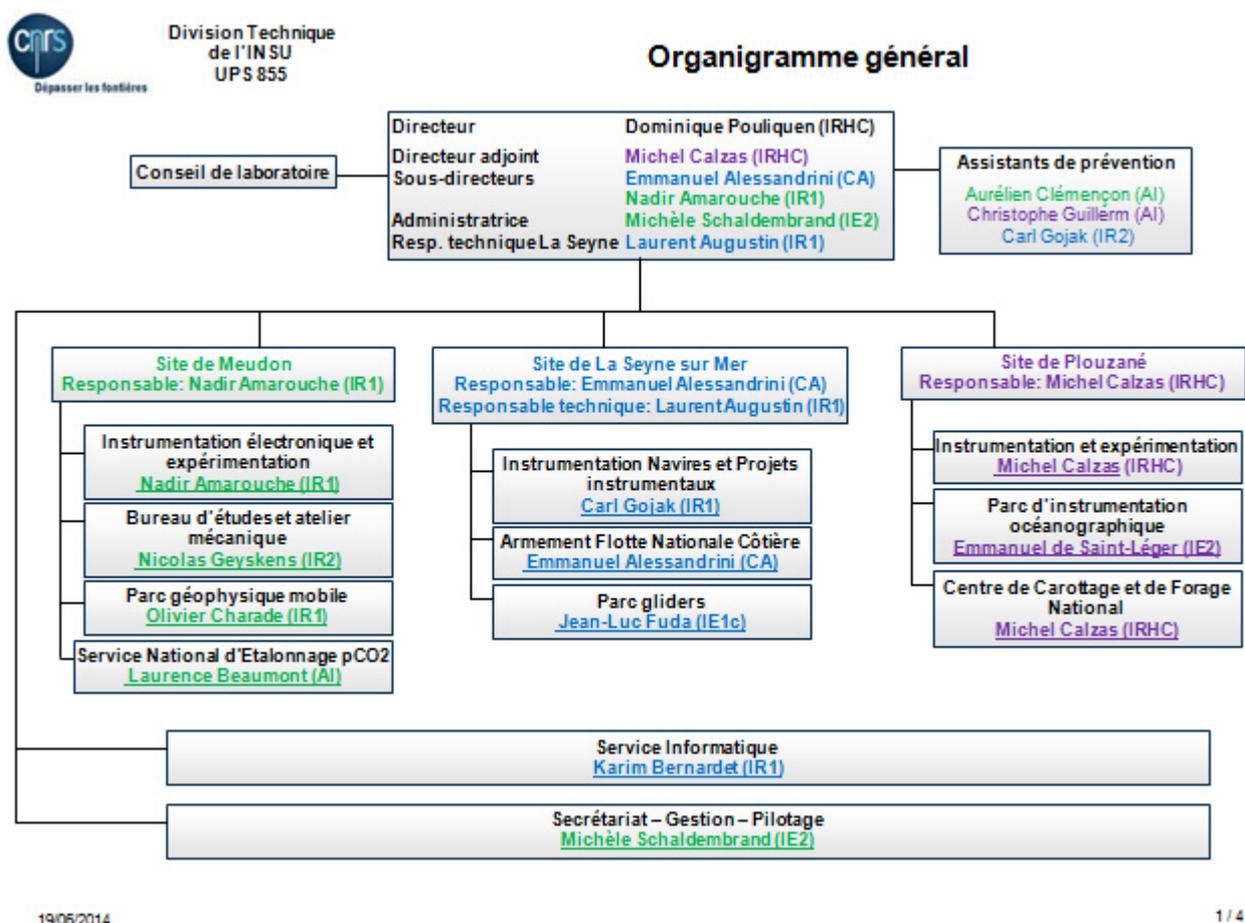


Figure 1 : Organigramme général de la Division Technique fin 2014

1.2 Organisation générale

La DT regroupe plus de 110 personnes : une cinquantaine d'ITA permanents, autant de marins en CDI et une dizaine de personnes en CDD. Toutes ces personnes ont comme employeur commun le CNRS.

L'unité est implantée sur 3 sites :

- La Seyne sur Mer, sur le centre Ifremer : une vingtaine de personnes, dépendant de la DR20
- Meudon - Bellevue, sur le site de la DR5 : vingt-cinq personnes, dépendant de la DR5

- Plouzané, dans les locaux de l'IPEV : une quinzaine de personnes, dépendant de la DR17

Les marins sont répartis dans les observatoires d'Arcachon, Banyuls et Boulogne, les OSU de Brest, Marseille et Villefranche sur Mer et la station marine de Roscoff, l'armement de la flotte étant à La Seyne sur Mer.

L'organisation de l'Unité est articulée autour des trois sites. Ceux-ci s'appuient sur les services transverses que sont le Service Informatique et le Service Secrétariat-Gestion-Pilotage.

Sur les quatre années considérées, le nombre de personnels titulaires de l'unité est resté constant à 51 personnes mais sa répartition suivant les sites et les métiers a varié significativement, le nombre de personnels en CDD et le nombre de marins en CDI restant eux aussi à peu près constants.

Grâce au soutien de l'INSU, il a été possible de pérenniser les fonctions des responsables des parcs, de renforcer le personnel opérationnel et celui du service informatique.

2 Le Comité de Suivi de la DT et les activités de la DT

2.1 Le Comité de Suivi de la DT

La priorisation et le suivi des activités de la Division Technique sont assurés par le Comité de Suivi de la DT.

Les membres de ce comité sont :

- Le Directeur - Directrice de l'INSU
- Les Directeurs-Directrices Adjoint(e)s Scientifiques de l'INSU
- Le Directeur – Directrice Administratif-de de l'INSU
- Le Directeur-Directrice Adjoint(e) Technique de l'INSU
- Les présidents-présidentes des commissions spécialisées des thématiques scientifiques de l'INSU
- La Direction de la Division Technique de l'INSU

Ce Comité de Suivi est réuni formellement une fois par an à la demande du Directeur de la DT.

Lors de cette réunion, qui a lieu habituellement au courant du mois de janvier, le Comité de Suivi examine les activités réalisées au cours de l'année précédente et passe en revue les activités proposées par les laboratoires pour l'année en cours. En s'appuyant sur les avis techniques de la DT et sur les avis scientifiques des commissions spécialisées, le Comité de Suivi priorise les activités pour l'année.

Ce Comité de Suivi, créé en même temps que l'unité en 1995, a été suspendu entre 2007 et 2013 pour des raisons d'organisation entre l'INSU et la DT.

Il a été réactivé en 2013 sur demande du Directeur de la DT afin de resserrer les liens organiques entre la DT et la direction de l'INSU en prévision des restrictions d'embauches et de budget qui rendent nécessaires l'affectation des ressources là où sont les priorités de l'institut.

2.2 Les activités et les demandes de soutien

Les activités de la DT peuvent se répartir en trois grands groupes :

- ✓ Les activités pérennes, comme les TGIR/IR ou les moyens nationaux.

Ces activités sont examinées par le Comité de Suivi qui s'assure qu'elles sont cohérentes avec les politiques scientifiques et techniques de l'INSU et que les budgets et ressources humaines en place à la DT sont adaptés au volume des activités prévues.

- ✓ Les activités liées à l'appel d'offre annuel de l'INSU. Ces activités font l'objet d'une demande de soutien et sont arbitrées par le Comité de Suivi.

En s'appuyant sur les avis techniques de la DT et sur les avis scientifiques des commissions spécialisées, le Comité de Suivi priorise ces activités pour l'année après avoir vérifié que les activités retenues sont cohérentes avec les politiques scientifiques et techniques de l'INSU.

- ✓ Les activités hors appel d'offres de l'INSU, par exemple celles liées à des projets européens.

Les dates de décision d'une participation éventuelle de la DT à ces activités ne peuvent pas attendre l'examen annuel des activités de la DT par le Comité de Suivi. Les demandes des laboratoires sont donc relayées par le directeur de la DT auprès du directeur adjoint technique, des directeurs adjoints scientifiques et des présidents des commissions spécialisées concernés de façon qu'une décision de participation puisse être arbitrée rapidement par la direction de l'INSU.

Comme indiqué plus haut, les activités liées à l'appel d'offres de l'INSU font l'objet d'une demande de soutien émise par le laboratoire sollicitant l'aide de la DT.

Le formulaire de demande de soutien est accessible sur le site de l'appel d'offres INSU.

La demande comprend un volet scientifique dans lequel le chercheur porteur de la demande explique le contexte scientifique de sa demande et ce en quoi sa demande répond à la problématique qu'il pose.

Elle comprend un volet technique dans lequel le demandeur décrit le projet et son contexte organisationnel, son planning général et le budget global et les ressources humaines nécessaires de même que ceux dont il dispose.

Le demandeur précise le contenu de l'aide qu'il souhaite de la DT, le budget qu'il prévoit pour

cette aide, le planning des fournitures qu'il attend ainsi que les ressources humaines de la DT qui seraient nécessaires tant en compétences qu'en volume. Il précise la place de la DT dans le projet et les interfaces du projet avec la DT.

La demande est signée par le demandeur et le directeur du laboratoire dont il fait partie.

La demande est transmise à la direction de la DT en fin de la période d'appel d'offres, habituellement fin septembre.

La Direction de la DT envoie les demandes aux diverses commissions spécialisées concernées pour qu'elles effectuent une évaluation scientifique de la demande.

En parallèle, la DT effectue en interne une évaluation technique de la demande afin de vérifier la cohérence technique du projet, de son budget et de son planning et de s'assurer que les compétences attendues sont bien à la DT.

Ces évaluations sont présentées à la réunion du Comité de Suivi afin que le Comité statue sur la

recevabilité de la demande et sur sa priorité par rapport aux autres activités de la DT.

La répartition géographique des laboratoires auxquels la DT apporte son soutien montre une nette prépondérance de ceux de la région parisienne (figure ci-dessous).

Cette prépondérance est simplement liée au fait que le nombre de laboratoires en région parisienne est plus élevé que partout ailleurs en France.

En effet, l'appel d'offres publié annuellement par l'INSU étant ouvert à tous les laboratoires du territoire, la Division Technique est susceptible d'apporter son soutien à n'importe quel laboratoire, du moment qu'il en ait fait la demande et que l'INSU en soit une tutelle.

Le tableau page suivante donne une liste non exhaustive des laboratoires et organismes auxquels la DT a apporté et apporte son soutien.

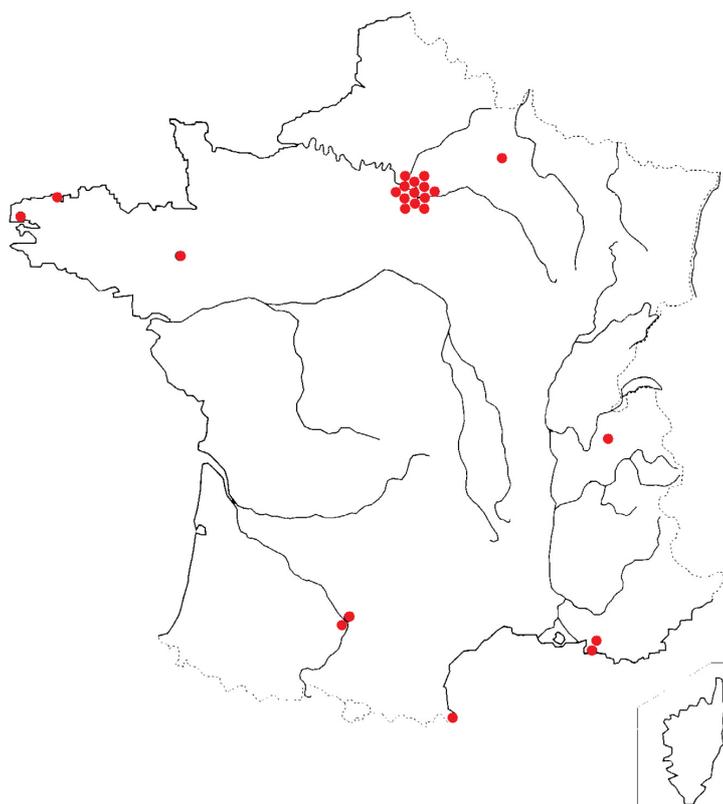


Figure 2 : répartition géographique des laboratoires auxquels la DT apporte son soutien

Unités		
ASM (UMR 5140)	LAM (UMR 7326)	LOMIC (UMR 7621)
CEREGE (UMR 34)	LATMOS (UMR 8190)	LOV (UMR 7093)
CNR GAME	LEGOS (UMR 5566)	LPC2E (UMR 7328)
EDYTEM (UMR 5204)	LERMA (UMR 8112)	LPNHE (UMR7585)
GEOAZUR (UMR 7329)	LESIA (UMR 8109)	LPP (UMR7648)
GeoSciences Rennes (UMR 6118)	LGGE (UMR 5183)	LSCE (UMR 8212)
GSMA (UMR 7331)	LiPhy (UMR 5588)	LUTH (UMR 8102)
IMBE (UMR 7263)	LISA (UMR 7583)	M2C (UMR 6143)
IMCCE (UMR 8028)	LLR (UMR 7638)	MAP (UMR 3495)
IPEV (UPS 2928)	LMD (UMR 8539)	MIO (UMR 7294)
IPGP (UMR 7154)	LOCEAN (UMR7159)	UMS FOF (UMS 3465)

Organismes		
BRGM	Ifremer	IRD
CEA	IFFSTAR	IRSN
CNES	IGN	IEUM

OSU et universités	
Observatoire de la Côte d'Azur	UBP de Clermont-Ferrand
Observatoire Midi-Pyrénées	Université de Bordeaux
Observatoire de Paris	Université de Montpellier 2
OSU PYTHEAS	Université de Nantes
Station biologique de Roscoff	Université de Nice Sophia Antipolis
Université Joseph Fourier Grenoble	Université de Savoie
Université Paul Sabatier Toulouse	Université Pierre et Marie Curie
UNISTRA	

Figure 3 : Laboratoires, universités, OSU et organismes partenaires de la DT

3 Les projets

Une des missions de la Division Technique est d'apporter un soutien technique sur des projets portés par des laboratoires dont une des tutelles est l'INSU.

Ce soutien technique apporté par la DT peut être :

- La fiabilisation d'un sous-système ou d'un système
- La prise en charge de tout ou partie du développement d'un sous-système
- La participation à une activité de R&T
- Une expertise technique sur un point particulier au cours d'une phase d'un projet
- La participation à l'ingénierie système
- La participation au système d'information
- La participation à l'équipe projet
- ...

Le soutien peut concerner la conception, la réalisation, les tests d'éléments physiques, structures mécaniques, boîtiers d'électronique,

etc, comme d'éléments informatiques, algorithmes scientifiques, base de données, logiciels embarqués, etc.

Il peut s'agir d'un soutien de très courte durée, de l'ordre d'une semaine, jusqu'à un soutien sur la durée d'un projet ou d'une R&T, donc éventuellement de plusieurs années.

Depuis 2011, la DT est engagée sur trois Equipex : CLIMCOR projet de construction de nouveaux outils de carottage et forage, IAOOS, projet de déploiement de bouées instrumentées dans l'Arctique et RESIF, projet de déploiement de plusieurs dizaines de sismographes dans toute la France.

L'engagement de la DT sur ces Equipex va de la responsabilité de Work Packages à la responsabilité technique complète du projet.

La figure ci-dessous montre que la thématique « Océan-Atmosphère » est significativement majoritaire dans les activités projets de l'unité.

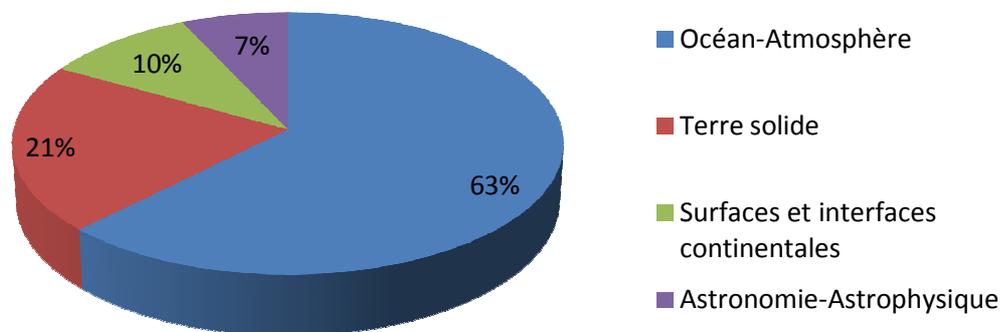


Figure 4 : Répartition de l'activité projets par thématiques scientifiques

3.1 BIOCAREX

Thématique INSU : Océan-Atmosphère / Océan

Laboratoire demandeur : LOCEAN

Chercheur responsable : Jacqueline Boutin

3.1.1 Description technique

Le projet BIOCAREX (BIOOptics and CARbon Experiment) est une adaptation du capteur de pression partielle de CO₂ (pCO₂) CARIOCA (CARbon'Interface'Océan'Atmosphère) pour des déploiements sur la bouée BOUSSOLE (CNRS/INSU, CNES, ESA, NASA, OOV) à 50 km des côtes de Nice.

Deux capteurs sont installés respectivement à -3 et -9 m sous la surface de l'eau et sont remplacés tous les 6 mois. Ces capteurs de pCO₂ sont couplés à des capteurs d'oxygène et de salinité placés en parallèle.

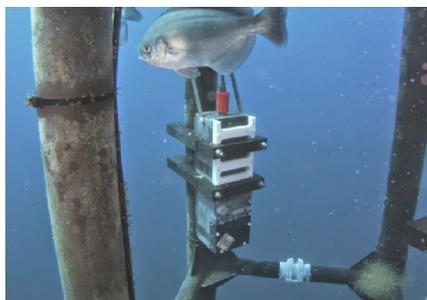


Figure 5 : pCO₂ Biocarex sur la bouée BOUSSOLE placé à une profondeur de 3 m

Principe scientifique

La mesure de la pCO₂ est basée sur des mesures de l'absorbance optique d'un colorant (ici du bleu de Thymol) mis en équilibre avec l'eau de mer à travers une membrane semi-perméable au gaz. Des mesures spectrophotométriques réalisées à trois longueurs d'onde (une à 596 nm et une à 434 nm correspondant aux pics d'absorption des formes acide et base du colorant et une troisième à 810 nm utilisée comme référence) permettent une mesure du pH de la solution.

Mécanique

Le boîtier du capteur a été conçu pour pouvoir résister à une pression jusqu'à 4 bars. Il a un encombrement minimum pour une meilleure adaptation au déploiement sur mouillage.

Electronique

L'électronique embarquée fonctionne avec une autonomie en énergie de 6 à 8 mois. Un datalogger de la marque Tern assure le contrôle des différentes fonctions du capteur : pompage colorant ; pompage eau de mer ; spectrophotomètre ; acquisition des données. La

carte du spectrophotomètre a été développée par l'équipe instrumentation et expérimentation de la DT-INSU à Plouzané.

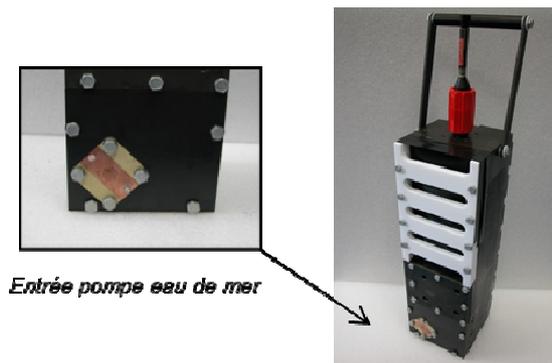


Figure 6 : Capteur pCO₂ (vue verticale), H41 x L12,4 x P10,3 cm ; masse : environ 11 kg

3.1.2 Déploiements des capteurs

A l'issue d'un an de développement, les 4 capteurs pCO₂ ont été placés au fur et à mesure sur la bouée BOUSSOLE. A ce jour, les capteurs ont cumulés plus de 700 jours de mesure à -3 m et plus de 400 jours à -10 m.

Capteur	Dates	Profondeur
pCO ₂ Bio1	16/07/12 > 13/08/12	3 m
pCO ₂ Bio1	14/02/13 > 15/07/13	3 m
pCO ₂ Bio2	15/07/13 > 14/03/14	3 m
pCO ₂ Bio3	15/10/13 > 12/04/14	10 m
pCO ₂ Bio4	14/03/14 > 31/12/14	3 m
pCO ₂ Bio1	12/04/14 > 17/07/14	10 m
pCO ₂ Bio3	17/07/14 > 25/07/14	10 m
pCO ₂ Bio1	25/07/14 > 31/12/14	10 m

Bilan des mesures des capteurs pCO₂ de 2012 à 2014

3.1.3 Perspectives

Un capteur pCO₂ Carioca de type Biocarex doit être installé sur un mouillage dans le Storfjord en Norvège. Le principal objectif technique est de pouvoir augmenter l'autonomie du capteur actuel de 6 mois à 1 an.

Personnel DT impliqué:

B. Arnold : intégration, mécanique
L. Beaumont : chef de projet, étalonnage, intégration, tests
J. Gironnet : électronique, intégration
A. Guillot : électronique

Contact :

Laurence Beaumont (DT) :
laurence.beaumont@cnrs.fr
Jacqueline Boutin (LOCEAN) :
jb@locean-ipsi.upmc.fr

3.2 Capteurs pCO₂

Thématique INSU : Océan-Atmosphère / Océan
Laboratoires demandeurs : LOCEAN et IUEM
Chercheur responsable : Jacqueline Boutin et
Nathalie Lefèvre (LOCEAN), Yann Bozec (IUEM)

3.2.1 Contexte

La mesure des flux de CO₂ entre l'océan et l'atmosphère est devenue une priorité de la communauté océanographique face aux changements climatiques mondiaux ou régionaux.

Le caractère hautement variable de ces flux tant à l'échelle spatiale que temporelle a été démontré et implique de pouvoir mesurer ces flux en dehors des campagnes océanographiques. Des systèmes autonomes ont ainsi été développés pour être utilisés sur des flotteurs lagrangiens (bouées Carioca), ou eulériens (capteurs de mesure de pCO₂ sur bouées Pirata, Marel ou Boussole), et sur des navires d'opportunité (capteur pCO₂ Colibri).

3.2.2 Bouées Carioca

Le projet KEOPS (Kerguelen Ocean and Plateau compared Study) est dédiée à l'étude de l'impact de la fertilisation naturelle en fer sur les cycles biogéochimiques dans l'Océan Austral.

Lors de cette campagne en octobre 2011, 2 bouées Carioca ont été mises à l'eau au large des îles Kerguelen.

Ces bouées ont effectué des mesures horaires de plusieurs paramètres physico-chimiques (pCO₂, salinité, fluorescence, oxygène, température, vent et pression atmosphérique) et ce pendant plus d'un an. Les données étaient transmises par Argos.

La Division Technique a effectué les étalonnages des capteurs pCO₂ ainsi que la préparation et l'intégration des bouées.

3.2.3 Bouées Pirata

L'Océan Atlantique tropical est une source de CO₂ pour l'atmosphère, mais sa magnitude et sa variabilité temporelle sont peu connues. Un suivi du CO₂ à long terme est nécessaire pour comprendre les processus responsables de la distribution du CO₂ dans l'océan et déterminer le comportement de l'océan lors de l'augmentation du CO₂ atmosphérique.

Deux capteurs de pCO₂ ont été installés sur 2 mouillages Pirata à 6°S, 10°W (depuis juin 2006) et 8°N, 38°W (depuis avril 2008). Ils permettent

d'obtenir des séries temporelles de paramètres biogéochimiques en plus des paramètres physiques enregistrés sur les mouillages, et ainsi d'étudier les différents processus jouant un rôle significatif dans les variations de CO₂.

Ainsi, les capteurs effectuent des mesures horaires de pCO₂, oxygène, température de l'eau et de l'air et pression atmosphérique. Les données sont transmises par le système Argos.

Les capteurs sont permutés tous les ans afin d'être ré-étalonnés, nettoyés et révisés à la Division Technique.

3.2.4 Bouée Marel

Un capteur de mesure de la pCO₂ est installé sur la bouée Marel-Iroise (rade de Brest) depuis 2003. Ce capteur a permis d'obtenir des séries temporelles à haute fréquence de la pCO₂ et permet d'étudier la variabilité et l'évolution de la pCO₂ dans des eaux côtières.

En pratique, ce sont 2 capteurs installés à tour de rôle qui permettent ainsi d'obtenir des mesures en continu.

Les capteurs sont permutés tous les 3 mois afin d'être nettoyés et réétalonnés.

3.2.5 Capteur sur bateau d'opportunité : Colibri

Un capteur colorimétrique basé sur la technologie Carioca a été développé par la DT afin de pouvoir être installé sur des bateaux, en série sur un circuit d'eau de mer.

Ce capteur a été installé sur le MN Colibri qui effectue régulièrement les trajets entre Le Havre et Kourou.

Ce capteur, ainsi qu'un système infra-rouge, effectue des mesures de pCO₂ en parallèle.



Figure 7 : Capteur pCO₂ Carioca (à gauche) installé en série avec un TSG (à droite) sur le MN Colibri

Personnel DT impliqué:

B. Arnold : intégration, mécanique
L. Beaumont : chef de projet, étalonnage,
intégration, tests
J. Gironnet : électronique, intégration
A. Guillot : électronique

Contact :

Laurence Beaumont (DT) :
laurence.beaumont@cnsr.fr
Antoine Guillot (DT) :
antoine.guillot@cnsr.fr



Figure 8 : Mise à l'eau d'une bouée Carioca



Figure 9 : Mise à l'eau d'une bouée Pirata



Figure 10 : Capteur pCO2 sous la bouée Marel

3.3 CIDRE

Thématique INSU : Astronomie - Astrophysique
Laboratoires demandeurs : LERMA
Chercheur responsable : Laurent Pagani

3.3.1 Objectifs scientifiques

La bande de fréquences 2,3-2,8 THz recèle plusieurs raies très intéressantes pour l'étude du milieu interstellaire : on y trouve en particulier la transition fondamentale de la molécule HD (hydrogène-deutérium) et de OH. Cette bande de fréquence n'est pas observable du sol même pour des sites exceptionnels comme le Dôme C en Antarctique. Pourtant il y a un grand intérêt astronomique à observer l'univers à des fréquences THz, où il y a une abondance de transitions moléculaires, dont les transitions de HD et OH ne sont que deux exemples parmi les plus importants. Pour cette raison, des développements importants sont en cours, surtout sur les mélangeurs et les OL (oscillateurs locaux) dans le domaine du THz, dont le LERMA est un des leaders. Le LERMA est dans une excellente position pour exploiter ces développements et a naturellement pris le leadership du projet CIDRE (Campagne d'Identification du Deutérium par Réception hÉtérodyne).

3.3.2 Description technique

Le concept de CIDRE est basé sur un télescope de 90 cm de diamètre, installé dans une nacelle emportée à 40 km d'altitude sous un ballon stratosphérique afin de s'affranchir de la vapeur d'eau qui gêne les observations.

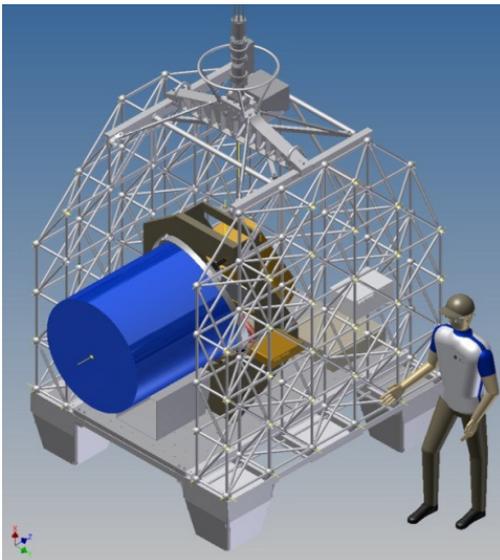


Figure 11 : Vue d'ensemble de l'instrument CIDRE

D'un point de vue technique, des analogies sont vite apparues entre CIDRE et l'instrument PILOT du CNES, mais il a fallu prévoir une nacelle et un miroir primaire propres à CIDRE, et non tenter de les récupérer. La structure de CIDRE est divisée en une partie mobile (incluant toute l'optique dont le primaire, l'OL, le cryostat, le système de pointage, etc) et une partie statique (système d'acquisition, batteries, etc) dans les murs de la nacelle Carmen du CNES.

3.3.3 Contribution/rôle/tâches/livrables de la DT

CIDRE ayant été sélectionné par le CNES pour une étude de phase A dès 2012, le LERMA a demandé le soutien de la Division Technique sur les points suivants :

- Implantation mécanique des sous-systèmes sur la nacelle, couplage au télescope, miroir de rotation de champ et injection de l'oscillateur local dans la configuration de capteur mono pixel puis multi pixels.
- Design préliminaire thermique de l'instrument, étude de sensibilité de l'instrument aux changements de températures.

Conception et réalisation en mécanique :

La DT a réalisé la conception du bolomètre à 1 et à 4 pixels.

Autre exemple : la conception et la réalisation de l'interféromètre Martin-Puplett, utilisé dans l'injection quasi-optique de l'oscillateur local sur le mélangeur, et permettant à la chaîne de fonctionner à la fréquence nominale de 2,7 THz.

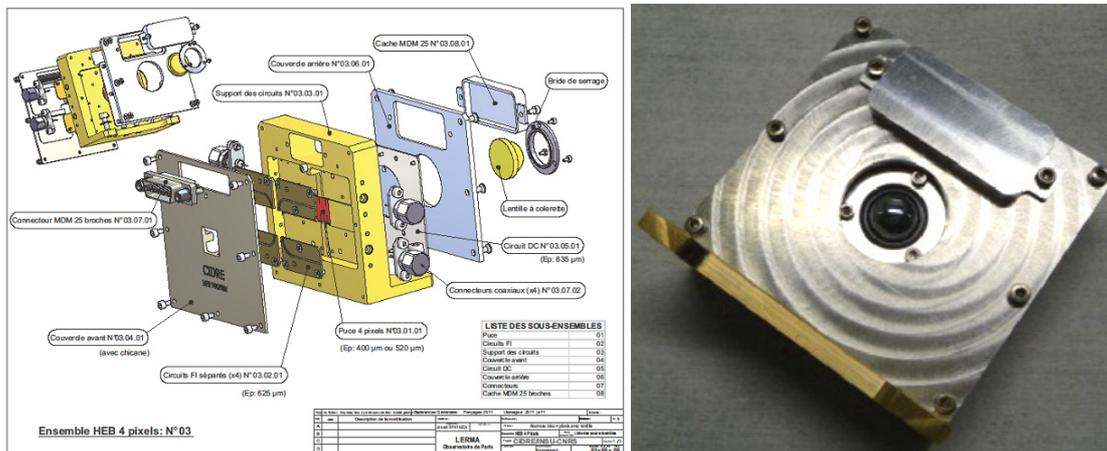


Figure 12 : Bolomètre à 4 pixels de CIDRE

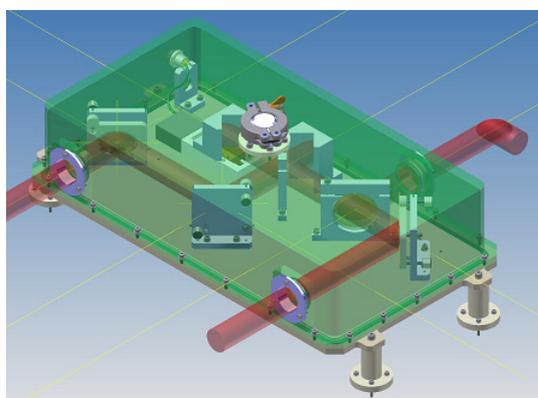


Figure 13 : 3D du Martin-Puplett de CIDRE

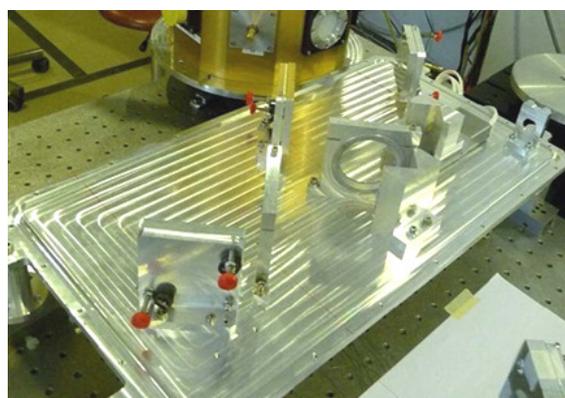


Figure 14 : banc optique du Martin-Puplett de CIDRE

Simulation thermique par calculs aux éléments finis :

Un modèle complet de l'instrument et de la nacelle avec sa couverture isolante a été créé à la DT, dans le but de prendre en compte tous les types de transfert de chaleur et de simuler par exemple un cas extrême de l'environnement thermique externe d'une campagne ballons à Timmins (Canada).

Le calcul de certaines déformations thermo-élastiques a montré que les tolérances optiques de stabilité sur 1h et celles de positionnement durant le vol ne pouvaient pas être tenues, ce qui entraînait un dépointage hors spécification des miroirs primaire et secondaire. La solution, dont l'étude devait être finalisée en phase B, aurait été d'utiliser une régulation thermique active.

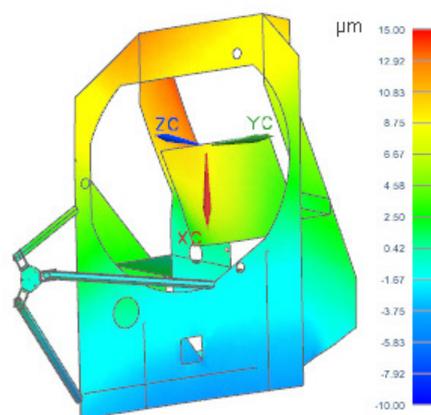


Figure 15 : Déformée thermo élastique de la structure du télescope de CIDRE

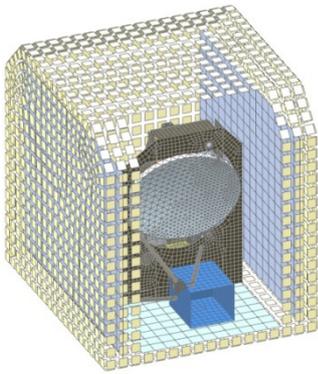


Figure 16 : Modèle éléments finis de CIDRE

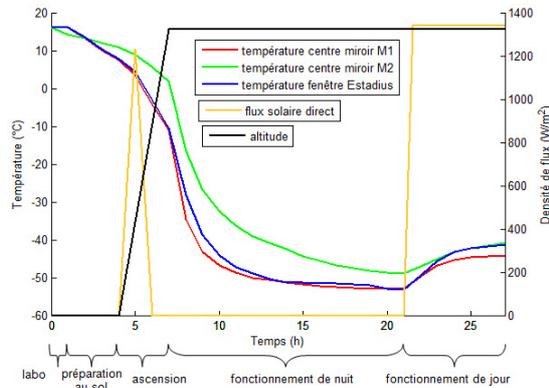


Figure 17 : Evolution calculée de certains paramètres au cours du vol de CIDRE

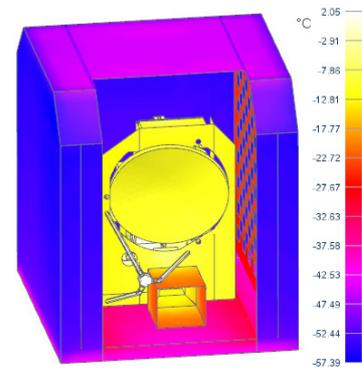


Figure 18 : Visualisation des températures calculées dans CIDRE : cas froid d'un vol à Timmins (Canada)

3.3.4 Planning

Phase A : 2012-2013

- Meeting n°1 d'organisation des études de phase A, 8 mars 2012
- Point clé pour le choix du concept optique, 1 février 2013
- Meeting point-clé instrument (PK2), 27 juin 2013
- Revue de fin de phase A au Centre Spatial de Toulouse, 13-14 janvier 2014

La synthèse a porté sur les études détaillées qui ont été menées sur la définition de l'optique et ses contraintes de stabilité, sur l'optimisation du volume et des inerties mécaniques, sur l'étude thermique et l'étude thermo-élastique de la DT de même que sur les essais de performances réalisés sur un prototype de la chaîne de détection montrant sa faisabilité. Le groupe de revue a recommandé le passage en phase B, en recommandant de commencer dès le début de la phase une optimisation du design.

Cependant, début mars 2014, le projet est arrêté par manque de financement du CNES.

Personnel DT impliqué :

Christophe Berthod , modélisation et calcul de structure mécanique et thermique
Joseph Spatazza, en charge de la conception mécanique

Contacts :

Christophe Berthod, christophe.berthod@cnr.fr
Joseph Spatazza, joseph.spatazza@cnr.fr

3.4 L'Equipex CLIMCOR

CLIMCOR a pour objectif de se doter de nouveaux moyens d'étude des archives climatiques de façon à disposer de reconstitution à haute résolution des variations climatiques et environnementales, en particulier au cours des derniers millénaires, dans les sédiments marins, les sédiments continentaux et les glaces.

Le projet repose sur la construction de trois nouveaux outils de carottage et forage qui permettront d'améliorer à la fois la qualité des échantillons recueillis et par conséquent nos moyens d'étude des variations du climat à des pas de temps extrêmement fins, ainsi que notre capacité à remonter dans le temps.

Cet Equipex a vu son périmètre élargi en 2013. En effet le Ministère de la Recherche a décidé que la modernisation du Navire le Marion Dufresne serait portée par CLIMCOR.

Le budget alloué au projet est de 4,7 M€ sur 7 ans augmenté de 13 M€ pour la refonte du Marion Dufresne.

Coordinateur du projet : INSU et DT INSU

PI Scientifique : Denis Didier Rousseau de l'INSU,

PI Technique : Michel Calzas de la DT

Partenaires : IPEV, LGGE, EDYTEM, EPOC

Le Budget géré par la DT sur le projet est de 1,2 M€.

Les ressources humaines DT : environ 2 H/an pendant 5 ans

Responsables à la DT :

Françoise Le Corre : Gestionnaire du projet

Michel Calzas : Responsable Technique CLIMCOR

Laurent Augustin : Responsable Technique Continent

Yvan Réaud : Responsable Technique Océan

La Division technique a la responsabilité de la conception de la partie carottage océanique, de la partie carottage continentale et participe à la refonte des appareils scientifiques du Marion Dufresne II.

3.4.1 Partie Carottage Océanique :

Pour cette partie, l'Equipex finance les moyens de mise en œuvre du carottier géant Calypso opéré sur le Marion Dufresne.

Il s'agit du câble servant à manœuvrer le carottier.

Afin de pouvoir extraire des carottes de sédiment de grandes longueurs (environ 75 m) et à grande profondeur, il est nécessaire d'avoir un câble de haute résistance mécanique (90 t), de masse très légère (en poids nul dans l'eau) et de très faible rappel élastique (pour éviter l'étirement du sédiment). Le choix s'est porté sur du câble synthétique en HMPE de 7000 mètres de long et de diamètre 35 mm.

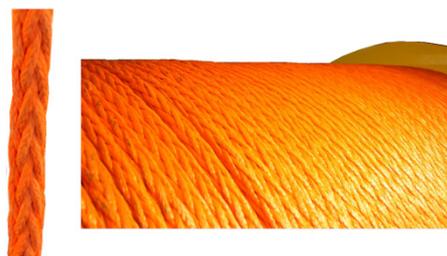


Figure 19 : Câble du carottier géant Calypso

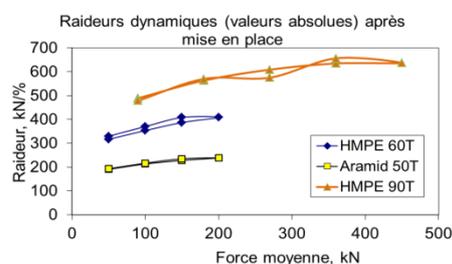


Figure 20 : Raideurs dynamiques après mise en place

De la modification du treuil pour pouvoir tirer jusqu'à 45 t sur le câble tout en n'abimant pas le câble synthétique défini ci-dessus. Après des études sur les différents systèmes de treuil, il a été choisi de prendre un treuil bi cabestan annulaire.

L'installation du câble et du treuil a été faite lors d'un passage en cale sèche du Marion Dufresne.



Figure 21 : Vue générale du treuil 45 t



Figure 22 : Treuil 45 t installé à bord du Marion Dufresne II

3.4.2 Partie Carottage Continental :

Pour cette partie, l'Equipex finance de la R&D pour la conception de nouveaux type de carottier et l'achat de matériel pour 4 secteurs



Figure 23 : Sondeuse 250-90 pour les activités terrestres



Figure 24 : Barge pour les tests du marteau W50 pour les activités lacustres



Figure 25 : Van 4x4 pour les activités terrestres

En achat :

- Un carottier triplex (terrestre)
- Une sondeuse Sonic 80-90 ou un vibro carottier pour le sable (littoral)
- Deux vans pour activités lacustres et terrestres
- Un bateau léger
- Un chariot élévateur et container frigorifique

Cyber carothèque :

Il est apparu que les informations relatives aux carottes effectuées (lieu, type de carottage, longueur, PI, stockage...) sont disséminées dans les laboratoires et non disponibles aisément.

Il a été décidé de créer un site web pour répertorier les informations liées aux Carottes scientifiques aussi bien en Océan, en Continental et en Glaciologie.

CLIMCOR a initié le cahier des charges pour la réalisation de cette interface web.

d'intervention chacun utilisant des équipements spécifiques : terrestre, lacustre, littoral et côtier.

En R&D :

- Marteau hydraulique fond de trou à eau pour les sédiments lacustres à grande profondeur (> 100 m) : ses avantages sont l'abolition des trains de tiges, une énergie de frappe constante, un doublement de la séquence de sédiments (de 25 à 50 m) et une plus grande rapidité d'exécution.
- Une barge pour soutenir les nouveaux types de carottier (lacustre)
- Un carottier à piston triplex (terrestre)

La DT INSU, via une demande de soutien, participe à ce développement informatique adossé au C2FN, en collaboration avec EDYTEM et EPOC.

3.4.3 Partie Refonte du Marion Dufresne :

Le Marion Dufresnes II est un navire océanographique qui, à 20 ans d'existence, arrive à sa mi- vie. Il est nécessaire de changer et d'installer de nouveaux instruments (sondeurs, stations météo, courantomètres...) et appareils de pont (portiques, grues, tangons...).

La DT INSU est plus particulièrement impliquée dans le groupe de travail GT2 : appareils scientifiques. La DT a en charge la réalisation du cahier des charges, la réalisation et le suivi de chantier pour :

- L'ilot : c'est un des postes très important à modifier afin de pouvoir utiliser une sonde multi paramètres (mesure en temps réel des paramètres C,T, D et prélèvement d'eau dans la colonne d'eau

de 0 à 6000 m). Il est nécessaire de disposer d'un nouveau portique, de nouveaux treuils et systèmes d'amortissement de la houle ainsi que d'un local pour effectuer les prélèvements sur rosette 24 bouteilles.

- Le portique arrière : il doit être modifié pour pouvoir opérer le ROV et le Penfeld de l'Ifremer

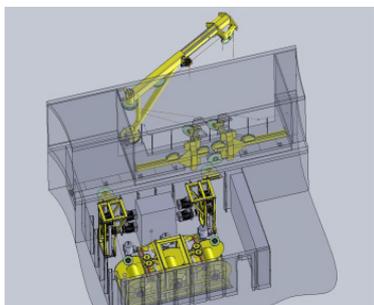


Figure 26 : Ilôt du MDII pour utilisation CTD

- Le portique latéral : il doit supporter une charge de 45 t pour les opérations de carottage
- Les tangons pour la manutention du carottier à bord
- La suppression du pavois tribord afin de pouvoir opérer des carottes de 75 mètres de long.

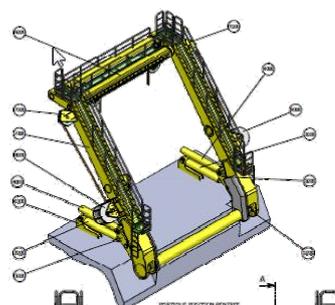


Figure 27 : Portique arrière du MDII

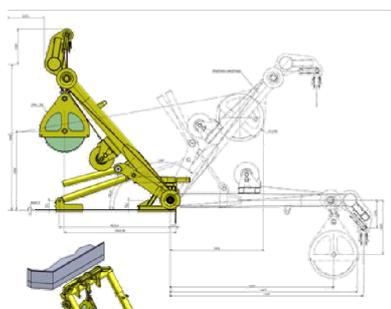


Figure 28 : Portique latéral du MDII

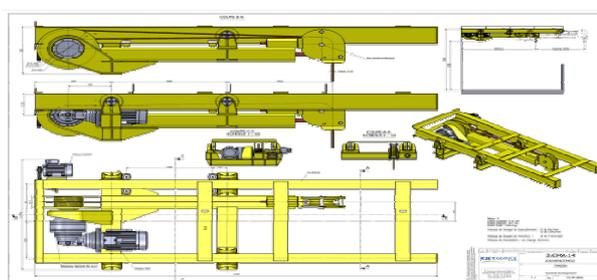


Figure 29 : Tangon du MDII



Figure 30 : Pavois du MDII à supprimer

Liens web

<http://climcor-equipex.dt.insu.cnrs.fr/>

3.5 CORIOLIS

Thématique INSU : Océan-Atmosphère / Océan

3.5.1 Objectifs scientifiques

Les flotteurs dérivants Provor et Arvor sont utilisés dans le cadre du projet Coriolis qui a pour but de mettre en place une structure pour l'acquisition, la collecte, et la diffusion de données in situ intéressant l'océan global. Les mesures effectuées concernent les paramètres physiques de température, de salinité et de vitesse, sous la forme de profils à haute résolution verticale ou horizontale, et de séries temporelles.

Le projet Coriolis est un projet inter-organismes (CNES, CNRS, IFREMER, IRD, METEO-FRANCE, SHOM, IPEV) qui a pour but d'opérer et de faire évoluer une structure permettant l'acquisition, la collecte, la validation et la diffusion en temps réel et différé de données in situ relatives à l'océan mondial. Les résultats scientifiques de ce projet sont intégrés dans le groupe français Mercator Coriolis, coordonné par Sylvie Pouliquen de l'Ifremer (département DRO/CORIOLIS).

3.5.2 Description technique

Pour ce programme, le personnel de la DT INSU à Plouzané participe aux recettes d'une partie des flotteurs et s'implique dans leur programmation



Figure 31 : Le bassin d'essais d'Ifremer à Plouzané utilisé pour CORIOLIS

pour la composante « acquisition de données à la mer » coordonnée par N. Lebreton. La DT INSU se charge également de l'expédition de flotteurs en vue de leur déploiement sur des missions INSU.

3.5.3 Activités

- Recette annuelle de plusieurs lots de flotteurs, tests en bassin et dépouillement des tests.
- Programmation de plusieurs lots de flotteurs en prévision des missions lors desquelles ils seront déployés.

Personnel DT impliqué:

Emmanuel de Saint-Léger (à partir de décembre 2013)

Olivier Desprez de Gésincourt

Lionel Fichen

Christophe Guillerm

Antoine Guillot

Fabien Pérault

Anne Royer (jusqu'en décembre 2013)

Lionel Scouarnec

Contacts :

Emmanuel de Saint-Léger (DT),

emmanuel.desaint-leger@cnrs.fr

Michel Calzas (DT), michel.calzas@cnrs.fr

Nathanaële Lebreton (SHOM)

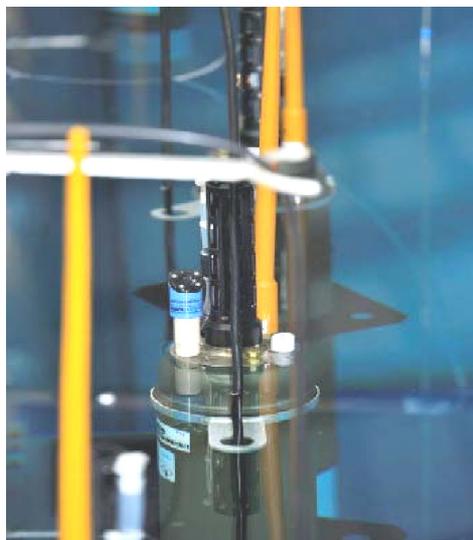


Figure 32 : Provor en test au bassin d'essai d'Ifremer à Plouzané

3.6 COROT

Thématique INSU: Astronomie - Astrophysique
Laboratoires demandeurs : LAM
Chercheur responsable : Magali Deleuil

3.6.1 Contexte/objectifs scientifiques :

Le télescope spatial franco-européen CoRoT (COnvection, ROtation et Transits planétaires) a réalisé entre 2006 à 2012 des photométries temporelles de précision sur 160000 étoiles. La détection et caractérisation d'exoplanètes par la méthode des transits ont largement contribué au récent essor des connaissances en planétologie. Le volet sismologie stellaire de CoRoT a permis de sonder l'intérieur de certaines étoiles en y détectant des ondes sismologiques qui s'y propagent.

3.6.2 Descriptif du projet général :

Pour préparer la fin de mission en 2015, le LAM et le LESIA développent une version « postérité » des données exoplanètes, utilisable par les non-spécialistes. Des traitements d'effets instrumentaux non accessibles par la calibration sont ajoutés au pipeline de données.

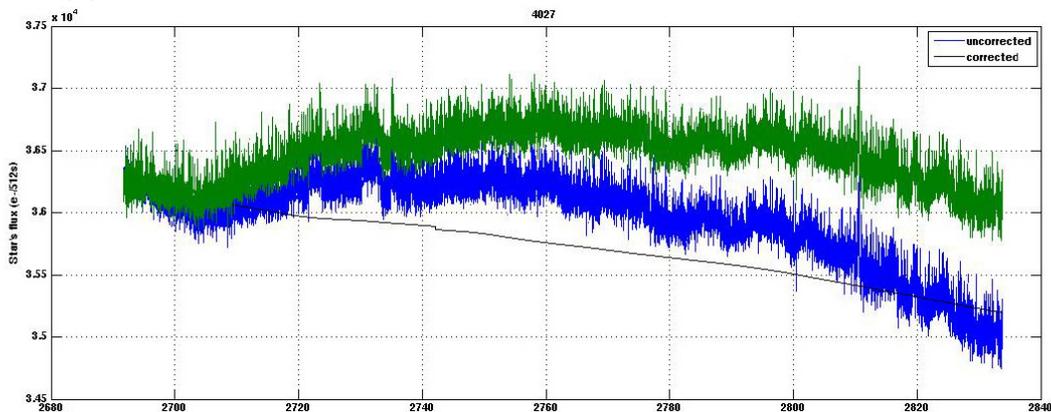


Figure 33 : Signal photométrique temporel d'une étoile sur 4.5 mois

Sur la figure, la courbe bleue est le flux temporel d'une étoile durant 4.5 mois. La ligne noire est la systématique prédite sans l'étoile. Une fois corrigée (en vert), on remarque une possible périodicité du signal stellaire, auparavant non dissociée du vieillissement du capteur.

3.6.4 Planning :

Fin 2013 : Concertation et démarrage
2014 :

- Détermination, proposition, test, acceptation de l'algorithme par les responsables
- Participation aux réunions de définition

3.6.3 Contribution/rôle/tâches/livrables de la DT :

La contribution de la DT consiste à étudier et développer en coopération un algorithme de caractérisation statistique et correction des erreurs systématiques. La méthode retenue détecte les tendances collectives en exploitant la simultanéité de mesure d'un grand nombre d'étoiles physiquement indépendantes.

La DT a pour rôle de proposer un algorithme adéquat, de l'implémenter et de l'opérer une seule fois.

Les tâches réalisées sont la recherche d'une méthode, en coopération avec un laboratoire étranger, la participation à la définition des données « postérité », la réalisation de l'algorithme et son application aux 2729 jours de mission complète.

Les livrables sont les coefficients temporels reliant les paramètres instrumentaux et les dérives collectives dominantes. On parvient à corriger des variations lentes de l'ordre de plusieurs pourcents.

- Développement, adaptation aux formats retenus

1^{er} semestre 2015 :

- Dernières adaptations
- Reprocessing de toute la mission
- Documentation et archivage

Personnel DT impliqué:

Pascal Guterman

Contacts :

Annie Baglin (LESIA), annie.baglin@obspm.fr
Magali Deleuil (LAM), magali.deleuil@lam.fr
Pascal Guterman (DT), pascal.guterman@cnsr.fr

3.7 Cyber-carothèque nationale

Thématique INSU : Terre Solide / Surfaces et Interfaces Continentales

Laboratoires demandeurs : EDYTEM, EPOC, LGGE
Chercheurs responsables : Fabien Arnaud (porteur), Xavier Crosta, Jérôme Chappelaz

3.7.1 Contexte/objectifs scientifiques

L'objectif du projet est de poser les bases d'un système de gestion des échantillons physiques (carottes sédimentaires) à l'échelle nationale.

3.7.2 Descriptif du projet général

Il s'agit de mettre en place un système d'informations (rapports de mission, traçabilité des carottes et données associées, ...) pour les carottes du C2FN (carottage océanique, carottage glaciaire et carottage continental).

Le système serait composé de plusieurs modules :

- Formulaire de demande de mission
- Rapport de mission : informations relatives à la mission de terrain
- Gestion de stock : définition des lieux de stockage des carottes et mouvements
- Login, corrélation, suivi échantillonnage avec une option de valorisation des données : suivi de ce qui est fait sur les carottes
- Portail web pour avoir des informations sur les carottes.

3.7.3 Contribution/rôle/tâches/livrables de la DT

- Intégration des données dans le portail démonstrateur national
- Hébergement du portail <http://www.climcor-cyber.fr/cores/>
- Développement du module rapport de mission

3.7.4 Planning

2014 : Développement et remplissage du Portail démonstrateur national

2015 : Développement des modules rapport de mission (DT) et Gestion et suivi des carottes et échantillons (OASU EPOC)

Contacts

Fabien Arnaud (EDYTEM)

fabien.arnaud@univ-savoie.fr

Arnaud Caillo (OASU EPOC)

a.caillo@epoc.u-bordeaux1.fr

Xavier Crosta (OASU EPOC)

x.crosta@epoc.u-bordeaux1.fr

Elodie Godinho (DT),

elodie.godinho@cnr.fr

Cécile Pignol (EDYTEM)

cecile.pignol@univ-savoie.fr

Liens web

<http://www.climcor-cyber.fr/cores/>

Personnel DT impliqué

Elodie Godinho

3.8 DODO

Thématique INSU : Océan-Atmosphère / atmosphère

3.8.1 Objectifs scientifiques

Dans le cadre du réseau international « Network for the Detection of Atmospheric Composition Change » (NDACC), les problématiques scientifiques sur l'évolution à long terme de la stratosphère et de la Haute Troposphère-Basse Stratosphère (UT/LS en anglais) permettent d'utiliser les radiomètres micro-ondes pour mesurer la vapeur d'eau sur des sites peu documentés. Quelques instruments de ce type (<10) sont opérationnels dans le monde dans le cadre du réseau NDACC, notamment un système développé par l'Université de Berne en Suisse. Le projet scientifique français vise à équiper trois sites répartis à trois latitudes bien différentes :

- Pic du midi (Pyrénées) ;
- Ile de la Réunion (Maïdo) ;
- Antarctique (Dome C Concordia).

Les projets de radiomètres micro-ondes à vapeur d'eau visent à étudier sur un même site avec d'autres instruments l'évolution temporelle à différentes échelles de la vapeur d'eau troposphérique et stratosphérique.

Aux hautes latitudes et plus particulièrement au-dessus de l'Antarctique en hiver, le vortex polaire se développe au sein d'une atmosphère froide et sèche dont les processus physico-chimiques sont globalement bien connus : présence de nuages stratosphériques polaires, déshydratation, activation des halogènes, sédimentation et descente à l'intérieur du vortex, dénitrification, tous ces processus menant à la perte d'ozone. Néanmoins, de grandes incertitudes persistent (différences entre mesures et modèles) quant à la quantification du taux de perte d'ozone, du taux de dénitrification, du taux de descente et du taux de déshydratation au sein du vortex. Le radiomètre troposphérique Hamstrad, instrument unique au monde, a été développé par la compagnie allemande RPG et mesure les raies de H₂O à 183 GHz ainsi que de O₂ (pour en déduire la température) à 60 GHz. Il a été installé en janvier 2010 sur la base de Concordia et est en fonctionnement continu depuis cette date.

Aux tropiques, la variabilité de la vapeur d'eau est affectée par plusieurs mécanismes :

1) dynamique : transports verticaux (systèmes convectifs) et horizontaux à l'intérieur de la HTBS

2) thermique : déshydratation dans les zones de minima de température ; changement de phase (cirrus dans des zones sursaturées) ; réhydratation au-dessus de zones d'overshoots.

De plus, les mesures acquises participeront à la validation :

- 1) de mesures d'instruments spatiaux (SMR, GOMOS, MIPAS et MLS) et/ou météorologiques (AIRS et IASI)
- 2) des analyses du Centre Européen (ECMWF) aux latitudes hautes et tropicales de l'hémisphère sud.

Enfin, les mesures à long terme de sa variabilité aussi bien dans la haute troposphère que la basse stratosphère restent, encore à l'heure actuelle, inexplicables. En effet, ni la tendance positive du méthane (source stratosphérique) ni la tendance négative de la température à la tropopause (injection directe de la troposphère dans la stratosphère) ne permettent d'expliquer la tendance positive de la vapeur d'eau stratosphérique jusque dans les années 2000 (rapport SPARC, 2000), et sa stagnation depuis. Cette augmentation pourrait être reliée soit à des changements dans les échanges verticaux entre troposphère et stratosphère, soit à des changements dans les échanges isentropiques (quasi-horizontaux) entre les tropiques et les moyennes latitudes.

3.8.2 Description technique

DODO est un radiomètre mesurant la raie de vapeur d'eau stratosphérique en émission à 22 GHz, héritier du radiomètre mobile MobRa, financé par l'Université de la Réunion sur crédits européens, qui a été installé mi-2013 dans la station d'observation du Maïdo sur l'île de la Réunion. Cet instrument sera complémentaire du lidar vapeur d'eau en cours de développement qui vise, lui, à effectuer des mesures de profils de vapeur d'eau jusqu'à l'UTLS. L'installation du radiomètre a fait l'objet d'importants efforts d'aménagement du bâtiment. Le développement de cet instrument a fait l'objet d'une convention entre les universités de la Réunion, Toulouse III et le CNRS signée en 2005 et prolongée par plusieurs avenants pour prendre en compte le manque de ressources humaines allouées au projet et le retard pris par la construction de la station d'observation du Maïdo.

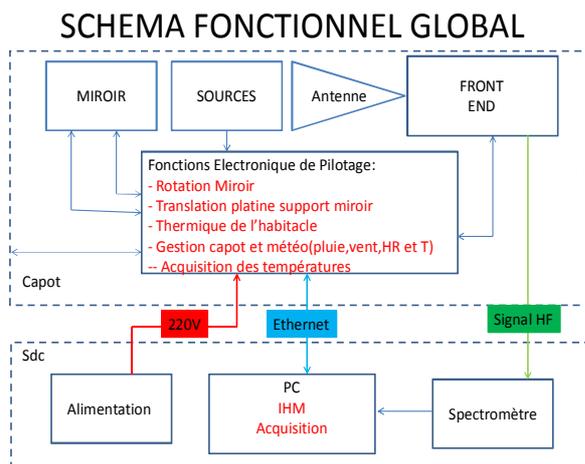


Figure 34 : Schéma fonctionnel global de DODO

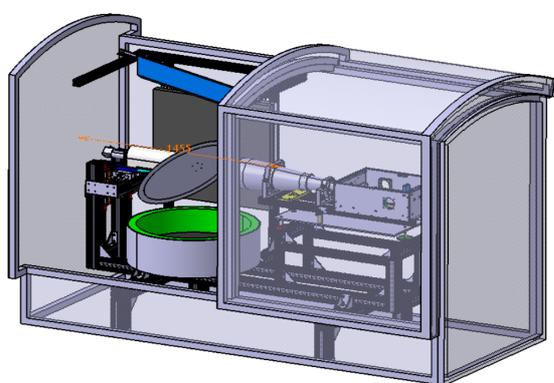


Figure 36 : Vue 3D du radiomètre DODO



Figure 35 : L'instrument DODO

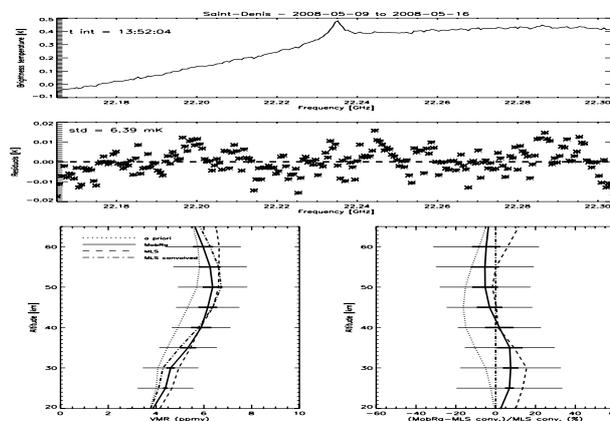


Figure 37 : Exemple de mesure de la raie de vapeur d'eau

La DT-INSU a été spécifiquement chargée de l'étude et de la réalisation du capotage automatique, et du logiciel de pilotage et d'acquisitions.

3.8.3 Mise en service

L'instrument a été mis en service au Maïdo en 2013.

Il a malheureusement subi des dégâts importants en raison d'une part de la foudre fin 2013, l'installation du Maïdo étant insuffisamment protégée, et d'autre part d'un cyclone en 2014, l'instrument n'ayant pas été mis à l'abri.

Actuellement cet instrument n'est plus soutenu par la DT en raison de l'absence d'un chercheur responsable et d'une organisation pérenne sur place.

Personnel DT impliqué:

Abdel Abchiche : Coordination projet,

électronique.

Gilles Buchholtz : Informatique.

Oualid Aouji : Labview, tests.

Jean-Christophe Samaké : Réalisations mécaniques.

Contact :

Abdel Abchiche
 abdelkader.abchiche@cnr.fr

3.9 E-BOB :

Thématique INSU : Surfaces et Interfaces Continentales

Laboratoire demandeur : IPGP

Chercheur responsable : Alexis Groleau

3.9.1 Objectifs scientifiques

Suite au projet PROLIPHYC (PROliférations PHYtoplanctoniques – application aux Cyanobactéries, projet ANR 2007-2009 financé à hauteur de 850 k€) ayant abouti au développement, à la validation d'un système de surveillance du compartiment phytoplanctonique et notamment des cyanobactéries toxiques dans les écosystèmes aquatiques continentaux, la DT a été sollicité pour perfectionner son prototype de bouée instrumentée.

Après la mise au point opérationnelle des éléments du système (conception et fabrication d'une bouée de mesure adaptée aux eaux continentales, automatisation de l'intégration des données dans la modélisation prédictive, validation du système sur 3 sites opérationnels) la bouée a été modifiée pour accueillir des capteurs aériens (météo, irradiance) et un capteur de pH.

Ce système couplé de suivi des plans d'eau et d'exploitation des données au travers d'indicateurs et d'un modèle prédictif de la croissance algale, a fourni tout d'abord aux gestionnaires de nouveaux outils plus fiables et plus complets. Ce système a constitué aussi un outil de recherche de premier ordre pour mieux comprendre, à des échelles temporelles fines, la dynamique des populations phytoplanctoniques dans les écosystèmes aquatiques.

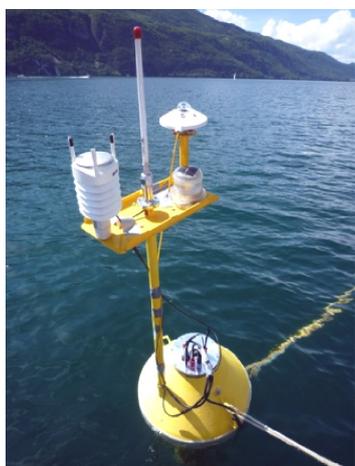


Figure 38 : La bouée E-BOB au lac du Bourget

La station de mesure E-BOB est composée d'une bouée autonome mesurant à intervalles de

temps réguliers (30 min) des paramètres météorologiques de surface (pression atmosphérique, force et direction du vent, température et humidité de l'air, irradiance solaire), et 6 paramètres immergés sur une gamme à profondeur fixe entre 1 et 20 mètres (conductivité, température, pression, oxygène, chlorophylle, pH).

La bouée est équipée de batteries pour une autonomie de 6 mois, d'un automate pour la gestion de l'ensemble, l'enregistrement des mesures et la transmission des données par GPRS (envoi d'emails), d'une station météo et d'un panier instrumenté.



Figure 39 : Panier instrumenté

3.9.2 Description technique

Le panier de capteurs pour la mesure des paramètres de qualité de l'eau est constitué:

- d'une sonde CTD nke MPX: conductivité (0-2 mS/cm), température (0 - +30°C), pression (0-20m), pH.
- d'une optode Aanderaa 3835 (0-600µM) mesurant l'oxygène dissous.
- d'un fluorimètre multi-longueur d'onde BBE fluoroprobe 100 (450, 525, 570, 590 et 610 nm) mesurant la chlorophylle-a (0-200 µgChlA/l) et sa répartition pour différentes classes phytoplanctoniques.

La partie aérienne est constituée:

- d'un capteur d'irradiance solaire CMP11 analogique Kipp & Zonen (0-2000 W/m²)
- d'une station WXT520 Vaissala, température (-52 +60°C), pression (600-1100 hPa), humidité, pluie, vent (0-60 m/s, 0-360°)

- d'un compas TCM2.5 PNI pour la restitution de la direction du vent.
La transmission des données est assurée par un modem GPRS Fastrack XT Sierra Wireless.

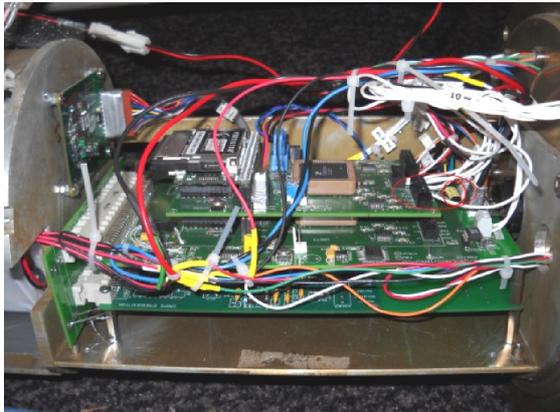


Figure 40 : Electronique de la bouée E-Bob

3.9.3 Activités

Le projet a été financé en 2011 par l'IPGP et le CISALB (4 k€) pour effectuer les modifications du prototype existant dans PROLIPHYC. L'équipe instrumentation et expérimentation de la DT à Plouzané était responsable de la conception et de la réalisation de la bouée prototype initiale monoprofondeur sans transmission GPRS (mécanique, électronique, interfaces, programmation embarquée) pour la validation du principe de mesure. La DT a été sollicitée pour la réalisation de la partie aérienne et la transmission GPRS. L'automate a été modifié ainsi que le programme d'acquisition. La DT a assuré la conception des mouillages et la participation à la mise en œuvre sur site naturel.

3.9.4 Résultats

La bouée E-BOB a été mouillée au lac du Bourget à partir de mai 2011 : 1 mesure toutes les 1/2 d'heure. Les données sont présentées sur un site internet de l'IPGP :
<http://carbolacdubourget.ipgp.fr/index.php#>

Le projet s'est clôturé, suite à des absences répétées de bloom de cyanobactéries sur ce lac depuis 2013. Les capteurs ont été transférés au lac Titicaca.

Laboratoires ou unités de recherche publique impliqués :

DT : développement technologique,
CISALB (Comité Intersyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget) : données météo,

IPGP (équipe Laboratoire de Géochimie des Eaux) : validation des données

Personnel DT impliqué :

Cédric Brachet
Michel Calzas
Christine Drezen
Christophe Guillerm

Contacts:

Michel Calzas (DT)
michel.calzas@cnsr.fr
Christine Drezen (DT)
christine.drezen@cnsr.fr
Alexis Groleau (IPGP)
groleau@ipgp.jussieu.fr

3.10 FOAM

Thématique INSU : Océan-Atmosphère / océan
Laboratoire demandeur : GeoAZUR et LEGOS
Chercheurs responsables : Pascal Bonnefond et Laurent Testut

3.10.1 Objectifs scientifiques

FOAM (From Ocean to inland waters Altimetry Monitoring) est un programme de mesure altimétrique pour la calibration et la validation de la surface topographique de l'océan (SSH for ocean surfaces).

Des mesures continues sont réalisées dans des sites dédiés (en Corse pour le CNES et à Harvest pour la NASA). Ces sites sont équipés de marégraphes géo référencés ainsi que de stations GPS permanentes.

Ce programme, financé par le CNES, a pour but également d'effectuer des mesures de vérification dans des lacs (Issykkul au Kyrgystan, lac Erié) ainsi qu'en haute mer (Vanuatu et Kerguelen).

Le système doit pouvoir être utilisé lors de transits de navires côtiers ou hauturiers jusqu'à une semaine de mesure à une cadence de 1 à 10 Hz, jusqu' à mer force 7.

Avec l'analyse de données post processing, une précision absolue de ± 1 cm est visée.

3.10.2 Description technique

Nous avons déduit du besoin que la contrainte principale repose sur l'antenne : celle-ci doit rester à la surface libre de l'eau sans s'enfoncer ni se détacher de l'eau. Le capteur se compose ainsi d'une antenne géodésique, du système d'acquisition de données et d'un support.

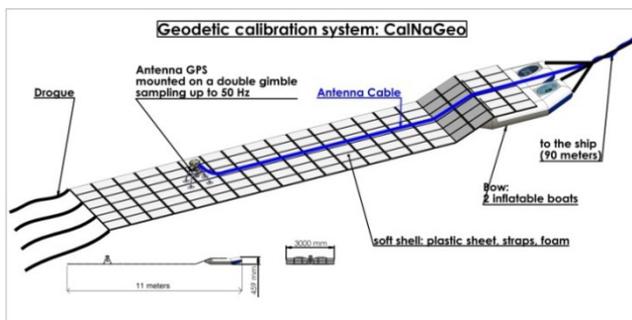


Figure 41 : Vue schématisée du système CalNaGeo

Le concept adopte une structure souple : tapis souple flottant et épousant parfaitement les mouvements de la houle sans s'enfoncer ni déjauger. Une antenne GPS est montée sur

cardan pour rester horizontale et ainsi ne pas perdre le signal des satellites.

L'avant (bord d'attaque) de cette nappe est mis sur une petite annexe gonflable pour qu'il ne s'enfonce pas dans l'eau ou qu'il ne soit pas recouvert par les vagues ; le reste de la nappe est hors de l'annexe, épousant ainsi la houle comme le montrent les photographies.

Un câble de 100 mètres relie l'antenne au navire qui tracte l'ensemble et à bord duquel est installé le système d'acquisition GPS : on peut donc alimenter et acquérir des données en temps réel sans aucune contrainte de stockage ou d'énergie. Une version autonome avec système d'acquisition et batterie dans l'annexe est également possible.

3.10.3 Activités

La Division Technique a réalisé les études, le suivi de sous-traitance et les tests du système.

Ce système innovant a abouti au dépôt d'un brevet.

3.10.4 Résultats

Les résultats issus des tests montrent que le système épouse parfaitement les mouvements des vagues et de la houle sans rajouter des mouvements propres au système.



Figure 42 : CalNaGEO en test en piscine

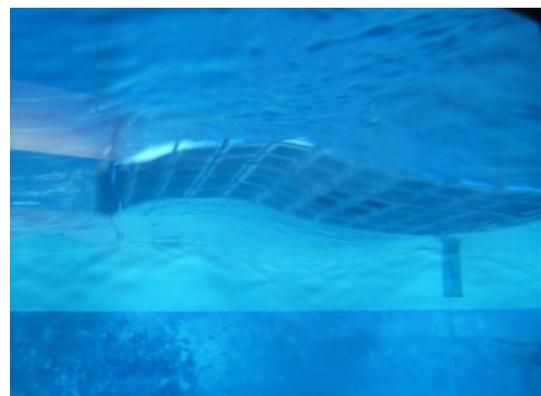


Figure 43 : CalNaGEO en vue par-dessous

3.10.5 Déploiements

En rade de Brest/mer d'iroise (DT INSU)

Le système a été utilisé avec le navire océanographique du CNRS Côtes de la Manche. Le système a été tracté pendant 3 jours le long des côtes de la rade de Brest et de la Presqu'île de Crozon en suivant une sonde de 10 mètres de profondeur et en commençant et terminant les mesures au niveau du marégraphe de Brest.

Ce test a permis de qualifier le système CalNaGEO par rapport au marégraphe de référence de Brest (sans compensation du géoïde ni de marées différentielles) :

- en mode statique, l'écart moyen est de 8 mm avec un écart type de 4 mm
- en mode dynamique, la pente est de $5 \pm 0,04$ mm/km et l'écart type de 14 mm
- l'effet de déjaugage en raison de différents régimes de vitesse (0,5 à 3 m/s) est de l'ordre du mm



Figure 44 : CalNaGEO à côté du marégraphe de Brest

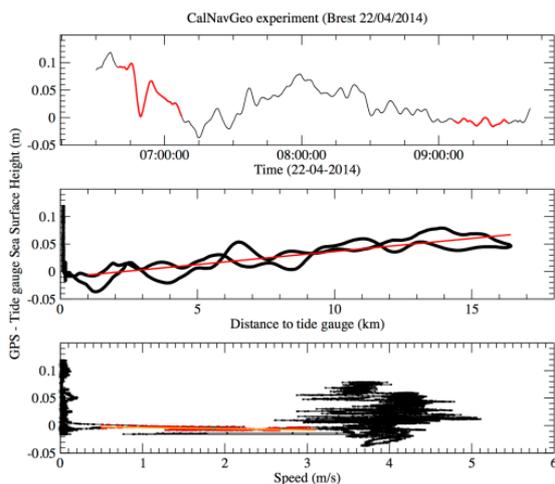


Figure 45 : Différences de hauteur de mer par rapport au marégraphe pour la journée du 22/04/2014 (temps en TUC)

A l'île d'Aix (DT INSU et LIENss) et au Bangladesh (DT INSU et LEGOS)

Le système a été utilisé avec un petit navire du LIENss sous une trace de satellite proche de l'île

d'Aix. Le système a également effectué des mesures en point fixe en même temps que des bouées statiques (celles de la DT INSU et celle de l'IPGP). Ceci a démontré que le système développé peut également effectuer des mesures en statique (à un point de mouillage).



Figure 46 : CalNaGEO tracté par un navire à l'île d'Aix



Figure 47 : CalNaGEO au Bangladesh

Le système a été utilisé pour une campagne de mesures au Bangladesh dans le cadre du projet BanD-AID (Bangladesh Delta : Assessment of the Causes of Sea-level Rise Hazards and Integrated Development of Predictive Modeling Towards Mitigation and Adaptation), un projet Belmont Forum, le PI est Stéphane Calmant de l'IRD / LEGOS. Le système a fonctionné sur une trace de satellite de 250 km dans le golfe du Bengale.

Personnels DT impliqués

Cédric Brachet Christophe Guillerm
Michel Calzas Antoine Guillot
Christine Drezen

Contacts

Pascal Bonnefond (GeoAzur) :
pascal.bonnefond@obs-azur.fr
Michel Calzas (DT) :
michel.calzas@cns.fr
Laurent Testut (LEGOS) :
laurent.testut@univ-lr.fr

3.11 FLUX

Thématique INSU : Océan-Atmosphère

3.11.1 Objectif scientifique

Dans l'étude des interactions entre la surface de la mer et l'atmosphère, la mesure des flux turbulents à la surface de la mer est un thème prioritaire de recherche. L'étude des flux turbulents passe par l'enregistrement de données au cours de campagnes océanographiques sous conditions climatiques et météorologiques variées, à l'aide d'un système instrumental monté sur les navires de campagne tels que ceux de l'Ifremer.

3.11.2 Description technique

Le personnel de la Division Technique a participé à la définition et au développement d'une plateforme de mesure de flux turbulents à la surface de la mer, en concertation avec le LATMOS et le CNRM.

Il s'agit d'une potence instrumentée regroupant un anémomètre sonique, un réfractomètre, une centrale inertielle et différents capteurs.

Les mesures issues de l'anémomètre sonique (composantes du vent et température), du réfractomètre (humidité), et de la centrale inertielle pour les mouvements du navire sont acquises à un rythme élevé (50 Hz). Des capteurs classiques fournissent des données de référence absolue pour la pression, la température et l'humidité, la mesure de rayonnement descendant et de température de surface.

La Division Technique a en charge l'utilisation, la maintenance et le développement de cet instrument. De plus elle participe à la conception des interfaces mécaniques et des outillages nécessaires à l'intégration de l'instrument sur les navires.

La définition de l'implantation mécanique des capteurs sur les navires est assujettie à plusieurs contraintes : scientifique, en fonction des écoulements d'air qui doivent être perturbés le moins possible, et technique, en fonction des possibilités offertes sur les navires (mâtures existantes, droits d'accès à ces infrastructures).

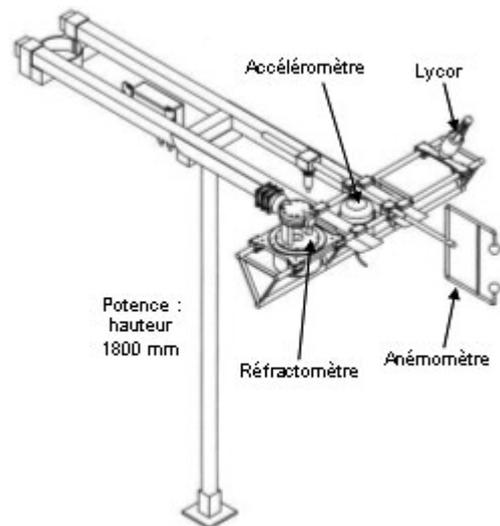


Figure 48 : Potence instrumentée des capteurs rapides de mesure de flux (montage sur l'Atalante)

3.11.3 Campagnes

L'instrument a été utilisé dans le cadre de plusieurs campagnes scientifiques :

- Août/sept 2011 : FROMVAR, à bord du « Côtes de la Manche » dans le golfe de Gascogne.
- Août/sept 2012 : STRASSE, à bord du « Thalassa » entre les Canaries et les Açores.
- Sept/nov 2012 : HYMEX sop 1, à bord du « Provence » au large de Marseille.
- Janv/mars 2013 : HYMEX sop2, à bord du « Provence » au large de Marseille.
- Janv/mars 2014 : AMOP, à bord de l'« Atalante » au large des côtes du Pérou.

De plus, l'instrument devait être utilisé pour la campagne DRAGUN à bord de l'« Alis » au Vietnam en juillet 2014. Tout avait été préparé mais cette campagne a été annulée à la dernière minute faute d'autorisation du gouvernement vietnamien.

L'année 2012 a été une année où l'instrument a été très demandé. Afin de pouvoir répondre à la demande, une duplication quasi-complète de l'instrument a été faite durant le 1^{er} semestre 2012. Seule la tête réfractomètre et la centrale inertielle n'ont pas pu être dupliquées pour des raisons budgétaires.

Lors de la campagne FROMVAR, l'ajout d'un capteur de rayonnement a été testé sur l'instrument. Nous avons profité des travaux de duplication pour intégrer ce capteur de rayonnement ainsi qu'une petite centrale météo de type Campbell WXT520 au système. Cet instrument plus complet a été utilisé lors des campagnes STRASSE et AMOP.

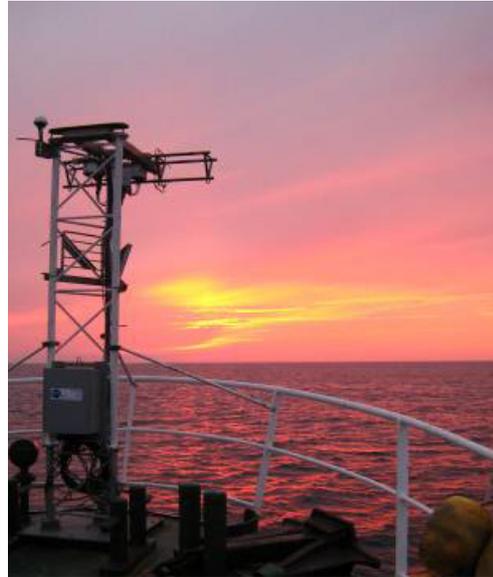
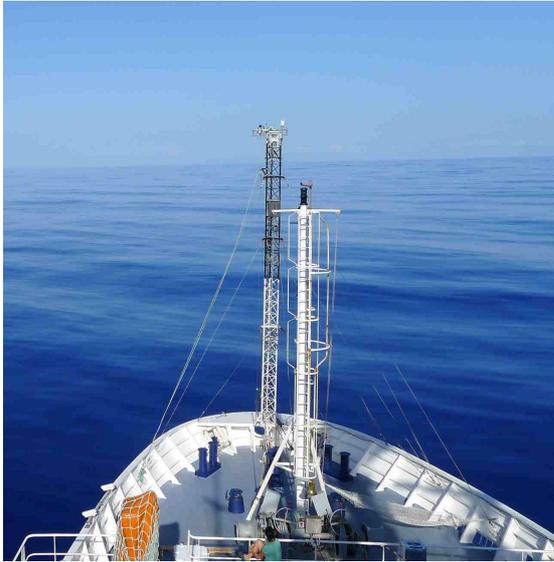


Figure 49 : Potence de mesure de flux installé à la proue de divers navires

3.11.4 Perspectives

L'instrument étant vieillissant, il présente de très sérieux signes de fatigues et les données acquises lors des dernières campagnes de mesure se dégradent de plus en plus. Il a été décidé de mettre pour le moment en veille cet instrument et de consacrer un peu de temps pour étudier une jouvence nécessaire si les scientifiques souhaitent continuer à l'utiliser.

Personnel DT impliqué

Nicolas Geyskens responsable projet
Aurélien Clémenton mécanicien
Hervé Barrois instrumentation

Contact

Nicolas Geyskens (DT)
nicolas.geyskens@cns.fr

3.12 GROOM

Thématique INSU : Océan – Atmosphère

3.12.1 Contexte/objectifs scientifiques

Le projet « Gliders for Research Ocean Observation and Management » (GROOM) est un projet européen FP7 pour l'étude de la mise en place d'une infrastructure européenne pour les planeurs sous-marins afin de collecter des données océanographiques.

Cette infrastructure peut bénéficier à nombre d'activités marines et d'applications sociétales, qui peuvent être liées au changement climatique, aux écosystèmes marins, aux ressources, à la sécurité et qui reposent sur la recherche académique en océanographie et/ou sur des systèmes opérationnels du domaine.

Le projet définit un cadre scientifique, technologique et légal pour les activités gliders en Europe.

Ce projet a impliqué 19 partenaires européens. D'une durée de 3 ans, il a commencé le 1^{er} octobre 2011 et s'est terminé le 31 décembre 2014.

3.12.2 Contribution/rôle/tâches/livrables de la DT

La DT représentant le CNRS avec le LOV était responsable de la tâche :

- 5.4 Estimated setup and running cost

Elle était aussi responsable de 2 livrables :

- 4.5 Evaluation of prototype glider fleet mission planning tool
- 5.7 Report describing costs to build and operate the glider observatory infrastructure

Enfin, elle a contribué à 7 livrables :

- 1.1 Project coordination
- 2.3 Financial framework
- 3.2 Data processing
- 4.2 Fleet missions
- 5.1 Ground segment description
- 5.2 Glider payload assessment
- 5.3 Mission planning and analysis

Elodie Godinho a été embauchée en CDD pendant toute la durée du projet. Elle a ensuite été recrutée sur concours externe CNRS en juin 2014 pour être intégrée dans le service informatique de la DT.

Le projet a permis d'établir les bonnes pratiques pour l'utilisation des planeurs sous-marins, leurs

capteurs, l'informatique, les déploiements et récupérations en mer, le coût de leur infrastructure, ...

Il a donc permis de faire évoluer les outils logiciels pour le Parc de gliders :

- Application web pour la gestion du parc
- Alarmes et automatisation pour le pilotage des engins
- Transmission des données et métadonnées vers le centre de données national CORIOLIS

Ces développements ont été testés lors de déploiements.

Personnel DT impliqué

Laurent Beguery (jusqu'en décembre 2013)

Karim Bernardet

Jean Luc Fuda (à partir d'avril 2014)

Elodie Godinho

Contact

Karim Bernardet

karim.bernardet@cnrs.fr

Liens web

<http://www.groom-fp7.eu>

3.13 L'Equipex IAOS

3.13.1 Contexte général

Le projet Ice Atmosphere, Arctic Ocean Observing System (IAOS) a comme objectif de surveiller le changement climatique en Arctique.

Il consiste à déployer et à maintenir un système d'observation à travers l'océan arctique pour collecter simultanément et en temps réel l'information relative à l'état des couches supérieures de l'océan, de la basse atmosphère et de la glace de mer. Ce système d'observation est un ensemble de plates-formes regroupant chacune des capteurs qui mesurent :

- ✓ dans l'océan : la pression, la température, la salinité, l'oxygène dissous par un profiler
- ✓ dans la glace et la neige : la température et l'épaisseur par une chaîne de thermistances
- ✓ dans l'atmosphère : la nébulosité et les aérosols par un micro-lidar et l'épaisseur optique de l'atmosphère par un ODS (Optical Depth Sensor).

Le budget total alloué au projet est de 5,1 M€ sur 7 ans. 23 plates-formes sont à développer pour que 12 soient déployées en permanence pendant 7 ans.

Coordinateurs du projet : UPMC (LOCEAN, LATMOS), PI Christine Provost du LOCEAN et Jacques Pelon du LATMOS

Partenaires : INSU-CNRS, IPEV, ICARE

Industriels : NKE, CIMEL, SAMS, MOBILIS

Collaborations : SAMS (Ecosse), AWI (France), Takuvik (Canada)



Figure 50 : Intégration de IAOS

3.13.2 IAOS à la DT

Le budget géré par la DT sur ce projet est de 620 k€ et la DT y affecte environ 5,5 ETP/an.

Responsables à la DT :

Nicolas Geyskens est l'ingénieur système, Frédéric Blouzon pour la partie atmosphère, Michel Calzas pour l'intégration.

La Division Technique a la responsabilité de la conception de :

- la partie atmosphère
- le cerveau central
- l'intégration de tous les capteurs sur une bouée

La DT a également la responsabilité de l'industrialisation de la plate-forme pour sa duplication.

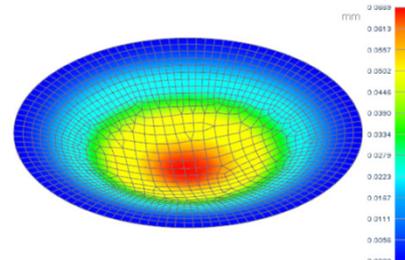


Figure 51 : Simulation de la déformation du hublot

Les développements faits pour IAOS font appel à toutes les compétences de la DT : à partir d'un cahier des charges sur les contraintes environnementales de l'utilisation de ces plates-formes (froid, gel, glace, chocs, vent, neige...), les moyens suivants ont été mis en œuvre :

- Conception mécanique
- Conception électroniques (hard et soft)
- Calcul de structure et simulation thermique
- Réalisation de prototype
- Essais en température (colle, givre, déformations, etc)
- Ecriture de cahier des charges pour une industrialisation des sous ensembles
- Essais sur le terrain en conditions extrêmes

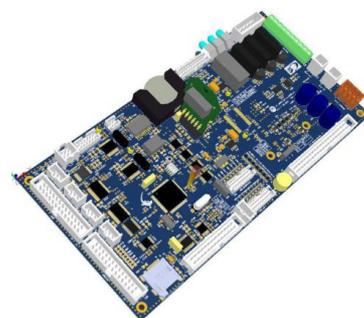


Figure 52 : Carte cerveau atmosphère

3.13.3 Travaux réalisés en 2011-2012-2013-2014 :

3.13.3.1 Conception :

- Conception de la partie porteuse du μ Lidar, conception de la mécanique formant la tête optique qui, soumise à de

très fortes variations de température (+20°C à -40°C), doit garder un alignement parfait (quelques microns).

- Conception d'un ensemble de cartes électroniques (cerveau atmosphère, chauffage) dont le rôle est de contrôler le μ Lidar, réceptionner les données du μ Lidar et de l'ODS et recevoir et envoyer les données au cerveau central.
- Etude d'un moyen permettant de dégivrer le hublot dans des conditions de givre raisonnable.
- Conception du cerveau plate-forme dont le rôle est de :
 - transmettre des ordres ou recevoir des datas de tous les sous ensembles (océan, atmosphère, météo)
 - recevoir par transmission Iridium des ordres des chercheurs pilotant les plates-formes, de stocker les données des sous ensembles et de les transmettre aux chercheurs.
- Choix et tests des systèmes GPS, cap, météo, transmission Iridium
- Définition de pack de piles Lithium pour la partie atmosphère et le cerveau bouée assurant 2 ans d'autonomie à chaque plate-forme.

Le choix et les tests de ces éléments ont été faits en fonction du cahier des charges définis avec notamment des contraintes environnementales fortes.

- Conception intégration plate-forme

Comme pour tous les éléments composant la plate-forme, cette conception mécanique a tenu compte de l'environnement extrême (vent, neige, congère, état de mer) et de son transport (par bateau ou avion de petite taille).

3.13.3.2 Validation :

- Tests en mer

Les premiers prototypes ont été déployés sur le site de test de l'Ifremer en rade de Brest, pour vérifier leur comportement en mer.

- Déploiements 2013 et 2014 à Barnéo (pôle Nord)

Les premières mesures de terrain ont été faites par deux plates-formes prototypes déployées au pôle Nord en 2013 et 2014. Le fonctionnement de tous les éléments a été validé.

3.13.3.3 Industrialisation :

Pour dupliquer les plates-formes, plusieurs marchés et des PUMAs ont été passés en 2014 pour 23 ensembles afin d'approvisionner les différents éléments composant le système.

La Plate-forme d'Intégrations Tests (PIT) de l'OVSQ a pris en charge l'intégration et tests des sous système (atmosphère), la réception des sous ensembles météo et cerveau des plates-formes testés à Brest, l'intégration et test des plates-formes complètes, et le colisage en vue d'une expédition sur les sites de déploiement.

La DT a fourni à la PIT les moyens de montage, de collage, et les programmes de tests.

Deux personnes en CDD sont dévolues à ces tâches.

3.13.3.4 Déploiements

En 2015 doit commencer le déploiement d'une dizaine de plates-formes industrialisées.

Contacts :

Frédéric Blouzon (DT) :

frederic.blouzon@cnrs.fr

Michel Calzas (DT) :

michel.calzas@cnrs.fr

Nicolas Geyskens (DT) :

nicolas.geyskens@cnrs.fr

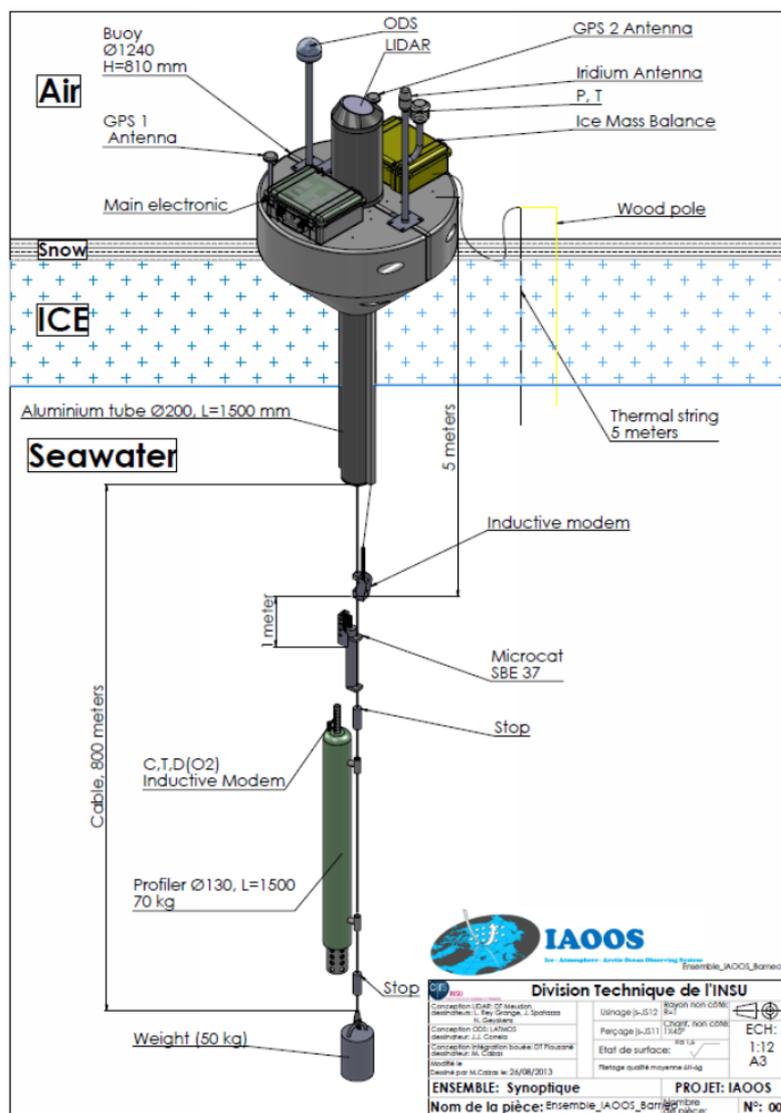


Figure 53 : Vue d'ensemble de la bouée IAOS



Figure 54 : Bouée IAOS en test devant Plouzané

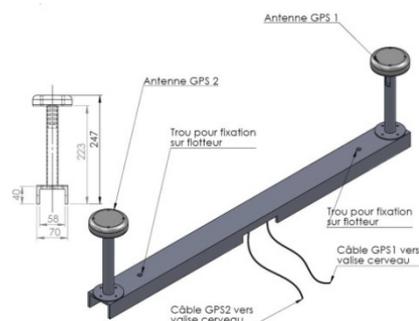


Figure 55 : Le bras GPS des bouées IAOS



Figure 56 : Une bouée IAOS déployée en Arctique

Personnel DT impliqué :

Abdelkader Abchiche
 Nadir Amarouche
 Oualid Aouji
 Christophe Berthod
 Frédéric Blouzon
 Cédric Brachet
 Michel Calzas

Aurélien Cléménçon
 Christine Drezen
 Lionel Fichen
 Fabien Frerot
 Nicolas Geyskens
 Andrea Gross (jusqu'en février 2014)
 Christophe Guillerm

Antoine Guillot
 Benoît Lemaire
 Pierre Dominique Mahé
 Jean-Christophe Samaké
 Joseph Spatazza

3.14 ICI 3 et 4

Thématique INSU : Astronomie-Astrophysique
Laboratoire demandeur : LPP

3.14.1 Objectifs scientifiques

Les missions ICI 3 et 4 sont respectivement les 3ème et 4ème tirs de fusées scientifiques du programme d'étude de la physique aurorale ICI (Investigation of Cusps Irregularities). L'objectif de ces tirs effectués lors d'évènements auroraux intenses à partir de l'archipel du Svalbard (Norvège) est l'étude des phénomènes d'instabilités du plasma ionosphérique et du scintillement des signaux GPS causés par les épisodes auroraux. Ce programme international est piloté par l'université d'Oslo. Le LPP a conçu pour les 2 missions plusieurs instruments de mesure des ondes magnétiques (magnétomètres AC et magnétomètres DC).

3.14.2 Description technique

ICI 3 (magnétomètre AC-DC)

Le magnétomètre développé par le LPP pour la mission ICI 3 est un concept innovant de magnétomètre hybride autorisant la mesure continue des composantes alternatives du champ magnétique. Ce concept repose sur la mise en œuvre simultanée d'une mesure inductive et magnétorésistive au sein d'un unique instrument.

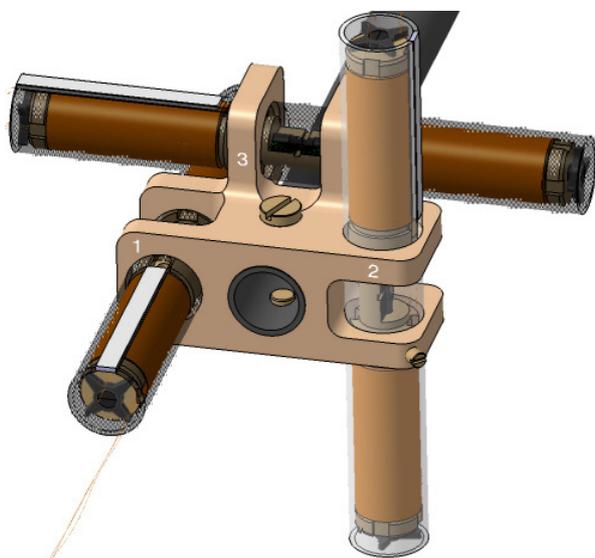


Figure 57 : Vue 3D du magnétomètre triaxial ICI 3

Le développement de ce concept s'est étalé sur la période 2008-2012. A partir de 2010, La DT INSU s'est vue confier la conception et la fabrication de l'ensemble des pièces mécaniques de l'instrument, ainsi que du support de fixation du magnétomètre AC sur le bras instrumenté de la fusée. Elle a par ailleurs réalisé l'assemblage de

précision permettant d'associer le dispositif de mesure magnétorésistif (DC) au dispositif de mesure inductif (AC).

ICI 4 (magnétomètre AC)

Pour la mission ICI 4, le LPP a développé un magnétomètre AC de haute sensibilité ainsi qu'un gradiomètre DC. Le magnétomètre AC avait pour objectif de constituer une preuve de concept en vue d'être proposé pour la mission JUICE d'exploration planétaire de l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Pour cette nouvelle édition, la DT s'est vue confier le développement et la fabrication du support de fixation du magnétomètre AC sur le bras instrumenté de la fusée.

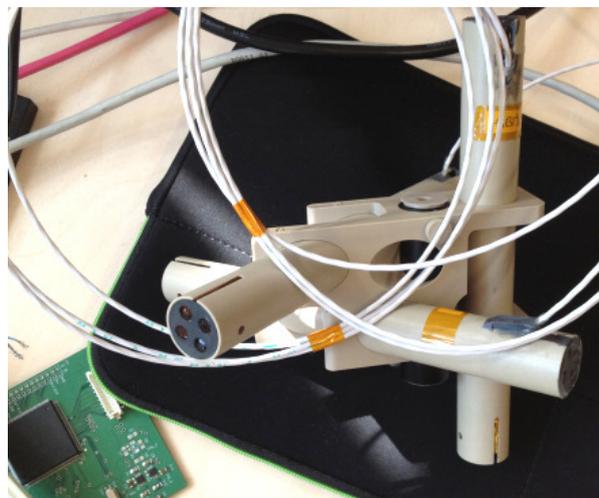


Figure 58 : Montage du magnétomètre ICI 4

3.14.3 Perspectives

Pour la future mission spatiale JUICE, le LPP propose de réaliser un magnétomètre alternatif triaxial pour l'étude de l'environnement ionisé de Jupiter. L'appui technique de la DT doit permettre d'optimiser le design mécanique des capteurs et du support.

Personnel DT impliqué :

Nicolas Geyskens, conception mécanique
Christophe Berthod, calculs de structure
Benoit Lemaire, atelier de mécanique

Contacts :

Nicolas Geyskens (DT) :
nicolas.geyskens@cnr.fr

3.15 ILMA

Thématique INSU : Océan-Atmosphère et Astronomie-Astrophysique
 Laboratoire demandeur : LISA
 Chercheur responsable : Hervé Cottin

3.15.1 Objectifs scientifiques

Dans le cadre de l'exploration du système solaire et de l'étude de ses origines, le LISA, le LPC2E, le LATMOS et l'IPAG développent un spectromètre de masse à très haute résolution pouvant fonctionner en mode LD-MS (Laser Diode / Mass spectrometer). Une des cibles d'utilisation est l'étude de surface de petits corps par LD-MS embarqué sur micro-lander. Ce type de lander ne possède pas de mécanisme d'extraction et d'approche de l'échantillon ; c'est pourquoi on doit développer un guide d'ions permettant au spectromètre de masse d'analyser la surface de l'astéroïde situé au plus bas à 10 cm du plancher du rover. L'objectif final est de coupler ce guide d'ions au prototype de spectromètre de masse Orbitrap.

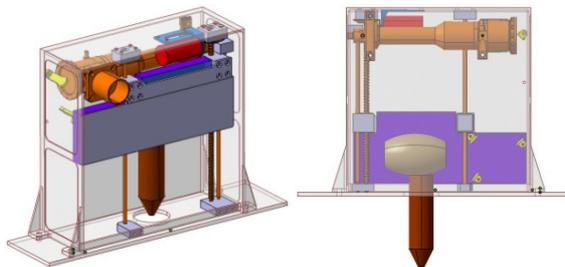


Figure 59 : Vues schématisques Orbitrap

3.15.2 Description technique

Les mécanismes de déploiement du guide d'ions doivent être conçus pour fonctionner en microgravité dans un vide poussé (surface d'astéroïde) et exposé à des températures très basses (-100°C typiquement) ainsi qu'à des gradients thermiques importants entre l'entrée du guide et la partie à proximité de l'Orbitrap (entrée à l'extérieur du rover exposée à -100°C et l'Orbitrap à l'intérieur du rover proche de -10°C). Le déploiement doit être réversible et pouvoir fonctionner une dizaine de fois.

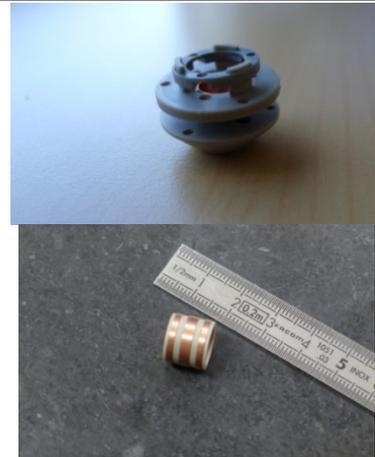
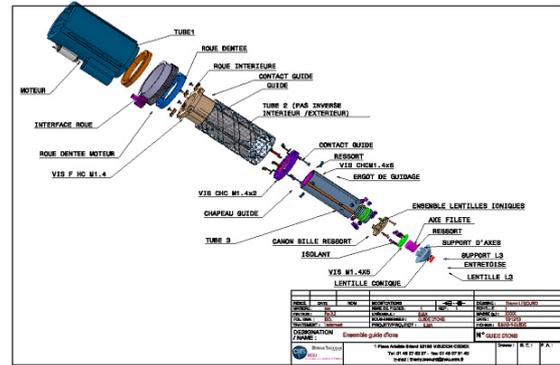


Figure 60, de haut en bas : Vue éclatée du guide d'ion ; Fin de course ; Ensemble lentilles ioniques

Afin que le guide d'ions puisse fonctionner, il faut que la grille d'entrée soit en contact direct avec la surface d'où provient le plasma. La position de cette surface étant a priori inconnue, il faut prévoir un mécanisme permettant de déterminer l'entrée en contact de la grille avec la surface.



Figure 61, de haut en bas : Guide déployé ; Guide d'ion rentré ; Guide d'ion motorisé

3.15.3 Activités

La responsabilité de la DT était de :

- simuler le guidage des ions afin de déterminer les hautes tensions nécessaires pour focaliser les ions et les longueurs de déploiement acceptables,
- réaliser un prototype pour valider le mécanisme de déploiement.

Ces deux objectifs ont été atteints.

3.15.4 Perspectives

Actions à mener sur la R&T 2015/2016 :

- Optimisation du design du guide d'ions suite aux résultats donnés par le prototype (maintien de l'alignement, tenue mécanique, intégration)
- Réalisation d'un prototype fonctionnel dans les matériaux qui seront utilisés pour un modèle de vol (notamment PEEK, aluminium, inox) :
 - Usinage de différentes pièces composantes du guide d'ions,
 - Réalisation et assemblage des optiques ioniques,
 - Assemblage et alignement de la partie optique du guide : miroir de renvoi du faisceau laser
 - Dépôt des pistes en or sur le PEEK servant à acheminer les hautes tensions vers les lentilles ioniques
 - Reprise des pistes en or sur des fils électriques allant vers les connecteurs haute tension
 - Alignement de toutes les pièces mécaniques
- Réalisation du GSE permettant d'opérer le guide d'ions sous vide :
 - Fenêtre permettant d'injecter le faisceau laser depuis l'extérieur vers le guide d'ions et ainsi générer le plasma et les ions

Personnel DT impliqué

Benoit Lemaire, atelier de mécanique (depuis 2013)

Thierry Lesourd, Bureau d'étude

Fabrice Quesnault, atelier de mécanique (jusqu'en 2013)

Contacts :

Thierry Lesourd (DT) :

thierry.lesourd@cns.fr

3.16 KuROS

Thématiques INSU : Océan-Atmosphère / atmosphère

Laboratoire demandeur : LATMOS

3.16.1 Objectifs scientifiques

La France (CNES) et la Chine (CNSA) ont conjointement mis en place une mission satellite (CFOSAT) destinée à surveiller principalement la surface des océans afin de mesurer le spectre directionnel des vagues et d'établir des propriétés statistiques des pentes des vagues.

Dans ce cadre, le LATMOS a proposé de développer un nouveau radar en bande Ku (13,5 GHz), KuROS, utilisable sur l'avion de recherche ATR 42 opéré par SAFIRE (organisme CNRS/CNES/Météo-France opérant 3 avions de recherche scientifique), et dont la géométrie d'observation couvre celle des 2 radars SWIM (français) et SCAT (chinois) embarqués sur le satellite.

3.16.2 Rôle de la DT

Pour la première version du radar KuROS, la DT a eu la responsabilité de la conception (design mécanique), l'usinage de l'instrument et son intégration dans l'ATR 42. La contrainte était d'intégrer tout l'instrument dans une bassine existante placée sous le plancher de l'avion, les antennes visant à travers un hublot en quartz.



Figure 62 : Intégration de KuROS V1 dans l'ATR 42

La première campagne de vols a révélé des problèmes de rayonnement d'antenne (déformation du lobe d'antenne) lié à une virole métallique supportant le hublot. Afin de remédier à ce défaut, La DT a alors proposé une nouvelle conception mécanique au responsable technique du projet (LATMOS), l'idée étant de s'affranchir du hublot (qui était aussi une contrainte sur le diagramme des antennes) et donc de concevoir une partie mécanique soumise à la pression extérieure à l'avion. Cette nouvelle maquette s'est réalisée en étroite collaboration avec :

- les concepteurs d'antennes (IETR à Rennes) qui ont dû redéfinir et développer d'autres antennes,
- les ingénieurs de développement du radar (LATMOS),
- les ingénieurs aéronautiques de SAFIRE pour les questions de conformités aux normes aéronautiques.

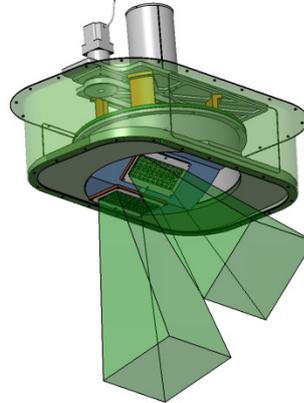


Figure 63 : Vue 3D de KuROS V2 avec visualisation des faisceaux d'ondes

3.16.3 Activités / campagnes

L'antenne doit être motorisée pour tourner de manière continue et maîtrisée sur un axe vertical. Le soutien apporté par la DT porte sur :

- l'étude de la motorisation de cet axe,
- les interfaçages mécaniques et électriques entre le système d'antennes planaires, un collecteur tournant, un moteur et un codeur,
- l'étude de l'aménagement de ce système dans l'ATR 42.

En 2012 : intégration de KuROS V1 dans l'ATR 42 en avril ; 1ère campagne de vols (bassin méditerranéen et golfe de Gascogne) et vols de calibration sur des cibles en mai ; vols de test (améliorations apportées sur la chaîne hyperfréquence) en novembre.

En 2013 : intégration de KuROS V1 dans l'ATR 42 en février ; campagne HYMEX soap2 (bassin méditerranéen) en mars.

En 2014 : intégration de KuROS V2 + vols de test sur mer et sur cibles en novembre.

Personnel DT impliqué :

Nicolas Geyskens, responsable projet
Christophe Berthod, calculs de structure
Aurélien Cléménçon, intégrations

Contacts :

Nicolas Geyskens (DT) :
nicolas.geyskens@cnrs.fr

3.17 R&T LIDAR

Thématiques INSU : Océan-Atmosphère / atmosphère

Chercheurs responsables : Cyrille Flamant, Franck Montmessin et Jacques Pelon (LATMOS)

3.17.1 Rôle de la DT

Le rôle principal de la Division Technique est de réaliser l'étude (mécanique, électronique, informatique, calculs), le développement et la fabrication interne et sous-traitée d'instruments de type lidar, de fournir un dossier permettant sa certification avionique, d'assurer la logistique, l'installation et la mise en œuvre de l'instrument en France et à l'étranger lors de campagnes aéroportées.

Deux lidars, LEANDRE 2 et LNG, ont été certifiés, puis mis en œuvre dans les deux avions, ATR 42 et Falcon 20, opérés par l'unité SAFIRE, durant des campagnes aéroportées en France et à l'étranger.

3.17.2 LEANDRE 2 (Lidar Vapeur d'eau) :

Description technique:

L'instrument national LEANDRE 2 est un lidar à absorption différentielle, embarqué sur avion pour la mesure de la vapeur d'eau dans la basse et moyenne troposphère.

LEANDRE 2 a été développé à l'IPSL en collaboration avec la Division Technique de l'INSU et du CNES pour répondre au besoin en mesure à haute résolution spatio-temporelle de la distribution de la vapeur d'eau dans la basse troposphère (0 à 7 km) afin d'améliorer les connaissances actuelles concernant :

- la dynamique de la couche limite atmosphérique, y compris le processus d'entraînement,
- les échanges d'humidité entre surface et atmosphère,
- la formation nuageuse et les interactions aérosol-nuage-rayonnement,
- l'initiation de la convection en terrain plus ou moins complexe.

Son émetteur est un laser Alexandrite accordable qui émet deux impulsions laser voisines : l'une est accordable sur une raie d'absorption de la vapeur d'eau dans un domaine spectral compris entre 727 et 770 nm, l'autre sert de référence.

Son domaine spectral contient 7 bandes d'absorption de la vapeur d'eau d'intensités différentes. De la mesure des énergies rétro diffusées, on déduit le champ de la vapeur d'eau, la température et la pression.

LEANDRE 2 est un des 3 systèmes DIAL aéroportés existant dans le monde avec ceux de la NASA et du DLR.

Spécifications techniques :

- Domaine spectral : 727 nm –770 nm
- Energie : 2 x 50 mJ
- Durée d'impulsion : 225 ns
- Durée entre 2 pulses : 50 μ s
- Taux de répétition : 10 Hz
- Diamètre télescope : 300 mm
- Echantillonnage : 14 bits /10 MHz



Figure 64 : LEANDRE 2 dans le Falcon 20

Campagnes :

HYMEX (Hydrological cycle in Mediterranean Experiment) en sept/octobre 2012. Cette campagne a été la dernière campagne du lidar LEANDRE 2, dont les éléments datant de plus de 20 ans étaient devenus trop difficiles à maintenir. Un nouvel instrument de mesure de la vapeur d'eau fait l'objet actuellement d'une demande ANR.

3.17.3 LNG (lidar rétrodiffusion) et HRS (haute résolution spectrale) :

Description technique:

Le **LNG** (Léandre Nouvelle Génération) est un lidar rétrodiffusion aéroporté. Il remplace depuis 2006 Leandre 1 (Lidar Embarqué pour l'étude des Aérosols, Nuages, Dynamique, Rayonnement et Espèces minoritaires). Son développement a été réalisé par la DT et le LATMOS dans le cadre du programme RALI (RADAR-Lidar), association d'un lidar et d'un radar dont l'objectif principal est la restitution des paramètres microphysiques, radiatifs et dynamiques des nuages.

Le LNG fonctionne sur trois longueurs d'ondes : l'ultraviolet (355 nm), le visible (532 nm) et l'infrarouge (1064 nm).

Spécifications techniques :

Emission : laser Nd : YAG déclenché, monomode longitudinal par injection (60 mJ à 355 nm ; 10 mJ à 532 nm ; 80 mJ à 1064 nm ; répétition 20 Hz).

Réception : télescope ouverture 300 mm, 4 voies : 355 nm polarisations parallèle et perpendiculaire, 532 nm et 1064 nm.

Option : Haute Résolution Spectrale à 355 nm.

Détection, acquisition : photomultiplicateurs à 355 nm et 532 nm, photodiode à avalanche à 1064 nm. Digitalisation analogique à 25 MHz sur 16 bits.

La Haute Résolution Spectrale (HRS) est une option de détection qui permet la pénétration dans un nuage de glace de grande extension verticale en présence d'une variation importante des propriétés physiques. Elle permet de s'affranchir de la nécessité de disposer d'une région de diffusion connue pour déterminer la fonction de phase des particules et l'extinction nuageuse. Pour pouvoir effectuer cette séparation, il faut que le laser à l'émission ait un spectre monomode de grande pureté spectrale. Le rapport entre les différents signaux permet de restituer l'extinction optique totale, l'extinction optique des aérosols, la fonction de phase du changement par les aérosols en plus de tous les paramètres mesurés par le lidar rétrodiffusion.

Ce développement innovant repose sur l'analyse des signaux délivrés par un interféromètre de Mach-Zehnder relié au LNG par une fibre optique à la voie 355 nm en polarisation parallèle.

Le LNG est actuellement le seul lidar aéroporté disposant d'une HRS à 355 nm, longueur d'onde utilisée par les lidars spatiaux des futures missions ADM, pour la mesure du vent (lancement prévu en 2015) et Earthcare, pour la caractérisation des nuages.

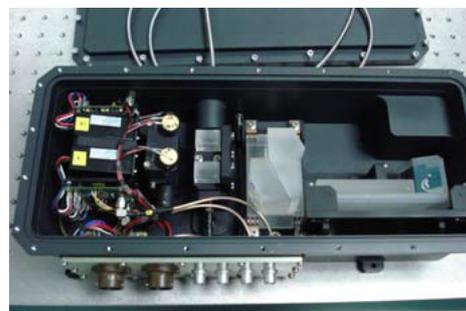


Figure 65 : HRS : Interféromètre Mach-Zehnder (optique et électronique de détection)



(photo JN Herranz)

Figure 66, de haut en bas : Le lidar LNG dans le Falcon 20, dans l'ATR 42 et son préampli bas bruit

Campagnes :

FENNEC (mai/juin 2011), Fuerteventura (Canaries), Falcon20

TRAQA (juin 2012), Toulouse, campagne préparatoire au projet ChArMEx, ATR 42

ChArMEx (juin 2013), Cagliari (Sardaigne), Falcon 20

Techno, HRS (octobre 2014), Toulouse, Falcon 20 : vol techno de validation de la HRS en vue des campagnes de validations du satellite ADM-Aeolus.

Suite à la campagne FENNEC, durant ces dernières années, un gros travail a été fait par la DT (F.Blouzon, O.Aouji, J.Spatazza) et le LATMOS (D.Bruneau) pour améliorer le rapport signal/bruit de l'électronique d'acquisition, la thermique, l'optique et la mécanique de l'interféromètre HRS du lidar LNG.

3.17.4 Autres activités:

MARBLL :

En soutien au laboratoire LATMOS, la DT a participé à la R&T CNES pour la réalisation d'un démonstrateur Lidar Doppler MARBLL (MARS Boundary Layer Lidar) : études et fabrication mécanique, étude et fabrication de l'électronique d'acquisition et du programme d'acquisition.

MARBLL a pour but d'effectuer des mesures de rétrodiffusion et de vent par lidar depuis le sol de Mars.

Spécifications techniques :

Emission : laser Nd : KGW déclenché, multimode, refroidissement passif.

30 mJ à 1067 nm ; rafale de 100 tirs à 10 Hz toutes les minutes.

Réception : télescope ouverture 100 mm ; interféromètre de Mach-Zehnder à 4 voies.

Détection, acquisition : photodiode à avalanche, digitalisation analogique à 25 Mhz sur 16 bits.

IAOOS (Atmosphère/Lidar) :

Partenaire de l'Equipex IAOOS, la Division Technique a, pour la partie lidar, étudié la structure mécanique du micro-lidar qui est soumise à de fortes contraintes climatique (design mécanique, calcul de structure et de comportement thermique, prototypes et tests de terrain). Elle a également étudié une carte cerveau très basse consommation et fonctionnant à basse température assurant le contrôle, l'acquisition, le filtrage, la réduction des données du micro-lidar et leurs transmissions vers le cerveau central.

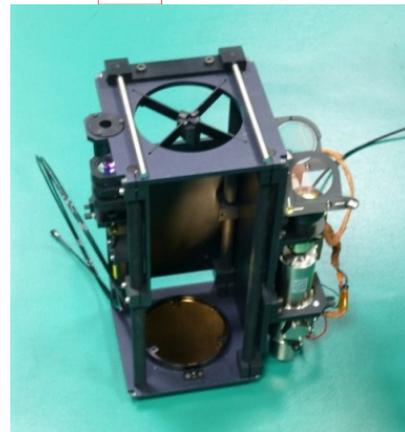
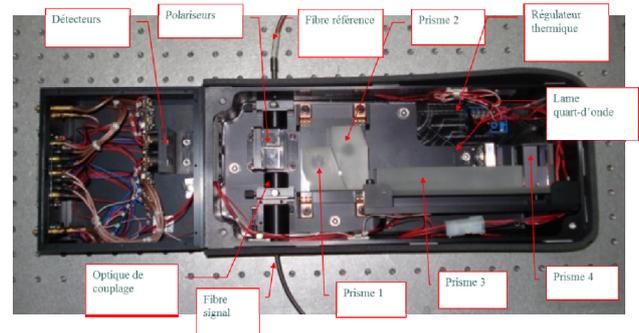


Figure 67 : Le lidar MARBLL

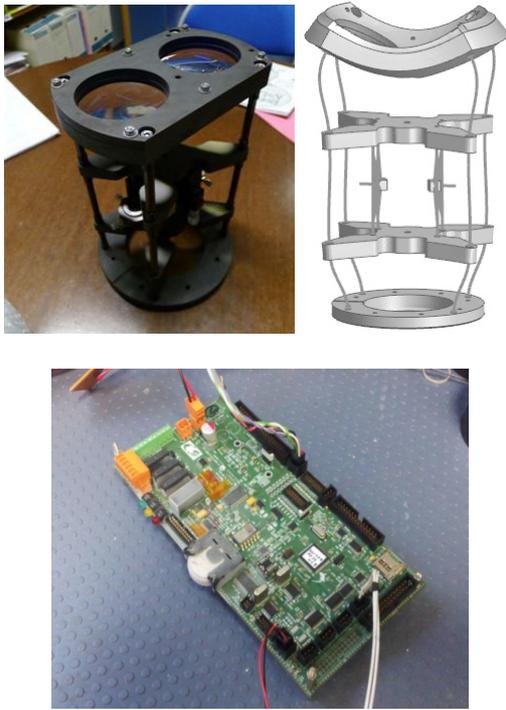


Figure 68 : Structure, modélisation, et électronique du lidar de IAOS

Personnel DT impliqué

F. Blouzon : chef de projet, électronicien
A. Abchiche : contrôle-commande
A. Cléménçon, Benoit Lemaire, J.-C. Samaké : mécanique
J. Spatazza, N. Geyskens, C. Berthod : bureau d'étude et calculs de structure
N. Amarouche : acquisition temps réel
O. Aouji : électronique
F. Frerot : électronique (IAOS)

Personnel LATMOS

C. Flamant : PI
J. Pelon : PI
F. Montmessin : PI
D. Bruneau : opticien, laser, tests, analyse des performances et post-traitement
P. Genau : traitement différé et base de données

Contacts :

Frédéric Blouzon (DT) :
 frederic.blouzon@cnrs.fr
Jacques Pelon (LATMOS) :
 jacques.pelon@latmos.ipsl.fr

3.18 MEUST

Thématiques INSU : Océan-Atmosphère / océan, Terre solide

Chercheur responsable : Dominique Lefèvre (MIO)

3.18.1 Contexte

MEUST (Mediterranean Eurocenter for Underwater Sciences and Technologies) est un projet dont l'objectif est de développer une plate-forme scientifique et technologique mutualisée, ouverte à l'international et unique en Méditerranée. Cette infrastructure alliera l'ensemble des techniques d'observation du milieu marin ainsi qu'un télescope de nouvelle génération pour l'astronomie des neutrinos. Le projet interdisciplinaire MEUST est proposé conjointement par l'INSU et l'IN2P3, l'Université de la Méditerranée et l'Université du Sud Toulon-Var, est concerté avec l'IFREMER dans le cadre du GIS Oceanomed, du CETSU et des projets européens KM3NeT (Cubic Kilometer Size Neutrino Telescope Consortium) et EMSO préconisés par l'ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures), et est en phase avec le projet de Technopôle de la Mer de TPM.

3.18.2 Engagement de la DT-INSU sur le projet

La Division Technique de l'INSU est engagée pour la réalisation de l'observatoire des sciences environnementales décomposé suivant les quatre lots suivants :

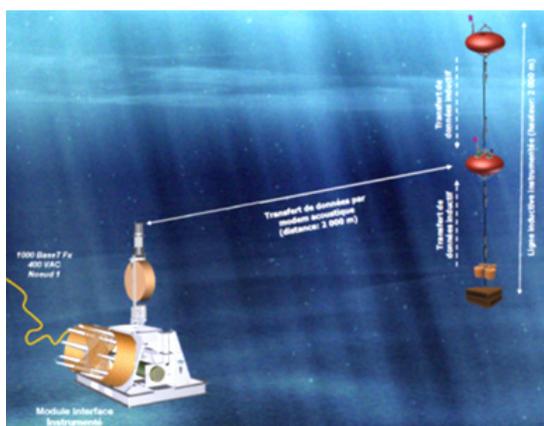


Figure 69 : Vue schématique de transmission de données entre un MII et la ligne instrumentée autonome

- Le développement du système on shore.
- Le développement du module d'interface instrumenté.

- Le développement de la ligne de mouillage inductive instrumentée (MII).
- Le développement d'outillages dédiés à la mise en œuvre de la ligne de mouillage.

3.18.2.1 Système On Shore

- Contrôle commande pour la récupération des données (PC Linux avec software ad hoc)
- Système de transmission de données sur fibre optique et interfaçage avec l'infrastructure réseau existante (IMP, BJS)
- Mise à disposition des données brutes sur le serveur sciences environnementales de l'IMP.

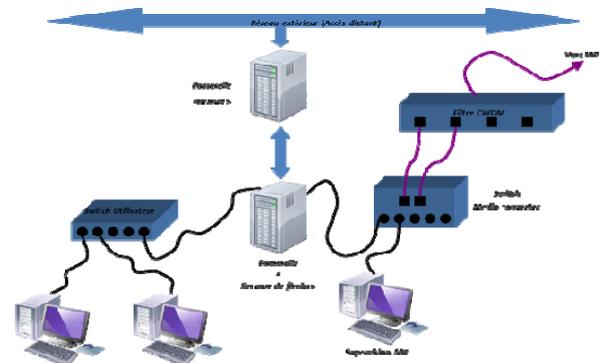


Figure 70 : MEUST : Synoptique du système On Shore à l'Institut Michel Pacha

3.18.2.2 Module Interface Instrumenté (MII)

- Etude et réalisation du MII V1 déployé sur la boîte de jonction secondaire (BJS) Antares pour le projet ESONET en octobre 2010.
- Récupération du MII V1.
- Recherche et étude des défauts constatés lors de son exploitation (2 ans).
- Upgrade pour compatibilité avec le nœud MEUST (jonction sous-marine, module énergie, transmission de données sur fibre optique).
- Intégration de capteurs (pression absolue, courantométrie, oxygène dissous, turbidité et CTD).
- Intégration du système de transmission de données par acoustique pour la ligne distante.
- Documentation technique (dossier de fabrication).

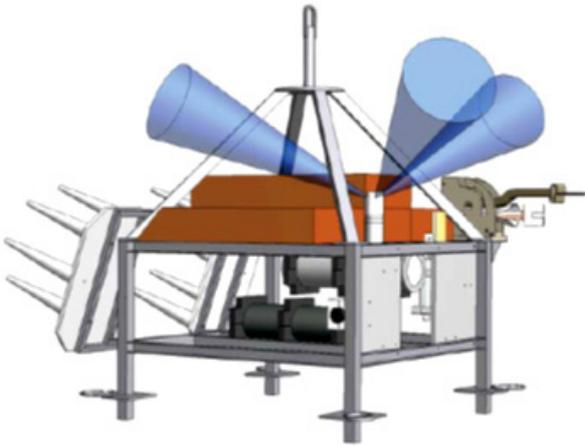


Figure 71 : Vue 3D du Module Interface Instrumenté version 1 déployé pour ESONET

3.18.2.3 Ligne de mouillage inductive

- Définition et approvisionnement de la structure (câbles, flotteur, système de largage, balisage).
- Instrumentation : approvisionnement et mise en œuvre de cinq groupes de capteurs océanographiques à communication inductive permettant de mesurer les paramètres de pression, température, conductivité, courantométrie et oxygène dissous.
- Réalisation d'un système d'interfaçage pour capteur non inductive (turbidité, fluorimétrie, ...).
- Etude et réalisation d'un module de gestion pour la lecture inductive, le stockage et la transmission acoustique des données.
- Documentation technique (dossier de fabrication, documents de suivi opérationnel, ...).

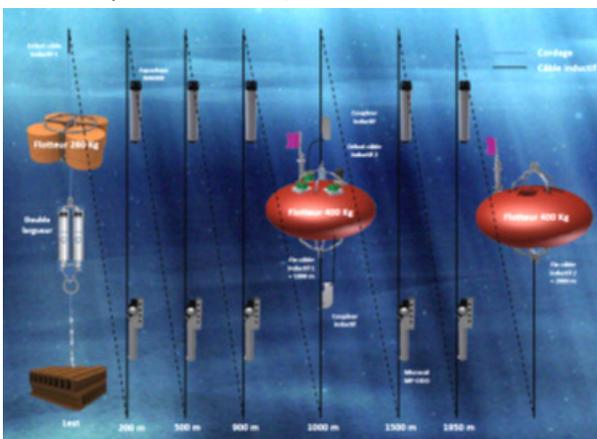


Figure 72 : Schéma synoptique de la ligne inductive

3.18.2.4 Outillages de mise en œuvre de la ligne

Le déploiement d'une ligne inductive nécessite la mise en œuvre d'outils dédiés. La communication inductive est basée sur l'intégrité physique de la protection isolante de l'âme du câble entre 2 nœuds instrumentés. Au même titre, le gréement des instruments sur le câble doit se faire de manière sécurisée au cours du déploiement ou de la récupération de la ligne. Pour ces raisons de « fragilité » et de sécurité des instruments et des personnels, des outils dédiés à ces procédures ont été conçus et développés. La technologie inductive étant amenée à se développer au cours de ces prochaines années, l'investissement entrepris par la DT INSU sera profitable à toute la communauté scientifique.

- Etude et réalisation des outillages (treuil hydraulique, davier et poulie de renvoi avec système de comptage).
- Essai et validation.
- Documentation technique (dossiers de fabrication).



Figure 73 : Outillage de déploiement en situation sur le pont du Téthys II

3.18.3 Avancement et réalisation

3.18.3.1 Réalisation de lignes de mouillage instrumentées prototypes

Objectifs

La réalisation de ces lignes a pour objectif de valider plusieurs points techniques tels que le fonctionnement du module gestion (électronique et logiciel), l'autonomie de la ligne (piles lithium), le fonctionnement des communications inductive et acoustique, la mise en œuvre de la ligne (déploiement et récupération).

Définition de la ligne

Au cours de la période 2012 – 2014, cinq déploiements de ligne ont été réalisés ainsi que des essais en bassin d'eau de mer.

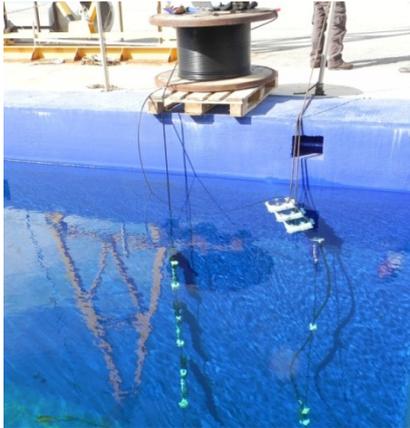


Figure 74 : Essais de transmission inductive en bassin

Les essais réalisés ont permis la mise au point de nombreux points tels que l'électronique embarquée (notamment pour réduire la consommation électrique) et les modems acoustiques.

Ainsi la version finale de la ligne a pu être définie. La ligne sera constituée de deux fois 1000 mètres de câble inductif, deux flotteurs lenticulaires, un lest avec son système de largage et les instruments de mesure regroupés en cinq étages (cf. schéma ci-dessus).

Le premier câble permettra de relier le pied de ligne au premier flotteur lenticulaire. Le deuxième câble permettra de relier le flotteur central au flotteur de tête de ligne. La section basse de ligne supportera trois groupes d'instruments tandis que la section haute supportera deux groupes. Soit un total d'une dizaine de capteurs océanographiques.

Le flotteur lenticulaire central intégrera le module de gestion avec deux coupleurs inductifs (un pour chaque section de la ligne), un modem acoustique pour la transmission de données soit vers la station fond soit vers le navire (pour test avant le déploiement du module fond de mer), deux modules de batteries (modem acoustique + module gestion), une balise Argos et un flasher.

Afin de définir au mieux les éléments constitutifs des lignes et de valider son comportement en terme de plongée et d'évitement, nous avons effectué des simulations de la ligne dans sa version finale.

En début d'année 2013, un travail conjoint avec le personnel de la DT à Plouzané a été réalisé afin d'effectuer des comparaisons de simulations réalisées avec des logiciels différents.

Ci-dessous, un exemple de simulation avec le logiciel MDD avec plusieurs valeurs de courant et différentes valeurs de flottabilité sur la ligne.

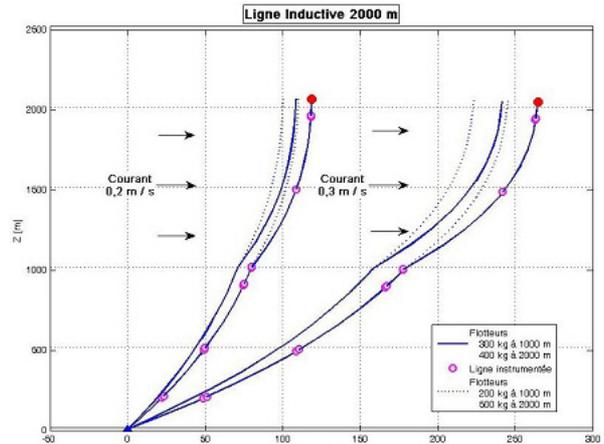


Figure 75 : Simulation de ligne à l'aide du logiciel MDD

Situation actuelle

Depuis le mois de septembre 2014, une ligne prototype de 1000 mètres de haut est déployée sur le site MEUST. Celle-ci est interrogée mensuellement via la liaison acoustique depuis un navire afin de collecter ses données. La ligne est relevée au printemps 2015 pour être redéployée dans sa version finale de 2000 mètres de haut. La communication se fera alors vers le module fond de mer qui sera déployé pendant la même période. Dans cette configuration, la ligne pourra être interrogée depuis la terre.

3.18.3.2 Outillages de déploiement et de récupération

Les essais en mer de la ligne prototype ont confirmé la nécessité d'avoir des outillages dédiés sur le bateau pour la mise en œuvre d'une telle ligne de mouillage. Ces outillages ont pour but de pouvoir opérer la ligne en toute sécurité à la fois pour le personnel et le matériel.

L'année 2012 a donc été largement consacrée à l'étude et la réalisation de moyens dédiés pour les opérations en mer. Aussi nous avons fait réaliser un treuil hydraulique spécifique équipé de sa centrale et d'un poste de pilotage. Pour gérer au mieux le câble sur le pont du navire, un ensemble davier et poulie de renvoi ont été conçus. Le davier articulé permet de maîtriser le déploiement et la récupération des capteurs océanographiques tout au long des opérations de dépose ou de relève du mouillage.

Cet ensemble d'outillage est un développement original encore jamais mis en œuvre sur un navire de l'INSU. L'étude a été réalisée en concertation avec le personnel navigant de l'INSU.

Ci-dessous, une vue d'ensemble des outillages en situation sur le pont du navire Téthys II.



Figure 76 : Vue d'ensemble des outillages de déploiement MEUST (davier, poulie de renvoi, treuil, centrale hydraulique)

3.18.3.3 Module Interface Instrumenté (MII)

En 2010, un premier module fond de mer prototype a été construit dans le cadre du projet ESONET « European Sea Observatory NETWORK ». Ce module a été raccordé à la boîte de jonction secondaire du télescope à neutrinos ANTARES au large de Toulon. Ce module prototype avait pour but de valider ce type d'infrastructure, les aspects mécaniques d'un tel objet et l'opérabilité par 2500 m de profondeur. Ce module a été récupéré en 2013 et, après analyse, il a servi de base pour la réalisation d'un MII V2 pour l'infrastructure MEUST.

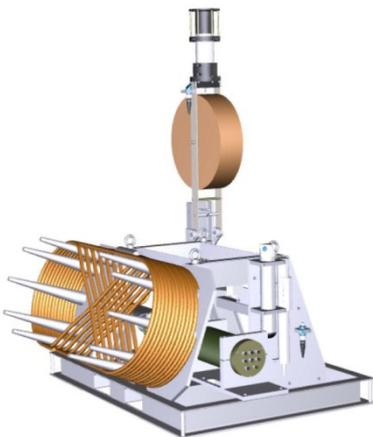


Figure 77 : Vue 3D du MII V2 (côté instruments)

Ce nouveau module permettra de mesurer en temps réel les paramètres suivants : courant, pression, CTD, oxygène dissous et turbidité. Celui-ci intégrera aussi un modem acoustique pour communiquer avec la ligne MEUST distante de 2 km. Ce module sera connecté au nœud MEUST qui lui fournira à la fois l'énergie (400 VAC) et une liaison optique. Ainsi la communication se fera vers la terre à l'aide d'une

liaison Ethernet optique autorisant un débit de 1,25 Gigaocet.

L'année 2014 a été principalement consacrée à l'étude et la réalisation du MII V2 (cf. figure ci-dessous). Ce nouveau module est basé sur une structure en acier brut afin que le module soit suffisamment lourd pour une pose au câble grand fond avec positionnement des objets sur le fond par balisage acoustique. L'utilisation d'acier brut permet aussi de minimiser la corrosion de la structure. Les instruments ainsi que le caisson renfermant la partie électronique sont en titane et fixés à la structure par des supports en plastique (polymère polyacétale) afin d'assurer le découplage électrolytique. Le caisson électronique en titane équipé de la jonction sous-marine électro-optique de 50 m a été qualifié lors d'un passage en caisson hyperbare (310 bar) au service d'essai et de mesure de l'Ifremer à Brest. Pour faciliter l'opération de connexion sous-marine, le câble électro-optique est placé sur un support ad hoc déjà qualifié lors du déploiement du MII V1. Un mât articulé a été mis au point afin d'accueillir le modem acoustique. Ce mât est actionné par le ROV de la COMEX afin de mettre le modem dans sa position finale de fonctionnement. Cette opération a été validée lors d'un essai en bassin d'eau de mer. Le MII V2 est déployé sur le site MEUST au cours du printemps 2015.

Personnel DT impliqué :

Céline Bachelier pour la recette et la mise en œuvre des instruments océanographique (-> 2012),

Karim Bernardet pour l'intégration et les développements logiciels embarqués,

Carl Gojak chef de projet et conception instrumentale,

Zouhir Hafidi pour l'infrastructure réseaux,

Frédéric Le Moal pour la réalisation de cartes électroniques (Interface caisson),

Yannick Lenault pour la réalisation de cartes électroniques (alimentation, microcontrôleur) (-> 2013),

Karim Mahiouz pour la conception mécanique et le suivi de sous-traitance,

Jean-François Roques pour la conception des systèmes hydrauliques embarqués,

Lionel Scouarnec et David Stuart (-> 2013) pour la simulation des lignes.

Contacts :

Carl Gojak (DT) carl.gojak@cnsr.fr

3.19 Micro ARES

Thématique : Astronomie-Astrophysique

Laboratoire demandeur : LATMOS

Chercheur responsable : Franck Montmessin

3.19.1 Objectif scientifique

L'expérience Micro-ARES (Atmospheric Relaxation and Electric field Sensor), destinée à la première caractérisation de l'électricité atmosphérique martienne, a été proposée par le LATMOS pour être embarquée sur le module qui rejoint la surface de la planète dans le cadre de la mission ESA/ExoMars 2016. Des champs électriques élevés sont censés prendre naissance dans l'atmosphère de Mars par effet tribo-électrique consécutif aux impacts entre grains de poussière.

3.19.2 Description technique

Le principe consiste à mesurer le potentiel d'une électrode qui, dans le milieu, se porte au potentiel local. Les champs électriques atmosphériques se mesurent habituellement avec un système de deux électrodes identiques placées aux extrémités d'un bras. Pour simplifier l'instrument et réduire au maximum sa masse, une seule électrode a été prévue grâce à un montage constitué d'une électrode sphérique fixée à l'extrémité d'un support conique, donnant ainsi une antenne d'une hauteur de 27 cm. La mesure est réalisée par une carte électronique.



Figure 78 : Electrode physique de Micro-ARES

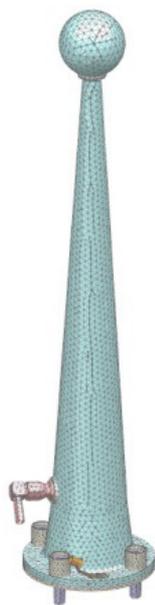


Figure 79 : Electrode de Micro-ARES modélisée

3.19.3 Activité de la DT

Plusieurs travaux ont été réalisés de 2012 à 2014 :

- Analyse dynamique et thermique préliminaire de deux designs d'antenne.
- Analyse dynamique et de sensibilité du prototype v3, avec variation de l'épaisseur du cône.
- Analyse dynamique du prototype du modèle de vol v4, puis v5.
- Analyse dynamique du modèle de qualification de la carte électronique.

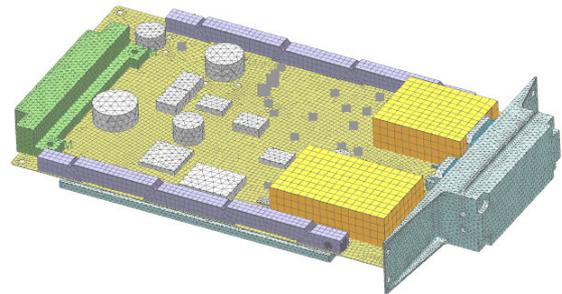


Figure 80 : Carte électronique de Micro-Ares modélisée

Pour toutes ces simulations, les niveaux d'excitation mécaniques valables pour ExoMars ont été fournis par Thales Alenia Space, et les réponses calculées dans le domaine fréquentiel en sinus, en aléatoire et en choc.

Par ailleurs, les mesures effectuées en analyse modale à la Plate-forme d'Intégration et de Tests de l'OVSQ, en 2013, sur un des prototypes d'antenne, ont confirmé les fréquences propres calculées sur le modèle qui tenait compte de la masse des accéléromètres collés sur la sphère.

Personnel DT impliqué

Christophe Berthod, modélisation, calculs de structure, calculs thermiques

Contacts

Christophe Berthod (DT)
christophe.berthod@cnr.fr

3.20 MOMA

Thématique INSU : Océan-Atmosphère et
Astronomie-Astrophysique

Laboratoire demandeur : LISA

Chercheur responsable : François Raulin

3.20.1 Objectifs scientifiques

L'engin spatial ExoMars doit être envoyé sur Mars en 2018. Une fois sur Mars, un rover sera déployé avec à son bord, l'ensemble instrumental PASTEUR.

L'instrument MOMA (Mars Organic Molecule Analyser) est l'un des instruments de PASTEUR. Le MOMA-GC (Gas Chromatograph) est un sous-ensemble de MOMA, chromatographe en phase gazeuse, pouvant opérer individuellement ou en couplage avec un spectromètre de masse.

La mission martienne a pour objectif de rechercher des matériaux organiques et des traces de vie, présente ou passée. Dans ce contexte, MOMA a pour objectifs d'analyser la matière organique et inorganique à la surface martienne et en sous-surface, étudier l'évolution de cette matière en fonction des conditions de l'environnement (oxydation, etc) et de déterminer le rapport possible entre cette matière et une éventuelle activité biologique et /ou prébiotique.

3.20.2 Description technique

Pour répondre aux objectifs scientifiques, MOMA-GC est composé de 4 voies analytiques, chacune dédiée à la séparation d'une gamme précise de composés potentiellement présents dans les échantillons analysés. Ces 4 voies incluent chacune une colonne chromatographique (tube capillaire) et un dispositif permettant de les maintenir à température stable entre l'ambiante (environ -30°C) et 250°C .

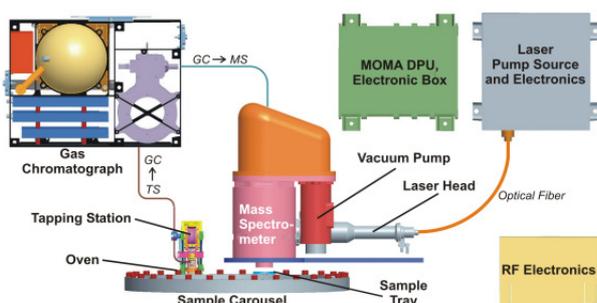


Figure 81 : L'ensemble MOMA

La colonne est le lieu de la séparation des espèces chimiques analysées. La paroi interne des tubes est recouverte d'une substance active qui possède une affinité spécifique à chaque espèce chimique. Les 4 voies analytiques sont équipées d'un détecteur à conductibilité thermique (TCD) qui mesure la différence de capacité des gaz qui sortent de la colonne à conduire la chaleur, comparativement au gaz vecteur. Le gaz vecteur est un gaz inerte (ici l'hélium) qui est injecté dans la colonne chromatographique à vitesse constante et qui entraîne avec lui l'échantillon gazeux. Lorsqu'un composé sort de la colonne, il est mélangé au gaz vecteur, ce qui modifie la conductibilité thermique du gaz, et c'est cette variation qui est détectée.

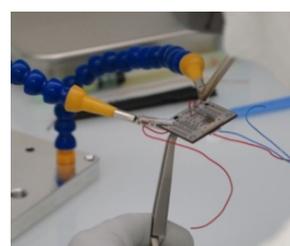
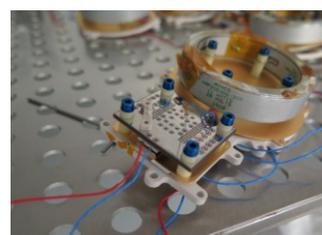
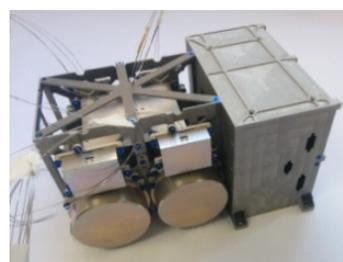


Figure 82, de haut en bas : Ensemble MOMA, ensemble analytique, détecteur TCD

3.20.3 Activités

De 2011 à fin 2014, après avoir validé auprès de l'ESA la faisabilité du MOMA-GC, nous avons réalisé le QM (Qualification Model) avec tous ses sous-ensembles, colonne, réservoir d'hélium, plaque de vanes, pièges, etc.

Nous avons réalisé le STM (Structural Thermal Model) qui sert à valider les liaisons structurelles et thermiques entre les sous-ensembles, ce modèle a été mis sur table vibrante et validé. Un autre modèle a été commandé, l'ETU (Engineering Test Unit), qui va servir de modèle

pour intégrer les dernières modifications avant de tester le QM sur table vibrante.

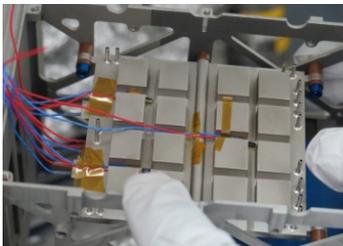


Figure 83, de haut en bas : MOMA GC STM, vue du réservoir d'hélium, plaques de vannes STM

Des GSE (Ground Support Equipment), boîtes de transport étanches pour des ensembles et sous-ensembles, ont été étudiées et réalisées à la DT.



Figure 84, de gauche à droite : GSE transport ; GSE transport STM ; GSE transport QM

Nous avons réalisé à la DT de nombreuses pièces qui servent soit pour des tests soit pour l'intégration. Parmi elles, il y a l'impression 3D du MOMA-GC dans l'ALD (Analytical Laboratory Drawer).



Figure 85, de haut en bas : Impression 3D ALD ; impression 3D structure MOMA

3.20.4 Perspectives

La suite de ce projet intervient après la validation du QM. La réalisation et la livraison du FM (Flight Model) sont prévues pour début 2016.

Laboratoires partenaires : la DT INSU, l'Ecole Centrale de Paris, le LATMOS, le LISA, le Max Planck Institut für Sonnensystemforschung.

Personnel DT impliqué :

Christophe Berthod, calculs de structure
Aurélien Cléménçon, atelier de mécanique
Benoit Lemaire, atelier mécanique et intégration en salle blanche
Thierry Lesourd , bureau d'études mécaniques
Jean Christophe Samaké, atelier de mécanique

Contacts :

Thierry Lesourd (DT) :
thierry.lesourd@cnsr.fr

3.21 OPTIMISM

Thématique INSU : Océan – Atmosphère / atmosphère

Laboratoire demandeur : LOCEAN / LATMOS

Chercheur responsable : Frédéric Vivier / Alain Weill

3.21.1 Objectifs scientifiques

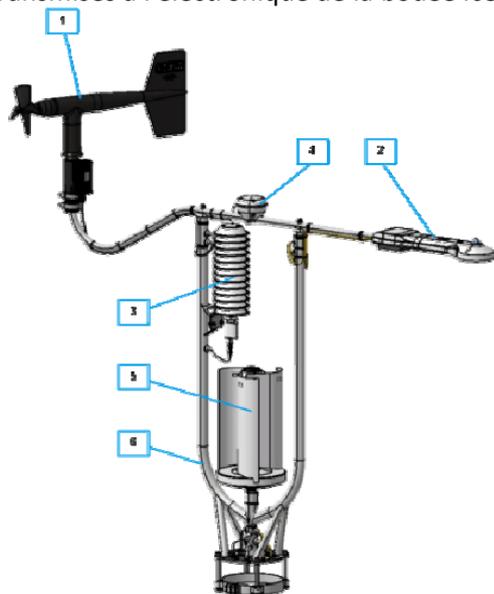
Le projet OPTIMISM (Observing dynamical and thermodynamical Processes involved in The sea Ice Mass balance from In Situ Measurements) a pour but d'implanter un mât de mesure météo sur le flotteur de mesure d'épaisseur de glace "Ice-T" (Ice Thickness) du laboratoire LOCEAN.

3.21.2 Description technique

Le mât de mesure météo doit mesurer :

- Le vent : vitesse + direction
- Le rayonnement : direct & indirect
- La température
- L'humidité

Ces mesures doivent être autonomes et transmises à l'électronique de la bouée Ice-T.



N°	Fonctions	Caractéristiques	Masse (g)
1	Mesure de Vent	Young Black	1050
2	Mesure de Rayonnement	CNR4 avec chauffage	1200
3	Mesure de Température et d'Humidité	Vaisala avec abrit à ventilation naturelle	630
4	Communication	Antenne Iridium	135
5	Générateur	Forgen 500NT	3270
6	Mât	Aluminium soudé et traité	2570
-	Alimentation, fixations, ...	Câbles, visserie,	795

Total 9650

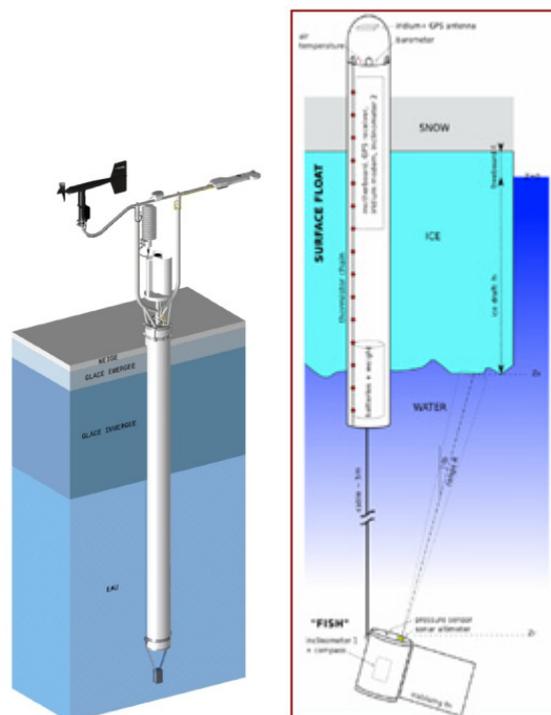


Figure 86, ci-contre et ci-dessus : Vues schématiques du mât OPTIMISM et du flotteur Ice-T

3.21.3 Activités et déploiements

Sur la période de l'ANR qui courait jusqu'au 1^{er} septembre 2013, 4 mâts devaient être réalisés. La demande a été revue à la baisse pour des raisons budgétaires.

Le premier mât a été mis en place fin octobre 2011, attaché à un ponton à Nyl-Alesund (Svalbard). La durée de vie de l'instrument aura été courte puisque au bout d'une vingtaine de jours, la bouée a rompu ses amarres et est allée se fracasser sur la côte.

Le deuxième mât a été testé pendant 1 mois dans la glace du lac de Tignes en janvier/février 2013. Par la suite ce mât a été déployé le 4 avril 2013 près du pôle Nord. La partie OPTIMISM a fonctionné 3 mois avant de montrer des signes de faiblesses et ne plus donner signe de vie.



Figure 87 : Mât OPTIMISM à poste à Nyl-Alesund (Svalbard, 79°N)

3.21.4 Perspectives

Le financement ANR du projet s'est arrêté le 1^{er} sept. 2013. Un troisième et dernier mât est en cours de réalisation. Des modifications techniques ont été apportées suite aux résultats des expériences passées.

Laboratoires partenaires :

IPSL – LOCEAN : expertise flotteur Ice-T,
IPSL – LATMOS : expertise mesure de flux atmosphérique,
Ecole Centrale de Nantes : expertise houle,
Météo-France-Centre d'Etudes de la Neige : expertise température de surface.

Personnel DT impliqué

Nadir Amarouche
Senthuran Anton
Hervé Barrois
Christophe Berthod
Aurélien Cléménçon
Fabien Frerot
Rodrigue Loisil
Fabrice Quenault
Jean-Christophe Samake

3.22 pHAlc

Thématique INSU : Ocean – Atmosphère
Laboratoire demandeur : LGE IPGP
Chercheur responsable : François Prévot

3.22.1 Objectif scientifique

L'étude du cycle du carbone est une problématique complexe puisque cet élément intervient dans de nombreux processus industriels, géologiques, climatiques et biologiques.

Les différents compartiments de l'hydrosphère étant les principales pompes à CO₂, il convient de mieux comprendre le rôle du système carbonate afin de quantifier les flux entre les différents réservoirs.

L'étude a pour objectif de concevoir un système de mesure in situ et en continu de deux des paramètres du système carbonate : le pH et l'alcalinité. Ces grandeurs seront accessibles directement par une mesure spectrophotométrique du mélange échantillon/indicateur coloré.

3.22.2 Description technique

A l'heure actuelle, aucun système de mesure spectrophotométrique in situ et en continu mesurant le pH et l'alcalinité simultanément n'a été développé. La plupart du temps, ces mesures sont effectuées par potentiométrie dans le milieu pour le pH et lors d'une titration pour l'alcalinité. La DT-INSU a financé plusieurs parties innovantes de ce capteur sur ses crédits R&D :

- Une cellule de mélange (micro-pompe d'injection, agitateur, clapet anti retour, thermistance) conçue à Brest et usinée à l'atelier de Meudon.
- Un spectrophotomètre (sphère intégrante et source à 4 longueurs d'onde, optique, photodétecteurs, électronique faible bruit) conçu et assemblé à la DT Meudon.
- Une carte électronique pour commander les éléments de la cellule et alimenter/numériser le spectrophotomètre.
- Une version immergeable et industrialisable.

Les parties chimie et validation de la mesure (préparation des réactifs, équations pour déterminer le pH et l'alcalinité, tests en laboratoire) sont traitées par le Laboratoire de Géochimie des Eaux (LGE) de l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP).

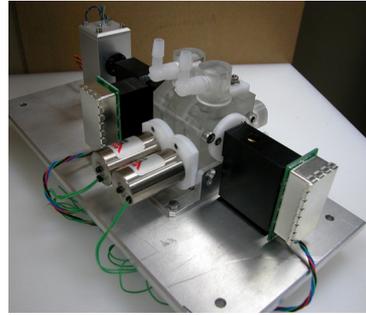


Figure 88 : Spectrophotomètre et cellules de mélange

La finalité est d'intégrer un tel dispositif de laboratoire dans un instrument utilisable en eau douce pour une précision de $\pm 0,005$ unité pH.

Financement : R&D DT INSU : 10 k€ (2008) et 12 k€ (2009). Autres : IPGP.

3.22.3 Tests

Le capteur version labo/terrain a été testé avec succès aux lacs d'Enghien, du Bourget et Titikaka.

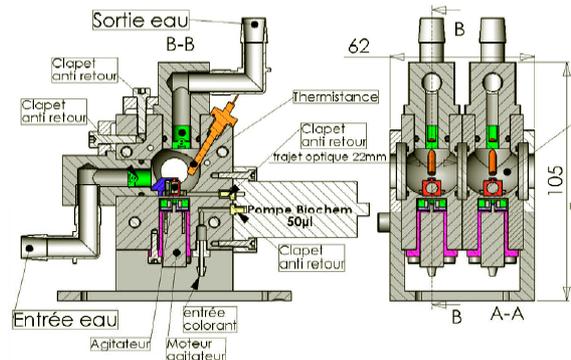


Figure 89 : Cellule de mélange de pHAlc

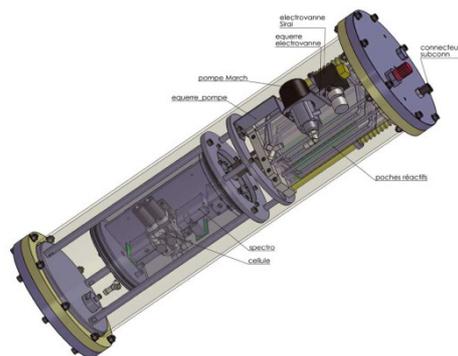


Figure 90 : Version immergeable du capteur pHAlc

Personnel DT impliqué

Cédric Brachet Michel Calzas
Christine Drezen Antoine Guillot

Contacts

Antoine Guillot: antoine.guillot@cnsr.fr

3.23 PicoSDLA

Thématique INSU : Ocean – Atmosphère / atmosphère

Laboratoire demandeur : GSMA

Chercheur responsable : Georges Durry

3.23.1 Objectif scientifique

Les spectromètres à diode laser accordables (*ie* de la famille SDLA) développés à la Division Technique depuis 1996 sont des instruments embarqués sous ballon stratosphérique. Ils sont destinés aux mesures *in situ* de vapeur d'eau, du dioxyde de carbone et du méthane.



Figure 91 : Lancer de ballon

L'étude de la tendance de la vapeur d'eau stratosphérique est un sujet de préoccupation majeur de par l'impact que pourrait avoir une augmentation de la teneur en vapeur d'eau sur l'équilibre radiatif et chimique de la stratosphère et directement sur la couche d'ozone. Le développement d'une sonde de vapeur d'eau fiable pour la stratosphère fait l'objet de travaux intenses au niveau international. Le développement de sources laser de nouvelle génération émettant vers $2,7\ \mu\text{m}$ (transitions d'absorption intenses de la vapeur d'eau) rend possible le développement de sondes laser de faibles masses par réduction du parcours d'absorption (plus de cuve optique à réflexions multiples comme sur SDLA) lançable sous ballons météo (500 à $1500\ \text{m}^3$, polyéthylène, RAVEN). La mesure du CO_2 est également extrêmement intéressante pour le monitoring global et la validation satellitaire à partir de sonde sous

ballons météo. Ceci peut être réalisé avec la même technologie de diode laser vers $2,68\ \mu\text{m}$.

La mesure du méthane avec une sonde nécessite par contre l'utilisation de lasers émettant à $3,3\ \mu\text{m}$. Les objectifs d'un senseur laser compact ($<5\ \text{kg}$) pour CH_4 sont multiples : monitoring global du CH_4 comme gaz à effet de serre, validation satellitaire, utilisation du méthane comme traceur dynamique pour les études dans la haute troposphère/basse stratosphère (UT/LS), le méthane comme source de H_2O dans la stratosphère (oxydation).

Ces instruments légers, développés conjointement pour la partie technique à la DT-INSU et dont les données sont traitées par l'équipe scientifique du GSMA, ont réalisé durant cette période une campagne de mesure dans le cadre de l'ANR appelé TROPICO.

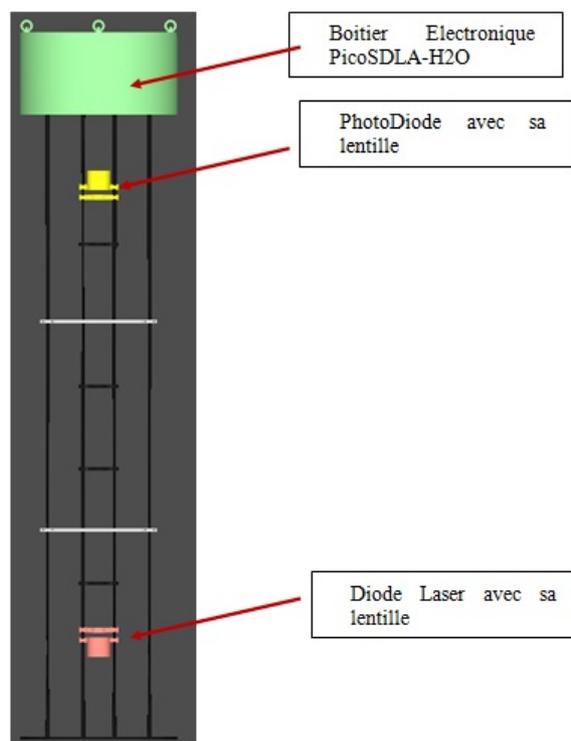


Figure 92 : Nacelle de mesure PicoSDLA

Le projet ANR TRO-pico (2012-2015), porté par Emmanuel Rivière au GSMA, visait à étudier l'entrée de vapeur d'eau dans la stratosphère en région tropicale (région de Bauru au Brésil), et plus généralement, le bilan de l'eau dans la TTL. Ce projet a été accepté à l'appel d'offre 2010 de l'ANR programme blanc et a fait l'objet de campagne de près de 20 vols des instruments PicoSDLA (H_2O , CO_2 , CH_4) en 2012 et 2013.

L'instrument PicoSDLA-H2O a ensuite participé en mai 2013 à une campagne internationale d'inter comparaison de la mesure de la vapeur d'eau dans une chambre de simulation atmosphérique.

La qualité de mesure de ces instruments leur ont permis d'être retenus pour les futures campagnes CNES Stratéole-2 (vol longue durée > 3 mois) afin de mesurer en continu dans la zone d'altitude 18-20 km la vapeur d'eau ainsi que le méthane et le dioxyde de carbone.

Cela fait l'objet de développement de nouveaux systèmes électronique et logiciel afin de gérer de façon autonome ces vols longue durée. Des tests technologiques via des campagnes au Canada (2014-2015) sont menés.

3.23.2 Description technique

Le principe de mesure de PicoSDLA est la propagation d'une onde laser dont la longueur d'onde est centrée sur une raie d'absorption de la molécule à détecter. Le parcours optique est ouvert à l'atmosphère. La mesure de l'absorption sur l'onde optique détectée est ensuite inversée pour obtenir une concentration du gaz. Associé à cet ensemble diode laser / photodiode, l'instrument comprend un senseur de pression et de capteur de températures (nécessaire à l'inversion des mesures effectuées). Un système électronique mixte analogique / numérique est piloté par un microcontrôleur afin de réaliser l'ensemble du séquençage nécessaire à la bonne mesure scientifique. Ces instruments fonctionnent dans des environnements à faible pression (jusqu'à 5 mbar) et basse température (jusqu'à -85°C) et sont donc équipés de protections thermiques adéquates.

Pour le développement de ces instruments, la DT assure un certain nombre d'activités :

- Coordination technique du projet
- R&D Diode Laser
- Conception de la mécanique, de l'électronique de commande des lasers, du système d'acquisition et du logiciel embarqué automatique de la sonde
- Développement des sondes
- Mise en œuvre sur le terrain

3.23.3 Campagnes de mesure

Durant la période 2011-2014, les instruments PicoSDLA ont participé à plusieurs campagnes ballon et campagne d'inter comparaison.

2011 (avril) :

Campagne Ballons CNES Kiruna (Suède)

Vol H2O avec instruments ELHYSA du LPC2E

Vol CH4/CO2 avec instruments TWIN (Univ. Francfort)

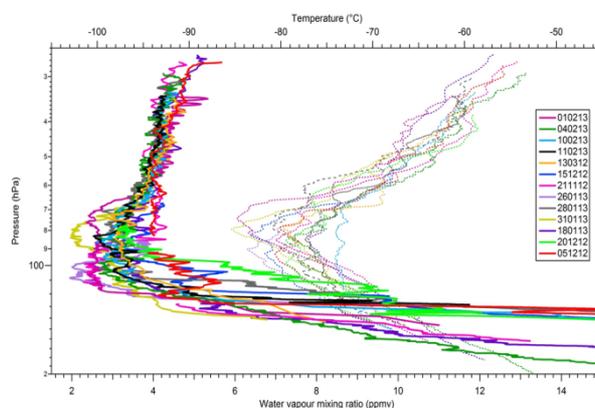


Figure 93 : Mesures de profils de vapeur d'eau durant l'ANR Tropic

2012-2013 :

Campagne ballons à Bauru (Brésil)

Instrument Pico- H2O : + 18 vols

Instrument Pico-CO2 : 2 vols

Instrument Pico-CH4 : 2 vols

Vols opérés par les équipes brésiliennes et DT-INSU/GSMA.

2013 :

Campagne d'inter comparaison H2O Karlsruhe en chambre de simulation atmosphérique.

2014 (août/sept) :

Campagne Ballon CNES Timmins, H2O, CO2 et CH4 en parallèle d'autres instruments du LMD, LPC2E, Univ Francfort.

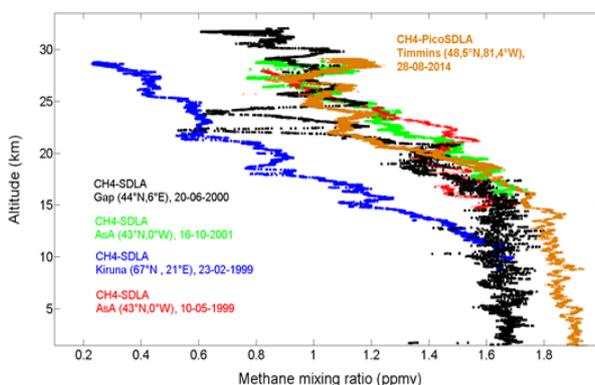


Figure 94 : Résultats du vol Pico-CH4 à Timmins en 2014, comparés aux résultats de SDLA à Kiruna, Gap, et Aire sur l'Adour

3.23.4 Perspectives

Les instruments PicoSDLA sont clairement identifiés au sein de la communauté atmosphère ballon comme instruments de référence pour des nouveaux instruments utilisant d'autres techniques de mesure (H2O : SAWPHY LMD, CO2/CH4 : mesure par prélèvement AirCore LMD, Univ Francfort).

En 2014-2016 ces instruments seront rendus complètement autonomes, basse consommation (mode sommeil) et capables de faire des mesures de façon intermittente (1 série de mesures par heure, paramètre configurable).

Des vols de tests sont programmés en 2015 lors d'une campagne ballon CNES à Timmins (Canada).

Le but visé est de s'inscrire dans les vols scientifiques de longue durée (environ 3 mois) pour la campagne Stratéole-2 qui se déroulera vers 2018-2019 dans la zone équatoriale.

3.23.5 Ressources humaines

Personnels DT impliqués dans le projet :

- Nadir Amarouche : coordination projet, électronique laser, logiciel embarqué, mise en œuvre terrain
- Fabien Frérot : développement carte électronique, routage, intégration, mise en œuvre terrain
- Jean-Christophe Samaké : développement structure mécanique / intégration Pico-H2O, CH4 et CO2, mise en œuvre terrain
- Christophe Berthod : calculs de structures, certifications
- Louis Rey-Grange (apprenti) : développement structure mécanique Pico-CH4 en 2011 (version prototype).

Contact :

Nadir Amarouche (DT) :
nadir.amarouche@cnr.fr

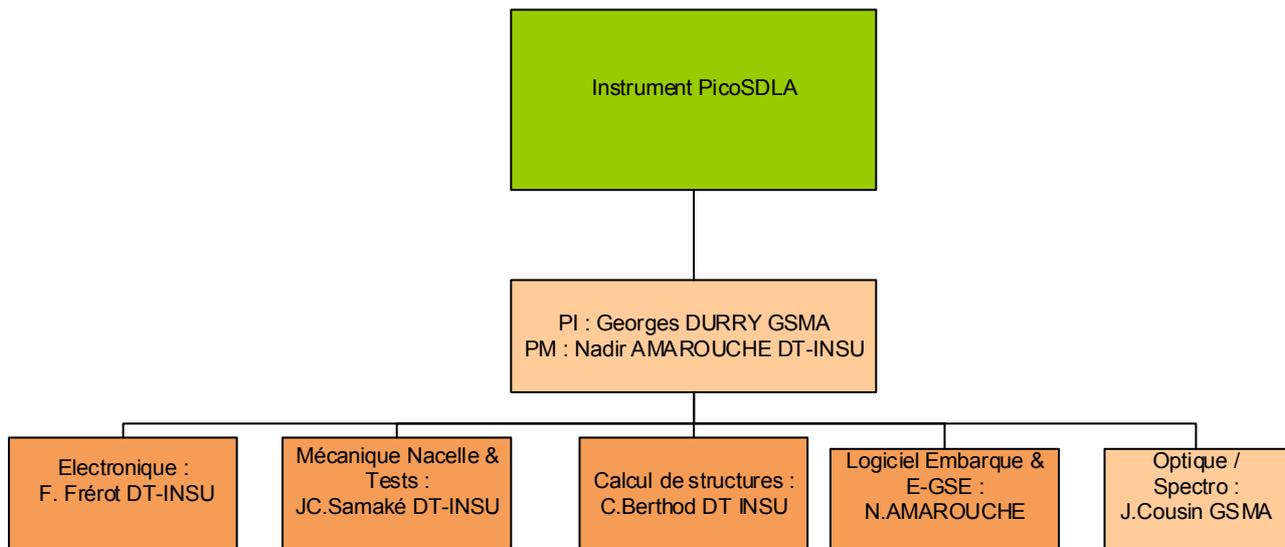


Figure 95 : Organigramme du projet PicoSDLA

3.24 RADAR

Thématique INSU : Océan-Atmosphère / océan

Laboratoire demandeur : MIO

Chercheur responsable : Bruno Zakardjian

3.24.1 Contexte/objectifs scientifiques

Les radars courantométriques HF mesurent en temps réel les courants marins côtiers mesurés à la surface sur plusieurs centaines de km² (figure ci-dessous). Utilisés en océanologie physique, ils font partie du réseau Moose d'observation environnemental à long terme. Ils peuvent appuyer des applications de valorisation telles que la dérive de nappes d'hydrocarbures (Tosca), celle des méduses (Jellywatch), ou encore la prévision des courants (Prévimer).

La côte méditerranéenne est actuellement équipée de 2 paires de radars qui instrumentent les zones Toulon et Nice, propices à l'étude du courant Liguro-Provençal.

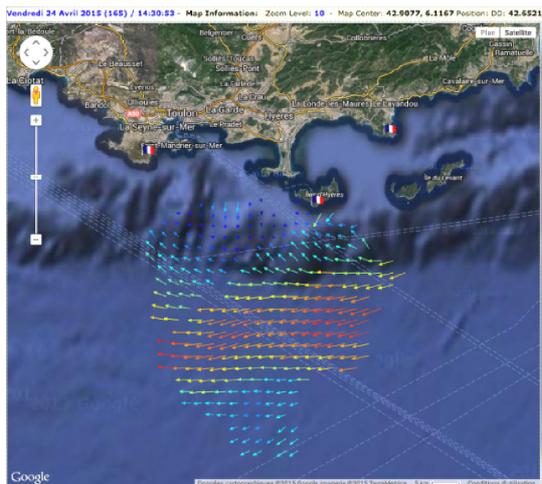


Figure 96 : Mesures en temps réel des courants de surface par la technique des radars HF au large de Toulon

Une carte est produite chaque heure. Les flèches rouges représentent un courant de l'ordre de 0,5 m/s. Le guidage de l'onde permet de franchir la ligne d'horizon.

3.24.2 Contribution/rôle/tâches/livrables de la DT

En 2011, la DT a conduit le marché d'achat des deux radars de Nice de technologie compacte, de la société CODAR Ocean Sensors, modèle Seasonde, depuis le cahier des charges jusqu'à un test in situ sur la base Ifremer.

Elle a aussi participé à l'installation et à la mise en service d'un radar de la paire de Toulon, de type WERA, approvisionnés par le MIO, l'un au cap Sissié et l'autre au cap Benat. La DT a mis en réseau de télémessure et télémaintenance ces équipements, précédemment autonomes. Elle a participé à une campagne mobile de test bi-statique (émetteur distant du récepteur), ainsi qu'aux calibrations.

En 2012-2013, la DT a réalisé l'ensemble du projet d'installation de l'un des radars CODAR de Nice. La prospection et l'évaluation de sites ont conduit au choix du phare de St Jean Cap Ferrat, site classé. La DT a effectué toutes les démarches d'autorisation, AOT avec le MIO, Monuments Historiques, autorisation de travaux, raccordement internet. Aidée par la DR 20, La DT a fait réaliser le gros œuvre. La préparation du matériel, banalisation de couleur, interface de fixation, acheminement du matériel, ont suivi. L'installation, la mise en service et la livraison du site au MIO ont eu lieu fin 2013. C'est le MIO qui a géré l'installation du 2^e site niçois.

Depuis 2012, la DT participe au suivi et petites interventions sur ces radars, interventions qui font l'objet de demande de soutien depuis 2014.



Figure 97 : Radar courantométrique type CODAR Seasonde du phare de St Jean Cap Ferrat.

Personnel DT impliqué

Pascal Guterman

Karim Mahiouz

Contacts

Pascal Guterman (DT), pascal.guterman@cnsr.fr
Bruno Zakardjian (MIO) , zakardj@univ-tln.fr

3.25 RADO

Thématique INSU : Terre Solide

Laboratoire demandeur : IPGP

Chercheur responsable : Wayne Crawford

3.25.1 Contexte/objectifs scientifiques :

Dans le cadre de l'Equipex RESIF, permettre la livraison des données sismiques acquises par les OBS de l'INSU.

3.25.2 Descriptif du projet général :

Fournir un système d'information permettant

- ✓ de décrire les prestations du parc OBS en terme de surveillance sismique / instrumentations de sites demandés
- ✓ de disposer d'un inventaire du matériel d'acquisition sismique existant et des manipulations opérées sur celui-ci
- ✓ d'avoir un suivi des déploiements de réseau d'appareils effectués lors des missions / campagnes de mesures
- ✓ d'assurer la conservation et la livraison des données sismiques acquises ainsi que d'appliquer différents types de corrections à celles-ci.

Ce travail a permis en 2014 de livrer les premières données (campagne RHUM-RUM) au système d'information de RESIF.

3.25.3 Contribution/rôle/tâches/livrables de la DT :

- ✓ Analyse du besoin et conception d'une solution logicielle/matérielle
- ✓ Réalisation de la solution logicielle et sélection du matériel
- ✓ Livraison/déploiement de la solution logicielle/matérielle

3.25.4 Planning :

- 2012 :
- Analyse du besoin
 - Spécifications techniques
 - Conception / architecture / choix de logiciels
 - Cadre de travail
- 2013 :
- Prototypage GUI
 - Modèle de données pour RDBMS, couche de persistance (ORM) pour accès aux données
 - Réalisation / test du sous-ensemble « Définition prestation / mission » (préparation de missions répondant aux prestations demandées au parc OBS)

- Application pour conversion des données sismiques OBS, du format propriétaire L-CHEAPO vers standard SEED
- 2014 :
- Application pour conversion du format propriétaire L-CHEAPO vers standard SEED
 - Application pour correction de dérive temporelle dans les données SEED
 - Préparation et mise à disposition des données des campagnes LAPAZ et RHUM-RUM
 - Application pour génération d'archive sismologique livrable au format SDS
- 2015 :
- Application pour génération d'archive sismologique livrable au format SDS
 - Sous-ensemble « Traitement résultats mission » (archivage / livraison / correction des données sismologiques)
 - Sous-ensemble « Gestion matériel » (référentiel / inventaire et manipulation du matériel d'acquisition sismique)
- 2016 :
- Sous-ensemble « Réalisation mission » (mise en œuvre du matériel et déploiement de réseau d'appareils)

Personnel DT impliqué :

Olivier Dewée

Contacts:

Olivier Dewée (DT), olivier.dewee@cnr.fr
Romuald Daniel (IPGP), rdaniel@ipgp.fr
Wayne Crawford (IPGP), crawford@ipgp.fr

Liens web :

<http://parc-obs.insu.cnr.fr/>
<http://www.resif.fr/>

3.26 Refonte du système de communication et d'acquisition des navires DT/INSU

Demandeur : Armement de la flotte du CNRS

3.26.1 Contexte

La Division Technique de l'INSU a entamé mi 2012 un projet de refonte du système de communication et d'acquisition de ses navires de façade et de station.

En effet, le système mis en place datait de 1996 et ne répondait plus aux attentes de l'armement et des scientifiques (pannes et dysfonctionnements récurrents). De plus, la personne qui gérait ce système est partie à la retraite en 2012.

3.26.2 Contribution / rôle / tâches / livrables de la DT

Le service informatique de la DT a été chargé de reprendre cette partie. Dans un premier temps une étude de l'existant a été faite suivie d'un recensement des besoins (armement, instrumentation, scientifiques) et d'une étude des solutions déployées sur d'autres navires de l'UMS Flotte (par exemple les navires Ifremer) ou ailleurs (Roro Marfret Niolon).

Après intensification des prospections, contacts, consultations et veille technologique (étude de différentes solutions satellite Inmarsat Fleet Broadband, Iridium, VSAT, etc.), un appel d'offres a été rédigé en février 2013 pour les 2 navires de façade sur une durée de 3 ans.

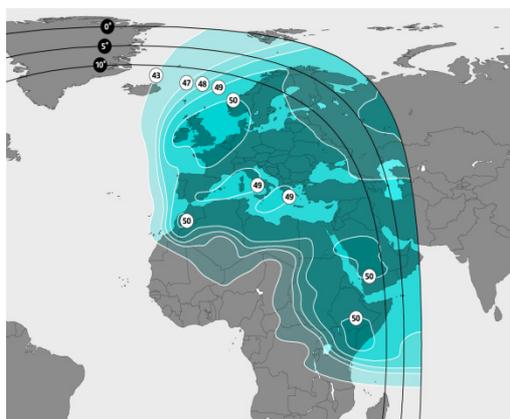


Figure 98 : Couverture VSAT sur l'Europe

L'appel d'offres était basé sur les critères suivants : liaison satellite avec accès haut débit phonie/fax/data illimité 24h/24 et 7j/7, couverture de toute la zone de navigation,

disponibilité d'au moins 99%, accès continu à la messagerie (pas de vacation), contrôle à distance (pas de personnel qualifié à bord), supervision, etc.

La technologie qui a émergé à travers les réponses est la technique de communication par satellite bidirectionnelle VSAT qui utilise des antennes paraboliques de petite taille, inférieure à 3 mètres.

Du fait d'incertitudes sur la faisabilité de l'usage du VSAT sur des navires de taille réduite (25 m), en avril 2013, l'appel d'offres a été déclaré infructueux.

La solution retenue est un contrat de location sur 1 an pour 1 seul navire (Tethys II) de façon à évaluer la solution VSAT.

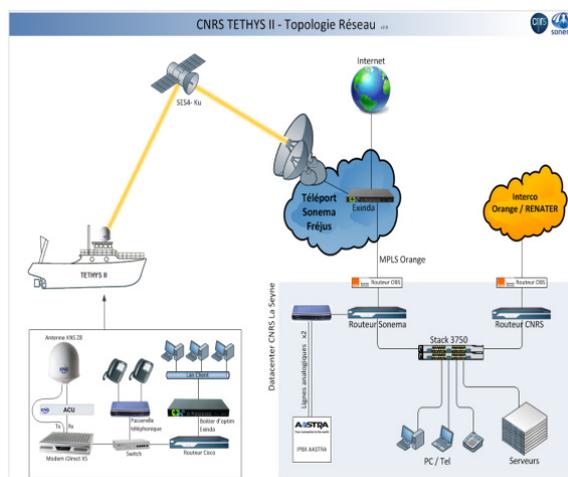


Figure 99 : Topologie du réseau VSAT sur le Téthys II

L'objet du contrat est un forfait et non pas une facturation au Mo. Le débit est de 1024 kbps en download (contention 8:1) et de 512 kbps en upload (contention 4:1) avec un minimum garanti de 128 kbps. L'optimisation WAN est assurée par un boîtier de type Exinda. Nous avons opté pour un lien MPLS entre la DT et le Téléport SONEMA (1 Mb/s via Orange) pour la téléphonie et le fax sans surcoût, le contrôle à distance, et le transfert de données. Nous avons équipé le Tethys II de 4 lignes téléphoniques dont un fax. Il ne s'agit pas de la téléphonie par satellite mais de la téléphonie sur IP utilisant la bande passante du VSAT avec des mécanismes de priorité et de compression. Le fonctionnement et la tarification sont identiques à ceux d'un téléphone fixe du site de la DT à la Seyne (numéros à 10 chiffres, 4 chiffres en interne, et 00 pour sortir). Le forfait mensuel inclut la location de l'antenne et la maintenance (58%), les communications (30%), et le lien MPLS (12%).

La mise en route et recette ont été effectuées en septembre 2013. Le VSAT opéré par la société SONEMA utilise la technologie iDirect (TDMA) sur la bande Ku.



Figure 100 : Le Téthys II avec son antenne VSAT

Pour accueillir le système de bord, le navire a été équipé d'une baie informatique navalisée avec courant ondulé et climatisation. La baie renferme les équipements VSAT, des serveurs avec virtualisation, des équipements réseau, et une console (KVM IP). Des prises réseau et des bornes wifi ont été également installées dans le navire. Un accès à un outil de supervision a été fourni par le prestataire afin de pouvoir évaluer le lien VSAT. Une documentation utilisateur concernant l'usage du VSAT a été mise à la disposition des personnes à bord.

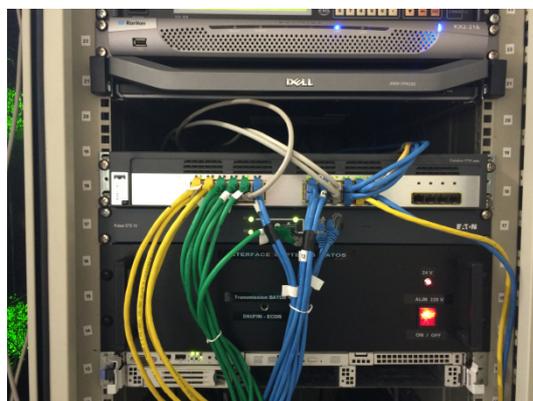


Figure 101 : La baie informatique du Téthys II

Durant la période de test, nous avons rencontré essentiellement deux problèmes majeurs : un problème de masquage et un problème de lenteur. Le problème de masquage a été réduit en déplaçant un radar sur le mât. Le problème de lenteur a nécessité plusieurs interventions de la part du prestataire qui a fini par régler le problème en août 2014. Les comptes rendus des chefs de missions scientifiques sur l'usage du VSAT (internet + téléphonie) sont globalement

positifs. Nous avons également pu évaluer avec satisfaction la prise de contrôle à distance avec divers moyens notamment avec Bomgar.

Le contrat a été reconduit pour 2 ans. De nouveaux serveurs et équipements réseau ont été déployés pour exploiter de manière efficace et redondante le lien VSAT.

Fin 2015, cette solution VSAT sera mise en service sur le deuxième navire de façade, le Côtes de la Manche.

L'instrumentation scientifique des navires de l'INSU repose donc sur l'infrastructure mise en place par le service informatique. Le service a aussi contribué à la transmission des données acquises par les navires vers le centre de données national CORIOLIS.

Sur les navires de station, plus petits que les navires de façades, le système VSAT trop encombrant est remplacé par un système 4G, les navires de station restant à portée du réseau. Un routeur Cisco 4G LTE est donc prévu sur chaque navire avec un PC d'acquisition et au moins un poste de travail (portable). Le contrôle à distance se fera via Bomgar et la récupération de données est rendue possible grâce à l'utilisation de tunnels GRE avec le routeur de site à la Seyne (solution DMVPN, Dynamic Multipoint Virtual Private Network).

Personnel DT impliqué:

Yannick Fitamant (DT),
yannick.fitamant@cnr.fr
Zouhir Hafidi (DT), zouhir.hafidi@cnr.fr

3.27 RESIF Seiscomp3

Thématique INSU : Terre Solide

Laboratoire demandeur : ISTerre

Chercheur responsable : Helle Pedersen

3.27.1 Contexte/objectifs scientifiques

RESIF est un grand instrument multi-composantes réparti sur tout le territoire national. Il mesure les déformations du sol sur des échelles de temps allant de la fraction de seconde à la décennie. Les enjeux scientifiques de RESIF recouvrent la connaissance géologique de la terre au travers de l'observation des déformations lentes et des secousses sismiques.

RESIF contribue à l'élaboration de repères géodésiques absolus.

RESIF participe à l'évaluation des risques sismiques d'origine naturelle ou humaine (mines, barrages, ...) dans un contexte d'urbanisation ou de stockage longue durée.

RESIF fait progresser la connaissance sur les ressources naturelles du pays.

3.27.2 Descriptif du projet général

Le logiciel SeisComp3 de l'université de Postdam est un des outils les plus répandus pour l'exploitation de réseaux sismologiques. Il permet l'analyse des données en temps réel et propose des outils permettant l'analyse des événements sismiques détectés.

L'objectif du projet est de fournir aux analystes des outils d'aide à la détermination de l'origine d'un événement et en particulier d'aide à la discrimination des tirs de carrière.

La solution est de présenter à l'analyste qui examine un événement particulier, des indicateurs complémentaires basés sur la

connaissance des carrières susceptibles de générer des événements sismiques, ou sur les informations disponibles sur les événements de la base de données.

3.27.3 Contribution/rôle/tâches/livrables de la DT

Maitrise d'ouvrage, analyse du besoin, étude, réalisation, test.

Livrables = module + données.

3.27.4 Planning

2014 : Collecte de sites géographiques perturbateurs, compléments à l'interface native SeisComp3 en Python, présentation d'informations complémentaires dans une page externe *maptool*. Raffinement d'une liste de carrières (exemple : figure ci-dessous).

2015 : Enrichissement page *maptool* par des infos de sismicité locale naturelle/artificielle, diagrammes. Intégration de travaux de recherche sur l'apprentissage des métadonnées.

Personnel DT impliqué

Pascal Guterman, pascal.guterman@cnr.fr

Olivier Dewee, olivier.dewee@cnr.fr

Elodie Godinho, elodie.godinho@cnr.fr

Contacts

Sophie Lambote (EOST)

Matthieu Sylvander (OMP)

Liens web

<http://www.resif.fr>

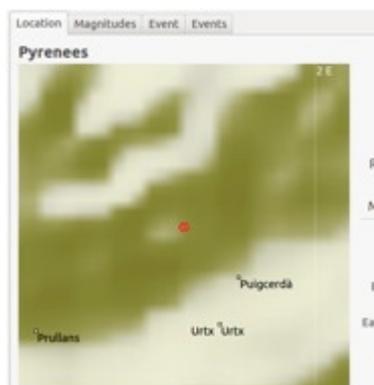


Figure 102 : Affichage SeisComp3 natif

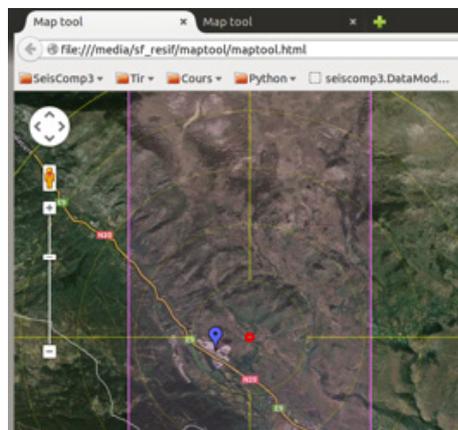


Figure 103 : Affichage maptool

Événement du 2 juin 2014 à 09h58m07. Sur l'affichage de droite, l'affichage *maptool*, une carrière apparaît nettement dans la zone d'incertitude de l'épicentre.

3.28 Système d'information géographique

3.28.1 Contexte

Le système d'information géographique (SIG) du méta-programme international MISTRALS (Mediterranean Integrated Studies at Regional And Local Scales) a permis de collecter et de traiter des données bathymétriques d'origine diverses. La synthèse obtenue offre une image globale de la morphologie du domaine méditerranéen et de son environnement continental, du golfe de Cadix aux rives orientales de la Méditerranée et de la Mer Noire.

3.28.2 Activités

- Recherche et récupération des données de bathymétrie multifaisceaux sur l'ensemble de la Méditerranée orientale en partenariat

avec les différents laboratoires et instituts méditerranéens (Italie, Grèce, ...).

- Traitements manuels de ces données sous Caraïbes (Ifremer).
- Compilation et recalage de ces données sous ArcGis (ESRI) à une résolution de 100 mètres.
- Publication de la carte finale (Brosolo L., Mascle J., 2014, Morpho-Bathymetric Map of the Eastern Mediterranean Sea basins, publication CCGM/CGMW, CIESM, Paris.).
- Intégration et diffusion du projet SIG dans le portail de données MISTRALS.

Personnel DT impliqué

Laëtitia Brosolo

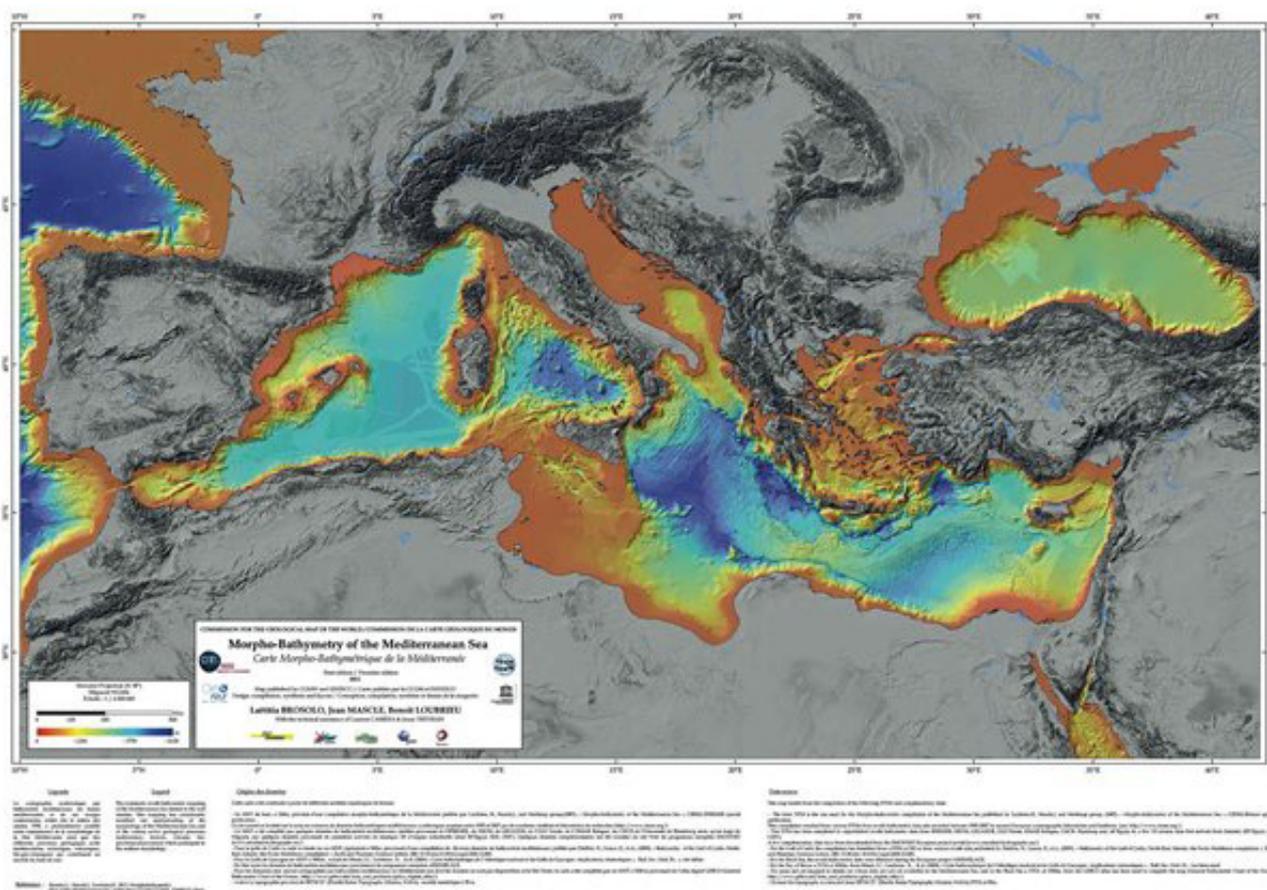


Figure 104 : Nouvelle carte morpho-bathymétrique de la Méditerranée à l'échelle de 1/4 000.000

3.29 SST-GATE

Thématique INSU : Astronomie-Astrophysique

Laboratoire demandeur : LUTH

Chercheur responsable : Hélène Sol

3.29.1 Objectif scientifique

La génération actuelle des télescopes Cherenkov au sol a ouvert le nouveau domaine de l'astronomie gamma des très hautes énergies, en démontrant la richesse de notre cosmos vu aux énergies du t  ra-électronvolt (de quelques GeV à plusieurs TeV). Les découvertes récentes des expériences HESS, MAGIC et VERITAS ont conduit la communauté scientifique internationale à s'engager dans un projet de très grand réseau Cherenkov, CTA (Cherenkov Telescope Array), pour approfondir l'étude du cosmos aux énergies extrêmes grâce à un saut d'un ordre de grandeur en sensibilité et une amélioration de l'ensemble des performances (extension du domaine spectral, résolution angulaire, spectrale, temporelle, flexibilité de modes observationnels). CTA présente un grand potentiel de découvertes dans plusieurs domaines de l'astronomie et de l'astrophysique, ainsi qu'en physique fondamentale, en particulier sur l'origine des rayons cosmiques et leur rôle dans l'univers, la nature et la variété de l'accélération des particules autour des trous noirs, et les propriétés ultimes de la matière et la physique au-delà du système standard. Cela comprend l'étude de la physique des accélérateurs cosmiques galactiques, comme les pulsars et leurs nébuleuses, les restes de supernovae, et les systèmes binaires gamma, l'impact des particules

accélérées sur leur environnement (via leur émission par interaction de particules avec le milieu interstellaire et les champs de rayonnement), et les effets cumulatifs vus à plusieurs échelles, des régions de formation d'étoiles aux galaxies dites « starbursts »    flambées d'étoiles. L'accélération des particules près des trous noirs massifs s'intéresse aux blazars, radiogalaxies et autres types de noyaux actifs de galaxies émetteurs gamma. Les études de populations qui seront possibles grâce à CTA permettront une avancée majeure dans ce domaine. L'étude du fond infrarouge extragalactique, des amas de galaxies et des sursauts gamma aux très hautes énergies se rattache également à ce thème. Tous les aspects de « nouvelle physique » incluent les recherches de matière noire par des signatures d'annihilation et des tests d'invariance de Lorentz, et toute signature observationnelle qui remettrait en cause les points de vue actuels en physique fondamentale.

3.29.2 Description technique

Ce projet SST-GATE, financé par l'INSU et la région Ile de France, doit permettre de fabriquer des télescopes à bas c  t. Le design de type Schwarzschild-Couder, jamais construit jusqu'ici, est un télescope aplanétique avec deux miroirs sphériques, permettant de corriger les aberrations sphériques. Il s'agit d'un télescope de petite taille SST (Small Size Telescope) de miroir primaire de 4 m de diamètre, qui constituera un prototype pour un réseau de plusieurs dizaines de télescopes SST.



Figure 105 : Vue d'artiste du télescope SST-GATE sur le site de Meudon

Le prototype est installé à l'Observatoire de Paris – Meudon. Il permettra de tester les propriétés mécaniques et optiques, et d'en valider les performances avant de passer à une production en série pour la construction du CTA. Le cœur du télescope est composé d'un PLC (Programmable Logic Controller) pour la partie sécurité et d'un PC pour la partie contrôle commande.

3.29.3 Activités

Les tâches de la DT sont :

- La conception et développement du programme de pointage du télescope.
- La réalisation du logiciel de contrôle commande.
- La gestion des sécurités du télescope et le développement de son programme.
- Le soutien et le conseil en informatique et en électronique.

L'installation du télescope à l'Observatoire de Paris est prévue à l'été 2015 et sa mise en service fin 2015.

3.29.4 Perspectives

Si ce concept de télescope est retenu pour le projet CTA, plusieurs dizaines de ces télescopes seront construits pour être montés et mis en service sur le site de la Namibie ou du Chili, d'ici à 2020.

La DT INSU aurait un rôle d'expertise pour le logiciel de pilotage et les questions de sécurité matérielle.

Laboratoires partenaires :

APC/Paris 7 : réseau de scintillateurs et « trigger » central

DT INSU : contrôle commande, logiciel de pointage, sécurités

IRFU/CEA : module énergétique et miroirs

LLR/École polytechnique : mécanique de caméra

LPNHE : démonstrateur de caméra

LUTH : gestion du projet SST-GATE et structure du télescope

Personnel DT impliqué

Abdelkader Abchiche ingénieur informatique industrielle / ingénieur en instrumentation

Gilles Buchholtz ingénieur informatique

Nicolas Geyskens ingénieur mécanicien (-> 2012)

Contact

Gilles Buchholtz : gilles.buchholtz@cnr.fr

3.30 Station Benthique

Thématique INSU : Océan-Atmosphère/océan et Surface et Interfaces Continentales

Laboratoire demandeur : LSCE

Chercheur responsable : Christophe Rabouille

3.30.1 Objectif scientifique

La station benthique (SB) autonome permettra d'effectuer des séries de mesures du recyclage de la matière organique à l'embouchure des grands fleuves et dans les zones peu profondes de l'océan côtier. Dans ces environnements contrastés, la SB permettra d'apporter des contraintes sur leur variabilité temporelle, et de calculer des taux de minéralisation du carbone organique dans les sédiments lors d'événements transitoires.

3.30.2 Description technique

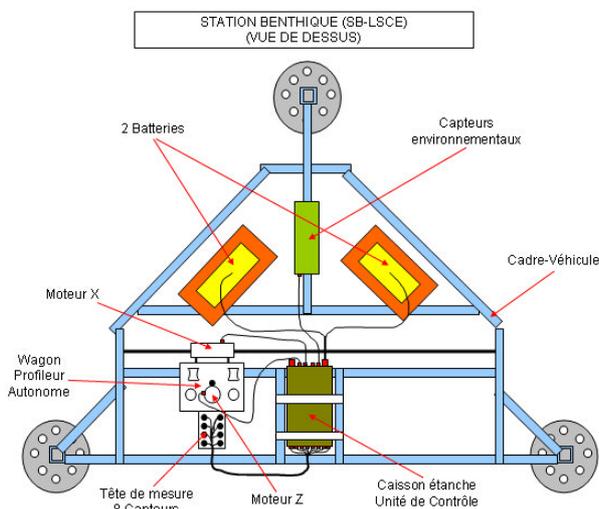


Figure 106 : Schéma de la station vue du dessus

Cette station est constituée de plusieurs éléments :

- 2 batteries de 40 Ah chacune pour alimenter l'instrument et tenir pendant 2 mois en autonomie complète ;
- Le RCM9/11 : système autonome d'acquisition et d'enregistrement de plusieurs paramètres environnementaux (turbidité, température, salinité, oxygène dissous et pression) de la société Aanderaa qui servira à détecter les conditions environnementales particulières (événements) pour déclencher ensuite un échantillonnage à haute fréquence ;
- La tête de mesure ou profileur supportant à sa base 7 microélectrodes d'oxygène et une électrode de résistivité ;

- Le cerveau de la station ou unité de contrôle, constitué d'un caisson étanche contenant toute l'électronique de contrôle et de commande.
- Et enfin la structure métallique permettant, entre autres, la translation horizontale et verticale de la tête de mesure afin d'effectuer des mesures dans les parties intactes du sédiment.

Un PC portable, contenant le programme Interface Homme Machine (IHM) et connecté à la station, permet de faire des tests et configurer la station (mode on-line) et aussi de lancer le programme embarqué avant mouillage (mode off-line).

3.30.3 Activités, campagnes, déploiements



Figure 107 : Mise à l'eau de la station

Nous avons réalisé plusieurs déploiements de la station benthique répartis tout au long de l'année afin d'enregistrer les flux d'oxygène pour toutes les saisons et également durant des périodes particulières de type étiage, tempête ou crue. L'appareil a été installé à la station Mesurho près de l'embouchure du Rhône. Ces missions ont débutées en mai 2011 avec la mission Minerho 1-2 jusqu'à la dernière qui a eu lieu en février 2013 avec la mission Carbodelta 1-2. La station benthique a permis d'obtenir 643 profils en 168 jours répartis sur les 6 missions, avec la mission Minerho 1-2, 30 profils durant 2 jours (03-04 mai 2011), Minerho 3-4, 93 profils durant 14 jours (21 septembre - 04 octobre 2011), Access 1-2, 336 profils durant 60 jours (26 mars - 28 mai 2012), Access 2-3, 96 profils durant 36 jours (21 juin - 27 juillet 2012), Access 3-4, 42 profils durant 4 jours (30 août - 2 septembre 2012) et Carbodelta 1-2, 46 profils durant 2 jour (26-27 février 2013).

3.30.4 Perspectives

Une refonte de la tête de profilage avec un nouveau variateur DT a été engagée en 2014 et se poursuit actuellement.

Personnel DT impliqué

Abdelkader Abchiche : coordination projet, électronique variateur.

Gilles Buchholtz : informatique embarquée.

Oualid Aouji : conception et développement cartes électroniques, routage, intégrations, informatique IHM, tests.

Nicolas Geyskens : conception mécanique.

Aurélien Cléménçon : réalisations mécaniques.

Contact :

Abdelkader Abchiche

abdelkader.abchiche@cns.fr

3.31 Station marégraphique et bouée GPS

Laboratoire demandeur : GEOAZUR et LEGOS
Chercheur responsable : Pascal Bonnefond et Laurent Testut

3.31.1 Contexte

Dans le cadre des programmes FOAM (From Ocean to inland water Altimetry Monitoring) et NIVMER (NIVEau de la MER), une station côtière et un marégraphe ont été développés par la DT Brest, en vue du remplacement des matériels utilisés pour le service ROSAME (Réseau d'Observation Subantarctique et Antarctique du niveau de la MER) et de prévention des tsunamis. Une bouée GPS complémentaire a été développée pour déterminer une référence absolue du niveau de la mer.

La R&D concerne le développement du marégraphe (électronique faible consommation, horloge faible dérive, qualité de la mesure), et de la structure mécanique d'une bouée GPS (dispositif complémentaire de nivellement du niveau de la mer). La station de pilotage qui accompagne l'ensemble pour les applications de terrain intègre différents éléments disponibles dans le commerce (centrale d'acquisition, GPS, station météo, transmission satellite, altimètre radar).



Figure 108 : Marégraphe DT. Capteur de pression Paroscientific. Stabilité thermique: +/-0.05 mbar/°C. Hystérésis +/- 0.18 mbar

3.31.2 Développement du marégraphe

Paramétrable : Le système proposé par la DT permet un contrôle du temps d'intégration du

capteur de pression et des paramètres d'échantillonnage (possibilité de fonctionnement bipériodique).

Précision, stabilité : Le système cherche à minimiser les dérives instrumentales pour une meilleure stabilité absolue de la mesure. Une horloge de précision faible dérive a également été intégrée au microcontrôleur.

Polyvalence : le marégraphe est modulable et peut se transformer en un instrument polyvalent (non limité à sa fonction de marégraphe) autonome ou non. Il offre la possibilité de connecter d'autres capteurs (de types: fluorimètre, oxygène, PAR) pour d'autres applications. Il peut être piloté par une station extérieure (GPS et transmission ARGOS). Le marégraphe dispose d'une option houlographe configurable en mode burst (période et nombre d'échantillons par bursts programmables) dont l'autonomie est de 2 ans avec 4 sessions d'échantillonnage des vagues par jours et un échantillonnage de la marée toutes les 20 minutes.

Autonomie : Le marégraphe consomme 6 μ A en veille, et 54 mA en mesure. Son autonomie est de 3 ans avec un échantillonnage de la marée toutes les 20 minutes.

Conteneur : plastique ou titane.

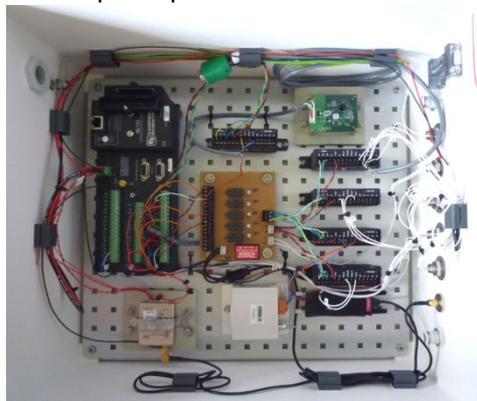


Figure 109 : Station de pilotage. Paramètres météo, altimétrie radar, marégraphe, transmission par satellite, énergie solaire/vent. L'alimentation de la centrale est découplée de celle du marégraphe pour permettre à celui-ci de continuer de fonctionner de manière indépendante en cas de problèmes au niveau de la station (basculement sur une routine de sécurité autonome).

3.31.3 Développement de la bouée GPS

La bouée GPS (antenne GPS montée sur un flotteur de surface) couplée à une station GPS de base localisée à terre au dessus du point de référence géodésique, permet de définir un niveau absolu du niveau de la mer.

- Acquisition données haute fréq. (1 à 10 Hz)
- Précision sub centimétrique en post-traitement (associée à une station de base)
- Possibilité de déploiement en plein océan en mode PPP
- Mesure de la position de la surface libre de l'eau pour étalonner les satellites altimétriques (JASON, ENVISAT)
- Poids : 20 kg, diamètre : 2 m

Une ancre flottante relie les 3 flotteurs au caisson central afin d'améliorer la stabilité.

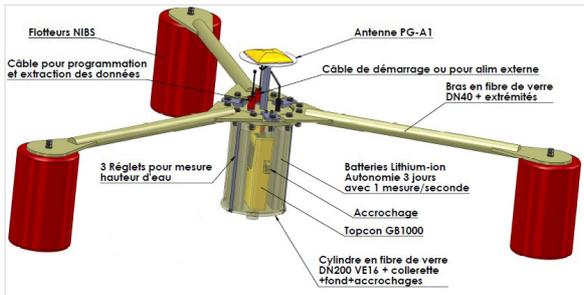


Figure 110 : Dessin de la bouée GPS développée par la DT

3.31.4 Déploiements

Stations marégraphiques côtières : DDU (Antarctique) en janvier 2011, Sao Tomé en octobre 2013, St Paul (TAAF) en mars 2014.

Houlographe, mouillage fond de mer : Kerguelen (TAAF) en mars 2014.

Marégraphes autonomes : Iles Eparses (océan indien) en avril 2011, Senetosa (Corse) en juillet 2011.

Personnel DT impliqué :

Cedric Brachet Michel Calzas
Christine Drezen Christophe Guillerm
Antoine Guillot

Contacts :

Pascal Bonnefond (GEOAZUR)
pascal.bonnefond@obs-azur.fr
Michel Calzas (DT)
michel.calzas@cnsr.fr
Laurent Testut (LEGOS)
laurent.testut@univ-lr.fr

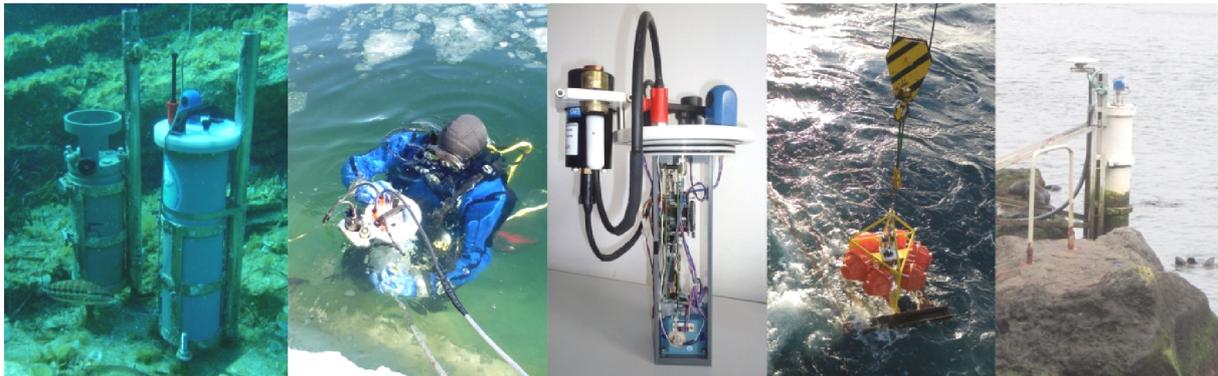


Figure 111 : Marégraphe de Senetosa, Installation à DDU, marégraphe polyvalent de DDU, mouillage de Kerguelen, puits marégraphique de St Paul



Figure 112 : Bouée GPS au bassin d'essai, station GPS de base à terre, bouée GPS sous la trace du satellite Jason2 sur le site de mesures de Senetosa.

3.32 STRATEOLE 2

Thématique INSU : Océan-Atmosphère
Laboratoire demandeur : LMD
Chercheur responsable : Albert Herzog

3.32.1 Objectif scientifique

Le projet Stratéole 2 vise à réaliser deux campagnes d'observations de la haute troposphère/basse stratosphère équatoriale à l'aide de ballons pressurisés capables d'effectuer des vols de plusieurs mois dans l'atmosphère.

Au cours des campagnes, les ballons emporteront un ensemble d'instruments réalisant soit des mesures in situ, soit à distance. Ces instruments sont développés par différents laboratoires en France et aux Etats-Unis. Ils permettront de documenter les processus dynamiques et microphysiques intervenant dans le couplage troposphère/stratosphère aux basses latitudes, de caractériser la qualité des modèles météorologiques opérationnels dans les tropiques, ainsi que de contribuer aux activités d'étalonnage et validation d'instruments satellitaires (ex. ADM/Aeolus, EarthCare).

3.32.2 Description technique

Pendant les vols, les instruments seront intégrés dans la Nacelle Charge Utile (NCU) qui assurera les fonctions de plate-forme : intégration mécanique, isolation et contrôle thermique, localisation/datation des observations, fourniture de l'énergie, télémesures/télécommande. La NCU devra être capable de fonctionner de manière autonome pendant 3 mois, en environnement stratosphérique (50-70 hPa, -80°C).

Les contraintes de masse embarquée sous ballons pressurisés sont telles qu'il est impossible de faire voler l'ensemble des instruments sur tous les vols. Quatre combinaisons d'instruments ont été identifiées permettant de réaliser les objectifs scientifiques du projet. Ces quatre combinaisons conduiront à autant de configuration de nacelles NCU. L'objectif de masse visé pour la NCU est 12 kg, auquel viendront s'ajouter 9 kg d'instruments. Il est cependant à noter que la possibilité de présenter d'autres instruments que ceux actuellement identifiés n'est pas fermée, y compris pour des expériences d'opportunité.

3.32.3 Perspectives

Le WorkPackage 1 est sous la responsabilité de la Division Technique de l'INSU.

- Mécanique : (design, calculs, atelier, réalisation, intégration)

Cette tâche consiste en la conception et la réalisation des coques externes des nacelles (toutes configurations), ainsi que la structure interne permettant l'intégration des instruments et des différents sous-systèmes.

- Thermique : (design, calculs, réalisation)

Il est demandé un support en termes de design et calculs de la thermique de la NCU.

Une campagne technologique destinée à qualifier en vol le comportement des charges utiles, ainsi que des nacelles développées pour le projet, est prévue en 2017.

Les deux campagnes scientifiques sont prévues en 2018 et 2019.

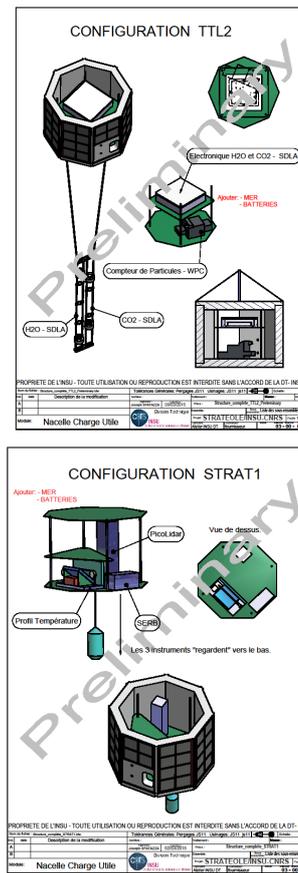


Figure 113 : Exemples de configurations possibles de la nacelle Stratéole 2

Contacts :

Mécanique : Joseph Spatazza
joseph.spatazza@cnr.fr

Thermique : Christophe Berthod
christophe.berthod@cnr.fr

3.33 ANR SUBGLACIOR et ERC ICE&LASERS

Thématique INSU : Océan-Atmosphère
Laboratoire demandeur : LGGE
Chercheur responsable : Jérôme Chappelaz

3.33.1 Objectifs scientifiques

L'objectif du projet SUBGLACIOR est de concevoir, réaliser et mettre en œuvre un ensemble de forage glaciaire capable de réaliser certaines mesures géochimiques in situ dans les calottes de glace (mesures réalisées dans l'ensemble de forage en même temps que la perforation de la glace) par le biais d'un spectromètre laser embarqué dans l'ensemble de forage. Il n'est plus question ici de carottage, mais plutôt de forage destructif rapide, dont seulement une partie de la glace sera récupérée pour être analysée directement dans la sonde par détection laser.

3.33.2 Nouveaux concepts et avancées techniques

L'ensemble de forage sera constitué :

- de l'engin de forage qui inclura un spectromètre laser (selon la technique OFCEAS brevetée par le LiPhy) et l'électronique embarquée permettant la transmission des données en surface ;
- une longue tubulure spéciale qui permettra de relier l'engin de forage à la surface, de transmettre la puissance électrique à l'engin de forage, d'amener un fluide (de forage ou caloporteur) de la surface jusqu'à l'engin de forage, et d'évacuer les copeaux (dans une des options du design d'ensemble) ;
- un treuil permettant à l'engin de monter ou descendre dans le trou (par l'intermédiaire de la tubulure auquel il est relié).

Cet ensemble de forage doit pouvoir être mis en œuvre pour forer jusqu'à 3000/4000 mètres de profondeur dans la calotte de glace Antarctique en une seule saison de terrain, soit en moins de 90 jours. Il doit aussi être transportable pour une petite traverse terrestre ou par un avion de taille moyenne (Dash 7, BT 67,...). L'appareil doit permettre de mesurer en continu deux signaux extrêmement importants : isotopes de l'eau (climat Antarctique), teneur en méthane (proxy du climat boréal).

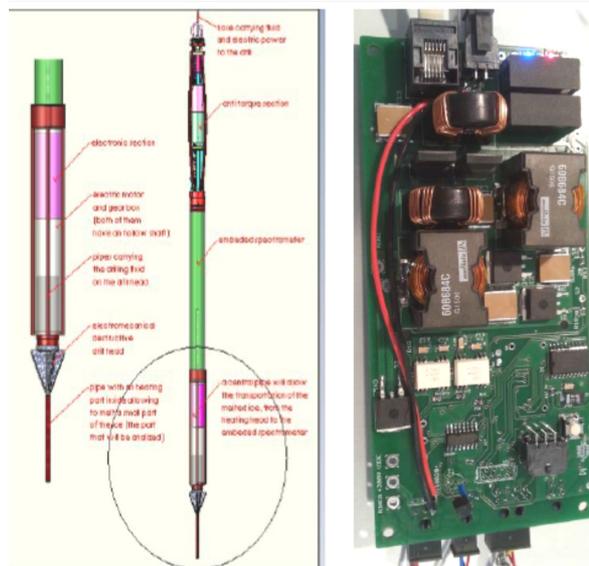


Figure 114 : Sonde et carte électronique de régulation en température

La DT est impliquée dans la R&D concernant le développement du système de chauffage et du maintien en température du spectromètre embarqué.

Cette sonde emportera un instrument laser capable de mesurer en temps réel un signal à signification climatique (les rapports isotopiques de l'eau constituant la glace) ainsi que la concentration en gaz à effet de serre dans les bulles d'air piégées dans la glace.

La température du spectromètre laser doit être régulée à $+20^{\circ}\text{C} \pm 0.02^{\circ}\text{C}$.

Une carte électronique gère cette consigne par PID et bandes chauffantes. La puissance de chauffage est pilotée par modulation de largeur d'impulsion (Pulse Width Modulation en anglais). Or les photodiodes du spectromètre sont sensibles au bruit. Ce signal PWM est donc converti par un filtre « buck converter » en un courant continu sous 180 V proportionnel à la largeur des impulsions.

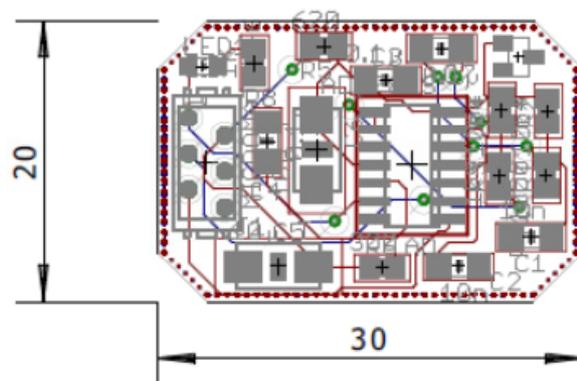


Figure 115 : Sonde de température intégrée dans le spectromètre de SUBGLACIOR

Les bandes chauffantes sont collées à même le spectromètre.

Afin de limiter les pertes de chaleur, un isolant de faible épaisseur (5 mm) a été dessiné et moulé en forme de tube.

Trois sondes de température sont réparties sur le spectromètre afin de mesurer au mieux les gradients de température le long du tube chauffé.

3.33.3 Tests

Afin de tester le comportement de la sonde et ses performances avant son utilisation dans la glace antarctique, la sonde a été déployée en mer Méditerranée, en mesurant les gaz dissous, du 8 au 14 juillet 2014, grâce au navire scientifique Téthys II de la flotte océanographique du CNRS.

Les conditions météorologiques défavorables (forte houle) ont obligé à limiter la profondeur de déploiement à environ 600 mètres sous la surface de la mer. Les premiers résultats s'avèrent toutefois très prometteurs : pour la première fois, un profil très détaillé de la concentration du méthane dissous dans l'eau a été obtenu, montrant des variations le long de la colonne d'eau à l'échelle de seulement quelques dizaines de mètres, qui semblent corrélées à des variations de la teneur en oxygène mesurée grâce à un autre instrument embarqué. Ce succès ouvre la voie à d'autres développements très prometteurs. En effet, plusieurs gaz traces autres que le méthane pourraient être analysés à l'avenir dans l'eau de mer, en utilisant des longueurs d'onde différentes d'absorption infrarouge.

Personnel DT impliqué

Michel Calzas
Christophe Guillerm

Contacts

Michel Calzas (DT) michel.calzas@cns.fr
Jérôme Chappelaz (LGGE)
 chappelaz@lgge.obs.ujf-grenoble.fr
Roberto Grilli (LiPhy)
 roberto.grilli@ujf-grenoble.fr
Daniele Romanini (LiPhy)
 daniel.romanini@ujf-grenoble.fr
Jack Triest (LGGE)
 triest@lgge.obs.ujf-grenoble.fr

3.34 TRANSMED

Thématique INSU : Océan-Atmosphère / Océan
Laboratoire demandeur : MIO
Chercheur responsable : Isabelle Taupier-Letage

3.34.1 Contexte/objectifs scientifiques

Le but du programme TRANSMED est de développer un réseau de navires d'opportunités sur des routes régulières pour monitorer à faible coût les eaux de surface en Méditerranée en utilisant des systèmes autonomes pour mesurer les paramètres de base que sont la température (Sea Surface Temperature) et la salinité de surface (Sea Surface Salinity).

3.34.2 Descriptif du projet général

Il s'agit de réaliser un thermosalinomètre autonome embarqué sur des navires d'opportunité. Le système est constitué d'un thermosalinomètre, d'une pompe d'eau de mer sur une prise d'eau de mer du bateau et d'un système informatique pour piloter le système.

Les fonctions du logiciel installé sur le système sont le pilotage de la pompe, l'acquisition des données et l'envoi des données.

Un accès 3G permet la télémaintenance pour diagnostiquer des pannes ou pour modifier des configurations.

Les données sont envoyées en temps réel en utilisant généralement le système de communication du navire. A terre, ces données sont transmises en temps réel au centre de données CORIOLIS.

Une application web permet de vérifier le bon fonctionnement du système sur chaque navire.

3.34.3 Contribution/rôle/tâches/livrables de la DT

- Étude, développement et maintenance du système informatique.
- Support pour l'installation du système sur de nouvelles lignes.
- Les autres tâches (mécanique, électrique, ...) sont assurées par le laboratoire demandeur.

3.34.4 Planning

- 2012 : Développement du système informatique.
- 2013-2014 : Installations sur de nouvelles lignes.
- 2015 : Améliorations de l'application web de monitoring et installation sur de nouvelles lignes.

Personnel DT impliqué

Karim Bernardet, karim.bernardet@cnsr.fr
Elodie Godinho, elodie.godinho@cnsr.fr
Zouhir Hafidi, zouhir.hafidi@cnsr.fr

Contacts

Gilles Rougier (MIO), gilles.rougier@ifremer.fr
Isabelle Taupier Letage (MIO), isabelle.taupier.letage@ifremer.fr

Liens web

<http://www.ifremer.fr/transmed/>

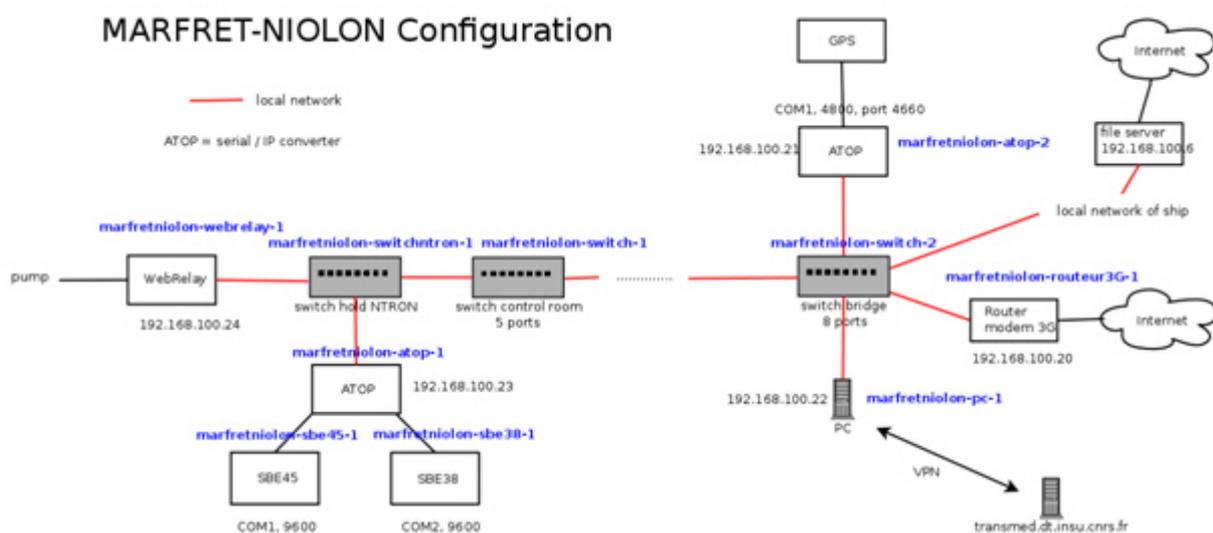


Figure 116 : Configuration réseau sur le navire RoRo MARFRET- NIOLON

4 Parcs nationaux et TGIR

4.1 La flotte du CNRS



4.1.1 Contexte de la TGIR FOF

La flotte du CNRS fait partie de l'ensemble des navires hauturiers et engins sous-marins de la Très Grande Infrastructure de Recherche Flotte Océanographique Française (TGIR FOF). Cette TGIR, créée en 2008, a pour but de permettre l'accès de tous les océans et mers du globe, hors zone polaire, aux activités de recherche. Les navires côtiers et ceux de station permettent d'assurer un continuum avec les zones côtières et littorales. La TGIR FOF regroupe les moyens navals du CNRS, de l'Ifremer, de l'IPEV et de l'IRD.

La TGIR FOF occupe une place de premier rang sur la scène internationale, de par la qualité des publications issues des campagnes océanographiques, le niveau de performance de ses moyens et l'avance significative dans certains

segments innovants comme les systèmes sous-marins et le carottage sédimentaire profond.

En mars 2011, l'UMS Flotte Océanographique Française est créée, commune au CNRS, à l'Ifremer, à l'IPEV et à l'IRD. Elle assure la gouvernance de la TGIR FOF autour de trois missions :

- élaborer et mettre en œuvre la programmation intégrée des navires et des équipements lourds ouverts aux appels d'offres nationaux ;
- assurer la prospective, la définition et la coordination du plan d'évolution de la flotte, en prenant en compte les besoins des opérateurs nationaux publics non membres de l'UMS (TAAF, Marine nationale) ;
- coordonner les politiques d'investissement.

Chacun de ses membres demeure l'opérateur budgétaire de ses moyens navals et continue d'assurer la maîtrise de ses relations contractuelles avec le gestionnaire technique de ses moyens dans le respect des décisions de programmation prises par l'UMS. De même, la réalisation des investissements correspondant aux priorités approuvées par le Codir de l'UMS Flotte est faite par les membres fondateurs.

Statuts UMS, unité mixte de service	Organismes opérateurs : CNRS, IFREMER, IPEV, IRD
Finalité Service	dates clés : mars 2011 : création de l'UMS jalons clés : 2013 : présentation du plan de renouvellement des navires et engins au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Chiffres clés : <ul style="list-style-type: none"> • Budget annuel (fonctionnement, personnel et investissement courant) : 70 M€ (base 2013) • Budget de renouvellement présenté dans le plan de renouvellement de la Flotte : plus de 300 M€ (2014 – 2030) 	Autres chiffres clés <ul style="list-style-type: none"> • Personnel de l'UMS : 9 ETP • Personnel des organismes et des sous-traitants (CNRS DT-INSU, CMA-CGM, Genavir) impliqués dans le fonctionnement de la TGIR : plus de 500 • Utilisateurs : environ 3000 chercheurs • Publications rang A/an : environ 200
Mots clés : flotte océanographique, mers et océans, sciences de l'univers dont climat, sciences de l'environnement, biosphère, biodiversité, bio prospection, ressources marines vivantes, minérales et énergétiques.	
Localisation : TGIR distribuée	

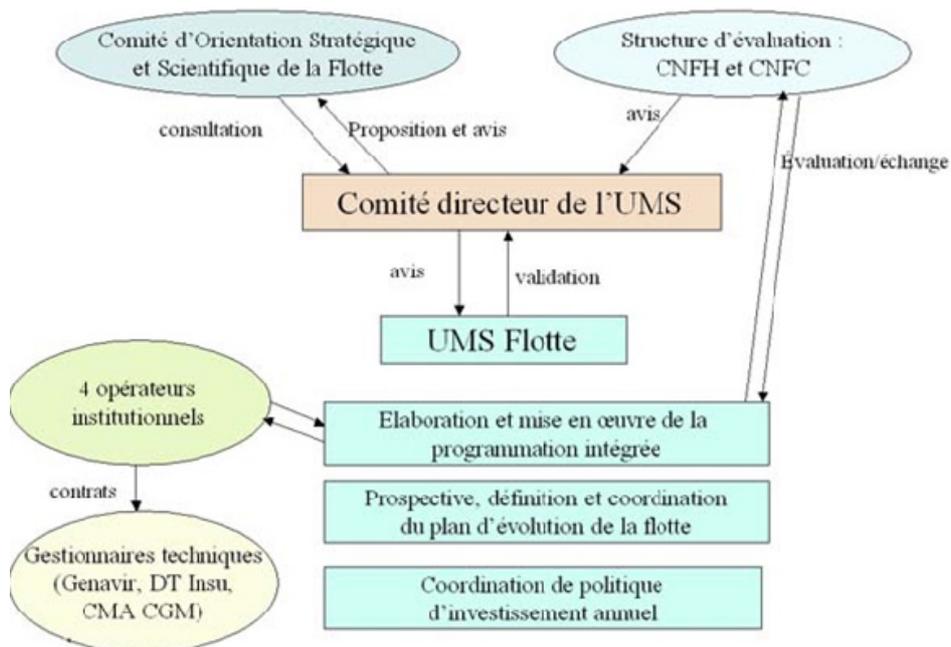


Figure 117 : Structuration de la TGIR FOF

La gouvernance de l'UMS comprend un comité directeur composé des représentants des quatre membres fondateurs et associant les représentants de la structure d'évaluation des campagnes scientifiques (CNFH et CNFC), le président du COSS et la direction de l'UMS.

Le Comité d'Orientation Stratégique et Scientifique de la flotte (COSS) est la structure de conseil et de stratégie de la TGIR. Ce comité est mis en place par le comité directeur de l'UMS.

La programmation pluriannuelle s'appuie sur les avis scientifiques exprimés par la structure d'évaluation (CNFH pour le hauturier et CNFC pour le côtier). Ces commissions d'évaluation indépendantes sont mises en place par le COSS.

4.1.2 Périmètre de la Flotte CNRS au sein du TGIR FOF

La flotte CNRS opérée par la Division Technique est composée :

- de deux navires côtiers (ou de façade) : le Téthys II, le Côtes de la Manche

Les navires côtiers utilisés en Manche-Atlantique et en Méditerranée permettent la réalisation de campagnes scientifiques nombreuses et variées avec une capacité à assurer un continuum de

moyens entre le littoral et le hauturier.



Figure 118 : les navires de façade de la flotte océanographique du CNRS

- de sept navires de station : Antedon II (Marseille), Sepia II (Wimereux), Nereis (Port Vendres), Neomysis (Roscoff), Albert Lucas (Brest), Planula IV (Arcachon), Sagitta III (Villefranche sur mer).

Les navires de station sont opérés par la Division Technique de l'INSU et coordonnés par les OSU ou stations marines selon les cas. L'accès à un navire était jusqu'à présent régi par des procédures locales. L'entrée dans le périmètre de l'UMS a nécessité la mise en place d'une procédure nationale garantissant l'accès à l'ensemble de la communauté scientifique sur le territoire national ; ces modalités d'accès ont été validées par le COSS.

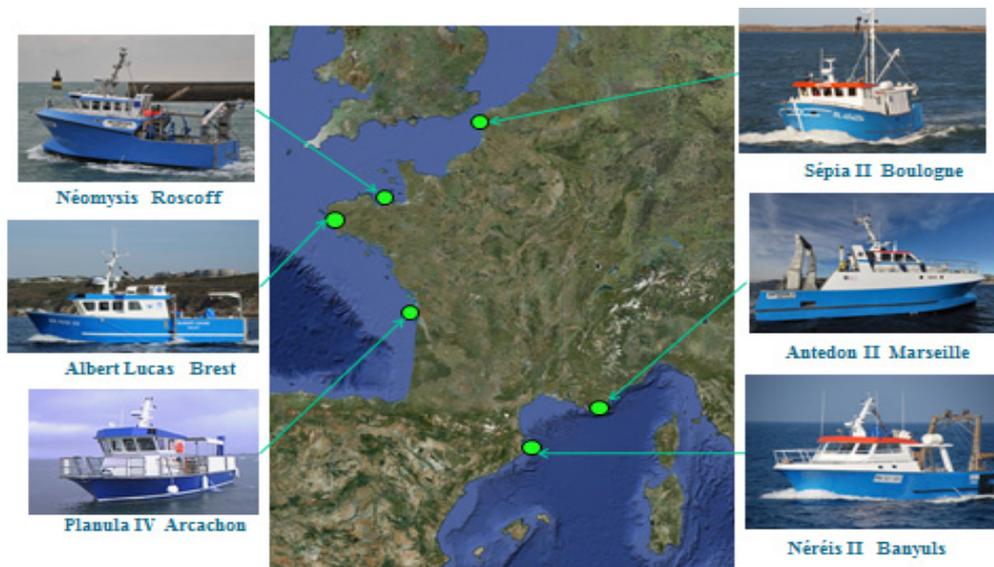


Figure 119 : Les navires de station de la flotte océanographique du CNRS

L'intégration des navires de station dans le périmètre coordonné par l'UMS Flotte a permis de conserver la nécessaire souplesse et la réactivité de la programmation de ces navires. La vocation première est l'utilisation pour de courtes durées (souvent la journée) et dans des zones géographiques limitées (rayon d'action à proximité des OSU et stations marines).

Les navires de station sont répartis sur toutes les façades maritimes métropolitaines et peuvent réaliser des sorties de une journée à 3 jours pour les plus récents.

Des informations techniques sont disponibles sur le site de la Flotte Océanographiques Française :

<http://www.flotteoceanographique.fr>

4.1.3 Activité des navires

La flotte est utilisée prioritairement pour effectuer des recherches scientifiques et des observations dans tous les domaines de

l'océanographie appartenant principalement aux sciences de l'Univers et aux sciences de l'environnement : géosciences marines, océanographie physique et biologique, bio-géochimie et chimie des océans, paléoclimatologie, biodiversité marine, etc.

Répondant également à des besoins de surveillance, d'expertise ou de missions de service public pour le compte de l'Etat, elle permet d'aborder les thèmes de l'hydrographie, de l'environnement côtier, des ressources halieutiques, de la délimitation de la ZEE, ainsi que les aléas sismiques, volcaniques et gravitaires (tsunami).

Elle est également sollicitée dans le cadre d'affrètements, de partenariats recherche-industrie avec le monde socio-économique, notamment dans le domaine des ressources minérales et énergétiques.

Elle participe enfin à la formation à la recherche en liaison avec les universités.

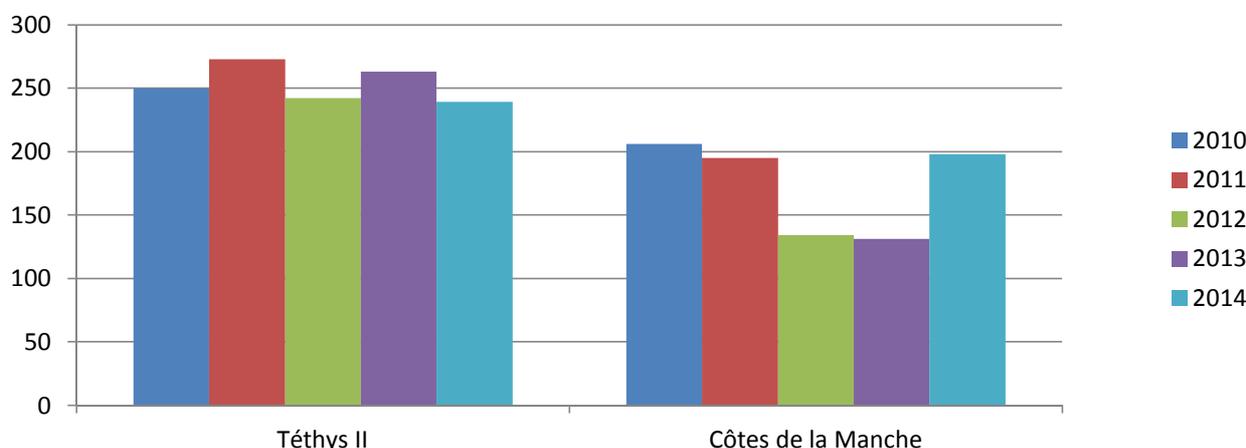


Figure 120 : Activité des navires de façade en jours de mission sur la période 2010 – 2014

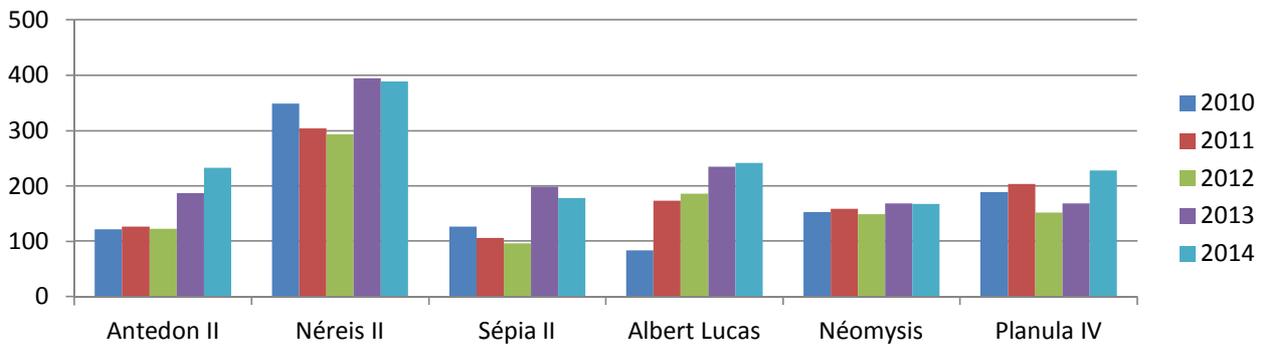


Figure 121 : Activité des navires de station en nombre de sorties sur la période 2010 – 2014

4.1.4 Personnels et budget

Personnels

- **Personnels CDI marins**
 - Un capitaine d’armement responsable de la gestion technique et administrative des navires et des équipages.
 - Un assistant au capitaine d’armement.
 - Un ingénieur d’armement responsable du suivi technique et de la maintenance des navires.
 - Environ 50 marins embarqués.
- **ITA**
 - Une cellule administrative composée de 4 gestionnaires dédiées également à la gestion administrative du site de la Division Technique dans son intégralité.
 - Le service instrumentation du site de la Seyne sur Mer en charge de la maintenance de l’instrumentation embarquée à bord des navires et du traitement et de l’archivage des données.

- Le service informatique de la DT en charge de la refonte du système de communication des navires (ex Daufin Coffin).

Budget :

Le budget du TGIR flotte est réparti en 3 items distincts, à savoir :

- le fonctionnement des navires qui comprend l’ensemble des consommables (GO, fluides, huiles) ainsi que les vivres et les frais d’escales en France et à l’étranger.
- les investissements (Maintenance Courante Opérationnelle) qui correspond à la maintenance de 1^{er} niveau pour rendre opérationnels les navires et les équipements associés (coque, moteur et appareils).
- La masse salariale qui comprend les salaires bruts, les cotisations armateur ainsi que les frais de missions des marins pour embarquer et débarquer des navires lors des changements d’équipages.

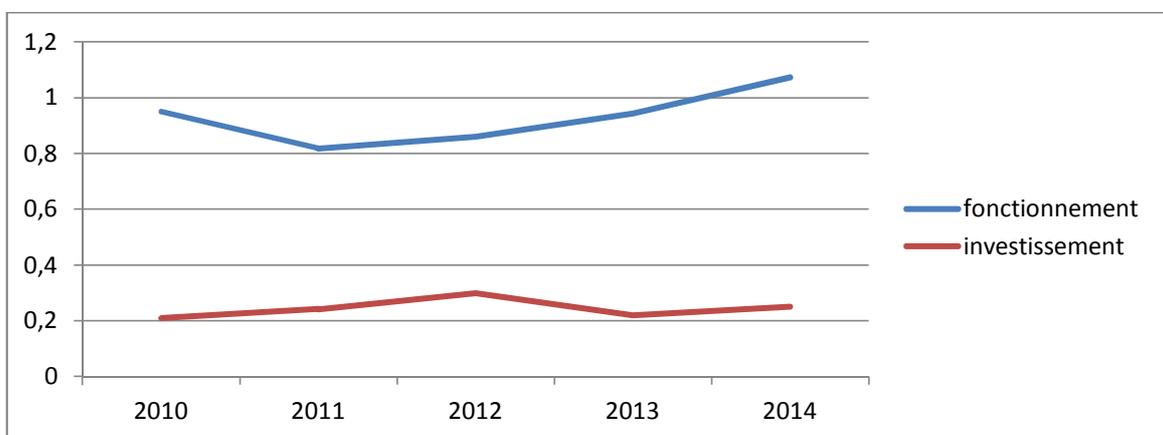


Figure 122 : Dépenses (M€) de fonctionnement et d’investissement des N/O CNRS de 2010 à 2014

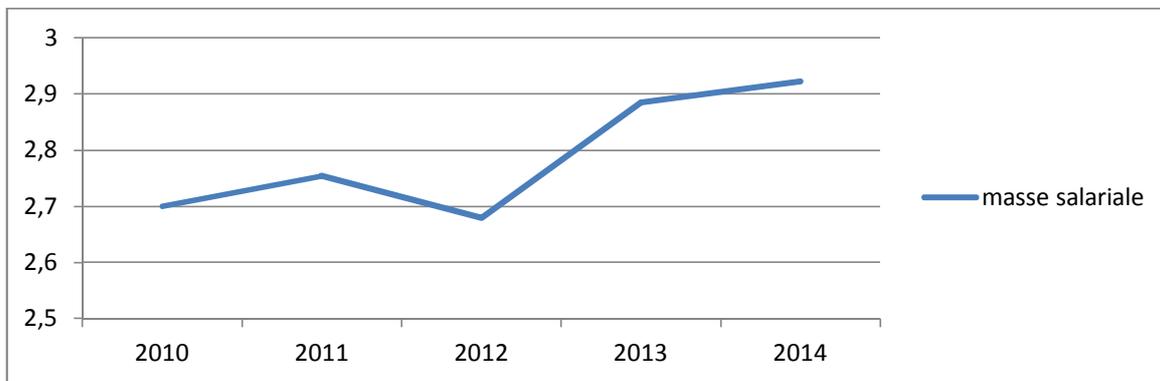


Figure 123 : Evolution de la masse salariale des marins CNRS de 2010 à 2014 en M€

4.1.5 Modernisation des équipements

Ces modernisations correspondent à des investissements exceptionnels pour le remplacement d'équipements devenus obsolètes ou non, maintenus dans le temps par les équipes en interne DT ou par les fournisseurs.

Sur la période 2010-2014 :

- Refonte du système Daufin/Cofin sur les navires de façades par un système satellite VSAT (début projet fin 2013 mise en exploitation sur Téthys en 2015).
- Remplacement de l'ADCP du Téthys II à l'arrêt technique de fin 2014 et janvier 2015 en France.
- Refonte du système de transmission des données pour les 6 navires de station avec un système 4G.

4.1.6 Plan d'évolution de la flotte (PEF)

Si la flotte nationale a réussi à maintenir jusqu'à présent une place de premier rang au niveau mondial, au service de plus de 3000 utilisateurs scientifiques, elle souffre désormais d'un déficit récurrent de financement de son fonctionnement.

Le budget de fonctionnement annuel moyen sur les trois dernières années de la TGIR comprenant la masse salariale, les dépenses d'exploitation des navires et les investissements courants s'élève à 71 M€ dont 77% est financé par la subvention pour charge de service public (SCSP) et 23% par des ressources propres des organismes. Malheureusement, la SCSP n'augmente pas mais les coûts de fonctionnement croissent de manière importante, notamment en raison de l'augmentation des coûts de carburants (+3,5 M€ depuis 2009) ce qui impose aux organismes

opérateurs d'accroître leurs ressources extérieures pour équilibrer le budget de fonctionnement, tâche qui s'avère difficile, compte tenu de l'étroitesse du marché et de la concurrence existante.

Les projets identifiés dans le cadre du PEF pour le compte du CNRS sont :

- **Projet financé**
 - 2013-2015 : renouvellement de la Sagitta II à Villefranche sur Mer, budget 905 k€ TTC, livraison en février 2015 (financement pour moitié par le CNRS et l'UPMC).
- **Projets non financés**
 - 2015-2016 : refonte et jumboïsation du Côtes de la Manche, budget 3 millions d'euros.
 - 2017 : renouvellement du Sépia à Boulogne, budget 600 k€.
 - 2017-2018 : projet de navire régional (~60 m), budget 45 M€, pour la recherche académique, l'observation et l'enseignement, prioritairement affecté à la Méditerranée.

4.1.7 Perspectives

Dans un contexte budgétaire extrêmement contraint, la flotte, de façon impérative, doit faire face à brève échéance à la fin de vie de certains navires et à l'obsolescence de certains équipements. Un plan de renouvellement de la flotte a été établi et lissé sur les prochains triennaux en concertation entre les organismes membres de la TGIR, l'UMS Flotte, le COSS et la DGRI.

Ce plan, afin de rester dans une épure raisonnable en termes d'investissement dans les

prochaines années, privilégie la prolongation de vie ou la modernisation des navires au détriment d'infrastructures nouvelles repoussées dans le temps, de façon à garder le caractère multifonctionnel et tous océans affirmé de la TGIR. Ce plan, revu a minima, nécessite, en lissage jusqu'en 2030, un besoin de financement de l'ordre de 16 M€ par an à partir de 2014.

Personnel marin

Emmanuel Alessandrini
Patrick Allain
Hervé Bablin
Philippe Berezay
Philippe Boissard
Stéphane Briand
Gwénael Brusq
Frédéric Carral
Jean-Yves Carval
Arnaud Catania
Mickael Cavol
Robert Coffec
Stéphane Coffin (-> 2014)
Benoît Coustre
Cyril Cozic
Mickael Cruble
Bernard Deligondes

Dany Deneuve
Bertrand Dupouy
Patrick Even
Noël Guidal
Xavier Kerivel
Renaud Le Bourhis (-> 2013)
Joël Le Doaré
Vincent Le Duhevat
Yves Le Moal
Stéphane Le Ridant
Eric Le Rudulier
Frédéric Lebreton
Noël Lefilliatre
Laurent Lefort
Joël Leguennec
François Leven
Arnaud Mahaud

Germain Maldonado
Christophe Mariotti
Gilles Maron
Eric Martinez
Jean-Luc Martinez
Daniel Morigeon
Jean-Marie Perennou
Malika Oudia (ITA)
Joël Perrot
Pierre Pichon
Jean-Luc Prevost
Francis Prince
Franck Quéré
Jean-François Roques
Clément Schneider
Patrick Tixidor

Personnel DT impliqué:

Personnel ITA

Sophie Agius-Poli : administration (->2012)
Marion Blondeau : administration (depuis 2013)
Céline Heyndrickx : instrumentation
Frédéric Le Moal : instrumentation (depuis 2013)
Malika Oudia : CNFC
Josiane Pellegrino : administration

Contact :

Emmanuel Alessandrini (DT) :
emmanuel.alessandrini@cns.fr

Liens web

<http://www.flotteoceanographique.fr>

4.2 L'instrumentation embarquée sur les navires

Afin de permettre aux scientifiques français de contribuer à une meilleure gestion de la zone côtière et de déterminer son rôle dans le fonctionnement de notre planète, la Division Technique de l'INSU et son armement de 60 marins gèrent une flottille de navires répartis sur les deux façades Méditerranée et Mer du Nord-Manche-Atlantique, ainsi que le parc instrumental embarqué.

Les navires sont équipés d'instruments scientifiques enregistrant en permanence des données physiques des océans. Le service « Instrumentation des Navires » de la Division Technique de l'INSU a pour but d'une part de garantir le bon fonctionnement en continu de ces appareils, et d'autre part de traiter et mettre à disposition les données que les navires acquièrent.

4.2.1 Les types d'instruments installés à bord des différents bateaux

4.2.1.1 Le thermosalinographe (TSG)

De marque Seabird (SBE21 ou SBE45 pour les microTSG), il est équipé de capteurs de température et de conductivité, et relié à une sonde déportée de température (SBE38) et à un fluorimètre (uniquement le Téthys II). Cet instrument mesure les données de température et de salinité de surface pendant que le navire est en route.



Figure 124 : Thermosalinographe Seabird SBE21

En plus d'un entretien rigoureux, il doit être régulièrement contrôlé et ré-étalonné afin de garantir la fiabilité de sa mesure. Dans ce but, les appareils du Service sont envoyés en étalonnage après 12 mois de service en mer, et la dérive du capteur de conductivité est suivie grâce à des

dosages de la salinité d'échantillons d'eau de mer (prélevés à bord quotidiennement).

4.2.1.2 Le fluorimètre

De la marque Turner Designs (10-AU-500), il est monté en flux continu sur le Téthys II, relié au TSG. En émettant de la lumière à une longueur d'onde de 340 – 500 nm (vert), sa lampe excite les pigments contenus dans les cellules de phytoplancton et provoque leur fluorescence (émission d'une lumière à une longueur d'onde >665 nm, donc rouge). On peut ainsi en déduire la concentration relative en pigment, notamment la chlorophylle a, de l'eau de mer, la mesure de la chlorophylle a étant utilisée comme indicateur de la biomasse phytoplanctonique dans les eaux naturelles.



Figure 125 : Fluorimètre Turner designs 10-AU-500

4.2.1.3 Le courantomètre de coque à double effet Doppler

Le Téthys II et le Côtes de La Manche sont équipés de profileurs de courant à effet Doppler (VmADCP) permettant la mesure en continu de profil de courant, c'est-à-dire de la vitesse de l'écoulement d'une colonne d'eau sur plusieurs couches d'épaisseur déterminée.

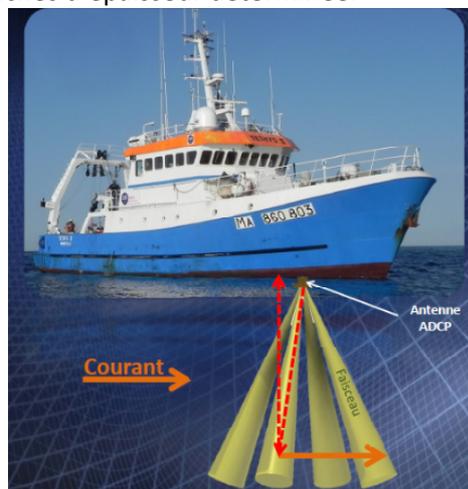


Figure 126 : Principe de fonctionnement du VmADCP embarqué sur le Téthys II

Le VmADCP utilise le principe de l'effet Doppler : un signal émis de fréquence fixe, rencontrant une source en mouvement, sera perçu par un observateur immobile avec une fréquence décalée. Cet écart entre la fréquence du signal émis et la fréquence du signal reçu est directement lié à la vitesse relative de la source par rapport au récepteur. Ce principe est valable en acoustique, en optique ou en électromagnétique.

Les courantomètres à effet Doppler mesurent la vitesse de déplacement de matières en suspension. N'ayant pas de mouvement propre, ou alors négligeable devant la vitesse du courant, le déplacement de ces particules traduit donc la vitesse du courant marin.

La particularité d'un ADCP embarqué tient à ce qu'il est en mouvement : la partie importante du traitement des données consistera à soustraire la vitesse du navire et à s'affranchir des perturbations causées par ses mouvements propres (roulis, tangage). Afin d'évaluer le mieux possible ces mouvements propres, les navires sont équipés de GPS 2 têtes (Hemisphere VS330) permettant de mesurer leur position, leur cap et leur attitude (roulis/tangage) très précisément.

4.2.1.4 Le câble électroporteur

Il s'agit d'un câble en acier constitué en son centre d'une âme contenant plusieurs conducteurs. Il a pour fonction d'alimenter les appareils de mesure tout en acheminant les données vers la centrale d'acquisition.

Le diamètre du câble utilisé varie suivant son utilisation, plus précisément suivant l'effort de traction qu'il subit. Par ailleurs, pour assurer une continuité électrique du câble lors de son enroulement ou déroulement sur le tambour du treuil, un système de contacts tournants est fixé à une extrémité de l'arbre du tambour.

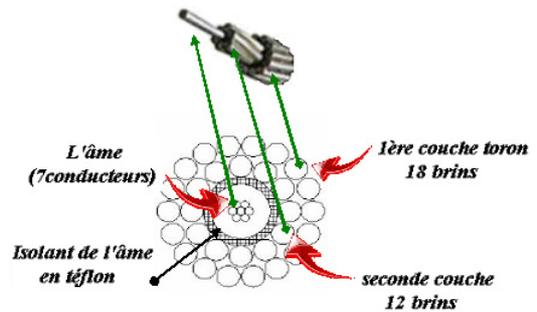


Figure 127 : Câble électroporteur embarqué typique

4.2.1.5 Le système d'acquisition et de communication des données

Ce service permet la communication bidirectionnelle entre la terre et les navires en utilisant une liaison hertzienne. L'échange bidirectionnel de fichiers utilise les serveurs FTP situés à terre et à bord des navires. Sur les navires, le système est en libre accès dans la limite d'un volume quotidien de 4 Mo actuellement. L'interface à terre est le serveur web cofin.dt.insu.cnrs.fr et les transmissions reposent sur les mêmes critères que pour le mail : authentification de l'utilisateur et volume limité.

Ce système est conçu également pour permettre l'acquisition de données en provenance des différents capteurs du bord (navigation, météo et capteurs scientifiques). Pour certains capteurs, cette acquisition se fait directement sur le serveur Neptune qui stocke ces données, les affiche dans le laboratoire par l'intermédiaire du PC Pénélope et les transmet sur un serveur à terre quand la liaison 3 G est active. Pour d'autres, en particulier pour les capteurs scientifiques, il est nécessaire de transiter par un PC d'acquisition spécifique au capteur en amont du serveur Neptune.

Pour mémoire le volume global de ces capteurs n'excède pas 1 Mo/24h par navire hors ADCP.

Ce système est maintenant obsolète et est en cours de remplacement (voir plus loin).

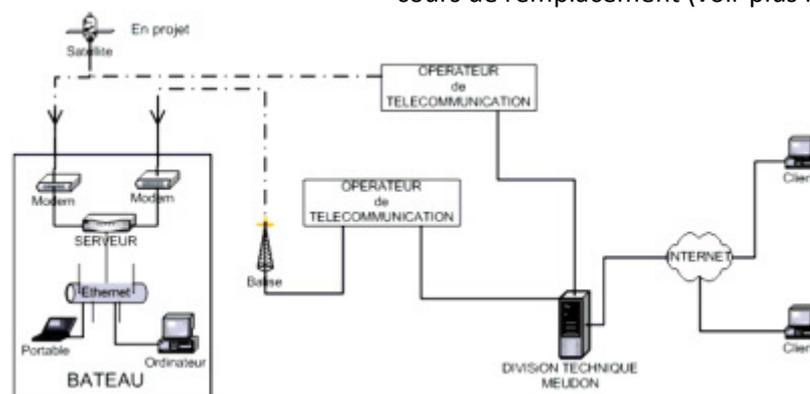


Figure 128 : Schéma de fonctionnement des transmissions de données sur les N/O CNRS de façade (jusqu'en 2014)

4.2.2 Objectifs de la période 2010-2014

- Maintenance préventive et curative des instruments.
- Mise à disposition des données fiabilisées et actualisées.
- Mise en place de l'intégration des données dans la base CORIOLIS.
- Installation d'un VmADCP sur le Côtes de la Manche.
- Remplacement du VmADCP du Téthys II.
- Refonte du système d'acquisition et de communication des données.
- Implication et formation des équipages dans la mise en œuvre et le suivi des instruments.

4.2.3 Avancement et réalisation

4.2.3.1 Maintenance préventive et curative des instruments

Afin d'améliorer la qualité et l'efficacité des interventions, nous avons entrepris plusieurs actions telles que la rédaction de procédures d'intervention, la mise en place de fiches d'intervention et un archivage numérique systématique de tous les documents associés.

Suite à des problèmes récurrents de câble électroporteur, des modifications ont été apportées à celui-ci. Nous avons changé de méthode pour réaliser l'épissure entre le câble acier et le cordon de connexion utilisateur. Des modifications ont été réalisées à la fois sur les collecteurs tournants et sur leur interfaçage mécanique avec le touret du treuil.

Les équipages des navires ont été formés à la mise en œuvre des instruments et à la maintenance du câble électroporteur. Des procédures de mesure et de diagnostic ont été mises en place afin d'améliorer le suivi et la rapidité d'intervention.

La prochaine amélioration sera, en partenariat avec le service informatique, le développement et le déploiement d'une application de gestion de la maintenance. Cet outil permettra la gestion quotidienne des instruments, la mise en place d'alertes et la gestion des documents associés.

4.2.3.2 Mise à disposition des données fiabilisées et actualisées

Les données d'hydrologie sont collectées à bord puis vérifiées par un agent afin d'être mises à la disposition des scientifiques qui en font la demande par mail. Les données issues du

VmADCP ne sont disponibles que sur demande, car elles nécessitent un traitement à terre par un ensemble de scripts sous Matlab (ensemble nommé « SAVED », comme le site internet sur lequel les données disponibles sont présentées). Par ailleurs pour le VmADCP, le suivi de la qualité des données passe par la mesure régulière du désalignement des antennes de l'appareil et du système de mesure du cap du navire. Cette mesure dépend de la qualité de la source de cap ; aussi les instruments ont-ils été remplacés de façon homogène sur les deux navires concernés (installation de GPS 2 têtes Hemisphere VS330).

Les missions d'océanographie physico-chimique (de recherche ou d'enseignement) sont nombreuses sur le Téthys II : en moyenne 65% des missions programmées (soit environ 200 jours). Et 50% des missions ont demandé la possibilité d'utiliser le VmADCP. Cela ne prend pas en compte les valorisations postérieures des transits ou des missions n'exploitant pas a priori ces données durant la mission.

4.2.3.3 Mise en place de l'intégration des données dans la base CORIOLIS

Le but du programme français CORIOLIS est de développer des réseaux d'observation continus, automatiques et permanents. Les données recueillies permettent de cartographier les propriétés de l'eau, telles que la température et la circulation océanique. Les données d'hydrologie acquises par les navires de la DT INSU ont donc dès le départ alimenté cette base de données. Jusqu'en 2014, la température et la salinité étaient récupérées sur le serveur web où elles étaient transmises quotidiennement (système DAUFIN).

Depuis 2012, un travail de qualification de la donnée fournie a été remis en place : calibration systématique des capteurs, inter-comparaison avec des profils CTD, post-traitement, dosage d'échantillons quotidiens de salinité (partenariat avec le SHOM dans le cadre de CORIOLIS), formation des marins mettant en œuvre les instruments et prélevant l'eau.

Le mode de transmission des données a été modifié afin de mieux répondre aux formats de la base CORIOLIS, et les nouveaux formats de données (fichiers netcdf Oceansite pour les ADCP, fichiers COLCOR pour T et S) correspondent à des standards internationaux.

Enfin le service Instrumentation est prêt (depuis 2013) pour l'intégration systématique des

données de courantologie des navires Téthys II et Côtes de La Manche.

4.2.3.4 Installation d'un VmADCP sur le Côtes de la Manche

Au cours de l'arrêt technique de début 2010, un courantomètre de coque de marque RD Instruments, modèle Ocean Surveyor 150 (150 kHz) a été installé sur le navire, afin d'homogénéiser la proposition entre le Téthys et le Côtes de la Manche.

Notre équipe a participé à sa recette en mai 2010, puis s'est chargée de son suivi et de sa maintenance (plusieurs problèmes ont été diagnostiqués et résolus en 2010-2011). Il a fallu également adapter la chaîne de traitement des données existant pour le VmADCP du Téthys, tout en mobilisant les scientifiques intéressés par ces acquisitions.

4.2.3.5 Remplacement du VmADCP du Téthys II

En janvier 2010, RD Instruments, constructeur de l'ADCP BB150 installé depuis 1997 sur le Téthys II, déclare son obsolescence. L'équipe a donc alerté la communauté scientifique, tout en apportant son expertise pour l'orienter dans leurs choix. Les besoins exprimés ont abouti à l'achat courant 2014 d'un nouvel instrument : un Ocean Surveyor 75 (75 kHz), de la marque RD Instrument.

Son installation a été programmée pour l'arrêt technique de janvier 2015. L'équipe a préparé son intégration en collaboration avec l'Armement, pris en compte les modifications nécessaires dues au changement de modèle et de fréquence, et intégré son système dans la refonte de l'acquisition et de la communication de ce navire.



Figure 129 : Travaux de remplacement de l'ADCP du Téthys II

4.2.3.6 Refonte totale du système d'acquisition et de communication

Au cours de l'année 2014, une refonte totale du système d'acquisition et de communication a été entreprise sur le Téthys II. La première étape, gérée par l'armement et le service informatique de la DT, a été la mise en place d'un nouveau système de communication par satellite de type VSAT. Une nouvelle infrastructure informatique a été déployée et permet notamment la mise à disposition de machines virtuelles (VM) pour les utilisateurs.

Ainsi, le service instrumentation a pu moderniser et simplifier la partie instrumentale du navire. Les instruments sont dorénavant accessibles via le réseau Ethernet du navire. Les données sont acquises à l'aide de machines virtuelles dédiées permettant aussi leur stockage et leur mise à disposition, via la liaison satellite, à des serveurs à terre.

Cette nouvelle infrastructure permet aussi la prise de contrôle à distance de l'installation. Ceci nous permet, en cas de panne, d'effectuer plus rapidement les diagnostics et dépannages sur nos systèmes. La maintenance des systèmes en sera donc grandement améliorée.

Ce type d'installation sera étendu au navire Côtes de la Manche sur la période 2015-2016. Une version simplifiée (routeur 4G à la place du VSAT) est en cours de déploiement sur les navires de station et devrait s'achever fin 2015.

Personnel DT impliqué :

Céline Bachelier : suivi qualité (-> 31/12/2012)

Hassane Benabdelmoumène (-> 2012)

Carl Gojak : chef de service (01/01/2013 – 31/01/2015)

Lionel Fichen : maintenance et mise en œuvre des instruments

Céline Heyndrickx : maintenance et mise en œuvre des instruments, traitement des données ADCP

Frédéric Le Moal : maintenance et mise en œuvre des instruments

Yannick Lenault : chef de service (-> 31/12/2012)

Karim Mahiouz : intégration et conception mécanique des améliorations

Contact :

Emmanuel Alessandrini (DT) :

emmanuel.alessandrini@cnr.fr

4.3 Le parc national d'instrumentation océanographique

Thématique INSU : Océan-atmosphère
 Responsable scientifique : Gérard Eldin, délégué scientifique Océan-Atmosphère de l'INSU

4.3.1 Introduction

L'équipe du site de Plouzané de la Division Technique a sous sa responsabilité le parc national d'instrumentation océanographique de l'INSU dont les instruments sont mis à la disposition des laboratoires pour leurs campagnes à la mer (sur navires hauturiers ou côtiers).

Les principales tâches du parc sont les suivantes :

- Gestion des emprunts de matériel à la mer,
- Achat, maintenance, développement et valorisation des équipements,
- Entretien, suivi des étalonnages,
- Le cas échéant, conception et préparation de lignes de mouillages instrumentées,
- Formation des utilisateurs,
- Mises en œuvre lors de campagnes en mer.

4.3.2 Description technique

Le parc regroupe des instruments « de base » pour l'océanographie : mesures d'hydrologie, mesures de courant, collectes de particules, matériel de mouillage, carottages...etc. La liste de ces équipements est consultable sur le site de la DT INSU, ainsi que la charte d'emprunt fixant les conditions d'utilisation.

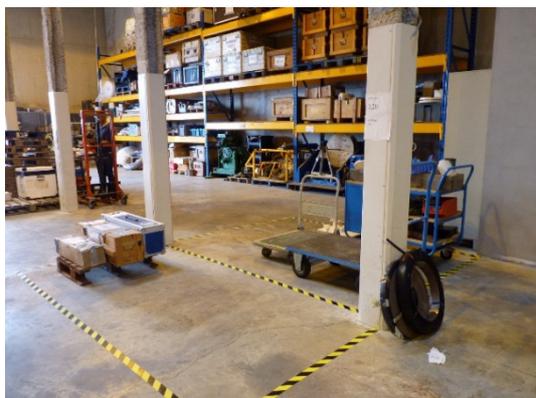


Figure 130 : Hangar de stockage du matériel de la DT à l'IPEV

Depuis 2011, le site de Plouzané assume également la gestion administrative de 8 parcs côtiers (Wimereux, Luc-sur-Mer, Roscoff, Brest,

Bordeaux, Banyuls-sur-Mer, Marseille et Villefranche-sur-Mer).

Entre 2011 et 2014, la valeur totale du matériel du parc national d'instrumentation océanographique est restée proche de 4 millions d'euros.

Bilan des achats de matériel* :

Valeurs en k€	2011	2012	2013	2014
Bouteilles de prélèvement	27	6	0	40
Courantométrie	35	99	148	50
Capteurs CTD	0	19	10	45
Capteurs autonomes	48	57	68	0
Matériel de repérage	4	10	0	24
Largueurs	30	0	93	43
Pompe in-situ	37	0	0	0
Sédimentologie	0	18	0	0
Divers	11	4	9	16

*Incluant les parcs côtiers à partir de 2012

4.3.3 Développements

A l'amont des campagnes en mer, l'équipe du parc procède à la préparation du matériel, ce qui peut impliquer des développements et des adaptations du matériel. La conception des mouillages rentre dans ce cadre de même que le projet OPTIMISP (2012-2014) qui a permis l'optimisation de pompes in-situ en réponse aux besoins des scientifiques.

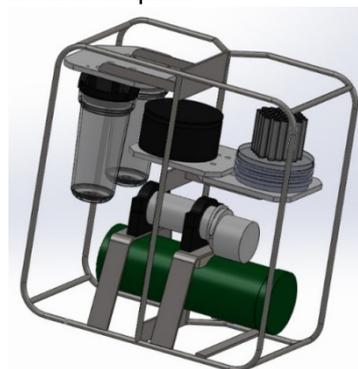


Figure 131 : Pompe in-situ modifiée pour accueillir plusieurs têtes de pompage

4.3.4 Missions réalisées

En 4 ans, l'équipe du parc a assuré la préparation et le prêt d'équipements pour :

	2011	2012	2013	2014
Campagnes hauturières	8	9	9	8
Campagnes côtières	19	25	21	19
Nombre de jours en mer (cumulés)	257	115	142	155

Quelques Campagnes significatives :

En 2011 : KEOPS 2

La pompe biologique océanique est un processus majeur dans le contrôle du climat de la planète qui permet chaque année le transfert de 10 milliards de tonnes de carbone de la surface vers l'océan profond. Toutefois la pompe biologique de CO₂ ne fonctionne pas à son maximum dans l'océan Austral. Suite à la campagne KEOPS1 en 2005, il a clairement été démontré que cet état était lié à une carence en fer qui limite la croissance du phytoplancton et donc l'assimilation de CO₂. La mission KEOPS2 a pour but de répondre aux nombreuses inconnues qui subsistent encore dans la compréhension des mécanismes mis en œuvre.

Lors de cette mission, l'équipe du parc a déployé 2 mouillages fixes et 4 mouillages dérivants. Une CTD+rosette, un carottier multitubes et 11 pompes in-situ ont également été mis en œuvre au cours de cette mission.



Figure 132 : Piège à sédiment déployé lors de KHEOPS 2

En 2012 : PANDORA

La circulation océanique du Pacifique Sud redistribue l'eau de la grande gyre subtropicale vers l'équateur par un cheminement vers l'ouest dans le courant équatorial sud, dont une grande partie entre en Mer de Corail et longe la côte pour rejoindre l'équateur.

Le projet Solwara permet de coordonner différentes études sur la Mer de Corail et la Mer des Salomon, caractérisant la circulation, les masses d'eau et leurs propriétés physiques et géochimiques à partir de données courantométriques, climatologiques, de

campagnes à la mer de gliders, de modélisation numérique haute résolution et d'altimétrie satellitaire.

La campagne PANDORA a permis d'obtenir les premières mesures en Mer des Salomon via des profils CTD/LADCP et de poser 4 lignes mouillages très instrumentées conçues et déployées par le parc. Ces mouillages ont été récupérés et remouillés en 2014 (campagnes MOORSPICE) et seront définitivement relevés en 2015 (campagne CASSIOPEE).



Figure 133 : Matériel de mouillages déployé lors de PANDORA

En 2013 : DEWEX

L'objectif de DeWEX-2013 est de caractériser finement le rôle de la convection profonde au large sur la distribution des propriétés biogéochimiques des masses d'eau et leur impact sur la structure de l'écosystème lors du bloom printanier en Méditerranée. Le parc a été impliqué dans la préparation, la programmation et le déploiement des instruments mis en œuvre (CTD+rosette).

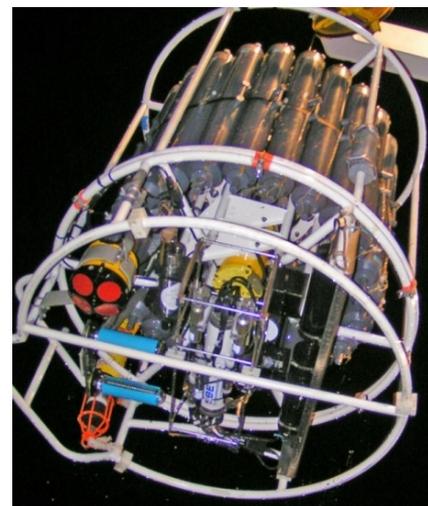


Figure 134 : Rosette équipée de nombreux capteurs

En 2014 : GEOVIDE

Cette campagne a pour objectif de mesurer les éléments traces et leurs isotopes (TEIs) en Atlantique nord car ils jouent un rôle clef dans l'océan et peuvent être utilisés comme traceurs de processus océaniques passés et actuels. Étudier leur cycle biogéochimique, en lien avec la circulation océanique, a des implications directes sur de nombreuses recherches portant notamment sur le cycle du carbone, le climat, les écosystèmes marins et la contamination environnementale.

Lors de cette mission l'équipe du parc a préparé et déployé deux CTD, dont une spécifique pour les prélèvements propres, et des pompes in-situ dont une modifiée dans le cadre du projet OPTIMISP.

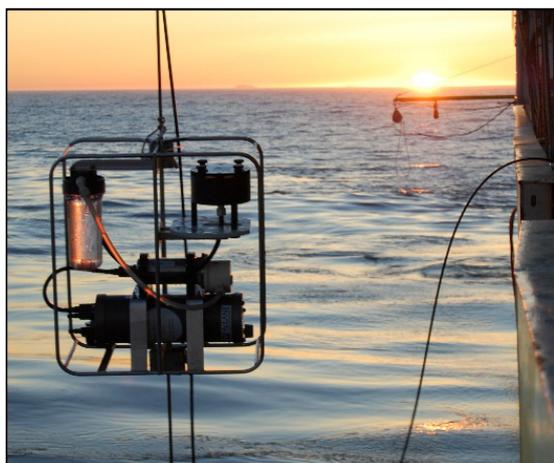


Figure 135 : Pompe in-situ déployée lors de GEOVIDE



Figure 136 : Rosette déployée pour les prélèvements propres

Personnel DT impliqué:

Emmanuel de Saint-Léger (à partir de décembre 2013)

Olivier Desprez de Gésincourt

Lionel Fichen

Fabien Pérault

Anne Royer (jusqu'en décembre 2013)

Lionel Scouarnec

Contact :

Emmanuel de Saint Léger (DT) :

emmanuel.desaint-leger@cnrs.fr

Gérard Eldin (INSU),

gerard.eldin@legos.obs-mip.fr

4.4 Le parc national de planeurs sous-marins

4.4.1 Introduction

Les planeurs sous-marins (gliders) sont des robots autonomes qui se présentent sous la forme de torpilles d'environ 1,50 m de long et de 50-60 kg. Ils sont équipés d'ailes leur permettant de planer dans la colonne d'eau jusqu'à des profondeurs de 1000 m, en suivant des trajectoires en dents de scie dans le plan vertical. Ils sont tous équipés de capteurs physiques (pression, conductivité, température) et éventuellement biogéochimiques (fluorescence, oxygène, nitrates, rétrodiffusion optique...). Les données enregistrées pendant les plongées sont retransmises à terre à chaque surfacage grâce au système de communication satellitaire Iridium. Les consignes de navigation sont transmises aux gliders par le même canal.

Les activités gliders se sont développées en Europe au début des années 2000 autour des projets MFSTEP et MERSEA. Les gliders sont utilisés pour des programmes d'observation de l'océan côtier et hauturier (sections répétées) ou pour des études de processus spécifiques (e.g. suivi de structures méso-échelle diverses telles que fronts et tourbillons).

En 2008, sous l'impulsion de deux chercheurs océanographes physiciens, P. Testor (LOCEAN) et L. Mortier (ENSTA), le CNRS a créé en partenariat avec le CETSM/IFREMER et le concours de la DGA, l'IRD et l'UPMC, le parc national des gliders, intégré à la DT INSU et localisé à La Seyne sur Mer.

Le parc est constitué d'une douzaine d'engins. La plupart sont de type Slocum, fabriqués et commercialisés par la société américaine Teledyne-Webb.

Nom	Type	Propriétaire	Affectation	Année d'achat
Tournesol	Slocum 1000	OCV	Perdu en mer 2007	2006
Potame	Slocum 1000	LPO	IFREMER Brest	2006
Pytheas	Slocum 200	Ensta, LOCEAN	Perdu en mer 2010	2007
Hannon	Slocum 1000	Ensta, LOCEAN	DT-INSU La Seyne	2008
Himilcon	Slocum 1000	Ensta, LOCEAN	DT-INSU La Seyne	2008
Wallis	Slocum 200	INSU, LSEET, LMGM, LOG, LOBB	DT-INSU La Seyne	2008
Tintin	Slocum 1000	Contrats ESA, NASA (LOV)	DT-INSU La Seyne	2008
Milou	Slocum 1000	Région PACA, projet SeaExplorer (LOV)	DT-INSU La Seyne	2008
Nearchos	Slocum 1000	DGA, Ensta, LOCEAN	DT-INSU La Seyne	2009
Eudokus	Slocum 1000	DGA, Ensta, LOCEAN	DT-INSU La Seyne	2009
Bonpland	Slocum 1000	IRD, LEGOS, Ensta, LOCEAN	DT-INSU La Seyne	2009
Spray IRD	Spray	IRD, LEGOS, Ensta, LOCEAN	IRD Nouméa	2009
Tenuse	Slocum 200	CETSM	DT-INSU La Seyne	2009
Campe	Slocum 1000	CETSM	DT-INSU La Seyne	2009
SG508	Seaglider	INSU	DT-INSU La Seyne	2009
SG509	Seaglider	INSU	DT-INSU La Seyne	2009

Figure 137 : Liste des gliders gérés par le parc depuis sa création

Les gliders sont des engins innovants nécessitant une équipe technique formée à leur utilisation et des équipements dédiés pour chacun des points suivants :

- Préparation de l'instrument (ballastage, calibration, changement des piles, ...),
- Mission en mer (transport, douanes, déploiement, récupération),
- Maintenance (mécanique, électronique et logiciel),
- Maintien de l'infrastructure de communication et service de pilotage des flottes, incluant l'interfaçage du pilotage direct par les scientifiques,
- Gestion de la charge utile,
- R&D.

L'infrastructure nécessite, en particulier, un bassin de ballastage, un atelier spécialisé (mécanique- électronique), des serveurs informatiques (stockage, web, calcul), plusieurs lignes analogiques et modems.

Le parc fonctionne avec une subvention d'état annuelle de 80 k€. Le ticket modérateur pour accéder aux engins est de 6600 euros/mois/glider à l'eau.

4.4.2 Années 2011 à 2013

De 2008 à 2013, le parc a connu, sous la responsabilité de Laurent Beguery (CNRS), un développement très rapide qui s'est accompagné d'une demande de plus en plus forte au fil des années.



Figure 138 : L'équipe du parc gliders et le matériel en 2011 : K. Mahiouz au premier plan, N. Baihry, D. Stuart, Z. Hafidi, L. Beguery, K. Bernardet. Depuis 2010, une technicienne Ifremer, P. Duformentelle, est affectée à 50% de son temps au parc glider, et fait donc partie intégrante de l'effectif.

Cette période d'intense activité a été extrêmement riche et rentable du point de vue scientifique, puisque près de 20000 profils hydrologiques ont été collectés en Méditerranée. Plusieurs missions ont également été réalisées en Atlantique (Golfe de Gascogne, Afrique tropicale) et dans le Pacifique (Marquises, Nouvelle-Calédonie, Pérou) dans le cadre d'études de processus spécifiques.

Il faut souligner qu'un travail considérable de développement informatique a été effectué par K. Bernardet et E. Godinho pour mettre au point et maintenir l'interface de pilotage des gliders et la base de données de maintenance qui permet de tracer et d'archiver l'ensemble des opérations réalisées pendant la préparation des gliders en atelier. De plus, le système repose sur une infrastructure informatique très fiable qui a été mise en place par Z. Hafidi et Y. Fitamant du Service Informatique de la DT.

Par ailleurs, le parc a été partie prenante, dès 2010, de plusieurs projets européens (voir plus loin) pilotés par le LOCEAN (P. Testor/ L. Mortier) et s'appuyant sur le déploiement de planeurs ou faisant appel à son expertise technique : COST (<http://www.ego-cost.eu/>), JERICO (<http://www.jerico-fp7.eu/>), INCOMMET et GROOM (<http://www.groom-fp7.eu/>). L'équipe du parc ainsi que le service informatique se sont particulièrement investis dans ce dernier. Il s'agit d'un projet européen FP7 pour l'étude de la mise en place d'une infrastructure européenne pour les planeurs sous-marins. La DT était responsable d'une tâche et de 2 livrables et contributeur de 7 livrables. Le projet a permis de faire évoluer les outils logiciels pour le parc (application web pour la gestion du parc, alarmes et automatisation) et pour les scientifiques (transmission des données et métadonnées vers CORIOLIS). Les développements ont été testés pendant des déploiements. Ce projet a aussi permis d'estimer le coût d'une infrastructure glider.

Le pic d'activité du parc a été atteint en 2011 et 2012, avec 21 mois de missions réalisées annuellement. Environ la moitié de ces missions ont été effectuées dans le cadre du SOERE MOOSE (<http://www.allenvi.fr/groupestransversaux/infrastructures-de-recherche/moose>) avec 2 lignes opérées en quasi-continu, entre Nice et Calvi d'une part, et Marseille et Minorque, d'autre part.

Bilan Achat/Pertes/utilisation gliders

	Achat	Pertes	Nb gliders affectés à la DT	Nb mois Effectivement demandés	Nb mois à la mer	Nb mois réalisés/nb mois demandés	NB déploiements	Nb déploiements avec Pb	% déploiements avec Pb
2006	2								
2007	1	1							
2008	5				13.8				
2009	7		13		18.1				
2010	1	1	13		16.5		16		
2011	2		14	34.5	20.6	0.60	22	11	50
2012			14	32	21.3	0.67	21	8	38
2013*		1	13	-	16	-	22	4 échecs	18

* Quasi arrêt de l'activité en août 2013

Figure 139 : Bilan de l'activité gliders jusqu'en 2013

L'année 2012 a constitué une année charnière avec un turn over quasi complet de l'équipe glider, puisque trois de ses membres historiques (K. Mahiouz, TCN à 80% ; D. Stuart, IE2 à 50% ; N. Bairhy, AI à 30%) ont quitté le parc pour occuper de nouvelles fonctions dans le cadre de mobilités internes ou externes. Ces départs n'ont été que partiellement compensés par la réaffectation en interne d'un personnel de la DT INSU fin 2012 (H. Benabdelmoumène, TCN à 85%).

Début 2013, l'équipe glider s'est donc retrouvée réduite à 2,35 ETP : Laurent Beguery (100%), Hassane Benabdelmoumène (85%) et Pierrette Duformentelle (50%). L'activité s'est quasiment arrêtée en août 2013.

Laurent Beguery a finalement démissionné de son poste de responsable du parc fin 2013 pour se mettre en disponibilité du CNRS et rejoindre la société française ACSA qui fabrique et commercialise le glider SeaExplorer.

4.4.3 L'année 2014

Un audit interne à la DT INSU a été réalisé en mars 2014 à la demande de la CSOA et du directeur de la DT dans le but d'analyser la situation passée et de jeter les bases d'un nouveau départ pour le parc.

Le comité d'audit était composé de : Guy Guyot (Directeur adjoint technique à l'INSU), Jacqueline Boutin (Chargée de mission INSU Océan-Atmosphère), Gérard Eldin (Délégué scientifique INSU Océan-Atmosphère), Patrick Farcy (Direction scientifique IFREMER), Yves Gouriou IRD (représentant CSOA).

Parmi la vingtaine de personnes interviewées, on comptait Pierre Testor et Laurent Mortier,

certaines membres de l'ancienne équipe (dont Laurent Beguery), ainsi que de nombreux chercheurs ayant fait appel aux services du parc au cours des dernières années.

Les principales conclusions et recommandations de l'audit, rendues publiques en juillet 2014, ont été les suivantes :

- Le parc doit être rétabli à un niveau opérationnel dans les meilleurs délais.
- La DT ne doit pas être un partenaire scientifique de projets européens, mais peut/doit garder un leadership sur les tâches techniques.
- Le rôle opérationnel du Comité national de pilotage des gliders (CNPNG) doit être accentué.
- La convention inter-organismes régissant le fonctionnement du parc, en souffrance depuis sa création, doit être finalisée et signée rapidement.
- Le parc, sous-doté en personnel pour faire fonctionner 12 gliders et maintenir plusieurs lignes d'observations répétées, doit se renforcer (5 ETP préconisés pour un fonctionnement optimal).
- Les laboratoires peuvent s'impliquer dans le pilotage des gliders (à étudier au cas par cas).
- La question des astreintes de pilotage, indispensables pour une activité opérationnelle, doit être solutionnée au plus vite.
- un protocole de suivi et d'étalonnage des capteurs principaux doit être mis en place.
- Les données pleine résolution prétraitées et les métadonnées associées doivent être fournies aux utilisateurs, sous un format documenté.
- Le parc doit rédiger un Vade-Mecum à l'attention des scientifiques.
- Le parc doit assurer une veille technologique.
- Une animation scientifique autour de la problématique glider doit être créée

Ces recommandations constituent la feuille de route du nouveau responsable du parc, Jean-Luc Fuda, IE1 CNRS recruté sur poste NOEMI en avril 2014, après un détachement de 4 ans à l'IRD.

Malgré un contexte très compliqué en 2014 (nouveau responsable arrivé le 1^{er} avril, effectif au plus bas, nombreux gliders hors service ou en mauvais état), 12 mois de mission ont tout de même pu être assurés grâce à la disponibilité et aux efforts redoublés de H. Benabdelmoumène et de P. Duformentelle pour répondre aux engagements. Pierre Testor et son équipe ont également contribué à la préparation de 2 gliders

et en ont assuré le pilotage en tout début d'année. Il faut également souligner le soutien sans faille du service informatique de la DT INSU (K. Bernardet et E. Godinho) au cours de cette délicate période de transition.

En juillet 2014, 3 gliders entiers ont été renvoyés chez le constructeur américain afin qu'ils soient entièrement remis en état, révisés et leurs capteurs étalonnés pour le début 2015. Plusieurs nouveaux capteurs optiques identiques ont également été acquis par le parc afin de rendre la configuration des engins homogène.

La fin de l'année a vu l'ouverture d'un poste NOEMI pour le parc. Une IE électronique, Jeanne Melkonian, rejoint ainsi le parc le 1^{er} juillet 2015. Une IE spécialiste des données océanographiques, Céline Bachelier, a également pu être recrutée en CDD pour 2 ans sur ressources propres à partir du 1^{er} janvier 2015. La moitié de son temps sera consacrée à la qualité des données. Au 1^{er} juillet 2015, l'effectif atteindra donc 4,5 ETP, chiffre proche de la préconisation de l'audit interne.

L'année s'est conclue par la tenue du nouveau Comité National de Pilotage Glider afin de discuter et de fixer le planning des missions 2015, dont le volume prévisionnel s'élève à 27 mois de mission.

4.4.4 Descriptif des projets européens dans lesquels le parc a été/est impliqué

COST

Les planeurs sous-marins sont des plates-formes intelligentes et abordables, utiles pour les observations à long terme de multiples paramètres marins. Ils sont une pièce importante des réseaux d'observation marine présents et à venir.

Quand les gliders sont déployés en essais, ils fournissent des données à haute résolution spatiale et temporelle, quasiment en temps réel, ce qui comble le vide laissé par les réseaux d'observation fondés sur les plates-formes existantes comme les profileurs ARGO. Cela bénéficie à la fois à la recherche académique et aux systèmes d'océanographie opérationnelle sur lesquels un grand nombre d'activités marines reposent maintenant.

Cependant, les déploiements en essais nécessitent des opérateurs hautement qualifiés et un niveau sophistiqué de coopération.

L'objectif de la proposition des « European Gliding Observatories » pour cette action COST est de construire une coopération internationale ayant les capacités technologiques, scientifiques et organisationnelles de mener ce type d'observation de façon continue.

GROOM

Le projet « Gliders for Research Ocean Observation and Management » (GROOM) est un projet européen FP7 pour l'étude de la mise en place d'une infrastructure européenne pour les planeurs sous-marins afin de collecter des données océanographiques.

Cette infrastructure peut bénéficier à nombre d'activités marines et d'applications sociétales, qui peuvent être liées au changement climatique, aux écosystèmes marins, aux ressources, à la sécurité et qui reposent sur la recherche académique en océanographie et/ou sur des systèmes opérationnels du domaine.

Le projet définit un cadre scientifique, technologique et légal pour les activités gliders en Europe.

JERICO

De 2011 à 2014, JERICO a offert un accès transnational à des observatoires côtiers européens et à des installations d'étalonnage pour le développement de la recherche et technologie internationale.

Le consortium JERICO comprend comme structure de recherche des ferryboxes, des plates-formes fixes, des gliders et leurs infrastructures c'est-à-dire les laboratoires d'étalonnage.

INCOMMET

La proposition INCOMMET répond à l'appel FP7-INCO-2011-6 mais aussi aux objectifs de l'"Environment Work Programme" de l'Europe. Le projet INCOMMET, coordonné par l'Institut National des Sciences et Technologies Marines (INSTM), la principale institution publique de recherche en Tunisie, et impliquant aussi l'Université d'Aix-Marseille (AMU, France) et la station zoologique de Naples (SZN, Italie), vise à augmenter le niveau d'excellence de la recherche de même que la visibilité de l'INSTM.

Personnel DT impliqué

Laurent Béguery, responsable, jusqu'à fin décembre 2013

Hassane Benabdelmoumène, déploiements et pilotage, depuis janvier 2013

Nagib Bhairy, déploiements et pilotage, jusqu'en juin 2012

Jean-Luc Fuda, responsable, depuis avril 2014

Karim Mahiouz, déploiements et pilotage, jusqu'en janvier 2012

David Stuart, déploiements et pilotage, jusqu'en novembre 2012

Contact

Jean-Luc Fuda (DT), jean-luc.fuda@cnr.fr

4.5 Les parcs nationaux d'instrumentation géophysique

Thématique INSU : Terre Solide

Chercheur responsable : Helle Pedersen

4.5.1 L'infrastructure de recherche RESIF et l'Equipex

Le projet de mise en œuvre de l'infrastructure de recherche RESIF, Réseau Sismologique et géodésique Français, est né en 2008 de la volonté de la communauté scientifique de fédérer au niveau national les réseaux d'observation géophysique existants sur le sol métropolitain.

Si plusieurs composantes instrumentales de RESIF existaient déjà (réseaux permanents GNSS, accélérométrie, gravimétrie, parcs mobiles GNSS, sismologique, gravimétrie), le réseau sismologique Large-Bande permanent restait à construire. La mise en cohérence des différentes chaînes de traitement informatique de chaque composante instrumentale de RESIF (collecte, contrôle qualité, archivage, mise à disposition, valorisation) pour aboutir à un Système d'Information national constituait également un chantier important pour intégrer l'infrastructure de recherche européenne EPOS (European Plate Observing System), elle aussi en cours de construction.

Fin 2009, l'INSU a désigné la Division Technique comme maître d'œuvre du projet de construction du réseau sismologique Large-Bande permanent (200 stations réparties sur l'ensemble du territoire à l'horizon 2020).

En 2010, la DT a commencé son rôle de coordinateur national avec un chef de projet et un ingénieur métier BAP G (patrimoine, logistique). Les crédits INSU destinés à l'infrastructure de recherche pour sa structuration nationale ont été attribués à la DT. Les crédits de fonctionnement des parcs mobiles étaient déjà gérés par la DT depuis 2007.

2011 a vu la fin de la mise en place du cadre du projet. Si les deux principaux axes de travail technique (infrastructure capteur et téléopération des stations) avaient été rapidement identifiés en début de projet, le contour des responsabilités et de l'implication de chaque partenaires (8 Observatoires, le CEA et la DT), ainsi que le plan de développement, ont demandé plus de temps pour aboutir à un consensus.

En 2011, RESIF a déposé un second dossier Equipex, moins ambitieux que celui soumis l'année précédente. Un financement de 9 Meuros a été obtenu en fin d'année (somme notifiée au CNRS début 2013). L'INSU a souhaité que ce financement soit géré par le siège du CNRS et RESIF a demandé à la DT d'en coordonner l'utilisation.

Le préalable à toute création de station est l'identification du futur lieu d'implantation. Une carte des points théoriques a été définie par la communauté scientifique, à charge pour chaque observatoire de trouver un site sismologiquement intéressant dans un rayon de 30 km autour de chacun des points de sa région. La DT a progressivement investi dans 12 valises de test qu'elle a envoyées dans les observatoires pour leur permettre de commencer les prospections. Elle a aussi entamé des prospections entre la Champagne, la Normandie et la région Nord-Pas-de-Calais pour relayer l'équipe technique de l'IPGP déjà en charge de la maintenance du réseau mondial GéoScope.

L'absence totale de Recherche et Développement concernant l'influence du bâti qui héberge le capteur sismique sur le signal mesuré par ce dernier a conduit l'équipe projet à envisager de faire un site prototype. Une étude des coûts et contraintes de différentes solutions ont fait ressortir l'intérêt d'un puits préfabriqué en Polyéthylène Haute Densité, pré-équipé avec une échelle de descente, des chemins de câbles, boîtiers de dérivation, raccord de gaines pour amener les câbles et piquet de terre. Les discussions entre équipe projet et scientifiques ont amené à imaginer trois variantes de ce puits (fond solidarisé et donc étanche, fond désolidarisé, fond désolidarisé et joint d'étanchéité). Il restait à définir le site. Parmi les points prospectés par la DT, celui au nord de Chartres dans la commune de Clévilliers avait été validé et se trouvait à une distance raisonnable de Meudon pour effectuer des allers-retours fréquents.

Un travail a alors été mené avec la Direction de la Stratégie Financière, de l'Immobilier et de la Modernisation du CNRS pour rédiger une convention avec la mairie de Clévilliers qui puisse être reprise par les observatoires sur d'autres communes. La convention signée au printemps 2012 a permis de lancer les procédures de raccordement électrique et télécom du site. Le groupe Eiffage est intervenu en novembre 2012

pour implanter les trois puits, creuser les tranchées pour les gaines de raccordement, sécuriser le site avec une clôture et réagréer le sol.

En parallèle de cette opération, un prototype d'armoire électrique/instrumentale avait été développé par un automaticien de l'Observatoire de Haute Provence affecté au projet à mi-temps. L'observatoire de Strasbourg avait proposé son site de Charmoilles (Doubs) pour implanter le prototype qui avait principalement un but pédagogique : montrer à la communauté tout ce que pouvait permettre un automate industriel. Le prototype d'armoire a été développé de fin 2011 à début 2012 à l'OHP, puis transféré dans le Doubs pour implantation en juin 2012. Les deux semaines prévues pour cette opération d'intégration dans un site souterrain (boyau artificiel horizontal creusé pour d'anciennes adductions d'eau) ont à peine suffi pour la partie lourde de l'installation (fixation des chemins de câbles, des armoires, passage des câbles de terre, création d'un sas entre la zone armoire et la zone capteur). Les fortes pluies ont montré que le site était beaucoup moins protégé que ne le pensait l'observatoire : de très fortes infiltrations d'eau ont gêné le travail de l'équipe et les scellements se sont révélés très difficiles à réaliser dans ces conditions.

Il a été jugé préférable de reprendre les armoires à l'OHP pour en améliorer l'indice de protection. L'installation a été finalisée en octobre 2012, sous la neige cette fois. L'intégration sur site de ce prototype s'est révélée riche d'enseignements pour le projet quant aux contraintes opérationnelles liées aux sites dits « fermés ».

La création du site de Clévilliers nécessitait une version minimaliste d'armoire électrique / instrumentale. Le développement de ce nouveau prototype a été fait pendant l'hiver 2012-2013. Il a été choisi d'implanter une baie métallique en guise de local technique. Cette baie a été installée sur site après une pré-intégration à Meudon au printemps. L'évolutivité du concept d'armoire électrique / instrumentale dans ce local technique a rapidement fait la preuve de son utilité puisqu'en quelques mois la baie hébergeait 3 numériseurs et une station météo, et que des capteurs de niveau d'eau et des pompes commandées par l'automate industriel ont pu être installés pour préserver les capteurs situés dans les deux puits sensibles aux infiltrations d'eau.



Figure 140 : Armoire électrique / instrumentale

Pour se conformer au cadre des grands projets instrumentaux, l'équipe projet a demandé fin 2011 la tenue d'une revue de conception système. Le directeur adjoint technique de l'INSU a accepté la présidence du groupe de revue qu'il a constitué début 2012. La revue, qui a pris en compte le début des prototypages de la phase de définition préliminaire, s'est tenue le 5 mai 2012 à Meudon et a donné lieu à un rapport que le président du groupe de revue a présenté au comité directeur RESIF le 20 juin 2012. Outre la validation de la faisabilité du projet, le groupe de revue a soutenu l'investissement du projet dans la qualité et l'a encouragé à le développer. Le recours à un consultant extérieur sous forme d'un audit d'avancement avec le chef de projet une journée tous les deux mois s'est alors transformé en l'implication à tiers temps d'un responsable assurance produit senior et le recrutement en CDL d'un qualicien junior pour les aspects procédure (recrutement en janvier 2013).

Le groupe de revue a aussi fait remarquer qu'aucun industriel ne s'engagerait sur le bon fonctionnement des armoires électriques / instrumentales qu'il fabriquerait en série s'il n'avait pas mené une étude de conception avant. Le projet a alors lancé dès juillet 2012 une consultation auprès de trois entreprises aux géométries très différentes pour savoir ce que coûterait une telle étude, sa durée, et le coût estimé de production de ces armoires. Répondre à ces questions nécessitait une étude technique sommaire de la part des industriels. La réception des rapports d'études s'est échelonnée de décembre 2012 à juillet 2013. Si les coûts unitaires de fabrication étaient similaires, les coûts d'étude et les solutions techniques envisagées étaient très différents. Un rapport de synthèse de ces pré-études a été rédigé et

transmis en septembre 2013 aux services juridiques du siège du CNRS pour réfléchir au montage juridique le plus adapté aux processus industriels décrits. Le projet a également sollicité l'expertise de la Direction Déléguée aux Achats et à l'Innovation du CNRS. A partir d'un décret de septembre 2014, les juristes s'orientent vers un partenariat d'innovation qui permet de garder plusieurs candidats pendant l'étude pour ne confier la réalisation qu'à un seul. La DT travaille actuellement avec la DDAI pour rédiger l'accord cadre de pré-sélection des candidats. La Direction des Affaires Juridiques du CNRS est aussi en appui pour cette première juridique.

Le besoin annoncé dès 2010 d'un interlocuteur chef de projet du Système d'Information RESIF pour clarifier les interfaces avec les stations sismologiques (et les éventuelles contraintes sur les équipements) a débouché sur le recrutement à la DT, en concours externe, d'un ingénieur de recherche BAP E en décembre 2011. Après un gros travail de structuration des besoins du système d'information, ce chef de projet a démissionné au 1er octobre 2012. Ses fonctions ont été réparties entre une IR en CDD pour les aspects gestion/management (à partir du 1er novembre 2012) et une IR titulaire BAP E pour les aspects techniques, toutes deux basées à ISTERre. La DT a cependant continué à soutenir le SI en impliquant en 2014 un IR en calcul scientifique du site de La Seyne sur les aspects valorisation des données.

L'arrivée sur le marché en 2012 de nouveaux capteurs sismologiques adaptés à des forages peu profonds a conduit le projet à décider en 2013 de prolonger sa phase de prototypage pour comparer les capteurs en puits à ceux en forage. Trois forages différents (3 m de profondeur, tubage métal et tubage PVC, 1,5 m de profondeur sans tubage) effectués sur le site de Clévilliers en octobre 2013 ont permis de s'apercevoir, sur le semestre qui a suivi, que cette technique donnait des résultats au moins aussi bons que le meilleur des trois puits (fond désolidarisé), ce dernier devenant de toutes façons très mauvais pendant les activations de la pompe lors des périodes de fortes précipitations. Se posaient alors deux questions : l'influence de la profondeur et l'adaptabilité de la méthode aux différentes géologies (le sol de Clévilliers est constitué d'argile mélangée à des cailloux).

Sur le conseil des collègues du C2FN, le projet a commencé à travailler avec le BRGM qui est un

des 18 signataires de la convention RESIF. L'IPGP a proposé son observatoire magnétique de Chambon la Forêt (Loiret) pour tester la profondeur de forage, et son site Geoscope SSB de Saint Sauveur en Rue (Loire) pour essayer le forage dans la roche mère (1,5 m, 5 m et 10 m).



Figure 141 : Forage à Chambon la Forêt

Il a été décidé de forer à 5 m, 10 m et 20 m à Chambon la Forêt, avec la contrainte de tuber en PVC pour ne pas perturber les mesures magnétiques de l'observatoire. La première intervention du camion du BRGM en septembre 2013 a montré qu'il fallait investir dans un marteau fond de puits qui permet de tuber pendant le forage car le sol gorgé d'eau se refermait au retrait de l'outil. L'appel d'offre pour l'achat de ce marteau (adapté également au forage dans la roche mère) a été lancé tout début 2014. Le forage de Saint sauveur a pu se faire avec ce marteau dès le printemps. Celui de Chambon la Forêt n'a pu se finaliser qu'à l'été, le sol sédimentaire gorgé d'eau ne permettant pas l'accès plus tôt au camion du BRGM.

Les données du site de Saint Sauveur (roche mère), indiquent un niveau de bruit qui s'améliore nettement avec la profondeur, le sol transmettant les effets du vent sur les capteurs trop proches de la surface. Les données de Chambon la Forêt ne sont pas encore complètes car le coût non négligeable de ces capteurs impose de faire tourner les instruments entre les sites.



Figure 142 : Forage à Saint Sauveur en Rue

La complexité du partenariat entre le CNRS et le BRGM amène le projet à ne leur demander que l'expertise de leur foreur qui agira comme maître d'œuvre pour cadrer des entreprises de forage locales dans chaque région.

Les comparaisons entre les différentes façons d'installer les capteurs sismologiques ont fait l'objet de plusieurs communications, tant en France (Colloque de Yenne 2013) qu'à l'étranger (European Geophysics Union meeting, Vienne, Autriche, 2013 et 2014).

Le manque de personnel dans les observatoires, en particulier pour faire avancer la phase préliminaire de prospection en région et les éléments de réalisation spécifiques à chaque site (passage de convention avec les collectivités territoriales concernées, électrification, raccordement télécom) ont amené le projet à basculer des crédits sur l'Observatoire Midi-Pyrénées et l'OSU de Nantes pour le recrutement de deux ingénieurs en CDD. Administrativement rattachés à leur OSU, ces deux ingénieurs sont sous la responsabilité fonctionnelle du chef de projet à la DT, Olivier Charade, auquel ils remettent des rapports d'avancement mensuels. Le projet de construction du réseau sismologique Large Bande envisage une revue critique de définition en juin 2015 pour passer en réalisation à l'automne.

4.5.2 Parcs géophysiques :

Sur la période 2011-2012, un appel d'offre national a été préparé auprès des distributeurs de récepteurs GNSS de précision pour obtenir un prix unitaire avantageux pour toutes les unités du CNRS. Ce marché national a été passé avec la société Leica Geosystems en avril 2013 après plusieurs semaines de test des équipements. Début 2014, la Division Technique a comparé pendant deux mois différents types d'antennes GNSS pour aider la composante réseau permanent GNSS (RENAG) de RESIF à préparer sa jouvence de 2015.

Le parc mobile GNSS de l'INSU, dont la DT a la responsabilité technique, a commencé sa jouvence en renouvelant 34 de ses 45 récepteurs sur 2013-2014 au travers de trois PUMA. Cela a impliqué une étude pour de nouveaux conditionnements de transport et un investissement dans de nouveaux stocks de pièces de rechange.



Figure 143 : Parc mobile GNSS, nouveau conditionnement de transport

A noter que la société Trimble a accepté en 2012 de former dans son centre technique en France notre technicien en charge de la maintenance du parc GNSS, et nous donne accès à ses pièces de rechange au même titre que ses distributeurs/mainteneurs français. Les différentes unités de l'INSU peuvent donc nous demander de réparer leurs récepteurs de marque Trimble.



Figure 144 : Parc GNSS, préparation de mission

La Division Technique a également coordonné en 2013 la mise en place d'un contrat de développement sur trois ans avec une start-up bordelaise pour que le parc mobile de gravimètres dispose du premier gravimètre à atome froid commercial (brevet CNRS/SYRTE).

Une série de marchés a ensuite été traitée pour RESIF, principalement sur budget Equipex :

- ✓ Fabrication d'un gravimètre supra-conducteur pour l'observatoire de Strasbourg (livraison en 2015)
- ✓ Achat de deux gravimètres relatifs CG5 pour le parc de gravimètres mobiles
- ✓ Achat de 15 numériseurs sismologiques pour la jouvence du Réseau Accélérométrique Permanent.

La jouvence du parc de sismomètres mobiles a été retardée pour être regroupée avec les achats massifs de matériel sismologique que le projet de réseau permanent Large Bande va nécessiter fin 2015.

Personnel DT impliqué :

Benoît Arnold, maintenance des récepteurs GNSS
Olivier Charade, responsable du parc, chef de projet RESIF LB

Pascal Docquier, infrastructure RESIF (-> 31/10/2013)

Thierry Louis Xavier Catéchiste, ingénieur AIT/AIV RESIF (depuis le 01/01/2013)

Baca Sy, infrastructure RESIF (depuis 01/10/2014)

Contact :

Olivier Charade (DT), olivier.charade@cnsr.fr

Liens web

<http://www.resif.fr/>

4.6 Le service national d'étalonnage pCO₂

Thématique INSU : Océan-Atmosphère.

Responsables scientifiques : Jacqueline Boutin et Nathalie Lefèvre du LOCEAN.

4.6.1 Descriptif

Le Service National d'étalonnage pCO₂ offre un service d'étalonnage de capteurs de pression partielle de dioxyde de carbone aux laboratoires dont l'INSU est tutelle. Créé en 1993 au LOCEAN, ce service a été transféré à la DT en 2001.

Deux bancs d'étalonnage pCO₂ sont en place à la DT INSU dans une salle dédiée sur le site de la DT à Meudon. Ces bancs d'étalonnage permettent d'étalonner des capteurs de mesure de la pression partielle de CO₂ dans l'eau de mer. Ces étalonnages sont effectués à la demande des laboratoires utilisateurs de ces capteurs de pCO₂ (sur bouées Carioca, Marel, Pirata, etc...).

Les bancs permettent de réaliser des étalonnages entre 5 et 30°C (+/- 0.01°C) pour des mesures de pCO₂ comprises entre 200 et 600 µatm (+/- 3 µatm). Les étalonnages sont effectués par comparaison entre la mesure du spectrophotomètre (le capteur) et celle d'un analyseur infrarouge de référence (un Licor 7000).

Chaque banc est équipé d'un Licor 7000 ainsi que d'un circuit de 30 litres d'eau de mer régulés en température, d'un équilibrateur eau/air, de pompes, régulateurs de débits et pièges à froid. Les analyseurs infrarouges sont étalonnés régulièrement grâce à des bouteilles de CO₂ étalons : 3 étalons secondaires (+/- 0,5 ppm) et 3 étalons primaires (+/- 0,1 ppm).

Une thermistance étalonnée à +/- 0,01°C par Ifremer ainsi qu'un capteur de pression (précision 0,01%) permettent de mesurer la température et la pression avec précision dans l'équilibrateur. Ces 2 données servent au calcul de la pCO₂ du Licor.

Le second banc d'étalonnage a été intégré dans une armoire thermostatée afin de garantir un bon équilibre thermique et d'améliorer la fiabilité des résultats.



Figure 145 : Banc d'étalonnage avec son armoire thermostatée et les bouteilles de CO₂ étalon

4.6.2 Principe

Le capteur à étalonner (ou spectrophotomètre) mesure les absorbances d'un colorant qui est en contact avec l'eau de mer par l'intermédiaire d'une membrane semi-perméable au CO₂. La température de l'eau de mer dans le capteur est mesurée avec précision (+/- 0,01°C). A partir des mesures d'absorbance, de température, et de paramètres physico-chimiques, on peut calculer une pCO₂ théorique qui est alors comparée à la valeur mesurée par le Licor. Une équation d'étalonnage est alors déterminée.

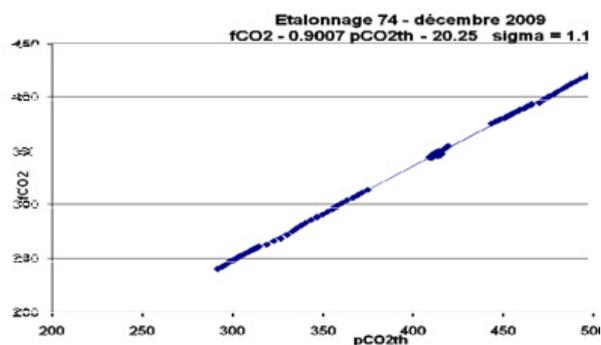


Figure 146 : Exemple de droite d'étalonnage

4.6.3 Campagnes

Une campagne d'étalonnage dure environ un mois. Grâce à la mise en place du second banc d'étalonnage, il est possible de réaliser 3 à 4 étalonnages en parallèle. Ainsi, environ soixante étalonnages ont été réalisés entre 2011 et 2014. Les capteurs étalonnés sont intégrés sur divers supports : bouées dérivantes (bouées Carioca), bouées fixes (Pirata, Marel ou Boussole), ou installés sur des bateaux d'opportunité. Ainsi, 22 étalonnages ont été réalisés pour des capteurs installés sur la bouée Marel Iroise, 16

étalonnages pour des capteurs sur bouées Pirata, 2 étalonnages pour des capteurs sur bouées Carioca, 13 étalonnages pour les capteurs Biocarex installés sur la bouée Boussole. Par ailleurs, 4 étalonnages ont été effectués à la demande de laboratoires brésiliens et canadiens.

4.6.4 Budget et personnel

Le Service National d'étalonnage pCO₂ dispose d'un budget annuel de 10 à 15 k€ nécessaires au fonctionnement ainsi qu'à la maintenance et à l'entretien du Service. Un assistant ingénieur ainsi qu'un technicien (à 50%) travaillent pour ce service.



Figure 147 : Vue générale de la salle d'étalonnage du pCO₂

Personnel DT impliqué :

Benoît Arnold, maintenance, montage et intégration des équipements
Laurence Beaumont, responsable du service
Johann Gironnet, développement instrumental

Contacts:

Laurence Beaumont (DT) :
 laurence.beaumont@cnr.fr
Jacqueline Boutin (LOCEAN) :
 jacqueline.boutin@locean-ipsl.upmc.fr
Nathalie Lefèvre (LOCEAN) :
 nathalie.lefevre@locean-ipsl.upmc.fr

4.7 Le Centre de Carottage et de Forage National

4.7.1 Introduction

Au sein du CNRS, dans le cadre des réorganisations des différentes structures et commissions de l'INSU, la direction scientifique a décidé de mutualiser toutes les plates-formes de carottage au sein d'une entité nationale, le C2FN, Centre de Carottage et de Forage National. Ce centre regroupe toutes les forces vives relatives à cet outil, en s'appuyant sur des laboratoires ou des unités en place.

L'intérêt de constituer une telle structure pour l'INSU est de lui permettre de flécher des postes et des moyens, et d'aider au montage d'actions à l'international.

La Direction de l'INSU a demandé à Denis-Didier Rousseau d'assurer la responsabilité scientifique de ce centre et la responsabilité technique a été confiée à Michel Calzas de la Division Technique de l'INSU.

Le C2FN a vu ses moyens considérablement augmenter grâce à l'Equipex CLIMCOR.

Le C2FN est composé de 3 cellules :

- **La cellule forage-carottage glaciaire** a été mise en place après concertation entre le LGGE à Grenoble, le LSCE à Saclay et Gif-sur-Yvette, l'INSU et l'IPEV à Plouzané. Les personnels techniques pour la conception et la mise en œuvre des carottiers sont au LGGE.
- **La cellule forage-carottage continental** regroupe 4 domaines distincts d'intervention pour lesquels des moyens de sondage fondamentalement différents sont mis en œuvre : terrestre, lacustre, côtier et littoral. La cellule s'appuie sur plusieurs laboratoires, et plus particulièrement sur EDYTEM, EPOC, M2C et Geosystèmes respectivement à Bordeaux, Caen et Lille, et la DT INSU à la Seyne sur Mer.
- **La cellule carottage océanique** est pilotée par les communautés IMAGES (International Marine Past Global Changes Study), IODP (Integrated Ocean Drilling Program). L'IPEV et la DT INSU gèrent les moyens et personnels techniques pour les développements et mises en œuvre du carottier géant Calypso sur le Marion Dufresne ainsi que pour d'autres types de carottiers océaniques.

La DT a la responsabilité technique de la cellule forage-carottage continental et de la cellule carottage océanique.

Par ailleurs, la DT contribue au service d'information de la plate-forme par sa participation au développement de la cybercarothèque.

Responsable scientifique C2FN : Denis-Didier Rousseau, rousseau@lmd.ens.fr

Responsable technique C2FN : Michel Calzas, michel.calzas@cnrs.fr

4.7.2 Carottage continental

Depuis janvier 2011, la cellule continentale (1IR, 1 TCE) a établi un contact avec plus de 35 laboratoires. Un contact privilégié s'est construit avec l'atelier de sondage du BRGM à Orléans qui détient des équipements lourds de carottage de sondage très complémentaires.

Plusieurs missions de carottage ont été réalisées par le C2FN soit en tant que maître d'œuvre et/ou opérateur principal soit en tant que soutien technique et humain.

Ces missions ont couvert les 4 domaines précités : terrestre, lacustre, côtier et littoral.

A partir de 2013 et avec l'arrivée de l'Equipex CLIMCOR, l'activité du C2FN Continent s'est vue largement renforcée avec des financements complémentaires et le développement d'une activité de R&D.

4.7.2.1 Acquisition de matériel

Année 2011 :

- Porteur 19 t et remorque 19 t avec un bras ampli Roll, une grue auxiliaire et 2 berces. Cet équipement acheté en 2010 a été réceptionné en 2011. C'est un ensemble conçu et fabriqué par la société CORNUT. Cet ensemble permet d'emporter l'ensemble du matériel de sondage terrestre in situ pour la réalisation d'un sondage de 100 m et procure à l'atelier de sondage une très grande autonomie et souplesse d'intervention.



Figure 148 : Porteur 19 t

Année 2012 :

- Un carottier HQ a été acheté afin de compléter la gamme des carottiers triplex à câble cédés par le CEREGE en 2011.
- Un rack : équipement indispensable à l'aménagement de l'atelier de sondage a été acquis et posé.

Années 2013 et 2014 :

- Outillages et aménagements : ce sont principalement des compléments d'outillages, d'aménagements et d'accessoires indispensables au bon fonctionnement de l'atelier de sondage, de son parc de machines et de véhicules qui ont été achetés.

4.7.2.2 Missions de terrain

-Sondages terrestres :

Année 2011 : Deux sondages ont eu lieu avec 5 carottes totalisant une longueur de 37 m à Panières dans les Bouches du Rhône pour Valérie Andrieu-Ponel de l'IMBE (UMR 7263), et avec 3 carottes totalisant une longueur de 21 m à Trunvel dans le Finistère pour Jean-Jacques Tiercelin de Géosciences-Rennes (UMR 6118).

Année 2012 : Deux sondages ont eu lieu avec 6 carottes totalisant une longueur de 150 m à Rapolano en Toscane pour la thèse de Gilbert Camion et avec 4 carottes totalisant une longueur de 75 m à Villeneuve lez Avignon dans le Vaucluse pour Mathieu Ghilardi, tous les deux du CEREGE (UMR7330).



Figure 149 : Forage

Année 2013 : Trois sondages ont eu lieu avec 4 carottes totalisant une longueur de 28 m en Avignon dans le Vaucluse pour Michel Berthelot du MAP (UMR3495), avec 1 carotte de 49 m à Ussy sur Marne en Seine et Marne pour la thèse

d'Eric Lasseur du BRGM, et avec 2 carottes totalisant une longueur de 44 m à Vendres dans l'Aude pour la thèse de Jean-Philippe Degeai du laboratoire ASM (UMR 5140).



Figure 150 : Tête du tube de forage

Année 2014 : pour le compte de l'Equipex RESIF, neuf trous ont été réalisés sur 3 sites différents. Instrumentés avec des sismomètres, ils servent à la définition de la procédure d'implantation de ces capteurs.

-Carottage littoral :

Année 2012 : Invité par M2C Caen, un sondage littoral a eu lieu dans la baie du Mont Saint Michel pour le prélèvement de 2 carottes de sables de 6 m de long chacune.



Figure 151 : Sondage littoral dans la baie du Mont Saint Michel

-Carottage côtier :

Année 2013 : Invité par Ifremer Brest, un sondage a eu lieu en rade de Brest pour le test d'un vibro-carottier Zenkovitch.



Figure 152 : Carottier Zenkovitch

Personnel DT impliqué

Laurent Augustin
Alain De Moya
Stéphane Nicod

Contact :

Laurent Augustin laurent.augustin@cnr.fr

4.7.3 Carottage océanique

Cette cellule prend en charge d'une part le développement mécanique et instrumenté des différents carottiers océaniques, et d'autre part le suivi et la conception des moyens environnants : l'échantillonnage et la manutention, la logistique du matériel et des échantillons.

En collaboration étroite avec l'IPEV, le C2FN-Océan gère également les missions de carottage du navire océanographique Marion Dufresne II, plate-forme maîtresse du carottage océanique, mettant en œuvre le carottier géant Calypso II, en évolution technique permanente.

Des conventions signées avec l'Ifremer donnent lieu à des échanges de connaissance et de technologies très fructueux, ayant permis des avancées majeures du point de vue scientifique et technique, au nombre desquelles figure par exemple le logiciel de modélisation de carottage Cinéma.

4.7.3.1 Contexte

Né d'une collaboration déjà éprouvée entre l'IPEV et la DT INSU autour des techniques de carottages océaniques, le C2FN-Océan réunit la force de développement technique de la DT INSU et les compétences opérationnelles de terrain du Département Océanographique de l'IPEV.

Les carottiers – et plus particulièrement les carottiers géants Calypso – sont des outils complexes qui demandent pour leur gestion et leur développement un suivi continu, tant le nombre de paramètres et d'éléments à prendre en compte est important.

Le navire océanographique Marion Dufresne II, navire sous-affrété par l'IPEV pour effectuer des missions océanographiques, est la plate-forme privilégiée pour le carottage océanique, notamment pour la paléo-océanographie. C'est notamment le navire qui opère le plus grand carottier du monde, le Calypso II, plusieurs fois copié, jamais égalé en longueur (60 m). Il

accueille non-seulement les carottiers, mais aussi les infrastructures lourdes – treuils, portiques, etc – permettant leur mise en œuvre. Le C2FN-Océan a l'expertise de ce matériel, s'occupe de son développement et de ses évolutions, et en gère à bord les opérations conjointement avec l'équipe de l'IPEV-Océanographie.



Figure 153 : Carottier à bord du Marion Dufresne

Le rôle du C2FN est également de renseigner la communauté scientifique sur l'évolution des outils et de suivre l'évolution de leurs besoins. Cela passe par une présence active sur les colloques et rencontres diverses autour du carottage océanique.

Yvan Réaud, ingénieur à la DT, est en charge de cette cellule du C2FN. Il travaille conjointement avec l'équipe du département océanographie de l'IPEV pour la partie opérationnelle et logistique ainsi que pour les développements propres au Marion Dufresne II, dont actuellement l'important projet de jouvence 2015.

4.7.3.2 Développements du C2FN-Océan et évolution du carottage océanique

Ces travaux de développement permettent au carottage français de conserver sa prévalence mondiale, place que les développements en cours devraient asseoir, dans un contexte où de nombreux pays étrangers s'équipent et se lancent dans cette activité très porteuse.

CLIMCOR-Océan : Ce projet Equipex présenté par le C2FN en 2012 est en développement au C2FN-Océan jusqu'en 2019. Il repose sur une refonte du treuil de carottage et de son câble grand fond sur le Marion Dufresne II.

Après une préparation longue et minutieuse, un chantier d'envergure s'est déroulé à Dunkerque mi-2014, et se poursuit par une phase de mise au point et d'optimisation qui amènera à des carottages plus longs (75 mètres) et de bien meilleure qualité.

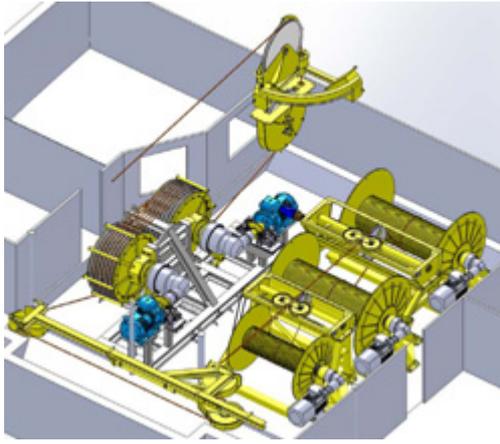


Figure 154 : Modélisation du nouveau treuil 45 tonnes

Calypso IV-2 : Fort de l'expérience de développement d'un premier prototype (Calypso IV), ce nouveau carottier géant propose une alternative totalement instrumentée au mécanisme du Calypso II, reposant sur la communication d'un altimètre miniature avec capteur de pression et d'un largueur acoustique. Mieux intégré que son prédécesseur et plus flexible, il permettra de gagner en nombre et variété de données sur une opération, en fiabilité du déclenchement, en qualité d'échantillonnage, et représente également une porte ouverte aux développements d'instrumentations diverses (CTD, flux de chaleur, préleveur d'interface,...).

Carottier d'interface acoustique et vidéo : Face à l'intérêt croissant de la communauté scientifique pour l'échantillonnage de l'interface eau-sédiment et les nombreux défauts présentés par les outils disponibles, il s'est avéré important de développer un nouveau carottier d'interface réunissant mécanique et acoustique, pour assurer un meilleur taux de réussite des opérations. En sus, une caméra autonome qui équipera ces carottiers est en cours de développement.



Figure 155 : Carottier d'interface instrumenté

Mâchoire de largage : Cet outil est un lien entre les tubes de carottage et la tête du carottier.

Rapide d'usage, il peut être actionné par acoustique sous-marine. Il permet la sécurisation des opérations (perte des tubes en cas de blocage) mais aussi un gain de temps majeur sur les campagnes, de l'ordre d'une demi-heure par opération, soit près d'une journée par mission. Il intéresse désormais d'autres instituts et tend à évoluer encore.



Figure 156 : Mâchoire de largage sur Calypso II

Modélisation : Un travail initié par l'Ifremer, en partenariat avec le C2FN-Océan, a abouti au programme CINEMA (de cinématique) qui modélise et contrôle la cinématique des éléments du carottier lors de l'opération de carottage entre son déclenchement et sa fin de pénétration. Le programme utilise les mesures de capteurs spécialement développés. Ils permettent de comprendre et d'anticiper les réglages des carottiers pour obtenir une qualité optimale d'échantillon.

Ce programme, utilisé en routine sur le N/O Marion Dufresne II, est l'évolution majeure du carottage depuis le développement du Calypso II.

Câbles textiles : Des travaux sont menés depuis plusieurs années pour le remplacement progressif des câbles en acier qui composent le carottier. Ils permettent d'optimiser, simplifier, et sécuriser les opérations et aussi de réaliser des économies substantiels en s'adaptant aux nouvelles méthodes (CINEMA).



Figure 157 : Tests de câbles textiles sur banc de traction

Une publication cosignée par le C2FN-Océan est née de ces travaux, et aujourd’hui un travail de concert avec des mateloteurs de course au large est initié pour finaliser ces projets.

Instrumentation du carottage : L’implantation de sondes au Calypso et la mise en place d’outils numériques ont permis d’une part un meilleur rendement scientifique des opérations de carottage, enrichi de nouvelles données, et d’autre part un meilleur suivi opérationnel, une plus grande maîtrise des paramètres de carottage, donc des missions de carottage optimisées. Ces travaux, initiés depuis l’origine du C2FN, sont toujours en cours de développement continu.

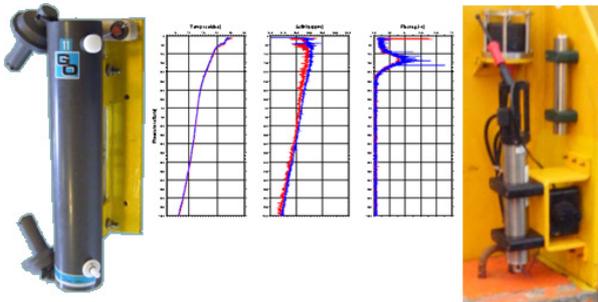


Figure 158 : Sonde CTD, accéléromètres, capteurs de pression et bouteilles Niskin sur Calypso

Matériel d’étude, de manutention opérationnelle et de logistique : Un effort de développement continu est mis en œuvre autour de tous ces aspects du carottage, en collaboration avec l’ensemble des acteurs concernés. De nouvelles solutions apparaissent régulièrement et améliorent progressivement la qualité des travaux.



Figure 159 : Container laboratoire d’analyse de carotte

4.7.3.3 Activités à la mer

Le C2FN encadre techniquement les missions de carottages sur le Marion Dufresne II, et cela s’est traduit par une présence comme chef de mission embarqué, plusieurs mois par an.

En parallèle, les collaborations extérieures ont amené à des travaux sur divers navires, français et étrangers, pour des tests de matériel et des échanges de technologies.

Personnel DT impliqué

Michel Calzas
Yvan Réaud

Contacts :

Michel Calzas (DT)
Hélène Leau (IPEV)
Yvan Réaud (DT)

michel.calzas@cns.fr
hleau@ipev.fr
yvan.reaud@ipev.fr

5 Les expertises et les services

5.1 Expertise en électronique

5.1.1 Description

L'effectif des Ingénieurs et Techniciens de la Division Technique spécialisé en électronique et instrumentation est réparti sur les 3 centres et compte 12 IT.

Les tâches qui leur sont confiées couvrent un large spectre de spécialités de l'électronique (analogique, numérique, automatisme, commande de moteurs), de l'informatique industrielle et de l'informatique embarquée.

Ces tâches s'adressent à l'ensemble des projets et instruments qui sont développés ou gérés par la Division Technique.

Les responsabilités de ces ingénieurs se retrouvent à différents niveaux dans les projets :

- Responsabilité de projet, instrument du projet (Work Package).
- Prise en charge de la chaîne d'acquisition du signal du capteur jusqu'à la donnée informatique.
- Réalisation de modules électroniques et de programmes de pilotage.
- Participation aux campagnes de mesures des instruments développés.

5.1.2 Moyens

Les systèmes électroniques sont simulés, conçus et développés avec les outils CADENCE (Spice, Orcad), Altium (CAO, Routage), Eagle (CAO), MaxPlus (FPGA famille Altera), Quartus (HDL), ModelSim (simulation HDL).

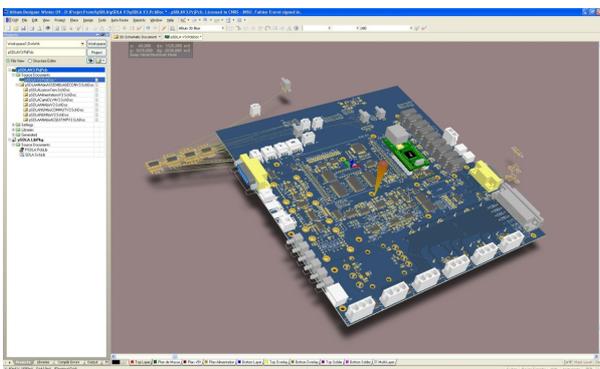


Figure 160 : Carte Pico CH4 sous ALTIUM

Les systèmes de contrôle commande et acquisition à base de microcontrôleur / processeur sont développés sur des plateformes cibles Motorola (famille 68000, persistor), Intel (famille x86, Tern, PC embarqué), ARM (Raspberry Pi, ACME System FOX Board, Silicon Labs), Campbell (centrale CR1000), famille PIC.

Les systèmes d'exploitation utilisés pour ces développements sont : Linux, OS9, Paradigm C++, Basic CR1000, Compilateur C IAR.



Figure 161 : Carte datalogger pour marégraphe

Les Interfaces Homme Machine nécessaires au bon contrôle commande des instruments sont réalisés avec les outils Visual C++, C#, Labview.

Le traitement et inversion des données scientifiques sont principalement effectués avec Matlab.

Nous disposons aussi de moyens de mesures, de salles électroniques, d'un four à refusions pour la réalisation de cartes CMS et d'une graveuse de circuit imprimé.

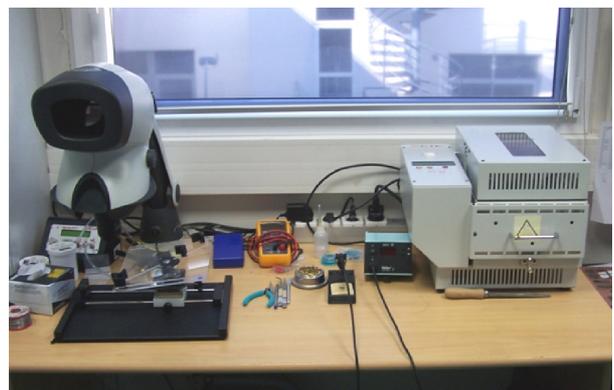


Figure 162 : Four à refusions pour cartes CMS

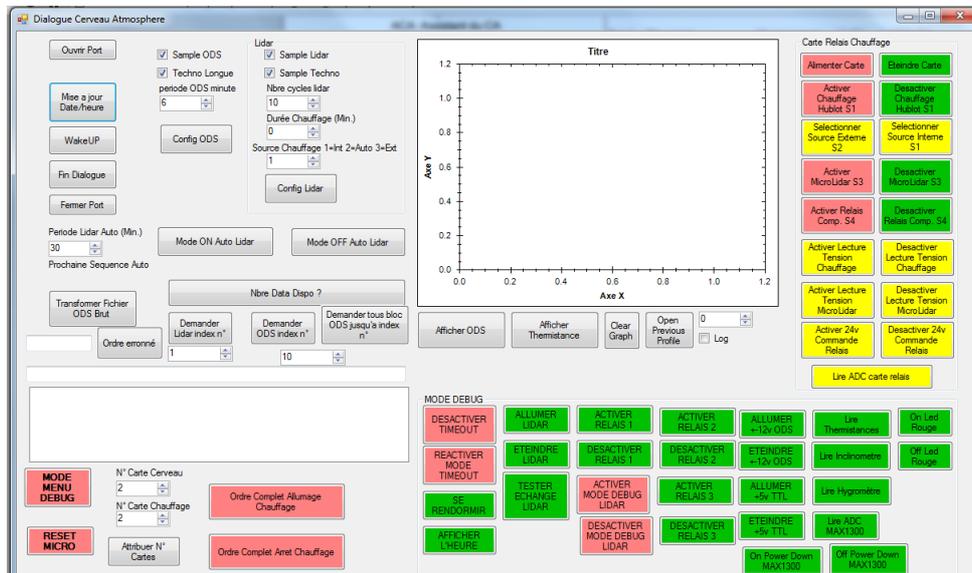


Figure 163 : Panneau Tests&Contrôles développé pour IAOS



Figure 164 : Graveur pour circuits imprimés

5.1.3 Activités

Dans le cadre de l'expertise en électronique, les IT développent plusieurs types de cartes électroniques :

- Carte mère des systèmes à micro-processeurs,
- Carte combinant la conversion analogique / numérique rapide (25 MHz) et la transmission de ces données via un FPGA,
- Carte préamplificateur bas bruit à l'interface du capteur physique (photodiode, PM, ...),
- Carte d'interface avec les systèmes numériques (GPS, modems GPRS et Iridium, modem inductif pour la communication sous marine).

Les personnels experts en électronique réalisent les systèmes en collaboration avec leurs

collègues mécaniciens et en lien avec les laboratoires avec lesquels ils travaillent sur les instruments.

Ils proposent des projets conjointement aux laboratoires émergeant à l'INSU (ANR, Equipex, R&D CNES). Ils réalisent les R&D en amont des projets d'instrumentation sur budget propre ou budget R&D de la Division Technique.

La liste des réalisations au sein des instruments n'est pas détaillée ici, mais reprise dans les fiches individuelles des projets.

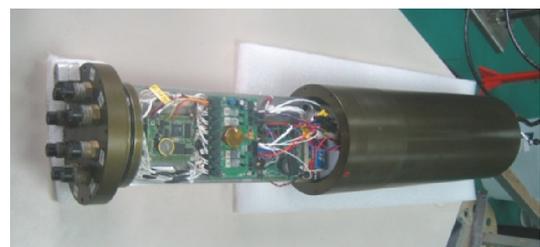


Figure 165 : Electronique de la Station bathymétrique

Contact :

Nadir Amarouche (DT) :
nadir.amarouche@cnsr.fr

5.2 Le Service Mécanique

5.2.1 Description

Le service mécanique de la Division Technique a pour vocation de soutenir et d'être partie prenante dans les projets menés par la DT. Il a donc les compétences nécessaires pour concevoir et réaliser des instruments embarqués sur différents vecteurs (satellite, fusée sonde, ballon, avion, navire, bouée, télescope,...) et opérant dans des milieux très différents (espace, atmosphère, océan, lac, sol, souterrain...).

Le service intervient durant toute la vie du projet : cahier des charges, conception, expertise, réalisation ou suivi de réalisation, contrôle, intégration, tests et mise en œuvre (déploiement terrain).

Il est composé d'un Bureau d'Etudes et d'un Atelier.



Figure 166 : Vue du magnétomètre ICI installé au bout du bras sur la fusée sonde

5.2.2 Bureau d'études

5.2.2.1 Conception mécanique

Les spécialistes en conception mécanique du bureau d'étude utilisent les logiciels de CAO 3D CATIA de Dassault Systèmes et Inventor 3D d'Autodesk. Ils disposent, pour le prototypage rapide, d'une imprimante 3D Dimension Elite de Stratasys. Ils disposent également d'un bras de mesure 3D et du logiciel PowerInspect pour le contrôle et la rétro-conception.

Le bureau d'étude de la DT intervient dans les projets dès la rédaction du cahier des charges. Il participe à la rédaction de celui-ci pour s'assurer de la bonne compréhension du besoin scientifique. Après avoir fait une analyse de l'existant, il propose des concepts de solutions puis, suite au choix le plus adapté avec l'équipe projet, il en assure la conception mécanique.

Le bureau d'étude a une expérience dans la conception d'instruments destinés à être utilisés dans des environnements très variés. Dans le sol (forage), sur le sol (dans le désert, en altitude, sur la glace...) en milieu marin (sur navires, plateformes flottantes, profileurs ou drones de surfaces), dans les airs (ballons, fusée, avions) ou dans l'espace (satellites). Ces environnements engendrent des contraintes fortes (température, corrosion, vibration, chocs, vide, radiation, pression...) que le bureau doit et sait prendre en considération.

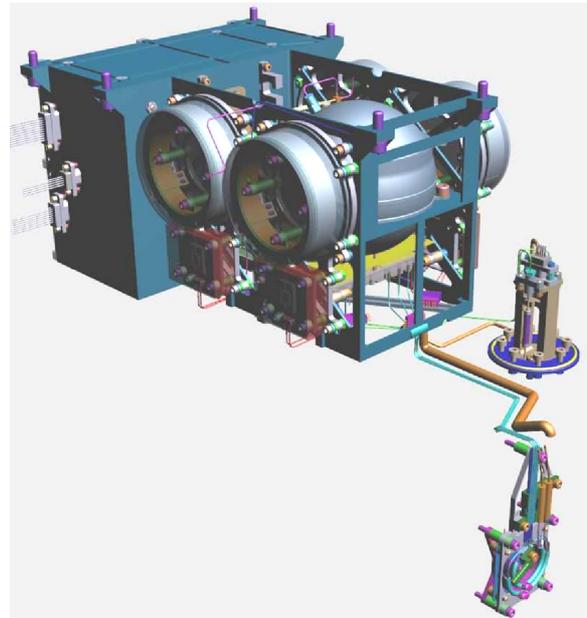


Figure 167 : Maquette numérique de MOMA GC

Il participe également à des activités systèmes comme le routage des harnais électriques, la visualisation des trajets optiques, l'aide aux activités d'intégration (intégration des différents instruments dans une nacelle ballon, gestion des configurations), la rétro-conception...

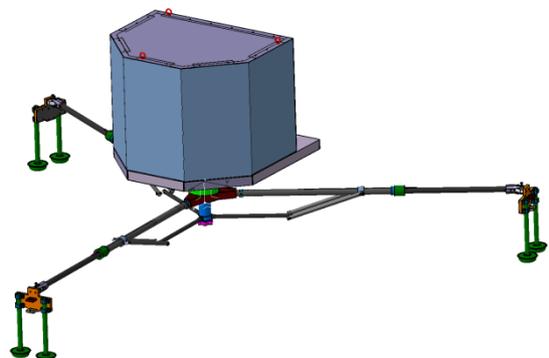


Figure 168 : Maquette numérique de la sonde ROSETTA pour PP-SESAME

Enfin le bureau d'études s'investit dans l'intégration des instruments et même dans leur déploiement. Ces deux dernières étapes sont très importantes car elles permettent d'avoir un

retour d'expérience très enrichissant pour les conceptions à venir.

5.2.2.2 Calcul de structures

Le spécialiste en calcul de structures à la Division Technique est susceptible de répondre à l'ensemble des chercheurs et ingénieurs ayant un projet de conception de structures à mener dans le domaine mécanique et/ou thermique, que ce soit au niveau du pré dimensionnement des structures et assemblages ou au niveau de la certification des instruments.

L'outil de simulation numérique dans ce domaine à la DT est le logiciel NX de Siemens PLM Software, intégrant le solveur NX Nastran.

Les principaux modules installés sont les suivants :

- Importation en format STEP des fichiers de CAO des géométries surfaciques et volumiques.
- Maillage en éléments finis, conditions aux limites, propriétés des matériaux, etc.
- Mécanique statique et dynamique, flambage, réponses transitoires, etc.
- Problèmes linéaires (petits déplacements) et non-linéaires (grands déplacements, pièces en contact).
- Thermique stationnaire et transitoire avec tous les types de transfert (conduction, convection et radiation).
- Ecoulement de fluides laminares ou turbulents, couplé ou non avec la thermique.
- Post-traitement des résultats.

La station de travail est une HP Z400 à processeur Xeon exploitée sous Windows 7.

En complément, le logiciel de programmation MATLAB est utilisé pour développer des opérations mathématiques spécifiques, traiter certains résultats et générer des graphiques 2D et 3D incorporables dans les rapports.

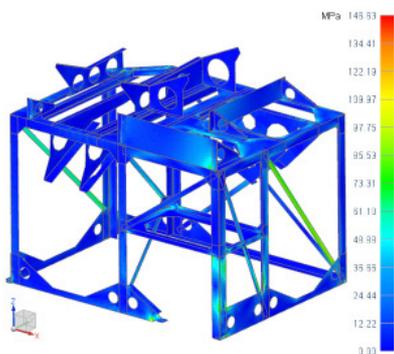


Figure 169 : Calcul des contraintes du banc RASTA 2 dans le cas d'une accélération de 9 g

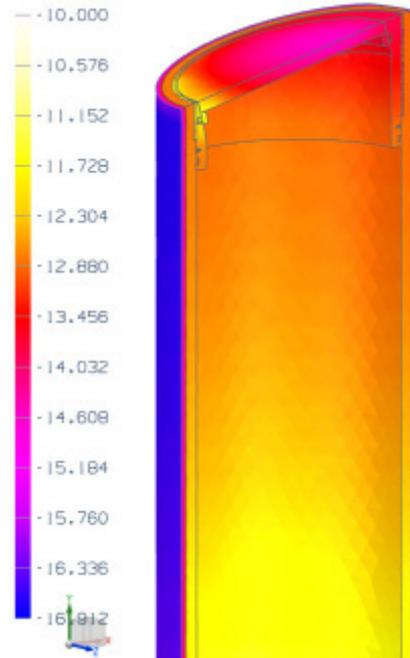


Figure 170 : Simulation thermique du tube haut et du hublot de visée lidar de IAOS

5.2.3 Atelier de Mécanique

Il est issu de l'ancien Atelier des Prototypes. Avec un effectif de 3 mécaniciens, il est spécialisé dans la réalisation de prototypes, le contrôle, le montage et l'intégration des instruments.



Figure 171 : Vue du centre d'usinage (à droite) et du tour à commande numérique

Le parc des machines de production permet de réaliser les opérations suivantes :

- Fraisage numérique : centre d'usinage, renouvelé en 2012, à commande numérique 3 axes avec un 4ème axe additionnel (capacité de 835 x 500 x 500 mm).
- Tournage numérique : tour à commande numérique renouvelé en 2014, 2 axes linéaires de base avec une tourelle porte-outils muni d'un axe C (outils tournants), capacité : diamètre 350 mm, longueur 650 mm.
- Fraisage et tournage conventionnel.
- Sciage à ruban et alternatif.

- Contrôle avec outils conventionnels, une colonne de mesure et, depuis 2008, un bras de mesure 3D d'une capacité sphérique de 1,8 m de diamètre et d'une précision de +/- 25 µm.



Figure 172 : Bras de mesures 3D

Des matériaux très divers sont mis en œuvre pour répondre aux besoins des projets. Ce sont, par ordre d'importance, les alliages d'aluminium, les plastiques standards et hautes performances, les aciers inoxydables, les alliages de titane...

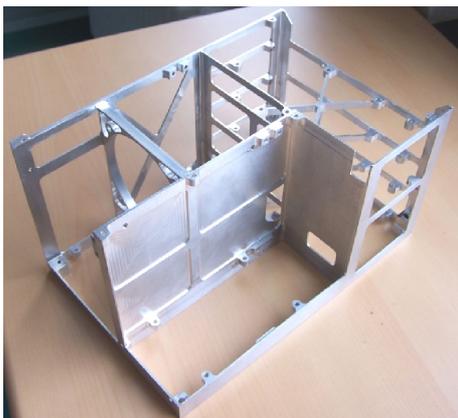


Figure 173 : Structure de MOMA-GC usinée dans la masse en aluminium

5.2.4 Activités

Les principaux projets soutenus entre 2011 et 2014 sont :

- CIDRE, télescope embarqué dans une nacelle ballon stratosphérique : participation au design thermo-mécanique du télescope avec le CNES.
- FLUX : mesure de flux turbulent au-dessus du niveau de la mer.
- IAOS, plate-forme de mesures pour l'océan arctique : conception mécanique, suivi de fabrication, simulation thermique, activité système.

- ICI4 : magnétomètre embarqué sur fusée sonde.
- KuROS : radar aéroporté.
- Micro-ARES, instrument destiné à ExoMars 2016 : simulation de réponses vibratoires.
- MOMA-GC : chromatographe pour Exomars 2018.
- PicoSDLA.
- RASTA 2, radar aéroporté : validation de la tenue mécanique.
- Station Benthique.



Figure 174 : Impression échelle 1/10 de IAOS

Formation du personnel au logiciel Esprit, passerelle entre la CAO et l'usinage numérique, au logiciel CATIA et à l'utilisation du bras de métrologie.

Personnel DT impliqué :

Christophe Berthod : calcul de structures
 Aurélien Cléménçon : fabrication et intégration
 Nicolas Geyskens : conception, ingénierie système, responsable du service
 Benoît Lemaire : fabrication et intégration
 Thierry Lesourd : conception
 Karim Mahiouz : conception, fabrication et intégration
 Jean-Christophe Samaké : conception, fabrication et intégration
 Joseph Spatazza : conception

Contact :

Nicolas Geyskens : nicolas.geyskens@cnsr.fr

5.3 Le Service Informatique

5.3.1 Description

Les missions du Service informatique sont :

- Mettre des ressources informatiques à la disposition des utilisateurs, des services et des projets.
- Veiller à la continuité de ces services.
- Développer des applications et des SI pour les projets.
- Administrer et exploiter les serveurs et le réseau informatique de l'unité et des navires.
- Maintenir le parc informatique, planifier les interventions d'installation, de configuration et de dépannage de matériels mis à la disposition.
- Gérer le site internet de l'unité et mettre à jour les informations qui s'y trouvent.
- Mettre en place les mécanismes concernant la sécurité informatique.
- Mettre en place une politique de sauvegarde et d'archivage des données.
- Assister, former les utilisateurs.
- Conseil sur l'achat de matériel.

Le service est composé d'ingénieurs affectés sur des projets et d'agents pour l'administration systèmes et réseau (messagerie, web, FTP, authentification, VPN, téléphonie), la gestion de parc, l'assistance aux utilisateurs et pour des développements logiciels. En 2014, Il compte 9 agents permanents (7,3 ETP) qui sont répartis sur les trois sites en France, dont deux ne sont pas de la BAP E. Comme le montre l'organigramme ci-dessous, le service possède les compétences informatiques lui permettant de répondre à un large éventail de demandes de laboratoires de l'INSU.

5.3.2 Moyens

Les sites de Meudon et La Seyne sur Mer disposent chacun de leur propre accès à RENATER (1 Gb/s et 100 Mb/s pour Meudon, 10 Gb/s pour La Seyne) et un VPN permet les communications sécurisées entre les deux sites.

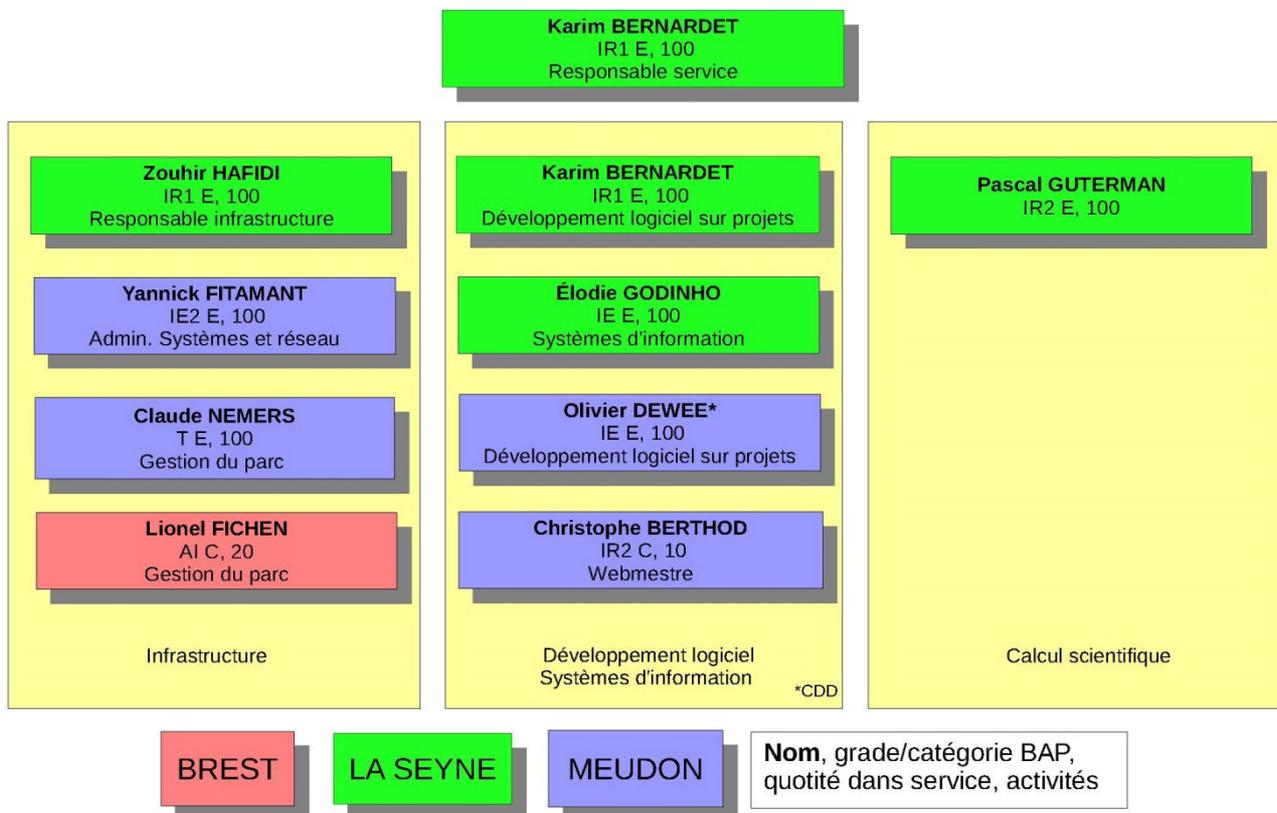


Figure 175 : Organigramme du service informatique de la DT

Meudon

Le site de Meudon dispose d'une architecture virtualisée à base de serveurs en lame DELL, d'une baie de stockage NETAPP (20 To) et de la plate-forme logicielle Vmware. Cette architecture flexible et évolutive a beaucoup d'intérêts. D'une part, elle permet de répondre rapidement aux besoins de plus en plus croissants de la part des utilisateurs pour de nouveaux services. D'autre part, elle apporte une meilleure disponibilité pour les applications critiques. Et enfin, elle permet de réaliser des économies dans l'achat et la maintenance de matériels.

L'archivage des données critiques est réalisé quotidiennement par un serveur NEC.

Le parc informatique est composé d'une quarantaine de postes de travail sous Windows principalement, et d'une dizaine de périphériques d'impressions (copieurs, imprimantes, traceur). Ces équipements sont interconnectés sur un réseau en 100 Mégabits.

L'ensemble des bureaux et des salles de réunion du site sont équipés de prises réseaux. Des bornes Wifi sont également présentes aux abords des salles de réunion et d'espaces communs afin d'offrir un accès à Internet.

La Seyne sur Mer

Ce site dispose aussi d'une architecture virtualisée. Le parc informatique compte une quarantaine de postes sous Windows et quelques machines sous Mac OS X et Linux. Il dispose de quatre copieurs et imprimantes en réseau. Des bornes Wifi sont aussi présentes.

Plouzané

Le parc de ce site compte une quarantaine de postes sous Windows et un copieur multifonctions. Installé dans le bâtiment de l'IPEV, il ne dispose pas actuellement de son propre accès RENATER. Les données de leur serveur de fichiers sont sauvegardées sur le site de Meudon.

Le service utilise un système de gestion de projets et de tickets (REDMINE).

5.3.3 Activités (2011-2014)

5.3.3.1 Infrastructure

- Mise en place de EDUROAM.
- Nouvelle plate-forme d'hébergement web.
- Automatisation de la gestion de configuration des serveurs.
- Nouveau système d'authentification unique

SSO (LDAP/Kerberos/CAS).

- Meudon : participation avec le SSI de la DR5 à l'appel d'offres (sélection des dossiers et choix retenu) concernant la refonte du cœur de réseau du campus de Meudon.
- Chiffrement des postes de travail en suivant les recommandations du CNRS.
- Mutualisation d'équipements informatiques avec le SSI de la DR5.
- Mise en place de Owncloud pour fournir aux utilisateurs une solution de stockage pour les données de leur poste de travail.
- Mise en place de Bomgar pour le support et la prise en main à distance des postes.
- Raccordement du site de La Seyne sur le POP RENATER de Toulon.
- Mise en place d'un site de backup à Meudon pour le pilotage des planeurs sous-marin.

Concernant la communication, la formation, l'accompagnement des utilisateurs, les actions suivantes ont été mises en place :

- Réunions annuelles de suivi avec les utilisateurs (bilan, besoins, etc...).
- Formation UNIX/LINUX de 3 jours pour du personnel de La Seyne.
- Formation et présentation des nouveaux outils et services (Owncloud, EDUROAM, etc...).
- Participations au groupe de travail pour la mise en place d'une gestion électronique de documents.

5.3.3.2 Moyens nationaux

Navires :

- Développement de l'application web pour la programmation des navires de station.
- Mise en place d'un module de GRR pour la gestion et la réservation des navires de station.
- Refonte architecture informatique des navires de l'INSU avec la mise en place du VSAT sur le Tethys et d'une solution 4G pour les navires de station.

Parc océanographique côtier :

- Mise en place de GRR pour la gestion et la réservation du matériel.

Planeurs sous-marins :

- Application web pour la gestion du parc, alarmes et automatisation pour la sécurisation du pilotage, transmission des données vers CORIOLIS, le système

informatique du parc reposant sur quinze serveurs virtualisés et sur des développements logiciels réalisés et maintenus à la DT.

- Gliders for Research Ocean Observation and Management: projet européen FP7 pour l'étude de la mise en place d'une infrastructure européenne pour les planeurs sous-marins (responsable d'une tâche, responsable de 2 livrables et contributeur de 7 livrables).

Parc géophysique mobile GPSCOPE :

- Virtualisation de la plate-forme.

Système Acquisition Validation Exploitation de Données du Téthys II (SAVED) :

- Migration du site web à la DT INSU et améliorations pour le traitement des données.

5.3.3.3 Demandes de soutien

TRANSMED (Océan Atmosphère) :

- Développement du système informatique pour un thermosalinomètre autonome sur navires d'opportunité,
- Mise en place d'un serveur de messagerie dédié pour la collecte des données de la bouée BFI.

RADO (Terre Solide) : développement d'outils logiciels pour la mise à disposition des données du parc OBS de l'INSU.

Cybercarothèque (Surfaces et interfaces continentales) : système d'informations pour les carottes du Centre de Carottage et de Forage

National.

TGIR RESIF (Terre Solide) : discrimination des signaux des tirs de carrières.

COROT (Astronomie et Astrophysique) : détermination statistique et correction des dérives systématiques dans le pipeline de données.

5.3.3.4 Autres projets

MEUST SE : développement du logiciel sur le PC embarqué pour le contrôle des modems inductifs et la transmission acoustique d'une ligne instrumentée sous marine.

Radars HF courantométriques : accès à distance, transmission de données et application web pour le contrôle distant.

Site web de l'Equipex Climcor.

Le service maintient aussi un certain nombre d'applications et de services liés à des moyens nationaux, projets et demandes de soutien (ALBATROSS, SAVED, UMS Flotte).

Personnel DT impliqué :

- | | |
|--------------------|-----------------|
| Karim Bernardet | Elodie Godinho |
| Christophe Berthod | Pascal Guterman |
| Olivier Dewée | Zouhir Hafidi |
| Lionel Fichen | Claude Nemers |
| Yannick Fitamant | |

Contact :

Karim Bernardet : karim.bernardet@cns.fr

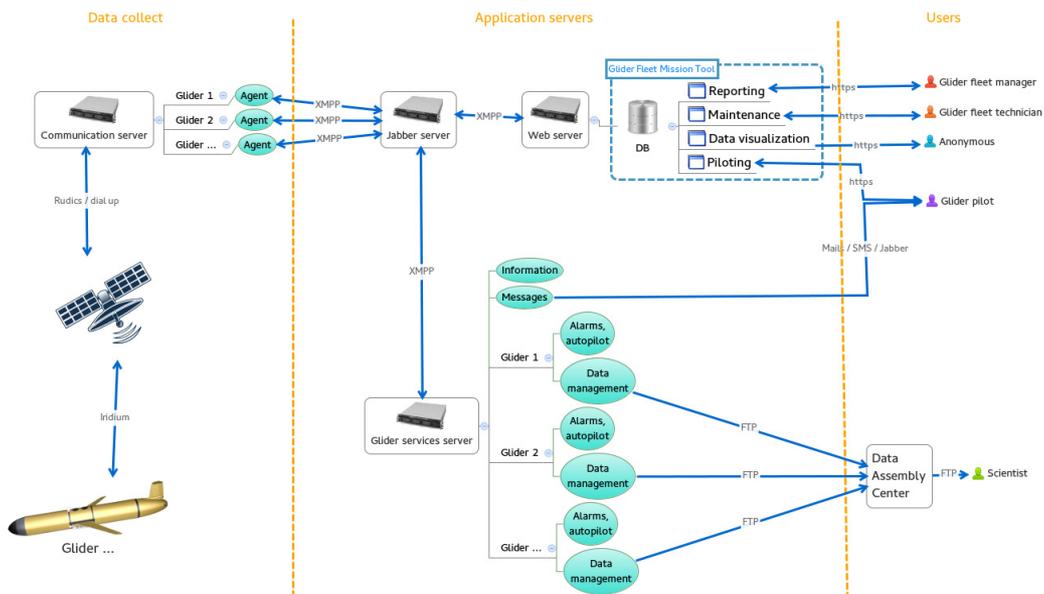


Figure 176 : Système informatique pour le parc national de planeurs sous-marins

5.4 Le Service Secrétariat-Gestion-Pilotage

La gestion administrative de l'unité est assurée sur les trois sites par une équipe composée de :

- Sylvia Luna (TCN), Vanessa Martray (AI), Michèle Schaldembrand (IE2) pour le site de Meudon,
- Françoise Le Corre (TCS) pour le site de Plouzané,
- Marion Blondeau (CDD AI), Catherine Hanocq (CDD T), Josiane Pellegrino (AI), Malika Oudia (AI) pour le site de La Seyne sur Mer.

Ce service administratif, bien que transverse, a une activité spécifique à chaque site du fait des interfaces de chaque site avec des délégations régionales différentes. La responsable de ce service est Michèle Schaldembrand.

5.4.1 Site de Plouzané

Françoise Le Corre est en charge de la gestion des crédits des entités suivantes :

- Le parc national d'instrumentation océanographique,
- La cellule de développement instrumental,
- L'Equipex CLIMCOR.

L'activité administrative à Plouzané en quelques chiffres :

2012	400 bons de commande et 60 missions, 34 k€ de contrats.
2013	550 bons de commande et 60 missions, 500 k€ pour le site, 64 k€ de contrats, 1,2 M€ d'Equipex Climcor.
2014	560 bons de commande et 70 missions, 500 k€ pour le site, 47 k€ de contrats, 2,5 M€ d'Equipex Climcor.

Sur l'Equipex Climcor, Françoise Le Corre a une double fonction :

- D'une part, elle est référente gestionnaire et à ce titre assure toute la partie comptabilité du projet. C'est elle qui prépare les reportings financiers pour la délégation et suit les échéances financières. Elle s'occupe aussi des dépenses de la gouvernance du projet : missions pour les réunions annuelles, commandes diverses.
- D'autre part en qualité d'assistante projet, elle seconde le responsable technique, Michel Calzas, directeur adjoint de la DT et responsable technique de CLIMCOR, dans toute la partie administrative du projet. Bilingue anglais-français, elle s'est occupée de la traduction du site web Climcor ainsi que de celle des posters.

Elle a aussi participé à l'élaboration et à la mise en page de la brochure.

En 2014, Françoise Le Corre a participé au congrès annuel de l'AGU (American Geophysical Union) à San Francisco en compagnie du responsable technique, afin d'y présenter le poster donnant le contexte, les objectifs et l'organisation en 3 parties du projet : Glace, Continental et Océan.

Françoise Le Corre s'occupe aussi de la valorisation des projets en relation avec le responsable du site et le CNRS et elle assiste le directeur adjoint pour l'application des textes réglementaires au niveau financier et gestion des ressources humaines. Elle est en interface avec les services de la délégation régionale 17, Bretagne et Pays de la Loire, à Rennes.

5.4.2 Site de Meudon

L'équipe du site de Meudon est affectée à mi-temps à la gestion de la DT et à mi-temps à la gestion de l'UPS850 CIRMED dans le cadre du métaprogramme MISTRALS.

Pour la DT, elle est en charge de la gestion générale de l'unité, ainsi que des TGIR RESIF, EMSO, des Equipex IAOOS et RESIF et d'ANR.

Pour le CIRMED, elle est en charge de la gestion des crédits mis en place pour MISTRALS et du secrétariat de Direction du DAS Mistrals, Etienne Ruellan.

L'activité de Meudon en quelques chiffres pour l'UPS855 Division Technique et l'UPS850 CIRMED confondues :

2012	2161 bons de commandes, 1417 missions, 1,9 M€ de SE, 501 k€ de TGI RESIF, 661 k€ de ressources propres, et 348 k€ de contrats Equipex- SOERE-ANR.
2013	2328 bons de commandes, 1095 missions, 2,6 M€ de SE, 575 k€ de TGI, 1,19 M€ de ressources propres, 809 k€ de contrats Equipex-ANR-SOERE.
2014	2299 bons de commande, 1095 missions, 2,3 M€ de SE, 622 k€ de TGI, 929 k€ de ressources propres, 827 k€ de contrats Equipex-ANR-SOERE.

L'équipe du site de Meudon est référente de l'unité pour Labintel, Dialog, Sirhus, PUMA et Nouba.

L'équipe du site de Meudon est en interface avec les services de la délégation régionale 5, Ile de France Ouest & Nord, à Meudon.

UPS 855 :

Le fait que cette unité soit multi-sites conduit la responsable administrative à avoir des contacts fréquents avec les trois délégations dont elle dépend ainsi qu'avec l'INSU.

Il faut signaler l'augmentation du nombre de PUMA, qui était jusqu'en 2013 de un à trois par an mais qui sont passés à 10 en 2014. Sans oublier les gros marchés : les radars CODAR en 2011, le camion du C2FN-Continent en 2011 et le bateau pour la FOF en 2014. Ces marchés demandent un suivi important. Par exemple, dans le cas du bateau pour la FOF, il s'agit d'un achat en commun avec l'UPMC qui doit transférer la partie de sa contribution à l'UPS855, mais c'est la DT qui s'occupe seule du suivi et du déclenchement des paiements.

UPS 850 :

Pour cette unité, la difficulté en 2012 a été de séparer rigoureusement la gestion de l'unité de celle de MISTRALS jusqu'à la mise en place d'une unité de gestion spécifiquement créée, le CIRMED, fin 2012.

Une autre difficulté de la gestion des crédits réside dans le fait qu'il a fallu créer de nombreux codes matière représentant chacun un item de MISTRALS géré par différentes personnes.

Pour cette unité, les crédits ADEME, CEA et ENVIMED sont à justifier et demandent un suivi tout particulier. Une justification doit être faite à mi-parcours pour justifier à la fois de l'utilité des crédits et de la suite du contrat jusqu'à la justification finale.

5.4.3 Site de La Seyne

L'équipe de la Seyne a trois spécificités en plus de la gestion du site, à savoir :

- Le budget de fonctionnement et d'entretien de la flotte océanographique du CNRS, de même que la gestion du ticket modérateur pour l'utilisation des navires de façade et de station.
- La gestion des effectifs marins.
- La programmation de la Flotte Océanographique Française et le secrétariat de la Commission Nationale de la Flotte Côtière.

L'activité de La Seyne en quelques chiffres :

2012	1903 bons de commandes, 204 missions, 1,26 M€ de TGIR Flotte, 294 k€ de ressources propres.
2013	2568 bons de commande, 257 missions, TGIR Flotte 1 243 745 €, ressources propres 286 324 €.
2014	2643 bons de commande, 291 missions, TGIR Flotte 1 414 146 €, ressources propres 302 561 €.

La gestion de l'effectif marin est une activité qui concerne une cinquantaine de marins professionnels plus le capitaine d'armement, son adjoint et l'ingénieur d'armement. Ces personnels ont un statut spécifique qu'il faut maîtriser parfaitement, notamment dans le domaine de la paie, des cotisations sociales et du droit social maritime car la paye est calculée à la DT La Seyne par l'équipe administrative. L'équipe doit prendre en compte le calcul complexe des primes à la mer et les éventuelles augmentations de salaire des marins. Au titre de 2015, la nouveauté résidera dans la mise en place d'un nouveau programme de paye, qui conduira le personnel à faire les payes en double (ancien et nouveau système) avec une double vérification, le temps que le nouveau programme soit complètement opérationnel.

Pour l'UMS Flotte océanographique française (Unité Mixte de Service CNRS / IFREMER / IPEV / IRD), il s'agit de diffuser les appels, d'optimiser les calendriers d'utilisation des navires, demander les autorisations de travaux maritimes, établir les bilans d'activité des navires, générer des tableaux de bord.

Pour la Commission Nationale de La Flotte Côtière, les activités sont les suivantes : suivre les expertises, organiser les réunions de la CNFC, préparer l'évaluation de la valorisation des campagnes océanographiques. Tant pour l'UMS Flotte que pour la CNFC, l'ensemble des tâches est assumé par Malika Oudia qui est à 80 % pour ces activités.

L'équipe du site de La Seyne est en interface avec les services de la délégation régionale 20, Côte d'Azur, à Valbonne.

Personnel DT affecté :

Sophie Agius-Poli, gestionnaire, à La Seyne (jusqu'en 2012)

Marion Blondeau à La Seyne, gestionnaire (depuis mars 2013)

Chantal Chabriel, secrétariat, à La Seyne (jusqu'en 2013)

Catherine Hanocq, secrétariat, à La Seyne (depuis mars 2014)

Françoise Le Corre, gestionnaire, missions, à Plouzané

Sylvia Luna, missions, à Meudon

Vanessa Martray, gestionnaire, à Meudon

Mailka Oudia, CNFC et UMS FOF à 80%, missions à 20%, à La Seyne

Josiane Pellegrino, gestionnaire, effectif marin, à La Seyne

Michèle Schaldembrand, responsable, à Meudon

Contact :

Michèle Schaldembrand :

michele.schaldembrand@cncrs.fr

6 Personnels ITA 2011 – 2014

Au 31/12/2014, la Division Technique compte 52 ITA permanents et 10 ITA en CDD.

Sur 2011-2014, 29 ITA sont arrivés et 32 sont partis.

Le nombre des personnels permanents est pratiquement resté inchangé, entre 50 et 51 personnes.

	Fin 2010	Fin 2011	Fin 2012	Fin 2013	Fin 2014
IR	17	18	18	17	17
IE	8	8	9	8	9
AI	14	16	15	16	16
T	10	7	7	10	9
ATP	2	2	1		
Total	51	51	50	51	51

Tableau 1 : Evolution du personnel ITA permanent par corps

L'unité n'a pas obtenu sur la période de nouveaux contrats de formation d'apprentis.

Le nombre d'ETP CDD a notablement diminué, passant de plus de 11 à environ 7. Le financement de ces contrats a aussi évolué, du fait de la restriction des budgets CDD au niveau de l'institut. Les projets et les ressources propres de l'unité ont pris le relai :

Financement	2011	2012	2013	2014
INSU	9.50	6.17	3.74	1.50
Ressources propres			0.50	1.58
Projet	1.92	3.17	4.66	4.21
Total	11.42	9.34	8.90	7.29

Tableau 2 : Financement des ETP-CDD

De la même manière que le nombre d'agents, la répartition par branches d'activité professionnelle a peu évolué sur la période :

BAP		Fin 2010	Fin 2011	Fin 2012	Fin 2013	Fin 2014
B	Permanent	1	1			
	CDD					
	Total	1	1	0	0	0
C	Permanent	34	34	36	38	37
	CDD	5	5	5	3	3
	Apprentis	2	2			
	Total	41	41	41	41	40
E	Permanent	9	9	8	6	8
	CDD	3	3	3	2	4
	Total	12	12	11	8	12
G	Permanent	1	1	1		
	CDD					1
	Total	1	1	1	0	1
J	Permanent	6	6	6	6	6
	CDD	3	2	1	1	2
	Total	9	8	7	7	8

Tableau 3 : Evolution du personnel ITA permanent et temporaire par BAP, affecté à l'unité

Les trois tableaux suivants donnent les bilans des mouvements des personnels ITA sur la période considérée. L'unité est la personne (et non l'ETP).

		2011	2012	2013	2014	Total
Arrivées	ITA permanents	2	6	6	2	16
	CDD ITA	3	1	3	6	13
	Apprentis					0
Départs	ITA permanents	2	6	8		16
	CDD ITA	4	2	6	2	14
	Apprentis		2			2
Bilan	ITA permanents	0	0	-2	+2	0
	CDD ITA	-1	-1	-3	+4	-1
	Apprentis		-2			-2
Bilan	Arrivées-départs	-1	-3	-5	+6	-3

Tableau 4 : Bilan des mouvements ITA par statut sur la période 2011 – 2014

		La Seyne	Meudon	Plouzané	Total
Arrivées	ITA permanents	6	5	5	16
	CDD ITA	5	4	4	13
	Apprentis				0
Départs	ITA permanents	6	8	2	16
	CDD ITA	6	5	3	14
	Apprentis		2		2
Bilan	ITA permanents	0	-3	+3	0
	CDD ITA	-1	-1	+1	-1
	Apprentis		-2		-2
Bilan	Arrivées-départs	-1	-6	+4	-3

Tableau 5 : Bilan des mouvements ITA par site sur la période 2011 – 2014

	NOEMI	Concours externe	Mutation	Action RH	Maladie	Retraite	Disponibilité	Démission	Total
Arrivées	6	8	1	1					16
Départs	5	2	1	1	2	3	1	1	16
Bilan	+1	+6	0	0	-2	-3	-1	-1	0

Tableau 6 : Mouvements ITA permanents par type de mouvement sur la période 2011 – 2014

7 Publications

2011

M. Ghysels, L.Gomez, J. Cousin, N. Amarouche, H. Jost and G.Durry, **“Spectroscopy of CH₄ with a Difference Frequency Generation laser at 3.3 micron for atmospheric applications”**, Applied Physics B, Vol.104, pp.989-1000, 2011

R.Loislil, L.Eymard, N. Amarouche, J-M.Panel, A.Lourançon, A.Matulka, A.Weill, F.Vivier, M.Dechambre, A.Viola, V.Vitale, S.Argentin et H.Kupfer, **“BEAR, une station de mesure pour l’océan Arctique”**, La Météorologie, n°74, août 2011

E. D. Rivière, J.-P. Pommerau, N. Amarouche, M. Ghysels, J. Cousin, TROpico’s Team, **“TRO-Pico: A Small Balloon Campaign to Study the Impact of Tropical Convective Overshooting on Stratospheric Water Budget”**, Publication Proceedings of the 20th Symposium on European Rocket and Balloon Programmes and Related Research, held in Hyères, France in October, 2011. ESA SP-700.

B.Gardes, P-Y. Chabaud, P.Guterman, **“Determination of the Contamination Rate and the Associated Error for Targets Observed by CoRoT in the Exoplanet Channel”**, Astronomical Data Analysis Software and Systems XXI. Proceedings of a Conference held at Marriott Rive Gauche Conference Center, Paris, France, 6-10 November, 2011. ASP Conference Series, Vol. 461.

P.-Y. Chabaud, F. Agneray, J.-C. Meunier, P. Guterman, R. Cautain, C. Surace, M. Deleuil, **“Overview of CeSAM Tools and Services for the CoRoT Mission”**, Astronomical Data Analysis Software and Systems XX. ASP Conference Proceedings, Vol. 442, proceedings of a Conference held at Seaport World Trade Center, Boston, Massachusetts, USA on 7-11 November 2010. Edited by Ian N. Evans, Alberto Accomazzi, Douglas J. Mink, and Arnold H. Rots. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2011., p.339

2012

M. Ghysels, G. Durry, N. Amarouche, J. Cousin, L. Joly, E.D. Riviere, and L. Beaumont, **“A lightweight balloonborne laser diode sensor for the in-situ measurement of CO₂ at 2.68 micron in the upper troposphere and the lower stratosphere”**, Applied Physics B, Vol. 107, pp. 213-220, 2012

A. S. Bonomo, P.Y. Chabaud, M. Deleuil, C. Moutou, F. Bouchy, J. Cabrera, A.F. Lanza, T. Mazeh, S. Aigrain, R. Alonso, P. Guterman, A. Santerne, J. Schneider, **“Detection of Neptune-size planetary candidates with CoRoT data. Comparison with the planet occurrence rate derived from Kepler”**, Astronomy & Astrophysics, Volume 547, id.A110, 10 pp, nov 2012

M. Ollivier, M. Gillon, A. Santerne, G. Wuchterl, M. Havel, H. Bruntt, P. Bordé, T. Pasternacki, M. Endl, D. Gandolfi, S. Aigrain, J. M. Almenara, R. Alonso, M. Auvergne, A. Baglin, P. Barge, A.S. Bonomo, F. Bouchy, J. Cabrera, L. Carone, S. Carpano, C. Cavarroc, W.D. Cochran, Sz. Csizmadia, H. J. Deeg, M. Deleuil, R. F. Diaz, R. Dvorak, A. Erikson, S. Ferraz-Mello, M. Fridlund, J-C. Gazzano, S. Grziwa, E. Guenther, T. Guillot, P. Guterman, A. Hatzes, G. Hébrard, H. Lammer, A. Léger, C. Lovis, P.J. MacQueen, M. Mayor, T. Mazeh, C. Moutou, A. Ofir, M. Pätzold, D. Queloz, H. Rauer, D. Rouan, B. Samuel, J. Schneider, M. Tadeu dos Santos, L. Tal-Or, B. Tingley, J. Weingrill, **“Transiting exoplanets from the CoRoT space mission. XXII. CoRoT-16b: a hot Jupiter with a hint of eccentricity around a faint solar-like star”**, Astronomy & Astrophysics, Volume 541, id.A149, 10 pp., mai 2012

2013

G. Berthet, J-B. Renard, M. Ghysels, G.Durry, B. Gaubicher, N. Amarouche, **“Balloon-borne observations of mid-latitude stratospheric water vapour at two launching sites: comparisons with HALOE and MLS satellite data”**, Journal of Atmospheric Chemistry, 70, pp.197-219, 2013

M. Ghysels, G. Durry, N. Amarouche, **“Pressure-broadening and narrowing coefficients and temperature dependence measurements of CO₂ at 2.68 micron by laser diode absorption spectroscopy for atmospheric applications”**, Spectrochimica Acta Part A, 107, pp. 55-61, 2013

J.-L. Baray, Y. Courcoux, P. Keckhut, T. Portafaix, P. Tulet, J.-P. Cammas, A. Hauchecorne, S. Godin Beekmann, M. De Mazière, C. Hermans, F. Desmet, K. Sellegri, A. Colomb, M. Ramonet, J. Sciare, C. Vuillemin, C. Hoareau, D. Dionisi, V. Dufлот, H. Vérèmes, J. Porteneuve, F. Gabarrot, T. Gaudo, J.-M. Metzger, G. Payen, J. Leclair de Bellevue, C. Barthe, F. Posny, P. Ricaud, A. Abchiche, and R. Delmas, **“Maïdo observatory: a new high-altitude station facility at Reunion Island (21°S, 55°E) for long-term atmospheric remote sensing and in situ measurements”**

Flora Toussaint, Christophe Rabouille, Bruno Bombled, Cécile Cathalot, Bruno Lansard, Abdel Abchiche, Oualid Aouji, Gilles Buchholtz; **“Time series of oxygen demand in coastal sediments and environmental parameters obtained by a new benthic station: the Rhône delta (NW Mediterranean Sea)”**, Geophysical Research Abstracts, Vol.15, EGU2013-942, EGU General Assembly 2013

Celine Quentin, Yves Barbin, Lucio Bellomo, Philippe Forget, Joël Gagelli, Samuel Grosdidier, Charles-Antoine Guérin, Karen Guihou, Julien Marmain, Anne Molcard, Bruno Zakardjian, Pascal Guterman, Karim Bernardet, **“HF radar in French Mediterranean Sea: an element of MOOSE Mediterranean Ocean Observing System on Environment”**, Ocean & Coastal Observation: Sensors and observing systems, numerical models & information, Oct 2013, Nice, France. Pp.25-30, 2013

2014

D. W. Fahey, R.-S. Gao, O. Möhler, H. Saathoff, C. Schiller, V. Ebert, M. Krämer, T. Peter, N. Amarouche, L. M. Avallone, R. Bauer, Z. Bozóki, L. E. Christensen, S. M. Davis, G. Durry, C. Dyroff, R. L. Herman, S. Hunsmann, S. M. Khaykin, P. Mackrodt, J. Meyer, J. B. Smith, N. Spelten, R. F. Troy, H. Vömel, S. Wagner, and F. G. Wienhold, **“The AquaVIT-1 intercomparison of atmospheric water vapor measurement techniques”**, Atmos.Meas.Tech., 7, pp.3177-3213, 2014.

M. Ghysels, L. Gomez, J. Cousin, H. Tran, N. Amarouche, A. Engel, I. Levin, and G. Durry, **“Temperature dependences of air-broadening, air-narrowing and line-mixing coefficients of the methane n₃ R(6) manifold lines. Application to in-situ measurements of atmospheric methane”**, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, Vol.133, pp. 206-216, 2014.

F. Defrance, M. Widener, Y. Delorm, M. Bartrung, F. Dauplay, A. Feret, G. Gay, H. Gibson, J.-M. Krieg, R. Lefèvre, L. Pelay, J. Spatazza, T. Vacelet, **“Characterization of a Martin-Puplett interferometer of a 2.6THz heterodyne receiver”**, article paru dans Proceedings of the 25th ISSTT 2014.

J.-L. Dournaux, C. Berthod, D. Horville, J.-M. Huet, P. Laporte, M. Wiedner, A. Romanow, J.-M. Krieg, L. Pagani, J. Evrard, A. Gomes, M. Jouret, **“Challenges of the opto-mechanical conceptual design of a small far-IR balloon experiment”**, Proceedings of the SPIE, Volume 9145, id. 91452T 16 pp. (2014)

F. Toussaint, C. Rabouille, C. Cathalot, B. Bombled, A. Abchiche, O. Aouji, G. Buchholtz, A. Clemençon, N. Geyskens, M. Répécaud, I. Pairaud, R. Verney and N. Tisnérat-Laborde, **“New device to follow the temporal variations of oxygen demand in deltaic sediment: a benthic station”**, Limnol. Oceanogr. Methods 12:729-741 (2014) | DOI: 10.4319/lom.2014.12.729

Gilles Fasola, Shan Mignot, Philippe Laporte, Abdel Abchiche, Gilles Buchholtz, Isabelle Jégouzo, **“An innovative telescope control system architecture for SST-GATE telescopes at the CTA Observatory”**, Proc. SPIE 9145, Ground-based and Airborne Telescopes V, 914551 (July 22, 2014); doi:10.1117/12.2054478

J. Mascle, F. Mary, D. Praeg, L. Brosolo, L. Camera, S. Ceramicola, S. Dupre, **Distribution and geological control of mud volcanoes and other fluid/free gas seepage features in the Mediterranean sea and nearby Gulf of Cadiz**, Geo-Marine letters, Nice, 2014.

8 Glossaire des acronymes

ANR	Agence Nationale de la Recherche
ASM	Archéologie des Sociétés Méditerranéennes (UMR 5140)
BAP	Branche d'Activité Professionnelle
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
C2FN	Centre de Carottage et de Forage National
CCGM	Commission de la Carte Géologique du Monde
CDD	Contrat à durée déterminée
CEREGE	CEntre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (UMR34)
CETSM	Centre Européen de Technologie Sous-Marine
CIDRE	Campagne d'Identification du Deutérium par Réception hEtérodyne
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
COSS	Comité d'Orientation Scientifique et Stratégique de la Flotte
CSOA	Commission Spécialisée Océan Atmosphère
DAA	Direction Adjointe Administrative / Directeur-Directrice Adjoint-e Administratif-ve
DAS	Direction Adjointe Scientifique / Directeur – Directrice Adjoint-e Scientifique
DAT	Direction Adjointe Technique / Directeur-Directrice Adjoint-e Technique
DR	Délégation Régionale – Délégué-e Régional-e
DT	Division Technique
DT INSU	Division Technique de l'Institut National des Sciences de l'Univers (UPS855)
EDYTEM	Environnements Dynamiques et Territoires de Montagne (UMR5204)
EMSO	European Multidisciplinary Seafloor Observatory
EPOC	Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (UMR5805)
Equipex	Equipement d'excellence
ESA	European Space Agency
ETP	Equivalent Temps Plein
FOF	Flotte Océanographique Française
FP7	7th Framework Program
GEOAZUR	(UMR7329)
GROOM	Gliders for Research Ocean Observation and Management
GRR	Gestion et Réserve de Ressources
GSMA	Groupe de Spectrométrie Moléculaire et Atmosphérique (UMR7331)
IAOOS	Ice Atmosphere, Arctic Ocean Observing System
IETR	Institut d'Électronique et de Télécommunications de Rennes (UMR6164)
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
IMAGES	International Marine Past Global Changes Study
IMBE	Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (UMR7263)
INSU	Institut National des Sciences de l'Univers
IPAG	Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (UMR5274)
IPEV	Institut polaire français Paul Emile Victor (UPS2928)
IPGP	Institut de Physique du Globe de Paris (UMR7154)
ISTerre	Institut des Sciences de la Terre (UMR5275)
LAM	Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (UMR7326)
LATMOS	Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales (UMR 8190)

LEGOS	Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (UMR5566)
LERMA	Laboratoire d'Etudes du Rayonnement et de la Matière en Astrophysique et Atmosphères (UMR 8112)
LESIA	Laboratoire d'Etudes Spatiales et d'Instrumentation en Astrophysique (UMR8109)
LGGE	Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (UMR5183)
LIENSs	Littoral Environnement et Sociétés (UMR7266)
LISA	Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Automatisés (UMR7583)
LiPhy	Laboratoire interdisciplinaire de Physique (UMR5588)
LLR	Laboratoire Leprince-Ringuet (UMR7638)
LMD	Laboratoire de Météorologie Dynamique (UMR8539)
LOCEAN	Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (UMR7159)
LOMIC	Laboratoire d'océanographie microbienne (UMR7621)
LOV	Laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-mer (UMR7093)
LPC2E	Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace (UMR7328)
LPNHE	Laboratoire de Physique Nucléaire et des Hautes Energies (UMR7585)
LPP	Laboratoire de Physique des Plasmas (UMR7648)
LSCE	Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (UMR8212)
LUTH	Laboratoire Univers et Théories (UMR8102)
M2C	Morphodynamique Continentale et Côtière (UMR6143)
MAP	Modèles et simulations pour l'Architecture et le Patrimoine (UMR3495)
MIO	Institut Méditerranéen d'Océanographie (UMR7294)
MISTRALS	Mediterranean Integrated Studies at Regional And Local Scales
NASA	National Astronautics and Space Administration
NDACC	Network for the Detection of Atmospheric Composition Change
OVSQ	Observatoire de Versailles Saint-Quentin
pCO2	Pression partielle de dioxyde de carbone
R&D	Recherche et Développement
ROV	Remotely Operated Vehicle (véhicule téléopéré ou téléguidé)
TGIR	Très Grande Infrastructure de Recherche
TPM	Toulon Provence Méditerranée
UMS FOF	Unité Mixte de Service « Flotte Océanographique Française » (UMS3465)
UT/LS	Upper Troposphere / Lower Stratosphere
VSAT	Very Small Aperture Terminal