

## Rapport de mission scientifique

### Programme inter-organismes « Iles Eparses »

Rotation du Marion Dufresne dans les îles Eparses du 1<sup>er</sup> au 26 avril 2011

Chers Collègues,

À l'issue de votre participation à la première campagne du programme inter-organismes « Iles Eparses », nous vous proposons une trame pour rédiger votre rapport de mission effectuée dans le cadre du projet dont vous êtes le porteur.

Afin de limiter nos sollicitations, nous avons essayé de combiner dans la trame de ce rapport les différentes informations dont nous avons besoin pour atteindre plusieurs objectifs pour lesquels votre concours nous est indispensable :

- un bilan des activités scientifiques menées lors de cette première campagne ;
- un bilan sur les aspects opérationnels des activités réalisées à bord et/ ou à partir du Marion Dufresne ;
- précisions sur les besoins des projets se continuant en 2012-2013.

Ces éléments nous sont essentiels notamment pour préparer au mieux et budgéter plus précisément les actions 2012 et 2013. Des allers-retours avec les porteurs de projets seront sans doute nécessaires pour faire coïncider les besoins des uns et des autres et les supports logistiques envisagés.

Ils nous seront également très utiles pour préparer l'organisation de manifestations concernant les Iles Eparses qui pourraient avoir lieu dans les prochains mois. Nous reviendrons vers vous pour vous préciser nos besoins vis-à-vis de ces manifestations (interventions, posters, autres formes de communication).

Votre rapport de mission doit être envoyé sous format électronique aux deux adresses suivantes :

[aap\\_iles-eparses@cnrs-dir.fr](mailto:aap_iles-eparses@cnrs-dir.fr) et [ao-iles-eparses@taaf.re](mailto:ao-iles-eparses@taaf.re) au plus tard le 15 juin 2011.

En vous remerciant par avance de votre collaboration.

Le comité de pilotage Iles Eparses.

# Rapport de mission scientifique

## Programme inter-organismes « Iles Eparses »

Rotation du Marion Dufresne dans les îles Eparses du 1<sup>er</sup> au 26 avril 2011

**Discipline / Field of research :** Océanographie / niveau marin

**Titre du programme :** Niveau de la mer dans les Iles Eparses

**Title (en anglais) :** Sea Level in Eparses Islands

**Acronyme :** NIVMER-EPARSEs

**Responsable scientifique du programme :**

Nom : TESTUT  
Titre : Dr  
Fonction : Physicien Adjoint  
Adresse postale : LEGOS, 14 Av. Edouard Belin 31400 Toulouse  
Tel : 0561332785  
Fax : 0561253205  
e-mail : laurent.testut@legos.obs-mip.fr

**Laboratoire maître d'œuvre :**

Nom du laboratoire : LEGOS (UMR5566)  
Organismes de tutelle : CNRS-INSU/CNES/IRD/UPS  
Adresse postale : LEGOS, 14 Av. Edouard Belin 31400 Toulouse  
Tel : 0561332902  
Fax : 0561253205  
Nom du directeur : Yves du Penhoat

**Liste des participants à la rotation du Marion Dufresne en avril 2011 :**

Nom	Titre	Fonction	Laboratoire	Adresse postale	Tel	Fax	E-mail	Iles étudiées
Drezen	IR	Marégraphe	DT/INSU	Plouzané				Europa Juan de Nova
Guillerm	AI	Marégraphe	DT/INSU	Plouzané				Europa Juan de Nova

**Résumé français (15 lignes max) :**

Ce projet vise à installer une station marégraphique permanente sur l'île d'Europa pour le suivi du niveau de la mer et l'étude de la circulation océanique dans le canal du Mozambique. Cette station a vocation à terme à intégrer le réseau de marégraphes ROSAME déjà présent sur les quatre autres districts des TAAF, Service d'Observation de l'INSU, ainsi que le réseau mondial de surveillance du niveau de la mer (GLOSS). Outre l'intérêt pour l'étude du niveau marin et la dynamique océanique, le site d'Europa est particulièrement bien situé pour l'étalonnage des satellites altimétriques en vol (JASON,

ENVISAT) ou prévu (AltiKa). La station pourra aussi dans le futur être complétée de capteurs additionnels (oxygène dissous, fluorimètre, ...).

**Résumé anglais (15 lignes max) :**

The project aims to install a permanent real time tide gauge station at Europa Island for sea level monitoring and altimeters calibration. This station will complement the ROSAME french network as well as the Global Sea Level Observing System (GLOSS). At least, additional sensors (Disolved oxygen, fluorimter) could be plugged to monitor biological parameters.

# **I. Bilan des activités scientifiques menées lors de la rotation du Marion Dufresne dans les îles Eparses – avril 2011 (3 pages max)**

## **A. Objectifs initiaux du programme**

L'intérêt de disposer d'une station marégraphique dans le canal du Mozambique est multiple pour :

### 1) Etude locale de l'écosystème marin régional

La présence d'une station marégraphique précise de suivi de niveau de la mer sera très utile pour l'étude de la géomorphologie littorale et récifale et sera une contrainte pour la modélisation morphodynamique. De plus la présence du sismomètre large bande du projet SISMO-Eparses (G. Barruol) permettra aussi d'avoir des informations complémentaires sur le spectre de la houle. La présence d'un marégraphe servira aussi pour le suivi hydrogéologique et télédétection (pour les aspects référencements) de même que la présence des paramètres météorologiques enregistrés par la station marégraphique.

### 2) Etude de la dynamique océanique :

La circulation océanique générale dans le canal du Mozambique est encore mal connue. En effet celle-ci est soumise à une très forte variabilité spatio-temporelle en raison du passage de nombreux tourbillons. La connaissance du nombre et de l'intensité de ces tourbillons est très importante, car ils contrôleraient en partie le détachement des tourbillons du courant des aiguilles. Le fait d'avoir des mesures continues de niveau de la mer et de température dans le canal du Mozambique pourrait permettre en combinaison avec l'altimétrie et les images satellitaires de mieux suivre le passage de ces tourbillons. La présence de stations dans le canal du Mozambique pourrait être l'embryon d'un système d'observation permanent du canal en complément des mouillages effectués par des équipes Hollandaises et Sud Africaines. De plus étant données les compétences du LEGOS en terme de modélisation hydrodynamique il est envisagé de mettre en œuvre une modélisation haute résolution de la marée et de la réponse de l'océan aux forçages météorologiques en se basant sur les données récentes de ligne de côte et de bathymtrie (Litto3D). La présence d'un marégraphe sera indispensable à la validation de ce modèle.

### 3) Intégration de nouvelles stations aux réseaux de marégraphes (GLOSS, IOTWC, IndOOS)

L'installation de marégraphes permanents temps réel dans cette région permettra aussi de compléter les réseaux existants dédiés à l'étude du niveau de la mer (GLOSS) ou à l'étude de la dynamique (mousson, ENSO) dans le cadre de IndOOS (CLIVAR-GOOS) ou à l'alerte au tsunami dans le cadre de l'Indian Ocean Tsunami Warning System (IOTWC). A noter que le canal du Mozambique ne possède aucune station marégraphique ni en cours ni prévue. Une lettre de soutien à l'installation d'un marégraphe sur l'île d'Europa du chairman du groupe d'expert GLOSS est envoyée en même temps que le présent dossier.

### 4) Validation des données altimétriques

Les îles d'Europa, Juan de Nova et Tromelin sont très bien situées pour la validation des données altimétriques (JASON, ENVISAT). De plus l'île d'Europa se trouve sous une trace Jason et à 20km d'un point de croisement ENVISAT.

### 5) Créer les prémices d'un observatoire pluridisciplinaire permanent regroupant les conditions physico-chimiques des eaux de l'île d'Europa ainsi que certains paramètres météorologiques

L'installation dans un premier temps d'un capteur immergé de température, pression, salinité a été réalisée en 2011. A l'avenir et en fonction des besoins des différents projets, des mesures d'oxygène, fluorescence, luminosité... pourraient compléter le dispositif. La partie aérienne de la station marégraphique inclura des mesures de température, pression atmosphérique, humidité, vent, irradiance. Toutes ces données pourraient

être transmises en temps réel par satellite et mises à disposition de la communauté scientifique. A noter qu'une première station multiparamètre de ce type sera installée en 2012 à DDU (TAAF).

## B. Travail sur le terrain (préciser les îles concernées : EUR / BAS / JDN / GLO / LYS / TRO)

### - matériels et méthodes

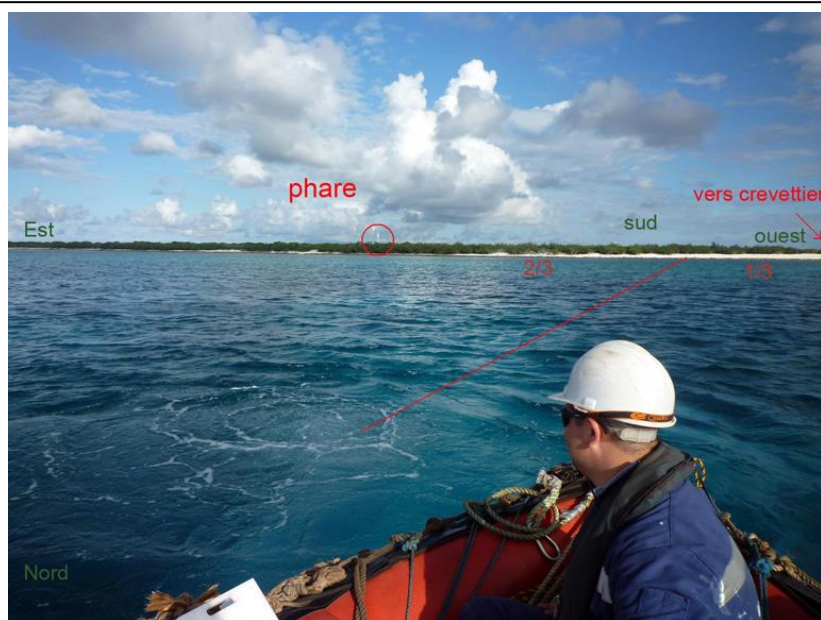
L'installation d'une station complète n'a pas eu lieu sur Europa en 2011. Un nouveau marégraphe autonome (MARDT-3) a été installé sur Europa en remplacement de la sonde RBR posée il y a 2 ans. Le relevage des sondes RBR et des séquences de bouée GPS ont été effectuées sur Europa et Juan de Nova.

Sur Europa, le travail comprend: la recherche d'un site d'installation du nouveau marégraphe (fixation sur le corail à l'aide d'un plongeur au voisinage du lieu de la précédente implantation du RBR), la programmation d'une séquence d'acquisition par bouée GPS couplée à la station terre GPS, et le relevage de la sonde RBR. Sur Juan de Nova, le travail consiste à la mise en œuvre d'une séquence de bouée GPS couplée à la station terre GPS, et au relevage de la sonde RBR posée il y a 2 ans. Grâce aux diverses possibilités techniques (disponibilité d'un plongeur d'une autre équipe présente et de l'outillage nécessaire pour le perçage du corail) l'installation du marégraphe d'Europa a eu lieu.

### - bilan des travaux de terrain et/ou de laboratoire

#### Europa:

Le marégraphe MARDT-3 est mis en route le lundi 4/4/11 à 7h42TU suivant une configuration d'interrogation à 1 minute d'intervalle pendant 3 jours pour couvrir les séquences GPS effectuées en parallèle. La période d'interrogation du marégraphe bascule ensuite automatiquement à 20 minutes d'intervalle.



Lieu d'implantation du MARDT-3 à environ 2/3 de distance du phare et 1/3 de distance du crevettier

Embarquement à bord d'un zodiac de Christine Drezen, du plongeur Jean Patrick Rousse de l'équipe ORCIE, d'Yvain, d'un timonier et d'un plongeur en sécurité (Mireille Guillaume, responsable de l'équipe ORCIE). L'installation du marégraphe a eu lieu à marée haute sur une grosse patate de corail (versant sud), l'installation fait donc face à la côte, à 7m de fond à marée haute (profondeur relevée par le plongeur: 7m à 13h20TU, et 7.60m à 13h50TU). Il est positionné verticalement (le fond du marégraphe est à 30cm du fond sableux), le haut du marégraphe penche légèrement vers l'avant. L'instrument sera donc protégé des assauts de la houle.

Localisation GPS du MARDT-3 (selon les positions du zodiac sur site):

S 22°20.356 à S22°20.355

E 40°20.429 à E40°20.431

Soit à 144m vers le Nord Est du supposé point M relevé par Michel Calzas 2 ans plus tôt.

Le marégraphe se situe au nord de l'île, du côté le moins exposé aux déferlantes, entre le crevettier et le phare.

Relevé MD de la position de notre zodiac par rapport:

Au crevettier : 352° à 0.23 miles  
A la pointe ouest de l'île : 42° à 0.60 miles

Le mardi 5/4/11 est consacré à l'installation de la station de base GPS au repère D (repère du réseau Géodésique Français implanté sur la dalle de la chapelle), non loin du camp militaire (coordonnées GPS du site: S 22°20.787 et E 40°20.554) et à la mise en route du GPS de base: 6ho8TU. Le dispositif de nivellement est complété par l'installation de la bouée GPS en mer vers le point M (voisinage du lieu d'implantation du marégraphe). Vers la fin du platier la bouée flotte, il suffit de la tirer. Guilhem Barruol de l'équipe sismomètre nous a aidé à transporter la bouée sur le platier; à deux l'opération aurait été difficile, surtout que le platier est bien glissant et accidenté à son extrémité. Par vent de sud, la bouée se dirige d'elle même vers le trou bleu (fond sableux de 5m de profondeur), près du lieu d'implantation de la sonde RBR. Christophe l'attache à une patate de corail. La bouée est en place vers 8h30TU.



Lieu d'implantation de la station GPS de base et bouée GPS sur son site de mesure vers le point M

Le jeudi 7/4/11 est consacré au relevage de la sonde RBR posée il y a 2 ans. Pour retrouver la sonde ensablée, la DRASSM nous offre son aide. Vers midi locale, un zodiac file vers le point M. A bord, un plongeur muni d'un détecteur de métaux, explore les fonds sableux, sans succès. Il essaie alors de repérer la zone à partir de la photo du rapport de mission Eparses 2009. La zone est identifiée à 45m à gauche du point M. Le marégraphe



Le RBR après 2 années passées sous l'eau et le sable

RBR était bien présent sur la dalle en béton mais recouvert d'une couche de sable de 15cm d'épaisseur. Nous n'aurions pas pu le retrouver à vue. Une demie heure après l'arrivée de la DRASSM sur zone, le plongeur remonte à bord du zodiac avec notre instrument.

A marée basse (13h30 locale), nous allons chercher la bouée GPS, et nous la tirons vers la plage par le platier. Les bras et la voile sont démontés sur la plage. Le soir, au retour sur le MD, nous constatons que les batteries du RBR (XR-420 6.30 N°013242) sont vides (8V), les données s'étendent du 23/04/09 au 31/10/10 (fichier RBREuropa.dat). Il n'y aura

donc pas de recouvrement entre les données du RBR et nos acquisitions GPS. Rappelons que les heures enregistrées sont à TU+1, que la période d'interrogation est de 5min avec un temps d'intégration de la pression de 40s. La température à cette profondeur varie entre 22 et 29°C! Les variations suivent les marées et les saisons. En mai de chaque année, la température est chahutée. Luc Lambs de l'équipe Mangrove me dira plus tard qu'il existe une période de petite mousson sur Europa. La salinité varie aussi du simple au double selon les périodes, il s'agit sans doute d'un dysfonctionnement du capteur de conductivité (déjà observé sur ce type de sonde).

## Juan de Nova:



La bouée GPS au point M à 1km de la côte.

Nous arrivons le dimanche 10/4/11 vers 14h locale à Juan de Nova. Le MD mouille l'ancre à environ 3.5 km de la côte nord de l'île. Vers 16h30 locale (par marée montante, hauteur d'eau 6.5m, petite marée: marnage 1.10m), nous profitons du zodiac de la DRASSM, pour embarquer à bord la bouée GPS que nous installerons au dessus du RBR. A bord, se trouvent également Jean Patrick Rousse (plongeur), Frédéric (sécurité plongeur) et Sébastien (pilote zodiac DRASSM). Nous nous sommes dirigés vers le point M relevé par Michel Calzas au dessus du RBR en 2009 (S

17°02.444 et E 42°44.500). En quelques minutes, Jean Patrick repère la patate de corail sous laquelle la sonde est toujours installée. Il n'y a pas d'ensablement, la sonde est visible et n'a quasiment pas bougée. Nous mettons alors à l'eau la bouée GPS. Un bout relié à une patate de corail la maintient sur zone.



marquage au sol pour notre station GPS de base.

Le lundi 11/4/11 est consacré à l'installation de la station GPS de base. Nous sommes déposés par hélicoptère au camp militaire (côte nord) vers 7h30 locale. C'est à la gendarmerie (sud ouest) que nous décidons de monter le GPS de base. Il nous reste à trouver un site. Ici, il n'y a pas de points géodésiques IGN. Le GPS de l'équipe GPSIE2 occupe le pilier de la station météo depuis 2 ans. Après avoir exploré le site, Pedro Almeida (équipe GPSIE2) nous propose de sceller un clou dans une dalle en béton qui nous servira de repère. Il a ensuite effectué un nivellement entre cette marque et leur GPS de référence. Les 2 points sont ainsi reliés.

Nous avons relevé les coordonnées GPS du site de base (S 17°03.258 et E 42°42.719).

mise en route du GPS de base : 6h09TU



Lieu d'implantation de la station GPS de base.



La sonde RBR relevée à bord du zodiac.

Mercredi 13/4/11: La station de base est démontée vers 11h locale. Vers midi sur la plage nord face au MD nous embarquons dans le zodiac de l'équipe ORCIE pour la récupération de la sonde RBR et de la bouée GPS au point M (S 17°02.444 et E 42°44.500). Le RBR est extrait et remonté à bord à l'aide d'un boute, car il est très lourd avec ses lests en plomb. Mireille (équipe ORCIE) pose à l'emplacement même du RBR, un enregistreur de température. La bouée GPS est décrochée du fond.



La bouée GPS au point M face à Juan de Nova. La bouée est invisible depuis la côte.

Une fois à bord, les instruments sont rincés et démontés. Nous constatons cette fois que les batteries du RBR (XR-420 6.30 N°013244) sont toujours actives (14,65V), les données s'étendent du 27/04/09 au 13/04/11 (fichier RBRJuandeNova.dat). Il y aura donc un recouvrement entre les données du RBR et nos acquisitions GPS. Rappelons que les heures enregistrées sont à TU, que la période d'interrogation est de 5min avec un temps d'intégration de la pression de 40s. La température à cette profondeur varie entre 23 et 31.5°C! Les variations suivent les marées et les saisons. Les plus grands marnages (mars et septembre) sont voisins de 4.40m, les plus petits se limitent à 0.5m. La conductivité présente des sauts (du simple au double) comme à Europa.

- *Résultats préliminaires*

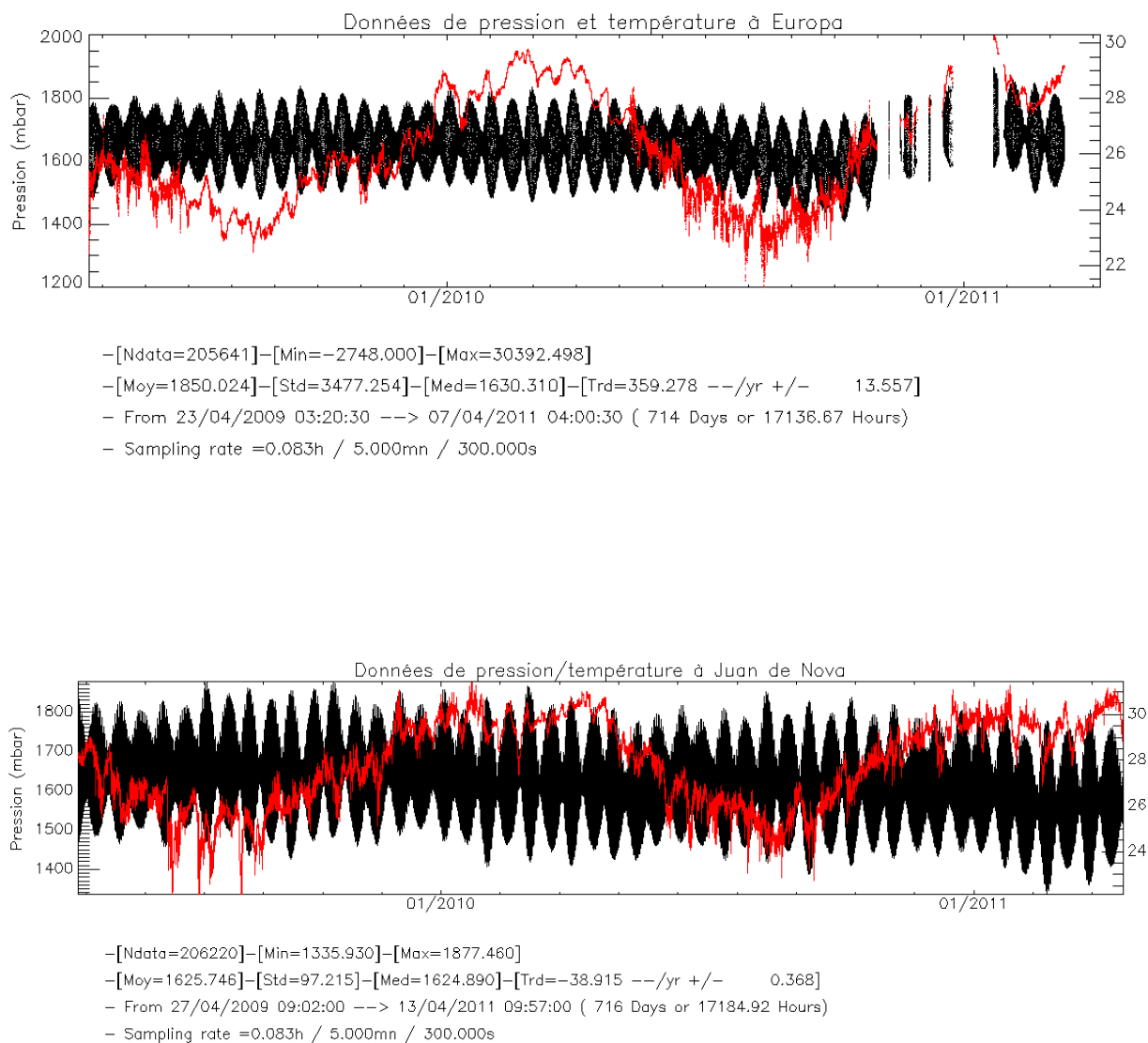


Figure 1 : Données de pression de fond et température de l'eau (en rouge) pour les sites de Juan de Nova et Europa

*La récupération des deux marégraphes posés en 2009 nous a permis d'obtenir presque deux ans de données de pression de fond, température de l'eau et conductivité pour les îles d'Europa et Juan de Nova. L'analyse de ces données est en cours.*

- *ajustement des travaux envisagés pour 2012-2013 s'il y a lieu*

### C. Productions scientifiques attendues

### D. Conclusions

## II. Bilan des opérations menées à bord du Marion Dufresne

### - Bilan des points positifs

Bilan: Grâce à toutes les bonnes volontés, notre mission sur Europa est finalement réussie: Les données GPS terre et mer sont acquises (2.5J de données), le RBR est retrouvé (18 mois de données), le nouveau marégraphe est installé. Notre mission sur Juan de Nova est également réussie: Les données GPS terre et mer sont acquises (2.5 à 3J de données), le RBR est retrouvé (24 mois de données).

Nous pouvons souligner qu'il est appréciable de pouvoir échanger avec les autres équipes scientifiques et de pouvoir bénéficier de leurs différents moyens techniques. En particulier, l'équipe de Mireille Guillaume (programme ORCIE) a mis à notre disposition le plongeur Jean Patrick Rousse pour l'installation du nouveau marégraphe d'Europa et la récupération de la sonde RBR à Juan de Nova. L'équipe de la DRASSM a mobilisé son temps et ses moyens pour retrouver la sonde RBR ensablée à Europa.

D'un autre côté, les programmes suivants ont pu bénéficier des données acquises par les sondes de pression RBR d'Europa et de Juan de Nova:

-Mireille Guillaume (programme ORCIE, coraux) pour la température et la conductivité.

-Luc Lambs (programme SMANG, Mangrove) pour la conductivité et la pression.

Nous avons également échangé des données GPS avec l'équipe de Jérôme Dymont (programme GPSIE 2) et Pedro Almeida.

Pour aller plus loin, nous pourrions adapter le marégraphe d'Europa afin d'en faire un instrument pluridisciplinaire en réponse à d'autres besoins scientifiques (mesures d'oxygène, de CO<sub>2</sub>, de fluorescence, de lumière...). Plusieurs programmes pourraient ainsi bénéficier de la technologie développée par la Division Technique de l'INSU.

### - Bilan des points à améliorer pour une prochaine rotation du Marion Dufresne

Pour imaginer l'installation d'une station permanente sur Europa (à l'image des autres dispositifs installés dans les autres territoires des TAAF: soit marégraphe ou sonde multi paramètre relié par câble à une station à terre avec météo et transmission satellite temps réel), il faudrait envisager un séjour plus long sur l'île (1 semaine à 10 jours). Ce travail serait tout de même difficilement envisageable, en particulier la pose d'un câble entre les capteurs immergés et la station terre (platier d'au moins 300m de large, nids de tortues sur la plage, **travaux à marée basse par grand marnage**). Cela impliquerait de creuser un passage de câble sous le sable au niveau de la plage face à la gendarmerie (au moins 1m de profondeur pour ne pas gêner les tortues), et de bénéficier de l'aide des militaires, tout ceci sous des conditions climatiques difficiles. Nous ne savons pas si de telles opérations seraient autorisées.

La maintenance d'un dispositif autonome (enregistrement interne des données) peut se poursuivre sous peu de contraintes. Le dispositif pourrait être étendu à d'autres types de mesures si besoin.

### - Avis sur la pertinence du MD pour le déroulement de la mission

L'opération NIVMER aux Eparses ne nécessite pas de gros moyen à bord du MD (un ou 2 postes de travail au PC scientifique, 2 caisses de matériel, le zodiac du bord).

### III. Précisions sur les besoins des projets se continuant en 2012-2013

- *Calendrier 2012/2013 : proposer des créneaux de dates dans laquelle insérer une mission*

Dans l'hypothèse de la non installation d'une station complète sur Europa, la prochaine opération NIVMER se limiterait à un relevage du marégraphe autonome implanté en avril 2011 (extraction des données), et à des opérations de nivellement par des sessions GPS à terre et en mer. La prochaine visite du marégraphe pourrait avoir lieu en avril 2012.

- *Durée de la mission 2012 et/ou durée de la mission 2013 (préciser le temps de travail effectif sur place)*

Dans l'hypothèse de la non installation d'une station complète sur Europa : 2 jours de maintenance.

Dans l'hypothèse de l'installation d'une station complète sur Europa : 10 jours **plutôt en 2013**

- *Nombre de personnes et leurs fonctions sur le terrain*

Dans l'hypothèse de la non installation d'une station complète sur Europa : 2 personnes.

Dans l'hypothèse de l'installation d'une station complète sur Europa : 4 personnes + aide locale.

- *Moyens logistiques nécessaires (zodiac, compresseur et matériel de plongée, salle de travail, congélateur, etc.)*

Relevage du marégraphe: 1 plongeur, 1 zodiac, PC scientifique.

- *Mutualisations logistiques envisagées (nature, titre de projet, porteur de projet, coordonnées)*

La mutualisation serait du même ordre que la précédente (1 plongeur, 1 zodiac), PC scientifique.

- *Collaborations scientifiques envisagées (nature, titre de projet, porteur de projet, coordonnées)*

La collaboration scientifique pourra se poursuivre avec des organismes (SHOM), des programmes engagés (ORCIE, SMANG, GPSIE 2) et s'étendre en cas d'installation d'un capteur multi-paramètres.

### IV. Bilan financier

- *Moyens attribués par l'AAP pour l'année 2011*

3000 euros.

- *Bilan des dépenses pour la mission du Marion Dufresne en avril 2011*

- o *En frais de mission (préciser : hébergement et/ou transport)*

Avion 2 personnes : 2280 euros.

Transport du matériel par avion/douane (avec produit dangereux : Lithium): 1400 euros aller, 1500 euros retour. Les moyens attribués par l'AAP n'ont pas pu couvrir tous les transports.

- *En fournitures et équipements scientifiques (préciser nature et montant)*

Marégraphe DT INSU: 13 Keuros (financé par le LEGOS)

Outillage: 1000 euros (LEGOS).

- *Eventuellement : autres dépenses de fonctionnement courant*
- *Perspectives financières pour les missions suivantes (doivent être contenues dans les prévisions budgétaires initiales ou avec demande de moyens supplémentaires mais ajustés au plus raisonnable et justifiés)*

Dans le cas de l'installation d'une station temps réel complète (projet toujours à l'étude en fonction des retours de la dernière mission et des résultats sur la qualité des données) nous demandons pour 2012 aux Taaf la prise en charge des billets d'avion pour 4 personnes, nous prenons en charge la 5eme. Nous demandons également un peu de consommable pour pitonner le câble sur le corail et installer la station à terre. Nous demanderons à l'INSU/CNRS des crédits pour l'achat du câble **et de la station (20000€)**. Soit un coût pour l'AAP de 5500 euros. Dans le cas du maintien simplement du capteur autonome et de son remplacement nous demandons à l'AAP la prise en charge de 2 billets d'avion et de l'envoi du matériel pour 2012 et 2013 soit un montant annuel de 4000 euros/an (pour pouvoir couvrir les frais de transport du matériel).