

### Intérêt scientifique :

L'intérêt de disposer des stations marégraphiques dans le canal du Mozambique est multiple :

⇒ 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 (cf. Fig1 tiré de Quartly et al. 2004.). La connaissance du nombre et de l'intensité de ces tourbillons est très importantes, car ils contrôlèrent en partie le détachement des tourbillons du courant des aiguilles (Schouten et al. 2003).

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.

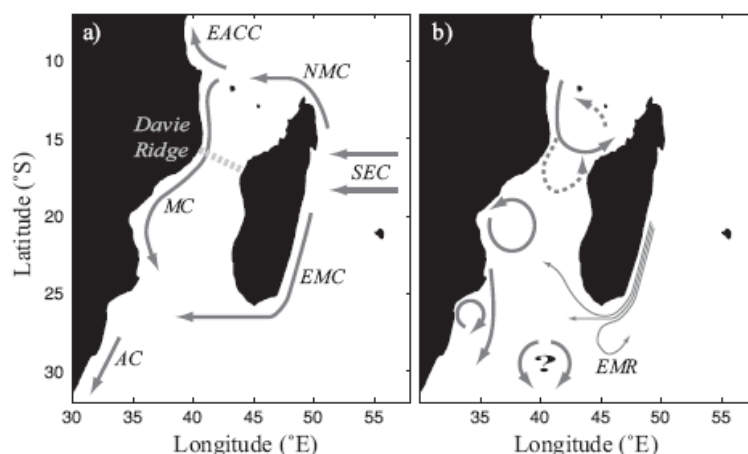


Figure 1. Schematic of circulation. a) Long-term mean flow derived from windforcing and mean water properties. b) Variability in features. SEC - South Equatorial Current, NMC - North Madagascar Current, EACC - East African Coastal Current, EMC - East Madagascar Current, MC - Mozambique Current, AC - Agulhas Current, EMR East Madagascar Retroflexion.

⇒ Intégration de nouvelles stations aux réseaux de marégraphes (GLOSS, IOTWC, ...)

L'installation de marégraphes permanents temps réel dans cette région permettrait de compléter les réseaux existants dédiée à l'étude du niveau de la mer (GLOSS) 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.**

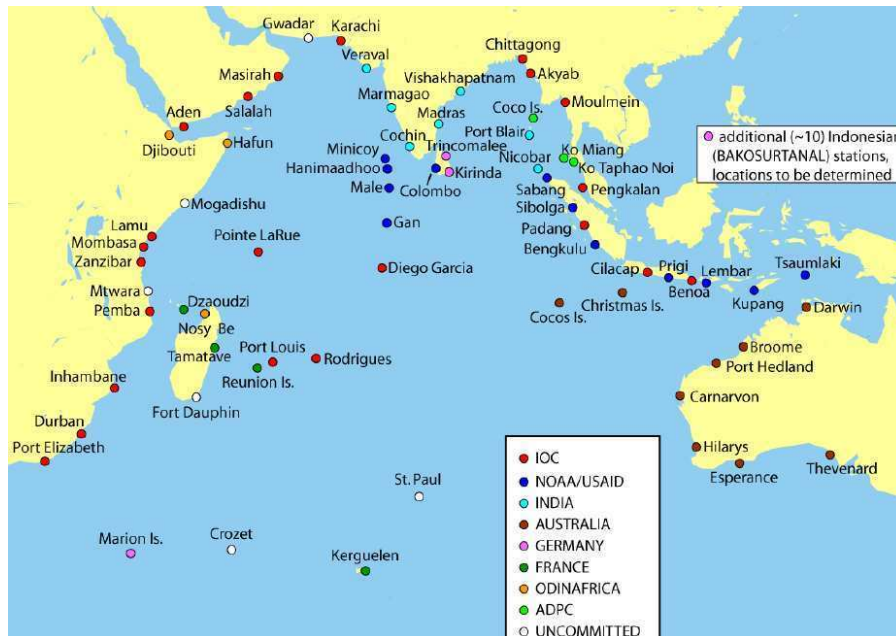


Fig 2 : Cette figure représente les stations prévues dans le cadre de l'IOTWC



FIG 3 : Cette figure représente les stations opérationnelles (rouge) ou prévue (vert et bleu) dans le cadre du programme GLOSS-AFRICA (<http://www.odinafrica.org/>)

⇒ 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).

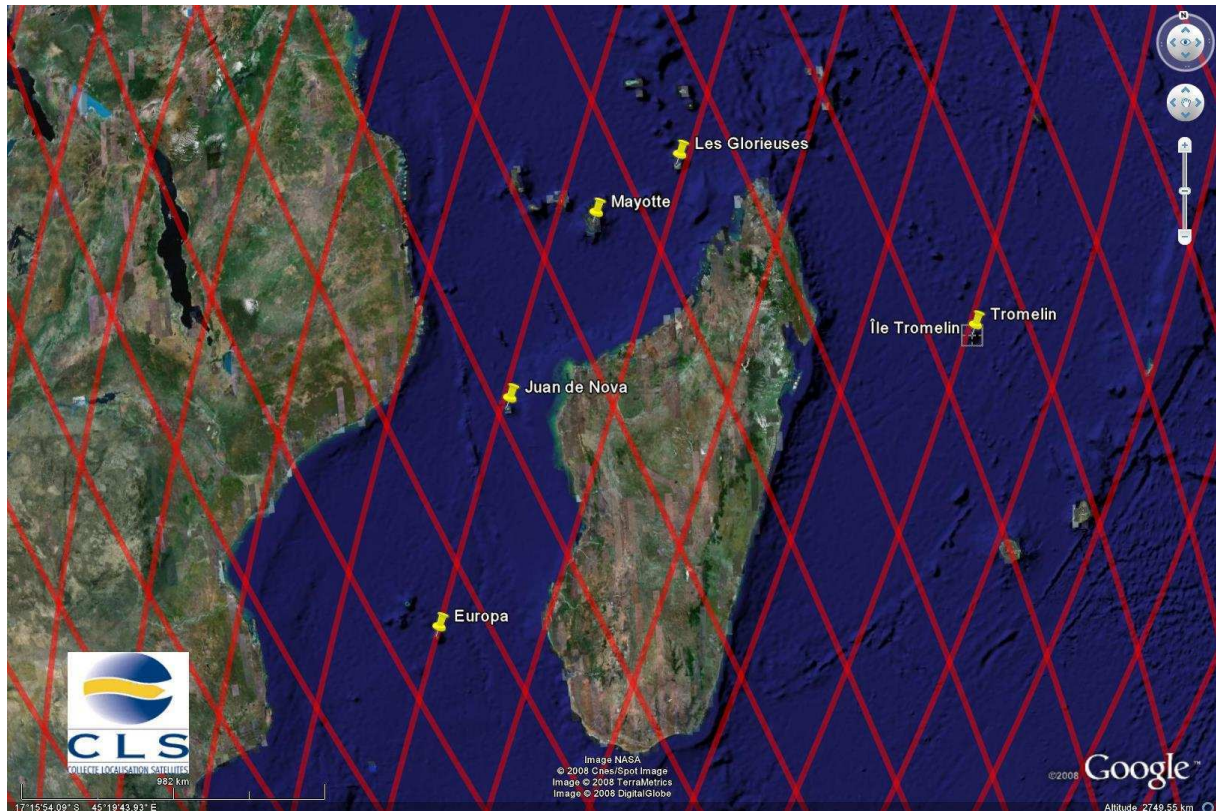


Fig 4 : En rouge les traces JASON

De plus l'île d'Europa se trouve sous une trace Jason et à 20km d'un point de croisement ENVISAT.

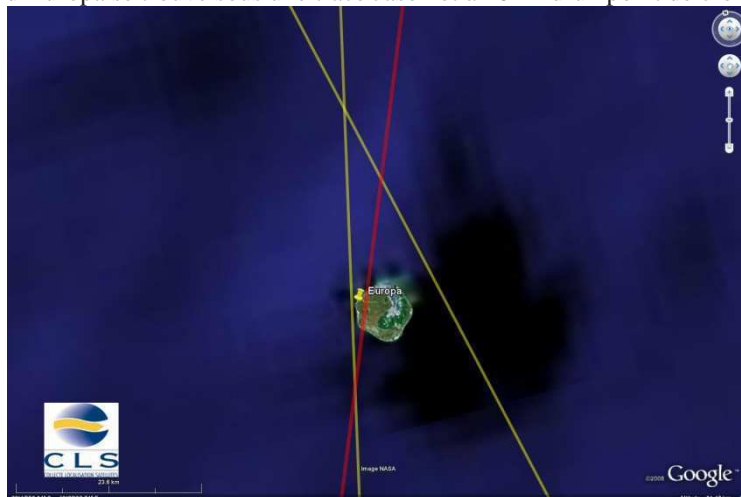


Fig 5 : Au dessus d'Europa, en rouge la trace JASON n°157 et en jaune les traces ENVISAT n°298 et n°399

### **Mise en œuvre de la mission :**

Le but de ce projet est d'évaluer les contraintes techniques et logistiques à l'installation futur de stations marégraphiques dans les îles Eparses. Pour mener à bien ce projet nous proposons l'envoi sur la rotation du Marion Dufresne d'un ingénieur de la Division Technique de l'INSU pour évaluer la faisabilité de l'installation de stations marégraphiques permanentes (site d'installation possible, configuration de la côte, état de mer, logistique disponible, énergie disponible, etc...). En fonction des possibilités techniques et de récupération cette personne effectuera aussi le mouillage d'un ou deux capteurs de pression autonome à Europa et Juan de Nova.

La personne de la DT/INSU devra si possible effectuer toutes les escales et rester à terre le plus longtemps possible lors des escales pour pouvoir effectuer un repérage exhaustif des sites les plus appropriés pour l'installation d'une station permanente.

### **Budget :**

L'achat des capteurs de pression et du billet d'avion Brest-La Reunion seront pris en charge par le LEGOS.

### **Référence :**

Quartly, G.D. and Srokosz, M.A. (2004). Eddies in the southern Mozambique Channel. *Deep Sea Research II*, 51, (1-3), 69-83. ([doi:10.1016/j.dsr2.2003.03.001](https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2003.03.001))

Schouten, M.; Deruijter, W.; Vanleeuwen, P.; Ridderinkhof, H. (2003). Eddies and variability in the Mozambique Channel. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 50, issue 12-13, pp. 1987-2003.

**Laurent Testut**

**Responsable du réseau de marégraphes ROSAME**

(<http://www.legos.obs-mip.fr/fr/observations/rosame/>)

**LEGOS**

**14 Av. Edouard Belin**

**31400 Toulouse**

Déroulement de la mission :

Arrivé sur le Marion Dufresne le 18 Avril, la caisse avec les 2 marégraphes RbR est à bord.

### **I EUROPA**

21/04/09 en fin d'après midi, nous arrivons en vue de la première Ile visitée faisant partie des îles éparses : Europa.

De manière visuelle du bateau, on peut voir des vagues qui déferlent sur la partie nord ouest de l'île.

Après avoir pris des renseignements auprès des personnes ayant déjà été sur cette île, toute les parties Sud, Nord ouest et nord est de l'île sont très exposées à la houle.

Il faudra donc trouver un emplacement au nord de l'île, de plus le platier est le plus étroit à cet endroit.

Un des guide pour les touristes m'indique qu'il a vu un câble partant de la plage en direction du large, il ne sait pas ce qu'il y a au bout. Ce câble était présent il y a 6 mois, avant on ne sait pas.

22/04/09 Cédric Brachet qui pose des hydrophones pour écouter les baleines m'aidera pendant toute la mission sur les îles, cette aide me sera indispensable, je l'en remercie grandement.

Première constatation : il y a beaucoup de vent, on relèvera des pointes jusqu'à 40 nœuds pendant les 3 jours (vent d'Est), il y a du soleil mais c'est supportable grâce au vent.

Nous débarquons le matin à 6H30 par Hélicoptère. J'essaie de me renseigner auprès des militaires qui sont sur place au sujet du câble : personne n'est au courant.

Une rapide inspection du bâtiment météo me permet de découvrir qu'il y a un point IGN référencé et donc une centrale météo qui transmet les données au centre météo de l'île de la Réunion.

Une équipe va même installer un GPS Géodésique permanent pour monitorer les mouvements de l'île.

Nous parcourons la plage en attendant la marée basse qui est à 09H00 LT et remarquons les éléments suivant :

En admettant qu'on installe la centrale d'émission du marégraphe au local météo :

Il y a 75 mètres de plage où les tortues pondent donc c'est un problème pour le câble.

Il y a ensuite environ 300 mètres de platier (la partie terminale de la barrière de corail qui est plate et les coraux sont morts).

Il y a une zone à éperons-sillons (tombant plein de coraux) puis on atteint des fonds sableux de 5 mètres de profondeur sur une 20aine de mètres puis le tombant qui tombe à pic.

### **Prospection :**

Nous avons commencé par essayer de trouver une zone de mouillage en face du bâtiment météo. On trouve une zone de sable avec 5 mètres de fond au bout du platier.

On va plonger sur cette zone et effectivement cela semble très bien. Par contre en revenant un phénomène bizarre est rencontré : plus nous nous rapprochons du platier plus nous avons froid et on voit trouble dans l'eau. On apprendra par la suite qu'il y a des zones de résurgence à ce niveau (zone de remontée d'eau douce et plus froide) : c'est un problème car la densité varie, donc les mesures seront biaisées.

Nous trouvons le fameux câble qui part au niveau de l'épave (un crevettier) de la plage (point C sur la carte).

Le câble part juste à la jonction sable/platier (point P sur la carte).

On le voit qui court sur le platier jusque vers le large. Ce câble est en néoprène de diamètre 10 mm.

Je le suis jusqu'à la fin du platier, au niveau de l'éperon-sillons il est coupé et entortillé autour d'un corail.

En prospectant vers la droite (en regardant vers le large), tout en restant dans cette zone bleue le long de l'éperon, on trouve une dalle de béton par 5 mètres de fond.

Un câble métallique de 3 mètres de long part de cette dalle, il y a un anneau métallique sur cette dalle.

### **C'EST L'ENDROIT IDEAL POUR METTRE LE MAREGRAPHE :**

Il suffit de suivre le câble pour le retrouver, il y a une dalle de béton avec un anneau, il y a 5 mètres d'eau à ce point.

Nous nous éloignons un peu vers le large (20aine de mètre) et arrivons sur le tombant : on ne voit pas le fond, pourtant la visibilité est d'au moins 30 mètres, la pente descend à pic : Tortues (plus de 1 mètre de diamètre), mérus énormes, raie, carangue, coraux de toutes les formes et couleurs : c'est féérique.

### 23/04/09 Pose du marégraphe

Avant toute chose je vais suivre à pied le câble jusqu'à avoir de l'eau jusqu'à la taille puis je prends le point GPS : 22°20,435 S et 040°20,380 E : point M sur la carte. La zone de mouillage est située dans la zone bleue juste devant à 30 mètres (en regardant la mer) et décalée vers la droite d'également 30 mètres (là où se trouve la dalle béton) : point M' sur la carte.

Je vais revenir en suivant le câble en comptant mes pas (environ 1 mètre) et en notant quelques points GPS :

50 pas position : 22°20,451 S et 040°20,390 E

100 pas position : 22°20,467 S et 040°20,399 E

105 pas position : 22°20,469 S et 040°20,400 E le câble à un coude vers la gauche

150 pas position : 22°20,480 S et 040°20,414 E

200 pas position : 22°20,496 S et 040°20,427 E

270 pas position : 22°20,523 S et 040°20,439 E

300 pas position : 22°20,534 S et 040°20,444 E

341 pas position : 22°20,550 S et 040°20,453 E on atteint la plage et le câble disparaît dans le sable : point P sur la carte.

392 pas position : 22°20,570 S et 040°20,457 E on atteint le bateau échoué sur la plage (crevettier) : point C sur la carte.

### Nous prévoyons les phases suivantes pour mouiller le marégraphe :

- 1 on le porte de la plage au début du platier
- 2 on traîne le marégraphe sur le platier avec une luge: une palette en bois
- 3 dès qu'il y a assez d'eau le marégraphe est soulevé par 3 boules de flottabilité
- 4 à l'aplomb de la zone de mouillage on fait descendre doucement le marégraphe
- 5 j'attache un bout du marégraphe au crochet de la dalle béton: il y a 5 mètres d'eau je crois.

On prépare donc le brelage de la flottabilité composé de 3 boules dont je ne connais pas la flottabilité, le bout pour descendre le marégraphe, le bout pour accrocher le marégraphe à l'anneau de la dalle béton et le bout avec 2 CD pour repérer la position (la lumière se reflète sur le CD et indique donc la position).

L'installation c'est bien déroulée au début: la luge à platier a bien fonctionné pendant 250 mètres. Ensuite on a commencé à avoir de l'eau et lorsque le marégraphe devait flotter grâce aux 3 boules et bien il a coulé: il n'y avait pas assez de flottabilité...

Ensuite on a poussé/porté/tiré/soulevé le marégraphe jusqu'au bord du talus en marchant cette fois-ci sur des vrais coraux vivants avec de l'eau jusqu'au ventre. L'horreur pendant une 20aine de mètres qui nous a pris autant de temps que les 250 mètres précédents.

Cédric et moi même sommes tombés régulièrement pendant cette opération et nous nous sommes éraflés les jambes sur les coraux et à cause des bords coupant du marégraphe.

Enfin il restait une 30aine de mètres à faire sur des fonds de 5 mètres pour amener le marégraphe en position.

C'était impossible à faire en apnée avec le marégraphe qui coulait. Et là, miracle, un des zodiacs avec plongeurs passait par là. Un des plongeurs nous la positionné parfaitement.

On a même mis le boue avec les CD accrochés pour le repérer.

Tout ceci nous a pris 2 heures dans l'eau. Nous étions assez fatigués au retour.

### **ATTENTION : l'heure interne du marégraphe d'EUROPA est à TU+1**

Le marégraphe est un RbR XR-420 6.30 N°013242 cadence d'acquisition de 5 minutes avec 40 secondes de moyennage (1 point/seconde).

La visibilité est très bonne, je vois le marégraphe de la surface sans aucune difficulté.

Même sans repères il est aisé de retrouver le marégraphe : il suffit de partir de la plage au niveau du crevettier (point C), passer le platier, atteindre le trou bleu devant et nager vers la droite (en regardant vers le large) en suivant le bord du platier : on tombe sur la dalle béton et le marégraphe.

### 24/04/09 visite de l'île

Nous effectuons la visite des bâtiments et de l'île.

Une chose très importante pour nos mesures est à prendre en compte : un point IGN est référencé à coté du bâtiment météo, un programme scientifique installe un GPS géodésique TOPCON, 1 mesure toutes les 30 secondes, les données seront déchargées tous les 6 mois.

Le contact est Pedro Almeida [galmeida@ubi.pt](mailto:galmeida@ubi.pt)

Universidade da beira interior      Dep. De Eng. Civil E Arquitectura  
Calçada da fonte do Lameiro      6200\_001 COVILHA Portugal

Il y a une centrale météo qui envoie ses données au centre météo France de la Réunion.

Je considère l'opération d'Europa comme réussit, reste à voir si on récupérera le capteur.

En effet les cyclones fréquents de la région peuvent générer de la houle et des vagues qui arrachent des parties entières de massif corallien, donc le marégraphe risque d'être très exposé.

Le lendemain sera réservé à une marche sur la zone du lagon qui rentre dans l'île. Ce lagon, où initialement nous avons prévu de mouiller le marégraphe est effectivement fermé par marée basse. Il y a des rivières qui se forment à l'intérieur avec beaucoup de courant, requins, raies, poissons en font parties...

Nous explorons également la partie Sud-Ouest de l'île (Baie des congrès) : il y a énormément de vagues comme à la partie Sud.

### II Juan de Nova 26/04/09

La configuration est assez différente d'Europa :

Le platier qui entoure l'île est très large : 1,5 à 3 kms, la côte sud est exposée à la houle et aux vagues.

De ce fait il est hors de question d'envisager de passer un câble sur de telles distances, néanmoins il est intéressant d'avoir des données sur cette zone donc nous mouillerons un marégraphe sur une zone propice.

Après discussion auprès de personnes ayant séjournées sur l'île, la partie nord de l'île est la plus protégée.

Nous choisirons un point à l'est car à l'ouest il y a des chenaux au milieu du platier où des rivières se forment lorsque la marée descend.

Le Marion Dufresne est ancré à la position 17°01,173 S et 042°44,708 E par 17 mètres de fond (point B sur la carte).

Afin de me repérer, je prendrai comme repère le Marion Dufresne à partir de la position sur l'île : 17°3,057' S et 042°44,135' E (point P sur la carte) et irai droit vers le bateau.

De ce fait j'aurai 1,3 km à marcher avant d'atteindre la fin du platier (position 17°2,385'S et 042°44,352'E).

Toujours en direction du Marion Dufresne, on atteint des sondes de 4,7 mètres 600 mètres après le platier. La position est alors : 17°2,0217'S et 042°44,529 E.

On part en hélicoptère du Marion Dufresne pour atteindre l'île. Ensuite nous marchons jusqu'au point sur la plage qui nous sert de repère pour marcher droit vers le Marion Dufresne. La marée sera basse à 08H05 TU.

Première constatation : il n'y a pas du tout de vent, pas un nuage et grand soleil : la chaleur est écrasante, la luminosité est très forte notamment à cause de la réverbération sur le sable blanc et sur la mer bleu turquoise...

Nous commençons par marcher environ 600 mètres dans du sable, l'eau nous arrivant au maximum aux cuisses.

Nous atteignons le platier qui est presque à sec (30 minutes avant la marée basse).

Après avoir marché 500 mètres sur le platier nous atteignons la fin de la première zone de platier qui donne sur une deuxième zone plus étroite. Ces deux zones ne sont pas au même niveau, il y a une 30aine de cm d'écart entre les deux. Cette « marche » génère des petites cascades d'eau où les murènes se mettent dessous pour attraper les poissons descendant ces cours d'eau.

Nous continuons sur 100 mètres pour atteindre la fin du platier. Il y a une zone sableuse de 1 mètre de profondeur maximum puis un dernier platier d'une 10aine de mètre avant d'atteindre la zone libre face au Marion Dufresne.

Il y a immédiatement 2 mètres d'eau. Nous nous mettons à l'eau et nous constatons qu'il y a une très mauvaise visibilité (inférieure à 2 mètres).

Le fond est sableux il y a des patates de corail tout les 20 mètres environ.

Après avoir exploré 5 patates de corail la configuration est toujours identique : un récif de 5 mètres de diamètre maximum et 2 à 3 mètres de haut et du sable autour. Quelques poissons nagent autour (j'ai vu des poissons chirurgiens : Doris dans le monde de Nemo).



La température de l'eau est de 29 degrés, nous sentons quelquefois des courants chauds autour de nos jambes dans les zones de faibles profondeurs.

J'envisage donc de mettre le marégraphe au pied d'une de ces patates (au sud de la patate, face à la plage pour qu'il soit protégé de la houle du large). Il sera sécurisé par un boute (protégé avec du tuyau d'arrosage) et repéré avec un boute équipé de CD pour réfléchir la lumière.

Comme ce point est loin de la plage et compte tenu de l'expérience d'Europa, nous partirons en Zodiac du Marion Dufresne avec le marégraphe et un plongeur équipé de bouteilles (Jean Patrick Rousse qui est moniteur de plongée et qui fait partie de l'équipe recherche d'Hydraires). Cela nous permettra de repérer le point par GPS.

### **Lundi 27 Avril 2009**

Nous sommes pris avec le Zodiac de l'équipe des Hydraires à partir du Marion Dufresne, ceci à 11H00 LT soit 08H00 TU.

Jean Patrick Rousse (moniteur de plongée), Jean Bernard Galves (aide plongeur) sont à bord du zodiac, ainsi que Cédric Brachet et moi-même.

Nous allons sur le point initialement prévu. A l'approche du point, nous rencontrons des patates de corail que nous devons contourner, il est difficile de tenir la route prévue.

Aux abords du point, nous sondons la profondeur (avec la sonde à main des plongeurs) : il y a 3 mètres d'eau : c'est insuffisant. En effet je préfère mettre le marégraphe par des fonds de 5 mètres par basse mer afin d'avoir suffisamment d'eau lorsqu'il y aura des vagues déferlantes.

Nous sommes obligés de revenir vers le large pour trouver une autre patate de corail. Nous en trouvons une où il y a 4,1 mètres de fond. Comme les marées sont assez fortes en ce moment et qu'on s'éloigne vers le large, je décide que ce point est le bon.

En fait il y a une grosse patate de corail (5 mètres de diamètre) qui affleure la surface (on voit un petit bout de rocher qui émerge) et 2 mètres au sud il y a une petite patate où l'on accrochera le boute du marégraphe.

Les plongeurs m'ont conseillé cette configuration plutôt que de mettre le marégraphe directement derrière la grosse patate car lors de grandes houles, il y a un phénomène de dépression derrière les patates qui peut aspirer tout.

Jean Patrick descend le marégraphe au pied de la petite patate (côté sud face à la plage). Il entoure la patate du boute gainé avec du tuyau d'arrosage et plaque le marégraphe contre la patate. Le boute équipé de 2 CD est accroché au marégraphe.

La visibilité n'est pas très bonne, je vois le marégraphe de la surface mais avec difficulté.

Le marégraphe RbR XR 420 6.30 013244, 5 minutes d'échantillonnage, 40 secondes d'intégration, mis à l'heure TU a été mouillé à 09H30 TU par environ par 4,1 mètres de fond, la température de l'eau est de 29 degrés (mesures faites à la montre du plongeur).

Je prends plusieurs fois le point GPS de la position du marégraphe en étant sur le Zodiac au dessus du marégraphe, la position est : 17°02,444 S et 042°44,500 E. (point M sur la carte)

Nous revenons à bord du Marion Dufresne satisfait de cette installation.

Exploration : nous constatons effectivement un déphasage sur les horaires entre la côte nord et la côte sud. La côte sud aurait une heure de retard par rapport à la côte nord. Cela est certainement dû au platier qui empêche l'eau de descendre.

Comme à Europa, Juan de Nova est équipée d'une centrale météo (au niveau du bâtiment de la gendarmerie), les données vont à météo France de la Réunion.

Un GPS permanent est également installé comme à Europa, au niveau de la gendarmerie.

Il n'y a pas de point IGN sur l'île, juste un point SHOM au niveau du débarcadère (juste en arrière à 30 mètres en arrière de la plage sur une chandelle : l'écrou en inox).

### **III Conclusion :**

Pour « relier » les mesures des marégraphes à un point référencé (IGN) il faudra acquérir des données grâce à une bouée GPS pendant 3 jours au dessus du point de mouillage de chaque marégraphe et avoir une station GPS à terre référencée par rapport à un point IGN.

Au niveau de l'implantation éventuelle d'une station permanente autonome avec transmission temps réelle, seule l'île d'Europa est envisageable.

En effet c'est l'île où le platier est le moins large (300 mètres).

Le problème est le passage du câble reliant le marégraphe à la station. Il faut impérativement fixer le câble afin qu'il ne bouge pas pour qu'il ne s'abime pas en frottant sur le corail.

De même il faudra faire une tranchée d'au moins 150 mètres dans le sable pour atteindre le bâtiment météo.

Il faut également un emplacement où mettre le marégraphe : cela peut être un bloc de béton posé sur le fond ou bien fixer le marégraphe sur le corail (par l'intermédiaire d'une plaque interface afin de pouvoir le changer facilement).

Pour tous ces travaux un plongeur équipé de bouteilles est obligatoire ainsi qu'une perceuse pour pouvoir pitonner des inserts dans le corail.

### **Les possibilités pour retourner sur ces îles sont :**

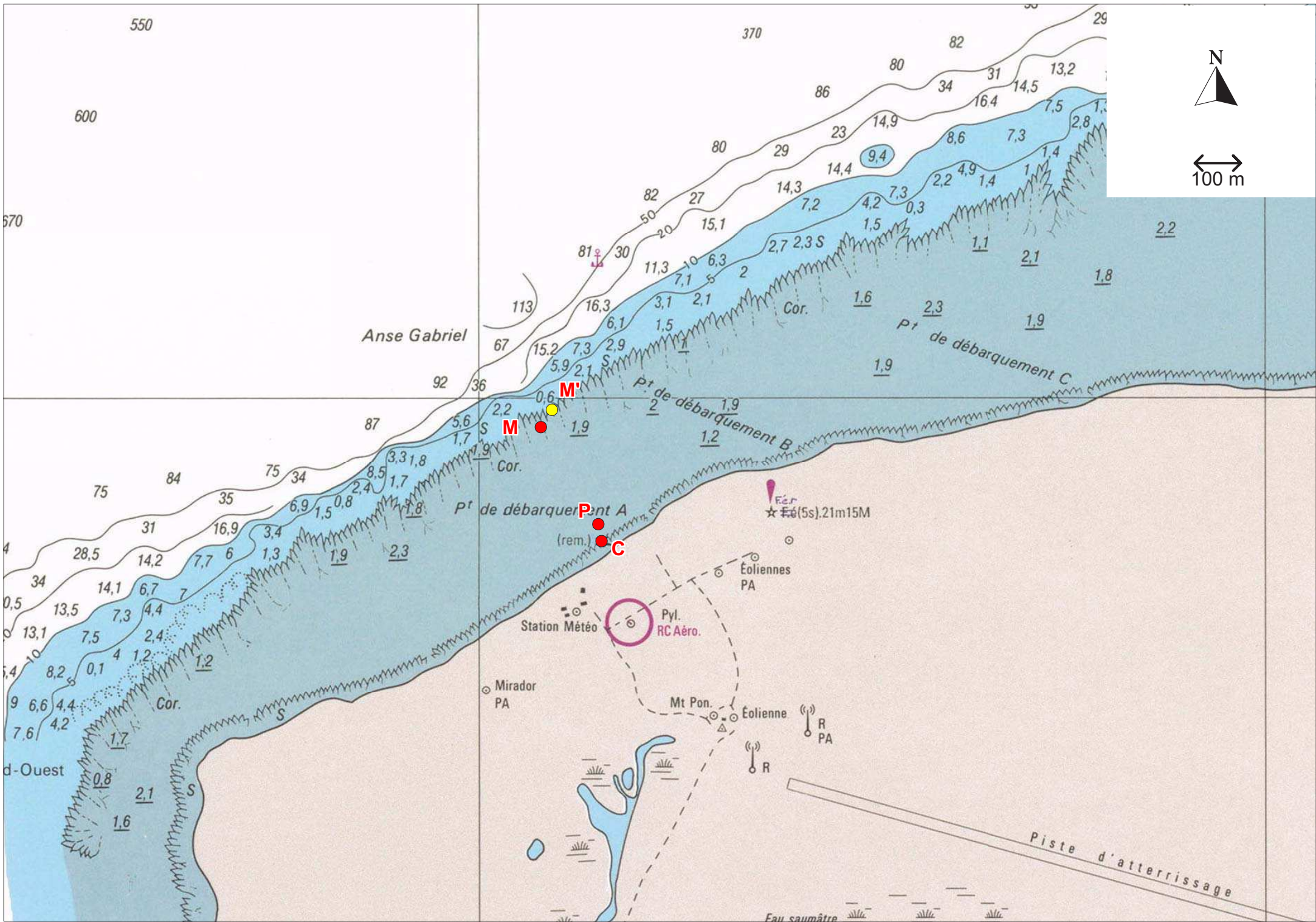
- Soit par avion militaire (Transal) qui reste quelques heures sur chaque île et qui fait une rotation tous les 45 jours.
- Soit par le navire patrouilleur des pêches OSIRIS qui passe régulièrement sur les îles mais de manière aléatoire.
- Soit affréter un voilier à la demande au départ de Madagascar.
- Soit y aller par le navire océanographique la curieuse qui devrait peut être y passer.
- Soit combiner ces divers moyens d'accès.

### **Remerciements :**

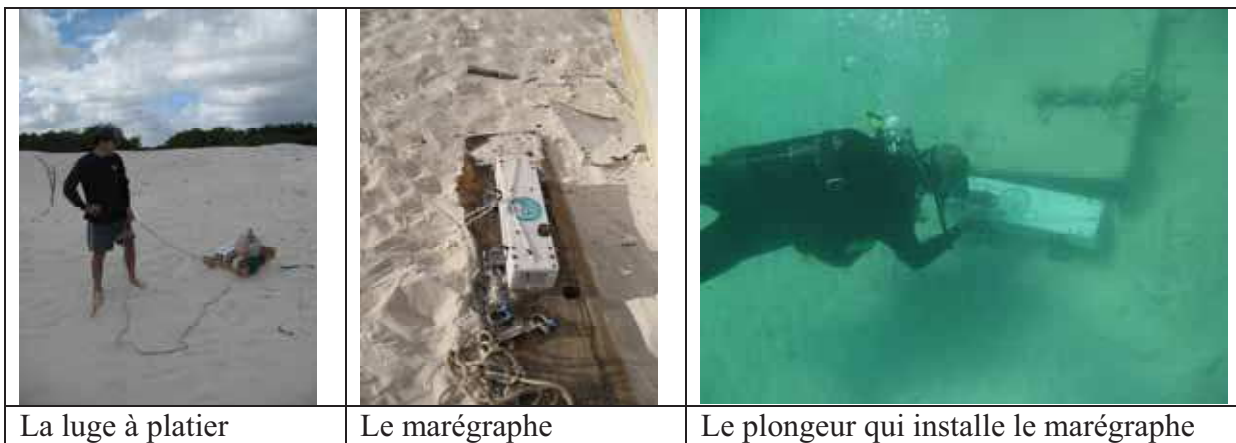
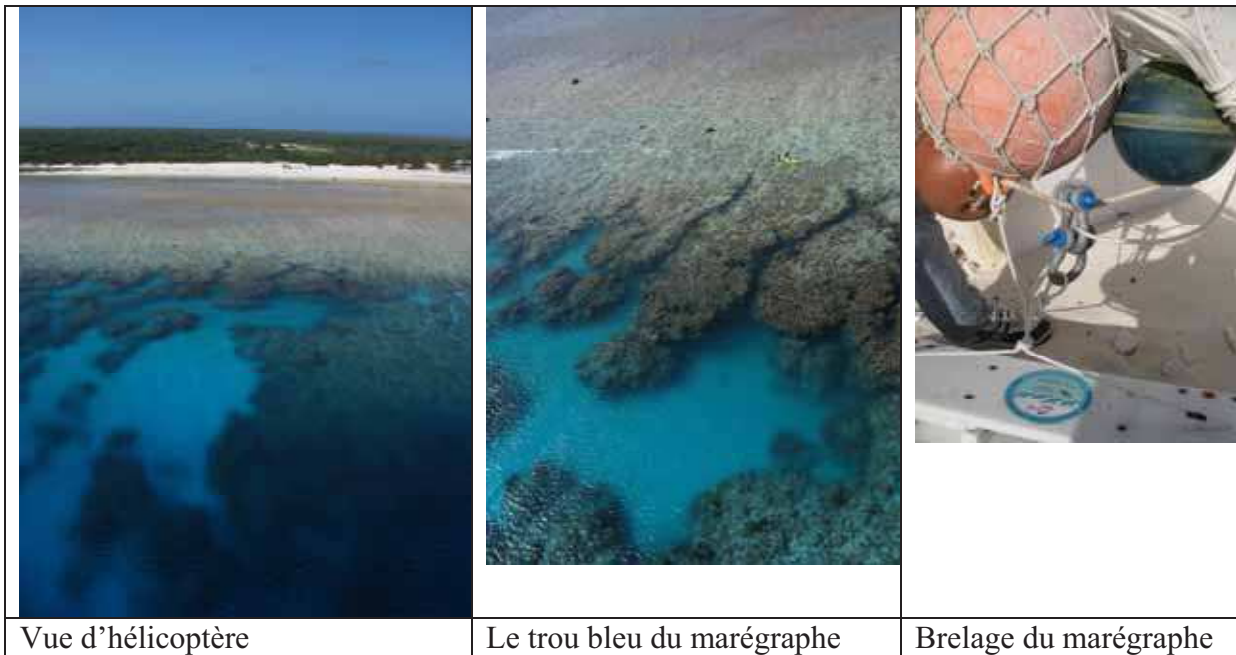
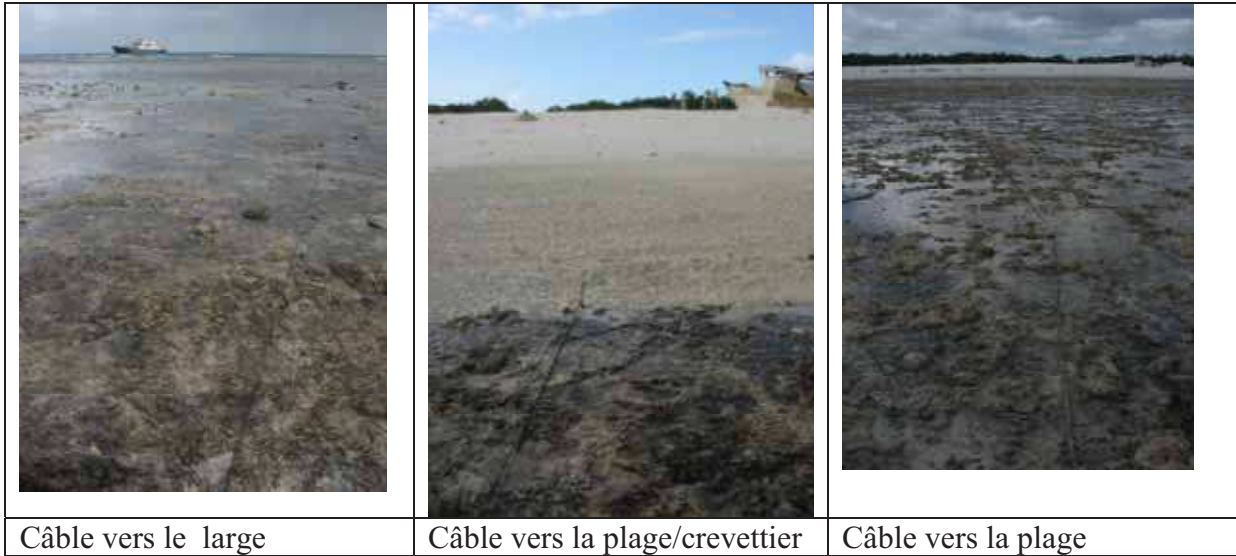
Je remercie Cédric Brachet du laboratoire Domaines Océaniques de m'avoir aidé pendant toutes les installations (ses jambes s'en souviennent) et Jean-Patrick Rousse qui a installé les 2 marégraphes en plongée bouteilles. Thierry Perillot, OPEA pour la rotation du Marion Dufresne et Cédric Marteau, responsable de toutes les équipes scientifiques, qui ont répondu avec enthousiasme à toutes mes demandes.

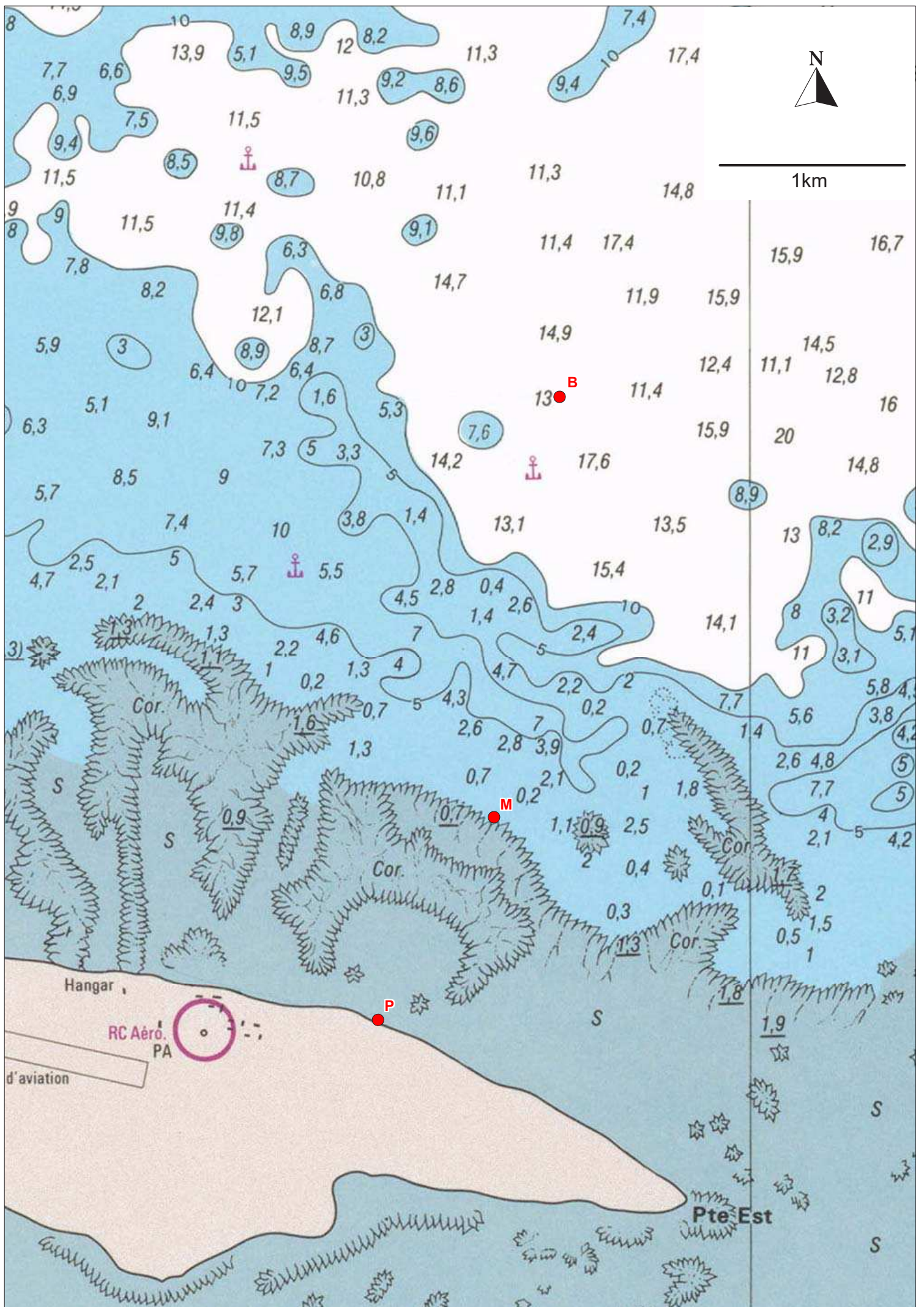
A bord du Marion Dufresne le 30 avril 2009

Michel CALZAS



## Europa





Juan de Nova



Plage, face au Marion Dufresne



Vers le large



Le marégraphe



Vue du Zodiac au dessus du marégraphe vers le large (on voit la grosse patate qui affleure).



Vue du Zodiac au dessus du marégraphe vers la plage.



Vue d'hélicoptère de l'île



Vue d'hélicoptère de l'île