



**Ifremer**

Département REM  
Unité RDT

Juin 2013 - RDT/D/2013/015

**Compte Rendu d'Activités 2012 de  
l'Unité de Recherche  
« Recherches et Développements  
Technologiques »**

# SOMMAIRE

<b>1. SYSTEMES DE MESURE .....</b>	<b>18</b>
1.1 FLOTTEURS PROFILANTS .....	18
1.2 RESEAUX DE MESURE IN SITU COTIERS .....	22
1.3 TECHNOLOGIES POUR LA SURVEILLANCE .....	26
1.4 INSTRUMENTS DE GEOTECHNIQUE .....	50
<b>2. OBSERVATOIRES FONDS DE MER PLURIDISCIPLINAIRES “OFMP”.....</b>	<b>55</b>
2.1 DEVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES ASSOCIES AUX OBSERVATOIRES FOND DE MER .....	67
<b>3. STRUCTURES ET EQUIPEMENTS EN MER.....</b>	<b>71</b>
3.1 TENUE DANS LE TEMPS/DURABILITE DES STRUCTURES ET DES EQUIPEMENTS DANS L’ENVIRONNEMENT MARIN OU DANS DES CONDITIONS D’UTILISATIONS SPECIFIQUES AUX OPERATIONS EN MER. ....	72
3.2 OPERATIONS EN MER .....	83
3.3 DEVELOPPEMENT DE TECHNOLOGIES RESPECTUEUSES DE L’ENVIRONNEMENT .....	89
<b>4. ENERGIES MARINES RENOUVELABLES (EMR).....</b>	<b>93</b>
<b>5. INFRASTRUCTURES EXPERIMENTALES - MOYENS D’ESSAIS.....</b>	<b>109</b>
<b>6. AUTRES SOUTIENS.....</b>	<b>115</b>
6.1 TECHNOLOGIES POUR L’OBSERVATION, LA COMPREHENSION ET L’EXPLOITATION DURABLE DES ECOSYSTEMES (TECOS).....	116
6.2 EVOLUTION SAR EXOCET .....	121
6.3 ROLE DE L’OCEAN SUR LE CLIMAT .....	123
6.4 NOUVEAUX OUTILS ACOUSTIQUES D’EXPLORATION .....	125
<b>7. ANNEXES .....</b>	<b>127</b>



## La technologie au cœur de la recherche océanographique à l'Ifremer

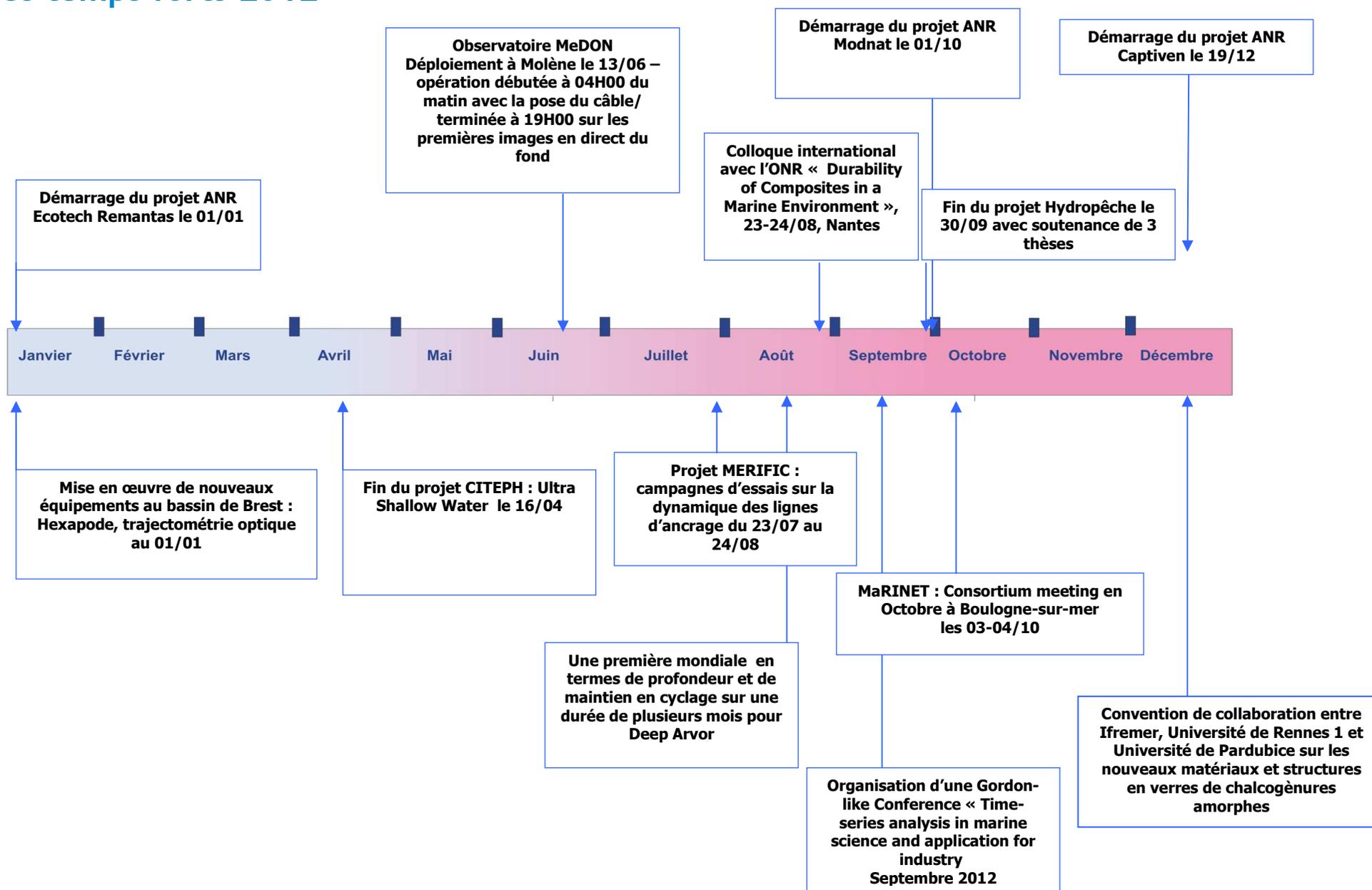


## Les agents RDT



L'unité de recherche **Recherches et Développement Technologiques** regroupe un peu plus d'une centaine de personnes (permanents et temporaires, ingénieurs, chercheurs, techniciens et assistants administratifs et de graphisme) ayant des compétences principalement en physique et mécanique des matériaux, calcul de structures, hydrodynamique, océano-météo, électrochimie, chimie, physico-chimie des surfaces, optique, biologie moléculaire, électronique, informatique instrumentale, métrologie et intégration de systèmes.

# Les temps forts 2012



## Les post-doctorats en 2012



Image de nanostructures observées à l'AFM

### **VERGER Frédéric**

Nouveaux matériaux et structures en verres de chalcogénures  
Université de Rennes 1/ Université de Pardubice/ Ifremer

### **RAILLARD Nicolas**

Simulation d'historiques de vagues non-linéaires par des processus de Laplace à moyenne mobile  
ANR MODNAT



### **WELLER Samuel**

Analyse et essais de lignes d'ancrage synthétiques pour énergie marine renouvelable  
MERIFIC - Université d'Exeter/Ifremer



Biopuce

### **NOYER Charlotte**

Une nouvelle biopuce pour l'étude de la biodiversité du phytoplancton en baie de Seine  
ANR COMANCHE - Collaboration V. Le Berre-Anton, plateforme Génopole Toulouse



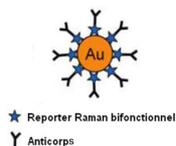
Bouchon de caractérisation sous pression des fibres

### **DE BLASI Serge**

Etude de la marinisation du système d'alimentation des capteurs par fibre optique.  
ENIB - Ifremer

### **GALTIER Thomas**

Analyse expérimentale des QTF (Quadratic Transfer Function) à basses fréquences des flotteurs ancrés



Sonde supramoléculaire développée pour la détection du benzo[a]pyrène.

### **DRIBEK Mohamed**

Fonctionnalisation de surface de capteurs de polluants en milieu marin : couplage détection SERS et reconnaissance par anticorps  
ANR REMANTAS

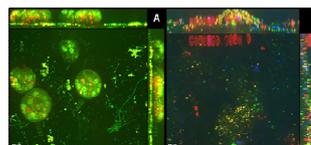
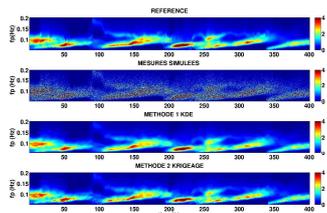


Image de biofilms obtenue au microscope Apotome

### **SALAUN Stéphanie**

Organisation structurale et caractérisation biochimique des biofilms marins  
REI DGA BIOFILMS

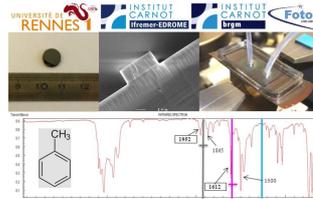
# Les nouvelles thèses en 2012



Estimation de l'historique des spectres directionnels de houle en Afrique de l'ouest

## KPOGO NUWOKLO Komian

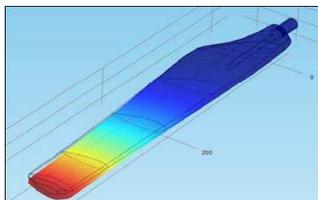
Fiabilité d'une représentation par événements de la climatologie de vagues et de courants en Afrique de l'Ouest  
Thèse Ifremer UPMC  
Cofinancement Ifremer Total



Synthèse de guide d'onde dans l'infrarouge pour la détection de contaminants organiques : verre de chalcogénure aux échelles milli et micrométriques. Spectre IR du toluène.

## BAUDET Emeline

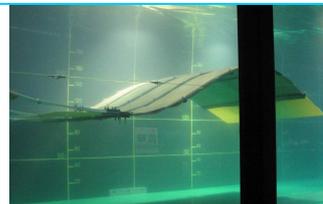
CAPMIR : Microcapteurs optiques fonctionnant dans l'infrarouge pour la détection de polluants émergents en eaux souterraines ou de mer  
Thèse Ifremer, Université de Rennes 1 et Institut Carnot BRGM - Cofinancement Inter-Carnot BRGM-Ifremer/Région



Pale d'hydrolienne

## TUAL Nicolas

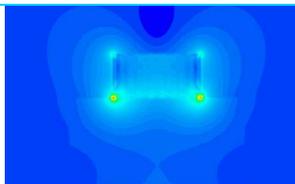
Durabilité de composites épais pour applications énergie marine renouvelable (DURACOMP)  
Thèse Ifremer-ENSTA/FEM  
Cofinancement Ifremer/Région Bretagne



Caractérisation du comportement de la membrane ondulante Eel Energy

## DEPORTE Astride

Caractérisation du fonctionnement d'une membrane ondulante pour récupérer l'énergie des courants marins  
Thèse Ifremer - Eel Energy  
Cofinancement Ademe/Eel Energy



Champ proche optique d'un nanocylindre sur support de verre

## COLAS Florent

Développement d'un biocapteur bi-fonctionnel LSPR/SERS pour la détection de toxine marine  
Thèse Université Paris XIII  
Financement Ifremer



Maquette du Pourquoi Pas ? montée sur le système de génération de mouvements

## DELACROIX Sylvain

Caractérisation de la génération et de la propagation de bulles sur les carènes de navires.  
Thèse Ifremer Ecole Navale.  
Cofinancement Ifremer/DGA

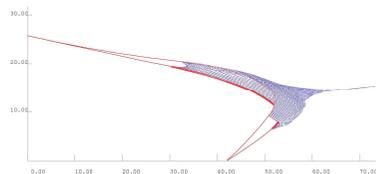


Eprouvettes de bio-sandwich, peaux en résine polyester partiellement bio-sourcée, renforcées de fibres de lin, âme en liège, après essais de caractérisation

## MARTIN Nicolas

Etude de l'influence de l'étape de rouissage du lin sur les propriétés mécaniques des fibres et celles de matériaux composites  
Thèse CIFRE Sté van ROBAYES Frères. / Ifremer- UBS

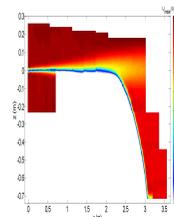
## Les thèses soutenues en 2012



Simulation de chalut de fond

### **KHALED Ramez**

Optimisation des engins de pêche en termes d'économie de carburant  
30 avril 2012 - Université de Bretagne Occidentale



Champs moyens autour de la nappe d'alèse

### **BOUHOUBEINY Elkhadim**

Caractérisation de l'écoulement autour de structures souples et poreuses  
29 mai 2012 - Université Pierre et Marie Curie

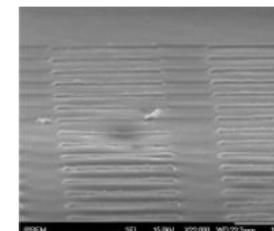
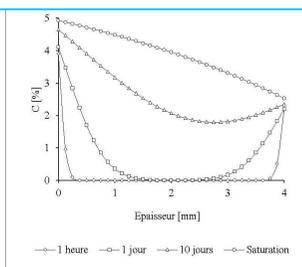


Image MEB des nanofils d'or sur As2S3

### **VERGER Frédéric**

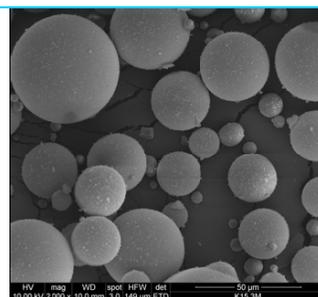
Spectroscopie infrarouge exaltée de surface pour la détection de composés organiques dissous en milieu marin  
19 juin 2012 - Université de Rennes 1



Simulation profil d'eau

### **SAR Bueneang**

Vieillessement des composites en milieu marin  
12 décembre 2012 - Université de Nantes



Billes de verre pour mousse syntactique

### **CHOQUEUSE Dominique**

Etude expérimentale et analyse du comportement de mousses syntactiques pour grande profondeur d'immersion  
15 décembre 2012 - Université de Franche-Comté



Essai de collage dans le CHEM

### **MAURICE Julien**

Identification des lois de comportement des jonctions collées pour le calcul des structures composites  
19 décembre 2012 - Université de Bretagne Occidentale  
Thèse CIFRE Airbus - ENSTA Bretagne

## Des exemples de développements technologiques en 2012

 <p>• Commercialisation • Accès au marché (TRL 9)</p>	<h3>Connecteur One Shot/OCTech (TPE)</h3>	
 <p>• Lancement en milieu réel (TRL 7-8)</p>	<h3>Observatoire MEDON</h3>	
 <p>• Assemblage et tests (TRL 5-6)</p>	<h3>Analyse des contaminants apportés à l'environnement portuaire/ Accoast</h3>	

## Des plates-formes technologiques de mesures et d'observation



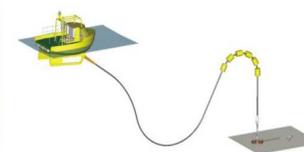
**Station de mesure Marel Iroise (Ste Anne du Portzic)**  
Analyse en continu à haute fréquence des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer (T, Sal, Turb, Fluo, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>)



**Module d'observation Tempo-mini et sa caméra sur la station fond de mer SEAMON**



**MeDON**  
Observatoire sous-marin câblé à l'île de Molène. Caméra en temps réel, écoute acoustique des mammifères marins, courants, données physico-chimiques



**Station de mesure MOLIT (baie de Vilaine)**  
Plate-forme de mesures côtières. Mouillage par un flexible permettant sa tenue en position ainsi que le pompage de l'eau du fond et de la surface pour une analyse automatisée à bord. Transmission des données à terre par GSM vers la base de données Coriolis. Fourniture de données projet PREVIMER. Analyse en continu à haute fréquence des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer (T, Sal, Turb, Fluo, O<sub>2</sub>) au fond et en surface.

## Bassins d'essais et moyens d'essais spécifiques



Bassin à houle de Brest



Canal de traction de Brest



Bassin à courant et houle de Boulogne sur mer

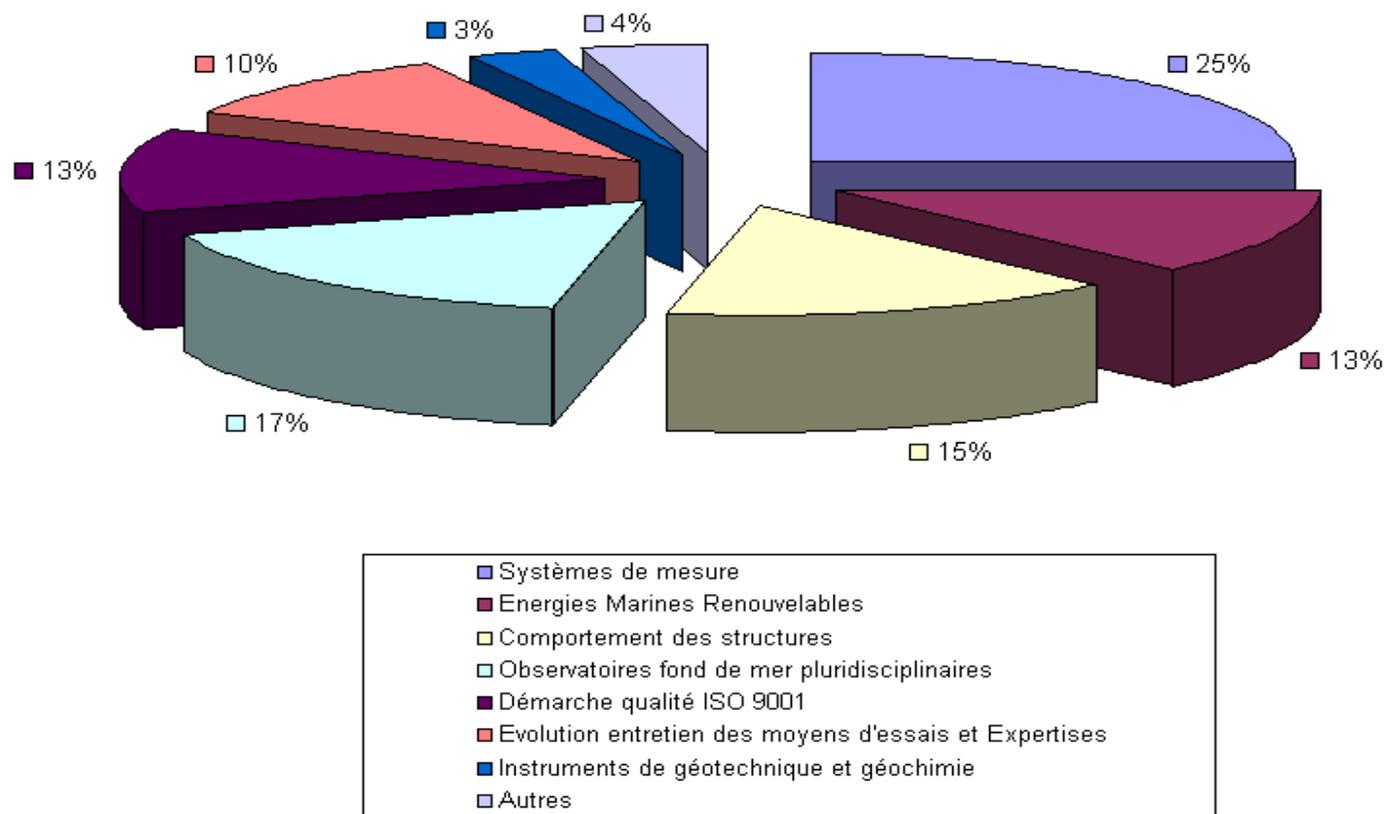
Pour mener à bien ses travaux, l'unité de recherche dispose de plates-formes d'essais et d'équipements spécifiques : bassins d'essais, caissons hyperbares instrumentés, plateaux techniques analytiques, optiques, de spectroscopie vibrationnelle, de microbiologie, de biologie moléculaire, laboratoires de métrologie et de corrosion marine, moyens d'essais mécaniques, enceintes climatiques, station d'essais en mer au centre de Brest, et veine de circulation au centre de Boulogne-sur-Mer.

## Caissons d'essais hyperbares

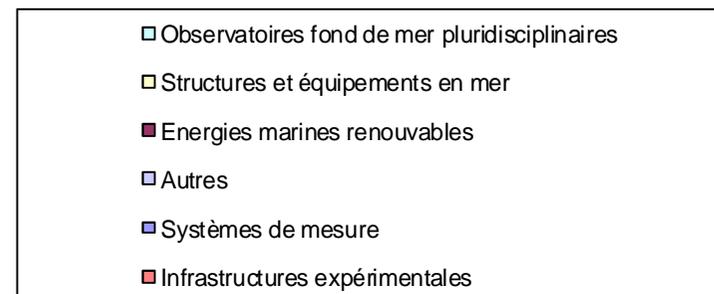
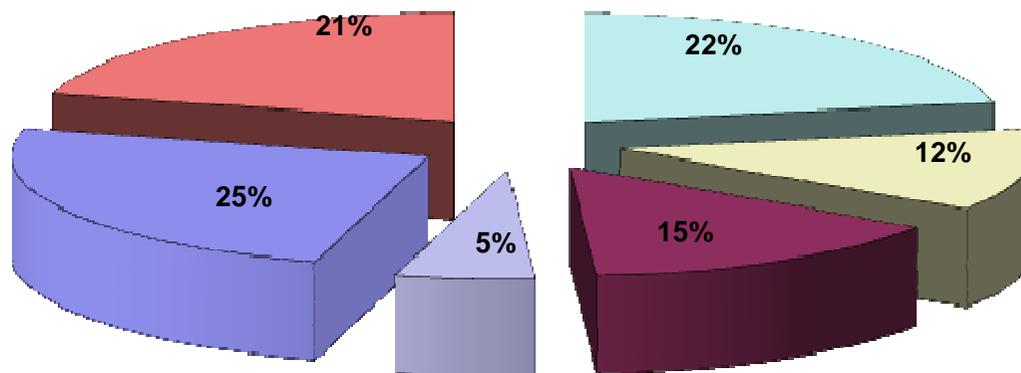
Ifremer dispose de moyens d'essais en simulation d'immersion par grande profondeur. La gamme de tests réalisables va du comportement mécanique des matériaux sous forte pression jusqu'à la qualification de systèmes ou structures pour grands fonds océaniques.



## Les axes de recherche : répartition du temps des agents par projets

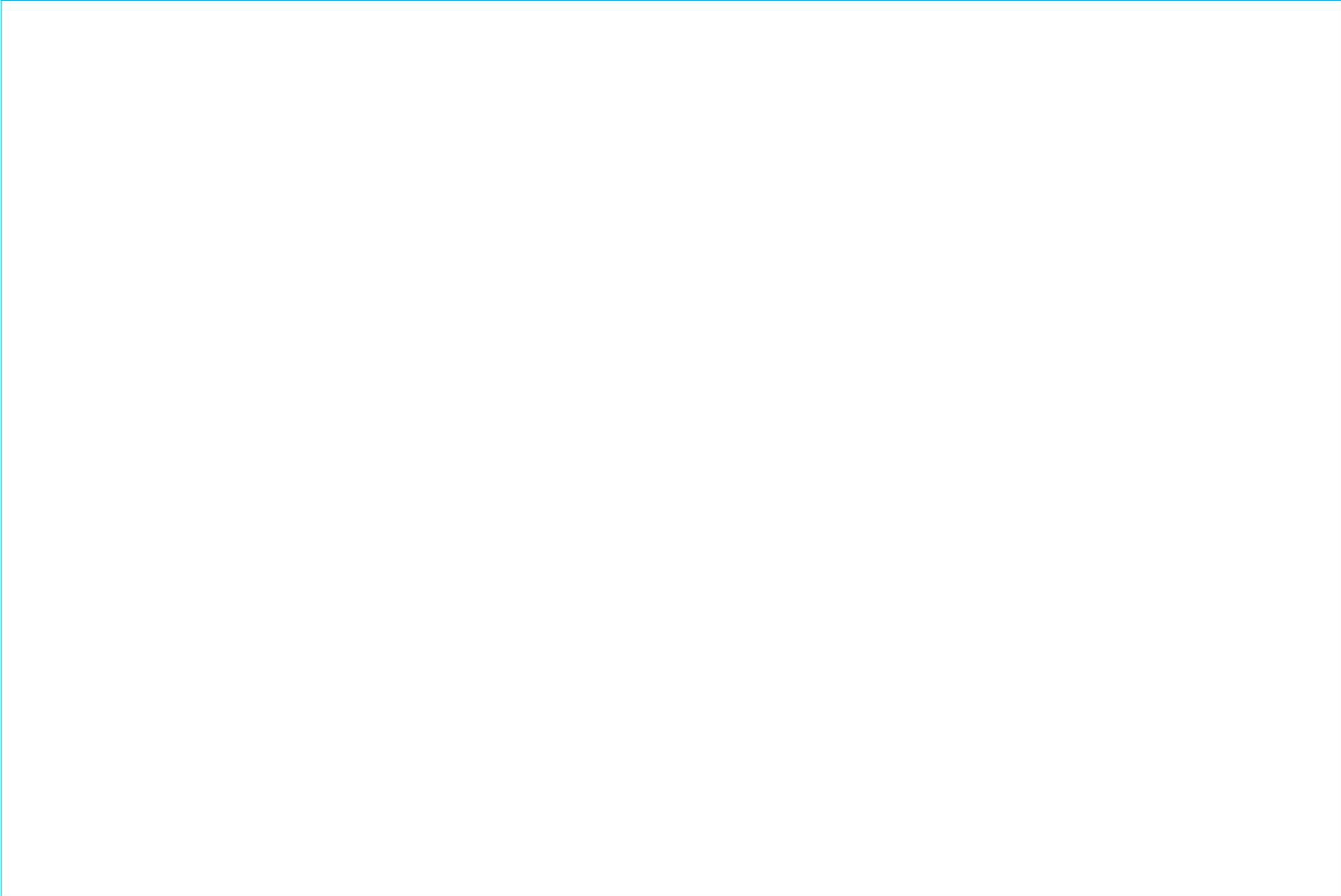


## Budget affecté à RDT: répartition par projet



Budget total affecté à RDT = 2 437 475 €

dont 1 586 600 € en fonctionnement et 850 875 € en investissement



## Introduction

L'**unité de recherche Recherches et Développement Technologiques** est orientée vers les innovations technologiques et l'application des meilleures pratiques en technologies marines au service des activités du département, de l'Ifremer et de l'industrie.

Elle contribue aux développements technologiques concernés par l'exploration et l'exploitation des océans et par la surveillance de l'environnement depuis le littoral jusqu'aux grandes profondeurs.

Elle mène des études, des recherches et des développements expérimentaux et numériques pour :

- contribuer à l'exploitation des ressources marines minérales et des énergies renouvelables, en partenariat avec l'industrie, les organismes et les associations professionnelles concernés ;
- innover sur des technologies récentes ayant un fort impact sur les applications marines ;
- conduire des recherches, développements et réalisations de systèmes instrumentaux marins en réponse aux besoins d'exploration et de production, d'observation scientifique ou de besoins industriels ;
- qualifier des équipements, matériaux et structures à l'environnement marin ;
- connaître et améliorer leur comportement et introduire des innovations ;
- anticiper de façon continue sur les principaux thèmes de recherche.

Elle réalise un travail continu en amont, sur les principaux thèmes de recherche (corrosion, hydrodynamique, modélisation du comportement de matériaux ou de systèmes, observatoires sous-marins, matériaux innovants, biofilm, salissures marines...) et sur des problématiques nouvelles (développement de biocapteurs, analyse chimique *in situ*, échantillonneurs passifs ...). Elle contribue à la formation par la recherche en incitant des laboratoires universitaires à s'intéresser à ses problématiques de recherche. Elle met en place les collaborations nécessaires avec le milieu de la recherche, en France et à l'étranger, notamment au niveau européen. A partir des actions de recherche menées dans d'autres secteurs, elle intègre les innovations nécessaires aux développements technologiques qu'elle réalise.

Son activité recouvre des tâches de recherche, de développement, de service et d'expertise articulées au sein des projets de l'institut avec les autres unités de recherche, qui peuvent être :

- utilisatrices des résultats et/ou des moyens,
- associées au sein des projets de recherche,
- demandeuses de service ou d'expertise,
- spécificatrices de développements, etc.

L'unité de recherche comporte en 2012 six services qui font partie de l'Institut Carnot Ifremer-EDROME :

- Service Electronique, Informatique et Mesures *in situ* (EIM)
- Service Hydrodynamique et Océano-météo (HO)
- Service Interfaces et Capteurs (IC)
- Service Ingénierie de Projets en Réseau (IPR)
- Service Matériaux et Structures (MS)
- Service Systèmes Mécaniques et Instrumentaux (SMI)

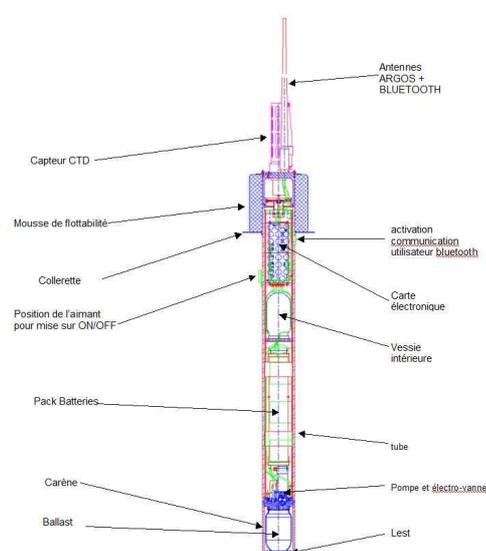
Pour en savoir plus : [http://wwz.ifremer.fr/rd\\_tecnologiques](http://wwz.ifremer.fr/rd_tecnologiques)  
[http://wwz.ifremer.fr/institut\\_carnot](http://wwz.ifremer.fr/institut_carnot)

## 1. SYSTÈMES DE MESURE

L'unité RDT développe des instrumentations marines innovantes nécessaires pour progresser dans des mesures *in situ* (reconnaissance/évaluation des ressources, impact environnemental, systèmes d'alarme). Ces innovations concernent aussi bien de nouveaux capteurs (mesures physiques, mécaniques, biologiques...) que des vecteurs pour l'accès à de nouvelles propriétés du milieu, ou à de meilleures précision et résolution. Un accent particulier est mis sur les mesures long terme (de quelques mois à 20 ans) dans le cadre des observatoires fond de mer.

### 1.1 FLOTTEURS PROFILANTS

Au début des années 2000, l'Ifremer a développé le premier profileur (Provor) puis en 2006, une version miniaturisée, plus facile à déployer, moins chère, a vu le jour : le profileur Arvor, fruit d'un travail d'optimisation dimensionnel et énergétique des éléments le constituant. Cet instrument autonome, alimenté par piles, réalise une succession de cycles (descente à immersion de consigne, stabilisation de plusieurs jours, atteinte de la profondeur de début de profil puis remontée) pendant plus de 4 ans. Durant l'immersion, il réalise des mesures de salinité et température en fonction de la pression (profil). Ces données sont transmises par satellite lors de son arrivée en surface.



*Un profileur Arvor*

## Les profileurs Côtiers

L'Arvor-C est un instrument autonome récupérable, réalisant périodiquement des profils de température et salinité en fonction de la pression. Il est prévu pour réaliser un nombre de cycles programmés (quelques centaines) entre la surface et le fond (jusqu'à 300 m), et transmet ses données par satellite une fois en surface. C'est la version côtière de l'Arvor hauturier. Il est optimisé pour dériver le moins possible sous l'effet des courants et du vent (posé au fond, vitesse de descente et d'ascension rapide, séjour court en surface) : sa dérive se limitant à 200 m par jour en moyenne, le profileur fonctionne comme un mouillage virtuel. Ce profileur a vu le jour il y a environ 5 ans. Son transfert technologique chez un partenaire industriel, des expériences en Golfe de Gascogne et en Méditerranée ont permis de fiabiliser progressivement le produit, et d'aboutir aujourd'hui à un instrument stabilisé.

Depuis l'avènement et la miniaturisation de capteurs "bio-géochimiques", il est envisageable d'embarquer de nouvelles mesures sur le profileur côtier. Ainsi, le développement Arvor-Cm (Arvor côtier multi-capteurs) a démarré depuis 2010. Il a pour objectif d'associer des mesures d'oxygène dissous, de turbidité et de chlorophylle. Le talon d'Achille de ces instruments reste bien évidemment leur vulnérabilité dans les zones littorales, en particulier le chalutage. Enfin, du fait de leur vocation à être récupérés, réhabilités puis déployés à nouveau, ils nécessiteront des moyens humains non négligeables pour gérer un parc d'instruments dans un cadre opérationnel. Ces développements sont menés dans la cadre du projet PREVIMER.

### Résultats en 2012

#### Arvor-C

Deux flotteurs Arvor-C ont été déployés lors de la campagne ASPEX2012 (Golfe de Gascogne). Ils ont réalisé plus de 400 profils CTD entre la surface et le fond (plus de 100m) entre leur mise à l'eau mi juin et la fin de l'année 2012.

Un flotteur Arvor-C a également été déployé lors de la campagne RHOMA2012 (Golfe du Lion). Ce flotteur, mis à l'eau en face de l'embouchure du Rhône, a très rapidement dérivé hors de la zone d'intérêt, et s'est échoué. Son reconditionnement est en cours.

#### ARVOR Cm (Côtier multi-capteurs)



Le développement du troisième profileur Arvor Cm a été initié en 2012. Son objectif est d'emporter à la fois des capteurs à bas coût et les capteurs de turbidité et fluorimétrie des deux premiers Arvor-Cm développés en 2011, afin d'inter-comparer leurs résultats lors d'essais opérationnels et de déterminer si ces capteurs bas coût présentent une qualité de mesure suffisante pour une application côtière.

Pour en savoir plus : <http://www.previmer.org/>



## Euro-Argo

Le projet « phase préparatoire à EuroArgo » démarrée en 2008, s'est terminée en juin 2011, la phase transitoire actuelle va permettre la mise en place de l'« ERIC » (European Research Infrastructure Consortium) à la fin 2013. Cette infrastructure a pour mission de fédérer l'activité Argo au niveau des partenaires Européens en approvisionnant et en déployant annuellement jusqu'à 250 flotteurs, en augmentant la couverture des mers régionales européennes, en fournissant des données contrôlées et un accès aux produits pour la recherche (climat et océanographie) et l'océanographie opérationnelle.

### Résultats en 2012

- La gamme des profileurs s'est enrichie :

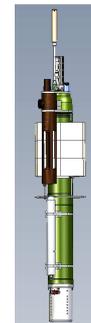
→ Le Provor-Do (Dissolved Oxygen) transmet maintenant les données brutes de phase et la température mesurées par le capteur Aanderaa 4330, selon les recommandations Argo. La version standard est équipée de la transmission Argos.

La transmission Iridium a été implantée afin de limiter la durée de transmission en surface impactée par le rajout de capteurs (1/4h au lieu de 10 à 11h). Ce développement a été financé par le projet Européen « Hypox ». Ce produit est maintenant commercialisé (premières utilisation LOV)



Provor avec mesure d'oxygène et transmission Iridium

→ Le profileur Provor est dédié aux applications bio-géochimiques grâce à son potentiel d'emport de capteurs additionnels et a déjà fait ses preuves (ProvBioA & B). Il a fait l'objet d'évolutions en séparant les fonctions vecteur & transmission des fonctions mesures. A cet effet, l'architecture électronique et informatique développée pour l'Arvor Côtier multi-capteurs (financement Ifremer) a été valorisée sur le Provor et a débouché sur le Provor CTS4 qui a été développé par NKE dans le cadre du projet Remocean (LOV). Il a été déjà produit à plus de 80 exemplaires (LOV, Incois, CSIR...)



Provor-CTS4

→ L'évaluation du capteur de nitrates ISUS s'est terminée par un déploiement du « ProvNuts » en Méditerranée en juin 2011, lors de la campagne Moose. Ce profileur a été récupéré en très bon état un an plus tard pour expertise. Ce succès a permis d'envisager l'implantation de la mesure de nitrates sur les futurs Provor dans le cadre de NAOS.

- En 2012, l'ERIC Euro Argo a répondu à l'appel d'offre Européen FP7 Space et a été retenu pour le projet E-Aims (Euro-Argo improvements for Marine Service). Un des volets de ce projet est de tester des récents développements technologiques : nouveaux capteurs d'oxygène, profileurs profonds, flotteurs bio-géochimiques, communications satellites, profileurs pour l'Arctique. RDT est impliqué sur ce volet (responsabilité WP2) et contribuera au test comparatif d'un nouveau capteur d'oxygène.

Pour en savoir plus : <http://www.euro-argo.eu/>



NAOS est un projet Equipex du programme d'investissements d'avenir. Ce projet a démarré en juin 2011 et s'étend jusqu'à 2019. NAOS représente un partenariat fort entre l'IFREMER (coordinateur), l'UPMC (co-porteur), le CNRS, l'UBO/IUEM, le SHOM et deux entreprises privées: CLS pour les aspects de télécommunications par satellite et la PME NKE qui est en charge de l'industrialisation et de la commercialisation des flotteurs français Argo.

En matière de développement technologique (WP2, responsabilité RDT), le projet a pour ambition de développer et valider la prochaine génération de flotteurs profilants Argo<sup>1,2</sup>.

## Résultats en 2012

- Transmissions satellites Argos-3.

Cette action a pour but d'équiper les profileurs d'une solution de transmission de données alternative à Iridium. En 2012, l'objectif a été de démontrer la transmission de profil complet pendant un passage satellite. Cela a été testé à la mer sur un Arvor-A3, configuré en bas débit, déployé à partir du NO Pourquoi pas? en octobre lors de la campagne « Proteus-Dunes » du SHOM. Le profileur a transmis ses profils complets en un seul passage satellite, soit ~15mn de transmission au lieu de 6 à 8 heures en Argos2.

Le fonctionnement en haut débit a pour but de pouvoir transmettre un profil haute résolution (1000 points CTD) sur un passage satellite, au même coût qu'un profil standard. Les tests sur banc ont montré une grande variabilité des performances liée à la zone géographique, à l'azimut du satellite, aux heures de transmission. Les performances médiocres sur les zones Europe et Asie sont expliquées par une insuffisance de rapport Signal/Bruit sur la modulation haut débit. 2 nouveaux Arvor A3 HD (financement complémentaire CLS) doivent être testés en 2013.

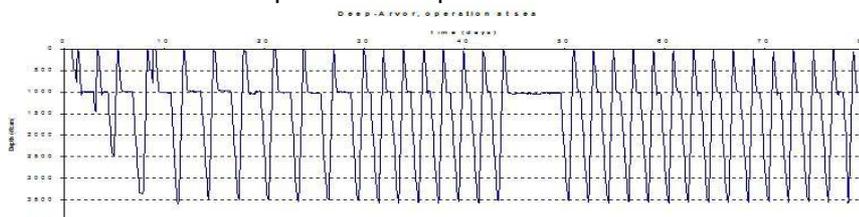
- Observations des plus grandes profondeurs – *Deep Arvor*<sup>3</sup>

L'intégration d'une maquette opérationnelle et des tests fonctionnels en environnement ont été menés début 2012. Cet instrument a été déployé avec succès lors de la campagne « Strasse » en août. Le profileur a cyclé 60 fois à 3500 m, entre août et mi-janvier. Les quelques mois de fonctionnement ont permis de tester l'ensemble des modes de fonctionnement du profileur: comportement dynamique, échantillonnage avec et sans mesure d'oxygène, haute résolution, modification des paramètres de mission... Cette performance en termes de profondeur et le maintien en cyclage sur une durée de plusieurs mois est une première mondiale. Ces performances sont possibles grâce à de nouvelles enceintes en matériau composite et à une nouvelle motorisation.

Des modifications techniques liées au retour d'expérience apporté par les deux premiers profileurs seront rapidement intégrés. Des évolutions logicielles sont également prévues. L'augmentation de la pression maximum d'immersion à 412 bar (4000 m) a été décidée, les calculs associés et des essais complémentaires en pression ont démontré la faisabilité. Cette évolution s'avère indispensable compte tenu de l'évolution du marché.



Déploiement de la maquette *Deep Arvor*



Premiers cycles du deep Arvor, campagne Strasse, août 2012.

Pour en savoir plus : <http://www.naos-equipex.fr/>

<sup>1</sup> Le Traon Pierre-Yves, D'Ortenzio Fabrizio, Babin M., Claustre H., Pouliquen Sylvie, Le Reste Serge, Thierry Virginie, Brault Patrice, Guigue Michel, Le Menn M. (2012). NAOS : preparing the new decade for Argo. *Mercator Ocean – CORIOLIS Quarterly Newsletter*, (45), 3-4

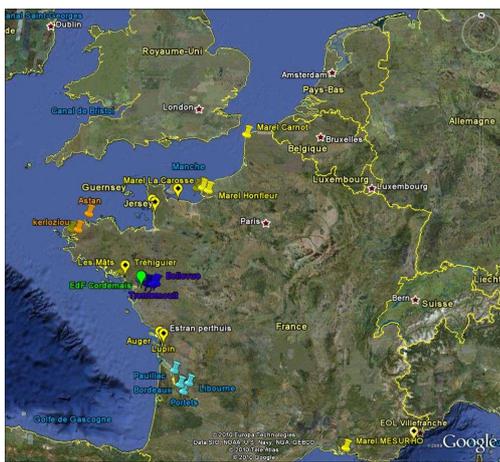
<sup>2</sup> Le Traon Pierre-Yves, D'Ortenzio Fabrizio, Babin Marcel, Claustre Herve, Pouliquen Sylvie, Le Reste Serge, Thierry Virginie, Brault Patrice, Guigue Michel, Le Menn Marc (2012). Le projet Equipex NAOS : l'observation globale des océans Préparation de la nouvelle décennie d'Argo. *La Météorologie*, (76), 19-25

<sup>3</sup> Le Reste Serge, Dutreuil Vincent, Andre Xavier, Trautmann Coralie, Bescond Tanguy (2012). Deep-Arvor: a CTD & DO profiling floatfor Argo. Argo Science Workshop, Venise, 26-29 sept 2012

## 1.2 RÉSEAUX DE MESURE *IN SITU* CÔTIERS



Ce projet regroupe et fédère les réseaux de mesure haute fréquence côtiers. L'engagement de RDT dans ces réseaux va de la conception, du développement du système instrumental jusqu'à l'assistance à la maîtrise d'ouvrage auprès de laboratoires et instituts partenaires. Cette assistance permet de bénéficier des retours d'expérience indispensables à la conception et au développement de nouveaux systèmes de mesure. La particularité de ces systèmes de mesure est le fonctionnement en continu et sur le long terme dans le domaine maritime côtier particulièrement agressif pour l'instrumentation.



Réseaux de mesure haute fréquence côtiers

Les données sont accessibles sur les sites suivants:

Station MOLIT : <http://www.PREVIMER.org/>  
Station Marel Carnot : <http://www.ifremer.fr/difMarelCarnot/>  
Navires d'Opportunité <http://www.ferrybox.com/>  
Réseau Gironde : <http://www.magest.u-bordeaux1.fr/Public/index.php?page=accueil>  
Bouée Mesurho : <http://www.ifremer.fr/co-en/eulerianNetwork?contextId=595&lang=en>  
Réseau des Iles <http://www.ifremer.fr/co-en/eulerianNetwork?contextId=398&lang=en>

### Résultats en 2012

RDT a poursuivi en 2012 les travaux visant l'amélioration de la prise en charge météorologique des équipements de surveillance.

#### Station de mesure MAREL IROISE

La Station de Mesure MAREL IROISE est mouillée depuis l'année 2000 et fonctionne en continu depuis cette date. Une convention d'exploitation lie l'Ifremer, l'IUEM et le CNRS pour l'opération de cette station de mesures. Le flotteur a subi un grand carénage en 2006 sur financement du projet PREVIMER qui utilise les données haute fréquence pour alimenter sa base de données *in situ*. Il restait à remettre à niveau la partie « aérienne » : énergie, système de mesure et électronique associée. L'IUEM a donc lancé en 2012 un appel d'offre pour cette remise à niveau, et RDT a répondu à cette sollicitation. Les résultats de cette soumission seront connus début 2013.



L'objectif de cette réponse est double :

- garder l'accès à ce système de mesure (extension à de nouveaux capteurs, essais de fiabilité *in situ* ...).
- développer puis intégrer au système de mesures un nouveau module d'extension offrant la possibilité de connecter des capteurs non référencés préalablement.

#### Bouée MESURHO (Fos Sur Mer)

L'année 2012 a été consacrée à l'intégration d'une nouvelle version de l'automate de pilotage de la station de mesures dans l'objectif d'installer deux nouveaux capteurs (radioactivité aérienne et sous-marine) en collaboration avec l'IRSN.





## RECOPECA

# Un réseau de mesure de l'activité de pêche spatialisé et de données environnementales



Le projet Recopesca, lancé en 2004 par l'Ifremer et financé par PREVIMER (Contrat de Plan Etat Région), vise à mettre en place un réseau de navires de pêche volontaires pour mesurer l'activité de pêche et fournir des données environnementales à usage scientifique. Recopesca s'appuie sur une approche participative des pêcheurs. Il donne au navire volontaire une fonction d'observateur scientifique et repose sur la mise en œuvre de capteurs sur les engins et à bord de navires de pêche volontaires. Ces capteurs collectent à la fois des données sur l'effort de pêche spatialisé et sur les captures, mais également des données environnementales physiques, telles que la température et la salinité ; ceci afin d'améliorer l'évaluation de l'état des ressources et les diagnostics sur les pêcheries, et de mesurer les paramètres environnementaux nécessaires à la mise en place progressive d'une approche écosystémique de la gestion de la pêche. Les données mesurées sont :

- Des profils et séries de température, de salinité, turbidité.
- La durée d'immersion des engins, longueur ou nombre d'engins levés, conditions environnementales de l'opération de pêche et pesée embarquée des captures des espèces de poissons pêchés grâce à une balance anti-roulis.

Les données collectées sont destinées à alimenter le Système d'Informations Halieutiques (SIH) de l'Ifremer, les outils d'océanographie opérationnelle et les modèles hydrodynamiques. Ce projet est mené en étroite collaboration entre l'Unité RDT et l'Unité STH (Sciences et Technologies Halieutiques).

Associant chercheurs et professionnels de la pêche, Recopesca est une réalisation nationale concrète d'approche participative.

### Résultats en 2012

De nouvelles installations ont été effectuées sur les navires de pêche par le personnel de la société nke, sous contrôle IFREMER RDT. Fin 2012, 49 navires de pêche volontaires sont équipés en Manche-Atlantique et 10 navires en Méditerranée. Un parc de 10 navires en Manche-Atlantique est équipé d'une balance. Différentes améliorations techniques ont été apportées au matériel tel que le calcul du cap et de la vitesse par le concentrateur.

Une nouvelle étude a été menée en partenariat avec la société nke pour le développement d'une balise de géolocalisation. Celle-ci est destinée à positionner en continu les navires. Les données sont transmises et traitées en temps différé. Le positionnement se fait par GPS et la transmission sur réseau GPRS lorsque le navire est dans la zone de couverture du réseau. Les principaux objectifs pour cette étude sont la simplicité et la robustesse du matériel et une maîtrise des coûts. Cette étude est motivée par un besoin des halieutes de l'Ifremer et un projet d'étude pilote pour la mesure de l'activité de pêche de navires de moins de 12 mètres en France métropolitaine pour le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Il est prévu d'équiper 800 bateaux de pêche volontaires sur deux ans. Cette étude est suivie par la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA), un appel d'offre sera lancé en 2013.



Balise de géolocalisation installée sur un navire de pêche



Pour en savoir plus : <http://sih.ifremer.fr/>



## Jerico : connecter les espaces côtiers européens

Débuté en 2011, le projet Jerico a pour objectif d'harmoniser et pérenniser un réseau européen de recherche sur les infrastructures d'observations côtières. Les données collectées contribuent à la détection, la compréhension et la prévision des systèmes côtiers soumis à de nombreuses pressions telles que le changement climatique.

L'observation côtière constitue une composante importante de la recherche marine. La densification et l'augmentation de la fréquence de monitoring se heurte aux coûts élevés des observations, dus principalement à l'hétérogénéité des systèmes et des méthodes d'observation. Jerico propose une approche européenne par la mise en réseau des systèmes d'observation. Le partage des technologies et des bonnes pratiques améliorera l'efficacité, la durabilité et la qualité de l'observation côtière.

Coordonné par l'Ifremer, le projet JERICO regroupe 27 partenaires européens, de 17 pays ayant une façade maritime. Le partenariat du projet Jerico est constitué uniquement de scientifiques issus principalement d'instituts publics. Les entreprises privées (développeur, fabricant, distributeur, bureau d'étude) apportent un soutien essentiel au développement de l'observation côtière tant pour les applications scientifiques que pour les besoins de gestion ou pour répondre à la demande publique.

Pour plus d'information : <http://www.jerico-fp7.eu/tna>

### Résultats en 2012

Quelques exemples d'actions réalisées en 2012 :

- JERICO offre un accès transnational à des équipements de mesures et des observatoires côtiers européens. Le premier appel d'offres "Trans National Access" (TNA), qui s'est clôturé en avril 2012, a permis de recevoir treize propositions. Neuf projets retenus sont actuellement en cours. En savoir plus sur : <http://www.jerico-fp7.eu/tna>
- la mise à disposition de produits accessibles à tous, par exemple un manuel pour la gestion des données JERICO ou encore, les meilleures pratiques à appliquer lors de la mise en œuvre de Ferry-box : <http://www.jerico-fp7.eu/deliverables>.
- JERICO a également mis en place les premières actions du Forum for Coastal Technologies (FCT).

Le Forum de JERICO se veut être un espace privilégié d'échanges et de communication entre les fournisseurs d'instrumentation côtière et les utilisateurs, afin de faire converger le marché de l'instrumentation avec les besoins. Le rapprochement donnera de la visibilité à l'industrie et dans un contexte gagnant-gagnant assurera un développement structuré de l'offre européenne qui facilitera l'accès au marché mondial.

Pour promouvoir et maintenir une meilleure interaction entre les utilisateurs et le monde industriel, il a été proposé d'organiser des workshops, des bilans des besoins et de l'offre, d'inviter le monde industriel (notamment les petites entreprises) aux travaux de Jerico, d'effectuer des démonstrations et des évaluations de capteurs et de protocoles de mesure.

Les actions sont décrites en détail dans le document "Terms Of Reference of the Forum for Coastal Technology (FCT) disponible sur : <http://www.jerico-fp7.eu/coastal-technologies>

Deux questionnaires en lignes ont été proposés dans la feuille de route du FCT. Le premier était destiné aux partenaires de Jerico : que mesurent-ils le plus fréquemment, quels sont leurs besoins et quelle est leur évaluation des produits disponibles sur le marché ? Le Pôle Mer Bretagne a apporté un soutien à la rédaction du questionnaire, à sa mise en ligne et à l'analyse des résultats.

L'analyse est consultable sur <http://www.jerico-fp7.eu/coastal-technologies>. L'étude a mis en évidence les besoins en miniaturisation, robustesse, durabilité et diminution du coût des capteurs. Les utilisateurs sont tous sensibilisés par le rapprochement avec le monde industriel, par des échanges réguliers et la réalisation de démonstrations et évaluations des performances.

Deux workshops ont été organisés ; le premier à Brest en octobre 2012, en bénéficiant du soutien logistique de la SeaTechWeek. 20% des participants était issu des entreprises. Le thème de la journée s'est focalisé sur la mesure de l'oxygène dissous et la mesure des nutriments. Un représentant de l'organisation américaine Alliance For Coastal Technology (ACT) a fait une présentation exhaustive sur la genèse et le mode de fonctionnement de cette structure. L'auditoire a insisté sur l'importance du partenariat entre utilisateurs de capteurs et développeurs. Comment entraîner le monde des entreprises a été la question récurrente.

Le coût de calibration et la maintenance des instruments a été souligné. Cet atelier a également permis la présentation au sein de cette communauté océanographique de nos activités d'étalonnage, de recherche et de collaboration sur les paramètres salinité, température, pression, oxygène dissous, fluorescence et turbidité.

Les présentations sont sur <http://www.jerico-fp7.eu/coastal-technologies/workshop-organisation>

Une comparaison inter-laboratoires d'étalonnage de capteurs de température, de salinité et d'oxygène dissous a été organisée au sein du laboratoire de métrologie de RDT en octobre 2012 durant une semaine.



Comparaison inter-laboratoires (CIL) organisée en octobre 2012



Participants à la CIL Jerico d'octobre 2012

---

### 1.3 TECHNOLOGIES POUR LA SURVEILLANCE

Le développement ou l'adaptation de technologies permettant la surveillance littorale et côtière pour répondre aux nouvelles Directives sont un enjeu important pour l'Ifremer. Ces développements instrumentaux ont vocation à être conçus, mis au point et évalués en conditions réelles. Un transfert et une formation sont ensuite souvent nécessaires pour rentrer dans les pratiques quotidiennes (le savoir faire des Laboratoires Environnement Ressource –ODE/LER- est ici mis à contribution). Les possibilités d'industrialisations sont intégrées au plus tôt.

Parmi les innovations technologiques qui peuvent permettre d'améliorer les méthodes de surveillance littorale et côtière, un choix a été opéré en concertation avec les réseaux de surveillance de l'Ifremer. Notre finalité est de parvenir assez tôt à des produits industriels après une validation par les équipes de terrain et les scientifiques de référence des réseaux de surveillance. L'ONEMA appuie cette démarche dans certains cas.

Un domaine à forte potentialité est le développement d'échantillonneurs passifs pour améliorer leur déploiement *in situ* ou l'automatiser.

L'analyse chimique *in situ* en flux est toujours un point fort de notre unité.

Les biocapteurs, les drones de surface et les systèmes d'imagerie du plancton ont été retenus en 2012 parmi les axes d'optimisation souhaitables du REPHY.

Les efflorescences de microalgues toxiques encore appelés HAB (Harmful Algal Bloom) sont des phénomènes sporadiques naturels connus depuis longtemps et répandus à travers le monde, ces événements sont de plus en plus fréquents et intenses. Ces blooms toxiques sont considérés comme un problème de santé publique important et impactent considérablement le secteur conchylicole. La surveillance de la qualité environnementale des eaux côtières (présence de microalgues toxiques) et de la qualité des coquillages (présence de toxines) est aujourd'hui la seule façon de protéger la santé des consommateurs, puisqu'il n'existe pas de moyens de lutte efficace contre l'apparition de ces efflorescences toxiques. L'identification rapide et fiable du phytoplancton et des toxines associées représente un enjeu majeur pour la prévention du risque toxique. C'est dans ce contexte que des méthodes alternatives de diagnose à la détermination des microalgues par microscopie optique sont développées à RDT : biopuces, identification, PCR, méthode FISH, bandelettes immunologiques. Ces nouveaux outils doivent être robustes, fiables, faciles d'utilisation et rapides, rendant son utilisation accessible pour la surveillance de routine des eaux du littoral.

L'analyse des contaminants chimiques comme les hydrocarbures, les pesticides, les hormones de synthèse présente un fort intérêt dans le suivi de la qualité des eaux (Directive Cadre européenne, Stratégie marine). L'analyse de ces composés ne s'effectue habituellement qu'après prélèvement sur site et nécessite des étapes d'extraction bien souvent difficiles et longues. La technique d'extraction/concentration SBSE (Stir Bar Sorptive Extraction) couplée à l'analyse par Chromatographie en Phase Gazeuse et Détection par Spectrométrie de Masse (GC/MS) présente de nombreux avantages. Cette technique est particulièrement bien adaptée au développement d'un système autonome permettant de prélever l'eau du milieu et de procéder à l'extraction des échantillons (l'analyse des barreaux par GC/MS étant effectuée par la suite au laboratoire).

Depuis 2005, un module SBSE autonome permettant de prélever et extraire *in situ* a été développé au sein de l'Ifremer en collaboration étroite avec le Cèdre.

### Résultats en 2012

Une version automatisée et portable de la technique SBSE ("valise SBSE") a été mise au point dans le cadre d'une convention ONEMA/Ifremer 2012, en collaboration étroite avec le Cèdre, pour une utilisation dans le cadre de la surveillance de la contamination chimique des masses d'eau.

Cette nouvelle version permet, l'introduction de la solution étalon, des réactifs de dérivation afin de pouvoir aussi doser des composés polaires. Cette technique peut être appliquée aux eaux marines et continentales.

Les objectifs principaux de cette action ONEMA/Ifremer sont de:

- poursuivre le conditionnement sous forme de "valise" du système automatisé SBSE et la validation en laboratoire des protocoles d'extraction pour des composés polaires et apolaires;
- valider par des "opérateurs terrain" l'opérationnalité de ces "valises" pour le prélèvement d'eau et l'extraction *in situ* de différents contaminants organiques.



"Valise SBSE"





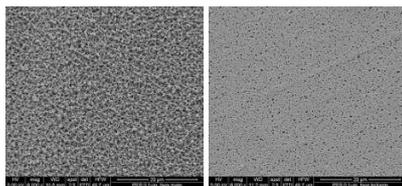
# ANR EMESTOX (Echantillonneurs passifs pour la MESure des Substances chimiques et de la TOXicité associée dans l'eau et les effluents industriels)



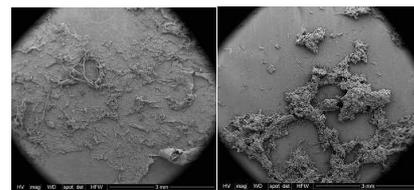
La plupart des membranes utilisées pour les échantillonneurs passifs du marché sont sujets à l'encrassement par la matière minérale, la matière organique, les bactéries, les micro-algues et les macro-organismes présents dans l'eau (bio-salissures). Il a été montré que ces bio-salissures pouvaient affecter le fonctionnement des échantillonneurs passifs amenés à séjourner assez longtemps dans l'eau (eau douce, eau de transition, eau de mer), et modifier les coefficients de transfert à travers la membrane. Dans le cadre de l'ANR EMESTOX - Echantillonneurs passifs pour la MESure des Substances chimiques et de la TOXicité associée dans l'eau et les effluents industriels, mené en partenariat avec le laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains, l'Irstea, Total sa, l'université de Bordeaux, l'université de Nice - Sophia Antipolis, RDT s'attache à l'évaluation de la colonisation de diverses membranes d'échantillonneurs passifs et de l'efficacité de traitements de surface.

## Résultats en 2012

Différents tests de validation des échantillonneurs passifs ont été menés en mésocosmes dynamiques contrôlés : Les Rivières Pilotes du Groupe Total et dans la Seine en amont et aval de rejets du Groupe Total. Dans tous les cas d'exposition, l'encrassement des membranes des échantillonneurs passifs a été suivi en fonction du lieu, du temps d'immersion et du type de membrane. Concernant l'étude en rivières pilotes, la microscopie électronique à balayage (MEB) a clairement montré la présence d'un biofilm : bactéries, gangue polymérique et matériel détritique, sur les coupons quelque soit le lieu d'exposition, dès 8 jours, en canaux de référence (rivière) ou canaux tests ; 4 « groupes » de molécules ayant été définis : groupe 1 Hydrocarbure Aromatique Polycyclique (HAP) ; groupe 2 (Benzène B; Toluène T; Éthylbenzène E; Xylènes X) ; groupe 3 Métaux ; groupe 4 Alkylphénols et pesticides. La quantification de carbone total sur l'ensemble des membranes des échantillonneurs passifs a, quant à elle, permis de montrer que la matière organique recouvrait plus ou moins les surfaces en fonction de la nature des membranes (Nylon, Polycarbonate, Polydiméthylsiloxane...). Finalement, une étude préliminaire à l'aide de techniques de biologie moléculaire montre l'apparition de colonies spécifiques (dégradatrices de HAP) sur les membranes exposées dans le canal avec injection de HAP ; ces colonies présentes dans le biofilm à la surface des membranes pourraient avoir un impact non négligeable sur la réponse fournie par les échantillonneurs. L'interprétation des résultats est en cours avec l'ensemble des partenaires afin de mieux appréhender le rôle du biofilm sur les membranes des échantillonneurs passifs et sur l'accumulation de composés organiques et métalliques. Une recommandation concernant l'orientation des membranes devant les échantillonneurs est faite, la texturation et la porosité apparente étant différente sur les deux faces de certaines membranes engendrant une différence de colonisation bactérienne.



Images obtenues au MEB des deux faces vierges d'une membrane de Polyéthylène sulfonate avant colonisation – Texturation différente



Images obtenues au MEB des deux faces d'une membrane de Polyéthylène sulfonate après colonisation – Présence d'une abondante gangue polymérique sur l'une des deux faces – mêmes conditions d'exposition

Pour en savoir plus : <http://emestox.epoc.u-bordeaux1.fr/projet-anr-precodd-emestox.html>



## AMARIS - Analyse et Monitoring des Apports à RISques en environnement portuaire



Les ports maritimes, de plaisance ou de pêche reçoivent de nombreux contaminants d'origine métallique (étain, cuivre, zinc...) et organique (HAPs, pesticides...). Ceux-ci sont principalement issus des bassins versants, des industries à proximité, du développement urbain ou encore des usagers eux-mêmes. Actuellement la fréquence des analyses et du suivi des contaminants reste faible et soumise à la réglementation souvent appliquée à mauvais escient (fréquence et compartiment hydrologique, biologique non représentatifs des apports en polluants). Les gestionnaires portuaires sont préoccupés par leur responsabilité juridique et cherchent à mieux gérer la réduction des rejets.

C'est dans cette optique qu'a été mis en place le projet de recherche collaboratif AMARIS dont le but est d'aider à la décision grâce à un dispositif d'analyse *in situ* des contaminants apportés à l'environnement portuaire.

Le projet a été accepté par la Région Bretagne pour une durée de 24 mois et s'articule autour d'une collaboration entre la PME ACCOAST et Ifremer, incluant une sous-traitance de VEOLIA et une participation du SMEL (Syndicat Mixte pour l'Équipement du Littoral).

Les outils d'analyse choisis pour leur facilité d'utilisation sont : la technique DGT « Diffusive Gradient in Thin Film » pour les contaminants métalliques et la technique SBSE « Stir Bar Sorptive Extraction » pour les contaminants organiques. Deux sites pilotes ont été étudiés pour tester ces techniques : le port de pêche de Lorient-Keroman et le Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire.

RDT a pour mission de développer une instrumentation *in situ* polyvalente, adaptable aux contraintes du site (chenaux, bord à quai, canalisation, sortie d'exutoire...) et autonome, pouvant fonctionner seule sur plusieurs semaines. De plus cette instrumentation permettra une analyse dite "dynamique", pouvant déclencher un échantillonnage en fonction de paramètres prédéfinis et mesurés en temps réel ; ces paramètres (salinité, turbidité, autres ...) étant directement liés à un apport immédiat de contaminants à l'environnement portuaire.

### Résultats en 2012

Programme | **AMARIS**

Analyse et Monitoring des Apports à **RISques** en environnement portuaire

Programme de recherche collaboratif ACCOAST / IFREMER - 2012-2013

Le programme AMARIS vise à **développer un dispositif**, basé sur un équipement de mesure *in situ* et une méthodologie spécifique, permettant de **détecter** et de **suivre les flux contaminants à risques en environnement portuaire**, notamment pour les **substances dissoutes et particulaires** des effluents.

Le programme AMARIS est cofinancé par la Région Bretagne

La première année du projet a été consacrée à une étude exhaustive des solutions techniques à retenir et des méthodologies à adopter. Les choix importants qui ont été réalisés portent sur :

- Des analyseurs passifs (SBSE, DGT et filtration MES) de terrain non immergeables,
- Des systèmes en flux par une dérivation des circuits principaux d'effluents,
- Un laboratoire mobile intégré dans une remorque instrumentée automatisée

En Avril 2012, les partenaires du projet AMARIS, se sont retrouvés sur 2 exutoires pour évaluer les contraintes liées à la réalisation des essais *in situ* des échantillonneurs passifs (DGT et SBSE).

Les premiers résultats réalisés en Juin 2012 dans le bassin de Penhoet du Grand port Maritime Nantes Saint Nazaire ont montré la faisabilité d'utilisation des échantillonneurs passifs DGT et SBSE. Une seconde étude sur le port de Lorient au niveau du port de pêche et de l'aire de carénage a été initiée en Novembre 2012.



Pour en savoir plus : <http://www.accoast.fr/recherche-developpement/programme-amaris.html>

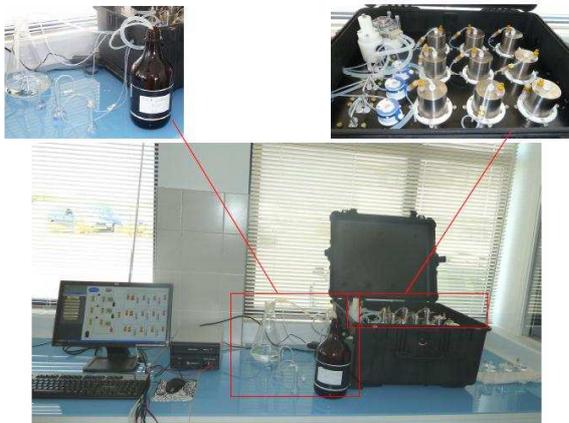
L'objectif de cette étude est le suivi des composés odorants (phénols) dans les eaux traitées, la détection des hormones de synthèse (bisphénol A) dans les eaux de distribution à l'aide d'une instrumentation automatisée et *in situ* basée sur la technique d'extraction SBSE. Cette étude est menée en collaboration avec le Cèdre et Véolia Eau Recherche et Innovation.

Les composés étant à l'état de traces, il est essentiel de vérifier la sensibilité de l'étape de prélèvement/extraction *in situ* afin de pouvoir quantifier avec précision et exactitude la concentration de ces contaminants. Ces tests ont été réalisés en partenariat avec le Cèdre.

## Résultats en 2012

L'étude de compatibilité chimique a validé les changements de matériaux pour la conception du prototype. Des procédures de décontamination et de simplification de protocole d'extraction ont été testées avec succès. Les limites de détection et de quantification restent légèrement supérieures, particulièrement pour le bisphénol A, comparativement aux techniques classiques.

Une déclaration d'invention : « Echantillonneur SBSE de terrain ou immergé avec dérivation *in situ* » a été soumise à la Direction de la Valorisation de l'Ifremer afin de déposer une étude de brevetabilité en partenariat avec le Cèdre et Veolia Eau Recherche et Innovation.



Composés	LQ classique (ng/L)	LQ prototype (ng/L)	NQE (ng/L)
phenol	0,41	1,11	
o-cresol	0,58	1,18	
m-cresol	0,56	1,16	
p-cresol	0,51	0,67	
2-chlorophenol	0,05	0,70	600
2,4-dimethylphenol	0,43	0,64	
2,4-dichlorophenol	0,23	0,38	600
4-chloro,3-methylphenol	0,29	1,05	
2,6-dichlorophenol	0,29	0,71	920
4-ter-butylphenol	0,19	0,95	
2,4,6-trichlorophenol	0,24	0,27	410
2,4,5-trichlorophenol	0,27	0,30	1000
2,3,4,6-tetrachlorophenol	0,38	0,45	
4-ter-octylphenol	0,11	0,53	
octylphenol	0,13	0,50	
pentachlorophenol	0,23	0,37	200
nonylphenol	0,05	0,95	

Prototype d'échantillonnage avec dérivation *in situ*, Limites de quantification (LQ) des phénols et alkylphénols pour la méthode classique et pour le prototype ainsi que les normes de qualité environnementales (NQE) (DCE/23 circulaire du 7 mai 2007)



# Mastodon un capteur de température fond de mer à bas coût

À la différence des températures de surface dont les évolutions spatio-temporelles sont suivies depuis plusieurs décennies grâce aux satellites, la température de fond de mer est mal connue dans les régions stratifiées, soit la quasi-totalité des zones côtières de la façade Atlantique et de la Méditerranée.

La complexité de déployer un système de mouillage en mer muni d'un capteur *in situ* a grandement limité les observations dans le temps.

C'est pourquoi, le laboratoire Dyneco-Physed s'est adressé à RDT pour développer un dispositif complet à faible coût incluant le mouillage et le capteur de température, afin de multiplier les sites d'observations.

Le dispositif satisfait les conditions suivantes : autonomie de plus de 6 mois, incertitude inférieure à 0,1°C, profondeur d'immersion de 10 à 150 m, coût total des différents éléments inférieurs à 300€. Le système développé est entièrement récupérable. Il peut être re-paramétré et remis à l'eau après changement du largueur et des piles.



## Résultats en 2012

En collaboration étroite avec Dyneco-Physed, les actions 2012 ont porté sur :

- le développement de la carte électronique en partenariat avec la société Aode,
- le test du système de largage sur date d'un flotteur pour la récupération du mouillage basé sur l'électrolyse d'un fil de métal,
- la définition et les tests en caisson hyperbare et / ou en bassin de tous les sous-ensembles mécaniques (éléments du commerce à faible coût),
- des essais de fonctionnement du système complet en bassin,
- le déploiement de l'ensemble mécanique complet devant la station Medon au large de Molène afin de vérifier la tenue à l'environnement marin.



Déploiement de Mastodon devant la station MeDON au large de Molène

Dans le cadre du réseau français de surveillance REPHY, l'Ifremer réalise un suivi des communautés phytoplanctoniques le long des côtes françaises depuis 1984. Cette série de données demande une mobilisation coûteuse en termes de temps et de personnel qualifié. Le projet FlowCAM/PhytoImage a pour objectif, à terme, la mise en œuvre opérationnelle d'analyses de la composition phytoplanctonique d'échantillons d'eau de mer grâce à une analyse automatisée, ou semi-automatisée, en utilisant un appareil de visualisation FlowCAM couplé à une version spécifique du logiciel PhytoImage, développé par l'Université de Mons en Belgique et l'Ifremer. Ce projet est piloté par le REPHY qui a retenu cette action dans les pistes d'optimisation du réseau en 2012. Les images issues de la numérisation d'échantillons avec l'appareil Flowcam commercial, principalement prélevés dans le bassin d'Arcachon de janvier 2010 à mars 2011, ont permis de constituer des banques d'images des particules du bassin d'Arcachon, principalement de la flore totale phytoplanctonique (matériel frais et fixé au Lugol) mais aussi d'autres catégories de particules non ciblées (zooplancton et particules inertes). Puis un set d'apprentissage remanié (comportant 44 catégories de particules dont 28 phytoplanctoniques) a permis de construire un outil de reconnaissance optimisé dont les performances atteignent un niveau de reconnaissance global de 72% pour l'ensemble des catégories du set.

## Résultats en 2012

Suite à l'évaluation technique du FlowCAM, une version rapide, permettant de réduire par 16 le temps d'analyse est en cours de développement et se poursuivra par une première évaluation en 2013. L'utilisation en mer par RDT et DYNECO lors de la campagne PELGAS devant la Gironde a permis de mieux appréhender les potentialités de la méthode et les limites techniques de l'appareil actuel.

Parallèlement à cela, un post-doctorant a été recruté au centre de Boulogne-sur-mer pour finaliser le couplage Flowcam/Phytoimage d'ici 2014.

Cette action est soutenue par l'ONEMA pour un projet de 3 ans.

# CHEMINI

## Une nouvelle génération d'analyseurs chimiques *in situ*

Les CHEMINIs sont des systèmes de mesures de la concentration de composés chimiques dans le milieu marin en surface (Chemini côtier) tout comme en profondeur (Chemini Grand fond). Les paramètres mesurables en surface sont les sels nutritifs : nitrates, silicates, phosphates, ammonium. Pour les grandes profondeurs, le Chemini peut analyser le fer micromolaire et nanomolaire, le sulfure total, le pH.

### Résultats en 2012

Une rencontre avec une société d'exploration pétrolière ainsi qu'une entreprise intéressée par la commercialisation de l'analyseur chimique *in situ* Chemini a été effectuée au siège de l'Ifremer en mars 2012. Elle répondait à l'étude de faisabilité de dosage automatique et *in situ* des ions sulfates dans l'eau de mer et a permis d'exposer les derniers résultats laboratoires très satisfaisants permettant un déploiement en conditions de qualification sur le site de Palavas les flots.

En Juin 2012, la maintenance annuelle de l'analyseur chimique *in situ* Chemini nitrate de l'Observatoire du Domaine Cotier (IUEM) a été réalisée.

Une licence d'industrialisation et de commercialisation de modules LED de fluorescence issu du savoir faire Ifremer (Convention Particulière N° 12/2 212 544 en application de l'Accord-Cadre N° 10/2 211 572,) a été signé entre Ifremer et AMS FRANCE ALLIANCE INSTRUMENTS en Septembre 2012.

Au mois de Novembre 2012, une première réunion a été menée avec une PME française en vue de la commercialisation du Chemini ammonium.

En Décembre 2012, une étude de brevetabilité préliminaire relative à l'invention : "Analyseur chimique *in situ*, (CHEMINI) pour le dosage des sulfates en eau de mer par injection en flux inversé et détection turbidimétrique" a été soumise au cabinet Novagraaf Technologies.



# VAIMOS

## Système autonome et mobile de mesures en mer

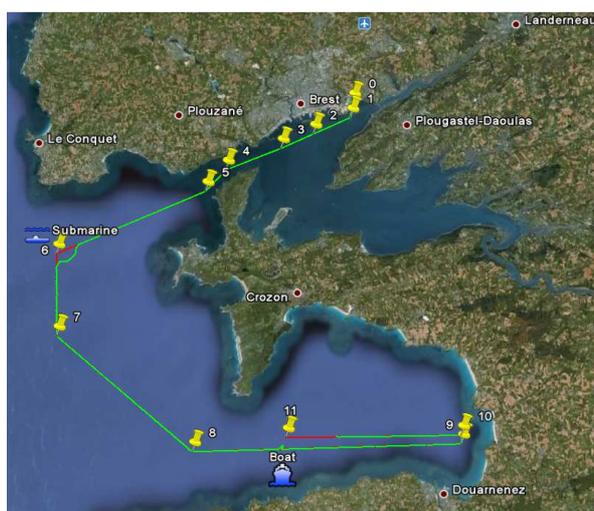


La mise en évidence à la surface de la couche de mélange des singularités dans les concentrations de traceurs biogéochimiques remet en cause l'hypothèse d'une couche mélangée homogène. Le degré d'ubiquité de ces singularités et leurs structures horizontales restent néanmoins largement inconnu du fait de l'absence d'outils susceptibles de mesurer les premiers centimètres de l'océan. De ce fait, un voilier autonome facilement déployable et capable de mesurer quasi-simultanément les premiers centimètres de l'océan et la colonne d'eau sous-jacente a été élaboré. Cet instrument, le VAIMOS, mesure de manière routinière et en continu la température et la salinité ainsi que des paramètres biogéochimiques tels que : chlorophylle a, pression partielle de CO<sub>2</sub>, nutriments et concentration d'oxygène dissous. Un premier prototype a été construit et a mis en évidence dès sa première sortie un gradient vertical de Chla qui ne se retrouve pas dans les mesures de températures. Ces résultats préliminaires sont prometteurs et la communauté des océanographes qui pressent des utilisations alternatives à VAIMOS commence à s'y intéresser.

Le projet VAIMOS a donné lieu à une collaboration forte entre les ingénieurs, techniciens, scientifiques et enseignants de RDT, du Laboratoire de Physique des Océans (UMR 6523, Ifremer/CNRS/UBO/IRD) et l'Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées de Bretagne.

Le projet VAIMOS a le mérite d'intégrer dès la conception un aspect instrumental performant avec des mesures océanographiques de surface.

### Résultats en 2012



Afin de démontrer la robustesse des algorithmes de pilotage et la fiabilité du drone voilier, VAIMOS devait réaliser le trajet port du Moulin Blanc à Douarnenez, aller et retour, début Janvier 2012. Suite à un problème sur le bateau accompagnateur la mission a dû être écourtée.

La barre des 100 km a été franchie pour la première fois par un voilier robot en complète autonomie. Des mesures ont été collectées par VAIMOS tout au long de la mission.

Suite aux bons résultats d'essais, VAIMOS a participé à la mission STRASS en Août 2012. Il a été déployé à six reprises par le NH Thalassa. Durant sa mission la plus longue (73h) il a parcouru 262 milles et totalise plus de 500 milles parcourus en complète autonomie. La sonde multiparamètres nke embarquée a enregistré en continu les données physico-chimiques de la masse d'eau en sub-surface. Son très faible coût et sa très grande autonomie, grâce à sa propulsion vélique, en font un formidable vecteur de mesure.

# Dymaphy (Développement d'un système d'observation DYnamique pour la détermination de la qualité des eaux MARines, basé sur l'analyse du PHYtoplankton)

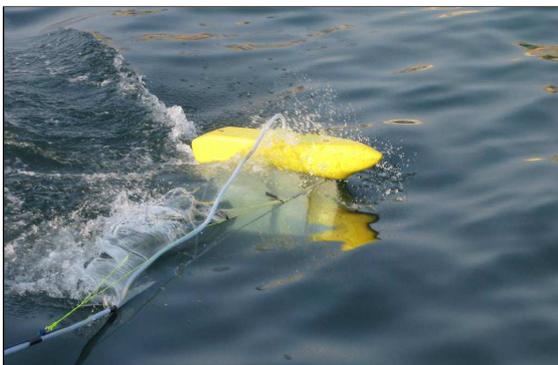
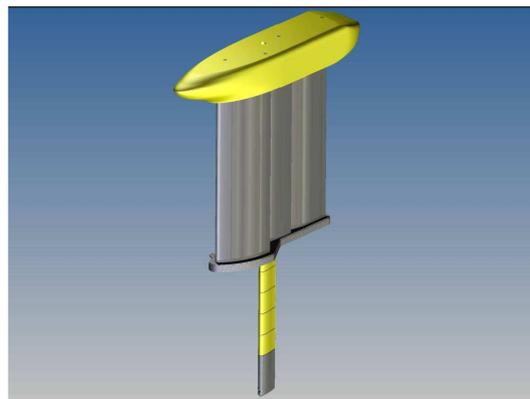


L'objectif de projet intitulé DYMAPHY est de mettre en place un dispositif efficace pour la détermination et le suivi à haute résolution de l'état écologique des eaux marines, à travers le suivi de la dynamique phytoplanctonique couplé au suivi des paramètres physico-chimiques à haute résolution spatiale et temporelle (mesures type FerryBox), qui seront menées conjointement sur plusieurs sites marins côtiers et du large.

Ce projet a été sélectionné dans le cadre du programme européen de coopération transfrontalière INTERREG IV A « 2 Mers-Seas-Zeeën ». Les partenaires sont l'université Littoral-Côte d'Opale, l'Université Lille 1, le CNRS, The Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science et The Rijkswaterstaat : Agence du Ministère des Infrastructures et de l'Environnement aux Pays-Bas et le LER/Ifremer, Boulogne sur Mer. Le LER/Ifremer de Boulogne s'est adressé à RDT pour le développement de ce dispositif.

## Résultats en 2012

Un préleveur d'eau de sub-surface a été développé de manière à analyser en continu des échantillons non perturbés par le passage du navire. Ce dispositif est basé sur l'utilisation d'un panneau divergent de surface muni d'un ombilical permettant de pomper de l'eau à 1,5m sous la surface jusqu'à une vitesse de 4 à 5 nœuds. Des essais en bassin et en mer ont permis de valider le bon fonctionnement de ce dispositif en vue d'une utilisation généralisée pour la réalisation de radiales.



Essais du préleveur de sub surface en mer



Essais du préleveur de sub surface en bassin

# SAMHYN : Développement d'un système automatisé d'acquisition de données hydrobiologiques pour l'élevage du naissain d'huître plate en milieu contrôlé

L'objectif global de ce projet est de se doter d'outils d'acquisition de données et de contrôle permettant une gestion optimisée des élevages (généteurs, phytoplancton, larves, alvins) et une diminution des coûts de fonctionnement de l'écloserie d'Argenton par l'automatisation de certains procédés. Ces outils participent au montage des éclosiers de mollusques dites de "nouvelle génération" et constituent un important saut technologique.

Les outils pour généteurs (MAREL SAPHYRE) et pour larves (MAREL SILO) sont opérationnels. Le besoin d'automatiser l'acquisition des données et de contrôler les élevages d'alvins de mollusques marins (huîtres, coquilles Saint-Jacques) a également été exprimé. C'est à ce besoin que nous avons répondu dans cette étude.

## Résultats en 2012

Le faible renouvellement d'eau des enceintes d'élevage des alvins nous impose d'amener les capteurs vers les lieux de mesures (de bac en bac) avec un système de convoyage 3 axes. Les mesures étant effectuées par le même jeu de capteurs dans tous les bacs, on s'affranchit des écarts de mesures entre des capteurs multiples tout en réduisant les coûts de fonctionnement. Les paramètres mesurés sont la température, la conductivité, l'oxygène dissous, la turbidité et la fluorescence de l'eau de mer. Une sonde multi-paramètres de type MP6 de chez Nke a été retenue pour ce projet.

Les mesures sont réalisées sur 25 bacs d'expérimentation, séquentiellement et avec une fréquence de passage la plus élevée possible. Un bac fait office de référence et deux autres sont utilisés pour le nettoyage et la protection de la sonde multi-paramètres contre les salissures marines. Les mesures sont réalisées en continu durant des périodes d'expérimentation qui vont de quelques semaines à 3 mois. Les données sont stockées sur le serveur « marelargenton » au centre Ifremer de Brest suivant le même principe que les stations SAPHYRE et SILO. Une interface graphique permet de visualiser les données et permet des extractions au format texte.

RDT a suivi l'ensemble du développement et réalisé le logiciel de commande du dispositif. Le système de convoyage et de l'automate de commande ont été sous-traités à la société AB Process à Landivisiau. Cette société est spécialisée dans la conception de systèmes de convoyage et de manutention dans différents domaines industriels notamment l'agroalimentaire. La solution retenue est articulée autour d'un système de convoyage à 3 axes pour acheminer la sonde multi-paramètres dans 28 bacs. Un automate programmable Modicon M340 associé à un pupitre de dialogue Magelis XBTGT 5230 fabriqués par Schneider Electric commande l'ensemble du dispositif.

Après une phase de mise au point et de recette, le dispositif sera implanté à Argenton début 2013.



La spectrométrie Raman est une technique souvent utilisée en laboratoire, en minéralogie ; elle nécessite de très faibles quantités de matériaux à analyser et elle est non destructive. Cette technique permet également d'être couplée à un microscope afin d'effectuer des analyses à l'échelle du micron mais également de réaliser des analyses à distance par l'usage de fibres optiques. L'analyse des spectres de diffusion Raman est efficace pour l'identification de nombreux minéraux. Le spectre est en effet une empreinte vibrationnelle qui permet de façon rapide son identification au niveau moléculaire et même parfois au niveau cristallin.

Depuis plusieurs années, dans le cadre des projets européens SOFIE, MISPEC et HERMES, RDT a développé un système expérimental de spectroscopie Raman *in situ*.

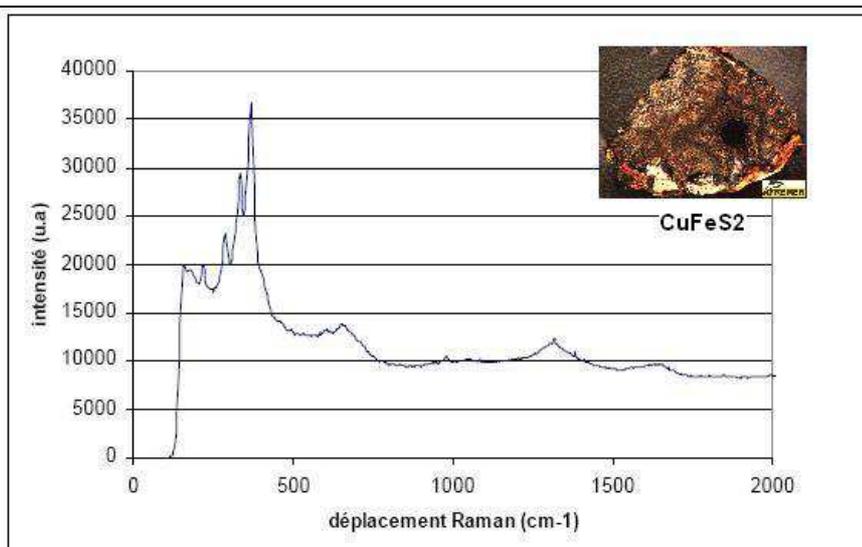
RAMSES, spectromètre axial marinisé né de la collaboration avec Jobin Yvon Horiba SAS.

Une fois intégrée sur le ROV, la technique pourra être utilisée principalement pour deux types d'applications marines :

1. l'analyse des hydrates de gaz ;
2. l'identification de minéraux pour des études géochimiques.

### Résultats en 2012

Après l'étude d'intégration réalisée en 2011, les points technologiques clés ont été identifiés : matériel optique, protocoles de communication fond - surface, manœuvrabilité, encombrement. Tous ces points satisfont les contraintes des applications sous-marines. En prévision de la campagne de validation prévue en 2013, différents essais de qualification ont eu lieu avec succès. Ces travaux permettront l'accès à des données de spectroscopie Raman sur des solides en milieu sous-marin. Manipulé par un véhicule sous-marin, l'instrument sera capable d'identifier des solides minéraux ou organiques au fond des océans, jusqu'à 4800m de profondeur.



Spectre d'un échantillon de chalcopirite présentée en encart



Spectromètre lors des tests en caissons hyperbare



# Développement de techniques d'exaltation du signal Raman-SERS (Surface Enhanced Raman Scattering) (Ressourcement Carnot)



L'analyse des composés dissous et, *a fortiori*, des éléments traces en milieu marin nécessite une amplification du signal Raman. RDT a coordonné le projet ANR-07-P2IC-Discomar ((Détection *in situ* de composés organiques en milieu marin, décembre 2007- mars 2011) dont l'objectif était de concevoir des substrats SERS (Surface Enhanced Raman Spectroscopy) pour la détection *in situ* de composés organiques traces tels que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) en milieu marin<sup>4</sup>. Ce projet ANR a été mené en collaboration avec le Laboratoire de Nanotechnologie et d'Instrumentation Optique de l'Université de Technologie de Troyes qui maîtrise la réalisation de nanostructures métalliques exaltantes.

Dans le but de rendre sélectifs des capteurs SERS, des anticorps sont employés. La reconnaissance immunologique anticorps - antigènes est en effet très sélective.

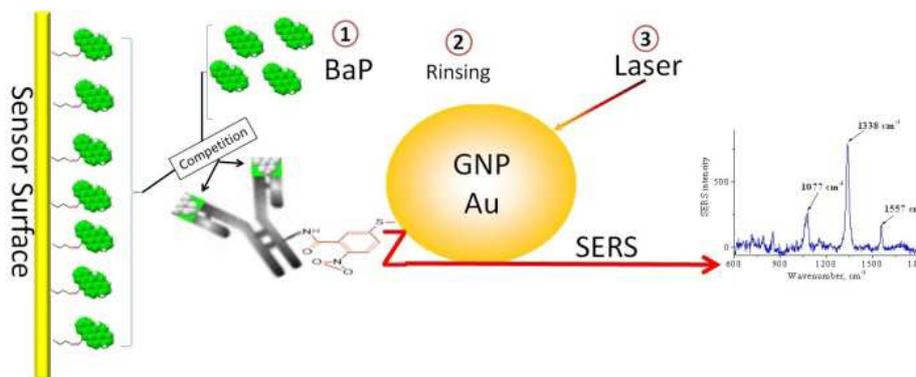
## Résultats en 2012

Afin d'améliorer la sélectivité d'un capteur, et donc sa sensibilité vis à vis des molécules ciblées individuellement, un dispositif de reconnaissance spécifique est nécessaire. Ce criblage spécifique peut être obtenu via l'utilisation d'anticorps spécifiques, protéines complexes utilisées par le système immunitaire pour détecter et neutraliser les antigènes de manière spécifique. Afin d'obtenir une détection sélective et sensible lors d'analyses *in situ*, il est nécessaire :

- de contrôler au mieux la réponse et la reproductibilité du capteur en maîtrisant l'effet SERS,
- de pré-concentrer les analytes par le biais d'anticorps en fonctionnalisant la surface du capteur,
- et d'intégrer le capteur SERS obtenu à la cellule d'analyse du spectromètre Raman marinisé.

A l'issue du travail expérimental, les protocoles de synthèse des sondes immunologiques visant des hydrocarbures polycycliques ont été établis, testés puis validés<sup>5</sup>. Suite aux analyses menées en laboratoire, la limite de détection du benzo[a]pyrène est portée à 0,5 ppb.

Concernant l'intégration du capteur pour des analyses *in situ*, un dossier technique a été rédigé. Ce dernier comporte les informations techniques permettant d'améliorer significativement les performances analytiques du spectromètre *in situ*.



Synoptique de la détection, de la surface du capteur au spectre caractéristique du polluant (benzo[a]pyrène)

<sup>4</sup> Quantitative SERS sensors for environmental analysis of naphthalene. Péron Olivier, Rinnert Emmanuel, Toury Timothée, Lamy de La Chapelle Marc, Compère Chantal (2011). *Analyst*, 136(5), 1018-1022.

<sup>5</sup> Dribek Mohamed, Rinnert Emmanuel, Colas Florent, Crassous Marie-Pierre, Compère Chantal (2012). Organometallic nanoprobe to enhance optical response on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) immunoassay using SERS technology. *Colloids and Nanomedicine* 2012, 15-17 July, Amsterdam, The Netherlands.

# Développement de techniques d'exaltation du signal Infrarouge-SEIRA (Spectroscopie Infrarouge exaltée de surface)



Depuis ces dernières années, la spectroscopie infrarouge suscite un intérêt croissant. En effet, avec l'amélioration des technologies infrarouges (laser à cascade quantique, spectromètre IR à onde contra-propagative...), il est maintenant possible d'envisager à moyen terme le développement de spectromètre IR *in situ*. Les systèmes fonctionnant en mode ATR (Attenuated Total Reflection) ont ouvert la voie à l'analyse directe de molécules en solution et ont considérablement réduit la limite de détection des molécules organiques en phase aqueuse. Et des améliorations de sensibilité des techniques de spectroscopie IR sont attendues des techniques d'exaltation de l'absorption IR des molécules au voisinage d'une couche métallique de surface comme c'est le cas pour le Raman. L'effet SEIRA a été observé pour l'analyse de différents composés organiques avec des facteurs d'amplification variant de  $10$  à  $10^3$ .

En collaboration avec l'équipe Verres et Céramiques (EVC) et l'équipe de Chimie du Solide et Matériaux (CSM) de l'Université de Rennes 1, avec l'unité Chimie, Structure et Propriétés de Biomatériaux et d'Agents Thérapeutiques (CSPBAT) de l'Université Paris 13 et le Laboratoire Nanotechnologie et Instrumentation Optique (LNIO) de l'Université Technologique de Troyes, RDT développe des substrats exaltants la signature IR des molécules organiques. L'objectif à terme est d'améliorer les techniques de détection IR grâce à des composants optiques intégrés en verre de chalcogénure compatibles avec l'instrumentation marine. L'utilisation de verres de chalcogénure permettra d'envisager différentes solutions originales pour le guidage de la lumière et la réalisation de la sonde SEIRA : plateau ATR, fibres optiques ou guide d'onde planaire. La réalisation de tels systèmes ainsi que leur application à la détection de polluants est totalement originale.

## Résultats en 2012

Frédéric Verger a soutenu sa thèse « Spectroscopie Infra-F détection de composés organiques dissous en milieu marin : accepté<sup>6</sup> ».

Ces travaux ont abouti au développement de substrats SEIRA sur des verres de chalcogénure  $As_2S_3$ . Deux voies de synthèse ont été explorées. Des films d'or rugueux formés de nanoparticules en forme d'îlots ont été déposés par pulvérisation cathodique en courant continu. Parallèlement, la lithographie par faisceau électronique a permis d'obtenir des nanoantennes d'or. Des facteurs d'exaltation de l'ordre de 100 avec les films d'or pulvérisés et de l'ordre de  $10^6$  avec les nanoantennes d'or ont alors pu être obtenus, démontrant le fort potentiel de la plasmonique pour le développement de capteur IR.

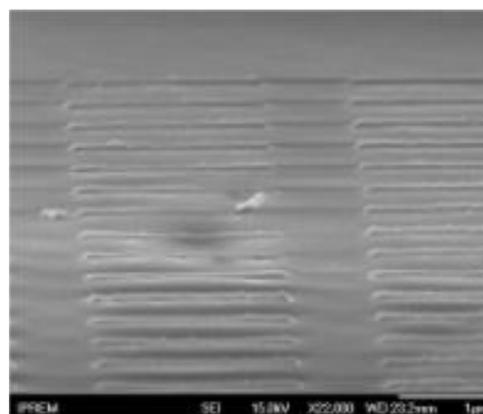


Image MEB des nanofils d'or sur  $As_2S_3$

Ces travaux ont pu se prolonger durant l'année 2012 d'une part grâce à la mise en place d'une collaboration entre l'Université de Rennes, l'Ifremer et l'Université de Pardubice en République Tchèque. Dans le cadre de cette collaboration, l'effet SEIRA est obtenu grâce à des particules d'or colloïdal qui sont fonctionnalisées par la suite. D'autre part, une thèse tri-partite "CAPMIR, Micro-capteurs optiques fonctionnant dans l'infrarouge pour la détection de polluants émergents en eaux souterraines ou de mer " Université et inter-Carnot a débuté en septembre entre l'Université de Rennes 1, le BRGM et l'Ifremer. Il s'agit de développer des micro-capteurs optiques fonctionnant dans l'infrarouge pour la détection de polluants émergents en eaux souterraines ou de mer.

<sup>6</sup> Verger F., Pain T., Nazabal V., Boussard-Pledel C., Bureau B., Colas F., Rinnert E., Boukerma K., Compère C., Guilloux-Viry M., Deputier S., Perrin A., Guin J. P. (2012). Surface enhanced infrared absorption (SEIRA) spectroscopy using gold nanoparticles on  $As_2S_3$  glass. *Sensors And Actuators B-chemical*, 175, 142-148.

# ANR REMANTAS : Raman Exalté pour Milieux Aquatiques : une Nouvelle Technologie d'Analyse sur Site



L'approche classiquement utilisée pour la mesure des contaminants repose sur le prélèvement ponctuel d'un échantillon suivi d'une analyse en laboratoire. Cette approche reste insatisfaisante pour diverses raisons : coût, moyens humains, contaminations, spéciations faussées par CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> atmosphériques, volume important à prélever.

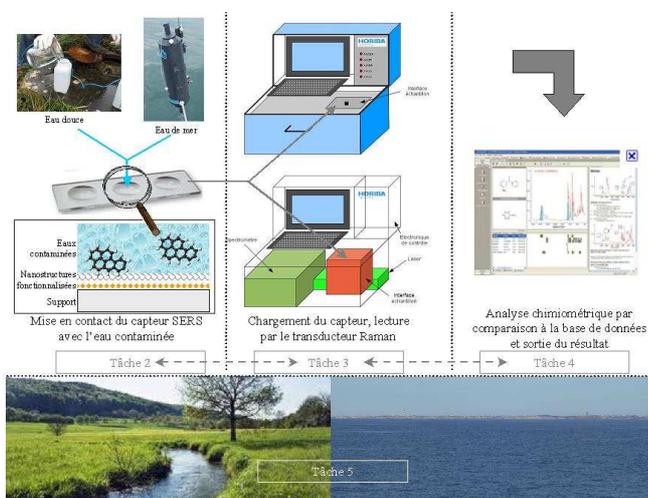


Schéma de synthèse du développement de la méthode d'analyse sur site

Ce projet<sup>7</sup> propose de répondre à cette problématique de métrologie de l'environnement par le développement d'une chaîne de mesure de terrain originale pour la détection de contaminants organiques en milieux aquatiques et son déploiement lors de campagnes de validation. Les substances ciblées, 3 HAP (naphtalène, fluoranthène et benzo[a]pyrène), 3 solvants chlorés (chloroéthylène, trichlorométhane et 1,2 dichloroéthane) et 4 BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylène), figurent sur la liste prioritaire de la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE et/ou sur la liste des 100 substances chimiques les plus transportées par voie maritime.

L'innovation repose sur le couplage d'un capteur (bio)chimique permettant la préconcentration des contaminants sélectionnés dans les eaux à la spectroscopie Raman exaltée de surface (SERS). L'outil analytique intégrera le capteur SERS, le transducteur qui détectera et quantifiera les substances organiques présentes par spectroscopie Raman, un système d'analyse et d'interprétation chimométrique des données et un système d'archivage des résultats. Le déploiement du système sur des sites d'intérêt permettra d'évaluer la robustesse et le coût de l'outil analytique développé par rapport aux méthodes de référence.

L'outil analytique développé permettra une meilleure estimation des variabilités spatiales et temporelles des contaminants dans les eaux. A terme, il pourra aider à la décision les pouvoirs publics dont la réactivité est de première importance lors de pollutions accidentelles.

## Résultats en 2012

Lors de la première année du projet, la coordination a été mise en place (négociations avec le financeur, lancement, accord de consortium, ...). Le cahier des charges du système instrumental de terrain a été établi en concertation avec les acteurs de la métrologie environnementale du projet. La réalisation de capteurs SERS a débuté aussi bien sur l'exaltation du signal que sur la préconcentration des espèces chimiques. Différentes structures exaltantes optimales ont été identifiées. La préconcentration par voie chimique est prometteuse par l'utilisation de cyclodextrines, molécules qui sélectionnent par effet de taille les contaminants.

<sup>7</sup> Rinnert E., Berho C., Le Floch S., Vergnole S., Lamy De La Chapelle M., Tourny T. (2012). REMANTAS - Raman Exalté pour Milieux Aquatiques : une Nouvelle Technologie d'Analyse sur Site - ECOTECH 2011. Journées Ecotechnologies du 6 au 8 novembre 2012 à Montpellier

## Biocapteurs *in situ* de détection d'organismes pathogènes

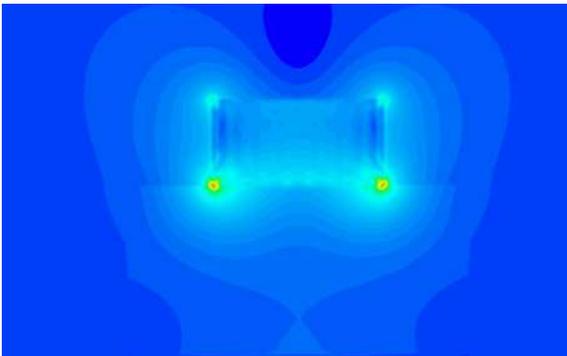
RDT travaille depuis plusieurs années au développement de biocapteurs<sup>8,9</sup> *in situ* de détection d'organismes pathogènes en milieu marin et s'est focalisé dans un premier temps sur la détection de micro-algues toxiques et de leurs toxines à l'aide de techniques optiques de résonance plasmonique de surface (SPR) associées à des techniques d'immunologie.

### Résultats en 2012

L'amélioration du biocapteur SPR à acide domoïque s'est poursuivie par deux approches. La première a consisté à optimiser les différents paramètres du protocole de dosage automatique à l'aide du module hydraulique de l'analyseur CHEMINI. La seconde a reposé sur l'utilisation d'anticorps greffés sur des nanoparticules d'or.



Biocapteur SPR à acide domoïque dans le bain thermostaté du laboratoire de métrologie



Champ proche optique d'un nanocylindre sur support de verre

Parallèlement à cela, une thèse concernant l'étude du couplage LSPR (Localized Surface Plasmon Resonance) et SERS (Surface Enhanced Raman Scattering) a démarré. Ces travaux serviront de base au développement d'un biocapteur à acide domoïque. L'objectif est de pouvoir encore améliorer la sensibilité par une optimisation de la nanostructuration mais également de rendre le système plus spécifique grâce à l'apport de la spectroscopie Raman.

<sup>8</sup> Lazerges M., Perrot H., Rabehagaso N., Compere C. (2012). Thiol- and Biotin-Labeled Probes for Oligonucleotide Quartz Crystal Microbalance Biosensors of Microalga *Alexandrium Minutum*. *Biosensors*, 2(3), 245-254

<sup>9</sup> Vedrine C., Lazerges M., Perrot H., Compere C., Pernelle C. (2012). Strategy to design DNA-biosensors: Single-stranded probe grafting versus target-probe duplex grafting. *Sensors And Actuators B-chemical*, 171, 719-725.

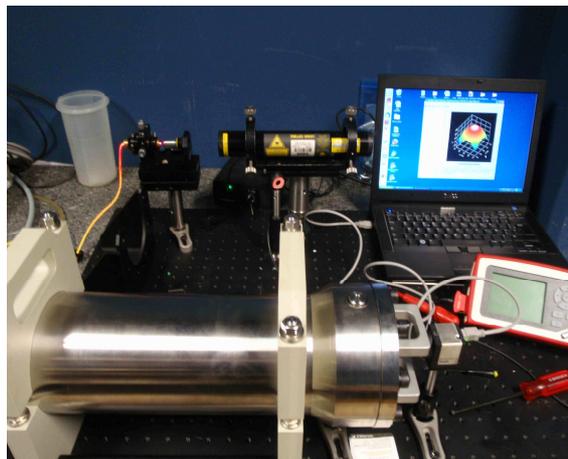
## Capteurs optique en équipression (Ressourcement Carnot)

Généralement, la marinisation d'un système optique requiert l'ajout d'un hublot dont l'épaisseur est calculée en fonction de la pression d'utilisation. Toutefois, l'introduction d'un hublot épais peut s'avérer dramatique pour les performances du système (ajout d'aberrations, réduction de l'ouverture numérique, ...). En outre, les contraintes mécaniques modifient les propriétés géométriques et optiques ce qui entraîne des changements des performances du système (biais de mesure pour un capteur, diminution de la résolution pour un système imageur ...).

Pour répondre à cette problématique, il faut pouvoir dé-corréler la fonction mécanique du hublot de sa fonction optique. Pour cela une solution proposée réside dans le développement d'optiques équi-pression.

### Résultats en 2012

Un banc de qualification des optiques équi-pression en eau de mer a été développé. Il permet, à l'aide d'un analyseur de faisceau de type Shack-Hartmann d'analyser les aberrations des optiques plongées dans l'eau de mer à une pression hydrostatique variable jusqu'à 100 bars. Un doublet achromatique a été réalisé et qualifié pour un fonctionnement en eau de mer.



Banc de qualification

## Capteurs de méthane MESSEA (Ressourcement Carnot)

La mesure du méthane constitue un enjeu majeur pour la communauté scientifique (repérage des sources hydrothermales, cycle du carbone, réchauffement climatique, compréhension du fonctionnement des écosystèmes marins) mais aussi pour l'industrie pétrolière tant en ce qui concerne la phase d'exploration et de configuration de l'exploitation (notamment pour évaluer les géohazards) que pour le monitoring de la production et du contrôle de la réinjection dans des réservoirs.

Ce projet porté par le Laboratoire de Géochimie et de Métallogénie de l'Unité Géosciences Marines concerne le développement d'une maquette opérationnelle d'un capteur pour la mesure *in situ* du méthane en milieu marin et l'évaluation de cet instrument intégré à une bathysonde en situation environnementale simulée et essais en mer.

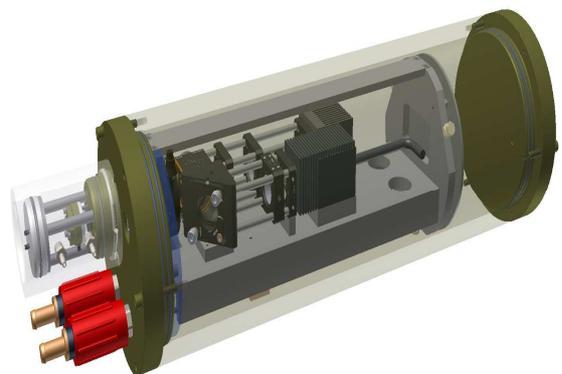
Le principe de mesure sur lequel repose le développement proposé fait l'objet d'une étude de brevetabilité. Toutefois, grâce à sa conception originale, il se distingue fondamentalement de toutes les approches proposées jusqu'à présent. Parmi ses atouts, on peut supposer une robustesse très importante sinon totale en regard des variations des paramètres environnementaux (pression, température, concentration en oxygène dissous,...).

Dans le cadre de ce développement, l'unité RDT est chargée de la conception et de la réalisation des éléments optiques et mécaniques.

### Résultats en 2012

Le cahier des charges du module de détection optique a été réalisé en intégrant les contraintes d'utilisation ainsi que les attendues analytiques. Les composants ont été identifiés puis approvisionnés. L'assemblage de la chaîne optique a enfin été réalisé en fin d'année.

L'interface optique entre le détecteur et le milieu extérieur est constituée par un hublot. Plusieurs matériaux ont été identifiés en fonction de leurs caractéristiques optiques adaptées au domaine de l'infrarouge : fluorine, saphire et silice fondue. Le programme de tests en caisson hyperbare a été établi et les matériaux ont été approvisionnés en diverses dimensions.



Vue d'ensemble du capteur de méthane avec, en transparence, le montage optique

Les interfaces mécaniques de test ont été conçues et réalisées. La résistance mécanique des matériaux en fonction de leurs épaisseurs, de leur nature et en cyclage sera ainsi testée en 2013.

Ensuite, le système de fluidique repose sur la partie hydraulique de l'analyseur chimique *in situ* Chemini grand fond. Ce matériel sera mis à disposition pour les expérimentations. Les quelques adaptations ont été identifiées.

Enfin, l'étude d'intégration du système de détection de méthane a débuté en considérant la bathysonde GM comme vecteur de déploiement.

## Protection capteurs optiques par procédé $\text{SnO}_2$ (Ressourcement Carnot)

Les systèmes d'observation et capteurs optiques : sont sujets au développement de salissures marines lors d'une immersion en eau de mer.

L'objet de l'étude consiste à évaluer le vieillissement d'un revêtement conducteur déposé par vaporisation sur des hublots. Ce revêtement conducteur est utilisé en tant qu'électrode afin de générer de l'acide hypochlorique par électrolyse de l'eau de mer sur la surface du hublot, cela pour éviter la colonisation de ce dernier par les biosalissures marines.

Afin d'utiliser ce procédé de protection sur des instruments océanographiques optiques, il est nécessaire de connaître la longévité du revêtement en eau de mer.

RDT est associé au laboratoire CNRS LISE (Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimique) de l'Université Pierre et Marie Curie à Jussieu.



Vue d'ensemble des systèmes de tests de protection des hublots

### Résultats en 2012

Pendant l'année 2012, douze hublots ont été testés sous polarisation en eau de mer naturelle. Parmi ces hublots, huit ont été soumis pendant cette période à des analyses d'épaisseur et de comportement électrochimique en milieu  $\text{NaCl}$  0,5M. Après un an d'utilisation, l'épaisseur des couches de  $\text{SnO}_2$  sur les 8 hublots testés à Ifremer n'a pas varié et leur réponse électrochimique en milieu  $\text{NaCl}$  0,5M est correcte (mesures effectuées par le LISE CNRS-UPR15). Les 12 hublots testés en eau de mer naturelle dans le bac de test Ifremer ne montrent aucun dépôt de biosalissures alors que les parois du bac de test, en PVC, sont recouvertes d'un dépôt organique.

Les bons résultats obtenus quant à la tenue du revêtement  $\text{SnO}_2$  lors d'une utilisation en eau de mer naturelle, avec une reproductibilité de 100% des hublots testés, sont très encourageants pour appliquer son utilisation sur des instruments commerciaux.

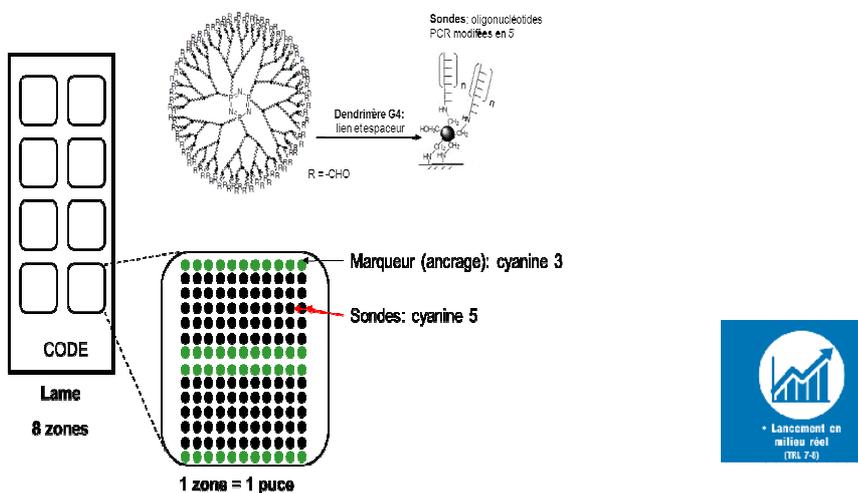
Cette année 2012 a permis de passer d'un niveau de démonstration de la méthode de protection (TRL4) à un niveau de qualification et validation du procédé (TRL6) et d'envisager un usage opérationnel et/ou industriel.

En 2013, il est envisagé de continuer les tests afin d'atteindre une durée d'utilisation de 3 ans, durée communément acceptée par la plupart des fabricants de capteurs. En parallèle, d'autres tests *in situ* pour valider l'efficacité de protection doivent être entrepris dans le cadre de projets européens et/ou dans le cadre de partenariat avec les fabricants de capteurs. Cette action permettra, en plus, de valider le bon fonctionnement des hublots traités dans le cadre de capteurs optiques différents.

Le projet ANR Systerra « Comanche » a pour objectif principal d'identifier les caractéristiques et la structure des populations de *Pecten maximus* exploitées en Manche. Depuis quelques années, la pêcherie de coquille St Jacques a été très perturbée en raison de réguliers épisodes phycotoxiques, notamment liés aux efflorescences de *Pseudo-nitzschia*, entraînant des retards dans les dates d'ouverture de pêche ou même sa fermeture complète fin 2011. L'identification exacte des espèces appartenant au genre *Pseudo-nitzschia* est primordiale pour comprendre la dynamique des blooms et des épisodes toxiques ASP. Sur la trentaine d'espèces de *Pseudo-nitzschia* connues, seules onze espèces sont capables de produire de l'acide domoïque.

## Résultats en 2012

Une biopuce dédiée à l'identification des principales diatomées et dinoflagellés toxiques est en cours de développement à RDT. Les sondes ont été établies grâce à la plateforme bioinformatique « ARB », selon un plan hiérarchique des différents taxons et ensuite testées *in silico* avant d'être greffées sur des dendrilames (collaboration V. Le Berre-Anton, plateforme Génopole Toulouse). La spécificité et la sensibilité de ces biopuces ont été testées à partir d'une collection d'ADN de microalgues provenant de différentes origines géographiques, de diverses cultures de phytoplancton, d'échantillons d'eau de mer enrichies par ces cultures et de prélèvements d'eau de mer de baie de Seine et de Concarneau (Collaboration avec les laboratoires LER). Des clefs d'identification par la biopuce des espèces de *Pseudo-Nitzschia*, d'*Alexandrium*, de *Karenia*, etc. ont été ainsi établies et permettent d'identifier avec certitude la présence de ces microalgues au sein des échantillons d'eau de mer.



Représentation d'une lame avec zoom sur une puce et d'un dendrimère de 4ème génération et son rôle sur la « dendrilame » (Brevet Dendris)

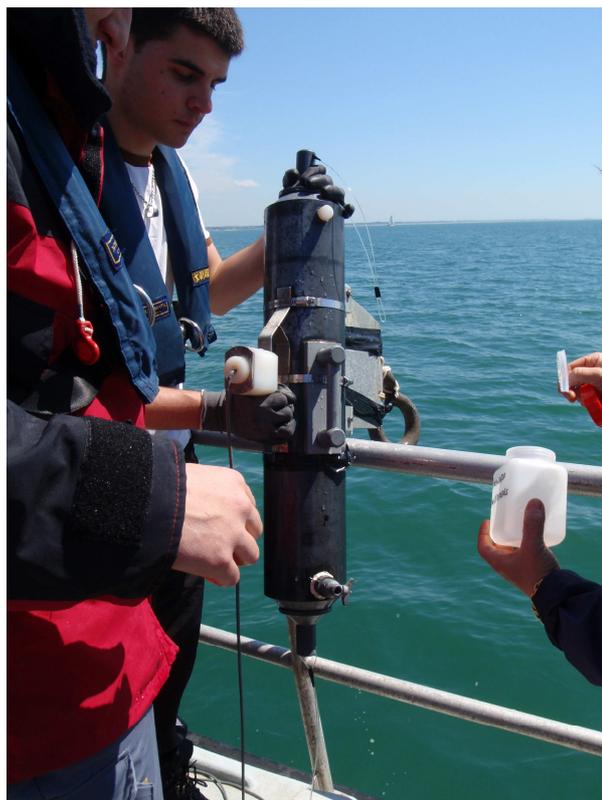
Pour en savoir plus : <http://wwz.ifremer.fr/defimanche/Projets/En-cours/COMANCHE>

## Développement d'une méthode d'identification rapide des espèces de *Pseudo-nitzschia* par PCR

Une méthode d'identification rapide et peu coûteuse par PCR (Polymerase Chain Reaction) a été mise au point pour détecter la présence de *P. australis*, *P. fraudulenta*, *P. pungens*, *P. multiseriata*, *P. delicatissima* et *P. seriata* dans des échantillons environnementaux.

### Résultats en 2012

Cette technique a été validée sur les échantillons de la campagne « Dynapse » (Collaboration avec le laboratoire Dyneco-Pelagos). Des minibanques de clones ont été réalisées sur certains prélèvements et ont ainsi permis de confirmer la spécificité et la sensibilité de cette PCR pour des échantillons complexes.



Prélèvements d'eau de mer pour l'échantillonnage de phytoplancton lors de la campagne Dynapse (Collaboration avec le laboratoire Dyneco-Pelagos et le LER de Concarneau)



Une méthode d'hybridation fluorescente *in situ* (FISH) sur filtre pour la détection de *P. australis*, *P. pungens*, *P. multiseriata*, *P. delicatissima*, a été mise au point et multiplexée<sup>10</sup>.

## Résultats en 2012

La méthode est utilisée pour un suivi des espèces de *Pseudo-Nitzschia* en baie de Vilaine afin de caractériser la biodiversité de ce genre et comprendre la phénologie des espèces présentes sur ce site (Collaboration avec Dyneco/Pelagos et l'université de Caen, J. Fauchot, Projet Comanche).

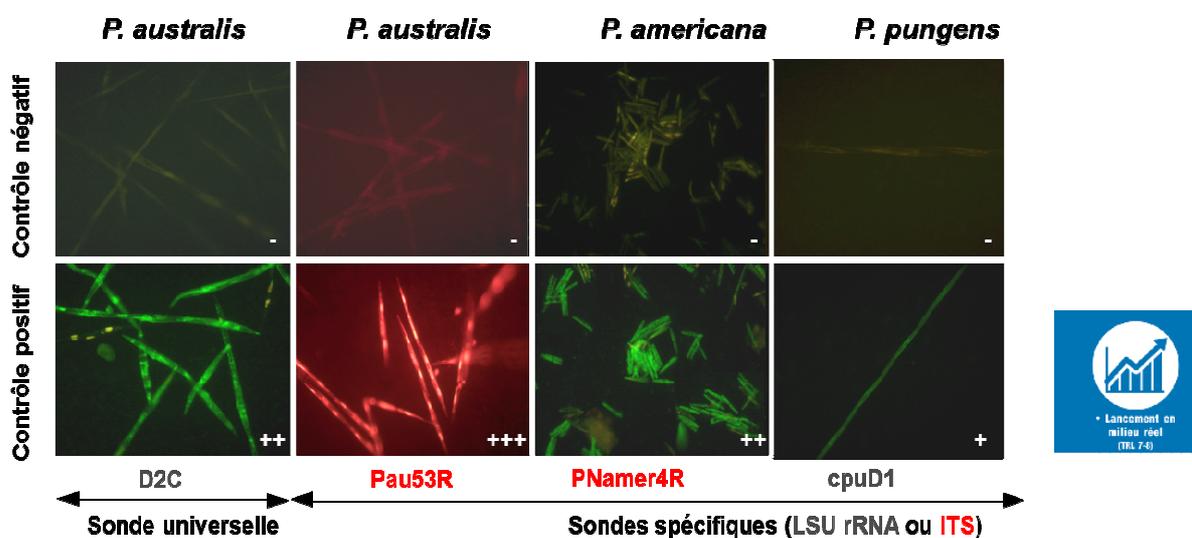


Illustration de la technique FISH sur certaines espèces de *Pseudo-Nitzschia*.

<sup>10</sup>Siano R, Dreanno C, Quere J, Le Roy V, Ducasse E, Nezan E, Youenou A, Devez A, Delmas D (2012), Spatio-temporal dynamics of toxic *Pseudo-nitzschia* species in Brittany (France). Conference on Harmful Algae, 28/10 au 2/011/12, Changwon, Corée.



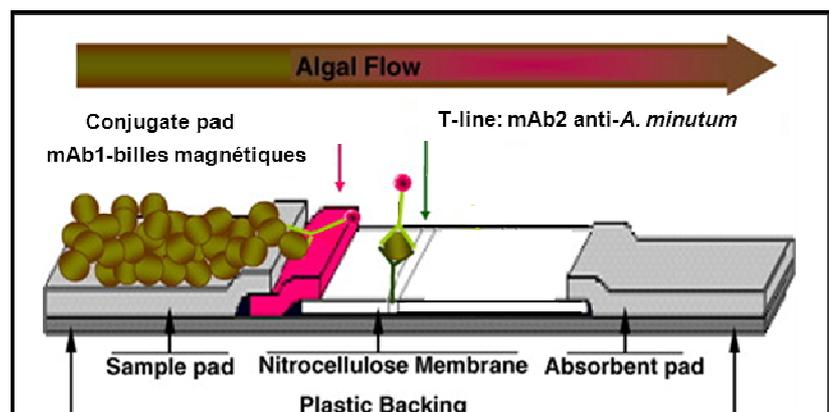
## Adequat : Bandelettes immunologiques de détection d'algues toxiques (Ressourcement Carnot)

Un nouveau test basé sur une détection immunologique de type bandelette a été développé en partenariat avec le CEA (F. Gas) et la société Magnisense. Le caractère innovant de cette méthode repose sur la possibilité de quantification des antigènes par utilisation de nanoparticules superparamagnétiques. Le modèle biologique choisi pour cette étude est le dinoflagellé, *Alexandrium minutum*, dont les blooms sont fréquents et récurrents sur les côtes françaises.

### Résultats en 2012

Des anticorps monoclonaux spécifiques de cette espèce algale précédemment développés lors du projet ANR – HAB-SEACHIP ont été utilisés afin de sélectionner les anticorps les plus adaptés car leur performance dépend de la technologie choisie. Plusieurs méthodes de couplage, de tailles et spécificités de billes magnétiques, de type de membranes, de tampons de migration, etc. ont été testés pour mettre au point ce test immunologique<sup>11, 12</sup>.

L'objectif des travaux en cours est d'améliorer la sensibilité du dosage pour pouvoir être utilisée comme méthode de détection pour la surveillance. L'effort en 2012 s'est porté sur la concentration préalable, rapide et simple des échantillons avant le test de détection et de quantification proprement dit.



Principe de la méthode immuno-chromatographique ou encore appelé test bandelette.

<sup>11</sup>Baus-lagarde B, Compere C, Dreanno C, Ezan E, Tanchou V, Gas F (2012), New immunosensors dedicated to whole cell detection algae. Biosensors 2012, 15-18/05, Cancun, Mexique

<sup>12</sup>Dreanno C, Gas F, Baus-Lagarde B, Quesney S, Compère C (2012), New Immunochromatographic strips for simple detection and quantification of *Alexandrium minutum*. 15th International Conference on Harmful Algae, 28/10 au 2/011/12, Changwon, Republic of Korea



## Métrologie du paramètre oxygène dissous

La majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques est gouvernée par l'oxygène dissous. Ce paramètre contribue à l'évaluation de la qualité des masses d'eau côtières et de transition. Il est dépendant de paramètres physiques (température, salinité, mélange de la masse d'eau), chimiques (oxydation) et biologiques (phénomènes de respiration et de photosynthèse). La concentration en oxygène dissous est également un élément primordial à étudier pour mieux appréhender l'évolution de la convection profonde, des propriétés des masses d'eau, de la circulation océanique et la réponse biogéochimique à ces changements en particulier dans le cadre du programme ARGO.

### Résultats en 2012

En 2012, les études menées sur l'oxygène dissous se sont essentiellement concentrées sur :

- La maîtrise de la méthode de référence de la mesure d'oxygène dissous, la méthode Winkler : un chiffrage des incertitudes obtenues avec cette méthode a été réalisé. Ce chiffrage a permis l'estimation de l'incertitude de mesure d'une optode Aanderaa qui a été validée lors d'une comparaison inter-laboratoire européenne sur les mesures d'oxygène dissous (projet européen de recherche ENV05 « Metrology for oceanic salinity and acidification »)
- La compréhension des phénomènes perturbant la mesure de l'oxygène dissous lors des qualifications de flotteurs en bassin d'essais pour le programme ARGO.

---

## 1.4 INSTRUMENTS DE GÉOTECHNIQUE



En dehors des sondes de forage, aucun outil *in situ* pour déterminer le module de cisaillement (ondes S) des matériaux sédimentaires marins combiné avec les mesures en ondes P n'existe à ce jour. Cette mesure permettrait, outre l'accès aux propriétés mécaniques du milieu, de valider et calibrer les mesures sur prélèvements, mais aussi les données sismiques, en particulier haute résolution. Combiné avec les mesures en ondes P, cet outil permettrait également d'accéder à la quantification en gaz libres et hydrates de gaz des milieux sédimentaires. Ce développement intéresse aussi bien les équipes des Géosciences Marines de l'Ifremer que l'offshore pétrolier. Le projet GEOPS mené avec l'unité Géosciences Marines et en partenariat avec Total et Fugro a pour objectif la réalisation d'une fourche de mesures *in situ* des ondes de compression et de cisaillement par grande profondeur d'eau.

### Résultats en 2012

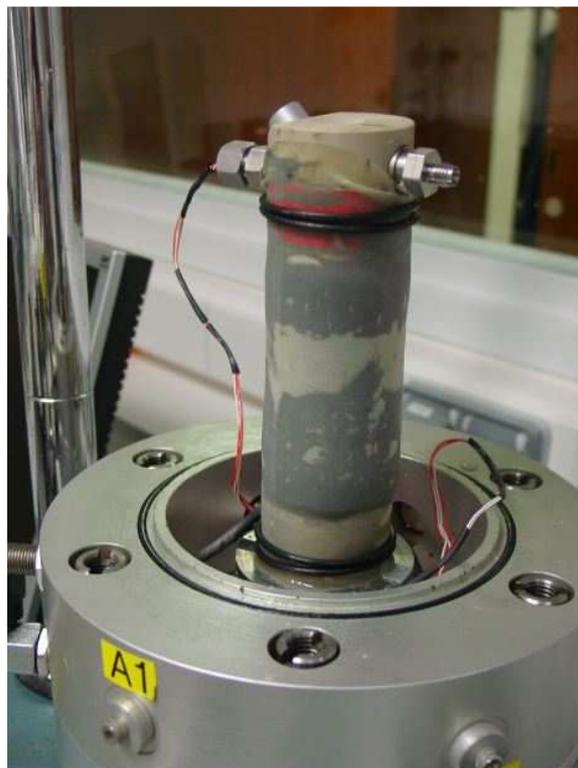
Les travaux 2012 ont porté sur deux grands axes :

- les premières qualifications en pression ;
- une étude complémentaire sur le remaniement sédimentaire dû à l'enfoncement d'un outil dans le sol.

Pour la qualification des capteurs en basse pression, les cellules triaxiales de l'unité Géosciences Marines (GM) ont été utilisées. Des pièces d'interface ont été réalisées pour y adapter les capteurs GEOPS. Les mesures, à la fois en mode P et en mode S, sont consistantes jusqu'à 20 bars, ce qui qualifie les capteurs en basse pression. Les mêmes essais doivent se dérouler à haute pression sur la cellule 200 bars à GM.

Le test s'est déroulé sur de l'argile de référence, mais également sur des échantillons d'argile de Guinée, prélevés lors de campagnes précédentes.

L'objectif de l'étude complémentaire sur le remaniement sédimentaire est de déterminer quel est l'impact de la pénétration d'un outil dans le sol, et ses conséquences sur les mesures, surtout en ondes S. Pour cela, nous avons réalisé plusieurs maquettes nécessaires aux essais, qui se sont déroulés dans la visucuve au 3SR (Grenoble). Dans un premier temps, l'étude est purement "mécanique", les pièces ne sont pas équipées de capteurs. Dans un second temps (2013), les pièces seront équipées des capteurs GEOPS, et l'impact sur la mesure pourra être déterminé.



Qualification des capteurs GEOPS  
sur un échantillon d'argile du golfe de Guinée



AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE  
ANR

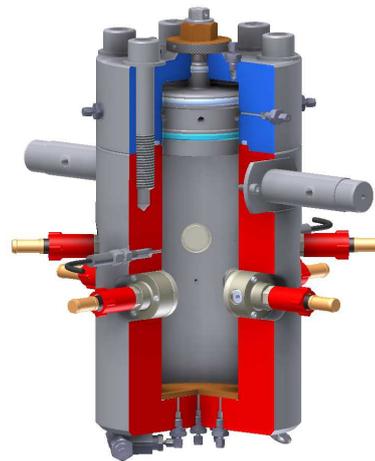
## Conception d'une cellule acoustique haute pression (Ressourcement Carnot)

Les hydrates de gaz océaniques sont des composés cristallins constitués d'eau et de gaz naturel, principalement de méthane. Ils se forment à basse température et haute pression, et sont rencontrés dans les sédiments des marges continentales à des profondeurs d'eau supérieure à 500 m. Les hydrates de gaz jouent un rôle important dans le cycle du carbone des océans. Les accumulations d'hydrates océaniques renferment des quantités importantes de méthane. Ainsi, la communauté scientifique s'efforce d'évaluer avec précision sa contribution par rapport aux autres processus impliqués dans ce cycle et son incidence sur le réchauffement climatique. Ces accumulations d'hydrates sont également considérées comme une source potentielle d'énergie et un important réservoir de stockage du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). D'autre part, dans le domaine de l'offshore pétrolier, les industriels ont un besoin de caractériser les hydrates de gaz, en particulier de déterminer leur domaine de stabilité afin d'évaluer la stabilité de la zone qui accueillera leurs installations de production.

Ces exemples montrent l'importance de bien comprendre la dynamique des hydrates de gaz, c'est pourquoi un appareillage visant à étudier en laboratoire la distribution des hydrates de gaz en milieu sédimentaire a été développé conjointement entre les unités GM et RDT.

### Résultats en 2012

La cellule acoustique HP permet sous une pression de 250 bar d'injecter un mélange liquide et gazeux. Afin de simuler la compaction sédimentaire, la cellule dispose d'un système de compression verticale. Elle est équipée de 8 capteurs acoustiques et de 2 sondes de température permettant de réaliser une cartographie acoustique et thermique lors de la formation et de l'accumulation des hydrates dans la matrice sédimentaire.



La cellule acoustique a été conçue, réalisée, et testée dans son principe de fonctionnement (mise en pression, chambre de compression). La définition des capteurs acoustiques n'étant pas terminée, leur intégration dans la cellule acoustique HP reste à étudier. En 2013, l'achat d'une enceinte climatique permettra de faire varier la température dans la cellule de -10 °C à 50 °C.

# Le carottage, prélèvement de couches sédimentaires



L'Ifremer s'est investi depuis 8 ans dans un important projet pour l'amélioration du carottage gravitaire à piston stationnaire. Cette technique est utilisée en France sur trois navires de l'Ifremer, le *Marion Dufresne* avec l'IPEV et le *Beautemps-Beaupré* avec le SHOM.

## Résultats en 2012

Dans le cadre de la collaboration entre l'IPEV, l'INSU et l'Ifremer pour l'amélioration de la technique de carottage sédimentaire marin, de nouveaux équipements ont été testés sur le carottier CALYPSO à l'occasion de la campagne MONOPOLE<sup>13</sup>. A ce jour aucun dispositif fiable ne permettait de désolidariser le train de tube du porte lest en cas d'effort d'arrachement trop important. Le nombre et le coût des instruments qui sont montés sur le porte lest seront croissants d'où la nécessité de trouver une solution. L'IPEV a développé un dispositif de mâchoire avec un largeur du train de tube original. Les essais se sont avérés concluants. Ce dispositif présente également un intérêt en termes de sécurité et pourrait être utilisé sur le Pourquoi Pas ? , il aurait évité la perte du carottier en 2011

Le remplacement du câble pilote en acier par un câble en Dynemaa présente de nombreux avantages en terme de souplesse et exigence d'utilisation en particulier dans la précision de la hauteur de chute calculée par le logiciel Cinema. Des premiers tests avec un câble piston en Dynemaa ont été menés. Des soucis de terminaison du câble sont à résoudre. Le logiciel Cinema ainsi qu'une expertise ont été vendus au NERC pour le carottier de leur nouveau navire : Discovery.

Une expertise de carottage a été effectuée sur l'Atalante afin d'installer et configurer les paramètres du logiciel CINEMA et faire une revue du matériel<sup>14</sup>.

Une présentation au colloque Inmartech à Texel aux Pays-Bas du 25 au 28 septembre 2012 dans la session Coring / Cooperation / Handling/ Cables and winches a permis de présenter les résultats des études menées sur le carottier entre les unités GM et RDT " Improving in piston coring quality with acceleration and pressure measurements and new insights on quality of the recovery"<sup>15</sup>.

<sup>13</sup>Mission MONOPOLE. OPERATIONS DE CAROTTAGE CALYPSO. Chef de mission Franck Bassinot, Chef des opérations Yvan Reaud. N/O MARION DUFRESNE 2 SINGAPOUR – SINGAPOUR 22/05/2012 au 15/06 2012

<sup>14</sup>MISSION TVDP. Configuration du logiciel CINEMA pour l'Atalante. Chef de mission Sébastien Dupont, Commandant Régis Pichard. N/O ATALANTE PANAMA - SAINT-DOMINGUE 02/10 au 08/10 2012.

<sup>15</sup>Woerther P., Bourillet J.-F., Damy G., Dussud L., Sultan N. (2012). Improving in piston coring quality with acceleration and pressure measurements and new insights on quality of the recovery. 8th International Marine Technicians Symposium, INMARTECH 2012, 25 and 28 September 2012, Texel, the Netherlands.

Le projet CAPTIVEN, un des lauréats de l'appel d'offres des Investissements d'Avenir 2011 (appels à projets "Carnot PME" et "Carnot International"), associe l'Institut Carnot Ifremer EDROME, acteur incontournable des sciences et techniques marines, au BRGM et à l'IRSTEA. L'objectif est de favoriser les collaborations avec les PME de la filière "métérologie environnementale".

Afin d'améliorer nos actions en faveur des partenariats industriels, nous travaillons actuellement pour donner plus de visibilité à nos offres et plateformes technologiques mutualisables et valorisables au sein du tissu industriel. En effet, au sein du département REM, plusieurs technologies matures caractérisées par des niveaux de TRL élevés sont développées pour la mesure environnementale (analyseurs chimiques *in situ* en continu, drones de surveillance, échantillonneurs passifs...). Il s'agit de technologies transférables à des industriels ou qui sont en phase de pré-commercialisation.

Les fiches diffusées contiennent des informations sur les moyens de financement, notamment sur le doublement de l'assiette des dépenses R&D éligibles dans le Crédit Impôt Recherche et le retour sur investissement apporté par le dispositif. Cette « cartographie » de nos offres et de nos plateformes techniques permet aux industriels d'avoir une bonne visibilité des opportunités de partenariats.



## Résultats en 2012

Depuis fin 2012, via l'action Captiven, les contacts avec les PME se sont multipliés et notre présence au sein du tissu socio-économique s'est densifiée, notamment en raison de notre participation à des événements ciblés :

- du 3 au 4 octobre 2012, Rendez-vous Carnot, Lyon : RDV BtoB avec les industriels et présentation de nos activités.
- 5 octobre 2012, rencontre organisée par les pôles de compétitivité – pôle Eau, pôle Risque, pôle Mer Paca, pôle Optitec et l'association EA éco-entreprises : présentation de la mise en œuvre d'actions concrètes dans le but de développer davantage les partenariats industriels.
- du 27 au 30 novembre 2012, POLLUTEC 2012 : Salon international des équipements, des technologies et des services de l'environnement. Rencontres avec les industriels et présentation de nos offres technologiques.

Suite à ces événements, nous sommes en pourparlers avec plusieurs PME pour la mise en place de partenariats durables et nous avons reçu de nombreuses marques d'intérêt.

Un projet de showroom technologique et de vidéo promotionnelle est en cours et devrait se concrétiser en 2013.

Pour en savoir plus : <http://www.captiven.fr/>

## 2. OBSERVATOIRES FONDS DE MER PLURIDISCIPLINAIRES "OFMP"

Le projet OFMP regroupe les contributions de l'Ifremer aux projets d'observatoires sous-marins à long terme au point fixe (NB : les observatoires sont positionnés au fond de la mer mais mesurent aussi dans la tranche d'eau et sous le sol), les développements des synergies scientifiques et des technologies pour ces observatoires et la valorisation industrielle.

Le cadre est celui d'EMSO (European Multidisciplinary Seafloor Observation), un des projets de la feuille de route ESFRI des grandes infrastructures de recherche européennes qui comporte plusieurs sites observatoires sur le pourtour européen. Les sites observatoires, dont certains sont ou seront câblés, bénéficient tous d'un système intégré de gestion et d'accès aux données, utilisant des standards d'interopérabilité internationaux. L'IR EMSO est la contribution française à EMSO, inscrite dans la feuille de route nationale. Plusieurs sites EMSO ont d'ores et déjà une activité d'observatoire, et l'implication actuelle de l'Ifremer porte particulièrement sur 3 de ces sites : Mer de Marmara, Açores et Mer Ligure.

EMSO vise à acquérir des séries temporelles longues (> 12 ans) dans les mers du pourtour européen avec pour objectifs principaux:

- l'étude de l'impact du réchauffement climatique sur les océans entourant l'Europe,
- l'étude des écosystèmes marins profonds dans une optique de recherche fondamentale mais aussi de gestion durable, en s'intéressant particulièrement aux facteurs anthropogéniques et climatiques,
- l'étude des processus tectoniques, volcaniques, hydrothermaux et gravitaires et la surveillance des risques naturels associés (séismes, tsunamis, instabilité des pentes) pour les zones côtières à forte densité de population.

La phase actuelle d'EMSO consiste à développer les technologies et à en démontrer le caractère opérationnel pour consolider et coordonner les infrastructures existantes. Le maintien en conditions opérationnelles passe par des investissements récurrents, des frais de personnel et de fonctionnement.

Afin d'optimiser les mises au point des observatoires câblés, nous expérimentons des sous-ensembles clés sur un site côtier au large de Molène, issu du projet Interreg MeDON et, d'autre part, nous contribuons aux expérimentations sur Neptune Canada, le site international le plus avancé.

1. En géosciences, la recherche des phénomènes associés aux séismes (microsismicité, échappements de fluides), le complément sous-marin des réseaux sismiques ou de tsunami, les études d'instabilités de pentes, de turbidités de cañon, de volcans de boue, de stabilité des zones d'hydrates de gaz, ont besoin d'observations à long terme.
2. En biologie, le suivi continu des peuplements benthiques ou pélagiques permet de compléter les connaissances des campagnes et de suivre les paramètres physiques ou chimiques des écosystèmes observés.
3. Les mesures dans la tranche d'eau contribuent aux acquisitions de données destinées à l'océanographie opérationnelle hauturière.

Les sciences de l'ingénieur et les sciences de l'océan définissent ensemble les objectifs de monitoring à long terme pour assurer la faisabilité technique sur des sites ayant prouvé leur intérêt scientifique pour une large communauté et dans la plupart des cas, des enjeux sociétaux ou des retombées économiques.

- Au sein du département REM – Carnot Edrome, le projet OFMP fait travailler conjointement les trois unités (RDT, GM, EEP) sur des objectifs à long terme et des réalisations concrètes.

- A l'Ifremer, IMN/IDM/ISI et SISMER assurent le développement de la gestion de données adaptée aux observatoires fond de mer et son opération (archivage, dissémination, promotion). La contribution de IMN/SM en intervention sous-marine et pour la boîte de jonction du site ANTARES (Ligure Ouest) a été cruciale. Une collaboration avec IMN/NSE pour le logiciel de stockage de données sur les stations locales de chaque réseau est en discussion. L'application aux énergies marines renouvelables et aux aires marines protégées est abordée avec RBE et ODE.
- Au sein du GIS Europôle Mer, le sujet des observatoires sous-marins a été fédérateur pour l'axe technologique (opto-alimentation, smart sensor, acoustique pour la biologie marine, dont les mammifères marins).

**En 2012**, nous avons pu mesurer les avancées technologiques des années ESONET sur les sites relevant maintenant d'EMSO :

**Par site :**

- MoMAR Açores
- MerLigure Ouest
- Mer Ligure Est
- MARMARA
- Neptune Canada

**Par technologie :**

- a. Observatoires câblés
  - i. Fin de la mise au point, mise en place et opération de l'observatoire de Molène dans le cadre du projet Interreg MeDON qui s'est terminé fin 2012.
  - ii. Retour d'expérience sur Neptune Canada.
  - iii. Post-doctorat sur l'opto-alimentation : validation des traversées de fibres jusqu'à 3,5W optique et 600 bar.
  
- b. Observatoires non câblés transmettant par acoustique :
  - i. Développement d'une nouvelle électronique faible consommation COSTOF2 au travers de la fiche ressource Carnot « MOMES »
  - ii. Premières pré-études d'une station multi paramètres sismique incluant des capteurs physico-chimiques
  - iii. Nouvelle station de suivi de bulles au travers de la fiche ressource Carnot « BOB 38 kHz ».

## ESONET Vi : ESONET the Vision

La continuité du réseau d'Excellence ESONET, projet Européen du 6eme programme cadre de la commission européenne, qui s'est officiellement achevé le 12 décembre 2011 devrait être assurée au sein d'une infrastructure européenne: EMSO ERIC et d'un consortium d'utilisateurs ESONET Vi, organisé en institut virtuel et en valorisant nos acquis auprès de partenaires industriels.

La pluridisciplinarité du projet est sa base même :

- L'Ifremer est porteur avec l'Université de Tromso du projet ESONET Vi pour animer le groupe d'utilisateurs européens des observatoires EMSO.
- L'Ifremer conserve des relations avec 40 des 54 partenaires ESONET.

Le partenariat central pour le projet Ifremer OFMP comprend :

- pour la France : CNRS INSU (IPGP, CNRS, MIO, CEREGE, Geoazur, IUEM et LOV), CNRS IN2P3, Ensta Bretagne, ENIB et Oceanopolis.
- pour l'Europe les partenaires de EMSO: INGV, NOC, HCMR, IMI, CSIC, FFCUL, Univ. Goteborg, NIOZ, KDM, MARUM, UI Tromso,
- les partenaires de MeDON : PML, MI Plymouth, National Marine Aquarium Plymouth.
- A l'international : JAMSTEC (J), Neptune Canada (CDN), MBARI (USA), OOI (USA)

### Résultats en 2012

Une Gordon Like Conference « Time-series analysis in marine science and application for industry »<sup>16</sup> » a été organisée avec le concours du GIS Europôle Mer et des financements multiples (Office of Naval Research, CNRS LEFE, Europole Mer, BMO, Région Bretagne, Labex Mer, ...). La mobilisation des scientifiques de plusieurs origines est cruciale pour soutenir les capacités d'utilisations des séries temporelles de données produites par les observatoires fond de mer. Le réseau s'étend comme le montre le nombre d'instituts représentés lors de cette conférence : 55 organisations de 14 pays. Ce type de conférence, caractérisée par une ambiance informelle entre scientifiques de référence et doctorants, jeunes chercheurs ou ingénieurs favorise les échanges et les discussions.

- La partie formation a été organisée comme une combinaison de séances plénières et de séances d'application (avec utilisation du langage informatique libre « R »). Les séances plénières sur l'acoustique ont été illustrées par de nombreux exemples y compris sonores.



Séance plénière. M.Legendre, Université de Montréal



Session appliquée, L. Di Iorio, ENSTA-Br

- La partie conférence comprenait 27 présentations (3 ont été faites par des intervenants RDT) suivies de discussions. Une table ronde a clôturé chaque journée.
- Documents produits : Posters, outils pratiques et codes informatiques mis à la disposition des participants sur le site web de la conférence, motion d'ensemble produite à la fin de la conférence à destination des financeurs dont la Commission Européenne, rapports et publication commune (2013)

Pour en savoir plus : <http://visobservatories.webs.com/>

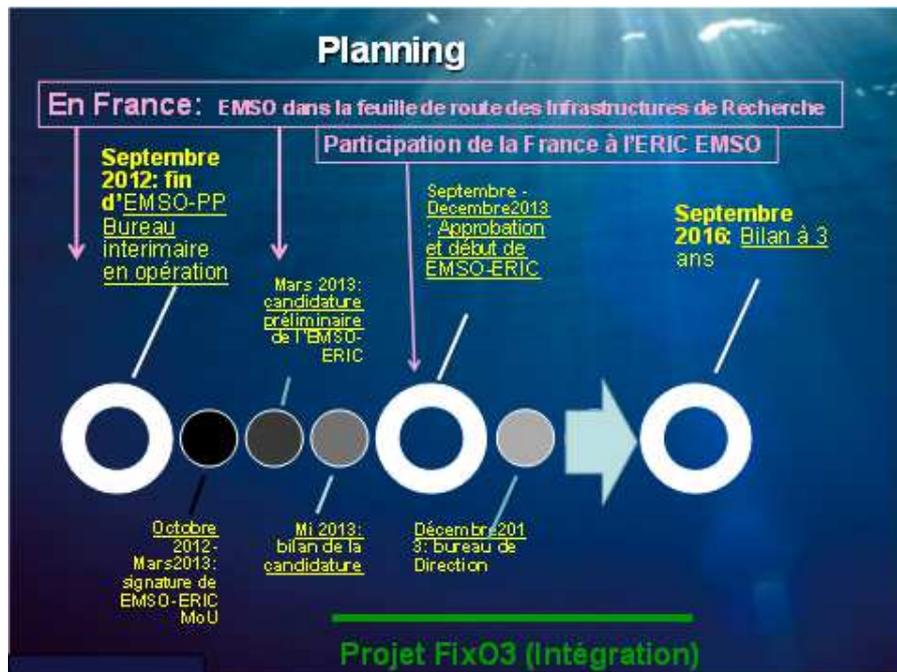
Pour plus d'information : <http://www.europolemer.eu/time-series-analysis.php>.

<sup>16</sup> Puillat Ingrid (2012). Proceedings of conference "Time-Series analysis in marine science and applications for industry". A Europole Mer Gordon-like conference at the crossroad of marine science. Share your experience of time-series analysis in the fields of oceanography, biochemistry, biology, ecology, bio-acoustics, geosciences, seismology, offshore engineering... Training 17-18 Sep 2012, Conference 19-21 Sep 2012. Time-series analysis in marine science and applications for industry, 17-21 September 2012, Logonna-Daoulas, France.

## EMSO, Phase Préparatoire vers EMSO ERIC

L'Infrastructure de recherche EMSO (European Multidisciplinary Seafloor Observation) est inscrite dans la « Stratégie française en matière d'infrastructures de recherche 2012 – 2020 »

Le projet Européen EMSO a terminé sa phase préparatoire en constituant un dossier d'infrastructure permanente de recherche distribuée sur plusieurs sites sous-marins et plusieurs pays. L'Ifremer a fortement contribué au dossier juridique et au chiffrage. Nous avons surtout effectué les études sur les verrous et les choix techniques pour les observatoires câblés ou non câblés (WP8).



*EMSO va structurer dans les prochaines années les activités d'observation marine au point fixe en Europe. L'Ifremer continue de jouer un rôle majeur au côté du coordinateur Italien.*

### Résultats en 2012

L'Ifremer a fortement contribué au dossier juridique et au chiffrage. Nous avons surtout effectué les études sur les verrous et les choix techniques pour les observatoires câblés ou non câblés (WP8).

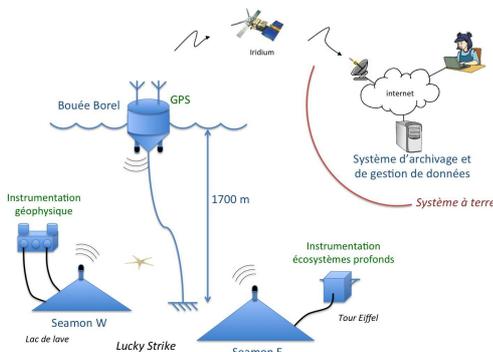
Les rapports rédigés dans ce cadre font la synthèse des savoir faire à l'échelle internationale et constituent la base des développements futurs de EMSO comme des valorisations.

EMSO ERIC est en cours de constitution avec le soutien de 7 pays et l'Italie comme leader. La phase de validation par chaque pays est assez longue mais un MoU a été signé pour la démarrer. La signature française de ce MoU est attendue de la part du nouveau ministère de la recherche en début 2013. Les étapes de la construction de l'ERIC comportent une année de signature par les pays intéressés et par la Commission Européenne

Dans le cadre du projet OFMP, RDT a écrit un texte d'expression d'intérêt pour la consultation « Horizon 2020 » par la programmation de la recherche de la Commission Européenne: HOME-OOI pour une concertation entre projets ESFRI (EMSO, EuroARGO) et I3 (JERICO, SeaDATANET, EUROFLEETS, GROOM). Nous avons participé aussi au texte de FixO3 proposé lors de cette consultation. Ces expressions d'intérêt ont été prises en compte dans le rapport final de la Commission Européenne.

Le projet I3 FIXO3 a été accepté pour négociation par la Commission Européenne en fin d'année 2012. Il permettra la poursuite d'ESONET Vi, de développements technologiques et l'ouverture à l'accès transnational des infrastructures à point fixe comme EMSO MoMAR et la BJS ANTARES.

L'observatoire fond de mer EMSO Açores, installé en 2010 pour l'étude de la variabilité temporelle des processus actifs liés à la sismicité et la déformation du sol, le volcanisme, l'hydrothermalisme et les variations de la faune, afin de mieux comprendre la dynamique des écosystèmes associés dans la région des Açores, a continué à produire des données tout au long de l'année 2012.



Pour sa partie marine, EMSO Açores est constitué de deux stations d'observation de type « Seamon », installées à 1700 m de profondeur, et d'une bouée de surface « Borel » qui relaie quatre fois par jour vers la terre les données d'observation et de mesures acquises sur le fond de mer. Dans l'autre sens, la bouée permet aux exploitants de l'observatoire de lui transmettre un nouveau jeu de paramètres de fonctionnement depuis leur laboratoire, lorsque nécessaire. La conception et la responsabilité technique de cet observatoire, qui répond à des besoins scientifiques conjoints de l'Ifremer/EEP, de l'Institut de Physique de Globe de Paris et de l'Université des Açores, ont été confiées à RDT.

Vue synoptique de l'observatoire EMSO Açores

## Résultats en 2012

L'observatoire a fait l'objet de sa deuxième opération annuelle de maintenance en juillet (relevage, nettoyage, réparation, reconditionnement, réinstallation en vue d'une année supplémentaire de production de données d'observation), depuis le N/O Thalassa à l'aide du sous-marin Victor 6000. Cette mission Momarsat 2012, menée conjointement par l'Ifremer et l'IPGP CNRS/INSU, a ainsi permis de redéployer le réseau d'instruments de mesures autonomes, connectés au fond de l'eau, qui permettent d'observer en continu les processus hydrothermaux actifs du champ Lucky Strike.

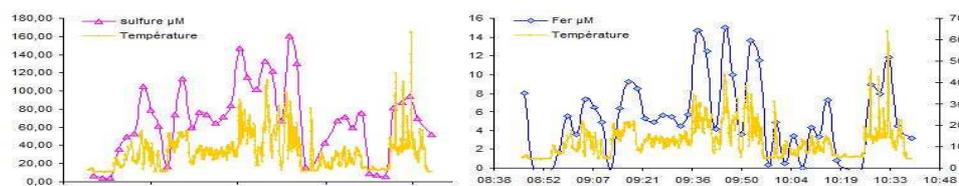


Maintenance annuelle de la Bouée Borel à bord de N/O Thalassa.



Cadrage vidéo obtenu par lien WIFI avec Victor 6000 lors de l'installation du module caméra et analyseur chimique SMOOVE

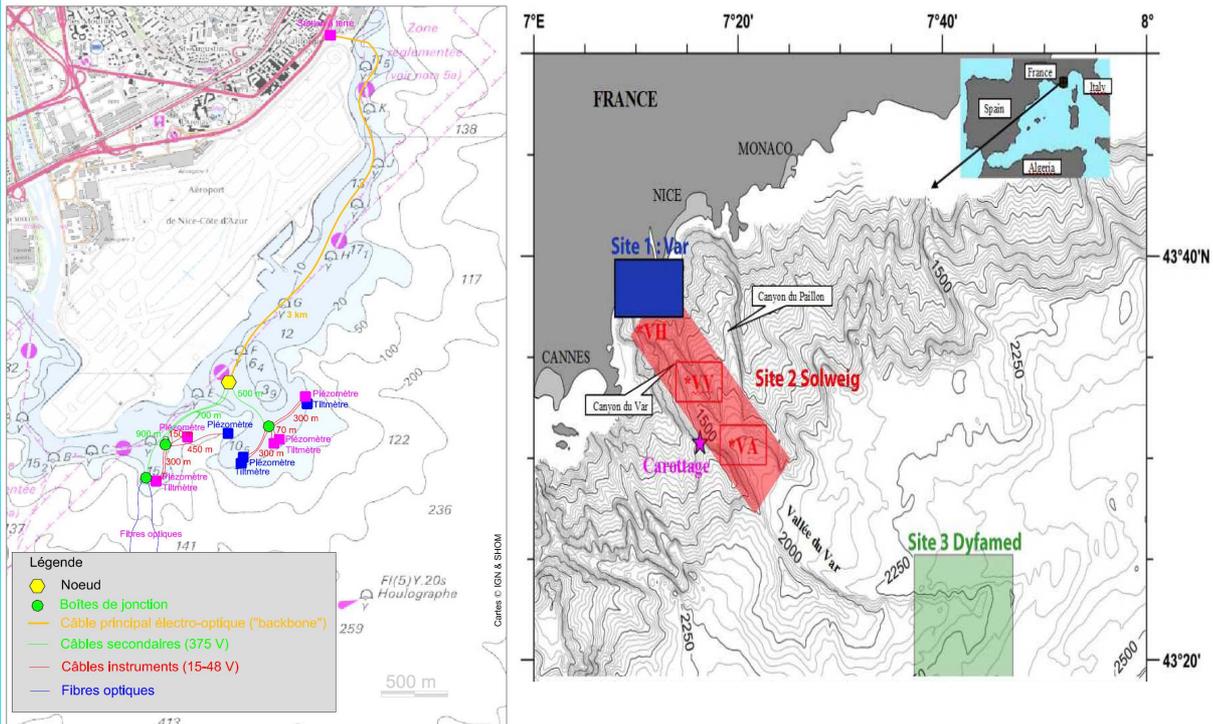
Ainsi deux analyseurs Chemini (Sulfure et Fer) ont été déployés sur le ROV Victor 6000 au cours des plongées « chantier ». Des droites de calibration *in situ* ont été établies à quasiment toutes les plongées. Les mesures *in situ* ont été réalisées sur différents sites comme *Tour Eiffel*, *Lucky Strike* ou *Montségur* selon les assemblages de la faune hydrothermale.



Variations en fonction du temps de la température et des concentrations en sulfure et fer (données brutes µM) obtenues *in situ* par les Cheminis déployés sur Victor 6000 lors de la campagne Momar 2012 (site Tour Eiffel, plateforme Tempo-Mini).

## Résultats en 2012

Le projet EMSO en Mer Ligure Est a fait l'objet d'une réunion de concertation le 23 Mars. Les budgets du projet CPER et Région PRIMA ont pu être maintenus pour assurer l'achat par le CNRS puis la mise à disposition de l'Ifremer de matériels pour Solweig/Aanitraa (déploiement du canyon du Var) et pour des piézomètres. L'étude d'une infrastructure câblée sur la pente de Nice a été reprise en fin d'année.



Projet EMSO Ligure faisant suite au projet PRIMA

Pour la mer Ligure Ouest, les opérations de maintenance sur l'extension BJS d'ANTARES ont été reportées à 2013.

Une réunion ASPERA ([ASPERA Workshop: Underwater Synergies with Astroparticle Physics](#) 24-25 May, 2012, Amsterdam, the Netherlands) a été organisée par les organismes de recherche en astrophysique impliqués dans les projets d'observatoires de neutrinos pour mettre en avant les résultats et les potentialités de recherche en sciences de la terre ou de l'océan offertes par ces observatoires. Le partenariat entre les deux communautés a été réaffirmé mais en privilégiant une gestion et des financements séparés et identifiés.

Pour l'étude de la faille Nord Anatolienne dans sa section sous-marine de la Mer de Marmara, les campagnes des années 2007-2010 ont montré l'importance d'un suivi permanent des sorties de fluides en parallèle des événements sismiques globaux et locaux.

## Résultats en 2012

Le projet MarmESONET retenu au sein du réseau d'excellence ESONET et conduit par REM/GM, a lancé une coopération fructueuse Turco-Italo-Française . Ce site est retenu par EMSO France pour son intérêt scientifique et sociétal à long terme. Les nombreuses demandes de financement à l'Europe et à la Turquie ont enfin abouti fin 2012 avec le projet Européen MARSITE.

Piloté par l'institution turque KOERI, ce projet regroupe les besoins de technologies et les questions scientifiques posées par la perspective d'un « super séisme » qui menace la région d'Istanbul.

Une part de développement technologique sous-marin a été identifiée dans le cadre de MARSITE. L'idée pour les prochaines années est de s'appuyer sur ce projet en l'amplifiant. Les développements technologiques d'une station BOB et d'une station multi-paramètres, comportant un sismomètre large bande et des capteurs physico-chimiques, sont en étude pour l'échéance de la campagne Pourquoi Pas ? de fin 2014.

Neptune-Canada est un observatoire sous-marin câblé, localisé dans le Pacifique Nord Est pour l'observation sous marine de sites hydrothermaux de la dorsale medio pacifique. Il est constitué de 800 km de câbles, déployés sur la plaque tectonique Juan de Fuca. Premier projet à grande échelle d'un observatoire fond de mer en temps réel, il devrait fonctionner pendant 25 ans et apporter des données primordiales pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes marins.

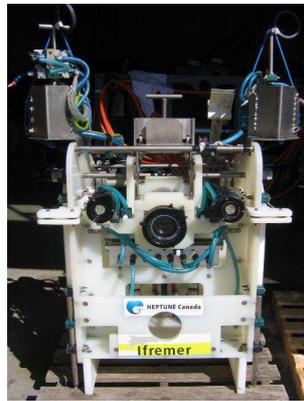
Développé par le département REM (RDT et EEP), Tempo-Mini est un système associant une caméra vidéo haute résolution et des capteurs physico chimiques (CHEMINI) pour le suivi en temps réel des assemblages de faune associés aux sources hydrothermales actives, installé par plus de 200 mètres de fond sur le site Endeavour.

## Résultats en 2012

Franc succès pour Tempo-Mini et Chemini : Après 11 mois de déploiement, le module Tempo-Mini est récupéré pour maintenance le 20 juin et le bilan est très positif : les capteurs ont fonctionné de façon nominale jusqu'à la récupération. Chemini a fonctionné jusqu'à épuisement des réactifs (5 mois). Une baisse de luminosité des projecteurs de la caméra avec le temps a cependant été constatée.



Récupération du module Tempo-Mini par le ROV ROPOS



Tempo mini reconditionné



Gros plan sur un projecteur

L'état de Tempo-Mini après un an de déploiement a fait l'objet d'un diagnostic : le Chemini Fer déployé sur la plateforme Tempo-Mini sur l'observatoire Neptune Canada a été récupéré en juillet 2012 et reconditionné à Ifremer Brest. Puis l'analyseur Chemini a été expédié à l'université de Victoria en Août 2012 afin d'être réinstallé sur la plateforme Tempo-Mini resté sur place, Les projecteurs étanches à leds équipression démontés suite au constat de baisse progressive de la luminosité dans le temps ont été remis en place après reconditionnement.

Cependant, le déploiement initialement prévu en Septembre a été reporté en raison d'un problème technique sur le navire R/V Thompson. Il aura lieu en juin 2013 et le module est stocké au Canada. Les réactifs du Chemini, quand à eux sont stockés en chambre froide à l'université de Victoria.

Pour en savoir plus, <http://www.neptunecanada.ca/about-neptune-canada/>

# Concept HORUS : Hazard Observatory for Risk analysis by Underwater System

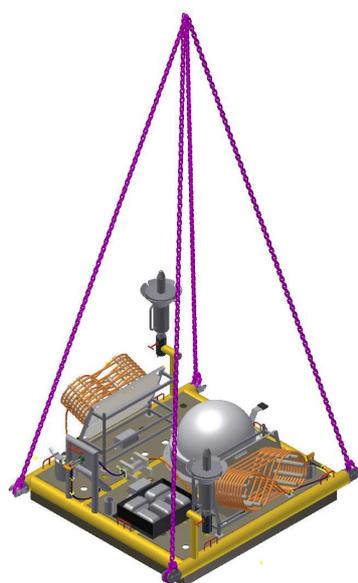


Le sujet des Observatoires fond de mer se décline pour les industriels pétroliers et gaziers dans le domaine du suivi à long terme de l'impact des installations sous-marines de production ainsi que dans celui du suivi des paramètres de Géohazards. TOTAL par son département R&D « Deep Sea » a sollicité l'Ifremer afin de réaliser :

- l'étude de faisabilité d'un suivi de site avant et pendant la production utilisant des technologies OFMP de l'Ifremer.
- l'étude de pré-ingénierie complète accompagnée d'une offre portant sur l'implantation sur un site dans un délai de 18 mois.

L'étude réalisée par l'unité RDT a donné lieu à un contrat de collaboration de recherche avec TOTAL; une proposition de location de matériel de monitoring a été réalisée avec l'Unité Géoscience Marines.

## Résultats en 2012



Cette étude a permis de confronter nos technologies « académiques » aux exigences de l'offshore pétrolier et d'adapter nos stations pour les intégrer à des systèmes fournis par des opérateurs parapétroliers tels que CAMERON (interfaces avec la liaison fond/surface, le nœud principal CAMERON).

Par cette étude d'ingénierie, l'Ifremer a défini l'instrumentation nécessaire pour surveiller des mouvements du sol, détecter des bulles s'échappant du sédiment, enregistrer des événements micro-sismiques et mesurer des paramètres physico-chimiques de l'eau près du fond ; toutes ces opérations devant être menées en continu et en temps-réel, ou quasi temps-réel. L'étude s'est focalisée sur les 8 actions suivantes :

- Analyser les besoins de monitoring de TOTAL sur un champ pétrolier offshore particulier;
- En déduire une architecture d'observatoires, en collaboration avec CAMERON, prenant en compte les contraintes du champ et de son exploitation;
- Définir une liste d'instruments et les interfaces nécessaires à leur implantation : châssis, enceintes étanches, électronique, connectique sous-marine, etc.;
- Décrire les procédures d'installation de ces instruments;
- Proposer un système d'acquisition et d'archivage des mesures;
- Recommander des actions pour augmenter la maturité technologique de certains instruments;
- Dresser un planning d'étude et de réalisation;
- Estimer les coûts.

# MeDON, Marine e-Data Observatory Network Observatoire sous marins câblé pilote

Le projet MeDON, Marine e-Data Observatory Network, conduit en partenariat avec des instituts français et anglais, co-financé par le programme Interreg IV-Manche et le projet EMSO, a pour but de définir, tester et valoriser un pilote d'observatoire câblé sous-marin, destiné à compléter la panoplie des systèmes de surveillance temps réel des zones côtières.

RDT, en tant que maître d'œuvre de l'infrastructure, est en charge du démonstrateur : conception, réalisation, validations, déploiement, maintenance et démantèlement. Ifremer est aussi « utilisateur » de l'infrastructure en tant que propriétaire d'instruments (Acoustic Doppler Current Profiler, caméra et Piézomètre) servis par l'infrastructure.

## Résultats en 2012

Les derniers composants ont été livrés en janvier 2012, et l'unité RDT a mené de nombreux essais afin de garantir la réussite du déploiement et le bon fonctionnement sur site :



Tests de l'interface capteur (plate-forme laboratoire)



Qualification en pression des différents composants



Validation des opérations de déploiement et de maintenance en bassin et en caisson



Essai de fonctionnement longue durée en canal de courantométrie



Câblage de la terminaison du câble sous-marin avec FT-Marine



Essais dans port de commerce de Brest

L'observatoire sous-marin câblé pilote a été déployé le mercredi 13 juin 2012.



Barge Iroise Mer affrétée par France Télécom Marine pour le déploiement de l'observatoire



La plate-forme sous-marine en extrémité de câble

La plate-forme sous-marine qui accueille le module instrumental est implantée à 2 km au Nord Est de l'île de Molène, dans le parc marin d'Iroise. A la limite d'une zone sableuse et d'enrochements, à 20 mètres de fond, cette structure métallique de 2 tonnes (3m x 4m et 1m de hauteur) ancre l'extrémité sous-marine du câble.

Le câble de liaison avec l'île est un câble de télécommunication fourni par France Télécom Marine, constitué de 8 fibres optiques et d'un conducteur cuivre. Il est posé sur le fond dans sa portion sous-marine et ensouillé à l'atterrage sur l'estran.

A terre, un conteneur abrite le serveur informatique sur lequel tournent les logiciels de pilotage, d'enregistrement et de pré-traitement des données, ainsi que les logiciels d'administration et de supervision du réseau.

Le module instrumental abrite le cœur électronique de l'observatoire : le nœud transforme le signal optique en signal électrique et en sortie du nœud, la boîte de jonction ou « BJ », distribue l'énergie aux instruments, transmet les consignes et les données acquises, protège le système en cas de dysfonctionnement électrique d'un instrument et envoie les alarmes.

En fin d'année 2012, l'observatoire totalise 6 mois de fonctionnement continu : mesures de courant et de houle, enregistrements acoustiques et données vidéo.

Au delà du premier objectif de surveillance des espèces, l'infrastructure a des objectifs technologiques essentiels : prototype de station de surveillance de sites sous-marins exploités (énergies marines renouvelables, zones de captage d'eau,.. ), site d'essai français pour les observatoires sous-marins à la disposition des scientifiques et industriels désireux de fiabiliser leurs développements instrumentaux en situation réelle de fonctionnement, démonstrateur technologique et observatoire pluridisciplinaire sous-marin pilote qui permettra d'aborder sereinement les développements futurs des sites de EMSO autour de l'Europe.

Pour en savoir plus, [http://wwz.ifremer.fr/rd\\_technologiques/Projets/MeDON](http://wwz.ifremer.fr/rd_technologiques/Projets/MeDON)  
<http://observer/live-medon/> (en intranet)

Le projet européen ENVRI, met en commun une recherche amont sur la gestion de données pour 7 infrastructures de recherche européennes dont EMSO et EuroARGO.

La recherche sur l'environnement dépend des capacités de traitement et d'analyse des données. Le projet ENVRI "Common Operations of Environmental Research infrastructures" est une collaboration entre les projets Européens d'infrastructures de recherche sur l'environnement de la feuille de route [ESFRI](#) qui mobilise des experts en technologies de l'information et de la communication.

Ce projet, mené pour la contribution de l'Ifremer, par IMN/IDM en concertation avec le projet OFMP a permis de renforcer les liens entre les 3 organismes qui pilotent la gestion de données pour EMSO : Ifremer/Coriolis, Pangea en Allemagne et INGV en Italie.

## Résultats en 2012

Un plan de travail a été établi en Juin 2012 pour le futur de la gestion de données d'EMSO :

- besoin immédiat d'accès aux métadonnées
- trois étages de gestion (Portail central d'accès EMSO, portails locaux et bases de données par site)
- établissement d'un catalogue d'identifiants EMSO (Digital Object Identifier), implantation de statistiques d'accès
- effort d'harmonisation des standards de recherche de données

Les partenaires spécialisés dans les infrastructures informatiques (e-infrastructures) produisent des rapports sur les principes de recherche de données d'environnement et vont les appliquer à 3 cas d'école.



Présentation graphique des fonctions fondamentales d'un système de gestion de données d'environnement comme EMSO.

## 2.1 DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES ASSOCIÉS AUX OBSERVATOIRES FOND DE MER

## Etudes des Modules d'Observatoires Multidisciplinaires Eulériens Sous-marins (Ressourcement Carnot)

L'unité RDT est reconnue internationalement pour son savoir faire et son expérience en matière d'infrastructure d'observatoire non câblé (stations de première génération) et de déploiement de capteurs sur le long terme (piézomètres, caméra Tempo-mini, analyseurs chimiques *in situ* en flux CHEMINI,...)

Depuis une dizaine d'années de mise en œuvre des technologies et pratiques spécifiques aux observatoires non câblés, le cœur électronique modulaire (COSTOF Communication and Storage Front-end)), les électroniques et capteurs à faible consommation, la transmission acoustique fond/surface bidirectionnelle, les méthodes de déploiement et de maintien en conditions opérationnelles sont maîtrisés.

Aujourd'hui, il est important d'anticiper les évolutions technologiques et de conforter ainsi la notoriété acquise par l'Unité RDT.

Intégrer les nouvelles technologies industrielles en électronique et en informatique, supporter des capteurs générant des volumes de données élevés, diminuer les temps de développements des interfaces et des pilotes pour le branchement de nouveaux instruments, et optimiser les interventions sous-marines d'installation et de maintien en conditions opérationnelles sont les objectifs.

Les trois axes d'innovation qui en découlent sont :

- Architecture électronique d'une nouvelle génération de cœur de station COSTOF, permettant l'intégration de capteurs générant un fort volume de données (ADCP, sismomètres, sonars notamment).
- Bibliothèque logicielle permettant des interfaces hommes machine aisément adaptables. L'adressage et la configuration des capteurs se fera selon les principes de « smart sensors » et en utilisant la carte électronique RDT. Un principe de configuration des modules de type plug and play sera évaluée.
- Mécanique autorisant les échanges de modules sur le fond par ROV, en particulier les module énergies, avec un système de connexion-déconnexion robuste et de faible encombrement.

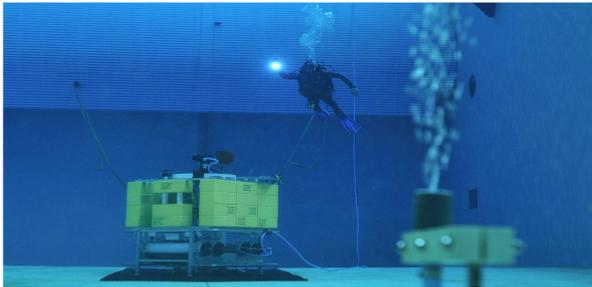
### Résultats en 2012

L'effort s'est porté sur le premier axe, à travers la pré-étude de la deuxième génération du cœur électronique COSTOF, qui équipe depuis une dizaine d'années les stations d'observation non câblées. Une décision importante a été d'étendre le cahier des charges initial (stations fond de mer) à d'autres applications comme l'observation côtière et les drones de surface. Le COSTOF est conçu comme une unité fournissant des services à des capteurs immergés sur un même vecteur : distribution et contrôle de l'énergie, séquençement des mesures, fourniture d'une base de temps commune, stockage des données, fourniture de canaux de (télé-) communication et protection contre les bio-salissures. Les objectifs de cette deuxième génération sont, tout en conservant les points forts qui ont fait le succès de la première (très faible consommation, fiabilité et modularité particulièrement soignées) de permettre les nouveautés suivantes : capacité de stockage élevée et connectivité Ethernet pour les capteurs générant un débit important de données (ADCP, sismomètres, caméras vidéo), serveur web intégré pour faciliter la communication avec le monde extérieur, capacité de calcul permettant la mise en place d'algorithmes de traitement de données et de décision, et fourniture d'une horloge de très haute précision pour l'intégration de données de sismomètres.

En 2012, la pré-étude a permis de déterminer l'architecture électronique du COSTOF2 puis de le spécifier en détail afin de pouvoir confier sa réalisation à un sous-traitant. Après consultation de plusieurs entreprises concurrentes du monde de l'électronique faible consommation, un contrat d'étude et développement a été lancé fin novembre avec la société Actech Ingénierie



BOB est un système d'observation des cibles présentes dans la colonne d'eau en particulier des panaches de bulles qui s'échappent du fond. Ce module autonome est conçu autour d'un sondeur halieutique. Il est déployé au bout d'un câble, largué à une dizaine de mètres du fond et éventuellement repositionné par un ROV. Il balaie ensuite l'horizon sous marin par pas angulaires de façon cyclique. Pour chacune de ses positions successives, il acquiert les données acoustiques, ainsi que certains paramètres environnementaux (inclinaison et cap de la station, température et pression du milieu environnant).



Les déploiements de 2009 (campagne MARMESONET) et 2011 (MARMARA-2011 et mission « RRS James Clark Ross 253 », à l'ouest de l'archipel du Svalbard) ont permis d'évaluer les performances de l'appareil et de souligner l'intérêt qu'il y aurait à travailler avec des capteurs acoustiques dont la portée ou l'ouverture seraient plus importantes.

Les objectifs du projet sont les suivants:

- Actualiser l'électronique embarquée pour préparer la réalisation de nouveaux modules autonomes et assurer le maintien en conditions de fonctionnement du module actuel (rechange de l'électronique actuelle),
- Développer et valider la chaîne acoustique avec un sondeur plus basse fréquence, un 38 kHz (achat, test des composants et calibration en bassin du capteur),
- Pré-étude mécanique de l'intégration des nouveaux composants,
- Développement de modules logiciels participant à l'automatisation de la gestion du fonctionnement et du traitement des données.

## Résultats en 2012

L'effort s'est porté en 2012 sur:

- L'approvisionnement des capteurs
- Le choix de l'architecture : BOB38 sera basé sur le nouveau cœur électronique faible consommation destiné aux observatoires non câblés « COSTOF2 », développé dans le cadre de l'action de ressourcement Carnot MOMES
- Le développement logiciel : étude et développement d'un layer Multidata BOB permettant la représentation des données mono-faisceau dans le visualisateur 3D d'Ifremer, 3DViewer

# Opto-alimentation et transmission de données par voie optique pour des observations fond de mer

Ces travaux ont été menés dans le cadre de l'axe 5 du GIS Europôle Mer et concernent l'étude de l'opto-alimentation et de la transmission de données par voie optique pour des observations fond de mer, cette action est menée conjointement par RDT et le Lab-STICC de l'ENIB. Il s'agit de valider la possibilité d'alimenter des capteurs à plusieurs kilomètres par une fibre optique assurant également la transmission de données.

## Résultats en 2012

Un post-doctorat a permis d'étudier la marinisation d'un dispositif de transmission opto-alimenté à partir d'une maquette en cours d'achèvement à l'ENIB, l'application à une extension de réseau d'observation sous-marin et la caractérisation d'éléments optiques sous-marins sous forte pression et forte puissance optique.

Pour y parvenir, il était nécessaire d'identifier et de lever les verrous technologiques liés à l'application sous-marine, de contribuer à l'optimisation du système et de contribuer à la réalisation d'un démonstrateur en mer. Un résumé a été soumis pour présentation à la conférence Sub-Optic 2013 à Paris (A High Pressure and High Optical Power Characterization Method Designed for Underwater Optical Elements).

### 3. STRUCTURES ET EQUIPEMENTS EN MER

Dans le domaine de structures et équipements en mer, RDT s'implique dans la connaissance précise de tous les mécanismes d'interactions entre le milieu marin et les structures (offshore pétrolier et gazier, énergies marines renouvelables, structures navales...) : chargements hydrodynamiques liés aux conditions environnementales, interactions fluide/structure (modélisation numérique et approche expérimentale), lois de comportement des matériaux sous l'action combinée de l'eau de mer et de chargements mécaniques, mécanismes de colonisation des substrats par les salissures marines et recherche de nouveaux procédés de lutte moins nocives.

Le premier objectif de ces travaux est de fournir des connaissances ou des méthodes pour concevoir des structures et des équipements marins présentant une espérance de tenue conforme à la durée de vie requise et capables d'assumer la fonction à laquelle ils sont destinés pendant celle-ci.

Les compétences développées sont également utilisées :

- pour évaluer la faisabilité d'opérations en mer et les optimiser,
- pour le développement de technologies de construction ou de protection respectueuses de l'environnement.

### **3.1 TENUE DANS LE TEMPS/DURABILITÉ DES STRUCTURES ET DES ÉQUIPEMENTS DANS L'ENVIRONNEMENT MARIN OU DANS DES CONDITIONS D'UTILISATIONS SPÉCIFIQUES AUX OPÉRATIONS EN MER.**

Les travaux menés visent à développer des connaissances et les méthodologies (d'assemblage, de dimensionnement, de protection ...) qui permettent de concevoir des structures ou des équipements répondant à un cahier des charges (par exemple, amplitudes de mouvements admissibles), et présentant l'espérance de vie requise dans l'environnement auquel ils sont exposés.

Les sujets abordés portent sur :

- la caractérisation des conditions environnementales (houle, vent, courant, paramètres physico-chimiques de l'eau de mer),
- le comportement dynamique (mouvements, efforts globaux) de la structure soumise aux chargements induits par ces conditions,
- la tenue des matériaux (et des assemblages de matériaux) dans l'environnement marin et les conditions d'utilisation spécifiques aux opérations maritimes.

La modélisation statistique fine de conditions environnementales complexes (superposition de plusieurs système de houle, de vent, de profils de courant) est un préalable à la connaissance des chargements et a fait l'objet d'un effort de recherche soutenu depuis plusieurs dizaines d'années. Les travaux les plus récents portent sur la prise en compte des effets non-linéaires dans la statistique des valeurs extrêmes et la génération de composantes d'excitation à basse fréquence.

Les travaux menés sur le comportement dynamique des structures représentent une part importante de l'activité de RDT et nécessitent de fortes compétences en hydrodynamique expérimentale. Ils visent notamment à valider et à enrichir les modèles numériques en usage dans les ingénieries.

Dans le domaine de la tenue des matériaux, la stratégie consiste, le plus souvent possible, à adosser les résultats expérimentaux obtenus à une démarche de caractérisation et de modélisation des phénomènes observés : on peut citer la migration d'eau de mer dans le matériau éventuellement accélérée par les contraintes cycliques imposées, les phénomènes d'hydrolyse ou autres réactions chimiques ou biochimiques dues à la présence d'eau de mer, les dégradations par friction interne ou échauffement dû au gradient de déformation au sein de matériaux hétérogènes. La démarche de modélisation permet de faire le lien entre les propriétés des matériaux de base (fibres, microsphères, matrice polymère etc.) et celles des matériaux obtenus par assemblage (mousses syntactiques, câbles tressés ou toronnés, matériaux composites, assemblages collés etc.) et, ainsi, de disposer des connaissances et des méthodologies nécessaires pour optimiser le choix des matériaux de base et des modes d'assemblage.

Enfin, sur l'ensemble des sujets, le point fort de RDT est le développement d'une approche intégrant la modélisation de l'environnement et celle du comportement dynamique des structures, basée sur la caractérisation rhéologique fine des matériaux constitutifs. Cette approche intégrée est indispensable pour obtenir la description statistique des mouvements et des chargements permettant la mise en œuvre de méthodes fiabilistes de dimensionnement vis-à-vis de la fatigue ou des valeurs extrêmes.

# Besoin de matériaux d'isolation thermique et/ou flottabilité



Depuis une dizaine d'années, RDT conduit des études pour mieux connaître le comportement des matériaux utilisés en grande profondeur. Cette demande est particulièrement forte dans le domaine de l'exploitation pétrolière où les conditions d'exploitation deviennent de plus en plus sévères : les opérateurs pétroliers commencent à préparer l'exploitation par 4000 m de profondeur et/ou avec des températures d'exploitation pouvant dépasser 150°C.

Ces conditions d'exploitation conduisent à l'utilisation ou au développement de matériaux à propriétés spécifiques (flottabilité, isolation thermique ou électrique ...) dont la connaissance du comportement à long terme (durée de vie souhaitée >25 ans en conditions de service) est souvent mal appréhendée.

L'effet de l'environnement marin, en particulier de la pression, sur le comportement mécanique et sur les cinétiques de vieillissement doit donc être étudié afin de proposer les modèles d'extrapolation de comportement à long terme et les procédures appropriées d'évaluation de ces matériaux.

Ces recherches sont principalement conduites dans le cadre de contrats d'études partenariales (Joint Industry Projects, projets CITEPH, collaboration bipartie) répondant à la mission affichée par l'Institut Carnot Ifremer-EDROME. Compte tenu de retombées potentielles au niveau industriel, la plupart de ces études font l'objet d'accords de confidentialité conduisant à une diffusion limitée des résultats obtenus.

## Résultats en 2012

Dans de nombreuses études partenariales, l'expérience de RDT est recherchée pour la définition de procédures d'essais, notamment des essais de vieillissement accéléré :

- pour le revêtement de pipe-lines, le bon comportement en conditions marines d'un nouveau polymère thermodurcissable pDCDP (Polydicyclopentadiène), produit par la société TELENE, a été confirmé par des essais de vieillissement accéléré et une étude des mécanismes de dégradation réalisée dans le cadre d'un projet CITEPH terminé en 2012<sup>17</sup>. Une suite à ce projet permettra d'étudier les procédés de réalisation de *field joints* avec ce matériau ainsi que les caractéristiques des joints obtenus.
- des études visant à caractériser et à modéliser la dégradation ont également été réalisées sur des revêtements polyuréthane destinés à des flowlines à haute température à grande profondeur. Un nouveau type d'essai de vieillissement accéléré a été mis au point et intégré à la norme applicable<sup>18</sup>.

Sur le comportement mécanique des mousses syntactiques, Dominique Choqueuse a soutenu une thèse<sup>19</sup> encadrée par D. Perreux de l'Université de Franche Comté. Un travail original et très important sur la caractérisation de ces matériaux a fourni des valeurs pour une modélisation détaillée des matériaux de flottabilité et d'isolation thermique.

<sup>17</sup> Le Gac P.Y., D. Choqueuse, C. Zimmer, G. Recher, D. Melot (2012), pDCPD : a new polymer for deep sea field joint coatings?, Pipeline Coating 2012, Vienna, Austria, Feb 2012.

<sup>18</sup> Le Gac PY, Davies P., Celina M., Fayolle B. (2012), Relationship between chemical and mechanical modification during oxidation of chloroprene rubber, MODEST, Prague, Sept 2012.

<sup>19</sup>D. Choqueuse, Experimental study and analysis of the mechanical behaviour of syntactic foams used in deep sea. PhD Thesis, Université de Franche-Comté, 2012

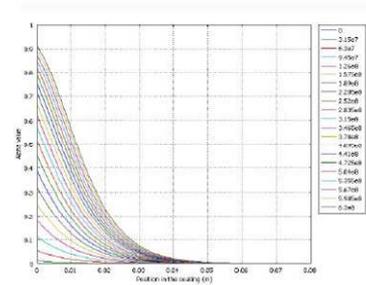


Essais sur petites  
éprouvettes  
 $P = 200 \text{ bar}$   $T = 4 \text{ à } 160^\circ\text{C}$   
2 ans



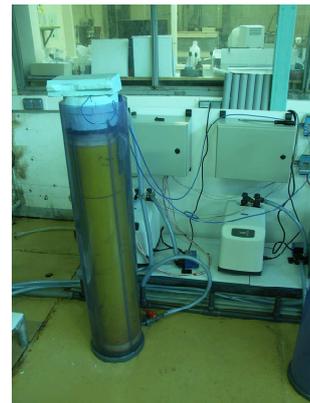
Essais sur élément de  
structure à échelle 1  
 $P_{\text{ext}} = 200 \text{ bar}$   
 $T_{\text{ext}} = 4^\circ\text{C}$   
 $T_{\text{int}} = 110^\circ\text{C}$   
2 ans

Corrélation  
modèle essai



Modélisation du  
comportement à long  
terme

Essais accélérés  
sur structure à  
échelle réduite  
6 mois



# Ancrages : optimisation, fiabilisation



La tenue des systèmes d'ancrage ou d'amarrage constitue un point crucial dans la conception de structures flottantes. Ce sujet a été identifié comme un thème fédérateur des actions de recherche menées à RDT dans le domaine de l'océano-météo, l'hydrodynamique, la conception fiabiliste et sur l'utilisation des câbles synthétiques. Développées pour répondre au problème de l'ancrage de structures flottantes pour la production d'hydrocarbures, les connaissances acquises constituent une base solide pour aborder les problèmes nouveaux posés par l'ancrage de structures pour la conversion des énergies marines renouvelables.

## Résultats en 2012

Du fait de la souplesse des lignes d'ancrage, le comportement des flotteurs ancrés présentent une réponse à basse fréquence dimensionnante pour la tenue de ceux-ci. Les travaux menés en 2012 sur cette thématique s'inscrivent dans le cadre du projet européen Hydralab, du projet CITEPH Ultra Shallow Water sur la houle en eau peu profonde et des travaux sur la caractérisation des câbles synthétiques.

Le projet européen FP7 HYDRALAB IV vise à structurer et à faire progresser les techniques expérimentales dans le domaine de la recherche sur les interactions complexes environnement (hydraulique, glace, mouvements sédimentaires) /structure, menée dans les différentes infrastructures européennes. Ce projet inclut des activités de réseautage, de recherche collaborative (JRA : Joint Research Activity) et d'accès transnational. Dans le cadre de la JRA Ires « Physician Modelling of waters for structural response », RDT a opéré des essais en bassin sur un flotteur en vue de l'évaluation des QTF (Quadratic Transfer Functions) nécessaire pour prédire l'amplitude des mouvements lents, dimensionnants pour les lignes d'ancrage d'une structure flottante.

RDT a également contribué à la "Foresight Study on laboratory modelling of structures loaded by waves or ice".

Le projet Citeph Ultra Shallow Water (<http://gep-france.com/citeph/programmes/detail/16>) concernant les interactions houle/structure en eau très peu profonde s'est terminé avec une dernière réunion des partenaires le 16 avril dans les locaux de Principia à La Ciotat puis par la remise des rapports finaux fin décembre 2012. RDT a conduit des simulations numériques de propagation de houle en fond plat et incliné par la méthode de Boussinesq revisitée par Madsen en comparaison avec des essais conduits au BGO First.

Enfin, cette activité fait l'objet d'une collaboration avec Dyneco, dans le cadre du Labex Mer : les données sur la climatologie des ondes infra-gravitaires constituent une des entrées pour aborder la modélisation probabiliste du comportement basse-fréquence des méthaniers amarrés à des terminaux offshore.

Dans le domaine des câbles synthétiques, des travaux de caractérisation et de qualification de câbles synthétiques en vue de leur utilisation pour les ancrages ont été menés dans le cadre de JIPs ou de fiches CITEPH.

Les travaux se sont poursuivis à travers le démarrage d'une seconde phase du JIP OHP portant sur les aussières d'amarrage pour les opérations de déchargement de FPSOs (floating production storage and offloading unit) ou de TLPs (tension leg platform). La première phase avait permis de constituer une base de données pour des raideurs d'aussières en polyamide de type « 3 torons » et « double tresse » en prenant en compte la fréquence de sollicitation (fréquence de houle ou basse fréquence). La seconde phase vise à aborder les questions de durée de vie en ambiance eau de mer (actuellement les aussières synthétiques sont remplacées chaque année), à compléter les données sur les caractéristiques en raideur à faible charge et à envisager d'autres matériaux ou d'autres structures de câble.

En complément des essais de caractérisation des torons, le comportement en eau de mer des fibres est analysé :

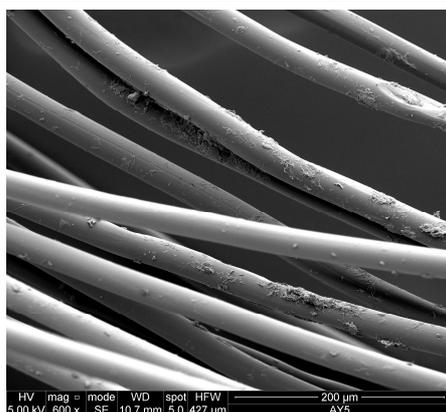
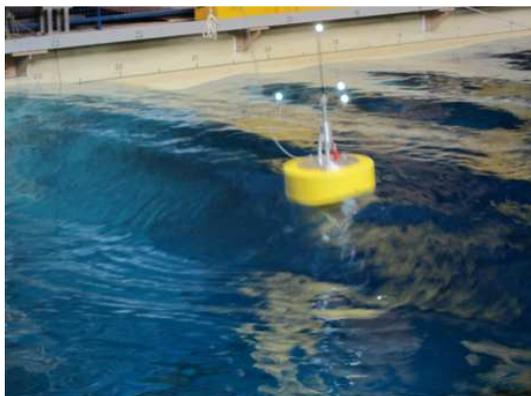


Image prise au microscope électronique à balayage de fibres polyamides après vieillissement en mer.

Dans le cadre du projet Interreg IV MERIFIC, les travaux de soutien technologiques portent essentiellement sur le comportement dynamique des lignes d’ancrages synthétiques pour les convertisseurs d’énergie marine flottants.

Une bouée test (*South Wales Mooring Test Facility*) instrumentée a été mise en place au Sud de l’Angleterre par l’Université d’Exeter. Des essais complémentaires ont été réalisés en Août 2012 au bassin de Brest sur une maquette à l’échelle 1/5 afin d’évaluer les problèmes d’effet d’échelle dans les études de modélisation du comportement dynamique de lignes d’ancrage synthétiques. Différents types de lignes d’ancrage ont été testés et les phénomènes induits par la présence de bio-salissures ont également été investigués. Ces essais ont été associés à une campagne de caractérisation des propriétés mécaniques et dynamiques de lignes synthétiques neuves et usagées menée sur les bancs de traction de RDT. Ces travaux ont fait l’objet d’une publication à la conférence ICOE 2012 (Dublin, Ireland) : « *Durability of synthetic mooring lines for ocean energy devices* »<sup>20</sup>.

Pour en savoir plus : <http://www.hydralab.eu/>



Maquette de la bouée SWMTF au bassin de Génie Océanique de Brest

<sup>20</sup> Weller S, Davies P, Thies P, Harnois V, Johanning L (2012), Durability of synthetic mooring lines for ocean energy devices, Proceedings ICOE 2012, Dublin

# Vieillessement des structures en matériaux composites immergées en eau de mer



L'intérêt des matériaux composites, en général, réside dans :

- la possibilité de concevoir une structure optimisée en choisissant la nature et l'orientation des renforts,
- une faible densité par rapport à un matériau métallique,
- l'absence de corrosion.

Toutefois l'absence de corrosion peut être contre-balancée par une dégradation du matériau sous l'effet de l'absorption d'eau. Le mécanisme d'absorption et de dégradation est sans doute accéléré lorsque la structure est soumise à des chargements cycliques, ce qui est le cas lorsqu'il s'agit du matériau constitutif d'un capteur d'énergie du type pales d'hydrolienne par exemple.

Enfin, il faut rappeler que les pièces en matériaux composites sont souvent réalisées par assemblage collé de plusieurs éléments et que leur liaison à d'autres parties de la structure (moyeu pour des pales par exemple) nécessite également une liaison collée. L'étude de la tenue dans le temps d'éléments composites englobe nécessairement celle de la tenue de ces liaisons.

## Résultats en 2012

Comme indiqué en introduction, les travaux de modélisation et d'expérimentation sur des échantillons sont, autant que possible, menés en parallèle. Les travaux de thèses listés ci-dessous illustrent cette démarche :

- Bun Sar<sup>21</sup> a soutenu sa thèse à l'Université de Nantes sur la modélisation de la diffusion d'eau sur les matériaux composites et le couplage avec les contraintes mécaniques.
- en ce qui concerne les adhésifs, Julien Maurice<sup>22</sup> a soutenu sa thèse, réalisée en collaboration avec Airbus (bourse CIFRE) et ENSTA Bretagne. Il a développé une procédure d'identification et une modélisation permettant de tenir compte des contraintes hydrostatiques dans le dimensionnement d'assemblages collés.

<sup>21</sup> B-E Sar, Une approche thermodynamique pour la modélisation multi-physique du comportement hydro-mécanique couple des polymères, Université de Nantes, décembre 2012.

<sup>22</sup> J. Maurice, Characterization and modeling of the 3D elastic behavior of structural adhesives films for aeronautical applications, UBO, décembre 2012

## Fiabilisation/tenue dans le temps des composants en élastomères

Les élastomères, plus communément appelés caoutchoucs, sont des matériaux organiques possédant des caractéristiques intrinsèques bien particulières telles qu'une forte capacité à se déformer, une faible raideur, une faible absorption des ondes acoustiques ou encore une forte isolation thermique. Ces matériaux sont donc largement utilisés en génie océanique notamment pour des applications telles que les joints d'étanchéité, les antennes acoustiques, les pièces de liaison ou encore les tuyaux flexibles.

Les matériaux de ce type sont sujets à des vieillissements importants et rapides (en comparaison aux autres polymères) qui se traduisent par la modification de propriétés usuelles. L'appréhension des effets du vieillissement devient indispensable aussi bien d'un point de vue économique (augmentation de la durée de vie des structures en mer) que d'un point de vue écologique (réglementation REACH, adéquation durée de vie et durée d'utilisation).

La prédiction de la durée de vie d'un élastomère en milieu hostile est actuellement mal maîtrisée. Afin d'améliorer les connaissances sur ce sujet, RDT cherche à :

- comprendre les mécanismes chimiques mis en jeu lors de la dégradation en mettant en place des essais de vieillissement accélérés adaptés au milieu marin,
- évaluer les relations structures-propriétés afin de relier les évolutions chimiques aux propriétés usuelles,
- évaluer les prédictions de durée de vie en réalisant, entre autres, des essais en laboratoire sur des durées importantes (vieillessement 10 ans).

Ces axes de recherche sont développés en s'appuyant sur des collaborations régionales (ENSTA, UBS), nationales (ENSAM, INSA) et internationales (TARCC-UK, Sandia National Lab.-USA) dans le cadre de projets co-financés par Thales Underwater System et par le ressourcement Carnot.

### Résultats en 2012

L'année 2012 a été consacrée à la mise en évidence des liens existants entre l'aspect chimique de la dégradation et les conséquences sur les propriétés usuelles telles que la raideur ou l'énergie de fissuration.

Ces résultats ont été présentés devant la communauté scientifique lors de la conférence MODification Degradation and Stabilization of Polymers à Prague en Septembre 2012<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> Le Gac PY, Davies P., Celina M., Fayolle B. (2012), Relationship between chemical and mechanical modification during oxidation of chloroprene rubber, MODEST, Prague, Sept 2012.

RDT possède une expérience acquise sur de nombreuses années sur la prévention de la corrosion de structures métalliques. Une large collaboration est établie avec l'Institut de la Corrosion implanté à Brest.

## Résultats en 2012

Les travaux de recherche menés actuellement portent sur :

- L'optimisation de dispositifs de protection cathodique de conduites de dessalement d'eau de mer en partenariat avec Véolia et l'Institut de la Corrosion.  
Les résultats expérimentaux obtenus à l'Institut de la Corrosion à partir d'une maquette ont pu être comparés aux résultats de modélisation générés à RDT à l'aide du logiciel PROCOR<sup>24</sup> (PROtection cathodique contre la CORrosion). Les premiers calculs ont démontré la bonne corrélation des calculs avec les valeurs mesurées en laboratoire. L'étude a été poursuivie en 2012 dans le cadre d'un partenariat entre l'Institut de la Corrosion, Véolia, KSB et l'Ifremer.
- La fourniture aux concepteurs de protection cathodique, de données, relevées *in situ*, de demandes en courant pour protéger les aciers inoxydables à hautes limites élastiques ; l'Ifremer est partenaire du projet ICP-DSS (Cathodic Protection of Duplex Stainless Steel for Deep sea Application) qui vise à étudier le comportement des matériaux Inox Duplex en eau de mer profonde en apportant son expérience pour la conception de dispositifs d'exposition d'échantillons sur site. Les données recueillies devraient permettre de mieux comprendre l'influence du biofilm sur la protection cathodique des aciers inoxydables.

<sup>24</sup>Ce logiciel a été développé, il y a plusieurs années, dans le cadre d'une collaboration entre le Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM), Elf Aquitaine Production et l'Ifremer pour traiter les problèmes de dimensionnement ou de contrôle de systèmes de protection cathodique de structures immergées ou enterrées

# Méthodologies de dimensionnement ou d'estimation de durée de vie



## Méthodologies de calcul en fatigue sous chargement induit par une climatologie complexe

Les études de "Fatigue en Climatologie Complexe" ont pour objectif de suppléer aux insuffisances des méthodes actuelles de dimensionnement des ouvrages en mer soumis aux charges répétées lorsque les chargements combinent des sollicitations à plusieurs fréquences et suivant plusieurs directions. Ce type de situation est la règle dans le golfe de Guinée, pour les champs pétroliers de la Namibie à la Côte d'Ivoire, qu'abordent de multiples houles, mais elles sont aussi déterminantes pour l'exploitation de la plupart des installations d'énergie marine renouvelable, où qu'elles soient, et conditionnent également d'autres applications comme par exemple l'érosion côtière.

Les recherches visent à répondre à :

- comment déterminer de manière simple la fatigue due à une combinaison de plusieurs systèmes de vagues à partir de la fatigue que créerait chacun des systèmes considérés isolément ? Cet aspect est nécessaire pour s'affranchir de l'explosion combinatoire du nombre de cas de calcul à résoudre.
- comment représenter et estimer une climatologie de systèmes combinés de vagues pour déterminer l'ensemble des conditions qu'un ouvrage est susceptible de rencontrer au cours de sa durée de vie ?

### Résultats en 2012

Pour la première question, la méthode ICA développée depuis 2008 permet d'effectuer des calculs en fatigue des structures soumises à des sollicitations aléatoires dans des gammes de fréquences multiples avec une durée de calculs très courte. Elle avait continué à être améliorée dans une nouvelle version et validée en 2011.

Pour la seconde et pour permettre la mise en application de cette méthode, des travaux visant à définir des probabilités jointes d'occurrence de systèmes d'états de mer ( Mer du vent + 1 ou 2 systèmes de houle) constituent une étape indispensable. Une étude préliminaire a débouché sur le démarrage d'une thèse en 2012 (avec le soutien de TOTAL ) sur la faisabilité d'une approche par climatologie d'évènements pour simuler des séries temporelles réalistes plus longues que les séries de mesure disponibles ou celles obtenues par les techniques classiques de rétro-simulation.

## Méthodologies de dimensionnement vis-à-vis de chargement extrême ou comportement extrême : Logiciel PROWESS (ressourcement Carnot)



ALTRAN



BUREAU VERITAS

eurogia+



MME GROUP



UNIVERSITÉ de Liège



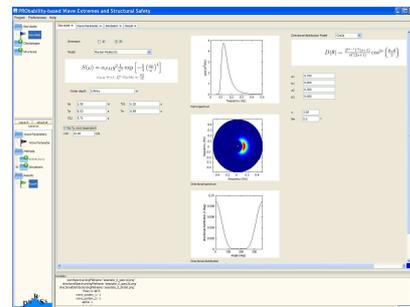
Design Naval & Transports

Depuis plusieurs années, RDT a participé à différents projets de recherche partenariale sur l'étude des vagues et états de mer et sur la modélisation du comportement dynamique de flotteurs sous leur action (JIP-WACSYS, JIP-WASP, RTPG-ROULIS, RTPG-CHEPP...). Dans ce cadre, RDT a développé des méthodologies et algorithmiques pour le calcul des probabilités de situations extrêmes (hauteur de vague, mouvement de roulis, mouvements et efforts basse-fréquence). Afin de valoriser ces travaux et de faciliter la diffusion de ces méthodologies au sein des sociétés d'ingénierie, le développement d'une application logicielle portable et évolutive mettant en œuvre ces méthodes est nécessaire. Cette application logicielle doit être facilement interfaçable avec les codes de tenue à la mer existants. Cette diffusion élargie permettra de mieux sensibiliser les industriels à l'intérêt de ces méthodologies et de susciter de nouveaux travaux de recherche dans le domaine de la fiabilité des structures exposées à l'environnement océano-météo. Les développements ont été spécifiés pour viser des utilisateurs, ingénieurs de dimensionnement (pétrolier et gazier ainsi que Energies Marines Renouvelables) non spécialistes en méthodes statistiques et probabilistes ainsi que pour servir d'outil pédagogique dans le cadre de leur formation.

### Résultats en 2012

Le logiciel PROWESS (PROBability-based Wave Extremes and Structural Safety) est une structure d'accueil permettant d'intégrer et interfacier les routines développées par RDT pour estimer les probabilités de vague ou de comportement extrême d'une structure en offrant une interface conviviale. La première phase a porté sur la spécification et le développement de la structure informatique et sur l'intégration des routines relatives aux propriétés à court terme des vagues.

Le développement de l'interface graphique utilisateur (confié à la société ALTRAN) et des modules de communication avec les bibliothèques Matlab d'algorithmies a été achevé en 2012. Il a été financé sur le "Ressourcement Carnot". Les méthodes actuellement implantées dans cette interface concernent les analyses court-terme, c'est à dire à l'échelle d'un état de mer (1 à 3 heures) et ceci pour les caractéristiques des vagues.



### Surveillance des structures en Mer

La durée de vie visée initialement à la conception d'une structure doit être réévaluée au cours de sa vie, en fonction des chargements qu'elle a subis ou des endommagements qui ont été détectés soit lors d'inspection, soit par un système de surveillance. RDT participe au développement d'un outil générique visant à intégrer les informations d'inspection ou de systèmes de surveillance dans une interface logicielle de suivi en service de structures. Cet outil, développé par le Bureau Veritas, dénommé Hull Life Cycle - Asset Integrity Management System vise l'application aux fermes de récupération d'énergies marines. Il est mené dans le cadre d'un projet Eurogia+(The Eureka cluster for low-carbon energy) technologies, <http://www.eurogia.com/component/project/1-hlc-aims.html>

### Résultats en 2012

En 2012, les travaux ont porté sur l'intégration de procédures d'inspection basée sur le risque adaptées à la spécificité d'un grand nombre de structures identiques exposées aux mêmes conditions d'environnement, typique des fermes de récupération d'énergies marines.



## MODNAT : MODélisation probabiliste des phénomènes NATurels



Le projet MODNAT a pour objectif de développer des modèles numériques probabilistes permettant de reproduire (trajectoires temporelles) ou de prendre en compte (loi des extrêmes) de façon fidèle les effets de phénomènes naturels incertains. Les études envisagées concernent la modélisation des séismes, de la houle et de la rafale turbulente. Ces deux dernières ont des applications directes dans les projets EMR. Le projet a été labellisé par les pôles de compétitivité VIAMECA, pôles Mer Bretagne et PACA.

Les retombées scientifiques à l'issue de ce projet seront de plusieurs natures: mise à la disposition de la communauté scientifique et des industriels de modèles stochastiques génériques permettant de représenter plus précisément les aléas naturels, développement de méthodes de simulations numériques des processus et champs stochastiques non gaussiens et non stationnaires, à moyen terme réduction des marges de sécurité dans la conception de structures soumises aux aléas naturels, entraînant une réduction des coûts de production et de fonctionnement, réduction pour certains domaines des impacts environnementaux, modèles suffisamment généraux pour être utilisés dans d'autres disciplines, finances, biologie, médecine etc.

RDT est en charge des études de modélisation et simulation de la houle non-linéaire par des processus de Laplace à Moyenne Mobile.

### Résultats en 2012

La réunion de lancement a eu lieu le 1er octobre avec les partenaires ONERA (leader), EDF R&D, l'Institut Pascal, IFP Energies nouvelles et l'université de Brighton.

D'une durée de 39 mois, ce projet permet le co-financement d'un post-doctorant sur le sujet.

Pour en savoir plus : <http://sites.onera.fr/MODNAT/project>

---

## 3.2 OPÉRATIONS EN MER

Ce sujet traité au sein de RDT valorise des compétences développées initialement pour les problèmes de dimensionnement et de tenue des installations.



## Installation/Mise en œuvre d'équipements à grande profondeur



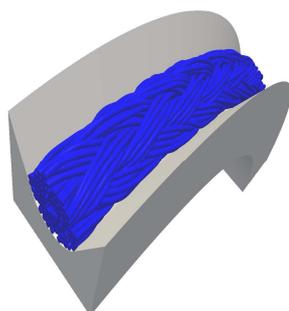
Cette étude s'inscrit dans la thématique de développement et qualification de câbles synthétiques adaptés à diverses utilisations. Les travaux de recherche menés sur l'optimisation de la structure des câbles profitent aux secteurs concernés de la production d'hydrocarbures en grande profondeur et de la géotechnique (carottage).

### Résultats en 2012

Le projet CITEPH, porté par l'Ifremer, sponsorisé par Technip et Subsea 7, associe le Bureau Veritas, le fabricant de treuil IMECA, le fournisseur de câble Samson et l'École Centrale de Paris et a pour objectif de générer les données expérimentales et les outils de modélisation nécessaires à la prédiction de la durée de vie de câbles synthétiques soumis à des sollicitations cycliques sur poulies. Ce chargement est rencontré non seulement dans des applications offshore (mise à l'eau d'équipement sub-sea) mais également dans des opérations océanographiques (mise à l'eau d'instruments, carottage, dragage...). L'essentiel du programme expérimental, comportant des essais de fatigue sur poulie et des mesures de coefficients de frottement entre poulie et câble (avec différents revêtements) a été réalisé en 2012. Pour estimer la durée de vie des câbles, 2 approches sont suivies : empirique, basée sur les résultats d'essais, académique, basée sur une modélisation numérique du comportement structurel du câble en flexion.



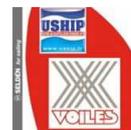
(a)



(b)

*Câbles de manutention. a) Modification de machine d'essais sur câbles permettant la simulation du comportement d'un câble sur treuil, b) Modélisation numérique du passage d'un câble tressé sur poulie.*

# Faisabilité d'opérations/qualification de procédures ou d'équipements.



RDT a pu valoriser ses acquis dans des études d'opérations marines et dans le développement d'aides à la décision pour la conduite de ces opérations.

## Aides aux opérations de recherche en mer

SECULMER vise à développer un système pour localiser un être humain ou un objet en situation de danger en mer. Le projet a donc pour objectif le développement d'un dispositif permettant à l'utilisateur en situation de danger en mer de déclencher l'ouverture d'un boîtier étanche et de libérer un ballon à gonflage automatique afin de faciliter son repérage par les unités de secours. Au-delà des stricts objectifs du projet, ce système se positionne comme un outil de repérage des colis à la mer. RDT est impliqué dans 4 des 18 tâches du projet.

Le système SECULMER s'adresse aux professionnels de la mer (pêcheurs professionnels, SNSM, remorqueurs, à toute personne intervenant en mer), aux équipes des courses au large, aux pratiquants des sports nautiques (voile, surf, pêche, ...) et pour des applications de surveillance et de mesures scientifiques en mer (bouées dérivantes, supports de mesures en mer, surveillance de zone à risques).

Le projet est labellisé par les Pôles Mer Bretagne et PACA

## Résultats en 2012

L'année 2012 a été consacrée à la rédaction de la Spécification Technique de Besoin. Un essai de déploiement de l'élément gonflable a été réalisé en rade de Brest en janvier pour en vérifier la visibilité. Une ingénieure RDT a participé aux essais aérodynamiques à l'ONERA (Lille) en octobre 2012.

# Génération de bulles par les mouvements d'étrave d'un navire

Le passage de bulles au niveau des équipements acoustiques positionné sous la coque des navires océanographiques peut entraîner une perturbation des signaux et une perte des données acoustiques. Ce phénomène peut avoir lieu lorsque les conditions de navigation se dégradent, ce qui diminue fortement la productivité de la flotte. Une meilleure compréhension du phénomène, ainsi que des solutions visant à limiter la génération et la propagation de bulles sous la carène, sont actuellement recherchées. Cette action est menée en soutien à l'Unité Navires et Systèmes Embarqués (NSE)..

## Résultats en 2012

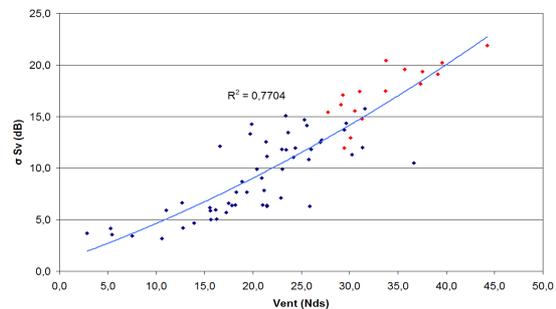
Les travaux, qui font l'objet d'une thèse, démarrée en 2012 et co-encadrée par l'IRENAV, comportent 3 axes :

- l'étude du phénomène physique,
- la détermination des conditions d'apparition du phénomène à partir de données acoustiques provenant de campagnes en mer
- l'étude expérimentale de la génération de bulles par les mouvements de l'étrave d'un navire.

A ce jour, un état des connaissances sur le sujet a été établi, notamment pour ce qui concerne l'entraînement d'air par jet plongeant et la génération de la vague d'étrave des navires. L'objectif de ces travaux est de déterminer un modèle d'entraînement d'air par les mouvements de l'étrave d'un navire. Un protocole d'acquisition de données acoustiques en mer a été établi et une méthode de traitement des données élaborée. Ce travail doit permettre de caractériser les conditions de navigation propices à l'apparition du phénomène et de pouvoir comparer le bullage sur différents navires pour étudier l'influence des paramètres navire (forme d'étrave...) sur le phénomène. Le traitement des données IBTS 2011 et 2012 a permis de tester ce protocole et d'obtenir des premiers résultats.



Zone d'étude des campagnes IBTS



Perturbation du signal acoustique en fonction de la force du vent sur zone

Des essais ont également été réalisés dans le bassin de Boulogne : une maquette du Pourquoi Pas ? a été mise en mouvement par un hexapode de manière à reproduire les mouvements du navire obtenus par simulation numérique dans des conditions propices à l'apparition du phénomène d'aération du milieu. L'objectif est d'identifier les configurations de navigation à éviter lors des campagnes de bathy-imagerie et d'étudier l'influence de certains paramètres tels que la forme de l'étrave sur le phénomène.



Maquette du Pourquoi Pas ? montée sur le système de génération de mouvements



Visualisation de l'écoulement par injection de bulles

# Equipements pour la prospection sismique

L'optimisation de la traînée sur les flûtes sismiques et sur l'ensemble du système tracté par le navire constitue une préoccupation récurrente pour les compagnies de prospection. L'objectif visé est double : d'une part, augmenter la vitesse de travail et d'autre part, augmenter le nombre de flûtes, tout en réduisant autant que possible la consommation de carburant, en maintenant la stabilité de l'ensemble ailes, déflecteurs, fairings, streamers et flûtes et en améliorant le comportement en mer. La finalité est de couvrir une zone de plus en plus grande, le plus rapidement possible afin de diminuer les coûts de prospection.

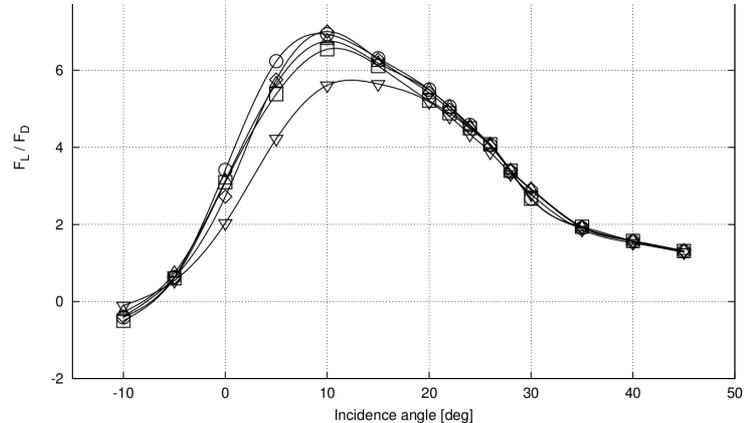
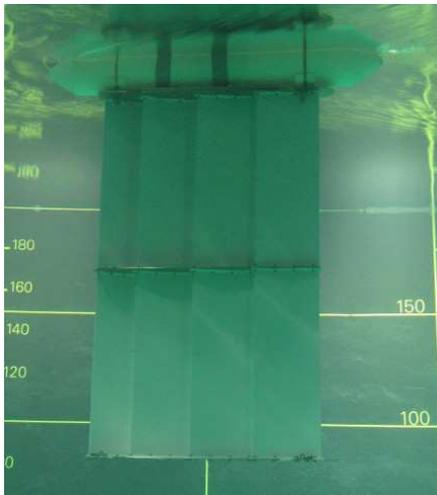
L'optimisation hydrodynamique du système d'acquisition peut s'effectuer de plusieurs manières :

- limiter la traînée et les vibrations sur les câbles de traction,
- améliorer les formes des poissons remorqués, des déflecteurs et autres dispositifs tractés,
- étudier le comportement des panneaux divergents en présence de houle et courant.

## Résultats en 2012

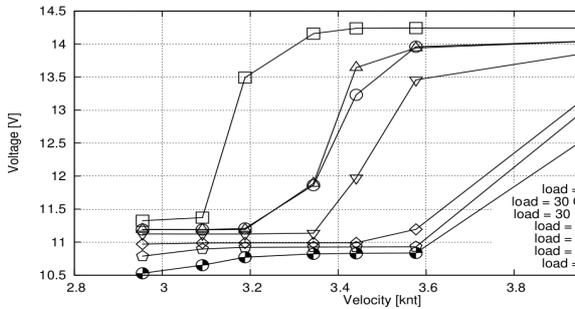
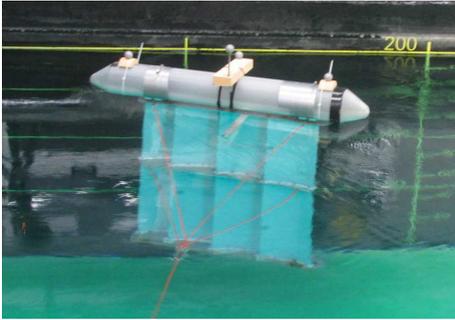
Durant l'année 2012, plusieurs campagnes d'essais ont été réalisées pour la compagnie de prospection sismique CGG-Veritas, sur différents modules composant le système tracté derrière les navires.

Le comportement sur houle et courant de plusieurs déflecteurs a été étudié afin de comparer et de calibrer les modèles numériques développés chez CGG. Des mesures d'efforts de traînée et de portance en position fixe pour différents angles d'incidence et de vitesses de courant ont permis de déterminer les polaires de chacun des panneaux testés (figure ci-après) et de caractériser leur fonctionnement.



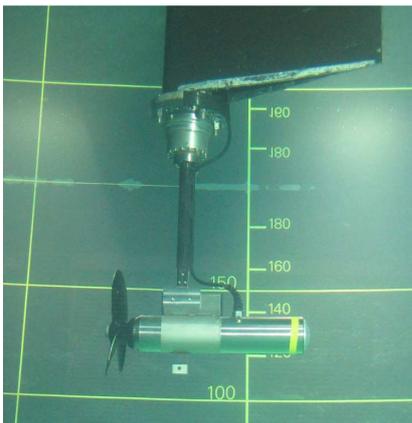
Caractérisation du comportement hydrodynamique d'un déflecteur statique

Des mesures de comportement dynamique des panneaux à l'aide du système de trajectométrie 3D Qualisys ont également permis de connaître le comportement de ceux-ci sous l'action simultanée de la houle et du courant (figure ci-après). Différentes bouées de surface ont été testées afin de connaître l'effet de ces dernières sur la stabilité des déflecteurs.



Caractérisation du comportement dynamique d'un déflecteur à partir de mesures de trajectométrie 3D

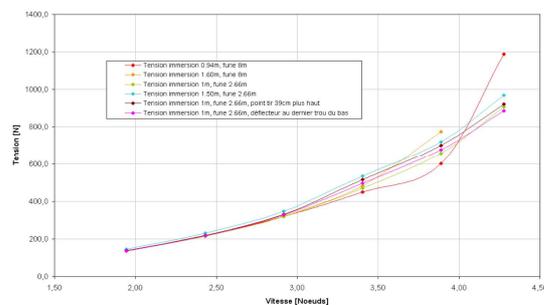
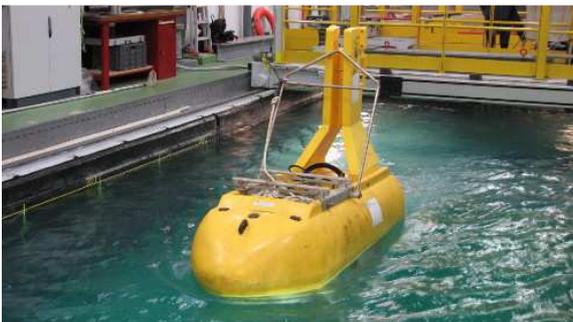
Un nouveau système de fairing équipé d'ailes portantes a également été testé. Le but de ces dispositifs est de diminuer la traînée sur les câbles (fairing classique) tout en produisant de la portance afin de soulager le déflecteur. Cependant, du fait de l'augmentation significative de la section des fairings par l'ajout des ailes, la traînée globale mesurée est supérieure à celle du câble nu. Une amélioration du dispositif est attendue pour l'année prochaine.



Au bout des flûtes sismiques se trouvent les bouées de queue qui sont souvent équipées d'hydrogénérateur afin de produire l'énergie nécessaire à l'alimentation électrique d'équipements spécifiques. Ces hydrogénérateurs n'avaient encore jamais fait l'objet de mesure de performance, c'est pourquoi la tension électrique aux bornes du moteur (figure ci-contre), la vitesse de rotation et la traînée ont été enregistrées en fonction de la vitesse du courant.

Mesure de rendement d'un Hydrogénérateur

La mesure de la traînée d'une bouée de queue a également fait l'objet de mesures en interne à l'Ifremer pour le service Navires et Systèmes Embarqués du département Infrastructures Marines et Numériques. La traînée de cette bouée a été mesurée pour différentes vitesses de courant et plusieurs points d'ancrage (Figure ci-après). Son comportement a également fait l'objet d'observations.



Mesure de traînée d'une bouée de queue

---

### 3.3 DÉVELOPPEMENT DE TECHNOLOGIES RESPECTUEUSES DE L'ENVIRONNEMENT

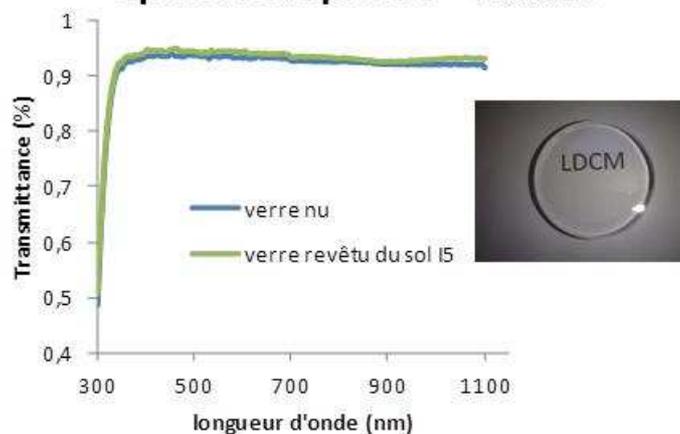
## Fonctionnalisation de surfaces (verre et acier) en vue d'inhiber l'adhésion bactérienne (Ressourcement Carnot)

Les conséquences de la présence de salissures marines sur des structures immergées en mer sont nombreuses ; ces dernières peuvent favoriser le développement de la corrosion, gêner l'inspection, perturber le fonctionnement de capteurs ou de mécanismes. Pour y pallier, des revêtements antisalissures sont généralement utilisés. Souvent nocifs pour la faune et la flore, de nouveaux procédés de lutte contre les bio-salissures issus de produits naturels sont étudiés à RDT.

### Résultats en 2012

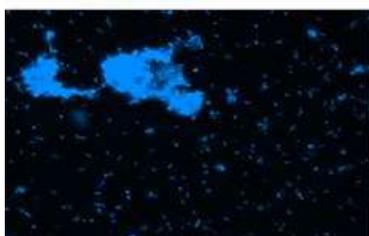
Les actions de recherche visent, dans un premier temps, à développer des techniques pour inhiber le développement des salissures sur des surfaces ou des objets de taille réduite. Une technique basée sur l'immobilisation d'une enzyme commerciale de type protéase (la subtilisine), qui avait montré une activité antibactérienne en solution, a été explorée. Le mode choisi est l'encapsulation de l'enzyme dans une matrice de sol-gel avant le dépôt de ce dernier sur le substrat (acier inoxydable/verre). Il présente l'avantage de réduire la perte d'enzymes par lixiviation. Cette action de recherche (financée par l'abondement Carnot) est menée dans le cadre d'une collaboration Inter-Carnot avec l'IC-CIRIMAT (U. de Toulouse). Deux formulations de sol-gel transparent (figure ci-après) ont été testées et montrent une bonne efficacité antibactérienne. Une difficulté à résoudre reste celle de leur adhésion sur des substrats métalliques ou verre.

### Spectroscopie UV-visible

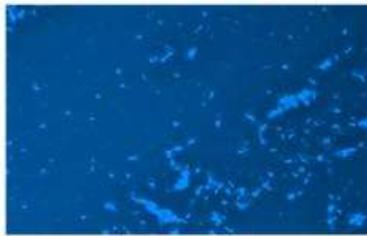


Propriétés optiques du verre sans et avec sol gel I5

Verre nu



verre - sol I5



verre - sol I5/Enzyme



Images de la colonisation bactérienne sur le verre, le sol-gel I5 sans enzyme et en présence de l'enzyme à 10mg/ml

## Compréhension des mécanismes d'adhésion des bactéries

Le Programme REI (Recherche Exploratoire et Innovation) « biofilms et corrosion d'alliages inoxydables en eau de mer » (2010-2013), qui vise à caractériser les biofilms associés à la corrosion d'alliages inoxydables en milieu marin (financement DGA). Une activité importante est menée sur la caractérisation pluridisciplinaire des biofilms responsables de l'activation d'alliages inoxydables en eau de mer et susceptibles de conduire à la corrosion accélérée des structures dans le cadre d'un projet soutenu par la DGA et en collaboration avec Corrodys, DCNS, l'Université de Caen / Basse-Normandie et l'Observatoire Océanologique de Banyuls.

### Résultats en 2012

Les observations au microscope Apotome et l'utilisation de fluochromes ont permis de mettre clairement en évidence une différence d'architecture des biofilms suivant l'activation ou non des échantillons d'acier inoxydable. Ces travaux ont été menés dans le cadre d'un post-doctorat<sup>25</sup>.

## Etude et caractérisation du génome de *Pseudoalteromonas* sp. D41

Les bactéries du genre *Pseudoalteromonas* sont très étudiées dans le cadre de la formation des biofilms marins. Ce sont souvent des bactéries pionnières des processus de colonisation d'une surface vivante ou inerte. Après avoir adhérees à un support, les cellules bactériennes se divisent et forment ensuite un biofilm proprement dit. Ce biofilm favorise le recrutement et l'adhésion de certaines espèces d'invertébrés et d'algues, entraînant ainsi la formation de salissures marines.

### Résultats en 2012

Afin de mieux comprendre les spécificités et mécanismes d'adhésion et de développement de biofilm dans le milieu marin, le génome d'une bactérie pionnière<sup>26</sup> (*Pseudoalteromonas* sp. D41) a été séquencé *de novo*, assemblé et comparé aux autres génomes disponibles de *Pseudoalteromonas*. Cette nouvelle espèce, *Pseudoalteromonas* sp. D41, présente des caractéristiques originales d'adhésion et d'inhibition de la formation de biofilms d'espèces bactériennes compétitrices. Son génome a été assemblé et une annotation syntaxique a été réalisée. A partir des séquences brutes de P. sp D41 et de toutes les espèces de *Pseudoalteromonas* disponibles, nous avons constitué une base de données homogènes permettant l'analyse comparative des répertoires de gènes de toutes ces espèces. Le Core ORFéome de ces espèces de *Pseudoalteromonas* a pu ainsi être déterminé. Un pipeline de prédiction du secrétome a été mis au point et appliqué à chacune des protéines de ces espèces. 490 protéines sont prédites secrétées chez P. sp D41 dont 66 uniques au genre des *Pseudoalteromonas*. Plusieurs peptidases et protéases d'intérêt ont ainsi été identifiées et pourraient expliquer ses propriétés d'inhibition de la formation des biofilms d'autres espèces bactériennes. Deux de ces molécules sont en cours de clonage dans des vecteurs d'expression afin de produire des protéines recombinantes pour tester leur activité *in vivo*.

Cinq îlots génomiques uniques à P. sp. D41 ont également été identifiés et annotés.

Cette étude et approche comparative a permis de mettre en évidence certaines spécificités du génome de cette nouvelle espèce, P. sp. D41. Elle se fait en collaboration avec F. Le Roux (Ifremer-SBR), et L. Quintric (IMN).

## Evaluation de l'efficacité de systèmes de protection dans le cadre de recherche partenariale Carnot

Le développement des salissures peut également provoquer un alourdissement et un accroissement de la rugosité qui se traduisent par une augmentation des chargements. Différents revêtements antisalissures ont été proposés et/ou évalués dans le cadre des contrats de recherches partenariales avec les sociétés Trelleborg et Sercel, notamment ceux destinés à la protection des dispositifs de pilotage des flûtes sismiques.

<sup>25</sup> Salaun Stephanie, Compere Chantal (2012). Etat d'avancement du post-doctorat intitulé « Organisation structurale et caractérisation biochimique des biofilms » (PROJET REI N°2010 34 00 10 Période du 1er novembre 2011 au 29 février 2012).

<sup>26</sup> Ritter Andres, Com Emmanuelle, Bazire Alexis, Goncalves Marina Dos Santos, Delage Ludovic, Le Pennec Gael, Pineau Charles, Dreanno Catherine, Compère Chantal, Dufour Alain (2012). Proteomic studies highlight outer-membrane proteins related to biofilm development in the marine bacterium *Pseudoalteromonas* sp D41. *Proteomics*, 12(21), 3180-3192.

# Eco-conception de navires



AHLSTROM



Les travaux sur l'éco-conception des navires concernent surtout les secteurs des bateaux de plaisance et des petits navires de pêche et visent notamment à remplacer les matériaux habituellement utilisés par des matériaux bio-sourcés ou bio compostables.

Le projet NavEcoMat, labellisé par le Pôle Mer Bretagne, propose la conception d'un matériau bio-composite haute performance, constitué d'un support en fibre végétale et d'une matrice ou liant biodégradable, compatible avec les contraintes de fabrication et d'utilisation des petites unités de plaisance. Les partenaires sont Plasmor, le Groupe Finot, Ahlstrom et le laboratoire L2PIC de l'Université de Bretagne Sud, Lorient L'association « Reporter Bleu », présidée par la navigatrice Catherine Chabaud, participe à la définition du cahier des charges du bio-composite et du prototype et contribue à la réflexion sur l'éco-conception et à la promotion du projet dans le milieu du nautisme.

## Résultats en 2012

En 2012 les travaux ont été poursuivis dans le cadre de deux collaborations :

- avec l'Université de Bretagne Sud ; la poursuite des travaux du projet NAVECOMAT sur l'influence de l'eau et l'analyse de cycle de vie a donné lieu à 3 articles<sup>27,28,29</sup> 16, 17
- avec la PME van Robaeys Frères, dans le cadre de la thèse CIFRE de Nicolas Martin, démarrée en 2011, étude de l'influence de l'étape de rouissage du lin sur les propriétés mécaniques des fibres et celles de matériaux composites.

En parallèle des travaux ont été réalisés dans le cadre de la collaboration avec le PME Kairos, l'écurie de course au large créée par Roland Jourdain à Concarneau afin de mieux connaître le comportement de biocomposites pour applications marines (ex : Glazboard, planche de surf éco-conçue, ou bientôt le Gwalaz, trimaran en composites bio-sourcés conçu en collaboration avec le chantier Tricat). Un article de grande diffusion a été publié, présentant l'intérêt de ces matériaux pour des applications marines.<sup>1</sup>

Un projet de dimensionnement d'un trimaran de 7 mètres en biocomposites bio-sourcés, le GWALAZ, (herbe marine en breton), a démarré avec Kairos et un chantier nautique Tricat. La construction en infusion sous vide d'un trimaran prototype de ce type est une première à cette échelle.



Eprouvettes de bio-sandwich, peaux en résine polyester partiellement bio-sourcée, renforcées de fibres de lin, âme en liège, après essais de caractérisation

<sup>27</sup> Baley C, Le Duigou A, Bourmaud A, Davies P, Influence of drying on the mechanical behaviour of flax fibres and their unidirectional composites Composites: Part A. Issue 43 (2012) 1226–1233

<sup>28</sup> Le Duigou A, Bourmaud A, Balnois E, Davies P, Baley C Improving the interfacial properties between flax fibres and PLLA by a water fibre treatment and drying cycle Industrial Crops and Products Issue 39, 2012, 31-39

<sup>29</sup> Le Duigou A, Deux J-M, Davies P, Baley C. PLLA/Flax Mat/Balsa Bio-Sandwich-Environmental Impact and Simplified Life Cycle Analysis Applied Composite Materials, Issue 19(3-4), (2012), 363-378

## 4. ENERGIES MARINES RENOUVELABLES (EMR)

L'UR RDT est impliquée depuis de nombreuses années dans le domaine des énergies marines renouvelables par ses compétences, ses expertises, ses moyens d'études en :

- Océano-météorologie (appliquée à la prévision et la ressource exploitable, et aux conditions de chargement mécanique des structures),
- Hydrodynamique (simulation et études expérimentales en bassin d'essais à Brest et Boulogne),
- Comportement mécanique des structures,
- Comportement des matériaux ; systèmes de protection contre la corrosion ;
- Salissures marines et moyens d'éviter leur fixation,
- Ingénierie de procédés, Développement technologique de systèmes de mesures *in situ*.

L'activité de RDT est essentiellement réalisée au sein d'études contractuelles avec des partenaires variés des secteurs privé et public. L'activité peut également être développée suite à une demande émanant de l'Etat ou de nos tutelles.

### Résultats en 2012

#### France Energies Marines



Depuis 2009, l'Ifremer, à la demande de l'Etat, a été porteur du projet de l'IEED France Energies Marines (FEM) tout en poursuivant son activité propre dans le domaine des EMR. En 2012, France Energies Marines est entré dans une phase de préfiguration. L'Ifremer est partenaire de FEM et y participe sous diverses formes : Comité Recherche et Développement, fiches thématiques.

C'est ainsi que l'Ifremer a initié deux fiches en 2012 :

- SOSMISE observatoires de fond de mer interactions houle-courant avec prise en compte de la turbulence de l'écoulement.
- la fiche sur les protocoles d'études d'impact hydrolien

RDT participe à d'autres actions en lien avec FEM. Ainsi, la convention de financement du projet PAPH entre l'ADEME, l'Ifremer et la société OpenOcéan a été signée et enregistrée le 10 Octobre 2012. Ce projet, porté pour l'Ifremer par RDT avec les départements LOS et Dyneco/Phyded ainsi qu'avec le soutien de l'équipe projet de France Energies Marines et intitulé « Prédiction Affinée du Potentiel Houlomoteur » (PAPH), a pour objectif la mise en oeuvre d'une méthodologie d'estimation de l'énergie d'origine houlomotrice convertible en électricité, faisant intervenir une modélisation plus complète de type « wave to wire » permettant de différencier l'efficacité des systèmes en fonction des caractéristiques d'état de mer localement rencontrées. La mer d'Iroise est sélectionnée comme zone d'intérêt de la méthode, de par le potentiel, la complexité des états de mer constatés, de leur dépendance vis-à-vis des courants de marée, et des fortes variabilités spatio-temporelles. Les fonctions de transfert de deux technologies seront ainsi utilisées, l'une offrant une réponse unidirectionnelle (système linéaire articulé), l'autre multi-directionnelle (bouée en pilonnement). Une analyse de sensibilité réalisée en comparaison avec les paramètres actuellement issus des atlas disponibles contribuera à valider la méthode.

#### Participation aux travaux d'Ancre, groupe programmatique P5 dédié EMR



RDT participe à l'animation du groupe programmatique 5 « Energies marines, hydrauliques et éoliennes » de l'Alliance Ancre (Alliance Nationale pour la Coordination de la Recherche sur l'Energie) .

Six programmes ont été identifiés. Ces programmes ont été intégrés lors de la préparation de la réponse pour l'IEED France Energies Marines.

## Participation à des groupes de travail et projets institutionnels

RDT participe à des projets institutionnels pour :

- une estimation du potentiel hydrolien (marée et surverse) dans les passes des atolls (Gouvernement et Haut-Commissariat de Polynésie)
- la récupération d'énergie sur les ouvrages côtiers et portuaires, IREX Emacop (avec le CETMEF),

Enfin, RDT participe au développement de la filière au niveau institutionnel par :

- des expertises pour les tutelles, notamment au sein du GT EMR de la DGEC (préparation des appels d'offres)
- son expertise pour le GERRI 2030 à La Réunion (participation à des colloques)
- son expertise auprès de l'ADEME
- son adhésion à des associations nationales et européennes des professionnels des différentes filières

## Participation à des projets de démonstrateurs avec des partenaires industriels



Les études numériques et les essais en bassin visant à évaluer ou à optimiser les performances d'un convertisseur (hydrolien, éolien flottant ou houlomoteur) relèvent de la recherche partenariale (typiquement : les projets de démonstrateurs 'ADEME', Bilboquet, les essais réalisés dans le cadre de MaRINET).

L'UR RDT est impliquée, au sein de consortiums industriels, dans les projets suivants co-financés par les Investissements d'Avenir dans le cadre de l'appel à manifestations d'intentions de l'Ademe de 2009 :

- éolienne flottante Winflo (avec Nass&Wind, DCNS,...),
- système houlomoteur SBM S3 (avec SBM, ECN),
- hydrolienne Orca (avec Alstom, EDF, ECN, UBO,...),
- hydrolienne Sabella,

Les projets suivants ont reçu des financements divers, hors Investissements d'Avenir :

- système houlomoteur Bilboquet (avec D2M, Océanides,..), co-financement FUI,
- hydrolienne Blustream (avec Gaz intégral), co-financement en cours de contractualisation FUI.



Bilboquet est un concept innovant de convertisseur houlomoteur omnidirectionnel de type absorbeur ponctuel.

*Réalisations 2012 :*

- Développement d'un modèle numérique du concept Bilboquet à l'aide du logiciel Hydrostar
- Etude pour l'évaluation de la ressource houlomotrice disponible en différents sites d'implantation potentiels ou sites d'essais (Golfe de Gascogne, la Réunion,...).

## Système houlomoteur de récupération d'énergie



Une nouvelle bouée équipée d'un système houlomoteur a été mise à l'eau le 21 novembre 2012 sur la concession IFREMER de Sainte-Anne du Portzic à Plouzané à proximité de la station de mesure MAREL IROISE. Cette bouée représente le démonstrateur d'un système de récupération de l'énergie des vagues développé par la PME GEPS-TECHNO, qui servira de base de développement lors des prochains mois. Ce système de récupération d'énergie pourrait être avantageusement embarqué à bord des bouées instrumentées pour la fourniture en énergie.

La collaboration entre la PME Nazérienne GEPS-TECHNO et IFREMER comporte l'encadrement d'un doctorant (bourse CIFRE en collaboration avec l'ENSTA). Les travaux du doctorant comprennent un volet modélisation ainsi qu'un volet calibration et validation expérimentale.

L'hexapode générateur de mouvement, le bassin d'essais à houle de Brest ainsi que la bouée démonstratrice mouillée sur la plate-forme d'essais de Sainte du Portzic permettront de valider les performances de ce module houlomoteur. Cette collaboration s'inscrit à la fois dans le projet Energies Marines Renouvelables et dans le projet ANR CAPTIVEN au sein de l'unité RDT.



## Participation à des projets européens

2 projets concernent l'accès à des moyens d'essais (bassins notamment) :

- Marinetech (Esfri, infrastructures de recherche) dédié spécifiquement aux EMR. Ce projet permet, avec les moyens de tous les partenaires, d'avoir accès à un large panel d'infrastructures européennes, dont des sites d'essais en mer,
- Hydralab4, valorisant les bassins d'essais, n'est pas dédié uniquement aux EMR.

2 projets Interreg intègrent une dimension de comparaison et de synergie régionale :

- Merific a pour but de favoriser le développement des énergies hydrolienne et houlomotrice entre la Cornouaille (UK), les îles Scilly et le Finistère avec la mer d'Iroise.
- Maren avait quant à lui pour but d'étudier le potentiel relatif à l'extraction énergétique des eaux côtières de la région Atlantique et permettre de prédire à la fois l'impact sur l'environnement des appareils conçus pour l'extraction des énergies renouvelables marines ainsi que l'impact sur l'environnement de l'utilisation de ces équipements (dont une analyse rétrospective de la Rance). Ce projet fut intégré au projet EMR mais développé par le Département Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes de l'Ifremer.

## Développements d'équipements de mesure *in situ*

Des projets spécifiques d'instrumentation pour les EMR ou leurs impacts ont été lancés, notamment :

- Blidar, bouée équipée d'un Lidar pour la mesure du vent auprès d'une structure de production,
- Simeo, système de monitoring pour suivi des variabilités et évolutions temporelles de l'activité biologique.

## Recherche générique sur études contractuelles

Des recherches plus génériques ont été menées, sur des points précis :

Océano-météorologie : connaissance de la ressource, chargement mécanique sur les structures.

Hydrodynamique : interactions fluide structures, modélisation, études expérimentales en bassin.

Les projets de recherche portent sur :

- les effets de ferme (sillage, interaction entre machines),
- le fonctionnement en conditions réelles (interactions houle/courant, prise en compte de la turbulence de l'écoulement.
- couplage entre corps flottants

Structures, Matériaux : étude des salissures marines et des moyens d'éviter leur fixation.

Structures, Matériaux: lois de comportement des matériaux sous action combinée de chargement mécanique, de l'eau de mer, contrôle non destructif des équipements.

Durabilité des matériaux composites : les matériaux composites sont employés dans de nombreuses structures en mer et de nouvelles applications sont en développement (par exemple les pales d'hydroliennes). La fiabilité de ces pièces, dans un environnement très sévère, est cruciale pour garantir la rentabilité de ces systèmes.

Dans un travail de thèse précédent, (Boisseau 2011), une méthodologie pour la caractérisation de matériaux composites minces renforcés de fibres de verre soumis à un chargement cyclique dans l'eau de mer a été développée<sup>30</sup>. L'objectif d'une thèse démarrée en 2012 (Nicolas Tual), co-financée par l'Ifremer et la Région de Bretagne et en collaboration avec l'ENSTA Bretagne, est d'étendre ce travail à la prédiction de la durabilité de structures en composites épais renforcés de fibres de carbone.

## CETO

CETO est un concept de convertisseur houlomoteur mis en œuvre par EDF EN sur l'île de La Réunion. L'embase de cette installation a subi un endommagement important en 2011. L'Ifremer réalise une expertise dont le but est, d'une part d'analyser les conditions océano-météo d'états de mer sur le site d'installation du prototype CETO et de fournir les données caractéristiques de forçage ( $H_s$ ,  $T_p$ ) ayant pu prévaloir durant cette période et éventuellement conduire au déplacement des blocs de bétons afin de permettre :

- une comparaison aux valeurs retenues pour les études de dimensionnement
- de fournir des données d'entrée pour un calcul d'efforts hydrodynamiques induits par la houle sur les blocs de béton, proposé par l'Ifremer en phase 2 de cette étude
- d'évaluer les efforts hydrodynamiques sur les éléments de l'embase afin de déterminer leur stabilité

---

<sup>30</sup> Boisseau Amelie, Davies Peter, Thiebaud Frederic (2012). Sea Water Ageing of Composites for Ocean Energy Conversion Systems: Influence of Glass Fibre Type on Static Behaviour. *Applied Composite Materials*, 19(3-4), 459-473.

# WINFLO éolien flottant



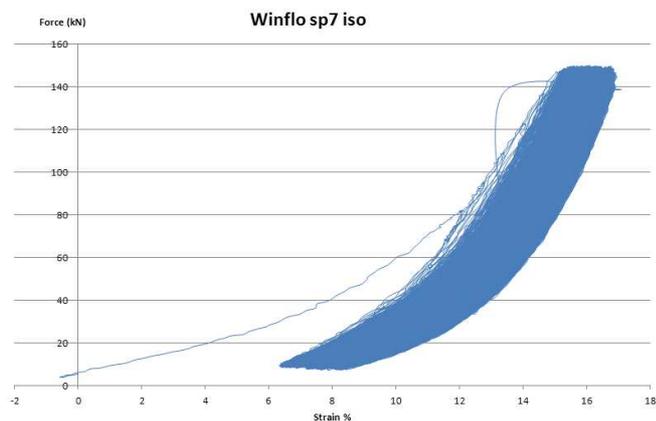
Ce projet financé dans le cadre de l'AMI ADEME a pour objectif principal le développement d'un démonstrateur éolien offshore flottant de puissance 1 MW qui sera disposé en 2014 sur le site d'essais en mer SEMREV au large du Croisic et l'étude d'un concept de puissance Multi MW. Les partenaires du projet sont : Nass et Wind, DCNS, Vergnet SA, ENSTA Bretagne, Ifremer.

## Résultats en 2012

Dans le cadre du projet ADEME-AMI WINFLO, (Wind turbine with INovative design for Floating Lightweight Offshore), une caractérisation du comportement de cordages en polyamide pour le système de ligne d'ancrage de l'éolienne a été réalisée. Des essais de rupture, de raideur et des essais cycliques dans l'eau ont été réalisés sur le banc de 1000 kN. Le développement d'un moyen spécifique de suivi par caméras pendant ces essais cycliques a permis d'évaluer l'évolution de la déformation du câble pendant les essais.



Banc d'essai 1000 kN, avec arrosage de câble.



Courbe de force-déformation déterminée à partir de l'analyse de 1,2 million d'images enregistrées pendant un essai cyclique.

Les travaux de modélisation du comportement dynamique du flotteur se sont poursuivis chez les partenaires du projet, après les essais en bassin en présence de houle et vent réalisés en 2011. De nouveaux essais en bassin sont prévus en 2013.

## S3 : convertisseur d'énergie houlomotrice



Le projet S3 est un des lauréats de l'Appel à Manifestations d'Intérêt de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie intitulé : « Projet de Démonstrateur en Nouvelles Technologies de l'Énergie (NTE) ». Il a pour objectif de valider l'utilisation d'un prototype de « Wave Energy Converter : WEC » basé sur une conversion innovante et prometteuse, faisant appel aux matériaux à base de polymères électroactifs (EAP). Les polymères électroactifs se déforment sous l'action de la houle convertissant ainsi directement l'énergie des vagues en électricité sans pièces mécaniques ou hydrauliques intermédiaires. Ce projet est porté par la Société SBM en partenariat avec l'École Centrale de Nantes et RDT. L'Ifremer est en charge de l'étude de la durabilité en milieu marin des élastomères utilisés dans le WEC (EAP et revêtement).

### Résultats en 2012

RDT a développé et mis au point des machines de fatigues fonctionnant en eau de mer afin d'évaluer l'influence d'une immersion sur la durée de vie des élastomères. Deux types de machines ont été réalisés, l'un permettant de travailler en initiation avec un grand nombre d'éprouvettes (figure ci-dessous) ; l'autre est dédiée à l'étude des processus de propagation de fissures dans les élastomères. L'utilisation en parallèle de ces deux types de machines permet de comprendre les mécanismes mis en jeu lors des essais<sup>31</sup>.



Machine de fatigue en eau de mer permettant de solliciter 7 éprouvettes

Les premiers résultats obtenus montrent une perte de la durée de vie des élastomères de type polychloroprène et caoutchouc naturel. L'origine exacte de cette perte est toujours en cours d'investigation. L'effet couplé du vieillissement et de la fatigue est également en cours d'étude.

<sup>31</sup> Le Gac Pierre-Yves, Le Saux V., Paris M, Marco Y. (2012). Ageing mechanism and mechanical degradation behaviour of polychloroprene rubber in a marine environment: Comparison of accelerated ageing and long term exposure. *Polymer Degradation And Stability*, 97(3), 288-296

Le projet financé dans le cadre de l'AMI ADEME a pour objectif principal le développement d'un démonstrateur hydrolien de puissance 0.5 MW qui sera disposé en 2013 dans le Fromveur à proximité d'Ouessant. Pour le projet collaboratif "Sabella D10", IFREMER apporte son expertise en matière de : mesures d'incidence acoustique sur l'halieutique et les mammifères marins, la caractérisation de procédés antisalissures marines, le vieillissement de matériaux composites immergés, la modélisation physique en bassins d'essais.

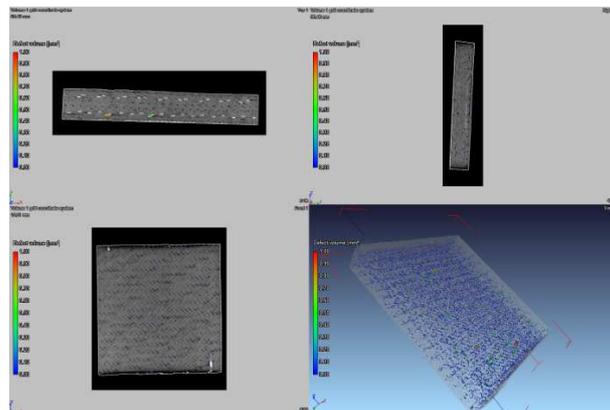
## Résultats en 2012

L'activité principale dans le cadre du projet ADEME-AMI Sabella a été l'étude des propriétés et du vieillissement des matériaux composites employés pour la fabrication des pales. En collaboration étroite avec le chantier sélectionné pour la mise en œuvre, plusieurs campagnes d'essais ont permis de quantifier l'évolution des propriétés des matériaux, de caractériser les défauts liés aux différents procédés de fabrication, et d'optimiser le choix de matériaux pour l'hydrolienne. La micro-tomographie par rayons X a permis d'établir des cartographies de défauts.

Ces études seront poursuivies en 2013 avec des essais sur pales à l'échelle 1.



Micro-tomographe du Centre de Ressources Techniques de Morlaix



Exemples d'images

# ORCA Hydrolien



Ce projet financé dans le cadre de l'AMI ADEME a pour objectif principal le développement d'un démonstrateur hydrolien de puissance 1 MW qui sera disposé en 2014 sur le site d'essais en mer Paimpol-Bréhat.

Les partenaires du projet sont : ALSTOM Hydro France, EDF, SECTOR, STX Europe, Ifremer, CETIM, Ecole Centrale de Nantes, ARTS, INP Toulouse, IUEM

## Résultats en 2012

### Étude des courants du site de Paimpol

Le site d'essais en mer envisagé pour les essais du démonstrateur ORCA est situé au nord est de l'île de Bréhat.

Des meures *in situ* ont été acquises par EDF en 2008 et 2011 afin de caractériser les écoulements incidents que subiront les hydrolennes installées sur le site d'essais et, à terme, maîtriser la génération d'énergie dans un environnement réel.

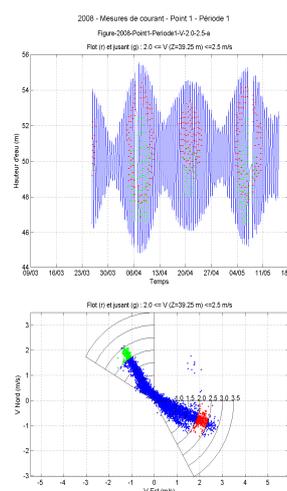
Par des profondeurs de l'ordre de 40 m, les mesures d'écoulement dans la tranche d'eau ont été effectuées grâce à des ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) dont la destination est de délivrer des mesures de vitesse fluide en diverses altitudes le long d'une verticale. D'autres informations sur l'élévation de surface libre ont été données par des mesures de pressions associées aux ADCP ou des mesures inertielles par bouée directionnelle. L'analyse de ces mesures par l'Ifremer complète les observations déjà rapportées par les opérateurs des mesures, IXSURVEY et NortekMed.

L'analyse des mesures présente les profils de courants moyens et les intensités des fluctuations des vitesses dans les conditions environnementales rencontrées lors des campagnes de mesures.

Les spectres de densités de puissance du champ de vitesse aux diverses profondeurs de mesure sont corrélés aux spectres d'élévation de surface libre sur la base d'un modèle simple de houle d'Airy. Un ordre de grandeur des fluctuations de vitesse hors cinématique de houle est ainsi estimé<sup>32</sup>.



Positions des points de mesures



Intensités et directions de vitesses

<sup>32</sup> ORCA. Etude des courants du site de Paimpol. Analyse des mesures *in situ*, M. Le Boulluec. Mai 2012 – RDT-HO-R12-004

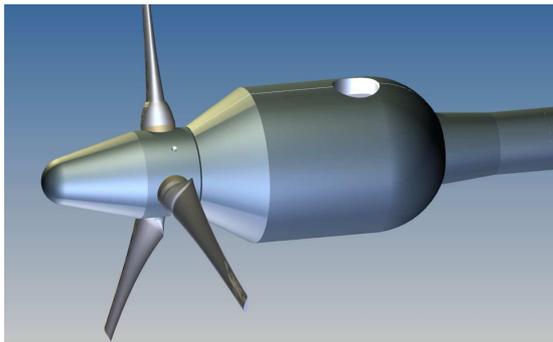
## Test de performance hydraulique sur modèle réduit

Le concept d'hydrolienne à axe horizontal a fortement évolué depuis le début du Projet ORCA, passant d'une machine 6 pales avec carénage à une machine tri-pales sans carénage.

Les essais réalisés dans le bassin de l'Ifremer à Boulogne sur Mer font ainsi suite aux essais effectués à l'Ecole Centrale de Nantes sur une machine carénée, maquette devant initialement être également testée à Boulogne.

La maquette représentative du concept ORCA à trois pales est bâtie sur une base déjà utilisée par l'Ifremer pour des essais précédents.

Cette maquette est asservie en vitesse de rotation et un couple-mètre permet de mesurer le couple généré par l'écoulement sur le rotor. Plusieurs incidences des pales sont simulées. Une balance à six composantes reliée au mat support permet de mesurer les efforts sur l'hydrolienne et en particulier sa traînée<sup>33</sup>.



Modèle CAO



Modèle expérimental

## Optimisation de la protection cathodique

Depuis juin 2011, date de démarrage du projet, plusieurs contacts ont eu lieu entre ALSTOM et l'Ifremer. Le premier contact s'est fait par une rencontre à Nantes avec d'autres partenaires du projet, notamment le CETIM, en ce qui concerne la corrosion et la protection cathodique. Chaque partenaire a présenté le contenu des tâches retenues et a fait des propositions quant à la manière de les réaliser.

D'autres réunions en septembre 2012 ont permis de choisir les capteurs de protection cathodique « *in situ* » permettant d'obtenir des courbes de polarisation des différents matériaux.

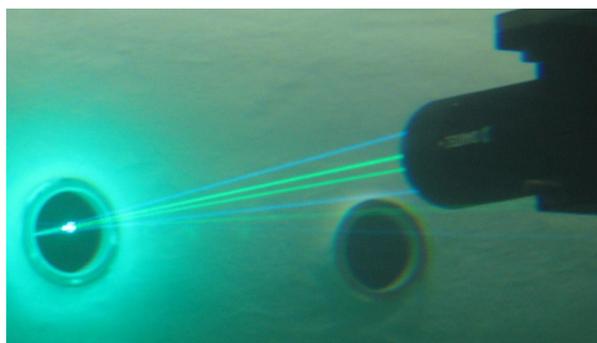
Alstom est également intéressé par les capteurs de suivi de la protection cathodique qui peuvent être positionnés, par la suite, sur la structure de l'hydrolienne. RDT a passé un contrat de sous-traitance pour « Assistance au paramétrage et à l'analyse des données » avec l'Institut de la corrosion.

<sup>33</sup> Caractérisation du fonctionnement de l'hydrolienne Alstom ORCA V110, Thomas BACCHETTI, Jean-Valéry FACQ, Benoît GAURIER, Grégory GERMAIN., Septembre 2012 – R.INT RDT/HO - 27HOB12

La conception de la conduite de prise d'eau froide et son comportement lorsqu'elle est soumise au courant et aux mouvements induits par le support flottant (dans les configurations où elle est suspendue) constituent un des verrous technologiques au développement de cette filière.

DCNS mène des études sur un démonstrateur de 10 MW prévu pour une installation en Martinique. RDT a réalisé une campagne expérimentale en deux phases de 3 semaines chacune pour déterminer les coefficients hydrodynamiques de la conduite d'eau froide. Les coefficients obtenus sont utilisés dans le code EF DeepLines pour effectuer une analyse du comportement statique (dans le courant) et dynamique de la conduite.

La première phase, réalisée au bassin de Boulogne, a porté sur le comportement hydrodynamique en écoulement stationnaire : en plus des mesures globales de forces de traînée, une exploration du profil de vitesses à l'intérieur de la conduite a été réalisée par vélocimétrie laser. Des hublots ont été ménagés dans la paroi de la maquette pour laisser passer les faisceaux.



Exploration de l'écoulement à l'intérieur de la conduite par vélocimétrie laser

La seconde réalisée au bassin de Brest portait sur le comportement hydrodynamique en mouvements forcés oscillants. Pour effectuer ces essais, l'hexapode, livré fin 2011 a, pour la première fois, été installé en position inversée, au-dessus du bassin entre la passerelle motorisée et la seconde passerelle.

Pour réaliser les essais en mouvements imposés transverses, une maquette des tronçons de conduite a été fixée sous l'hexapode par le biais d'un palonnier. Une balance de mesure à 6 composantes, interposée entre l'hexapode et ce palonnier permettait de mesurer les efforts hydrodynamiques globaux sur l'ensemble des tronçons de la maquette. Une seconde balance, placée à l'intérieur du tronçon central, découplé des tronçons adjacents, délivrait une mesure redondante, plus précise.



Palonnier en cours de montage



Palonnier fixé sous l'hexapode (en jaune : le flotteur servant à approcher le palonnier en flottaison sous l'hexapode)

Un second montage, utilisant également l'hexapode pour imposer les mouvements, a permis de déterminer les coefficients hydrodynamiques en mouvement axial (vertical).

La conception des tronçons de conduite et les résultats sont propriétés de DCNS.

# Instrumentation pour les EMR : SIMEO



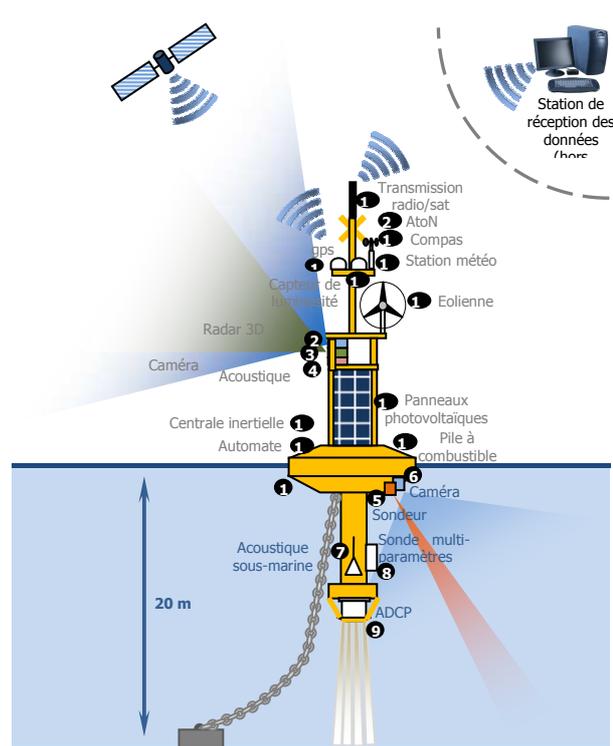
Le projet SIMEO a été retenu dans le cadre du 12<sup>ème</sup> appel à projet R&D du fonds unique interministériel du 29 avril 2011. Ce projet réunit les sociétés Biotope, nke et des instituts de recherche IRD et Ifremer.

Le projet SIMEO vient pleinement s'inscrire dans l'axe de développement des aires marines protégées (AMP) et la filière éolien offshore naissante en France. L'objectif principal du projet SIMEO est de concevoir et mettre en œuvre une station marine associée à de nouveaux services basés sur l'analyse de jeux de données inédites sur les vertébrés marins et leur milieu. La bouée est dédiée à la surveillance du milieu marin afin de mieux évaluer les populations d'oiseaux, de chauves-souris, de cétacés et de poissons. Pour ce faire, plusieurs challenges technologiques sont relevés notamment :

- Concevoir et développer un ensemble flotteur et système d'ancrage adapté pour porter différents capteurs tout en offrant une stabilité suffisante,
- Intégrer les différents capteurs sur la bouée alors que certains n'ont été mis en place que sur des stations marines fixes (sondeur, vidéo) ou des stations terrestres (acoustique, radar),
- Assurer la fiabilité des mesures, en tenant compte des contraintes de corrosion, de salissures marines, de stabilité et de chevauchement de fréquence entre capteurs,
- Développer un système d'alimentation combinant plusieurs sources énergétiques différentes tout en travaillant sur l'optimisation de consommation des différents capteurs,
- Gérer la transmission des fichiers de données et d'indicateurs,
- Gérer le stockage et la récupération de l'important volume de données issus des capteurs pour une exploitation à terre.
- Concevoir et développer un traitement de l'information et la mise en place du faisceau d'indicateurs biologiques.

## Résultats en 2012

Les spécifications générales et fonctionnelles de la bouée ont été rédigées à partir d'un travail qui a permis d'approfondir de façon très détaillée l'état de l'art et définir précisément chaque type d'information à recueillir tout en anticipant les analyses qui seront effectuées à partir des différentes mesures. Les caractéristiques techniques de l'ensemble des éléments constituant la bouée ont été définies. Chaque instrument a été étudié en termes de tolérance aux mouvements de plate forme, d'énergie, de volumes de données ou d'intégration sur la bouée. Une attention particulière a été apportée pour réduire les consommations énergétiques. Les spécifications techniques du flotteur ont été rédigées afin de permettre le lancement d'une étude auprès d'un architecte naval. L'architecture électronique a été définie.



# Instrumentations pour les EMR : BLIDAR



Le projet BLIDAR, projet éolien offshore retenu par le Fonds Unique Interministériel, vise à développer une bouée permettant de caractériser le vent en mer. Elle est destinée à réaliser des campagnes de mesure du vent dans la colonne d'air avec un radar afin de déterminer le potentiel d'un parc éolien offshore. Le projet a été labellisé par le pôle DERBI et les Pôles Mer Paca et Bretagne en 2011.

## Résultats en 2012

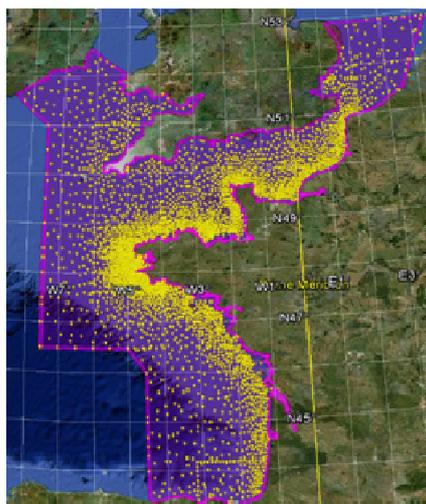
La compagnie du vent, filiale du groupe GDF Suez s'est retirée de sa position de leader du projet après le résultat négatif de la soumission à l'appel d'offres éolien offshore sur le site du Tréport. Plusieurs réunions ont eu lieu afin de voir dans quelles conditions le projet pourrait être poursuivi. Les informations sur le degré d'avancement des projets concurrents ont été actualisées, nous avons pris du retard sur un produit que le marché recherche assidûment. Fin 2012, nous nous sommes rapprochés d'Énergie Haute Normandie qui porte le projet WIN afin de trouver une solution et relancer le projet. Les discussions vont se poursuivre en 2013.

# HOMERE : Hydrodynamique Océano météo et Energies Marines Renouvelables

Le projet HOMERE a pour objectif de produire un ensemble de données d'états de mer issues de réanalyses pour l'élaboration de climatologies fines adaptées aux besoins des études de dimensionnement des structures placées en mer et plus particulièrement des convertisseurs d'énergie marine.

## Résultats en 2012

Ce projet mené en partenariat avec Dyneco/Phyсед et le LOS a nécessité en 2012 l'embauche d'une ingénieure, E. Boudière en charge de la mise en œuvre des modèles numériques de modélisation des états de mer. Les travaux entrepris en 2012 ont permis de mettre en place les configurations spécifiques (IOWAGA+Previmer) pour la zone Manche Golfe de Gascogne, de rassembler les données de forçage (vent, courants) et données de bathymétrie et de mettre en œuvre les premières simulations sur quelques années à fins de validation de la chaîne complète de simulation.



Maillage des sorties spectrales HOMERE

## Energies Marines dans les Territoires Insulaires et Périphériques

Le projet MERIFIC est un projet Européen financé dans le cadre du programme Interreg IV (France-Angleterre). Il a débuté au 1er avril 2011 pour une durée de 3 ans. Le projet a pour objectif général de faire progresser l'utilisation de l'énergie marine sur les deux territoires de Cornouailles britannique et du Finistère, sur les communautés insulaires du Parc Marin d'Iroise et des Iles Scilly.

Il s'agit d'identifier les opportunités et les problèmes spécifiques auxquels sont confrontées les communautés insulaires et périphériques dans l'exploitation des ressources d'énergies marines renouvelables, avec pour objectif de développer des boîtes à outils et des ressources utilisables par des communautés similaires. Les partenaires côté français sont le Conseil général du Finistère, le Parc Marin d'Iroise, le Technopôle Brest Iroise, le Pole Mer Bretagne, l'agence Bretagne Développement Innovation (BDI) et RDT et côté anglais, le Conseil Général de Cornouailles, l'Université d'Exeter et l'Université de Plymouth.

Dans le cadre de ce projet, RDT intervient essentiellement dans les tâches de soutien au développement technologique.

### Résultats en 2012

Au cours de l'année 2012, les actions suivantes ont été menées :

- Comportement dynamique des lignes d'ancrages synthétiques : Des essais ont été réalisés sur une maquette à l'échelle 1/5 de la bouée SWMTF (Université d'Exeter) au bassin de Brest pour étudier les problèmes d'effet d'échelle dans les études de modélisation du comportement dynamique de lignes d'ancrage synthétiques. Ces essais ont été associés à une campagne de caractérisation des propriétés de lignes synthétiques menée sur les bancs de traction de l'Ifremer. Ces travaux menés dans le cadre d'un post-doctorat ont fait l'objet d'une publication à la conférence ICOE 2012<sup>34</sup> (Dublin, Ireland) (Weller 2012). Ce travail sera complété en 2013 quand le post-doc sera basé à l'Université d'Exeter, partenaire du projet.
- Evaluation et cartographie de la ressource : mise en œuvre de modèles de vagues (configuration IOWAGA opérationnelle dans le cadre du démonstrateur Previmer) pour la réalisation d'une base de données de climatologie d'états de mer permettant la réalisation de cartographies du potentiel houlomoteur sur la zone de la mer d'Iroise. Analyse des données et caractérisation des climatologies pour la programmation des opérations de maintenance.
- Etude sur l'amélioration de l'estimation des courants de surface et états de mer par la mesure par radars HF réalisée par Actimar (contrat en sous-traitance).
- Organisation des workshops associées au tâches WP3.1 « Evaluation de la ressource » et WP3.5 « Dynamique des systèmes d'ancrage » dans le cadre de la conférence Sea Tech Week du 8 au 12 octobre 2012 à Brest.

Pour en savoir plus : <http://www.merific.eu/fr/>

<sup>34</sup>Weller S, Davies P, Thies P, Harnois V, Johanning L (2012), Durability of synthetic mooring lines for ocean energy devices, Proceedings ICOE 2012, Dublin

# MaRINET : Marine Renewables Infrastructure Network

Le projet MaRINET est une initiative financée par la Commission Européenne (programme FP7) avec pour objectif d'accélérer le développement des technologies pour les Energies Marines Renouvelables en particulier en facilitant et en finançant l'accès, pour des entreprises et groupes de recherche, à différentes installations expérimentales de premier rang à travers l'Europe.

Le consortium MaRINET rassemble 28 partenaires à travers dix pays d'Europe mettant à disposition du programme d'Accès Transnational 46 installations expérimentales permettant l'étude, le développement et la validation de concepts de convertisseurs d'Energies Marines Renouvelables dans les trois filières que sont le houlomoteur, l'hydrolien et l'éolien off-shore.



Dans le cadre de ce projet dont il est à la fois partenaire et coordinateur du programme d'Accès Transnational, RDT met à disposition des développeurs trois de ses moyens d'essais les plus importants :

- Le canal de circulation de Boulogne sur mer, plus particulièrement dédié à l'étude des concepts d'hydroliennes,
- Le bassin de houle de Brest, dans lequel peuvent être testés des convertisseurs houlomoteurs, mais également des supports flottants pour éoliennes off-shore ou dans certaines conditions, des supports flottants pour hydroliennes,
- Les bancs d'essais matériaux pour l'étude du comportement dynamique et du vieillissement en fatigue et en environnement marin de différents matériaux utilisés dans la conception des éléments convertisseurs.

## Résultats en 2012

Au cours de l'année 2012, les actions suivantes ont été menées :

- Organisation du MaRINET Consortium Meeting, rassemblant l'ensemble des partenaires du projet les 2 et 3 Octobre 2012 à Boulogne sur Mer.
- Organisation de la sélection des propositions dans le cadre du 1<sup>er</sup> appel du programme d'accès Transnational (annonce des résultats faite le 27 Mai 2012)
- Organisation du 2<sup>ème</sup> appel à propositions dans le cadre du programme d'accès Transnational (16 Juillet – 30 Septembre 2012)
- Organisation de la sélection des propositions dans le cadre du 2<sup>ème</sup> appel du programme d'accès Transnational (20 Décembre 2012)

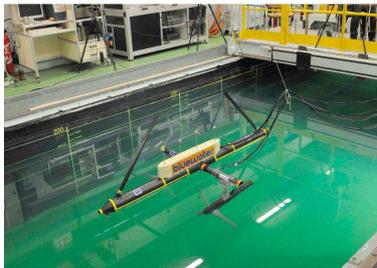
Pour en savoir plus : <http://www.fp7-marinet.eu/>

## Réalisation d'essais au bassin de Boulogne sur Mer dans le cadre du programme d'accès Transnational :

### PLAT-O

PLAT-O est un concept d'hydrolienne monté sur support semi-submersible. Les 10 jours d'essais réalisés au bassin de Boulogne sur mer sur un modèle 1:20 avaient essentiellement pour objectif d'évaluer le comportement du système d'ancrage et de la structure semi-submersible, en présence de courant et de vagues et pour différentes configurations de la turbine.

### BlueTEC

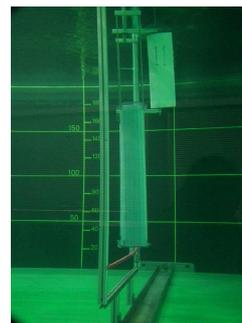


Support flottant pour hydrolienne BlueTEC testé au bassin de Boulogne sur Mer

La plate-forme BlueTEC est un support flottant d'hydroliennes. Le modèle testé dans le cadre des essais MaRINET était équipé de deux hydroliennes dont les pales ont été testées suivant trois incidences différentes correspondant à différentes vitesses d'écoulement. Les essais qui se sont déroulés sur 10 jours ont en particulier permis de tester les performances d'ensemble de la plate-forme.

### Tidal Flyer Junior

Le système Tidal Flyer Junior est un concept d'hydrolienne à profils portants verticaux. L'objectif essentiel des essais menés dans le cadre du programme MaRINET est d'évaluer le rendement du concept pour différents types de profils portants.



Le système Tidal Flyer Junior dans la veine de circulation de Boulogne sur Mer

## Réalisation d'essais au bassin de Brest dans le cadre du programme d'accès Transnational :

### WHA - WaveNET Hydrodynamic Analysis



Système WaveNET dans le bassin de Brest de l'Ifremer

Le WaveNet est un convertisseur houlomoteur modulaire utilisant le mouvement relatif de supports flottants assemblés suivant une structure hexagonale. Ces tests d'une durée de 10 jours (8 au 19 octobre 2012) réalisés sur modèle à l'échelle 1:10 ont permis de valider le concept et d'évaluer différentes configurations, depuis l'élément unitaire (SQUID) jusqu'à 3 ensembles hexagonaux. Les paramètres mesurés étaient les hauteurs de houle en amont et au niveau de la maquette, les tensions des lignes d'ancrages, les mouvements de chacun des seize flotteurs et les vitesses et couples appliqués sur les moteurs. Ces essais ont permis à RDT de valider le bon fonctionnement du système de trajectographie optique Qualisys dans des conditions complexes (6 caméras permettant de suivre 16 objets simultanément).

## 5. INFRASTRUCTURES EXPÉRIMENTALES - MOYENS D'ESSAIS

Les outils gérés par l'unité RDT sont, au centre de Bretagne :

- le bassin d'essais, le canal de traction, le bassin de marnage ;
- les moyens d'essais et de qualification pour les environnements marin et sous-marin (caissons hyperbares, chambre climatique, table de vibrations/chocs, essais mécaniques et acoustiques) ;
- le laboratoire de métrologie,

et, au centre Manche-Mer du Nord :

- le bassin à houle et courant implanté à Boulogne-sur-Mer.

L'objectif est de fournir à l'ensemble des directions et des projets de l'Ifremer des infrastructures d'essai, de qualification et de métrologie. Ses outils permettent, entre autres, de conduire des projets de recherches technologiques pour l'exploration et l'exploitation sous-marines, de développer et qualifier de l'instrumentation scientifique, de vérifier et étalonner des capteurs de mesure utilisés lors des campagnes océanographiques.

Ce projet participe à l'augmentation des ressources propres de l'Ifremer en réalisant des prestations d'essais pour des organismes et sociétés industrielles français et européens. Ces collaborations peuvent être intégrées à des projets européens HYDRALAB IV et MARINET ou être l'objet de contrats de collaboration particuliers.

### Résultats en 2012

Les infrastructures expérimentales sont mises en œuvre au profit des différents départements de l'Ifremer et de Génavir dans le cadre de leur activité. La répartition moyenne de l'utilisation des équipements est de :

- 56 % pour les projets pilotés dans le département « Ressources physiques et Écosystèmes de fonds de Mer » (REM) ;
- 10% pour les projets pilotés par le département « Océanographie et dynamique des écosystèmes » (ODE) ;
- 8% pour les projets pilotés dans le département « Infrastructures Marines et Numériques » (IMN) ;
- 2% pour les projets pilotés dans le département « Ressources biologiques et environnement » (RBE).

Les prestations pour des clients externes représentent 20 % du plan de charge des infrastructures expérimentales.

En valeurs absolues, l'évolution notable concerne les 17 principaux moyens d'essais qui totalisent en 2012 plus de 2100 journées d'essais. Ceci représente un taux moyen d'utilisation supérieur à 60% (hors périodes de maintenance), valeur très supérieure à celles constatées les années précédentes.

Ce résultat est principalement dû à la conjonction de deux facteurs :

- une augmentation des prestations réalisées par les bassins et la métrologie (+100 jours par rapport à 2011) ;
- la très forte augmentation du nombre d'essais réalisés par les moyens de qualification de Brest dans le cadre de projet interne à l'Ifremer. Ces 500 jours d'essais supplémentaires sont majoritairement destinés aux départements REM et IMN.

Cette répartition relative entre demandeurs est similaire à celle observée en 2011.

2012	Occupation des moyens d'essais selon les demandeurs (en jour)						
	RBE	REM	ODE	IMN	Maintenance	Prestations	Total
Bassins	5	252	102	52	21	198	<b>630</b>
<i>Brest</i>	1	182	100	51	17	146	497
<i>Boulogne</i>	4	70	2	1	4	52	133
Qualification	4	817	10	112	42	155	<b>1140</b>
<i>Hyperbares</i>	3	323	10	104	32	124	596
<i>Climatiques</i>		109		4	5	1	119
<i>Mécaniques</i>	1	385		4	5	30	425
Métrologie	25	131	114	11	23	51	<b>355</b>
<b>Total 2012</b>	<b>34</b>	<b>1200</b>	<b>226</b>	<b>175</b>	<b>86</b>	<b>404</b>	<b>2125</b>
<i>Total 2011</i>	71	707	167	85	113	300	1443
Evolution	-52%	+70%	+35%	+106%	-24%	+34%	+48%

## Investissement et évolution des moyens en 2012

En 2012, les principales évolutions des infrastructures expérimentales sont :

1. *Moyens d'essais hyperbares* : la mise à niveau des pilotages des caissons hyperbares s'est poursuivie (1 en 2011, 2 en 2012). Elle doit augmenter la fiabilité du déroulement des essais en utilisant le protocole TCP/IP pour la communication entre les automates de contrôle et les ordinateurs de programmation. Cette évolution permet également de simplifier les futures évolutions et maintenances.



Pilotage des caissons hyperbares



Pilotage de la table de vibrations

2. *Enceinte climatique et table de vibrations/chocs* : des évolutions majeures des systèmes de pilotages de ces systèmes (ordinateur et IHM) ont été réalisées ;



Pilotage de l'enceinte climatique 2,5 m<sup>3</sup>



Bain thermostaté 400 litres

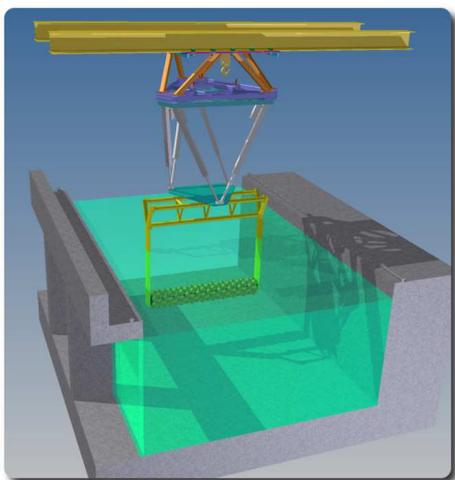
3. *Laboratoire de métrologie* : le laboratoire s'est doté d'un nouveau bain thermostaté. D'un volume de 400 litres, ce bain est destiné à l'étalonnage de sondes multi-paramètres côtières. Il est entré

en phase de mise au point afin d'adapter, et si possible d'améliorer, ses paramètres de régulation aux conditions de fonctionnement du laboratoire ;

4. *Bassin de Boulogne-sur-Mer* : ce bassin d'essais à houle et courant est régulièrement mis en œuvre pour des études de comportement hydrodynamique de systèmes sous-marins ou flottants. En plus des sollicitations de houle et courant, certains essais nécessitent d'imposer des déplacements ou des mouvements aux maquettes. L'acquisition d'un système de génération de mouvements à six degrés de liberté (hexapode) permet de disposer de cette fonctionnalité.

Ce système (financé sur ressourcement de l'Institut Carnot Ifremer-Edrome) possède une capacité de charge d'emport de 1000 kg et permet d'imposer des mouvements de translation de  $\pm 460$  mm dans les trois directions, à une vitesse pouvant aller jusqu'à  $\pm 1$  m/s et des rotations de  $\pm 30^\circ$  suivant les 3 axes. Ce dispositif est fixé au dessus du bassin ; une interface dédiée permet de positionner des balances de mesures d'efforts pour déterminer les chargements hydrodynamiques exercés sur les structures étudiées. Une attention particulière a été portée à la parfaite synchronisation de l'hexapode avec le générateur de houle et les systèmes de mesures, notamment de trajectométrie 3D, de vélocimétrie laser et de mesures d'efforts.

Ce système est, par exemple, utilisé dans le cadre d'une thèse portant sur la caractérisation des perturbations acoustiques observées sous les carènes des navires océanographiques et dues à une aération du milieu générée par le passage du navire dans la houle. Une maquette du navire océanographique de l'Ifremer le *Pourquoi Pas?* à l'échelle 1/30 (3,50 m de longueur) a été réalisée et positionnée sous l'hexapode. Les mouvements du navire en présence de houle sont reproduits pour étudier les conditions d'apparition du phénomène. Ce dispositif sera également utilisé pour caractériser les effets hydrodynamiques (de masse ajoutée notamment) sur des structures circulaires colonisées par des coraux.



Boulogne - Caractérisation des effets hydrodynamiques sur une structure circulaire colonisées par des coraux



Brest - Hexapode (bleu) et son bâti (jaune)

5. *Bassin de Brest* : les installations du centre Bretagne ont également été complétées par un hexapode. Dans un souci de compatibilité et dans l'optique de campagnes communes, celui-ci est identique au système déployé à Boulogne-sur-Mer et, de la même manière, permet d'imposer des mouvements forcés à une maquette disposée dans le bassin.

De plus, l'hexapode dispose d'un bâti le transformant en plate-forme de mouvements contrôlés pouvant, par exemple, servir à la qualification et étalonnage de matériels embarqués sous roulis, tangage.

# Essais conduits aux moyens de qualification pour les environnements marins et sous-marin

## Travaux de normalisation des essais de qualification de l'instrumentation océanographique

A la suite de travaux initiés par l'unité RDT, l'AFNOR avait édité, en 1995, des normes expérimentales pour la qualification d'instrumentation océanographique. Afin qu'elles deviennent des normes NF, des travaux de révisions ont été entrepris par RDT et l'AFNOR. Le groupe de travail, créé en 2011, a achevé la nouvelle rédaction de la norme XPX 10-812 intitulée « Milieu marin – Instrumentation océanographique – Essais et recommandations pour les matériels immergés ». Cette nouvelle version inclut, en particulier, le cas de la conteneurisation d'instruments sous-marins utilisant des matériaux composites ou thermoplastiques. Elle sera publiée en 2013 sous la référence NF X 10-812.

## Enquête de satisfaction client

46 formulaires de satisfactions ont été retournés par les clients internes et externes : 26 « très satisfaits », 20 « satisfaits ».

Aucune notation négative n'a été relevée. Les points d'amélioration suggérés concernent l'établissement des rapports d'essai plus détaillés (2 formulaires, action corrective effectuée) et la mise en place de bordereau de livraison (1 formulaire, pas d'action corrective systématique).

## Essai de tenue aux vibrations d'équipements sous-marins

Dans le cadre de prestations pour la société NKE Instrumentation, des sondes de plusieurs types ont été qualifiées suivant la norme XPX 10-812 pour leur résistance à un environnement vibratoire sans subir de dégradations.

Ce type d'essais a été mis en œuvre sur plusieurs matériels (Ifremer ou partenaires) allant du capteur unitaire jusqu'à des systèmes instrumentaux complets.



Sondes fixées sur la table de vibration

## Test sous pression d'une coque d'AUV

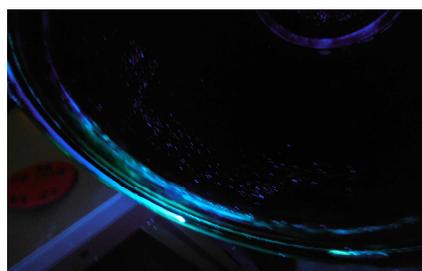
À la demande du service Ingénierie d'Intervention et Développement Mécaniques, la coque étanche de l'engin SeaExplorer a été instrumentée (jauge de déformations, variation de volume) et testée en pression dans le caisson 1000 bars ACB. Le suivi des déformations lors de l'essai et les contrôles non-destructifs (ressuage avec liquide fluorescent, contrôle par ultrasons au contact) après l'essai ont permis de vérifier la bonne tenue de la coque.



Collage de jauges



Déploiement de la coque dans le caisson hyperbare



Ressuage avec liquide fluorescent

# Laboratoire de métrologie de Brest

## Étalonnages de capteurs

En 2012, 305 capteurs ont été étalonnés. Ces étalonnages représentent 66 demandes émanant d'Ifremer ou de sociétés extérieures.

Parmi les 66 prestations prises en charges :

- 28 prestations concernent les réseaux de mesures *in-situ* côtiers (sondes ou capteurs multi-paramètres : température, conductivité/salinité, oxygène dissous, turbidité et fluorescence) ;
- 38 autres prestations concernent l'étalonnage de divers capteurs (paramètres : température, conductivité/salinité, oxygène dissous, turbidité et fluorescence).

Spécimen	Type d'étalonnage									Total
	Température	Pression	Conductivité/Salinité	Célérité	Vitesse	Fluorescence	Turbidité	Oxygène	pH	
Capteur monoparamètre	43	5								48
Courantomètre					12					12
CT : Sondes Conductivité Température	2		2							4
CTD : Sondes Conductivité Température Pression	6	4	2							12
CCT : Sondes Célérité Conductivité Température										0
CCTD : Sondes Célérité Conductivité Température Pression	5		5	5						15
Thermistances non câblées										0
Bain	2									2
Marel (EH)	2		2				2	2	2	10
Marel (Multiparamètres)	16		16			16	16	16	16	96
Marel (CT)	26		26							52
Sondes multiparamètres	8		8			8	8	8	8	48
Indice refraction	2		1							3
Optode O <sub>2</sub>								2		2
Profileur								1		
Prélevements eau de mer										0
<b>Total</b>	<b>112</b>	<b>9</b>	<b>62</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>305</b>

### Rapports :

- 125 rapports ont été émis dont :
- 101 Comptes-Rendus de Prestation ;
- 24 Certificat d'Étalonnage (CE).

## Amélioration continue du système qualité

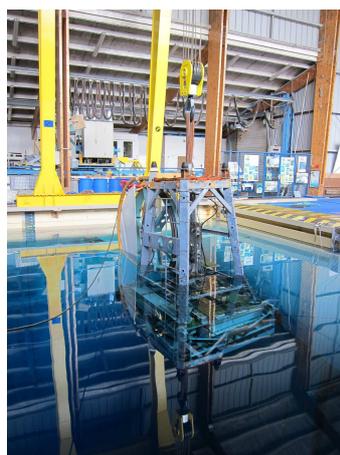
Afin de garantir la qualité de ses essais, le laboratoire est en constante mise à jour de son système documentaire. En 2012, le laboratoire a ainsi modifié plus de 20% des documents techniques et qualité (procédures, modèles documentaires, modes opératoires, notes techniques, fichiers de calculs, etc ...).

## Essais conduits aux bassins de Brest et de Boulogne-sur-Mer

En 2012, les essais hydrodynamiques menés au bassin de Brest sont généralement menés dans le cadre des projets liés aux Energies marines renouvelables ou au comportement des Structures et Equipements en Mer. Les activités expérimentales soutiennent également d'autres projets (« Équipements scientifiques de navires », « Observatoires fonds de mer », ...).



Boulogne - Maquette du navire océanographique Pourquoi Pas?



Brest - Test du pénétrömètre Penfeld



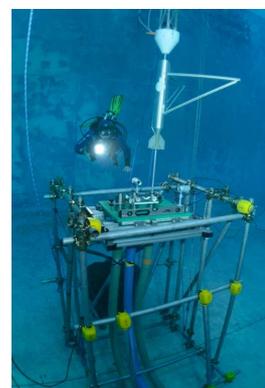
Brest - Test stabilité Provor



Brest - Observatoire Medon



Brest - Campagne Thales - Enroulement de flûte acoustique



Brest - Campagne Tecnomare

Grâce à ses dimensions, le bassin de Brest est de plus utilisé pour des tests fonctionnels d'équipements sous-marins industriels dans le cadre de prestations (DCNS, Tecnomare, Thales) et des équipements scientifiques des équipes de l'Ifremer ou d'autres organismes (INSU, IPEV...).

## 6. AUTRES SOUTIENS



## 6.1 TECHNOLOGIES POUR L'OBSERVATION, LA COMPREHENSION ET L'EXPLOITATION DURABLE DES ÉCOSYSTÈMES (TECOS)

Les besoins en technologie des pêches portent sur la

- sélectivité des engins de pêche,
- la réduction de la consommation de carburant (autrement dit de l'empreinte CO<sub>2</sub> des captures),
- le développement d'engins moins destructeurs des fonds marins.

Ces travaux font l'objet de recherche partenariale menée avec des pêcheurs, des armateurs, des fabricants d'engins de pêche etc.

Dans ce domaine, sur les 5 dernières années, des travaux plus génériques et amont ont été menés sur la modélisation des structures souples et poreuses, (filets, chaluts, sennes, confinement dans les structures aquacoles).

# EFFICHALUT

Le projet EFFICHALUT a pour objectif de développer un logiciel de simulation des chaluts en mer qui conduira à réduire la traînée de l'engin, et, par conséquent, la consommation de carburant. EFFICHALUT est colabellisé par le pôle Bretagne et le pôle Aquimer. Il est financé dans le cadre du 2ème appel d'offres DPMA. Les entreprises partenaires sont :

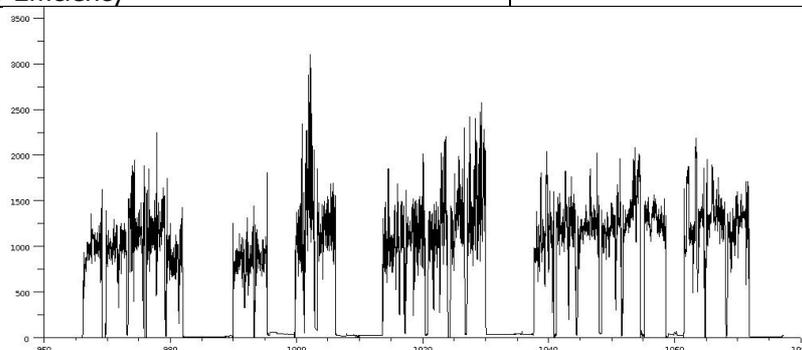
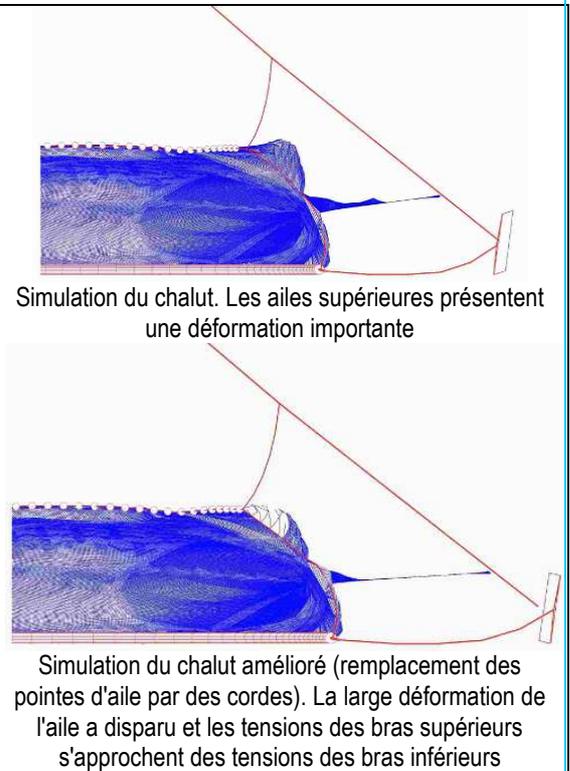
- Coopératives Maritimes Etaploises, organisation de producteurs - pêche artisanale à Etaple-sur-Mer (porteur du projet),-
- AEMI, Caen et Boulogne, fournisseurs et installateurs français de matériel pour l'électronique professionnelle et la radio-électricité maritimes, fournisseur de capteurs de chalut
- LE DREZEN, Lorient fabrication de filets

Et les organisations professionnelles :

- Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins, Nord-Pas-de-Calais-Picardie à Boulogne-sur-mer,
- Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins, BRETAGNE à Rennes

## Résultats en 2012

Les travaux ont porté sur l'amélioration de l'efficacité énergétique d'un chalut d'un professionnel de Boulogne sur mer. L'amélioration, issue de ce projet et mesurée par le professionnel, est de 17%, c'est à dire que la quantité de carburant a été réduite de 17% pour une capture équivalente. Le plan du chalut issu de ce projet a été d'ores et déjà diffusé à une quinzaine de bateaux. L'économie annuelle pour l'ensemble de ces quinze bateaux est estimée à 800 K€. Ce résultat a été obtenu par une meilleure connaissance du comportement du chalut. Cette meilleure connaissance résulte d'une part d'essais en mer pendant lesquels la forme du chalut a été appréhendée via des mesures de tensions de fune et de bras (figure ci-dessous), et d'autre part de simulations numériques. La mesure de tension a montré un déséquilibre entre les bras supérieurs et inférieurs : les tensions sur les bras supérieurs étaient plus importantes que sur les bras inférieurs, contrairement à ce qui était escompté. La simulation numérique a montré le même déséquilibre et en outre une déformation exagérée des ailes supérieures, là aussi non escompté. A partir de ces informations le professionnel a proposé des modifications de plan du chalut reposant principalement par le remplacement du filet des extrémités des pointes d'ailes supérieures par des cordes. Ces travaux ont été présentés lors du Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency<sup>35</sup>



Tension (kg) de pointe d'aile supérieure mesurée sur le chalut. L'échelle de temps représente ici une semaine.  
La tension moyenne est d'environ 1200Kg.

<sup>35</sup>D. Priour, Improvement of trawl efficiency using measurements at sea and numerical simulations, 5 pp.E-Fishing, Vigo, Spain, May 2012

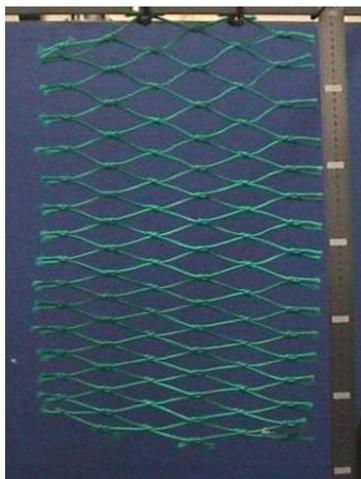
## MOS

Une tendance à utiliser des filets rigides dans l'industrie de la pêche (Figure à gauche ci-dessous) est observée. Or un filet rigide en flexion a une grande rigidité de maille à l'ouverture et donc l'ouverture de maille pendant les opérations de pêche pourrait être faible, pouvant affecter l'échappement de petits poissons et ainsi la sélectivité des engins de pêche.

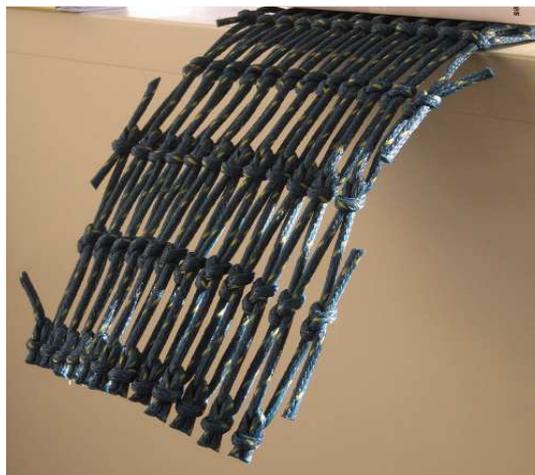
### Résultats en 2012

RDT a développé une méthode pour la mesure de la rigidité en flexion des filets (EI). Cette méthode est basée sur deux phases. La première phase consiste en des tests simples de pièces rectangulaires de filet : une extrémité est fixée horizontalement tandis que l'autre extrémité est libre de se plier sous son propre poids (Figure à droite ci-dessous). Pour chaque longueur de filet, la déviation verticale est enregistrée. La deuxième phase consiste à simuler cette déformation avec un modèle de méthode des éléments finis, qui tient compte de la rigidité à la flexion de filets (EI). La valeur EI est évaluée en ajustant sa valeur dans le modèle afin de régler la déviation verticale simulée avec celle enregistrée.

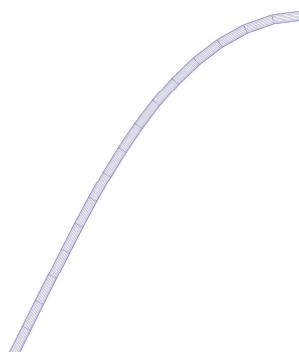
Ces travaux ont été présentés en 2012 à Split<sup>36</sup> et Tokyo<sup>37</sup>.



Mise en évidence de la raideur à l'ouverture des mailles du filet. La déformation reste limitée malgré le poids du filet.



Test simple de déformation d'une nappe de filet - la déformation verticale est liée à la rigidité du filet (EI).



Simulation de la déformation d'un fils du filet. L'extrémité en haut à droite est encastree. Elle est ajustée pour obtenir la même déformation que dans le test ci-dessus.

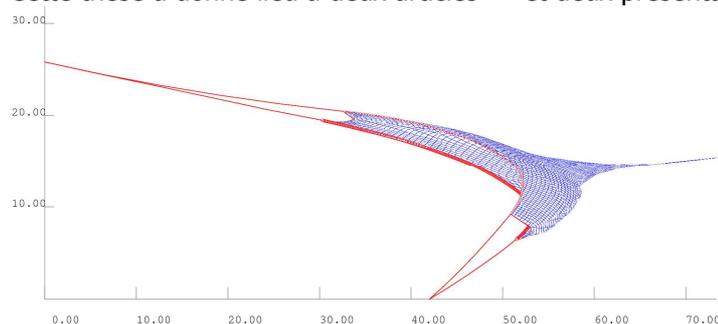
<sup>36</sup> Investigation of methods for the assessment of the flexural stiffness of netting panels, D. Priour, J.Y. Cognard, 10th International Workshop, Methods for the Development and Evaluation of Maritime Technologies -DEMaT'11 – Split, Croatia, October 26-28, 2011, Vol. 7, pp 203-219.

<sup>37</sup> Investigation of methods for the assessment of the flexural stiffness of netting panels, D. Priour, J.Y. Cognard, International Symposium "Toward the Smart Fishery in Japan, on March 26, 2012, Nippon Suisan Gakkaishi Vol.78 No. 5, September 2012, pp 1015.

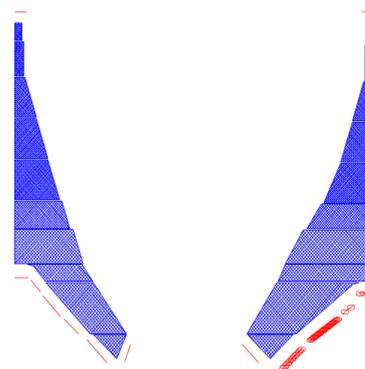
Le comportement hydrodynamique des structures poreuses utilisées pour la pêche (chaluts, nasses, cages, seines) est aujourd'hui encore mal connu. Les chaluts étant responsables de la plus grosse part de la consommation de fuel en action de pêche, ce projet a pour objectif de développer un outil de conception de chalut permettant de réduire au maximum la traînée de l'engin.

## Résultats en 2012

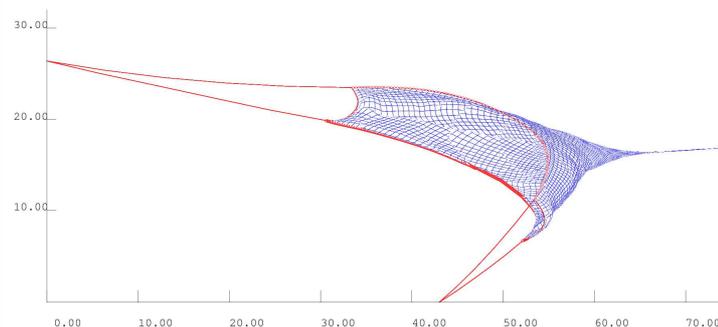
Les travaux principaux en 2012 sont le fruit de la thèse de Ramez KHALED, soutenue le lundi 30 avril 2012 à l'IUEM de Brest et qui portait sur « Optimisation des engins de pêche en terme d'économie de carburant ». L'optimisation des chaluts de pêche (pélagique et de fond) pour améliorer leurs efficacités énergétiques a été étudiée. Deux facteurs principaux ont été utilisés : la traînée du chalut et sa surface balayée. Selon la distance parcourue, la traînée entraîne une consommation d'énergie et la surface balayée impacte la capture de poisson. Cette étude s'est concentrée sur l'optimisation du plan du chalut par modification du nombre de mailles des pièces du filet et par changement de longueur des câbles du chalut. Cette thèse a donné lieu à deux articles<sup>3839</sup> et deux présentations<sup>4041</sup> :



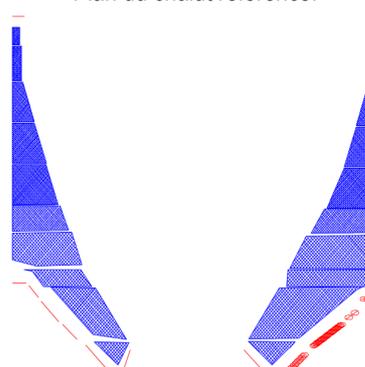
Forme 3D du chalut référence.



Plan du chalut référence.



Forme 3D du chalut optimisé. On note l'augmentation de la surface balayée relativement à la figure précédente.



Plan du chalut optimisé. On notera les faibles modifications de coupes des pièces de filet relativement à la figure ci-dessus

Pour en savoir plus : <http://wwz.ifremer.fr/hydropêche/Presentation-du-projet/Resume-du-projet>

<sup>38</sup>R. Khaled, D. Priour, JY. Billard, 2012, Numerical optimization of trawl energy efficiency taking into account fish distribution, Ocean Engineering 54 34-45.

<sup>39</sup> R. Khaled, D. Priour, JY. Billard, 2012, Cable length optimization for trawl fuel consumption reduction, Ocean Engineering 58 167-179

<sup>40</sup>D.Priour & R.Khaled, 2009, Comparison between two methods of trawl optimisation, 13<sup>th</sup> Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean IMAM 2009, Istanbul, Turkey, 12-15 Oct. 2009, p 655-660

<sup>41</sup> D.Priour & R.Khaled, 2009, Optimisation of trawl energy efficiency under fishing effort constraint, 9th intern. workshop Demat, Nara, 5-7 Nov., p163-178

# PREDA-DOR : préserver les élevages conchylicoles des attaques de dorades



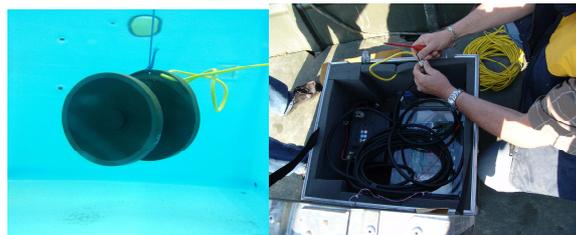
Les daurades royales provoquent une mortalité des jeunes coquillages dans diverses zones notamment en Bretagne Sud. Les dégâts concernent l'ostréculture et la mytiliculture. Le projet PREDA-DOR, visant à mieux qualifier le phénomène et à expérimenter plusieurs solutions différentes, a obtenu la labellisation du Pôle Mer Bretagne fin 2011. Les partenaires du projet sont le Comité Régional Conchylicole de Bretagne Sud (leader), l'Ifremer (REM/RDT, IMN/NSE, RBE/PFOM et RBE/LTH), le Muséum National d'Histoire Naturelle de Concarneau, et plusieurs professionnels ostréculteurs et mytilculteurs de la Baie de Quiberon et de la Rade de Brest.

Il comporte une partie d'étude du comportement local de l'espèce, l'étude de solutions acoustiques de répulsion, et l'amélioration des systèmes physiques de protection des concessions. Un financement de la Région Bretagne a été obtenu fin 2012 pour un démarrage officiel début 2013.

## Résultats en 2012



Résultat de la prédation par les daurades royales sur les bouchots utilisés en mytiliculture



Transducteur électrodynamique et électronique de commande du répulsif prototype

Des essais préliminaires de répulsifs acoustiques ont été menés sur des espèces sauvages en captivité et un déploiement d'un système autonome sur un parc mytilicole a été effectué, avec des premiers retours prometteurs.

De nombreux essais sont prévus sur différents parcs en Rade de Brest et Baie de Quiberon, entre 2013 et 2015.

Pour en savoir plus <http://wwz.ifremer.fr/peche/Projets/Predador2>

---

## 6.2 EVOLUTION SAR EXOCET

## Sysif, flûte multi traces numériques.

Le développement de la flûte multi traces numériques vise à la réalisation d'un système d'écoute acoustique adapté aux caractéristiques de SYSIF, équipement de reconnaissance sismique Haute Résolution (HR) tracté par grande profondeur.



SYSIF

Vers le navire



SYSIF équipé de la flûte numérique

Le développement des applications en sismique HR (220-2400 Hz) tractées en fond de mer était limité à un nombre restreint d'hydrophones du fait des limitations d'encombrement de la technologie analogique. Les anciens dispositifs ne permettaient donc pas de déterminer les vitesses de propagation dans les sédiments et ainsi de réaliser une « vraie » imagerie profondeur à amplitude préservée.

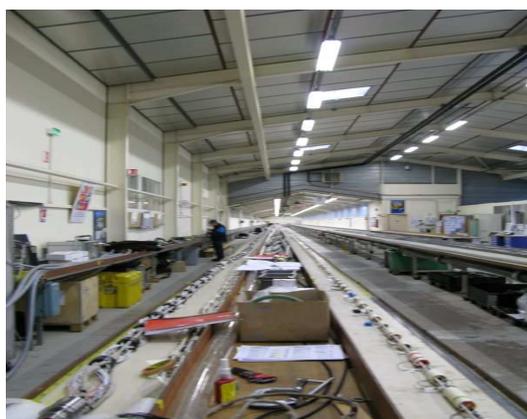
L'étude et la réalisation d'un système de mesure basé sur une mise en réseau d'un grand nombre d'hydrophones numériques, positionnés, et communiquant via Ethernet permet de résoudre ce problème.

### Résultats en 2012

Les développements technologiques des différents sous ensembles (hydrophones numériques, switchs 8 voies) sont aujourd'hui terminés, rendant possible la réalisation de la flûte multi traces.

Cette intégration finale du système s'est déroulée fin 2012 dans les ateliers de SERCEL Saint Gaudens.

La flûte est constituée de 52 hydrophones numériques Ethernet, ainsi que de 8 modules switch ayant été étudiés et réalisés à RDT.



Châssis SYSIF en cours de montage



Boîte de jonction ("BJ") de la composante multi traces SYSIF

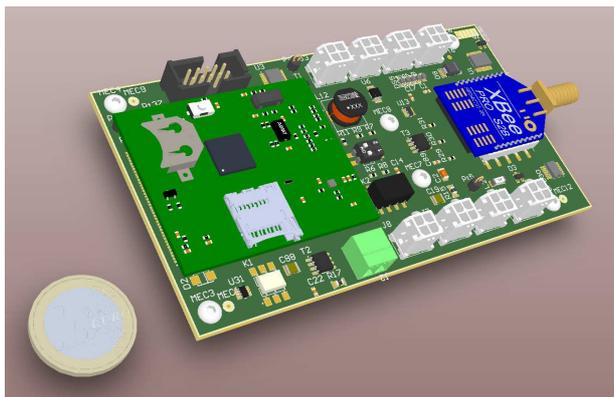
---

## 6.3 RÔLE DE L'OCÉAN SUR LE CLIMAT

## SYREDOMY - Récupération de données par messagers pour mesures de longue durée

Le projet Syredomy financé par le LPO, a pour but de développer des messagers permettant de récupérer des données d'équipements scientifiques déployés sur de longues durées sur les fonds océaniques.

RDT est associé au LPO pour l'étude et la réalisation des cartes électroniques du système.



SYREDOMY est un système permettant de communiquer par grands fonds avec des capteurs scientifiques et d'enregistrer leurs données. Elles sont par la suite transférées à des messagers regagnant à des dates programmées la surface. Ils émettent alors leurs données via Iridium.

Ces messagers peuvent également être largués à la demande et récupérés par des navires.



### Résultats en 2012

Les versions de la carte version1 réalisée en 2011 ont effectué avec succès leur mission d'avril à septembre 2012.

Parallèlement, une nouvelle version de la carte Syredomy a été lancée courant 2012, permettant d'intégrer plus de briques logicielles et la capacité de commutation. Cette carte électronique se rapproche désormais d'une version industrialisable. Elle accueillera également le développement ALEES, cœur électronique versatile, qui sera le cœur des prochains développements RDT. Les nouvelles routines de contrôle/commande ont commencé à être évaluées.

---

## 6.4 NOUVEAUX OUTILS ACOUSTIQUES D'EXPLORATION

## Enregistreur acoustique autonome (Sea-Ear)

Le *Sea-Ear* est un enregistreur acoustique autonome programmable, développé par l'Ifremer, il y a une vingtaine d'années et très couramment utilisé depuis. Multifonctions, il permet :

- de mesurer des bruits rayonnés des navires et des installations EMR ;
- de mesurer des bruits propres d'engins sous-marins ;
- d'enregistrer des signatures de sources acoustiques.

La refonte de cet équipement a été demandée par IMN/NSE/AS, afin de le moderniser et de répondre à l'ensemble des besoins, notamment en termes d'études d'impacts réclamant une large bande fréquentielle d'analyse (1 Hz – 100 kHz).

### Résultats en 2012

Les travaux menés en 2012 ont été relatifs à la poursuite du développement et de la qualification du nouvel enregistreur acoustique autonome (*Sea-Ear NG*), et au début de l'étude de l'implantation de l'instrumentation sur le site du Fromveur.

RDT a étudié et réalisé une électronique de nouvelle génération, proposant un stockage sur disque dur, un échantillonnage HF des signaux (>300 kHz), des préamplificateurs à gain variable, des filtres passe-haut et passe-bas programmables, tout en conservant une programmation ouverte et souple des missions de l'enregistreur.

Une fonctionnalité nouvelle de l'enregistreur vise à transmettre les données numérisées en temps réel par Wi-Fi, cette fonctionnalité étant primordiale dans la caractérisation des bruits rayonnés par les navires (possibilité d'analyser en temps réel l'impact d'un changement d'allure ou de la mise en fonction de tel ou tel système « bruyant » du bord). Ce développement "transmission temps-réel", développé en 2012, sera qualifié en mer en 2013.

En parallèle, l'étude de la bouée d'accueil de cet enregistreur, dérivante ou ancrée, est en cours. Les principales difficultés sont liées aux conditions extrêmes de courant sur le site du Fromveur et à la contrainte de verticalité de l'antenne Wi-Fi.



Transmission de données en temps réel par Wi-Fi



Prototypé du système Seaeear NG au bassin d'essai IFREMER

## 7. ANNEXES

### Publications (27)

Baley C., Le Duigou A., Bourmaud A., Davies Peter (2012). **Influence of drying on the mechanical behaviour of flax fibres and their unidirectional composites.** *Composites Part A-applied Science And Manufacturing*, 43(8), 1226-1233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2012.03.005>

Boisseau Amelie, Davies Peter, Thiebaud Frederic (2012). **Sea Water Ageing of Composites for Ocean Energy Conversion Systems: Influence of Glass Fibre Type on Static Behaviour.** *Applied Composite Materials*, 19(3-4), 459-473. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1007/s10443-011-9219-6> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00085/19578/>

Breivik Oyvind, Allen Arthur A., Maisondieu Christophe, Roth Jens-Christian, Forest Bertrand (2012). **The leeway of shipping containers at different immersion levels.** *Ocean Dynamics*, 62(5), 741-752. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1007/s10236-012-0522-z> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00079/19047/>

Choqueuse Dominique, Davies Peter, Bigourdan Benoit (2012). **Composite pressure vessels for deep-sea applications.** *JEC Composites magazine*, (75), 38-41.

D'Ortenzio Fabrizio, Le Reste Serge, Lavigne Heloise, Besson F., Claustre H., Coppola Laurent, Dufour A., Dutreuil Vincent, Laes Agathe, Leymarie Edouard, Malarde Damien, Mangin A., Migon Christophe, Morin P., Poteau A., Prieur L., Raimbault P., Testor Pierre (2012). **Autonomously profiling the nitrate concentrations in the ocean : the Pronuts project.** *Mercator Ocean – CORIOLIS Quarterly Newsletter*, (45), 8-11. Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00114/22555/>

Derombise Guillaume, Van Schoors L. Vouyovitch, Bourmaud A., Davies Peter (2012). **Morphological and physical evolutions of aramid fibers aged in a moderately alkaline environment.** *Journal Of Applied Polymer Science*, 123(5), 3098-3105. <http://dx.doi.org/10.1002/app.34923>

Derombise Guillaume, Van Schoors L. Vouyovitch, Klop E. A., Schotman A. H. M., Platret G., Davies Peter (2012). **Crystallite size evolution of aramid fibres aged in alkaline environments.** *Journal Of Materials Science*, 47(5), 2492-2500. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1007/s10853-011-6073-8> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00065/17614/>

Druault Philippe, Bouhoubeiny Elkhadim, Germain Gregory (2012). **POD investigation of the unsteady turbulent boundary layer developing over porous moving flexible fishing net structure.** *Experiments In Fluids*, 53(1), 277-292. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1007/s00348-012-1289-1> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00088/19935/>

Khaled Ramez, Priour Daniel, Billard Jean-Yves (2012). **Numerical optimization of trawl energy efficiency taking into account fish distribution.** *Ocean Engineering*, 54, 34-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2012.07.014>

Khaled Ramez, Priour Daniel, Billard Jean-Yves, 2012, **Cable length optimization for trawl fuel consumption reduction**, *Ocean Engineering* 58 (2012) 167–17 9

Lazerges M., Perrot H., Rabehagasoa N., Compere Chantal, Dreanno Catherine, Mucio Pedroso M., Faria R. C., Bueno P. R. (2012). **DNA hybridization mechanism in an interfacial environment: What hides beneath first order k (s(-1)) kinetic constant?** *Sensors And Actuators B-chemical*, 171, 522-527. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2012.05.023> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00101/21195/>

Lazerges Mathieu, Perrot Hubert, Rabehagasoa Niriniony, Compere Chantal (2012). **Thiol- and Biotin-**

**Labeled Probes for Oligonucleotide Quartz Crystal Microbalance Biosensors of Microalga *Alexandrium Minutum*.** *Biosensors*, 2(3), 245-254. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.3390/bios2030245> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00107/21810/>

Le Duigou Antoine, Bourmaud Alain, Balnois Eric, Davies Peter, Baley Christophe (2012). **Improving the interfacial properties between flax fibres and PLLA by a water fibre treatment and drying cycle.** *Industrial Crops And Products*, 39, 31-39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.001>

Le Duigou Antoine, Deux Jean-Marc, Davies Peter, Baley Christophe (2012). **PLLA/Flax Mat/Balsa Bio-Sandwich-Environmental Impact and Simplified Life Cycle Analysis.** *Applied Composite Materials*, 19(3-4), 363-378. <http://dx.doi.org/10.1007/s10443-011-9201-3>

Le Gac Pierre-Yves, Le Saux V., Paris M, Marco Y. (2012). **Ageing mechanism and mechanical degradation behaviour of polychloroprene rubber in a marine environment: Comparison of accelerated ageing and long term exposure.** *Polymer Degradation And Stability*, 97(3), 288-296. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.12.015> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00073/18429/>

Le Traon Pierre-Yves, Le Reste Serge, Dutreuil Vincent, Laes Agathe, Malarde Damien, Carval Thierry, Speich Sabrina, Arhan Michel, Rusciano Emanuela, Faure Vincent, Ollitrault Michel, Prigent Anaig, Gaillard Fabienne, Maze Guillaume (2012) **Mercator Ocean special issue with Coriolis. Quaterly newsletter.** *Mercator-Ocean Scientific Newsletter*, (45 spec.), 41. Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00098/20969/>

Le Traon Pierre-Yves, D'Ortenzio Fabrizio, Babin M., Claustre H., Pouliquen Sylvie, Le Reste Serge, Thierry Virginie, Brault Patrice, Guigue Michel, Le Menn M. (2012). **NAOS : preparing the new decade for Argo.** *Mercator Ocean – CORIOLIS Quarterly Newsletter*, (45), 3-4. Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00114/22556/>

Le Traon Pierre-Yves, D'Ortenzio Fabrizio, Babin Marcel, Claustre Herve, Pouliquen Sylvie, Le Reste Serge, Thierry Virginie, Brault Patrice, Guigue Michel, Le Menn Marc (2012). **Le projet Equipex NAOS : l'observation globale des océans Préparation de la nouvelle décennie d'Argo.** *La Météorologie*, (76), 19-25. <http://dx.doi.org/10.4267/2042/47242>

Lunven Michel, Landeira Jose Maria, Lehaitre Michel, Siano Raffaele, Podeur Christian, Danielou Marie-Madeleine, Le Gall Erwan, Gentien Patrick, Sourisseau Marc (2012). **In situ video and fluorescence analysis (VFA) of marine particles: applications to phytoplankton ecological studies.** *Limnology And Oceanography-methods*, 10, 807-823. <http://dx.doi.org/10.4319/lom.2012.10.807>

Maurin Romain, Baley Christophe, Cartie Denis D. R., Davies Peter (2012). **Influence of Through-Thickness Pinning on Composite Shear Properties.** *Applied Composite Materials*, 19(6), 853-864. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1007/s10443-011-9196-9> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00113/22390/>

Pinon Gregory, Mycek Paul, Germain Gregory, Rivoalen Elie (2012). **Numerical simulation of the wake of marine current turbines with a particle method.** *Renewable Energy*, 46, 111-126. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2012.03.037> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00087/19853/>

Puillat, N. Lanteri, J.F. Drogou, J. Blandin, L. Géli, J. Sarrazin, P.M. Sarradin, Y. Auffret, J.F. Rolin and P. Léon (2012). **Open-Sea Observatories: A New Technology to Bring the Pulse of the Sea to Human Awareness,** *Oceanography*, Prof. Marco Marcelli (Ed.), ISBN: 978-953-51-0301-1, InTech, DOI: 10.5772/26955. Available from: <http://www.intechopen.com/books/oceanography/open-sea-observatories-a-new-technology-to-bring-the-pulse-of-the-sea-with-internet-in-the-ocean>

Ritter Andres, Com Emmanuelle, Bazire Alexis, Goncalves Marina Dos Santos, Delage Ludovic, Le Penneç Gael, Pineau Charles, Dreanno Catherine, Compère Chantal, Dufour Alain (2012). **Proteomic studies highlight outer-membrane proteins related to biofilm development in the marine bacterium *Pseudoalteromonas* sp D41.** *Proteomics*, 12(21), 3180-3192. <http://dx.doi.org/10.1002/pmic.201100644>

Sar B. E., Freour S., Davies Peter, Jacquemin Frederic (2012). **Coupling moisture diffusion and internal**

**mechanical states in polymers - A thermodynamical approach.** *European Journal Of Mechanics A-solids*, 36, 38-43. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1016/j.euromechsol.2012.02.009> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00088/19932/>

Saulnier Jean Baptiste, Maisondieu Christophe, Ashton Ian, Smith George H. (2012). **Refined sea state analysis from an array of four identical directional buoys deployed off the Northern Cornish coast (UK).** *Applied Ocean Research*, 37, 1-21. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1016/j.apor.2012.02.001> , Open Access version: <http://archimer.ifremer.fr/doc/00098/20922/>

Vedrine C., Lazerges M., Perrot H., Compere Chantal, Pernelle C. (2012). **Strategy to design DNA-biosensors: Single-stranded probe grafting versus target-probe duplex grafting.** *Sensors And Actuators B-chemical*, 171, 719-725. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2012.05.062> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00101/21196/>

Verger F., Pain T., Nazabal V., Boussard-Pledel C., Bureau Bruno, Colas Florent, Rinnert Emmanuel, Boukerma Kada, Compere Chantal, Guilloux-Viry M., Deputier S., Perrin A., Guin J. P. (2012). **Surface enhanced infrared absorption (SEIRA) spectroscopy using gold nanoparticles on As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> glass.** *Sensors And Actuators B-chemical*, 175, 142-148. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2012.01.038> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00116/22748/>

## Actes de colloque (9)

Brennan Feargal (Chairman), Marc Le Boulluec, Spyros Mavrakos, Jaideep Sirkar, Niels Jacob Tarp-Johansen, Arnaud Thiry, Zhen Gao, Jeffrey Falzarano, Einar Landet , Florian Biehl, Chae Whan Rim, Hideyuki Suzuki, Radboud van Dijk, Chien Ming Wang, Liping Sun (2012), Concern for load analysis and structural design of offshore renewable energy devices. Attention shall be given to the interaction between the load and structural response of fixed and floating installations taking due consideration of the stochastic nature of the ocean environment, 19th ISSC, 2012, Specialist committee V.4 Offshore Renewable Energy

Guédé Z., A. Tantar, E. Tantar & P. Del Moral (2012). Application of a Particle Filter-Based Subset Simulation Method to the Reliability Assessment of a Marine Structure. In Proc. 31th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE 2012 July 1-6, 2012, Rio de Janeiro, Brazil.

Jacquemin F, Sar B-E, Fréour S, Davies P (2012), A comparison between the free volume theory and the thermodynamical approach for modelling the multiscale interactions between stress and moisture diffusion in composite materials, Proceedings DURACOSYS, Brussels, 2012.

Jeans G., M. Prevosto, L. Harrington-Missin, C. Maisondieu, C. Herry, J. A. Lima (2012), Deepwater current profile data sources for riser engineering offshore Brazil, Proceedings of the ASME 2012 31st International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2012, July 1-6, 2012, Rio de Janeiro, Brazil.

Lécuyer B, Ledoux A, Molin B, Le Boulluec M, Heguiapal B. 2012, Hydro-Mechanical Issues of Offloading Operations Between a Floating LNG Terminal and a LNG Carrier in Side-by-Side Configuration. Proceedings OMAE 2012, of the 31th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering. June 10-15, 2012, Rio de Janeiro, Brazil.

Maurice J, Créac'hacdec R, Cognard JY, Davies P, Meirinhos G, Mahdi S (2012), Characterization of thin structural adhesive films for aeronautical applications over a wide range of monotonic loads using a modified Arcan test, Proceedings ACEX , 2012.

Prevosto Marc, Forristall George Z., Jeans Gus, Herry Christelle, Harte Gavin, Harrington-Missin Liam, Dooley Patrick (2012). Worldwide Approximations of Current Profiles for Steel Riser Design. The WACUP Project. Proceedings of the OMAE 2012, ASME 31st International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, July 1-6, 2012, Rio de Janeiro, Brazil.

Puillat Ingrid (2012). Proceedings of conference "Time-Series analysis in marine science and applications for industry". A Europole Mer Gordon-like conference at the crossroad of marine science. Share your experience of time-series analysis in the fields of oceanography, biochemistry, biology, ecology, bio-acoustics, geosciences, seismology, offshore engineering... Training 17-18 Sep 2012, Conference 19-21 Sep 2012. Time-series

analysis in marine science and applications for industry, 17-21 September 2012, Logonna-Daoulas, France.  
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00120/23116/>

Vlasblom MP, Boesten J, Leite S, Davies P (2012), Development of HMPE Fiber for permanent deepwater offshore mooring, Proceedings Offshore Technology Conference, OTC 23333, Houston, USA, May 2012 .

## Communications, Colloques sans actes (34)

Arnaud N., Cognard J.Y., Créac'hcadec R., Davies P (2012), Analysis of moisture effect on the mechanical behaviour, of an adhesively bonded joint under multi-axial loads, EURADH conference, 2012.

Boukerma K. (2012) 6ème journées scientifiques de l'université du sud Toulon Var. Workshop Biofouling and antifouling, 18/04/12, Toulon.

Deporte A., G. Germain, J-B Drevet, P. Davies (2012), Caractérisation du comportement d'une membrane souple utilisée pour récupérer l'énergie du courant, 13èmes Journées de l'hydrodynamique.

Dreanno C. (2012), Atelier sur les biofilms, 28/09. Océanopolis, Brest.

Dreanno C. (2012), Les biofilms à l'ère des "omics": cas des *Pseudoalteromonas*. 6ème journées scientifiques de l'université du sud Toulon Var. Workshop Biofouling and antifouling, 18/04/12, Toulon.

Dreanno C. (2012) Marine genomics for Users. Workshop report The Potential of Genomics Technology for Marine Monitoring and the Marine Strategy Framework Directive (MSFD) 19-20 September, 2012, Oxford (UK).

Druault P., E. Bouhoubeiny, G. Germain (2012), Analyse par POD de l'écoulement turbulent autour d'une structure souple, poreuse et en mouvement libre, 32èmes journées de l'AFVL.

Germain G., E. Bouhoubeiny, P. Druault, D. Priour, R. Khaled, J-Y Billard, B. Vincent, I. Mnassri (2012), HydroPêche: Experimental results for a 3 years project carried out to improve energy efficiency of fishing devices, E. Fishing, Vigo, May 2012.

Gus Jean, Prevosto Marc, Harrington-Missin Liam, Maisondieu Christophe, Herry Christelle, Lima José Antonio M. (2012). Deepwater Current Profile Data Sources for Riser Engineering Offshore Brazil. OMAE 2012, ASME 31st International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, July 1-6, 2012, Rio de Janeiro, Brazil.

Laes Agathe (2012). *In situ* monitoring of nutrients in Marine Waters. EMSAC OI 12 – London 13th March 2012. EMSAC "Challenges for Measuring Nutrients In Coastal Waters", 13th March 2012, London.

Le Boulluec Marc (2012), Les Energies Marines Renouvelables, Séminaire « Les Energies Renouvelables Aujourd'hui - Perspectives de Collaboration entre l'Amérique Latine et l'Europe » , Lima, 2012.

Le Boulluec Marc (2012), Mechanical energy : wind, waves, current, Séminaire PECC (Pacific Economical Cooperation Council). PECC Seminar 2 on Marine Resources : Oceans as a source of renewable energy, Hawaii 2012.

Le Boulluec Marc (2012), AAP IEED : Call for projects for Institute of Excellence in Carbon-free Energies. France Energies Marines.

Le Boulluec Marc (2012), Model testing of Wave Energy systems, MERIFIC workshop, SeaTechWeek 2012.

Le Gac P.Y., D. Choqueuse, D. Melot (2012), Polyurethane ageing for field joint application : from accelerated ageing to life time prediction, MERL Oilfield Engineering with polymers 2012, Londres 23-25 Octobre 2012.

Le Gac P.Y., D. Choqueuse, C. Zimmer, G. Recher, D. Melot (2012), pDCPD : a new polymer for deep sea field joint coatings?, Pipeline Coating 2012, Vienna, Austria, Feb 2012.

Le Gac PY, Davies P., Celina M., Fayolle B. (2012), Relationship between chemical and mechanical modification during oxidation of chloroprene rubber, MODEST, Prague, Sept 2012.

Maisondieu Christophe, M. Pavéc, O. Breivik, J-C Roth, A.A.Allen (2012), Current data assimilation and drift forecast models for search and rescue, GLOBCURRENT 2012, 7-9 March 2012, Brest, France.

Maisondieu Christophe, M. Healy (2012), MARINET Marine Renewable Infrastructure Network, MSI 2012, 13-15 Novembre 2012, Toulon, France.

Maisondieu Christophe (2012), MERIFIC Introduction to Resource Assessment and Mapping, SeaTech Week 2012, 8-12 octobre 2012, Brest, France.

Mycek P., B. Gaurier, G. Germain, G. Pinon, E. Rivoalen (2012), Étude numérique du comportement d'hydroliennes à axe horizontal : vers une modélisation d'un parc d'hydroliennes, Journées Nationales Génie Civil/Génie Côtier, Juin 2012.

Mycek P., J-M Cherfils, C. Loir, B. Gaurier, G. Germain, G. Pinon, E. Rivoalen, J-V Facq, T. Bacchetti (2012), Numerical modelling of horizontal axis marine current arrays, Journées JAUM.

Mycek P., G. Pinon, G. Germain, E. Rivoalen, B. Gaurier (2012), Développements numériques pour la modélisation du comportement et du sillage d'hydroliennes, 13èmes journées de l'hydrodynamique.

Pinon G., G. Germain, Paul Mycek, B. Gaurier, E. Rivoalen, J-M Cherfils, J-V Facq, T. Bacchetti (2012), Hydroliennes et effets de sillage, 9èmes journées CETMEF.

Priour D.(2012), Improvement of trawl efficiency using measurements at sea and numerical simulations, Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing, Vigo, Spain, May 2012.

Priour D., Cognard JY.(2012), Smart fishery : the example of Europe and America, Symposium Towards a Smart Fishery In The 21st Century, Tokyo 26 March 2012, Nippon Suisan Gakkaishi 78 (5), page 1015.

Priour Daniel (2012). Improvement of trawl efficiency using measurements at sea and numerical simulations. 2nd International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency, Vigo, Spain, 22nd - 24th of May 2012.

Rinnert Emmanuel, Dribek Mohamed, Peron Olivier, Colas Florent, Compere Chantal, Lamy De La Chapelle Marc, Toury Timothee (2012). Recent advances in SERS detection of hydrocarbons in seawater. 1st International Conference on Enhanced Spectroscopy.

Rouault Marie-Christine, PRINCIPIA SAS, Bernard Molin, Ecole Centrale Marseille, Marc Le Boulluec, IFREMER, François Pétrié, OCEANIDE Second order loads characterization in shallow water with a slope bottom, 13èmes Journées de l'Hydrodynamique, CHATOU, 21-23 novembre 2012.

Siano R, Dreanno C, Quere J, Le Roy V, Ducasse E, Nezan E, Youenou A, Devez A, Delmas D (2012), Spatio-temporal dynamics of toxic *Pseudo-nitzschia* species in Brittany (France). Conference on Harmful Algae, 28/10 au 2/011/12, Changwon, Corée.

Siano R, Dreanno C, Quere J, Le Roy V, Ducasse E, Nezan E, Youenou A, Devez A, Delmas D (2012), Dynamique spatio-temporelle des peuplements de *Pseudo-nitzschia* en Bretagne. Journées REPHY, Nantes 25-27/09/2012.

Vu TD, Durville D, Davies P (2012), Simulation of the Bend-Over-Sheave Behaviour of Braided Synthetic Ropes, 8th European Solid Mechanics conference, Graz, Austria, July9-13.

Weller S, Davies P, Thies P, Harnois V, Johanning L (2012), Durability of synthetic mooring lines for ocean energy devices, Proceedings ICOE 2012, Dublin.

Woerther Patrice, Bourillet Jean-Francois, Damy Gilbert, Dussud Loic, Sultan Nabil (2012). Improving in piston coring quality with acceleration and pressure measurements and new insights on quality of the recovery. 8th International Marine Technicians Symposium, INMARTECH 2012, 25 and 28 September 2012, Texel, the Netherlands.

## Posters (13)

Baus-Lagarde, Compere C, Dreanno C, Ezan E, Tanchou V, Gas F (2012), New immunosensors dedicated to whole cell detection algae. Biosensors 2012, 15-18/05, Cancun, Mexique

Bienvendu B, Goudenège D, Le Roux F, Quintric L., Compère C, Dreanno C. (2012), Genome sequence of a marine pioneer bacterium in biofouling formation. Biofilm V, 10-12/12/12, Paris.

Dreanno C, Milgram S, Gas F, Colas F, Roupioz Y, Livache T, Compere C. (2012), Direct detection of marine toxic algae by SPR imaging. Biosensors 2012, 15-18/05, Cancun, Mexique.

Dreanno C, Gas F, Baus-Lagarde B, Quesney S, Compère C (2012), New Immunochromatographic strips for simple detection and quantification of *Alexandrium minutum*. 15th International Conference on Harmful Algae, 28/10 au 2/011/12, Changwon, Republic of Korea.

Dribek Mohamed, Rinnert Emmanuel, Colas Florent, Crassous Marie-Pierre, Compere Chantal (2012). Organometallic nanoprobe to enhance optical response on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) immunoassay using SERS technology. Colloids and Nanomedicine 2012, 15-17 July, Amsterdam, The Netherlands. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00088/19912/>

Germain Grégory, Gaurier Benoit, Facq Jean-Valéry, Bacchetti Thomas, Leprêtre Christèle, Mycek Paul, Deporte Astrid, Maisondieu Christophe, Davies Peter (2012), L'Ifremer et les énergies marines renouvelables, Fêtes de la Science Boulogne/Mer,

Germain Grégory, Gaurier Benoit, Facq Jean-Valéry, Bacchetti Thomas, Leprêtre Christèle, Mycek Paul, Deporte Astrid, Maisondieu Christophe, Davies Peter (2012), **Energies Marines Renouvelables - Les différents types**, Fêtes de la Science Boulogne/Mer.

Germain Grégory, Gaurier Benoit, Facq Jean-Valéry, Bacchetti Thomas, Leprêtre Christèle, Mycek Paul, Deporte Astrid, Maisondieu Christophe, Davies Peter (2012), **Comment récupérer l'énergie des courants marins - Exemples de technologies étudiées**, Fêtes de la Science Boulogne/Mer.

Germain Grégory, Gaurier Benoit, Facq Jean-Valéry, Bacchetti Thomas, Leprêtre Christèle, Mycek Paul, Deporte Astrid, Maisondieu Christophe, Davies Peter (2012), **Développement de pales d'hydroliennes - De l'évaluation de la ressource à la détermination des pales**, Fêtes de la Science Boulogne/Mer.

Laes Agathe, Bucas Karenn, Repecaud Michel, Le Piver David, Retho Michael, Allenou Jean-Pierre, Malarde Damien, Dutreuil Vincent, Le Reste Serge, D'Ortenzio Fabrizio (2012). **In situ monitoring of nutrients in marine waters**. Environmental sensors 2012, 23 -28 September 2012, Anglet - France.

Le Reste Serge, Andre Xavier, Dutreuil Vincent, Trautmann Coralie (2012). **Subsurface profiling floats : Arvor & Provor family**. CBO 2012, Congress of Brazil's Oceanographic Industry, 13 -16th November 2012. Rio De Janeiro, Brasil. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00115/22663/>

Le Reste Serge, Dutreuil Vincent, Andre Xavier, Trautmann Coralie, Bescond Tanguy (2012). **Deep-Arvor: a CTD & DO profiling float for Argo**. Argo Science Workshop, Venise, 26-29 sept 2012. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00115/22627/>

Rinnert Emmanuel, Berho Catherine, Le Floch Stephane, Vergnole Sebastien, Lamy De La Chapelle Marc, Toury Timothee (2012). **REMANTAS - Raman Exalté pour Milieux Aquatiques : une Nouvelle Technologie d'Analyse sur Site - ECOTECH 2011**. Journées Ecotechnologies du 6 au 8 novembre 2012 à Montpellier. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00101/21218/>

## Soutenance de thèses (6)

Bouhoubeiny Elkhadim (2012). **Caractérisation de l'écoulement autour de structures souples et poreuses : Application aux engins de pêche**. PhD Thesis, Université Pierre et Marie Curie. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00092/20276/>

Choqueuse Dominique (2012). **Experimental study and analysis of the mechanical behaviour of syntactic foams used in deep sea**. PhD Thesis, Université de Franche-Comté. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00114/22573/>

Khaled R. (2012), **Optimisation des engins de pêche en terme d'économie de carburant**, UBO, avril 2012

Maurice J. (2012) **Characterization and modeling of the 3D elastic behavior of structural adhesives films for aeronautical applications**, UBO, décembre 2012

Sar B-E (2012), **Une approche thermodynamique pour la modélisation multi-physique du comportement**

hydro-mécanique couple des polymères, Université de Nantes, décembre 2012.

Verger F. (2012) **Spectroscopie infrarouge exaltée de surface pour la détection de composés organiques dissous dans le milieu marin**, Université de Rennes 1, juin 2012

## Rapports (373)

Andre Xavier (2012). **Arvor-HP. Simulateur light.**

Andre Xavier (2012). **Arvor-C – 1000ème cycle cumulé en mer !**

Andre Xavier, Garziglia Sebastien, Marsset Bruno, Ker Stephan, Sultan Nabil (2012). **GEOPS P & S Geotechnic. Phase 1B - Intermediate report.**

Andre Xavier, Le Reste Serge, Moreau Bertrand (2012). **Spécifications du codage des données sur l'Arvor Argos 3 BAS DEBIT FULL ACK.**

Andre Xavier, Le Reste Serge, Moreau Bertrand, Guigue Michel (2012). **Argos-3 HD. Essais complémentaires dans les locaux de NKE.**

Andre Xavier, Moreau Bertrand (2012). **Arvor-A3. Analyse de comportement à la mer.**

Bacchetti Thomas, Facq Jean-Valery, Gaurier Benoit, Germain Gregory (2012). **Compte-rendu d'essais ETM - DCNS.**

Bacchetti Thomas, Facq Jean-Valery, Gaurier Benoit, Germain Gregory (2012). **Etude de la tenue à la mer et du comportement de l'hydrolienne Fluxyz.**

Bacchetti Thomas, Facq Jean-Valery, Gaurier Benoit, Germain Gregory (2012). **Caractérisation du fonctionnement de l'hydrolienne Alstom ORCA V110 (N°RDT/HO/27HOBL12).**

Bacchetti Thomas, Facq Jean-Valery, Gaurier Benoit, Germain Gregory (2012). **Flow characterization behind trawl grids.**

Bacchetti Thomas, Facq Jean-Valery, Gaurier Benoit, Germain Gregory (2012). **Surface buoys effects on the hydrodynamic performances and stability of the F32 deflector.**

Bacchetti Thomas, Facq Jean-Valery, Gaurier Benoit, Germain Gregory (2012). **Hydrodynamic loads and performances of hydro-generators used by CCGVeritas.**

Bacchetti Thomas, Facq Jean-Valery, Gaurier Benoit, Germain Gregory (2012). **Hydrodynamic performances of new concept of fairings with lift effect.**

Bacchetti Thomas, Facq Jean-Valery, Gaurier Benoit, Germain Gregory (2012). **Hydrodynamic and behavioural deflectors study.**

Baley C., P. Davies (2012), **Chapter IV, Matrix Polymers in "Flax and Hemp Fibres: a natural solution for the composite industry**, CELC/JEC Composites publication, 2012 .

Beriet Patrick, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de 3 câbles équipés de connecteurs.**

Beriet Patrick, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'un detector.**

Beriet Patrick, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de 3 cordons électriques.**

Beriet Patrick, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de trois unités SUBSEA.**

Beriet Patrick, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un capteur NOSS-NAOS.**

Beriet Patrick, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'une antenne Iridium Arvor 350 miniature.**

Beriet Patrick, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux capteurs NOSS-NAOS.**

Beriet Patrick, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'un radôme en composite. (29/05/2012).**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais de qualification à l'environnement marin d'une ANTENNE ARGOS 2 POUR ARVOR NT.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Qualification sous pression hydrostatique de 4 limandes connectique.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une "Interface MAT" N°62 021 393 A A.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux DETECTORS.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique - Test en rupture de 2 tubes en Super Duplex.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux ADCP.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Riou Luc, Bigourdan Benoit, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Engin SeaExplorer ACSA : Test coque étanche - Essais sous pression hydrostatique externe.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne N°61025943 (RDT/MS/12/ 073-1).**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne N°61025943 (03/05/2012).**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un robot sous-marin.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de trois octans (Unités SUBSEA).**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de 15 largueurs (RDT/MS/12/079).**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de 2 laisses ROV sur tourets.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne N°61025943 .**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une terminaison de câble France Télécom.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012).  **Tubes ARVOR composite 12 mm - Plasticon n°2A & n°1A. Essais de cyclage et de rupture sous pression hydrostatique externe.**

Beriet Patrick, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de deux conteneurs.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de 107 thermocouples (17/04/12) / High pressure test on 107 thermocouples.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'un bouchon de pompe immergée.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux unités SUBSEA.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de quatre hydrophones GAPS.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de câbles optiques SEACON.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux enceintes électroniques.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de trois OCTANS.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une ENCEINTE RAMSES 4800 m.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais en environnement mécanique d'un concentrateur RECOPECA.**

Beriet Patrick, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux antennes Iridium Arvor 350.**

Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais en environnement mécanique d'un micrOBS+ avec et sans précontrainte largueur.**

Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Le Guen Yvon (2012). **Essais en environnement mécanique de deux sondes SFAI80B & SFAI25M.**

Boukerma Kada, Peleau Michel, Compere Chantal (2012). **Evaluation de l'importance de la prolifération de salissures marines sur des échantillons (RDT/IC-12-029).**

Boukerma Kada, Peleau Michel, Compere Chantal (2012). **Evaluation de l'importance de la prolifération de salissures marines sur des échantillons (RDT/IC-12-024).**

Bucas Karenn (2012). **Manuel d'utilisation de l'IHM VisuelSnO2.**

Bucas Karenn (2012). **Manuel d'utilisation de l'IHM Mini-Pepito.**

Bucas Karenn (2012). **Logiciel de Traitement CHEMINI CADO (Calcul Automatisé des DONnées).**

Caradec Florian, Laes Agathe, Pignet Patricia (2012). **Chemini sulfates: Analyse en ligne des sulfates pour la qualité des eaux de réinjection.**

Chataing Sophie (2012). **Compte rendu des tests sur les Cheminis Ammonium pour Boulogne/Mer.**

Coail Jean-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Qualification sous pression hydrostatique d'un connecteur Glenair GeoMarine.**

Colas Florent (2012). **Lancement du projet ANR REMANTAS.**

Compere Chantal, Mazeas Florence, Gayet Nicolas (2012). **Projet Emestox : Observations de filtres traités ou non traités au Microscope Electronique à balayage.**

Damy Gilbert (2012). **Essais hydrodynamiques- Conduites ETM. Poste 2 et 3 Rapport d'essais en oscillations forcées, Description des montages d'essais réalisés, Description des essais réalisés et des données enregistrées, Traitement et Pré-analyse des données.**

Damy Gilbert (2012). **Essais hydrodynamiques-Conduites ETM. Poste 1 Préparation des essais, Conception et Procédures d'essais.**

Peter (2012). **Contrôle des montages d'essai de joints sur le Nautil, juillet 2012.**

Davies Peter, Forest Bertrand (2012). **Etude de câble KingRope pour carottage grande profondeur.**

Davies Peter, Kerboul Andre (2012). **Essais préliminaires de caractérisation de l'adhésif Sikaforce 7550-L19.**

Davies Peter, Lacotte Nicolas (2012). **Rapport d'essais de rupture sur échantillons de Movline, Kersaudy Le Meur.**

Davies P., Choqueuse D, Devaux H (2012), **Failure of polymer matrix composites in marine and off-shore applications, In Failure mechanisms in polymer matrix composites: Criteria, testing and industrial applications**, Edited by P Robinson, E Greenhalgh and S Pinho, Woodhead Publishers, 2012.

Deuff Albert, Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ADFU-U.**

Dribek Mohamed (2012). **Congrès international : Colloids and Nanomedicine 2012. Amsterdam (15-17 juillet 2012).**

Dribek Mohamed, Compere Chantal, Rinnert Emmanuel (2012). **Fonctionnalisation de surface de capteurs de polluants en milieu marin : couplage detection SERS et reconnaissance par anticorps.**

Dumergue Nicolas (2012). **Dimensionnement du corps d'une antenne Wifi 4000 m.**

Dumergue Nicolas (2012). **Dimensionnement d'une cellule acoustique haute pression.**

Dumergue Nicolas (2012). **P13119-DCE-RIS-019. Comment On Design brief Report.**

Dussud Loic (2012). **MeDON. Compte-rendu de la plongée du 6 février 2012. Identification des fonds sur le trajet du câble.**

Dussud Loic (2012). **Journée d'information. Pole Mer Bretagne Sauvegarde de la vie humaine en mer. Lorient - 25 juin 2012.**

Dussud Loic (2012). **Cahier des spécifications du treuil HROV - Spécifications fonctionnelles et opérationnelles pour l'étude, la réalisation et les essais du treuil du ROV hybride et de son câble optoporteur.**

Dussud Loic (2012). **Technical specifications of the Victor 6000 umbilical cable.**

Fouquet Yves, Alix Anne-Sophie, Bignon Laurent, Cambon-Bonavita Marie-Anne, Cheron Sandrine, Donval Jean-Pierre, Dupre Stephanie, Dyment Jerome, Fernagu Philippe, Guerin Charline, Guillou Martin, Guyader Vivien, Konn Cecile, Labanieh Shasa, Pelleter Ewan, Pierre Delphine, Pradillon Florence, Scalabrin Carla, Sztikar Florent (2012). **Futuna 3 2012. Rapport de campagne du 16 mai au 22 juin 2012.**

Gaurier Benoit, Facq Jean-Valery, Bacchetti Thomas, Germain Gregory (2012). **Hydrodynamic and behavioural study of a deflector.**

Gautier Laurent (2012). **Station MAREL IROISE Saint Anne du Portzic. Etude d'un système à contrôle commande déporté. Spécification techniques.**

Germain Gregory, Priour Daniel, Vincent Benoit, Billard Jean-Yves, Druault Philippe, Bouhoubeiny Elkhadim, Alexandrini Bertrand, Le Touze David, Khaled Ramez, Mnassri Ilyes (2012). **Compte rendu final d'exécution de l'opération dans le cadre du projet HydroPêche.** <http://archimer.ifremer.fr/doc/00116/22716/>

Gonzalez Jean-Louis, Munaron Dominique, Podeur Christian, Tapie Nathalie, Budzinski Helene, Maruszczak Nicolas, Montero Natalia, Belzunce-Segarra Maria Jesus (2012). **Contribution au développement et à l'amélioration des techniques d'échantillonnage passif (DGT et POCIS) : développement et amélioration techniques EP : II-B-01 (16). Rapport final.**

Gouletquer Philippe, Robert Stephane, Caisey Xavier, Chabirand Jean-Michel, Dubois Stanislas, Le Moine Olivier, Soletchnik Patrick, Goragner Herle, Lazure Pascal, Le Bihan Caroline, Geairon Philippe, Lajournade Martin, Le Gall Andre (2012). **Contribution au développement de la filière aquacole à St Pierre & Miquelon - Rapport final IFREMER 2011 - Contrat ODEADOM-Ifremer - Convention 2011 N°2011-004/38 .**

Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'une antenne n°61025943BA S/N 61025943/01012 .**

Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **High pressure test on 116 thermocouples.**

Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de 116 thermocouples.**

Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de deux radômes en composite.**

Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'une enceinte composite d'antenne GAPS.**

Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une interface MAT SSK S/N 10004.**

Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une interface MAT SSK S/N 10005.**

Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une interface MAT SSK S/N 10003.**

Lacotte Nicolas, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais de traction sur deux brides.**

Laes Agathe, Legrand Julien, Ferrant Anthony (2012). **Rapport mission Neptune Août 2012.**

Laes Agathe, Podeur Christian (2012). **Compte rendu de mission de la visite technique du Grand Port Maritime Nantes-St Nazaire (GPNSN), projet AMARIS.**

Laes Agathe, Sarradin Pierre-Marie (2012). **Rapport mission Momarsat 2012 partie Chimie.**

Lanteri Nadine, Dussud Loic (2012). **MeDON. Compte rendu des essais en bassin du 14/05/12.**

Lanteri Nadine, Dussud Loic (2012). **MeDON. Compte rendu des essais en bassin du 09/12/11.**

Lanteri Nadine, Dussud Loic (2012). **MeDON. Compte rendu des essais en bassin du flotteur.**

Lanteri Nadine, Dussud Loic (2012). **MeDON. Compte rendu des essais en mer du 06/01/12.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur d'indice de réfraction. n°M-IC-12-115.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température CTD. n°M-IC-12-117.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité. n°M-IC-12-118.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température CCTD. n°M-IC-12-119.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité. n°M-IC-12-120.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de célérité. n°M-IC-12-121 .**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température. n°M-IC-12-122.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité. n°M-IC-12-123.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de célérité. n°M-IC-12-124 .**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de pression Keller. M-IC-12-108.**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de pression Keller. M-IC-12-109.**

Le Bihan Caroline (2012). **Etalonnage sonde de température NKE. Compte-rendu de prestation.**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage. Capteur de température Seabird. N°M-IC-12-106 .**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage. Capteur de température Seabird. N°M-IC-12-1 07 .**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température ONSET.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation. Etalonnage capteur de pression Seabird.**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage capteur de pression. N°M-I C-12-111.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de PH. N°M-IC-12-039 .**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage sonde de température Testo.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - ajustage Iroise avril 2012 sonde IFR 329.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - sonde multi-paramètres - vérification Molit septembre 2012 (N°M-IC-12-096) .**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température - Vérification août 2012 (N°M-IC-12-095) .**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température - Vérification juillet 2012 (N°M-IC-12-094) .**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Vérification Mesurho juillet 2012 (N° M-IC-12-093).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Vérification Mesurho juillet 2012 (N° M-IC-12-092).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - sonde multi-paramètres - ajustage Molit juillet 2012 (N°M-IC-12-091)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température - ajustage juillet 2012 (N°M-IC-12-090)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température - ajustage juillet 2012 (N°M-IC-12-089)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température - ajustage juillet 2012 (N°M-IC-12-088)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - sonde multi-paramètres - ajustage Molit mai 2012 (N°M-IC-12-087)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Vérification Molit juillet 2012.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température - ajustage mai 2012.**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température - Vérification mai 2012 (N°M-IC-12-084)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température - Vérification mai 2012 (N°M-IC-12-083)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température - Vérification mai 2012 (N°M-IC-12-082)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Vérification Molit mai 2012 (N°M-IC-12-081)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Vérification Mesurho avril 2012 (N°M-IC-12-080)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Vérification Mesurho avril 2012 (N°M-IC-12-079)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - ajustage Molit avril 2012 (N°M-IC-12-077)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Ensemble de mesure Marel Carnot (ajustage campagne n°31)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Sonde conductivité-température ajustage mars 2012 (N°M-IC-12-074)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température-conductivité (N°M-IC-12-072)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-063)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-061)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-062)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-060)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-059)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-058)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-057).**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-056).**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-055).**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-054).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-053).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-052).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-051).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-050).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-049).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-048).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de fluorescence (N° M-IC-12-047).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de turbidité (N° M-IC-12-046).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur d'oxygène dissous (N° M-IC-12-045).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de PH (N° M-IC-12-044).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température-conductivité (N° M-IC-12-043).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de fluorescence (N° M-IC-12-042).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de turbidité (N° M-IC-12-041).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur d'oxygène dissous (N° M-IC-12-040).**

Le Bihan Caroline (2012). **compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température-conductivité (N° M-IC-12-038).**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-034).**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-033).**

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-032).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de célérité (N° M-IC-12-031).**

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de célérité (N° M-IC-12-030)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de célérité (N° M-IC-12-029)** .

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-028)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-027)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de conductivité (N° M-IC-12-026)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de pression (N° M-IC-12-025)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de pression (N° M-IC-12-024)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage capteur de pression (N° M-IC-12-023)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Certificat d'Etalonnage capteur de pression (N° M-IC-12-022)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température CTD (N° M-IC-12-021)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température CTD (N° M-IC-12-020)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température CTD (N° M-IC-12-019)**.

Le Bihan Caroline (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température CTD (N° M-IC-12-018)**.

Le Bihan Caroline, Ory Damien (2012). **Compte-rendu de prestation - ajustage février 2012 Sonde IFR 336**.

Le Bihan Caroline, Ory Damien (2012). **Compte-rendu de prestation - sonde CT ajustage février 2012 (N° M-IC-12-071)** .

Le Bihan Caroline, Ory Damien (2012). **Compte-rendu de prestation - sonde multi-paramètres ajustage février 2012 (N° M-IC-12-067)** .

Le Bihan Caroline, Ory Damien (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température-conductivité (N° M-IC-12-065)** .

Le Bihan Caroline, Ory Damien (2012). **Compte-rendu de prestation - sonde multi-paramètres ajustage février 2012 (N° M-IC-12-064)** .

Le Boulluec Marc (2012), **Ultra shallow water, Méthode de Boussinesq (N° RDT/HO/R12-003/MLB)**.

Le Boulluec Marc (2012), **Etude des courants du site de Paimpol. Analyse des mesures *in situ*, mai 2012 (N° RDT/HO/R12-004)**.

Le Bras Sylvie (2012). **Bulletins mensuels suivi technique : janvier à décembre 2012**.

Le Bras Sylvie (2012). **Analyse sur les flotteurs présentant l'anomalie "profil descendant en milieu de vie"**.

Le Bras Sylvie (2012). **Bilan concernant les flotteurs de type CTS3 traités par le centre de données**

## **Coriolis : déploiements 2011.**

Le Bras Sylvie (2012). **Mise en évidence des problèmes hydrauliques sur les flotteurs CTS3 déployés en 2011.**

Le Flour Denise (2012). **RODesCOR (Cathodic Protection Design for Specific Applications of Seawater Reverse Osmosis Desalination Plants). Modélisation et Optimisation avec PROCOR.**

Le Flour Denise (2012). **Compte-rendu de réunion du 02/03/2012 du projet ICP-DSS.**

Le Gac Pierre-Yves, Choqueuse Dominique, Lacotte Nicolas (2012). **Durabilité du TELENE en conditions Offshore.**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-003 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-013 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-012 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-010 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-011 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-009 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N° M-IC-12-2008.**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-007 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-006 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-005 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-004 .**

Mansuy Emmanuel (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de vitesse. N°M-IC-12-002 .**

Mazeas Florence (2012). **Procédure de définition des attributions et responsabilités des agents ED8 Août 2012.**

Mazeas Florence (2012). **Rapport de revue documentaire du laboratoire de métrologie de l'Ifremer Centre de Brest 2011.**

Mazeas Florence (2012). **Procédure de création, de mise à jour et d'utilisation des fichiers Excel contenant ou faisant appel à des fonctions de calcul pour le domaine Température. 3ème édition.**

Mazeas Florence, Salvétat Florence, Compère Chantal (2012). **Manuel qualité du laboratoire de métrologie de l'IFREMER Centre de Brest : étalonnage, pression et température. 12ème édition.**

Milosavljevic Yohan, Mazeas Florence, Rinnert Emmanuel (2012). **Analyse quantitative et qualitative de composés organiques et minéraux par spectroscopie Raman.**

Moreau Bertrand, Le Reste Serge, Andre Xavier (2012). **Spécifications et implémentation du mode haut-débit GMSK sur l'Arvor Argos 3.**

Morin Pascal, Durand Dominique, Puillat Ingrid, Farcy Patrick (2012). **JERICO. Rationale and definitions for a common strategy. D-1.2. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00125/23613/>**

Ohana Jeremy, Tancreay Aurelien, Mansuy Emmanuel, Peron Eric, Damy Gilbert, Le Boulluec Marc (2012). **Hydrodynamics forces measurements on a killing stinger - Tecnomare.**

Ohana Jeremy, Tancreay Aurelien, Mansuy Emmanuel, Peron Eric, Le Boulluec Marc (2012). **Essais en bassin du système houlomoteur Albatern-Wavenet (Marinet TA).**

Peyronnet Christophe, Beriet Patrick, Kerboul Andre, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de 74 thermocouples.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne N°61025943BA00 S/N61025943/01010 .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ADFU N°61025943BA00 S/N61025943/01011 .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ADFU N°61025943 BA00 S/N61025943/01009 .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ADFU N°61025943 BA00 S/N01009 .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'un radôme en composite (28/11/12).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de deux transducteurs (31/11/12).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'un flexible pétrolier jusqu'au COLLAPSE (27/11/12).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ACEU N/S 10001 (04/12/12).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Recette sous pression hydrostatique d'une fenêtre acoustique.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Maintenance pompe HASKEL Type DSHF 300.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Maintenance pompe HASKEL Type DSHF 202.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Vérification des organes de levage/manutention (07/11/12).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Recette sous pression hydrostatique d'une unité SUBSEA.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Procédure de maintenance : Maintenance du bouchon caisson TDI.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Procédure de maintenance : Etalonnage capteur de pression.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Recette sous pression hydrostatique de deux enceintes POM.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de deux radômes en composite. 30/10/2012.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **High pressure test on one PHINS 6000m (SUBSEA UNIT).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un PHINS 6000m (UNITES SUBSEA).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une "interface MAT" SSK S/N 10002.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un OCTANS.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne N°61025943 AA02 (RDT/MS/12/177) .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'une sonde CDT Seabird.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une enceinte électronique (RDT/MS/12/176).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une enceinte caméra 40 m (RDT:MS/12/180).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'un cordon électrique ESM 18Ghz.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'une enceinte en équipression (contacteur, capteur de courant, batterie, bloc résistance) et de son électronique externe de commande.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une Antenne N°62008022 AA00 S/N 10002 .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une Antenne N°61025943 AA S/N 01010 .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Qualification sous pression hydrostatique de quatre connecteurs PENFELD.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux radômes en composite (RDT/MS/12/175).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique sur équipement acoustique CLIO-D.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un RADOME OMNI GPS 62005189AA S/N01012.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ADFU N°61025943 AA02 S/N01011 .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de 11 thermocouples / High pressure test on 11 thermocouples.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Qualification sous pression de deux enceintes POM.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne AMEU N/S 1007.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ACEU N/S 10001 (23/07/12).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne n°61025943AA02/1012 .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne n°61025943AA02/1011 .**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'un câble électro-porteur.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un caisson électronique MESSEA.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne AMEU N/S 01006.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de flottabilité SAMHWA.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ACEU N/S 10001 (29/06/12).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ACEU N/S 10002 (26/06/2012).**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de deux câbles d'instrumentation.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une balise acoustique.**

Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un transformateur et de composants en équipression.**

Peyronnet Christophe, Deuff Albert, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de 5 sphères détecteurs et 10 enceintes cylindriques.**

Peyronnet Christophe, Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un capteur NOSS 21.**

Peyronnet Christophe, Kerboul Andre, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'un flexible pétrolier jusqu'au collapse (RDT/MS/12/154).**

Peyronnet Christophe, Kerboul Andre, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de 79 thermocouples.**

Peyronnet Christophe, Kerboul Andre, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux enceintes MeDon 150m.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux "Vertical Microstructure Profiler 5500 m".**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une enceinte caméra 40 m (29/05/2012).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'une bathysonde (20/04/12).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne N° 61025943 AA02.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'une bathysonde.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de 10 balises MT912S-CYBX.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne AMEU 62007125/01004.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de 2 antennes OMNI GPS.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une enceinte caméra 40 m.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique de 2 sondes CTD couplées à un capteur de pression PAROSCIENTIFIC.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une antenne ACEU N/S 10002.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une prise d'enclenchement mâle (24/02/12).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Maintenance pompe type HASKELL DSXHF 602.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Etalonnage capteur de pression (23/01/12).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Etalonnage sonde de température (23/01/12).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Vérification des organes de levage/manutention (24/01/12).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Procédure d'utilisation du caisson corrosion en mode "eau douce".**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Maintenance du bouchon caisson 1000 bar corrosion.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Etalonnage capteur de pression (11/01/2012).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Vérification des organes de levage/manutention (11/01/2012).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Procédure d'utilisation du caisson 1000 bar TDI.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Maintenance groupe de froid caisson TDI.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Maintenance groupe de froid caisson ACB.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Maintenance bouchon du caisson ACB.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Etalonnage capteur de pression.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Etalonnage sonde de température.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Vérification des organes de levage/manutention.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Maintenance surpresseur.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Maintenance vanne noire Pneumatique Nova Swiss Haute Pression.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Planning de maintenance préventive.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Réglage vanne de fuite KAMMER (procédure de maintenance).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Remplacement des filtres à eau alimentant les caissons hyperbares (procédure de maintenance).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Utilisation et étalonnage du testeur de conductivité d'eau douce HANNA PWT HI 98308 (procédure de maintenance).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux capteurs de force 500 kN.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de : 1 détecteur ACSA, 4 sphères en verre et 1 largueur IXSEA.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux radômes en composite (le 30/01/2012).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un radome antenne ACEU.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Test of a gyrocompas under hydrostatic pressure.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un "Switch Pression" (RDT/MS/12/006).**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'un flexible pétrolier "Caesar Tonga" jusqu'au collapse.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique : essai de résistance d'un hublot / porte hublot nautile.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique de deux radômes en composite.**

Peyronnet Christophe, Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'un gyrocompas.**

Pouvreau Stephane, Bernard Ismael, Le Souchu Pierrick, Queau Isabelle, Talarmain Eric, Auby Isabelle, Maurer Daniele, Barbier Claire, Tournaire Marie-Pierre, D'Amico Florence, Rumebe Myriam, Neaud-Masson Nadine, Bedier Edouard, Fleury Elodie, Martin Anne-Genevieve, Claude Serge, Langlade Aime, Bouget Jean-Francois, Collin Karine, Fortune Mireille, Hitier Benoist, Robert Stephane, Guilpain Patrice, Grizon James, Seugnet Jean-Luc, Guesdon Stephane, Quemener Loic, Repecaud Michel, Barbot Stephane, Guillemot Anne, Nonnotte Lidwine, Duros Wenceslas, Bonnat Armel, Tarot Stephane, Mille Dominique, Geay Amelie, Bouquet Anne-Lise (2012). **Observer, Analyser et Gérer la variabilité de la reproduction et du recrutement de**

**l'huître creuse en France : Le Réseau Velyger. Rapport annuel 2011.**  
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00135/24649/>

Premel Cabic Mickael, Bigourdan Benoit, Le Guen Yvon (2012). **Mesure de flottabilité & pression rupture flotteur.**

Prevosto, M., et al., 2012, "JIP WACUP - Synthesis", p. 19.

Prevosto, M., 2012, "JIP WACUP - EOF-based data reduction and extremes", rapport Ifremer, p. 52.

Priour Daniel (2012). **Rapport final du projet EFFICHALUT.** <http://archimer.ifremer.fr/doc/00058/16943/>

Puillat Ingrid (2012). **ESONET European Seas Observatory Network - The Final Activity Report.**  
<http://archimer.ifremer.fr/doc/00061/17179/>

Puillat Ingrid, Aoustin Yannick, Monbet Philippe, Nolan Glenn (2012). **JERICO. Terms of reference of the Forum for Coastal Technologies (FCT) D#1.3.** <http://archimer.ifremer.fr/doc/00125/23606/>

Quemener Loic (2012). **Campagne CARMOLIT 2012 leg 2 - N/O THALIA. Du 29 au 31 octobre 2012.**

Quemener Loic, Jegou Paul (2012). **Procédures de mise à l'eau et de relevage de la bouée Molit.**

Quemener Loic, Woerther Patrice (2012). **PROJET MAREL-SOJA. Spécifications techniques détaillés du système de mesure.**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation. Etalonnage sonde multiparamètre (vérification décembre 2012).**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation. Ensemble de mesure Marel Carnot (ajustage campagne n°33).**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage sonde multiparamètre vérification octobre 2012.**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage sonde multiparamètre ajustage octobre 2012. n°M-IC-12-099.**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage sonde multiparamètre ajustage octobre 2012. n°M-IC-12-100.**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage sonde multiparamètre ajustage octobre 2012. n°M-IC-12-101.**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage sonde multiparamètre ajustage octobre 2012.**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage sonde multiparamètre ajustage septembre 2012.**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation - Ensemble de mesure Marel Carnot (ajustage campagne n°32).**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage sonde multiparamètre vérification novembre 2012. n°M-IC-12-112.**

Quere Thomas (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage sonde multiparamètre vérification novembre 2012.**

Repecaud Michel, Dussud Loic (2012). **MeDON. Rapport d'intervention sur site du 4 juillet 2012.**

Repecaud Michel, Verney Romaric (2012). **Compte rendu de la mission "Intervention sur la bouée BFI Roustan Est" 15-19 octobre 2012.**

Rinnert Emmanuel (2012). **Abondement Carnot 2009 - SERS : Fonctionnalisation de surface de capteurs à effet SERS et intégration sur spectromètre Raman *in situ*.**

Rinnert Emmanuel (2012). **Compte rendu de la formation sécurité laser du 18/06/12.**

Rinnert Emmanuel (2012). **Projet Remantas : Compte-rendu intermédiaire T0+6.**

Rinnert Emmanuel (2012). **Caractéristiques techniques du spectromètre Raman sous-marin pour intégration sur Victor 6000.**

Rinnert Emmanuel, Colas Florent, Garnier Cedric, Demoulin Leo, Redon Rolland, Mounier Stephane, Boulart Cedric, Chavagnac Valerie, Turpin Marc (2012). **Capteurs chimiques à base de fibres optiques. Marché DGA 2010 61 0029 - Poste 4 : Evaluation des performances d'un système automatique dans un contexte opérationnel.**

Riou Luc, Le Guen Yvon (2012). **Mesures de célérité dans des matériaux (06/06/2012).**

Riou Luc, Le Guen Yvon (2012). **Mesures de célérité dans des matériaux (23/02/12).**

Salaun Stephanie, Compere Chantal (2012). **Etat d'avancement du post-doctorat intitulé « Organisation structurale et caractérisation biochimique des biofilms » (PROJET REI N°2010 34 0010 Période du 1er novembre 2011 au 29 février 2012).**

Salvetat Florence (2012). **Compte-rendu de prestation - Bain thermostaté avec bloc de cuivre (surveillance février 2012).**

Salvetat Florence (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur d'oxygène dissous (N° M-IC-12-075).**

Salvetat Florence (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température-conductivité (N° M-IC-12-073).**

Salvetat Florence (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température-conductivité (N° M-IC-12-070).**

Salvetat Florence (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température-conductivité (N° M-IC-12-069).**

Salvetat Florence (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage capteur de température-conductivité (N° M-IC-12-066).**

Salvetat Florence (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température (N° M-IC-12-037).**

Salvetat Florence (2012). **Compte-rendu de prestation - Etalonnage bain thermostaté (N° M-IC-12-036).**

Salvetat Florence (2012). **Certificat d'Etalonnage capteur de pression (N° M-I C-12-035).**

Salvetat Florence (2012). **Certificat d'Etalonnage capteur de pression (N° M-I C-12-017).**

Salvetat Florence (2012). **Certificat d'Etalonnage capteur de pression.**

Salvetat Florence (2012). **Certificat d'Etalonnage Capteur de température Smatch Ti GPS.**

Schmidt Sabine, Chabaud Gerard, Lebleu Pascal, Sottolichio Aldo, Etcheber Henri, Quemener Loic, Maneux Eric, Escalier Jean-Marie (2012). **MAGEST. Réseau d'observation automatisée pour la surveillance de la qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde. Rapport technique 2012.**

Trautmann Coralie (2012). **Recherches sur les tubes composites pour les profileurs - Historique des travaux de Recherche et Développement et synthèse des résultats des essais sur les enceintes en enroulé filamentaire pour les profileurs océaniques.**

Vacherot Jean-Philippe, Bavouzet Gerard, Coail Jean-Yves (2012). **Utilisation de l'EROC et de VECOC lors de la mission PELGAS 2012.**

Vergnole Sebastien, Lamy De La Chapelle Marc, Toury Timothee, Berho Catherine, Le Floch Stephane, Rinnert Emmanuel, Colas Florent (2012). **ANR-11-ECOT-010 REMANTAS : Cahier des charges du système final.**

Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Qualification sous pression hydrostatique de deux tubes Plasticon Ref. 1B et 2B.**

Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une plaque de mousse syntactique.**

Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essai sous pression hydrostatique d'une sonde CTD couplée à un capteur de pression PAROSCIENTIFIC.**

Warnier Philippe, Le Guen Yvon (2012). **Essais sous pression hydrostatique d'une fenêtre acoustique.**

Woerther Patrice (2012). **EGINA cruise. CORING OPERATIONS. Chef de mission : Nabil SULTAN. N/O Pourquoi pas ?, LIBREVILLE – ABIDJAN 13/01/2012 au 03/02/2012.**

Woerther Patrice (2012). **MISSION TVDP. Configuration du logiciel CINEMA pour l'Atalante. Chef de mission Sébastien Dupont, Commandant Régis Pichard. N/O ATALANTE PANAMA - SAINT-DOMINGUE 02/10 au 08/10 2012.**

Woerther Patrice (2012). **Mission MONOPOLE. OPERATIONS DE CAROTTAGE CALYPSO. Chef de mission Franck Bassinot, Chef des opérations Yvan Reaud. N/O MARION DUFRESNE 2 SINGAPOUR – SINGAPOUR 22/05/2012 au 15/06 2012.**

## Ouvrages et Chapitres d'ouvrage (6)

Briandet R, Fechner L, Naïtali M, Dreanno C., Biofilms, quand les microbes s'organisent. Editions Quae, 175p.

Davies P (2012), **Marine Composites, in Encyclopedia of Composites**, 2nd Edition, Editors: L. Nicolais, A. Borzacchiello, publisher John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2012, ISBN: 978-0-470-12828-2.

Davies P. (2012), **Testing Adhesive joints**, 3 chapters:

3.8 Mixed mode bending (MMB) with a Reeder and Crews fixture, p212-215

5.2 Tests with moisture, p323-327

6.6 Tests under hydrostatic pressure, pp 419-423

Edited by L. da Silva, D. Dillard, B. Blackman, RD Adams, Wiley, Weinheim, Germany, 2012.

Puillat Ingrid, Lanteri Nadine, Drogou Jean-Francois, Blandin Jerome, Geli Louis, Sarrazin Jozee, Sarradin Pierre-Marie, Auffret Yves, Rolin Jean-Francois, Leon Pierre (2012). **Open-sea observatories: a new technology to bring the pulse of the sea to human awareness.** In Oceanography (Intech, Marco Marcelli).

## Expertises / Avis (4)

Dussud Loic (2012). **DYNASUB. Rapport d'analyse d'avaries.** Ifremer, Dyneco-Benthos, Ref. RDT/SMI/2012/082, 6p.

Compère, C, Delauney, D, (2012), 3 avis confidentiels pour l'ANSES dans le cadre de la Directive Biocides.