



Unité de Recherche « Recherches et Développements

Janvier 2020 - UR-RDT - 2020/056

COMPTE RENDU D'ACTIVITES RDT 2019

Table des matières

Introduction.....	5
Organisation de l'unité.....	6
Effectifs.....	9
Equipements, moyens matériels.....	19
Moyens financiers et humains affectés aux projets	30
Faits marquants 2019.....	32
Développements instrumentaux finalisés	33
Laboratoire Comportement des Structures en Mer (CSM)	37
Energies Marines Renouvelables	37
THYMOTE	37
MEGA WATT BLUE	39
EEL GEN	40
MET-CERTIFIED.....	41
RESOURCODE	42
MARINET2.....	44
MARINERG-I.....	46
IHES	47
EOLINK 10	48
REALTIDE	49
POLYAMOOR.....	51
DIME.....	52
BLUEFINS.....	53
Modélisation numérique et expérimentale d'hydrolienne Thèse Camille Choma-Bex	55
Etude numérique et expérimentale d'un système couplé stabilisateur et récupérateur d'énergie des vagues	57
Modélisation numérique et expérimentale de la captation d'énergie houlo-motrice : application aux essais à échelle réduite en bassin	58
Modélisation numérique et expérimentale de la captation d'énergie éolienne offshore : application aux essais à échelle réduite en bassin	59
Etude expérimentale du comportement marin d'une éolienne flottante à axe vertical à double rotor	60
Structures et Equipements en Mer	62
APPHY.....	62
OMDYN2.....	63
TIM.....	64
ELASTONICS	65
STHYF	66
Comportement hydrodynamique des structures flottantes soumises aux phénomènes d'entrée et sortie d'eau	67
Downscaling statistique des projections climatiques en zone côtière.....	68
Matériaux pour une Utilisation Marine	69
STAMP.....	69
COSICO	70
VRPOM.....	71

CMSGP2	72
REPACOMP	73
SEABIOCOMP	75
PRIMROSE.....	76
ONR2 project Stress-diffusion coupling	77
Vieillissement des élastomères thermoplastiques en milieu marin.....	78
Durabilité des mousses syntactiques en grande profondeur.....	79
Influence du vieillissement des polymères sur la formation et le comportement des microplastiques en milieu marin.	80
Durabilité d'une hélice de navire en composite	81
DGA-AUSTRALIE.....	82
Infrastructures et Moyens d'Essais	84
Moyens de qualification	84
Bassin de Brest	86
Bassin de Boulogne	90
CPER Marco – Axe 6 – Bassin Boulogne/Mer.....	92
Service Ingénierie et Instrumentation Marines (IIM)	94
Les Observatoires Fonds de Mer pluridisciplinaires	94
EMSO et projets en lien avec les observatoires	94
EMSO-Açores	97
EMSO-Ligure Nice	99
EMSO-Ligure Ouest (ANTARES-MEUST)	101
EMSO Marmara - Projet MAREGAMI	101
EMSO-Molène	103
EMSO-DEV	104
EMSO-Link.....	106
MarHa.....	108
Modal	110
Développements technologiques.....	112
Equipex NAOS.....	112
EARISE.....	114
ROEC	115
ERC Wapiti	116
ASFAR	117
COGNAC.....	118
Popstar.....	119
Marel COSTOF2	121
Soutiens aux autres Unités.....	123
Soutiens au laboratoire CSM	124
Campagnes 2019.....	125
Laboratoire Détection Capteurs et Mesures (DCM)	128
Développement de capteurs et systèmes de mesure	128
BODY.....	128
CHEMINI.....	130
PIF	134
Technique diélectrophorétique pour la capture et le tri de micro-objets marins.....	135
Biocapteur électrochimique à cortisol.....	137
SURIMI (SURface plasmon Resonance for In situ Metallic Ions detection) (ANR-18-CE04-0010)	139
Flotteurs/profileurs Euro Argo et Coriolis	141

JERICO-NEXT – Joint European Research Infrastructure for Coastal Observation - Novel European eXpertise for coastal observatories	142
LabCollector Instruments P6 – LabP6	145
Les stations côtières de surveillance	146
Infrastructure de Recherche ILICO	146
Plateforme MAREL IROISE	147
Plateforme MOLIT	149
Plateforme MAREL CARNOT	151
Plateforme MESURHO	152
Plateforme MAREL SMILE	153
Plateforme SCENES	154
Station faible coût MASTODON Oxygène (CPER ROEC)	155
Station faible coût MASTODON Turbidité (CPER ROEC)	156
Atelier RESOMAR / COAST HF pour la turbidité (IUEM/Ifremer)	157
RECOPECA : Un réseau de mesure de l'activité de pêche spatialisé et de données environnementales	158
MICROPLASTIQUES	159
Analyses des microplastiques	159
Les Pinces Raman pour l'analyse des nanoplastiques	162
Biosalissures	163
Abiop + (Accounting for BIOfouling through established Protocols of quantification)	163
Malibu	164
METROLOGIE	166
Annexe 1 : Production scientifique et technologique 2019	167
Publications dans des revues avec comité de lecture (29)	167
Autres publications (6)	170
Livres et chapîtres de livres (5)	171
Rapports (384)	172
Publications dans des colloques avec Proceedings (12)	192
Communications sans actes dans des colloques et réunions de projets (29)	193
Posters (12)	196
Organisation de colloques, workshops. Participation à des tables rondes	197
Jeux de données	197
Visites institutionnelles	198
Médias : quelques exemples de Communiqués de presse, Vidéos	198
Annexe 2 : Nouveaux projets soumis et acceptés	200
Annexe 3 : Implication dans la formation (par la recherche)	204
Annexe 4 : Partenariats	213
Annexe 5 : Valorisation	220
Annexe 6 : Fonctions de représentation assurées dans les instances régionales, nationales, européennes ou internationales	220
Annexe 7 : Campagnes	223

Introduction

L'unité de Recherche « Recherches et Développement Technologiques » (RDT) est rattachée au département Ressources physiques et Écosystèmes de fond de Mer (REM).

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

- contribuer à l'exploitation des ressources marines minérales et énergétiques, en partenariat avec l'industrie, les organismes et les associations professionnelles concernés ;
- innover sur des technologies ayant un fort impact sur la compréhension des processus géologiques des fonds océaniques, l'identification des ressources minérales et énergétiques, ou encore l'observation de l'océan global pour l'étude et la prévision du climat, pour ne citer que quelques exemples ;
- conduire des recherches, développements et réalisations de systèmes instrumentaux marins en réponse aux besoins d'exploration et de production, d'observation scientifique, de surveillance de l'environnement depuis le littoral jusqu'aux grandes profondeurs ou de besoins industriels ;
- qualifier à l'environnement marin des équipements, matériaux et structures, 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 (comportement des matériaux et des structures, énergies marines renouvelables, systèmes de mesure *in situ*, observatoires sous-marins...) 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.

Elle est orientée vers les innovations technologiques et l'application des meilleures pratiques en technologies marines au service des activités de l'Ifremer et de l'industrie.

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

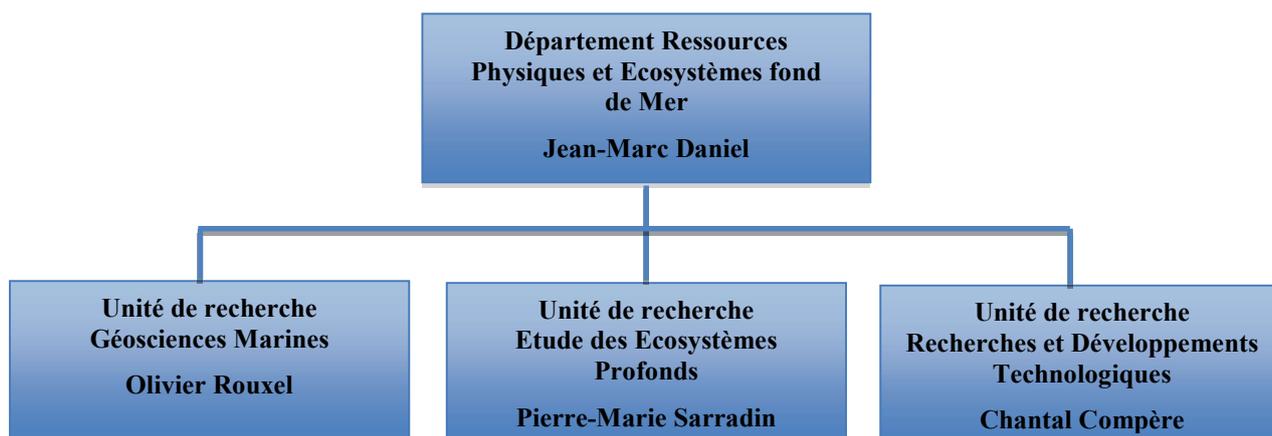
- associées au sein des projets de recherche,
- utilisatrices des résultats et/ou des moyens,
- demandeuses de service ou d'expertise,
- spécificatrices de développements, etc.

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

de leur valorisation (projet Infrastructures expérimentales : moyens d'essais (Brest, Boulogne).

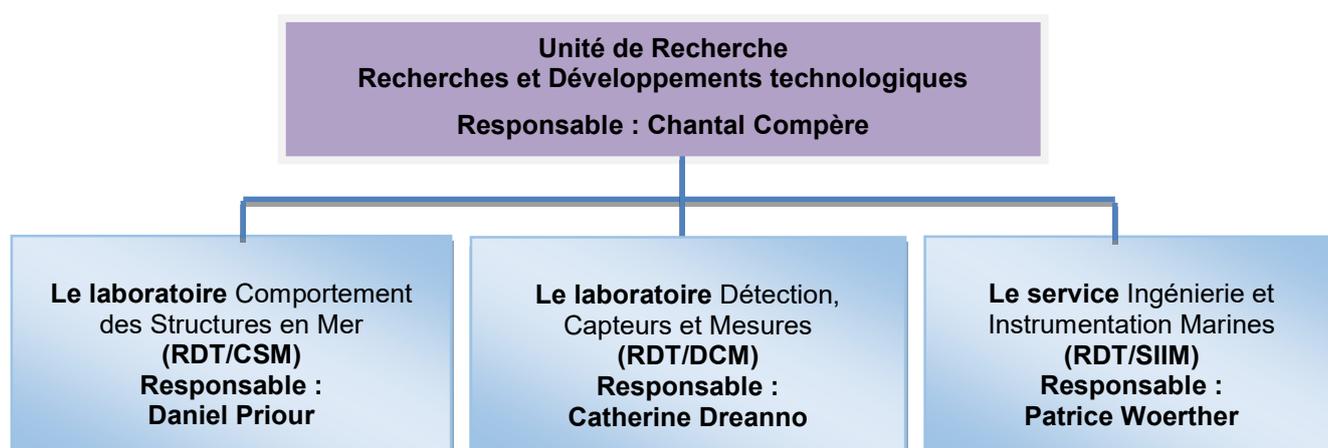
Organisation de l'unité

L'unité de recherche « Recherches et Développements Technologiques » (RDT) est rattachée au département Ressources physiques et Écosystèmes de fond de Mer (REM), comme indiqué dans l'organigramme ci-dessous.



RDT regroupe environ 90 personnes permanentes, ayant des compétences principalement en physique et mécanique des matériaux, calcul de structures, hydrodynamique, océano-météorologie, électrochimie, chimie, physico-chimie des surfaces, biologie, optique, électronique, informatique instrumentale, métrologie et intégration de systèmes. Sont considérés comme chercheurs, les agents ayant un doctorat. Cependant, il faut noter que plusieurs ingénieurs à RDT, accomplissent des tâches de co-encadrement de thèses et de post-doctorats et sont auteurs de publications de rang A.

L'unité de recherche comporte deux laboratoires et un service :



Le laboratoire Comportement des Structures en Mer (RDT/CSM) est chargé de :

- contribuer à l'amélioration des connaissances sur les effets de l'environnement marin (dégradation, vieillissement, pression) sur les structures et de leur cumul avec un chargement mécanique ou autres paramètres comme la température prenant en compte les caractéristiques des matériaux, en particulier les matériaux synthétiques et composites et leur vieillissement dans le temps ;
- modéliser les interactions fluide/structure et les comportements induits au travers d'essais en bassin, d'interprétations de mesures *in situ* ou de simulations numériques permettant l'évaluation des efforts sur les structures et de leur réponse dynamique, dans des approches linéaires et non-linéaires ;
- caractériser finement l'environnement de forçage, en particulier l'évolution spatio-temporelle des états de mer aux différentes échelles, du bassin océanique à l'échelle de la vague en prenant également en compte les interactions avec les courants, le déferlement, la propagation des champs de houle du large à la côte et les interactions entre champs de vagues au sein des états de mer complexes ;
- développer des modélisations statistiques opérationnelles de l'environnement (vent-vague-courant) à partir de sources de données à qualifier et à fusionner, ceci en collaboration avec, en amont comme en aval, les autres laboratoires de l'Ifremer concernés et plus particulièrement le Laboratoire d'Océanographie Spatiale et Dyneco/Physed ;
- intégrer les acquis des points précédents dans l'implémentation et l'amélioration des méthodes et outils logiciels de dimensionnement et d'opération des ouvrages en mer, notamment sous leur volet statistiques et probabilistes ;
- contribuer à la conception et à la réalisation de tests de qualification à l'environnement marin des matériels développés ou acquis par l'Ifremer et ses partenaires, et de tests visant à contrôler et à améliorer la fiabilité et la sécurité des structures et des équipements marins et sous-marins ;
- développer, qualifier et valoriser les moyens d'essais hydrodynamiques, mécaniques et d'essais hyperbares de l'Ifremer par la réalisation d'études expérimentales pertinentes tant pour les applications internes qu'externes avec des PME, TPE, ETI ou grands groupes ;
- contribuer à l'innovation dans les développements concernant les structures (dont celles propres aux convertisseurs d'énergie marine), engins sous-marins et navires en s'appuyant sur ses travaux de recherche et sur son expertise en dimensionnement et en simulation des comportements ;
- fournir des avis d'experts et mener des recherches en hydrodynamique, en océano-météorologie, comportement des matériaux et structures pour les projets de l'Ifremer et de ses partenaires industriels ;
- transférer au secteur privé (bureaux d'études, industriels, utilisateurs finaux) le savoir-faire ainsi développé dès qu'il se prête à une telle valorisation.

Le Laboratoire CSM, majoritairement localisé au centre de Bretagne, comprend un groupe situé à Boulogne-sur-Mer (RDT/CSM/Boulogne). Il gère en son sein 36 projets.

Le laboratoire Détection, Capteurs et Mesures (RDT/DCM) est chargé de :

- conduire des actions de recherche amont nécessaires pour le développement de nouvelles technologies et transductions (capteurs chimiques, biocapteurs, capteurs optiques, spectroscopies...) pour les projets de l'Ifremer concernant les mesures de l'environnement *in situ* ;
- étudier des systèmes de mesure des environnements marins et sous-marins : il s'intéresse aux nouvelles techniques d'analyses chimiques et physiques transposables

en mer ; il évalue (caractéristiques, précisions, stabilité à long terme, paramètres d'influence) les solutions nouvelles d'instruments marins (industriels ou académiques) ou de capteurs de mesure *in situ* ; il définit les adaptations nécessaires en contact étroit avec les utilisateurs et les fournisseurs ;

- améliorer la compréhension des phénomènes aux interfaces matériaux/milieu marin ;
- développer de nouvelles méthodes d'inhibition des biofilms et des salissures marines ;
- maintenir la métrologie (température et pression) sous accréditation COFRAC et contribuer à l'animation de la métrologie au sein de l'Ifremer dans le cadre de sa démarche Qualité ;
- qualifier les performances métrologiques des capteurs océanographiques par une approche métrologique accréditée ;
- définir les conditions de mise en œuvre des systèmes instrumentaux et les protocoles de mesure, et proposer des opérations à la mer ;
- gérer, en relation avec les responsables de projets et d'actions, un parc d'équipements communs destiné aux systèmes automatisés de surveillance et aux observatoires sous-marins pluridisciplinaires.

*Le laboratoire **Ingénierie et Instrumentation Marines (RDT/IIM)**, dont l'activité va de la spécification des systèmes à leur réalisation en détail, est chargé :*

- de concevoir et mettre au point des équipements et des instruments destinés à l'observation, à la surveillance, à la mesure *in situ* et au prélèvement, dans le cadre de projets de recherche, de projets d'exploration scientifique des océans et de l'océanographie. Ses domaines de compétences sont centrés sur la maîtrise d'œuvre de systèmes mécaniques incluant l'hydraulique, la fluidique, la maîtrise d'œuvre de systèmes électroniques, la marinisation et les essais en mer. Il prend en charge les pré-études, études, sous-traitances extérieures d'études dans ses domaines de compétences. Il coordonne, en liaison avec les responsables de projets/d'actions, la phase de définition du besoin, rédige un cahier des charges fonctionnel et assure la conduite technique des contrats relevant de ses compétences.
- d'effectuer la mise au point, l'intégration des instruments, les essais à terre et en mer d'instruments et de prototypes et de valider les résultats d'essais. Il assure la fabrication en sous-traitance ou avec ses moyens propres des pièces mécaniques ou des structures chaudronnées. Il contrôle la qualité des ensembles réalisés, y compris en phase d'industrialisation et propose les actions correctives et/ou d'amélioration. Il développe, en sous-traitance ou avec ses moyens propres, des équipements électroniques embarqués de contrôle, de communication, (cartes sur mesures équipées et testées, logiciels embarqués), de sous-systèmes électroniques innovants (faible consommation, capteur intelligent), de fourniture d'énergie en choisissant une architecture électronique pérenne (matérielle et logicielle) ;
- de rédiger des dossiers techniques, transférer les instruments et former les équipes techniques les mettant en œuvre ;
- d'effectuer une veille technologique sur les nouveaux composants et équipements.

Effectifs

- Tableau de synthèse des personnels de l'unité

Personnel permanent*	92
Scientifique et technologique	
- animation scientifique et technique	
- chercheurs (dont ayant une HDR)	
- ingénieurs recherche et développement	
Soutien à la recherche	
- ingénieurs - chercheurs	56
- techniciens - administratifs	36
- appui opérationnel	
Fonctions support	
- gestionnaire	
- direction	
Personnel non permanent* (dont % en UMR)	40
- CDD	9
- Doctorants (dont étrangers)	24
- Post-doctorants (dont étrangers)	1
- Chercheurs étrangers invités	
- Contrat Alternance	6

* présents à la date du rapport

- Tableau de l'évolution des effectifs

Nom	Départ	Arrivée	Raison du mouvement	Catégorie	Compétence(s)
BELARBI Ines	02/08/2019	19/03/2018	CDD	Technicienne	Technicienne d'essais
BOURDILA Ellyn	02/12/2020	02/12/2019	CDD	Ingénieur	Ingénieur Offshore
CHAUVET Adrien	15/11/2019	15/11/2018	CDD	Ingénieur	Electronique
CHEVALIER Alexandra	02/09/2020	28/08/2019	Contrat d'apprentissage	Technicienne	Chimie
COLAS Florent	27/04/2019	01/03/2013	Démission	Ingénieur	Ingénieur en optique
DAVID Adelina	19/07/2019	22/01/2018	Post-Doctorant	Post-Doctorant	Physique des matériaux
FERRANT Anthony	01/07/2019		MI GM/CTDI	Technicien	Technicien Prototype Atelier
FLAGEUL Benjamin	-	04/11/2019	CDD	Technicien	Matériaux
LE BIHAN Caroline	09/12/2019		CDI (mobilité interne)	Technicienne	Technicienne en métrologie
LE BRAS Sylvie	23/01//2020	20/08/1990	Démission	Ingénieur	Analyse de données
LE PROVOST Guillaume	-	4/11/2019	CDI (remplacement de S. Le Reste)	Ingénieur	Ingénieur en développement technologique de profileurs
LE RESTE Serge	31/12/2019		Retraite	Ingénieur	Ingénieur en développement technologique de profileurs

MATOUG Camil	01/02/2019	05/02/2018	CDD	Ingénieur	Mesures Physiques
PICHAVANT Pascal	27/11/2019	02/11/1983	Retraite	Technicien	Technicien Prototype Atelier
PRADO Enora	-	02/09/2019	CDI	Chercheur	Spectroscopie vibrationnelle
ROUXEL Justin	-	21/10/2019	CDI	Ingénieur	Ingénieur en optique
SALIOU Damien	-	06/05/2019	CDI	Technicien	Technicien Prototype Atelier
THOMAS Léna	28/02/2020	09/09/2019	CDD	Technicien	Technicienne Instrumentation
VAN GANSE Sophie	30/06/2019	20/11/2017	CDD	Ingénieur	Ingénieur Chimiste - Banc d'étalonnage pour capteur d'oxygène dissous.

- Liste nominative par catégorie

Personnel permanent Ifremer

Cadres – Ingénieurs et chercheurs

Nom	Site	Rattachement	Compétence
COMPÈRE Chantal	Centre de Bretagne	UR RDT	Responsable de l'UR Pilote du Processus P6
ARHANT Maël	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Chercheur matériaux
AUGIER Benoît	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Chercheur Hydrodynamique, mécanique
BIGOURDAN Benoît	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Chef du projet "Infrastructures expérimentales : moyens d'essais"
CAVERGNE Julien	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en métrologie et essais
DAMY Gilbert	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Chef du projet « Structures et équipements en mer »
DAVIES Peter	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Chercheur en matériaux
DUMERGUE Nicolas	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en calcul de structure
FACQ Jean-Valery	Centre Manche-Mer du Nord	Laboratoire CSM	Cadre de recherche
GAURIER Benoît	Centre Manche-Mer du Nord	Laboratoire CSM	Ingénieur en modélisation expérimentale et numérique
GERMAIN Grégory	Centre Manche-Mer du Nord	Laboratoire CSM	Ingénieur en modélisation expérimentale et numérique
LE BOULLUEC Marc	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en hydrodynamique des structures Chef du projet « Energies marines renouvelables »
LE GAC Pierre-Yves	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en matériaux
LE GALL Maelenn	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en matériaux
LE ROUX Dominique	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en Génie Mécanique

MAISONDIEU Christophe	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur d'études et de recherche en océano-météo et en hydrodynamique
MEHRING Kevin	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en modélisation
PREVOSTO Marc	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en hydrodynamique et mécanique
PRIOUR Daniel	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Responsable du Laboratoire Comportement des Structures en Mer
TASSIN Alan	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Chercheur en hydrodynamique
RAILLARD Nicolas	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en description de l'environnement pour le dimensionnement des structures en mer
BOUKERMA Kada	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur en physico-chimiste
BUCAS Karenn	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur en informatique instrumentation
CHALLIER Lylian	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Chercheur sur Interface Matériaux / Milieu Marin
DELAUNEY Laurent	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur en instrumentation
DREANNO Catherine	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Responsable du Laboratoire Détection, Capteurs et Mesures Chercheur en biologie moléculaire
EL RAKWE Maria	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Chercheur en Chimiométrie
LAES Agathe	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur en développement des instruments d'analyses chimiques <i>in situ</i>
LE BRAS Sylvie	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur d'analyse des données flotteurs Coriolis
LE GALL Christian	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur en métrologie
PRADO Enora	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Chercheur en spectroscopie vibrationnelle
QUEMENER Loïc	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur en gestion opérationnelle de systèmes de mesure automatisés
REPECAUD Michel	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur systèmes instrumentaux Mise à disposition de 20% du temps au Pôle Mer Bretagne Atlantique
ROUXEL Justin	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur en optique
SALVETAT Florence	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Ingénieur métrologie
AMICE Martin	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en développement électronique des profileurs, des capteurs acoustiques
ANDRE Xavier	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en développement électronique des profileurs, des capteurs acoustiques
BARBOT Stéphane	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en informatique réseau

BLANDIN Jérôme	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur projet instrumentation
BOMPAIS Xavier	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur mécanique et conduite de projets
DUSSUD Loïc	Centre de Bretagne	Service IIM	Responsable du service Ingénierie et Instrumentation Marine puis Ingénieur mécanique et conduite de projets
GAUTIER Laurent	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur développement électronique des systèmes instrumentaux
GUILLEMOT Anne	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en informatique, conception d'interfaces et traitement de la donnée
LAGADEC Jean-Romain	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en mécanique
LANTERI Nadine	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur d'études mécaniques et conduite de projets
LAURENT Matthieu	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en mécanique des structures
LEAU Hélène	Centre de Bretagne	Service IIM	Chef du projet « Observatoires fond de mer »
LEGRAND Julien	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en développement électronique
LE PROVOST Guillaume	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en développement technologique de profileurs
LE RESTE Serge	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en développement technologique de profileurs
MENUT Éric	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en développement des systèmes électroniques pour l'instrumentation acoustique
MOREAU Bertrand	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en développement électronique
PRIGENT Sébastien	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur développement électronique des systèmes instrumentaux
PODEUR Christian	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur d'études mécaniques et conduite de projets
RENAUT Corentin	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en mécanique des structures
WOERTHER Patrice	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en instrumentation Responsable du Service Ingénierie et Instrumentation Marine

Techniciens – Administratifs

Nom	Site	Rattachement	Compétence
HELIES Florence	Centre de Bretagne	UR RDT	Assistante
BACCHETTI Thomas	Centre Manche-Mer du Nord	Laboratoire CSM	Technicien d'essais
CHALONY Sébastien	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Technicien d'essais
FOREST Bertrand	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Technicien informaticien

LACOTTE Nicolas	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Technicien en mesures physiques
LE JEUNE Sébastien	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Technicien d'essais matériaux
LEOST Pierre-Yves	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Technicien d'essais hyperbares
LEPRÊTRE Christèle	Centre Manche-Mer du Nord	Laboratoire CSM	Assistante
PEYRONNET Christophe	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Technicien de maintenance et d'essais hyperbares
PREMEL-CABIC Mickaël	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Technicien en mesures physiques
RIOU Luc	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Technicien électronicien
TANCRAY Aurélien	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Technicien en mesures physiques
DAVY Romain	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Technicien en chimie analytique instrumentale
DEBEAUMONT Mathieu	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Technicien en mesures physiques
EPINEAU Joëlle	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Assistante
EVARD Justine	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Technicienne biochimiste
LAMANDE Nolwenn	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Technicienne en métrologie
MAZEAS Florence	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Technicienne en mesures physiques
TARDIVEL Morgan	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Technicien en optique
BERIET Patrick	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien de maintenance et essais
BOCHER Alan	Centre de Bretagne	Service IIM	Projeteur en conception mécanique
COAIL Jean-Yves	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien en automatismes et informatique industrielle
COTTY Cécile	Centre de Bretagne	Service IIM	Projeteur en conception mécanique
FERRANT Anthony	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien monteur au laboratoire prototypes
GUYADER Gérard	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien en développement et conception mécanique
KERBOUL André	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien monteur au laboratoire prototypes
LAFONTAINE Jean-Pierre	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien monteur au laboratoire prototypes
LE PIVER David	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien monteur au laboratoire prototypes
LE VOURCH Damien	Centre de Bretagne	Service IIM	Projeteur en conception mécanique
LINTANF Hervé	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien en conception mécanique – Plongeur
MERTZ Nicolas	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien en automatismes et informatique industrielle
PELEAU Michel	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien essais – Plongeur

PICHAVANT Pascal	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien chaudronnier
RICHTER Emmanuelle	Centre de Bretagne	Service IIM	Assistante
ROUSSEAUX Patrick	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien en intégration des systèmes contrôle-commande
SALIOU Damien	Centre de Bretagne	Service IIM	Technicien monteur au laboratoire prototypes

Personnel temporaire Ifremer en CDD, hors post-doc

Doctorants

- BRETON Thibaut, 2016-2019. Comportement hydrodynamique des structures flottantes soumises aux phénomènes d'entrée et sortie d'eau. Co-financement : 50 % Bretagne, 50 % Ifremer. Directeur de thèse : N. JACQUES (ENSTA) Bretagne, co-directeur : A. TASSIN (Ifremer). Démission.
- CHEVILLOTTE Yoan, 2016-2019. Caractérisation et modélisation du comportement mécanique à long terme de câbles d'ancrage en polyamide pour éoliennes flottantes. Directeur de thèse : P. DAVIES (Ifremer), co-directeur de thèse : Y. MARCO (ENSTA Bretagne).
- CHOMA BEX Camille, 2017-2020. Développement de modèles numériques pour la simulation du comportement d'hydroliennes, Directeur de thèse : E. RIVOALEN (LOFIMS INSA Rouen), co-directeur de thèse : G. GERMAIN (Ifremer).
- DESHOULLES Quentin 2017-2020. Influence du vieillissement des polymères sur la formation et le comportement des microplastiques en milieu marin. Co-financement 50 % Région Bretagne, 50 % Ifremer. Directeur de thèse : D. PRIOUR (Ifremer), co-directeur : C. DREANNO (Ifremer).
- DEZULIER Quentin, 2018-2021. Modélisation du couplage entre diffusion d'eau et comportement mécanique de matériaux composites. Cofinancement WEAMEC, Univ. Nantes et ONR. Directeur de thèse : F. JACQUEMIN (Université Nantes), co-directeur : P. Davies (Ifremer) & A. Clément (Université Nantes).
- DOISENBANT Gonzalo, 2015-2019. Modélisation numérique et expérimentale de la captation d'énergie éolienne offshore. Application aux essais à échelle réduite en bassin. Directeur de thèse : Y.M. SCOLAN (ENSTA), co-directeur : M. LE BOULLUEC (Ifremer).
- DORSAF Malouch, 2019-2022. Conception de composés amphiphiles bio-inspirés et étude de leurs propriétés antifouling. Directeur de Thèse : Mathieu Berchel (MCU-HDR) CEMCA, UMR CNRS 6521, Université de Brest, co-directeur : C. DREANNO (Ifremer).
- GAURIER Benoît, 2018-2021. Étude expérimentale du comportement d'hydroliennes en présence de courants turbulents, de houle et de macro-particules. Thèse interne Ifremer. Directeur de thèse : G. GERMAIN, co-directeur : G. PINON (Université du Havre).
- HUANG Jing, 2016-2019. Oxydation des polymères obtenus par métathèse : des mécanismes à la prédiction de durée de vie. Financement : ANR VRPOM. Directeur de thèse : E. RICHAUD (ENSAM), co-directeur : P.Y. LE GAC (Ifremer).
- IKHENNICHEU Maria, 2016-2019. Etude expérimentale de la turbulence présente dans les sites fortement énergétiques dédiés aux EMR. Financement : 50 % Hauts de France, 50 % Ifremer. Directeur de thèse : G. GERMAIN (Ifremer), co-directeur : Ph. DRUAULT (UPMC).
- LECUYER-LEBRIS Romain, 2018-2021. Modélisation numérique et expérimentale de la captation d'énergie houlomotrice : application aux essais à échelle réduite en bassin. Co-financement 50 % Région Bretagne, 50 % Ifremer. Directeur de thèse : M. Benbouzid, UBO / J. F. Charpentier (Ecole Navale), co-directeur : M. LE BOULLUEC (Ifremer).
- LEGRAND Juliette 2019-2022. Etats de mer extrêmes et changement climatique en zone côtière. Financement : Bourse ENS. Directeur de Thèse : P. NAVEAU, LSCE, Co-directeur : N. RAILLARD (Ifremer).
- LE GUEN-GEFFROY Antoine, 2016-2019. Durabilité d'une hélice de navire de grandes dimensions en composite. Co-financement : 50 % DGA, 50 % Ifremer. Directeur de thèse : P. DAVIES (Ifremer), co-directeur : N. CARRERE (ENSTA Bretagne).

- OBAKRIM Saïd, 2019-2022. Evènements extrêmes et Changement climatique en zone côtière. Financement : 50% IFREMER 50% U. Rennes 1. Directeur de Thèse : V. MONBET (U. Rennes 1), Co-directeur : N. RAILLARD (Ifremer).
- ROBIN Alban, 2019-2022. Compréhension du comportement au choc d'hélices marines en composites. Financement : DGA. Directeur : P. Davies (Ifremer), Co-directeur : M. Arhant (Ifremer).
- SALIC Tom, 2018-2021. Modélisation et commande des éoliennes flottantes. Financement : Brest Métropole (ARED). Directeur : J.F. CHARPENTIER (Ecole Navale), co-directeur : M. LE BOULLUEC (Ifremer).
- TRASCH Martin, 2015-2018. Caractérisation expérimentale des effets de sillage et d'interaction entre membranes ondulantes. Financement : ADEME/Eel Energy. Directeur de thèse : G. GERMAIN (Ifremer), co-directeur : J.B. DREVET (Eel Energy).

Doctorants (bourses CIFRE)

- BAIN Cédric, 2017-2020. Compréhension et modélisation des mécanismes de contact de câbles en HMPE. Directeur de thèse : Y. MARCO, (ENSTA Bretagne), co-directeur de thèse : P. DAVIES (Ifremer). Partenaire industriel : Ino-Rope.
- BARDIN Antoine, 2016-2019. Durabilité des élastomères thermoplastiques pour applications marines. Directeur de thèse : B. FAYOLLE, (ENSAM), co-directeur : P.Y. LE GAC (Ifremer). Partenaire industriel : Thales Underwater System.
- ERCOLANELLI Julien, 2016-2019. Etude numérique et expérimentale d'un système couplé stabilisateur et récupérateur d'énergie des vagues. Directeur de thèse : Y.M. SCOLAN, (ENSTA Bretagne), co-directeur : M. LE BOULLUEC (Ifremer). Partenaire industriel : GEPS-TECHNO.
- LOUBRIEU Gauthier, 2019-2022. Durabilité des mousses syntactiques en grande profondeur. Directeur de Thèse : D. Priour (Ifremer), Co-directeur : M. Le Gall (Ifremer). Partenaire industriel : Total.
- MATOUG Camil, 2019-2022. Etude expérimentale du comportement marin d'une éolienne flottante à axe vertical à double rotor. Directeur de Thèse : S. Barre (CNRS/LEGI, Grenoble) Co-directeur : B. Augier, D. Priour (Ifremer). Partenaire industriel : HydroQuest.
- MOREAU Martin, 2019-2022. Caractérisation expérimentale des effets de sillage et d'interaction entre membranes ondulantes. Directeur Thèse : G. Germain (Ifremer), Co-Directeur : A. Déporte (Eel Energy). Partenaire industriel : Eel Energy.
- Temtching TEMOU Vanilla, 2017-2020, Etudes expérimentales et numériques de l'interaction fluide structure sur des hydrofoils flexibles. Directeur de thèse : G. Ausias (UBS), Co-directeur de thèse : B. Augier (Ifremer). Partenaire industriel : SEAir.

Post-doctorants

- DAVID Adelina, 2018-2019, Compréhension de l'évolution des propriétés mécaniques du pDCPD au cours de la dégradation oxydative. Encadrant : PRIOUR Daniel, Ifremer.

CDD

Nom	Site	Service/Laboratoire	Compétence
BELARBI INES	Manche/Mer du Nord	Laboratoire CSM	Technicien d'essais
GIUSTI Olivier	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur modélisation structures EMR
MATOUG CAMIL	Centre de Bretagne	Laboratoire CSM	Ingénieur en mesures

			Physiques
BOURDILA Eilyn (CDD projet Macrocosme)	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur offshore
CHAUVET Adrien (CDD REM)	Centre de Bretagne	Service IIM	Ingénieur en électronique
COURSON Cédric	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Mesures physiques
FLAGEUL Benjamin	Centre de Bretagne	Laboratoire LCSM	Technicien
LASQUELLEC Christelle (CDD Captiven)	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Informatique
VAN GANSE Sophie (CDD Emso Link)	Centre de Bretagne	Laboratoire DCM	Chimie Instrumentation d'étalonnage pour capteur d'oxygène dissous.

Apprentis en alternance

Période	Nom	Sujet	Responsable	Diplôme
17/09/2018 au 16/09/2021	ADAM Tristan	Instrumentation bassin de Brest	Alan Tassin	Ingénieur Ensta
02/09/2019 au 04/09/2020	CHEVALIER Alexandra	Tri et séparation des microalgues par diélectrophorèse	CHALLIER Lylian	Licence pro Innovation Plateformes Biotechnologiques
02/09/2019 au 01/09/2021	LE GUELLEC Emilie	Secrétariat du laboratoire	HELIES Florence	BTS Support à l'Action Managériale
03/10/2016 au 29/09/2019	ROBIN Alban	Comportement de matériaux en mer	LE GALL Maelenn	Ingénieur Centrale Nantes
02/09/2019 au 31/08/2021	QUINIOU Simon	Développement de systèmes électroniques embarqués pour les profileurs et les observatoires fond de mer	ANDRE Xavier	Ingénieur ISEN Brest
D01/10/2017 au 30/06/2019	THOMAS Léna	Développement d'une méthode de dosages des porphyrines	LAES-HUON Agathe	Licence Pro - CNAM

Equipements, moyens matériels

Métrologie

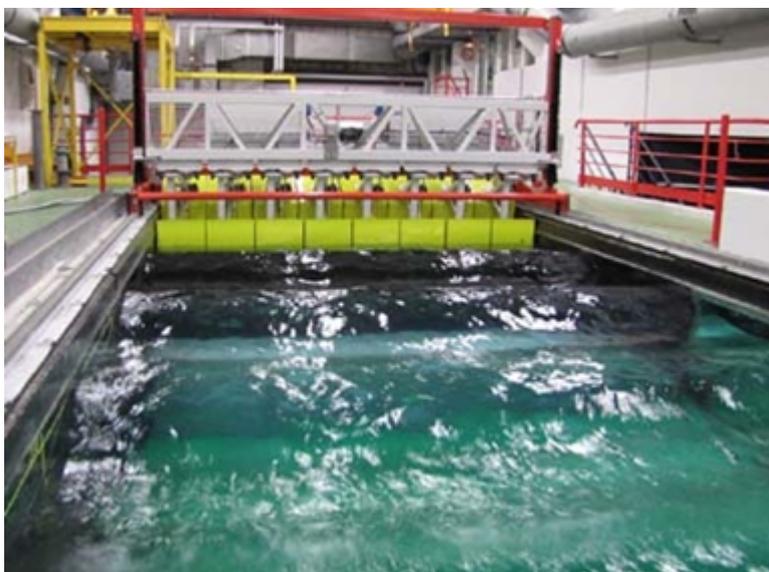
Le laboratoire DCM, accrédité étalonnage selon l'ISO 17025 pour les paramètres Température et Pression, s'organise autour de 4 grandes activités (la prestation, la qualification, la recherche, la formation). La principale reste une activité de prestations sur divers paramètres (Température, Pression, Conductivité, Salinité, Célérité, pH, Oxygène Dissous, Turbidité et Fluorescence), mais de plus en plus, le laboratoire est amené à travailler sur des projets de recherche rayonnant du niveau national à l'international en passant par l'Europe. Le domaine des inter-comparaisons est également essentiel pour le laboratoire de métrologie qui étalonne plusieurs centaines de capteurs par an. Ces étalonnages représentent des demandes émanant de l'Ifremer ou de sociétés extérieures. Parmi ces demandes : certaines concernent les réseaux de mesures *in situ* côtiers (sondes ou capteurs multiparamètres : température, conductivité/salinité, oxygène dissous, turbidité et fluorescence), certaines comprennent d'autres paramètres : température, pression, vitesse, célérité, conductivité/salinité, fluorimétrie ou/et turbidité, oxygène dissous.

L'unité RDT gère des infrastructures expérimentales lourdes (Bassins d'essais de Boulogne-sur-Mer et Brest, caissons hyperbares) décrites succinctement ci-dessous.

Bassin à houle et courant à Boulogne-sur-Mer

Le bassin d'essais à houle et courant permet d'étudier le comportement hydrodynamique d'engins sous-marins soumis à l'action combinée de la houle et du courant.

De par ses caractéristiques (taille de la section d'essais 2 m x 4 m x 18 m et un courant généré pouvant atteindre 2 m/s), ce moyen d'essais est unique en Europe et complémentaire des bassins de traction et des bassins de génie océanique (les bassins de la DGA au Val de Reuil, de l'Ecole Centrale de Nantes, d'Océanide à la Seine sur Mer et du laboratoire (RDT/CSM) à Brest).



Afin de satisfaire à l'évolution des besoins, les infrastructures expérimentales de Boulogne/Mer ont fait l'objet ces dix dernières années d'une constante adaptation (notamment dans le cadre du CPER MARCO), tant pour faire évoluer les capacités d'essais que l'instrumentation et permettre :

- l'étude des effets de la turbulence sur le comportement des structures (dans une gamme de turbulence de 3 à 25 %) ;
- l'étude des effets combinés houle/courant (houles régulières ou irrégulières, d'amplitude maximale de 30 cm crête à creux, de période maximale de 2 s, en opposition ou suivant un courant maximal de 0,8 m/s) ;
- l'étude du comportement dynamique d'engins par mouvements imposés (hexapode : capacité de charge d'emport de 1000 kg et possibilité d'imposer des mouvements de translation de ± 460 mm dans les trois directions, à une vitesse pouvant aller jusqu'à ± 1 m/s et des rotations de $\pm 30^\circ$ suivant les 3 axes).

Ces capacités d'essais, permettant d'étudier les effets d'interaction houle/courant/ structure(s) (statique ou dynamique, en mouvement imposé ou non), peuvent être utilisées de façon indépendante ou cumulée. Cette évolution des capacités d'essais a nécessité l'extension du parc d'instrumentation et notamment le développement de systèmes de mesures d'écoulement (PIV 2D ; LDV 2D et 3D) et de systèmes de trajectométrie optique 3D, aérien et sous-marin.

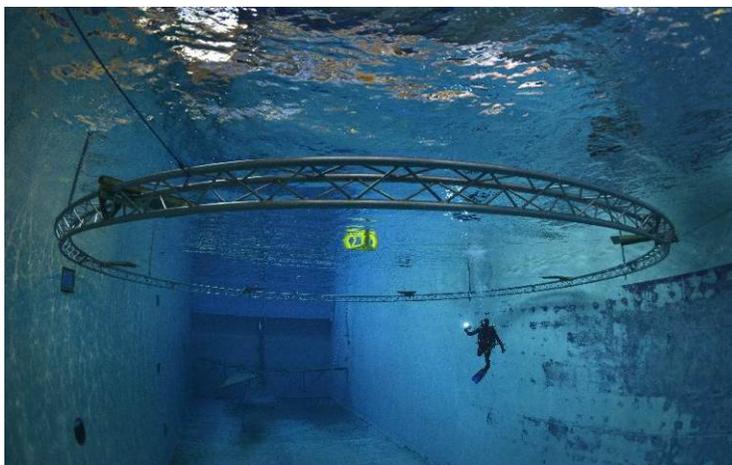
L'utilisation de ces différents systèmes a en outre conduit aux développements des techniques de traitement et d'analyse de données : traitement d'image, filtrage, décomposition modale et spectrale.

Bassin de génie océanique à Brest

Le bassin d'essais du centre de Bretagne de l'Ifremer, construit dans les années 70, avait vocation de permettre aux scientifiques et aux développeurs de systèmes technologiques de tester leur matériel en milieu protégé avant un déploiement en mer. Il est aujourd'hui équipé et utilisé pour l'étude de comportement de structure soumise à la houle et au vent.

Le bassin, d'une longueur de 50 mètres, est rempli d'eau de mer, sa largeur est de 12,5 mètres et sa profondeur est de 9,8 mètres sur les trois quarts de sa longueur et 19,8 mètres sur le dernier quart.

Le bassin a été doté d'un batteur à houle pour réaliser des essais hydrodynamiques sur des modèles réduits. Ce batteur génère une houle unidirectionnelle, régulière ou irrégulière, par le déplacement d'un coin dans l'eau. La période des vagues générées varie de 0,8 s à 3,5 s et l'amplitude maximale des vagues régulières est de 55 cm de crêtes à creux. Une jouvence complète du batteur est programmée pour la fin 2020, offrant une amplitude de vague de 80cm et un angle de propagation jusqu'à 30°.



Les équipements et systèmes de mesures se sont accrus et perfectionnés. Le bassin possède notamment deux systèmes de trajectométrie optique, un aérien et l'autre sous-marin. Ces systèmes, développés par la société Qualisys, mesurent la position des objets lors des essais. Également, un parc de capteurs de mesure d'efforts mono et multi composants ainsi que des sondes à houles sont disponibles.

En 2015, le système de trajectométrie optique s'est vu étoffer d'une quatrième caméra pour une extension de la zone de mesure puis d'une cinquième caméra Miquis Couleur en 2019.

L'hexapode et la soufflerie complètent les équipements. L'hexapode MISTRAL de la société SYMETRIE du bassin de Brest, comme celui du bassin de Boulogne, est un système qui permet d'imposer un mouvement selon les six degrés de liberté avec une capacité d'emport de 1 Tonne avec 1g d'accélération.

La soufflerie, développée en interne, permet de générer un vent unidirectionnel horizontal. Elle est constituée de 12 ventilateurs d'une puissance de 9 kW chacun. Ils offrent une surface de soufflage de 14,5 m² soit 3,3 m de haut par 4,4 m de large et une vitesse maximale de 10 m/s. Nous notons en 2018 la jouvence de la soufflerie avec la refonte complète de la structure extérieure, des éléments redresseurs internes, du système de fixation de la soufflerie sur le portique 5 tonnes et de la livraison d'une remorque de stockage.

Le laboratoire analyse les mesures réalisées avec ces équipements dans le but d'effectuer des comparaisons avec des résultats issus de modélisations numériques de tenue à la mer.

Hexapode – Nouveau plateau

Afin d'améliorer la qualité de nos équipements, un nouveau plateau pour l'hexapode du bassin de Brest a été conçu et fabriqué en 2018. Ce nouveau plateau, financé par le projet CPER Ijinmor, a été mis en place à l'automne 2019 par la société Symétrie.

Ce plateau, réalisé en usinage, permettra un positionnement plus précis des différents équipements sur l'hexapode. Il permettra, grâce à ces pions de positionnement, de démonter et de remonter des équipements au cours d'une campagne d'essai.



Caissons hyperbares



Depuis son origine, l'Ifremer est équipé de moyens de simulation en immersion profonde. Ainsi, l'unité RDT gère plusieurs caissons hyperbares.

Quatre enceintes sont principalement dédiées au développement, à la qualification et à la recette de matériels sous-marins (instrumentation scientifique, systèmes de prélèvement en environnement profond, composants de ROV...). Elles peuvent également être utilisées pour le test et la qualification de matériaux pour utilisation sous forte pression. Leur capacité variée (de 0,3 m à 1 m de diamètre, de 1,2 m à 2 m de longueur), ainsi que leur pression d'utilisation (1000 ou 2400 bars) permettent de répondre aux besoins de l'institut et de collaborer avec des partenaires publics ou privés.

De plus, une dizaine d'enceintes hyperbares ont été déployées spécifiquement pour l'étude du vieillissement en immersion de matériaux composites et polymères (matériaux de flottabilité, isolation thermique de pipes pétroliers...). Leur spécificité est de travailler en eau de mer, à des pressions intermédiaires (jusqu'à 300 bars) et à températures élevées (jusqu'à 150°C).

Bancs d'essais mécaniques



L'Ifremer dispose de bancs de traction classiques électromécaniques (capacité 10 à 200 kN) depuis plus de 20 ans. Combinés avec des bacs de vieillissement dans l'eau de mer et l'eau dé-ionisée, ces machines ont permis de nombreuses études de la corrélation entre vieillissement et modification du comportement mécanique de polymères et composites.

Plus récemment, l'activité s'est orientée vers le chargement cyclique, l'analyse du comportement d'élastomères et les essais sur cordages et câbles. Ainsi trois bâtis de 25 et 250 kN permettent des essais de fatigue de composites dans l'eau de mer naturelle.

Pour les élastomères, une série de sept bancs de traction avec vérins électriques permettent d'obtenir les courbes de fatigue dans l'air et dans l'eau.

Pour les cordages, un banc de forte capacité, 1000 kN, et de 8 m de long a été mis en place. Un deuxième banc, conçu pour l'étude du passage sur poulies de câbles synthétiques est limité à 300 kN.

En plus de ces moyens principaux, des tours de choc et des bâtis de fluage dans l'eau complètent l'ensemble d'essais mécaniques.

Un nouveau banc d'essai de frottement de brins assemblés en eau et à sec a été conçu et fabriqué selon les recommandations du laboratoire. Ces essais déterminent le rôle des revêtements sur les brins.

Les travaux relatifs à l'installation des 4 caissons 500 bars (projet STAMP) ont été finalisés en 2018. Les études de vieillissements des échantillons ont débuté en février 2019.

Bureau d'Etudes

L'ensemble du Bureau d'Etudes, rattaché au service IIM, est équipé en stations de travail sur lesquelles la suite logicielle Inventor AutoDesk® est installée. A noter, que le service gère pour l'ensemble du centre de Bretagne et des stations qui y sont rattachées cette suite logicielle soit plus de 50 licences. Ce logiciel est utilisé pour la conception mécanique, l'étude des mécanismes (module cinématique) et les calculs par éléments finis. A partir de l'objet virtuel 3D, les plans de définition et de fabrication sont générés et les nomenclatures articles associées. Des formats usuels d'échange existent et permettent une exploitation commune avec les sous-traitants (usinage, chaudronnerie).

Atelier prototypes

D'une surface de 1 000 m², l'atelier prototypes comprend :

- une zone de montage et d'usinage desservie par un pont roulant de 2 tonnes et équipée principalement de machines-outils conventionnelles (tours, fraiseuses, perceuses, ...)
- une salle de métrologie climatisée comprenant les appareils nécessaires au contrôle dimensionnel, un marbre de traçage et une machine d'essais de dureté ;
- une zone de montage et de chaudronnerie desservie par un pont roulant de 2 tonnes et équipée principalement de postes de soudure, cisailles, plieuses, rouleuses...
- un espace pour les petits montages équipé d'une potence de charge 500 kg, d'un tour, d'une fraiseuse, de 2 perceuses sur colonne, d'une ponceuse à bande et d'une petite scie à ruban ;
- un laboratoire d'hydraulique équipé d'une centrale ;
- une zone d'accueil comprenant une scie à plateau horizontal pour la découpe des plaques en thermoplastique et en composite ;
- des aires de stockage matière ;
- des aires de stockage pour les équipements en cours de montage ou de mise au point.

L'atelier Prototype du Service Ingénierie et Instrumentation Marine est équipé depuis juin 2018 d'un centre d'usinage 3 axes. Ce centre d'usinage à commande numérique avec son magasin de trente outils, réalise des pièces complexes issues de la conception et modélisation 3D effectués par le bureau d'étude. L'imprimante 3D ainsi que le centre d'usinage nous permettent de valider rapidement les solutions techniques pour nos développements de prototypes marins.



Le centre d'usinage nous permet également d'être beaucoup plus performants dans la réalisation de pièces complexes, difficilement applicables auparavant. L'ensemble des laboratoires de l'Ifremer peuvent demander la réalisation de pièces par le biais d'un imprimé « demande de soutien ». Ce moyen d'usinage moderne contribue fortement à la dynamique de l'atelier prototypes.

Atelier prototypes SIIM - Espace soudure des métaux

L'espace soudure des métaux de l'atelier prototype SIIM vient d'être équipé des dispositifs de protections nécessaires à la prévention des risques liés à cette activité.

L'étude de définition et d'implantation des équipements a été effectuée par la société SAMATEC en relation avec Sylvain Déniel l'Ingénieur sécurité du centre de Bretagne.

Des masques ventilés complètent la protection individuelle des agents lors des opérations de soudage. Un dispositif de captage à la source des polluants (fumées, gaz, vapeurs, poussières) a été installé. Il comprend : des torches aspirantes pour équiper les postes de soudure ainsi que des boites de captage laminaire de proximité. Ces équipements sont reliés à un groupe d'aspiration avec évacuation à l'extérieur de l'atelier.



Dispositifs de protection

Masque ventilé

Capteur laminaire de proximité



Gaines d'évacuation

Groupe d'aspiration

Tour à commande numérique SOMAB OPTIMA 350 : c'est la combinaison d'un tour d'outillage et d'un tour de production.

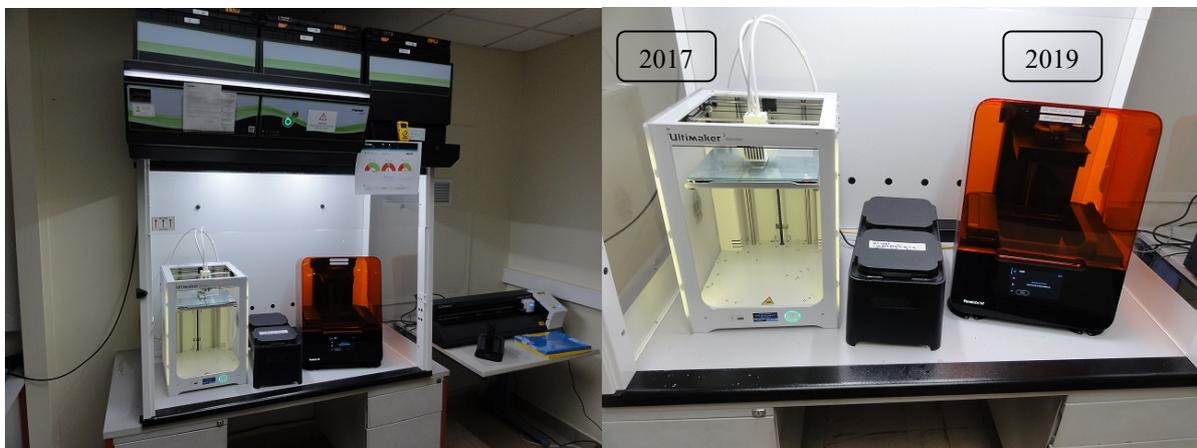
Résultats sur l'usinage

- Amélioration de l'état de surface
- Grande précision d'usinage

- Augmentation de la durée de vie des outils de 30%
- Tenue de cote dans le temps
- Permet l'usinage de matériaux durs



Les Imprimantes 3D

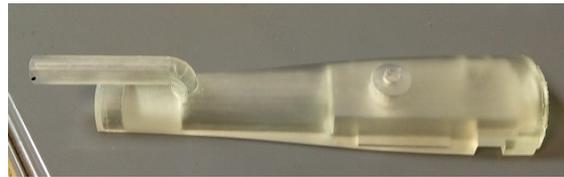


La nouvelle imprimante 3D livrée en novembre 2019 est une imprimante Form 3 stéréolithographie, ce procédé d'impression 3d utilise un laser qui vient polymériser de la résine liquide. Cette imprimante Form 3 permet de réaliser des pièces ayant un très bon état de surface, une précision allant jusqu'à 25 microns et une bonne résistance mécanique. Elle est complémentaire à l'imprimante Ultimaker 3 à fil fondu acquise fin 2017. Elle sera principalement dédiée à la réalisation de pièces fonctionnelles ou ayant besoin d'une grande précision tandis que l'imprimante à fil fondu sera dédiée au prototypage ou aux pièces ne nécessitant pas de grande précision.

Quelques réalisations avec l'imprimante 3D



Demi-moule pour surmoulage câbles



Demi-coquille POPSTAR



Support carte électronique MODAL

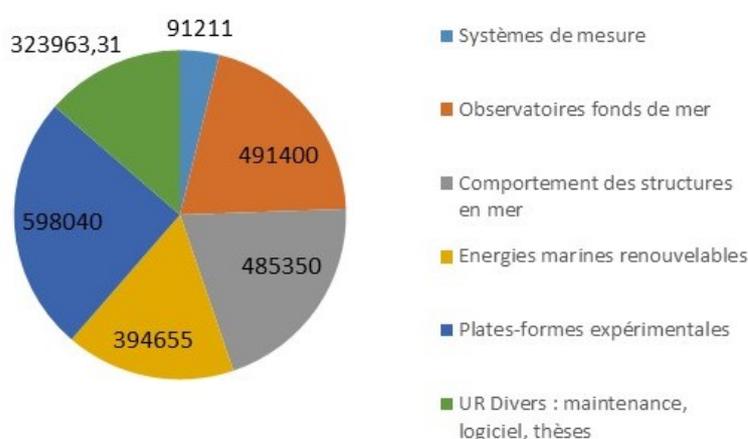
Moyens financiers et humains affectés aux projets

Les moyens financiers alloués à l'Unité RDT sont donnés dans les camemberts ci-dessous. Ils ne tiennent pas compte du financement apporté par d'autres unités et départements dans le cadre de projets gérés par ces derniers, à savoir **JericoNext, Naos, Euro Argo, CPER Marco, Microplastiques, Popstar, IsBlue...**

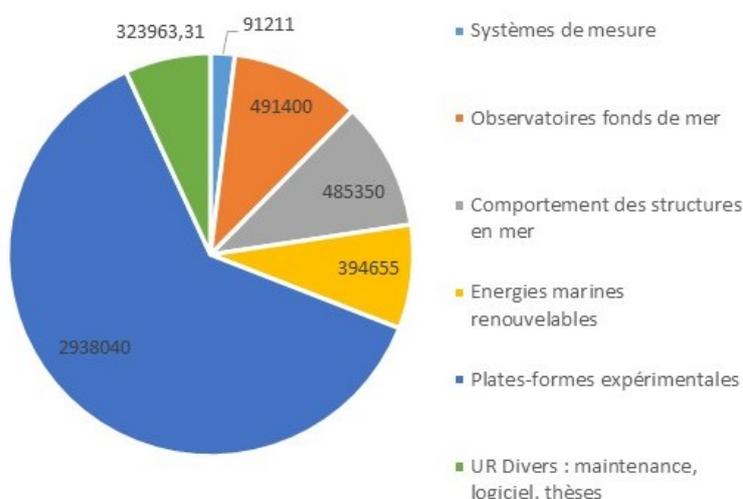
Le budget total affecté à RDT en 2019 était de **4 724 619 €** dont **1 509 469 €** en fonctionnement et **3 215 149 €** en investissement

Pour rappel en 2017, il était de 2 299 938 € dont 1 325 563 € en fonctionnement et 974 375 € en investissement.

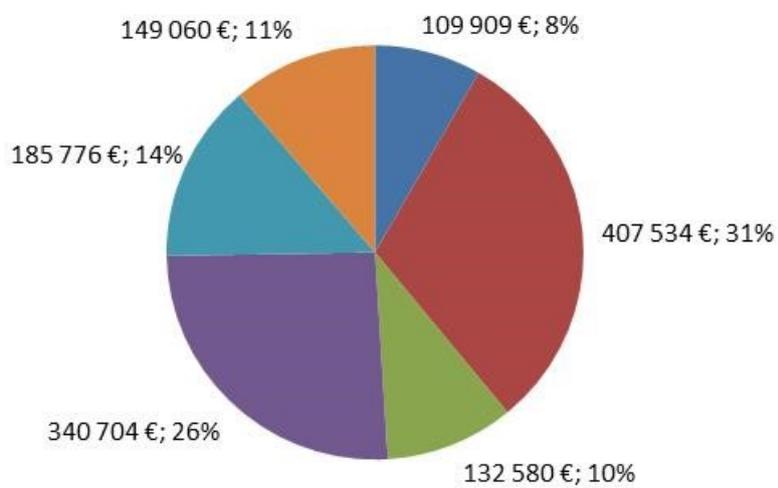
Sans CPER Ijinmor



Incluant CPER Ijinmor



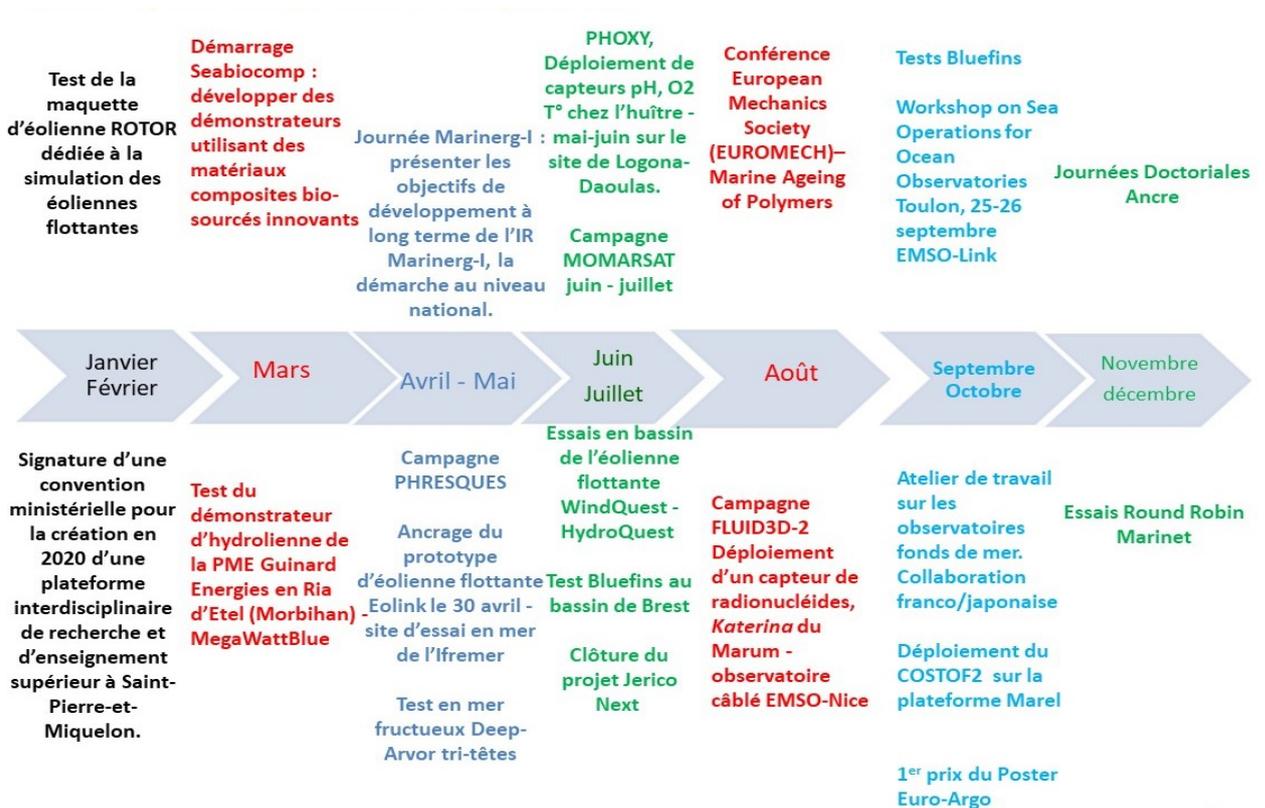
Fonctionnement



26 000 € ont été accordés dans le cadre du Processus P6

Faits marquants 2019

La figure suivante illustre quelques faits marquants en 2019.



Développements instrumentaux finalisés

Propulseur pour maquette d'éolienne

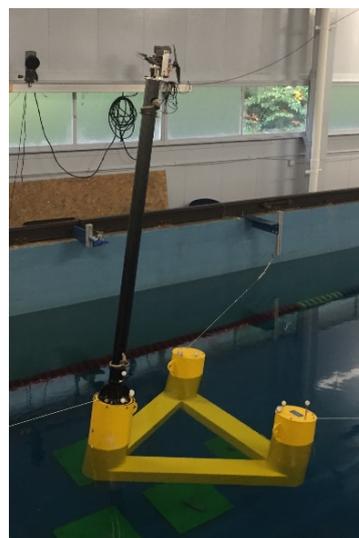
Dans l'étude de l'éolien offshore et plus particulièrement dans l'étude des flotteurs développés pour accueillir des nacelles d'éoliennes, il est très important d'observer les forces appliquées sur le flotteur via le vent sur les pales de l'éolienne. Pour ce faire, une solution est de développer une nacelle à échelle réduite et d'utiliser des moyens d'essais multiples pour caractériser le système complet flotteur et nacelle. Le problème est que le temps de développement, le coût de la maquette et les équipements d'essais sont importants (bassin, batteur à houle, soufflerie...). Pour pallier à cela, une solution est de développer un propulseur, appelé également générateur de poussée qui sera placé en haut du mât à la place de la nacelle.

Dans le cadre du round robin Marinet2, l'Ifremer a été choisi pour développer un propulseur, maintenant en campagne dans différents bassins d'essais européens. Le générateur de poussée permet de simuler une poussée équivalente au rotor DTU 10MW à l'échelle 1/40^{ème}. Il a été choisi de placer deux hélices dans l'axe, tournant de façon contrarotative pour limiter le moment suivant l'axe x et ainsi privilégier seulement l'effort Fx. La caractérisation du propulseur a été réalisée sur une balance six composantes pour une étude complète des forces finalement appliquées par le propulseur en haut du mât.

La poussée obtenue par le propulseur est comprise entre 2N et 14N, pour une utilisation finale lors du Round Robin entre 2N et 8N.



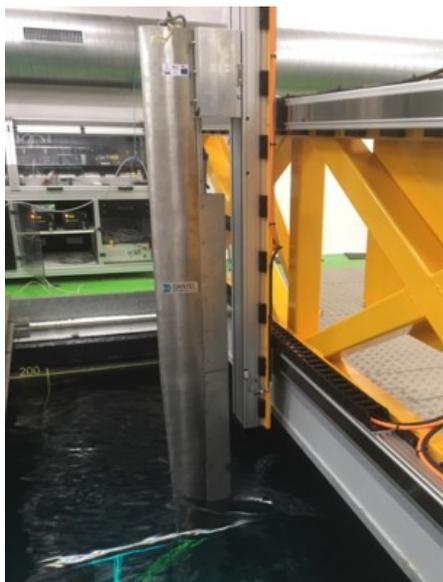
Caractérisation sur une balance 6C



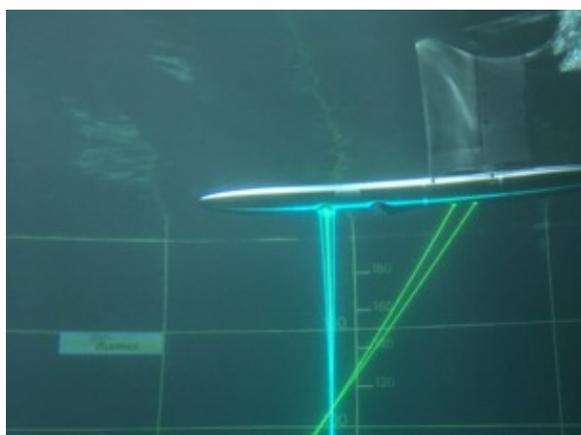
Propulseur au bassin de Strathclyde

Système de vélocimétrie laser (LDV) trois composantes

Après une installation réussie des systèmes de déplacement automatisé et du nouveau système de vélocimétrie laser (LDV) trois composantes en décembre 2019, les premières mesures d'écoulement seront menées en janvier 2020 au bassin d'essais de Boulogne. Grâce à ce nouveau dispositif, nous avons maintenant accès à l'ensemble des composantes de vitesse et par conséquent au tenseur de Reynolds complet.



Système de déplacement du bras LDV



LDV verticale



Points de mesure LDV à tribord

Ce nouveau dispositif a été développé en collaboration avec les sociétés MCII et Dantec Dynamics. La sonde LDV est déployée par l'intermédiaire d'un mat profilé dont le design permet de réduire les perturbations de l'écoulement et de limiter les vibrations induites. Le système de positionnement dynamique permet quant à lui de positionner la sonde de mesure avec une précision de l'ordre de 0,1mm et de couvrir l'ensemble de la section d'essais. Ce matériel a été financé par l'intermédiaire du CPER MARCO et peut être déployé en amont ou en aval des dispositifs étudiés. Ces nouvelles capacités de mesure permettront de vérifier un certain nombre d'hypothèses formulées dans de récents projets (dont l'anisotropie de certains types d'écoulement turbulent) et de poursuivre les travaux visant à améliorer notre connaissance des interactions houle/courant/structure.

Machine d'essai de cordages sur réa

Une machine a été conçue et fabriquée par LCSM, avec l'aide de l'atelier, afin de pouvoir tester de petits cordages en flexion répétée sur réas (Figure ci-dessous).



Machine d'essai de cordages sur réa

L'objectif est de pouvoir simuler les essais de caractérisation cyclique, réalisés sur le banc 25 tonnes, à une échelle qui permettra de mieux étudier les mécanismes de rupture. La dégradation de cordages synthétiques après passages répétés sur poulies est une cause majeure de dégradation et rupture pendant les manutentions en mer. Cette machine est limitée à une charge maximale de 150 kg, mais elle est très bien adaptée à l'étude de petites tresses de quelques millimètres de diamètre. Les premiers essais ont été réalisés fin 2019 et les résultats montrent une différence nette de durées de vie pour des cordages avec et sans revêtements. La machine sera précieuse dans le développement de ces revêtements.

Figure 2 : un traîneau observateur benthique

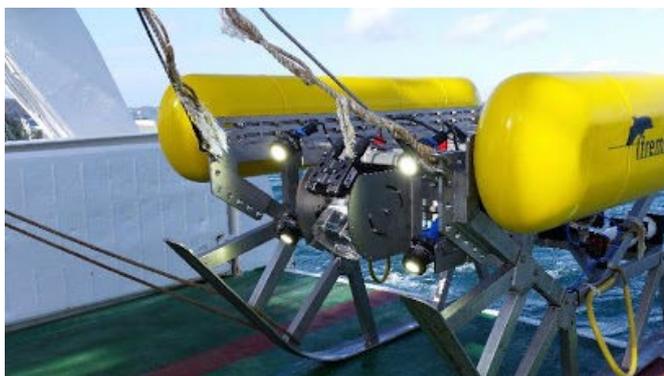
Le Figure 2 est né grâce au projet JERICO-NEXT, qui prévoyait le développement d'un engin sous-marin à déploiement opportuniste pour réaliser des images et photos HD du benthos, permettant d'apporter aux benthologues les moyens nécessaires pour l'étude et la compréhension du fonctionnement des divers habitats et de leur faune associée.

Ce projet a permis de développer un autre type d'engin pour l'observation du monde sous-marin et à moindre coût, comparé à ce qui se fait traditionnellement avec un ROV par exemple. Le Figure 2 étend également le rayon d'observation jusqu'à une profondeur de 500 mètres, en parcourant plusieurs centaines de mètres, par rapport à d'autres techniques comme celle de la dépose opportuniste de bathys qui ne permettent l'observation que de quelques points sur le même parcours.

Le développement de Figure 2 aura nécessité 9 mois de réflexion et de conception au sein du bassin d'essais de Boulogne-sur-Mer. Il a été optimisé pour permettre une utilisation selon

2 modes : un mode « traînant » grâce à 2 patins lui offrant une grande stabilité en étant bien ancré sur le fond et un mode « semi-volant » à environ un mètre du sol et n'appliquant qu'une vingtaine de kilos de pression sur le fond grâce à 4 ombilicaux lestés. Ce dernier mode est principalement pensé pour les habitats rocailleux ou fragiles.

Le développement de Pagure 2 a été effectué et financé dans le cadre des projets JERICONEXT (90%) et GALION (10%).



Photographies du système Pagure 2

Laboratoire Comportement des Structures en Mer (CSM)

Energies Marines Renouvelables

THYMOTE

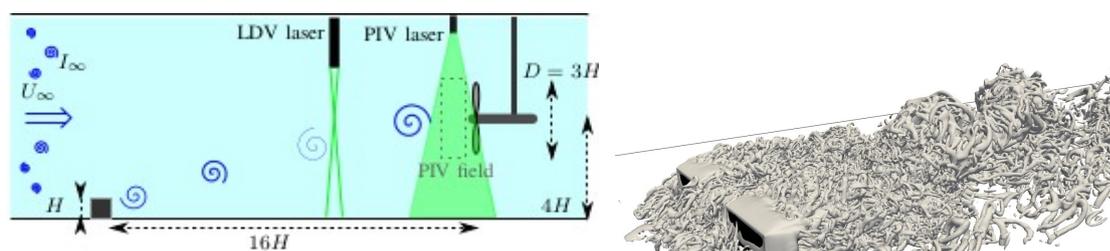
Contexte et enjeux

Au démarrage du projet ANR FEM Thymoté en 2016, la recherche sur la modélisation de la turbulence des sites hydroliens était principalement orientée sur l'effet de la turbulence ambiante sur le fonctionnement des turbines sans se soucier de son origine, engendrant des difficultés de paramétrisations des outils numériques utilisés pour le développement des hydroliennes. Pour pallier à ces difficultés, le projet THYMOTE (Turbulence Hydrolienne : Modélisation, Observation, Test en bassin) a été lancé avec pour objectif principal la caractérisation fine des processus turbulents du raz Blanchard à partir de modélisations physiques (numériques et expérimentales) et de mesures *in situ*.

Les partenaires de ce projet sont : France Energies Marines, EDF, ENGIE, IFREMER, INNOSEA, DynamOcean, DCNS, IXSurvey, les Université de Caen et du Havre. Le Laboratoire Comportement des Structures en Mer de l'Ifremer est impliqué dans les travaux de mesures en mer et responsable de la caractérisation expérimentale des écoulements turbulents en bassin.

Résultats 2019

Les campagnes d'essais expérimentaux ont permis d'obtenir une importante base de données de mesures d'écoulement autour de différents types de rugosité de fond et de contraintes mécaniques sur une hydrolienne. La caractérisation étendue de l'écoulement a permis d'identifier le mécanisme de remontée de structures tourbillonnaires jusqu'à la surface et de quantifier leur impact sur le fonctionnement d'une hydrolienne tri-pales à axe horizontal à l'échelle 1/20. Ces bases de données ont permis de valider les modèles numériques développés en parallèle par les partenaires. Ces modèles pourront ainsi être utilisés pour étudier des zones plus étendues et concevoir des structures pouvant supporter ces contraintes d'utilisation dans des milieux fortement turbulents.



Présentation du dispositif expérimental utilisé pour caractériser l'impact de structures tourbillonnaires émises dans le sillage d'un obstacle (représentation numérique à droite) sur le fonctionnement d'une hydrolienne à l'échelle 1/20.

Les résultats des travaux expérimentaux, menés en partie dans le cadre de la thèse de M. Ikhennicheu¹, ont été présentés dans différents articles² et actes de congrès³. L'impact des

¹ Étude expérimentale de la turbulence dans les zones à forts courants et de son impact sur les hydroliennes, M. Ikhennicheu, Univ. Lille, 2019.

² Experimental study of coherent flow structures past a wall-mounted square cylinder, M. Ikhennicheu, G. Germain, P. Druault, B. Gaurier, Ocen Engineering, 2019 - Experimental study of coherent flow structures past a wall-mounted square cylinder, M. Ikhennicheu, G. Germain, P. Druault, B. Gaurier, Ocen Engineering, 2019 -

structures tourbillonnaires sur une hydrolienne tri-pales à axe horizontal, induisant d'importantes variations de chargement sur l'ensemble de la turbine, a pu être quantifié et pourra dorénavant être pris en compte pour le dimensionnement des structures (les pales notamment).

Bilan général du projet (2016-2019)

Sur l'ensemble du projet, les travaux réalisés par l'équipe LCSM de Boulogne en collaboration avec les partenaires ont conduit à la rédaction : d'1 manuscrit de thèse, 3 articles publiés, 2 articles soumis, 5 papiers de conférences, 2 bases de données expérimentales, 2 rapports d'essais. L'ensemble des connaissances acquises permettent aujourd'hui de mieux appréhender la physique de la turbulence dans les sites à forts courants et de ces effets sur les hydroliennes.

Perspectives 2020

Le projet Thymoté a permis de quantifier à quel point le comportement des structures marines est fortement régi par la turbulence rencontrée dans le milieu, dont les caractéristiques conditionnent les échanges d'énergies aux échelles micro et macroscopiques. Malgré ces travaux, la turbulence reste un phénomène mal connu, notamment dans les sites où il existe de forts courants, de la houle et une bathymétrie complexe. Nous avons proposé de poursuivre ces travaux dans le cadre d'une nouvelle thèse pour étudier expérimentalement le processus physique de la turbulence, depuis la génération de structures organisées ou non jusqu'à leur dissipation.

Il s'agira principalement de :

- générer des bases de données expérimentales à partir de mesures tri-dimensionnelles d'écoulements turbulents perturbés ou non par des ondes de surface et/ou d'obstacles,
- développer des outils et méthodes d'analyses spatio-temporelles des résultats de mesures d'écoulement 3D réalisées à hautes fréquences,
- d'analyser la turbulence, les effets d'échelle et les transferts d'énergie au sein d'écoulements régis par les courants de marées, les ondes de surface et la rugosité de fond et d'évaluer leur impact sur le comportement de structures.

³ Experimental study of the wall-mounted cylinder wake effect on tidal turbine behaviour compared to free stream turbulence, B. Gaurier, M. Ikhennicheu, G. Germain, P. Druault, G. Pinon, EWTEC 2019, Naples ; Towards a turbulence characterization in tidal energy sites. First results of THYMOTE project. MATEC Web of Conferences, 2019. Guillou S., Filipot JF., Thiebot J., Germain G., Chaplain N., Ikhennicheu M., Duarte R., Gaurier B., Bourgoïn A., Mercier P., Ata R., Laverne J., Benhamadouche S., Pieterse A., Maisondieu C., Poizot E., Poirier JC., Auvray C., Droniou E., Arramounet V., Pinon G.

MEGA WATT BLUE

Contexte et enjeux

Guinard Energies développe un concept d'hydrolienne avec tuyère selon une gamme de puissance étendue de 3,5 kW à 1 MW. Les modèles P66 (diamètre 0,66 m, puissance 3,5 kW) et P154 (diamètre 1,54 m, puissance 20 kW) sont déjà mis en œuvre et de premiers exemplaires sont commercialisés. Le marché visé comprend notamment les habitats dispersés à l'échelle de villages et petites industries en hybridation avec d'autres sources d'énergies.

L'objectif du projet est la validation du modèle P154, déployé en Ria d'Étel, dans une zone de courant pouvant atteindre 3,5 m/s sur laquelle Guinard Energies détient une Autorisation d'Occupation Temporaire.

Les travaux portent sur la connaissance de l'environnement, les techniques d'installation, le raccordement au rivage, la chaîne de conversion et de production d'énergie hybride avec une source photovoltaïque. L'Ifremer (RDT/CSM, RDT/DCM, DFO-NSE-ASTI) a participé aux diverses étapes de l'expérimentation *in situ*.

Financement : Région Bretagne

Partenaires : Guinard Energies, Ifremer, ENSTA Bretagne.

Résultats 2019

De nombreuses opérations ont été conduites par l'Ifremer au cours du projet et en 2019 notamment (rapport RDT/LDCM/19-024/MR/CR⁴). L'observation d'échantillons de peintures immergés durant deux ans a permis la caractérisation de l'efficacité de peintures anti-fouling (rapport RDT/LDCM/18-050/KB/R⁵). Deux campagnes de mesure de courant ont été menées en juin 2018 et Mars 2019 à l'aide de deux ADCP Nortek Signature 1000 synchronisés.

L'hydrolienne P154 a été déployée au printemps 2019 après reconnaissance des fonds et les ADCP installés en amont et aval de la machine ont permis de détecter ses effets de sillages. Plus généralement les vitesses de courant et la turbulence sur la tranche d'eau ont été analysées (rapport RDT-LCSM/19-211⁶). Enfin des mesures acoustiques ont été acquises en l'absence d'hydrolienne permettant l'établissement d'un état initial du site.

Perspectives 2020

Guinard Energies cherche de nouveaux financements en vue d'un nouveau déploiement de l'hydrolienne P154.



Hydrolienne P154 et ADCP déployés en 2019. Copyright Olivier Dugornay, Ifremer.

⁴ Opérations à la mer projet MEGAWATTBLUE en rivière d'Étel. RDT/LDCM/19-024/MR/CR.

⁵ Evaluation de l'efficacité des peintures antifouling Nautix pour le projet MegaWattBlue. RDT/LDCM/18-050/KB/R.

⁶ Projet MegaWattBlue – Analyse des mesures de courant en Ria d'Étel. RDT-LCSM/19-211.

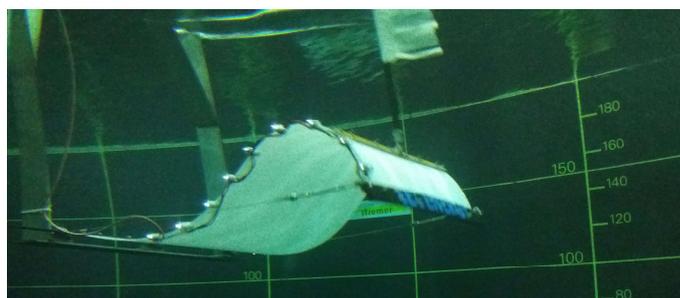
EEL GEN

Contexte et enjeux

Le projet EEL GEN, mené en partenariat avec la Start-up Eel Energy, a pour objectif de développer une hydrolienne à membrane ondulante. Cette technologie est basée sur la récupération de l'énergie de déformation d'une membrane pré-contrainte, mise en mouvement par l'action du courant, à l'aide de convertisseurs d'énergie répartis le long de la membrane ou localisés en bout de membrane.

Résultats 2019

Les études expérimentales et numériques, réalisées dans le cadre de ce projet et de travaux de thèse (co-financés par l'ADEME), permettent aujourd'hui de simuler le comportement mécanique et hydrodynamique de l'ensemble du dispositif. Les essais mécaniques (réalisés au Laboratoire CSM à Brest), sur différents éléments en matériaux composites de la structure, permettent de dimensionner en fatigue la membrane. Les résultats d'essais réalisés au bassin à houle et courant (au centre Manche-Mer du Nord) à l'échelle 1/20 ont permis de valider les développements de modèles numériques. A cette échelle, les effets de bords et de confinement sont réduits au minimum, mais des artifices doivent être utilisés pour simuler l'action des convertisseurs d'énergie. Des essais à l'échelle 1/6 ont quant à eux permis de valider la production d'énergie électrique avec des convertisseurs industriels, mais avec des effets de confinement non négligeables. Les différents résultats obtenus ont été synthétisés dans le manuscrit de thèse de M. Trasch⁷ et présentés à EWTEC 2019⁸. Ils sont résumés dans deux articles soumis au 2^e semestre 2019⁹.



Prototype de membrane à l'échelle 1/20 avec convertisseur en bout de membrane

Perspectives 2020

Une thèse CIFRE, intitulée « Caractérisation expérimentale et numérique des interactions d'une hydrolienne à membrane ondulante avec son environnement » a démarré en novembre 2019. Les travaux de M. Moreau, encadrés par Ifremer permettront d'approfondir la caractérisation du sillage, en prenant en compte les effets 3D et d'analyser les effets de la houle sur le système membrane/support fixe et/ou flottant.

⁷ Caractérisation expérimentale et numérique du comportement hydrodynamique d'une hydrolienne à membrane ondulante, M. Trasch, Univ. Lille, 2019.

⁸ Numerical modelling of an undulating membrane converter, M. Trasch, A. Chambon, A. Déporte, D. Lemosse, G. Pinon, E. Rivoalen, G. Germain, J-B. Drevet, EWTEC 2019, Naples.

⁹ Wake characterization of an undulating membrane tidal energy converter, M. Trasch, A. Deporte, S. Delacroix, G. Germain, B. Gaurier, JB. Drevet, submitted to Applied Energy.

Dynamic behaviour of an undulating membrane tidal energy converter under wave and current loading, M. Trasch, A. Deporte, G. Germain, B. Gaurier, submitted to Ocean Engineering.

MET-CERTIFIED

Contexte et enjeux

L'évaluation de la conformité peut atténuer les risques techniques et financiers des technologies, ce qui à son tour attire des financements et encourage le commerce international. Les EMR étant une industrie émergente, les normes internationales doivent encore être systématiquement adoptées et un système d'évaluation de la conformité est actuellement en cours d'élaboration. MET-CERTIFIED (Marine Energy Technologies - Certified) est un projet financé par Interreg 2 Seas ; il vise à accélérer le développement de normes et de systèmes de certification pour les technologies d'EMR sous l'égide du Comité Electrotechnique International. Le projet permet l'application des spécifications techniques CEI 62600 pour des essais en bassins et en pleine mer de convertisseurs d'énergie marine, ceci afin de fournir les expertises les plus complètes aux comités qui développent et maintiennent les spécifications.

Résultats 2019

L'échelle des campagnes expérimentales de trois projets pilotes a été évaluée par rapport à ces spécifications techniques. Elles comprennent les exigences de conception, les ancrages, la qualité de l'énergie électrique, l'acoustique, l'évaluation des performances de l'hydrolienne, l'évaluation des ressources et les essais. En outre, les progrès dans l'élaboration de nouvelles spécifications pour les charges mécaniques et la qualification de la technologie ont été discutés.

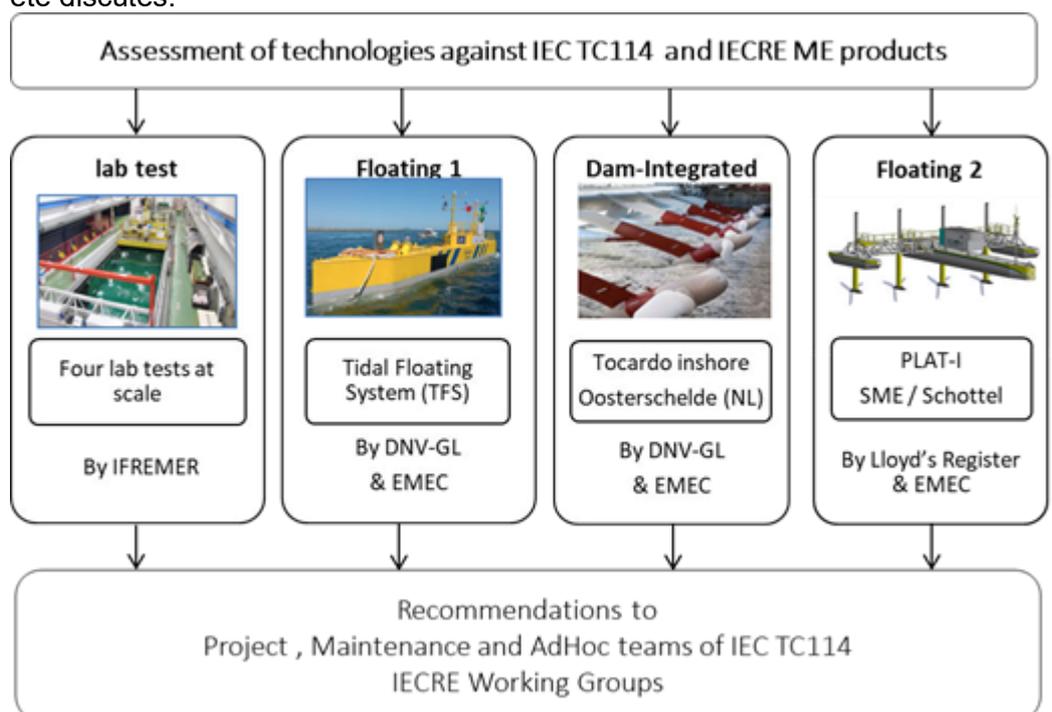


Diagram showing pilot projects and feedback process

L'ensemble des résultats a été présenté lors de la conférence EWTEC (The 13th European Wave and Tidal Energy Conference) en 2019.¹⁰

Perspectives 2020

L'ensemble des résultats de ces travaux seront synthétisés dans un article avant la fin du projet, fin 2020.

¹⁰ Advancing IEC standardization and certification for tidal energy convertors, P. Scheijground, A. Southall, C. Bittencourt, P. Davies, M. Harrold, P. Mathys, G. Germain, EWTEC 2019, Naples.

RESOURCODE

Contexte et enjeux

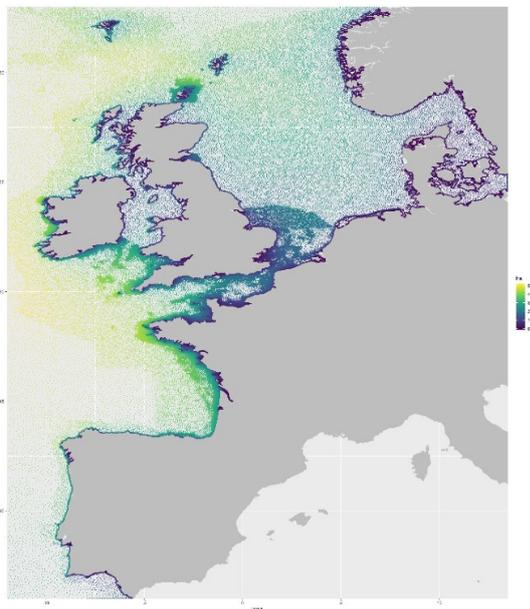
Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'appel à projet OceanERANet – Cofund. L'objectif du projet est de mettre à disposition des développeurs de technologies d'énergies marines renouvelables des données et des outils à la pointe de la recherche, et ce afin de permettre d'accélérer les étapes de design de structures, de mieux estimer le potentiel d'un site, et *in fine* de faire baisser le coût actualisé de l'énergie (LCoE). Ce programme passe par la réalisation de deux objectifs :

- la construction d'une base de données de hindcast d'états de mers, ainsi que de données de validation (monitoring *in situ*, données satellitaires...) d'une part,
- la mise en place d'une interface web permettant un accès aisé aux données ainsi que des outils de validation et de modélisation, en particulier de modélisation des valeurs extrêmes d'autre part.

Ce projet, d'un montant global de 1,7 M€, est coordonné par l'EMEC (UK), en partenariat avec Ifremer et avec un consortium composé de PME (OceanDataLab, SmartBay, Innosea) et d'universitaires (Centrale Nantes, University of Edinburg, University College Dublin).

Résultats 2019

Le projet a cette année 2019 été consacré à la configuration du modèle, à la fois en ce qui concerne la construction de la grille de calcul, ainsi que la construction des forçages : courants issus des harmoniques FES (FINITE ELEMENT SOLUTION, base de données de courants développée par le LEGOS)¹¹; données de vent issus de la ré-analyse ERA5 ; conditions aux limites à partir du modèle global d'états de mer, construit également dans le cadre de ce projet.



Hs moyen sur le mois de janvier 2016

Ensuite, une année complète a pu être élaborée (voir figure ci-contre) et transmise aux partenaires, afin que chacun puisse développer ses algorithmes de traitement et procéder à la validation de cette année de test. Les travaux de validation, menés au sein du LCSM et du LOPS (Partenaires F. Ardhuin, M. Accensi et M. Alday en CDD), en partenariat avec l'ECN, montrent un très bon accord entre les données calculées et les données *in situ*, et en particulier un meilleur accord que pour la base de données existante HOMERE.

En parallèle, des expérimentations ont été menées avec les services ISI et RIC afin de proposer une interface simple pour accéder aux données via un navigateur web, sans avoir à télécharger l'intégralité de la base comme c'est le cas actuellement avec la base HOMERE.

¹¹ FES2014 was produced by Noveltis, Legos and CLS and distributed by Aviso+, with support from Cnes (<https://www.aviso.altimetry.fr/>)

Perspectives 2020

L'année 2020 sera consacrée à construire les 20 à 25 années de rejeux ainsi qu'à la validation extensive de la base de données : une procédure automatique de tests sera mise en place afin de vérifier la consistance de la base de données mais également afin de vérifier la bonne adéquation entre les résultats de la modélisation et des mesures *in situ* et satellitaires.

Dans un second temps, cette année de test sera intégrée dans une base de données haute performance CASSANDRA, déjà utilisée à l'IFREMER pour les données coriolis côtier, qui permettra de faciliter l'accès à ces données. De plus, une interface web interactive, pour accéder aux données ainsi qu'à des outils de traitement statistique (statistiques descriptives, séries temporelles, modélisation des événements extrêmes...), sera développée dans le cadre d'une sous-traitance.

MARINET2

Contexte et enjeux

Marinet2 est un projet Européen financé (10,5 M €) dans le cadre du programme H2020 INFRAIA 2016. Coordonnée par UCC-Marei (Cork, Ireland), le projet d'une durée de 54 mois a démarré au 1^{er} Janvier 2017 (<http://www.marinet2.eu/>). Les objectifs de MaRINET2, dans la suite du projet MaRINET (2011 – 2015), sont de contribuer au développement et au déploiement des Energies Marines Renouvelables à travers la modélisation expérimentale. Le consortium MaRINET2 rassemble 39 partenaires offrant 57 infrastructures de recherche à travers 12 pays d'Europe, dédiées aux essais pour le dimensionnement et l'évaluation des convertisseurs d'énergie marine dans les 3 domaines du houlomoteur, de l'hydrolien et de l'éolien offshore. Les activités transverses, liées aux matériaux, à la corrosion, aux ancrages ou encore à la connexion au réseau électrique, sont également prises en compte. L'action principale du projet s'appuie sur le programme d'accès transnational (5,5 M €), coordonné par l'Ifremer et qui permet d'offrir aux développeurs un accès financé par l'Europe à ces installations d'essais. Les autres activités du projet portent essentiellement sur des programmes de recherche pour l'amélioration des méthodes et procédures expérimentales et la définition de standards et de guides de bonnes pratiques.

Résultats 2019

Finalisation du 3^{ème} appel à projets du programme d'Accès Transnational : deux campagnes d'essais obtenues par le bassin de Boulogne-sur-Mer ont été réalisées (GKinetic Energy Ltd et WindCity, photos ci-dessous), ainsi que la campagne d'essais sur les bancs d'essais matériaux de Brest (Fracture). La procédure de sélection du 4^{ème} appel à projets, coordonné par l'Ifremer est en cours.

Le programme de Round Robin Hydrolien s'appuie sur le prototype instrumenté d'hydrolienne tri-pales à axe horizontal à l'échelle 1/20 et l'instrumentation associée (sonde à houle, ADV, système d'acquisition) développés par l'IFREMER. Trois campagnes d'essais impliquant l'équipe de Boulogne ont eu lieu au bassin à houle et courant de l'Ifremer, au bassin de traction du CNR-INSEAN et au bassin à houle et courant FloWave d'Edinburgh University. Un mât spécifique a été conçu pour permettre des essais combinés houle/courant sans perturbation de la surface libre. Les résultats obtenus ont pu être présentés à la conférence EWTEC 2019 à Naples¹².

Trois campagnes d'essais ont été menées dans le cadre du programme de Round Robin Eolien Offshore piloté par l'Ifremer. Deux campagnes au bassin de Brest pour une analyse comparée des méthodes de simulation de vent (soufflerie/thruster) et une campagne au Kelvin's Hydrodynamics Laboratory (University of Strathclyde) impliquant l'équipe du bassin de Brest.

LCSM a conduit des essais de traction sur cordages conjointement avec l'Université d'Exeter, dans le cadre du programme de Round Robin sur les essais matériaux.

Les équipes impliquées dans les Round Robin soutiennent également IRSI/ISI dans la mise en place des outils et jeux de données nécessaires à l'élaboration de l'e-Infrastructure MaRINET2.

RDT/LCSM a également contribué au programme de formation MaRINET2 en participant au cours « Integrated Tank Testing for the Offshore Renewable Industry » qui s'est déroulé à Cork en Novembre 2019.

¹² Effects on the Loading of Horizontal Axis Turbines when Operating under Wave and Currents, R. Martinez, S. Ordonez-Sanchez, T. O'Doherty, G. Germain, B. Gaurier & al., EWTEC 2019.

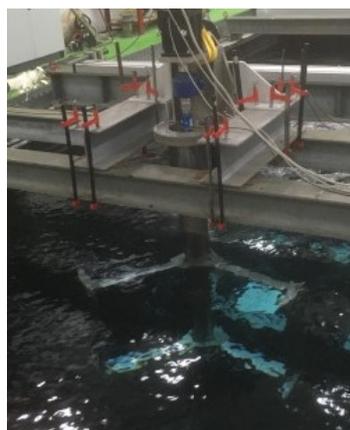
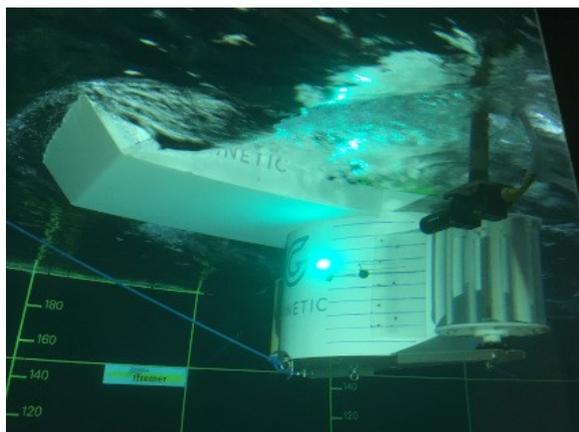
- First round of MARINET 2 Tidal Energy Round Robin Tests under combined wave and current effects, B. Gaurier, S. Ordonez-Sanchez, J.V. Facq, G. Germain & al., EWTEC 2019.

Perspectives 2020

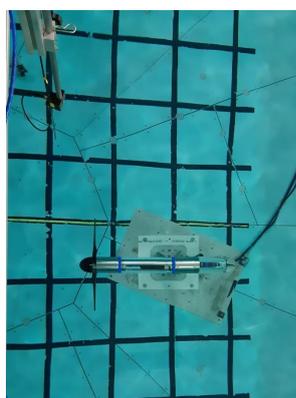
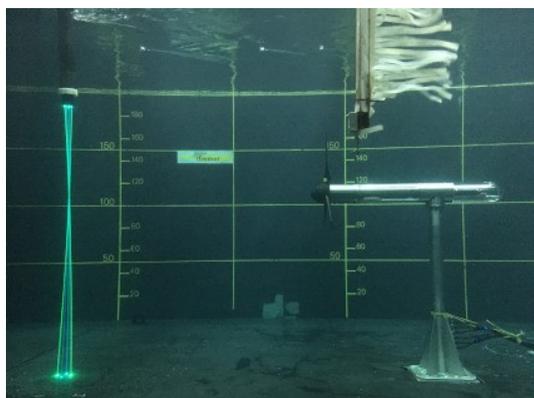
Les campagnes d'essais Round Robin se poursuivent en 2020. Campagnes pour l'Hydrolien au Kelvin Hydrodynamics Laboratory de l'Université de Strathclyde et au QUB tidal test site à Portaferry, Northern Ireland, avec le prototype et l'instrumentation associée Ifremer. Campagnes pour l'Eolien Offshore à l'Ecole Centrale de Nantes et au LIR National Ocean Test Facility (Cork, Ireland).

De nouvelles campagnes d'essais pourront être programmées dans le cadre du 4^{ème} appel à projets. Un 5^{ème} appel à projets sera organisé, coordonné par l'Ifremer.

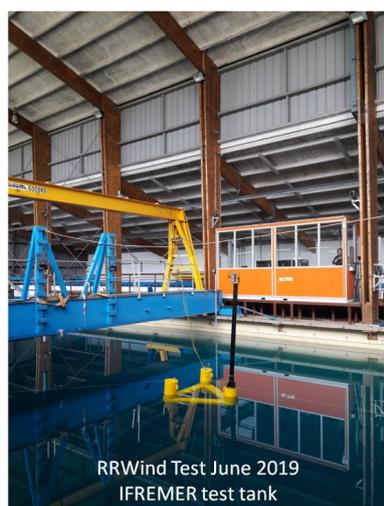
Des publications permettront de valoriser les résultats des Round Robin.



Mesure d'écoulement autour du prototype de l'hydrolienne développée par Gkinetic à gauche
Mesure de performance de l'hydrolienne développée par WindCity à droite



Prototype d'hydrolienne utilisé pour le RR à l'Ifremer (à gauche) et à FloWave (à droite)



MARINERG-I

Contexte et enjeux

L'objectif principal du projet MARINERG-i (Infradev 2016) est de fournir un plan d'action, ainsi qu'une stratégie de mise en œuvre à long terme, pour la mise en place de l'Infrastructure de Recherche Distribuée MARINERG-i sur la feuille de route européenne ESFRI. L'objectif de cette Infrastructure de Recherche Distribuée est de permettre la pérennisation des activités de recherche expérimentale pour le développement et le déploiement des Energies Marines Renouvelables entreprises dans les projets MaRINET (FP7) et MaRINET2 (H2020).

Objectifs du projet :

- Augmenter le nombre d'états membres impliqués dans le consortium ;
- Développer un plan d'affaires prenant en compte les différents aspects juridiques, financiers, stratégiques et de gouvernance ;
- Développer un programme scientifique ;
- Développer un programme technique.

Valorisation du projet :

1. Contribution à la mise en place de l'ESFRI Mariner-g-I ;
2. Valorisation de l'Infrastructure de Recherche française THeoREM ;
3. Positionnement des Infrastructures de Recherche de l'Ifremer au niveau Européen.

Le consortium MARINERG-i, coordonné par UCC-Marei (Irlande), regroupe 14 partenaires à travers 12 pays d'Europe. La durée initiale du projet de 30 mois a été portée à 36 mois, afin de compenser autant que possible le report d'une année de la publication de l'appel à projets, pour un positionnement sur la feuille de route ESFRI, initialement programmé en 2020. Le projet, démarré au 1^{er} Janvier 2017, est financé à hauteur de 2 M€ dans le cadre du programme H2020 Infradev-02-2016.

Résultats 2019

L'activité principale, menée en 2019, a porté sur la finalisation et la rédaction des « Science Plan » et « Design Study », éléments essentiels au dossier de candidature de l'Infrastructure de Recherche Distribuée MARINERG-I sur la feuille de route ESFRI 2021. L'Ifremer est coordinateur de cette tâche, menée en lien avec les autres partenaires.

La structure légale identifiée au cours de ce processus, comme étant la plus adaptée au fonctionnement de la future IR MARINERG-i, est l'ERIC. Il est de fait nécessaire d'obtenir de chaque Etat Membre participant une lettre d'engagement politique et de soutien financier.

Le Groupement d'Intérêt Scientifique THeoREM, qui regroupe les installations expérimentales en hydrodynamique de l'Ifremer et de l'Ecole Centrale de Nantes (prochainement étendu aux installations de l'IFSTTAR), a été positionné sur la feuille de route des IR Nationales du MESRI en 2018, avec pour but d'être le représentant de l'état français dans MARINERG-i. Des échanges ont été organisés avec les représentants du MESRI et de l'Alliance Ancre afin d'établir la procédure nécessaire à l'obtention des lettres d'engagement et un dossier de candidature a été préparé et déposé en Décembre 2019.

Perspectives 2020

Le projet Infradev MARINERG-i s'est terminé au 31 Décembre 2019. Néanmoins, les partenaires du projet continueront à travailler conjointement à l'élaboration du dossier de candidature de l'IR MARINERG-I pour un positionnement sur la feuille de route ESFRI 2021 (Date limite de dépôt des dossiers au 5 Mai 2020).

Côté français, la décision quant à l'engagement de l'Etat dans le projet d'ERIC MARINERG-i sera annoncée à la mi-Mars 2020 (MESRI + HCTGIR).

IHES

Contexte et enjeux

La société GEPS Techno décline plusieurs types de systèmes à partir d'un principe houlomoteur fondé sur l'exploitation de l'énergie des oscillations de fluide dans des cuves embarquées à bord de flotteurs. GPES Techno exploite également les effets stabilisateurs de ces oscillations sur les mouvements de plates-formes avec par exemple des dispositifs anti-roulis à bord de navires. Ainsi plusieurs tailles de flotteurs sont-elles traitées : bouées de mesures océanographiques, flotteurs de production d'énergie, navires militaires et de pêche, supports éoliens de grandes tailles en perspectives.

Le projet IHES s'appuie notamment sur les moyens d'essais hydrodynamiques de l'Ifremer et sur l'expertise des équipes de RDT en hydrodynamique, matériaux et opérations en mer.

GEPS Techno développe des moyens de simulation numérique du comportement couplé fluide interne – flotteur – fluide externe, nécessaires à sa montée en compétence, sa capacité de dimensionnement de ses systèmes et sa capacité d'offre commerciale.

Deux thèses CIFRE ont ainsi été menées à terme, grâce aux expériences en hydrodynamique conduites par RDT-CSM : essais en bassin de flotteurs, essais de ballotement sur Hexapode.

Financement : « Projets d'investissement d'avenir, action Projets industriels d'avenir » de Bpifrance.

Partenaires en 2019 : GEPS TECHNO, GEPS INNOV, Ifremer, ICAM, SNEF, Ecole Centrale de Nantes, Blue Solutions, STX.

Résultats 2019

Le démonstrateur WAVEGEM de production d'énergie électrique à partir d'énergie houlomotrice a été mis à l'eau et ancré sur le site SEMREV au large du Croisic.

Les implémentations du dispositif à bord du NO Thalassa n'ont pas été concluantes. Les analyses d'usure des clapets en élastomère ont néanmoins été riches d'enseignement (REM/RDT/CSM 18-172).¹³

Des analyses de dimensionnement de l'ancrage ont été menées par LCSM (REM/RDT/LCSM/ R19.156/GD¹⁴, REM/RDT/LCSM/R19.191/GD¹⁵) et des opérations d'inspections par plongeurs ont été conduites par LDCM.

Julien Ercolanelli a soutenu sa thèse (seconde thèse CIFRE dans le cadre du projet IHES).



Flotteur WAVEGEM à quai dans une darse du port de Saint Nazaire. Copyright Marc.Le.Boulluec@ifremer.fr

Perspectives 2020

Le projet IHES est clos en 2019. Des données confidentielles de mesures *in situ* obtenues à bord du WAVEGEM seront disponibles pour analyse.

¹³ Suivi du vieillissement de clapets en néoprène, Geps Techno. REM/RDT/CSM 18-172.

¹⁴ IHES. Simulation préliminaire du système d'ancrage. REM/ RDT/LCSM/ R19.156/GD.

¹⁵ Wavegem. Simulation du système d'ancrage installé. REM/RDT/LCSM/R19.191/GD.

EOLINK 10

Contexte et enjeux

La société EOLINK développe un concept innovant d'éolienne flottante : le rotor est fixe au sein du flotteur et ce dernier s'oriente face au vent. Le projet EOLINK 10 permet le déploiement d'une éolienne flottante à échelle 1/10 sur le site de Sainte Anne du Portzic.

L'échelle 1/10 permet le développement de composants technologiques proches de systèmes réels : turbine asservie, flotteur évitant autour d'un point d'ancrage unique grâce à un joint tournant, ancrage, données *in situ* qui permettent de valider et enrichir les modèles de comportement de l'éolienne flottante et du LCOE (Levelized Cost of Energy). Le choix d'une échelle de Froude pour la simulation conduit à une puissance de l'ordre de 4 kW.

L'ancrage constitue un des points cruciaux du fonctionnement optimal de l'éolienne, l'expérimentation *in situ* dans des conditions aléatoires permet de faire face à des situations réelles et à l'optimisation du dimensionnement et des opérations.

La réalisation des essais en mer permet *in fine* une augmentation significative du TRL (Technology Readiness Level) du concept d'EOLINK.

Financement : Région Bretagne. Partenaires : EOLINK, Ifremer.

Résultats 2019

L'ensemble des données acquises par l'Ifremer (vent, houle et courants) sur le site de Sainte Anne du Portzic, associé aux données acquises par EOLINK à bord de son flotteur et sur ses ancrages, permet à la société EOLINK de conforter les paramètres de fonctionnement de sa machine. L'Ifremer a par ailleurs assuré des plongées d'observation, maintenance, installation et retrait des composants de l'ancrage indispensables au déroulement des essais. L'Ifremer a mis à disposition le joint tournant et l'alimentation électrique du flotteur depuis le rivage. Les résultats ont été présentés lors de la conférence IOWTC 2019¹⁶.



Flotteur EOLINK 10 ancré sur le site de Sainte Anne du Portzic. Copyright Marc.Le.Boulluec@ifremer.fr

Perspectives 2020

Le projet EOLINK 10 est clos en 2019 (Cf. rapport¹⁷). Le projet TIM OCEANERA-NET COFUND « Toward an industrialized single point mooring system », soutenu par la Région Bretagne, permet de poursuivre l'analyse d'un ancrage adapté au concept. EOLINK poursuit ses travaux dans la perspective d'un flotteur support d'une turbine de puissance multi Mega Watt.

¹⁶ Experimental Offshore Floating Wind Turbine Prototype and Numerical Analysis During Harsh and Production Events. Marc Guyot, Cyrille De Mourgues, Gérard Le Bihan, Pierre Parenthoine, Julien Templai, Aengus Connolly, Marc Le Boulluec. Paper No: IOWTC2019-7602, V001T02A004; 10 pages. <https://doi.org/10.1115/IOWTC2019-7602>

¹⁷ Tests en mer de l'éolienne flottante EOLINK +10 MW à l'échelle 1/10^{ème}. REM/RDT/LCSM/ R19.175/MLB

REALTIDE

Contexte et enjeux

L'objectif de ce projet européen H2020, démarré en 2018, est d'améliorer la fiabilité et réduire le coût de développement des hydroliennes. Partant d'une analyse FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) et d'une analyse de risques, le projet s'adresse aux conditions de chargement, à la conception et au monitoring. Un modèle « wave to wire », qui intégrera ces aspects, est en cours de développement.

L'Ifremer intervient sur la fatigue des matériaux des pales, la caractérisation hydrodynamique en bassin, la réalisation d'un essai de pale à l'échelle 1, et l'étude de nouveaux matériaux plus respectueux de l'environnement.

Le chef de projet est le Bureau Veritas, les partenaires sont l'Université d'Edimbourg, Sabella, EnerOcean, Ingeteam, et 1-Tech.

Résultats 2019

En 2019, l'Ifremer est intervenu dans trois activités du projet ; la caractérisation de la durabilité des matériaux de pales, par des essais de fatigue avant et après vieillissement, la définition d'un essai mécanique de flexion sur une pale à l'échelle 1 (à réaliser en 2020), et des essais au bassin de Boulogne sur maquettes générique et de la turbine de Sabella.

Le projet a démarré avec une campagne de vieillissement de deux matériaux, un carbone/époxy et un verre/époxy, suivie d'essais de fatigue qui ont continué toute l'année 2019. Un rapport d'essais a été émis fin 2019. Les résultats ont été présentés à la conférence internationale ICCM22¹⁸. Le travail de dimensionnement d'un montage d'essais sur pale a commencé, voir figure ci-dessous.

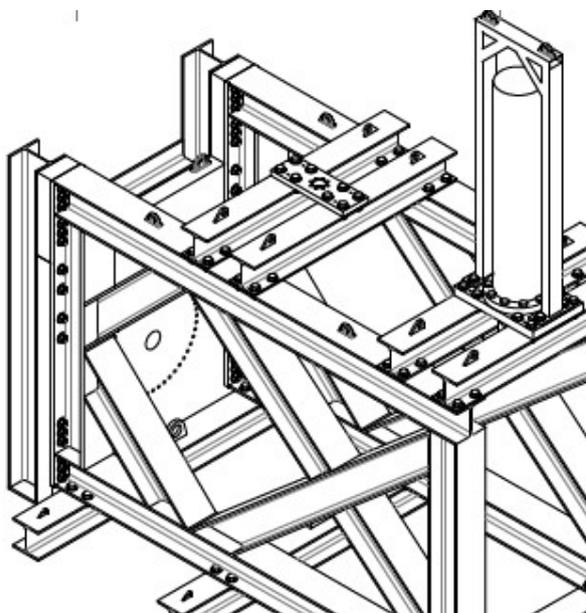
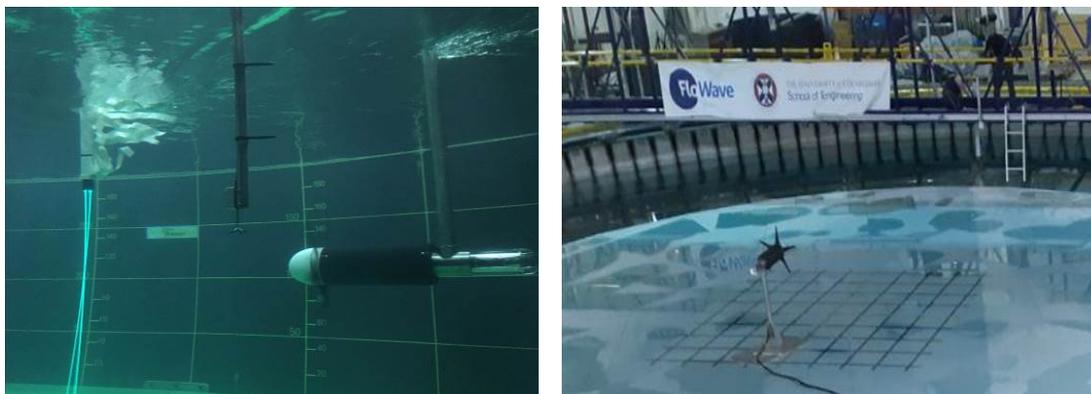


Schéma de bâti de sollicitation de pale

Ce montage permettra la mise en flexion d'une pale de 5 mètres de long en appliquant des chargements qui simulent le moment de flexion subi en mer. L'essai permettra d'étudier différentes instrumentations (jauges, fibres optiques, capteurs ultrasons et émission acoustique).

¹⁸Arhant Mael, Davies Peter, Paboeuf Stéphan, Nicolas Erwann, Reliability of composite tidal turbine blades, Proceedings International Conference on Composite Materials, ICCM22, August 2019, Melbourne, Australia

Des essais hydrodynamiques pour étudier l'influence de la turbulence et de la houle ont été réalisés au bassin à houle et courant de l'Ifremer et de l'Université d'Edimbourg (FloWave). Dans les deux cas, la turbine instrumentée d'Ifremer a été utilisée dans sa configuration générique (tri-pales) et modifiée pour correspondre à la géométrie Sabella D10 (5 pales, avec un ratio diamètre rotor/diamètre hub spécifique). Les mesures d'efforts sur les pales et de couple sur l'ensemble du rotor permettent de déterminer l'influence de la houle régulière et irrégulière sur les variations de chargement.



Maquette Prototype Sabella D10 au bassin d'Ifremer à gauche et à FloWave à droite

Perspectives 2020

En 2020 un essai sera réalisé sur une pale à l'échelle 1 à l'Ifremer. Des essais de durabilité de nouveaux matériaux (composites thermoplastiques, bio-sourcés) vont également démarrer.

L'exploitation des bases de données sera poursuivie pour aboutir à une valorisation à travers des publications scientifiques. Une comparaison entre les effets de la turbulence et de la houle sera réalisée pour les deux types de rotor.

POLYAMOOR

Contexte et enjeux

Le premier objectif majeur du projet ANR FEM POLYAMOOR est de permettre aux partenaires industriels de qualifier, comprendre et optimiser la tenue en fatigue des câbles polyamide pour la conception de systèmes d'ancrage EMR innovants. Actuellement, les campagnes de caractérisation sont longues, coûteuses et nécessitent d'utiliser des bancs de fatigue spécifiques pour tester ces structures à l'échelle 1. Il n'existe donc pas de boucle de validation rapide permettant d'orienter les choix d'optimisation de manière précoce parmi les multiples choix de construction de câble, de type de polyamide et d'ensimage. L'approche ici est basée à la fois sur une analyse de l'existant, le développement d'outils de caractérisation rapide de tenue en fatigue et le choix d'une combinaison de solutions techniques (revêtements, choix de construction...) permettant d'atteindre la durabilité attendue.

Les partenaires du projet sont FEM, Naval Energies, Bureau Veritas, Bexco, ENSTA et Ifremer.

Résultats 2019

Une campagne importante d'essais de fatigue a été réalisée sur le banc de fatigue à l'Ifremer, mettant en évidence une bonne résistance en fatigue d'un cordage en polyamide amélioré (nouvelle construction, revêtement spécifique de fibres). Le comportement de ce cordage devrait satisfaire aux besoins de l'application, une ligne d'ancrage d'éolienne flottante. Un protocole d'essai a été mis en place permettant la mesure de l'augmentation de la température pendant le cyclage d'un cordage arrosé d'eau. L'analyse des résultats de ces essais est très prometteuse, et a fait l'objet d'une présentation par Y. Chevillotte, thésard ENSTA/Ifremer, à un colloque international¹⁹. Un article a été soumis pour publication.



Caractérisation en fatigue de cordages en PA6 améliorés testés à l'Ifremer avec arrosage pendant essais

Perspectives 2020

Le projet se termine en 2020. Le thésard associé au projet, Yoann Chevillotte, soutiendra ses travaux de thèse au printemps 2020. Une suite du projet a été proposée (MONAMOOR), qui se focalise sur le monitoring des lignes d'ancrage. Des méthodes vont être développées pour suivre l'allongement et les mouvements internes des éléments de la ligne.

¹⁹ Chevillotte Yoann, Humeau Corentin, Bles Guilhem, Marco Yann, Davies Peter, Long term behavior of nylon fibres and ropes, présenté au colloque EUROMECH Marine aging of polymers, Brest, août 2019.

DIME

Contexte et enjeux

Le projet ANR FEM DIME vise à améliorer la connaissance des conditions de forçage environnemental et de leurs extrêmes pour l'estimation du productible et le dimensionnement des systèmes EMR. L'objectif final du projet est d'adresser des cas concrets de dimensionnement (toutes technologies confondues) et/ou d'estimation du productible (houlomoteur), prescrits par les partenaires du projet (industriels ou collectivités).

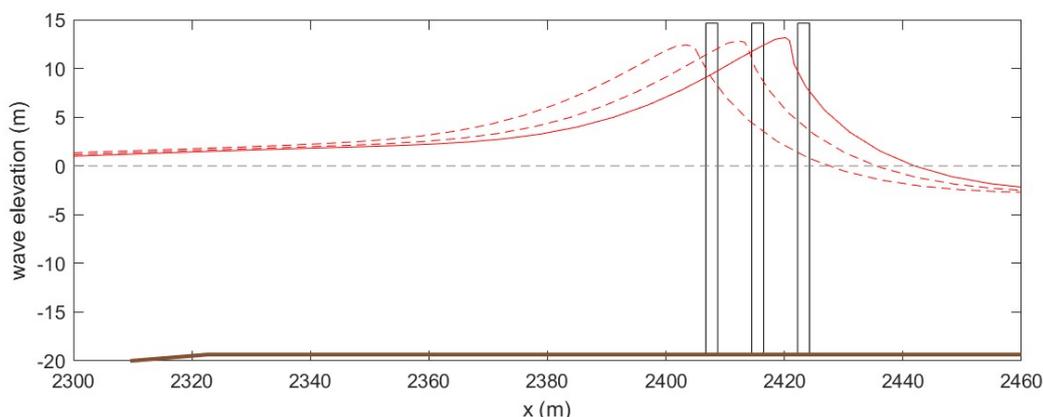
Le projet DIME pour Dimensionnement et MEteocean mettra en œuvre la dernière version du modèle WaveWatchIII (WW3) qui intègre les schémas numériques implicites introduits récemment pour optimiser la simulation des états de mer en zone côtière et littorale.

L'objectif affiché est de contribuer à la diminution du Levelized Cost Of Energy (LCOE) grâce à la minimisation des coûts de CAPEX (dimensionnement) mais aussi des coûts d'OPEX (surveillance des parcs, opérations de maintenance). Il est également envisagé de contribuer à une mise à jour des normes de dimensionnement à la lumière des résultats du projet. Les partenaires du projet sont : le SHOM, U. Tohoku, Open Ocean, Suez Env. Ifremer (LOPS, LCSM), MERIC, CEREMA, DCNS, EDF.

Résultats 2019

Les travaux menés en 2019 avaient pour but la définition et la validation de nouveaux standards de prise en compte des vagues cambrées proches du déferlement pour le design des convertisseurs d'énergie marine déployés en zones de profondeur intermédiaire.

Pour ce faire, les efforts induits sur des mats d'éoliennes par des vagues très cambrées en profondeur intermédiaire ont été calculés en tenant compte ou pas d'un modèle d'impact complété par une approche Morisson. Ces vagues proches d'un déferlement induit par une pente du fond de 5% ont une forte asymétrie avant-arrière. Les chargements obtenus ont été comparés à ceux correspondant à des vagues symétriques de même hauteur de crête et à la limite du déferlement glissant. Ces vagues symétriques, dont la cinématique est obtenue par des méthodes type fonction de courant, sont celles utilisées en standard pour évaluer les efforts extrêmes dus aux vagues sur les éoliennes. Les résultats montrent la très forte sous-estimation des efforts lors du déclenchement du déferlement dans le cas de vagues symétriques. Il est donc essentiel que les caractéristiques et statistiques des vagues asymétriques soient considérées dans les procédures de dimensionnement des éoliennes posées en mer.



Evolution d'une vague avant son déferlement pour calcul et comparaison des efforts d'impact sur trois hypothétiques mats d'éoliennes

Perspectives 2020

Ces résultats alimenteront les travaux qui se poursuivront dans le cadre du projet à venir FEM DIMACT. L'ANR a accordé une prolongation du projet DIME jusqu'au 31 mars 2021.

BLUEFINS

Contexte et enjeux

Le projet Bluefins a pour objectif de développer un système houlomoteur original, de l’emmener à un niveau de maturité technologique (TRL) le plus élevé possible, avec pour horizon un essai en mer échelle réelle et la commercialisation du système dans les années à venir.

Le système pourra être co-développé par l’Ifremer et la structure juridique (société) créée pour l’occasion.

L’un des enjeux majeurs du projet est de trouver l’application prioritaire visée par le système Bluefins, qui permettra une entrée assez rapide sur un marché suffisamment important pour trouver les financements nécessaires à son développement futur.

Au niveau technologique, cela se traduit par la nécessité de démontrer en bassin l’efficacité du système, notamment dans son mode propulsif.

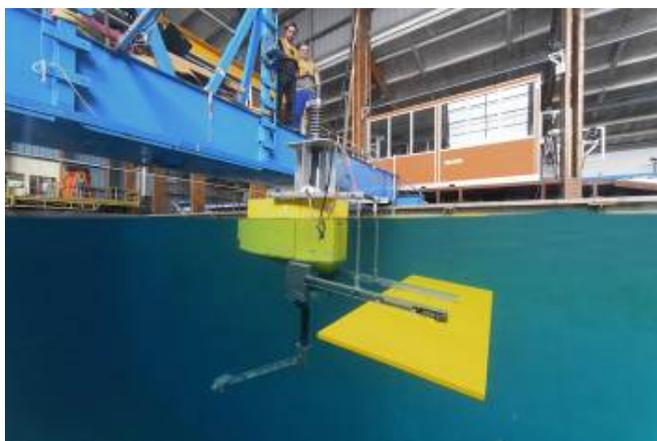
Le projet BlueFins est issu du projet Inno’Ocean qui a conduit à l’accueil au sein des équipes de RDT du concepteur du projet Olivier Giusti.

Le projet Bluefins était financé à 100 % par l’Ifremer sur l’année 2019, sans partenaire extérieur.

Résultats 2019

Un rapport sur les essais bassin de juin et octobre 2019 sera émis début 2020.

Les essais du mois de juin ont porté principalement sur l’aspect « génération d’énergie », avec la mise en place d’un moteur/générateur sur le prototype pour piloter la production d’énergie (photo ci-dessous).



Système Bluefins testé en bassin, Juin 2019

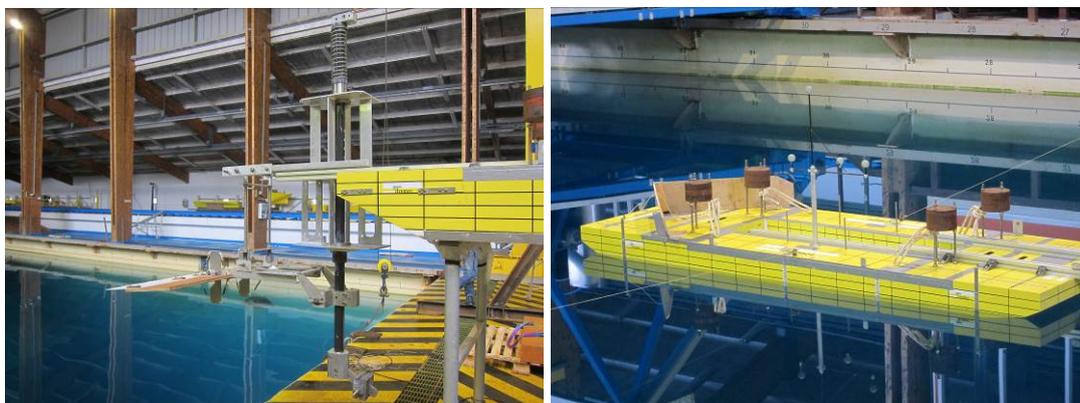
Le système n’a malheureusement pas pu être testé sur une période suffisamment longue pour valider cette méthode expérimentale de récupération de l’énergie. En effet, deux problèmes majeurs ont été identifiés au cours des essais :

- Le pilotage du moteur n’était pas assez maîtrisé en amont,
- Les liaisons mécaniques du prototype ont dû être changées en cours d’essais.

Ces essais ont tout de même permis de valider le comportement d’ensemble du système (les mouvements de chacun des corps) par rapport au modèle numérique utilisé.

Par la suite, des échanges avec différents industriels et l’exploitation de modèles numériques ont permis de recentrer le projet sur une application particulière, l’aide à la propulsion pour objets flottants (navires et plates-formes offshore) pour la réduction de consommation de carburant et la réduction d’efforts sur les ancrages.

Une deuxième campagne d'essais a eu lieu en Octobre 2019, mettant l'accent sur cet aspect propulsif, en testant une maquette de barge équipée du système Bluefins (photos ci-dessous).



Système Bluefins testé en bassin, Octobre 2019

Les résultats de ces essais ont été concluants et ont permis de prouver l'efficacité de la propulsion apportée par le système, et de valider les tendances prédites par le modèle numérique pour une propulsion statique – c'est-à-dire un effort de tension sur les ancrages qui retenaient la barge.

La propulsion avec vitesse d'avance a été appréhendée, en laissant la barge avancer contre la houle par la seule action du système Bluefins, mais doit être approfondie numériquement et expérimentalement.

Perspectives 2020

Une fiche projet BLUEFINS2 a été émise en interne. Les nouveaux objectifs de ce projet de 6 mois, sur le premier semestre 2020, étant d'aboutir :

1. A la validation définitive de l'intérêt commercial du système Bluefins, avec comme application prioritaire la réduction de consommation de fioul des navires ;
2. A la mise en place d'un projet long terme d'essai en mer échelle réelle - portant a priori sur la mise en place du système Bluefins sur un navire afin de réduire sa consommation de fioul - qui permettra de lancer la commercialisation du système.

L'objectif 2 dépendant des résultats obtenus pour compléter l'objectif 1.

Modélisation numérique et expérimentale d'hydrolienne

Thèse Camille Choma-Bex

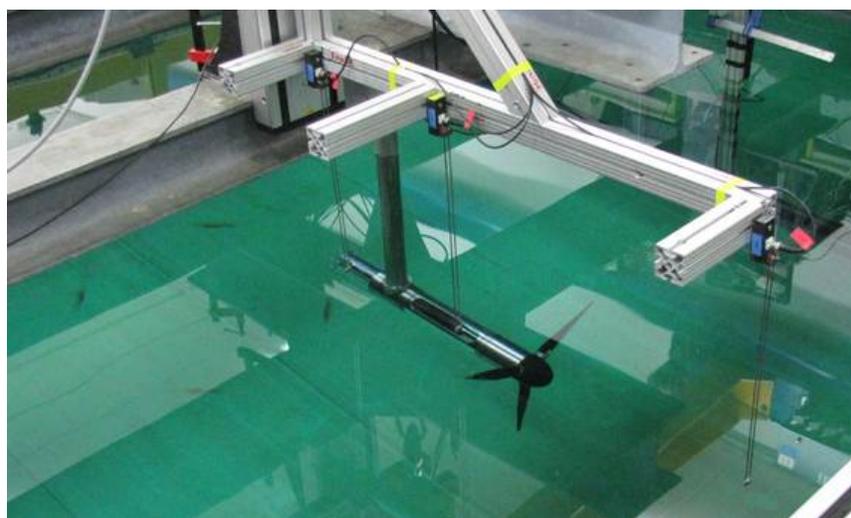
Contexte et enjeux

Des travaux de recherche numériques et expérimentaux ont été entrepris depuis 2007 en collaboration entre le LOMC²⁰ et l'Ifremer pour caractériser et simuler les effets d'interaction entre hydroliennes tripales à axe horizontal. Actuellement, nous disposons d'un code de calcul 3D basé sur la méthode Vortex permettant d'étudier ces effets d'interaction. Ce code parallélisé tient compte de l'évolution instationnaire du sillage. La turbulence du milieu est actuellement introduite à l'aide d'une méthode des structures turbulentes synthétiques, couplée à un modèle LES.

L'objectif des travaux en cours (via notamment la thèse de C. Choma-Bex) est de poursuivre le développement de cet outil numérique afin d'aboutir à un code de calcul permettant de prédire les performances d'un parc d'hydroliennes en tenant compte des caractéristiques géométriques et structurelles des machines, dans des conditions de fonctionnement réalistes. Il s'agira en particulier de développer un modèle de corps solide permettant de tenir compte des variations géométriques des pales et de ces déformations. La prise en compte des aspects structurels permettra d'étudier la tenue en fatigue des matériaux. La base de données expérimentales (via notamment la thèse de B. Gaurier du LCSM) permet de valider les développements numériques.

Résultats 2019

Les nombreux résultats obtenus ont été publiés²¹ et présentés dans des congrès internationaux. Ils améliorent notre compréhension des phénomènes d'interaction entre hydroliennes et des effets de la turbulence et de la houle sur le comportement des turbines. Ces travaux sont valorisés à travers notre implication dans de nombreux projets (Met-Certified, Marinet2) pour lesquels nous mettons en œuvre les outils et procédures de mesures développés dans ces travaux de recherche amont.



Dispositif expérimental pour des essais en présence de houle et de courant

²⁰ Laboratoire Ondes et Milieux Complexes

²¹ An unsteady pressure probe for the measurement of flow unsteadiness in tidal channels, A. Young, N. Atkins, C. Clark, G. Germain, Journal of Oceanic Engineering, 2019 ; Three tidal turbines in interaction: an experimental study of the turbulence intensity effects on wake and turbine performances, C. Carlier, G. Germain, B. Gaurier, G. Pinon, E. Rivoalen, Renewable Energy, 2020.

Publications 2019 :

- Publications soumises²²
- Conférences 2019²³

Perspectives 2020

Les résultats de ces travaux seront synthétisés dans les manuscrits de thèse de C. Choma-Bex et B. Gaurier, qui soutiendront leur doctorat au 2^e semestre 2020.

²² A stochastic method to account for the ambient turbulence in Lagrangian Vortex computations, C. Choma-Bex, C. Carlier, A. Fur, G. Germain, G. Pinon, E. Rivoalen, submitted to Applied Mathematic Modelling.

Tidal turbines: performance and loadings analysis under regular and irregular waves with different control strategies. R. Martinez, C. Lloyd, S. Ordonnez, M. Allmark, C. Johnston, T. O'Doherty, G. Germain, B. Gaurier, submitted in Applied Energy

²³ Influence of turbulence and wave flow conditions on different scaled tidal turbines, G. Pinon, C. El Hadi, J. Nuño, P. Mansilla, E. Nicolas, J. Marcille, JV. Facq, I. Belarbi, B. Gaurier, G. Germain, A. Pacheco, M. Togneri, EWTEC 2019, Naples.

Computation of turbine interactions in ambient turbulent flows, C. Carlier, C. Choma Bex, G. Pinon, G. Germain, E. Rivoalen, EWTEC 2019, Naples.

CFD surface effects on flow conditions and tidal stream turbine performance, C. Lloyd, M. Allmark, R. Ellis, S. Ordonez, A. Mason-Jones, C. Johnstone, T. O'Doherty, G. Germain, B. Gaurier

Etude numérique et expérimentale d'un système couplé stabilisateur et récupérateur d'énergie des vagues

Thèse de Julien Ercolanelli

Contexte et enjeux

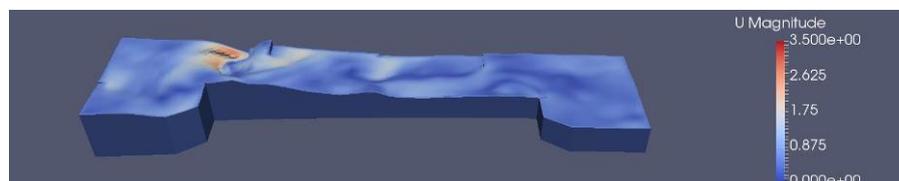
La société GEPS Techno développe depuis 8 ans des systèmes houlomoteurs ou de stabilisation exploitant les mouvements de fluide, eau de mer en général, interne à des cuves embarquées. Afin de modéliser ces couplages, GEPS Techno a développé des modèles numériques fondés sur le code OpenFOAM pour la dynamique interne aux cuves et des codes de diffraction-radiation pour la tenue à la mer et l'action des vagues sur le flotteur. Une première thèse de Gaspard Fourestier intitulée « Modélisation expérimentale et numérique de l'écoulement au sein d'un système convertisseur de l'énergie de la houle » soutenue en 2017 traitait principalement des écoulements internes. La thèse de Julien Ercolanelli « Etude numérique et expérimentale d'un système couplé stabilisateur et récupérateur d'énergie des vagues » traite le couplage général entre écoulements internes, externes et dynamique du flotteur. Les travaux mettent en évidence l'importance de l'« angle de gravité effectif » qui permet de caractériser la sollicitation des fluides dans les cuves et la dynamique qui en résulte.

Financement : Thèse CIFRE GEPS Techno.

Partenaires : GEPS Techno, ENSTA Bretagne, Ifremer.

Résultats 2019

L'exploitation des résultats de la campagne d'essais d'une cuve sollicitée par Hexapode menée en 2017 et 2018 a été conclue. L'analyse du couplage dynamique entre cuves et flotteur s'est appuyée sur les résultats d'essais antérieurement menés dans le cadre du projet IHES.



Simulation de l'écoulement dans une cuve anti-roulis. Code OpenFOAM. Copyright GEPS Techno.

Perspectives 2020

Le projet IHES est clos.

Modélisation numérique et expérimentale de la captation d'énergie houlo-motrice : application aux essais à échelle réduite en bassin

Thèse de Romain Lecuyer-Lebris

Contexte et enjeux

La captation d'énergie houlomotrice à échelle réduite en bassin se heurte à des difficultés de représentation du PTO (Power Take Off). Les essais conduits en bassin en similitude de Froude conduisent en effet à une réduction importante de la puissance selon un ratio $E^{3.5}$, E étant le rapport d'échelle géométrique. La technologie envisageable à échelle réelle pour agir sur le comportement d'un système houlomoteur et capter l'énergie primaire n'est en général pas transposable à l'identique à échelle réduite, de plus des systèmes de contrôle complexes sont mis en œuvre au réel.

C'est pourquoi les travaux de thèse ont pour objectif la réalisation d'un système à échelle réduite permettant de simuler l'action d'un PTO sous forme adaptée aux ordres de grandeurs des mouvements, efforts et puissance et prenant en compte des informations externes telles que les élévations de houle incidente.

Financement : Région Bretagne, Ifremer.

Partenaires : Ecole Navale, Institut de Recherche Dupuy de Lôme, Ifremer.

Résultats 2019

La première année de thèse est articulée autour d'une mise en équation de la dynamique multi-corps et d'algorithmes efficaces d'évaluation des fonctions de retard associées à la dynamique sur houle et leur mise sous forme d'équations d'états. Une première application expérimentale a été mise en œuvre dans le cadre du projet Bluefins.



Maquette du concept Bluefins équipé d'un moteur de contrôle de pilonnement

Perspectives 2020

Les travaux théoriques et numériques seront concentrés sur les algorithmes de contrôle. Une seconde campagne expérimentale mettra en œuvre des actionneurs adaptés aux ordres de grandeur. Un à deux articles seront soumis à publication.

Modélisation numérique et expérimentale de la captation d'énergie éolienne offshore : application aux essais à échelle réduite en bassin

Thèse de Gonzalo Doisenbant

Contexte et enjeux

La modélisation expérimentale à échelle réduite des éoliennes flottantes se heurte à l'incompatibilité des similitudes de Froude, qui régit la dynamique sur houle du support, et de Reynolds, qui régit les performances de l'éolienne soumise au vent.

Une solution consiste à concevoir et utiliser un rotor à échelle réduite qui présente des performances, poussée, couple, en similitude de Froude du réel. Bien que le diamètre soit en général réduit selon l'échelle géométrique du flotteur, les pales sont néanmoins géométriquement différentes des pales réelles par leurs cordes, profils et vrillage. Il convient de qualifier le système ainsi construit et les sollicitations auquel il est soumis.

Les campagnes expérimentales suivantes assorties de modélisations numériques ont été réalisées :

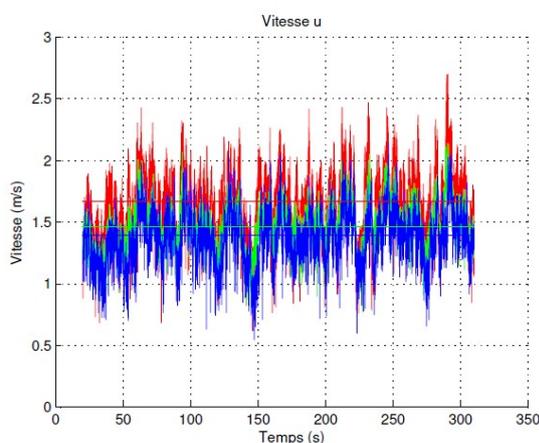
- Analyse du vent turbulent généré par la soufflerie du bassin de l'Ifremer Centre de Bretagne
- Analyse de profils adaptés à la simulation des performances d'un rotor dans un régime de nombre de Reynolds différents du régime réel
- Analyse du comportement d'un flotteur support d'éolienne

Financement : Région Bretagne, Ifremer.

Partenaires : ENSTA Bretagne, Ifremer.

Résultats 2019

La thèse a été soutenue.



Evolution du vent turbulent à trois distances de la sortie de la soufflerie 2 m (rouge), 3 m (vert), 4 m (bleu)

Etude expérimentale du comportement marin d'une éolienne flottante à axe vertical à double rotor

Thèse Camil Matoug

Contexte et enjeux

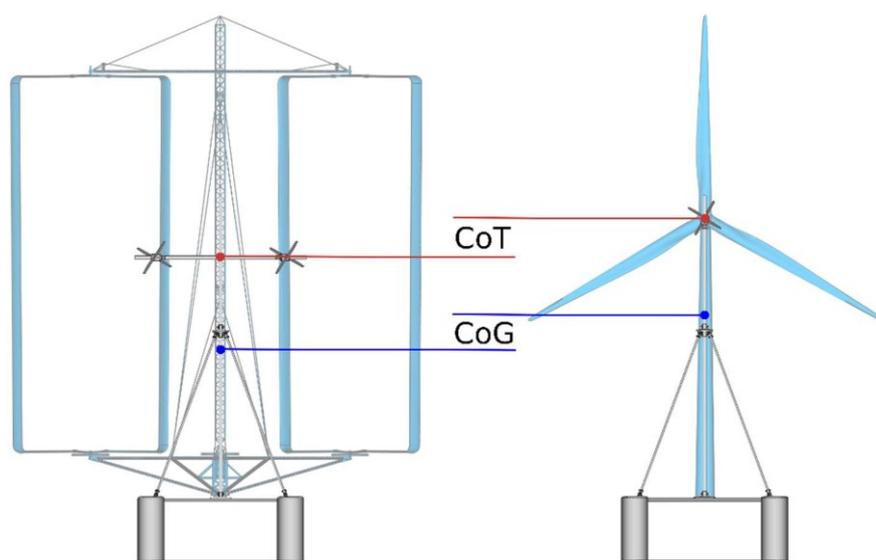
L'hégémonie de l'axe horizontal dans le paysage éolien est remise en question par le développement des éoliennes flottantes. Les éoliennes à axe vertical (VAWT) par leur centre de poussée et de gravité plus bas, présentent en effet un avantage pour la stabilité en mer. Cette stabilité intrinsèque permettrait, pour un même flotteur, d'augmenter la taille des rotors VAWT et donc leur puissance et d'ainsi diminuer le LCOE.

Le laboratoire LEGI (Grenoble) a développé une expertise sur les turbines à axe vertical. Leur collaboration, avec une entreprise grenobloise Hydroquest, a conduit à la création d'une hydrolienne à axe vertical originale composée de 2 rotors contrarotatifs (testée échelle 1 à Paimpol Bréhat). Ce concept a été décliné pour un rotor de VAWT, l'éolienne WindQuest, dont les performances ont été testées dans la soufflerie P' de l'ENSMA.

Cette thèse consiste en l'étude expérimentale des performances de WindQuest du double point de vue de son comportement marin et de la dynamique de son sillage aérodynamique.

Résultats 2019

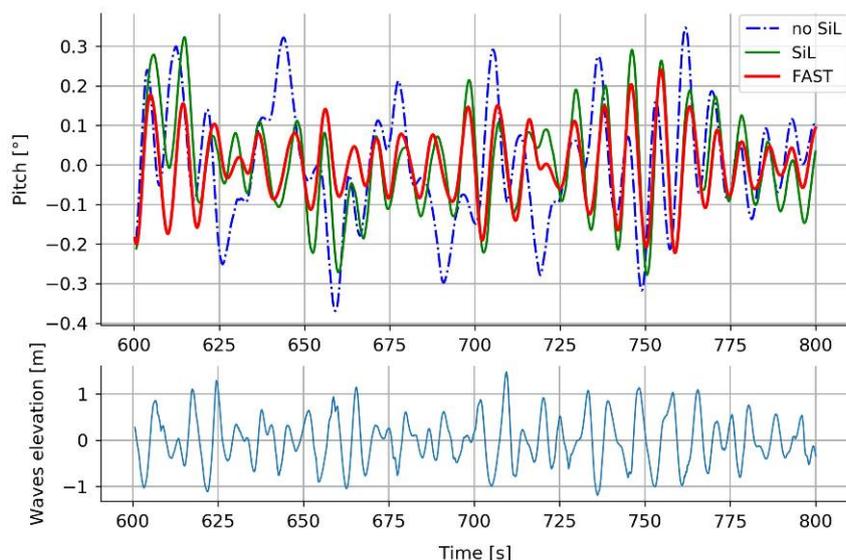
Deux campagnes expérimentales ont été réalisées au bassin de Brest en 2019. Les campagnes visaient à comparer expérimentalement les performances de l'éolienne VAWT WindQuest 10MW (axe vertical) et de la HAWT DTU 10MW (axe horizontal) sur le même flotteur. Le flotteur choisi est la semi-sub NAUTILUS décrite dans le projet FP7 Life50+. Le principe de ses essais est de représenter le comportement des 2 éoliennes à l'aide de propulseurs simulant la poussée aérodynamique. Les 2 configurations sont illustrées ci-après.



Positions des centres de poussée (CoT) et centre de gravité (CoG) des 2 éoliennes WindQuest et DTU 10MW installée sur le flotteur NAUTILUS. Le centre de poussée est représenté par le ou les propulseurs.

Les mouvements de la plate-forme induisent une variation de vent apparent perçu par l'éolienne et donc de la poussée aérodynamique. Afin de simuler ces variations, une approche *software in the loop* (SiL) est développée en partenariat avec l'ECN. Ce développement conjoint a été présenté lors de la conférence WESC 2019²⁴ [1] à Cork.

La deuxième campagne de mesures a permis de comparer le comportement de la plate-forme avec une poussée constante ou avec une poussée intégrant les phénomènes d'amortissement aérodynamique rencontrés au réel (figure ci-dessous). Le SiL permet significativement d'améliorer le réalisme du comportement du rotor quand une poussée constante se limite à simuler une poussée constante.



Comparaison du tangage mesuré en bassin pour une poussée constante (No SiL) ou avec Soft in the Loop (SiL) avec les simulations couplées hydro et aéro du logiciel FAST.

Perspectives 2020

- Février 2020 Présentation des résultats à Ocean Science Meeting 2020²⁵
- Mars 2020 Stage formation soufflerie ENSMA Poitiers
- Avril 2020 Présentation des résultats à TORQUE 2020 Avril 2020²⁶
- Juillet 2020 Article journal
- Septembre 2020 Campagne en soufflerie (Soufflerie P', ENSMA Poitiers) pour mesurer les performances du rotor WindQuest soumis à des états de mer mesuré en bassin.

²⁴[1] Camil Matoug, Benoît Augier, Benoît Paillard, Guillaume Maurice, Stéphane Barre, *Hybrid scale testing of 10MW floating vertical axis wind turbine "WindQuest" on the NAUTILUS platform submitted to wave*, Wind Engineering Science Conference, Cork June 2019

²⁵[2] Camil Matoug, Benoît Augier, Benoît Paillard, Guillaume Maurice, Christophe Sicot, Stéphane Barre, « *On the use of VAWT to reduce the cost of FOWT* », Ocean Science Conference AGU, San Diego, Feb 2020

²⁶[3] Camil Matoug, Benoît Augier, Benoît Paillard, Guillaume Maurice, Christophe Sicot, Stéphane Barre, « *Comparison of VAWT and HAWT performance on floating offshore platform: An experimental hybrid testing approach* », TORQUE 2020, Delft, Avril 2020

Structures et Equipements en Mer

APPHY

Contexte et enjeux

L'objectif du projet APPHY (APproche Probabiliste pour l'évaluation des chargements Hydrodynamiques dimensionnants pour appendices de navires sur houle) est de développer de nouvelles méthodologies pour le dimensionnement des structures navales et plus particulièrement pour caractériser les chargements hydrodynamiques, liés aux impacts sur vagues, agissant sur ces structures. Par rapport aux méthodes existantes, il s'agira de mieux tenir compte de la nature stochastique de ces chargements. En effet, des éléments de la structure du navire peuvent subir au cours de leur vie un grand nombre d'impacts, pour des conditions cinématiques très variables, générant des niveaux d'efforts eux aussi très variables. Le dimensionnement de la structure, à la fois vis-à-vis des problématiques de résistance ultime et d'endommagements par fatigue, nécessite de connaître non seulement les chargements générés par les impacts, mais aussi le nombre de fois qu'ils sont susceptibles de se produire (probabilité d'occurrence). L'objectif du projet est de mettre en place une approche probabiliste des chargements hydrodynamiques agissant sur des appendices de coque. Cette méthodologie devra permettre à partir de la connaissance des états de mer que va rencontrer un navire durant sa vie et de son comportement à la houle de déterminer les conditions cinématiques des impacts subis par les appendices et les chargements générés, ainsi que leur probabilité d'occurrence.

Financement : ANR-ASTRID

Coordinateur : ENSTA Bretagne

Partenaires : NAVAL Research/SIREHNA, Bureau Veritas

Résultats 2019

La participation de l'IFREMER durant l'année 2019 a concerné le développement d'un modèle d'impact hydrodynamique semi-analytique permettant d'estimer les chargements hydrodynamiques sur un aileron impactant une vague. Ce modèle a été utilisé afin de déterminer la probabilité de défaillance (dépassement un niveau d'effort) au travers de l'approche FORM (First Order Reliability Method). Le dispositif expérimental permettant de valider cette approche a été conçu et réalisé cette année.

Les travaux sur le modèle analytique ont fait l'objet d'une publication.²⁷

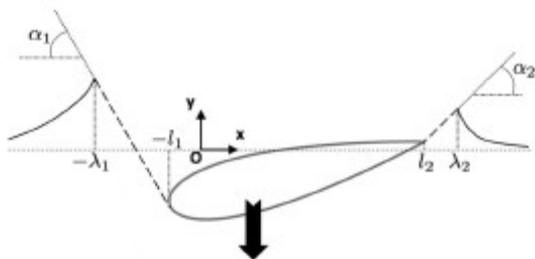


Illustration du modèle d'impact hydrodynamique pour aileron

Perspectives 2020

Deux campagnes d'essais étaient prévues en 2020 au bassin d'essai de Brest. Une première campagne a eu lieu début Janvier. Les dates de la deuxième campagne d'essai sont remises en cause du fait du confinement.

²⁷ Hascoët, R., Jacques, N., Scolan, Y. M., & Tassin, A. (2019). A two-dimensional analytical model of vertical water entry for asymmetric bodies with flow separation. Applied Ocean Research, 92, 101878.

OMDYN2

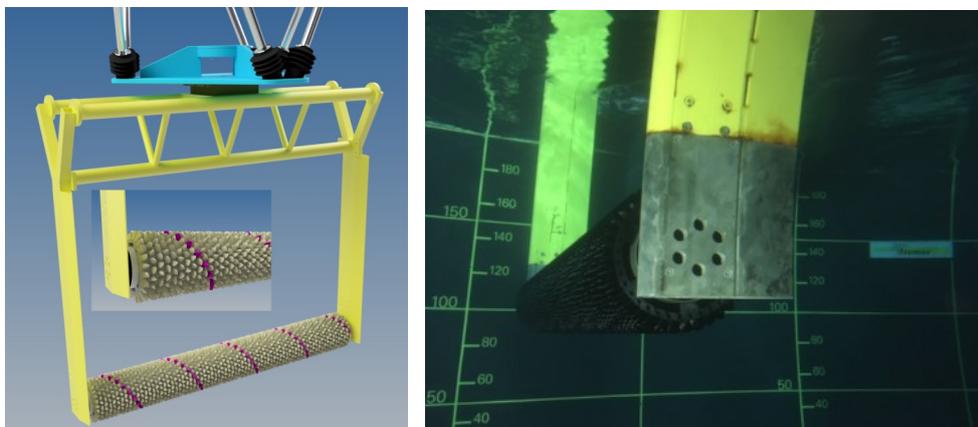
Contexte et enjeux

Les configurations de câbles dynamiques pour l'éolien offshore (partie non posée des câbles de transport de l'énergie entre une unité de production EMR flottante et une boîte de jonction posée sur le fond) font apparaître des contraintes différentes de celles de l'offshore pétrolier. Ces différences nécessitent de vérifier les outils de modélisation et de comprendre les sensibilités de la configuration du câble en fonction du système et des paramètres environnementaux (fortes rugosités dues aux concrétions marines ; paramètres de houle et de courant).

Le projet OMDYN2, démarré en janvier 2018 avec comme partenaires BV, FEM, Naval Energies, EDF, ENSTA, INNOSEA, RTE, ECN, STX, Total, UN et Ifremer, vise à répondre à ces objectifs. RDT est impliqué dans la prise en compte du biofouling et responsable de la caractérisation expérimentale du comportement hydrodynamique des câbles en bassin.

Résultats 2019

Suite à la pré-étude réalisée en 2018, un dispositif expérimental a été développé pour déterminer les efforts hydrodynamiques exercés sur des tronçons d'ombilicaux (portions de cylindres) nus ou munis de coquilles représentant les salissures observées sur des ombilicaux sur des sites exposés comme le SEMREV (essentiellement des moules). Les concrétions sont reproduites à l'aide d'éléments réalisés en impression 3D et assemblés sur un tube dont le diamètre est équivalent au diamètre d'un câble réel (160 mm). Le générateur de mouvement, utilisé pour ces essais, permet de reproduire les effets de la houle sur les efforts hydrodynamiques mesurés sur une longueur de cylindre de 2m



Dispositif expérimental utilisé pour caractériser les efforts hydrodynamiques exercés sur une portion de cylindre rugueux

Les résultats ont été présentés lors de la conférence JI Cable 2019²⁸ :

Perspectives 2020

Des campagnes d'essais complémentaires seront menées en 2020 sur d'autres types de rugosité et répartitions de concrétions. Les résultats de ces essais permettront d'alimenter les outils de simulation numériques utilisés pour le dimensionnement des câbles.

²⁸ An Experimental and Modelling Approach for Assessing Dynamic Cable Capability to Withstand Operational Constraints, A. Maison, G. Damblans, C. Berhault, M. Franchet, P. Cartaud, F. Menard, Y. Demmouche, G. Germain, JICable 2019, Paris.

TIM

Contexte et enjeux

La société EOLINK et la société GEPS Techno ont un intérêt commun dans la maîtrise d'un principe d'ancrage sur point unique, que ce soit pour des bouées de quelques tonnes de déplacement ou des éoliennes flottantes de plusieurs milliers de tonnes. Cet ancrage doit d'une part permettre la tenue mécanique au point fixe du flotteur et ses évolutions sous les effets des éléments et d'autre part la transmission de puissance électrique (quelques dizaines de Watt à plusieurs Méga Watt selon le contexte) et d'information (mesures, instructions de contrôle). Cette transmission est assurée par un « joint tournant » dont la conception et la validation multi-échelle est un des enjeux du projet TIM (Toward an Industrialized single point Mooring system). Les lignes d'ancrage assurant la liaison entre le fond marin et le joint tournant et les aussières assurant la liaison entre le joint tournant et le flotteur constituent le second enjeu du projet.

Financement : OCEANERA-NET, Région Bretagne.

Partenaires : EOLINK, GEPS Techno, TTI Ltd, Ifremer.

Résultats 2019

Une ré-analyse du fonctionnement du joint tournant employé lors des essais du flotteur EOLINK 10 a été entamée. L'Ifremer a conduit des calculs de comportement du flotteur en présence de l'ancrage afin de compléter les données de dimensionnement.



*Eléments de flottabilité du joint tournant mis en œuvre pour le flotteur EOLINK 10 ancré sur le site de Sainte Anne du Portzic.
Copyright Michel.Repecaud@ifremer.fr*

Perspectives 2020

Conception d'un dispositif adapté à l'ancrage sur point unique.

ELASTONICS

Contexte et enjeux

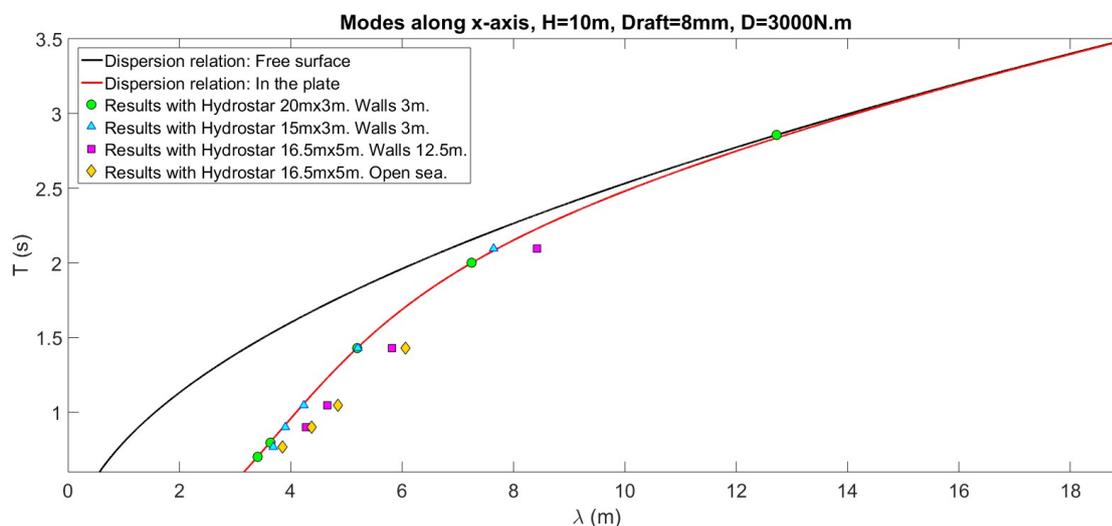
L'objectif de ce projet est d'étudier l'interaction entre un champ de vagues et une plaque élastique flottante. En particulier, nous souhaitons montrer la faisabilité d'un dispositif permettant de contrôler la direction de propagation des ondes générées dans la plaque par sa raideur en flexion. Un tel dispositif pourrait servir à focaliser les vagues sur un système houlomoteur afin d'augmenter son rendement ou bien à protéger une zone de travail en mer (ou une portion de côte) en défocalisant celles-ci. Il s'agit d'une généralisation d'un brevet déposé par l'ESPCI.

Financement : SATT Lutec

Partenaires : ESPCI

Résultats 2019

Au cours de l'année 2019, nous avons mis au point un modèle hydro-élastique linéaire basé sur un couplage entre l'équation d'une plaque élastique et un modèle hydrodynamique potentiel linéaire. Après une série de validations sur des cas 2D, pour lesquels différentes solutions analytiques peuvent être trouvées, nous avons simulé une configuration d'essais correspondant à une plaque de largeur 5 m et de longueur 16,5 m. La figure ci-dessous présente une comparaison de la relation de dispersion (longueur d'onde en fonction de la période) pour deux configurations 2D de longueurs différentes avec les courbes théoriques en milieu infini avec et sans plaque élastique. Les résultats obtenus pour la configuration en mer ouverte et en tenant compte des murs du bassin sont également présentés.



Relations de dispersion obtenues dans les différentes configurations.

Perspectives 2020

Deux campagnes d'essai sont prévues en 2020. Lors de la deuxième campagne, nous avons l'objectif de réaliser une lentille permettant de focaliser l'onde hydro-élastique en espace.

STHYF

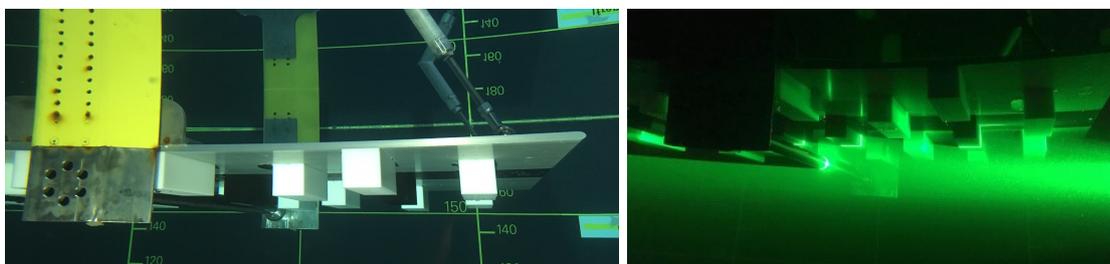
Contexte et enjeux

Les méthodes et normes préconisées pour déterminer le mode de protection des câbles ne sont pas adaptées aux problématiques rencontrées dans le domaine des EMR (présence de forts courants, interactions houle-courant, turbulence, profondeur limitée). Afin d'adapter les méthodes de calcul de stabilité des câbles sous-marins pour ces applications, le projet ANR/FEM STHYF (partenariat EDF, FEM, RTE, INNOSEA, Naval Energies) s'est attaché à :

- identifier les processus physiques qui contrôlent le déplacement des câbles,
- développer des protocoles de mesure *in situ* pour caractériser simultanément ces processus et le déplacement d'un câble sur site réel,
- développer des modèles numériques et expérimentaux permettant de caractériser ces processus,
- analyser les solutions de protection et de stabilisation existantes.

Résultats 2019

Un dispositif expérimental, permettant de mesurer les coefficients hydrodynamiques exercés sur une portion de câble et de caractériser l'écoulement autour du cylindre positionné près d'un fond rugueux, a été développé spécifiquement pour ces essais. Il est ainsi possible de caractériser le comportement hydrodynamique d'un cylindre près du fond, en présence de forts courants et de houle à l'échelle $\frac{1}{2}$ (cylindre en mouvements forcés pour représenter la composante horizontale de la vitesse orbitale de houle). Les efforts hydrodynamiques sont mesurés sur un cylindre rigide fixé par l'intermédiaire de deux balances de mesure d'efforts. L'écoulement autour du cylindre est quant à lui caractérisé à partir de mesures PIV (Particle Image Velocimetry). L'ensemble des résultats de mesures permettra de déterminer les coefficients hydrodynamiques à considérer pour des câbles posés sur des fonds rugueux.



Mesures d'efforts hydrodynamiques sur un cylindre proche d'un fond rugueux

Perspectives 2020

L'exploitation des bases de données sera poursuivie pour aboutir à une valorisation à travers un article scientifique : Experimental investigation of the seabed roughness effect on the hydrodynamical behaviour of a submarine cable under current and wave conditions, G. Germain, B. Gaurier, J.V. Facq, N. Germain, N. Reulin, C. Peyrard, pour soumission in Ocean Engineering.

Comportement hydrodynamique des structures flottantes soumises aux phénomènes d'entrée et sortie d'eau

Thèse de Thibaut Breton (2016-2019)

Contexte et enjeux

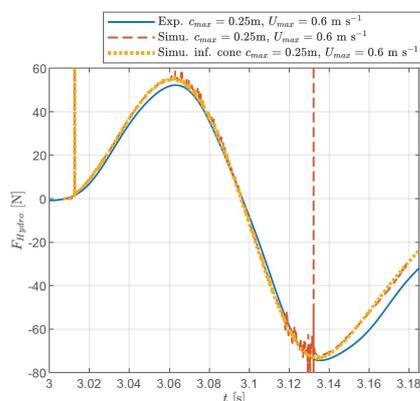
Les mouvements de grande amplitude des corps flottants peuvent engendrer des chargements hydrodynamiques importants que l'on associe généralement au phénomène de tossage (slamming). S'il existe différents modèles semi-analytiques d'impact hydrodynamique applicables à des configurations "idéales" (surface libre initialement plane, nombre de Froude infini, faible angle de relèvement), il est nécessaire de poursuivre le développement des modèles afin de pouvoir traiter des configurations plus réalistes : entrée dans l'eau d'un corps partiellement immergé, impacts de vagues, oscillations autour de la surface libre, enchaînement d'une phase d'entrée avec une phase de sortie d'eau. La compréhension du phénomène de sortie d'eau, peu étudié jusqu'ici, reste un verrou scientifique important afin de pouvoir correctement modéliser le comportement d'un corps flottant soumis à des mouvements et/ou des vagues de grandes amplitudes. Les objectifs principaux de la thèse sont de :

- développer des modèles analytiques d'entrée et de sortie d'eau, valider les outils de simulation numérique (CFD) disponibles et analyser le domaine de validité des différents modèles (en fonction du nombre de Froude).
- mener des essais à échelle réduite en mouvements forcés et sur houle durant lesquels la surface de contact entre le corps et l'eau varie significativement.

Co-financement : 50 % Bretagne, 50 % Ifremer

Résultats 2019

Au cours de l'année 2019, Thibaut a analysé la dernière campagne d'essais d'entrée et sortie d'eau réalisée à Boulogne sur-Mer en Avril 2018. Il a également travaillé sur la simulation numérique de ce phénomène à l'occasion d'une mobilité internationale à IMN (Institute of Marine engineering) en Italie (Rome). Suite à cela, Thibaut a rédigé un article sur la partie expérimentale de son travail, cet article a été soumis et est en cours de correction pour Journal of Fluid Mechanics. Il a également poursuivi son travail sur la simulation du phénomène d'entrée et sortie d'eau. Les résultats obtenus sont également très satisfaisants. La figure ci-dessous illustre la comparaison entre les résultats numériques (deux cas de calcul) et expérimentaux en termes d'effort hydrodynamique.



Evolution de l'effort hydrodynamique en fonction du temps lors d'un essai d'entrée et sortie d'eau d'un cône d'angle 15°. Comparaison entre deux résultats numériques et une mesure expérimentale.

On observe que l'amplitude maximale de l'effort correspondant à un effort succion (effort négatif), ce qui montre l'importance de ce phénomène pour le dimensionnement des structures en mer.

Perspectives 2020

Malgré des résultats de qualité et une valorisation des résultats dans le meilleur journal de mécanique des fluides (Journal of Fluid Mechanics), Thibaut a abandonné la thèse à la fin de son contrat et ne souhaite pas soutenir.

Downscaling statistique des projections climatiques en zone côtière

Thèse Saïd Obakrim

Contexte et enjeux

Cette thèse a été financée dans le cadre de l'appel à sujet de thèse 2018 (pour l'année 2019) de la Direction Scientifique. A ce titre, elle est financée à 50% par l'Ifremer, l'autre moitié étant financée par l'Université de Rennes 1. Valérie Monbet, de l'Université de Rennes 1, est la codirectrice de la thèse et participe activement au suivi de Saïd, par des réunions de suivi mensuelles, en plus de points ponctuels en cas de questions. Valérie assure aussi le suivi administratif (inscription à l'école doctorale, organisation du CSI...).

L'enjeu porte sur l'estimation précise et rigoureuse des probabilités d'occurrence à long-terme des conditions de mer, qui est une préoccupation industrielle majeure pour le dimensionnement des structures marines ou la préparation d'opérations en mer. Ces calculs de probabilités long-terme ne peuvent occulter l'impact du changement climatique global, qui a des conséquences au niveau local. Dans ce projet, deux objectifs sont recherchés. Dans un premier temps, le développement d'une approche statistique pour effectuer une mise à l'échelle locale des projections climatiques régionales les plus récentes (type CORDEX / CMIP6) en les couplant avec les données d'états de mer les plus récentes (HOMERE, données satellitaires, mesures *in situ*...), et ceci avec un intérêt particulier sur les variables océano-météo importantes pour le dimensionnement des structures. Dans un second temps, partant des données construites durant la première étape, seront étudiés les états de mers extrêmes et leur évolution au cours du temps (changement des niveaux de retour centennial, millénal, évolution des couloirs de tempêtes...).

Une attention particulière sera portée aux conséquences de ces changements sur les installations d'énergies marines renouvelables : dimensionnements, production ou maintenabilité (e.g. remorquage, installation, maintenance...).

Résultats 2019

Saïd Obakrim a commencé sa thèse mi-octobre et il a pour le moment fait une étude bibliographique sur les méthodes de downscaling statistique, et dans ce contexte s'est en particulier intéressé aux méthodes qui peuvent s'appliquer au cas des états de mer.

Dans le même temps, Saïd s'est attaché à la prise en main des données d'études : la base de données ERA5 pour les données grande échelle, prises ici sur l'Atlantique Nord et les données HOMERE pour les données d'état de mer à l'échelle locale.

Perspectives 2020

La première difficulté identifiée est celle du volume important des données à traiter, ainsi la profusion de variables qui influent sur un état de mer à un endroit donné, en particulier à cause de la liaison non-instantanée et non-locale entre les vagues et le vent. Afin d'établir une fonction de transfert entre le vent grande échelle et l'état de mer local, il y a donc une importante couverture spatiale et temporelle à prendre en compte, et donc un grand nombre de variables explicatives potentielles, fortement corrélées entre elles. Une première étape sera donc de mettre en œuvre des méthodes de régressions particulières adaptées à ce contexte, et de valider ce modèle en le comparant à des sorties de modèles numériques et à des mesures *in situ*.

Matériaux pour une Utilisation Marine

STAMP

Contexte et enjeux

La compréhension du comportement des matériaux polymères et composites en milieu marin est une des thématiques du laboratoire Comportement des Structures en Mer. Un des faits avérés est que ces matériaux se dégradent au fil du temps. De ce fait, découlent des questions scientifiques (Comment se dégradent-ils ? A quelle vitesse ? Suivant quels phénomènes ?), économiques (Quelle devra être l'épaisseur du matériau ? Quel est le dimensionnement de la structure ?), environnementales (Quelle sera sa durée de vie ? Comment va-t-il se dégrader ?). Dans le cas du projet STAMP, les questions sont d'ordre scientifique (Comment le matériau se dégrade-t-il dans un environnement sévère ? Quels sont les effets de la dégradation sur la réponse mécanique du matériau ?). Le matériau étudié est une mousse syntactique, matériau de flottabilité et d'isolation thermique, utilisé en grande profondeur. Nous cherchons ici à comprendre son comportement à long terme dans un environnement sévère (pression et température). Le projet est mené en collaboration avec Technip FMC, qui finance ce projet. Ce projet a une durée de 4 ans.

Résultats 2019

Ce projet a pour but de faire subir un vieillissement accéléré à un matériau sous conditions d'environnement sévères. Pour cela, des moyens de vieillissement spécifiques étaient nécessaires et ont été installés en 2018. En 2019, le matériau a été immergé sous 4 conditions de vieillissement. Ces vieillissements dureront 3 ans. Des analyses de caractérisations chimiques, physiques ont lieu tous les mois, afin de suivre et comprendre l'évolution de ce matériau en milieu marin. Plusieurs rapports suivant l'avancée du projet ont été émis en 2019.



Projet STAMP : Caissons hyperbares de vieillissement

Perspectives 2020

En 2020, l'étude du vieillissement accéléré du matériau sous différentes conditions va continuer. Des caractérisations de la nature de la dégradation et de ses conséquences sur les propriétés mécaniques seront effectuées tous les mois.

COSICO

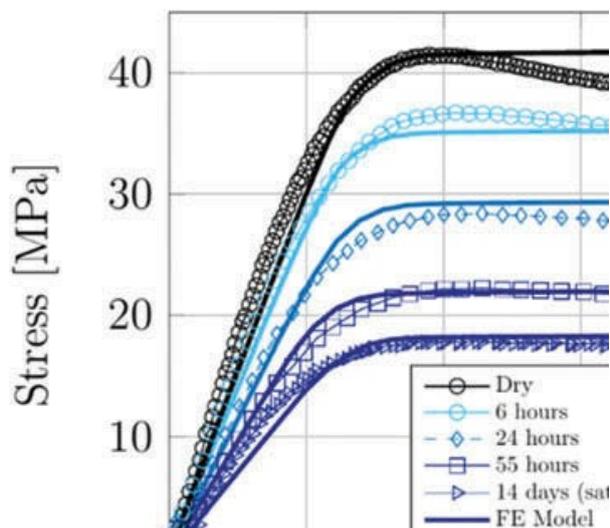
Contexte et enjeux

Le projet COSICO a développé une méthodologie basée sur la complémentarité entre des moyens de caractérisation et de modélisation, à différentes échelles (échelle de la microstructure, échelle de l'adhésif et échelle de l'assemblage), en prenant en compte les effets du vieillissement en eau de mer. L'objectif est de proposer et identifier des lois de comportements prenant en compte le vieillissement pour le dimensionnement de structures collées. L'avantage de cette approche, appliquée aux structures collées, est de permettre une évaluation plus rapide des propriétés à long terme des structures EMR et ainsi, permettre un retour plus rapide vers le design et la formulation de colles. En effet, l'approche classique consiste à effectuer des essais de validations sur les structures dans les conditions de vieillissement les plus sévères. L'approche proposée ici permet, grâce aux essais de caractérisation à petites échelles couplés à des essais de vieillissement accélérés, de prévoir le comportement de la colle dans la structure assemblée.

Le projet, financé par l'ANR, a été réalisé par ENSTA Bretagne, ENSAM Paris, Université de Strasbourg et Ifremer, en association avec les sociétés Rescoll et FMC.

Résultats 2019

La contribution principale de l'Ifremer à ce projet a été effectuée en 2016 et 2017. Suite à la soutenance de thèse de M. Ilioni, son travail a été valorisé en 2018 et 2019²⁹ par la publication de deux articles. La Figure ci-dessous résume le travail sur le vieillissement réalisé par l'Ifremer et l'ENSTA, et indique une assez bonne corrélation entre le comportement mécanique d'un adhésif avant et pendant l'immersion et les prédictions d'un modèle développé pendant le projet.



Résultats de réponses en tractions et modélisations, adhésif époxy avant et après différentes durées d'immersion.

Perspectives 2020

Le projet s'est terminé en septembre 2019.

²⁹ Ilioni A, LeGac P-Y, Badulescu C, Thevenet D, Davies P, Prediction of mechanical behaviour of a bulk epoxy adhesive in a marine environment, Journal of Adhesion, (2019), Vol. 95, 1, 64-84

VRPOM

Contexte et enjeux

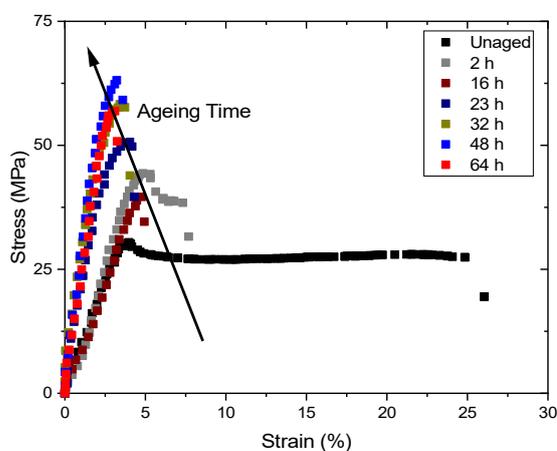
Ce projet, financé à 100 % par l'ANR, a pour objectif de caractériser, comprendre et prédire le vieillissement des polymères obtenus par métathèse. Le mécanisme de métathèse a été découvert au milieu des années 70 par Chauvin³⁰, puis amélioré par l'utilisation de catalyseurs par Schrock et Grubbs³¹ ; ces trois chercheurs ont obtenu le prix Nobel en 2005 pour leur découverte. Le polydicyclopentadiène (pDCPD) est le polymère, mis en œuvre par cette technique, le plus utilisé en raison de ses propriétés intrinsèques intéressantes : haute transition vitreuse (Tg), forte résistance à la fissure, faible temps de mise en œuvre. Cependant, en raison de la relative nouveauté de ce polymère, la durabilité du pDCPD n'est pas encore complètement maîtrisée, notamment en milieu marin.

Ce projet est conduit par l'ENSAM Paris, en collaboration avec l'IMMM du Mans, de l'Ifremer et de la société TELENE.

Résultats 2019

Le projet VRPOM s'est terminé en 2019. On retiendra que :

- Un modèle cinétique de prédiction de l'oxydation du pDCPD a été, pour la première fois, mis en place et publié³² ;
- L'utilisation de stabilisants commerciaux permet d'augmenter la durée d'utilisation du polymère, comme montré dans la thèse de J. Huang, soutenue en Décembre 2019 ;
- La caractérisation des conséquences mécaniques de l'oxydation, et notamment la propagation de fissures, a été réalisée dans le cadre du Post Doc d'A. David permettant une prédiction de durée de vie plus fiable.



Impact du vieillissement sur le comportement en traction du pDCPD

³⁰ Chauvin, Y. (2006). Olefin metathesis: The early days (Nobel lecture). *Angewandte Chemie International Edition*, 45(23), 3740-3747

³¹ Schrock, R. R., Feldman, J., Cannizzo, L. F., & Grubbs, R. H. (1987). Ring-opening polymerization of norbornene by a living tungsten alkylidene complex. *Macromolecules*, 20(5), 1169-1172.

Huang, J., David, A., Le Gac, P. Y., Lorthioir, C., Coelho, C., & Richaud, E. (2019).

³² Thermal oxidation of Poly (dicyclopentadiene)–kinetic modeling of double bond consumption. *Polymer Degradation and Stability*.

CMSGP2

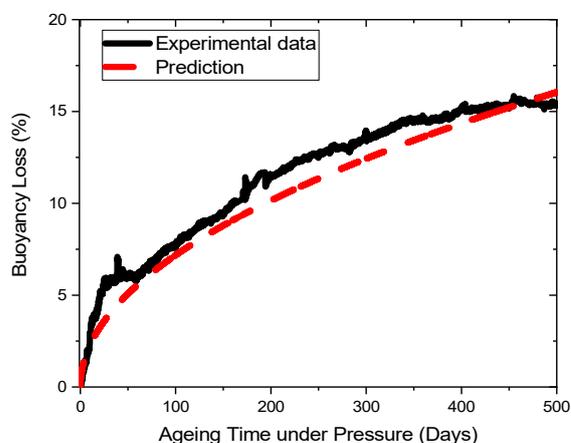
Contexte et enjeux

L'objectif de ce projet de recherche partenarial, réalisé avec TOTAL, est de caractériser et comprendre le Comportement des Mousses Syntactiques pour Grande Profondeur (CMSGP#2) et plus particulièrement la perte de flottabilité observée sur le long terme. Les mousses syntactiques sont des matériaux « composites » constitués de résine polymère, de microbilles de verre (quelques dizaines de micromètres de diamètre) ainsi que de macrosbilles (quelques centimètres de diamètre). La présence de ces billes réduit fortement la densité des matériaux et donc apporte la flottabilité voulue à des structures immergées.

Ces matériaux, connus depuis les années 60 pour leurs propriétés de flottabilité, sont utilisés à des profondeurs et pour des durées de plus en plus importantes. Cependant leurs performances dans ces conditions (long terme à forte pression, jusqu'à 600 bars) restent mal connues et doivent donc être évaluées.

Résultats 2019

L'année 2019 a permis de comprendre l'origine de la perte de flottabilité dans les mousses syntactiques pures, i.e. sans macrosphères, mais également de proposer une méthode de prédiction qui a été validée sur un type de matériau. Les résultats obtenus montrent que seule l'absorption d'eau, induite par la rupture de microsphères, est à l'origine de la perte de flottabilité au cours du temps sous pression (dans la gamme de pression considérée ici). Une méthode d'extrapolation a été mise en place, permettant une prédiction de la perte de flottabilité au cours du temps. Cette prédiction a été validée par une comparaison avec des résultats expérimentaux obtenus, sur plus d'un an dans le laboratoire, comme le montre la figure ci-dessous.



Comparaison entre la perte de flottabilité d'une mousse syntactique sous pression prédite (en rouge) et mesurée (en noir)

Perspectives 2020

L'année 2020 sera dédiée à l'intégration du rôle des macrosphères dans la perte de flottabilité.

REPACOMP

Contexte et enjeux

Chaque année, plus de 20 000 bateaux de plaisance arrivent en fin de vie, et de nombreuses questions se posent autour de leur démantèlement et/ou recyclage. Le recyclage de ces bateaux en fin de vie majoritairement fabriqués avec des matériaux composites est complexe. Ceux-ci sont fabriqués en matériaux composites thermodurcissables, non recyclables par nature, à moins que ceux-ci soient broyés puis réintroduits dans une nouvelle matrice. Pour pallier à ces problèmes de déchets, de nouveaux matériaux arrivent sur le marché et sont de plus en plus utilisés, comme les matériaux composites thermoplastiques. Ceux-ci ont l'avantage d'être recyclables et réparables en fin de vie, ce qui représente un aspect majeur vers une industrie éco-responsable. Bien que ces matériaux soient maintenant très cités comme étant des matériaux réparables et recyclables, peu d'études sont conduites sur ce sujet, et plus particulièrement dans le domaine marin. La plupart des études se focalisent sur les défauts créés mécaniquement lors du cycle de vie (endommagement + réparation). Cependant, l'impact du vieillissement marin sur une réparation ultérieure n'est pas considéré dans l'optique d'une réparation en fin de vie.

Ce projet vise à étudier le potentiel de réparabilité de ces matériaux composites thermoplastiques après vieillissement marin. Le projet est financé par la direction scientifique de l'Ifremer au travers des projets Politique de site. Le partenaire de ce projet est l'IUT GMP de Brest, en charge de la fabrication et réparation des échantillons. L'équipe matériaux du laboratoire comportement des structures en mer est en charge de la caractérisation ainsi que des vieillissements de ces mêmes échantillons.

Résultats 2019

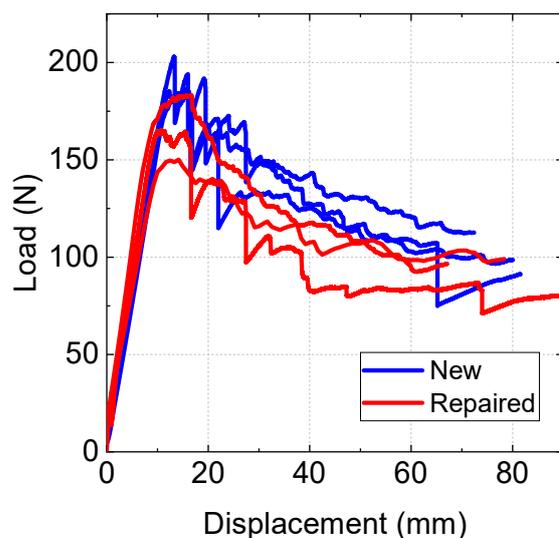
Ce projet est divisé en plusieurs parties distinctes, visant à découpler l'effet de deux paramètres majeurs sur la réparation : L'endommagement lié à une contrainte mécanique ainsi que les dégradations induites par le vieillissement marin. Pour ce faire, quatre étapes distinctes ont été proposées lors du dépôt du projet :

- Tâche 1 : Caractérisation initiale du matériau - Validation des essais mécaniques proposés ;
- Tâche 2 : Contribution de l'endommagement mécanique : Réparation étudiée sur des matériaux non vieillis et endommagés puis réparés ;
- Tâche 3 : Contribution du vieillissement marin : Réparation étudiée sur des matériaux vieillis non endommagés puis réparés ;
- Tâche 4 : Réparation et couplage : Etude des matériaux vieillis en eau de mer et endommagés puis réparés.

A ce stade du projet l'avancement est tel que prévu initialement.

La tâche n°1 était dédiée à la validation d'essais mécaniques sur des éprouvettes permettant l'étude de la propagation d'une fissure. Bien que cet essai soit normé pour ce qui concerne les essais en statique, une méthode innovante a été mise en place afin de contrôler avec précision l'avancement d'une fissure sous une sollicitation de fatigue. Cette tâche a été réalisée avec succès et est désormais terminée.

La tâche n°2 concerne la réparation de matériaux neufs. Des éprouvettes réparées ont été testées en statique. Les propriétés mécaniques obtenues sont très proches de celles obtenues sur éprouvettes neuves (cf. figure ci-dessous). La légère perte de propriétés mécaniques est associée à un réalignement de fibre après réparation. Des essais sur éprouvettes réparées doivent être réalisés en fatigue début 2020.



Courbes Charge-Déplacement obtenues à partir d'essais de fissuration réalisés sur éprouvettes neuves (bleues) et réparées (rouges)

La tâche n°3 concerne la réparation de matériaux vieillis. De nombreux essais ont été réalisés après vieillissement et montrent que les propriétés en fissuration sont grandement diminuées après vieillissement (facteur supérieur à 3 en statique). Les essais en fatigue sont en cours de caractérisation et montrent d'ores et déjà que la durée de vie est significativement diminuée par le vieillissement. La réparation de ces éprouvettes vieilles est actuellement en cours à l'IUT de Brest.

Perspectives 2020

La tâche n°4 démarrera début 2020 avec l'arrivée de Mathilde Conan, stagiaire ingénieure.

Au cours de l'année 2020, ces travaux seront présentés à Nantes lors de la conférence ECCM19 (European Conference on Composite Materials). A cette occasion, un article de conférence sera soumis.

Au vu des résultats obtenus en 2019, un article scientifique de rang A est prévu pour cette année 2020.

SEABIOCOMP

Contexte et enjeux

Seabiocomp, un projet INTERREG 2Seas, a pour objectif de développer et de délivrer des démonstrateurs utilisant des matériaux composites bio-sourcés innovants, présentant les caractéristiques suivantes :

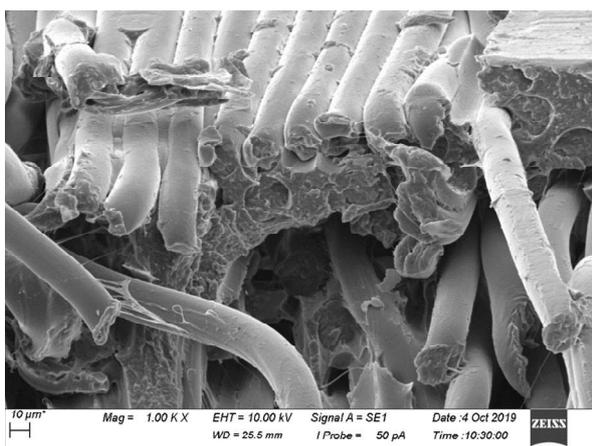
- Durabilité sur mesure en fonction de l'application spécifique (2 à >20 ans) pour un démonstrateur en milieu marin telle que mesurée par des méthodes analytiques nouvellement développées.
- Propriétés mécaniques au moins équivalentes à celles des composites conventionnels dérivés du pétrole.
- Réduction des émissions de CO₂ (30%).
- Réduction de l'impact écologique des microplastiques sur l'environnement marin, tel que mesuré par des méthodes d'analyse récemment mises au point.
- Démonstration du potentiel de recyclage des matériaux utilisés dans le démonstrateur.

Ces caractéristiques devraient réduire l'impact global sur l'environnement de 50 % par rapport aux produits pétroliers conventionnels, tout au long de la chaîne de valeur, de la production au traitement des déchets. Les matériaux biocomposites proposés et les protocoles analytiques mis au point pour assurer la durabilité et l'écotoxicité à long terme devraient conclure que les composites biologiques sont une alternative réaliste aux produits pétroliers.

Pour assurer le succès de ce projet, l'expertise dans divers domaines tels que la formulation des polymères et des textiles (Centexbel, CETI), la formation des composites (Armines, Université Plymouth & Polyproducts BV), les études d'impact environnemental et de durabilité en milieu marin (Université Portsmouth, VLIZ & Ifremer) ont été combinées dans le partenariat Seabiocomp.

Résultats 2019

La réunion de démarrage du projet a eu lieu fin mars 2019. L'Ifremer contribue aux essais de durabilité, et dans un premier temps s'est focalisé sur l'évaluation du comportement en milieu marin d'un composite PLA biosourcé et renforcé de fibres en PLA. La figure ci-dessous présente le matériau, fourni par Centexbel.



PLA composite auto-renforcé, microscope MEB, photo University of Portsmouth

Perspectives 2020

En 2020, les études de durabilité se poursuivront sur ce matériau et deux autres composites sélectionnés par les industriels du projet.

PRIMROSE

Contexte et enjeux

Les projets concernés :

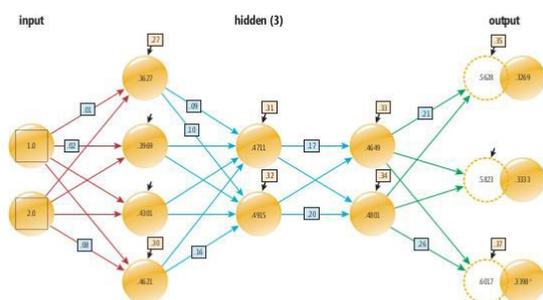
- ZooCAM (Opéré par PDG-RBE-EMH) est un outil de capture d'images en flux d'un échantillon concentré de zooplancton, de détection des particules et classification automatique ;
- DinoCAM / PrimRose (Opéré par PDG-ODE-DYNECO-PELAGOS) est un outil de capture d'images en flux d'un échantillon concentré de phytoplancton, de détection des particules et classification automatique optimisé pour la recherche du Dinophysis.

L'objet de ce travail est une amélioration de l'algorithme de classification de type « intelligence artificielle ».

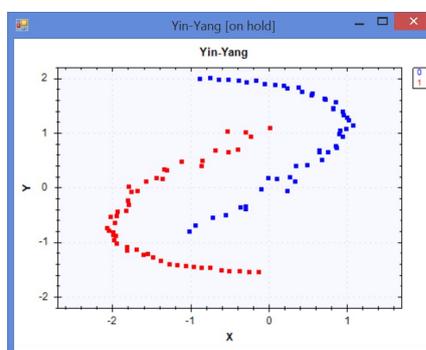
Résultats 2019

Des algorithmes ont été testés :

- Réseau Neuronaux avec et sans l'aide d'une carte graphique GPU
 - o Deep Neural Network (DNN) : ConvNetSharp , Tensor Flow sous Python
 - o Convolutional Neural Network (CNN) : ConvNetSharp
- Classifieur Décisionnel
 - o Random Forest : adaptation de l'algorithme de Breiman et Cutler de l'université de Berkeley, bibliothèque Accord.net
- Classifieur Linéaire
 - o Support Vector Machine : Libsvm de Chih-Chung Chang et Chih-Jen Lin, bibliothèque Accord.net



Principe du réseau de neurones.



Exemple de classification SVM

Les résultats 2019 comprennent, i) la compréhension et le choix du classifieur suivant le problème à résoudre et les données disponibles, ii) l'augmentation de la justesse de la classification, iii) la réduction du temps d'apprentissage, iv) et la facilité d'implémentation lors de l'intégration de l'algorithme dans les outils logiciels.

Perspectives 2020

Il est prévu une poursuite de la veille technologique et des optimisations des classifieurs ainsi que des contacts et des échanges de données et de compétences avec l'IMT Atlantique Brest.

ONR2 project Stress-diffusion coupling

Thèses Corentin Humeau et Quentin Dézulier

Contexte et enjeux

Un premier travail de collaboration a été mené avec le Solid Mechanics Program de l'ONR (Office of Naval Research) américain de 2014 à 2016. Une étude expérimentale a été réalisée dans le cadre d'une thèse réalisée à Brest (C. Humeau) dont la codirection a été assurée par l'Université de Nantes et l'Ifremer. Nous avons été invités à proposer une suite au projet, ce qui a été fait fin 2017, et en juillet 2018 un financement a été accordé. L'objectif de ce nouveau projet est de développer la modélisation de la réponse des matériaux composites à une sollicitation couplée, chargement mécanique combiné avec diffusion d'eau. La collaboration avec l'équipe Durabilité (F. Jacquemin, A. Clément) de l'Université de Nantes se poursuit, basée sur leur participation à l'encadrement de la thèse et dans le développement de la modélisation numérique, et une nouvelle thèse (Q. Dézulier inscrit à Nantes) a démarré en septembre 2018.

Résultats 2019

Des matériaux composites avec deux types de renfort (fibres de carbone et verre) ont été approvisionnés et mis en vieillissement. En parallèle les bancs d'essai à l'Ifremer et Saint Nazaire ont été modifiés afin d'accueillir des échantillons sous charge dans l'eau (figure ci-après).



Essai de traction sur composite dans l'eau à l'Ifremer

Les premières modélisations ont été réalisées sur le couplage diffusion d'eau – gonflement – comportement viscoélastique. En 2019, un poster a été présenté au colloque EUROMECH³³ avec les premiers résultats des modélisations couplées (contrainte/diffusion d'eau/gonflement). Un modèle numérique est en place et a été validé pour la résine seule en fluage et en vieillissement. Des essais de fluage sur le composite à renfort carbone orienté à $\pm 45^\circ$ sont en cours.

Perspectives 2020

En 2020 les vieillissements vont continuer, accompagnés de l'identification des paramètres pour les modélisations couplées, et la réalisation d'essais de longues durées afin de valider ces modèles.

³³ Dezulier Quentin, Jacquemin Frédéric, Clément Alexandre, Davies Peter, Experimental characterization and modelling of the coupling between water diffusion and mechanical behaviour of composite material, poster au colloque EUROMECH, août 2019, Brest.

Vieillessement des élastomères thermoplastiques en milieu marin

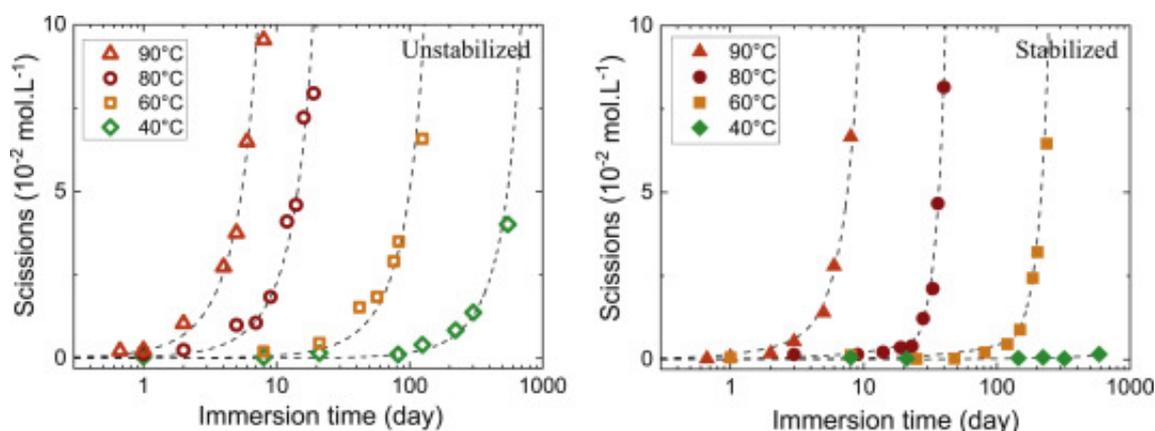
Thèse Antoine Bardin

Contexte et enjeux

Actuellement, les élastomères réticulés chimiquement sont largement utilisés pour des applications d'étanchéité et de protection en milieu marin. Le procédé de fabrication de ces matériaux implique l'utilisation de produits chimiques nocifs à la fois pour l'homme et pour l'environnement. La législation européenne REACH, entrée en vigueur en 2007, vise à réduire l'utilisation de telles substances. Face à cette problématique, Thales Underwater System recherche un matériau de substitution aux élastomères thermodurcissables. Un candidat potentiel est l'élastomère thermoplastique (TPE), dont la synthèse nécessite nettement moins de substances à risque. Cependant, tandis que les élastomères thermodurcissables ont fait leur preuve en termes de durabilité en milieu marin, celle des TPE a été relativement peu étudiée. Le sujet de ce projet porte donc sur la durabilité à long terme des TPE en milieu marin. Ce projet est réalisé en collaboration avec Arts et Métier ParisTech et Thales DMS via, notamment, la thèse Cifre d'Antoine Bardin.

Résultats 2019

L'année 2019 a été dédiée à la finalisation de l'étude et la rédaction du document de thèse. Cette étude a permis, pour la première fois, de mettre en place un modèle de simulation numérique fiable de la dégradation par hydrolyse des TPE en milieu marin, en intégrant notamment l'impact des stabilisants³⁴. Dans un second temps, des relations entre la structure chimique des élastomères et leurs propriétés mécaniques ont été établies pour une large gamme de TPE, quel que soit le mécanisme de dégradation. On retiendra qu'un élastomère thermoplastique présente, à contrario des élastomères vulcanisés, une transition ductile/fragile qui existe au cours du vieillissement. L'intégration de cette transition, dans la simulation numérique, permet de réaliser des prédictions de durée de vie fiable qui montrent le fort intérêt de ces matériaux pour les applications marines. Le manuscrit de thèse a été soumis aux rapporteurs en décembre 2019.



Scission de chaîne induite par l'hydrolyse au cours de l'immersion en eau de mer pour un TPE non stabilisé (gauche) et stabilisé (droite). Les points sont les résultats expérimentaux, alors que les pointillés représentent les résultats de la simulation numérique.

Perspectives 2020

La soutenance de thèse est prévue le 06/02/2020.

³⁴ Bardin, A., Le Gac, P. Y., Cérantola, S., Simon, G., Bindi, H., & Fayolle, B. (2020). Hydrolytic kinetic model predicting embrittlement in thermoplastic elastomers. *Polymer Degradation and Stability*, 171, 109002.

Durabilité des mousses syntactiques en grande profondeur

Thèse Gauthier Loubrieu

Contexte et enjeux

Les mousses syntactiques sont des matériaux utilisés en milieu marin par l'industrie pétrolière et océanographique pour notamment leurs propriétés de flottabilité. Elles sont historiquement composées de 2 constituants majeurs : une résine polymère et des microsphères de verres. Ce type de matériaux a été largement étudié à l'Ifremer à la fois pour la mise en place de nouveaux moyens d'essais spécifiques³⁵, la compréhension des mécanismes de dégradation³⁶ mais aussi la mise en place de modèles de comportement³⁷. Cependant, ces matériaux, relativement récents, sont toujours en plein développement et de nouvelles innovations viennent repousser régulièrement leurs limites d'utilisation. Ainsi, des solutions innovantes permettent une diminution de la densité du produit final et donc une augmentation de la flottabilité. Cependant, l'utilisation de ces nouvelles mousses de flottabilité est aujourd'hui limitée à des profondeurs de l'ordre de 2000 m ; cette limitation est induite par le manque de connaissances sur le comportement à long terme sous pression de ces nouvelles mousses de flottabilité.

Une recherche amont est donc cruciale afin de caractériser et comprendre le comportement sur le long terme de ces matériaux en grande profondeur, i.e. jusqu'à 4000m. Lors d'un précédent projet de recherche collaboratif, Ifremer et Total ont développé et mis en place des essais de caractérisation permettant d'évaluer la résistance sous pression des différents constituants des mousses syntactiques ; il s'agit maintenant d'évaluer leur comportement à long terme dans le cadre de cette thèse.

Résultats 2019

Mr Gauthier Loubrieu a débuté sa thèse en mars 2019.

Au cours de ces 3 premiers mois, il a réalisé une bibliographie, axée sur les matériaux de flottabilité et surtout sur leur caractérisation à long terme en milieu marin. Cette bibliographie servira de base à son travail de thèse et sera actualisée tout au long des 3 ans.

Il a également caractérisé ces matériaux à l'état neuf. Pour cela, il a dû mettre en place des nouveaux moyens de caractérisation pour répondre à la problématique de ces matériaux (notamment plus résistants à la pression).

Grâce à sa bibliographie, il a mis en place les premiers essais de durabilité, se basant sur ceux existants.

Perspectives 2020

En 2020, les essais de durabilité pour comprendre le comportement des mousses à grande profondeur vont continuer. Ces essais seront également effectués sur chacun des composants de la mousse afin de bien décorrélérer les phénomènes et comprendre l'importance et l'influence de chacun.



Caisson hyperbare de vieillissement 600 bars

³⁵ [1] Le Gac, P. Y., Choqueuse, D., & Melot, D. (2013). Description and modeling of polyurethane hydrolysis used as thermal insulation in oil offshore conditions. *Polymer Testing*, 32(8), 1588-1593

³⁶ [2] Le Gac, P. Y., Choqueuse, D., Melot, D., Melve, B., & Meniconi, L. (2014). Life time prediction of polymer used as thermal insulation in offshore oil production conditions: Ageing on real structure and reliability of prediction. *Polymer Testing*, 34, 168-174.

³⁷ [3] Choqueuse, D., Davies, P., Perreux, D., Sohier, L., & Cognard, J. Y. (2010). Mechanical behavior of syntactic foams for deep sea thermally insulated pipeline. *Applied Mechanics and Materials*, 24, 97-102.

Influence du vieillissement des polymères sur la formation et le comportement des microplastiques en milieu marin.

Thèse Quentin Deshoulles

Contexte et enjeux

La compréhension du comportement des matériaux polymères en milieu marin est une des thématiques du laboratoire Comportement des Structures en Mer. Le devenir des déchets polymères en mer rentre dans ce cadre. Ainsi, une thèse, sur le devenir des microplastiques en milieu marin, est en cours entre le laboratoire Comportement des Structures en Mer et le Laboratoire Détection, Capteurs et Mesures de l'unité de Recherches et Développement Technologiques. La thèse, qui a débuté en septembre 2017, a pour objectif de comprendre le vieillissement des polymères et donc la formation des microplastiques, ainsi que l'effet du vieillissement des polymères sur le microbiote.

Résultats 2019

Au cours de l'année 2019, les travaux d'accélération du vieillissement dans différents environnements, afin de découpler les phénomènes de dégradation ont continué sur deux polymères pétrosourcés.

Le thésard a été retenu pour une mobilité d'un mois durant l'été 2019 à l'université de Mons (CIRMAP) dans le cadre du GDR microplastiques. L'objectif était de travailler sur un polymère biodégradable. L'étude de la dégradation abiotique du polymère, mis en œuvre au cours de la mobilité, a commencé au laboratoire. Cette étude est soutenue également par un stagiaire qui sera présent 6 mois entre 2019 et 2020.



Projet Microplastique : Billes et feuille de polymère biodégradable étudié dans le cadre du projet microplastiques

Perspectives 2020

En 2020, la thèse arrive à sa fin. Le document de thèse sera rendu pour la fin de l'année, regroupant l'ensemble des études et résultats obtenus au cours de ces 3 ans.

Durabilité d'une hélice de navire en composite

Thèse Antoine Le Guen-Geffroy

Contexte et enjeux

Le sujet de cette étude est « Durabilité d'une hélice de navire de grandes dimensions en composite ». C'est une collaboration DGA/Ifremer dont l'objectif est d'évaluer le comportement de composites pour hélices de bateau de grandes dimensions, en intégrant le couplage entre chargements dynamiques et la diffusion de l'eau de mer, afin de répondre à la question « Comment évaluer la durée de vie sous chargements couplés pour un composite de grandes dimensions », pour une structure qui impose des conditions de mise en œuvre spécifiques et des effets d'échelle importants.

Résultats 2019

Un travail important, d'essais et d'analyses, a été réalisé en 2019. D'abord une étude approfondie de la résine époxyde non-renforcée a permis de mieux comprendre sa contribution au comportement mécanique du composite. Ce travail a été publié³⁸. Ensuite l'influence du vieillissement sur le comportement de fissures a été quantifiée. Des essais de fissuration en mode I (ouverture) et mode II (cisaillement) dans l'eau de mer ont été mis en place. Ces essais ont été réalisés sous chargement quasi-statique puis en fatigue. Les résultats ont été présentés lors d'une conférence internationale³⁹. Dans un projet mené en parallèle par la DGA et Naval Group une hélice en composite du même matériau a été testée en mer (figure ci-après). Il y a eu plusieurs échanges entre les deux projets.



Hélice en composite sur navire

Perspectives 2020

Le projet s'est terminé fin octobre 2019. Antoine Le Guen-Geffroy a soutenu ses travaux de thèse le 19 décembre 2019. Une suite du projet, qui focalisera sur le comportement aux chocs d'une hélice en composites, est prévue avec la DGA, en collaboration avec la DST australienne

³⁸ Le Guen Antoine, LeGac Pierre-Yves, Habert Bertrand, Davies Peter, Physical ageing of epoxy in a wet environment: Coupling between plasticization and physical ageing, Polymer Degradation and Stability, Volume 168, October 2019

³⁹ Le Guen Antoine, LeGac Pierre-Yves, Habert Bertrand, Davies Peter, Long term seawater aging effect on fatigue crack growth of CFRP for marine propellers, Proc ICCM22, Melbourne, August 2019.

DGA-AUSTRALIE

Contexte et enjeux

Ce projet entre l'Ifremer, la DGA et la DST australien a été contractualisé en septembre 2019. L'objectif est de mieux comprendre le comportement d'hélices en composites soumis à un choc après vieillissement dans l'eau de mer.

Le projet est co-financé par la DGA et la DST, avec un thésard en France et un deuxième en Australie (University of New South Wales).

Des échanges entre l'Ifremer et l'UNSW sont prévus dans le contrat. Une étude précédente entre CSM et la DGA sur le comportement en fatigue après vieillissement d'hélices marines en composites s'est terminée en décembre 2019, avec la soutenance de thèse d'Antoine Le Guen-Geffroy.

Résultats 2019

Le projet n'a démarré qu'en octobre 2019, avec le début de thèse d'Alban ROBIN à CSM. Le premier livrable (pour janvier 2020) est un rapport de l'état de l'art concernant les hélices en composites, leur comportement au choc, et le vieillissement de composites en eau de mer.

Perspectives 2020

Une première campagne d'essais sera réalisée sur des composites en carbone/époxy afin de mettre au point une méthodologie d'essai pour la suite. Des essais de fissuration seront également réalisés.

Conférence European Mechanics Society (EUROMECH) #67 – Marine Ageing of Polymers – 28 & 29 Août 2019

Le laboratoire Comportement des Structures en Mer de l'unité Recherches et Développement Technologiques d'Ifremer a organisé, fin août 2019, une conférence internationale sur les polymères en milieu marin. L'accent était porté sur le comportement mécanique, ainsi que le vieillissement de ces matériaux polymères en mer. Ces thématiques, cruciales pour de nombreux domaines d'applications maritimes, ont regroupé une quarantaine d'experts européens. Le colloque, organisé sur 2 jours, a permis de discuter et de faire un état des lieux sur plusieurs sujets d'importance, tels que l'utilisation des nouveaux composites, les paramètres d'influence du vieillissement sur les mousses syntactiques, les mécanismes de dégradation des microplastiques ou encore la sélection des fibres pour les matériaux utilisés dans le cadre des convertisseurs d'énergies marines renouvelables.



Participants à la conférence EuroMech #67 à Brest organisé par Ifremer

Infrastructures et Moyens d'Essais

Moyens de qualification

Contexte et enjeux

Conformément au manuel d'organisation de l'Ifremer, le projet récurrent R204-05 gère la plateforme expérimentale « *Moyens de qualification hyperbare* », du département *Recherches physiques et Écosystèmes de fond de Mer*, affectée à l'unité *Recherches et Développements Technologiques*. Située au centre Bretagne, cette plateforme est constituée de quatre caissons hyperbares et des moyens de mesure associés.

La mission du projet est de mettre à disposition des différentes entités de l'Ifremer des moyens de simulation d'immersion par grandes profondeurs. Ceux-ci sont utilisés dans le cadre de recherches technologiques de tout niveau de maturité, de qualifications d'instruments scientifiques, de vérifications d'appareils de mesure déployés lors des campagnes océanographiques... Le projet contribue donc à la diversification et au renouvellement des vecteurs d'observation sous-marins ainsi qu'à la qualité des résultats scientifiques acquis lors de campagnes à la mer.

Le projet assure de plus des prestations pour des organismes de recherche et des sociétés industrielles français et européens. Dans ce cadre, il soutient les activités socio-économiques liées aux technologies sous-marines, entre autres par son support à des TPE/PME innovantes.

Les activités du projet sont menées dans le cadre du processus qualité P6 « *Exploiter, maintenir, développer les moyens expérimentaux et maîtriser les appareils de mesure* ». Elles sont complémentaires et coordonnées avec celle de la plateforme d'essais pilotée par la *Direction de la Flotte Océanographique*, gérée par l'unité *Systèmes sous-Marins* et située au centre Méditerranée.

Résultats 2019

	Utilisation des moyens de qualification hyperbare par demandeurs (en jour)							Maintenance & jouvence	
	DS	RBE	REM	ODE	IRSI	DFO	Prestations		Total
2019	13,0 2%	3,0 1%	¹ 352,5 59%	8,5 1%	15,0 3%	147,0 25%	² 55,5 9%	594,5 100%	63,0
2018	7,0		453,0	6,0	5,5	158,0	35,5	665,0	³ 207,0
2017		4,0	468,5	5,5	189,0		46,5	713,5	34,5
2016			515,0	39,0	67,5		59,0	680,5	47,0
2015		14,0	320,0	10,5	99,5		78,5	522,5	40,5
2014			167,5	9,0	175,5		65,5	417,5	60,0
2013		3,0	99,5	35,5	51,5		82,0	271,5	49,0
2012		3,0	323,0	10,0	104,0		124,0	564,0	32,0

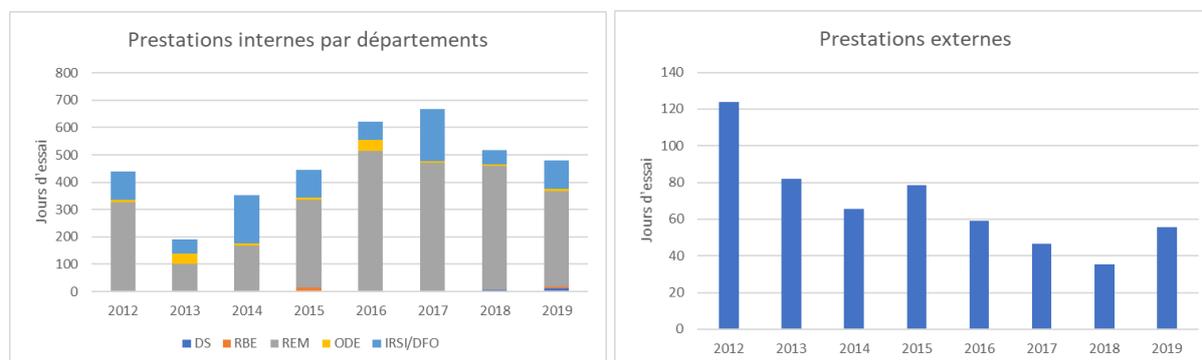
¹ : dont 273 jours dans le cadre des qualifications de capteur de méthane dissous pilotées par l'unité *Géosciences Marines*

² : dont 10 jours dans le cadre de prestations pour des PME et 13 pour des établissements de recherche

³ : inclut la jouvence des réseaux fluides d'un caisson et de l'ensemble des groupes froid de la plateforme

La production de l'année 2019 a été fortement soutenue par le programme d'essai et qualification de capteurs de méthane dissous, piloté par l'unité *Géosciences Marines*, dans le cadre du projet *Envri+* et de sa suite. Ces essais représentent 273 jours d'occupation d'un

caisson hyperbare et ont pu être menés grâce à une collaboration exemplaire entre les agents des unités *RDT* et *GM*, tant d'un point de vue conception du banc d'essai que de la conduite des expériences.

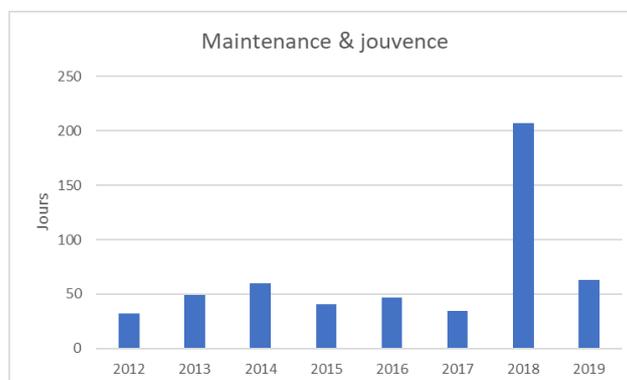


Comme en 2017 et 2018, un fort soutien aux activités de l'unité *Systèmes sous-Marins* a été apporté dans le cadre du développement de nouveaux engins (CORAL) et de maintien en conditions opérationnelles des engins en service (NAUTILE, VICTOR).

La réalisation de prestations pour des partenaires externes est revenue au niveau de l'exercice 2016 mais ne suffit pas à enrayer la baisse observée depuis quelques années.

Courant 2019, l'enceinte climatique de la plateforme expérimentale a été définitivement stoppée, sa fiabilité se dégradant fortement après 15 ans de service. La très forte baisse de demande d'essais en atmosphère contrôlée ne justifie pas son remplacement à l'heure actuelle.

Perspectives 2020



Les installations de la plateforme expérimentale sont vieillissantes :

- 3 des 4 caissons hyperbares ont plus de 30 ans ;
- Les automates de contrôle des paramètres expérimentaux (température et pression) ont plus de 15 ans ;
- Les systèmes informatiques de pilotage des essais hyperbares datent de 2012 et ne sont plus maintenables.

Après une jouvence importante des périphériques (groupes froid et réseaux fluides) réalisée en 2018 et une phase de rédaction des cahiers des charges en 2019, les travaux de modernisation de l'ensemble des pilotages et contrôles d'essais hyperbares (automates, postes informatiques et IHM) doivent être engagés en 2020 et se poursuivre sur 3 ou 4 ans.

Bassin de Brest

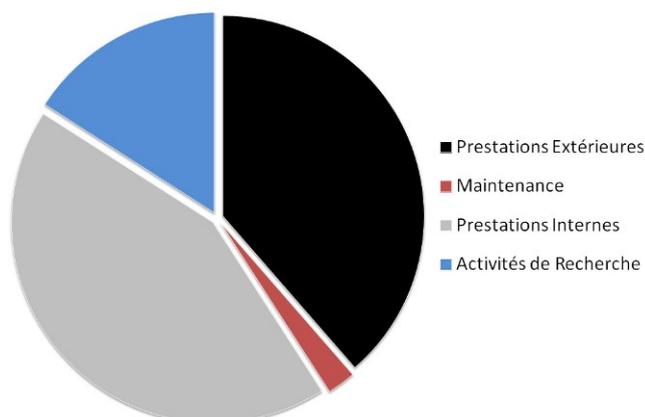
Contexte et enjeux

Le bassin profond de l'Ifremer a deux principales fonctions :

- D'une part, il accueille des tests avant déploiement en mer, de divers équipements dédiés à l'océanographie, la géologie sous-marine, la cartographie, la défense... Les appareils sont immergés pour vérifier l'étanchéité, l'équilibrage, les systèmes de mesures acoustiques et diverses fonctions. Ces essais mobilisent principalement l'équipe dédiée au bassin, les moyens de levage et les passerelles. Ils répondent à des demandes internes de l'Ifremer et de clients externes comme Naval Group, Thalès, Ixblue, NKE et donnent lieu dans ce cas à des prestations facturées.
- D'autre part, le générateur de houle, la soufflerie, l'hexapode, la trajectométrie sont utilisés pour mener des études hydrodynamiques au bassin. Ces essais consistent à soumettre des maquettes modèles réduits de systèmes flottants ou sous-marins, à des conditions contrôlées de houle, de vent ou de mouvements. Nous pouvons ainsi évaluer le comportement hydrodynamique d'un flotteur, caractériser un système d'ancrage, valider des modèles numériques, estimer et optimiser les performances d'un système de conversion d'énergie marine. Ces essais mobilisent l'équipe dédiée au bassin et le laboratoire Comportement des Structures en Mer.

Résultats 2019

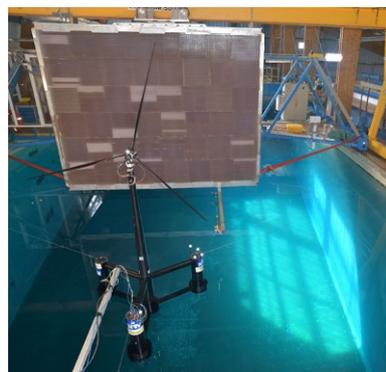
44 prestations
257 400 € de recettes
39 visites du bassin



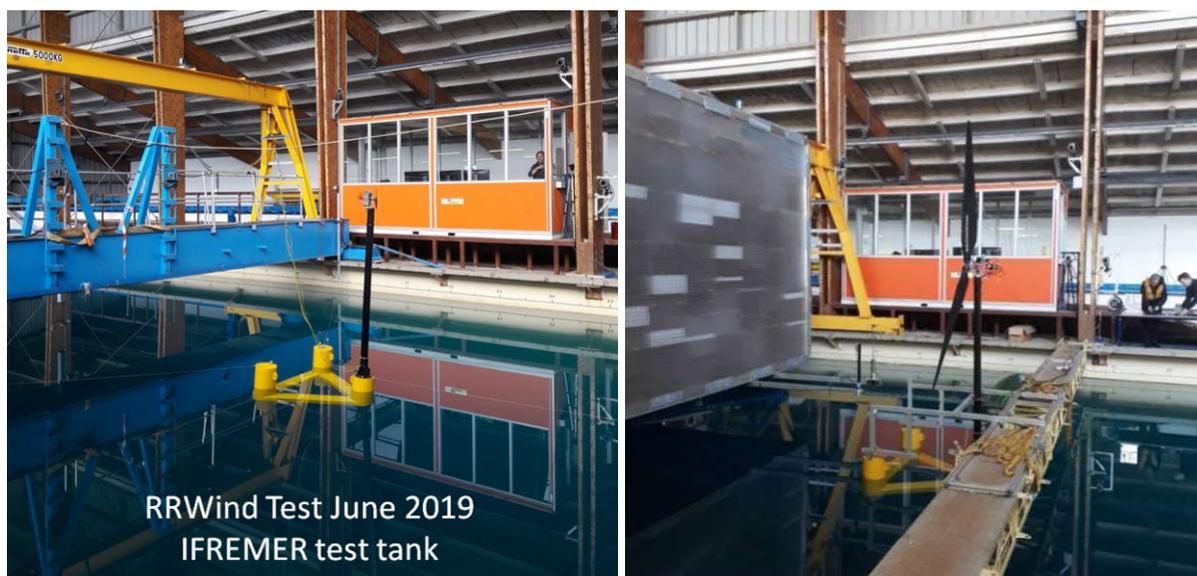
Exemples d'essais au bassin en 2019

ROTOR - janvier 2019

Test de la maquette d'éolienne ROTOR dédiée à la simulation des éoliennes flottantes. La maquette ROTOR intègre un contrôle indépendant des pâles lui permettant d'intégrer des lois de contrôles avancées et de lisser significativement l'impact des mouvements du flotteur sur les performances.

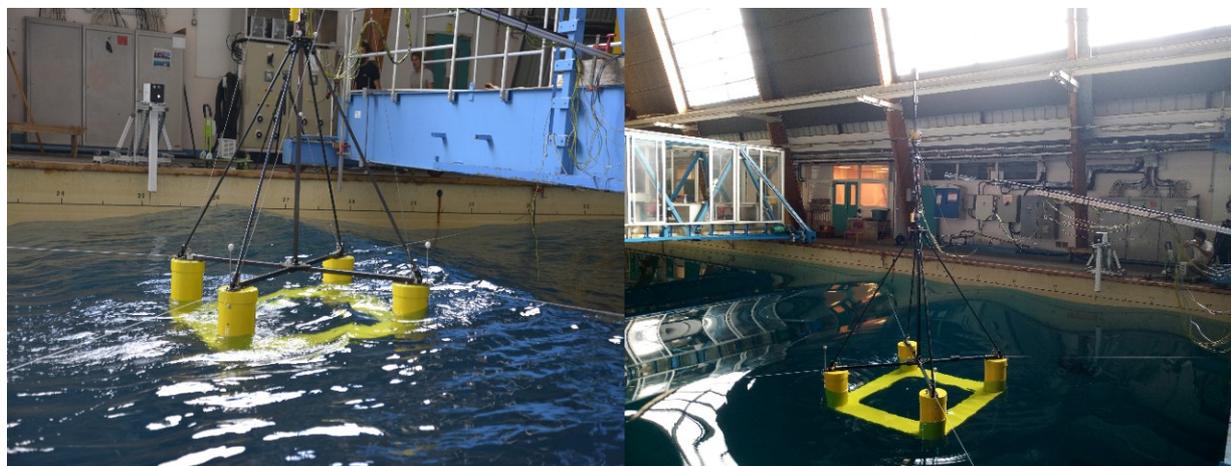


Round Robin Wind - mai et décembre 2019



Bench mark autour des essais d'éoliennes flottantes dans plusieurs bassins (ECN, LIR, Strathclyde) dans le cadre de MARINET2. Ifremer est un groupe leader de ce Round Robin et a accueilli les premiers essais en mai 2019 en configuration propulseur (figure de gauche). Le test avec la maquette de rotor DTU a été testé uniquement à l'Ifremer en décembre 2019 (figure de droite). (M. Le Boulluec)

WindQuest - juillet et novembre 2019



Essai d'éolienne flottante à axe verticale (B Augier – Thèse Camil Matoug)

Développement d'une solution de test « hybride » pour la simulation de la poussée aérodynamique prenant en compte les mouvements de la plateforme par contrôle commande.

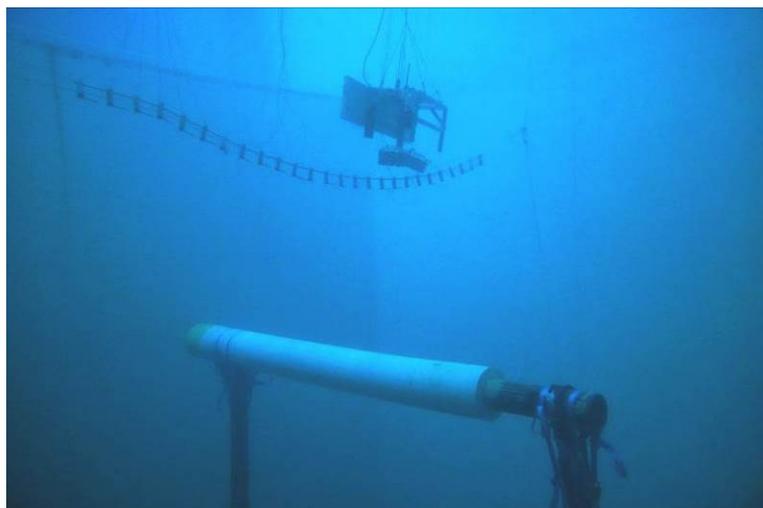
Visite du G7 - septembre 2019



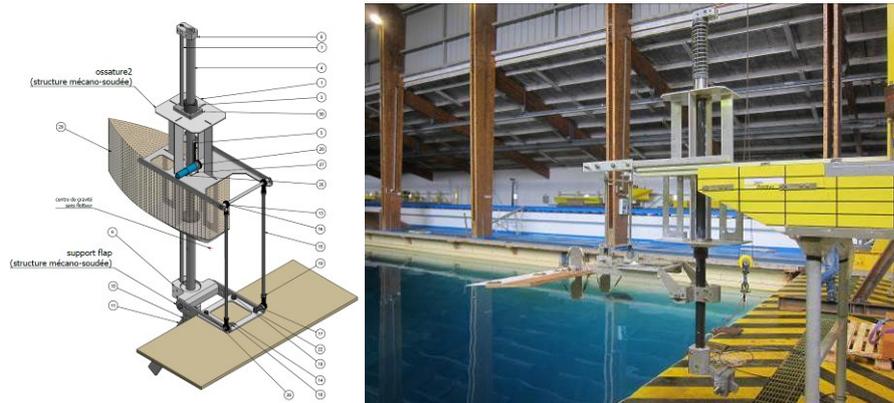
Délégation des présidents des assemblées du G7. Présentation des activités EMR au bassin d'essai.

Plug Detection Test - Technip FMC - octobre 2019

Test de détection acoustique sur pipe oil & gas avec l'entreprise Technip FMC. Une source acoustique et un peigne d'hydrophone ont été placés au-dessus d'un pipe pour étudier la possibilité de détection de défauts par méthode acoustique. Le bassin était en charge du déploiement et de la mise en place des structures sous-marines (chandelles d'acier de 5 m et pipe acier et béton). Les essais acoustiques ont été supervisés par l'Ifremer, en particulier Yves Le Gall et Stephan Ker de NSE.



BlueFins



La première phase de test en configuration houlomoteur en juin 2019 a conduit à une modification importante du concept vers une configuration « aide à la propulsion ». La deuxième phase des essais, testée en octobre 2019 est illustrée sur la figure de droite. (O. Giusti)

Bassin de Boulogne

Contexte et enjeux

Le bassin à houle et courant de l'Ifremer à Boulogne-sur-Mer est utilisé pour étudier le comportement d'engins sous-marins soumis à l'action d'un courant et/ou de la houle. Les dimensions de la section d'essais et son instrumentation associée en font un outil performant pour de nombreuses applications (structures offshore, engins remorqués, dispositifs de récupération d'énergies marines renouvelables). Ce moyen d'essais unique est intégré au sein de l'Infrastructure de recherche nationale THEoREM (inscrite au MENESR), appelée à devenir à terme la contribution française à l'infrastructure européenne Marinerg-i. Il est régulièrement mis en œuvre dans le cadre de travaux de thèses dédiés aux EMR (co-financés Région), de projets européens (Interreg 2 Seas Met-Certified ; H2020 Marinet 2 et RealTide) et nationaux (ANR/FEM OMDYN2 et STHYF...). Les fonctionnalités de cette infrastructure d'essais sont régulièrement maintenues et étendues, notamment dans le cadre du CPER Marco.

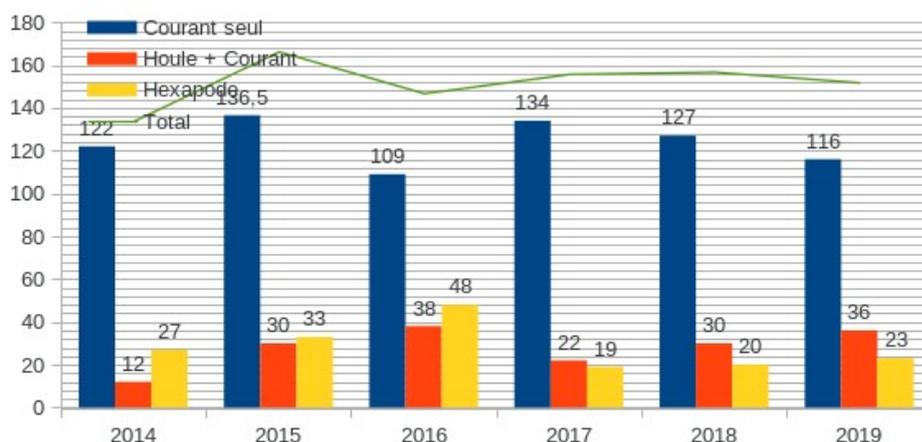
Résultats 2019

Depuis 2010, le nombre de jours d'utilisation du bassin d'essais à houle et courant est constant, avec une moyenne de 140 jours d'essais par an, hors développement et maintenance.

La proportion entre essais en courant seul et avec un forçage combiné houle + courant est elle aussi constante, avec en moyenne 28 jours d'essais par an nécessitant l'utilisation du générateur de houle.

L'utilisation moyenne de l'hexapode se stabilise à environ 20 jours d'utilisation par an.

L'utilisation des moyens d'essais de Boulogne se répartit sur 2019 sur 2 thématiques principales : les Energies Marines Renouvelables (70 %) et les Structures et Equipements en Mer (25)

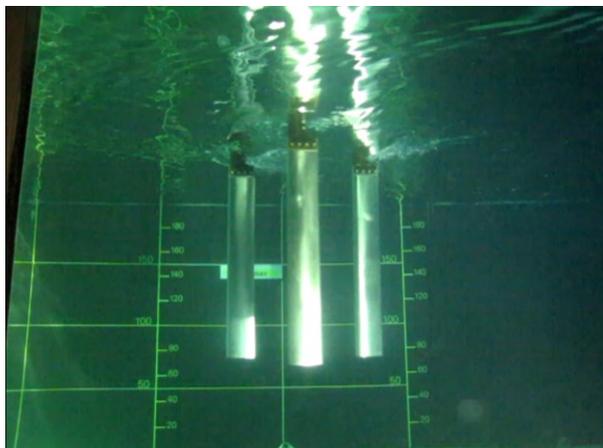


Répartition des jours d'essais pour les six dernières années

A titre d'exemple d'utilisation citons la plateforme expérimentale développée par l'IRENAV. Cette utilisation a pour objectif d'analyser l'écoulement au sein d'un propulseur vectoriel à axe transverse innovant. La compréhension des mécanismes hydrodynamiques instationnaires locaux doit permettre d'améliorer la cinématique du mouvement des pales, leur forme, et plus généralement les paramètres qui caractérisent la géométrie et la dynamique du propulseur. L'écoulement autour des pales est analysé par des mesures PIV de champ de vitesses instantanées. L'analyse de l'écoulement est confrontée aux résultats de mesures des efforts

globaux sur le dispositif et locaux sur une pale instrumentée. Les premiers résultats ont été présentés à la conférence CFM 2019.⁴⁰

Un deuxième exemple d'utilisation concerne les développements d'un dispositif d'échantillonnage pour évaluer les gradients chimiques près du fond. Ces travaux ont quant à eux fait l'objet d'une publication de rang A.⁴¹



Plateforme SHIVA - IRENAV

Perspectives 2020

Le nombre conséquent de projets déjà engagés nécessitant l'utilisation du bassin à houle et courant garantira un taux d'utilisation conséquent. Les campagnes d'essais couvriront essentiellement deux domaines d'application : les EMR et les systèmes souples (anti-érosions et cages aquacoles).

⁴⁰ Development of an experimental blade-controlled cycloidal propeller, G. Fasse, F. Hauville, G. Germain, JA. Astolfi, F. Becker, CFM 2019.

⁴¹ - A device to describe chemical gradients above the sediment-water interface at centimeter-scale resolution, J. Knoery, D. Cossa, B. Thomas, G. Germain, S. Rigaud, Limnology and Oceanography, 2019.

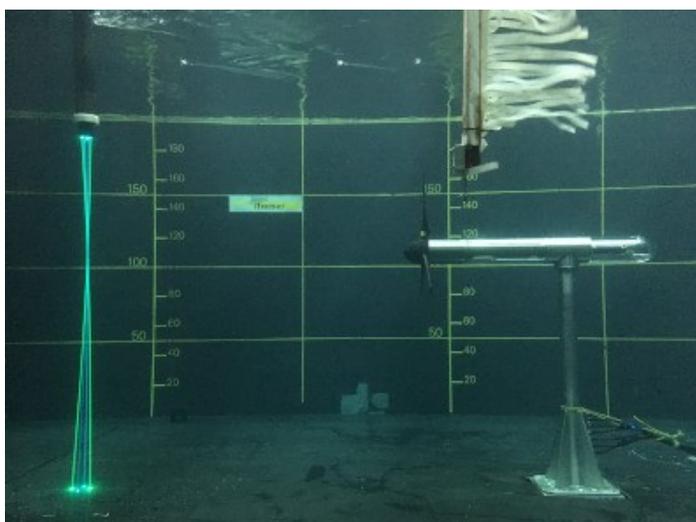
CPER Marco – Axe 6 – Bassin Boulogne/Mer

Contexte et enjeux

Ces infrastructures expérimentales doivent s'adapter aux contraintes et exigences spécifiques liées aux nouvelles technologies. Pour satisfaire au mieux ses utilisateurs, les fonctionnalités du Bassin d'essais à houle et courant du Centre Manche Mer du Nord de l'Ifremer doivent régulièrement être maintenues et étendues afin d'offrir la possibilité de réaliser des essais dans des conditions de fonctionnement les plus réalistes et répétables possibles. Les travaux réalisés dans le cadre du CPER Marco (région Hauts de France) permettent d'assurer un certain nombre de ces développements.

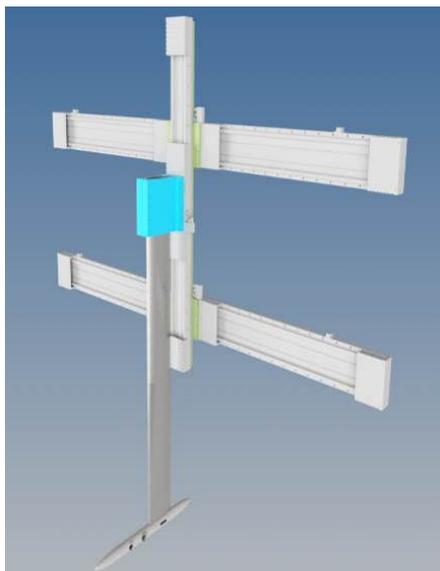
Résultats 2019

Cette extension des fonctionnalités du bassin d'essais à houle et courant est réalisée en plusieurs phases. La programmation 2 du CPER a permis de remplacer le tapis roulant par un faux plancher modulaire, permettant l'intégration d'instrumentation en paroi et de points d'ancrage modulables (photo ci-dessous). Cette extension a été utilisée dans de nombreux projets (H2020 Marinet 2 et RealTide ; thèse M. Ikhennicheu) et valorisée au travers d'articles scientifiques.



Hydrolienne fixée sur une balance de mesure d'efforts montée en paroi

La programmation 3 du CPER a été consacrée au développement d'un système de vélocimétrie laser trois composantes permettant de quantifier finement la turbulence du milieu, en amont ou dans le sillage des dispositifs testés (détermination complète du tenseur de Reynolds). L'utilisation intensive du système de mesure laser LDV 3C sera rendue possible grâce au système de déplacement automatisé de grande précision faisant l'objet de développements spécifiques (vue CAO ci-dessous). L'intégration complète du système de mesure a été effectuée fin 2019, pour des premières campagnes d'essais programmées en janvier 2020.



Vue CAO de la sonde de mesure LDV 3C montée sur le système de déplacement

Perspectives 2020

L'année 2020 sera consacrée à des travaux préparatoires à la refonte complète du système de contrôle/commande de l'installation. Il s'agira de supprimer un certain nombre d'équipements obsolètes et de leur raccordement électrique.

Service Ingénierie et Instrumentation Marines (IIM)

Les Observatoires Fonds de Mer pluridisciplinaires

EMSO et projets en lien avec les observatoires

Contexte et enjeux

EMSO, European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory, est un réseau européen d'**observatoires du fond de mer et de la colonne d'eau au point fixe** qui a pour objectif d'observer en temps réel les processus environnementaux liés aux interactions entre géosphère, biosphère et hydrosphère. EMSO vise à acquérir des séries temporelles longues (10 à 20 ans au moins) 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.

L'ERIC EMSO, *European Research Infrastructure Consortium*, entité légale européenne, a été établi en septembre 2016 par l'Italie, le pays d'accueil du *Central Management Office*, la France, l'Espagne, le Portugal, la Grande-Bretagne, la Roumanie, la Grèce et l'Irlande avec l'accord de la Commission Européenne. La France est représentée à l'Assemblée des Membres par des représentants du MESRI (Ministère de l'Education Supérieur, de la Recherche et de l'innovation), Didier Marquer, élu vice-président de l'Assemblée en 2018, et son suppléant Alain Lagrange ainsi que deux conseillers, Hélène LEAU (RDT/IIM) et Mathilde Cannat (CNRS). En juillet 2019, Laurent Coppola (CNRS) a succédé à Mathilde Cannat au poste de conseiller du délégué français à l'AoM. La mise en place et l'organisation de l'ERIC est soutenue par le projet H2020 EMSO-Link.



L'ERIC est organisé en

- « Régional Facilities » : La France en opère trois : EMSO-Açores, EMSO-Ligure et EMSO-Molène. Cette activité est menée dans le cadre de l'Infrastructure de Recherche (IR) EMSO-France, décrite ci-dessous.
- « Service Groups » : la France en dirige deux : le SG « Engineering & Logistics » dirigé par Jérôme BLANDIN (RDT/IIM) et le SG « Science » dirigé par Mathilde CANNAT (IPGP / CNRS).

L'ERIC EMSO est inscrit sur la feuille de route européenne des infrastructures de recherche, l'ESFRI (www.esfri.eu) au titre d'un *Landmark* (IR avancée dans leur développement). Il contribue aux grandes initiatives européennes et internationales telles euro-GOOS *Global Ocean Observing System* (déclinaison européenne de GOOS), le CMEMS *Copernicus Marine Environment Monitoring Service*, la Directive cadre pour le milieu marin DCSMM, le « cloud » scientifique européen EOSC (*European Open Science Cloud*) et les SDG *Sustainable Development Goals*.

En 2019, l'ERIC EMSO a mis en place un service d'accès et de visualisation aux données générées par les observatoires (<http://emso.eu/data/>). Il est nommé « service group Innovation and industry ».

L'Ifremer a acté que la participation en « in-kind » au « service group » est de 1 mois/an pour les participants et de 3 mois/an pour le leader.

L'IR EMSO-France, inscrite dans la feuille de route nationale des Infrastructures de Recherche du MESRI, assure le regroupement des initiatives françaises sur les observatoires sous-marins du programme européen et promeut leur ouverture à un maximum d'équipes pluridisciplinaires. Un protocole d'accord entre l'Ifremer et le CNRS établit la gouvernance de l'IR. L'engagement de l'Ifremer est motivé par son rôle national de centre de gestion des données, par ses objectifs en innovation technologique et par le choix des sites d'implantation des observatoires :

- ✓ Le site des Açores, avec **EMSO Açores** sur la dorsale Médio-Atlantique, dans la ZEE du Portugal.
- ✓ Le site Mer Ligure, avec à l'est, **EMSO-Nice** observatoire câblé sur la pente de Nice et à l'ouest, **la BJS (boîte de jonction secondaire)**, connectée à l'infrastructure câblée de l'observatoire d'astrophysique ANTARES/MEUST.
- ✓ **Le site EMSO-Marmara** sur la faille Nord Anatolienne, en mer de Marmara, les objectifs scientifiques concernent principalement la compréhension des aléas sismiques.
- ✓ Le site d'essai en mer d'Iroise, **EMSO-Molène** au large de l'île de Molène.

En juillet 2019, Laurent Coppola (CNRS) a succédé à Mathilde Cannat comme porteur de l'IR EMSO-France pour le CNRS.

Lors du comité de Pilotage scientifique et Technique de l'IR, il a été proposé que le mouillage du golfe du Lion soit intégré à l'IR EMSO. Ce mouillage est complémentaire aux sites DYFAMED et Ligure Ouest-Albatros gérés par le CNRS. Cette décision a été entérinée par le comité directeur sous réserve d'un courrier d'acceptation par le système d'observation méditerranéen (MOOSE).

Dans le cadre du dialogue maritime franco-japonais, la création d'un observatoire dans l'océan pacifique Sud a été identifiée comme un objectif de collaboration.

L'Ifremer et le JAMSTEC, ont organisé les 19 et 20 septembre à Nouméa (Nouvelle-Calédonie), un atelier visant à définir les objectifs scientifiques et technologiques de l'observatoire.

<https://www.ifremer.fr/Recherche/Departements-scientifiques/Departement-Ressources-physiques-et-Ecosystemes-de-fond-de-Mer/South-Pacific-Observatory-Project>.

Ouvert par le PDG de l'Ifremer, cet atelier a rassemblé des acteurs scientifiques, technologiques et socio-économiques de la région pacifique Sud. Les discussions ont porté sur trois thématiques principales :

1. Le monitoring environnemental, y compris les écosystèmes côtiers et profonds, et la pollution notamment par les micro-plastiques.
2. Le changement climatique dans l'océan Pacifique.
3. Les géosciences y compris le monitoring des aléas.

Cet atelier a permis de définir un plan d'action pour 2020 : déterminer l'architecture d'un observatoire sous-marin qui permettra de répondre aux attentes des parties prenantes néo-calédoniennes. Ce plan a été présenté aux acteurs du dialogue maritime franco-japonais et au Cluster Maritime Néo-calédonien.



Les participants à l'atelier sur le projet d'observatoire franco-japonais en Nouvelle-Calédonie

Comme en 2018, la cellule « Valorisation et développement des relations industrielles des infrastructures de recherche » du MESRI a coordonné la participation des IR françaises aux « Rendez-vous Carnot » (convention annuelle ayant pour but de favoriser la rencontre entre des laboratoires de recherche et les entreprises, afin de développer la recherche partenariale). A ce titre, RDT a tenu un stand commun entre les IR EMSO, JERICO et ILICO pendant les deux jours de la convention, à Paris.

De nombreux projets Ifremer sont en lien avec EMSO :

- **EMSODEV**, s'est terminé le 31 août 2019, ce projet a permis le développement d'une instrumentation EMSO commune.
- **EMSOLink** accompagne la mise en place et l'organisation de l'ERIC EMSO.
- **Maregami** est une phase zéro de l'observatoire qui pourrait être déployé en mer de Marmara.
- **Marha** : est un projet Life intégré piloté par l'agence française pour la biodiversité.
- **Modal** est un projet financé par l'ANR qui prévoit le développement d'un nouvel instrument de mesure de l'inclinaison, de la pression interstitielle et de la température des sédiments, sur 50 m de profondeur (TIPS). Deux exemplaires seront connectés à l'observatoire EMSO-Nice en 2020.
- **ENVRI FAIR**, est un projet H2020 débuté en janvier 2019, il a pour objectif de rendre les données produites par les infrastructures de recherche en environnement « FAIR », c'est-à-dire : *Findable, Accessible, Interoperable et Re-usable*. Le *Work Package 9* est dédié au « Marine domain implementation » et plus spécifiquement, la tâche 9.4 aux données d'EMSO (EMSO FAIR data implementation). L'Ifremer est leader du WP9.

EMSO-Açores

Contexte et enjeux

Cet observatoire fond de mer est opéré depuis 2010 et vise à acquérir des séries temporelles \geq de plus de 10 ans sur les processus hydrothermaux, tectoniques, volcaniques et les écosystèmes d'un site hydrothermal actif de la dorsale médio-Atlantique. Il fait partie du réseau européen EMSO ERIC (European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory - <http://emso.eu/>), soutenu en France par l'Infrastructure de Recherche (MESR) EMSO-FR dont le pilotage est assuré par une collaboration Ifremer.

La série de campagnes MoMARSAT (<https://doi.org/10.18142/130>) assure la maintenance annuelle de l'observatoire EMSO-Açores sur le champ hydrothermal Lucky Strike.

https://wwz.ifremer.fr/emso_france_admin/EMSO-Azores/Infrastructure

Résultats 2019

La campagne MOMARSAT 2019 s'est déroulée du 10 juin au 04 juillet 2019 sur le N/O *Pourquoi Pas ?*, associé au submersible Nautille.

Pour la première fois, le Nautille a été utilisé pour cette campagne en raison de l'indisponibilité du ROV Victor embarqué sur le N/O Atalante dans l'océan Pacifique.

Plusieurs réunions de préparation ont été organisées entre l'équipe infrastructure de l'observatoire et les opérateurs du Nautille afin dans un premier temps d'évaluer la faisabilité des opérations puis de les anticiper de la façon la plus précise possible (certaines adaptations du programme des plongées et des systèmes de préhension des équipements se sont avérées nécessaires).

Le programme de maintenance de l'observatoire a été entièrement réalisé malgré une durée d'intervention sur le fond limitée par l'engin. La récupération des stations à l'aide d'un câble synthétique a été validée par les opérateurs du Nautille en préparation d'un test avec 2 câbles qui devrait être mis en œuvre en 2020 avec Victor.

Les 2 stations de fond et la bouée de surface ont été récupérées, reconditionnées, testées puis redéployées en fin de campagne.

Les 4 systèmes d'acquisition et de transmission de données COSTOF2 ont parfaitement fonctionné durant la période de déploiement. Seule la transmission en temps réel du nœud Seamon East n'a pas été assurée en raison d'une prise d'eau dans la boîte de jonction de la station qui a impacté l'alimentation du modem acoustique.

Sur la bouée BOREL, le GPS de géodésie (retiré en 2018) ainsi que la station météo (défaillante en cours d'année) ont été remplacés. Un capteur CTD+pH a été ajouté sur la ligne de mouillage à 20 mètres sous la surface.

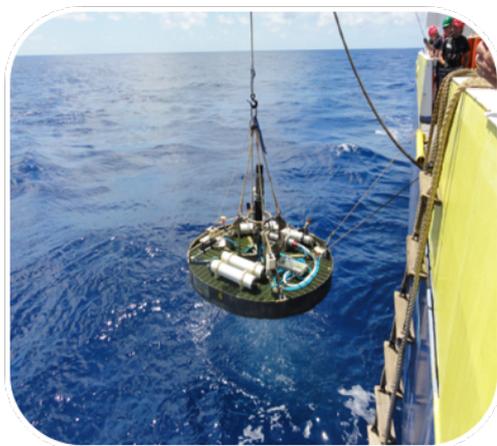
Sur le nœud Seamon East, l'optode O₂ de Tempo a été remplacée (endommagée par une sortie de fluide chaud). Une chaîne de thermistance surmoulée, prototype équipé de 4 capteurs et d'un câble cuivre a été ajoutée (version 100 capteurs prévue en 2020, en cours de réalisation). Sur le nœud West, une des 2 jauges de pression permanente a été supprimée en raison d'une prise d'eau par son connecteur.

Après maintenance, les capteurs ont retrouvé leur place et sont à nouveau séquencés par les 4 COSTOF2 de l'observatoire. Toutes les données en provenance des capteurs connectés sur les 2 nœuds Seamon et la bouée BOREL sont retransmises sur un serveur Ifremer à terre via un lien acoustique et satellite Iridium Rudics.

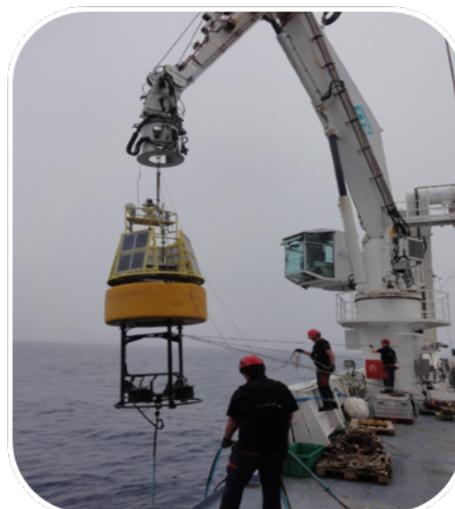
Le mouillage océanographique a lui aussi été récupéré, reconfiguré et redéployé.

En parallèle de la maintenance de l'infrastructure, l'équipe scientifique a réalisé un grand nombre d'opérations de type chantier pour mener à bien leurs expérimentations

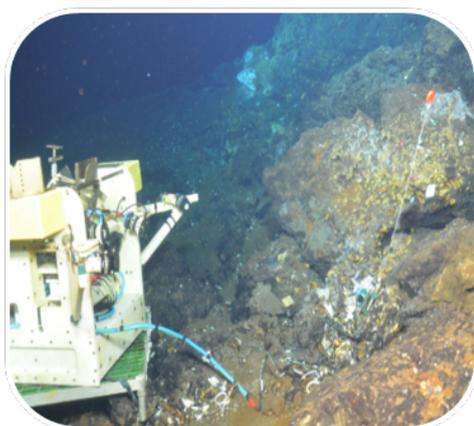
(prélèvements et analyses, récupération et redéploiement de multiples instruments autonomes sur les différents sites du champ hydrothermal Lucky strike).



Récupération de la station SEAMON West



Récupération de la bouée BOREL



Redéploiement du module TEMPO



Snapshot transmis par la caméra

Dès la fin de la mission, les données de l'observatoire sont à nouveau transmises toutes les 6 heures et sont disponibles sur le site d'EMSO-France. Les données trop volumineuses pour être transmises par voie acoustique et satellite (vidéos, mesures sismomètres) sont stockées sur des disques durs et seront récupérées lors de la prochaine campagne de maintenance.

<http://www.emso-fr.org/charts/azores/>

Perspectives 2020

La campagne annuelle de maintien en conditions opérationnelles de l'observatoire est planifiée du 09 au 30 juillet 2020 (Horta – Horta, Pourquoi Pas ? – Victor).

L'EGIM (EMSO Generic Instrumentation Module) déjà déployé de façon autonome en 2017 devrait être installé sur le nœud Seamon West.

La chaîne de thermistances surmoulée équipée de 100 capteurs sera redéployée autour de Tour Eiffel.

La caméra de SMOOVE (SMart Ocean Observation Video Equipment) sera upgradée afin d'enregistrer des images 4K et d'améliorer sa sensibilité permettant ainsi des économies d'énergie importantes.

Le dossier de demande de campagnes MoMARSAT 2021-2024 a été déposé et évalué favorablement à la Commission Nationale Flotte Hauturière (CNFH).

EMSO-Ligure Nice

Contexte et enjeux

L'observatoire sous-marin câblé EMSO-Nice, fruit d'une collaboration entre l'Ifremer et Géoazur, est implanté par vingt à trente mètres de fond, sur l'étroit plateau sédimentaire qui borde l'aéroport, une zone reconnue comme un laboratoire naturel pour l'étude des phénomènes de glissements de terrains sous-marins. L'unité GM étudie son comportement depuis de nombreuses années et suit en particulier les variations de pressions interstitielles dans le sédiment mesurées par des piézomètres. L'observatoire est constitué de deux stations sous-marines, reliées à la terre par un câble électro-optique de deux kilomètres, assurant à la fois l'alimentation électrique des instruments, leur communication avec des serveurs sur l'aéroport et leur configuration à distance par Internet. Les instruments connectés à l'observatoire EMSO-Nice renvoient leurs mesures en temps réel vers les serveurs du centre Ifremer de Brest et de Géoazur. En 2019, l'infrastructure EMSO-Nice a entamé sa cinquième année de service ininterrompu.

<http://www.emso-fr.org/EMSO-Ligure-Nice/Infrastructure-2017>

Les données EMSO-Nice contribuent au réseau de suivi sismologique terrestre RESIF :

<http://seismology.resif.fr/#StationConsultPlace:PRIMA@FR>

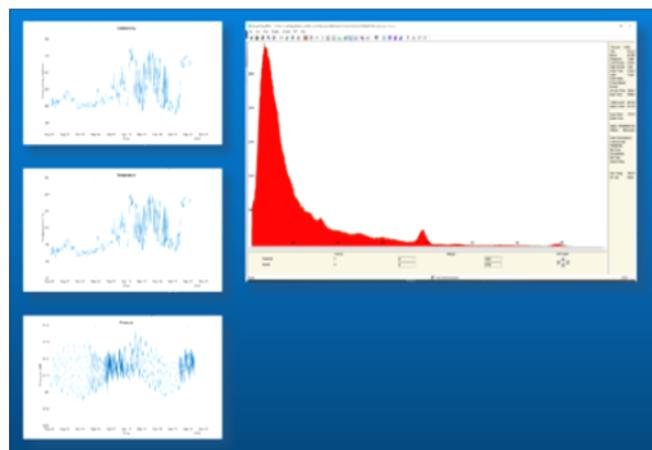
Résultats 2019

Fin août, l'Ifremer et l'institut allemand Marum ont déployé *Katerina*, un analyseur de radionucléides, au large de Nice. Grâce à sa connexion sur l'observatoire sous-marin câblé EMSO-Ligure Nice, *Katerina* a été configuré avec succès depuis les laboratoires de Marum, à Brême, et ses mesures (de même que celles de la CTD qui l'accompagne) ont été visualisées en temps réel, à plus de 1000 km de distance. Ce déploiement a été réalisé du 20 au 23 août 2019, dans le cadre de l'accès transnational accordé à Marum par l'ERIC EMSO (projet **EMSO-Link**). Il s'agissait de la campagne FLUID3D-2, menée avec le N/O *L'Europe* pour le projet ANR Modal et une équipe de plongeurs Ifremer.

Durant cette même campagne, deux piézomètres, qui avaient cessé de fonctionner, ont été arrachés et un troisième a été déplacé dans une zone de mesure plus intéressante. En parallèle, les tentatives de mise en place d'un sismo-piézomètre développé par Marum n'ont malheureusement pas abouti. De même, les démarches de réparation d'un quatrième piézomètre n'ont pas été concluantes.



Débordement et mise à l'eau de *Katerina* (protégée par une coque anti-chalutage en inox) à partir du portique arrière du N/O *L'Europe* (© Ifremer - O. Dugornay)



Marum, à Brême, accède en temps réel aux mesures in situ de la CTD (à gauche) et de l'analyseur de radionucléides *Katerina* (à droite), à plus de 1000 km de Nice

Une vidéo est disponible ici : <https://youtu.be/x8RpX17mLoU>

Lors d'une seconde intervention, du 7 au 10 novembre 2019, le sismomètre de Géoazur a été remis en service, un an après avoir été endommagé (probablement par une ancre ou un engin de pêche).

Perspectives 2020

- Nouvelles tentatives de mise en place du sismo-piézomètre de Marum et de réparation du quatrième piézomètre.
- Mise en place et connexion des deux tiges inclinométriques TIPS dans le cadre du projet ANR MODAL (voir paragraphe correspondant).

EMSO-Ligure Ouest (ANTARES-MEUST)

Contexte et enjeux

Depuis 2010, le télescope ANTARES porte une branche dédiée aux sciences de l'environnement. Cette branche qui comprend le MII et ALBATROSS, avec sa ligne instrumentée, opérés par le CNRS et la BJS (boîte de jonction secondaire opérée par Ifremer). Le télescope ANTARES est en cours de remplacement par une nouvelle infrastructure appelée MEUST. La BJS sera déplacée sur le nouveau site dans le cadre du projet régional PACA NUMERenv.

Situé à plus de 2400 m de fond, et à proximité immédiate des sites de test des engins sous-marins, EMSO Ligure Ouest a une fonction de site d'essai profond, essentielle pour EMSO.

Résultats 2019

Les équipes Ifremer (DFO-SM et REM-RDT) ont mené une complète refonte de la BJS avec comme objectif fort de renforcer le positionnement de la BJS en tant que site de test en milieu profond. Le design optimise le coût supporté par les utilisateurs lors de déploiements temporaires : à titre d'exemple, l'infrastructure met à la disposition des utilisateurs un câble d'interface entre la connectique sous-marine opérable par un ROV, d'un coût élevé, et la connectique des instrumentations.

La nouvelle BJS a été présentée en octobre à Toulon à l'occasion du workshop WOSOOO 2019. Les composants ont été qualifiés en pression dans les caissons hyperbares de Brest.

Perspectives 2020

Le déploiement aura lieu fin février 2020 lors de la mission ESSROV à bord du NO Pourquoi Pas ?

EMSO Marmara - Projet MAREGAMI

Contexte et enjeux

La région d'Istanbul est une des zones du bassin Méditerranéen les plus exposées au risque sismique du fait de la présence de la Faille Nord-Anatolienne (FNA), qui passe en Mer de Marmara, à moins d'une vingtaine de kilomètres environ du cœur de la ville. Plusieurs études ont contribué à améliorer la connaissance de cette zone et les résultats obtenus permettent aujourd'hui de préciser les spécifications fonctionnelles de l'observatoire sous-marin à mettre en œuvre, tant à des fins opérationnelles de surveillance sismique, qu'à des fins de recherche fondamentale sur l'activité sismique de la FNA.

Sept partenaires (2 turcs, 5 français) contribuent au projet MAREGAMI (P203-0009-01) dont l'objectif est de répondre à des questionnements comme : *Quel est le comportement mécanique des segments de faille immergés ? Sont-ils bloqués ou en train de se déformer lentement ? Comment se répartit la déformation entre « glissement lent », « sismicité » et « déficit de glissement »*. Le découpage en 4 tâches du projet MAREGAMI tente de répondre à ces questionnements.

Le projet MAREGAMI est co-animé par un Chef de projet Turc et un Chef de projet français (Louis Géli REM/GM/LAD). Le Service IIM est impliqué dans la tâche 4 du projet.

Résultats 2019

Les résultats du monitoring géodésique sur 3 ans sont probants, ce qui pourrait conduire à un

redéploiement en 2021. De plus, le projet Maregami a conduit à un projet d'infrastructure non câblée, avec un réseau de stations multiparamètres, qui a été soumis aux collègues turcs qui travaillent sur la levée de fond et les obstacles réglementaires. L'adhésion de la Turquie à EMSO pourrait être envisagée.

EMSO-Molène

Contexte et enjeux

Installé en 2012 au large de l'île de Molène, EMSO-Molène a servi de démonstrateur technologique pour les observatoires de type câblés côtiers (une trentaine de kilomètres de la côte). Les applications de cette technologie sont nombreuses, outil de gestion des espaces marins protégés, outil de surveillance de sites exploités, ou comme sur Nice, suivi temps réel des géohasards.

EMSO-Molène a été affiché comme site d'essai en mer ouverte, à la disposition des scientifiques et industriels jusqu'en juillet 2017, date à laquelle le câble de l'observatoire a été irrémédiablement endommagé.

<http://www.emso-fr.org/EMSO-Molene/Infrastructure>

Résultats 2019

Le site d'implantation actuel présente un fort risque de nouveaux endommagements bien qu'il soit hors des zones d'activité des goémoniers. De plus, RDT souhaite rassembler les installations de test à proximité des équipes.

Des démarches ont été menées en 2019 afin d'identifier un site d'intérêt pour un déplacement de l'infrastructure : Interventions dans le cadre des journées organisées par ISblue, présentation aux journées scientifiques et techniques de l'AFB, les 11 et 12 juin à Brest, prise de contact avec l'association Celadon et avec les acteurs de la zone ZAbri sur l'opportunité de déployer sur le site de la Sea Test Base.

Le travail d'attribution des DOI a porté sur les données vidéo. Là encore, EMSO-Molène joue son rôle de site pilote : le volume de données, bien supérieur à celui récolté sur EMSO-Açores, a amené à s'interroger sur les outils nécessaires pour archiver et mettre à disposition de gros volumes d'images.

Perspectives 2020

Le déploiement de l'infrastructure est évoqué dans le cadre du montage du projet CPER Brest Bay Base.

Le travail sur les flux de données vidéo devra être terminé par la mise en place d'outils et de plateformes de mise à disposition dédiées.

Pour mémoire, l'Autorisation d'Occupation du Territoire a été accordée le 12 janvier 2017, pour une durée de 5 ans. Au-delà de cette durée, une concession d'utilisation du DPM serait à déposer avant janvier 2021 pour le maintien de l'installation sur l'île au-delà de 2022 et pour une durée maximale de 30 ans.

En cas de démantèlement, le site devra être remis en état en janvier 2022.

EMSO-DEV

Contexte et enjeux

Le projet H2020 EMSO-DEV, démarré en septembre 2015 pour une durée de 3 ans, est une importante occasion de valoriser la position majeure de l'Ifremer en technologie au sein d'EMSO. En effet, le but du projet est de stimuler l'interopérabilité des observatoires, depuis la métrologie capteur jusqu'à la donnée validée, un concept initié par le projet ESONET NoE dès 2010. Le projet prévoit le développement, la réalisation d'un module instrumental, l'EGIM (*EMSO Generic Instrument Module*) et sa distribution sur plusieurs nœuds de l'infrastructure EMSO. L'EGIM pourra être intégré sur tous les types de nœuds EMSO qu'il s'agisse d'observatoires câblés ou non câblés, de mouillage et fonctionner en autonome.

Les variables génériques suivantes sont acquises par l'EGIM. D'autres variables peuvent être ajoutées. Certaines variables génériques sont des « Essential Ocean Variables » telles que définies par GOOS, le *Global Ocean Observing System*.

Variable	Geosciences	Physical Oceanography	Biogeochemistry	Marine Ecology
Temperature	X	X	X	X
Conductivity	X	X	X	X
Pressure	X	X	X	X
Dissolved O ₂	X	X	X	X
Turbidity	X	X	X	X
Ocean currents	X	X	X	X
Passive acoustics	X			X

Paramètres génériques de l'EGIM

Après 4 mois de déploiement sur l'observatoire câblé OBSEA, le prototype de l'EGIM a été déployé sur le site EMSO-Açores pendant un an. Deux exemplaires fabriqués en 2017 ont été testés et confiés aux équipes de Catane (Western Ionia Sea) et des Canaries (Plocan). Le projet a été prolongé d'un an afin de permettre de réaliser les déploiements sur ces sites.

Résultats 2019

L'accord sur la répartition de la propriété intellectuelle (Joint Ownership Management Agreement) de l'EGIM a été signé en octobre, peu après la fin du projet. Elle attribue la propriété intellectuelle des résultats du projet aux partenaires du consortium EMSOdev qui ont réalisé les développements. Ifremer a été mandaté pour assurer la gestion de la PI.

Le projet a déclenché et soutenu l'industrialisation du COSTOF2 et des composants qui peuvent lui être associés chez RTSYS, modules de connexion sous-marins WIFI, dispositif de micro-chloration, pack énergie. Fin 2019, RTSYS a été contacté pour la fourniture de 3 exemplaires de l'EGIM aux partenaires du Portugal.

Le projet s'est achevé le 31 août 2019.



Prise de vue de l'EGIM au bassin de Brest

Perspectives 2020

L'ERIC EMSO devrait convenir avec l'Ifremer, des conditions d'exploitation des résultats EMSOdev et donc de l'EGIM.

EMSOdev ouvre des perspectives à de nouveaux projets : EMSO pilote le montage d'un projet en réponse à l'appel d'offre BG-07. De nouveaux capteurs sont proposés en complément aux 7 paramètres de l'EGIM, des capteurs pour les EOY et des capteurs plus spécifiques (micro-plastiques, pêche, biologie...).

EMSO-Link

Contexte et enjeux

EMSO-Link est une action de coordination et de soutien du programme Horizon 2020, aidant le démarrage de l'ERIC EMSO afin d'en assurer sa pérennité. Le projet a démarré le 1^{er} mars 2017 pour une durée de trois ans. Il est coordonné par l'ERIC EMSO et regroupe des organismes des huit pays membres de l'ERIC, dont l'Ifremer et le CNRS pour la France. La coordination des contributions de l'Ifremer est assurée par l'unité RDT. Nos actions portent principalement sur la rédaction du plan scientifique et technologique de l'ERIC EMSO, l'amélioration du niveau de standardisation et d'interopérabilité des différentes installations d'observation de l'ERIC et le développement de la notion de services rendus par l'ERIC. Le site d'EMSO-Nice est mis à disposition des équipes de recherche sélectionnées dans le cadre d'un accès transnational.

Résultats 2019

Les résultats de l'atelier sur l'interopérabilité et meilleures pratiques de monitoring environnemental organisé en 2018 ont été mis à profit pour rédiger un manuel des meilleures pratiques, sur la mesure *in situ* et à long terme de l'oxygène dissous d'une part et sur la façon d'organiser les données/métadonnées de mesures issues de plateformes d'observation d'autre part. En collaboration avec DFO/SM et de la DT-INSU, nous avons organisé à Toulon un atelier sur les opérations à la mer au service des observatoires les 25 et 26 septembre 2019. L'atelier a réuni plus de 60 participants, de 9 pays, professionnels académiques et industriels des observatoires et de leurs opérations. Il a permis de partager leurs retours d'expériences, d'opérations à la mer, avec ou sans engin sous-marin, sur des installations lourdes ou légères, côtières ou hauturières, en fond de mer, dans la colonne d'eau ou en surface, en vue d'en dégager les meilleures pratiques. Cet événement s'est terminé par une session dédiée aux perspectives - innovations techniques et étapes vers une mutualisation de moyens lourds à l'échelle européenne, l'atelier a constitué un temps fort de l'animation technique de la communauté des observatoires en point fixe.



Workshop on Sea Operations for Ocean Observatories (WoSOOO), Toulon, 25-26 septembre 2019

Les résultats de cet atelier sont exploités pour établir un cahier de recommandations visant à optimiser les procédures de maintenance des installations d'observation en point fixe, la maintenance constituant le premier poste de dépenses d'exploitation de celles-ci.

Par ailleurs, le chantier du Label EMSO a été ouvert sous la responsabilité de l'Ifremer. Il s'agit de doter l'ERIC EMSO d'un outil garantissant la qualité des services qu'il produit, parmi lesquels la fourniture de données. Le développement du Label est organisé selon quatre groupes de travail : définition des critères d'attribution pour chaque service, définition des

procédures d'attribution, promotion et image du Label, intégration du Label EMSO dans le cadre européen d'observation des océans.

Enfin, 2019 a vu la mise en place de l'accès transnational à l'installation EMSO-Nice au profit de Marum développé sous la coordination et avec une forte contribution de RDT.

Perspectives 2020

Les principaux résultats attendus en 2020 sont :

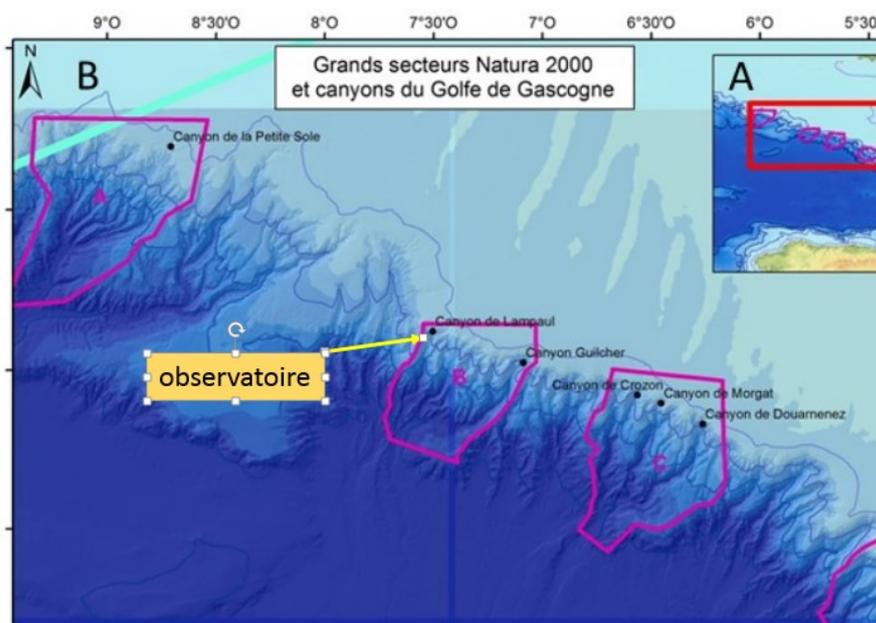
- La remise d'un nouveau manuel de meilleures pratiques comportant un chapitre sur les interventions à la mer.
- La tenue de la conférence EMSO du 11 au 14 février à Rome : « Preparing for the UN decade of Ocean Science ».
- La suite des travaux et la remise d'un rapport sur le Label EMSO.

Le projet se terminera le 31 août 2020.

MarHa

Contexte et enjeux

Dans le cadre du projet Life intégré MarHA piloté par l'agence française pour la biodiversité, Ifremer propose un volet d'étude sur l'habitat profond en Atlantique. Il est notamment prévu la mise en œuvre et l'entretien d'un démonstrateur d'observatoire fond de mer pour l'évaluation et le suivi de l'état de conservation d'un habitat récif profond (plus particulièrement des coraux froids). L'observatoire sera déployé dans le golfe de Gascogne au large de la Bretagne (canyon de Lampaul) par 1000 m de profondeur. En parallèle de l'observation des coraux froids, une étude hydrodynamique du canyon est envisagée avec l'ajout de capteurs dédiés (ADCP, turbidimètre, piège à particules).



Zone de déploiement de l'observatoire fond de mer MARHA

L'observatoire utilisera des technologies similaires à celles déjà déployées sur le site EMSO Açores en particulier l'EGIM (module d'instrumentation générique EMSO). Il sera notamment équipé du COSTOF2 (Communication and Storage Front-end – 2nd generation), cœur électronique permettant d'assurer l'alimentation et la synchronisation des capteurs ainsi que la gestion d'évènements et le stockage des données.

L'observatoire sera constitué de deux structures :

- La structure principale de l'observatoire supportant les capteurs, le COSTOF2 et les enceintes batteries.
- Un module caméra déporté destiné à l'observation d'un habitat récif incluant un zoom sur une espèce de coraux structurante.

Afin de ne pas laisser du matériel au fond et de préserver l'habitat après la période d'observation, le déploiement et la récupération de l'observatoire seront effectués sans largage de lest perdable. C'est une innovation majeure par rapport aux réalisations précédentes. Une solution technique spécifique est développée à cet effet. Elle s'appuie sur l'utilisation de ballasts à vessie inspirés de ceux utilisés sur les profileurs dérivants *Arvor* et *Provor*.

Le premier déploiement opérationnel de l'observatoire est prévu pour 2021 lors de la première campagne CHEREEF-OBS. La durée totale de déploiement est de 4 ans avec une maintenance annuelle.

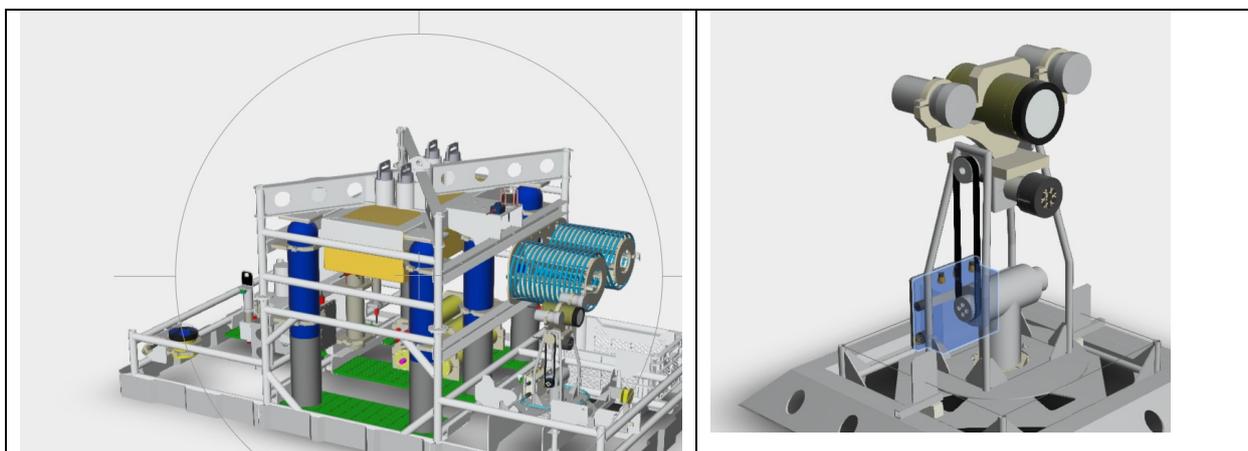
Résultats 2019

Les travaux et développement ont démarré dès le mois de Janvier 2019. Un contrat a été passé avec la société *HydroLeduc* pour la fourniture de cinq ballasts à vessie en huile. Ceux sont ces ballasts qui permettent à l'observatoire de disposer d'une flottabilité variable et réversible, permettant ainsi un déploiement et une récupération sans largage de lest perdable conformément au cahier des charges.

La conception de ces ballasts est inspirée des profileurs dérivants *Provor* et *Arvor*. Il s'agit donc d'une technologie connue et éprouvée. Comparé aux profileurs, la capacité de la vessie augmente pour atteindre un volume de 16 litres. Les cinq ballasts permettront de disposer d'une variation de flottabilité de 80 kilogrammes.

Nous avons opté pour un module caméra muni d'un Pan&Tilt commandé à distance permettant de positionner précisément la caméra sur la zone de coraux froid ciblée sans manipulation du ROV.

Les travaux d'étude mécaniques et électroniques sont terminés. Les travaux de conception logicielle sont également en phase d'achèvement.



Conception de l'observatoire et de son module caméra associé

Perspectives 2020

L'assemblage et la mise au point de l'observatoire est prévu de Janvier à Mars 2020 avec des essais en bassins programmés fin avril 2020.

Un test de l'observatoire en conditions réelles est prévu lors de la campagne Momarsat 2020 afin de tester à la fois le fonctionnement du module caméra et surtout les procédures de déploiement et remontée sans lests perdables avec les ballasts.

Une fois ces deux étapes principales validées, l'observatoire sera prêt pour un premier déploiement opérationnel en 2021.

Modal

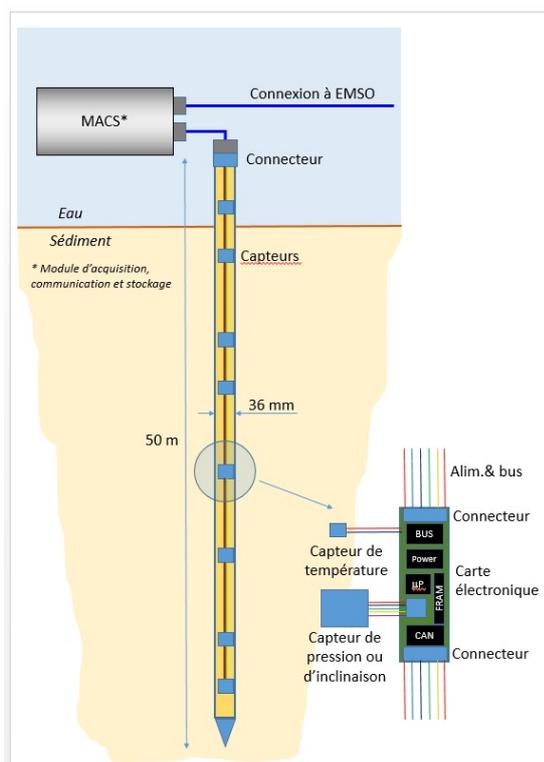
Contexte et enjeux

Financé par l'Agence nationale de la recherche, le projet **Modal** a pour objet d'étudier le couplage entre les nappes d'eau souterraines, la masse des sédiments et les aléas associés, sur le site de la pente de Nice. Dans la tâche 2, l'Ifremer est chargé de développer un nouvel instrument, dénommé TIPS (*Temperature, inclination and pressure sensors*), pour détecter les prémices d'un glissement de terrain. Les développements sont réalisés en coopération avec l'Unité GM.

<http://www.agence-nationale-recherche.fr/Projet-ANR-17-CE01-0017>

Le TIPS se présente sous la forme d'une tige souple d'une longueur de **50 m** et d'un diamètre de 36 millimètres, enfoncée à la verticale dans le sédiment par le pénétromètre *Penfeld*. Elle mesure sur plusieurs étages, l'**inclinaison** et la **pression interstitielle** (ainsi que la température associée). Il est destiné à rester en place plusieurs années.

Dans le cadre du projet MODAL, **deux exemplaires** seront déployés en 2020 sur le plateau continental de Nice et connectés à l'observatoire câblé EMSO Nice.



Section schématique de la tige-support TIPS (nombre de tubes et échelles non respectés)

Résultats 2019

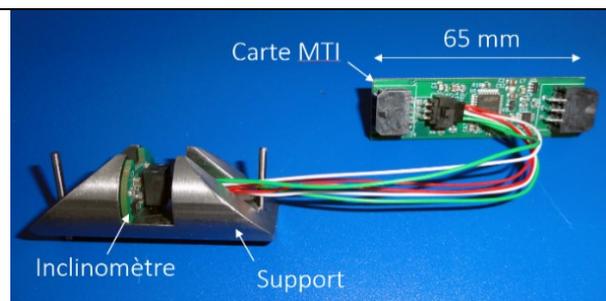
Le 1^{er} février 2019, le comité de pilotage du projet a approuvé les études de conception menées en 2018 et autorisé le passage à la phase d'approvisionnement et de tests. Tous les composants nécessaires à l'assemblage de deux exemplaires ont donc été commandés, pour un montant total de 170 000 €. Des marchés spécifiques ont été conclus pour la fourniture des câbles de communication et la fabrication des pièces mécaniques composant la tige en lien avec la cellule des marchés à la DAJF.

La programmation de l'électronique d'acquisition et des cartes pilotant les capteurs a été réalisée en suivant un protocole de communication étudié pour cette application. Les tests de validation progressive de la chaîne de mesure ont été menés avec succès. À cette occasion,

des améliorations ont été apportées pour augmenter l'autonomie énergétique des instruments.



Modules électroniques pour l'acquisition des mesures (MACS, en version « labo », pour l'acquisition Standard et miniMACS, pour la phase de planté de la tige).



L'inclinomètre miniature (3 x 3 mm) sur sa carte fixée au support métallique et reliée (en haut, à droite) à la carte capteur conçue, fabriquée et programmée spécifiquement pour le projet TIPS. Cette photo, prise après les essais avec *Penfeld*, montre que l'ensemble passe sans dommage l'épreuve du cintrage de la tige

La composition et l'assemblage mécanique de la tige ont été validés sur des prototypes en atelier et par des tests grandeur nature avec *Penfeld*. La méthode d'étalonnage des inclinomètres a été définie et validée par des mesures sur hexapode.

En parallèle, le dossier de demande de campagne en mer a été étudié et discuté entre les différents intervenants.

Perspectives 2020

- Réception, pré-assemblage des composants.
- Fin d'écriture de l'IHM.
- Tests d'intégration pour validation du fonctionnement d'ensemble.
- Étalonnage des 60 capteurs de pression, 70 inclinomètres et 150 capteurs de température.
- Installation sur site programmée en juillet 2020, avec *Penfeld* et le navire allemand *Meteor*, durant la campagne *Marolis*.

Développements technologiques

Equipex NAOS

Contexte et enjeux

NAOS (Novel Argo Observation System) est un projet «Equipex» («équipement d'excellence») démarré en 2011, et financé par les «investissements d'avenir» de l'ANR. Il a été prolongé d'une année jusqu'en 2020. L'objectif de NAOS est de consolider la participation française au réseau international Argo de profileurs océanographiques et d'anticiper les évolutions du réseau pour la décennie à venir. Un des objectifs principaux, est de développer la prochaine génération de flotteurs Argo, afin de disposer de flotteurs plus performants, plus «intelligents», capables d'embarquer des capteurs biogéochimiques, d'atteindre de plus grandes profondeurs (4000 m) et d'observer les régions polaires.

Résultats 2019

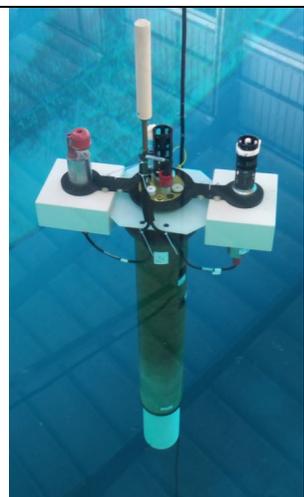
L'Arvor est le profileur le plus déployé au monde en 2018 et en 2019. Ce résultat est le fruit de travaux effectués dans le cadre de NAOS, pour améliorer les performances de ce produit. Les statistiques montrent en effet une nette amélioration de la durée de vie en mer de l'Arvor (source : site internet JCOMMOPS) : le taux de survie des Arvor après 1200 jours en mer est de 96%, contre 75% avant les travaux NAOS.



Déploiement d'un profileur Arvor Iridium (Photo : Amundsen Science / Lauren O'Dell)

Le profileur profond "Deep-Arvor" a connu les années passées des difficultés en termes de performances hydrauliques. Il a alors été décidé de mettre en place des essais systématiques en caisson hyperbare, afin notamment de garantir l'absence de désamorçage ou de faiblesse de la pompe, sur toute la gamme de pression (0 – 400 bars). Ainsi, 15 deep-Arvor ont été testés en caisson en juin 2019, et aucun n'a présenté de signe de faiblesse de la pompe. Les travaux d'améliorations sur ce sujet (changement des raccords hydrauliques, renforcement de la procédure de mise en huile, renforcement des procédures de test en cours de production) semblent donc avoir porté leur fruit. Malheureusement, aucune campagne de déploiement de deep-Arvor n'a eu lieu en 2019, il faudra donc attendre 2020 pour confirmer ce résultat à la mer.

Le deep-Arvor tri-têtes a terminé avec succès ses qualifications à la mer en mai 2019. Il confirme ses performances et l'intérêt d'une telle plateforme pour inter-comparer des capteurs océanographiques *in situ*. Lors d'une recalibration en usine, la sonde RBR*concerto*³ deep a pris l'eau, montrant un défaut de conception ou de production de leur cellule de mesure. Des actions correctives devraient s'étaler chez RBR jusqu'au premier ou second trimestre 2020, retardant d'autant le déploiement de ce prototype en mer.



Test d'un deep-Arvor Tritête au bassin (sonde RBR à gauche, sonde SBE41 au centre, sonde SBE61 à droite).



Récupération du deep-Arvor Tritête après qualification en mer en mai 2019 (Photos Ifremer)

Afin d'obtenir un maximum de retour à la mer sur le capteur NOSS (NKE Optical Salinity Sensor), l'un des Provor NOSS, acheté dans le cadre du projet NAOS, a été déployé en Méditerranée. Il a été récupéré après 3 mois en mer. Les données ainsi acquises ont permis de confirmer les bons résultats en termes de fonctionnement, mais ont mis en avant un défaut de positionnement mécanique d'une bride, qui finit par entraîner le décollement d'un miroir du capteur. Ce défaut a également été confirmé par le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE). NKE instrumentation a depuis modifié l'emplacement de la bride, afin de supprimer ce problème. Un autre Provor NOSS sera déployé début 2020, pour acquérir davantage de retour de fonctionnement à la mer.

Perspectives 2020

L'Arvor s'est hissé au premier rang mondial des profileurs « Core Argo ». Nous voyons ici tout l'intérêt des actions d'améliorations effectuées dans NAOS. Ce type d'action devra être pérennisé dans le montage des nouveaux projets.

Le profileur Deep-Arvor a par ailleurs montré ses capacités d'emport de capteurs additionnels. Ainsi, après avoir passé avec succès les différentes étapes de qualification, le "Deep-Arvor tritête" doit maintenant être déployé de manière opérationnelle.

Les équipes de recherche et développement technologique du service IIM continuent à être un support aux infrastructures et aux projets opérationnels (ERIC EuroArgo, Coriolis et CPER), ainsi qu'aux scientifiques qui exploitent les profileurs. Elles continuent également leur rôle d'interface avec les industriels.

Enfin, l'année 2020 verra également la publication finale de la partie « développement technologique » de NAOS.

EARISE

Contexte et enjeux

Le projet Euro-Argo RISE (Research Infrastructure Sustainability and Enhancement) est un projet H2020 coordonné par l'ERIC Euro-Argo, qui implique 19 partenaires. Il vise à garantir le maintien de la contribution européenne au programme international Argo, et à en développer la contribution, à la fois par le développement de nouveaux produits ou de nouvelles mesures, l'amélioration des process et des services offerts.

Résultats 2019

Les travaux 2019 ont commencé par la conception du profileur Arvor RBR. La conception mécanique a été sous-traitée à NKE instrumentation, qui a proposé le montage du capteur RBR sur la même tige supérieure que pour les profileurs équipés d'une sonde Seabird. A la fois pour des questions de coût unitaire du futur profileur, mais aussi pour profiter du bon retour d'expérience de la tige actuelle. Cette pièce d'adaptation est conçue pour équiper à la fois l'Arvor et le Deep-Arvor.

Ainsi, le capteur RBR est monté en lieu et place du capteur Seabird, grâce à une pièce d'adaptation, qualifiée pour un fonctionnement Core Argo (200 bars) en novembre 2019. L'aménagement interne du profileur a été légèrement revu pour accueillir l'électronique d'acquisition du capteur RBR. Le logiciel, réalisé sur fonds propres par la société NKE instrumentation, a été codé et termine ses phases de qualification en décembre 2019.



Capteur CTD (Conductivity, Temperature, Depth) RBR monté sur la tête de l'Arvor, pour qualification de la pièce d'adaptation en caisson hyperbare.

Les discussions tripartites Ifremer-NKE instrumentation-RBR ont permis d'avancer rapidement et de préparer l'étape de calibration, menée par RBR. Cette phase primordiale a pour objectif de placer la sonde RBR dans son environnement final sur l'Arvor, et de s'assurer de la qualité des mesures malgré la présence de l'antenne et du mâtériau de l'optode d'oxygène dissous.

Perspectives 2020

Les travaux sur l'Arvor RBR vont se poursuivre, avec la fin de qualification logicielle et la calibration de la mesure sur profileur Arvor. Puis, suivront les étapes habituelles de qualifications : rodage logiciel sur simulateur d'environnement, qualifications en caisson hyperbare d'un profileur complet, qualification en bassin puis en mer.

Les travaux sur le deep-Arvor RBR prendront ensuite le relais, de la même manière que pour l'Arvor, et seront menés par les équipes de RDT : adaptation du driver RBR sur le deep-Arvor, qualification en caisson hyperbare de la tête, calibration, rodage, qualification finale et déploiement opérationnel. Enfin, un nouvel exemplaire du Deep-Arvor Tritête doit également être réalisé, qualifié et déployé.

ROEC

Contexte et enjeux

Le projet CPER ROEC (Réseau d'Observation (haute fréquence) pour l'Environnement Côtier) (2015-2020) prévoit en particulier de développer et tester de nouveaux outils technologiques pour l'observation côtière. Dans ce contexte, nous avons proposé la jouvence de l'architecture électronique des profileurs autonomes, avec pour objectif de développer la carte électronique du futur (10 prochaines années).

Résultats 2019

Trois prototypes de nouvelles cartes « vecteur » pour les profileurs ont été livrés en juin 2019, équipés d'un logiciel *a minima* qui permet de tester le bon fonctionnement des différents sous-ensembles.

Les travaux ont porté sur :

- La prise en main des outils de développement logiciels ;
- La vérification du bon fonctionnement des différents sous-ensembles ;
- Une qualification poussée de la consommation de toutes les fonctions de la carte, dans différents modes de fonctionnement (et notamment en veille) ;
- Le développement et l'optimisation des drivers logiciels ;
- La qualification du cœur microcontrôleur de la carte, à savoir les fonctions « mémoire », horloge, watchdog.

Perspectives 2020

La qualification approfondie de la carte va continuer en 2020. Un bilan sera réalisé sur la qualification des différents sous-ensembles de la carte, afin de réaliser si besoin une version 2 qui porte les améliorations proposées. Un séquenceur sera mis en place, avant d'attaquer le codage de la partie applicative.

ERC Wapiti

Contexte et enjeux

Le développement du profileur « Deep-Arvor WAPITI » est lié à un ERC (European Research Council) Starting Grant du programme Européen pour la Recherche et l'Innovation "Horizon 2020", dont le LOCEAN est bénéficiaire et l'Ifremer partenaire. Ce projet de Recherche vise à étudier les zones de convection profonde dans l'océan Austral (en mer de Weddell, Antarctique). Le profileur grand fond Deep-Arvor a été équipé d'un ADCP, mesurant son déplacement horizontal lors de son "survol" du fond, contrôlé par un altimètre, et capable d'éviter la glace en remontant à la surface. Cinq instruments ont été fabriqués.

Résultats 2019

Deux deep-Arvor WAPITI ont été déployés en 2019, mais ont fourni des résultats mitigés. Le premier n'a survécu que 3 cycles. La partie ADCP du second profileur a cessé de fonctionner au 10^{ème} cycle. Une analyse poussée n'a pas permis d'identifier les raisons de ces dysfonctionnements : prise d'eau dans le caisson pile externe, problème d'ADCP, autre ? Le retour d'expérience du fonctionnement de ces profileurs est toutefois riche en enseignements, et doit faire l'objet d'une analyse détaillée.

Perspectives 2020

Afin de garantir le fonctionnement à la mer lors des prochains déploiements, les packs ADCP et caisson piles des deux deep-Arvor WAPITI restants vont être passés en caisson hyperbare. L'analyse des déploiements 2019 va continuer début 2020, avant de décider d'implémenter d'éventuelles corrections logicielles pour en améliorer le fonctionnement, dans la perspective d'un dernier déploiement en 2021.

ASFAR

Contexte et enjeux

Le système ASFAR (Autonomous System For Argo Float Release) a pour objectif de permettre le déploiement des profileurs Argo, de manière automatique et récurrente, au même endroit dans l'océan. Il s'agit d'un châssis qui embarque plusieurs profileurs, stockés en position éteinte, et qui est posé sur le fond. A des dates pré-programmées, le châssis libère un profileur, qui doit alors commencer son cycle de vie depuis le fond.

Résultats 2019

Deux châssis déployés par le LOPS ont libéré chacun 4 flotteurs en 2019, qui ont fonctionné correctement.

La fonctionnalité de démarrage sur un châssis posé sur le fond a également été portée et qualifiée sur le Deep-Arvor.

Perspectives 2020

Le service IIM participera à la qualification bassin de la version deep ASFAR, déployée en mer en 2021.

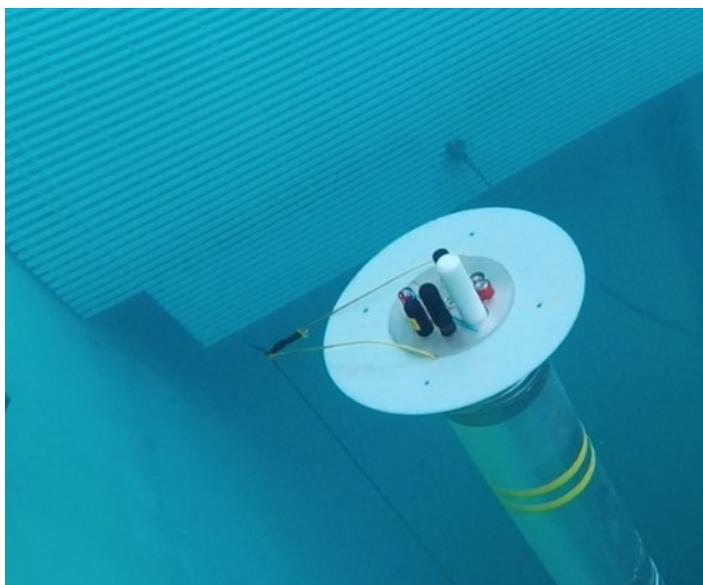
COGNAC

Contexte et enjeux

L'objectif du projet est de développer une stratégie expérimentale *in situ* innovante de mesure de la dynamique océanique fine échelle (<100km), grâce au suivi par acoustique d'une nuée de flotteurs autonomes bas coût. Ce projet est piloté et financé par le LOPS.

Résultats 2019

Depuis la fabrication du premier prototype, RDT/IIM a effectué un soutien pour la partie mécanique du flotteur, par des améliorations pertinentes suite au montage et à l'utilisation du premier prototype. Suite à une réunion de travail avec le fournisseur du vérin électrique, le vérin a été changé et a engendré une modification des pièces mécaniques. Le second prototype commandé à la fin de l'année 2019 intègre toutes ces modifications et permettra la qualification pendant l'année 2020. Le service IIM a co-encadré un stagiaire pour le positionnement acoustique et la mesure de la dérive d'horloge en condition réelle.



Essais bassin du profileur COGNAC (Photo LOPS/A. Ponte)

Perspectives 2020

Le service IIM a fourni un soutien en mécanique (mise au point des 2 premiers prototypes) et en électronique (Conception de l'électronique faible consommation). Une réunion d'information aura lieu début janvier pour partager l'ensemble des développements et connaissances acquises lors du développement des 2 premiers prototypes. Le LOPS a lancé des dossiers pour financer le projet.

Popstar

Contexte et enjeux

Popstar est l'un des projets Merlin (Pour la MER, Lancement d'Initiatives Nouvelles), lancés début 2016 par la Direction Générale de l'Ifremer sur fonds propres. Popstar implique plusieurs Unités de Recherche de l'Ifremer, dont RDT qui est en charge des développements technologiques. Ces travaux impliquent également des chercheurs de l'UMR MARBEC, et une collaboration avec le LIRMM.

L'objectif du projet Popstar est de développer une nouvelle marque archive à transmission satellite permettant de collecter et de transmettre de la donnée sur la biologie et l'environnement d'un grand nombre d'individus d'espèces marines différentes localisés dans l'espace et le temps.

Résultats 2019

Optimisation de la forme de la marque

Après validation du dispositif de traction en canal, plusieurs essais ont pu être réalisés à la fois sur des marques du commerce et sur des conceptions RDT. Ces essais comparatifs ont apporté des enseignements précieux sur le comportement hydrodynamique des marques jusqu'à 5 m/s.

Toujours dans le but d'identifier le meilleur compromis volume - masse - stabilité - trainée, les échanges avec le laboratoire CSM ont permis d'élaborer un plan de travail cohérent devant aboutir à une optimisation de l'enveloppe géométrique de la marque. Une société extérieure a réalisé une étude paramétrique afin de comprendre comment minimiser la trainée hydrodynamique tout en respectant l'intégration des composants électroniques et en conservant un module de stabilité jugé optimal.

Qualification des composants et matériaux

Grâce au concours des laboratoires CSM et DCM de l'Unité RDT, de nombreux essais de caractérisation physiques et mécaniques ont permis de valider les choix.

Qualification d'une méthode de fabrication

Les mousses syntactiques de coulée trouvées dans le commerce ne proposent pas de références permettant d'atteindre la profondeur demandée par le cahier des charges avec une densité suffisamment faible pour respecter les critères de taille. Il a été décidé de travailler avec une mousse qualifiée par le constructeur à 153 bars. La procédure de mise en œuvre proposée par le constructeur permet d'obtenir des caractéristiques physiques et mécaniques compatibles avec les attendus du projet jusqu'à 1500 mètres de profondeur. Une seconde piste de développement a été proposée pour obtenir une densité la plus faible possible tout en répondant aux contraintes mécaniques, avec une fabrication en demi-coquilles usinées à partir de blocs de mousse syntactique de densité idoine. La qualification d'un procédé de fabrication est actuellement en cours. En parallèle, plusieurs industriels spécialisés dans la réalisation de produits en mousse syntactique ont été abordés afin d'identifier leur intérêt pour une fabrication en petites séries de la marque Popstar.

Réalisation de prototypes

Lors du Comité Scientifique du mois de mars, il avait été convenu que RDT mettrait à disposition 3 marques pour une opération programmée fin avril/début mai. Un second lot de 3 marques a été réalisé à la fin de l'été pour une opération de marquage qui s'est déroulée en novembre à La Réunion ; 2 agents de l'équipe projet y ont participé.

Intégration des éléments disponibles de la BIA

En relation avec le LIRMM et MARBEC, l'intégration des composants associés à la BIA a été anticipée ; cela impacte essentiellement la carte électronique et son alimentation. Une

fonction de détection de l'électrode a été implémentée. Des réunions mensuelles ont également permis de s'informer mutuellement des avancées de chaque équipe.

Perspectives 2020

L'ensemble des résultats obtenus en 2019 et des études en cours doivent permettre de disposer de marques répondant aux objectifs initialement fixés du projet Popstar. L'année 2020 se focalisera sur :

- ✓ l'intégration des éléments disponibles de la BIA,
- ✓ la réalisation d'une dizaine de prototypes opérationnels,
- ✓ la recherche d'un industriel intéressé par la commercialisation du produit Popstar.



Première réalisation en demi-coquilles usinées

Marel COSTOF2

Contexte et enjeux

L'IFREMER a acquis depuis plus de 20 ans, une réelle expérience sur les développements technologiques de stations de mesures automatisées principalement pour les grandeurs physiques et chimiques de l'eau en milieu marin dans le domaine côtier, initialement dans le cadre de l'ancien programme MAREL (Mesures Automatisées en Réseau pour l'Environnement Littoral). Les travaux se poursuivent sous l'égide du réseau « Coast Hf » réseau élémentaire de l'Infrastructure de Recherche ILICO, <https://www.ir-ilico.fr> pour fiabiliser et faire évoluer les différentes stations.

Plusieurs stations de mesures sont maintenant déployées sur plusieurs sites positionnés le long du littoral métropolitain afin de couvrir les trois façades maritimes.

En raison de problèmes d'obsolescence (électronique/communication) et de maintenance sur le système d'acquisition actuel, une jouvence de ces stations de mesure s'avère indispensable. Le nouveau système d'acquisition multicapteurs COSTOF2, développé spécifiquement par l'Ifremer pour répondre aux besoins des observatoires fond de mer sera adapté afin de répondre aux spécificités des stations de mesures côtières, et remplacera à terme, le système d'acquisition actuel (MAREL ESTRAN).

Les stations de mesure concernées par cette jouvence sont :

- Bouée Marel Iroise (Sainte Anne du Portzic).
- Bouée SMILE (Luc sur Mer).
- Bouée MOLIT (Baie de Vilaine).
- Bouée MESURHO (Fos Sur Mer).
- Station Marel Carnot (Boulogne Sur Mer).

Résultats 2019

Pour répondre à la demande de surveillance continue *in situ* du projet, un travail conséquent d'adaptation logiciel et mécanique a été entrepris au premier semestre 2019 sur le COSTOF2 par le service IIM. Une évolution électronique matérielle a été réalisée afin d'ajouter des fonctionnalités et de faciliter son utilisation par des personnes non spécialisées.

Le service ISI (Ingénierie des Systèmes d'Information) a travaillé quant à lui à l'archivage des données et les a rendues disponibles à partir d'un portail web. <http://www.emso-fr.org/charts/iroise/>.

Afin de valider les données scientifiques, le système d'acquisition nouvelle génération « COSTOF2 » a été déployé en parallèle du système vieillissant « ESTRAN » sur la plateforme Marel Iroise située à Sainte-Anne du Portzic.



Système d'acquisition continue COSTOF2 sur la bouée Marel Iroise

L'accent a été porté sur la fiabilité du système. Les essais en endurance ont débuté au 2^e semestre 2019 et se révèlent prometteurs. Ces tests ont permis de valider les solutions choisies.

Perspectives 2020

Au premier trimestre 2020 s'achèvera la phase de test en endurance et permettra la fourniture du matériel opérationnel pour équiper IROISE, SMILE, MOLIT, MESURHO et Marel Carnot. Les plateformes Marel seront les premières stations de mesure à tester la nouvelle version du frontal d'acquisition intelligent COSTOF2 V3.

Soutiens aux autres Unités

Contexte et enjeux

La Direction Générale de l’Ifremer a décidé de lancer des travaux de modernisation du NO *L’Atalante* avec pour objectif d’étendre la durée de vie du navire pour une sortie de flotte prévue à l’horizon 2030. Ces travaux concernent des équipements généraux du navire comme les diesels alternateurs mais aussi des équipements destinés aux prélèvements scientifiques. Depuis de nombreuses années, l’Unité RDT apporte un soutien à la Direction de la Flotte Océanographique pour les travaux d’installation et/ou de modernisation des appareils de pont comme les portiques, grues et treuils. Cette compétence reconnue est mise à profit en intégrant un ou plusieurs agents dans les équipes de projet. La responsabilité du lot treuil et portique a été confiée au service IIM.

Travaux réalisés

L’activité 2019 s’est essentiellement focalisée sur l’organisation et le suivi des appels d’offres concernant le treuil et le portique du NO *L’Atalante*. La lettre de mission initiale prévoyait un remplacement du treuil à l’identique en termes de capacité. Un travail préparatoire important a été nécessaire afin d’être au plus près des besoins des utilisateurs. En relation avec le GT carottage, la capacité en traction de ce nouvel équipement a été analysée, puis discutée avec la société de classification afin de trouver le meilleur compromis possible. Sur la base d’un dossier de justification, la Direction de la Flotte Océanographique a validé la demande du GT Carottage et a approuvé le lancement d’un appel d’offres pour un treuil et un portique latéral d’une capacité de traction de 20 tonnes. Outre la rédaction de nombreux documents, cette activité nous a conduits à réaliser plusieurs essais de câbles en relation étroite avec le laboratoire CSM.

La nécessité d’engager ce contrat avant la fin de l’année nous a imposé un calendrier tendu ; lancement de l’appel d’offres en juin 2019 pour une remise des offres à la fin du mois de septembre. L’approbation du contrat devant obligatoirement intervenir lors du dernier Conseil d’Administration de l’année. En relation directe avec le Chef de projet et les autres responsables de lots, la participation aux réunions périodiques a été assurée.

Perspectives 2020

L’activité 2020 sera poursuivie dans le cadre du contrat d’études et de réalisation pour la fourniture du treuil et du portique du NO *L’Atalante* (validé en fin d’année 2019 par le Conseil d’Administration de l’Ifremer). L’année 2020, sera consacrée au suivi de ce contrat et à la préparation des travaux d’intégration à bord. Cette seconde activité doit faire l’objet, en début 2020 d’un nouvel appel d’offres qui permettra d’identifier le chantier naval où se dérouleront les travaux d’intégration en 2021.



Navire Océanographique *L’Atalante* – Vue sur portique latéral

Soutiens au laboratoire CSM

Rénovation des caissons hyperbares ACB, corrosion et HP Systems et 2400 bars

Le service IIM a participé en soutien aux équipes du laboratoire CSM à la rénovation des caissons hyperbares et à la rédaction des appels d'offres pour la rénovation des systèmes de pilotage. Les Appels d'offre seront lancés début 2020. En complément des travaux effectués en 2017, quelques améliorations ont été réalisées. De nouvelles pièces d'interfaces pression et d'étanchéité ont été conçues et sont en cours de réalisation ou d'installation.

Caissons crush

Le service IIM a assuré la conception de deux nouveaux types de caissons à ouverture rapide destinés à la qualification de matériaux sous pression. Le premier en eau de mer d'une capacité d'1,85 litre et pouvant aller jusqu'à 1000 bars de pression et 105°C en température, le second de capacité identique et pouvant aller jusqu'à 500 bars de pression et 180°C en température. Ces caissons sont en cours de certification par le Bureau Veritas.

CAISSON D'ESSAIS « CRUSH »



Projet Realtide

Le service IIM a assuré la conception et la réalisation d'un système de verrouillage de Mors de traction à ouverture rapide destiné à la qualification de matériaux composites en eau de mer.

Campagnes 2019

Campagne EssPenf50 et Adaptation du treuil du *Marion Dufresne II*

Contexte et enjeux

L'entrée dans la Flotte Océanographique Française du *Marion Dufresne*, a été assujettie à une liste de travaux d'adaptation, permettant la mise en œuvre opérationnelle des équipements mobiles généralement utilisés sur les navires hauturiers comme la sismique lourde, le ROV Victor et le pénétrromètre Penfeld.

Un contrat d'études et réalisation (18/2216756) a été conclu avec la société Kley-France en fin d'année 2018 afin de définir les équipements à installer dans le portique arrière du *Marion Dufresne II*, afin d'opérer le ROV Victor et le pénétrromètre Penfeld dans des conditions de sécurité optimale. Le suivi de ce contrat a été confié au service IIM.

Une convention tripartite (19/1000179) relative à la réalisation d'un arrêt technique permettant les travaux d'adaptations nécessaires a été signée entre l'Ifremer en qualité d'opérateur unique de la TGIR Flotte, les TAAF en qualité d'affrètement du navire et Louis Dreyfus Armateurs en qualité d'armateur. L'annexe 1 de cette convention précisait les différents travaux envisagés.

L'activité scientifique du *Marion Dufresne II* en 2020 étant principalement articulée autour de missions associant le carottage et le pénétrromètre Penfeld, la Direction de la Flotte Océanographique a proposé au service IIM de prendre la responsabilité du suivi de l'arrêt technique du *Marion Dufresne II* inhérent à ces travaux d'adaptation. Cet arrêt technique s'est déroulé à Durban en Afrique du Sud.

Résultats 2019

Adaptations du portique arrière du MDII

Les études liées aux adaptations et interfaces nécessaires, ont été ponctuées de plusieurs revues de projet au cours du premier semestre 2019 en liaison étroite avec DFO-NSE et DFO-SM. Les équipements réalisés ont fait l'objet d'une recette en atelier au début de l'été. Le matériel a ensuite été expédié à Durban pour une installation prévue entre septembre et octobre au cours de l'arrêt technique du navire.

Organisation et suivi de l'arrêt technique

Dès le début de l'année, cette activité a consisté à s'assurer du bon transfert des informations entre les différentes parties à savoir : Kley-France pour les équipements dans le portique arrière, DFO-NSE pour le matériel de sismique, DFO-SM pour le ROV Victor, Genavir-STN pour les divers travaux de coque d'une part, et d'autre part l'armateur du navire (LDA) qui sous-traitait les travaux lui incombant à un chantier local EBH. Cette responsabilité concernait également la mise à jour des plannings d'intervention des différents acteurs. La difficulté majeure fût d'être en mesure de réaliser en fonction de l'avancement des travaux les choix indispensables au respect d'un calendrier tendu.

La fourniture des piézocônes pour Penfeld

Suite à l'appel d'offres lancé en 2018 concernant la fourniture de 2 piézocônes auto-compensés pour le pénétromètre Penfeld, un contrat (18/2216532) a été signé au début de l'année 2019 avec la société AP Van den Berg. Au cours du premier semestre, plusieurs réunions et contacts téléphoniques ont permis de définir précisément les interfaces attendues entre le matériel développé et le pénétromètre Penfeld. Un représentant de la société AP Van den Berg est venu vérifier à la fin de l'été l'interfaçage de ses équipements. Les essais en mer se sont ensuite déroulés au large de La Réunion à bord du *Marion Dufresne II* au cours de la mission EssPenf50-2019.

Perspectives 2020

Le programme du *Marion Dufresne II* prévoit un retour en Méditerranée au début du mois de mai pour la mission ALBACORE (missions GHASS à suivre). Les travaux d'adaptation et/ou d'amélioration permettant une mise en œuvre du pénétromètre Penfeld devront être terminés à cette date. De même, la recette des piézocônes Van den Berg destinés à équiper le pénétromètre Penfeld est à finaliser. Pour cela, il est actuellement prévu d'introduire dans le programme du navire une mission d'essais supplémentaire. Le principe d'un transfert de l'ensemble du matériel associé au pénétromètre Penfeld (y compris le Penfeld lui-même) a été abordé et doit être instruit dès le début de l'année 2020.



Portique arrière du *Marion Dufresne II* avec son interface pour opérer le Penfeld

Préparation de la mission Estime 2

La campagne ESTIME 2 (ESSais Technologiques d'Instrumentations Marines et d'Equipements) a pour objectifs de valider par des essais à la mer différents équipements et instrumentations marines conçus par le service IIM et d'autres unités de l'Ifremer. Ces essais constituent pour la plupart des équipements une étape indispensable et essentielle dans le processus de développement et permet d'initier la phase de transfert vers les équipes soit scientifiques, soit opérationnelles. Cette étape d'essais en conditions opérationnelles est nécessaire pour assurer le bon fonctionnement de ces instruments lors des missions scientifiques.

Envisagée pour le printemps ou l'été 2020 cette campagne de 15 jours à bord du *Pourquoi Pas ?* vise à tester les équipements suivants :

- le pénétromètre PENFELD en version planteur de tiges instrumentées avec la mise en place de deux prototypes TIPS au niveau de l'observatoire EMSO à Nice (ANR MODAL),
- les nouvelles pointes Penfeld,
- le test d'un protocole d'intervention sur instrument connecté à un observatoire sous-marin,
- la station SOLESS avec le microprofileur et la mesure de méthane (en vue de la campagne GHASS),
- la récupération des lests avec la mise à l'eau simultanée de deux câbles et d'un ROV,
- le module ALP² de récupération d'instrumentation sans variation de masse,
- le spectromètre Raman et nanocapteurs SERS / Spectromètre de masse,
- le nouveau système de déclenchement acoustique des carottiers CALYPSO,
- la simulation de forage avec un carottier à roche à partir d'un ROV,
- la préparation du déploiement de la station de fond MARHA.

Le service IIM a pris en charge la définition de la campagne et du dossier de candidature en collaboration avec les équipes scientifiques et techniques concernées (RDT, GM, DFO, SM). Le dossier de candidature à l'appel d'offre hauturier CNFH 2020 a été soumis en Septembre 2018. La CNFH n'étant pas compétente pour évaluer les campagnes technologiques, cette demande de campagne n'a pas été évaluée. Plusieurs réunions ont eu lieu en 2019 avec DFO pour obtenir sa programmation hors campagnes CNFH. Les contraintes budgétaires, opérationnelles et calendaires de la DFO n'ont pas permis de la programmer en 2020. Des études sont en cours afin de programmer les travaux liés à des projets financés ou à la préparation de missions scientifiques sur des campagnes scientifiques.

Travaux d'amélioration des grues de l'Atalante et de Thalassa

Deux nouvelles grues ont été installées, une sur l'Atalante et une autre sur la Thalassa en 2017. Les grues ont présenté des défauts de conception qui ont entraîné des avaries graves. Des améliorations et des travaux de réparation ont dû être réalisés en lien avec le fabricant. Le service IIM a effectué le suivi de ces travaux en partenariat avec les équipes de DFO/NSE et de Genavir. En effet, ces travaux consistaient principalement au remplacement des motoréducteurs de rotation, à l'ajout d'un système de verrouillage en rotation et d'un poste de repos. Ils ont eu lieu durant l'arrêt technique du mois de Novembre et Décembre 2018 au Chantier naval Astander à Santander puis à quai à Brest au début de l'année 2019. Suite à ces non-conformités des procédures juridiques ont été lancées envers le fabricant des grues et le service IIM a apporté son soutien aux services juridiques et aux avocats pour toutes les considérations techniques liées à ce litige.

Laboratoire Détection Capteurs et Mesures (DCM)

Développement de capteurs et systèmes de mesure

BODY

Contexte et enjeux

L'ostréiculture française est frappée depuis 2008 par des mortalités massives qui affectent le naissain d'huître creuse *Crassostrea gigas* et qui sont causées par le virus OsHV-1. La température est un facteur clé qui contrôle les mécanismes de cette infection virale. Dans le cadre d'un projet récent (projet TEMPO 2016, ministère de l'agriculture et de la pêche), il a été démontré expérimentalement qu'un gain de température induit une réponse thermique dans les tissus de l'huître qui bloque les mécanismes d'infection virale (thèse L. Delisle, 2015-2018). Un premier capteur pour mesurer comment varie la température interne de l'huître *C. gigas in situ* en milieu naturel a été développé. Les mesures permettent de comprendre comment induire la réponse thermique dans l'animal et améliorer sa survie en élevage. Nous cherchons à obtenir la donnée de température corporelle de l'huître selon les sites, selon qu'elle soit élevée sur le bas ou le haut d'estran, en fonction du temps d'exondation, et au cours des saisons. Ce capteur innovant est endogène à l'huître et est utilisé sur les animaux déployés dans le cadre des réseaux de suivis conchylicoles d'Ifremer (réseau de suivi des performances de reproduction, de croissance et de mortalité par le biais du réseau national ECOSCOA). Afin de mieux comprendre le métabolisme des huîtres dans ces environnements, les scientifiques souhaitent également mesurer dans les mêmes conditions le pH et l'oxygène dissous dans l'animal. La faisabilité de tels capteurs va être testée. Ce projet est mené conjointement entre les unités RDT et PFOM.

Deux capteurs optiques (pH : *presens* et Oxygène : *Pyroscience*) ont fait l'objet en 2018 d'une évaluation métrologique et d'essais d'implantation chez l'huître creuse.

Les premiers résultats obtenus en 2018 à l'aide de capteurs optiques miniaturisés de mesure de l'oxygène et du pH nous permettaient d'envisager d'établir un nouveau système instrumental.

Résultats 2019

A partir d'un cahier des charges fonctionnelles établi par REM/RDT/LDCM et RBE/PFOM/LPI un nouvel instrument adapté aux conditions environnementales et répondant aux besoins de mesure *in situ* chez l'huître, a été réalisé, testé et validé.

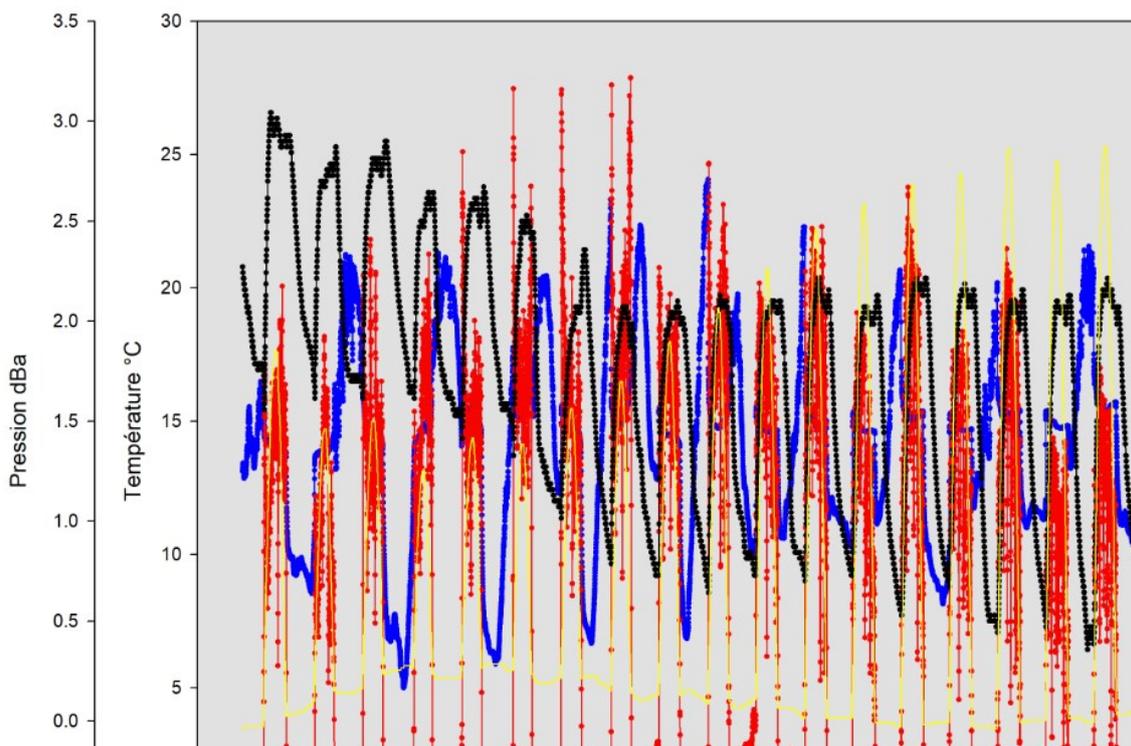
Cet appareil a été conçu autour d'une carte COSTOF2 (COmmunication and STorage Front-end 2nd génération) développée par SIIM. Cette carte est un système électronique d'acquisition, stockage et transmission de données de mesures embarqué sur différents vecteurs d'observation marins et sous-marins (stations de surveillance côtières, observatoires fond de mer autonomes, drones de surface...).

L'appareil réalisé, baptisé PHOXY, a été déployé sur le terrain en mai-juin 2019 sur le site de BR08 à Logona-Daoulas (figure ci-après).

Les résultats obtenus démontrent la capacité de PHOXY à être déployé sur le terrain afin de suivre le niveau de pH, de dioxygène et de température (Sonde SP2T-Huître) chez l'huître creuse, *Crassostrea gigas* (figure ci-après).



Système PHOXY installé in situ dans une poche ostréicole



Exemple de résultats obtenus sur une huître

Perspectives 2020

De nouveaux suivis sur l'huître creuse seront initiés au printemps 2020. La capacité d'utilisation de l'appareil PHOXY fera l'objet d'une évaluation pour le suivi des paramètres endogènes chez l'huître plate *Ostrea edulis*.

CHEMINI

Les instruments CHEMINI (CHEMical MINIaturised analyser) sont des analyseurs *in situ* pour la mesure des paramètres chimiques de l'eau de mer. Ils sont basés sur le principe de l'injection de flux qui consiste à transférer échantillons et réactifs dans un circuit hydraulique (manifold) à l'aide de différents types d'actionneurs (pompes, vannes) et à détecter suite à une réaction chimique le composé cible à l'aide d'un détecteur optique (colorimétrie, fluorimétrie ou chimiluminescence). Plusieurs méthodes d'analyses utilisant les systèmes Chemini ont été développées ou optimisées.

FeLINE

Le projet FeLINE (Fer Ligands In the auNe Estuary, Politique de site DS, 2019-2020) vise à étudier la spéciation physico-chimique du fer dans le continuum Terre-mer afin de définir puis de modéliser les dynamiques (bio) géochimiques régissant son transfert depuis la source continentale du plateau Nord-Est Atlantique jusqu'à l'océan ouvert. Cette étude s'appuie sur des prélèvements le long d'une radiale Aulne/rade de Brest/mer d'Iroise ainsi que sur une approche multi-instrumentale partagée en plusieurs tâches analytiques réparties sur les 2 ans du projet. L'ensemble des résultats permettra d'établir un modèle de spéciation physico-chimique du fer précurseur susceptible d'être utilisé à terme pour d'autres systèmes continentaux et côtiers. Trois équipes participent à ce projet, DCM, le LEMAR UBO et le LGO CNRS.

Résultats 2019

Les premiers résultats montrent que l'Aulne est une source de fer et de substances humiques dissoutes pour l'écosystème Rade/Mer d'Iroise. La spéciation physique de ce dernier est variable le long de la radiale, montrant un fer majoritairement sous forme colloïdale en rivière et estuaire et plutôt sous forme soluble en Mer d'Iroise. Les substances humiques montrent une spéciation chimique différente le long de la radiale probablement due au mécanisme d'adsorption pour les substances électroactives dissoutes et au comportement conservatif pour les autres familles.

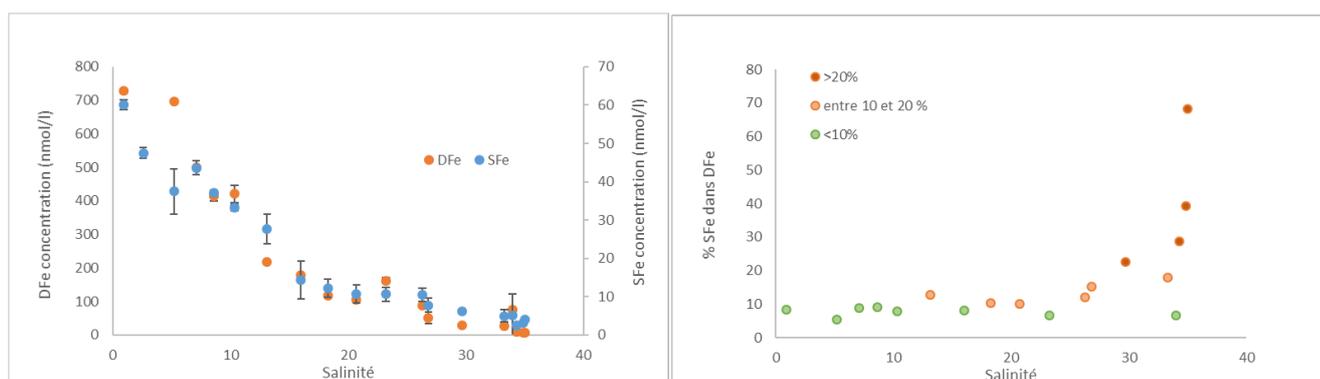


Figure gauche : Concentrations en fer dissous (DFe, orange <450 nm) et fer soluble (SFe, bleu <20nm) en fonction de la salinité (carré bleu : bouchon vaseux). Figure droite : Pourcentage de SFe dans DFe en fonction de la salinité

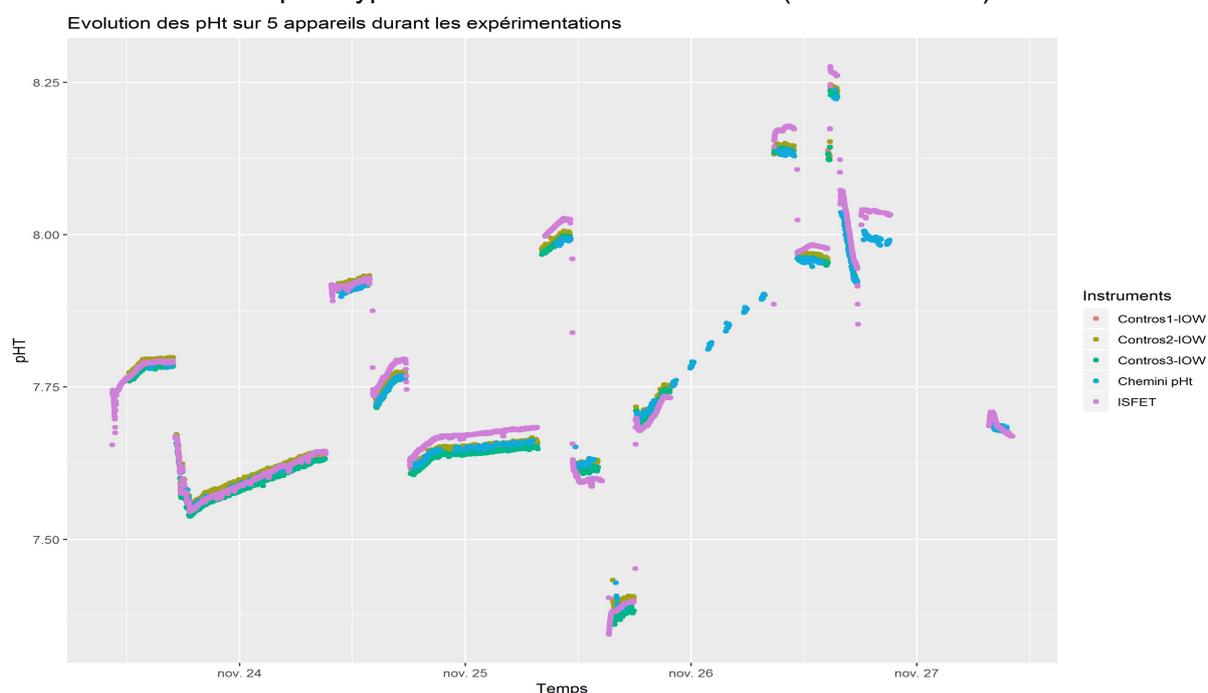
Perspectives 2020

La totalité des échantillons n'ayant pu être analysée pendant la première année du projet, la seconde année sera consacrée entre autres à l'analyse du reste des prélèvements. Ainsi les données obtenues grâce à l'extraction séquentielle et analyse par ICPMS sur les filtres, l'analyse de la spéciation du Fer par compétition de ligand, des porphyrines et du carbone organique particulière, nous permettra d'identifier et de comparer le comportement du fer et de ligands organiques le long de la radiale et d'enrichir nos connaissances sur la spéciation organique et physico-chimique du fer en milieu estuarien.

L'association de ces données avec les résultats de l'approche multi-instrumentale, associée aux analyses statistiques, nous permettra de croiser ce jeu de données finales afin de modéliser les tendances d'échanges Fer-matière organique le long de la radiale Aulne/ mer d'Iroise.

pHNX

Le projet pHNX a débuté en 2018, financé grâce à l'appel à projet DS intercentre 2017-2019. Il a été réalisé en collaboration avec les unités PFOM/PI, LITTORAL/LERPC et Unité Littorale & UMR MARBEC. Un des objectifs de ce projet était le développement d'un analyseur automatique de pH total (pHt) sur paillasse et le rattachement de cet instrument aux mesures du Système International d'Unité (SI). Les résultats obtenus lors du Trans National Access Intercarbo du projet JERICO Next ont montré une bonne cohérence entre les valeurs obtenues avec notre prototype et celles des autres instituts (808 mesures⁴²).



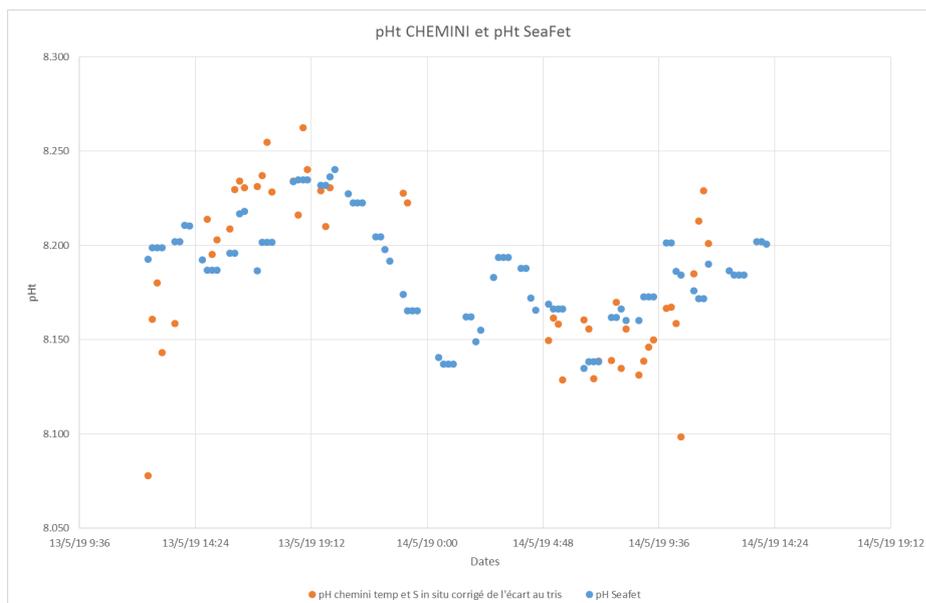
Evolution du pHt pour 5 instruments lors du TNA Intercarbo Jerico Next (Chemini pHt points bleus)

Résultats 2019

Pour l'année 2019, deux exercices d'intercomparaison ont été réalisés en collaboration avec le JPI action et JERICO Next grâce à la mesure d'étalons certifiés fournis par le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE). L'analyseur a été déployé dans une des structures développées dans le cadre du projet CHAMAUT (2016-2018) permettant d'immerger le système afin d'acquérir des données *in situ*. Les données obtenues en Rade de Brest ont été intercomparées avec une sonde SeaFet (©SeaBird), celles obtenues à Sète (étang de Thau) avec des prélèvements Niskin dont le pHt a été mesuré grâce à un spectrophotomètre de référence.

Une dernière intercomparaison, réalisée fin 2019 au laboratoire de métrologie de LDCM a permis de finaliser le plan d'expérience et d'avoir un recul complet sur les performances analytiques de l'analyseur. Ces derniers résultats obtenus avec l'analyseur de pHt clôtureront le projet pHNX.

⁴² Laakso Lauri, Honkanen Martti, Kielosto Sami, Laurila Tuomas, Mäkelä Timo, King Andrew, Sørensen Kai, Bellerby Richard Garth James, Marty Sabine, Seppälä Jukka, Rehder Gregor, Müller Jens Daniel, Le Gall Christian, Thomas Lena, Delauney Laurent, Cantoni Carolina, Petersen Wilhelm, Gehrung Martina, Bastkowski Frank (2019). JERICO-NEXT TNA: Intercomparison of instruments for carbonate system measurements (INTERCARBO). SEANOE. <https://doi.org/10.17882/62526>



Evolution des données pH obtenues lors du déploiement en Rade de Brest grâce au Chemini pHt (orange) et au SeaFet (bleu) en Mai 2019

Au cours de son contrat d'alternance, Léna Thomas a développé une routine informatique automatisant le traitement des données de pHt. Cette macro a permis d'optimiser et d'accélérer l'analyse des spectres du CHEMINI et de déterminer plus rapidement les concentrations recherchées. Le travail mené sur le traitement des données pHt a pu être généralisé aux autres instruments, facilitant ainsi l'obtention de résultats lors de mesure sur le terrain ou dans le cadre d'expérimentation.

Chamaut

Suite au projet CHAMAUT (défi-interdisciplinaire CNRS et Politique de Site IFREMER, 2016-2018), l'équipe du LER de Sète (collaborations V. Ouisse et D. Munaron) continue d'utiliser l'instrumentation développée au sein de ce projet pour la mesure des concentrations en ammonium, nitrates/nitrites et phosphates. Un déploiement a eu lieu en septembre par l'équipe de Sète afin d'améliorer le jeu de données existant et permettre de valoriser le travail mené ces dernières années. L'un des objectifs était d'établir les incertitudes de mesure des CHEMINIs et de les comparer avec les méthodes de mesures de référence réalisées au laboratoire.

Chubacarc et Momarsat 2019

Les Cheminis Fer et sulfures ont été utilisés en 2019 lors de 2 campagnes océanographiques : CHUBACARC (Sud-Ouest Pacifique du 25 mars au 7 juin 2019) et Momarsat (EMSO Azores, Atlantique Nord, du 10 juin au 4 juillet 2019).

La mission CHUBACARC portait sur la réalisation d'un inventaire de la faune ainsi que des caractéristiques physico-chimiques des fluides hydrothermaux autour de cinq sites répartis dans l'Océan Pacifique (1100 à 3500 m). Pour cela, 3 CHEMINIs grands fonds ont été couplés au ROV VICTOR 6000, sur le N/O L'Atalante. Le CHEMINI Fer (CF3) a été modifié pour la mission CHUBACARC en version pour le dosage des sulfures totaux. Ce dernier a parfaitement fonctionné à des profondeurs supérieures à 3000m, les 2 autres (moteurs pas à pas) pour des profondeurs inférieures à 2000m.

A la suite du Leg1 de CHUBACARC, les CHEMINIs CF1 et CS1 ont été utilisés pour la mission MOMARSAT à bord du N/O « Pourquoi Pas ? ». L'objectif de cette mission est de suivre sur le long terme (> 10 ans) la dynamique d'un système hydrothermal de dorsale et des écosystèmes associés. DCM a été impliqué pour la mise en œuvre des CHEMINIs

Grands Fonds Fer et Sulfure pour l'étude des gradients⁴³ ainsi que l'étude des facteurs environnementaux sur la croissance de diverses espèces de faune hydrothermale⁴⁴. La maintenance du CHEMINI Fer installé sur le module écologique TEMPO déployé sur l'observatoire fond de Mer a également été réalisée. Le CHEMINI TEMPO a fonctionné pendant près de 10 mois (du 19/08/18 au 15/06/19) mais les données de fer ne sont exploitables que jusqu'à décembre 2019, la canule de prélèvement, la sonde de température et l'optode ont par la suite été endommagées suite à la croissance d'un fumeur au contact direct de ces derniers. Les résultats obtenus lors de déploiements précédents (2011, 2013, 2017, 2018) ont été archivés dans la base de données SEANOE⁴⁵.

Les CHEMINIS Fer et Sulfures déployés sur le Nautille ont permis d'obtenir de très bons résultats pour la mesure *in situ* du fer et des sulfures (100% de réussite sur les 7 plongées réalisées). Pour chaque mesure ces analyseurs ont été couplés avec le préleveur PEPITO, des électrodes UNISENS et une optode pour la mesure d'oxygène dissous⁴⁶.

Adaptation de l'analyse du Fer(II) par injection de flux inversé et détection colorimétrique (FZ) en microfluidique sur l'instrumentation CHEMINI

Les travaux débutés dans le cadre du WP2 du projet Lucky Scales dont une des sous-tâches était de diminuer la consommation en réactifs et électrique du Chemini Fer déployé sur le site de Tempo ont été poursuivis lors du stage de master 1 de Noémie Choissard. L'adaptation microfluidique de la méthode d'analyse des concentrations en Fer (II) par injection de flux inversé et détection colorimétrique (Ferrozine FZ) a été réalisée avec succès. Ainsi, le volume de réactif consommé pour une analyse a été réduit de 350 fois, réelle avancée pour une future application *in situ*.

⁴³ Waeles, M., Chavagnac, V., Cotte, L., Laes, A., Riso, R., Sarradin, P-M., Pelleter, E., Dulaquais, G., Cathalot, C. (In revision) Metal partitioning after in-situ filtration at deep-sea vents of the Lucky Strike hydrothermal field (EMSO-Açores, Mid-Atlantic Ridge, 37°N), DSR

⁴⁴ Sarrazin, J., Portail, M., Legrand, E., Cathalot, C., Laes, A., Lahaye, N., Sarradin, P-M., Husson, B., Endogenous versus exogenous factors: what matters for vent mussel communities? Submitted to Deep-Sea Research part I

⁴⁵ Laes Agathe, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde (2019). CHEMINI total dissolved iron concentrations from the EMSO-Azores observatory, 2018-2019 . SEANOE . <https://doi.org/10.17882/69883>

Laes Agathe, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde (2019). CHEMINI total dissolved iron concentrations from the EMSO-Azores observatory, 2013-2014 . SEANOE . <https://doi.org/10.17882/69892>

Laes Agathe, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde (2019). CHEMINI total dissolved iron concentrations from the EMSO-Azores observatory, 2017-2018 . SEANOE . <https://doi.org/10.17882/69867>

Laes Agathe, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde (2019). CHEMINI total dissolved iron concentrations from the EMSO-Azores observatory, 2011-2012 . SEANOE . <https://doi.org/10.17882/69893>

PIF

Contexte et enjeux

La répartition et le transport des différentes composantes écologiques d'un écosystème aquatique (faune, flore et facteurs physico-chimiques) sont des paramètres clés pour la compréhension de son fonctionnement. La caractérisation chimique et l'identification de ces composantes constituent des étapes indispensables à l'étude des environnements océaniques profonds. Dans ce cadre, les sites hydrothermaux présentent des singularités qui en font le siège de processus complexes, sources de nouveaux questionnements et intérêts scientifiques.

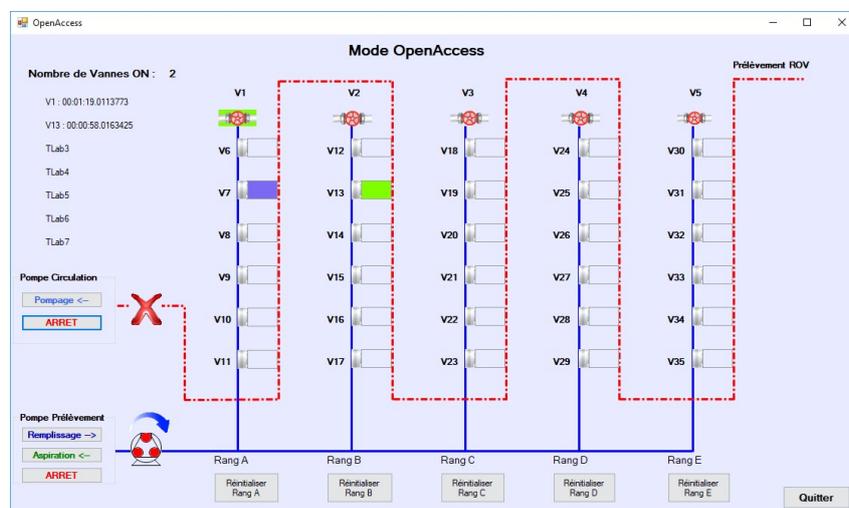
L'évaluation du PEPITO (échantillonneur de fluides grands fonds), de ses qualités et de ses défauts (son poids et son encombrement, limitant son utilisation au Victor), lors de diverses campagnes, associé à l'obsolescence de son cœur électronique, ont conduit à la nécessité de développer une nouvelle génération de systèmes de prélèvement de fluides, en prenant en compte les nouvelles problématiques et demandes scientifiques actuelles et futures, c'est l'objectif du projet PIF pour Préleveur *in situ* de fluides.

Le projet piloté par Cécile Cathalot (RDT/GM), fait intervenir plusieurs personnes de RDT de DCM et IIM.

Résultats 2019

La maintenance et l'évolution de l'Interface Homme-Machine (IHM) PIF s'est poursuivie, de nouveaux besoins ont été intégrés en 2019. Plusieurs campagnes à la mer programmées en 2019 dont Momar et Chubacarc, ont eu lieu avec de nouveaux retours d'expériences pour l'amélioration du PIF et de son IHM.

L'IHM PIF a été validé dans sa forme actuelle et répond aux besoins des scientifiques.



Visuel de l'IHM PIF en mode OpenAccess

Perspectives 2020

La possibilité de programmer des séquences de prélèvements via l'IHM PIF est à prévoir en 2020.

Technique diélectrophorétique pour la capture et le tri de micro-objets marins

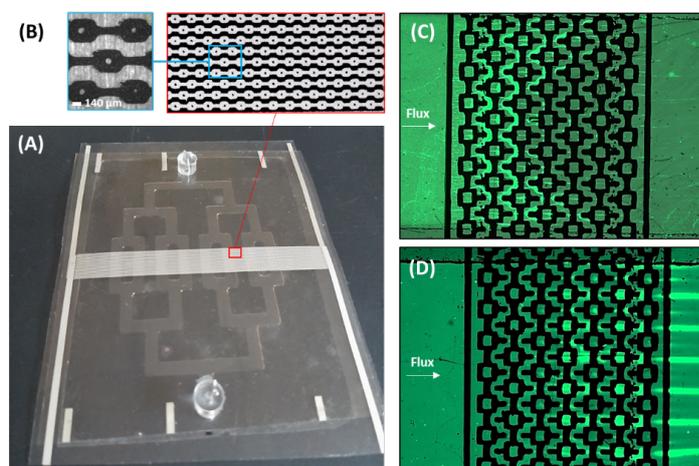
Contexte et enjeux

L'ambition de ce thème de recherche est de proposer un outil complémentaire de la cytométrie, basé sur les propriétés diélectriques des cellules plutôt que sur leurs propriétés optiques. La diélectrophorèse (DEP) est une technique puissante capable de pré-concentrer puis trier des micro-objets présents naturellement ou non en eau de mer.

En 2018, nous avons réalisé des expériences de capture de particules modèles fluorescentes grâce à deux réseaux d'électrode interdigitées disposées en vis-à-vis dans un canal microfluidique. Les électrodes sont obtenues par la technique d'impression jet d'encre, grâce à une collaboration avec le laboratoire ITODYS (Université de Paris). Nous avons alors pu montrer que la position relative des électrodes permet (i) de capturer en flux des particules jusqu'à 1 μm dans des zones d'accumulations prédictibles et (ii) d'influencer la trajectoire des objets circulant plus petits (jusqu'à 500 nm) et de les focaliser en plusieurs zones prédictibles. Enfin, nous avons montré que des algues sphériques et ellipsoïdes plates de biovolumes proches réagissent différemment au champ électrique sur une gamme de fréquence de 1 à 10 kHz, permettant de les séparer en flux.

Résultats 2019

Le développement du système de diélectrophorèse dédié à la séparation des microalgues a été poursuivi. Nous avons fabriqué un dispositif microfluidique permettant de filtrer par DEP des algues à un débit 10 fois supérieur aux premiers dispositifs de 2018 (fig. A et B). Cet objectif a pu être atteint grâce 1) à la conception d'un appareil permettant de superposer et d'aligner à quelques micromètres près, des électrodes imprimées de 9 cm de longueur et de 150 μm de large ; 2) à la fabrication d'un plateau sur mesure pour la production de membrane de PDMS rondes de 200 $\mu\text{m} \pm 3\%$ d'épaisseur sur 20 cm de diamètre ; 3) à la mise au point du protocole de découpe de ces membranes par un plotter de découpe. La résolution d'impression jet d'encre a été améliorée et a permis de diminuer les distances inter-électrodes et ainsi être en mesure de capturer des particules de 500 nm de diamètre (fig. C) et de focaliser des particules de 100 nm (fig. D). Des essais ont été conduits avec succès pour capturer des algues mobiles telles que *Isochrysis galbana* mais aussi des diatomées, comme *Pseudo-nitzschia* spp et *Thalassiosira weissflogii*. Ce dispositif de DEP est un outil très performant, nous avons été capables de séparer deux espèces d'algues de formes et biovolumes très proches (*Alexandrium* et *Scropsiella*).



(A) : Dispositif à 8 canaux obtenus avec 2 réseaux électrodes d'argent interdigitées superposés ; (B) : Grossissement des électrodes. (C) : Capture en flux de particule de 500 nm D. Focalisation en flux de particules de 100 nm.

Perspectives 2020

Le développement du dispositif multicanaux et l'optimisation du modèle d'électrode va permettre :

- L'étude de la séparation d'objets diélectriques par gamme de taille à haut débit ;
- L'étude de la préconcentration et du tri de cellule à haut débit pour des applications de diagnostic rapide. Il est notamment prévu de d'étudier le comportement de Dinophysis en DEP ;
- Le tri de cellules vivantes pour des applications en recherche.

Biocapteur électrochimique à cortisol

Contexte et enjeux

La mesure directe du cortisol comme indicateur de stress est une demande forte de la filière piscicole. Actuellement, ces mesures sont chronophages et ne permettent pas de réagir en temps voulu en cas de problème. Pour cette raison, nous proposons le développement d'un aptacapteur qui permettra de suivre les niveaux de cortisol en continu dans les bacs d'élevages ou de transports.

En 2018, nous avons mis au point une méthode électrochimique de mesure de l'affinité d'aptamère anti-cortisol pour leur cible. Basée sur une microdialyse à l'équilibre combiné à la détection d'un analogue électroactif du cortisol, elle a l'avantage d'être sans marquage de la cible ou de l'aptamère. Ce principe de mesure permet ainsi de s'affranchir de l'influence de tout marqueur sur la mesure. Ce travail nous a permis de confirmer le K_d de la séquence 15.1⁴⁷ à 15 μM .

Résultats 2019

Nous nous sommes tout d'abord intéressés à une autre séquence d'aptamère anticortisol, publiée fin 2017⁴⁸. Dans ce cas, notre méthodologie a mesuré un $K_d = 3,5 \mu\text{M}$ (fig. A), alors que les auteurs rapportaient une affinité de 100 nM. Cette différence peut s'expliquer du fait des méthodologies employées pour cette mesure d'affinité : nous avons utilisé une mesure de direction directe, contrairement aux auteurs de la publication originale, qui ont développé une méthode d'échange compétitif entre un oligonucléotide et le cortisol pour déduire l'affinité de l'aptamère.

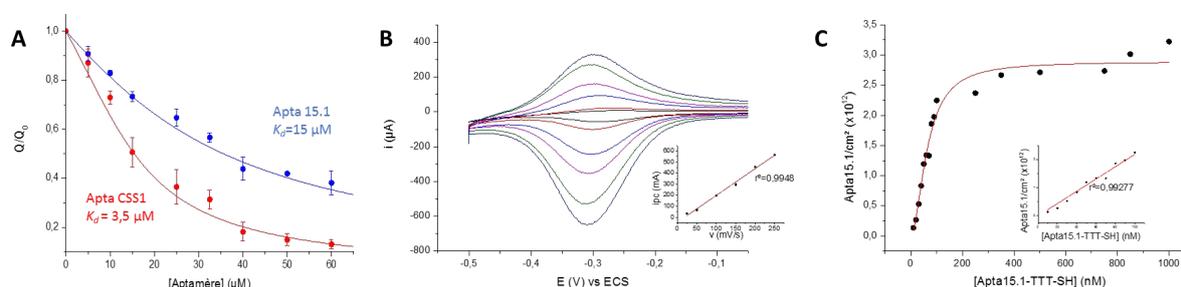


Fig. A : Représentation graphique $Q/Q_0=f([\text{aptamère}])$. La courbe rouge est un ajustement non linéaire des résultats expérimentaux obtenus pour l'Aptamère CSS1 et la courbe bleue un ajustement non linéaire des résultats expérimentaux obtenus pour l'Aptamère 15.1

Fig. B : Mesure par voltamétrie cyclique de la quantité de RuHexIII accumulée à la surface de l'électrode par les phosphates des aptamères immobilisés. La variation de l'intensité des pics de réduction est linéaire avec la vitesse de balayage, ce qui montre que la réaction électrochimique est au voisinage de l'électrode.

Fig. C. : Isotherme représentant la quantité d'Aptamères 15.1 greffée en fonction de la concentration de la solution d'incubation.

Les deux séquences d'aptamère ont ensuite fait l'objet d'études de raccourcissement afin d'extraire la séquence de reconnaissance la plus courte possible. Ces travaux étaient susceptibles de révéler des séquences plus affines pour leur cible. Cependant, aucune séquence raccourcie n'a pu être identifiée, seules les amorces ont pu être retirées. Ainsi, l'aptamère 15.1 fait 40 nucléotides et le CSS1, 46 nucléotides.

Les premières modifications de surfaces d'électrodes d'au ont ensuite été réalisées. Pour cela, nous avons tout d'abord défini des protocoles de préparation de surfaces d'électrodes,

⁴⁷ Martin, J. A. et al. (2014). Tunable stringency aptamer selection and gold nanoparticle assay for detection of cortisol. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 406(19), 4637–4647.

⁴⁸ Yang, K.-A., et al.. (2017). High-Affinity Nucleic-Acid-Based Receptors for Steroids. *ACS Chemical Biology*, 12(12), 3103–3112.

afin de disposer de surfaces répétées et reproductibles. Brièvement, ce protocole consiste à réduire toutes les liaisons thiol-Au, en voltamétrie cyclique en milieu basique, à polir les électrodes, puis à caractériser leurs états de surface par des cycles d'oxydation/réduction en milieu acide. Ce protocole a été mis en place suite à une étude bibliographique ciblée^{49a-d}.

Comme les performances d'un aptacapteur dépendent de la concentration surfacique d'aptamère et de la distance entre l'électrode et la séquence de reconnaissance, nous avons tout d'abord cherché à contrôler la densité d'aptamères greffées en surface. Pour cela, des électrodes ont été incubées 16h dans des solutions de concentrations croissantes en aptamères. L'espace inter-aptamère a ensuite été comblé par du mercaptohexanol. La quantité d'ADN en surface peut alors être mesurée grâce au ruthenium hexamine (III) (RuHexIII)⁵⁰, dont la triple charge positive interagit en solution avec les charges négatives des phosphates portés par les nucléotides. Ainsi, il est possible de révéler en voltamétrie cyclique le nombre de ces RuHexIII accumulés en surface (fig. 2B), et d'en déduire la concentration surfacique en aptamère grâce à l'équation (1) :

$$I_{ADN} = 1,698 \cdot 10^{14} \cdot \frac{Q_{RuHex}}{Q_a} \quad (1)$$

Où Q_{RuHex} est l'intégration du pic de réduction en voltamétrie cyclique du RuHexIII (fig. 2.B) et Q_a est l'intégration du pic de réduction en voltamétrie cyclique de l'électrode d'Au en milieu acide. Il a alors été possible de tracer la courbe représentant la densité surfacique d'aptamère en fonction de la concentration de la solution d'incubation. A partir de ces données, il est alors facile de faire varier le taux de recouvrement de l'électrode en aptamère.

Deux configurations de biocapteurs à cortisol ont alors été testées :

- **Configuration 1** : Greffage de l'aptamère 15.1 en 5' avec des accroches à l'électrode plus ou moins longues (C₆-SH, TTT-C₆-SH ou TTTTTTTTTT-C₆-SH) à des densités surfaciques de 20 à 100 % ;
- **Configuration 2** : Co-greffage de ce même aptamère 15.1 en 5' (mêmes accroches et mêmes densités surfacique) avec une sonde électrochimique (11-(Ferrocenyl) undecanethiol).

Dans la première configuration, la mesure de la reconnaissance moléculaire aptamère/cortisol reposait sur la diffusion d'une sonde électrochimique de référence, le couple ferro/ferricyanure. L'idée est que la reconfiguration de l'aptamère avec le cortisol entraîne une variation de la résistance au transfert de charge. Bien que quelques résultats prometteurs aient pu être obtenus, ils n'ont pu être reproduits.

Dans la deuxième configuration, la mesure de la reconnaissance moléculaire reposait sur l'interaction entre l'aptamère et la sonde électrochimique greffée, susceptible de changer en présence de cortisol. Cependant, aucune variation du signal du ferrocène n'a pu être mesurée en présence de cortisol.

Perspectives 2020

Afin d'améliorer les performances de ce biocapteur à cortisol en termes de sensibilité, une 3^{ème} configuration, basée sur le détachement de l'aptamère de la surface suite à la fixation du cortisol sera testée.

⁴⁹ (a) Zhang, J., Song, S., Wang, L., Pan, D., & Fan, C. (2007). A gold nanoparticle-based chronocoulometric DNA sensor for amplified detection of DNA. *Nature Protocols*, 2(11), 2888–2895., (b) White, R. J., Phares, N., Lubin, A. A., Xiao, Y., & Plaxco, K. W. (2008). Optimization of Electrochemical Aptamer-Based Sensors via Optimization of Probe Packing Density and Surface Chemistry. *Langmuir*, 24(18), 10513–10518., (c) Lin, M et al. (2016). Electrochemical detection of nucleic acids, proteins, small molecules and cells using a DNA-nanostructure-based universal biosensing platform. *Nature Protocols*, 11(7), 1244–1263. (d) Do, U. P., Seland, F., & Johannessen, E. A. (2018). The Real Area of Nanoporous Catalytic Surfaces of Gold and Palladium in Aqueous Solutions. *Journal of The Electrochemical Society*, 165(5), H219–H228.

⁵⁰ Qi, L., Tian, H., & Yu, H.-Z. (2018). Binary Thiolate DNA/Ferrocenyl Self-Assembled Monolayers on Gold: A Versatile Platform for Probing Biosensing Interfaces. *Analytical Chemistry*, 90(15), 9174–9181.

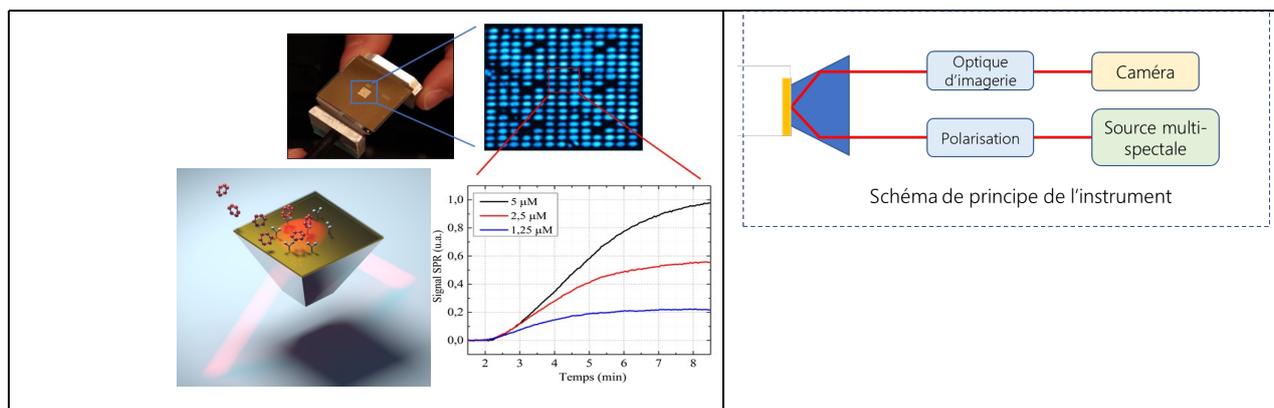
SURIMI (SURface plasmon Resonance for In situ Metallic Ions detection) (ANR-18-CE04-0010)

Contexte et enjeux

Provenant de sources naturelles telles que les sites marins hydrothermaux ou d'activités anthropiques, les éléments métalliques sont présents dans les Océans, les eaux douces et le biote, jusqu'en Arctique et Antarctique. L'intérêt pour le dosage des métaux est motivé par diverses applications : surveillance environnementale dans le cadre de la Directive cadre sur l'eau (Directive 2000/60/CE) et la Directive cadre stratégie milieu marin (2008/56/CE), études biogéochimiques portant sur les sites hydrothermaux, impact de l'exploitation potentielle de sites riches en sulfure par l'industrie minière...

Dans ce contexte, des méthodes de dosage des éléments métalliques ont été développées et sont régulièrement effectuées en routine. Cependant, la plupart de ces analyses est menée en laboratoire après collecte, transport et stockage des échantillons. Cette méthodologie fournit des jeux de données précis mais souffrant d'une faible résolution spatiale et temporelle. Ainsi, il est nécessaire de disposer de capteurs de terrain robustes et sensibles pour compléter ces données.

Le but du projet SURIMI est de développer des capteurs de multi-éléments métalliques (Cd, Hg, Pb, Ni et Zn) capables d'effectuer des analyses dans des milieux allant du laboratoire aux conditions les plus dures telles que les abysses ou les mers polaires. Ces nouveaux capteurs reposent sur la technologie d'imagerie de Résonance des Plasmons de Surface (IRPS) fonctionnalisé par des Polymères à Empreinte Ionique (PEI) (Figure ci-après). Un Système IRPS est capable de détecter plusieurs molécules cibles et de déterminer leur concentration simultanément. Sa spécificité et sa sensibilité dépendent de la couche de fonctionnalisation, dont le rôle est de concentrer spécifiquement les molécules cibles sur la surface du transducteur. Les PEI possèdent des sites de reconnaissances capables de se lier de manière sélective à une cible. Ils sont très stables aux acides, bases et solvants organiques et résistent aux hautes températures et pressions, ce qui les rend adaptés aux capteurs pour les environnements hostiles.



Représentation schématique du capteur SPRi SURIMI.

Pour atteindre ces objectifs, le consortium sera composé de sept partenaires : Ifremer, le BRGM, le Laboratoire Sciences Analytiques, Bioanalytiques et Miniaturisation (ESPCI Paris) le Laboratoire Charles Fabry (Institut d'optique Graduate School), le Laboratoire Nanotechnologies et Nanosystèmes, et TAKUVIK et une PME (Klearia).

Résultats 2019

Le projet a débuté en février 2019. Le système SPRi SURIMI doit répondre à un certain nombre de contraintes (compacité, faible consommation et éviter tout balayage mécanique, etc.). L'utilisation d'une source multispectrale à LEDs nous semblait être la meilleure option pour répondre à ce cahier des charges. Elle est composée de 7 fibres optiques fusionnées, afin d'éviter tout switch mécanique. Une carte électronique pilotant les LEDs et la synchronisation de la caméra a été conçue et réalisée. Un programme de pilotage de l'instrument sous Labview utilisant un algorithme de calcul de la résonance sous matlab est en cours de développement.

Plusieurs polymères à empreintes ioniques dédiés à la détection du Cu, Zn et Ni ont été synthétisés et caractérisés en termes de spécificité et sensibilité par la procédure d'extraction en phase solide (SPE). Les conditions expérimentales d'utilisation (composition des tampons, pH, etc...) sont en cours d'optimisation.

Perspectives 2020

- Développement d'un protocole robuste de dépôt de film mince des IIP sur la puce d'or. Plusieurs techniques sont envisagées (synthèse directe sur la surface, spin coating...);
- Test des IIP en mode SPE avec des échantillons d'eau douce et d'eau de mer pour étudier les effets matrices ;
- Définition du cahier des charges thermiques et électriques des différents capteurs SPRi (transportable et immergeable) ;
- Mesures des gammes d'indices d'optiques d'échantillons d'eau douce et d'eau de mer ;
- Conception d'une nouvelle cellule de microfluidique.

Flotteurs/profileurs Euro Argo et Coriolis

Contexte et enjeux

Euro-Argo est la contribution européenne au réseau international Argo constitué de près de 4000 flotteurs profilants autonomes qui mesurent en temps réel la température et la salinité depuis la surface jusqu'à 2 000 mètres de profondeur sur l'ensemble des océans. Euro-Argo est une structure légale européenne (European Research Infrastructure Consortium, ERIC) coordonnée par la France et qui pérennise et renforce les contributions européennes au réseau Argo. Un soutien de RDT/DCM est apporté pour le suivi de ces flotteurs dans le cadre des projets Euro Argo et Coriolis.

Résultats 2019

Le travail de recensement des flotteurs s'est poursuivi en collaboration avec Noé Poffa et Sylvie Pouliquen (IRSI/COA), Romain Cancouet (EuroArgo ERIC) et Serge Le Reste (RDT/IIM).

L'équipe ARGO a développé de nouveaux outils pour le suivi des flotteurs et gère dorénavant cette activité.

JERICO-NEXT – Joint European Research Infrastructure for Coastal Observation - Novel European eXpertise for coastal observaTories

<http://www.jerico-ri.eu>

Contexte et enjeux

La série de projets JERICO financés par l'UE depuis 2011 et coordonnée par Ifremer a pour objectif principal d'améliorer les observations et les études dans le domaine marin côtier où vit la plupart de la population mondiale en implémentant une infrastructure de recherche pan-européenne nommée JERICO-RI.

Les projets JERICO engagent une forte multi et interdisciplinarité marine ainsi qu'un système d'observation côtier multi-plates-formes. En effet, les projets JERICO abordent une multitude complexe de questions scientifiques interdépendantes concernant la dynamique et l'environnement du plateau marin et fait intervenir des bouées, des radars HF, des navires d'opportunité (*ferrybox*), des gliders, des observatoires câblés, ainsi que des installations de type météorologique. C'est à ce titre que le projet européen JERICO-NEXT s'est achevé fin 2019, après 4 ans de collaborations réunissant 34 partenaires de 15 pays. Avec un financement Européen H2020 de 10 M€. L'approche mise en œuvre a considéré le cycle de données dans son intégralité : du développement de capteurs et de méthodes à la gestion du flux de données et son traitement à travers 6 thèmes scientifiques. Dans ce contexte, les travaux d'Ifremer ont particulièrement permis d'avancer sur i) le thème de la biodiversité benthique, ii) celui des efflorescences algales, notamment toxiques, ainsi que iii) sur des sujets d'hydrodynamique côtière.

RDT, impliqué dans la coordination du projet (steering committee) a plus particulièrement co-coordonné avec le HCMR (Grèce) le lot de travail 3 dédié aux développements technologiques, 7 tâches, 12 livrables, 1,3 M€ de budget. RDT a été impliqué dans 5 d'entre elles: T3.1) Automated platform for the observation of Phytoplankton, T3.3) Profiling coastal waters, T3.4) Microbial and molecular sensors, T3.5) Combined sensors for carbonate systems et T3.6) Benthic compartment and process. RDT a aussi coordonné la tâche T2.5 Calibration and assessment du lot de travail 2 « Harmonization of technologies and methodologies ».

Résultats 2019

Quelques résultats choisis :

Pagure II : RDT CSM Boulogne sur Mer a réalisé les améliorations techniques du système Pagure pour permettre maintenant de filmer et photographier en haute résolution les habitats benthiques de la manière la moins destructive possible. Pagure II est ainsi devenu un système d'observation vidéo remorqué ayant maintenant des capacités de survol des fonds marins limitant les contacts avec les habitats benthiques observés. Depuis ces améliorations Pagure II a effectué 231 plongées sur 12 campagnes de la mer méditerranée à la mer Celtique en passant par la Manche et le golfe de Gascogne.

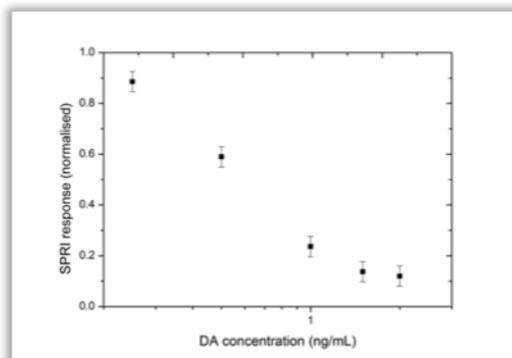


Pagure-2 en mode 'traîneau' avec ses patins (haut) et lors d'essais en mer dans la baie de Brest (bas). Exemples d'images fixes prises avec la caméra verticale lors de la campagne Pagure-2 dans la baie de Brest.

Capteur SPRI : Le capteur SPRI a été conçu, assemblé et testé aux laboratoires RDT SI2M, CSM et LDCM. La conception du capteur a cherché à optimiser la compacité et les performances de détection. Comparé au système SPR précédent, le nouvel appareil est environ 8 fois plus petit et environ 3 fois moins cher à produire. Sa capacité à détecter l'acide domoïque dans la plage de 0,25 à 1,00 ng / mL a été démontrée. La répétabilité élevée de la mesure pendant une semaine d'immersion a été de même démontrée, ce qui est très prometteur pour les prochaines étapes.



Capteur SPRI sans sa conteneurisation



Courbe de réponse du Capteur SPRI à L'acide domoïque

Métrologie : L'activité métrologie visait à établir les bases d'un système coordonné d'étalonnage et d'évaluation pour le réseau d'observation JERICO. Il a réuni 12 partenaires de 11 pays européens (France, Italie, Allemagne, Grèce, Norvège, Royaume-Uni, Portugal, Suède, Espagne, Suède et Finlande) et était co-dirigé par deux d'entre eux, Ifremer RDT et OGS.

En 2019, l'exercice de comparaison interlaboratoires pHT (pH sur l'échelle de concentration "totale" des ions hydrogène) a été proposé dans le prolongement et en complément des autres activités relatives à la mesure du pH de l'eau de mer du projet (le TNA « INTERCARBO » et la feuille de route pH de l'action JPI OCEANS EMARCALNET). L'innovation proposée dans cette comparaison inter-laboratoires était de fournir du matériel de référence certifié sous forme de tampons avec une traçabilité aux étalons primaires. Les premiers résultats montrent que les erreurs de justesse peuvent atteindre jusqu'à 0,013 de pHT, ce qui est supérieur à ce qui est généralement attendu (<0,01). Ces erreurs peuvent être comparées aux valeurs des ajustements qui sont effectués lors du contrôle de la justesse des mesures de pHT par rapport aux normes Dickson pHT couramment utilisées à cette fin.

Perspectives 2020

Pagure II : Dans une perspective à long terme, une connexion vidéo en direct avec la surface permettrait de sélectionner plus efficacement les habitats benthiques d'intérêt scientifique lors des prospections d'exploration, et d'ajuster plus précisément les paramètres de déploiement et de remorquage (longueur du câble de remorquage, vitesse du navire, etc.). Enfin, comme pour la plupart des autres approches d'imagerie sous-marine, un défi majeur demeure dans le traitement et l'interprétation automatique des données vidéo et photo.

Capteur SPRI : La caractérisation et la validation de l'instrument en conditions réelles doivent être poursuivies. Cependant, il faudra adapter le protocole à de nouveaux anticorps anti-DA car la production par Mercury Science Inc s'est arrêtée. Ce nouveau capteur SPRI peut être très simplement adapté en véritable instrument multi-détection ou adapté à de nouvelles molécules d'intérêt : autres phycotoxines, pesticides, hydrocarbures aromatiques polycycliques... Il faudrait désormais se concentrer sur le développement d'une puce SPR composée de spots sensibles aux différentes molécules.

Métrologie : Le sujet des mesures de pH de qualité est actuellement une grande préoccupation dans la communauté océanographique. À cet égard, plusieurs problèmes fondamentaux restent à être abordés. Il existe plusieurs échelles de pH ne faisant pas toutes références au même mesurande et, par conséquent, la traçabilité des mesures est un sujet de débat. De plus, selon la technologie utilisée pour mesurer le pH sur le terrain (spectrophotométrie ou potentiométrie par exemple) ou selon la procédure d'étalonnage adoptée (type d'étalons utilisés : IUPAC ou pH total), différentes quantités sont estimées. Un mauvais choix d'étalon peut entraîner des écarts de l'ordre de plusieurs centièmes de pH (> 0,01). Il est donc crucial d'étudier la capacité des laboratoires à effectuer des mesures de pH spectrophotométriques traçables, qui sont généralement utilisées comme valeurs de référence, grâce à des comparaisons interlaboratoires soutenues avec une forte composante métrologique. L'établissement d'un réseau pérenne de métrologie à vocation marine est une piste pour traiter ces difficultés plus efficacement que par des actions ponctuelles intégrées dans des projets à durées finies.

JERICO : Dès février 2020, le projet JERICO-S3 coordonné par RDT, 3ème volet après JERICO-FP7 et JERICO-NEXT de la série de projets JERICO, cadrera les activités de 39 partenaires dans 17 pays avec pour objectifs de structurer le système par site et régions, progresser dans des développements clefs tels que l'ADN environnemental, le traitement d'images, la mise en place d'un espace virtuel de recherche pilote offrant des services à la communauté scientifique. Il s'agit d'étapes clefs nécessaires pour avancer vers une infrastructure d'observation et de recherche pérenne dédiée à l'environnement côtier.

LabCollector Instruments P6 – LabP6

Contexte et enjeux

Dans le cadre du Processus P6, il est nécessaire d'établir l'inventaire et la gestion des instruments et équipements de l'institut.

La base de données, LabCollector, a été retenue pour accomplir cette tâche et a été adaptée aux besoins de l'Ifremer, RDT est l'un des porteurs du projet.

Résultats 2019

L'adaptation aux besoins d'Ifremer a été faite en collaboration avec la société Agilbio (propriétaire de LabCollector), IRSI, RDT et d'autres unités utilisatrices (DYNECO, LER...). Un manuel d'utilisation, afin de faciliter le déploiement au sein des équipes de l'institut, a été rédigé et livré au premier trimestre 2019.

Perspectives 2020

La poursuite du déploiement du LabP6 au sein de l'Ifremer est prévue avec l'organisation de formation.

Les stations côtières de surveillance

Les plates-formes citées dans les pages suivantes font partie intégrante du réseau [COAST-HF](#) qui est un réseau élémentaire de l'Infrastructure de Recherche ILICO gérée par le département ODE. Le laboratoire REM/RDT/DCM participe activement au maintien en conditions opérationnelles de ce réseau ainsi qu'à la conception de nouveaux instruments intégrables au sein de ces plates-formes.

Infrastructure de Recherche ILICO

Créée en 2016, l'**Infrastructure de Recherche Littorale et Côtère (ILICO)** vise à **observer** et **comprendre les milieux et les écosystèmes côtiers et marins** dans leur globalité. Ainsi, ILICO regroupe un ensemble de dispositifs d'observation permettant de collecter des échantillons et de déployer différents instruments de mesure en fédérant 8 services d'observation, dit "**réseaux élémentaires**" qui sont :

- **COAST-HF**, Coastal ocean observing system - High frequency ;
- **CORAIL**, Service d'observation des récifs coralliens de Polynésie française ;
- **DYNALIT**, Dynamique du littoral et du trait de côte ;
- **MOOSE**, Mediterranean ocean observing system for the environment ;
- **PHYTOBS**, Réseau d'observation du phytoplancton ;
- **ReefTemps**, Réseau d'observation des eaux côtières dans la région du Pacifique sud, ouest et sud-ouest ;
- **SOMLIT**, Service d'observation en milieu littoral ;
- **SONEL**, Système d'observation du niveau des eaux littorales.

La réalisation de suivis à long terme permet également de faciliter la **compréhension** et l'**anticipation** de certains processus et phénomènes à grandes échelles qui peuvent impacter les zones côtières et littorales (quantification de l'impact de certains événements extrêmes ou intermittents tels que les tsunamis ou les cyclones).

Plateforme MAREL IROISE

Le système de production d'énergie (panneaux solaires, batteries, régulateur de charge) changé au printemps 2018 a donné toute satisfaction.

La fin de la transmission des données au format GSM/Data programmée pour 2021 nous a amenés à spécifier un nouveau système électronique de mesure et de contrôle de la bouée « Marel Estran ».

Le système baptisé MAREL COSTOF2 a fait l'objet de la rédaction d'un cahier des charges fonctionnel et d'un plan projet validé en octobre 2018. Un exemplaire a été acquis via le Contrat de Plan Etat Région ROEC (Figure ci-après). Cet automate a fait l'objet d'un transfert industriel vers l'entreprise RTSYS NEOTEK, à laquelle nous commandons maintenant ce matériel.

Le nouveau système a été déployé sur la bouée Iroise le 5 juin 2019 pour des essais d'endurance ; La plate-forme Marel Iroise restant proche du laboratoire électronique mais en conditions réelles à la mer.

Cette implantation en double avec le système Marel Estran a permis de résoudre un certain nombre de problèmes mineurs sans mettre en défaut la fourniture de données au réseau [COAST-HF](#).

Depuis novembre 2019, une inter comparaison entre le système COSTOF2 et MAREL ESTRAN avec deux sondes étalonnées est menée pour une période de 3 mois.



Cliché du COSTOF 2 en place sur la bouée 1

A noter que la fourniture en continu des mesures des paramètres physico-chimiques de la zone permet de qualifier les conditions d'essais des campagnes de tests d'instruments menées dans la concession Ifremer de Saint-Anne du Portzic intégrée elle-même dans

l'Infrastructure de Recherche THEoREM. Les données ont particulièrement été utilisées dans le cadre des projets EOLINK10, ANR MACAO, FEM BENTHOSCOPE...

Perspectives 2020

La bouée servira de plate-forme support aux tests *in situ* de ce nouvel automate embarqué de gestion des instruments le COSTOF2 dans sa version côtière avec de nouveaux capteurs qui nécessitent le développement de « drivers » supplémentaires à implémenter sur le COSTOF2.

Le déploiement définitif en remplacement du système Marel Estran devrait intervenir au cours du premier semestre 2020 et se poursuivre sur les autres sites du réseau COAST-HF.

Plateforme MOLIT

La bouée MOLIT constitue un des systèmes de mesure du Service National d'Observation COAST-HF labellisé en 2019. Elle a été intégrée en décembre 2015, dans l'Infrastructure de Recherche Littorale et Côtère (**IR ILICO**) qui a pour objectif d'observer et de comprendre les zones côtières et littorales dans leur globalité.

Cette plate-forme de mesure est située en Baie de Vilaine qui a un classement D.C.E. non satisfaisant pour l'élément phytoplancton. La Baie de Vilaine est une zone de prolifération importante de phytoplancton (apparitions d'eaux colorées fréquentes, désoxygénation des eaux de fond). La bouée MOLIT permet de réaliser un suivi précis à long terme du développement de la biomasse phytoplanctonique dans la colonne d'eau (indicateur fluorescence) et de suivre la réponse du milieu en termes de désoxygénation des eaux de fond. Elle doit permettre de mettre en évidence les conditions favorables au développement des eaux colorées et des crises hypoxiques. Enfin, ce site constitue un des points de référence du suivi de l'environnement côtier, et en particulier du golfe de Gascogne, avec 9 ans de mesures des paramètres physiques et chimiques en surface et au fond. Ces séries de mesures constituent des éléments clés dans la compréhension de la dynamique des événements extrêmes, de leur impact sur les évolutions interannuelles et de l'influence des évolutions à grande échelle sur des zones côtières.

Résultats 2019

La bouée MOLIT était sur site depuis février 2018. Elle a été retirée du site le 7 octobre pour subir un carénage décennal sur financement du CPER ROEC (Campagne CARMOLIT leg 1 & 2). Au cours de ce carénage, la bouée a été intégralement sablée, traitée contre la corrosion, peinte et un traitement antifouling a été appliqué aux œuvres vives (Figure ci-après).



Cliché de la bouée MOLIT en remorque pour transit sur site

Un système autonome de production d'énergie (Panneaux photovoltaïques, pile à combustible, régulateurs de charge et batteries) a été installé lors de cette sortie d'eau de la bouée. Ce nouveau système doit permettre d'alimenter le nouveau COSTOF2.

La bouée a été remise sur son site de la baie de Vilaine le 6 novembre.

Sa prochaine sortie d'eau est envisagée en automne 2021 pour une opération de maintenance courante.

Perspectives 2020

Le système électronique de contrôle et de commande COSTOF2 devrait être implanté sur la bouée au cours de l'année 2020.

Cette plate-forme sera aussi utilisée comme station test avec l'installation de capteurs d'efforts (axe instrumenté, capteur de force sur le test, centrale d'attitude) pour validation du dimensionnement du projet de recherche partenariale MACROCOSME avec la société TOTAL.

Plateforme MAREL CARNOT

Résultats 2019

Cette station de mesure est une des plates-formes de mesure *in situ* historique du réseau de mesure COAST-HF. Elle est donc aussi intégrée dans l'Infrastructure de Recherche ILICO.



La station de mesure MAREL CANROT (15 années de fonctionnement) peine à atteindre son niveau de fonctionnement nominal en raison de l'obsolescence de certains composants du système. Le Contrat de Plan Etat Région MARCO a permis en 2019 d'effectuer la jouvence de certains éléments défectueux (en particulier achats de sondes MP6). L'équipe REM/RDT/CSM du bassin de Boulogne sur Mer en soutien au LERBL contribue grandement au bon fonctionnement de cette station de mesure.

Perspectives 2020

En 2020 doit aussi être installé un nouvel automate COSTOF 2 (après validation sur la bouée Marel Iroise) permettant ainsi le couplage d'un Cytomètre de flux en collaboration avec la station Marine de Wimereux dans le cadre du projet Jerico S3.

Plateforme MESURHO

Résultats 2019

Cette station, qui est aussi partie intégrante du réseau COAST-HF est la seule station méditerranéenne haute fréquence opérée par le LER PAC du Centre Ifremer de Méditerranée de La Seyne Sur Mer. La bouée se situe dans l'embouchure du Rhône. C'est avec MOLIT, une des rares stations avec une mesure fond et surface que le LER PAC, avec sa participation active au suivi et au Maintien en Conditions Opérationnelles de Mesurho, contribue grandement au bon fonctionnement de cette plate-forme. En 2019 a été installé pour dernière validation un système MAREL Estran en attendant l'installation du COSTOF 2.

Perspectives 2020

Installation programmée du nouveau COSTOF2 à 2 niveaux après l'installation qui sera effectuée sur la bouée MOLIT

A noter une thèse en cours encadrée par Alain Lefebvre du LER de Boulogne sur mer qui utilise les données Haute Fréquence de MESURHO et de MAREL CARNOT.

Plateforme MAREL SMILE

Résultats 2019

Cette bouée scientifique (Figure ci-après) mouillée au large de Luc sur Mer en Normandie intégrée au réseau COAST-HF est le fruit de la collaboration entre l’Ifremer et le Centre de Recherche en Environnement Côtier du CNRS. Cette station de mesure est originale dans le sens où l’énergie indispensable au système de mesure est produite en partie par un système houlomoteur, des panneaux solaires avec une assistance par pile à combustible en cas de surconsommation (nouveaux instruments très gourmands en énergie). Ce système novateur a été installé suite à la collaboration entre RDT avec la PME GEPS TECHNO de Saint Nazaire. L’énergie fournie a permis l’installation d’un nouveau système FRRF afin de mesurer la production primaire.

Lors de l’année 2019 a été installé un analyseur de sels nutritifs WIZZ *in situ*.

Perspectives 2020

La jouvence des automates continuera pour SMILE avec le remplacement des automates de façon cohérente avec l’ensemble du réseau COAST-HF.



Bouée SMILE au large du Havre (photo Franck Jacqueline)

Plateforme SCENES

Résultats 2019

La bouée SCENES (Figure ci-après) fait maintenant partie du réseau du réseau COAST-HF ; celle-ci a été implantée en Baie de Seine dans le cadre du Contrat de Plan Inter régional PHRESQUES. Cette bouée possède le même système de production d'énergie que la bouée SMILE (houlomoteur). De plus, elle a été la première bouée côtière utilisant le nouvel automate de gestion des instruments COSTOF 2.



Cliché bouée SCENES au large du Havre (photo Alan Bocher)

Malheureusement, la bouée SCENES a subi une fortune de mer en fin d'année 2018 la rendant inopérante. Celle-ci a été remorquée sur le port du Havre de façon à être reconditionnée.

Perspectives 2020

La bouée SCENES doit être remise en fonctionnement nominal en début 2020. Le système houlo-moteur doit être « upgradé » par GEPS-TECHNO afin d'augmenter ses performances. En cohérence avec le réseau COAST-HF un automate COSTOF 2 sera aussi implanté sur cette plate-forme.

Station faible coût MASTODON Oxygène (CPER ROEC)

Un système à bas coût pour la mesure de la concentration en oxygène dissous (**MASTODON O₂**) dans le cadre du CPER ROEC, est en cours de développement chez l'industriel NEOTEK RTSYS sous coordination des deux unités RDT et DYNECO pour les parties techniques et scientifiques. Les deux premiers prototypes ont été livrés puis testés en mer durant l'été 2019 en Baie de Vilaine (Figure ci-après). Suite à cette campagne de validation *in situ*, la première pré-série de 10 exemplaires a été commandée à NEOTEK RTSYS pour livraison début d'année 2020 et campagne de mesure en Baie de Vilaine pour l'été 2020.



Mise à l'eau du prototype N°1 en Baie de Vilaine



Mastodon Oxygène en test à Saint-Anne du Portzic



Mastodon Oxygène récupéré après un mois de mesure en Baie de Vilaine



Mastodon après un mois de mesure, partie intérieure

Cliché du mastodon oxygène

Station faible coût MASTODON Turbidité (CPER ROEC)

A la suite de la commande de la pré-série des **MASTODON O₂** dans le cadre du CPER ROEC, le développement d'un **MASTODON turbidité a été lancé** chez l'industriel NEOTEK RTSYS toujours sous le contrôle des deux unités RDT et DYNECO : collaboration scientifique et technique. Le premier prototype devrait être testé en 2020

Atelier RESOMAR / COAST HF pour la turbidité (IUEM/Ifremer)

Les unités DYNECO et RDT pour Ifremer associées à l'IUEM, ont contribué à l'organisation de l'atelier 2019 sur la thématique *Turbidité* ; celui-ci s'est déroulé sur les sites d'Ifremer et IUEM, les 26 novembre et le 27 Novembre 2019 à l'IUEM. Les objectifs de cet atelier étaient de partager, au sein de la communauté COAST-HF voire au-delà, les outils et protocoles mis en œuvre afin de mesurer à haute fréquence et sur le long terme la turbidité. Différents thèmes ont été abordés dont les types de capteurs, la métrologie associée, et la qualité de la mesure. Cet atelier s'est décliné en séances pratiques et en séances d'échanges.



Atelier RESOMAR COAST HF Turbidité copyright Sébastien Hervé@iuem

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

Contexte et enjeux

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 conjointement 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, de 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 2019

Des renouvellements périodiques de capteurs ont été effectués, en 2019, sur les navires de pêche par la société NKE, sous le contrôle technique de DCM.

La liste des navires suivis a été restreinte afin de concentrer les efforts de maintenance sur un parc de 22 navires en Atlantique et Manche.

Equipement des navires de pêche au Homard de Saint Pierre et Miquelon : Le projet ATLANTLL s'intéresse notamment à la filière halieutique de Saint Pierre et Miquelon, d'une part en regardant la valorisation des produits de la mer et les circuits de commercialisation et au statut de certains stocks à exploiter sur l'archipel. Ainsi, il s'agit notamment de s'intéresser au stock du homard de Saint-Pierre qui est une ressource de plus en plus importante pour une partie de la flottille de l'archipel. Son exploitation est récente et l'objectif est d'évaluer l'état de ce stock et le niveau d'exploitation qu'il peut supporter. Le suivi fin de cette flottille via le système RECOPESCA sera très utile pour aborder plusieurs aspects de la compréhension de cette exploitation tout en améliorant les connaissances sur la biologie et l'écologie de l'espèce.

5 navires caseyeurs ont donc été équipés du système Recopesca (concentrateur et les sondes associées) (2 Saint-Pierre, 3 Miquelon).

Perspectives 2020

Une sonde de nouvelle génération WISENS CTD (Nke) appelée à remplacer les modèles de première génération (STPS, SP2T) a été acquise et fera l'objet d'une évaluation métrologique et opérationnelle. Un nouveau « Concentrateur » Recopesca va aussi être acquis. Il sera amené à remplacer le concentrateur actuel dont l'obsolescence des composants et l'arrêt de la transmission GSM/Data rendront inopérants l'usage. Ces équipements (sonde et concentrateur Wisens) seront installés sur un navire de test du parc RECOPESCA. Les renouvellements périodiques de capteurs embarqués vont être maintenus.

MICROPLASTIQUES

Analyses des microplastiques

Contexte et enjeux

Les débris plastiques sont des polluants répandus dans le milieu marin. Ces dernières années, la plupart des recherches se sont concentrées sur les petites particules de plastique, appelées microplastiques (taille des particules, 1 μm – 5 mm). Dans la plupart des études, les microplastiques sont d'abord triés et identifiés visuellement, avant d'identifier le type de polymère. Les plus grosses particules peuvent être identifiées à l'œil nu, tandis que les petites sont identifiées à l'aide d'une loupe binoculaire. En fonction de l'efficacité du traitement de l'échantillon et de la taille des particules, l'identification visuelle peut conduire à une mauvaise identification et, selon la taille des particules, à une sur ou sous-estimation. Plusieurs études ont montré que l'identification visuelle peut entraîner une surestimation de 20 à 40% en raison d'une erreur d'identification. Néanmoins, les petits fragments (<50 μm) ont été largement sous-estimés. Dans tous les cas et quelle que soit la taille des microplastiques, l'identification de la nature chimique des particules est une nécessité. Pour ces raisons, des méthodes de spectroscopie vibrationnelle telles que la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) ou la spectroscopie Raman sont couramment utilisées, grâce à leurs complémentarités. Certains modes de vibration sont plus actifs dans une technique que dans l'autre en fonction de la symétrie de la molécule et des groupes chimiques.

Ces outils spectroscopiques ont été utilisés au sein de différents projets (FUI Micro2, Plastic seine et Microlag) pour identifier le type de plastique provenant de différentes sources (eau de surface et colonne d'eau (rivières, lagunes, mer et océan ; biota (moules, huîtres, vers, bars, ...), sédiments)

Compte tenu du nombre d'échantillons, de matrices différentes et du grand nombre de spectres à analyser, les données ont été analysées par des méthodes multivariées développées au cours de ces projets afin d'avoir une interprétation rapide et efficace. Pour générer des résultats fiables, la comparaison avec la base de données de spectres de référence est absolument nécessaire pour identifier sans ambiguïté le type de polymère.

Résultats 2019

- Optimisation de l'acquisition des spectres : choix de la longueur d'onde

Avant de commencer une analyse par spectroscopie Raman, une des principales questions posées est quelle est la longueur d'onde la plus appropriée pour l'analyse.

Dans la littérature, les longueurs d'onde d'excitation les plus couramment utilisées pour l'analyse des microplastiques sont soit 532 nm, soit 785 nm ; cependant il existe d'autres possibilités. Chaque longueur d'onde présentant des avantages et des inconvénients. La différence la plus évidente entre ces longueurs d'onde est liée à l'efficacité d'excitation. L'interférence du signal de fluorescence avec le signal Raman est un autre élément important à prendre en compte. Cet aspect est souvent primordial quand l'efficacité d'excitation est importante. Un autre aspect est l'absorption de l'énergie laser par l'échantillon. Cette absorption conduit à un échauffement de la particule étudiée susceptible de changer ses propriétés.

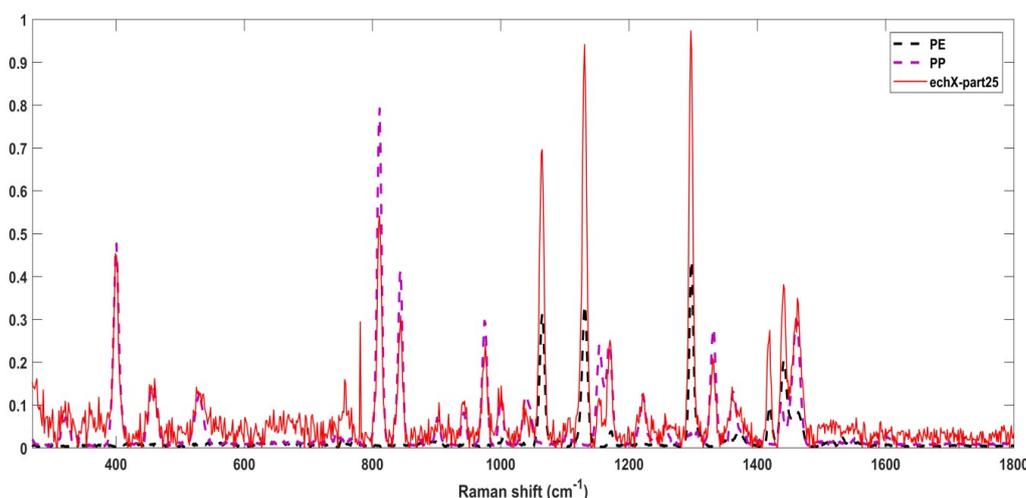
Pour déterminer la longueur d'onde la mieux adaptée aux analyses des microplastiques, des mesures ont été effectuées avec 5 longueurs d'onde différentes (405 nm, 514 nm, 633 nm, 691 nm et 785 nm) à l'aide du micro-spectromètre LabRAM HR800 Raman (Horiba Scientific) dans le cadre du projet DeepBlue. La comparaison des résultats de ces analyses a montré que les longueurs d'onde à 633 nm et 691 nm présentaient le meilleur compromis entre l'intensité du signal Raman, la sensibilité à la fluorescence et la plus petite absorption. Ces deux longueurs d'onde sont plus sensibles à la fluorescence qu'à 785 nm, mais en termes d'analyse, les acquisitions avec ces longueurs d'onde sont plus rapides.

Développement d'une méthode automatisée d'analyse des spectres

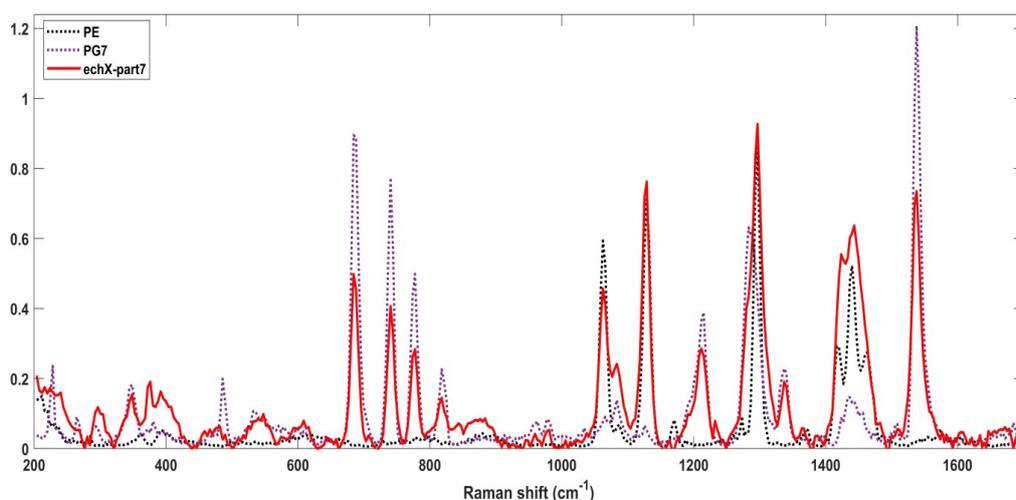
Une fois les spectres IR et Raman acquis, des méthodes multivariées sont appliquées. Une dernière étape permettant le calcul d'un coefficient de corrélation de chaque spectre acquis par rapport aux spectres de références pour identifier le type de plastiques contenu dans chaque échantillon a été développée.

En comparant les spectres des échantillons avec les spectres de référence en appliquant les méthodes multivariées, nous pouvons identifier le type de polymère en augmentant la vitesse et la robustesse des analyses. L'intérêt du couplage méthode de spectroscopie vibrationnelle avec les méthodes multivariées, est non seulement de réaliser les analyses en peu de temps mais aussi d'identifier les copolymères (exemple Figure ci-après) ainsi que les additifs et charges (par exemple bleu de phtalocyanine 15 (PB15), dioxyde de titane (TiO₂), PG7 (un pigment vert)) (Figure ci-après) ajoutés aux plastiques qui rendent l'identification des polymères encore plus complexe.

En comparant le traitement par cette méthodologie avec les traitements conventionnels, le taux d'identification de particules a été amélioré de 45 à 75% pour les fragments. Le taux d'identification de fibres était de 90%.



Exemple d'un spectre d'un copolymère Polyéthylène (PE) et polypropylène (PP)



Exemple d'un spectre d'une particule de Polyéthylène (PE) de couleur verte (PG7 : pigment vert).

Perspectives 2020

- Transformation du code développé sur Matlab, en une interface open source sous le

logiciel R, facile à utiliser par tous les opérateurs disposant d'un système Raman.

- Développement d'une méthodologie pour l'identification de peintures antifouling et des particules issues de la dégradation des pneus.

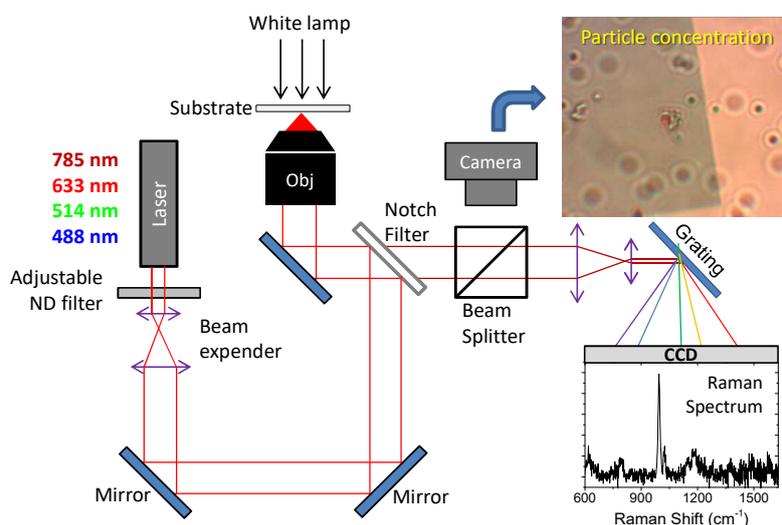
Les Pinces Raman pour l'analyse des nanoplastiques

Contexte et enjeu

La majorité des déchets plastiques retrouvée dans les océans se retrouve sous forme macroscopique (contenants, emballages, bouteilles, filets de pêche, mégots...). Au fil du temps, ces macroplastiques se dégradent en microplastiques (1 μm à 5 mm en taille) puis en nanoplastiques (de taille inférieure à 1 μm). À l'heure actuelle, généralement seule la concentration des microplastiques est suivie, Il existe pour l'instant un verrou technologique rendant impossible l'échantillonnage et l'analyse de microplastiques de taille inférieure à un micron. Une des techniques analytiques qui permettrait de détecter et d'analyser les nano- et les micro-plastiques est celle des pinces Raman.

Le laboratoire DCM a développé, en collaboration avec le CNR-IPCF, un système de Pinces Raman pour l'analyse de micro/nanoplastiques ainsi qu'un dispositif de concentration optique des micro/nano plastiques reposant sur des effets dit de thermoplasmonique.

Le dispositif décrit dans la figure ci-après, initialement développé au CNR a été transféré au laboratoire.



Représentation schématique du dispositif des pinces Raman

Résultats 2019

Les travaux sur l'analyse des nanoplastiques par un système de pinces Raman ont montré :

- Une bonne discrimination des microplastiques de type : Polyéthylène (PE), Polystyrène (PS), Polyéthylène téréphthalate (PET), que ce soient sur des billes commerciales calibrées de polymères, que sur des microplastiques issus de la fragmentation de plastique obtenue par vieillissement artificiel.

Biosalissures

Abiop + (Accounting for BIOfouling through established Protocols of quantification)

Contexte et enjeux

L'objectif de ce projet est de caractériser la biocolonisation sur des sites pilotes ou des futurs parcs pour les applications EMR en Bretagne et en Méditerranée (éolien offshore). En outre, le projet a pour but d'optimiser le protocole de caractérisation du biofouling par une meilleure représentativité de l'échantillonnage et d'améliorer l'algorithme de traitement d'images pour la classification des organismes en groupe. Un nouvel aspect est abordé dans le projet Abiop + qui concerne l'impact du biofouling sur les échanges thermiques dans un câble d'export d'énergie dans le but d'évaluer son impact sur la durée de vie du câble.

Résultats 2019

Le design de la structure qui accueillera les câbles dynamiques, qui seront sujets à colonisation sur le site d'essai de St Anne du Portzic pour évaluer l'impact du biofouling sur les échanges thermiques, a été déterminé. En outre, la méthode du monitoring de la température du cœur des câbles colonisés a été également définie.

Le cahier des charges pour les analyses taxonomiques des organismes colonisateurs des plaques immergées sur les différents sites pilotes a été défini en collaboration avec les acteurs du projet.

Perspectives 2020

Les expérimentations sur l'impact de la biocolonisation sur les échanges thermiques du câble seront poursuivies.

Prestations 2020

- Une nouvelle série de peintures antifouling de la société Soromap est évaluée en mode statique actuellement à St Anne du Portzic pour déterminer leur efficacité sur une période plus longue (> à 2 ans).
- Finalisation des expertises pour la société Hutchinson qui développe des matériaux d'une membrane ondulante pour la société EEL-Energie et pour la société Hexis qui développe de nouveaux revêtements sous la forme de films antifouling.

Malibu

Contexte et enjeux

Tout type de matériau et structure immergée en eau de mer est rapidement colonisé et recouverte par un biofilm, qui va généralement favoriser par la suite le développement des macrosalissures. La formation du biofilm est considérée comme une des premières étapes clef de cette biocolonisation. Ainsi, prévenir et contrôler le développement de celui-ci représente un enjeu majeur pour la lutte contre le biofouling. Le projet Politique de Site, MALIBU a pour objectif de définir de nouvelles surfaces à base de composés amphiphiles à des fins d'antibiofilm. Ces molécules amphiphiles, synthétisées par le laboratoire CEMCA, de l'UBO, sont de type lipophosphoramides, elles contiennent une tête de triméthyl arsonium, phosphonium ou ammonium. La diversité structurale de ces composés est importante puisque l'on peut moduler à la fois le domaine hydrophobe et la tête polaire.

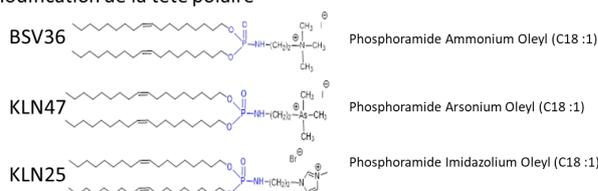
Dans un premier temps, nous avons criblé et sélectionné quelques molécules sur leur capacité à inhiber l'adhésion bactérienne sans présenter d'activité biocide, sur une vingtaine de bactéries marines pionnières de la biocolonisation. Puis, nous avons examiné leur toxicité potentielle afin d'évaluer les risques sur les espèces non ciblées et les écosystèmes dans lesquelles elles sont susceptibles d'être utilisées. La toxicité éventuelle de ces molécules amphiphiles a été examinée sur des organismes marins appartenant à deux niveaux trophiques : des producteurs primaires représentés par des espèces de phytoplancton retrouvées dans les eaux côtières sous nos latitudes, et un consommateur primaire, la larve d'huître. Des tests de toxicité ont été aussi menés sur un organisme modèle, le poisson zèbre.

Résultats 2019

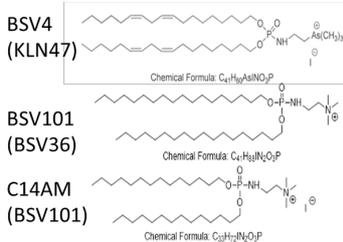
Plusieurs molécules, présentant des structures différentes ont été synthétisées par le laboratoire CEMCA.

Synthèse de nouvelles molécules

Modification de la tête polaire



Modification de la chaîne alkyl :



Composé Zwitterionique



- Synthèse (3 ou 4 étapes)
- Quantité (> 5 g)
- Purification : chromatographie sur gel de silice
- Caractérisation/pureté : RMN, spectrométrie de masse
- Formulation en eau mQ ou DMSO

Nous avons retenu à la suite du criblage trois composés, le BSV36, le KLN 47 et le SL386, ceux présentant peu d'effet biocide, et une forte capacité à inhiber l'adhésion cellulaire et le développement du biofilm. La capacité à inhiber la communication bactérienne (Quorum sensing) a été examinée grâce à l'aide biosenseurs (souches *E. coli* MT102, *P. putida* F117 ; *C. violaceum* CV026) ciblant différents AHLs. Les molécules BSV36, KLN47 et SL386 semblent interagir sur certaines voies du QS, elles inhibent la production des AHL1 pour le système MT102 et F117. Par contre, elles n'induisent pas de production d'AHLs exogènes, ni d'inhibition sur la synthèse chez *C. violacéum*. La toxicité de ces molécules a été examinée et évaluée par la CE50 (concentration effective conduisant soit à une inhibition de 50% du taux de croissance (phytoplancton), soit à un taux de survie de 50 %) (tableau ci-après).

Organismes testés	SL386	KLN47	BSV36
<i>T. suecica</i>	ND	71.8	ND
<i>E. huxleyi</i>	189 µM	5.36	200 µM
<i>C. calcitrans</i>	246 µM	2.6	2.8
<i>S. marinoi</i>	ND	2.7	9
<i>C. gigas</i>	264 µM	2.06	-
Poisson Zèbre	-	6.6	7.5

Synthèse de la toxicité des différentes molécules sur plusieurs organismes aquatiques (EC50). ND : non déterminé (aucune toxicité notée).

Perspectives 2020

L'efficacité et la toxicité potentielle de ces molécules ont été étudiées en solution dans une première phase. Ces composés seront ensuite greffés sur des surfaces modèles (Au, verre et polymère) par différents agents de couplages selon le groupe réactif introduit au bout de la chaîne lipidique. Ces surfaces feront l'objet d'une étude d'efficacité anti-biofilm en laboratoire avec des bactéries marines pionnières, puis en mésocosme à St Anne du Portzic.

METROLOGIE

Contexte et enjeux

Le laboratoire de métrologie a été accrédité selon la nouvelle norme ISO/CEI 17025 version 2017/17025 pour les paramètres Température et Pression. Le laboratoire participe activement aux démarches de convergence des systèmes qualité sous accréditation ISO/CEI 17025 et sous certification Iso 9001 de l'institut et a modifié en conséquence son système qualité.

Le laboratoire de métrologie a poursuivi son étude sur le développement d'un Chemini dédié à la mesure du pH total en collaboration avec A. Laes (projet pHNX). L'équipe a aussi été impliquée dans diverses actions du projet Jerico-next, qui s'est fini en 2019.

Résultats 2019

271 capteurs ont été étalonnés pour 92 prestations.

Spécimen	Type d'étalonnage									Total
	Température	Pression	Conductivité/ Salinité	Célérité	Vitesse	Fluorescence	Turbidité	Oxygène	pH	
Capteur monoparamètre	30	17								47
Courantomètre										0
CT : Sondes Conductivité Température	10		10							20
CTD : Sondes Conductivité Température Pression	15	2	15							32
CCT : Sondes Célérité Conductivité Température										0
CCTD : Sondes Célérité Conductivité Température Pression	2		2	2						6
Chaîne de thermistance										0
Chaîne de sondes de température de platine										0
Thermistances non câblées										0
Bain	5									5
Marel (EH)										0
Marel (Multiparamètres)	22		22			22	22	22		110
Marel (CT)										0
Sondes multiparamètres	3		3				2	3		11
Indice réfraction										0
Optode O ₂	20							20		40
Profileur										
Prélevements eau de mer										0
Total	107	19	52	2	0	22	24	45	0	271
Total sans les étalonnages a grand nombre de capteurs										271

160 rapports ont été émis dont 92 comptes-rendus de Prestation et 68 Certificats d'Etalonnage Cofrac.

Annexe 1 : Production scientifique et technologique 2019

Publications dans des revues avec comité de lecture (29)

1. Ailliot Pierre, Delyon Bernard, Monbet Valerie, Prevosto Marc (2019). **Time-change models for asymmetric processes**. *Scandinavian Journal Of Statistics*, 46(4), 1072-1097. <https://doi.org/10.1111/sjos.12382>
2. Arab Fatiha Mohammed, Augier Benoit, Deniset François, Casari Pascal, Astolfi Jacques André (2019). **Morphing Hydrofoil Model Driven by Compliant Composite Structure and Internal Pressure**. *Journal Of Marine Science And Engineering*, 7(12), 423 (19p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.3390/jmse7120423> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00593/70494/>
3. Arhant Mael, Briancon Christophe, Burtin Christian, Davies Peter (2019). **Carbon/polyamide 6 thermoplastic composite cylinders for deep sea applications**. *Composite Structures*, 212, 535-546. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.01.058> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00476/58742/>
4. Arhant Mael, Le Gall Maelenn, Le Gac Pierre Yves, Davies Peter (2019). **Impact of hydrolytic degradation on mechanical properties of PET - Towards an understanding of microplastics formation**. *Polymer Degradation And Stability*, 161, 175-182. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.01.021> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00476/58794/>
5. Baley Christophe, Gomina Moussa, Breard Joel, Bourmaud Alain, Drapier Sylvain, Ferreira Manuela, Le Duigou Antoine, Liotier Pierre Jacques, Ouagne Pierre, Soulat Damien, Davies Peter (2019). **Specific features of flax fibres used to manufacture composite materials**. *International Journal Of Material Forming*, 12(6), 1023-1052. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1007/s12289-018-1455-y> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00473/58429/>
6. moteurm Henry C., Maurer Tanya L., Plant Joshua N., Schmechtig Catherine, Wong Annie P. S., Claustre Hervé, Trull Thomas W., Udaya Bhaskar T. V. S., Boss Emmanuel, Dall'olmo Giorgio, Organelli Emanuele, Poteau Antoine, Johnson Kenneth S., Hanstein Craig, Leymarie Edouard, Le Reste Serge, Riser Stephen C., Rupan A. Rick, Taillandier Vincent, Thierry Virginie, Xing Xiaogang (2019). **A BGC-Argo Guide: Planning, Deployment, Data Handling and Usage**. *Frontiers In Marine Science*, 6(502), 23p. Publisher's official version : <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00502> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00512/62344/>
7. Bourmaud Alain, Mérotte Justin, Siniscalco David, Le Gall Maelenn, Gager Victor, Le Duigou Antoine, Pierre Floran, Behloul Karim, Arnould Olivier, Beaugrand Johnny, Baley Christophe (2019). **Main criteria of sustainable natural fibre for efficient unidirectional biocomposites**. *Composites Part A-applied Science And Manufacturing*, 124, 105504 (12p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.105504> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00505/61621/>
8. Davies Peter, Arhant Mael (2019). **Fatigue Behaviour of Acrylic Matrix Composites: Influence of Seawater**. *Applied Composite Materials*, 26(2), 507-518. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1007/s10443-018-9713-1> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00444/55596/>

9. Davies Peter, Arhant Mael, Le Gac Pierre Yves, Le Gall Maelenn, Kemlin Guillaume (2019). **Comportement Mécanique de Composites Renforcés de Lamelles de Bambou, Influence du Vieillissement dans l'Eau de Mer / Mechanical Behaviour of Composites Reinforced by Bamboo Strips, Influence of Seawater Aging.** *Revue Des Composites Et Des Matériaux Avances-journal Of Composite And Advanced Materials*, 29(4), 209-214. Publisher's official version : <https://doi.org/10.18280/rcma.290404> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00593/70534/>

10. Farcy Patrick, Durand Dominique, Charria Guillaume, Painting Suzanne J., Tamminem Timo, Collingridge Kate, Grémare Antoine J., Delauney Laurent, Puillat Ingrid (2019). **Toward a European Coastal Observing Network to Provide Better Answers to Science and to Societal Challenges; The JERICO Research Infrastructure.** *Frontiers In Marine Science*, 6(529), 13p. Publisher's official version : <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00529> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00514/62595/>

11. Filipot Jean-Francois, Guimaraes P., Leckler Fabien, Hortsmann J., Carrasco R., Leroy Elodie, Fady N., Accensi Mickael, Prevosto Marc, Duarte Rui, Roeber V., Benetazzo A., Raoult C., Franzetti M., Varing Audrey, Le Dantec N. (2019). **La Jument lighthouse: a real-scale laboratory for the study of giant waves and their loading on marine structures.** *Philosophical Transactions Of The Royal Society A-mathematical Physical And Engineering Sciences*, 377(2155), 20190008 (21p.). <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0008>

12. Gillibert Raymond, Balakrishnan Gireeshkumar, Deshoules Quentin, Tardivel Morgan, Magazzu Alessandro, Donato Maria Grazia, Marago Onofrio M., Lamy De La Chapelle Marc, Colas Florent, Lagarde Fabienne, Gucciardi Pietro G. (2019). **Raman Tweezers for Small Microplastics and Nanoplastics Identification in Seawater.** *Environmental Science & Technology*, 53(15), 9003-9013. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03105>

13. Grand Maxime M., Laes Agathe, Fietz Susanne, Resing Joseph A., Obata Hajime, Luther George W., Tagliabue Alessandro, Achterberg Eric P., Middag Rob, Tovar-Sánchez Antonio, Bowie Andrew R. (2019). **Developing Autonomous Observing Systems for Micronutrient Trace Metals.** *Frontiers In Marine Science*, 6(35), 17p. Publisher's official version : <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00035> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00482/59337/>

14. Hascoët Romain, Jacques Nicolas, Sclan Yves-Marie, Tassin Alan (2019). **A two-dimensional analytical model of vertical water entry for asymmetric bodies with flow separation.** *Applied Ocean Research*, 92, 101878 (13p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.apor.2019.101878> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00514/62543/>

15. Hermabessiere Ludovic, Paul-Pont Ika, Cassone Anne-Laure, Himer Charlotte, Receveur Justine, Jezequel Ronan, El Rakwe Maria, Rinnert Emmanuel, Rivière Gilles, Lambert Christophe, Huvet Arnaud, Dehaut Alexandre, Duflos Guillaume, Soudant Philippe (2019). **Microplastic contamination and pollutant levels in mussels and cockles collected along the channel coasts.** *Environmental Pollution*, 250, 807-819. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.051>

16. Huang Jing, David Adelina, Le Gac Pierre Yves, Lorthioir Cedric, Coelho Cristina, Richaud Emmanuel (2019). **Thermal oxidation of Poly(dicyclopentadiene)– kinetic modeling of double bond consumption.** *Polymer Degradation And Stability*, 166, 258-271. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.06.003> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00502/61327/>

17. Ikhennicheu Maria, Germain Gregory, Druault Philippe, Gaurier Benoit (2019). **Experimental study of coherent flow structures past a wall-mounted square cylinder.** *Ocean Engineering*, 182, 137-146. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.04.043> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00494/60527/>

18. Ikhennicheu Maria, Germain Gregory, Druault Philippe, Gaurier Benoit (2019). **Experimental investigation of the turbulent wake past real seabed elements for velocity variations characterization in the water column.** *International Journal Of Heat And Fluid Flow*, 78, 108426 (14p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.ijheatfluidflow.2019.108426> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00502/61356/>

19. Iliani Alin, Le Gac Pierre-Yves, Badulescu Claudiu, Thévenet David, Davies Peter (2019). **Prediction of Mechanical Behaviour of a Bulk Epoxy Adhesive in a Marine Environment.** *Journal Of Adhesion*, 95(1), 64-84. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1080/00218464.2017.1377616> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00419/53052/>

20. Knoery Joel, Cossa Daniel, Thomas Bastien, Germain Gregory, Rigaud Sylvain (2019). **Susane , a device for sampling chemical gradients in the benthic water column.** *Limnology And Oceanography-methods*, 17(6), 331-342. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1002/lom3.10317> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00495/60665/>

21. Lagadec Jean Romain, Prigent Sebastien, Lafontaine Jean-Pierre (2019). **Deep-Sea Temperature Sensor. In-Situ Readings from ROV.** *Sea Technology*, 60(10), 17-19. Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00588/70060/>

22. Le Gac Pierre Yves, Albouy Pierre-Antoine, Sotta Paul (2019). **Strain-induced crystallization in a carbon-black filled polychloroprene rubber: kinetics and mechanical cycling.** *Polymer*, 173, 158-165. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2019.04.019> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00488/60003/>

23. Le Guen-Geffroy Antoine, Le Gac Pierre Yves, Habert B., Davies Peter (2019). **Physical ageing of epoxy in a wet environment: Coupling between plasticization and physical ageing.** *Polymer Degradation And Stability*, 168, 108947 (8p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.108947> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00512/62319/>

24. Menesguen Alain, Dussauze Morgan, Dumas Franck, Thouvenin Benedicte, Garnier Valerie, Lecornu Fabrice, Repecaud Michel (2019). **Ecological model of the Bay of Biscay and English Channel shelf for Environmental Status assessment Part 1: Nutrients, phytoplankton and oxygen.** *Ocean Modelling*, 133, 56-78. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2018.11.002> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00469/58098/>

25. Pearlman Jay, Bushnell Mark, Coppola Laurent, Karstensen Johannes, Buttigieg Pier Luigi, Pearlman Françoise, Simpsons Pauline, Barbier Michele, Muller-Karger Frank E., Munoz-Mas Cristian, Pissierssens Peter, Chandler Cyndy, Hermes Juliet, Heslop Emma, Jenkyns Reyna, Achterberg Eric P., Bensi Manuel, Bittig Henry C., Blandin Jerome, Bosch Julie, Bourles Bernard, Bozzano Roberto, Buck Justin J. H., Burger Eugene F., Cano Daniel, Cardin Vanessa, Llorens Miguel Charcos, Cianca Andres, Chen Hua, Cusack Caroline, Delory Eric, Garelo Rene, Giovanetti Gabriele, Harscoat Valerie, Hartman Susan, Heitsenrether Robert, Jirka Simon, Lara-Lopez Ana, Lanteri Nadine, Leadbetter Adam, Manzella Giuseppe, Maso Joan, McCurdy Andrea, Moussat Eric, Ntoumas Manolis, Pensieri Sara, Petihakis George, Pinaradi Nadia, Pouliquen Sylvie, Przeslawski Rachel, Roden Nicholas P., Silke Joe, Tamburri Mario N., Tang Hairong, Tanhua Toste, Telszewski Maciej, Testor Pierre, Thomas Julie, Waldmann Christoph, Whoriskey Fred (2019). **Evolving and Sustaining Ocean Best Practices and Standards for the Next Decade**. *Frontiers In Marine Science*, 6(277), 19p. Publisher's official version : <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00277> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00503/61423/>

26. Raillard Nicolas, Prevosto Marc, Pineau H. (2019). **3-D environmental extreme value models for the tension in a mooring line of a semi-submersible**. *Ocean Engineering*, 184, 23-31. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.05.016> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00498/60948/>

27. Salic Tom, Charpentier Jean Frédéric, Benbouzid Mohamed, Le Boulluec Marc (2019). **Control Strategies for Floating Offshore Wind Turbine: Challenges and Trends**. *Electronics*, 8(10), 1185 (14p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.3390/electronics8101185> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00588/69991/>

28. Trasch Martin, Deporte Astrid, Delacroix Sylvain, Germain Gregory, Drevet Jean-Baptiste (2019). **Analytical linear modelization of a buckled undulating membrane tidal energy converter**. *Renewable Energy*, 130, 245-255. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.049> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00445/55631/>

29. Valente Andre, Sathyendranath Shubha, Brotas Vanda, Groom Steve, Grant Michael, Taberner Malcolm, Antoine David, Arnone Robert, Balch William M., Barker Kathryn, Barlow Ray, Belanger Simon, Berthon Jean-Francois, Besiktepe Suikru, Borsheim Yngve, Bracher Astrid, Brando Vittorio, Canuti Elisabetta, Chavez Francisco, Cianca Andres, Claustre Herve, Clementson Lesley, Crout Richard, Frouin Robert, Garcia-Soto Carlos, Gibb Stuart W., Gould Richard, Hooker Stanford B., Kahru Mati, Kampel Milton, Klein Holger, Kratzer Susanne, Kudela Raphael, Ledesma Jesus, Loisel Hubert, Matrai Patricia, McKee David, Mitchell Brian G., Moisan Tiffany, Muller-Karger Frank, O'Dowd Leonie, Ondrusek Michael, Platt Trevor, Poulton Alex J., Repecaud Michel, Schroeder Thomas, Smythe Timothy, Smythe-Wright Denise, Sosik Heidi M., Twardowski Michael, Vellucci Vincenzo, Voss Kenneth, Werdell Jeremy, Wernand Marcel, Wright Simon, Zibordi Giuseppe (2019). **A compilation of global bio-optical in situ data for ocean-colour satellite applications - version two**. *Earth System Science Data*, 11(3), 1037-1068. Publisher's official version : <https://doi.org/10.5194/essd-11-1037-2019> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00508/61937/>

Autres publications (6)

1. Arab Fatiha Mohammed, Augier Benoit, Deniset François, Casari Pascal, Astolfi Jacques André (2019). **Morphing Hydrofoil Model Driven by Compliant Composite Structure and Internal Pressure**. *Journal Of Marine Science And Engineering*, 7(12), 423 (19p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.3390/jmse7120423> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00593/70494/>

2. Davies Peter, Arhant Mael, Le Gac Pierre Yves, Le Gall Maelenn, Kemlin Guillaume (2019). **Comportement Mécanique de Composites Renforcés de Lamelles de Bambou, Influence du Vieillissement dans l'Eau de Mer / Mechanical Behaviour of Composites Reinforced by Bamboo Strips, Influence of Seawater Aging.** *Revue Des Composites Et Des Materiaux Avances-journal Of Composite And Advanced Materials*, 29(4), 209-214. Publisher's official version : <https://doi.org/10.18280/rcma.290404> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00593/70534/>
3. Guillou Sylvain, Filipot Jean-Francois, Thiebot Jérôme, Germain Gregory, Chaplain Nicolas, Ikhennicheu Maria, Duarte Rui, Gaurier Benoit, Bourgoïn Adrien, Mercier Philippe, Ata Riadh, Laverne Jérôme, Benhamadouche Sofiane, Pieterse Aline, Maisondieu Christophe, Poizot Emmanuel, Poirier Jean-Charles, Auvray Cedric, Droniou Elois, Arramounet Valentin, Pinon Grégory (2019). **Towards a turbulence characterization in tidal energy sites. First results of THYMOTE project.** *MATEC Web of Conferences*, 261(05002), 3p. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926105002> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00479/59091/>
4. Salic Tom, Charpentier Jean Frédéric, Benbouzid Mohamed, Le Boulluec Marc (2019). **Control Strategies for Floating Offshore Wind Turbine: Challenges and Trends.** *Electronics*, 8(10), 1185 (14p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.3390/electronics8101185> , Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00588/69991/>
5. Tardivel Morgan, Colas Florent, Rinnert Emmanuel (2019). **La spectroscopie Raman pour l'environnement marin.** *Photoniques*, (96), 30-33. <https://doi.org/10.1051/photon/20199630>
6. Andre Xavier, Duval Guillaume (2019). **Favoriser l'acceptabilité des projets maritimes. Guide pratique.** ENSTA Bretagne. <https://doi.org/10.13155/62421>

Livres et chapîtres de livres (5)

1. Arhant Mael, Davies Peter (2019). **Thermoplastic matrix composites for marine applications.** In *Marine Composites. Design and Performance*. 2019. Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering. Chap.2, pp. 31-53 (Elsevier BV).
2. Davies Peter, Le Gac Pierre Yves, Ciasu Viorel, Gallois Herve (2019). **Lifetime of nitrile rubber joints for a deep sea submersible.** In Huneau, B., Le Cam, J.B. , Marco, Y. , Verron, E. (Eds.). (2019). *Constitutive Models for Rubber XI. Proceedings of the 11th European Conference on Constitutive Models for Rubber (ECCMR 2019)*, June 25-27, 2019, Nantes, France. London: CRC Press, eBook ISBN 9780429324710 <https://doi.org/10.1201/9780429324710>. Part Ageing, 6p.
3. Gaurier Benoit, Germain Gregory, Pinon G (2019). **How to correctly measure turbulent upstream flow for marine current turbine performances evaluation?** In *Advances in Renewable Energies Offshore: Proceedings of the 3rd International Conference on Renewable Energies Offshore (RENEW 2018)*, October 8-10, 2018, Lisbon, Portugal. 1st Edition. Carlos Guedes Soares (Ed.). ISBN 978-1-138-58535-5. Modelling tidal currents. pp.23-30 (Taylor & Francis Group). <https://archimer.ifremer.fr/doc/00461/57308/>
4. Le Gac Pierre Yves, Albouy Pa, Sotta P (2019). **An X-ray study of strain-induced crystallization in W-polychloroprene.** In Huneau, B., Le Cam, J.B. , Marco, Y. , Verron, E. (Eds.). (2019). *Constitutive Models for Rubber XI. Proceedings of the 11th European Conference on Constitutive Models for Rubber (ECCMR 2019)*, June 25-27, 2019, Nantes, France. London: CRC Press, eBook ISBN 9780429324710 <https://doi.org/10.1201/9780429324710>. Part Strain-induced crystallization, pp.15-19.

5. Trasch M, Deporte A, Drevet Jb, Gaurier Benoit, Germain Gregory (2019). **Wake characterisation of an undulating membrane tidal energy converter**. In Advances in Renewable Energies Offshore: Proceedings of the 3rd International Conference on Renewable Energies Offshore (RENEW 2018), October 8-10, 2018, Lisbon, Portugal. 1st Edition. Carlos Guedes Soares (Ed.). ISBN 978-1-138-58535-5. Modelling waves. pp.143-150 (Taylor & Francis Group).

Rapports (384)

1. Amice Martin (2019). **DEEP-ARVOR TRITETE. Compte rendu d'essais à la mer – LOPSTECH19-L1**. RDT-IIM-19-R142.
2. Andre Xavier (2019). **Le management d'un projet ou d'un programme de R&D. Quels sont les apports humains et méthodologiques du management visuel ?**
3. Arhant Mael, Davies Peter, Riou Luc (2019). **Essais sur plaques composites Verre/Elium 188 XO fabriquées par infusion. Comparaison Artois Composites / ARKEMA**. REM/RDT/LCSM/19-003.
4. Arhant Mael, Riou Luc, Davies Peter (2019). **Quality control of plate sample from Lorima before D12 blade manufacture – Second Panel**. RLT-WPX-TX- TNO-000-00 - RDT/LCSM 19-187.
5. Arhant Mael, Davies Peter, Riou Luc (2019). **Quality control of plate sample from Lorima before D12 blade manufacture**. RLT-WPX-TX- TNO-000-00 - RDT/LCSM 19-167.
6. Artigas Felipe, Creach Veronique, Houliez Emilie, Karlson Bengt, Lizon Fabrice, Seppala Jukka, Wacquet Guillaume (2019). **Report on the technical and analytical improvements of innovative techniques and recommendations on their use**. ERICO-NEXT-WP3-D3.2-120819-V5. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74242/>
7. Barbot Stephane, Bompais Xavier (2019). **Projet EMSO-Nice – Système d'information de l'observatoire EMSO NICE**. Documentation informatique. REM/RDT/SIIM/19R-118.
8. Berthou Patrick, Macabiau Christophe, Begot Eric, Le Blond Samuel, Henrique Ramos, Cruces Lorenzo, Lucas Georges, Gomez Cesar, Lebechnech Léa, Guyader Olivier, Quemener Loic, Vignot Celine, Leblond Emilie (2019). **ORFISH - Development of innovative, low-impact offshore fishing practices for small-scale vessels in outermost regions - MARE/2015/06. WP3 Developing and testing low impact fishing techniques**. Task 3.5 Equipment through experimentation of a sample of small fishing vessels with GPS. Deliverable #45. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00628/74014/>
9. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification pour immersion à 300m d'une enceinte - Projet VECOC**. REM/RDT/LCSM/19.012.
10. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification en pression du POD PCC – Projet CORAL**. REM/RDT/LCSM/19.009.
11. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Contrôle d'étanchéité en pression d'un flotteur – Projet COGNAC**. REM/RDT/LCSM/19.013.
12. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai de déclenchement du préleveur IBIS en simulation de conditions opérationnelles**. REM/RDT/LCSM/19.006.

13. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai de fonctionnement sous pression et à basse température d'un préleveur PIF**. REM/RDT/LCSM/19.007.
14. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Contrôle de 4 enceintes en titane pour une immersion à 6000 mètres**. REM/RDT/LCSM/19.008.
15. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves (2019). **Utilisation du logiciel OBM pour le planning des moyens de qualification**. RDT/LCSM/19.017.
16. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification en pression des POD NRJ – Projet CORAL**. REM/RDT/LCSM/19.016.
17. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe (2019). **Essais en pression d'un accouplement magnétique marinisé**. REM/RDT/LCSM/19.055.
18. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essais de résistance et d'étanchéité de deux transducteurs sous-marins**. REM/RDT/LCSM/19.059.
19. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai en pression de la balise ESUG-1A 70-81-124-00**. REM/RDT/LCSM/19/061.
20. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essais en pression d'un prototype de marque POPSTAR**. REM/RDT/LCSM/19.062.
21. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Test de tenue à la pression des PODs Hy11018101 et Hy11026101**. REM/RDT/LCSM/19.060.
22. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification et test de fonctionnement en pression d'un prototype de chaîne de capteurs de température**. REM/RDT/LCSM/19.067.
23. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai en pression du POD 761-0-33-000**. REM/RDT/LCSM/19.066.
24. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe (2019). **Essai en pression d'échantillons de résine SG30 revêtus - POPSTAR**. REM/RDT/LCSM/19.069.
25. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe (2019). **Test de tenue à la pression des PODs Hy11018101 et Hy11026101 (2)**. REM/RDT/LCSM/19.083.
26. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai d'étanchéité d'un flotteur COGNAC**. REM/RDT/LCSM/19.085.
27. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification pour immersion à 6000m de deux enceintes pour magnétomètre**. REM/RDT/LCSM/19.090.
28. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification pour immersion suivant la norme NF X10-812 de deux balises RAMSES-2**. REM/RDT/LCSM/19.101.
29. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification pour immersion à 100m de deux enceintes métalliques**. REM/RDT/LCSM/19.104.

30. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe (2019). **Essai sous pression hydrostatique de 19 traversées étanches type « perles de verre »**. REM/RDT/LCSM/19.106.
31. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai de collapse d'un pipe 6" sous pression externe**. REM/RDT/LCSM/19.109.
32. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Test de fonctionnement en immersion d'un interrupteur magnétique**. REM/RDT/LCSM/19.115.
33. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Hydrostatic pressure test of 4 underwater portable sonars**. REM/RDT/LCSM/19.116.
34. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe (2019). **Contrôle d'étanchéité en pression de 15 géophones**. REM/RDT/LCSM/19.123.
35. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Reprise en eau d'un échantillon de mousse syntactique TG2000 collé à l'Araldite 420**. REM/RDT/LCSM/19.126.
36. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Nautilie – Connecteurs Quartex - Essai de résistance – Campagne 2019/phase 2**. REM/RDT/LCSM/19.125.
37. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe (2019). **Détermination de la densité de 18 échantillons de mousse syntactique SG30**. REM/RDT/LCSM/19.134.
38. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe (2019). **Contrôle d'hermiticité d'une enceinte sous-marine**. REM/RDT/LCSM/19.132.
39. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai en pression de la balise ESUG TRZ_62EE000C008**. REM/RDT/LCSM/19.137.
40. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai d'un hydrophone sous pression (300 bar)**. REM/RDT/LCSM/19.138.
41. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe (2019). **Test sous pression hydrostatique de deux échantillons de câble équipés de leur terminaison**. REM/RDT/LCSM/19.149.
42. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe (2019). **Test en pression de 4 postes sonars sous-marins**. REM/RDT/LCSM/19.143.
43. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe (2019). **Test en pression d'un POD Energie**. REM/RDT/LCSM/19.145.
44. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai hyperbare d'une enceinte batterie de LADCP**. REM/RDT/LCSM/19.144.
45. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai d'étanchéité et de tenue mécanique sur 4 têtes CLIO**. REM/RDT/LCSM/19.148.
46. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe (2019). **Pressure test of 3 underwater housings**. REM/RDT/LCSM/19.151.

47. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Contrôle d'herméticité d'un radôme composite (N/S 14.071-006)**. REM/RDT/LCSM/19.162.
48. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Contrôle d'étanchéité de deux enceintes sous-marines**. REM/RDT/LCSM/19.168.
49. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification en pression hydrostatique d'un flotteur COGNAC**. REM/RDT/LCSM/19.170.
50. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai hyperbare d'un support d'antennes AMEU instrumenté**. REM/RDT/LCSM/19.172.
51. Bigourdan Benoit, Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe (2019). **Essai en pression d'un connecteur surmoulé - POPSTAR**. REM/RDT/LCSM/19.177.
52. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification 6000 mètres de la sphère du règleur CORAL**. REM/RDT/LCSM/19.176.
53. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Contrôle d'herméticité d'un radôme composite (N/S 14.071-007)**. REM/RDT/LCSM/19.225.
54. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Contrôle d'herméticité d'un radôme composite (N/S 14.071-009)**. REM/RDT/LCSM/19.226.
55. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essais hyperbares des équipements connectés sur la BJS MEUST-EMSO/LO**. REM/RDT/LCSM/19.228.
56. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification de l'embase d'adaptation de la CTD RBR sur la tape Arvor E-Arise**. REM/RDT/LCSM/19.234.
57. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Evolution de la densité d'échantillons de mousse syntactique après immersion 1500 et 2000 mètres - POPSTAR**. REM/RDT/LCSM/19.178.
58. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification suivant la norme NF X10-812 de deux enceintes MACS pour une immersion à 3000 mètres**. REM/RDT/LCSM/19.237.
59. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai d'étanchéité et de tenue mécanique d'une tête CLIO**. REM/RDT/LCSM/19.245.
60. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Test d'herméticité et d'étanchéité de l'interface mât N/S 47215670**. REM/RDT/LCSM/19.251.
61. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Qualification en pression de 3 transducteurs 6000 mètres**. REM/RDT/LCSM/19.250.
62. Bigourdan Benoit, Peyronnet Christophe, Leost Pierre-Yves (2019). **Essai en pression de 2 enceintes énergie et de 2 ADCP - Projet WAPITI**. REM/RDT/LCSM/19.258.
63. Boccadoro Catherine, Karlson Bengt, Colas Florent (2019). **Development of microbial and molecular sensors**. JERICO-NEXT-WP3-D3.8 Aug 2019 V7.
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74246/>

64. Bompais Xavier (2019). **Projet TIPS (tâche 2 du projet MODAL). Avancement au 30 juin 2019.** REM-RDT-SIIM 19-R122.
65. Bompais Xavier (2019). **Projet ANR-MODAL. Avancement de la tâche 2 (TIPS) au 1er février 2019.** REM-RDT-SIIM 19-R035.
66. Bompais Xavier (2019). **PROJET TIPS. Étalonnage des inclinomètres. Étude d'une méthode de détermination des coefficients.** REM/RDT/SIIM/19-R060.
67. Bompais Xavier (2019). **EMSO-NICE. Travaux sous-marins à réaliser en 2019.** REM-RDT-SIIM 19-R132.
68. Bompais Xavier (2019). **Projet ANR MODAL. Tâche 2 (TIPS). Cahier des clauses techniques particulières pour la fourniture de pièces mécaniques usinées (marché Ifremer n°19/1000161).** REM-RDT-SIIM 19-R112.
69. Bompais Xavier (2019). **Réunion No 1 du comité de pilotage du projet TIPS.** REM-RDT-SIIM 19-R029.
70. Bompais Xavier (2019). **Observatoire EMSO-NICE. État des lieux - Novembre 2019.** REM/RDT/SIIM/19-R174.
71. Bompais Xavier (2019). **Contract 19-1000380. Technical prescriptions.** REM-RDT-SIIM 19-R179.
72. Bompais Xavier (2019). **Projet TIPS (tâche 2 du projet ANR-MODAL). Avancement au 30 juin 2019.** REM-RDT-SIIM 19-R122.
73. Bompais Xavier (2019). **Marché 19-1000380. Prescriptions techniques.** REM-RDT-SIIM 19-R155.
74. Bompais Xavier (2019). **Projet ANR-MODAL. Tâche 2 (TIPS). Justification du choix du fournisseur des pièces mécaniques usinées.** REM-RDT-SIIM 19-R046.
75. Boukerma Kada, Repecaud Michel, Peleau Michel (2019). **Evaluation de l'efficacité des revêtements antifouling d'Hexis.** RDT/LDCM/19-020/KB/R.
76. Bucas Karenn (2019). **LabCollector Instrumental. LabP6 P6-RDT | Qualité Métrologie | "Parc Capteurs et Instruments" : Manuel d'utilisation.** REM/RDT/LDCM/18-035/KBu/R.
77. Carotenuto Federico, Delauney Laurent, Dussud Loic, Gioli Benamino, Turpin Victor, Zaldei Alessandro (2019). **Report on opportunities and applications of unmanned observatories for usage across RIs.** Work package 1 - New sensor technologies: innovation and services. D1.5. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74250/>
78. Cathalot Cecile, Gayet Nicolas, Mertz Nicolas, Bignon Laurent (2019). **ESSROV – du 19 au 24 janvier 2019. TTests opérationnels du PIF (version 2 en PEEK) sur le ROV Victor 6000.** REM/GM/LCG 2019.
79. Chalony Sebastien, Tancreay Aurelien, Priour Daniel (2019). **Test Fonctionnel- Canal de Brest. Immersion d'un Châssis Rosette SeaBird.** REM/RDT/LCSM/2019_183.
80. Chalony Sebastien, Tancreay Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Transposer La mesure GPS a un châssis sous-marin.** REM/RDT/LCSM/2019_200.

81. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Immersion d’un Collecteur à Langoustine**. REM/RDT/LCSM/19_186.
82. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Calibration Capteur de Vitesse Eolink 10**. REM/RDT/LCSM/2019_192.
83. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Immersion ROV IRD**. REM/RDT/LCSM/2019_193.
84. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel - Enceinte Fibre Optique**. REM/RDT/LCSM/2019_197.
85. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Immersion – Test Fonctionnel - Filet de Chalut Pêche**. REM/RDT/LCSM/2019_201.
86. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Pesage Chassis Marha**. REM/RDT/LCSM/2019_219.
87. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel - Immersion Calibration Camera SubSea**. REM/RDT/LCSM/2019_220.
88. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Immersion Profileur ScanFish**. REM/RDT/LCSM/2019_206.
89. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Immersion Profileur autonome Projet COGNAC**. REM/RDT/LCSM/2019_212.
90. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Immersion – Chassis Mastodon**. REM/RDT/LCSM/2019_216.
91. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Immersion prototype d’outillages de prélèvements**. REM/RDT/LCSM/2019_208.
92. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel - Qualification d’antenne acoustique de la Thalassa IXBLUE**. REM/RDT/LCSM/2019_210.
93. Chalony Sebastien, Tancray Aurelien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Immersion – Bulleur Genavir**. REM/RDT/LCSM/2019_215.
94. Chavagnac Valérie, Sarradin Pierre-Marie (2019). **Intermediate Scientific report “Working with two deep-sea ROVs” (French Oceanographic Fleet)**. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00594/70657/>
95. Cotty Cecile, Davy Romain (2019). **Guide technique de mise en oeuvre des Cheminis, de leur structure et de Minipepito**. Projet CHAMAUT. Réf. : RDT/DCM.
96. Crenan Briec (2019). **N/O Thalassa, Guide d’utilisation et de gestion de la Ferrybox**. NE-2019-591.
97. Damy Gilbert (2019). **IHES. Simulation préliminaire du système d’ancrage**. REM/RDT/LCSM/ R19.156/GD.

98. Damy Gilbert (2019). **Wavegem. Simulation du système d'ancrage installé.** REM/RDT/LCSM/ R19.191/GD.
99. Daniel Anne, Laes Agathe (2019). **Workshop “Interoperability of Technologies and Best Practices: in situ applications to nutrient and phytoplankton fluorescence measurements”.** Brest, 4-6th December, 2018. Compilation of the presentations Nutrient measurements: how to implement laboratory good practices to the in situ sensors use ? ODE/DYNECO/PELAGOS/19.01.
100. Delory Eric (2019). **Integrated Atlantic Ocean Observing System Shared Infrastructure Report.** AtlantOS Deliverable, D6.6. https://doi.org/10.3289/atlantos_d6.6
101. Dussud Loic, Garziglia Sebastien (2019). **Compte-rendu de la campagne : ESSPENF50-2019. Navire : Marion Dufresne II.**
102. Farcy Patrick, Puillat Ingrid, Durand Dominique, Delauney Laurent (2019). **Roadmap for the future.** JERICO-NEXT-WP1-D1.4-301019-V3.0. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00627/73934/>
103. Frizon De Lamotte De Reges Jean (2019). **Modélisation d'un système mécanique sous-marin soumis à l'action de la houle. Estimation de la part d'énergie récupérable (statique, dynamique, puissance capturée).** Rapport de stage de master 1. REM/RDT/LCSM 19-127.
104. Gilbert Olivier, Langlais Mickael, Delbart Franck, Bourjaillat Bastien, Piard Luc, Dussud Loic, Delauney Laurent (2019). **Report on the use of energy units in extreme environments.** Work package 3 - Improving measurement networks: common technology solutions. D3.1. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74252/>
105. Gremare Antoine, Durand Dominique, Delauney Laurent, Seppala Jukka, Creach Veronique, Farcy Patrick (2019). **Report on the science strategy required to answer the targeted scientific questions, policy requirements, and societal challenges within JERICO-NEXT.** JERICO-NEXT-WP1-D1.2-300819-V4.4. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00627/73933/>
106. Hubert Morgane, Davy Romain, Thomas Lena (2019). **Compte rendu Equipe Chimie Brest. Mission MoMARSAT 2019. N/O Pourquoi Pas ?, Atlantique Nord, EMSO Açores.**
107. Kolodziejczyk Nicolas, Cabanes Cecile, Carval Thierry, Coatanoan Christine, D'Ortenzio Fabrizio, Lebreton Nathanaele, Maze Guillaume, Poteau Antoine, Le Reste Serge, Le Traon Pierre-Yves, Schmechtig Catherine, Poffa Noe, Pouliquen Sylvie, Thierry Virginie (2019). **Bilan Argo-France 2018.** AF-2019-BILAN2018.
108. Kolodziejczyk Nicolas, Taillandier Vincent, Malarde Damien, Le Reste Serge, Le Menn Marc (2019). **Résultats des essais du capteur NOSS Campagne BioArgoMed – PERLE0.** LOPS-NOSS-2019-03.
109. Lacotte Nicolas, Bigourdan Benoit (2019). **Essais en charge du largueur acoustique E1S DDL N° 1.** REM/RDT/LCSM/19.001.
110. Lacotte Nicolas, Bigourdan Benoit (2019). **Serrage d'une manille textile sous traction.** REM/RDT/LCSM/19.077.
111. Lacotte Nicolas, Bigourdan Benoit (2019). **Essai de compression de la butée progressive Paulstra Levaflex 514130/75.** REM/RDT/LCSM/19.075.

112. Lacotte Nicolas (2019). **Essais en charge de quatre largeurs acoustiques.** REM/RDT/LCSM/ 19.105.
113. Lacotte Nicolas (2019). **Essais de traction sur des cosses cœur.** REM/RDT/LCSM/ 19.142.
114. Lacotte Nicolas (2019). **Essai de traction à la charge d'épreuve et essai à rupture sur oceano ARC61B2S.** REM/RDT/LCSM/ 19.166.
115. Lacotte Nicolas (2019). **Essais en charge du largueur acoustique oceano AR861E1S/P1 N°159.** REM/RDT/LCSM/19.180.
116. Lamande Nolwenn (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-154.**
117. Lamande Nolwenn (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-164.**
118. Lamande Nolwenn (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-167.**
119. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-138a.**
120. Lamande Nolwenn (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-153.**
121. Lamande Nolwenn (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-168.**
122. Lamande Nolwenn (2019). **Mode opératoire du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Rédaction, signature et diffusion des certificats d'étalonnage et des comptes rendus de prestations. 6ième édition – Janvier 2019. N° MOpQ003.**
123. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-009.**
124. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-029.**
125. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-032.**
126. Lamande Nolwenn (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-008.**
127. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-030.**
128. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-031.**
129. Lamande Nolwenn (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-040.**
130. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-007.**
131. Lamande Nolwenn (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-010.**
132. Lamande Nolwenn (2019). **Test Report No. M-DCM-19-045.**
133. Lamande Nolwenn (2019). **Compte Rendu de Prestation N° M-DCM-19-046.**
134. Lamande Nolwenn (2019). **Compte Rendu de Prestation N° M-DCM-19-047.**

135. Lamande Nolwenn (2019). **Compte Rendu de Prestation N° M-DCM-19-048.**
136. Lamande Nolwenn (2019). **Compte Rendu de Prestation N° M-DCM-19-049.**
137. Lamande Nolwenn (2019). **Manuel qualité du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Bretagne. Manuel Qualité Etalonnage Pression et Température. 20ème édition – Mai 2019. MQ_Ed20-05-19.**
138. Lamande Nolwenn (2019). **Procédure du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Procédure de prise en charge d'une prestation d'étalonnage. 13ème édition - Mars 2019. MQ001.**
139. Lamande Nolwenn (2019). **Mode opératoire du laboratoire de métrologie de l'Ifremer du Centre de Brest. Identification des documents et noms d'enregistrement. 7ième édition– mai 2019. MOpQ 001.**
140. Lamande Nolwenn (2019). **Mode opératoire du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Rédaction, signature et diffusion des certificats d'étalonnage et des comptes rendus de prestations. 8ième édition – Mai 2019. MOpQ003.**
141. Lamande Nolwenn (2019). **Mode opératoire du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Rédaction, signature et diffusion des certificats d'étalonnage et des comptes rendus de prestations. 7ième édition – Mars 2019. MOpQ003.**
142. Lamande Nolwenn (2019). **Procédure du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Procédure de création d'un document du système qualité et d'établissement du nom d'enregistrement de ce document. 12ème édition – Février 2019. MQ006.**
143. Lamande Nolwenn (2019). **Mode opératoire du laboratoire de métrologie de l'Ifremer du Centre de Brest. Détermination du pHT de l'eau de mer par la méthode spectrophotométrique. 1ère édition – Février 2019. MOpPC005.**
144. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-081.**
145. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-079.**
146. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-078.**
147. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-077.**
148. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-076.**
149. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-074.**
150. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-071.**
151. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-087.**
152. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-082.**
153. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-086.**
154. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-085.**

155. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-084.**
156. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-083.**
157. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-069.**
158. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-080.**
159. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-075.**
160. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-073.**
161. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-072.**
162. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-070.**
163. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-062.**
164. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-067.**
165. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-068.**
166. Lamande Nolwenn (2019). **Mode opératoire du laboratoire de métrologie de l'Ifremer du Centre de Brest. Utilisation d'un pont de mesure de résistance à comparateur de courant continu Guildline pour la réalisation d'une mesure de température. 3ème édition – Juillet 2019. N° MOpT001.**
167. Lamande Nolwenn (2019). **Procédure du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Procédure de prise en charge d'une prestation d'étalonnage. 14ème édition – Juin 2019. N° MQ001.**
168. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-093.**
169. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-098.**
170. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-097.**
171. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-094.**
172. Lamande Nolwenn (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-092.**
173. Lamande Nolwenn (2019). **Mode opératoire du laboratoire de métrologie de l'Ifremer du Centre de Brest. Essais de conformité des dispensettes par la méthode gravimétrique. 1ère édition – Septembre 2019. N° MOpPC007.**
174. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-102.**
175. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-105.**
176. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-108.**

177. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-109.**
178. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-106.**
179. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-104.**
180. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-103.**
181. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-107.**
182. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-121.**
183. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-110.**
184. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-111.**
185. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-113.**
186. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-112.**
187. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-114.**
188. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-115.**
189. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-116.**
190. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-122.**
191. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-123.**
192. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-124.**
193. Lamande Nolwenn (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-131.**
194. Lamande Nolwenn (2019). **Calibration certificate N° M-DCM-19-120.**
195. Lamande Nolwenn (2019). **Procédure du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Procédure de définition des attributions et responsabilités des agents. 14ème édition – Novembre 2019. N° MQ003.**
196. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-143.**
197. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-144.**
198. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-145.**
199. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-150.**
200. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-146.**
201. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-147.**

202. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-152 / Calibration certificate N° M-DCM-18-152.**
203. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-155.**
204. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-169.**
205. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-170.**
206. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-156.**
207. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-171.**
208. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-172.**
209. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-148.**
210. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-149.**
211. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-18-151.**
212. Le Bihan Caroline (2019). **Mode opératoire du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Utilisation de la base de demande de prestation. 1ère édition – janvier 2019. N° MOPQ005.**
213. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-004.**
214. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation. N° M-DCM-19-005.**
215. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation. N° M-DCM-19-006.**
216. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-003.**
217. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-014.**
218. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-016.**
219. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-017.**
220. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-019.**
221. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-020.**
222. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage N° M-DCM-19-018.**
223. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-037.**
224. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-038.**
225. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-039.**
226. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-013.**

227. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-015.**
228. Le Bihan Caroline (2019). **Compte Rendu de Prestation N° M-DCM-19-043.**
229. Le Bihan Caroline (2019). **Compte Rendu de Prestation N° M-DCM-19-044.**
230. Le Bihan Caroline (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-061.**
231. Le Bihan Caroline (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-059.**
232. Le Bihan Caroline (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-058.**
233. Le Bihan Caroline (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-057.**
234. Le Bihan Caroline (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-064.**
235. Le Bihan Caroline (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-063.**
236. Le Bihan Caroline (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-060.**
237. Le Bihan Caroline (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-056.**
238. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-053.**
239. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-052.**
240. Le Bihan Caroline (2019). **Certificat d'étalonnage. N° M-DCM-19-051.**
241. Le Bihan Caroline (2019). **Mode opératoire du laboratoire de métrologie de l'Ifremer du Centre de Brest. Mode opératoire sur le suivi des bains thermostatés, des points fixes, des résistances étalons, des ponts de mesure et des thermomètres à résistance de platine étalon et de travail. 1ère édition – Juillet 2019. N° MOpT015.**
242. Le Bihan Caroline (2019). **Mode opératoire du laboratoire de métrologie de l'Ifremer du Centre de Brest. Mode opératoire sur le suivi du multimètre Wavetek. 1ère édition – juillet 2019. N° MOpE001.**
243. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-157.**
244. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-158.**
245. Le Bihan Caroline (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-159.**
246. Le Boulluec Marc, Repecaud Michel (2019). **Projet MegaWattBlue – Analyse des mesures de courant en Ria d'Etel. Campagnes de mesures par ADCP (2016-2018-2019). REM/URDT/LCSM 19-211.**
247. Le Boulluec Marc, Repecaud Michel, Matoug Camil (2019). **Tests en mer de l'éolienne flottante EOLINK +10 MW à l'échelle 1/10ème. REM/RDT/LCSM/ R19.175/MLB.**
248. Le Boulluec Marc (2019). **Essais en bassin d'une maquette du POLARPOD à l'échelle 1/68. RDT/LCSM 19.131.**

249. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-163.** M-DCM-18-163.
250. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-072.**
251. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-012.**
252. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-022.**
253. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-023.**
254. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-025.**
255. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-026.**
256. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-021.**
257. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-011.**
258. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-024.**
259. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-027.**
260. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-028.**
261. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-033.**
262. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-073.**
263. Le Gall Christian (2019). **Compte-Rendu de prestation N° M-DCM-19-034.**
264. Le Gall Christian (2019). **Compte-Rendu de prestation N° M-DCM-19-001.**
265. Le Gall Christian (2019). **Compte-Rendu de prestation N° M-DCM-19-002.**
266. Le Gall Christian (2019). **Compte-Rendu de prestation N° M-DCM-19-036.**
267. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de Prestation N° M-DCM-19-035.**
268. Le Gall Christian (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-088.**
269. Le Gall Christian (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-090.**
270. Le Gall Christian (2019). **Compte-rendu de Prestation N° M-DCM-19-089.**
271. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation. Instrument étalonné Sonde multi-paramètres // //.** M-DCM-18-109a.
272. Le Gall Christian (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-065.**
273. Le Gall Christian (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-066.**

274. Le Gall Christian (2019). **Compte-rendu de Prestation. N° M-DCM-19-054.**
275. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-096.**
276. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-101.**
277. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-042.**
278. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-126.**
279. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-127.**
280. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-128.**
281. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-129.**
282. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-130.**
283. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-095.**
284. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-041.**
285. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-099.**
286. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-050.**
287. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-055.**
288. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-19-100.**
289. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-087.**
290. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-021.**
291. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-086.**
292. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-017.**
293. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-018.**
294. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-019.**
295. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-020.**
296. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-108.**
297. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-112.**
298. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-160.**

299. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-161.**
300. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-162.**
301. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-016.**
302. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-084.**
303. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-085.**
304. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-109a.**
305. Le Gall Christian (2019). **Compte rendu de prestation. N° M-DCM-19-091.**
306. Le Vourc'h Damien (2019). **Memo. Essais de cintrage de la tige TIPS en atelier.** RDT-SI2M 19-R134.
307. Le Vourc'h Damien (2019). **Procédure de montage d'une tige instrumentée TIPS.** RDT/SIIM 19-P001.
308. Le Vourc'h Damien (2019). **Mémo. Essais des MDS du Piezo V3.** RDT-SIIM 19-R163.
309. Le Vourc'h Damien (2019). **Mémo. Essais de cintrage de la tige TIPS sur le Pénétromètre Penfeld.** RDT-SIIM 19-R135.
310. Legrand Julien, Sarradin Pierre-Marie, Davy Romain, Hubert Morgane, Lafontaine Jean-Pierre, Mertz Nicolas, Moreau Bertrand, Podeur Christian, Prigent Sebastien, Thomas Lena (2019). **MOMARSAT 2019. N/O Pourquoi Pas ?, Horta – Horta, 10/06 au 04/07/2019. Infrastructure d'observation et de transmission de données de l'observatoire EMSO Açores. Compte-rendu de mission.** REM/RDT/I2M/19-R128.
311. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Procédure de maintenance. Étalonnage sonde de température.** REM/RDT/LCSM/19.030.
312. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Procédure de maintenance. Vérification des organes de levage/manutention.** REM/RDT/LCSM/19.029.
313. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 2400 bar. Procédure de maintenance. Étalonnage capteur de pression.** REM/RDT/LCSM/19.031.
314. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 2400 bar. Procédure de maintenance. Maintenance pompe Type HASKEL DSXHF 602.** REM/RDT/LCSM/19.033.
315. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson ACB 1000 bar. Procédure de maintenance. Vérification des organes de levage/manutention.** REM/RDT/LCSM/19.034.
316. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson ACB 1000 bar. Procédure de maintenance. Étalonnage sonde de température.** REM/RDT/LCSM/19.035.
317. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson hyperbares. Procédure de maintenance. Remplacement des filtres à eau.** REM/RDT/LCSM/19.023.

318. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson ACB 1000 bar. Procédure de maintenance. Étalonnage capteur de pression.** REM/RDT/LCSM/19.036.
319. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson ACB 1000 bar. Procédure de maintenance. Maintenance du bouchon.** REM/RDT/LCSM/19.037.
320. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson ACB 1000 bar. Procédure de maintenance. Maintenance du groupe froid.** REM/RDT/LCSM/19.038.
321. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson ACB 1000 bar. Procédure de maintenance. Maintenance pompe HASKEL Type DSHF 202.** REM/RDT/LCSM/19.039.
322. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar corrosion. Procédure de maintenance. Vérification des organes de levage/manutention.** REM/RDT/LCSM/19.40.
323. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson corrosion. Procédure de maintenance. Étalonnage sonde de température.** REM/RDT/LCSM/19.041.
324. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar corrosion. Procédure de maintenance. Étalonnage capteur de pression.** REM/RDT/LCSM/19.042.
325. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar corrosion. Procédure de maintenance. Maintenance du bouchon.** REM/RDT/LCSM/19.043.
326. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar corrosion. Procédure d'utilisation. Fonctionnement en mode semi-automatique.** REM/RDT/LCSM/19.044.
327. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar corrosion. Procédure de maintenance. Maintenance du groupe froid.** REM/RDT/LCSM/19.045.
328. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar HPS. Procédure de maintenance. Maintenance pompe HASKEL type DSHF 300.** REM/RDT/LCSM/19.050.
329. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar HPS. Procédure de maintenance. Maintenance du bouchon.** REM/RDT/LCSM/19.051.
330. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar HPS. Procédure d'utilisation. Fonctionnement en mode semi-automatique.** REM/RDT/LCSM/19.052.
331. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar HPS. Procédure de maintenance. Maintenance groupe froid.** REM/RDT/LCSM/19.049.
332. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson Hyperbares. Procédure de maintenance. Réglage vanne de fuite KÄMMER.** REM/RDT/LCSM/19.024.

333. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson Hyperbares. Procédure de maintenance. Planning de maintenance préventive.** REM/RDT/LCSM/19.025.
334. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson Hyperbares. Procédure de maintenance. Maintenance vanne noire pneumatique Nova Swiss Haute Pression.** REM/RDT/LCSM/19.026.
335. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson Hyperbares. Procédure de maintenance. Maintenance surpresseur.** REM/RDT/LCSM/19.027.
336. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar HPS. Procédure de maintenance. Vérification des organes de levage/manutention.** REM/RDT/LCSM/19.046.
337. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar HPS. Procédure de maintenance. Étalonnage sonde de température.** REM/RDT/LCSM/19.047.
338. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar HPS. Procédure de maintenance. Étalonnage capteur de pression.** REM/RDT/LCSM/19.048.
339. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson Hyperbares. Procédure de maintenance. Maintenance pompe à main haute pression NOVA SWISS 4000 bar.** REM/RDT/LCSM/19.028.
340. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 600 bar offshore. Procédure de maintenance. Maintenance pompe HASKEL MS-188.** REM/RDT/LCSM/19.094.
341. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 2400 bar. Procédure de maintenance. Maintenance du bouchon.** REM/RDT/LCSM/19.032.
342. Leost Pierre-Yves, Peyronnet Christophe, Bigourdan Benoit (2019). **Caisson 1000 bar HPS. Procédure de maintenance. Maintenance des mailles.** REM/RDT/LCSM/19.093.
343. Maisondieu Christophe, Augier Benoit, Damy Gilbert, Le Boulluec Marc, Le Roux Dominique, Tassin Alan, Tancray Aurelien, Chalony Sebastien (2019). **Présentation des infrastructures d'essais en hydrodynamique. Le bassin à houle profond et le canal d'expérimentation.** RDT/LCSM/R18LCSM18-214/CM.
344. Maze Guillaume, Cabanes Cecile, Carval Thierry, Claustre Hervé, Coatanoan Christine, D'Ortenzio Fabrizio, Kolodziejczyk Nicolas, Lebreton Nathanaele, Le Reste Serge, Le Traon Pierre-Yves, Poteau Antoine, Poffa Noe, Pouliquen Sylvie, Schmechtig Catherine, Thierry Virginie (2019). **French National Report on Argo - 2018.** <https://archimer.ifremer.fr/doc/00484/59523/>
345. Mazeas Florence (2019). **Mode opératoire du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest.. Archivage ou destruction des documents. 2nde édition – Octobre 2018.** N° MOpQ004.
346. Mazeas Florence (2019). **Procédure du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Procédure de définition et de traitement des écarts, des risques et opportunités et plans d'action. 4ième édition – Février 2019.** N° MQ013.

347. Mazeas Florence (2019). **Procédure du Laboratoire de Métrologie de l'Ifremer Centre de Brest. Procédure de sélection et d'évaluation des fournisseurs de services faits. 4ième édition – Janvier 2019.** N° MQ011.
348. Mazeas Florence, Laes Agathe (2019). **Compte rendu final sur l'étude de stabilité des solutions du CHEMINI sulfate.** RDT/LDCM/19-008.
349. Moreau Bertrand (2019). **OFM MarHa. CR Réunion suivi de projet numéro 4.** 19-R063.
350. Moreau Bertrand (2019). **OFM MarHa. CR Réunion suivi de projet numéro 10.** 19-R176.
351. Moreau Bertrand (2019). **OFM MarHa. CR réunion suivi projet numéro 8.** 19-R151.
352. Moreau Bertrand (2019). **OFM MarHa. CR réunion suivi projet numéro 7.** 19-R140.
353. Moreau Bertrand (2019). **OFM MarHa. CR Réunion suivi de projet numéro 5.** 19-R082.
354. Nair Rajesh, Puillat Ingrid, Delauney Laurent (2019). **The "JERICO Label", Version 2.** JERICO-NEXT-WP2-D2.7-090919-V1.0. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74241/>
355. Ove Moller Klas, Petersen Wilhelm, Nair Rajesh (2019). **Report on Best Practice in the utilization of sensors used for measuring nutrients, biology related optical properties, variables of the marine carbonate system, and for coastal profiling.** JERICO-NEXT-WP2-D2.5-100919-V1.0. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74239/>
356. Premel-Cabic Mickael (2019). **Réalisation de 4 essais de crush test sur mousse syntactique.** REM/RDT/LCSM/18.211.
357. Premel-Cabic Mickael (2019). **Essais pour qualification de la résine pour POPSTAR.** REM/RDT/LCSM/19.128.
358. Premel-Cabic Mickael, Le Gac Pierre Yves (2019). **Vieillessement 10 ans FREMM. Rapport à 8 ans.** R.INT.RDT/LCSM – 19-227.
359. Quemener Loic (2019). **Campagne CARMOLIT 2019 leg 1 & 2 - N/O THALIA - Carénage décennal de la bouée MOLIT.** RDT/LDCM/19-031/LQ/R.
360. Rolin Jean-Francois, Loubrieu Thomas, Delauney Laurent, Carotenuto Federico, Dhaussy Philippe, Obeid Fadi, Delory Eric (2019). **Technological choices for dense networks of small sensors.** Work package 1 - New sensor technologies: innovation and services. D1.7. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00630/74251/>
361. Salvetat Florence (2019). **Compte rendu de participation au 19ème congrès international de métrologie.** RDT/LDCM/19-032/FS/CR.
362. Salvetat Florence (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-010.**
363. Salvetat Florence (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-012.**
364. Salvetat Florence (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-013.**
365. Salvetat Florence (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-014.**

366. Salvetat Florence (2019). **Compte rendu de prestation N° M-DCM-18-015.**
367. Salvetat Florence, Nair Rajesh, Seppala Jukka (2019). **Report on the JERICO-NEXT activities relating to calibration and assessment.** JERICO-NEXT-WP2-D2.6-030919-V1.2.
368. Sarradin Pierre-Marie, Legrand Julien, Cannat Mathilde (2019). **Compte-rendu opérationnel de la campagne Momarsat 2019. Zone de travail - Lucky Strike Infrastructure de recherche- EMSO-Açores Navire Pourquoi Pas ? Submersible Nautil.** REM/RDT/19-125.
369. Sarradin Pierre-Marie, Godfroy Anne, Legrand Julien, Cannat Mathilde (2019). **MOMARSAT 2020 LUCKYDIVMIC2020 SUR LE N/O POURQUOI PAS ? Demande d'autorisation de travaux de recherche scientifique dans la zone économique exclusive sous juridiction du Portugal.** REM/EEP/19/07.
370. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel - Immersion – Acoustique Ifremer Recette 2019.** REM/RDT/LCSM/19_184.
371. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Priour Daniel (2019). **Test Fonctionnel - Calibration Sondeur EK80 et WBAT.** REM/RDT/LCSM/19_078.
372. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel - Immersion Enceinte Ancre Eolink 10.** REM/RDT/LCSM/2019_190.
373. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Profileurs prototype Tritete.** REM/RDT/LCSM/2019_198.
374. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Caverne Julien, Augier Benoit, Tassin Alan (2019). **Test Fonctionnel – Largage antenne THALES.** REM/RDT/LCSM/19_080.
375. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel - Immersion – Profileur EURO-ARGO S19 2019.** REM/RDT/LCSM/2019_202.
376. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Caverne Julien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Système de détection d'anomalie sur Pipeline.** REM/RDT/LCSM/19_081.
377. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Priour Daniel (2019). **Test Fonctionnel – Largage Microrider V2 et comportement hydro.** REM/RDT/LCSM/19_079.
378. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel - Immersion Profileur ARGO de NKE S26.** REM/RDT/LCSM/2019_209.
379. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel - Immersion – Acoustique Sonar Naval Group Sonar 2019.** REM/RDT/LCSM/2019_222.
380. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Tests de pesées d'un largeur Mission CARAPASS.** REM/RDT/LCSM/2019_207.
381. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Immersion Test étanchéité Caisson CNRS.** REM/RDT/LCSM/2019_217.
382. Tancray Aurelien, Chalony Sebastien, Augier Benoit (2019). **Test Fonctionnel – Pesage d'instrumentations.** REM/RDT/LCSM/2019_218.

383. Thomas Léna, Laes Agathe (2019). **Optimisation de la mesure automatisée des Ferroporphyrines en eau de mer**. Résumé technique.
384. Van Ganse Sophie, Martinez Enoc, Salvetat Florence, Le Gall Christian, Del Rio Fernandez Joaquin, Toma Daniel Mihai, Niclas Chirurgien Laure, Lefevre Dominique, Ntoumas Manolis, Petihakis George, Coppola Laurent, Favali Paolo, Dañobeitia Juanjo, Blandin Jerome (2019). **First release of handbook of Best Practices with 2 main chapters: metrology and Sensor Web Enablement**. WP2: Standards and Interoperability. EMSO-Link-D2.2_V2.1.

Publications dans des colloques avec Proceedings (12)

1. Bompais Xavier, Garziglia Sebastien, Blandin Jerome, Hello Yann (2019). **EMSO-Ligure Nice, a Coastal Cabled Observatory Dedicated to the Study of Slope Stability**. Proceedings of Oceans 2019, IEEE. 8p.
2. Choma Bex Camille, Carlier Clement, Gaston Benoist, Pinon Gregory, Germain Gregory, Rivoalen Elie (2019). **A stochastic method to account for the ambient turbulence in Lagrangian Vortex computations**. Proceedings of the 13th European Wave and Tidal Energy Conference 1 – 6 Sept. 2019, Napoli, Italy. ISSN 2309-1983. pp.1402-1/1402-8.
3. Gaurier Benoit, Ordonnez-Sanchez Stéphanie, Facq Jean-Valery, Germain Gregory, Johnstone Cameron, Martinez Rodrigo, Santic Ivan, Salvatore Francesco (2019). **First round of MaRINET 2 Tidal Energy Round Robin Tests: combined wave and current tests**. Proceedings of the 13th European Wave and Tidal Energy Conference 1 - 6 Sept. 2019, Napoli, Italy. ISSN 2309-1983. pp.1276-1/1276-10.
4. Ikhennicheu Maria, Gaurier Benoit, Germain Gregory, Druault Philippe, Pinon Grégory, Facq Jean-Valery (2019). **Experimental study of the wall-mounted cylinder wake effects on a tidal turbine behaviour compared to free stream turbulence**. Proceedings of the 13th European Wave and Tidal Energy Conference 1 - 6 Sept. 2019, Napoli, Italy. ISSN 2309-1983. pp.1346-1/1346-9.
5. Lloyd Catherine, Allmark Matthew, Ellis Robert, Ordonez Stephanie, Mason-Jones Allan, Johnstone Cameron, O'doherty Tim, Germain Gregory, Gaurier Benoit (2019). **CFD surface effects on flow conditions and tidal stream turbine performance**. Proceedings of the 13th European Wave and Tidal Energy Conference 1 – 6 Sept. 2019, Napoli, Italy. ISSN 2309-1983. pp.1303-1/1303-10.
6. Martinez Rodrigo, Ordonez-Sanchez Stephanie, Allmark Matthew, Johnstone Cameron, O'doherty Tim, Lloyd Catherine, Germain Gregory, Gaurier Benoit (2019). **Effects on the loading of horizontal axis turbines when operating under wave and currents**. Proceedings of the 13th European Wave and Tidal Energy Conference 1 – 6 Sept. 2019, Napoli, Italy. ISSN 2309-1983. pp.1440-1/1440-9.
7. Mohammed Arab Fatiha, Augier Benoit, Deniset François, Casari Pascal, Asroffi Jacques-André (2019). **Morphing Hydrofoil Model Driven by Compliant Composite Structure and Cavity Pressure**. Proceedings of the Sixth International Symposium on Marine Propulsors - smp'19. 26 - 30 May 2019, Rome, Italy. Mario Felli and Cecilia Leotardi (Eds). ISBN (printed proceedings): 978-88-7617-047-8 (vol. 1) & 978-88-7617-048-5 (vol. 2) ISBN (Electronic proceedings): 978-88-7617-049-2 ISSN : 2414-6129. Session TA4 : Unconventional propulsors 4. TA4.1, I-436, 8p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00601/71292/>

8. Pinon Gregory, El Hadi Charifa, Slama Myriam, Nuno Jose, Mansilla Pablo, Nicolas Erwann, Marcille Julie, Facq Jean-Valery, Belarbi Ines, Gaurier Benoit, Germain Gregory, Pacheco Andre, Togneri Michael (2019). **Influence of turbulence and wave flow conditions on different scaled tidal turbines**. Proceedings of the 13th European Wave and Tidal Energy Conference 1 - 6 Sept. 2019, Napoli, Italy. ISSN 2309-1983. pp.1495-1/1495-11.
9. Priour Daniel, Billard Jean-Yves (2019). **Measurements and numerical modeling of the towing and hauling back phases of a bottom Seine**. Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems Vol. 11. 2019. Paschen, Mathias & Tokaç, Adnan (Eds). ISBN10 384406995X, ISBN13 9783844069952. 10p.
10. Repecaud Michel, Quemener Loic, Charria Guillaume, Pairaud Ivane, Rimmelin-Maury Peggy, Claquin Pascal, Jacqueline Franck, Lefebvre Alain, Facq Jean-Valery, Retho Michael, Verney Romaric (2019). **National observation infrastructure: an example of a fixed-platforms network along the French Coast: COAST HF**. OCEANS 2019 - Marseille, Marseille, France, 2019. Electronic ISBN: 978-1-7281-1450-7 Print on Demand(PoD) ISBN: 978-1-7281-1451-4, pp. 1-6.
11. Scheijgrond Peter, Southall Anna, Bittencourt Claudio, Davies Peter, Mathys Pieter, Germain Gregory, Geertzen Martijn & Al. (2019). **Advancing IEC standardization and certification for tidal energy converters**. Proceedings of the 13th European Wave and Tidal Energy Conference 1 – 6 Sept. 2019, Napoli, Italy. ISSN 2309-1983. pp.1674-1/1674-6.
12. Träsch Martin, Chambon Anaïs, Deporte Astrid, Drevet Jean-Baptiste, Germain Gregory, Lemosse Didier, Pinon Gregory (2019). **Numerical modelling of an undulating membrane tidal energy converter**. Proceedings of the 13th European Wave and Tidal Energy Conference 1 - 6 Sept. 2019, Napoli, Italy. ISSN 2309-1983. pp.1372-1/1372-8.

Communications sans actes dans des colloques et réunions de projets (29)

1. Amice Martin (2019). **EA-Rise. Euro-Argo Research Infrastructure Sustainability and Enhancement. Présentation du projet**. Séminaire RDT 2019, 26 février 2019 et Réunion SIIM, 5 février 2019.
2. Amice Martin (2019). **Présentation du développement d'un profileur ARGO**. Stage CERPEP, 13 mai 2019.
3. Amice Martin (2019). **RBRargo3. Integration on the Arvor profiling float**. WP2 Intermediate meeting Euro-Argo RISE. 20 November 2019.
4. Andre Xavier (2019). **Technological innovations. Challenging profiling floats capabilities**. 7th Euro-Argo Science Meeting. 22-23 October 2019, Athens, Greece.
5. Andre Xavier (2019). **Profileurs océanographiques de l'Ifremer**. Jeudis Techniques, Ixblue. 26 septembre 2019.

6. Cachot Jerome, Clérandeau Christelle, Le Bihanic Florane, Vignet Caroline, Pannetier Pauline, Misurale Francesco, Pedriat Q., Morin Bénédicte, Revel Messika, Mouneyrac Catherine, Mouloud M., Châtel A., Perrein-Ettajani H., Bruneau M., Halm-Lemeille Marie-Pierre, Gangnery Aline, Galgani Francois, Begout Marie-Laure, Cousin Xavier, Dreanno Catherine, El Rakwe Maria, Thery J., Bialais C., Souissi Sami, Kazour Maria, Amara Rachid, Dutertre M., Coulaud R., Monsinjon Tiphaine, Xuereb Benoit, Alligant. Solène, Tassin Bruno, Gasperi Johnny (2019). **Evaluation de la contamination et des effets écotoxiques des microplastiques en estuaire de Seine ; les premiers enseignements du projet Plastic-Seine**. PO 2019 - Premières rencontres nationales du GDR Polymères et Océans. 24 - 26 juin 2019, Université Paris - Est Créteil.
7. Cachot Jerome, Clérandeau Christelle, Le Bihanic Florane, Vignet Caroline, Pannetier Pauline, Misurale Francesco, Pedriat Q., Morin Bénédicte, Revel Messika, Mouneyrac Catherine, Mouloud M., Châtel A., Perrein-Ettajani H., Bruneau M., Halm-Lemeille Marie-Pierre, Gangnery Aline, Galgani Francois, Begout Marie-Laure, Cousin Xavier, Dreanno Catherine, El Rakwe Maria, Thery J., Bialais C., Souissi Sami, Kazour Maria, Amara Rachid, Dutertre M., Coulaud R., Monsinjon Tiphaine, Xuereb Benoit, Alligant. Solène, Tassin Bruno, Gasperi Johnny (2019). **O5/P2 : PLASTIC-Seine : une première évaluation de la contamination et de l'impact des microplastiques en estuaire de Seine**. Colloque EcoBIM 2019 - 15ème édition du colloque international francophone en écotoxicologie aquatique. 1-3 Mai 2019, Sousse.
8. Colas Florent, Compere Chantal, Delauney Laurent, Dreanno Catherine, Forest Bertrand, Rinnert Emmanuel, Tardivel Morgan (2019). **Applications de la lumière à l'observation et la mesure en milieu marin**. Journée BlueDay "Mer & Lumière" : pêche, environnement et photonique. 16 mai 2019, Lorient.
9. Colin Florent, Ker Stephan, Marsset Bruno, Damy Gilbert (2019). **Very high-resolution deep towed multi-channel seismic imaging: Solving the impact of variable array shape on data processing**. EGU General Assembly 2019. 7-12 April 2019, Vienna.
10. Delauney Laurent (2019). **Integrated Ocean Observation: a Coastal case in EU with JERICO-RI**. G-STIC 2019 - the global sustainable technology & innovation conference connecting technological innovation to decision making for sustainability. Digital Technologies in the Ocean Economy : Exploring the Future. November 20, 2019 - Brussels.
11. Delauney Laurent (2019). **Integrated Ocean Observation: a Coastal case in EU with JERICO-RI**. OCEANOBS'19 : An Ocean of Opportunity. September 16-20 2019, Honolulu, HI, US.
12. Delauney Laurent (2019). **JERICO-S3**. Réunion n°3 du Conseil scientifique ILICO. 18 juin 2019, Paris.
13. Delauney Laurent (2019). **JERICO-S3**. Eighth MonGOOS Meeting & Workshop on "Modelling and observations in the coastal Mediterranean Sea. Physical and biogeochemical processes". December 3-5, 2019 Trieste, Italy.
14. Delauney Laurent (2019). **JERICO-S3**. 9th FerryBox Workshop. 24-26 April 2019, Genoa, Italy.
15. Delauney Laurent (2019). **JERICO-NEXT Status**. 9th FerryBox Workshop. 24-26 April 2019, Genoa, Italy.
16. Delauney Laurent (2019). **OceanObs'19 feedback**. EuroGoos Executive Board Meeting. 15-16 october 2019, RBINS, Brussels.

17. Deshoulles Quentin, Le Gall Maelenn, Le Gac Pierre Yves, Davies Peter, Arhant Mael, Dreanno Catherine, Priour Daniel (2019). **Compréhension de la formation des Microplastiques : Impact de l'hydrolyse du polyamide 6 sur les propriétés à la rupture.** Premières rencontres nationales du GDR Polymères et Océans. 24 – 26 juin 2019, Université Paris-Est Créteil.
18. Garziglia Sebastien, Sultan Nabil, Bompais Xavier, Courboux F (2019). **Apports des mesures long-terme a la quantification des facteurs prédisposant l'instabilité des sédiments au large de l'aéroport de Nice.** JAG - Journées Aléas Gravitaires. 8-11 octobre 2019, Nice.
19. Gasperi Johnny, Clérandeau Christelle, Le Bihanic Florane, Vignet Caroline, Pannetier Pauline, Revel Messika, Mouneyrac Catherine, Mouloud M., Châtel A., Perrein-Ettajani H., Halm-Lemeille Marie-Pierre, Gangnery Aline, Galgani Francois, Begout Marie-Laure, Cousin Xavier, Dreanno Catherine, El Rakwe Maria, Thery J., Bialais C., Souissi Sami, Kazour Maria, Amara Rachid, Coulaud R., Monsinjon Tiphaine, Xuereb Benoit, Alligant. Solène, Tassin Bruno, Cachot Jerome (2019). **PLASTIC-Seine research project: Microplastic Flux and Impact on biota in the Seine estuary.** SETAC Europe 29th Annual Meeting "One Environment. One Health. Sustainable Societies". 26–30 May 2019, Helsinki, Finland.
20. Lagadec Jean Romain (2019). **Projet MAREGAMI. Lot n°2 de la tâche 4.** Présentation du projet MAREGAMI à l'unité RDT. 21 janvier 2019.
21. Le Guen-Geffroy Antoine, Le Gac Pierre Yves, Habert Bertrand, Davies Peter (2019). **Long-term seawater ageing effect on fatigue crack growth of CFRP for marine propellers.** ICCM22 - 22nd International Conference on Composite Materials. 11 - 16 August 2019, Melbourne, Australia.
22. Le Guen-Geffroy Antoine, Le Gac Pierre Yves, Habert Bertrand, Davies Peter (2019). **Couplage du vieillissement physique et de la plastification dans une époxy utilisée dans la fabrication de composites pour applications marines.** CFM2019 - 24ème Congrès Français de Mécanique. 26 au 30 Août 2019, Brest.
23. Legrand Julien, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde (2019). **The EMSO-Azores deep sea observatory – 10 years of operation.** Workshop on Sea Operation for Ocean Observatories. 25 – 26 Septembre 2019, Toulon (FRANCE).
24. Mohammed Arab Fatiha, Augier Benoit, Deniset François, Casari Pascal, Astolfi Jacques-André (2019). **Structures Compliantes Composites sous Chargement Hydrodynamique.** CFM 2019 - 24ème Congrès Français de Mécanique. 26-30 août 2019, Brest.
25. Renaut Corentin (2019). **Deep Arvor profiling float.** 2nd Deep Argo Workshop. 13 to 15 May 2019, Hobart, Australia.
26. Repecaud Michel, Peleau Michel, Lintanf Herve, Ravel Christophe, Dugornay Olivier, Bompais Xavier, Guyavarch Pierre (2019). **Coastal Sea Operation: the Example of EMSO Ligure-Nice: towards best practices.** Workshop on Sea Operation for Ocean Observatories. 25 – 26 Septembre 2019, Toulon (FRANCE).
27. Repecaud Michel, Le Boulluec Marc, Boukerma Kada, Le Gall Yves (2019). **Les opérations à la mer menées par Ifremer.** projet MegaWattBlue®. 20 novembre 2019, Belz.
28. Temtching V., Augier Benoit, Dalmas T., Dumergue Nicolas, Paillard B. (2019). **Impact of Composite Layup on Hydrodynamic Performances of a Surface Piercing Hydrofoil.** The 23rd Chesapeake Sailing Yacht Symposium. 15-16 march 2019, Annapolis, Maryland.

29. Unterberger Maximilian, Charria Guillaume, Rimmelin-Maury Peggy, Goberville Eric, Treguer Paul, Barrier Nicolas, Grossteffan Emilie, Repecaud Michel, Quemener Loic, Theetten Sebastien (2019). **Extreme event occurrence linked with natural and anthropogenic climate variations in coastal waters of western Europe**. 2019 Future Oceans2 IMBeR Open Science Conference, 17-21 June 2019, Brest, France.

Posters (12)

1. Andre Xavier, Amice Martin, Renaut Corentin, Mertz Nicolas (2019). **Design of profiling floats at Ifremer**. G7 - Group Of Senior Officers Visit. June 2019. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00513/62422/>
2. Andre Xavier (2019). **Deep-Arvor profiling float poster**. 7th Euro-Argo Science Meeting. 22-23 October 2019, Athens, Greece. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00593/70473/>
3. Bocher Alan, Repecaud Michel, Quemener Loic, Charria Guillaume, Verney Romaric, Le Berre David, Jacquet Matthias, Legrand Julien, Moreau Bertrand, Prigent Sebastien, Coail Jean-Yves, Lafontaine Jean-Pierre, Mertz Nicolas (2019). **Stations côtières haute fréquence en estuaire de Seine. De l'instrumentation à la mesure sur le terrain**. AEI 2019 - Atelier Expérimentation et Instrumentation, 9-11 juillet 2019, Lille.
4. Challier Lylian, Geffroy Benjamin, Dreanno Catherine (2019). **Méthodologie électrochimique pour le développement d'un aptacapteur marin à cortisol**. Journées d'Electrochimie 2019. 1-4 juillet 2019, Toulouse.
5. Charria Guillaume, Schmitt François, Artigas Felipe, Berthebaud Eric, Bonnat Armel, Bourrin François, Bozec Yann, Cariou Thierry, Claquin Pascal, Conan Pascal, Coppola Laurent, Delalée Franck, Facq Jean-Valery, Farcy Patrick, Ferreira Sophie, Garcia Fabrice, Grisoni Jean-Michel, Jacqueline Franck, Jacquet Matthias, Lefebvre Alain, Leredde Yann, Le Roux Jean-Francois, Mas Sébastien, Mostajir Behzad, Mousseau Laure, Pairaud Ivane, Petton Sebastien, Pouvreau Stephane, Quemener Loic, Ravel Christophe, Raimbault Patrick, Repecaud Michel, Retho Michael, Rimmelin-Maury Peggy, Riou Philippe, Savoye Nicolas, Souchu Philippe, Verney Romaric, Vuillemin Renaud (2019). **National observation infrastructures in a European framework: COAST-HF A fixed-platform network along French coasts**. OCEANOBS'19 : An Ocean of Opportunity. September 16-20 2019, Honolulu, HI, US. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00635/74723/>
6. Delauney Laurent, Puillat Ingrid, Farcy Patrick (2019). **JERICO-RI, the Joint European Research Infrastructure of Coastal Observatories**. OceanObs'19 "An ocean of opportunity". 16-20 September 2019, Honolulu, Hawaii.
7. Garziglia Sebastien, Sultan Nabil, Bompais Xavier, Woerther Patrice, Roudaut Mickael, Apprioual Ronan (2019). **Characterization of the presence of free gas in sediment from long term pore pressure monitoring**. EGU General Assembly 2019. 7-12 April 2019, Vienna, Austria.
8. Lanteri Nadine, Legrand Julien, Ruhl Henry, Gates Andrew, Blandin Jerome, Cannat Mathilde, Del Rio Fernandez Joaquin, Lagadec Jean Romain, Moreau Bertrand, Pagonis Paris (2019). **The EGIM, EMSO generic instrument module, step towards standardization**. EGU General Assembly 2019. 7-12 April 2019, Vienna.
9. Le Guen-Geffroy Antoine, Le Gac Pierre Yves, Habert Bertrand, Davies Peter (2019). **Physical ageing effect on mode I and mode II delamination of CFRP composite for marine applications**. Colloquium 607 Marine Aging of Polymers. 28 August – 29 August 2019, Brest, France.

10. Legrand Julien, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde, The Emso Azores Regional Team (2019). **EMSO Azores Deep-sea Observatory : 9 years of operations**. EGU General Assembly 2019. 7-12 April 2019, Vienna. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00489/60087/>
11. Unterberger Maximilian, Charria Guillaume, Rimmelin-Maury Peggy, Goberville Eric, Treguer Paul, Barrier Nicolas, Grosstefan Emilie, Repecaud Michel, Quemener Loic, Theetten Sebastien (2019). **Extreme event characterisation based on long-term in-situ high-frequency observations of coastal waters in western Europe**. TS3 2019 - Time Series Analysis conference and training school. 28 January - 1 February 2019 in Tromsø, Norway.
12. Urvoy Marion, Labry Claire, Delmas Daniel, Dreanno Catherine, Lami Raphael, Rabiller Emilie, L'Helguen Stephane (2019). **Hydrolyse de la matière organique au sein des maximums turbides estuariens : rôle du Quorum sensing dans la régulation des activités enzymatiques bactériennes**. AFEM 2019 - IXème colloque de l'Association Francophone d'Ecologie Microbienne. 5 au 8 novembre 2019, BUSSANG, France.

Organisation de colloques, workshops. Participation à des tables rondes

- Conférence European Mechanics Society (EUROMECH) #67 – Marine Ageing of Polymers – 28 & 29 Août 2019
Conférence internationale, organisée par LCSM sur les polymères en milieu marin. L'accent était porté sur le comportement mécanique, ainsi que le vieillissement de ces matériaux polymères en mer. Ces thématiques, cruciales pour de nombreux domaines d'applications maritimes, ont regroupé une quarantaine d'expert européens. Le colloque, organisé sur 2 jours, a permis de discuter et de faire un état des lieux sur plusieurs sujets d'importance, tels que l'utilisation des nouveaux composites, les paramètres d'influence du vieillissement sur les mousses syntactiques, les mécanismes de dégradation des microplastiques ou encore la sélection des fibres pour les énergies marines renouvelables. <https://607.euromech.org/program/>
- P. Davies : Member of International Organising Committee ICCM22 (International Conference on Composite Materials). 22nd International Conference on Composite Materials, Melbourne, Australie, August 2019
- Marc Le Boulluec : Membre du comité V.4 Offshore_Renewable_Energy de l'ISSC International Ship Structure Congress (2019-2021). <https://www.issc2021.org/>
- Marc Le Boulluec : Mandat du comité V.4 Offshore_Renewable_Energy.
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. Aspects related to prototype testing, certification, marine operations and levelized cost of energy shall be considered.

Jeux de données

Ikhennicheu Maria, Germain Gregory, Gaurier Benoit (2019). **Experimental database of the flow past a wall-mounted square cylinder**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/59027>

Ikhennicheu Maria, Germain Gregory, Gaurier Benoit (2019). **Experimental database of the flow past a wall-mounted square cube**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/61819>

Ikhennicheu Maria, Germain Gregory, Gaurier Benoit (2019). **Experimental database of a tidal turbine in a wall-mounted square cylinder wake**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/62635>

Laakso Lauri, Honkanen Martti, Kielosto Sami, Laurila Tuomas, Mäkelä Timo, King Andrew, Sörensen Kai, Bellerby Richard Garth James, Marty Sabine, Seppälä Jukka, Rehder Gregor, Müller Jens Daniel, Le Gall Christian, Thomas Lena, Delauney Laurent, Cantoni Carolina, Petersen Wilhelm, Gehrung Martina, Bastkowski Frank (2019). **JERICO-NEXT TNA: Intercomparison of instruments for carbonate system measurements (INTERCARBO)**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/62526>

Laes Agathe, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde (2019). **CHEMINI total dissolved iron concentrations from the EMSO-Azores observatory, 2018-2019**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/69883>

Laes Agathe, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde (2019). **CHEMINI total dissolved iron concentrations from the EMSO-Azores observatory, 2017-2018**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/69867>

Laes Agathe, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde (2019). **CHEMINI total dissolved iron concentrations from the EMSO-Azores observatory, 2011-2012**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/69893>

Laes Agathe, Sarradin Pierre-Marie, Cannat Mathilde (2019). **CHEMINI total dissolved iron concentrations from the EMSO-Azores observatory, 2013-2014**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/69892>

Sarradin Pierre-Marie, Legrand Julien, Cannat Mathilde (2019). **Turbidity (NTU) data from the EMSO-Azores observatory, 2017-2018**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/69976>

Visites institutionnelles

Quelques exemples :

- **Visite du Ministre Gérald Darmanin au bassin d'essais à houle et courant du Laboratoire Comportement des Structures en Mer de Boulogne-sur-Mer.** Le Président d'Eel Energy Franck Sylvain a choisi de révéler le dernier prototype de sa membrane ondulante, ainsi que la performance énergétique de son hydrolienne fluviale au bassin d'essai de l'Ifremer à Boulogne-sur-Mer. Autres partenaires présents de la start-up : Dassault Systèmes, Bpifrance, Hutchinson, Frisquet. Le Ministre du budget Gérald Darmanin et le président de la région Haut-de-France Xavier Bertrand, en présence de Frédéric Cuvillier Maire de Boulogne-sur-Mer et Président de La Communauté d'Agglomération du Boulonnais, accompagnés des autorités locales en visite sur Boulogne-sur-Mer sur le thème du Brexit, ont souhaité être associés à cette opération de présentation au Bassin d'essai de l'Ifremer.
- **Visite de journalistes du Parisien.**
- **Visite du G7 parlementaire** (voir Bassin de Brest).
- **Visite Institut de la corrosion.**
- **Visite conseil d'administration de l'Ifremer.**
- **Visite du directeur du centre de Bretagne.**

Médias : quelques exemples de Communiqués de presse, Vidéos

- L'Ifremer teste un nouveau type d'éolienne flottante à Brest. Ouest France, 01/11/2019
- Des matériaux plastiques plus résistants et plus durables à l'étude, <http://www.meretmarine.com/>, 26/08/2019.

- Le projet « RealTide » : Des clés pour la commercialisation des hydroliennes seront présentées lors d'un workshop lors d'EWTEC, <http://www.energiesdelamer.eu/>, 29/08/2019
- La durée de vie des lignes d'ancrage décuplée, Le marin, 05/09/2019
- HydroQuest teste une éolienne flottante au bassin brestois d'Ifremer. URL : <http://www.meretmarine.com/>, 16/07/2019
- Énergies marines renouvelables : les projets s'enchaînent pour l'Ifremer, <http://www.enerzine.com/>, 06/05/2019
- L'hydrolienne P154 Guinard a réussi ses tests dans la Ria d'Etel, <https://www.energiesdelamer.eu/>, 29/04/2019
- EEL Energy : un nouveau prototype d'hydrolienne ondulante, Le Marin, 21/03/2019
- MegaWattBlue : une hydrolienne couplée à du solaire avec stockage, <http://www.greenunivers.com/01/03/2019>

Annexe 2 : Nouveaux projets soumis et acceptés

SYstème in situ de REconnaissance en temps réel de faune sous-mariNE (SYRENE)

Le projet SYstème *in situ* de REconnaissance en temps réel de faune sous-mariNE (SYRENE) a été l'un des lauréats des In'Obox 2019, lancés par la DI.

Son premier but est de développer la première génération de caméra sous-marine autonome à traitement par réseau de neurones, afin d'effectuer une surveillance ininterrompue d'un environnement sous-marin grâce à sa faible consommation.

Elle permettra de répondre à certaines demandes sociétales, telles que la détection d'espèces sous-marines invasives qui sera sa première application.

Le second but est de fournir à la communauté scientifique une plate-forme électronique unifiée permettant d'accueillir des algorithmes de traitement automatique répondant à des problématiques diverses, tout en bénéficiant du retour d'expérience et des capacités uniques de cette caméra.

Le projet SYRENE, débutant en janvier 2020, proposera une preuve de concept intégrée permettant la reconnaissance automatique de poissons-lions, grâce à un développement rapide effectué (machine learning, électronique, informatique, mécanique, essais).

Projet ADEME ECOSYSM-EOF

Objectif : Définir l'architecture d'un observatoire destiné à étudier les interactions d'un parc éolien offshore flottant (EOF) avec le milieu marin.

Partenaires : Pôle Mer Méditerranée (coordinateur), Ifremer (RBE/Marbec et REM-RDT), France Énergies Marines (FEM), Observatoire océanologique de Banyuls-sur-Mer (OOB), Groupement d'intérêt scientifique pour les mammifères marins de Méditerranée (GIS3M) et Institut méditerranéen d'océanologie (AMU/M.I.O).

Durée : 24 mois à compter du 1/10/2019

Budget global : 540 k€ (dont 300 k€ financés par l'ADEME)

Programme d'étude : En plus de la coordination et de la dissémination des résultats, le projet comprend trois lots dont le programme est le suivant :

1. Rassembler les connaissances disponibles sur le fonctionnement des écosystèmes marins de Méditerranée (coordination : France Énergies Marines).
2. Étudier les spécifications des instruments d'observation et de mesure pour les divers compartiments des écosystèmes marins (coordination : Ifremer Marbec).
3. Définir l'esquisse d'un observatoire sur la base du croisement des résultats des deux étapes précédentes (coordination Ifremer RDT-SIIM, en partenariat avec FEM)

Participation de RDT : J. Blandin et H. Leau (RDT-SIIM) ont participé à la définition du projet et à la rédaction du dossier soumis à l'ADEME début 2019.

X. Bompais (RDT-SIIM) coordonne le lot 3, qui implique 5 personnes.mois pour l'unité RDT entre mars 2020 et août 2021.

RDT participe également aux lots 2 et 3, à hauteur de 0,5 personne.mois pour chaque lot (LDCM et SIIM).

Projet MACROCOSME

L'Ifremer et TOTAL ont signé un contrat de collaboration de Recherche et Développement pour le projet MACROCOSME. L'objectif de ce projet est de développer une solution pour caractériser la qualité écologique du milieu marin dans la zone d'influence de leurs installations pétrolières via un écosystème artificiel sur support flottant.

En application de la convention OSPAR et de la DCSMM, TOTAL souhaite disposer d'indicateurs permettant de caractériser la qualité des eaux de rejet environnant les plates-formes pétrolières en termes de paramètres physico-chimiques, de biomasse et de biodiversité.

L'objectif du projet MACROCOSME est de disposer au terme d'une phase d'étude :

- d'un dossier technique détaillé décrivant la solution envisagée par Ifremer et adaptée à la problématique (mesures sur deux bouées (exposée au panache et témoin), au niveau d'un observatoire de surface et d'un observatoire de sub-surface reliés par un ombilical afin de pouvoir effectuer des mesures physico-chimiques en 2 points de la colonne d'eau,
- d'un chiffrage détaillé pour la réalisation de 2 bouées prototypes,
- d'une liste de paramètres de surveillance pertinents associés à une analyse scientifique permettant de fournir des indicateurs de la qualité écologique du milieu marin dans la zone d'influence des installations pétrolières.

Au terme de cette phase d'étude, Total prendra la décision ou non de lancer la fabrication de 2 bouées prototypes (phase 2 d'une durée de 1 an) qui seront déployées sur un site pilote défini par TOTAL (phase 3 d'une durée de 2 ans).

Pour l'Ifremer, l'enjeu technologique est de fédérer plusieurs industriels liés au domaine océanographique afin de proposer une solution intégrée et optimisée aux problématiques d'observatoires en zone côtière ou hauturière. Cette solution sera basée sur plusieurs systèmes développés en interne depuis plusieurs années, validés indépendamment et disposant d'un niveau de maturité technologique élevé.

Au niveau scientifique, l'enjeu est de disposer d'indicateurs fiables produits par un système de mesures automatisées. Ce projet faisant appel à de nombreuses spécialités a également pour intérêt de favoriser des relations transverses entre les différents départements de l'Institut.

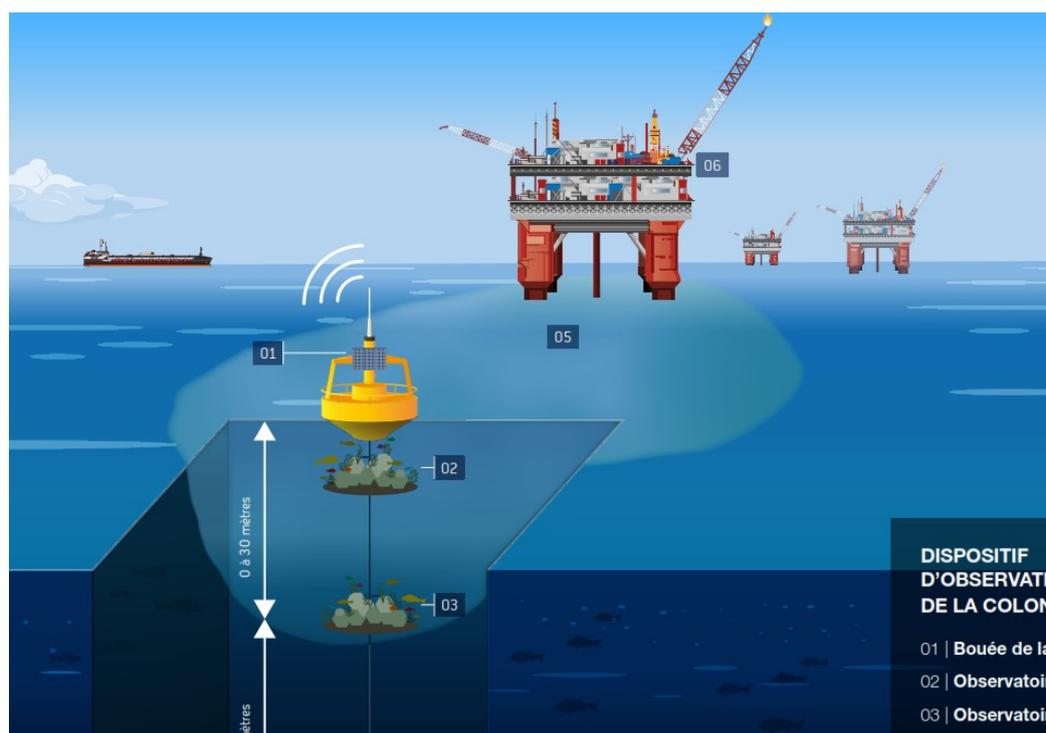


Illustration extraite de la plaquette de présentation du projet MACROCOSME

Simbiose (Sustainable Innovation in la Martinique: BIOfouling Solution for clean Energy: Blue Economy Call)

Le projet Simbiose a été retenu dans le cadre de l'appel à projet "Blue Economy Call". Il fait l'objet d'un partenariat entre NAVAL Energies et Ifremer. Dans le cadre du projet Marlin, Naval Energies et Ifremer ont déjà quantifié l'encrassement thermique des échangeurs de chaleur tubulaires en titane dans des conditions opérationnelles représentatives (eau de mer tropicale chaude) grâce au banc d'essai développé et utilisé depuis 2016. Ce banc d'essai est situé dans la station de l'IFREMER à La Martinique.

Les principaux résultats du projet MARLIN obtenus en 2017-2018 ont permis d'optimiser des traitements préventifs d'encrassement biologique.

Les objectifs du projet SIMBIOSE sont :

- D'optimiser le dosage du biocide afin de diminuer l'impact environnemental de l'électrochloration et l'ozonation
- D'évaluer le potentiel de la biotechnologie en intégrant des biopolymères susceptibles de réduire la quantité nécessaire de biocides en retardant la formation du biofilm.
- D'évaluer l'impact environnemental de toutes les solutions antisalissures envisagées.

Appel à projet Inoïdées : Miniaturisation et marinisation capteur pH

Suite au projet pHNX (Projet DS intercentre 2018-2020), nous avons déposé un projet à l'AO Inoïdées qui a été financé à hauteur de 12 000 euros pour 2020. Il se base sur la miniaturisation et la marinisation de l'analyseur de pHt qualifié métrologiquement au laboratoire dans le cadre du projet pHNX comme outil d'observation *in situ*.

Les étapes de miniaturisation et de marinisation se focalisent sur la modification du système de pompage, la diminution du diamètre de la cellule optique et l'intégration d'une sonde de température. La diminution de la consommation électrique et de la taille de l'instrument sont primordiales, de plus, les performances analytiques du capteur devront impérativement être vérifiées et maintenues. Ceci sera pratiqué conjointement avec le laboratoire de métrologie.

Ce nouveau prototype modifié permettra de déterminer la variation de pHt au centième sur des bouées flottantes ou stations marines côtières. De plus, si le projet permet l'obtention de données de qualité avec ce nouvel instrument, il constituerait une première étape de miniaturisation pour une future implémentation de ce système sur des plates-formes encore plus intégrées et mobiles, type profileur et ou glider (second AO DS ou Inoïdées). Dans un futur proche son déploiement sur l'observatoire fond de mer du projet MARHA placé sur la pente continentale du Canyon de Lampaul est envisagé courant 2021 afin d'observer la résilience des coraux d'eaux froides face à l'évolution du pH.

Ino'Box : INOCELL

Réalisation d'une micro cellule électrochimique jetable pour des mesures *in situ*. L'objectif de ce projet est de développer une cellule électrochimique jetable à bas coût pour des analyses de composés chimiques clés de l'océan, ceci *in situ* et en flux. Cette cellule sera obtenue par moulage de PDMS et composée d'une électrode de travail en graphite modifiable et jetable. Les avantages de l'électrode de graphite résident dans sa disponibilité, son électroactivité, son inertie chimique, son faible courant capacitif et sa facilité à être modifiée. La combinaison de ce matériau avec la chimie de surface et la millifluidique offre de très nombreuses possibilités d'analyses.

CHELAMAR

Modification d'électrodes par des chélateurs de type cyclam bifonctionnels pour la détection sensible et sélective de métaux traces en milieu marin. Ce projet propose d'étudier une nouvelle procédure de détection des ions métalliques en milieu marin grâce à des électrodes modifiées par des chélates polyazotés de type cyclam, connus pour leurs excellentes propriétés de complexation des ions métalliques d'intérêt pour le milieu marin. L'objectif est d'examiner le potentiel de ces électrodes pour déterminer la spéciation des métaux sans étape de prétraitement. Ce projet sera développé en étroite liaison avec le projet Ino'idées INOCELL 2020-2021.

Feamp microARN, Sex & Stress

La détection du stress et la détermination du sexe chez les poissons avec des méthodes simples, peu coûteuses et très fiables sont des demandes fortes de la filière piscicole. Nous proposons ici l'utilisation de micro-ARN (miARN) circulants dans le sang comme marqueur du stress chronique et du sexe chez 8 espèces de poissons avec un intérêt majeur en aquaculture : Bar, Daurade, Maigre, Turbot, Ombrine ocellée, Sorbe dorée, Vierge feuille et Esturgeon. Le but du projet est de développer un biocapteur à miRNA.

Friezbee EC2CO

L'objectif général du projet Friezbee, porté par C. Labry (Dyneco-Pelagos) est d'appréhender le rôle du Quorum sensing sur les activités enzymatiques (protéases, phosphatases, glucosidases) des bactéries estuariennes et sur leur capacité à former des biofilms. Plusieurs questions seront abordées, notamment 1) Peut-on identifier dans l'environnement estuarien des molécules connues pour être des composés « autoinducteurs » dans le processus de QS, tels les acyl homoserine lactones (AHLs) ?; 2) quel est l'effet du QS sur la formation de biofilms par les bactéries estuariennes ?; 3) Existe-t-il un contrôle des activités enzymatiques bactériennes impliquées dans la minéralisation de la matière organique par le QS ?; 4) Le QS entraîne-t-il une sélection des groupes phylogénétiques bactériens qui vont s'attacher aux particules et exprimer les gènes codant pour les enzymes type phosphatases alcalines, responsables de la minéralisation de la matière organique et de l'hydrolyse de polymères ?

Annexe 3 : Implication dans la formation (par la recherche)

Formations données

Nom	Prénom	Organisme	Niveau	Sujet	Durée
Compère	Chantal	ENSTA-UBO-Ecole Navale-Ifremer	Mastère spécialisé	Énergies Marines Renouvelables	3 h
Raillard	Nicolas	ENSTA-UBO-Ecole Navale-Ifremer	Mastère spécialisé	Énergies Marines Renouvelables	6 h
Maisondieu	Christophe	ENSTA-UBO-Ecole Navale-Ifremer	Mastère spécialisé	Énergies Marines Renouvelables	9 h
Damy	Gilbert	ENSTA-UBO-Ecole Navale-Ifremer	Mastère spécialisé	Énergies Marines Renouvelables	4,5 h
Le Boulluec	Marc	ENSTA-UBO-Ecole Navale-Ifremer	Mastère spécialisé	Énergies Marines Renouvelables	27 h
Maisondieu	Christophe	ENSTA ParisTech	Master Maritime engineering	Transport systems and offshore energies (METSOE)	10 h 30
Maisondieu	Christophe	IreNav	Master Fluides et systèmes énergétiques (FISE)	Fluides et systèmes énergétiques (FISE)	9 h
Davies	Peter	Ecole Centrale Nan	Diplôme d'Ingénieur, Option Matériaux Procédés	Polymères pour applications offshore pétrolier	2 h
Le Boulluec	Marc	IreNav	Mastère Recherche	Hydrodynamique des structures, tenue à la mer	5 h
Augier	Benoît	IreNav	Mastère Recherche	Hydrodynamique des structures, tenue à la mer	6 h
Morvan	Barthélémy	ENSTA Bretagne	Master Ingénierie Navale et Offshore	Automatisme, Électronique	40 h
André	Xavier	ENIB Brest	5ème année	Conférence "Acoustique sous-marine"	6 h
André	Xavier	IUT GEII Brest	Filière par apprentissage, 1ère année	Cours TD TP Génie Electrique et Informatique Industrielle	15 h
Rousseaux	Patrick	ENSTA Bretagne	1ère année	Cours de robotique marine / projets indus ROB UE 3.4	60 h
Dussud	Loïc	ISEN	Master 1 - option robotique	Cours magistraux - Modélisation mécanique	16 h
Dussud	Loïc	ISEN	Master 1 - option robotique	Travaux pratiques - Modélisation mécanique	8 h
Gautier	Laurent	GEII Brest Morlaix	1ère année DUT	Etude et réalisation d'ensembles pluritechnologiques	45 h
Le Reste	Serge	IUT Brest	2ème année IUT	Travaux pratiques en électronique numériques et analogiques + formation sur les montages de projets	48 h
Prigent	Sébastien	IUT Brest	Bac+1	Cours TD Génie Electrique et Informatique Industrielle - initiation à la Conception Assistée par Ordinateur en Electronique	20 h
Delauney	Laurent	UBO Brest	Master 2	M2ET (Télécommunications – Electronique Radiofréquence et Télécommunications). Instrumentation pour le monitoring océanographie	12 h
El Rakwe	Maria	UBO Brest	Master 2	2 OPEX (Optimisation des Protocoles Expérimentaux)	30 h
Evrard	Justine	UBO Brest	1ère année IUT génie biologique	Travaux pratiques en microbiologies	48 h
Salvetat	Florence	IUT Brest Morlaix	Licence Professionnelle	Innovation et Plateformes Biotechnologiques Métrologie (Cours et TP)	20,5 h
Challier	Lilian	UBO Brest	Licence 1	Travaux pratiques en Chimie	30 h
Colas	Florent	ENIB- Brest	Diplôme d'Ingénieur	Cours et TD d'optique et thermodynamique	12 h

Participation à un jury de thèse ou HDR

- P. Davies : Thèse d'Aurélien Sibellas, Cordes textiles torsadées à fibres continues : Caractérisation de la structure et modélisation du comportement mécanique en extension, 08/03/2019, Ecole Doctorale Matériaux de Lyon, Villeurbanne.
- G. Germain : Thèse de Martin Träsch, Caractérisation expérimentale et numérique du comportement hydrodynamique d'une hydrolienne à membrane ondulante, 15/03/2019, Université de Lille 1.
- G. Germain : Thèse de Philippe Mercier, Modélisation de la turbulence engendrée par la morphologie du fond dans le Raz Blanchard : approche locale avec la LBM-LES, 21/03/2019, Université de Caen.
- C. Compère, Thèse de Florian Trigodet, Caractérisation électrochimique et moléculaire des biofilms électroactifs sur acier inoxydable en milieu marin, 19/04/2019, Ecole doctorale Sciences de la Mer et du Littoral, Plouzané.
- P. Davies, Thèse Yan Bian, Durabilité des géosynthétiques en Poly (alcool vinylique), 05/06/2019, École doctorale Sciences des métiers de l'ingénieur (Paris).
- P. Davies : Thèse de Hong-Duc Pham, Modélisation et Suivi en Service des Lignes d'Ancrages des Éoliennes Flottantes, 26/09/2019, École doctorale Sciences pour l'ingénieur, Nantes.
- C. Compère : Thèse de J Daoudi, Optimisation d'une sonde multi-paramètres dédiée à la mesure du pH, du redox et de la conductivité pour la surveillance des réservoirs profonds destinés au stockage de déchets radioactifs, 09/10/2019, BRGM.
- G. Germain : Thèse de Maria Ikhennicheu, Étude expérimentale de la turbulence dans les zones à forts courants et de son impact sur les hydroliennes, 18/10/2019, Université de Lille 1.
- P. Davies : Thèse de Mehmet CIHAN, Experimental and Numerical Investigation on the Mechanical and Dynamic Performance of Flax/E-glass Hybrid Composites on fatigue crack initiation life, 23/10/2019, University of Southampton, UK.
- P. Davies : Thèse de Yossra Elkebir, Impact de la microstructure et du vieillissement par relaxation structurale sur les mécanismes d'absorption d'eau dans les réseaux polyépoxydes, 19/11/2019, École doctorale Euclide, La Rochelle.
- P. Davies : Thèse d'Anurag Pisupati, Manufacturing and characterization of flax fiber reinforced thermoset composites, 29/11/2019, École doctorale Sciences de la matière, du rayonnement et de l'environnement, Villeneuve d'Ascq.
- P. Davies : Thèse d'Antoine Le Guen-Geffroy, Marine ageing and fatigue of carbon/epoxy composite propeller blade, 19/12/2019, Ecole doctorale Sciences de la Mer et du Littoral, Plouzané.
- P-Y Le Gac : Thèse d'Antoine Le Guen-Geffroy, Marine ageing and fatigue of carbon/epoxy composite propeller blade, 19/12/2019, Ecole doctorale Sciences de la Mer et du Littoral (Plouzané).
- A. Tassin : Thèse de Patricia Vega-Martínez, Experimental study of high-speed phenomena involving bubbles and free surfaces: bubble growth in microgravity and fast lifting of a plate from a water surface, 29/11/2019, University Carlos III de Madrid.
- P-Y Le Gac : Thèse de Jing Huang. Thermal ageing of polydicyclopentadiene, 06/12/2019, Ecole nationale supérieure d'arts et métiers – ENSAM.
- P. Davies : Thèse de Julie Cocard, Vieillesse humide de matériaux composites de pales d'hélicoptères : caractérisations et modélisations, de l'échelle de la résine à celle d'assemblages multi-matériaux, 17/12/2019, SPI, Université de Nantes.

Accueil et encadrement de post-doctorants : 1

Période	Nom	Sujet	Responsable	Co-financement
Du 22/01/18 au 19/07/19	DAVID Adelina	Compréhension de l'évolution des propriétés mécaniques du pDCPD au cours de la dégradation oxydative.	Daniel Priour, Pierre-Yves Le Gac. Ifremer.	100% projet ANR VRPOM

Accueil et encadrement de doctorants : 24 (dont 1 démission)

Début de thèse (JJ/MM/AA)	Date de soutenance (JJ/MM/AA)	Sujets	Etudiants accueillis		Ecoles Doctorales d'inscription - N° de l'ED - Libellé de l'ED - Université(s) de rattachement - Académie	Encadrements scientifiques (*) Dir. Thèse : Prénom, Nom (organisme) Co-dir. thèse : Prénom, Nom (organisme)	Structures d'accueil Libellé(s) + Localisation(s)	Sources de financement
			Noms Prénoms	Nationalités				
01/11/15	15/03/19	Caractérisation expérimentale des effets de sillage et d'interaction entre membranes ondulantes	TRASCH Martin	Française	ED 72 SPI Université de Lille	Dir. Thèse : G. Germain (Ifremer) Co-dir. : J-B. DREVET (Eel Energy)	REM-RDT-LCSM Centre de Boulogne-sur-Mer	ADEME Co-financement Eel Energy
01/11/15	05/12/19	Modélisation numérique et expérimentale de la captation d'énergie éolienne offshore - Application aux essais à échelle réduite en bassin	DOISENBANT Gonzalo	Argentine	ED 156 - École Doctorale des Sciences de la Mer - UBO	Dir. Thèse : Y. M. Scolan (ENSTA Brest) Co-dir. : M. Le Boulluec (Ifremer)	REM-RDT-LCSM Centre de Bretagne	50% Ifremer – 50% Région Bretagne
01/09/16	06/12/19	Oxydation des polymères obtenus par métathèse : des mécanismes à la prédiction de durée de vie	HUANG Jing	Chinoise	ED 432 : Sciences des métiers de l'ingénieur	Dir de thèse : E. Richaud (ENSAM) Co-dir. : P-Y. Le Gac (Ifremer)	REM-RDT-LCSM Centre de Bretagne	ANR VRPOM

01/10/16	19/12/19	Durabilité d'une hélice de navire de grandes dimensions en composite	LE GUEN-GEFFROY Antoine	Française	ED 156 - École Doctorale des Sciences de la Mer - UBO	Dir. Thèse : P. Davies (Ifremer) Co-dir. : N. Carrere (ENSTA Bretagne)	REM-RDT-LCSM Centre de Bretagne	DGA
01/10/16	Démission	Comportement hydrodynamique des structures flottantes soumises aux phénomènes d'entrée et sortie d'eau	BRETON Thibaut	Française	ED 156 - École Doctorale des Sciences de la Mer - UBO	Dir. Thèse N. Jacques (ENSTA Bretagne) Co-dir. : A. Tassin (Ifremer)	REM-RDT-LCSM Centre de Bretagne	Co-financement : Région Bretagne 50 %, Ifremer 50 %
01/10/16	06/02/20	Durabilité des élastomères thermoplastiques pour applications marines	BARDIN Antoine	Française	ED 432 : Sciences des métiers de l'ingénieur	Dir. Thèse B. Fayolle (ENSAM) Co-dir. : P-Y. Le Gac (Ifremer)	REM-RDT-LCSM Centre de Bretagne	CIFRE
02/11/16	18/10/19	Etude expérimentale de la turbulence présente dans les sites fortement énergétiques dédiés aux EMR	IKHENNICHEU Maria	Française	ED 72 SPI Université de Lille	Dir. Thèse : G. Germain (Ifremer) Co Dir. : Ph. Druault (UPMC)	REM-RDT-LCSM Centre de Boulogne	Région Hauts de France
02/11/16	26/06/19	Etude numérique et expérimentale d'un système couplé stabilisateur et récupérateur d'énergie des vagues	ERCOLANELLI Julien	Française	ED 602 SPI Université Bretagne Loire	Dir. Thèse : Y-M. Scolan (Ensta) Co Dir. : Marc Le Boulluec (Ifremer)	REM-RDT-LCSM Centre de Bretagne	GEPS Techno Convention Cifre

01/02/17	19/06/20	Caractérisation et modélisation du comportement mécanique à long terme de câbles d'ancrage en polyamide pour éoliennes flottantes	CHEVILLOTTE Yoan	Française	ED 602 SPI Université Bretagne Loire	Dir. Thèse : Y. Marco (ENSTA Bretagne) Co Dir. : P. Davies	REM-RDT-LCSM Centre de Bretagne	ANR POLYAMMOOR
23/02/17	18/09/20	Etudes expérimentales et numériques de l'interaction fluide structure sur des hydrofoils flexibles	TEMTCHING T EMOU Vanilla	Camerounaise	ED 156 - École Doctorale des Sciences de la Mer - UBO	Dir. Thèse : J-A-Astolfi, G. Ausias et de B. Augier (Ifremer)	IRENav + UBS + IFREMER	CIFRE
01/03/17	26/05/20	Compréhension et modélisation des mécanismes de contact de câbles en HMPE	BAIN Cédric	Française	ED 602 SPI Université Bretagne Loire	Dir. Thèse : Y. Marco (ENSTA Bretagne) Co Dir. : P. Davies	REM-RDT-LCSM Centre de Bretagne	Ino-Rope Convention Cifre
01/10/17	02/12/20	Influence du vieillissement des polymères sur la formation et le comportement des microplastiques en milieu marin	DESHOULLES Quentin	Française	ED 156 - École Doctorale des Sciences de la Mer - UBO	Dir. Thèse : D. Priour (Ifremer) Co Dir. : C. Dreanno (Ifremer)	REM-RDT LCSM/LDCM Centre de Bretagne	Co-financement : 50% Région Bretagne 50% Ifremer
06/11/17		Développement de modèles numériques pour la simulation du comportement d'hydrolienne	CHOMA BEX Camille	Française	PSIME, ED 591	Dir. Thèse : E. Rivoalen (LOFIMS INSA Rouen – LOMC Univ. Le Havre) - Co Dir. : . Germain (Ifremer)	LOMC, Université le Havre	50% Ifremer-50% Région

26/03/18	05/11/20	Étude expérimentale du comportement d'hydroliennes en présence de courants turbulents, de houle et de macro-particules	GAURIER Benoît	Française	ED 72 SPI Université de Lille	Dir. Thèse : G. Germain (Ifremer) Co Dir. : G. Pinon (Université du Havre)	REM-RDT-LCSM Centre de Boulogne	Thèse interne Ifremer
25/10/18		Modélisation du couplage entre diffusion d'eau et comportement mécanique de matériaux composites	DEZULIER Quentin	Française	ED 602 SPI Université de Nantes	Dir. Thèse : F. Jacquemin, Co Dir. P. Davies & A. Clément	UT Saint Nazaire et LCSM Brest	WEAMEC, Univ. Nantes et ONR
01/10/18		Modélisation numérique et expérimentale de la captation d'énergie houlo-motrice : application aux essais à échelle réduite en bassin	LECUYER-LEBRIS Romain	Française	ED 602 SPI Université Bretagne Loire	Dir. Thèse : M. Benbouzid (UBO)/ J. F. Charpentier (Ecole Navale) Co Dir. : M. Le Boulluec (Ifremer)	REM-RDT LCSM/LDCM Centre de Bretagne	Co-financement : 50% Région Bretagne 50% Ifremer
17/10/18		Modélisation multi-physique d'éoliennes off-shore flottantes en vue d'optimiser leur contrôle/commande en termes d'extraction d'énergie et de stabilité de la plateforme.	SALIC Tom	Française	École Doctorale des Sciences de la Mer et du Littoral - EDSML	Dir. Thèse : J. F. Charpentier (Ecole Navale) Co Dir. : M. Le Boulluec (Ifremer)	REM-RDT LCSM Centre de Bretagne	Brest Métropole

01/03/19		Durabilité des mousses syntactiques en grande profondeur	LOUBRIEU Gauthier	Française	EC CENTRALE LYON	Dir. Thèse : D. Priour (Ifremer) Co-dir. : M. Le Gall (Ifremer)	REM-RDT LCSM/LDCM Centre de Bretagne	CIFRE
14/07/19		Etude expérimentale du comportement marin d'une éolienne flottante à axe vertical à double rotor	MATOUG Camil	Français	ECOLE POLYTECHNIQUE Tours	Dir. Thèse : S. Barre (Université de Grenoble) Co-dir. : D. Priour (Ifremer)	REM-RDT LCSM/LDCM Centre de Bretagne	CIFRE
01/09/19		Etats de mer extrêmes et changement climatique en zone côtière	LEGRAND Juliette	Française	ENS RENNES	Dir. Thèse : P. Naveau (LSCE) Co-dir. : N. Raillard (Ifremer)	Université de Rennes	Bourse ENS
14/10/19		Compréhension du comportement au choc d'hélices marines en composites.	ROBIN Alban	Française	EC CENTRALE NANTES	Dir. Thèse : P. Davies (Ifremer) Co-dir. : M. Arhant (Ifremer)	REM-RDT LCSM/LDCM Centre de Bretagne	DGA
15/10/19		Evènements extrêmes et Changement climatique en zone côtière	OBAKRIM Said	Marocaine	U RENNES 1	Dir. Thèse : V. Monbet (Université Rennes1) Co-dir. : N. Raillard (Ifremer)	REM-RDT LCSM/LDCM Centre de Bretagne	50% IFREMER 50% U. Rennes 1
03/11/19		Caractérisation expérimentale des effets de sillage et d'interaction entre membranes ondulantes	MOREAU Martin	Française	ED 72 Université de Lille 1	Dir. Thèse : G. Germain (Ifremer) Co Dir. : A. Deporte (Eel Energy)	REM-RDT- LCSM Centre de Boulogne	CIFRE Eel Energy

01/12/19		Conception de composés amphiphiles bio-inspirés et étude de leurs propriétés antifouling	MALOUCH Dorsaff	Tunisienne	Ecole Doctorale Matière, Molécules et Matériaux (3M)	Dir. Thèse : M. Berchel (UBO) Co Dir. : C. Dreanno (Ifremer)	REM-RDT /LDCM Centre de Bretagne CEMCA, UBO	Co-financement : 50% ed 3M, 50% Ifremer
----------	--	--	-----------------	------------	--	---	---	---

Annexe 4 : Partenariats

Collaborations extérieures, nationales, européennes et internationales, formalisées

Les activités de recherche sont le plus souvent menées en collaboration avec d'autres laboratoires de l'Ifremer ou en réponse à la demande des acteurs institutionnels et industriels, dans un cadre de recherche académique, en collaboration avec des laboratoires, des Ecoles, des Centres de Recherche.

La liste des partenaires ci-dessous n'est pas exhaustive.

Dans le cadre d'Observatoires fonds de mer :

Collaborations Nationales :

- CNRS Centre National de la Recherche Scientifique, ENSTA Bretagne, Laboratoire d'océanographie de Villefranche/Mer, Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences et de l'Environnement, Centre de Physique des Particules de Marseille, Institut Universitaire Européen de la Mer Brest, Division Technique de l'Institut des Sciences de l'Univers de Meudon, Institut de Physique du Globe de Paris...

Collaborations Européennes :

- Konsortium Deutsche Meeresforschung (G), Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel (G), Alfred-Wegener Institute für Polar und Meeresforschung (G), Jacobs University Bremen (G), Max Planck Institute for Marine Microbiology (G), Universität Bremen (G), Norddeutsche Seekabelwerke GmbH (G), Send off-shore electronics GmbH (G), AWI Alfred Wegener Institut für Polarund, Beuth Hochschule für Technik Berlin (G), Hellenic Centre for Marine Research (GR), Foundation for Research and Technology Hellas (GR), Marine Institute Galway (IR), SLR Consulting LTD Dublin (IR), Consiglio Nazionale delle Ricerche Roma (IT), Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Roma (IT), Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologie Roma (IT), Tecnomare SPA Venice (IT), Tseao SRL (IT), Fugro Engineers BV (NL), Royal Netherlands Institute for Sea Research (NL), Universitet Tromsø (NO), Stiftelsen Norges Geotekniske Institut (NO), Stiftelsen Nansen Senter for Fjernmåling (NO), Centro de Investigação Tecnológica de Alentejo (PO), Fundação de Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (PO), Universidade dos Açores, Dpt of Oceanography and Fisheries (PO), Universidade do Algarve (PO), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Esp), Universitat Politècnica de Catalunya (S), Medicion Ambiental SLNE (S), Göteborgs Universitet (SW), Stockholms Universitet (SW), Bogazici Üniversitesi (T), Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey), İstanbul Teknik Üniversitesi (Turkey), GURALP Systems Limited (UK), Natural Environment Research Council, National Oceanography Centre Southampton (UK), University of Aberdeen (UK), NERC Natural Environment Research Council (UK), MI Marine Institute (IR), UniHB MARUM, University of Bremen (G), UiB Universitetet i Bergen (Norway), UiT Universitetet i Tromsø (N), PLOCAN (S), Meeresforschung (G), UNEXE University of Exeter (UK), SLR SLR Consulting (Ir) BLIT Blue Lobster IT Ltd. (UK), UNIABDN The University Court of The University of Aberdeen (UK), GEOMAR GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel (G), ULPGC Universidad de las Palmas de Gran Canaria (S), USTAN University of St Andrews (UK), IEO Spanish Institute (S), INDP Instituto Nacional de desenvolvimento das Pescas (Cape Verde), UPC Universitat Politècnica de

Catalunya (S), TEXCEL Texcel Technology Plc (UK), UGOT University of Gothenburg (S), 52° North (G), Université Libre de Bruxelles (B), Bulgary Academy of Sciences (BU), CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche (I), NIOZ Stichting Koninklijk Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek (N), IMAR Imar-Instituto do Mar (P), Plymouth Marine Laboratory, , National Marine Aquarium...

Les développements instrumentaux à RDT sont menés avec une forte implication partenariale, par exemple :

Collaborations Nationales :

- UPMC (co-porteur avec l'Ifremer), le CNRS (INSU), l'UBO/IUEM (UEB), le SHOM, et deux entreprises privées : CLS pour les aspects de télécommunications par satellite et la PME Nke qui est en charge de la commercialisation des flotteurs français Argos dans le cadre de l'Equipex Naos.
- En collaboration avec l'équipe Verres et Céramiques et l'équipe de Chimie du Solide et Matériaux de l'Université de Rennes 1, avec l'unité Chimie, Structure et Propriétés de Biomatériaux et d'Agents Thérapeutiques de l'Université Paris 13 et le Laboratoire Nanotechnologie et Instrumentation Optique de l'Université Technologique de Troyes pour le développement de substrats IR exaltés.
- En collaboration avec les Instituts Carnot BRGM et IRSTEA dans le cadre du projet Captiven, lauréat des Investissements d'Avenir.

Collaborations Européennes :

- NERC Natural Environment Research Council (UK), OGS Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (Italy), HCMR Hellenic Centre for Marine Research (Greece), UniHB MARUM, University of Bremen (Germany), UiB Universitetet i Bergen (Norway), UiT Universitetet i Tromsø (Norway), PLOCAN (Spain), AWI Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung (Germany), UNEXE University of Exeter (UK), SLR SLR Consulting (Ireland), Ifremer Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (France), BLIT Blue Lobster IT Ltd. (UK), INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Italy), MI Marine Institute (Ireland), UNIABDN The University of Aberdeen (UK), CNRS Centre National de la Recherche Scientifique (France), GEOMAR GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel (Germany), ULPGC Universidad de las Palmas de Gran Canaria (Spain), USTAN University of St Andrews (UK), IEO Spanish Institute (Spain), nkel nke Instrumentation (France), INDP Instituto Nacional de desenvolvimento das Pescas (Cape Verde), UPC Universitat Politècnica de Catalunya (Spain), TEXCEL Texcel Technology Plc (UK), UGOT University of Gothenburg (Sweden), 52° North (Germany), CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche (Italy), NIOZ Stichting Koninklijk Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek (Netherlands), IMAR Imar-Instituto do Mar (Portugal) : dans le cadre du Projet européen FixO3 (du 01/09/2013 au 31/08/2017) Grant Agreement n° 312463- « Fixed Point Open Ocean Observatories Network », RDT Responsable WP7 "International Research networking" et WP12 "Research and development on critical observatory functions"
- Plataforma Oceanica de canarias, PLOCAN : Coordinateur, Université de Brême, Université d'Aix Marseille, Universita Politecnica de Catalunya, ACSA France, UNOL, nke, Trios, As CMR, Centro tecnologico Naval y del Mar, Smid Technology, Franatech, Uni research AS, CNR-ISMAR, IEEE France, Helmutz Zentrum Geesthacht Zentrum für Material und Küstenforschung GmbH HZG, BV Ecorys: dans le cadre du Projet européen FP7 NexOs (Next generation, Cost-effective, Compact, Multifunctional Web Enabled Ocean, Sensor Systems Empowering Marine, Maritime and Fisheries Management (Octobre 2013- Septembre 2017) : RDT est Responsable WP3 Engineering of cost-efficient and reliable sensor systems et WP7 Development of fisheries sensor systems.

Les partenariats sont nombreux aussi pour l'étude de la durabilité des Matériaux :

Collaborations Nationales :

- ENSTA Bretagne, Université Bretagne Sud, ENSAM Paris (institut Carnot ARTS), Ecole Centrale Nantes, Université de Nantes, Ecole Centrale Paris, Institut de la Corrosion, Ecole Centrale de Lyon, Ecole des Mines de Paris, INSA Lyon, IUP Vannes, IUT Lannion, Pôle Mécanique Brestois, Université du Havre, Université de Haute Alsace.
- ENSAM : Contrat d'étude – Thèse Cifre vieillissement des élastomères. INRIA : Etude des interactions complexes entre vagues et structures flottantes, COSICO.
- BRGM : dans le cadre du post-doc Spatial statistical processing of extreme sea-states
- ICUBE – Université de Strasbourg : Projet collaboratif COSICO. Ensta Bretagne : Projet MegaWattBlue – Réalisation d'un démonstrateur d'hydrolienne de deuxième génération testé en milieu naturel (Ria d'Etel)

Collaborations Internationales :

- ASTM (American Society of Testing and Materials), Group D30 Composites, ONR, Sandia national laboratories, University of Tennessee.

Ou l'étude du comportement des structures :

Collaborations Nationales :

LPO, Dyneco et LOS pour les aspects modélisation et l'exploitation de la base de données HOMERE. L'équipe LERPC à la Tremblade. Ecole Centrale Nantes, (Axe 7, Labex Mer), ADEME, BRGM, Alstom, DCNS, EDF, IXSurvey, Locéan, OpenOcean, Total, ECN, LabexMer, IRMAR (Université Rennes 1), IFPEN, ONERA, EDF-LNHE, Institut Blaise Pascal, Actimar. Ensta Bretagne : Fatigue multiaxiale de chaîne d'ancrage

Collaborations Européennes :

- Université de Plymouth, Université de Reggio di Calabre, DNV GL, Newcastle, Université Instituto Superior Tecnico Lisboa, University of Gothenburg.
- UCC Cork, AAU, Cornwall council, DTU, ECNeth, Université d'Exeter, Plymouth University, UNIFI-Criaciv.

Ou pour les énergies marines renouvelables :

Collaborations Nationales :

- Agence Bretagne Développement Innovation (BDI), Arts, Bureau Veritas, Conseil général du Finistère, DCNS, Ecole Centrale de Nantes, EDF, ENSAM Chambéry, ENSTA Bretagne, Design Naval & Transports (B), IFP EN, INNOSEA, INP Toulouse, Irenav, IUEM Brest, Parc Marin d'Iroise, Pôle Mer Bretagne, Région Haute-Normandie, Technopôle Brest Iroise, Université du Havre (LOMC).

Collaborations Européennes :

- DELOITTE et ASSOCIES : Programme Interreg 2 MERS 2014-2020
- NUIC - UNIVERSITY OF COLLEGE CORK : Projet Européen MARINERGI

- CSC-TIETEEN TIETOTEKNIKAN KESKUS OY (CSC) : Projet Européen MARINET 2
- UPPSALA UNIVERSITET (UU) : Projet Européen MARINET 2
- UNIVERSITY OF LIMERICK (UL) : Projet Européen MARINET 2
- THE UNIVERSITY OF EDINBURGH (UEDIN) : Projet Européen MARINET 2
- ASSOCIATION EUROPEENNE DE L'ENERGIE DE L'OCEAN (OEE) : Projet Européen MARINET 2
- TOCARDO INTERNATIONAL BV (TOC) : Projet Européen In To Tidal
- LEASK MARINE LIMITED (LEASK) : Projet Européen In To Tidal
- UNIVERSITY COLLEGE CORK - NATIONAL UNIVERSITY OF IRELAND, CORK (UCC_MAREI) : Projet Européen MARINERGI-2
- UNIVERSITY OF STRATHCLYDE (UOS) : Projet Européen MARINERGI-2
- WAVEC/OFFSHORE RENEWABLES - CENTRO DE ENERGIA OFFSHORE ASSOCIACAO (WAVEC) : Projet Européen MARINERGI-2
- CONSORCIO PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y EXPLOTACION DE LA PLATAFORMA OCEANICA DE CANARIAS (PLOCAN) : Projet Européen MARINERGI-2
- SINTEF ENERGI AS (SINTEF) : Projet Européen MARINERGI-2
- FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. (Fraunhofer) : Projet Européen MARINERGI-2
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (CNR) : Projet Européen MARINERGI-2
- UNIVERSITEIT GENT (UGent) : Projet Européen MARINERGI-2
- STICHTING MARITIEM RESEARCH INSTITUUT NEDERLAND (MARIN)
- UPPSALA UNIVERSITET (UU) : Projet Européen MARINERGI-2
- AALBORG UNIVERSITET (AAU) : Projet Européen MARINERGI-2
- BIRD & BIRD LLP (BIRD & BIRD LLP) : Projet Européen MARINERGI-2
- UNIVERSITY COLLEGE CORK - NATIONAL UNIVERSITY OF IRELAND, CORK (UCCMaREI) : Projet Européen MARINET 2
- EUROPEAN MARINE ENERGY CENTRE LTD (EMEC) : Projet Européen MARINET 2
- UNIVERSITY OF STRATHCLYDE (UoS) : Projet Européen MARINET 2
- FUNDACION TECNALIA RESEARCH & INNOVATION (TECNALIA) : Projet Européen MARINET 2
- DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET (DTU) : Projet Européen MARINET 2
- WAVEC/OFFSHORE RENEWABLES - CENTRO DE ENERGIA OFFSHORE ASSOCIACAO (WAVEC) : Projet Européen MARINET 2
- AALBORG UNIVERSITET (AAU) : Projet Européen MARINET 2
- OFFSHORE RENEWABLE ENERGY CATAPULT (ORECat) : Projet Européen MARINET 2
- FUNDACION INSTITUTO DE HIDRAULICA AMBIENTAL DE CANTABRIA (UC-IHC) : Projet Européen MARINET 2

- STICHTING TIDAL TESTING CENTRE (TTC) : Projet Européen MARINET 2
- ECOLE CENTRALE DE NANTES (ECN) : Projet Européen MARINET 2
- FUNDACAO EUROCEAN (EurOcean) : Projet Européen MARINET 2
- SMARTBAY IRELAND LIMITED (SmartBay) : Projet Européen MARINET 2
- SINTEF ENERGI AS (SINTEF) : Projet Européen MARINET 2
- THE UNIVERSITY OF EXETER (UNEXE) : Projet Européen MARINET 2
- FUNDACION CENER-CIEMAT (CENER) : Projet Européen MARINET 2
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (CNR-INSEAN) : Projet Européen MARINET 2
- FLOWAVE TT LIMITED (FloWave) : Projet Européen MARINET 2
- GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ UNIVERSITAET HANNOVER (FZK) : Projet Européen MARINET 2
- STICHTING MARITIEM RESEARCH INSTITUUT NEDERLAND (Marin) : Projet Européen MARINET 2
- FUNDACION CENTRO TECNOLOGICO DE COMPONENTES (CTC) : Projet Européen MARINET 2
- UNIVERSITA DEGLI STUDI DI FIRENZE (CRIACIV LABIMA) : Projet Européen MARINET 2
- UNIVERSITY OF PLYMOUTH (UOP) : Projet Européen MARINET 2
- CONSORCIO PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION, EQUIPAMIENTO Y EXPLOTACION DE LA PLATAFORMA OCEANICA DE CANARIAS (PLOCAN) : Projet Européen MARINET 2
- NATIONAL UNIVERSITY OF IRELAND, GALWAY (NUIG) : Projet Européen MARINET 2
- ENTE VASCO DE LA ENERGIA (EVE) : Projet Européen MARINET 2
- THE QUEEN'S UNIVERSITY OF BELFAST (QUB) : Projet Européen MARINET 2
- NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET NTNU (NTNU) : Projet Européen MARINET 2
- UNIVERSITY OF SURREY (Surrey) : Projet Européen MARINET 2
- SSPA SWEDEN AB. (SSPA) : Projet Européen MARINET 2
- BISCAY MARINE ENERGY PLATFORM SA (BiMEP) : Projet Européen MARINET 2
- MARIENE INFORMATIE SERVICE MARIS BV (MARIS) : Projet Européen MARINET 2
- EUROPEAN MARINE ENERGY CENTRE LTD (EMEC) : Projet Européen In To Tidal

Quelques exemples de partenaires socio-économiques

RDT entretient de larges partenariats avec des industriels (Grands Groupes et PME).

- AMVALOR : Contrat d'étude – Thèse Cifre vieillissement des élastomères
- DCNS : Qualification de sonars en bassin, projet Marlin, projet Abiop
- GEPS Techno : EMR
- EEL ENERGY : Contrat cadre Aide au projet structurant de R&D pour la compétitivité
- EOLINK : Tests en mer de l'éolienne flottante EOLINK 10 MW à l'échelle 1/10ème

- Flexibras Tubos Flexiveis LTDA : Tests de mousses syntactiques
- FMC Technologies : Research collaboration agreement
- Fluidion dans le projet européen H2020 JERICO Next pour des travaux sur la fluïdique associée à la mesure de pH en eau de mer.
- Guinard Energies (PME) : Projet MegaWattBlue – Réalisation d'un démonstrateur d'hydrolienne de deuxième génération testé en milieu naturel (Ria d'Étel)
- HORIBA Jobin Yvon pour les développements en optique
- Hydroptics pour les systèmes d'imagerie ZooCam et FastCam
- NASS & WIND : Maquette innovante générique permettant de tester les concepts éoliens flottants en bassin d'essais
- Florian Madec Composites : Projet collaboratif COSICO
- Nke : capteurs
- Oxxius, Flowgene pour la conception d'un spectromètre Raman UV pour la détection de traceurs anthropiques.
- Principia : Fatigue multiaxiale de chaîne d'ancrage
- Rescoll : Projet collaboratif COSICO
- Thales Underwater Systems : Contrat d'étude – Thèse Cifre vieillissement des élastomères
- TOTAL E&P Recherche et Développement : Comportement des mousses syntectiques pour grande profondeur CMSGP Phase 2
- TOTAL E&P Recherche et Développement : Comportement de cordages en polyester (PET) pour l'ancrage de plateformes flottantes
- Thales : Etude du vieillissement en eau de mer de transducteurs Tam Tam équipant les frégates FREM

Après avoir contribué au montage de France Energies Marines, RDT apporte aujourd'hui son expertise au comité R&D de FEM.

Pour LDCM :

Collaborations Nationales :

- Equipe Verres et Céramiques et l'équipe de Chimie du Solide et Matériaux de l'Université de Rennes 1
- Le Laboratoire IMMM UMR6283, Université du Mans.
- BRGM, Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies
- UMR CNRS 6521 – CEMCA, UBO
- Le laboratoire ITODYS, Université Paris Diderot (Paris VII)
- Le laboratoire PHENIX de l'université Pierre et Marie Curie (Paris VI)
- Naval Group
- MAPIEM, Université de Toulon
- Université de Nantes Faculté des Sciences et Technologies
- Groupe chimie marine, LEMAR, IUEM
- Laboratoire Géosciences Océans, UBO

Collaborations Internationales :

- l'Université de Mons (Belgique)
- CNR-IPCF (Italie)
- l'IRIS (Norvège)

- SMHI (Suède).

Pour SIIM :

Partenariat avec l'institut allemand Marum dans le cadre du projet EMSO-Link. Accès transnational (TNA) à l'observatoire EMSO-Ligure Nice (coordinateur : X. Bompais).

Contrat tripartite entre l'Ifremer, Marum et l'ERIC EMSO, « EMSO TNA Agreement – Projet MODAL », (référence Ifremer 19/1000038). Unités impliquées : RDT et GM.

Partenariat avec le CNRS formalisé dans un MoU pour l'infrastructure de recherche EMSO-France. L'infrastructure de recherche EMSO-France fait partie de l'ERIC EMSO.

Annexe 5 : Valorisation

Brevets (3)

Dominique Le Roux, Marc Le Boulluec, Cyril Bourgoïn (NASS&WIND INDUSTRIE) « Outil et procédé de modélisation du comportement physique d'une éolienne » FR3080913, publié le 8 novembre 2019.

Olivier Giusti, Nicolas Dumergue, Marc Le Boulluec, Dominique Le Roux «BLUEFINS Dispositif de propulsion et de conversion d'énergie des vagues », déposé le 27/03/2019, FR19 03188.

Birot Dominique, Ruffine Livio, Rinnert Emmanuel, Podeur Christian (2019). Dispositif d'extraction in situ de gaz dissous et appareil de mesure correspondant/ Device for the in situ extraction of dissolved gas and corresponding measuring apparatus. WO2019008271

Enveloppe Soleau (1)

Design d'une station de fond multi-capteurs équipée d'un système de largage par acoustique. Alan Bocher RDT/SIIM

Licences

Reconduction des contrats de licence de savoir-faire des profileurs ARVOR et PROVOR et Instrumentation Marine, attribuées à NKE Instrumentation.

Annexe 6 : Fonctions de représentation assurées dans les instances régionales, nationales, européennes ou internationales

B. Augier : Membre du Comité technique de la conférence INNOVSAIL2017 (<http://www.citevoile-tabarly.com/fr/innovsail>).

C. Compère : Membre du Comité scientifique des colloques du Réseau National Biofilm. Comité scientifique du colloque du Réseau National Biofilm.

C. Compère : Membre du Comité scientifique et d'organisation des Journées Thématiques du Réseau National des Technologies Marines (Techmar) avec l'INSU - IRD – SHOM. RDT participe largement à ces journées.

C. Compère : Expert au Comité Consultatif Régional de la Recherche et du Développement Technologique – CCRRDT.

C. Compère : Membre du GT Infrastructures Allenvi

C. Compère : membre du GT Best Practices Infrastructures de recherche MESRI

C. Compère : membre Comité stratégique du Cèdre.

C. Compère : membre du Conseil scientifique de l'ENIB.

C. Compère : Animatrice du GP5 Ancre. Co-animateurs : T Bécue (IFP-EN) et P Ferrant (Centrale Nantes).

C. Compère : membre du bureau du thème 5 de l'EUR Isblue.

C. Compère : membre du comité directeur ODATIS.

C. Compère : membre du CSOA.

C. Compère : membre du GT métrologie environnementale de la DGRI.

P. Davies : Membre du Comité Scientifique International de l'INSIS, CNRS.

P. Davies : Membre du Comité scientifique des 20èmes Journées Nationales sur les Composites JNC.

P. Davies : Member of the Scientific Committee of CELC (Confédération Européenne du Lin et du Chanvre).

P. Davies : Member of Editorial Boards, International Journal of Adhesion and Adhesives.

P. Davies : Member of Editorial Boards, Applied Composite Materials.

P. Davies : Member of Editorial Boards, Journal of Thermoplastic Composites.

G. Damy : Membre du bureau du CLAR-OM (www.clar-om.com).

G. Damy : Membre du Technical Committee d'Eurogia (www.eurogia.com).

M. Le Boulluec : membre du Comité d'administration de la SHF (Société Hydrotechnique de France).

Jérôme BLANDIN (RDT-SIIM) :

- Membre du comité de pilotage scientifique et technique de l'infrastructure de recherche (IR) EMSO-France.
- Leader du « service group engineering and Logistics » de l'ERIC EMSO
- Membre de l'« Executive Committee » de l'ERIC EMSO

Xavier BOMPAIS (RDT-SIIM) :

- Membre du comité de pilotage scientifique et technique de l'infrastructure de recherche (IR) EMSO-France.

Nadine LANTERI (RDT-SIIM) :

- Membre du comité de pilotage scientifique et technique de l'infrastructure de recherche (IR) EMSO-France.
- « Team Leader » de la « regional facility » EMSO-Molène
- Membre de l'« Executive Committee » de l'ERIC EMSO

Hélène LEAU (RDT-SIIM) :

- Membre du comité de pilotage scientifique et technique de l'infrastructure de recherche (IR) EMSO-France.
- Membre du « service group Innovation and Industry » de l'ERIC EMSO.
- Porteur de l'infrastructure de Recherche EMSO-France (pour Ifremer).
- Conseiller auprès du MESRI pour l'assemblée de membres de l'ERIC EMSO.

Loic Dussud intervient à la Commission Nationale Flotte Côtière (CNFC).

M. Répécaud : Mise à disposition au Pôle Mer Bretagne Atlantique (20%). Cette activité, à temps partiel, consiste à participer à l'animation du domaine environnement et aménagement du littoral : L'émergence et le développement de projets collaboratifs réunissant l'industrie et les structures de recherche constitue l'objectif principal. L'animation est faite au service des membres du Pôle.

M. El Rakwe : Groupe Chimométrie - Société Française de Statistique.

C. Dreanno : Participation au thème 4 d'IsBlue.

C. Dreanno : GdR phycotox.

C. Dreanno, M. El Rakwe : GdR polymères et océans.

F. Colas : GdR Plasmonique Moléculaire et Spectroscopies Exaltées.

L. Delauney, LNE Comité Scientifique.

L. Delauney, Eurogoos Technological Plan working group.

Annexe 7 : Campagnes

Campagnes océanographiques

Campagne PHRESQUES 2019-Leg2 - Du 01 au 05 mai - Sur N/O Côtes de la Manche, Embarquement Le Havre - Alan Bocher

Campagne CARMOLIT19-Leg2 - Du 05 au 11 novembre - Sur N/O Thalia, Embarquement La Turballe – Alan Bocher

Campagne FLUID3D-2 menée au large de Nice avec le N/O L'Europe, du 19 au 23 août 2019 - Xavier Bompais, Hervé Lintanf, Michel Peleau et Michel Répécaud

Campagne MOMARSAT, du 10 juin au 4 juillet 2019 sur N/O Pourquoi pas ? Julien Legrand, Bertrand Moreau, Romain Davy, Nicolas Mertz, Jean-Pierre Lafontaine, Christian Podeur, Sébastien Prigent, Lena Thomas.

Campagnes technologiques

Campagne pHNX, du 13 au 16 mai 2019 – rade de Brest et du 23 au 27 septembre 2019 – Etang de Thau

ESS_PENFELD_2019 31/10/2019 (Saint-Denis) - 04/11/2019 (Saint-Denis)

Essais technologiques d'équipements et d'instrumentations en fin de développement. Essais préliminaires au transfert d'équipements vers l'opérateur et à la préparation de missions programmées en 2020.

L'équipe scientifique embarquée était constituée essentiellement de techniciens, d'ingénieurs ayant participé aux développements ou étant impliqués dans l'utilisation du PENFELD (REM/RDT) et de ses capteurs (REM/GM). L'objectif de la campagne étant de valider les nouveaux piézocônes auto-compensés acquis dans le cadre du contrat 18/2216532, un représentant de la société AP Van den Berg participait également à cette campagne. Au cours de cette campagne, une formation concernant la préparation et la mise en condition opérationnelle des piézocônes auto-compensés de l'équipe Genavir DEC/SEEM était également prévue.