

2017

# BILAN scientifique

BRETAGNE

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE TECHNIQUES AVANCÉES BRETAGNE



**ENSTA**  
Bretagne

# " Les équipements de recherche

Ces moyens d'essais exceptionnels sont complétés grâce au Contrat de Plan Etat-Région (CPER) 2015-2020 qui a retenu en priorités stratégiques des programmes de R&D du domaine maritime et de cybersécurité, co-financés par l'Union européenne, l'Etat, la Région Bretagne, le département du Finistère et Brest Métropole.



**IRDIL**  
Institut de Recherche Dupuy de Lôme

Plate-Forme Technologique  
**MASMECA**  
Advanced Experimental Mechanics on Materials and Structures

## 5 plateaux techniques

- Caractérisation dynamique (essais à haute vitesse de sollicitation)
- Caractérisation thermo-mécanique (sollicitations sous conditions mécaniques et d'environnement contrôlées)
- Caractérisation physico-chimique (évaluer l'effet de la microstructure sur le comportement mécanique des matériaux)
- Mesures et observations
- Prototypage

1200 m<sup>2</sup> d'équipements pour caractériser, à plusieurs échelles, tous types de matériaux, d'assemblages et de structures, en lien avec le laboratoire IRDL et le laboratoire commun Gustave Zédé avec Naval Group.

## Acquisitions du CPER 2015-2020

### Eco-Sys-Mer

L'une des ambitions des partenaires du laboratoire IRDL (ENSTA Bretagne, UBS, UBO, ENIB et CNRS) est d'améliorer et assurer la fiabilité des systèmes mécaniques en interaction avec le milieu marin, de l'échelle du matériau à celle du système. Les nouveaux équipements et moyens d'essais s'élèveront à 3.130 k€, dont 2.075 k€ pour l'ENSTA Bretagne.

## Acquisitions 2017 :

- Machine de traction/compression électromagnétique,
- Système « Dynamic Vapor Sorption »
- Caméra infrarouge
- Système de pilotage d'aile de kite
- Étude de conditionnement

**CONTACT** Younes Demmouche  
Responsable MASMECA  
younes.demmouche@ensta-bretagne.fr  
Tél. +33 (0)2.98.34.89.40

Exemples de moyens expérimentaux en technologies de l'information :

- Chambre anéchoïde
- Systèmes de drones
- Véhicules hydrographiques
- Plateforme radio logicielle SDR
- Bassin d'essais
- Espace robotique

## Acquisitions du CPER 2015-2020

### Cyber SSI

Au sein du pôle d'excellence cyber en Bretagne, ENSTA Bretagne couvre les champs allant de l'antenne et de la chaîne analogique jusqu'à l'analyse de la menace par analyse formelle. Les acquisitions totales au CPER s'élèvent à 2 M€ pour ENSTA Bretagne

### SMD-MAR

La capacité des robots sous-marins autonomes à mesurer et surveiller l'environnement océanique de manière répétée, avec qualité et précision, a été démontrée. Ce projet vise à amplifier le potentiel en remplaçant un grand robot sous-marin autonome par un groupe de robots multi-milieu (aérien, surface et sous-marins). L'achat de composants permettant la réalisation de cette flottille de robots a été retenu au CPER pour 865 k€.

## Acquisitions 2017 :

- capteurs d'imagerie acoustique
- tour numérique pour du prototypage rapide
- petits robots sous-marins, de surface et aériens

### SOPHIE

L'objectif est de développer un système d'acquisition hyperfréquence permettant de caractériser l'environnement maritime dans différentes conditions.

## Acquisition 2017 :

- matériel pour la réalisation du système d'acquisition : deux modules up/down converter et des antennes large bande.



## I-ROMI

L'objectif est de créer une plateforme de recherche et d'expérimentation pour optimiser les systèmes d'observation marine : mesures de meilleures qualités, observatoires moins coûteux, plus robustes, plus adaptables, structures et protocoles d'observation faiblement intrusifs, interaction avec les utilisateurs.

Il s'agit en particulier d'étudier la conception d'observatoires par acoustique passive, innovants et performants, pour le suivi du bruit ambiant sous-marin (géologie, faune et activités humaines).

## Acquisitions 2017 :

- enregistreurs multivoies pour localiser les mammifères marins et les bateaux
- enregistreurs monovoie pour faire du suivi à long terme et en continu des bruits sous-marins
- détecteurs de clicks pour le suivi de l'activité d'écholocation des petits cétacés

**CONTACT** Yvon Gallou  
yvon.gallou@ensta-bretagne.fr  
Tél. +33 (0)2.98.34.88.27

# " La recherche

Le développement de la recherche concourt au maintien de formations d'excellence, stimule un esprit d'innovation et d'entrepreneuriat sur le campus, participe au rayonnement et à l'attractivité de l'ENSTA Bretagne, aux plans national et international.

- L'originalité et le haut niveau de ces programmes de recherche, en relation avec de très nombreux partenaires, permettent au centre de recherche ENSTA Bretagne de croître à un rythme fort depuis quelques années et d'obtenir de nombreuses reconnaissances.
- En cohérence avec les formations, les équipes conduisent des recherches dans les 3 domaines suivants : sciences et technologies mécaniques, sciences et technologies de l'information et sciences humaines et sociales.
- ▶ Ces travaux s'inscrivent dans les projets scientifiques de trois laboratoires multi-établissements d'envergure nationale et internationale, décrits page suivante.
- ▶ Les besoins et préoccupations des entreprises tiennent un rôle central dans la définition des activités de recherche, qui pour les plus importantes, prennent la forme de laboratoires communs, créés avec Thales, Ixblue et Naval Group.
- De nombreux domaines d'application sont concernés par ces programmes de recherche : transport maritime et industrie offshore, automobile, robotique, perception de l'environnement, systèmes embarqués, défense, sécurité.
- Les applications maritimes y occupent une place prépondérante. ENSTA Bretagne concentre une diversité rare de disciplines scientifiques en sciences et technologies marines, en relation avec les nombreux organismes, centres de recherche et entreprises de la pointe bretonne.

◀ Le plus petit bateau des fêtes maritimes de Brest 2016, conçu par l'équipe robotique ENSTA Bretagne / Lab-STICC, a effectué ses missions en parfaite autonomie.



## 📍 Faits marquants 2017

Évalués par l'HCERES en 2016, les laboratoires IRDL et Lab-STICC, reconnus par le CNRS et dont ENSTA Bretagne est cotutelle, ont démarré leurs contrats quinquennaux.

Pour le lab-STICC (cf. page 32), celui-ci s'inscrit dans une certaine continuité, avec toutefois des évolutions notables, liées notamment à la création d'une nouvelle équipe de recherche, PRASYS, pilotée par ENSTA Bretagne et consacrée à l'interaction entre robotique et capteurs, ainsi qu'à la création d'un nouveau projet transverse CYRUS, relatif aux activités en cybersécurité.

Pour l'IRDL (cf. page 26), il s'agit depuis 2016 de fédérer les activités en mécanique et en matériau entre Lorient et Brest. La structuration du laboratoire en pôles thématiques coordonnés par deux responsables sur chacun des sites permet d'ores et déjà d'observer des synergies concrètes. La qualité de cet ambitieux projet scientifique, mis en œuvre avec de nombreux partenaires industriels, et l'originalité des sujets couverts dans le domaine maritime, viennent d'être récompensés : en mars 2018, le CNRS a validé l'évolution du laboratoire IRDL en unité mixte de recherche.

Les investissements en équipements de recherche dans le cadre du CPER (contrat de plan Etat-région) se sont poursuivis pour fournir aux deux laboratoires des moyens en sciences mécaniques (projet ECOSYSMER), en robotique (projet SMD-MAR), en RADAR (projet SOPHIE), en acoustique (projet IROMI) et en cybersécurité (projet CYBERSSI).

ENSTA Bretagne a également participé à la construction d'ISBLUE (Interdisciplinary School for the BLUE planet), lauréat de l'appel à projet EUR (Ecole Universitaire de Recherche) du PIA3 (troisième volet du Programme d'investissements d'avenir). Ce projet, d'une temporalité de 10 ans, va permettre, avec l'ensemble des établissements brestois et lorientais impliqués dans les sciences et technologies de la mer, d'accroître la visibilité internationale et l'offre de formation de niveau Master, le doctorat et la recherche sur ces sujets.

**CONTACT** Yann Dautreleau, Directeur scientifique  
Yann.dautreleau@ensta-bretagne.fr  
Tél. : +33 (0)2 98 34 87 38



## Sciences et technologies de la mécanique et des matériaux

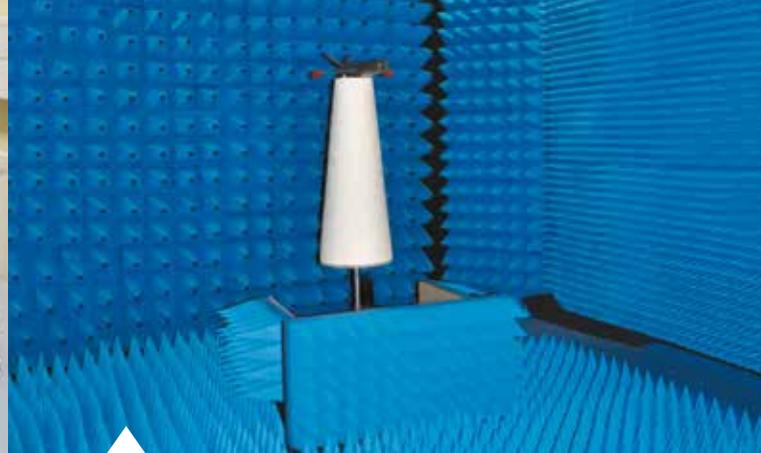


Institut de Recherche Dupuy de Lôme  
UMR CNRS 6027 - [www.irdl.fr](http://www.irdl.fr)

4 établissements tutelles : l'Université de Bretagne Sud (UBS), l'ENSTA Bretagne, l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), le CNRS ; et 1 établissement partenaire : l'École Nationale d'Ingénieurs de Brest.

### INGÉNIERIE DES MATÉRIAUX ET DES SYSTÈMES

- Créé le 1<sup>er</sup> janvier 2016 avec la reconnaissance du CNRS, le laboratoire IRDL est né de la fusion des laboratoires de Brest et Lorient, le LBMS et le LimatB.
- L'IRDL s'inscrit dans les communautés scientifiques régionales, nationales et internationales pour la résolution des questions liées à l'ingénierie des matériaux et des systèmes, afin de prédire leur comportement, d'améliorer les performances, de créer de nouveaux matériaux, etc.
- Les secteurs industriels intéressés sont liés à l'automobile, l'énergie, l'aéronautique, la santé, aux transports et plus particulièrement à tous les domaines en interaction dynamique avec le milieu marin, telles que la construction navale et offshore ou les énergies marines.



## Sciences et technologies de l'information



Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance  
UMR CNRS 6285 - [www.lab-sticc.fr](http://www.lab-sticc.fr)

6 établissements tutelles : IMT Atlantique, ENSTA Bretagne, ENIB, les universités UBO et UBS, ainsi que le CNRS.

### DU CAPTEUR À LA CONNAISSANCE

- Créé en 2008, afin de fédérer les forces de recherche multidisciplinaires des écoles, des universités et du CNRS, le Lab-Sticc a été rejoint en 2012 par l'ENSTA Bretagne et l'ENIB.
- Résultat d'un réel effort de structuration de la recherche en STIC en Bretagne occidentale, le laboratoire a, de par sa taille, sa cohérence scientifique, l'excellence de ses équipes, et le soutien constant des Tutelles (CNRS et Etablissements) et de la Région Bretagne, immédiatement exercé une forte attractivité sur la communauté scientifique.
- Le Lab-STICC regroupe des compétences de très haut niveau en communications numériques, traitement du signal, micro-ondes, optoélectronique, matériaux, systèmes embarqués, électronique, informatique, et sciences de la connaissance.



## Sciences humaines et sociales pour l'ingénieur



Centre de Recherche sur la formation

Centre de Recherche sur la Formation  
EA 1410 - [www.crf.cnam.fr](http://www.crf.cnam.fr)

4 établissements tutelles : ENSTA Bretagne, CNAM, l'Université d'Evry-Val-d'Essonne et l'Université Pierre et Marie Curie.

### FORMATION DES ADULTES ET PROFESSIONNALISATION

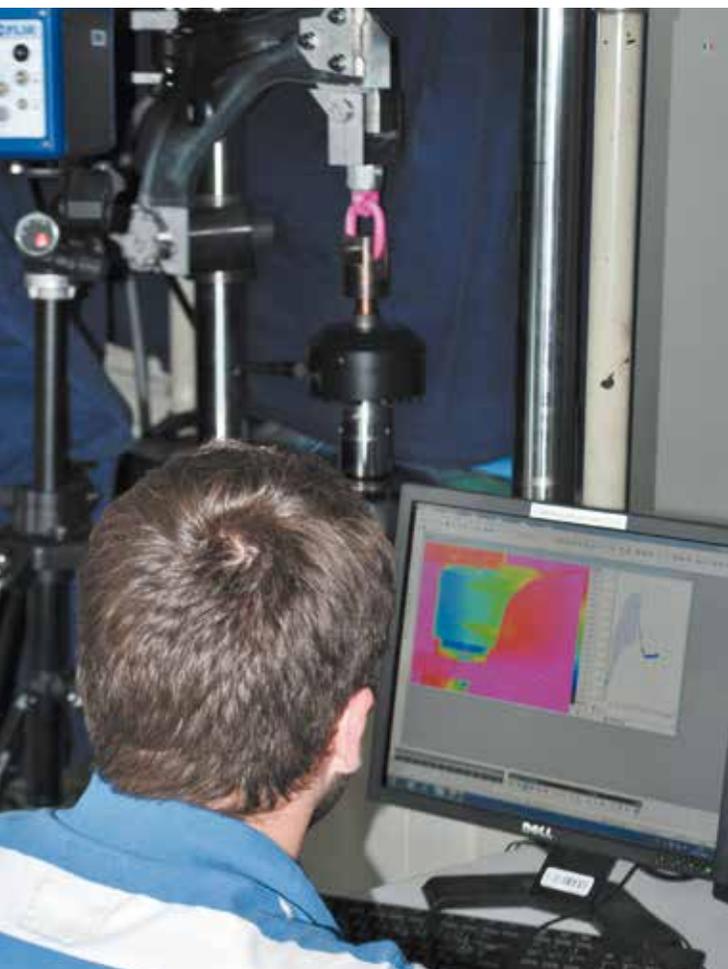
- Le centre de recherche sur la formation (EA 1410) a pour objet principal de produire des savoirs sur les processus, dispositifs et pratiques de formation des adultes, de formation professionnelle et de professionnalisation.
- Il contribue également au développement d'un milieu scientifique international dans le domaine des rapports réciproques entre formation et activités professionnelles.
- Le laboratoire évolue vers une unité mixte de recherche « Apprentissages professionnels et formation » dans le cadre du contrat 2019-2024.

# " Laboratoire IRDL

## Institut de Recherche Dupuy de Lôme



Institut de Recherche Dupuy de Lôme  
UMR CNRS 6027 - www.irdl.fr



**300**  
membres dont 140  
doctorants

**40**  
thèses  
soutenues  
par an

+ de **4 M€**  
de budget  
annuel

## Ingénierie des matériaux et des systèmes mécaniques

Créé le 1<sup>er</sup> janvier 2016, l'IRDL, nouvelle UMR (unité mixte de recherche) du CNRS, fédère et les équipes de recherche en mécanique de l'Université de Bretagne Sud (UBS), de l'ENSTA Bretagne, de l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) et de l'ENIB.

**Évalué en janvier 2016 par l'HCERES<sup>(1)</sup>, l'IRDL a été apprécié pour**

- son projet scientifique original et ambitieux,
- le bon équilibre entre études amont et appliquées,
- les nombreuses interactions avec les entreprises
- l'excellente qualité de la formation par la recherche.

**Les équipes ENSTA Bretagne contribuent à 3 des 5 pôles thématiques de recherche**

- PTR1 Composites, nanocomposites, biocomposites,
- PTR2 Assemblages multi-matériaux
- PTR3 Structures, fluides et interactions
- PTR4 Systèmes énergétiques et procédés thermiques
- PTR5 Comportement et durabilité des matériaux

**Trois axes transversaux, rattachés chacun à un domaine industriel, sont privilégiés et confèrent à l'IRDL son positionnement original en France.**

- **MER** : construction navale, offshore, EMR
- **TRANSPORT** : automobile, aéronautique
- **DÉFENSE** : naval, terrestre

**CONTACT** Sylvain Calloch,  
Professeur des universités,  
Directeur adjoint de l'IRDL  
sylvain.calloch@ensta-bretagne.fr  
Tél. : +33 (0)2 98 34 87 23



Jean LEGENDRE

### Caractérisation multi-échelles de la RUPTURE INTER-FACIALE D'ASSEMBLAGES COLLÉS POUR L'AUTOMOBILE

- soutenue le 04/10/2017
- Thèse CIFRE : ArcelorMittal

L'essai de type simple recouvrement est très largement utilisé dans l'industrie automobile pour évaluer la compatibilité entre une tôle d'acier et une colle. Deux critères de validation sont définis par les constructeurs automobiles : un chargement à rupture minimum et une rupture dans la couche de colle (faciès de rupture cohésif) et non au niveau de l'interface colle/acier (rupture adhésive). Dans le cas de tôle galvanisée fine et ductile, l'acier subit une déformation plastique pendant l'essai de type simple recouvrement et cela semble favoriser une rupture adhésive, alors que le chargement à rupture est correct, conduisant à l'invalidation de l'assemblage. Une meilleure compréhension du phénomène de la rupture inter-faciale a été réalisée. Différents fabricants automobiles sont également à pied d'oeuvre pour faire réviser le type de faciès adhésif acceptable pour leurs applications industrielles.

Tatiana Siwavi TCHALLA

### Durabilité des ASSEMBLAGES MÉTAL/ÉLASTOMÈRE EN MILIEU MARIN

- soutenue le 11/12/2017
- Contrat Ifremer – EDF R&D

Dans le cadre des centrales de production d'énergie d'EDF, des tuyaux en acier sont protégés de la corrosion par un revêtement en polychloroprène fixé à l'aide d'une colle néoprène. Ce revêtement est en contact direct avec l'eau de mer. La thèse s'est attachée à étudier la durabilité de ces assemblages collés.

Une méthodologie regroupant approche statistique d'échantillons réels en immersion depuis plus de trente ans, vieillissements accélérés en laboratoire d'échantillons représentatifs, caractérisations physico-chimiques et mécaniques sur les matériaux et assemblages, a permis de développer la compréhension des mécanismes de vieillissement et de caractériser les facteurs influents.

Alin ILIONI

### Caractérisation rapide DU COMPORTEMENT D'ADHÉSIFS SOUS VIEILLISSEMENT HYDRIQUE

- soutenue le 27/11/2017
- Projet ANR COSICO

La production d'électricité par les Energies Marines Renouvelables (EMR) est une préoccupation forte. Les éoliennes comme les hydroliennes sont des structures mécaniques complexes, obtenues par l'assemblage de différents constituants. Elles doivent résister à des sollicitations d'origines diverses (thermiques, mécaniques, hygrométriques). Cette thèse visait à développer des lois décrivant le comportement d'adhésifs structuraux en intégrant leur vieillissement hydrique. L'approche classique, qui consiste à effectuer des essais dans les conditions de vieillissement réelles, a été écartée au profit d'une identification des propriétés de l'adhésif menée à plus petite échelle et d'essais de vieillissement accéléré. Cette méthode, appliquée aux structures collées, permet alors une évaluation rapide des propriétés à long terme des structures production d'énergies marines renouvelables

Projet financé par l'ADEME au titre des Investissements d'Avenir pour réduire l'empreinte environnementale des automobiles.

ENSTA Bretagne comptait parmi les 12 partenaires de ce vaste programme, piloté par PSA et RENAULT.

Le projet s'inscrivait dans le cadre de la réduction de masse des véhicules, afin de réduire les émissions de CO2, par l'utilisation de matériaux plus légers, tels que les composites et les alliages légers. Les études visaient plus particulièrement la maîtrise des techniques d'assemblage de matériaux de différentes natures.

**Ce projet a permis de construire une maîtrise technologique au niveau national des procédés d'assemblage multi-matériaux.**

Des solutions innovantes autour des procédés chimiques, thermiques et mécaniques ont été proposées, à un coût compétitif et en accord avec les cadences de production des automobiles.

ENSTA Bretagne a contribué à l'étape de caractérisation et de modélisation de la tenue des assemblages :

- par l'étude expérimentale de différentes techniques d'assemblage multi-matériaux (collage, soudage laser, rivetage, goujonage) en termes de tenue mécanique pour des sollicitations représentatives des chargements réels de structures automobiles ;
- par la modélisation du comportement mécanique et de la durabilité des assemblages retenus, afin de permettre une simulation globale du véhicule.

**CONTACT** David THEVENET  
david.thevenet@ensta-bretagne.fr  
Tél. : +33 (0)2 98 34 88 07

## ► PTR2 - ASSEMBLAGES MULTI-MATÉRIAUX

Collage • Soudage • Fabrication additive • Frittage • Assemblage • Multi-matériaux

- Assembler des matériaux de natures différentes pour des durées de vie longues en environnements sévères, comme le milieu marin.
- Développer des moyens d'assemblages innovants, prenant en compte les conditions en service, en lien avec l'utilisation de matériaux nouveaux, de nouvelles nuances d'alliages, de nouvelles préparations de surface, etc.
- Introduire des techniques hybrides demandant des études approfondies, afin d'atteindre des performances en termes de vitesse d'assemblage ou de caractéristiques mécaniques.



©Jonathan Belleand / Marine nationale

### Arman ARRIFIN

## Étude des critères de 2<sup>nd</sup>e génération de la STABILITÉ DU NAVIRE À L'ÉTAT INTACT

- soutenue le 09/06/2017
- Partenaire : Marine Royale de Malaisie

De nouveaux critères de stabilité du navire à l'état intact de 2e génération (SGISC) ont été définis par l'organisation maritime internationale (OMI). A chaque échec de stabilité, des procédures d'évaluation directe sont développées soit par analyse numérique, soit par étude expérimentale pour une analyse quantitative.

Dans cette thèse, une approche expérimentale pour un navire en détresse dans une tempête et des simulations de roulis ont été testés. Les essais ont été effectués dans la soufflerie de l'UTM à Johor Bahru en Malaisie. La maquette flotte dans un petit bassin et peut évoluer librement en roulis. Le souffle latéral appliqué représente le vent latéral imposé par le critère de stabilité dit «météorologique». Les résultats ont montré que l'angle de roulis maximal atteint par les navires étudiés est inférieur à celui donné par le calcul réglementaire. En conclusion, ces méthodes expérimentales et numériques peuvent être proposées pour l'évaluation directe du critère.

### François GRINNAERT

## Étude et implémentation des critères de 2<sup>nd</sup>e génération dans UN CODE DE STABILITÉ

- soutenue le 19/01/2017
- Avec la Marine Nationale

Les critères de stabilité à l'état intact de seconde génération, en cours de finalisation par l'Organisation Maritime Internationale, doivent compléter les critères actuels en apportant une sécurité accrue dans les vagues. Ils sont organisés en cinq modes de défaillance, déclinés pour chacun en trois niveaux d'évaluation. Les deux premiers niveaux des modes de défaillance, perte pure de stabilité et roulis paramétrique, ont été implémentés dans un code de stabilité. Les courbes de KGmax associées à ces critères sont calculées pour une sélection de navires civils et militaires de différents types ayant des comportements connus ou supposés différents vis-à-vis de ces modes de défaillance. Les exigences et la pertinence des critères sont analysées. La seconde vérification du critère de niveau deux en roulis paramétrique est étudiée en détail. Une méthode simplifiée de calcul de l'angle maximum de roulis paramétrique supposant un GZ linéaire est proposée et implémentée dans le critère correspondant

### Gaspard FOURESTIER

## Modélisation de l'écoulement au sein d'un système de récupération de L'ÉNERGIE DE LA HOULE

- soutenue le 11/05/2017
- Partenaires : GEPS Techno, IFREMER

GEPS Techno a imaginé et développe un système original de récupération de l'énergie des vagues, constitué d'un flotteur contenant des cuves partiellement remplies d'eau, ici étudié et modélisé.

Lorsque les vagues mettent en mouvement le flotteur, un tourbillon de type vidange apparaît dans une des cuves. Pour extraire l'énergie, une turbine, reliée à une génératrice, est plongée dans ce tourbillon.

L'étude expérimentale a porté sur le tourbillon de vidange dans un contenant fixe. Les hauteurs d'eau et les vitesses du liquide ont été mesurées. L'écoulement a également été modélisé. Les résultats de ces deux approches ont ensuite été comparés.

Enfin, l'influence de la turbine sur le reste du système a été étudiée et son comportement en puissance évalué pour différents mouvements imposés. Un premier modèle numérique de cette turbine a été comparé aux données expérimentales

## ACTIVITÉS DÉBUTÉES EN 2017

### PROJETS

- Projet ANR ASTRID «APPHY» : Approche Probabiliste pour l'évaluation des chargements HYdrodynamiques dimensionnants pour appendices de navires sur houle.

L'objectif d'APPHY est d'intégrer des modèles numériques plus précis aux outils de conception navale prenant en compte les chargements hydrodynamiques liés aux impacts sur vagues, et tenant mieux compte de la répétition et de la variabilité de ces efforts subis par le navire tout au long de sa vie. Le gain de précision attendu en calcul de structure permettra de réduire le poids, limiter les avaries, tout en rallongeant la durée de vie des navires.

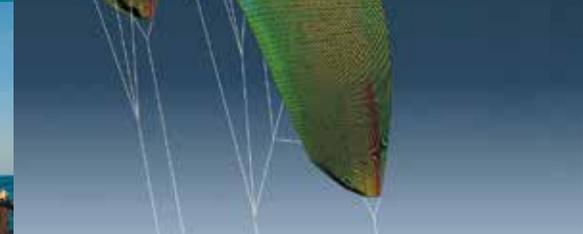
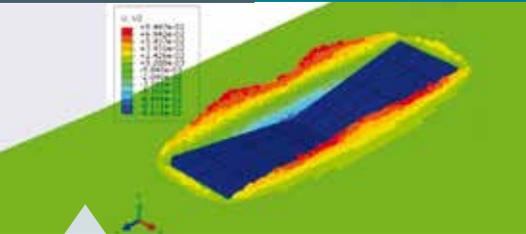
### THÈSES

- Modélisation et étude des phénomènes de séparation et d'impact hydrodynamique secondaire lors du tossage des navires (ARED / Brest Métropole)
- Etude et modélisation d'impacts basses et hautes vitesses sur des matériaux et structures de satellites (CEA)

## ► PTR3 - STRUCTURES, FLUIDES & INTERACTIONS

Modélisation • Simulation numérique • Mécanique expérimentale  
Matériaux/Structures • Dynamique/Chocs/Impacts • Procédés/Mise en forme • Interactions fluide-structures

- Etudes théoriques, numériques et expérimentales sur le comportement de matériaux et structures en interaction avec leur environnement et/ou leur procédé de fabrication.
- Etudes des phénomènes physiques couplés, tels le navire soumis au tossage dans son environnement maritime, la structure métallique en tôle mince mise en forme à chaud puis impactée jusqu'à rupture, le procédé de soudage laser impliquant des transferts d'énergie et de masse.



## Omar Hashim HASSOON

Conception et optimisation des structures composites pour des applications navales : EFFET DU SLAMMING

■ soutenue le 28/06/2017

■ Partenaire : Université de Bagdad (Iraq)

L'étude de l'interaction fluide-structure, pour décrire l'impact d'une vague sur une structure ou les effets du choc du navire sur la mer (tossage), est motivée par les effets parfois catastrophiques pour les structures navales et constitue un facteur dimensionnant important.

De plus, la flexibilité des composites et leurs modes de défaillance différents compliquent la prédiction des charges hydrodynamiques subies et sont au centre de cette étude expérimentale et numérique.

Des panneaux composites avec des rigidités différentes ont subi diverses vitesses d'impact à l'aide d'une machine de choc, en vitesse contrôlée qui ont validé les modèles numériques de prédiction de la force hydrodynamique et de la déformation du panneau.

Les résultats montrent que l'effort maximal s'accroît avec l'augmentation de la flexibilité des panneaux. Cette étude fournit des données qualitatives et quantitatives éclairantes en phase de conception, y compris sur l'évolution des performances mécaniques en service.

## Nedeleg BIGI

Étude des mouvements de tenue à la mer et de manoeuvrabilité des NAVIRES TRACTÉS PAR KITE

■ 2 thèses soutenues le 15/12/2017

■ Partenaires : ADEME, consortium Beyond the SEA

L'objectif a été d'étudier les limites opérationnelles des navires tractés par kite : les vents faibles et les conditions extrêmes.

En cas de vent faible, il est nécessaire de déterminer la vitesse de vent minimum qui permet au cerf-volant de prendre son envol. Pour cela, une équation prenant en compte les caractéristiques du cerf-volant et de ses lignes (poids, dimensions et caractéristiques aérodynamiques) a été développée.

Pour étudier les conditions de navigations extrêmes, par vent fort et états de mer développés, un simulateur a été mis au point. Il renseigne sur l'équilibre moyen du navire lorsqu'il est tracté par kite sur mer formée, mais aussi sur les amplitudes des mouvements du navire. Il est montré que les mouvements du navire sont dominés par l'effet des vagues et que la traction par kite impacte peu sa tenue à la mer. A l'inverse, les mouvements d'un navire modifient significativement les mouvements de vol du kite et un phénomène de couplage a été découvert, augmentant les performances de la traction par kite et la stabilité du navire.

## Morgan BEHREL

Expérimentations et mesures des performances des kites comme PROPULSION AUXILIAIRE POUR LES NAVIRES

Cette thèse a pour objectif de mesurer les interactions entre le kite et le navire, à une échelle limitée par rapports aux navires visés par le programme global. Des mesures ont donc été réalisées sur un navire de pêche de 13 m, en Gaspésie, puis sur un bateau expérimental de 6 m spécialement conçu par l'ENSTA Bretagne à cet effet. En outre, des mesures ont aussi été menées à terre pour évaluer spécifiquement les performances du kite. Chacune de ces campagnes expérimentales mettait en oeuvre un dispositif de mesure complexe, ainsi qu'un système automatique de contrôle du vol du kite.

En plus de fournir des données de qualité à destination de la science, les outils développés au cours de cette étude peuvent être utilisés directement par les partenaires industriels du projet Beyond the sea®. Le résultat de ce travail permet dès à présent de suivre et de mesurer la performance d'un kite au cours de son vol pour la traction des navires.

## BEYOND THE SEA®

Concevoir le navire du futur, moins consommateur de carburant et moins polluant.

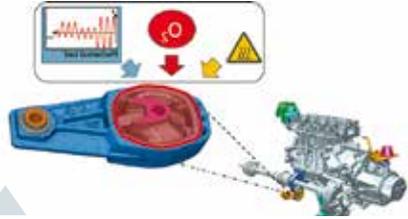
L'ENSTA Bretagne accompagne Yves Parlier et le consortium Beyond the sea® depuis le lancement du programme en 2007.

Labellisé par le pôle mer Bretagne Atlantique, financé par le programme des Investissements d'Avenir et accompagné par l'ADEME, ce projet ambitieux vise à réduire de 20% l'impact du transport maritime sur l'environnement, par une réduction des consommations de carburants des navires.

Il s'agit de tracter de grands navires par kite (cerf-volant) géant, déployé dès que la météo est favorable. La propulsion vélique vient alors en aide aux moteurs, très consommateurs d'énergie fossile.

Conditions de succès de cette propulsion hybride, le pilotage du kite sera automatisé et les qualités de stabilité et de manoeuvrabilité du bateau conservées.

**CONTACT** Yves-Marie SCOLAN  
yves-marie.scolan@ensta-bretagne.fr  
Tél. : +33 (0)2 98 34 88 91



Morgane BROUDIN

## PRÉDIRE LE VIEILLISSEMENT THERMO-OXYDATIF D'ÉLASTOMÈRES pour antivibratoires automobiles

- soutenue le 13/10/2017
- Partenaire : Vibracoustic

Dans les conditions réelles d'utilisation, de multiples facteurs sont à l'origine de l'évolution des propriétés mécaniques des caoutchoucs (température, oxygène, conditions de chargement mécaniques...). Ces pièces en élastomère pour l'antivibratoire automobile sont généralement massives (plusieurs millimètres d'épaisseur), le vieillissement conduit alors à des évolutions de propriétés hétérogènes. L'étude a permis d'identifier les mécanismes physico-chimiques et/ou évolutions microstructurales prépondérants à l'origine du processus de dégradation, et de quantifier les conséquences de ceux-ci sur le comportement mécanique et les propriétés en fatigue. Ces résultats ont pour objectif de fournir les éléments nécessaires à la modélisation et la prise en compte fine des effets du vieillissement dans le processus de conception de pièces antivibratoires automobiles.



Nicolas GRAUX

## CARACTÉRISER LA FATIGUE D'ACIERS DURCIS PAR CÉMENTATION à partir d'essais d'auto-échauffement sous sollicitations cycliques

- soutenue le 24/11/2017
- Partenaire : Poclairn Hydraulics

Afin de limiter le temps de caractérisation des propriétés en fatigue, les mesures d'auto-échauffement sous sollicitation cyclique ainsi que leur interprétation par un modèle probabiliste à deux échelles sont proposées.

Néanmoins, le dimensionnement en fatigue d'aciers cémentés (durcis en surface par traitement thermo-chimique) utilisés en contact roulant s'avère rapidement complexe en raison de l'hétérogénéité du matériau et d'un mode de défaillance en sous-couche.

Les travaux de thèse ont porté sur l'exploration de ces deux difficultés de manière séparée et ont permis de valider l'utilisation de la méthode de mesure de l'auto-échauffement pour caractériser en fatigue les aciers durcis par cémentation.



Louis LEVEUF

## MODÉLISER LA TENUE EN FATIGUE D'UN COMPOSITE THERMOPLASTIQUE à fibres de carbone courtes pour l'aéronautique

- soutenue le 07/12/2017
- Partenaire : Safran Composites

Après une description des matériaux étudiés ainsi que la mise en place d'un protocole de caractérisation de la microstructure, la nécessité de générer des éprouvettes de caractérisation simples en introduisant le concept d'éprouvettes amincies a été mise en avant.

La méthode d'auto-échauffement en régime transitoire a été appliquée en concluant sur l'influence de différents paramètres sur le bilan énergétique tels que la microstructure ou le grade du matériau étudié. Une loi de comportement phénoménologique avec une prise en compte locale de l'anisotropie par des approches micromécaniques classiques a été établie.

L'utilisation d'un protocole de caractérisation rapide basé sur les essais d'auto-échauffement a ensuite permis de prédire la courbe d'endurance en fatigue en une demi-journée d'essais.

## THÈSES DÉBUTÉES EN 2017

- Caractérisation rapide des propriétés en fatigue des assemblages soudés : effets des traitements de parachèvement (thèse CIFRE avec Naval Group)
- Caractérisation rapide des propriétés à la fatigue des alliages métalliques pour turboréacteurs à haute température à partir de mesures thermométriques (thèse CIFRE avec Safran Aircraft Engines)
- Caractérisation et modélisation du comportement mécanique à long terme de câbles d'ancrage en polyamide pour éoliennes flottantes (Thèse France Energies Marines)
- Détermination de la durée de vie en fatigue LCF (fatigue à faible nombre de cycles) des instruments endodontiques en alliage à mémoire de forme (thèse CIFRE en partenariat avec Micro-Méga)
- Investigation thermomécanique pour le dimensionnement en fatigue et sous impact de pièces butées en mousse polyuréthane (thèse CIFRE en partenariat avec Vibracoustic)

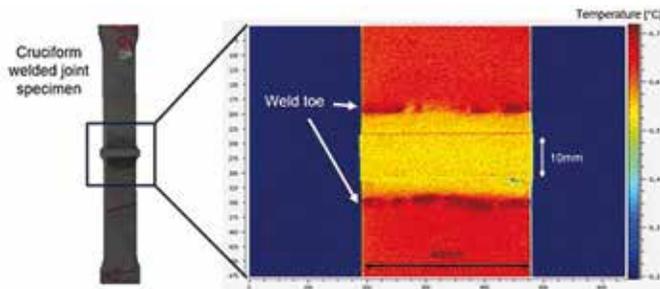
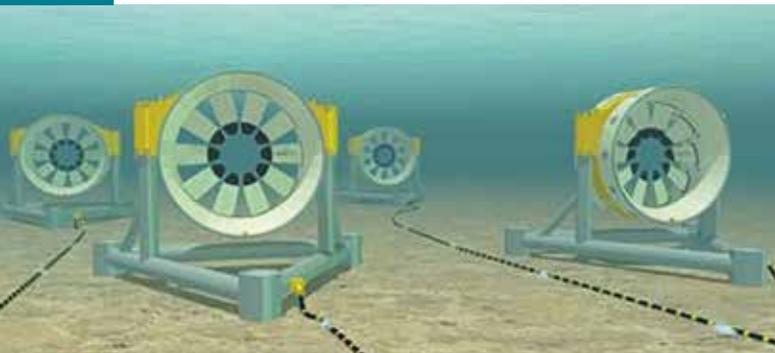
CONTACT Sylvain CALLOCH  
sylvain.calloch@ensta-bretagne.fr  
Tél. : +33 (0)2 98 34 87 23

## ► PTR5 - COMPORTEMENT ET DURABILITE DES MATERIAUX

Durabilité • Fatigue • Génie civil • Modélisation • Matériaux • Structures

- Comportement non linéaire des matériaux hétérogènes.
- Fatigue et durabilité des matériaux et des structures.

# " Laboratoire commun Gustave Zédé (Naval Group, ENSTA Bretagne)



Après deux années d'existence, les équipes sont pleinement satisfaites de l'organisation et du projet scientifique du laboratoire commun, créé fin 2015. Il permet le développement de projets de R&D et un réel transfert de savoir-faire entre l'ENSTA Bretagne et Naval Group.

Au sein du « labcom » Gustave Zédé et en lien étroit avec le projet scientifique de l'Institut de recherche Dupuy de Lôme, les équipes ENSTA Bretagne et Naval Group mènent une recherche expérimentale et de modélisation sur des problématiques liées à la résistance et la durabilité des matériaux utilisés en conception navale, notamment dans le naval militaire.

Ce dispositif conjoint de R&D permet de développer des outils innovants d'aide au dimensionnement des structures navales sous sollicitations extrêmes.

Les études s'intéressent à 3 thèmes scientifiques principaux :

- ▶ **Caractérisation rapide des propriétés en fatigue des matériaux**
- ▶ **Caractérisation rapide des propriétés en fatigue des assemblages**
- ▶ **Nouveaux procédés de fabrication et tenue en fatigue**

## Faits marquants 2017

- Suite au transfert de savoir-faire organisé en 2016 et à l'appropriation par Naval Group Research (au Centre d'Expertise des Structures et Matériaux Navals) de la technique d'auto-échauffement pour la caractérisation rapide des propriétés en fatigue des matériaux, différents autres projets ont été initiés en 2017 sur ce premier thème :

- ▶ **Influence de la mise en forme de coque de sous-marin**

- ▶ **Comportement cyclique de l'acier inoxydable 304L**

- La caractérisation rapide par auto-échauffement porte sur différents types de matériaux, métalliques et non métalliques, notamment composites, et va s'étendre dans le domaine des matériaux élastomères.

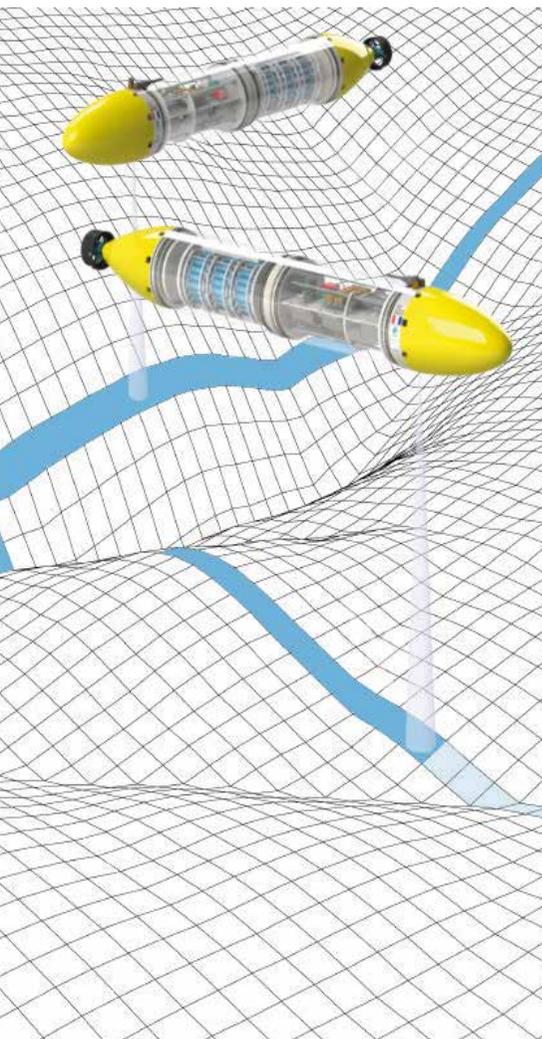
- L'équipe participe depuis 2016 au programme INDUSCOL, lauréat du programme des Investissements d'Avenir visant à développer les énergies marines renouvelables (EMR). Financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et porté par France Energies Marines (FEM) pour 4 ans, ce projet vise la prédiction de la durabilité des assemblages collés multi-matériaux utilisés dans les structures des systèmes EMR.

## Exemples de projets débutés en 2017

- **Projet européen H2020 RAMSSES** : l'équipe est en charge des lots qui concernent la durabilité des liaisons entre un module composite et une structure métallique et la mise en place d'une chaîne de calcul d'aide au dimensionnement à la fatigue à grand nombre de cycles de propulseurs en Cupro-Aluminium obtenus par fabrication additive (avec la mise en place d'essais de validation à grande échelle).
- **Caractérisation rapide de la tenue en fatigue des assemblages soudés** (thèse CIFRE)
- **Évolution des contraintes résiduelles de joints soudés sollicités en fatigue** (projet étudiant co-encadré)
- **Thèse sur la fabrication additive et durabilité en fatigue** (projet DGA)

# " Laboratoire Lab-STICC

Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information,  
de la Communication et de la Connaissance



600  
membres

dont  
250  
doctorants

environ  
450  
publications / an

ENSTA Bretagne  
est le 3<sup>e</sup>  
contributeur  
du laboratoire

## Du capteur à la connaissance : communiquer et décider

Créé en 2008, le Lab-Sticc fédère le CNRS et les équipes de recherche en sciences et technologies de l'information de trois écoles d'ingénieurs et deux universités : IMT Atlantique, ENSTA Bretagne, ENIB, UBO et UBS. **ENSTA Bretagne est le 3<sup>e</sup> contributeur du Lab-STICC et est passée de partenaire à tutelle du laboratoire en 2017**

### Activité Lab-STICC / site ENSTA Bretagne en 2017

► 100  
PUBLICATIONS

► 49  
THÈSES ENCADRÉES

► 2,8 M€  
DE CONTRATS NOTIFIÉS

► 12  
THÈSES DÉBUTÉES

**Le Lab-STICC est organisé en 3 pôles scientifiques, auxquels contribue ENSTA Bretagne :**

- MOM : Microondes, Optoélectronique et Matériaux
- CACS : Communications, Architectures, Circuits et Systèmes
- CID : Connaissance, Information, Décision

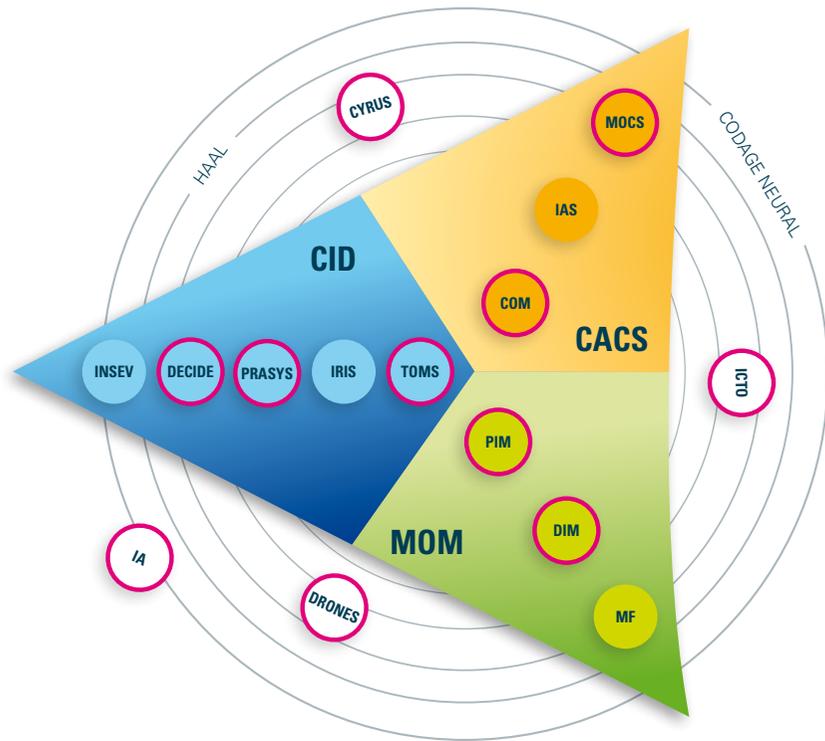
**Les domaines transverses correspondent aux défis sociétaux auxquels le Lab-STICC répond en partenariat avec les entreprises, dans un souci de recherche appliquée. ENSTA Bretagne contribue dans 4 domaines :**

- CYRUS : cybersécurité, nature du cyber-environnement et systèmes de protection.
- DRONES : interactions robot-humain, robot-robot et robot-environnement.
- ICTO : STIC et Mer
- IA : nouveaux modes de représentation et de traitement de l'information par l'intelligence artificielle

**Évalué en janvier 2016, l'HCERES<sup>1</sup> a apprécié :**

- les recherches d'excellence, comme par exemple en télécommunications et activités STIC en relation avec la mer ;
- l'excellente production des équipes ;
- la forte interaction du Lab-STICC avec son environnement socio-économique ;
- la nouvelle équipe « PRASYS », initiée par l'ENSTA Bretagne : « la bonne complémentarité entre les TIC et la robotique est un point fort de la future équipe, encore renforcé par le contexte maritime, objet déjà de travaux consistants. »

(1) HCERES : Haut Conseil de l'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur.



### LES ÉQUIPES ENSTA BRETAGNE

Couvrent **les 3 pôles** scientifiques du Lab-STICC

Contribuent à **7 des 11 équipes** scientifiques

En **forte interaction** avec son environnement socio-économique

### LES PRINCIPALES ÉQUIPES SCIENTIFIQUES AUXQUELLES CONTRIBUE ENSTA BRETAGNE

#### AU SEIN DU PÔLE CID (CONNAISSANCE, INFORMATION, DÉCISION) :

**TOMS** : Traitements, Observations et Méthodes Statistiques (cf. page 34)

**PRASYS** : Perception, Robotics, Autonomous SYStems (cf. page 35)

#### AU SEIN DU PÔLE MOM (MICROONDES, OPTOÉLECTRONIQUE ET MATÉRIAUX) :

**PIM** : Propagation et Interactions Multi-échelle (cf. page 36)

#### AU SEIN DU PÔLE CACS (COMMUNICATIONS, ARCHITECTURES, CIRCUITS ET SYSTÈMES) :

**MOCS** : Methods, Tools for design of Architecture and Circuits (cf. page 37)

## FAITS MARQUANTS 2017

- Lancement du programme SAMM : Systèmes Autonomes en Milieu Marin (thèses et missions de post-doc, avec la région Bretagne).
- Acquisition de nouveaux moyens expérimentaux en cybersécurité, robotique marine et observatoires marins innovants (dans le cadre du Contrat de Plan Etat Région, cf. page 19).
- Lancement de la nouvelle équipe sur les systèmes autonomes et de perception, dénommée PRASYS (cf. page 35).
- Présentation au salon du Bourget des activités sur les antennes innovantes, testées dans la chambre anéchoïde de l'ENSTA Bretagne (cf. LATERAL ci-dessous).

## Chaires industrielles et laboratoires communs

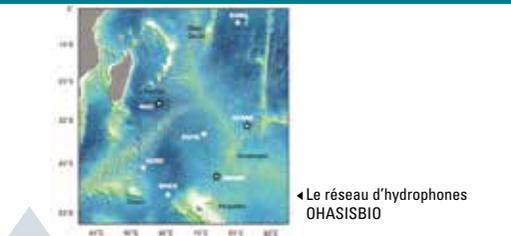
- SPARTE avec IXBLUE, pour « Signal Processing and Acoustic Resarch Team » s'appuie sur plusieurs années de collaboration entre IXBLUE et ENSTA Bretagne. Les travaux portent sur l'acoustique sous-marine et les traitements associés, les systèmes de positionnement acoustique et les systèmes combinant l'imagerie et les moyens de positionnement et d'orientation.
- WAVES avec THALES : améliorer les performances des réseaux de capteurs, distribués et autonomes, pour la détection et l'identification automatique en environnement marin. Le développement des technologies robotiques fiables et sécurisés constitue un axe majeur.
- LATERAL avec THALES : nouvelles technologies additives pour les dispositifs hyperfréquences, notamment autour de la mise en forme 3D de matériaux thermo-plastiques et composites et de la métallisation sélective 3D et de la caractérisation de matériaux.

CONTACT

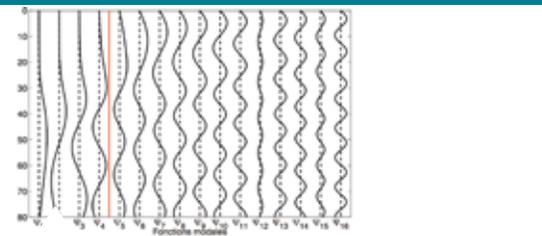
Benoît CLÉMENT  
Enseignant chercheur  
Responsable Lab-STICC site ENSTA Bretagne  
benoit.clement@ensta-bretagne.fr  
Tél. : +33 (0)2 98 34 89 70



Éléphant de mer Austral instrumenté pour le monitoring océanique (photo J. Jouma'a, CEBC)



Le réseau d'hydrophones OHASISBIO



Fonctions modales à 250 Hz. La ligne rouge indique la séparation entre modes piégés (à gauche) et modes libres (à droite).



Le glider SEA EXPLORER déployé du 1er au 11 mai 2017 au sud de Madagascar, pour enregistrer en continu les signatures vocales des baleines (programme « Glider & Wales » financé par la fondation TOTAL).

Julien BONNEL

## TRAITEMENT DU SIGNAL ET ACOUSTIQUE PASSIVE POUR L'OBSERVATION DES OCÉANS :

de la lutte sous-marine à l'écologie  
■ **Habilitation à Diriger des Recherches**  
■ **le 12/06/2017**

Cette présentation fut l'occasion de revenir sur ses activités de recherche menées depuis sept ans à l'ENSTA Bretagne et au Lab-STICC. Ces activités sont caractérisées par une approche interdisciplinaire, à l'interface entre les STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication) et les Sciences de la Mer, et visent à développer ou exploiter des méthodes innovantes de traitement du signal pour répondre à des problématiques environnementales (compréhension des océans) et stratégiques (notamment liées à la défense) du milieu marin, en particulier en utilisant l'acoustique.

Dans ce contexte, deux grands axes se dégagent : l'étude et l'utilisation des ondes ultra basse fréquence, et le monitoring océanique par acoustique passive.

► J. Bonnel réalise depuis une mobilité internationale, en qualité de chercheur associé à la Woods Hole Oceanographic Institution (Boston, USA)

Emmanuelle LEROY

## SURVEILLANCE ACOUSTIQUE DES BALEINES BLEUES ANTARCTIQUE dans l'océan indien austral

■ **soutenue le 25/09/2017**  
■ **bourse ARED**

L'état des populations de baleines bleues Antarctique reste encore mal connu. Alternative aux observations visuelles, l'acoustique passive est un vecteur d'analyse d'intérêt pour étudier cette espèce vocalement très active.

Cette thèse porte sur l'analyse de 7 ans de surveillance acoustique passive par le **réseau d'hydrophones OHASISBIO (photo)** dans l'océan Indien austral, région d'habitat et de migration importante pour ce mammifère.

L'application d'un algorithme de détection automatique sur ces bases de données a permis d'établir les patrons géographiques et saisonniers de présence de l'espèce au sein du réseau. Des variations intra- et inter-annuelles de leur fréquence ont également pu être mises en évidence. En outre, d'autres espèces présentes dans le réseau ont pu être détectées et deux vocalisations, jusqu'alors non décrites, ont pu être identifiées

Ewen CONAN

## DISCRIMINATION EN IMMERSION DE SOURCES ULTRA BASSE FRÉQUENCE

■ **soutenue le 26/09/2017**  
■ **contrat LMA-CNRS**

Cette thèse s'intéresse à la discrimination en immersion d'une source acoustique sous-marine monochromatique ultra basse fréquence à l'aide d'une antenne horizontale d'hydrophones.

La discrimination en immersion consiste à déterminer si un signal reçu a été émis à proximité de la surface ou par une source immergée. Cette problématique est d'intérêt pour la lutte sous-marine (bâtiments de surface et sous-marins) ou la biologie marine (espèces vocalement actives à la surface et en profondeur).

En ultra basse fréquence, le champ acoustique peut être décomposé en modes dont certains sont peu excités par les sources de surface. La thèse se propose ainsi d'exploiter la valeur estimée du taux d'énergie piégée, i.e. la proportion de l'énergie acoustique qui est portée par les modes piégés, pour discriminer les sources en immersion des sources de surface

## ACTIVITÉS DÉBUTÉES EN 2017

### PROJETS

- Contrats avec DGA MRIS : Extraction et interprétation d'informations structurées par apprentissage profond dans un contexte sous-marin ; Traitements correctifs des effets de décohérence acoustique induits par les fluctuations du milieu de propagation ; Monitoring environnemental par acoustique passive sur porteur mobile d'opportunité.
- Projet DGA ASTRID Deep Detect : détection et reconnaissance d'objets multiples sur fonds variables par apprentissage profond, à partir d'imagerie satellitaire et infra-rouge
- ANR OrcaDepred : évaluation des conséquences socio-économiques et écosystémiques de la déprédation des cétacés sur les palangres pélagiques et démersales

### THÈSES

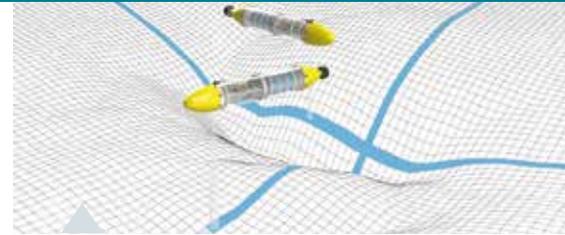
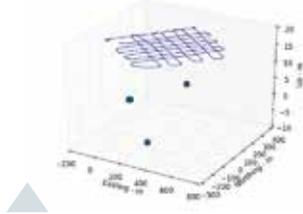
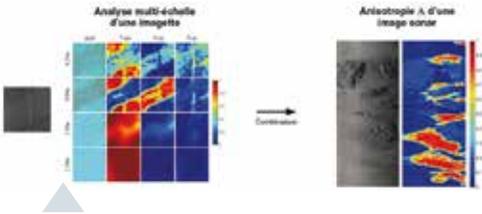
- Reconnaissance et identification de cibles dans des images infrarouge par apprentissage profond (CIFRE MBDA)
- Estimation de modes de propagation en milieu océanique petit fond à partir d'une antenne linéaire tractée (DGA/ONRG)
- Traitement et analyse de signaux bioacoustiques dans l'océan indien austral (ARED)

CONTACT Contact TOMS :  
Angélique DREMEAU  
Angelique.dremeau@ensta-bretagne.fr

## ÉQUIPE TOMS

TRAITEMENTS, OBSERVATIONS ET MÉTHODES STATISTIQUES

- Développement de méthodes d'estimation, de détection et de représentation des signaux
- pour le monitoring de l'environnement sous-marin : localisation de sources acoustiques, caractérisation du milieu marin, de la nature et de l'évolution des fonds, détection et reconnaissance d'objets...
- et pour la télédétection spatiale et aéroportée : estimation spatio-temporelle de champs géophysiques et de dynamiques écologiques, détection et surveillance d'objets (navires...)



PRASYS-CHIMAERA

Laurent PICARD

## PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN en reconnaissance automatique de cibles sous-marines

- soutenue le 18/05/2017
- Partenaire : DGA

Depuis une dizaine d'années, l'émergence des drones sous-marins équipés de capteurs acoustiques de plus en plus résolus bouscule l'exploration de l'environnement marin et la chasse aux mines. L'approche historique de la reconnaissance automatique de cibles est mise en défaut sur des fonds marins décrits de plus en plus finement.

Cette thèse visait à qualifier l'environnement proche de la cible et à intégrer cette information dans le processus de reconnaissance. Des outils mathématiques ont permis de décrire une image sonar latéral sous la forme de cartes d'homogénéité, d'anisotropie et de complexité des fonds marins. Ces cartes (voir figure) sont complémentaires et offrent des dynamiques facilement interprétables. Ces informations peuvent être une aide aux opérateurs mais aussi, favoriser l'autonomie des drones, en détection et reconnaissance d'objets ou replanification de mission.

Jérémy NICOLAS

## LOCALISATION ROBUSTE, PRÉCISE ET FIABLE D'UN ROBOT SOUS-MARIN

- soutenue le 18/09/2017
- CIFRE IXBLUE (labcom SPARTE)

Cette thèse s'intéresse à la localisation et la cartographie en simultané (SLAM : simultaneous localization and mapping) d'un robot sous-marin et d'un ensemble de balises disposées sur le fond marin, à l'aide d'un distance-mètre et d'une centrale inertielle de haute précision.

Deux approches utilisées classiquement pour résoudre ce type de problème ont été combinées pour obtenir un algorithme de SLAM fiable, précis et robuste : le filtrage de Kalman (approche probabiliste) et le filtrage ensembliste par intervalles (approche développée par l'équipe pour l'autonomie des robots sous-marins).

Par un raisonnement géométrique, on est parvenu à exprimer la partie des équations du filtre de Kalman liée à la dynamique du véhicule dans un cadre ensembliste. De la même manière, un traitement plus rigoureux et précis des incertitudes a été proposé pour la partie du filtre de Kalman liée aux mesures de distance.

Simon ROHOU

## LOCALISATION FIABLE DE ROBOTS SOUS-MARINS : approche de programmation par contraintes sur des systèmes dynamiques

- soutenue le 11/12/2017
- DGA, université de Sheffield

La localisation de robots sous-marins demeure une tâche complexe : la géolocalisation par satellites est impossible, les approches inertielles sont limitées par leur forte dérive dans le temps, de plus, les fonds marins sont peu homogènes et non structurés, rendant difficile l'utilisation de méthodes SLAM connues, qui couplent en simultané la localisation et la cartographie. L'équipe étudie donc de nouvelles alternatives.

Le problème de SLAM est ici traité de manière purement temporelle. Le temps devient une variable classique qu'il faut estimer par le développement d'un ensemble d'outils théoriques. Une nouvelle démarche a été proposée dans les domaines de la propagation de contraintes et des méthodes ensemblistes, dont les applications dépassent la robotique mobile, soulevant de nouvelles opportunités dans le domaine de l'estimation d'état.

## ACTIVITÉS DÉBUTÉES EN 2017

### PROJETS

- DGA Rapid CHIMAERA (avec OXXIUS, Thales, IMT Atlantique) : lasers, détection et évitement de filets, communications sous-marines
- pour le SHOM : connaissance des courants de surface par radar HF
- contrats avec DGA MRIS : sureté de fonctionnement des systèmes robotiques complexes ; extraction et interprétation d'informations structurées par apprentissage profond dans un contexte sous marin
- projet ANR DIP-NAWDEX : Processus diabatiques pendant la campagne NAWDEX (avec ENS Paris, CNRS Midi Pyrénées, CNRS Ile de France Ouest et Nord, Université de Toulouse, Université Clermont Auvergne)

### THÈSES

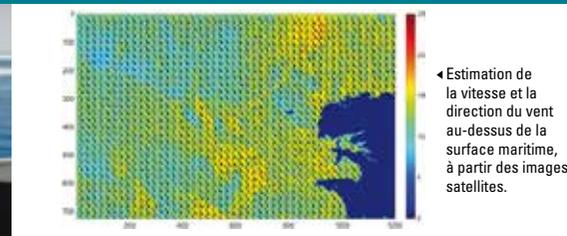
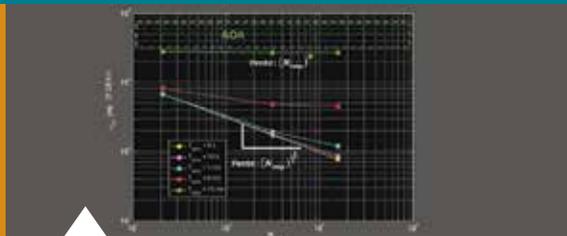
- Commande robuste avec prise en compte des incertitudes de modélisation (DGA, ARED SAMM)
- Sécuriser une zone à l'aide de robots (DGA, ENSTA Paristech)
- Amarrage collaboratif automatique et sécurisé d'un robot sur une plateforme mobile (CIFRE ANRT)
- Asservissement d'essaim de drones maritimes (CIFRE ANRT)

## ÉQUIPE PRASYS

PERCEPTION, ROBOTICS, AUTONOMOUS SYSTEMS

- Développement d'algorithmes pour les robots autonomes mobiles de perception de l'environnement physique, en particulier marin.
- Étude des mécanismes action-perception des robots mobiles autonomes

CONTACT Contact PRASYS :  
Isabelle QUIDU  
isabelle.quidu@ensta-bretagne.fr



Estimation de la vitesse et la direction du vent au-dessus de la surface maritime, à partir des images satellites.

Romain GIACOMETTI

## DÉTECTION ET LOCALISATION DES SIGNAUX RADAR (systèmes passifs ou discrets).

- soutenue le 25/10/2017
- CIFRE Thales

L'objectif des travaux réalisés était de développer de nouvelles solutions pour détecter et localiser des sources électromagnétiques radar au niveau d'une unique station de réception, en exploitant les signaux directs et indirects reçus.

Contrairement aux méthodes classiques, utilisant principalement des réflexions spéculaires, la méthode de localisation proposée a l'avantage de n'employer qu'un récepteur fixe mesurant seulement deux types de grandeurs : les angles d'arrivée (AOA) et les différences de temps d'arrivée (TDOA). En pratique, un problème d'affectation doit être résolu avant de procéder à la localisation des émetteurs et des réflecteurs. Le problème consiste à affecter chaque paire de mesures TDOA-AOA à un réflecteur donné, en supposant que chaque paire a déjà été affectée à un émetteur. La méthode que nous avons développée a été testée et évaluée.

Hugo SEUTE

## LOCALISATION PASSIVE D'EMETTEURS RADAR PAR MESURES DE TDOA (temps différentiel d'arrivée)

- soutenue le 24/04/2017
- CIFRE Thales

Quel que soit le théâtre d'opérations, la connaissance de la position géographique des émetteurs Radar est une préoccupation majeure en guerre électronique : elle permet de décrire la situation tactique du terrain afin de mener les actions adéquates. Les techniques traditionnelles de localisation passive ont leurs limites. La localisation par TDOA (Time Difference Of Arrival : temps différentiel d'arrivée) accroît les performances. La chaîne complète du traitement de l'information, du signal émis au calcul de la position de la source, a été étudiée afin d'identifier les points durs et d'y apporter des solutions opérationnelles, en particulier sur les éléments qui influencent les performances finales de la localisation de la cible : le récepteur ESM (Electronic Support Measure), les méthodes d'estimation du TDOA, le dispositif de synchronisation des bases de temps ainsi que les algorithmes de localisation

FOCUS

## PROJET E-PANEMA RETENU EN INVESTISSEMENT D'AVENIR « NAVIRES DU FUTUR »

- 2017 - 2021
- Financé par l'ADEME

Objectif : Etudier et maquetter les briques technologiques innovantes pour accroître la sécurité et l'efficacité de navigation des navires civils.

Partenaires : ENSTA Bretagne/Lab-STICC, ENSM, SAFRAN, DIADES MARINE

Axes d'étude portés par ENSTA Bretagne :

- Caractériser et étudier l'environnement maritime à distance à l'aide de moyens électromagnétiques.
- Améliorer la robustesse du positionnement de cibles coopérantes ou non
- Détecter et suivre des cibles de faibles SER ? avec prise en compte des phénomènes physiques et de la nature de capteurs considérés
- Différentes possibilités de fusion des informations fournies par les différents capteurs présents sur les navires

## ACTIVITÉS DÉBUTÉES EN 2017

### PROJETS

- Projet de recherche OMAM : « Observation Multicapteur et caractérisation de la surface Maritime » (DGA-EGS-MRIS).
- Projet de recherche e-PANEMA (lire ci-contre)

### THÈSES

- Détection des émissions radars de faible probabilité de détection (CIFRE Thales)
- Hybridation multi-sources pour améliorer les fonctions de détection, pistage, localisation et positionnement dans des environnements difficiles (cf. projet e-PANEMA)
- Caractérisation des échos radar rétrodiffusés par la surface de mer (seule ou polluée), en particulier via des images SAR (issues de radars à synthèse d'ouverture).

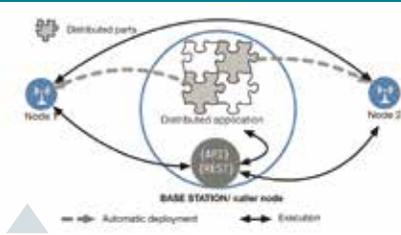
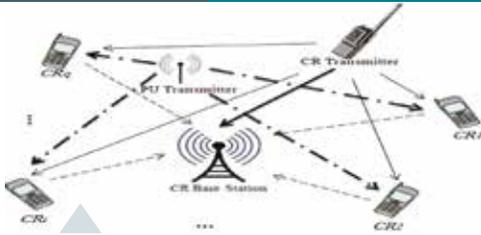
## ÉQUIPE PIM

PROPAGATION ET INTERACTIONS MULTI-ÉCHELLE

- Développer et améliorer des outils de modélisation et d'optimisation pour l'aide à la représentation et compréhension de phénomènes issus de l'interaction des ondes électromagnétiques avec l'environnement.
- Ces phénomènes sont observés à différentes échelles, du matériau au système.

CONTACT

Contact PIM : Ali KHENCHAF  
ali.khenchaf@ensta-bretagne.fr



**Abbass NASSER**

## ALLOCATION DYNAMIQUE DES BANDES-FRÉQUENTIELLES EN RADIO COGNITIVE

■ soutenue le 17/01/2017

■ avec American University of Culture and Education (AUCE), Beirut, Liban

La radio cognitive a été inventée pour répondre à la rareté dans les bandes de fréquences, en partageant le spectre entre les utilisateurs primaires (PU) qui ont les droits légaux et les utilisateurs secondaires (SU). En radio cognitive, plusieurs parties doivent coopérer pour une performance robuste et efficace.

La partie Spectrum Sensing informe sur les bandes de fréquences inutilisées. Les avancées récentes dans l'annulation d'interférences permettent à la radio cognitive d'être en duplex total, ce qui signifie que la transmission par les utilisateurs secondaires reste active pendant la période de détection de spectre.

Par ce travail, nous avons développé un nouvel algorithme basé sur la densité spectrale de puissance. Nous avons aussi modifié un algorithme basé sur les statistiques cycliques pour être utilisé dans un système mono ou multi antennes.

**Xuan Sang LE**

## ACCÉLÉRATION DE L'ACTIVITÉ DES ROBOTS GRÂCE À LA TECHNIQUE FPGA

■ soutenue le 31/05/2017

■ Avec la région Bretagne, Mines de Douai

L'informatique en nuage (Cloud Computing) est le principal modèle de calcul pour l'internet des objets (Internet of Things). Toutes les données des capteurs y sont stockées et traitées de façon centralisée. Cela offre de nombreux avantages, mais limite l'évolutivité du système alors que la nature et la volumétrie des données, elles, évoluent rapidement. Ces travaux apportent une méthodologie et un environnement de conception pour un système alternatif, dans lequel le calcul est distribué en périphérie (Edge Computing). On considère des capteurs dotés de plus de puissance de calcul car munis de processeurs et d'accélérateurs matériels. L'objectif est d'en simplifier la manipulation en utilisant un intergiciel spécifique qui masque la nature hétérogène des noeuds de capteurs, et permet de déployer des traitements sur le système dans son ensemble.

**Ammad uddin MOHAMMAD**

## UTILISATION DES DRONES POUR UNE AGRICULTURE INTELLIGENTE

■ soutenue le 19/12/2017

■ avec Sensor Networks & Cellular Systems (SNCS), Tabuk, KSA

L'Arabie Saoudite (KSA) dépense 24 milliards/an pour importer des produits alimentaires. L'obstacle majeur aux cultures est la rareté de l'eau. Nous avons lancé un projet avec la collaboration du KACST et de l'Université de Tabuk pour moderniser leur secteur agroalimentaire. Ce projet vise à développer un système de surveillance pour optimiser les ressources. Le système utilise l'IoT (Internet of Things : internet des objets) et les drones. L'étude se concentre sur deux dimensions : la collecte de données à partir du champ de culture en utilisant des capteurs hétérogènes et le rassemblement et la localisation de ces capteurs pour la collecte de données. Nous avons proposé des algorithmes de groupement de capteurs en fonction du trajet du drone et d'autres facteurs. L'hétérogénéité des capteurs, les conditions météorologiques difficiles, la fluctuation des noeuds des capteurs, le coût des dispositifs IoT sont abordés dans cette recherche.

## ACTIVITÉS DÉBUTÉES EN 2017

### PROJETS

- Projet DGA RAPID EASE4SE (avec Sodius) : modélisation et simulation de systèmes de systèmes ; modèles NAF ; fédération de modèles et simulation de comportement.
- Projet DGA RAPID VeriMoB (avec PragmaDev) : techniques de vérification pour les systèmes de systèmes ; mise au point de l'aspect dynamique dans les systèmes NAF ; analyse de sûreté de modèles BPMN.

### THÈSES

- Diagnostique et exécution matérielle de modèles pour la conception et le déploiement de l'internet des objets (CIFRE ANRT avec Davidson Consulting et ESEO).
- Obfuscation de code pour la protection de la propriété intellectuelle : cas de l'EDA en mode SaaS (ARED Bretagne)
- Simulation de la surface d'attaque et les impacts sur le comportement des attaquants et défenseurs (PEC, DGA).
- Exécution sécurisée des accélérateurs matériels exposés à des attaques « jour-zéro » (ARED Bretagne)

CONTACT

Contact MOCS :  
Ciprian TEODOROV  
Ciprian.teodorov@ensta-bretagne.fr

## ÉQUIPE MOCS

METHODS, TOOLS FOR DESIGN OF ARCHITECTURES AND CIRCUITS

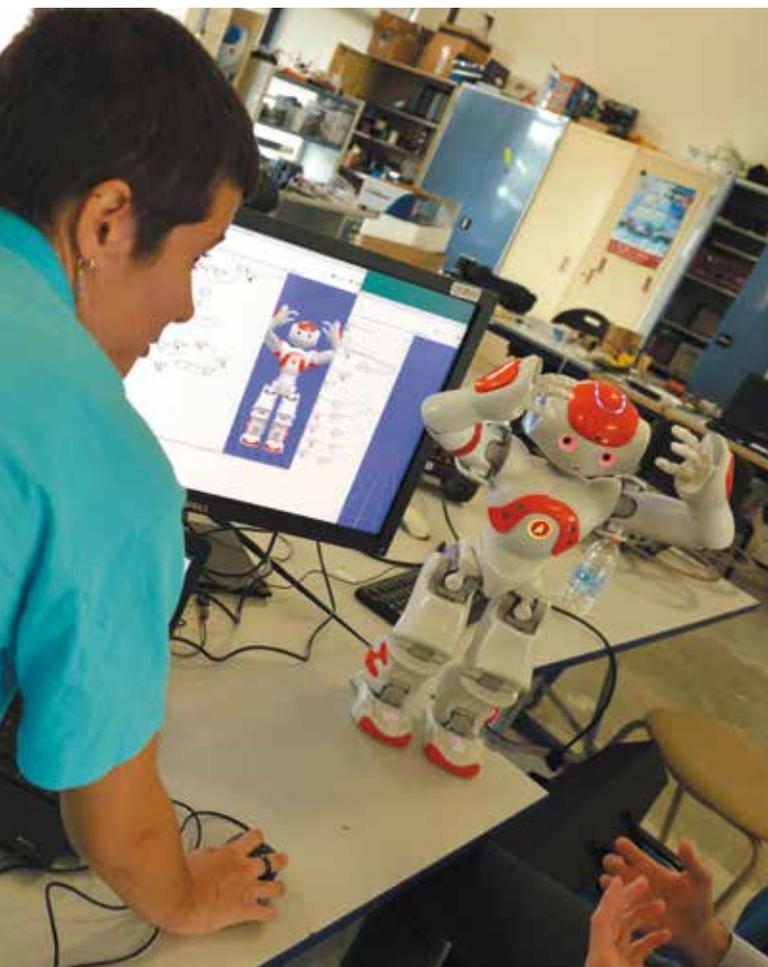
- Génie logiciel pour l'embarqué critique à des fins de cyber-sécurité, sûreté, intégrité et modélisation des systèmes.
- Axes de recherche : ingénierie système dirigée par les modèles (MBSE), vérification formelle et cibles d'exécution.

# " CRF : Centre de Recherche sur la Formation

crf

Centre de Recherche sur la formation

EA 1410  
crf.cnam.fr



70  
membres  
et doctorants

10  
dont  
chercheurs  
ENSTA Bretagne

9  
dont  
doctorants  
encadrés par  
ENSTA Bretagne

## Formation des adultes et professionnalisation

Le CRF est un centre de recherche labellisé EA1410, commun au CNAM Paris, à l'Université d'Evry-Val-d'Essonne, à l'UPMC et à l'ENSTA Bretagne. Il occupe un positionnement scientifique original sur les questions de formation des adultes, de formation professionnelle et de développement professionnel.

## Interroger le métier d'ingénieur et sa formation

Au sein de l'ENSTA Bretagne, les activités de recherche sont centrées sur la formation des ingénieurs et son adéquation avec les pratiques professionnelles ; elles étudient les liens entre le social et la technique, avec une approche pluridisciplinaire mêlant sciences de l'éducation, sociologie, gestion et économie.

À ce titre, l'école anime et coordonne l'un des 4 thèmes de recherche du CRF, intitulé « Organisation et Formation ».

**CONTACT** Denis Lemaître  
Enseignant chercheur, responsable du pôle SHS  
denis.lemaître@ensta-bretagne.fr  
Tél. : +33 (0)2 98 34 88 65



# Thèse et projets internationaux



European Journal  
of Engineering  
Education

SEFI



Edwige Bombaron-Sabbagh

## DISCOURS SUR L'ÉCRITURE COMME RÉVÉLATEUR DE TRANSFORMATIONS IDENTITAIRES : CAS DE RÉDACTION DU MÉMOIRE EN FORMATION D'INGÉNIEURS AU CNAM

■ soutenue le 21/12/2017

Cette thèse met en lumière une population peu étudiée et pourtant emblématique du modèle français, celle des ingénieurs formés par le Cnam. Elle montre en quoi la rédaction du mémoire de fin d'études constitue, pour les techniciens en activité devenant ingénieurs, une épreuve tout à la fois académique et personnelle, leur permettant de se transformer professionnellement.

Réflexions et études internationales sur les cursus de formation d'ingénieurs

## LE PROJET RIIME

Recherche sur les Ingénieurs et la formation à l'Innovation au Maghreb face aux enjeux Environnementaux

Il associe des chercheurs de l'ENSTA Bretagne, du CREAD Alger- ENSM, de l'ENSEM Casablanca, de l'université de Sfax et de l'ENI Sfax, aux côtés desquels contribue un groupe de 5 experts venus du monde industriel et socio-économique.

L'objectif est d'améliorer la contribution des formations scientifiques et techniques à la formation d'« innovateurs » responsables, conscients des grands enjeux contemporains. Ces innovateurs doivent développer des produits, des systèmes, des services à destination de l'industrie mais aussi de la société dans son ensemble en apportant des changements sociaux positifs. Cela implique de repenser le rôle des ingénieurs dans un écosystème très large et d'apporter des améliorations à leur formation pour qu'ils soient plus sensibles aux besoins de la société, à ses usages, ses attentes et ses défis. Dans les formations d'ingénieurs au Maghreb, les sciences humaines et sociales, par exemple, sont peu développées. Elles constituent pourtant un formidable réservoir de ressources pour former des ingénieurs, par la réflexivité, les connaissances et la sensibilité qu'elles apportent.

## RÉALISATION D'UN NUMÉRO SPÉCIAL DE LA REVUE EUROPEAN JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION,

intitulé « European Models of Engineering Education : Evolution and challenges », sous la direction de Linda Gardelle.

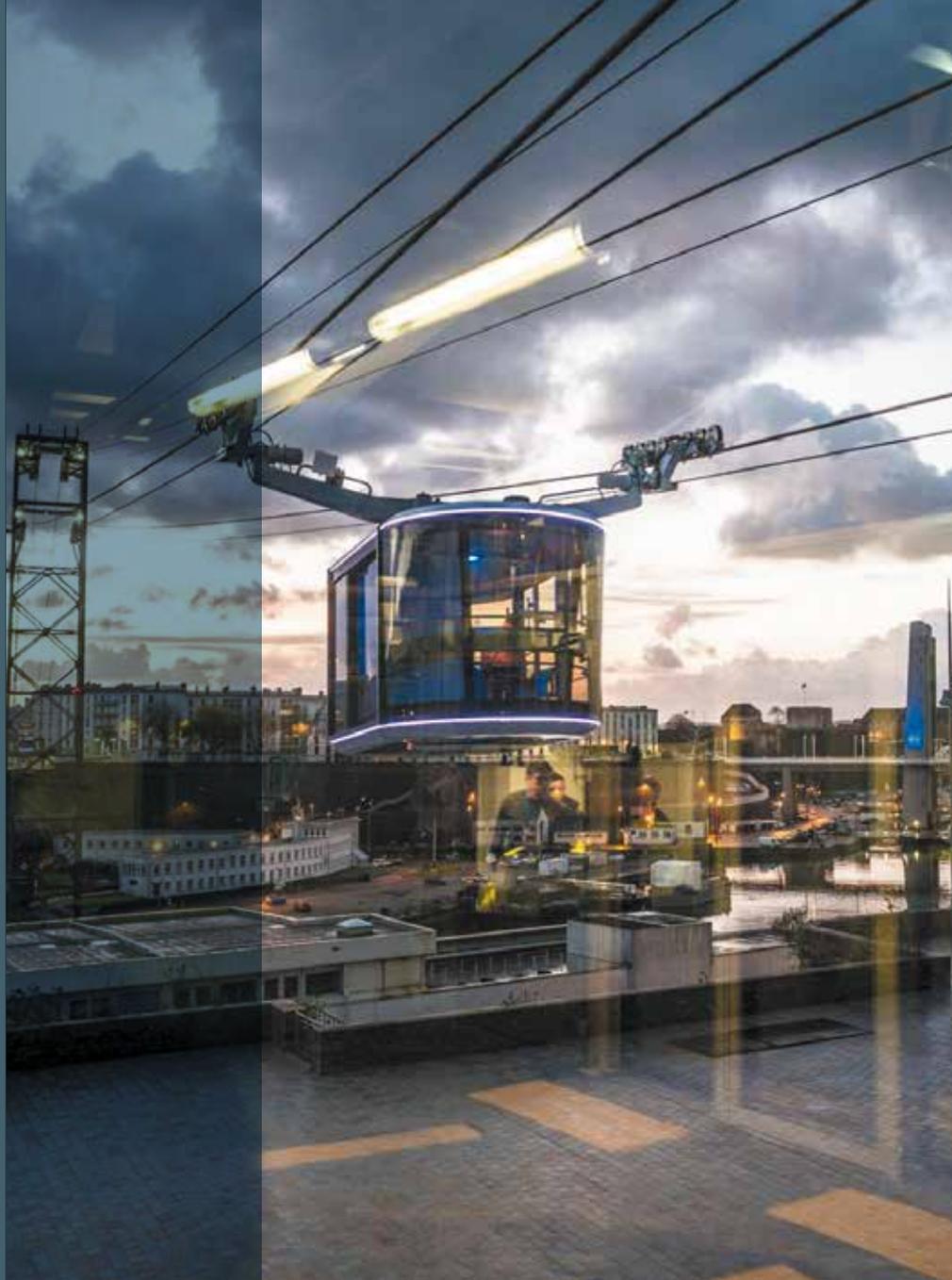
L'équipe s'affirme comme une équipe spécialisée sur les questions de formation des ingénieurs à l'international, depuis les politiques nationales jusqu'aux pratiques pédagogiques de terrain. Elle a produit des publications de référence valorisant ses recherches récentes, dont ce numéro spécial.

## « BEST PAPER AWARD 2017 »

Un article sur l'entrepreneuriat social récompensé à la conférence européenne EDINEB

Fin mai 2017, à Utrecht aux Pays-Bas, Christiane Gillet et Klara Kovesi ont participé à la 24ème conférence Educational Innovation in Economics and Business, le plus grand réseau européen d'enseignants chercheurs dans le domaine de l'éducation en management et gestion. Les deux enseignantes chercheuses ont présenté un article sur le développement récent de l'entrepreneuriat social à l'ENSTA Bretagne. Elles ont mis en évidence les impacts positifs de ces initiatives d'ingénieurs qui lient développement économique et finalité sociale. Leur communication a suscité beaucoup d'intérêt de la part de leurs collègues européens. Le comité scientifique de la conférence leur a attribué le « Best Paper Award 2017 » (le prix du meilleur papier 2017).

Le Centre de recherche sur la formation a été évalué fin 2017 par le HCERES, au titre de son projet quinquennal. Le bilan et le projet ont été appréciés de manière positive. Un enjeu important est la création d'une UMR entre le Cnam Paris, l'ENSTA Bretagne et une équipe d'Agro-Sup Dijon, devant fonctionner à partir de janvier 2019. L'ambition est de constituer une grande équipe dédiée aux questions de la formation professionnelle et de la formation tout au long de la vie, avec une expertise spécifique sur la formation des ingénieurs.



ENSTA Bretagne, service communication - Avril 2018 - photos : ENSTA Bretagne, Julien Dgor / studio Lambé, ou crédits mentionnés sur les photos. Photos dernière page : Téléphérique, brest, © Franck Bertermin  
Port de brest vue du ciel, © Frédéric le Mouillour - Création : Alexis Chenaal - impression : CALLIGRAPHY - Dans le cadre de notre démarche développement durable, ce document est imprimé sur du papier PEFC.

Contacts

Partenariats

Hélène Guillamot  
Directrice des relations extérieures  
+33 (0)2.98.34.88.35  
dre@ensta-bretagne.fr

Informations

Ingrid Le Toutouze  
Responsable communication  
Tél. +33 (0)2.98.34.88.51  
com@ensta-bretagne.fr

2, RUE FRANÇOIS VERNY, 29806 BREST CEDEX 9

WWW.ENSTA-BRETAGNE.FR



**ENSTA**  
Bretagne