



**ENSTA
BRETAGNE**

BILAN SCIENTIFIQUE 2019





LA RECHERCHE

RECHERCHE

Les activités de recherche menées à l'ENSTA Bretagne répondent à des questions et enjeux applicatifs civils et militaires, posés par des entreprises industrielles ou par la DGA.

Le développement de relations structurées avec les grands partenaires industriels historiques, que sont Naval Group et Thales, s'est poursuivi en 2019 : renouvellement ou création des laboratoires communs avec Naval Group, Gustave Zédé (consacré aux méthodes de dimensionnement des structures marines) et SENI (consacré à l'intelligence des systèmes embarqués navals) ; création et lancement de la chaire TRANSNUM, en partenariat avec Thales DMS, associant également ISEN Yncréa Ouest, consacrée à l'utilisation des technologies numériques pour la sécurisation de l'espace maritime. Enfin, l'ENSTA Bretagne a rejoint la chaire de cyberdéfense des systèmes navals, conduite avec l'École navale, IMT Atlantique, Naval Group et Thales.

Le centre de recherche de l'école s'est agrandi : un bâtiment de 1600 m² dédié aux sciences mécaniques, activités de l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRDL), a été construit tandis qu'un bâtiment accueillant les activités en cybersécurité a été réhabilité. Ces constructions accompagnent la mise en œuvre par l'ENSTA Bretagne du contrat de plan État-Région (CPER) 2015-2020 et permettent ainsi d'accueillir les nouveaux moyens expérimentaux prévus dans le cadre de 5 programmes d'investissements (Eco-SyMer, CyberSSI, SMDMar, IROMI, Sophie), financés par les collectivités territoriales

116
THÈSES EN COURS,
SOUTENUES
ET DÉBUTÉES

9,95 M€
DE CONTRATS
NOTIFIÉS EN 2019

bretonnes, le ministère des armées et l'union européenne. Cela représente 5,6 M€ investis entre 2016 et 2020, dont 635 k€ en 2019.

Comme le montrent les bilans des équipes de recherche, la dynamique contractuelle et la production scientifique (au travers des publications) sont cette année encore à très bon niveau. L'attractivité et la notoriété de l'école progressent, comme peut en témoigner la grande qualité des recrutements d'enseignants-chercheurs effectués cette année.

Enfin, la structuration des activités de recherche en sciences humaines a connu un temps fort avec la naissance en janvier 2019 de la nouvelle unité de recherche « Formation et Apprentissages Professionnels » sous la tutelle conjointe du CNAM Paris, d'Agrosup Dijon et de l'ENSTA Bretagne. Sa direction a été confiée à un de nos enseignants chercheurs. Dans ce domaine, l'école est notamment impliquée dans des projets d'envergure internationale sur la formation d'ingénieurs et d'innovateurs responsables et conscients des grands enjeux sociétaux.

Notre environnement socio-économique et le territoire régional et local savent pouvoir compter sur les nombreuses expertises de l'ENSTA Bretagne pour préparer l'avenir du tissu industriel et technologique, en particulier dans le domaine des sciences et techniques de la mer. L'école contribue au prochain lieu d'exposition permanente des Capucins, le 70.8, et s'en fera l'ambassadrice auprès d'un large public.

SCIENCES
HUMAINES
ET SOCIALES

FoAP EA 7529
> page 48

SCIENCES
ET TECHNOLOGIES
DE L'INFORMATION

Lab-STICC
UMR CNRS 6285
> page 40

SCIENCES
MÉCANIQUES

IRDL
UMR CNRS 6027
> page 34

EFFECTIF RECHERCHE

228
PERSONNELS
ET DOCTORANTS



Yann Doutreleau
Directeur scientifique



24

PUBLICATIONS ACL¹

48

THÈSES ENCADRÉES



4,2 M€

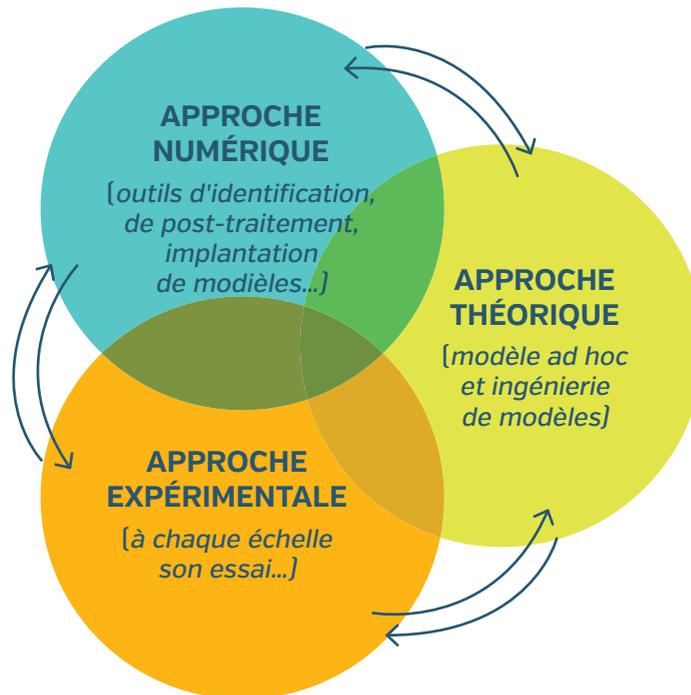
DE CONTRATS
NOTIFIÉS*(chiffres IRDL / site ENSTA Bretagne)*

Institut
de Recherche
Dupuy de Lôme
UMR 6027

UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE IRDL

FICHE D'IDENTITÉ

- Créé le 1^{er} janvier 2016, l'IRDL est un laboratoire d'excellence d'envergure nationale et internationale en sciences mécaniques.
- Fruit de la fusion de laboratoires reconnus, il fédère les équipes de recherche de 2 universités et 2 grandes écoles : UBS, UBO, ENSTA Bretagne et ENIB.
- C'est une unité mixte de recherche du CNRS (UMR 6027), rattachée à l'INSIS.
- **260** membres, dont 120 doctorants.
- Environ **200** publications dans des revues internationales à comité de lecture/an.
- **Le 1^{er} laboratoire breton en proportion et volume de thèses associant l'industrie** [cf. rapport DRRT 2018 : 30 % de doctorants sous contrat CIFRE² avec une entreprise]
-  **irdl.fr**



**ENSTA Bretagne
est le 2^e contributeur
de l'IRDL. "**

PROJET SCIENTIFIQUE DE L'IRDL

Ingénierie des matériaux et des systèmes mécaniques.

L'IRDL est apprécié pour son projet scientifique original et ambitieux, le bon équilibre entre études amont et appliquées, les nombreuses interactions avec les entreprises et la qualité de la formation par la recherche.

L'UMR est organisée en **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 hétérogènes.

ENSTA Bretagne contribue principalement aux pôles 2, 3 et 5, et à moindre échelle au pôle 1.

3 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.

¹ publications ACL : publications à comité de lecture

² CIFRE : Convention industrielle de formation par la recherche

CONTACT

Sylvain CALLOCH
Professeur des universités,
Directeur adjoint de l'IRD
sylvain.calloch@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 87 23



L'Association Française de Mécanique a salué la qualité de l'organisation du CFM 2019, son imposant programme, l'originalité de ses sessions thématiques sur le maritime, la qualité d'accueil des équipes brestoises et le grand succès en terme de participation, qui en font l'une des meilleures éditions qu'ait connu le CFM. "

Lire l'article complet
www.campusmer.fr/Actualités-3249-51-0-0.html



TEMPS FORTS DE L'ANNÉE 2019

ACCUEIL À BREST DU CONGRÈS FRANÇAIS DE MÉCANIQUE EN AOÛT 2019

L'IRD a été retenu par l'Association Française de Mécanique (AFM) pour organiser la 24^e édition du Congrès Français de Mécanique, du 26 au 30 août. Plus d'un millier de chercheurs et scientifiques se sont réunis à Brest pour cette Biennale très attendue.

Juliette Rimetz du Campus mondial de la mer y était et nous raconte...

Aborder tous les aspects de la mécanique et mettre en avant les grandes innovations

Le CFM est l'occasion de faire un état d'avancement de la recherche en mécanique des fluides et des solides, pour des applications en génie mécanique, électrique et civil, en matériaux, ou encore en acoustique. "Dans chaque domaine de recherche, il existe des évolutions majeures", souligne Sylvain Calloch, Directeur adjoint de l'IRD. Dans le domaine de la réduction de modèles. "La puissance de calcul augmente d'année en année mais on a tellement de données qu'on ne sait plus quoi en faire", explique le chercheur. "La réduction de modèle permet d'obtenir des résultats au plus juste."

Autre exemple en mécanique expérimentale : l'apport des mesures de champ par caméra optique ou infrarouge. "Ça change notre façon de mener les essais et de traiter les résultats", précise Sylvain Calloch.

La mer comme domaine d'application

Organisé à Brest, aborder les applications de la mécanique au monde marin était une évidence avec des sujets portant sur les énergies marines renouvelables, le naval et le nautisme (incluant la propulsion vélique et les hydrofoils), l'hydrodynamique océanique, la robotique sous-marine...

"La corrosion engendrant un vieillissement précoce des structures est une des spécificités du monde marin", explique Sylvain Calloch. "Construire un bateau de course requiert l'utilisation de composites haute-performance, dont il faut étudier le comportement. En construction navale, il faut prendre en compte la longévité des navires (environ 40 ans) et tout mettre en œuvre pour limiter les coûts de maintenance et assurer la tenue en service. Et tout cela est du cas par cas, car les bateaux ne sont pas construits en série, comme dans l'automobile".

Les participants du congrès, dont la majeure partie ne travaille pas dans le domaine de la mer, ont pu être sensibilisés

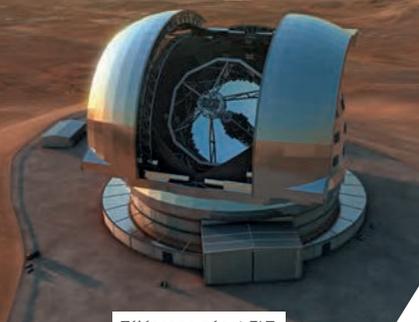
à la thématique au travers des plénières et semi-plénières, associant par exemple Naval Group, le Musée National de la Marine, ou l'entreprise GSea Design de Lorient sur la "Conception et dimensionnement des voiliers de compétition".

Le thème des énergies marines renouvelables a été en outre bien développé, notamment par France Energies Marines. Lors d'une semi-plénière, Jean-François Filipot, Directeur scientifique et technique, a présenté une campagne de mesures de déferlantes réalisée depuis le phare de la Jument, au large de l'île d'Ouessant. L'objectif d'une telle étude : évaluer les impacts de ces vagues géantes sur des structures en mer telles que les éoliennes. Jean-François Filipot a ensuite animé une session dédiée à la mécanique pour les énergies renouvelables. De son côté, Antoine Maison, ingénieur en calcul de structure (ENSTA Bretagne promotion 2015), a présenté une étude sur la modélisation de la stabilité des câbles électriques d'hydroliennes sur le fond, en zone de forts courants.

Un congrès français mais de dimension internationale

Réunissant des congressistes issus de 16 pays différents, le congrès affichait son caractère international. En outre, le CFM a accueilli l'événement associé EuroMech, porté par l'European Mechanics Society, société savante qui rassemble les spécialistes européens de la mécanique. Présidé par Peter Davies, Ifremer, ce colloque était consacré au vieillissement des polymères en milieu marin.

À noter également que le CFM a été l'occasion pour l'IRD de discuter du projet européen RAMSSES. Ce projet réunit 37 partenaires (dont l'IRD/ENSTA Bretagne) autour de la conception du navire du futur. L'IRD est notamment en charge des sujets suivants : propulseurs/hélices et assemblage de super-structures composites sur des pièces métalliques.



Télescope géant ELT.

ASSEMBLAGES MULTI-MATÉRIAUX

(PTR2)

#

#assemblage #collage #soudage
 #frittage #fabrication additive
 #multi-matériaux

25 PERSONNELS
 dont 8 DOCTORANTS

7 PUBLICATIONS
 dans des revues
 à comité de lecture

FOCUS

COMPORTEMENT DES COLLAGES POUR LA CONCEPTION DE L'ELT (EXTREMELY LARGE TELESCOPE)

Construit au nord du Chili par l'ESO (European Southern Observatory) avec la collaboration de Safran Reosc, l'ELT est un télescope aux dimensions hors-normes. Grâce à son miroir principal de 39 m de diamètre et à sa localisation idéale [3060 m d'altitude dans les Andes centrales], il

pourra collecter 15 fois plus de lumière que l'actuel VLT (Very Large Telescope), à des fins d'archéologie stellaire et de recherche d'exoplanètes lointaines. Safran Reosc a lancé une thèse en 2016 dans le but de comprendre l'influence de la température sur le comportement

des collages structuraux de cet assemblage. Après 3 ans de travaux, de nombreux phénomènes macroscopiques et microscopiques ont été mis en évidence et ont aidé les ingénieurs de Safran Reosc en phase de conception et de dimensionnement.

AXES DE RECHERCHE

Le pôle thématique de recherche « Assemblages multi-matériaux » de l'IRDL vise l'innovation dans les procédés d'assemblages, la caractérisation de leur tenue à long terme en environnements sévères et le développement de techniques hybrides.

- Étudier et optimiser les procédés d'assemblage, en assemblant des matériaux de différentes natures, munis de nouvelles préparations de surface.
- Instrumenter à cœur des assemblages (FGB, QRS, CIN...) et s'appuyer sur des dispositifs expérimentaux originaux ;
- Développer des outils de dimensionnement des assemblages collés et prendre en compte les paramètres liés aux procédés de collage.
- Caractériser la tenue à long terme des assemblages en environnement sévère.
- Développer des techniques hybrides (soudo-collage...) pour les structures multi-matériaux, afin d'atteindre des performances en termes de caractéristiques mécaniques.

PROGRAMMES DE RECHERCHE

- Modélisation simplifiée d'un essai de type SCARF destiné à la caractérisation mécanique d'assemblages collés (financement : région Bretagne).
- Développement d'un assemblage collé structural multi-matériaux offrant une protection balistique (financement : DGA, avec 2CA).
- Développement d'un essai technologique en vue de valider la modélisation du comportement d'un adhésif sous sollicitation d'impact (financement : SAFRAN Composites).
- Durabilité de collages structuraux pour applications optiques spatiales en environnement thermique (avec SAFRAN Reosc).
- Modélisation analytique et numérique du flambement latéral de tubes offshore (financement : région Bretagne).

5 THÈSES DEBUTÉES EN 2019

- **Amen BENALI** [Cifre ECM-BE] : « *Prise en compte de l'influence de différents procédés de collage structural sur la méthode de dimensionnement d'assemblages collés* ».
- **Marthe LOISEAU** (financement : DGA, Coldpad ; avec IFST-TAR) : « *Durabilité de connecteurs collés soumis à des sollicitations de fluage pour des applications sur sous-marins* ».
- **Leandro MAURICIO DA SILVA** [Cifre PSA] : « *Maîtrise de la dilatation différentielle à l'échelle de la structure d'une caisse en blanc de type multi-matériaux assemblée par collage structural* ».
- **Cyril BERNOLIN** (financement : Safran composites, région Bretagne) : « *Propagation de fissures d'assemblages collés sous chargements monotones et cycliques pour différentes mixités de modes* ».
- **Paulo GUIMARES** (financement : région Nouvelle Aquitaine ; avec Nobatek INEF4) : « *Durabilité de collages en forte épaisseur au moyen d'adhésifs à fort allongement. Aspects mécaniques et physico-chimiques* ».

STRUCTURES, FLUIDES & INTERACTIONS

(PTR3)



© SOLIDSAIL

AXES DE RECHERCHE

Les recherches portent sur les interactions fluide-structure, le comportement dynamique des matériaux et des structures et la détonique. Les applications concernent l'architecture navale, les énergies marines, la défense, l'aérospatial, ainsi que l'automobile et les procédés de fabrication.

- Hydrodynamique navale et étude de la réponse de structures en interaction avec des fluides.
- Caractérisation et modélisation de la réponse de matériaux et de structures, métalliques et composites, sous sollicitations dynamiques.
- Étude et modélisation des phénomènes d'impacts et d'explosions en milieux complexes.

PROGRAMMES DE RECHERCHE

- Le programme Windkeeper, de conception d'un navire de maintenance pour les champs éoliens offshore, s'est conclu. Les travaux portaient sur l'analyse des impacts hydrodynamiques de la houle sur le pont.
- COMPADD : caractérisation d'un assemblage composite obtenu par fabrication additive sous sollicitation dynamique (avec Mines ParisTech).
- Projet sur la décélération de projectiles supersoniques par une mousse liquide (financement : DGA/AID ; avec l'Institut de Physique de Rennes).
- Le projet **SOLIDSAIL** se poursuit. Cette voile innovante rigide créée par Chantiers de l'Atlantique, 100 % composite, supérieure à 1000 m², propulsera le futur plus grand paquebot à voile (Silenseas). L'équipe ENSTA Bretagne contribue aux calculs de dimensionnement et aux essais. Elle apporte son expertise en interaction fluide-structure et simulations non linéaires pour modéliser les contraintes subies par les panneaux de la voile et prédire les efforts globaux propulsifs.

7 THÈSES SOUTENUES EN 2019

- **Antoine MORVAN** [contrat ADEME ; avec CNIM] : « Impact sur le pont mouillé d'un navire pour la maintenance d'éoliennes offshore » [projet Windkeeper].
- **Julien ERCOLANELLI** [CIFRE GEPS Techno ; avec Ifremer] : « Étude numérique et expérimentale d'un système couplé stabilisateur et récupérateur d'énergie des vagues ».
- **Gonzalo DOISENBAT** [contrat région Bretagne, Ifremer] : « Modélisation numérique et expérimentale de la captation d'énergie éolienne offshore ».
- **Mourad NACHTANE** [bourse Eiffel ; avec l'université marocaine Hassa II de Casablanca] : « Études des performances des matériaux composites d'une hydrolienne ».
- **Mohamed Chams Eddine EZZINE** [contrat PROFAS B+ ; avec l'université algérienne Djillali Liabès] : « Durabilité de collages en forte épaisseur au moyen d'adhésifs à fort allongement. Aspects mécaniques et physico-chimiques ».
- **Youssef BELABED** [avec l'université algérienne Aboubakr Belkaïd] : « Étude et analyse du délaminage des structures renforcées par composites FRP multicouches ».
- **Quentin RAIMBAUD** [bourse DGA] : « Modélisation et optimisation de l'absorption d'ondes de choc par les mousses liquides, essais à l'échelle du film et train de films ».

FOCUS

ALLONGER LA DUREE DE VIE DES LIGNES D'ANCRAGE POUR LES EOLIENNES EN MER

Deux projets se succèdent : Polyamoor et Monamoor (financement : ANR / France Energies Marines ; avec de nombreux partenaires). L'utilisation de câbles en nylon tissé

apportera une fixation souple et adaptée à l'éolien offshore, pour une durée de 20 ans. En complément des études de vieillissement d'Ifremer, ENSTA Bretagne a conçu des essais

innovants sur plusieurs mois, pour caractériser et modéliser le comportement de ces lignes en nylon. Le 2^e projet va enrichir ce modèle et permettre d'instrumenter les câbles.

#

modélisation # simulation numérique # mécanique expérimentale # matériaux et structures # dynamique # chocs # impacts # interactions fluide-structure

36 PERSONNELS
dont 13 DOCTORANTS

9 PUBLICATIONS
dans des revues
à comité de lecture

+ 12 DOCTORANTS
rattachés au PTR1
Composites

COMPORTEMENT ET DURABILITÉ DES MATÉRIAUX HÉTÉROGÈNES (PTR5)

Tests de fatigue sur assemblages soudés.



fatigue # vieillissement # tenue en fatigue # modélisation # essais

**27 PERSONNELS
dont 15 DOCTORANTS**

**8 PUBLICATIONS
dans des revues
à comité de lecture**

AXES DE RECHERCHE

Les recherches concernent le diagnostic, la mesure, la modélisation et la prévision de la santé des matériaux, des structures et des systèmes électromécaniques.

- Fatigue et auto-échauffement des matériaux et des structures (métaux, composites et matériaux organiques).
- Comportement et fatigue des matériaux actifs (matériaux piézo-électriques ou à mémoire de forme).
- Vieillissement thermique et marin des matériaux organiques.
- Comportement non-linéaire des matériaux hétérogènes.

Tout en répondant à des questions scientifiques fondamentales, ces recherches appliquées sont conduites avec les industriels européens, de nombreux secteurs, en particulier l'automobile, l'aéronautique, l'énergie ou les fournisseurs de matériaux.

PROGRAMMES DE RECHERCHE

- Spectres de chargements pour le dimensionnement mécanique d'un véhicule automobile (financement : groupe PSA).
- Durée de vie en fatigue à grand nombre de cycles des arbres de transmission pour applications navales sous chargement variable et multiaxial (financement : Naval Group).
- Approche simplifiée pour le calcul de durée de vie en fatigue sous chargement cyclique complexe dans une zone de plasticité confinée (financement : DGA).
- Fatigue de composites thermoplastiques à fibres courtes (tissés 3D) pour applications aéronautiques sous sollicitations complexes de compression : loi de comportement et critère de dimensionnement (financement : SAFRAN).
- Investigations thermomécaniques pour le dimensionnement en fatigue de pièces conçues dans différents matériaux : mousses polyuréthanes et thermoplastiques renforcées de fibres de verre, ou élastomères.

2 THÈSES SOUTENUES EN 2019

- **Julien LOUGE** [financement : CIFRE ArcelorMittal] : « Apports des mesures d'auto-échauffement pour l'étude de la fatigue des aciers : effets d'histoire et cisaillement pur ».
- **Thomas GLANOVSKI** [financement : CIFRE Treleborg] : « Compréhension et modélisation des mécanismes élémentaires d'endommagement en fatigue du caoutchouc naturel ».

FOCUS

VINCENT LE SAUX OBTIENT SON HDR

Ingénieur et docteur ENSTA Bretagne, Vincent a obtenu son Habilitation à Diriger des Recherches. Ses travaux portent sur le comportement mécanique et la durabilité des matériaux polymères. Depuis près de 10 ans, au sein de l'IRDL, il caractérise et modélise des matériaux polymères (élas-

tomères, thermoplastiques renforcés de fibres courtes, composites tissés 3D, mousses polyuréthanes) pour les industries automobile et aéronautique. Les objectifs visés sont de mieux comprendre les matériaux et leurs propriétés, en fatigue notamment, d'améliorer les outils de dimensionne-

ment tout en intégrant certains effets additionnels importants (interaction avec l'environnement ou le procédé de fabrication par exemple). Ces résultats permettent aux partenaires de répondre aux nouveaux enjeux sociétaux, comme l'allègement et la réduction des impacts environnementaux.

CONTACT

Cédric DOUDARD
cedric.doudard@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 89 27

RECHERCHE

LABORATOIRE COMMUN GUSTAVE ZÉDÉ

(NAVAL GROUP, ENSTA BRETAGNE)

AXES DE RECHERCHE

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

Les équipes mènent une recherche expérimentale et de modélisation sur des problématiques liées à la résistance et à la durabilité des matériaux utilisés dans l'industrie navale militaire.

2 THÈMES SCIENTIFIQUES PRINCIPAUX

- Caractérisation de la tenue en fatigue des matériaux et assemblages pour structures navales.
- Mise en place de chaînes numériques d'aide au dimensionnement des structures navales prenant en compte les effets des modes de fabrication et la prise en compte des chargements réels.

GRANDS PROJETS

- **Projet européen H2020 RAMSSES** : pour des navires plus propres et plus performants. 37 partenaires dans 11 pays contribuent aux 13 axes d'innovation qui composent ce projet. Les différents lots se complètent pour réduire l'empreinte environnementale des navires. Comme dans l'aéronautique ou l'automobile, l'allègement est un des défis. Sur ce thème, l'équipe ENSTA Bretagne/Naval Group est en charge des lots sur la durabilité des liaisons collées entre un module composite et une structure métallique. Cela comprend également la mise en place d'une chaîne de calcul d'aide au dimensionnement en fatigue à grand nombre de cycles de propulseurs en aciers, obtenus par fabrication additive. Ces modèles seront validés par des essais à grande échelle.

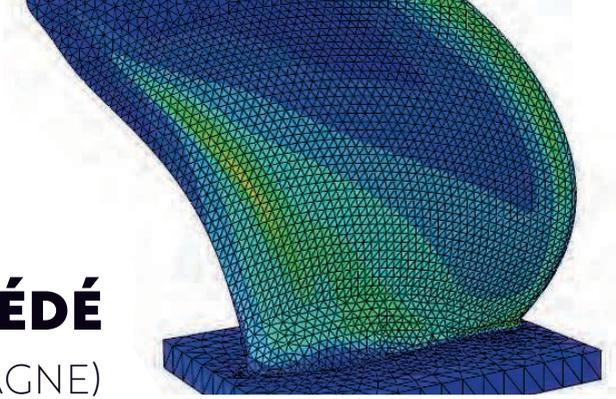
- **Projet EA FRAPAN (2018-2020)** sur la caractérisation et la modélisation de la tenue en fatigue de pièces pour bâtiments navals, obtenues par fabrication additive, de type WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing). Il s'agit d'améliorer la compréhension du lien entre l'hétérogénéité de la microstructure résultant d'un tel procédé de fabrication et les propriétés en fatigue de la pièce.
- **Projet EA INCOLA (2020-2022)**. Il porte sur la fatigue multiaxiale des arbres d'hélice. Dans le cadre d'une thèse, les travaux visent la caractérisation rapide des propriétés en fatigue des matériaux métalliques utilisés.
- Un projet de fin d'étude [2020] portera sur la **caractérisation rapide des propriétés en fatigue des matériaux composites**.
- **Projet EA AMERICO** : Amélioration des Méthodes d'Études pour la Réalisation et l'Industrialisation des Coques de sous-marins (2020-2021). Deux thématiques principales sont traitées : le formage et la tenue en fatigue. Il s'agit de prédire la tenue en fatigue de structures et d'assemblages de structures navales (par joints soudés ou par collage) en prenant en compte les effets liés aux modes de fabrication de ces structures, ainsi que la variabilité des chargements réels. La prédiction de la tenue mécanique des structures navales s'étend à d'autres modes de ruine comme les chocs ou flambements.

FOCUS

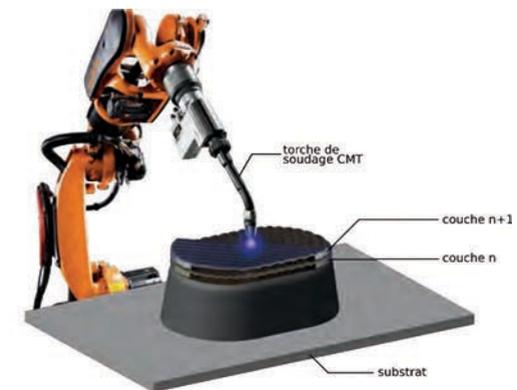
Depuis quatre ans, les équipes de Naval Group et ENSTA Bretagne ont trouvé au sein de cette organisation, un cadre structurant pour mener des programmes de R&D et les transférer rapidement aux bureaux d'étude de Naval Group.

Les recherches interagissent également avec la formation d'ingénieurs par la mise en place de projets d'application encadrés ou de stages.

En novembre 2019, ce laboratoire commun a été reconduit en présence d'Hervé Guillou, PDG de Naval Group.



valorisation # transfert
modélisation # caractérisation
fatigue # matériaux # assemblages
fabrication additive # acier
composites # naval



Laboratoire des Sciences
et Techniques de
l'Information, de
la Communication et
de la Connaissance
UMR 6285

UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE LAB-STICC

FICHE D'IDENTITÉ

- Le Lab-STICC est un laboratoire d'excellence multidisciplinaire, créé en 2008.
- Sous la cotutelle du CNRS et de 5 établissements bretons, il fédère les équipes de recherche en sciences et technologies de l'information et de la communication de 3 écoles d'ingénieurs et 2 universités : IMT Atlantique, ENSTA Bretagne, ENIB, UBO et UBS.
- Unité mixte de recherche 6285 du CNRS, le laboratoire est rattaché à l'INS2I en tant qu'institut principal et à l'INSIS en tant qu'institut secondaire.
- **566** membres, dont 206 doctorants.
- Environ **450** publications /an.
-  www.labsticc.fr



ENSTA Bretagne
est le 3^e contributeur
du Lab-STICC. "

PROJET SCIENTIFIQUE DU LAB-STICC

Du capteur à la connaissance : communiquer et décider.

Pôle de recherche fondamentale et appliquée, en forte interaction avec son environnement socio-économique, le Lab-STICC regroupe de multiples compétences de très haut niveau sur les systèmes numériques et communicants. Son excellence et son importante production scientifique lui confèrent une solide visibilité internationale.

Le laboratoire est organisé en 11 équipes réparties dans 3 pôles scientifiques, auxquels contribue l'ENSTA Bretagne :

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

Au-delà de cette découpe disciplinaire, des programmes transverses répondent à des défis sociétaux fortement interdisciplinaires, tels que :

- les dispositifs d'assistance aux personnes dépendantes.
- la cybersécurité et la cyberdéfense.
- le domaine STIC et Mer.
- les nouveaux modes de représentation et de traitement de l'information pour l'intelligence artificielle.
- les systèmes de drones.



104
PUBLICATIONS



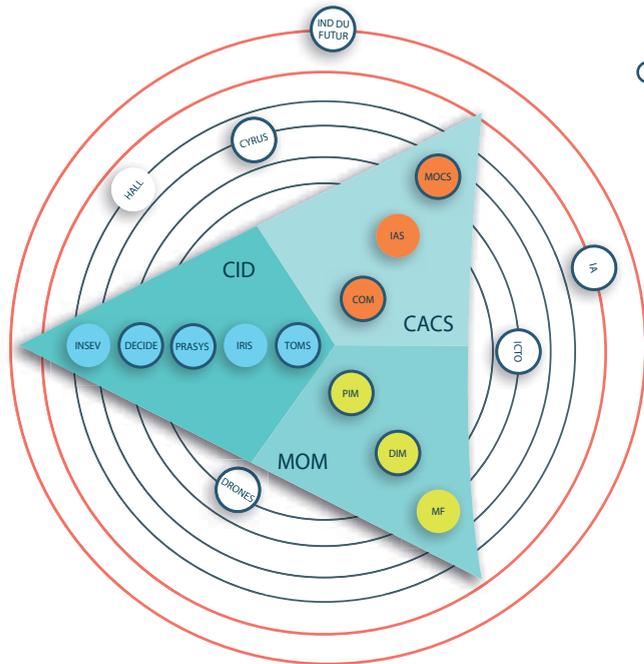
55
THÈSES ENCADRÉES



5,8 M€
DE CONTRATS
NOTIFIÉS

(chiffres Lab-STICC / site ENSTA Bretagne)

ÉQUIPES SCIENTIFIQUES AUXQUELLES CONTRIBUE ENSTA BRETAGNE



LES ÉQUIPES ENSTA BRETAGNE couvrent **les 3 pôles** scientifiques du Lab-STICC et contribuent à **6 des 11 équipes** scientifiques et à **5 des 6 domaines transverses**, en **forte interaction** avec son environnement socio-économique.

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

TOMS : Traitements, Observations et Méthodes Statistiques
[cf. page 42]

PRASYS : Perception, Robotics, Autonomous SYSTEMS
[cf. page 43]

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

COM : COMMunication digitale
[cf. page 44]

MOCS : Methods, Tools for design of Architecture and Circuits
[cf. page 45]

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

PIM : Propagation et Interactions Multi-échelle
[cf. page 46]

CHAIRES ET LABORATOIRES COMMUNS

Lab-com LATERAL avec THALES TOSA

sur les technologies pour les dispositifs hyperfréquences, antennaires et de guidage pour des systèmes embarqués.

Lab-com WAVES avec THALES DMS

sur l'amélioration des performances des réseaux de capteurs, distribués et autonomes, pour la détection et l'identification automatique en environnement marin.

AVRIL 2019 Création de la chaire TRANSNUM avec THALES

La chaire associe Thales DMS, ENSTA Bretagne et ISEN Brest. Elle vise à disposer de nouveaux systèmes autonomes pour l'observation et la surveillance du milieu marin. L'école apporte son expertise reconnue en robotique marine et réseaux de capteurs.

NOVEMBRE 2019 Création du Lab-com SENI avec NAVAL GROUP

Ce laboratoire commun vise la conception des Systèmes Embarqués Navals Intelligents, pour acquérir des informations sur l'environnement et sur le fonctionnement d'un bâtiment, et pour mettre en œuvre des processus de décision et d'action à bord.

DÉCEMBRE 2019 Intégration de la chaire de Cyberdéfense des systèmes navals

Soutenue par la Marine Nationale, la région Bretagne et le Pôle d'excellence cyber, la chaire cible la protection des équipements numériques et la détection des attaques cyber dans les systèmes maritimes. 10 thèses sont menées, pilotées par les 5 partenaires (École navale, IMT Atlantique, Naval Group, Thales, et ENSTA Bretagne).

TRAITEMENTS, OBSERVATIONS ET MÉTHODES STATISTIQUES

(ÉQUIPE TOMS)

Spectrogramme : signatures acoustiques de mammifères marins.



#environnement marin #imagerie radar [SAR/ISAR] #bioacoustique sous-marine #acoustique passive #machine learning #apprentissage profond #data science #big data #reconnaissance de cibles #fusion #aide à la décision

29 PERSONNELS
 dont 9 DOCTORANTS

26 PUBLICATIONS
 dans des revues à comité
 de lecture

APPLICATIONS

La bioacoustique sous-marine, l'étude des environnements et la défense (acoustique sous-marine et radar).

AXES DE RECHERCHE

Cette équipe du Lab-STICC contribue sur des aspects méthodologiques et pratiques au traitement statistique du signal et des images, dans un contexte sous-marin et aérien.

- Développement de méthodes d'estimation, de détection statistiques et de représentation des signaux (acoustiques et électromagnétiques).
- Monitoring de l'environnement sous-marin : localisation de sources acoustiques, caractérisation du milieu, de la nature et de l'évolution des fonds, détection et reconnaissances d'objets, bathymétrie, étude de ressources halieutiques.
- Télédétection spatiale et aéroportée : estimation spatio-temporelle de champs géophysiques et de dynamiques écologiques ; détection et reconnaissance d'objets (navires, avions...) ; surveillance de zones d'intérêt (pollutions...).

FOCUS

COLLABORATIONS INTERNATIONALES EN BIOACOUSTIQUE

Des dispositifs acoustiques passifs sont déployés afin de suivre les populations de baleines, en particulier dans le sud-ouest de l'océan Indien. Kate Stafford (Université de Washington à Seattle) les suit depuis 2008. Elle vient d'accueillir une doctorante de l'équipe pour interpréter des données.

Autre exemple avec l'université de Concepcion au Chili, afin de déployer des balises acoustiques dans d'autres zones océaniques, notamment au large du Chili. Ces liens se sont resserrés à la conférence mondiale sur les mammifères marins [Barcelone, déc. 2019].

PROGRAMMES DE RECHERCHE

> EN TRAITEMENT DE SIGNAL

- Financements DGA : traitement de données acoustiques en vue de la caractérisation de l'environnement marin ; étude des grandeurs physiques pertinentes pour l'apprentissage automatique en acoustique sous-marine et environnement fluctuant ; détection et reconnaissance d'objets multiples sur fonds variables par apprentissage profond (avec IRISA, UBO, UMR AMURE, MBDA).
- Financements AID sur des méthodes d'apprentissage profond : techniques évolutives pour la détection et la reconnaissance de cibles à partir de données hétérogènes ; apprentissage profond probabiliste guidé par la physique pour l'acoustique sous-marine.
- Fonds européen de développement régional : analyse numérique de signaux de drones.

> EN BIO ACOUSTIQUE & ETUDE DE L'ENVIRONNEMENT

- Contrat avec l'agence de la biodiversité pour le suivi par acoustique passive des cétacés dans le second volet de la DCSMM [directive cadre stratégique pour le milieu marin établie par les membres de l'Union européenne].
- OSMOSE (open science meets ocean sounds explorer) : projet collaboratif en acoustique sous-marine pour l'observation des océans (avec IMT Atlantique, IUEM, Woods Hole Oceanographic Institution).

1 THÈSE SOUTENUE EN 2019

- **Juan Luis ROSENDRO** (bourse Eiffel, en cotutelle avec l'université argentine de La Plata) : « *Techniques robustes pour le contrôle automatique des systèmes robotiques* ».

PERCEPTION, ROBOTIQUE ET SYSTÈMES AUTONOMES

(ÉQUIPE PRASYS)



Thèse de Thomas Le Mezo.

AXES DE RECHERCHE

Le développement d'algorithmes pour les robots autonomes de perception de l'environnement repose sur la maîtrise de trois composantes : la perception, l'action et leur interaction.

Un système autonome de perception doit simultanément analyser les données acquises sur son environnement proche et organiser de façon autonome sa mission, en termes de pilotage et de navigation. L'interaction robot-environnement se fait via les capteurs.

> AXE 1 « ACTION AUTONOME »

En utilisant les résultats de la perception, le système doit raisonner sur les actions à conduire pour réaliser sa mission selon certains critères comme l'efficacité, la sécurité, la rapidité ou encore la consommation énergétique.

> AXE 2 « PERCEPTION AUTONOME »

Le système essaie de comprendre ses observations et d'élaborer une représentation pertinente, non seulement de l'état actuel de l'environnement, mais aussi de son incertitude.

PROGRAMMES DE RECHERCHE

- NAVIDRO : développement d'un simulateur de navigation précise des drones sous-marins (financement : SHOM).
- CHIMAERA : lasers, détection et évitement de filets, communications sous-marines (financement : DGA ; avec OXXIUS, Thales, IMT Atlantique).
- Ident3D : traitements de données 3D pour l'aide à l'identification de mines (financement : DGA TN Brest).
- BathySat : estimation de la bathymétrie satellitaire par images multispectrales (pour Hytech Imaging).
- Apprentissage profond probabiliste guidé par la physique pour l'acoustique sous-marine (financement : DGA AID).

4 THÈSES SOUTENUES EN 2019

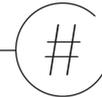
- **Thomas LE MEZO** (financement : DGA, région Bretagne) : *cf. focus.*
- **Gaspard MINSTER** (financement : ANR) : « *Modélisation du processus de saltation (transport de sédiment) en milieu extrême. Application au raz Blanchard* ».
- **Thibaut NICO** (CIFRE ECA Robotics) : « *Étude et développement de solutions de relocalisation d'objets sous-marins par des véhicules sous-marins hétérogènes* ».
- **Vincent MYERS** (financement : Defence & Research Canada) : « *Traitement, interprétation et exploitation d'images sonar à antenne synthétique obtenues à partir de trajectoires répétitives* ».

FOCUS

DES ROBOTS AUTONOMES DANS LES COURANTS MARINS

Afin d'effectuer des missions longues sur de grandes distances, la thèse de **Thomas Le Mezo** utilise des courants marins comme force principale de propulsion. Un nouveau type de robot sous-marin a été développé (*cf. photo*) et validé en mer. De nouveaux outils théoriques

ont également été proposés. C'est une contribution importante à la validation de la sûreté de fonctionnement des systèmes cyber-physiques. Ces travaux ont été valorisés par de nombreuses publications scientifiques dans des journaux internationaux (IEEE TAC, AMC, IJC).



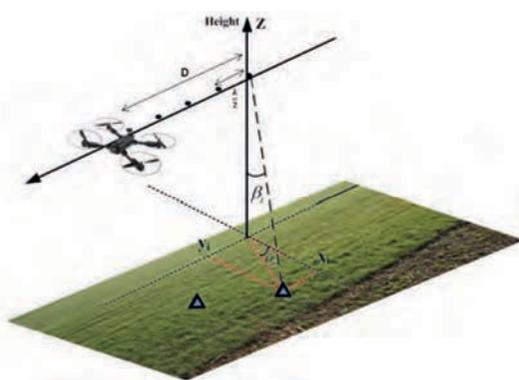
robotique mobile
système autonome # localisation
perception # contrôle

33 PERSONNELS
dont **18 DOCTORANTS**

33 ARTICLES
dans des revues "acl"
et conférences
+ **2 ouvrages**

APPLICATIONS

Défense et sécurité, archéologie sous-marine, intervention en environnement hostile.



- # séparation aveugle de sources
- # statistiques d'ordres supérieures
- # traitement du signal # robotique
- # télécommunications
- # guerre électronique
- # radio cognitive # biomédical

16 PERSONNELS
dont 8 DOCTORANTS

2 PUBLICATIONS
dans des revues
à comité de lecture
+ 2 livres et 1 chapitre
d'ouvrage

APPLICATIONS

Télécommunications, guerre électronique, robotique, systèmes embarqués, internet des objets, biomédical...

COMMUNICATION NUMÉRIQUE (ÉQUIPE COM)

AXES DE RECHERCHE

L'équipe s'intéresse aux méthodes statistiques et aux algorithmes de traitement de signal, en se focalisant sur les systèmes d'antenne et la miniaturisation des circuits électroniques.

FOCUS

SYSTÈME ANALOGIQUE NUMÉRIQUE MULTICOUCHE POUR LA CYBERDÉFENSE OU LA SURVEILLANCE RADIO

› projet StCyber ; financement : DGA ;
www.enst-breratgene.fr/StCyber

Nul doute qu'une attaque intensive sur nos systèmes de communication serait très grave voire critique. En effet, les technologies de communication et nos machines communicantes et intelligentes sont omniprésentes dans la vie quotidienne. Les moyens de communication (station de base, GPS, drones,

satellites) peuvent être la cible de bruits et d'interférences radio, mais aussi d'attaques malveillantes. Ce projet innovant permettra une protection efficace dans le cadre d'une stratégie cyberdéfense, par une amélioration de nos capacités à assurer une surveillance radio.

PROGRAMMES DE RECHERCHE

> TÉLÉCOMMUNICATIONS

- En estimant les caractéristiques du canal de transmission pour mieux transmettre et protéger l'information.
- Théorie des jeux pour développer des protocoles pour une radio cognitive tactique.
- Smart Antenna & Beamforming (Formation de voies) : l'antenne doit s'adapter automatiquement à son environnement.
- Internet des objets et problèmes de réseaux sans fil liés à la coexistence des communications machine-to-machine (M2M) et human-to-human (H2H).

> APPLICATIONS MÉDICALES

(avec l'hôpital des armées et le CHRU de Brest)

- Acquisition et traitement des électrocardiogrammes d'un fœtus et de sa mère à l'aide de capteurs sans fil.
- Caractérisation et classification de thrombose veineuse profonde (caillot sanguin).
- Utilisation des signaux EEG (électroencéphalographie) et EMG (électromyogramme) pour contrôler une chaise roulante par une personne paraplégique.
- Utilisation des signaux EOG (électro-oculographie) pour actionner et surfer sur une page web par une personne paralysée ; réaliser un capteur ECG sans fil et un simulateur pour la faculté de médecine.

2 NOUVELLES THÈSES EN 2019

- **Rida MORTADA** (financement : bourse libanaise) : « Captage d'énergie dans une radio cognitive ».
- **Marwa IBRAHIM** (financement : bourse libanaise) : « Stratégies écoénergétiques couplées avec l'analyse de Big Data dans les réseaux de capteurs sans fil ».

CONTACT

Ciprian TEODOROV
ciprian.teodorov@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 89 53

RECHERCHE

MÉTHODES, OUTILS, CIRCUITS ET SYSTÈMES (ÉQUIPE MOCS)



Projet Ker-Seveco.

AXES DE RECHERCHE

Les méthodologies du génie logiciel constituent le cœur de l'activité. Les applications sont innombrables : villes intelligentes, maisons connectées, e-santé, défense. Toutes nécessitent des systèmes embarqués connectés.

La partie logicielle y est prépondérante, très hétérogène, du fait des divers matériels qui interagissent, et doit offrir sûreté de fonctionnement, sécurité de communication et protection des données. S'y ajoutent les nombreuses attentes de l'industrie en matière de logiciels : conception plus rapide, plus sûre, évolutions plus faciles, capacité de virtualisation et de simulation, gestion de la variabilité...

Thèmes scientifiques principaux : fédération de modèles hétérogènes, techniques de vérification formelle, sécurisation du flot de compilation pour les circuits reconfigurables, virtualisation d'architectures reconfigurables pour la conception de systèmes sur puce (SoC) pérennes et sécurisés, gestion de la variabilité pour la conception de lignes de produits.

PROGRAMMES DE RECHERCHE

- EASE4SE (s'est achevé en 2019) : fédération de modèles exécutables pour la simulation opérationnelle de systèmes de défense.
- VeriMoB (se poursuit en 2020 avec PragmaDev) : exécution et vérification formelle de modèles de systèmes de systèmes développés avec le cadre architectural de l'OTAN (NAF). L'outil PROCESS a été développé et intègre le moteur de vérification formelle OBP2 (www.obpcdl.org).
- Sécurisation d'architectures Overlay pour un maintien long en condition opérationnelle de circuits numériques (se poursuit en 2020).
- JoinSafeCyber : concevoir un cadre de conception et d'analyse permettant de modéliser et de raffiner les spécifications d'un système critique en prenant en compte à la fois les exigences relatives à la sûreté de fonctionnement et les exigences relatives à la Cyber Sécurité.

1 SOUTENANCE DE THÈSE EN 2019

- **Vincent LEILDE** (financement : région Bretagne) : « Aide au diagnostic de vérification formelle de systèmes ». Cette thèse était menée dans le cadre du projet DEPARTS (DESIGN PATTERNS FOR REAL-TIME AND SAFE APPLICATIONS), financé de 2013 à 2018 par le programme des investissements d'avenir sur les « Briques Génériques du Logiciel Embarqué ».

3 NOUVELLES THÈSES EN 2019

- **Emilien FOURNIER** (financement : pôle d'excellence cyber, région Bretagne) : « Anticipation de la menace à l'exécution de systèmes critiques ».
- **Grégoire DE BROGLIE** (financement : DGA) : « Communications furtives par radio logicielle avec un drone aérien dans un contexte de radio cognitive ».
- **Maelic LOUART** (financement : région Bretagne ; chaire cyber-navale) : « Détection automatique en temps réel des usurpations AIS ».

FOCUS

KER-SEVECO

Nouveau projet qui vise à développer les produits et services intégrés aux véhicules connectés, ainsi que les services externes associés. Ces services embarqués aux véhicules auront suivi un processus de développement sécurisé. ENSTA Bretagne intervient en développant une méthodologie de conception

et un outillage de tests de cyber-sécurité spécialement orientés « véhicules connectés ». Cette méthodologie doit couvrir du niveau système, intégrant les exigences de sécurité, aux modules de communication du calculateur embarqué. Les résultats attendus du projet sont le développement de nouveaux services de mobilité

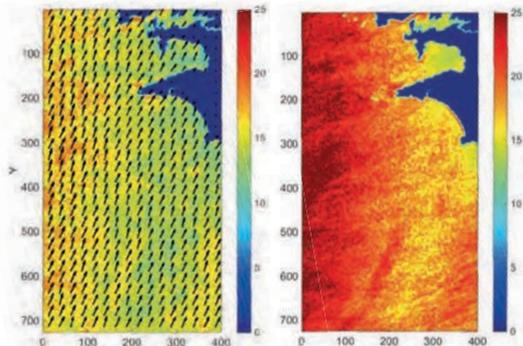
comme la gestion de flotte, le développement d'un CyberLab pour assurer les tests de sécurité des services et un support méthodologique reposant sur une vérification formelle des exigences de sécurité. 3 partenaires : KEREVAL, Mobility Tech Green et ENSTA Bretagne.



#sûreté #sécurité #systèmes embarqués #conception système #virtualisation de circuit #fédération de modèles #vérification formelle

16 PERSONNELS
dont 10 DOCTORANTS

22 ARTICLES
dans des publications
et conférences
internationales



Champs de vents estimés à partir d'images radar satellitaires.



capteurs # radar # GNSS # GE
 # canal de propagation # fouillis
 # modélisation électromagnétique
 # signature de cibles
 # environnement # télédétection
 # inversion # expérimentation

15 PERSONNELS
 dont 8 DOCTORANTS

14 PUBLICATIONS
 dans des revues
 à comité de lecture
 et des conférences
 internationales

APPLICATIONS

Radar ; guerre électronique ;
 géolocalisation et navigation ;
 pollution en mer ; surveillance ;
 sécurité et sûreté maritime ;
 télédétection micro-onde ;
 détection/reconnaissance
 et poursuite de cibles [à partir
 de signaux/images radar].

PROPAGATION ET INTERACTIONS MULTI-ÉCHELLES

(ÉQUIPE PIM)

AXES DE RECHERCHE

Ces recherches visent à intégrer davantage d'intelligence artificielle dans les systèmes d'acquisition et d'exploitation des observations issues de systèmes de type radar (aéroporté ou satellite) ou de géolocalisation de type GPS.

L'équipe axe ses recherches sur le développement et l'amélioration des outils de modélisation et d'optimisation pour l'aide à la représentation et à la compréhension de phénomènes issus de l'interaction des ondes électromagnétiques avec l'environnement.

Ces phénomènes sont observés à différentes échelles.

- Modélisation et simulation électromagnétique multi-échelle, multi-physique.
- Propagation et interaction des ondes avec l'environnement [mer, atmosphère, terre].
- Modélisation et simulation des systèmes hyperfréquences [bilan de liaison, télédétection microonde, expérimentation...].

FOCUS

DÉTECTION ET POURSUITE DE CIBLES MARINES À PARTIR DE DONNÉES RADAR

Ces algorithmes utilisent des mesures sans seuil, dans des scénarii où les approches conventionnelles échouent, du fait de faibles rapports signal / bruit [SNR] ou d'environnements contraints. Un algorithme original a été développé en partenariat avec Diades Marine, dans le cadre du projet ADEME

e-PANEMA (e-Positioning et Aide à la Navigation en Environnement Maritime) et il a eu le prix IEEE Antennas and Propagation Society, 2019. Il a été développé en utilisant des filtres à particules pour la détection et le suivi des cibles ; ses performances ont été évaluées à l'aide de données radar réelles.

PROGRAMMES DE RECHERCHE

- e-PANEMA : e-Positioning et Aide à la Navigation en Environnement Maritime (financement : Ademe ; avec SAFRAN, Diades Marine, ENSM).
- CEPAMOCS : Caractérisation et Extraction de Paramètres d'une surface de Mer hétérogène Observée par différents Capteurs Satellites (financement : DGA, AID, EGS).
- SLERECIM : l'apport de SFG et LFG dans l'Estimation de la REflectivité de Cibles complexes en Mer (financement : DGA, AID, OAR).
- Mesures SER de cibles en espace libre (financement : Naval Group).
- DOREDO : Détection d'Obstacles par Radar Embarqué sur Drone » (financement : DGA ; avec CESTIM, CNAM Paris).
- TAPERÉ : Techniques d'Apprentissages Profonds évolutifs pour la dEtection et la Reconnaissance de cibles à partir de données hEtérogènes (financement : DGA, AID, I2R).

3 THÈSES SOUTENUES EN 2019

- Naïma AMROUCHE (financement : allocation du gouvernement Algérien ; avec l'université nationale polytechnique d'Alger) : « *Détection, localisation et suivi de cibles manoeuvrantes - Méthodes et algorithmes de poursuite de cibles* ».
- Honglei ZHENG (bourse chinoise ; avec Ocean University of China de Qingdao) : « *Étude de la signature électromagnétique d'une surface de mer seule ou couverte de pétrole* ».
- Clément ROUSSEL (bourse DGA) : « *Équations différentielles stochastiques pour le champ électromagnétique diffusé par la surface de mer ; applications à la télédétection* ».

ÉQUIPEMENTS DE POINTE AU CENTRE DE RECHERCHE

FOCUS

1600 m² d'extension en sciences mécaniques

Le centre de recherche en mécanique s'est agrandi. Un nouveau bâtiment de 1600 m², sur deux niveaux, a été mis en service en mars 2019, portant la surface totale du laboratoire IRDL à 4000 m².

Les nouveaux moyens expérimentaux y ont été progressivement déployés. Un espace est consacré à l'étude des phénomènes pyrotechniques et de nombreuses autres salles spécialisées accueillent des matériels sophistiqués pour l'étude des propriétés mécaniques, tels qu'un triboindenteur pour les observations et mesures à l'échelle nanométrique.

Ce nouveau bâtiment favorise également la croissance des équipes de recherche et l'intégration de nouveaux enseignants chercheurs, doctorants, post-doc et stagiaires de l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRDL).

Rénovation de 850 m² dédiés à la cybersécurité

Après rénovation en profondeur d'une aile du centre de recherche en technologies de l'information (laboratoire Lab-STICC), un espace de recherche dédié aux programmes sur la cybersécurité a été mis en service en octobre 2019. Il comprend plusieurs bureaux, des salles à accès sécurisé et de nombreux équipements acquis dans le cadre du projet stratégique « Cyber SSI ».

Poursuite des acquisitions dans le cadre du CPER 2015-2020

Les moyens d'essais exceptionnels dont dispose le centre de recherche ENSTA Bretagne ont été complétés grâce aux programmes stratégiques définis par le Contrat de Plan État-Région (CPER).

Pour la période 2015-2020, 5 sujets ont été portés par l'ENSTA Bretagne :

- Cyber SSI (cybersécurité des systèmes physiques et logiciels).
- SMD-MAR (observation de l'environnement marin à l'aide de robots sous-marins autonomes).
- SOPHIE (caractérisation de l'environnement maritime par un système hyperfréquence).
- I-ROMI (conception de nouveaux observatoires par acoustique passive, pour le suivi du bruit ambiant sous-marin lié aux phénomènes géologiques, à la faune et aux activités humaines).
- ECO-SYS-MER (assurer la fiabilité des systèmes mécaniques en interaction avec le milieu marin, de l'échelle du matériau à celle du système).

**5 projets de recherche
stratégiques représentent
5,6 M€ d'équipements
nouveaux de 2015 à 2020
(financés par le CPER¹),
soit 635 k€ d'investissements
pour l'année 2019.**



La plate-forme technologique MASMECA

Elle occupe 1200 m² du centre de recherche ENSTA Bretagne. Ses nombreux moyens expérimentaux visent à caractériser, à plusieurs échelles, les propriétés mécaniques de tous types de matériaux, assemblages et structures, étudiés par le laboratoire IRDL.

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

+ d'infos : mameca.ensta-bretagne.fr

<http://bit.ly/MASMECAfr>

Le centre de ressources ENSTA Bretagne en technologies de l'information

dispose également d'équipements expérimentaux conséquents :

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

¹ CPER : Contrat de Plan État-Région (avec accent sur E)

Formation
et Apprentissages
Professionnels
EA 7529

UNITÉ DE RECHERCHE **FoAP**

99
MEMBRES,
DONT 44 DOCTORANTS,
AUXQUELS S'AJOUTENT
27 CHERCHEURS
RATTACHÉS,

— ○ —
DONT 22 CHERCHEURS
ET 13 DOCTORANTS
DANS L'ÉQUIPE
FORMATION ET
PROFESSIONNALISATION
DES INGÉNIEURS (FPI)

FICHE D'IDENTITÉ

- Créé le 1^{er} janvier 2019, FoAP succède au CRF [Centre de Recherche sur la Formation]
- Il fédère les équipes de sciences humaines de l'ENSTA Bretagne, du Cnam Paris et d'AgroSup Dijon.
- Sous statut Équipe d'Accueil : EA 7529
- La gouvernance est collégiale. Denis Lemaître, professeur à l'ENSTA Bretagne, a été nommé directeur.
-  bit.ly/webFoAP



PROJET SCIENTIFIQUE

Interroger le métier d'ingénieur et sa formation.

L'équipe étudie le rapport entre le social et la technique, du point de vue des identités, des savoirs, des organisations et des apprentissages. Elle intègre les dynamiques socioculturelles depuis le niveau micro (ex. : l'individu face au système technique) jusqu'au niveau macro (ex. : évolution mondiale des systèmes de formation des ingénieurs).

PROGRAMMES DE RECHERCHE

Nos différents projets portent sur la formation des ingénieurs à l'innovation responsable selon les principes du développement durable au sens large.

Nous travaillons au développement d'une approche sociotechnique des problèmes, qui associe les composantes techniques, économiques, juridiques, humaines, sociales, environnementales, politiques, éthiques...

CONTACTS

Linda GARDELLE

Enseignante chercheure, responsable
du département Sciences Humaines
et Sociales, responsable de l'équipe FIP
linda.gardelle@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 89 05

Denis LEMAITRE

Enseignant chercheur,
directeur du laboratoire FoAP
denis.lemaitre@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 88 65

FOCUS

LANCEMENT DU NOUVEAU LABORATOIRE FORMATION ET APPRENTISSAGES PROFESSIONNELS (FOAP)

Le Cnam Paris, ENSTA Bretagne et AgroSup Dijon unissent leurs équipes de sciences humaines par la création d'un laboratoire de référence en Sciences de l'Éducation et de la Formation, à l'échelle nationale et internationale, sur les questions de la formation au sens large : formation professionnelle initiale, enseignement supérieur, formation tout au long de la vie, apprentissages dans l'activité, parcours professionnels.

La formation des ingénieurs y tient une place importante, notamment sous l'angle de la formation à l'innovation responsable et au développement durable, axe que porte particulièrement l'équipe FPI à l'ENSTA Bretagne.

Historiquement, le ministère des armées et le ministère de l'agriculture et de l'alimentation ont une importante activité de formation professionnelle initiale et continue. Les deux écoles, ENSTA Bretagne et AgroSup Dijon, imprégnées par cette culture, trouvent dans le Cnam un autre établissement dont c'est la vocation première. Les équipes de Dijon, de Paris et de Brest se connaissent et collaborent ainsi depuis longtemps.

Trois axes thématiques :

- Conception de formations, circulation des savoirs et compétences des apprenants,
- Curriculum et dynamiques identitaires,
- Espaces d'action et apprentissages professionnels.

FORMATION ET PROFESSIONNALISATION DES INGÉNIEURS (ÉQUIPE FPI)

Projet RIIME PHC Maghreb

« Recherche sur les Ingénieurs et la formation à l'Innovation au Maghreb face aux enjeux Environnementaux » (RIIME) est un projet financé par le ministère français des Affaires étrangères, via CAMPUS France, le ministère algérien de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, le ministère marocain de la Recherche et de l'Enseignement supérieur et le ministère tunisien de la Recherche et de l'Enseignement supérieur.

Ce projet qui comprend 7 thèses, porte sur le Maghreb mais les questions soulevées peuvent aussi se poser en France et en Europe.

L'objectif est d'améliorer la contribution des formations scientifiques et techniques à la formation d'innovateurs responsables, conscients des grands enjeux contemporains, dans un contexte de relations complexes entre les besoins du terrain (entreprises / États / société), les évolutions des formations d'ingénieurs, l'influence très forte, des référentiels internationaux qui veulent étendre leur influence et se concurrencent (CTI, ABET, CDIO...).

Colloque Questions de Pédagogies dans l'Enseignement Supérieur, 17-21 juin 2019 : « (Faire) coopérer pour (faire) apprendre »

Ce colloque international et francophone a été créé à Brest en 2001, par IMT Atlantique [site de Brest] et l'ENSTA Bretagne. Il a rapidement pris son essor et voyagé dans différentes villes (Lille, Louvain-la-Neuve, Angers, Sherbrooke, Grenoble), rassemblant toujours plus de participants.

Pour sa dixième édition, le colloque est revenu dans son port d'attache, organisé cette fois par l'ENSTA Bretagne, IMT Atlantique et l'Université de Bretagne Occidentale. Il a réuni 400 enseignants et chercheurs. Les diverses activités proposées ont rencontré un franc succès : pré-colloque de formation des enseignants, conférences, sessions de présentation des communications, ateliers de mise en œuvre pédagogique.

Projet A-STEP2030

Le projet ERASMUS+ « Attracting diverse Talent to the Engineering Professions of 2030 » réunit des institutions d'enseignement supérieures soutenant l'innovation pour la formation d'ingénieurs responsables, capables de répondre aux défis sociétaux du développement durable.

Plus de 50 chercheurs et enseignants de 6 pays européens sont mobilisés. Le consortium du projet comprend sept membres : ENSTA Bretagne (France), Dublin Institute of Technology (Irlande), Aalborg University (Danemark), Helsinki Metropolia University (Finlande), Universum (Suède), SEFI (European Society for Engineering Education) et BEST (Board of European Students of Technology) de Belgique. Le projet est coordonné par l'ENSTA Bretagne, sous la responsabilité de Klara Kövesi.

A-STEP 2030 a démarré en septembre 2018 pour trois ans. Il vise à développer une démarche d'apprentissage innovante en accord avec les valeurs et motivations des apprenants. L'objectif est de les former aux compétences nécessaires en lien avec les défis du développement durable et d'attirer en formation d'ingénieur des jeunes qui auront ce but.

Deux études européennes ont été réalisées : une qualitative (dans 4 pays

européens) sur les compétences des ingénieurs pour assurer les défis de développement durable, et une étude quantitative (dans 6 pays européens) interrogeant l'impact des valeurs et des motivations des jeunes, des étudiants et des apprenants adultes sur leurs futurs choix de carrière.

Les résultats ont été partagés dans trois workshops européens, quatre symposiums d'été, une conférence nationale, quatre communications, un webcast et cinq webinaires.

+ d'infos : www.astep2030.eu/en

Projet « L codent L créent »

Ce projet est à la fois un dispositif de formation et un projet de recherche.

Les études d'ingénierie se féminisent (27 % de filles en moyenne en 2016/2017 contre 19.9 % en 1990/1991), mais cette évolution ne s'opère pas de manière homogène selon les domaines. Les recherches accréditent l'idée que les images et perceptions du numérique constituent le principal élément explicatif à ce repli.

Des ateliers de programmation à destination de collégiennes de 6 établissements de la région de Brest (dont 3 en réseau d'éducation prioritaire), animés exclusivement par des étudiantes en licence et école d'ingénieur, ont été mis en place et ambitionnent de faire évoluer cette représentation.

Dans une perspective de sociologie des acteurs-actrices, ce projet s'attache à rendre compte de la manière dont les personnes impliquées dans le dispositif donnent sens à leur engagement et à leurs actions.

> + d'infos : ensta-bretagne.fr/fr/l-codent-l-creent



ENSTA BRETAGNE

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
DE TECHNIQUES AVANCÉES BRETAGNE

2, rue François Verny
29806 Brest Cedex 09



www.ensta-bretagne.fr

