



RAPPORT ANNUEL

SOMMAIRE

P4

RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE
ET ENVIRONNEMENTALE

P5

LE PROJET ENSTA 2030

P10

FORMATION
Incubateur - Cycles
Parcours et performances

P16

RECHERCHE
Sciences mécaniques
Technologies de l'information
Sciences humaines

P28

PALMARÈS 2023



> chiffres clés
> insertion professionnelle

CONTACTS

DIRECTION GENERALE
direction@ensta-bretagne.fr

DIRECTION DE LA COMMUNICATION
com@ensta-bretagne.fr

ÉDITO

Explorer collectivement, progresser ensemble

L'année 2023 a été marquée par de nombreux temps forts pour nos étudiants et nos personnels. L'établissement a poursuivi son développement en formation et recherche, avec le soutien de ses partenaires, entreprises ou collectivités. Nous tenons à les remercier pour leur appui.

Nos élèves ont pu rencontrer de grandes figures des sciences et de l'ingénierie, de la défense et de la société civile. En février trois personnalités nous ont fait l'honneur de leur présence : la docteure et spationaute Claudie Haigneré, le directeur technique d'Ariane Group Hervé Gilibert et le délégué général pour l'armement Emmanuel Chiva. Elles ont débattu sur les grands enjeux de la conquête spatiale. Cet événement a permis aux élèves ingénieurs de découvrir plusieurs parcours professionnels de nature à les inspirer.

En octobre, Emmanuel Levacher, PDG d'Arqus, a parrainé les promotions 2024 et 2025. Ce parrainage s'est accompagné de programmes de coopération structurants, avec la création d'un laboratoire commun sur l'optimisation énergétique des véhicules militaires ou encore le prêt du prototype BMX01 des véhicules « Griffon ». Il a été l'occasion d'une conférence sur les questions de défense et souveraineté donnée par Marie-Pierre de Baillencourt, directrice générale de l'Institut Montaigne. Citons également la venue d'Yves Guillam, membre de la direction de l'organisation hydrographique internationale et parrain de la nouvelle vedette hydrographique Mélitte pour la formation et la recherche.

L'engagement de l'école et de ses élèves ingénieurs se tourne également vers les populations scolaires du secondaire, pour agir en faveur de l'égalité des chances au travers des Cordées de la réussite, des Entretiens de l'excellence ou des Rencontres de l'apprentissage.

C'est dans le cadre de cette stratégie de développement de l'école sur les grands enjeux de souveraineté nationale et européenne que s'inscrit le projet de fusion avec ENSTA Paris.

À l'issue des travaux préparatoires intenses menés par les équipes des deux écoles, le ministère des armées a donné instruction en octobre de créer le nouvel établissement pour le 1^{er} janvier 2025, puis de démarrer les nouveaux cycles de formation à la rentrée 2026. Il s'agit d'une formidable occasion de créer, au sein de l'Institut polytechnique de Paris, un nouvel ensemble sur deux sites, acteur d'excellence en formation, recherche et innovation dans les secteurs stratégiques que sont la mobilité, l'énergie, la mer, la défense et la sécurité, le numérique ou encore la santé.

Demain, dans le cadre de la nouvelle ENSTA, nos communautés d'enseignants, de chercheurs et d'anciens élèves réunies seront à même d'agir plus efficacement pour le bien commun. Chacune et chacun peut en être fier !



Laurent Giovachini
Président du conseil
d'administration

Bruno Gruselle
Directeur général



LES SECTEURS
D'ACTIVITÉ
PARTENAIRES



INDUSTRIE
NAVALE
ET ÉNERGIES
OFFSHORE



DÉFENSE
ET SÉCURITÉ



TECHNOLOGIES
DE L'INFORMATION
ET SYSTÈMES
D'OBSERVATION



AÉRONAUTIQUE
ET ESPACE



INDUSTRIE
AUTOMOBILE
ET VÉHICULES
TERRESTRES



ENSEIGNEMENT
ET RECHERCHE



NOTRE RAISON D'ÊTRE

Donner aux futurs ingénieurs, chercheurs et à l'industrie – en particulier aux acteurs de la défense, du maritime, des transports et du numérique – la capacité de comprendre et penser l'océan et le monde, de concevoir des solutions technologiques innovantes et responsables, au service de la société et de l'autonomie stratégique de la France et de l'Europe, pour un avenir meilleur pour tous.

THE World
University
Rankings

L'école est classée au rang
[501-600]

sur 1800 universités
établissements,
universités et grandes écoles
dans le monde

5^e place

sur 15 écoles d'ingénieurs classées

236^e

pour la qualité et l'intensité
du lien recherche-industrie



INGÉNIERIE ET MARITIMITÉ

C'est un des domaines d'excellence stratégiques et historiques de l'école. Née il y a plus de 200 ans dans les arsenaux, ENSTA Bretagne est l'école d'ingénieur dont l'inclinaison pour les sciences et technologies marines en France est la plus manifeste.

Cette maritimité s'exprime par le nombre important d'ingénieurs et docteurs formés, ainsi qu'une dynamique régionale et nationale propice au développement de ces activités de formation et de recherche.

**55% DE NOS DIPLÔMÉS
170 À 200 INGÉNIEURS
ET EXPERTS DE LA MER PAR AN.**

13 profils dans 7 spécialités

- architecture navale
- énergies marines renouvelables
- hydrographie-océanographie
- robotique marine
- systèmes embarqués
- systèmes d'observation
- management de projets maritimes

3 DÉFIS MAJEURS

- La décarbonation du transport maritime
- Le développement des énergies marines renouvelables, en particulier l'éolien offshore
- De nouvelles capacités d'exploration et d'observation, du trait de côte aux grands fonds

CONTACT :

margot.provost@ensta-bretagne.fr



+ d'infos sur IngéBlue

**10 ÉQUIPES
DE RECHERCHE
IMPLIQUÉES**



**en sciences mécaniques
et technologies de l'information**

- 2 unités mixtes de recherche avec le CNRS et l'ESR breton (institut Carnot ARTS), et Lab-STICC
- 1 chaire industrielle ANR, 2 labcom et 1 GIS avec Naval Group, Safran et Thales
- 2000 m² des moyens expérimentaux

**STRUCTURER
LA FILIÈRE FRANÇAISE**



Créé en 2022, étendu en 2023, l'institut IngéBlue fédère 14 établissements français impliqués dans les formations et recherches dédiées à l'ingénierie marine.

Son objectif est d'amplifier les synergies interrégionales et la conduite de projets multidisciplinaires pour répondre aux besoins d'innovation technologique et de transition écologique des filières maritimes françaises et européennes.

- > AID partenaire :
6 projets de recherche portés par IngéBlue (2,6 M€)
- > 9 écoles d'ingénieurs
- > 3 universités
- > 2 organismes publics d'expertise

RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE ET ENVIRONNEMENTALE

NOS ACTIONS ET ENGAGEMENTS

L'ÉCOLE EST ENGAGÉE POUR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE



ENSTA Bretagne est signataire de l'accord de Grenoble et **labellisée DD&RS depuis 2022**, label de l'enseignement supérieur délivré par la Conférence des Grandes Ecoles et France Universités qui garantit notre engagement en faveur de la réduction des impacts environnementaux et de la lutte contre les inégalités sociales.

Sur son campus de 7 hectares, l'école poursuit sa mue avec le soutien du CPER¹ 2021-27. Depuis 6 ans déjà l'école est alimentée par le réseau de chaleur de la ville, provenant à 85% de l'incinération des déchets ménagers. Elle a poursuivi en 2023 ce raccordement qui représente maintenant la quasi-totalité des bâtiments. De plus, ont débuté les travaux de rénovation complète des 6 bâtiments de la résidence des élèves afin de transformer les 222 chambres en 230 studios mieux équipés et mieux isolés.



11 décembre 2023, accueil de lycéens bretons réunis par le rectorat de Rennes pour un serious game. Ils ont simulé l'organisation des débats internationaux de l'ONU de la COP21.

Il s'agit aussi de **préparer les futurs diplômés** au pilotage des transitions. Le programme de formation des ingénieurs a pour cela une nouvelle fois évolué et intègre 80 heures d'enseignements et de projets en 1^{re} année sur l'Anthropocène, les enjeux d'énergie, de climat, la conception durable, l'innovation responsable...

Et ce sont toutes les équipes de **recherche** qui sont mobilisées sur ces questions. Les nouvelles connaissances développées portent sur les systèmes de transport moins énergivores, le transport maritime décarboné, les énergies marines renouvelables et la veille environnementale marine, en coopération avec les entreprises et les pôles de compétitivité.

1 > Contrat de Plan Etat-Région

LUTTER CONTRE LES INÉGALITÉS & LE HARCÈLEMENT

ENSTA Bretagne mène une politique active de prévention et de tolérance zéro face aux discriminations et violences, pour le respect de la diversité et le bien-être de toutes et tous sur le campus. L'école s'investit également pour le moyen et long terme, afin que se réduisent les déséquilibres observés de diversité sociale ou de mixité. C'est notamment la mission des référents nommés par la direction générale de l'école, qui animent des collectifs de personnels et d'élèves sur différents sujets :



Cours de Krav Maga

- Harcèlement et violences : le réseau Lutte Discr'i est organisé et mobilisé pour assurer la prévention tout au long de l'année, l'écoute et l'aide. Ses référents participent à l'élaboration,



et à la diffusion des résultats du baromètre annuel des discriminations et violences pour les élèves, et biannuel pour les personnels. Les actions de sensibilisation se sont une nouvelle fois renouvelées et diversifiées : nouvelle brochure, théâtre forum pour les élèves de 1^{re} année (mises en situation interactives).



- Egalité professionnelle entre les femmes et les hommes : préparation d'un état des lieux et du prochain accord.
- Diversité sociale et de genre en école d'ingénieur : 12 Cordées de la réussite pour motiver et guider collégiens et lycéens (lire ci-dessous), journée « 100 femmes, 100 métiers : ingénieure demain » avec l'UIMM, Entretiens de l'Excellence...
- Inclusion des travailleurs handicapés : une journée de sensibilisation et de formation des futurs ingénieurs.



Pierre-Etienne Boucher

ENSTA Bretagne et le fil bleu des transitions

Implantée en bord de mer et impliquée dans son écosystème, ENSTA Bretagne partage avec ses partenaires l'ambition de connaissance et de préservation de cet espace riche et fragile qui est aussi un lieu d'échanges, d'exploration et d'épanouissement.

Autant d'inspirations pour notre campus que nous voulons ouvert à la mixité et à la diversité et porteur d'actions à impact pour faire de la transition écologique un axe fort de notre politique d'établissement.

Cet engagement porte sur l'ensemble de nos champs d'activités avec par exemple l'intégration de problématiques de développement durable au sein des enseignements de tronc commun, les actions portées par nos élèves et leurs enseignants pour donner envie de sciences aux jeunes filles et garçons dans les établissements secondaires ou encore la rénovation énergétique de nos bâtiments principaux.

Positionnée sur l'ingénierie maritime et forte de collaborations ambitieuses avec France Energies Marines ou l'Office Français de la biodiversité et de partenariats emblématiques dans le cadre de l'Institut Ingéblue, la recherche porte une désormais nouvelle ambition sur les transitions,

symbolisée par l'adhésion à l'Institut MEET 2050 sur la décarbonation du transport maritime.

Forts de ces accomplissements et orientations, nous abordons 2024 avec détermination pour les poursuivre et les amplifier !

Les Cordées de la réussite 2022/2023, nos élèves témoignent



pierre-etienne.boucher-chapuy@ensta-bretagne.fr
Adjoint au DG, stratégie et transformation

LE PROJET ENSTA 2030

La fusion d'ENSTA Bretagne et ENSTA Paris sera effective en 2025. 1^{er} rentrée commune en 2026.

Sous tutelle du ministère des armées et membre de l'Institut Polytechnique de Paris, la nouvelle ENSTA issue de la fusion confirmée par la DGA en 2023 sera une école engagée au service des souverainetés.

En synergie avec ses écosystèmes locaux, nationaux et internationaux, elle formera des ingénieurs scientifiques et techniques de très haut niveau et contribuera aux transitions écologiques et numériques.

CLASSEMENT

TOP 10 NATIONAL

Parmi + de 200 écoles d'ingénieurs

TOP 50

INTERNATIONAL

Pour l'institut polytechnique de Paris



ALUMNI

UNE COMMUNAUTÉ DE 20.000 ANCIENS ÉLÈVES

20 ENTREPRISES EN CRÉATION

par nos incubateurs

FORMATIONS D'INGÉNIEUR :

Généraliste.....	principalement concours Mines-Ponts
De spécialité défense et sécurité.....	principalement concours mines-télécom
Par apprentissage.....	variées

2 campus

Palaiseau et Brest
et 2 campus internationaux

+ de 2000 étudiants

- 1500 ingénieurs
- 250 masters
- 110 mastères spécialisés
- 270 doctorants

EFFECTIF

+ de 170

enseignants chercheurs

OUVERTURE

30%

d'étudiants internationaux

DIVERSITÉ

Politiques en faveur de l'égalité sociale et de genre

SECTEUR D'EXPERTISE

• Défense, sécurité



• Mobilité



• Énergies



• Maritime



• Numérique



• Santé



UNE RECHERCHE ACADÉMIQUE ET PARTENARIALE D'EXCELLENCE

soutenue par des programmes et acteurs nationaux et européens (ANR, AID, Horizon Europe, France 2030)

9 LABORATOIRES

EN COTUTELLE AVEC LE CNRS, INRIA, CEA, EDF.
MEMBRES DES RÉSEAUX INSTITUTS CARNOT, LABEX ...

30 CHAIRES INDUSTRIELLES

DONT CHAIRES ANR ET LABORATOIRES COMMUNS

18 M€

DE CONTRATS DE RECHERCHE /AN

IP PARIS

IMPLICATION FORTE EN PARTICULIER EN SCIENCES ET INGÉNIERIE POUR LA DÉFENSE-SÉCURITÉ ET LE MARITIME

TEMPS FORTS ET JOURNÉES D'EXCEPTION



FÉVRIER

Cérémonie du Fanion et conférence « 3 visions de l'espace »

Par le Délégué général pour l'armement,
la Dr **Claudie Haigneré**
et le directeur technique d'ArianeGroup



Le délégué général pour l'armement, **Emmanuel Chiva**, a présidé cette journée exceptionnelle qui débutait par la cérémonie de passation du Fanion entre les élèves ingénieurs IETA de 3^e et de 2^e année (promotions 2023 et 2024) : « *Soyez curieux, engagés, inventifs. Je compte sur vous pour écrire les prochaines pages de votre école et de la Défense nationale* » a souligné Emmanuel Chiva lors de son allocution aux élèves IETA réunis..



Cette journée a été marquée par la présence d'une femme de science très attendue des élèves et des personnels, la Dr **Claudie Haigneré** (photo), astronaute, ancienne ministre et figure emblématique de l'excellence scientifique et aérospatiale française,

ainsi que de représentants de la direction d'ArianeGroup, industriel qui développe et construit les lanceurs européens Ariane. **Hervé Gilbert**, directeur technique des programmes était accompagné de **Florence Gallois**, directrice des ressources humaines.

Ils sont longuement intervenus devant les élèves sur le thème « défense et espace, regards croisés », partageant leurs expériences et visions.

Cette journée a mis en lumière le rôle des ingénieurs et chercheurs d'ENSTA Bretagne dans ce domaine de souveraineté et permis d'évoquer quelques-uns des grands défis spatiaux des prochaines décennies.



Vidéo :
Palmarès avril 2023

AVRIL

Cérémonie du Palmarès de la promotion 2022 « Henri-Germain Delauze »

La 52^e cérémonie de remise des diplômes ENSTA Bretagne s'est tenue dans la grande salle de Brest Arena, en présence des nombreux diplômés et de leurs invités. Elle était co-présidée par le parrain de la promotion 2022, **Guénaél Guillerme** (photo), ancien élève de l'école (promotion 86), chef d'entreprise et ex PDG de l'entreprise de robotique marine ECA Group.



332
DIPLOMÉS

Plusieurs prix ont été remis par l'école et les partenaires.
Ont notamment été mis à l'honneur :

- les majors des spécialités,
- l'engagement extra-scolaire du Bureau des élèves,
- les parcours scientifiques d'ingénieurs chercheurs, en particulier celui de **Tyméa Perret**, hydrographe et prix scientifique 2023,
- l'engagement d'IETA, valorisé par le prix du DGA,
- le meilleur projet de fin d'étude maritime, prix national attribué par l'ATMA à un architecte naval Loughlin Dudley.



Vidéo :
Tyméa Perret en thèse à Ifremer

Guénaél Guillerme, parrain de la promotion : « (...) *Lorsque l'un d'entre vous interviendra comme parrain de la promotion 2060, j'espère que vous serez fiers d'avoir contribué en tant qu'ingénieur, d'avoir mis tout ce que vous avez acquis comme connaissances et expériences au service de l'objectif qui coiffe tous les autres : que vous aurez contribué à limiter le réchauffement planétaire dans les objectifs fixés pour 2050 puis pour la fin du siècle. (...) Ne comptez sur personne. Intégrez cet objectif dans vos actes d'ingénieurs au quotidien. Vous verrez, pas toujours mais bien souvent, que vos bonnes pratiques feront tache d'huile au sein de votre équipe et dans l'entreprise, même si ça peut prendre des mois ou des années. Soyez constants et tenaces.* »

MAI

ENSTA Bretagne baptise sa nouvelle vedette hydrographique «Mélité»

8 PASSAGERS
10 M DE LONG
FOND PLAT



Plus spacieuse et encore mieux équipée, la nouvelle vedette est dédiée à la formation des ingénieurs hydrographes et océanographes, l'une des 12 spécialités emblématiques de l'école. Elle a été baptisée par **Yves Guillam**, adjoint aux directeurs de l'organisation hydrographique internationale (OHI) et ancien élève de l'école (promotion 84).

Il a souligné la qualité de la formation ENSTA Bretagne, souvent prise en exemple dans la communauté internationale, et salué l'arrivée de la *Mélité* _qui remplace la *Panopée*_ pour permettre de former encore plus d'hydrographes et d'océanographes et de répondre aux besoins forts de connaissance des zones maritimes et des mécanismes océan-climat.

La précédente vedette, *Panopée*, avait été mise en service en 2007 et a accueilli à son bord plus de 400 étudiants et étudiantes en hydrographie-océanographie. ENSTA Bretagne dispense en effet l'une des plus importantes formations d'hydrographes et océanographes au monde de catégorie A, le plus haut niveau de la norme internationale.

14 JUILLET



2^e défilé militaire du 14 juillet des élèves IETA

Un carré défilant composé de 51 élèves ingénieurs des études et techniques de l'armement (IETA) a participé au défilé militaire 2023 sur les Champs-Élysées, faisant honneur à l'ENSTA Bretagne, à la DGA et aux cadres qui les y ont préparés. Témoignages d'élèves recueillis : « *nous nous sommes entraînés pendant deux semaines pour que la performance soit parfaite* » ; « *le jour J sur les Champs-Élysées la tension monte. Pas de place à l'erreur !* » ; « *ce fut un honneur et une fierté !* ».

C'était également la 1^{re} participation des ingénieurs de la DGA, carré au sein duquel défilaient de nombreux ingénieurs militaires diplômés d'ENSTA Bretagne, représentant également le corps des IETA.



+ de photos

MAI

Création du labcom THOR sur l'optimisation énergétique

ARQUUS et ENSTA Bretagne ont créé un laboratoire commun sur l'optimisation énergétique des véhicules et de leurs bases en défense terrestre. Il a été présenté lors du Technoday sur l'innovation qui s'est tenu le 31 mai chez Arquus. Il rassemble les travaux sur l'hybridation de véhicules lourds et s'appuie sur la mise en place d'un banc d'essais à ENSTA Bretagne.



OCTOBRE

Parrainage des promotions 2024 et 2025 par Arqus

Respectivement baptisées promotions « Henri Navier » et « Marie Marvingt », les étudiants de 2^e et 3^e année ont connu une journée exceptionnelle de parrainage à la rentrée 2023, conduite par leur parrain, **Emmanuel Levacher**. Le PDG d'Arqus a présenté son parcours et les activités de son entreprise qui équipe l'armée de Terre française en véhicules blindés de haute technologie. Il était accompagné d'une partie de l'équipe dirigeante d'Arqus et de **Marie-Pierre de Baillencourt**, directrice générale de l'Institut Montaigne. Ensemble ils ont partagé leurs expériences et visions sur les thèmes de la souveraineté et des engagements citoyens. Marqueur de cette journée, le 1^{er} prototype du blindé, le Griffon, est depuis exposé à l'ENSTA Bretagne.



NOVEMBRE

Demain'génieur : forte affluence

Le rendez-vous annuel des anciens élèves et entreprises avec les élèves ingénieurs a pris une grande envergure, porté par les équipes de La Ruche et de l'association ENSTA Bretagne Alumni.

Domaines représentés : maritime, numérique, défense, énergie, automobile, spatial

Le forum 2023
en images55 ENTREPRISES
REPRÉSENTÉES53 ANCIENS
ÉLÈVES77 RESPONSABLES RH
ET RECRUTEURS

DÉCEMBRE

Les entretiens de l'excellence

Collégiens, lycéens, parents, enseignants et professionnels de différents métiers se sont rencontrés sur le campus d'ENSTA Bretagne le samedi 2 décembre. L'objectif de cet événement national ? guider les plus jeunes dans leur orientation scolaire et contribuer à l'**égalité des chances** en permettant des rencontres inspirantes avec des professionnels de différents domaines. Pour la 1^{re} fois organisée à l'ENSTA Bretagne, cette journée a connu un immense succès, grâce aux bénévoles de l'association, aux étudiants d'ENSTA Bretagne, aux personnels de l'école et aux nombreux professionnels mobilisés !

65 PROFESSIONNELS
PRÉSENTS20 ATELIERS
MÉTIERS500 SCOLAIRES ET
PARENTS PRÉSENTS

10 DOMAINES D'EXCELLENCE

Ces enseignements, délivrés au plus haut niveau et souvent originaux, s'appuient sur une recherche appliquée et de nombreux partenariats avec l'industrie.

- Les diplômés d'ENSTA Bretagne suivent des trajectoires professionnelles variées en ingénierie, recherche, management, conduite de projets, direction ou création d'entreprise.
- Chacune de ces voies d'expertise correspond à des enjeux technologiques d'avenir pour les applications civiles et de défense.

HYDROGRAPHIE & OCÉANOGRAPHIE (CAT. A)



Brest est le berceau mondial de la discipline et l'ENSTA Bretagne la seule école française dispensant une formation en hydrographie de catégorie A (le plus haut niveau, délivré par la FIG-OHI-ACII).

C'est aussi l'une des plus reconnues au monde. L'hydrographie et l'océanographie recouvrent les méthodes de mesure et de description des océans, mers, lacs et cours d'eau. Ces informations sont indispensables à la conduite de toutes les activités en mer, littorales ou fluviales.

ROBOTIQUE AUTONOME



Les défis scientifiques sont multiples : autonomie des robots, coordination, furtivité... Dans ce contexte de recherches accrues et d'applications très variées, la formation donne les clés pour concevoir, fabriquer, programmer et expérimenter des robots, mobiles et autonomes, pour la conduite de missions de tous types en milieux marins, aériens et terrestres.

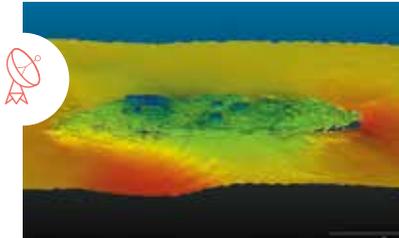
CONCEPTION DE SYSTÈMES NUMÉRIQUES



La formation doit permettre de participer à la conception de systèmes numériques fiables, sûrs et durables, associant télécommunications, circuits numériques, informatique. Ces ingénieurs sont formés aux méthodes et technologies des systèmes embarqués, dans leur environnement distribué et hétérogène (edge, Cloud), à l'ingénierie du logiciel (conception et modélisation) ainsi qu'aux systèmes communicants.



SYSTÈMES EMBARQUÉS, D'OBSERVATION & IA



Répondant aux attentes de multiples entreprises et organismes publics, civils et de défense, ENSTA Bretagne concentre des expertises étendues en conception de systèmes embarqués, systèmes d'observation multi-capteurs et technologies avancées de traitement de l'information pour l'aide à la décision.

INGÉNIERIE ET SCIENCES DE L'ENTREPRISE



Cette formation complète les sciences de l'ingénieur et le tronc commun en sciences humaines, pour former des managers, des chefs de projets et des entrepreneurs.

Ces approfondissements en management permettent aux diplômés de s'ouvrir à de plus vastes responsabilités au sein des entreprises ou d'organismes publics ou de créer leur entreprise. D'autres étudiants choisissent une formation d'une année dédiée au management de projets maritimes.

ARCHITECTURE DE VÉHICULES



Depuis longtemps partenaire de l'industrie automobile et de tout le secteur des véhicules terrestres, l'école forme des concepteurs de véhicules plus performants et plus respectueux de l'environnement.

Couplée à une recherche appliquée et un master européen, la formation donne aux ingénieurs de belles perspectives d'emploi en France et à l'international.

SYSTÈMES PYROTECHNIQUES



Unique en France, cette formation dédiée à la pyrotechnie prépare à l'analyse et à la conception de systèmes explosifs et à leur intégration dans des systèmes mécaniques. Seule l'acquisition d'une expertise de haut niveau permet de maîtriser les effets des explosifs et de concevoir des systèmes de propulsion. Défense, aérospatiale, automobile, travaux publics ou encore prévention des risques industriels : de nombreux secteurs d'activité sont concernés.

ARCHITECTURE NAVALE ET OFFSHORE



ENSTA Bretagne conduit la plus importante formation de France en architecture navale et ingénierie offshore, et mène de nombreuses recherches sur les systèmes navals du futur, pour un transport maritime adapté aux grands enjeux et plus respectueux de l'environnement.

Avec cette formation d'excellence, les diplômés sont appelés à concevoir tous types de navires, sous-marins et plateformes navales.

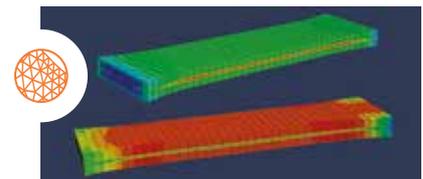
ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES



Produire de l'électricité à partir des énergies renouvelables marines (vent, vagues, courants...) repose sur des plateformes marines et sous-marines innovantes et durables, soumises à de fortes contraintes en mer.

Les programmes de recherche et une formation unique en France visent leur développement.

MODÉLISATION DES MATÉRIAUX ET STRUCTURES



L'utilisation de nouveaux matériaux et modes d'assemblage est une forte tendance. Il s'agit de relever des challenges complexes de dimensionnement pour de nombreux secteurs d'activité où les performances mécaniques les plus élevées sont cruciales : aéronautique, naval, automobile, énergie, défense, biomédical... L'optimisation par la modélisation est nécessaire dans tous ces domaines, pour réduire l'empreinte environnementale des activités, pour s'adapter aux nouvelles normes, ou pour saisir de nouvelles opportunités (nouveaux matériaux, procédés innovants, énergies nouvelles...).



FOR MA TION



L'INCUBATEUR

DE LA DÉCOUVERTE À LA RÉALISATION

Une double vocation :

- Accueillir des porteurs de projet.
En 6 ans, une douzaines de projets ont déjà pris leur envol ou sont sur le point de le faire.
- Insuffler l'esprit d'entreprendre aux étudiants et les former à l'entrepreneuriat



Contact : **Maryline BESNARD**
 Pilote de l'incubateur
 enstartups@ensta-bretagne.fr

#MER #DDRS #ÉNERGIE
 #NUMÉRIQUE #SANTÉ

PROJETS EN CRÉATION EN 2023/2024

- **ARKHEES STUDIO - BIOLITH :**
Réalisation d'un biomatériau pour le renforcement des traits de côte du littoral. La caractérisation des propriétés du matériau et les essais ont débuté sur le campus.
- **CARGOMORPHOSE :**
création d'une filière d'éco-conception en génie civil par réemploi de pièces et structures de navires
- **EHM :**
Conception, fabrication et commercialisation d'un nouveau moteur à hydrogène pour rétrofit de moteurs de camions et cars.
- **NAM bike** devient **NAM-iTech :**
bureau d'étude spécialisé dans l'optimisation et le calcul de matériaux composites biosourcés. Une preuve de concept sera réalisée sur un vélo.



- **OX-EYE :**
écoconception de voilier en matériaux biosourcés.



Voir la vidéo

- **SEEDERAL TECHNOLOGIES :**
tracteur électrique innovant.
De premiers essais grandeur nature démontrent tout le potentiel de la solution proposée !
- **SAIL ON BAMBOO :** Conception et fabrication d'un voilier en contreplaqué de bambou.
Les 1^{ers} essais en laboratoire sont concluants. Fabrication du prototype prévu pour cet été.

LES CYCLES INGÉNIEURS, MASTERS ET MS

RÉMY THIBAUD, DIRECTEUR DE LA FORMATION



Rémy Thibaud

« ENSTA Bretagne délivre un enseignement pluridisciplinaire exigeant, pour répondre aux grands enjeux technologiques et sociétaux des industries partenaires et du ministère des Armées. Fidèle au modèle d'origine des écoles d'ingénieurs et attachée au principe de spécialisation progressive, ENSTA Bretagne propose 3 formations d'ingénieurs, généralistes ou de spécialité en 3 ans, accréditées par la CTI, des masters accrédités par le MESR, des mastères spécialisés accrédités par la Conférence des Grandes Ecoles et délivre le doctorat. ENSTA Bretagne est également école d'application de l'Ecole polytechnique depuis 2020. »

LE CYCLE INGÉNIEUR GÉNÉRALISTE, SOUS STATUT ÉLÈVE, 9 SPÉCIALITÉS :

Former des ingénieurs fortement tournés vers l'innovation et la recherche, la performance industrielle et les transitions.

Une large palette de métiers en ingénierie : ingénieur d'étude, d'essai, de conception, de R&D, de recherche, chargés d'affaires et entrepreneurs. Ces ingénieurs suivent des parcours variés à la DGA, dans l'industrie, en bureaux d'étude, centres de recherche ou créent leur entreprise.

C'est la formation historique d'ENSTA Bretagne. Elle forme des ingénieurs civils et militaires, du corps des IETA (ingénieurs des études et techniques de l'armement). C'est une formation sélective, dont l'attractivité s'est à nouveau confirmée lors des admissions 2023.

Son programme est en constante adaptation aux exigences renouvelées de la CTI et du monde professionnel pour préparer les ingénieurs aux enjeux écologiques, évaluer par compétences ou s'adapter aux évolutions méthodologiques dans les différents métiers préparés.

Le **tronc commun** est pluridisciplinaire, complet et équilibré. Il se compose de mathématiques, technologies de l'information, numérique, sciences mécaniques, sciences humaines, langues et cultures étrangères, défis sociétaux.

9 voies d'expertise et 15 profils professionnels au choix sont proposés. Cette spécialisation progressive est opérée en 2^e et 3^e année du cycle (équivalent M1, M2).

Les voies d'admission : sur concours Mines-Télécom¹ après classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) scientifiques, ou sur dossier après L3, M1, M2.

1 - Epreuves écrites du concours Mines-Ponts et épreuves orales spécifiques au concours Mines-Télécom.



Notre objectif :
former des ingénieurs,
des chercheurs,
des innovateurs et
des experts de haut niveau,
ouverts sur le monde,
responsables,
à forte culture scientifique,
technologique
et industrielle.

8 MASTERS

- Ingénierie **automobile** (master européen avec les universités de Prague, Arnhem, Chemnitz) et Bandung
- **Robotique mobile et véhicules marins autonomes**
- **Sciences marines** (avec UBO et IUEM), 4 parcours : hydrodynamique navale, physique de l'océan et du climat, géophysique marine, sciences des données océaniques
- Ingénierie de conception (avec UBO, UBS, ENIB et INSA Rennes), parcours « **mécanique, matériaux et génie civil** »
- Informatique, parcours « **systèmes interactifs, intelligents et autonomes** » (avec UBO, ENIB et IMT Atlantique)



4 MASTÈRES SPÉCIALISÉS®

- Ingénierie marine, architecture navale et offshore
- Pyrotechnie et propulsion
- Expert EMR (énergies marines renouvelables)
- Management de projets maritimes / maintenance des navires

2 CYCLES INGÉNIEUR SPÉCIALISÉS PAR APPRENTISSAGE, 4 SPÉCIALITÉS

Ces formations exigeantes ont fait leur 18^e rentrée en 2023. Elles visent à former des ingénieurs par apprentissage, en sélectionnant des étudiants à fort potentiel issus des IUT, BTS/prépas ATS, voire CPGE.

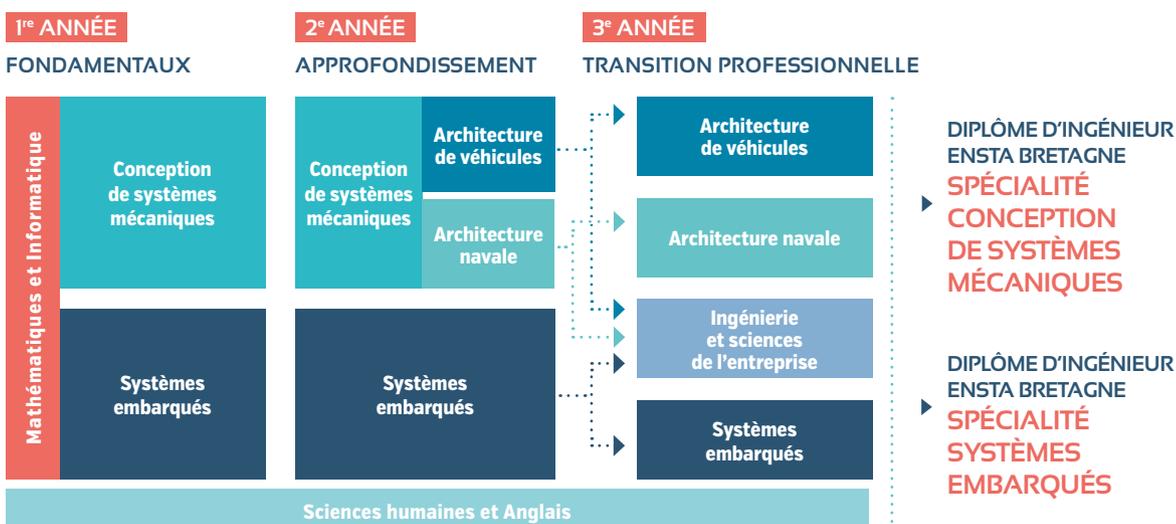
Former des ingénieurs d'étude, de conception, de développement

Un calendrier d'alternance équilibré : 40% de séquences à l'école et 60% de séquences professionnelles dans l'organisme choisi par l'apprenti ingénieur. Elles sont encadrées par 2 référents : le maître d'apprentissage en entreprise et le tuteur école de l'apprenti.

Des exigences de formation élevées, comparables au cycle généraliste, en enseignements de tronc commun et de spécialisation.

Les voies d'admission : principalement sur dossier et entretien, après BUT2, BUT3, prépa ATS (post BTS) ou CPGE ; auxquels s'ajoute l'admission sur concours ATS pour la spécialité « systèmes embarqués ».

Ces cursus peuvent également être réalisés dans le cadre d'une **formation continue de 3 ans**.



CONTACT :

remy.thibaud@ensta-bretagne.fr
Directeur de la formation

VIE ÉTUDIANTE

NOUVEAU BDE



AVRIL

L'équipe 2023/2024 réunie autour d'Amaury s'est mobilisée lors de ce mandat en faveur de la lutte contre la précarité, contre les harcèlements et pour une meilleure prise en compte du développement durable.

LIVE ARIANE V AVEC SPACIETA



13 AVRIL

Dans le cadre du partenariat avec Ariane Group, le 13 avril 2023, des étudiants et personnels ont assisté à la retransmission en direct du 116e lancement d'Ariane 5.

LANCEMENT C'SPACE



JUILLET

Lancement réussi pour la mini-fusée Fuzeen lors du concours C'space organisé par le CNES et Planète Sciences en juillet 2023 : une fusée intégralement imaginée et développée par les étudiants du club Spacieta.

FORUM DES ASSOCIATIONS



SEPT.

Chaque rentrée, les nouveaux étudiants profitent de la journée de découverte du campus pour s'inscrire dans les nombreux clubs et associations de l'école (sports, ingénierie, culture...).

PARCOURS & PERFORMANCES

DES ÉLÈVES ET DES DIPLÔMÉS

Promotion 2024

Nicolas, apprenti-ingénieur en systèmes embarqués a effectué son dernier semestre d'étude à Berkeley



Nicolas Colin

À son initiative personnelle et encouragé par son entreprise, Nicolas a été admis à Berkeley pour un semestre, d'août à décembre 2023. Située face à San Francisco, c'est l'une des universités les plus prestigieuses au monde. Il a intégré son vaste campus de 45000 étudiants pour y valider sa séquence internationale. Là-bas il a suivi des cours en lien avec sa formation : fabrication de processeurs, intelligence artificielle et sécurité informatique.

« Nous faisons nos TP dans des laboratoires impressionnants par leurs équipements, celui dédié aux microcomposants électroniques ou le labo voisin où nous concevons nos propres puces électroniques. »

La flexibilité dans l'organisation des cours, et notamment la possibilité d'en suivre quelques-uns à distance, a permis à Nicolas de voyager à travers le pays : Los Angeles, la Nouvelle-Orléans, le Tennessee mais aussi New-York et Hawaiï !



+ d'infos

Promotion 2024

Hypolyte, élève ingénieur en robotique autonome raconte son incroyable stage à l'université de Tokyo (Japon)



Hypolyte Leroy

C'est dans le cadre de son stage de deuxième année qu'Hypolyte est parti à la découverte du Japon pendant les 4 mois d'été 2023. Leader mondial en conception et développement de robots, le Japon était pour Hypolyte la destination

de stage idéale, et une fantastique opportunité de dépaysement.

Il rejoint la Tokyo University of Sciences en mai, dans les laboratoires du campus de Katsushika aux côtés d'autres étudiants parmi lesquels quelques français, américains et coréens. Son sujet de stage porte sur les robots sous-marins utilisant le biomimétisme, c'est-à-dire des techniques inspirées de la nature en visant une meilleure exploration et observation de la faune sous-marine. Très vite son projet se centre sur le développement d'un robot-poisson, de son architecture électronique et de son intelligence embarquée,

mettant en pratique les connaissances acquises durant sa formation.

« Ce que j'ai préféré ? Outre le stage et la beauté des paysages, c'est apprendre la langue et pouvoir parler à des natifs. En pratiquant le basket avec des collègues japonais de l'université, j'ai noué des liens nous restons en contact aujourd'hui. »

Une autre expérience qui aura marqué son séjour : l'ascension du célèbre Mont Fuji de nuit à la lampe frontale suivi du lever de soleil depuis son sommet à 3776 mètres.



Promotion 2023

Maxime et Thomas, lauréats du 1^{er} prix 2023 du congrès national des ingénieurs de l'automobile



l'automobile (SIA) en juin 2023, qui leur a valu l'attribution du 1^{er} prix.

Le congrès SIA Powertrain a réuni pendant deux jours, plus de 700 personnes du domaine de la motorisation. Maxime et Thomas y ont présenté leur travail scientifique sur l'évaluation du potentiel des batteries au sodium-ion en comparaison des solutions lithium et identifié les applications où leur utilisation est pertinente. Le panel de l'étude allait de la chimie de la batterie jusqu'à un début d'architecture véhicule.

Ce premier prix leur a ainsi permis d'assister au grand prix de Belgique de Formule 1 et de voir les essais libres et la course sprint du samedi. Par la suite, ils ont également eu le privilège de visiter l'écurie Alpine.



+ d'infos



+ d'infos

Promotion 2023 et 2024

Césures et découvertes
du monde à la voile

Simon, Alice, Charlotte, Taina ont en commun d'être passionnés de navigation et d'ingénierie marine, en architecture navale ou hydrographie, et d'avoir réalisé ces voyages passionnants d'une

année sur l'Atlantique en 2022/2023 en partageant leurs aventures avec de jeunes publics, les populations littorales rencontrées sur tous les continents et les élèves d'ENSTA Bretagne à leurs retours à la rentrée 2023.

Simon et Alice : « Nous nous sommes rencontrés en classes préparatoires à Nantes. Nous avons beaucoup navigué ensemble avant de monter le projet et d'embarquer à bord de notre voilier



« Vadrouille ». Le voyage nous a conduit au Sénégal et au Cap Vert. Nous avons fait de formidables rencontres avec les populations et plongé dans le quotidien de jeunes scolaires. Beaucoup, beaucoup de souvenirs et d'émerveillement, en mer comme à terre... »



+ d'infos



Au même moment, Charlotte et Taina ont navigué sur leur voilier de 9 m « Joe » dans l'Atlantique Nord, du Maroc aux Antilles en passant par le Cap Vert : « Nous nous sommes rencontrées à l'association ENSTA Bretagne Sailing Team lors de compétitions de J-80. Baptisée « into the wakes » notre aventure intense a mêlé aventure à portée sociale, partagée dans le cadre des Cordées de la réussite, expérience scientifique, en embarquant



différents capteurs de mesure de l'état de l'océan _ nous avons livré de nombreuses données aux chercheurs de l'école_ et bien évidemment une épopée humaine et maritime. C'était intense, fait de multiples bonheurs et d'un bon lot d'imprévus techniques et de frayeurs que nous sommes fières d'avoir surmontés ensemble. Une formidable expérience ! »



+ d'infos

Promotion 2022 et 2023

Jeanne & Alexis,
Prix Metsue 2022 et 2023

in Alexis Walle

Le prix Master Arnaud Metsue de la Société Française de Métallurgie et Matériaux de l'ouest récompense le meilleur projet de fin d'études (PFE) en master de mécanique. Pour la 2^e année consécutive, ce prix a récompensé des diplômés de l'école de la spécialité modélisation avancée des matériaux et structures. Ces ingénieurs ont doublé leur parcours d'un master « mécanique, matériaux et génie civil » conduit par ENSTA Bretagne avec les universités et grandes écoles bretonnes.

La grande qualité de leurs projets de fin d'étude a été souligné, l'un réalisé en 2022 par **Jeanne** en laboratoire de recherche IRDL à l'ENSTA Bretagne, l'autre en 2023 par **Alexis** chez l'industriel et équipementier automobile Vibracoustic.

Jeanne : « J'ai réalisé ce stage de recherche avec l'équipe de la chaire ANR « Self Heating » (auto-échauffement), conduite avec Safran et Naval Group. Mon sujet répondait à la demande de Safran composite de décrire le comportement mécanique de la résine d'un composite stratifié, afin de pouvoir anticiper la façon et le moment de dégradation du matériau en service, sous sollicitations répétées. Ce prix est une belle reconnaissance du travail que j'ai pu fournir, avec l'appui d'une équipe de recherche très compétente et attentive. »



in Jeanne Cavoit

Jeanne poursuit depuis son parcours d'ingénieure docteure au laboratoire de mécanique IRDL. Elle y réalise une thèse CIFRE sur l'usage de matériaux en fibres textiles afin d'atténuer les effets des travaux maritimes sur l'environnement sous-marin.



+ d'infos

Alumni 2019 au forum Demain'génieur 23

Iroise, architecte navale
écoresponsable

in Iroise Julien

Iroise occupe le poste d'architecte naval dans une PME basée dans le Sud de la France. Passionnée par le monde de la voile, son travail lui permet de transformer un dessin d'architecte en un catamaran léger, performant et écoresponsable.

Ce qu'elle apprécie tout particulièrement c'est d'intervenir sur toute la chaîne de conception et de production de ces catamarans de 16 mètres, de la mise au point des différents éléments avec les fournisseurs (mât, grément, accastillage...) jusqu'aux essais tout en étant proche des équipes techniques du chantier de construction situé sous son bureau.



▶ Voir la vidéo



RE CHER CHE ▶



UNE ACTIVITÉ DE RECHERCHE TOURNÉE VERS LA DÉFENSE ET L'INDUSTRIE



Yann Doutreleau

Les activités de recherche relèvent des sciences de l'ingénieur et répondent à des enjeux applicatifs civils et militaires, posés par les entreprises, le ministère des Armées (DGA, AID) et les agences ministérielles (ANR, ADEME...). Les domaines d'application sont principalement les systèmes de défense, le maritime, les transports terrestres et aériens, l'aérospatiale, l'énergie.

En appui des laboratoires les infrastructures consacrées à la recherche continuent leur développement. Englobant aujourd'hui de nombreux moyens de caractérisation des matériaux et structures (fatigue, impact, pyrotechnie), de caractérisation et d'exploration du milieu marin (acoustique, électromagnétisme, robotique), de moyens en conception de systèmes numériques sécurisés, ils sont complétés progressivement dans le cadre du CPER 2021-2026 (Contrat de Projet Etat-Région), financés par l'Europe, l'Etat français, la région Bretagne, le département

du Finistère et Brest métropole pour un montant total d'environ 10 M€. Ils permettent de développer des programmes scientifiques autour de la conception des systèmes navals, l'observation des océans, les technologies spatiales et drones, la cybersécurité des systèmes maritimes, la digitalisation de l'industrie, les matériaux pour la transition écologique, la robotique d'exploration. L'année 2023 voit en particulier l'acquisition d'un microtomographe permettant de caractériser la constitution des matériaux à une échelle fine.

La dynamique contractuelle et la production scientifique sont cette année encore à un excellent niveau et l'augmentation du nombre d'enseignants-chercheurs habilités à diriger des recherches offre de nouvelles perspectives de progrès.

yann.doutreleau@ensta-bretagne.fr
Directeur de la recherche



3 nouvelles Habilitations à Diriger des Recherches



Claudiu Badulescu
Laboratoire IRDL¹

Collage des matériaux

Les assemblages multi-matériaux se multiplient dans l'industrie. Depuis 2012, les recherches de Claudiu Badulescu portent sur la caractérisation de ces assemblages à l'aide de tests non destructifs, ainsi que sur la modélisation de leurs comportements en fonction de divers paramètres : environnement, nature des matériaux, etc.

De nouvelles pistes sont actuellement explorées, comme l'utilisation d'adhésifs biosourcés (d'origine naturelle) pour remplacer leurs équivalents synthétiques ainsi que la mise au point d'une propriété autocicatrisante pour les structures collées difficiles d'accès.



Ciprian Teodorov
Laboratoire Lab-STICC²

Vérification logicielle automatisée

Pour gagner en fiabilité et assurer le bon fonctionnement des logiciels, la vérification formelle se développe. Elle consiste à analyser l'exactitude du fonctionnement des programmes logiciels, en comparant deux représentations différentes. Depuis 10 ans Ciprian a suivi une voie alternative. Il développe une nouvelle approche, GVmin3, qui propose une architecture logicielle modulaire, compositionnelle et réutilisable pour la conception d'une grande variété d'outils d'exploration du comportement des programmes logiciels.



Gilles Le Chenadec
Laboratoire Lab-STICC³

Exploration sous-marine

Amplifier l'exploration des océans et les activités humaines en mer induit l'utilisation de robots toujours plus autonomes, aptes à se repérer, à se déplacer et à analyser des données. Gilles s'intéresse à la perception automatique du milieu sous-marin par le développement de méthodes basées sur l'analyse des ondes acoustiques sous l'eau, en combinant modélisation acoustique, traitement statistique du signal et de l'image et machine learning. Le chercheur développe également de nouvelles méthodes d'apprentissage automatique (machine et reinforcement learning) pour un pilotage automatisé et optimisé de ces AUV⁴.

1 > Département Assemblages multi-matériaux, au laboratoire IRDL, UMR, institut Carnot ARTS.

2 > Équipe P4S (Processes for safe and secure software and systems), au laboratoire Lab-STICC, UMR.

3 > Équipe MATRIX (modèles, algorithmes et information), laboratoire Lab-STICC, UMR

4 > AUV : autonomous underwater vehicle (robot sous-marin autonome)

SCIENCES MÉCANIQUES

INGÉNIERIE DES MATÉRIAUX
ET DES SYSTÈMES MÉCANIQUES EN ENVIRONNEMENT

De multiples coopérations industrielles.

- avec les industriels de la BITD (base industrielle et technologiques de défense), le ministère des Armées (AID et DGA), la société civile, le pôle de compétitivité mer Bretagne, l'ITE France Energies Marines, le Fablab Exelcar, etc.
- Le taux de thèses CIFRE avec l'industrie est significatif : 40%.
- 2 laboratoires communs consolident ces coopérations industrielles avec la BITD : Gustave Zédé avec Naval Group, Thor avec Arqus.

Le projet scientifique de l'IRD privilégie les applications maritimes civiles et de défense en ingénierie des matériaux et des systèmes mécaniques.

Il cible les secteurs des constructions navales, de l'offshore et des énergies marines renouvelables et intéresse aussi les transports terrestres, l'aérospatiale et le médical.

ENSTA Bretagne contribue à 3 des 5 pôles thématiques de recherche (PTR) de l'IRD :

- Assemblages multi-matériaux : modélisation multiphysique et caractérisation / PTR 2
- Structures, fluides et interactions : déformation sous sollicitations sévères et rapides (hydrodynamique et impacts en mer, effets des explosions) / PTR 3
- Comportement et durabilité des matériaux : effets des sollicitations thermomécaniques et d'environnement / PTR 5



L'Institut de Recherche Dupuy de Lôme

IRD est une unité mixte de recherche du CNRS (6027), membre de l'institut Carnot ARTS.

IRD fédère les équipes de 2 écoles d'ingénieurs et 2 universités (ENSTA Bretagne, ENIB, UBS et UBO).

Une plateforme expérimentale de grande ampleur (PFT Masmeca : 1500 m²) permet des essais multi-échelles afin de valider les modèles théoriques et numériques développés.



Des moyens expérimentaux étendus et originaux.



MODELISER LE COMPORTEMENT DES MATERIAUX ET ASSEMBLAGES EN ENVIRONNEMENT (MARIN, AÉRIEN, TERRESTRE)

#AÉRONAUTIQUE

VIEILLISSEMENT À L'AIR D'UN COLLAGE HYBRIDE COMPOSITE-MÉTAL

Nouvelle thèse avec Safran composites.

Les composites sont de plus en plus assemblés avec des matériaux métalliques. Ces assemblages hybrides sont le plus souvent réalisés par collage. Cette thèse s'intéresse au vieillissement du collage dans le cas précis de pièces en titane collées aux bords d'attaque des aubes fan en composite de moteurs d'avion. Il s'agit de modéliser et caractériser les contraintes extrêmes et l'endommagement subis par le joint de colle entre le titane et le composite, afin d'améliorer le design de ces pièces et les performances de ce type d'assemblage. Un des cas d'application est la mise au point du moteur d'avion zéro carbone de Safran et GE Aviation prévu pour 2035.

Laboratoire IRDL (PTR 2).

Doctorant : Tom SAVARD

Contact : david.thevenet@ensta-bretagne.fr

#NAVAL

VIEILLISSEMENT HYDRIQUE D'UN COLLAGE EN MER



Thèse soutenue par Andreea TINTATU (financement : Thalès, DGA/AID).

Le collage est une technique d'assemblage de plus en plus utilisée dans le milieu industriel, en particulier dans le domaine maritime. La présence d'humidité peut avoir une influence capitale sur la tenue mécanique de ces assemblages collés. Andreea a étudié les mécanismes de diffusion de l'eau dans un matériau adhésif époxy, en observant l'évolution des porosités du joint de colle par tomographie aux rayons X, avant de modéliser ce comportement mécanique à long terme.

Laboratoire IRDL (PTR 2).

Contact : philippe.le_grogneq@ensta-bretagne.fr

#AUTOMOBILE

VIDÉO DE DOCTORANT : PIERRE-YVES CORBEL



[Voir la vidéo](#)

Ruptures d'interfaces métal-élastomère, le cas des pneumatiques.

Pierre-Yves cherche à identifier à quel moment et de quelle manière une fissure apparaît entre deux matériaux très différents : un métal et un élastomère (du caoutchouc par exemple). L'application directe étant les pneumatiques. Il s'intéresse aux ruptures entre la partie rigide du pneu (câble ou carcasse) et la partie souple (la gomme)

(partenaire / financement ?)

Laboratoire IRDL (PTR 2).

Contact : julien.jumel@ensta-bretagne.fr

#NAVAL #NUCLÉAIRE

CONTRAINTES RÉSIDUELLES AU COEUR DES ACIERS DE FORTE ÉPAISSEUR

Le projet RESISTANCE (2024-2026) vise la mise au point d'une méthode pour mesurer ces contraintes

Dans les domaines de la construction navale et du nucléaire, les industriels ont recours à des structures en acier de plusieurs dizaines de millimètres d'épaisseur afin de permettre à ces structures de résister aux fortes pressions. Les procédés de fabrication (formage, soudage) génèrent des chargements internes supplémentaires appelés « contraintes résiduelles » dont la connaissance constitue un enjeu majeur pour optimiser leur dimensionnement et leur durée de vie. Or, mesurer ces contraintes résiduelles au cœur des structures est difficile de par leur forte épaisseur. RESISTANCE vise le développement de nouvelles méthodes de mesures et la mise au point d'un jumeau numérique post-fabrication.

• *Projet ANR ASTRID 2023,*

financé par l'AID, conduit avec Naval Group

Laboratoire IRDL (PTR 5)

Contact : bruno.levieil@ensta-bretagne.fr

CHAIRE INDUSTRIELLE ANR « SELF-HEATING »

Prévoir l'endurance en service, à très grand nombre de cycles, de tous types de matériaux (financé par l'ANR, le groupe Safran et Naval Group).

L'originalité du programme est de reproduire les sollicitations subies en service par un matériau et de mesurer l'évolution de sa température pour déterminer le moment d'endommagement. Cette mesure de l'auto-échauffement est un indicateur de grande précision des propriétés en fatigue des matériaux. La volonté commune de Safran et Naval Group est d'étendre cette méthode de caractérisation à tous les matériaux et assemblages utilisés (métaux, composites, matériaux issus de la fabrication additive). L'objectif final est de disposer de nouvelles connaissances sur les propriétés des matériaux pour réduire les impacts environnementaux d'une part et gagner en performance et compétitivité d'autre part.

- L'équipe : 44 scientifiques et ingénieurs, dont 6 doctorants et 6 post-doc.
- Budget : 2,05 M€ sur 4 ans

#NAVAL #AÉRONAUTIQUE VIDÉO DE DOCTORANTE : MATHILDE RENAULT



[Voir la vidéo](#)

Des hélices marines obtenues par impression 3D

L'impression 3D « arc-fil » permet de réaliser des objets à géométrie complexe et de grande dimension. La thèse de Mathilde vise à développer les modèles numériques de dimensionnement pour permettre la fabrications additive d'hélices marines à longue tenue en service.

Laboratoire IRDL (PTR 5), chaire ANR
Contact : sylvain.calloch@ensta-bretagne.fr

#NAVAL #DÉFENSE

DURABILITÉ DES LIGNES D'ARBRES DE TRANSMISSION EN ACIER

Thèse soutenue par Corentin GUELLEC
(financement : CIFRE Naval Group)

Les lignes d'arbres de transmission sont soumises à des chargements complexes, à très grand nombre de cycles. Caractériser ces contraintes répétées par des expérimentations a permis d'identifier les cycles de fatigue et les différents modes et risques d'endommagement, liés à la rotation de la ligne d'arbre et aux manoeuvres du navire. Ensuite un critère de fatigue propre à l'acier utilisé a été calculé et validé.

Laboratoire IRDL (PTR 5), Labcom Gustave Zédé
Contact : cedric.doudard@ensta-bretagne.fr



©Ideol BYTP ECN Mphoto agency-3

#MARITIME #EMR #FRANCE2030

RÉDUIRE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'ÉOLIEN FLOTTANT



L'équipe ENSTA Bretagne-IRDL est en charge de la modélisation du comportement mécanique de lignes d'ancrage innovantes et de la mise en place de méthodes pour leur inspection sous-marines, afin de réduire les coûts de maintenance (axe 2 du projet)

En parallèle, plusieurs autres briques technologiques sont qualifiées afin de préparer le déploiement des futurs parcs éoliens offshore de grande capacité en optimisant la performance économique et environnementale du flotteur, de sa conception à ses maintenances en service. Chaque innovation sera développée dans une démarche d'éco-conception, prenant en compte le cycle de vie, la recyclabilité et l'impact sur l'environnement marin.

- Durée du projet : 4 ans (2023-2026)
- Budget : 5,7 M€, financé par l'Etat (appels à projets France 2030 opérés par l'ADEME)
- Piloté par BW Ideol, concepteur du flotteur éolien offshore « Floatgen »
- Partenaires : ENSTA Bretagne, Centrale Nantes, Ifremer, Fondation Open-C et IVM Technologies.

Laboratoire IRDL (PTR 5)
Contact : yann.marco@ensta-bretagne.fr

MODÉLISER LES IMPACTS EN MER ET LES EFFETS DE SOUFFLE

#NAVAL

SIMULATION DES EFFETS DE LA HOULE SUR UN NAVIRE

Thèse soutenue par Leila SALOMON
(financement : DGA)

En hydrodynamique navale, on cherche couramment à estimer la résistance à l'avancement d'un navire, et plus particulièrement la résistance ajoutée dû à la houle. Cette dernière, pouvant représenter jusqu'à 40 % de la résistance totale, est souvent très mal prise en compte et nécessite le développement d'outils de calcul adaptés. L'outil numérique développé parvient à simuler des écoulements bi-fluides air/eau. La méthode utilisée se base sur une formulation éléments-finis. Elle obtient une grande précision des résultats et permet de gagner en temps de calcul comme l'a révélé l'étude comparative menée avec d'autres résultats numériques (issus d'approches volumes-finis/VOF)..

Laboratoire IRDL (PTR 3).

Contact : pierre-michel.guilcher@ensta-bretagne.fr

#NAVAL

EFFETS DES EXPLOSIONS SOUS-MARINES



Voir la vidéo : bit.ly/3xdxbtH

Le projet AID PROPEXIM (2023-2026) se concentre sur les effets de la propagation des ondes de choc générées par des explosions sous-marines.

L'objectif est de produire un document de référence pour les forces françaises, leur permettant d'évaluer rapidement et précisément une menace potentielle. Divers scénarios sont pris en compte : la présence de munitions historiques dans les fonds marins, des activités hostiles visant des installations militaires nucléaires ou civiles, les exercices en mer ou le transport de matières énergétiques.

Ce projet se distingue en explorant la propagation des ondes de choc sur un fonds marin complexe (structures portuaires par exemple) et leurs conséquences. L'approche expérimentale en bassin sera suivie de la constitution d'un jumeau numérique puis d'une recherche de solutions mathématiques pertinentes.

Laboratoire IRDL (PTR 3).

Contact : lorenzo.taddei@ensta-bretagne.fr

#NAVAL

ATTÉNUER LE BRUIT SOUS-MARIN



Former les doctorants du programme européen
« SEASOUNDS »

Ce projet débute en 2024. Il vise à mieux caractériser et prédire les paysages sonores sous-marins afin de créer des systèmes « barrières » pour atténuer le bruit sous-marin provoqué par les activités humaines (trafic et travaux maritimes). L'équipe ENSTA Bretagne spécialisée en modélisation des effets des explosions en mer a la mission de former les doctorants du programme aux outils théoriques et méthodologiques de cette discipline.

Laboratoire IRDL (PTR 3).

Site web : seasounds-dn.cnrs.fr

Contact : michel.arrigoni@ensta-bretagne.fr



#DÉFENSE

VIDÉO DE DOCTORANTE : MARION BRATEAU



Voir la vidéo

Quand température, pression et vitesse s'affolent...

Marion a étudié les phénomènes physiques au coeur d'un nouveau type de munition, plus compacte, qui équipe les forces armées françaises et britanniques. La particularité ? la balle est intégrée dans la poudre plutôt qu'à côté.

Thèse soutenue, effectuée en contrat CIFRE avec CTA International.

Laboratoire IRDL (PTR 3).

Contact : michel.arrigoni@ensta-bretagne.fr

SCIENCES & TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

DU CAPTEUR À LA CONNAISSANCE :
COMMUNIQUER ET DÉCIDER

Le Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance (Lab-STICC)

- Lab-STICC est une unité mixte de recherche du CNRS (6285).
- Lab-STICC fédère les équipes de 3 écoles d'ingénieurs et 2 universités : ENSTA Bretagne, IMT Atlantique, ENIB, UBS et UBO.
- Les moyens expérimentaux : plateformes d'observation marines et robotiques, bassins d'essais, moyens nautiques, chambre anéchoïde, moyens cyber.

Le projet scientifique du Lab-STICC cible la défense et les industries civiles, en particulier le maritime, l'aérospatiale et la santé.

Chaires, labcom et GIS : de nombreux programmes de recherche sont conduits en partenariat la DGA, l'AID et les entreprises de la BITD. Des structures de recherche avec l'industrie ont été créées dans le domaine maritime : chaire ANR Oceanix, chaire de cyberdéfense des systèmes navals avec Thales et Naval Group, laboratoire commun et GIS avec Naval Group et Thales.



Les équipes ENSTA Bretagne contribuent à 5 des 9 pôles du Lab-STICC avec 2 objectifs généraux :

- ▶ Représenter et décrire l'environnement (marin, sous-marin, terrestre) et domaines connexes
 - Physique des ondes et systèmes de perception
 - ▶ Créer des méthodes de conception d'architectures logicielles et électroniques à haute performance
 - Architectures matérielles et outils de CAO
- Robots d'exploration, meutes de drones, systèmes autonomes
 - Traitement de l'information, IA et décision
 - Imagerie, détection d'objets
 - Hydrographie, bathymétrie, océanographie
 - Monitoring de l'environnement marin, paysages sonores sous-marins, interactions océan-atmosphère
- (4 pôles impliqués : IA & océan, DMID, SYPH, T213).

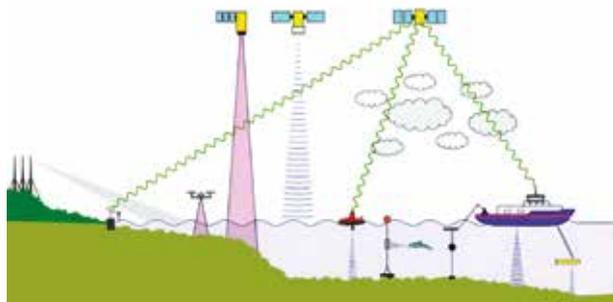


▲
Vue du futur grand bassin d'essais dédié à la robotique marine autonome. Ses dimensions : 20 m x 12 m x 6 m de profondeur. Mise en service en 2025.

REPRÉSENTER ET DÉCRIRE L'ENVIRONNEMENT MARIN

EXPLORER, DÉTECTER, DÉCRIRE, DÉNOMBRER, CLASSIFIER, SUIVRE L'ÉVOLUTION

ROBOTIQUE AUTONOME, ACOUSTIQUE, BATHYMÉTRIE, TÉLÉDÉTECTION, TRAITEMENT DE L'INFORMATION, IA



EXPLORER ET DÉCRIRE LES FONDS MARINS À L'AIDE DE DRONES AUTONOMES

L'équipe ROBEX conçoit l'intelligence de robots marins autonomes d'exploration. Elle crée, développe et expérimente les outils méthodologiques et mathématiques de programmation des robots pour différentes missions. L'autonomie est complexe à mettre en œuvre. De nombreux sujets de thèse permettent de dépasser pas à pas les limites techniques d'observation, de communication ou de géolocalisation dans le milieu sous-marin.



Pr. Luc Jaulin

« L'intérêt des applications est immense. Que ce soit pour l'exploration des grands fonds, la surveillance d'un site sensible, la recherche d'épave, le sauvetage en mer ou l'intervention en zone dangereuse, les drones marins prennent le relais des humains chaque fois que les tâches deviennent trop répétitives, trop longues, trop coûteuses ou trop dangereuses...

L'autonomie des robots marins et sous-marins est une des clés pour remplir correctement ces missions d'exploration, sur de grandes distances ou à de grandes profondeurs. Notre équipe intervient sur cet objectif complexe d'autonomie des robots en utilisant des méthodes mathématiques qui permettent de programmer les robots et de solutionner différentes situations d'application. »

www.ensta-bretagne.fr/robex

Contact : luc.jaulin@ensta-bretagne.fr



AUTOMATISER L'ÉVITEMENT DES COLLISIONS EN MER POUR LA COURSE AU LARGE

PIXEL sur MER, SEA.AI et ENSTA Bretagne relèvent le défi lancé par la classe IMOCA et le pôle mer Bretagne Atlantique.

L'objectif de cette alliance d'experts en électronique embarquée, en fusion de données et en intelligence artificielle, est clair : développer une solution qui permettra de détecter, d'identifier et d'éviter automatiquement les obstacles afin de réduire les risques de collisions et ainsi d'améliorer la sécurité des marins. 3 objectifs : la vision artificielle, la fusion de données et l'automatisme du changement de cap...PIXEL sur MER et ENSTA Bretagne unissent leurs forces sur ce 3e volet afin d'élaborer les algorithmes sophistiqués qui permettront de calculer rapidement et avec précision les trajectoires d'évitement et l'automatisation du changement de direction du bateau.

Laboratoire Lab-STICC (équipe ROBEX).

Contact : lucia.bergantin@ensta-bretagne.fr

VIDÉOS DE DOCTORANTES :



[Voir la vidéo](#)

Mathilde MICHEL doctorante
en traitement de signal et bio-acoustique

Son travail de thèse intègre deux grands volets : allonger la collecte des enregistrements sonores pour un meilleur suivi par la mise en place de stratégies de sous-échantillonnage et traiter les données en les reliant aux informations environnementales (température de l'eau, présence de proies...) afin de mieux comprendre les interactions avec les déplacements des cétagés.



[Voir la vidéo](#)

Perrine BAUCHOT, doctorante en intelligence
artificielle pour le suivi des océans

L'océan représente 70.8% de la planète : un vaste espace encore mal connu. L'enjeu de la thèse de Perrine est de s'appuyer sur différents types d'observation acquises sur l'océan (images satellites, bouées, bateaux...), de les combiner et les valoriser grâce à l'intelligence artificielle pour mieux comprendre les phénomènes physiques en place

SUIVRE LES POPULATIONS DE CÉTACÉS EN MER PAR ACOUSTIQUE PASSIVE



Les 7 positions d'écoute dans le Parc naturel marin d'Iroise.

Bilan du projet Cetiroise (2022-2023), un projet France Relance avec l'Office Français de la Biodiversité

Cette méthode de mesure non intrusive est améliorée sans cesse au travers de différents programmes sur tout le globe. Dans le cadre de Cetiroise, les équipes du Parc naturel marin d'Iroise (PNMI) et d'ENSTA Bretagne ont déployé un observatoire d'écoute et suivi des cétacés durant une année en mer d'Iroise. Le suivi a été mené en 7 points du parc (cf figure ci-dessus). Ces enregistrements relevés tous les 3 mois ont permis de mieux inventorier les espèces présentes et de connaître la fréquence, la saisonnalité et les zones précises fréquentées. Le parc naturel marin d'Iroise accueille des populations résidentes de grands dauphins mais constitue aussi une zone d'importance pour d'autres cétacés : dauphins communs, marsouins communs, dauphins de Risso, rorquals communs, petits rorquals.

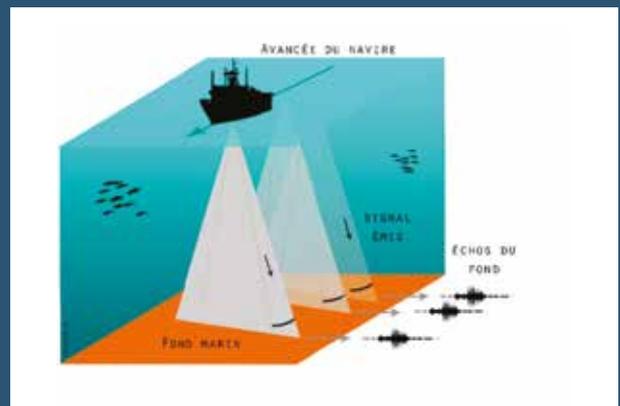
Le principe ? observer en captant les sons émis. Sous l'eau, la lumière pénètre uniquement sur une dizaine de mètres, réduisant rapidement la visibilité. Le son en revanche se propage cinq fois plus rapidement que dans l'air et y est faiblement atténué, faisant de la communication acoustique le moyen le plus adapté pour la transmission de l'information sous-marine. Les cétacés émettent ainsi tout une gamme de signaux sonores dans une large gamme de fréquences pour communiquer, se repérer et chasser. Le suivi par acoustique passive consiste à enregistrer le bruit sous-marin à l'aide d'un ou de plusieurs instruments (hydrophones) sur de longues durées, de traiter et caractériser l'origine des sons et d'en extraire des informations sur le paysage sonore sous-marin, notamment la présence de cétacés.

Toute une chaîne d'analyse et de traitement des données sonores. Plusieurs étapes d'analyses sont nécessaires pour extraire les informations importantes : l'analyse des niveaux de bruit, l'identification manuelle puis automatisée des données larges bandes (signature sonore des cétacés), avant les étapes statistiques de mise en forme des résultats.

Laboratoire Lab-STICC (équipes M3).
Contact : flore.samaran@ensta-bretagne.fr

AMPLIFIER LE TRAITEMENT DES DONNÉES SUR LA NATURE DES FONDS MARINS

Thèse ENSTA Bretagne / Université de Bath soutenue par Irène MOPIN (financement AID-DGA et DSTL) et nouveau projet SeabAid avec le Shom (financement AID-DA).



La carte marine de navigation est composée de diverses indications topographiques et d'informations sur la nature des fonds (sable, vase, roche...), qui sont mesurées par le son : un sonar, ou sondeur, envoie un signal sonore vers le fond et enregistre son écho. L'information contenue dans cet écho permet de déduire les caractéristiques acoustiques du fond sondé, un paramètre qui est de plus en plus employé en hydrographie et dans des disciplines connexes (sédimentologie, géomorphologie...). A l'interface entre théorie acoustique (modélisation), pratique (mesure en mer) et cas d'utilisation (cartes, recherches en mer), la thèse d'Irène a abouti à une méthode d'estimation précise de la réponse du fond et de son incertitude.



Dans la continuité de cette thèse, un second projet de recherche, **SeabAid**, a débuté, en collaboration avec le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (Shom), porté par l'institut IngéBlue. Le besoin du Shom et d'autres organismes hydrographiques, est d'extraire ces informations de réflectivité, qui renseignent sur la nature des fonds, de la grande quantité de données recueillies lors des campagnes en mer. Ce traitement est d'autant plus sous-exploité qu'il devrait être fait avec une précision et une incertitude contrôlée, en accord avec la norme hydrographique internationale (OHI-S44). Le projet vise donc à disposer d'outils méthodologiques déployables à grande échelle pour traiter les données de réflectivité issues des sondeurs multifaisceaux tout en sachant évaluer l'incertitude.

Laboratoire Lab-STICC (équipes M3, ROBEX, MATRIX).
Contacts : irene.mopin@ensta-bretagne.fr,
gilles.le_chenadec@ensta-bretagne.fr

OBSERVER, DÉTECTER, DÉCRIRE

#SANTÉ #IMAGERIE

DÉTECTER UNE THROMBOSE VEINEUSE PROFONDE

Une équipe du Labsticc, en collaboration avec le CHU de Brest, développe de nouveaux modèles d'apprentissage profond pour la détection automatique et la caractérisation de maladies cardiovasculaires et auto-immunes.

L'imagerie médicale par ultra-sons, appelée échographie, se développe. Elle permet de repérer la présence d'anomalies caractéristiques de certaines maladies cardiovasculaires ou auto-immunes. Depuis plusieurs années, l'équipe d'Ali Mansour collabore avec le CHU de Brest pour améliorer l'analyse d'images à l'aide d'algorithmes toujours plus performants.

Dans le cadre de sa thèse, Aurélien Olivier s'est penché sur deux maladies potentiellement détectables par échographie : la thrombose veineuse profonde pouvant générer une embolie pulmonaire, et le syndrome de Gougerot-Sjögren, qui est une anomalie du fonctionnement des glandes salivaires. Pas toujours faciles à observer pour l'œil humain, l'objectif a été de mettre au point des algorithmes capables de les reconnaître.

Bien définir les paramètres en entrée est une partie importante du travail. Pour que l'algorithme puisse reconnaître automatiquement une anomalie, il est nécessaire de lui enseigner à la reconnaître. Pour cela, il doit pouvoir extraire certaines caractéristiques cachées dans l'image et les associer à l'anomalie recherchée. Ensuite plusieurs techniques d'IA sont utilisées : apprentissage automatique (machine learning) et profond (deep learning).

*Thèse soutenue par Aurélien OLIVIER
Laboratoire Lab-STICC (équipe SI3).
Contact : ali.mansour@ensta-bretagne.fr*

DÉFENSE #GUERRE_ÉLECTRONIQUE

SÉPARER LES ONDES RADAR GRÂCE AUX TECHNIQUES D'IA

De plus en plus d'applications civiles et militaires utilisent le spectre électromagnétique, ce qui crée un brouhaha d'ondes difficiles à repérer et à identifier. Pour y arriver, ENSTA Bretagne collabore avec Thalès pour améliorer les algorithmes de reconnaissance à l'aide des nouvelles techniques IA d'apprentissage automatique.

Aujourd'hui, massivement utilisées, les ondes électromagnétiques du domaine radio (3kHz à 300 GHz), signaux de faibles puissances, sont de plus en plus complexe à détecter. Leur dissimulation est d'ailleurs l'un des aspects recherchés dans le cadre de la guerre électronique.

L'objectif est de réussir à pister chaque forme d'onde dans le temps et l'espace. Le récepteur doit réussir à séparer une superposition d'ondes enchevêtrées, c'est l'étape dite de « désentrelacement » des ondes radar. Pour l'assurer des algorithmes performants existent aujourd'hui, toutefois limités dans certaines situations, lorsque la densité des émissions augmente ou dans le domaine naval. Tout l'enjeu de la thèse de Louis Lesieur a été de réussir à automatiser l'ensemble des étapes de reconnaissance et d'identification des signaux radars afin de développer des algorithmes plus rapides et plus performants.

*Thèse soutenue par Louis LESIEUR
(CIFRE Thales, GIS Cormorant).
Laboratoire Lab-STICC (équipe PIM).
Contact : ali.khenchaf@ensta-bretagne.fr*

DÉFENSE #GUERRE_ÉLECTRONIQUE

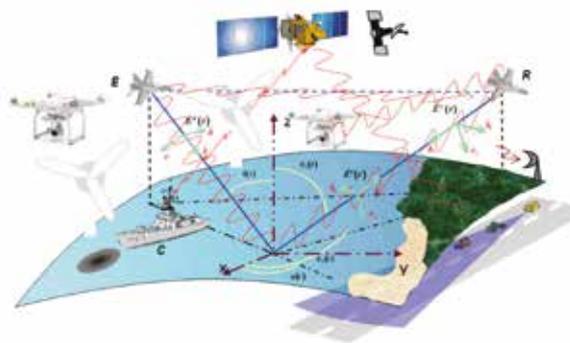
DÉTECTER ET ANTICIPER LES MENACES ÉLECTROMAGNÉTIQUES GRÂCE À L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Les innombrables besoins militaires et civils sont à l'origine d'un foisonnement de signaux au sein du spectre électromagnétique (téléphonie, radars, satellites...). L'écoute du spectre et la détection de menaces fait partie des enjeux majeurs de la "guerre électronique" pour la protection de zones stratégiques.

Le spectre radio étant très large (3kHz à 300GHz), écouter simultanément l'ensemble des fréquences est très complexe et onéreux. C'est pour relever ce défi que le projet MUSHA (MULTi-capteurs SuperHétérodyne Agiles) a été mis en oeuvre, porté par ENSTA Bretagne en collaboration avec la société Safran. L'objectif est de réussir à observer exclusivement les portions du spectre où les émetteurs d'intérêt sont actifs, et ce de manière dynamique et automatique.

Des algorithmes innovants d'IA sont ainsi envisagés pour détecter et anticiper la présence d'émetteurs dans l'environnement proche, et reconnaître les potentielles menaces. Les techniques développées doivent prendre en compte des environnements complexes, comme les milieux maritimes ou urbains, ainsi que des menaces de plus en plus complexes et furtives comme les drones à usage militaire.

- *Durée du projet : 4 ans (2022-2025)*
 - *Budget : 2 M€, financé par l'Etat (appels à projets RAPID opérés par l'AID)*
 - *Piloté par SAFRAN Electronics&Defense (Syrlinks), spécialisée dans les systèmes optroniques, avioniques et électroniques*
 - *Partenaires : ENSTA Bretagne, Lab-STICC (équipe PIM)*
- Contact : ali.khenchaf@ensta-bretagne.fr*



ARCHITECTURES LOGICIELLES

FÉDÉRER DIVERSES SOURCES D'INFORMATION POUR CRÉER DES MODÈLES COMPLEXES

En collaboration avec l'UBO et IMT Atlantique, l'équipe a mis au point Openflexo, une plateforme collaborative permettant la « composition » de modèles.

Cette fédération de modèles présente de nombreux atouts pour l'industrie 4.0 tels que l'élaboration de jumeaux numériques.

Pour concevoir, comprendre, calculer, analyser et communiquer, l'être humain utilise la modélisation.

Chaque modèle est une représentation simplifiée de la réalité pour répondre à un problème complexe. Le modèle peut être une carte, un écrit, une équation physique etc. Il est ainsi toujours défini par une source d'information. Dans le monde informatique, ces sources d'information

peuvent être des documents issus d'outils de traitement de texte (Open Office, PDF, XML), de bases de données etc.

Au niveau de l'ingénierie, la branche dite « dirigée par les modèles » (IDM) repose sur l'utilisation systématique de modèles dans toutes les tâches liées au cycle de vie des systèmes et des logiciels. La construction d'un avion peut ainsi être comprise comme la combinaison de modèles pour la commande de vol, le nombre de sièges etc. Seulement, pour obtenir in fine un avion, il est nécessaire que les divers modèles se comprennent entre eux et soient donc inter-opérables. Le tout de façon automatique.

Des modèles inter-opérables

C'est dans ce cadre qu'intervient la thèse de Sylvain Guérin, réalisée au sein d'IMT Atlantique et d'ENSTA Bretagne. « Nous avons développé un langage de modélisation, appelé FML, qui permet de décrire les liens entre différentes sources de données et leur évolution, explique le chercheur. Appelée fédération de modèles, cette méthode nous a permis de créer un langage sémantique commun. Ce langage a ensuite été intégré à Openflexo, une plateforme logicielle en ligne collaborative. Elle fédère diverses sources d'information pour l'élaboration de nouveaux modèles. La fiabilité de l'outil a été testé auprès d'équipes de recherche et d'entreprises. ».

*Thèse soutenue par Sylvain GUERIN.
Laboratoire Lab-STICC (équipe P4S).
Contact : joel.champeau@ensta-bretagne.fr*

OPTIMISER LE CLOUD

#CLOUD_COMPUTING #DDRS

ORCHESTRATION DE RESSOURCES HÉTÉROGÈNES POUR LE CLOUD

En 1961, John McCarthy, alors professeur au MIT, imagine que le partage du temps de calcul des ordinateurs permettrait de vendre leur usage comme un service, à l'image de l'eau ou de l'électricité.

Cette vision se concrétise à la fin des années 2000, poussée par la démocratisation de l'accès à Internet à très haut débit : c'est l'avènement du cloud computing. Dès lors, les entreprises qui souhaitent exécuter du calcul à haute performance ou déployer une application sont libérées du besoin de gérer une infrastructure numérique en propre : grâce à un système de réservation de ressources matérielles, des fournisseurs de services allouent une partie de la puissance de calcul totale de leurs centres de données à leurs clients, sous la forme de serveurs virtuels.

Ce modèle de service répond à un besoin de compromis entre coût et performances. Toutefois, la granularité offerte par ce type d'offre encourage des comportements de surréservation. Aujourd'hui, on estime que plus de la moitié des ressources matérielles dans le cloud sont essentiellement dormantes : les infrastructures sont dimensionnées pour absorber d'importants pics de charge. C'est pour cela qu'un nouveau modèle de service, appelé serverless, a émergé ces dix dernières années.

L'idée ici est de laisser au fournisseur de services la responsabilité de l'allocation dynamique des ressources louées à ses clients, au plus proche des besoins réels de leurs applications. C'est un challenge en matière de qualité de service, car il faut déterminer ces besoins, fortement disparates, de manière satisfaisante. Mais c'est aussi une opportunité en matière de consommation énergétique : une optimisation parfaite des allocations permettrait d'éviter tout gaspillage d'énergie pour des ressources dormantes.

Ces problématiques ont donné lieu à une thèse durant laquelle nous avons proposé des algorithmes d'optimisation à destination des fournisseurs de service, en particulier dans le cloud privé. Nous avons caractérisé le comportement d'un système de détection d'intrusions, et proposé une politique d'allocation serverless pour déployer cette application à l'edge, où les ressources matérielles sont fortement contraintes par la disponibilité de l'énergie. En s'appuyant sur la grande hétérogénéité des ressources matérielles, et en plaçant judicieusement les tâches utilisateur sur les plateformes les plus adaptées à leurs besoins, nous montrons qu'il est possible de s'affranchir de 80% de l'infrastructure à niveau égal de qualité de service.

*Thèse conduite par Vincent LANNURIEN avec l'IRT b<com
Laboratoire Lab-STICC (équipe SHAKER)
Contact : jalil.boukhobza@ensta-bretagne.fr*

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

L'ÉQUIPE DE RECHERCHE FORMATION ET PROFESSIONNALISATION DES INGÉNIEURS (FPI)

Rattachée au laboratoire multi-tutelles FoAP (Formation et Apprentissages Professionnels), seul laboratoire dédié à la formation professionnelle et à la formation des adultes en France, l'équipe FPI contribue à un réseau de chercheurs sur les questions de formation au sens large : formation professionnelle initiale, enseignement supérieur, formation tout au long de la vie, apprentissages dans l'activité, parcours personnels et professionnels.

Laboratoire de sciences humaines et sociales
EA 7529 - foap.cnam.fr
106 membres dont 40 doctorants de 3 établissements (ENSTA Bretagne, CNAM Paris, AgroSup Dijon).



3 THÉMATIQUES

Transformation des pratiques d'ingénierie autour des principes d'innovation responsable et de développement durable

Processus d'innovation (défense et industrie navale)

Analyse et conception de dispositifs de formation

FORMER À L'INNOVATION RESPONSABLE

et études sur les futurs ingénieurs de la défense et ingénieurs de la mer

En partenariat avec les acteurs du monde professionnel et académique (CINAV, AID, IRT B-Com, ISBlue...), les chercheurs observent les évolutions de l'ingénierie navale et militaire, et les effets des injonctions actuelles à l'innovation responsable et au développement durable sur les entreprises, les métiers, les formations et, plus largement, la société.

Des contrats de recherche en cours visent ainsi à comprendre :

- pourquoi le secteur naval peine parfois à recruter (ATTRANAV),
- comment se font les innovations de défense au sein des forces (MARINOV)
- et comment accompagner les entreprises dans leurs transitions écologiques et numériques (SHARE)...

CONTACT :

marieke.stein@ensta-bretagne.fr

ÉCHELLES ET MÉTHODES DE RECHERCHE

Au sein du collectif EPSI¹, l'équipe de recherche FPI ENSTA Bretagne (FoAP) a organisé une journée d'étude avec des chercheurs de laboratoires comme le CIREL et CoSTECH, soit une cinquantaine de participants.

Elle portait sur les questions méthodologiques qui se posent quand on étudie les parcours et formations des ingénieurs, concernant en particulier les échelles d'investigation et les

niveaux d'analyse. Comment délimiter un périmètre de recherche approprié alors même que le sujet concerne des dizaines d'acteurs différents, avec chacun de multiples enjeux, objectifs et contraintes différentes ? Dans le cadre du grand défi planétaire qu'est la transition écologique, les questions sont partagées au niveau international mais les réponses se construisent avant tout sur des espaces plus circonscrits. Ou comment intégrer le « penser global et agir local » dans les méthodes de recherche.

1 > Le collectif EPSI (Etudes Pluridisciplinaires Sur l'Ingénierie), fondé en 2020, réunit des chercheuses et chercheurs francophones (France, Belgique, Suisse, Québec, Algérie, Maroc) issus de plusieurs disciplines des sciences humaines et sociales (sociologie, philosophie, histoire, sciences de l'éducation...) dont les recherches se concentrent sur l'ingénierie. epsi.hypotheses.org

FÉMINISATION DES ÉCOLES D'INGÉNIEURS OFFICIERS DES ARMÉES

Thèse soutenue par Julie Nolland

Cette thèse s'intéresse aux raisons qui expliquent les freins à la féminisation des effectifs en écoles d'ingénieurs des armées et aux leviers possibles d'amélioration.

J. Nolland : « Dans ces parcours de formation majoritairement masculins, je me suis attachée à comprendre de l'intérieur, à partir des expériences de celles qui les vivent, comment les rapports sociaux de sexe traversent les pratiques d'enseignements et perpétuent des inégalités de genre. Cela m'a permis

de compléter les travaux sur l'effet « rôle modèle » en m'intéressant à des dispositifs d'égalité dans les sciences auxquels participent des élèves ingénieurs ENSTA Bretagne de 1ère année.

Pour les étudiantes qui s'y engagent, ces dispositifs ont un caractère transformateur : elles sont vues comme expertes, figures d'autorité, dispensatrices de savoirs scientifiques, ce qui joue positivement sur leur estime de soi et renforce leur légitimité. L'analyse de cet engagement met en évidence des dynamiques identitaires. Cela fait sens pour les individus engagés. »

Directrice de publication :

Ingrid Le Toutouze

Équipe de rédaction :

Ingrid Le Toutouze,
Nadège Le Clainche,
Marie Hilary

Illustration : Guillaume Denaud

Photos : ENSTA Bretagne
et Julien Ogor (studio Lambé)

Mise en page : Alexis Chenal

Impression : Cloître imprimeur

Date de publication : juin 2024

Dans le cadre de notre démarche RSE, ce document est imprimé en série limitée, sur du papier PEFC (gestion durable des forêts), avec des encres végétales.

LES DIPLÔMÉS 2023

DE LA PROMOTION
EDWIN HUBBLE



L'IGA Bruno Gruselle, directeur général de l'école, et les enseignants félicitent les 321 diplômés.



L'IGA Emmanuelle Thivillier remet le prix du DGA aux 6 IETA lauréats.



Sabrina Evesque, ingénieure et majeure de la spécialité « systèmes embarqués ».



www.ensta-bretagne.fr



 Voir la vidéo
de la cérémonie
du Palmarès 2023
(avril 2024)