

HÉRITIÈRE DE 200 ANS D'HISTOIRE, ENSTA BRETAGNE A FÊTÉ SES 50 ANS



Imaginer les débuts d'ENSTA Bretagne, c'est remonter au 19^e siècle à l'ère de la révolution industrielle. C'est percevoir que, de tous temps, pour accompagner les innovations technologiques, la formation des personnels techniques [ingénieurs, cadres et ouvriers] est la pierre angulaire.

En 200 ans d'histoire et depuis les 50 ans de sa création en 1971, l'école n'a cessé d'évoluer fidèle à sa mission de former les ingénieurs de demain, au plus haut niveau, capables d'assurer l'avance technologique et l'autonomie stratégique dont la défense et la société civile ont besoin.

SOMMAIRE

p. **3** • Edito

p. **4** **TEMPS FORTS ET RÉCOMPENSES**

p. **14** **MISSIONS ET AMBITIONS**

p. **9** • Une école originale et pionnière

p. **10** • Nos missions

p. **12** • Préparer l'avenir

p. **16** • Nos domaines d'excellence

p. **18** • Rayonnement international

p. **19** • Nos partenaires et réseaux

p. **20** **FORMATION**

p. **21** • Edito

p. **22** • Cycles de formation

p. **24** • Les projets dans la formation

p. **27** • L'incubateur ENSTARTUPS

p. **28** **RECHERCHE**

p. **29** • Edito

p. **30** • Sciences mécaniques / l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme [IRDL, UMR CNRS 6027]

p. **36** • Sciences et technologies de l'information et de la communication / le laboratoire Lab-STICC [UMR CNRS 6285]

p. **44** • Sciences humaines pour l'ingénieur / le laboratoire Formation et Apprentissages Professionnels [FoAP, UR 7529]

p. **46** **CAMPUS / DDRS**

ENSTA Bretagne est une école d'ingénieur, un centre de recherche, un incubateur d'entreprises, un lieu de vie, qui incarne le progrès et met l'ingénierie au service de l'industrie européenne, de ses étudiants, des collectivités et du pays.

Elle contribue au renforcement de l'autonomie stratégique de l'Europe et de la France afin de répondre aux nombreux défis des décennies à venir, dans les domaines du maritime, du numérique, des transports, de la défense et plus largement des technologies d'ingénieur.

2021 aura été une année charnière pour l'école. Le bilan du fort développement qu'elle a connu depuis 20 ans, et plus généralement depuis sa création en 1971, il y a 50 ans, a permis de définir et d'orienter ses ambitions à court, moyen et long termes :

- Mettre en œuvre une formation et une recherche originales et de haut niveau
- Contribuer à l'autonomie stratégique de la France et de l'Europe
- Améliorer la qualité de l'expérience étudiante
- S'appuyer sur des alliances renforcées et nouvelles
- S'engager en faveur du développement durable et assumer sa responsabilité sociale

En se fondant sur cette analyse, l'école a élaboré avec le ministère des Armées une feuille de route qui doit lui permettre, dans les champs de la formation, de la recherche, mais également pour son propre fonctionnement, de poursuivre son développement. Détaillée dans un contrat d'objectifs et de performance pour la période 2022-2026, cette stratégie prend appui sur les valeurs que défend l'école, les alliances qu'elle devra nouer et les besoins de la société.

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.



Avec le soutien du ministère des Armées et des collectivités territoriales, dont la Région Bretagne, l'école a commencé à mettre en œuvre ce projet. Avec plus de 21M€ pour la période 2021-2027, les investissements permis par le contrat de plan État-région, constituent une opportunité extraordinaire pour renforcer la croissance de l'école.

Cette dernière passe aussi par une politique renouvelée d'alliances fortes, dans un contexte de forte concurrence au niveau national et mondial. Partageant une même analyse et constatant leur proximité, ENSTA Bretagne et ENSTA Paris ont travaillé à l'élaboration d'un audacieux projet qui donnerait naissance à une grande école d'ingénieur de tout premier rang : une nouvelle ENSTA. Avec le soutien du ministère des Armées, nous y travaillons.

Cette fusion des deux écoles consoliderait nos projets pédagogiques et scientifiques et renforcerait nos contributions à l'ingénierie dans nos écosystèmes locaux, nationaux et internationaux, contribuant en particulier à l'essor de l'Institut Polytechnique de Paris.

ENSTA Bretagne peut compter sur l'engagement de ceux qui y travaillent et y étudient, ses partenaires et réseaux, pour poursuivre les ambitions qu'elle s'est fixée et écrire son avenir.



Jean-Georges Malcor
Président du conseil
d'administration



Bruno Gruselle
Directeur général

TEMPS FORTS ET RÉCOMPENSES

1^{RE} SEMESTRE

ENTREPRISES

CRÉATION DU GIS CORMORANT AVEC THALES, sur l'autonomie des systèmes maritimes, les facteurs humains, les capteurs et traitements intelligents. Pour créer ce Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS), Thales a choisi le pôle d'excellence de l'ouest breton et a réuni 9 partenaires académiques, dont ENSTA Bretagne, représentant près d'un millier de chercheurs et ingénieurs sur ces questions scientifiques majeures.

ENSTA BRETAGNE CONSOLIDE LES LIENS EN FORMATION ET R&D AVEC EURENCO, leader européen des poudres et explosifs pour concevoir les matériaux énergétiques de demain.

RENOUVELLEMENT ET EXTENSION DE L'ACCORD AVEC ARIANE GROUP en formation et recherche à l'issue des échanges du 23 avril, sur le campus, avec M. André-Hubert Roussel, CEO du groupe franco-allemand, et M. Philippe Clar, directeur des programmes défense du groupe.

COVID

LES ÉTUDIANTS S'ENTRAIDENT.

Début 2021 les cours à distance alternent avec ceux en présentiel. Pour faire face au risque de démotivation et de décrochage un système de tutorat entre étudiants organisé, pour renforcer la solidarité.

DDRS

FEUILLE DE ROUTE ENVIRONNEMENTALE.

A l'aide d'une boîte à idées virtuelle (Padlet), de nombreuses suggestions d'actions ont été émises par les étudiants et les personnels pour un campus plus vertueux dans son fonctionnement et par ses programmes de formation et de recherche.

COP2 ÉTUDIANTE.

Afin de contribuer à cet événement national, pendant 6 semaines, chaque jeudi après-midi, un groupe d'étudiants et de personnels s'est réuni afin d'imaginer des actions concrètes. Par la formation, sur le campus ou encore par l'insertion professionnelle, un large panel de solutions a été proposé (photo 1).



1. Préparation de la COP2 étudiante



2. Le 3 mâts « Le Français »

INITIATIVES ÉTUDIANTES

SORTIE EN MER SUR LE 3 MÂTS « LE FRANÇAIS »

Les 5 et 6 juin, 150 étudiants et personnels ont embarqué sur le grand voilier, découvrant la vie à bord et expérimentant les manœuvres. Un moment de cohésion organisé par Antoine, trésorier de l'association ENSTA Bretagne Sailing Team. (photo 2) **L'EX-**

POSITION « L'APPEL DES OCÉANS », itinérante dans Brest et virtuelle, a été organisée par le club ENSTAQUA avec le soutien d'enseignants et du Cèdre (organisme de recherche dédié à la lutte contre les pollutions des eaux) pour présenter les pollutions marines et l'urgence d'y faire face.

ÉGALITÉS DES CHANCES

CORDÉES DE LA RÉUSSITE 2020/2021.

ENSTA Bretagne crée 4 nouvelles filières d'excellence avec les lycées Tristan Corbière à Morlaix, l'Elorn à Landerneau ainsi que les collèges brestois de Pen ar C'hleuz et La fontaine Margot. Ces filières complètent l'opération « L codent, L créent » qui se poursuit.

« INGÉNIEURE DEMAIN ! »

L'opération finistérienne « 100 femmes, 100 métiers : ingénieure demain ! » fêtait son 10^e anniversaire. Le 25 mars 2021, huit témoins des métiers d'ingénieur de 4 grandes écoles d'ingénieurs brestoises, dont ENSTA Bretagne, ont échangé pendant près de 2 heures avec plus de 350 lycéennes connectées.

JUNIOR ENTREPRISE TÉMOIGNAGES

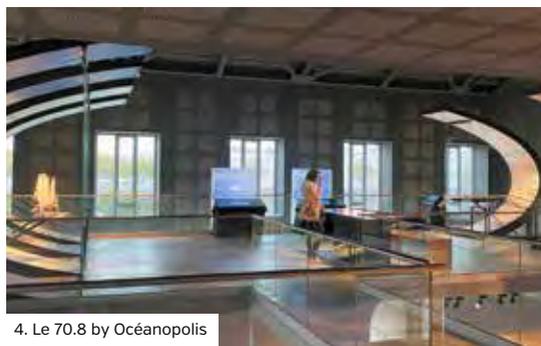
Une année à la tête de Junior Impact, une expérience formatrice pour Valeria et Arthur. Cette association étudiante propose aux entreprises des prestations mettant en œuvre les compétences des élèves ingénieurs. Ces missions rémunérées permettent l'application des connaissances et l'acquisition de nouvelles compétences.

Valeria : « J'ai appris à gérer différentes situations comme la démotivation des membres durant le confinement et j'ai développé mes capacités d'organisation, en apprenant à jongler entre obligations scolaires et J.E. Le moment qui m'a marquée est celui de l'obtention du label Junior-Entreprise que nous et nos prédécesseurs avons tant défendu. »



3. Les étudiants de la junior entreprise

Arthur : « C'est une réelle immersion professionnelle, puisque la J.E. est une sorte d'entreprise. En qualité de Président j'ai aussi expérimenté le management et la gestion d'équipe. Une expérience unique. »



4. Le 70.8 by Océanopolis

CULTURE SCIENTIFIQUE

SAMEDI 29 MAI, OUVERTURE DU 70.8 aux Ateliers des Capucins à Brest. 900 m² d'exposition permanente sur les technologies marines incluant des espaces sur les énergies marines, l'observation, les drones, le trafic maritime et l'architecture navale. Des bornes d'arcade pour comprendre en s'amusant la conception d'éoliennes offshore ou l'architecture navale ont été développées avec une équipe d'ENSTA Bretagne sur les conseils d'enseignants et grâce aux modèles mis au point par la Junior Entreprise de l'école. [photo 4]

HACKATHON

UN HACKATHON DÉFENSE au profit des fusiliers marins et commandos a été organisé par ENSTA Bretagne, The Corner et le Design Center de Thales, avec le soutien de l'AID. L'événement rassemblait plusieurs équipes associant étudiants ENSTA Bretagne et salariés de Thales ou Naval Group, pour proposer des solutions innovantes aux différents besoins exprimés par les fusiliers marins et commandos [FUSCO].

FORMATION

JUIN 2021 - LA PROMOTION 2020 À L'HONNEUR

Le 19 juin la 50^e cérémonie du Palmarès était présidée par Pierre Eric Pommelet, PDG de Naval Group, et ex DG opérations et performance de Thales. Un format en web-live depuis l'ENSTA Bretagne a été proposé aux 300 jeunes diplômés de la promotion « Jean-Loup Chrétien », connectés de toute la France, mais aussi du Liban, du Brésil, du Maroc et des Etats-Unis.



ENQUÊTE EMPLOI

LES BONS RÉSULTATS
DES DIPLÔMÉS 2020 ET 2021

92% à 96%
de taux d'emploi

75 %
en CDI

L'enquête annuelle à 6 mois par la Conférence des Grandes Ecoles est publiée en juin.

Les diplômés 2020 de l'école ont bien moins connu la crise sanitaire que les autres ingénieurs : 92% en poste contre 79% en moyenne nationale. Le taux d'emploi 2021 est encore meilleur (96%) et le plein emploi rapidement atteint.

TÉMOIGNAGE

Thibault, ingénieur diplômé en 2020, architecte naval et entrepreneur

Diplômé de la formation d'ingénieurs par alternance, il crée OX-EYE avec un ami architecte naval diplômé de l'école d'architecture de Nantes : « Nous nous sommes connus à Lorient en BTS Construction Navale. Passionnés de voile et de course au large, nous proposons des navires de plaisance plus écologiques et tout aussi performants. Les axes d'amélioration ? Réduire les matériaux pendant la construction (pas de moule), utiliser des bio-composites et s'assurer des performances de navigation pour combiner qualités de design, puissance et faible empreinte carbone. »

TEMPS FORTS ET PERFORMANCES

2^E SEMESTRE



1^{er} rentrée du parcours "maintenance des navires", associant ENSTA Bretagne et l'Ecole navale.

NOUVEAUTÉ DE LA RENTRÉE

Le 13 septembre, 1^{er} rentrée du parcours « **Maintenance des navires** » adossé au Mastère spécialisé Management de Projets Maritimes, co-accrédité avec l'École navale. 16 étudiants, dont 50% d'internationaux, suivent cette année d'expertise (bac+6) organisée en 2 parcours, l'un croisant ingénierie et management de projets maritimes variés, l'autre orienté maintien en conditions opérationnelles des navires.

CORDÉES DE LA RÉUSSITE 2021/2022

ENSTA Bretagne est tête de cordée avec 8 établissements* de la région brestoise. Pour lutter contre les stéréotypes de genre et promouvoir l'égalité femmes-hommes de nouveaux partenariats se sont ajoutés et l'école amplifie le programme "L codent L créent". **Les Cordées ENSTA Bretagne vont impliquer 53 élèves ingénieurs et bénéficiers à 300 collégiens et lycéens bretons.**

* 3 lycées : Dupuy de Lôme et Amiral Ronarc'h à Brest, l'Elorn à Landerneau ; et 5 collèges : La Fontaine Margot (Brest), Pen Ar C'hleuz (Brest), Nelson Mandela (Plabennec), du Vizac (Guipavas), Croas ar Pennoc (Guilers)

HANDICAP

Dès la rentrée et tout au long de l'année, Sylvie Guidal s'assure de l'inclusion des élèves qui ont déclaré un handicap. Son action englobe aussi la sensibilisation et la formation des futurs ingénieurs-managers. « *Mon rôle est de rencontrer tous les élèves concernés par le handicap pour solutionner rapidement d'éventuelles difficultés. De plus, chaque année nous proposons à l'ensemble des élèves ingénieurs des actions de sensibilisation sur l'inclusion des travailleurs handicapés.* »

DÉCOUVERTE DE L'ÉCOLE

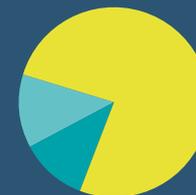
Le 16 septembre 2021, Emmanuel Ethis, recteur de l'académie de Rennes, accompagné d'Arnaud Devillez, son conseiller pour l'enseignement supérieur et administrateur de l'ENSTA Bretagne, découvre l'école, ses personnels et élèves, ses disciplines originales et ses connexions multiples avec le tissu industriel.

ZOOM

SUR LA RENTRÉE 2021

Sélective et attractive, ENSTA Bretagne attire des étudiants à haut potentiel.

989
ÉTUDIANTS



ÉLÈVES INGÉNIEURS (755)
MASTERS ET MS* (112)
DOCTORANTS (122)

* MS : Mastères Spécialisés

54%

EN SCIENCES MÉCANIQUES :
architecture navale, énergies marines renouvelables, véhicules terrestres, modélisation avancée ou pyrotechnie.

39%

EN TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION :
génie logiciel, systèmes d'observation, robotique autonome ou hydrographie

7%

CROISEMENT INGÉNIERIE ET MANAGEMENT DE PROJET / ENTREPRENEURIAT



VISITES ET JOURNÉES D'EXCEPTION



JEAN-YVES LE DRIAN, MINISTRE DE L'EUROPE ET DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

Le 15 octobre 2021, le Ministre a présenté les nouveaux combats de la puissance européenne aux étudiants et personnels. Après un échange sur les programmes de recherche de l'école, le Ministre s'est exprimé sur l'innovation et les coopérations internationales, l'autonomie stratégique et le développement durable, thèmes au cœur de la formation des futurs ingénieurs.



PARRAINAGE DE LA PROMOTION 2022 PAR GUÉNAËL GUILLERME

Pour ses 50 ans, ENSTA Bretagne a reçu Guénaël Guillerme en qualité de parrain de la promotion 2022. Cet ancien élève de la promotion 86 a un parcours étourdissant d'ingénieur, entrepreneur et dirigeant d'entreprise. Il vient de consacrer 20 ans au développement d'ECA Group, réputé pour son expertise en robotique marine. « **Formez-vous sans cesse. Management, marketing... et soyez curieux.** » aura été son leitmotiv avant de dévoiler le nom choisi pour la promotion 2022 qui a l'honneur de représenter un grand nom de l'ingénierie marine française : le plongeur et chef d'entreprise Henri Germain Delauze.



UNE PREMIÈRE DANS L'HISTOIRE DE L'ÉCOLE

LES IETA AU DÉFILÉ DU 14 JUILLET 2021

67 élèves ingénieurs des études et techniques de l'armement (IETA) ont défilé sur l'avenue des Champs-Élysées le 14 juillet 2021. Cette participation s'inscrivait dans les célébrations des 50 ans de l'école et des 60 ans de la direction générale de l'armement (DGA), employeur des IETA. La communauté des anciens élèves, civils et militaires, a largement suivi l'événement et exprimé sa fierté sur les réseaux. Bravo pour cette grande première, très réussie !

5000 PARTICIPANTS
AU DÉFILÉ 2021



Matinée internationale

MÉDIATION SCIENTIFIQUE

LA NUIT EUROPÉENNE DES CHERCHEURS

À Océanopolis : stand école sur l'observation par l'écoute des fonds marins. [24 septembre]

FÊTE DE LA SCIENCE AUX CAPUCINS : les étudiants ont présenté leurs projets techniques et prototypes aux nombreux collégiens. [7-10 octobre]

OPTION INNOVATION : visite du campus et de l'incubateur par 66 collégiens et lycéens. [12 octobre]

FORMATION

MATINÉE INTERNATIONALE consacrée à la présentation des partenariats académiques et des doubles diplômes, pour promouvoir une mobilité internationale cohérente avec le projet professionnel de chaque élève. [14 octobre]

16^E ÉDITION DES GÉOPOLITIQUES DE BREST sur le thème de la lutte contre le crime organisé, avec une 1^{re} série de conférences. [10 décembre]

ENTREPRISES

LE FORUM ENTREPRISES organisé à l'école avec l'association des anciens élèves a réuni 90 Alumni venus proposer de nombreux stages, projets de fin d'étude et emplois. [12 octobre]

COOPÉRATION ÉTENDUE ET LABORATOIRE COMMUN AVEC ARQUUS

Un accord englobant recherche, innovation et formation a été signé le 17 décembre avec Emmanuel Levacher, PDG d'Arquus, entreprise française leader des véhicules blindés.



Rencontre Immersion du Campus Mondial de la Mer

CAMPUS MONDIAL DE LA MER

TROIS ÉTUDIANTS D'ENSTA BRETAGNE ONT PARTICIPÉ À L'OCEAN HACKATHON 2021

Du 5 au 7 novembre 2021 la 6^e édition du Océan Hackathon était organisée par le Campus mondial de la mer. L'objectif est de faire travailler pendant 48 heures une équipe pluridisciplinaire sur des données liées à l'océan et proposer des solutions innovantes. Gabriel, Thomas et Charles se sont investis sur la conception d'un drone marin avec Pierre, ingénieur freelance, et Nicolas, porteur de projet de Gabriel Air Services

RENCONTRE IMMERSION : 20 entreprises réunies par le Campus Mondial de la Mer ont visité la plateforme d'essais en sciences mécaniques « MASMECA ».

SOCIÉTÉ

STOPDISCRI@ENSTA-BRETAGNE.FR

Le réseau Stop Discri a été mis en place à l'ENSTA Bretagne en 2018 avec deux ambitions : prévenir [informer, anticiper] et agir [soutenir, accompagner] sur les questions de discriminations, harcèlement et violences. Il s'adresse à toutes et tous : personnels, élèves, doctorantes, doctorants et propose de nombreuses actions tout au long de l'année.

JOURNÉE INTERNATIONALE DE LUTTE CONTRE LES VIOLENCES FAITES AUX FEMMES

Le 25 novembre 2021, Stop Discri, la BAR (Brigade Anti Relou, constituée d'étudiants de l'ENSTA Bretagne) et l'association Ingéni'Elles ont mis en place des ateliers variés afin de sensibiliser étudiants et personnels aux violences faites aux femmes et de leur donner des clés pour savoir réagir en cas d'agression.



RÉCOMPENSES

LES ÉTUDIANTS DE L'ENSTA BRETAGNE PARTICIPENT CHAQUE ANNÉE À DIFFÉRENTS CHALLENGES ET RÉALISENT DES PROJETS PASSIONNANTS EN VOICI QUELQUES EXEMPLES.

1^{RE} PLACE AU HACKATHOME ACCENTURE

DES SYSTÈMES NUMÉRIQUES PLUS "VERTS"

Le 15 avril 2021, 200 étudiants répartis dans 50 équipes ont travaillé à simuler les meilleures configurations de serveur possibles en termes de performance et de rejets de CO2. L'équipe gagnante comprend deux élèves-ingénieurs d'ENSTA Bretagne, Alexandre et Léopold. [photo 1]

LABEL & PRIX CDEFI

CAP INGÉNIEUSES 2021

Remis le 20 mai 2021 au projet « L Codent L Créent » : accompagnement de collégiennes dans l'apprentissage de la programmation (langage Python).

PRIX INNOVATION SOCIALE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

ENTREP' DE BRETAGNE, PROJET « GOBIE »

Gobie est un projet porté par Hyana, étudiante ingénieure à l'ENSTA Bretagne, dans le cadre du programme « les Entrep' » qui vise la protection des océans en associant sports nautiques et dépollution. Il a remporté le prix innovation sociale et développement durable lors de la finale régionale en Bretagne.

1^{ER} PRIX

HACKATHON DATA ENERGIE

Ce défi proposé par le ministère des Armées a été remporté par l'équipe "Deep Enstamina", associant 2 étudiants d'ENSTA Bretagne et 2 étudiants de Télécom Paris. Il s'agissait de « consommer sûr, consommer mieux et consommer moins » en réalisant des analyses de données grâce à l'intelligence artificielle. Inès, élève ENSTA Bretagne, a traité avec son équipe la problématique de la sécurité et plus particulièrement celle du hacking de mots de passe.

1^{ER} PRIX SIA

CHALLENGE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

3 élèves ont été récompensés pour avoir conçu la meilleure architecture hybride pour un véhicule de 400kg.

MÉDAILLE

LES SAPEURS-POMPIERS DU FINISTÈRE

ont exprimé leur reconnaissance à l'ENSTA Bretagne et aux bénévoles pour la fourniture de visières au début de la crise Covid. [photo 2]

2^È MANDAT

SEFI (EUROPEAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION)

Klara Kövesi, enseignante-chercheuse d'ENSTA Bretagne, a été réélue au sein du comité de direction. Cette reconnaissance lui permettra de continuer à représenter, au niveau européen, la communauté des enseignants et chercheurs français en formation des ingénieurs, de poursuivre ses actions en tant que responsable du comité "Coopération avec les étudiants", mais aussi d'initier de nouveaux projets.

PRIX DE THÈSE DGA

LA DIRECTION GENERALE DE L'ARMEMENT

a récompensé à Thomas Le Mezo le 30 novembre 2021 pour ses travaux de recherche en robotique.

TRIPLÉ GAGNANT

CHALLENGE BREAK THE CODE

Jeudi 25 novembre, six étudiants participaient au challenge Break the code proposé par l'entreprise Sopra Steria. Une troisième participation qui se conclut par une troisième victoire pour les étudiants du club Cyber ENSTA Bretagne et qui offre l'opportunité à Alexandre, l'un d'entre eux, de prendre part à la création des futures épreuves ! [photo 3]

1. Hackathon Data énergie



2. Médaille remise par les sapeurs-pompiers



3. Gagnants du challenge Break the code





MISSIONS ET AMBITIONS

UNE ÉCOLE ORIGINALE ET PIONNIÈRE

POUR LA DÉFENSE, LE MARITIME, LES TRANSPORTS ET LE NUMÉRIQUE

**PLUS DE 50 ANS
DE HAUTES
TECHNOLOGIES
ET D'INNOVATION**

Héritière de 200 ans de formation, ENSTA Bretagne fête en 2021 les 50 ans de sa création et les 30 ans de sa recherche. L'école, pluridisciplinaire, forme des ingénieurs et mène des recherches de haut niveau, pour la défense et les industries les plus innovantes.

- Initialement dédiée à la formation des ingénieurs des études et techniques de l'armement (IETA) pour la Direction générale de l'armement (DGA), l'école conserve cette mission essentielle. C'est la seule formation d'ingénieurs pour devenir IETA, complétée par un parcours à l'ISAE-Supaero pour l'expertise aéronautique.
- Plus de 80% des étudiants sont civils, attirés par les formations de pointe et les secteurs d'emploi variés : **le maritime, les transports, l'énergie, le numérique, l'aérospatiale.**
- Bien ancrée dans sa région, où c'est la plus ancienne formation d'ingénieurs, l'école s'étend sur un vaste campus de 7 hectares, à Brest, proche du littoral. Il rassemble d'importants moyens pédagogiques et de recherche ainsi que toute la résidence des élèves.

**Au top 25 des écoles
d'ingénieurs après CPGE¹**

**Au top 30 des écoles
d'ingénieurs d'excellence²**

- Les programmes innovants de **l'industrie de défense** intéressent tous les ans plus du tiers des jeunes diplômés, militaires et civils.
- Au centre de recherche ENSTA Bretagne, les études visent des applications étendues, militaires et civiles, dont une large part en technologies marines, l'un des domaines d'excellence de l'école. Les recherches sont financées par le ministère des Armées, les collectivités et les entreprises partenaires.

"Préparer les
futurs ingénieurs
aux grands défis
qui les attendent".

Les secteurs d'activité partenaires



INDUSTRIE
NAVALE
& ÉNERGIES
OFFSHORE



DÉFENSE
& SÉCURITÉ



TECHNOLOGIES
DE L'INFORMATION
& SYSTÈMES
D'OBSERVATION



AÉRONAUTIQUE
& ESPACE



INDUSTRIE
AUTOMOBILE
& VÉHICULES
TERRESTRES



ENSEIGNEMENT
& RECHERCHE

CHIFFRES CLÉS 2021

TAILLE HUMAINE
& CROISSANCE FORTE

989 ÉTUDIANTS

X 2 en 15 ans

DONT **121** DOCTORANTS

X 4 en 15 ans

6270 ALUMNI

X 3 en 20 ans

319 DIPLÔMÉS /AN

X 2 en 10 ans

DIVERSITÉ

30% de boursiers

25 à 30% de femmes
(selon les formations)

20% d'étudiants internationaux

19% d'apprentis ingénieurs

18% d'élèves ingénieurs militaires

[1] SCEI 2021 [service des concours d'entrée en écoles d'ingénieurs]. [2] Au classement 2022 Le Figaro étudiant, 29^e place

PRÉPARER L'AVENIR

LE CONTRAT D'OBJECTIFS ET DE PERFORMANCE 2022-2026

Le nouveau contrat quinquennal signé début 2022 avec l'Etat vise **un développement résolument qualitatif** de l'école afin de faire face aux défis majeurs, humains, techniques et sociétaux, en particulier ceux liés aux enjeux environnementaux.

ENSTA Bretagne souhaite **consolider les acquis de la période 2000-2021**, marquée par des développements soutenus en recherche et formation, et **développer de nouvelles coopérations** stratégiques en France et à l'international.



5 AMBITIONS POUR UN DÉVELOPPEMENT QUALITATIF



METTRE EN ŒUVRE DES FORMATIONS ET RECHERCHES ORIGINALES ET DE HAUT NIVEAU

au service des acteurs de la défense, entreprises de haute technologie et collectivités territoriales de Bretagne



CONTRIBUER À L'AUTONOMIE STRATÉGIQUE DE LA FRANCE ET DE L'EUROPE

- Technologie durables et de défense
- Ingénierie maritime
- Sécurité numérique



AMÉLIORER LA QUALITÉ DE L'EXPÉRIENCE ÉTUDIANTE

par la création de nouveaux dispositifs et espaces pédagogiques et l'attention portée au bien-être des étudiants et étudiantes.



S'APPUYER SUR DES ALLIANCES RENFORCÉES ET NOUVELLES

aux niveaux national et international



AGIR POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET ASSUMER PLEINEMENT NOTRE RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE

"Le COP marque le soutien renouvelé de l'Etat pour poursuivre notre stratégie de développement. Nos choix sont avant tout qualitatifs et ambitieux pour nos étudiants, nos équipes scientifiques et notre territoire."

LE CONTRAT DE PLAN ÉTAT-RÉGION 2021-2027

Outil historique des politiques publiques, le contrat de Plan Etat-Région (CPER) représente des investissements structurants pour les territoires. Les fortes ambitions du nouveau CPER 2021-2027, dont l'élaboration a débuté pendant la crise sanitaire, sont soutenues par des investissements sans précédents, avec un enveloppement de 400 millions d'euros pour l'enseignement supérieur et la recherche en Bretagne.

Les projets ENSTA Bretagne financés répondent aux enjeux stratégiques dans plusieurs domaines : **croissance bleue, économie numérique sécurisée et responsable, production industrielle intelligente, amélioration des performances énergétiques des bâtiments.**

6 PROGRAMMES SCIENTIFIQUES SOUTENUS

• IF-SYS-MER

[INGÉNIERIE MARINE, CONCEPTION NAVALE] :
3,329 M€

Il est porté par 7 partenaires et piloté par ENSTA Bretagne et le laboratoire IRDL. L'objectif est de renforcer le positionnement de la pointe bretonne dans le domaine de l'ingénierie marine et de la conception navale, en prenant en compte les enjeux actuels et futurs des systèmes en mer : nouveaux matériaux, vieillissement des structures, assemblages, caractérisation des contraintes et effets de l'environnement marin, systèmes de conversion d'énergie marine. Budget total du projet : 6,75 M€.

• OBSOCÉAN

[OBSERVATION DES OCÉANS] : 320 K€

Porté par IFREMER, ce projet implique 7 partenaires bretons sur le sujet de l'observation in situ de l'océan : de la surface jusqu'au fond, du large à la côte, de la grande échelle à la haute résolution. Le financement obtenu par l'école va permettre d'acquérir et d'améliorer les systèmes d'observation de l'océan.

• RACAM

[MOYENS DE SIMULATION INTERCONNECTÉS
POUR LA CYBER MARITIME] : 2,36 M€

Porté par ENSTA Bretagne avec une participation de l'UBS, le projet concerne l'acquisition de moyens de simulation grandeur réelle interconnectés pour la cyber sécurité maritime.

• SPACETECHDRONETECH

[TECHNOLOGIES SPATIALES ET DRONES] :
1,57 M€

L'UBO porte ce programme qui engage 9 partenaires et vise à consolider la recherche et l'innovation dans le domaine des petits satellites, des drones et des applications qui peuvent en découler. A l'ENSTA Bretagne un nouveau bâtiment de robotique sera équipé, la chambre anéchoïque sera réhabilitée et de nouveaux moyens pour l'observation de l'environnement seront déployés.

• INDUSTRIE DU FUTUR

[DIGITALISATION DE L'INDUSTRIE] : 170 K€

Le projet est porté par l'UBS, avec pour objectif de développer une plateforme régionale qui réponde aux enjeux de la digitalisation de l'industrie.

• MAT & TRANS

[MATÉRIAUX POUR LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE] : 300 K€

Porté par l'Université de Rennes 1, le projet soutient les activités pluridisciplinaires de recherche en matériaux pour les transitions et le développement durable. ENSTA Bretagne y apporte une expertise rare en pyrotechnie et étude des phénomènes d'impact, pour lesquels des investissements en matériels de haute précision seront réalisés.

21,25 M€ d'investissements pour de nouveaux équipements de recherche, un bâtiment de robotique, des rénovations énergétiques et de meilleurs services aux étudiants, financés avec l'aide de l'Europe, de l'Etat et des collectivités.



Le CPER précédent a permis l'extension du centre de recherche en mécanique, un nouveau bâtiment inauguré en mai 2020.

INVESTISSEMENTS IMMOBILIERS

• LA RÉNOVATION ET L'AMÉLIORATION ÉNERGÉTIQUE DE LA RÉSIDENCE DES ÉLÈVES : 10 M€

Il permettra l'installation de sanitaires et kitchenettes dans chaque chambre des 6 bâtiments de la résidence, qui seront rénovés afin d'améliorer également leur performance énergétique. 7 étapes sont prévues : une première d'étude puis 6 tranches de travaux de façon à réduire l'impact sur la capacité d'accueil des étudiants. La finalisation de l'ensemble de l'opération est souhaitée pour 2027.

• RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DU CAMPUS : 1,4 M€

Cela concerne les toitures terrasses et les huisseries de bâtiments non récents.

• CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT DE ROBOTIQUE MARINE : 1,8 M€

Dédié à la robotique marine et aérienne, l'élément principal est un bassin d'essai de grande ampleur. L'exploitation est prévue pour 2024.

NOS MISSIONS

“**Étudier, enseigner, innover, mener des recherches à l'ENSTA Bretagne c'est faire le choix de l'excellence, c'est une ouverture sur le monde et l'accès à un réseau exceptionnel d'entreprises de haute technologie et d'organismes scientifiques de renom.**”



FORMATION

ENSTA Bretagne forme des ingénieurs généralistes disposant d'une expertise de haut niveau, immédiatement opérationnels et à fort potentiel. La qualité de la formation ENSTA Bretagne est réputée. Les diplômés sont très rapidement recrutés aux postes qui les intéressent, dans les secteurs d'activité les plus innovants.

Les diplômés de l'ENSTA Bretagne ont des profils variés, avec une vocation commune qui est de participer à des projets d'innovation, en conception, R&D, mesures & essais ou management de programme. Ils sont préparés à évoluer et à relever les grands défis des industries de pointe et de la société : développement durable, transports du futur, numérisation, cybersécurité, exploration maritime et spatiale...

ENSTA Bretagne est au cœur d'un réseau national et international exceptionnel, composé d'entreprises de haute technologie, d'organismes académiques, de centres d'expertise, civils et militaires. De nombreux doubles diplômes permettent aux étudiants de personnaliser leur parcours et d'accroître leur ouverture internationale.

PLUS DE
300
DIPLOMÉS
PAR AN

— ○ —
3
DÉPARTEMENTS
DE FORMATION
ET DE RECHERCHE

Sciences mécaniques
Sciences et technologies
de l'information et
de la communication
Sciences humaines
et sociales

— ○ —
20
CYCLES
DE FORMATION

👁️ pages 20 à 26



RECHERCHE

Point d'appui d'enseignements d'excellence, une importante activité de recherche pluridisciplinaire est menée sur le campus, fortement tournée vers les applications industrielles, civiles et militaires. Les programmes de recherche sont régionaux, nationaux et internationaux. La production scientifique est importante, en croissance constante, et implique de très nombreux partenaires. Les équipes de recherche ENSTA Bretagne sont engagées dans des laboratoires académiques multi-tutelles (IRDL, Lab-STICC, FoAP) et des structures de recherche communes avec l'industrie. Le centre de recherche dispose de moyens expérimentaux inédits pour caractériser les phénomènes et valider les résultats scientifiques, en sciences mécaniques (plateforme technologique MASMECA) et technologies de l'information (centre cyber, chambre anéchoïde, bassin de robotique, véhicules hydrographiques, systèmes de drones...).

268
CHERCHEURS,
INGÉNIEURS,
TECHNICIENS
ET DOCTORANTS



3
LABORATOIRES
ACADÉMIQUES



13
GIS, CHAIRES
ET LABORATOIRES
COMMUNS

 pages 28 à 45

INNOVATION

La valorisation des travaux scientifiques et la participation aux réflexions stratégiques territoriales confèrent à l'ENSTA Bretagne une place importante dans le monde socio-économique. La création de l'incubateur ENSTARTUPS et un ambitieux programme de soutien et de sensibilisation à l'entrepreneuriat complètent la politique d'innovation ENSTA Bretagne depuis 2017.

 page 27



10

DOMAINES D'EXCELLENCE

.....
CES ENSEIGNEMENTS, DÉLIVRÉS AU PLUS HAUT NIVEAU, FONT RÉFÉRENCE EN FRANCE ET À L'INTERNATIONAL.

- Les voies d'approfondissement complètent la formation généraliste des élèves civils et militaires, en 2^e et 3^e année.
 - Chacune de ces voies d'expertise correspond à des enjeux technologiques d'avenir et à des domaines d'ingénierie où l'emploi est particulièrement dynamique.
 - Ces choix ne conditionnent pas la carrière des ingénieurs ENSTA Bretagne. Ils favorisent au contraire leur évolution professionnelle dans des directions très variées, que ce soit en ingénierie, recherche, management, conduite de projets, direction ou création d'entreprise.
-



HYDROGRAPHIE & OCÉANOGRAPHIE (CAT. A)

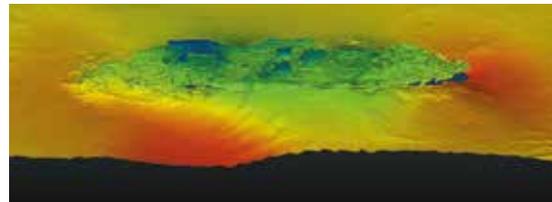


Brest est le berceau mondial de la discipline et l'ENSTA Bretagne la seule école française dispensant une formation en hydrographie de catégorie A (le plus haut niveau, délivré par la FIG-OHI-AC11). C'est aussi l'une des plus reconnues au monde.

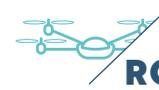
L'hydrographie et l'océanographie recouvrent les méthodes de mesure et de description des océans, mers, lacs et cours d'eau. Ces informations sont indispensables à la conduite de toutes les activités en mer, littorales ou fluviales.



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.



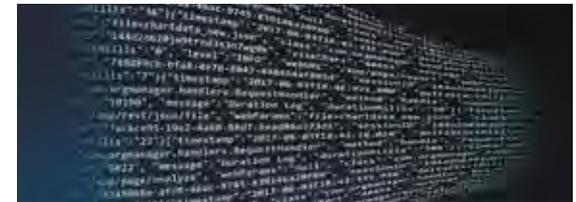
ROBOTIQUE AUTONOME



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 milieu marin et terrestre. L'école se distingue sur le plan international par son expertise originale, reconnue et ses récompenses multiples en robotique marine



SYSTÈMES NUMÉRIQUES ET SÉCURITÉ



Cette expertise porte sur la conception de systèmes numériques communicants et sécurisés, associant télécommunications, circuits numériques, informatique et sécurité (cybersécurité, sûreté de fonctionnement et protection de la vie privée).

L'objectif est de concevoir des systèmes plus fiables et durables.



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.

D'autres étudiants choisissent une formation d'une année dédiée au management de projets maritimes.



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.



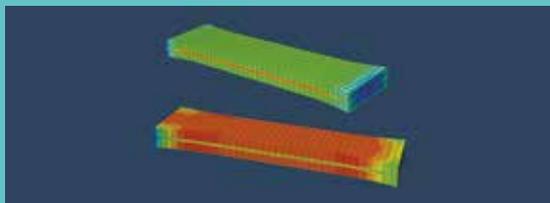
ARCHITECTURE DE VÉHICULES



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.



MODÉLISATION AVANCÉE 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...).



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.

RAYONNEMENT INTERNATIONAL

> Liste complète des partenariats internationaux :

www.ensta-bretagne.fr/partenaires-academiques-internationaux

www.ensta-bretagne.fr/doubles-diplomes-internationaux

"Ecole d'ingénieurs d'excellence, ENSTA Bretagne développe des partenariats à l'international avec un réseau de premier plan, en cohérence avec ses domaines d'intervention et ses valeurs.

- Elle offre ainsi à ses élèves de multiples possibilités de mobilités à l'étranger allant jusqu'à des parcours de double diplôme ambitieux.
- Elle ouvre également ses formations aux meilleurs étudiants internationaux pour leur offrir une expérience unique combinant des études de haut niveau et une vie de campus intense.
- Elle multiplie enfin les collaborations scientifiques et favorise l'accueil et les échanges d'enseignants-chercheurs, doctorants et post-doctorants dans ses laboratoires.

En 2021, elle a engagé une réorganisation afin d'offrir les meilleurs conseils, expertises et accompagnements pour la réussite de ces projets."



Pierre-Etienne Boucher-Chapuy

Directeur de La Ruche :

#développement en réseau, #international, #innovation, #entreprises, #alumni international, parcours des diplômés, innovation

CONTACT

laruche@ensta-bretagne.fr
T. +33 [0]2 98 34 88 35



94

PARTENAIRES
DANS 27 PAYS
+ DE MULTIPLES
COLLABORATIONS
SCIENTIFIQUES

55

PARCOURS
INTERNATIONAUX
DE MSC EN DOUBLE
DIPLÔME

PARCOURS



ALIX, promo 2022

Double-diplôme
ENSTA Bretagne-Georgia Tech,
pyrotechnie et Aerospace
Engineering

Ton parcours ?

« Dès l'entrée à l'école j'ai ciblé un parcours en propulsion spatiale, associant la pyrotechnie et le DD avec Georgia Tech. J'ai effectué mon stage de 2^e année en Belgique au Von Karman Institute, renommé en mécanique des fluides. J'y ai directement utilisé mes cours d'écoulements incompressibles. Après mon semestre à Metz et avant de rejoindre GeorgiaTech à Atlanta, je réalise l'équivalent de mon PFE [stage de 6 mois] au CNES à la direction des lanceurs à Paris Daumesnil. »

Tes projets ?

« Avec mon diplôme d'ingénieur doublé d'un Master of Science en Aerospace, j'ai plus que jamais envie de me diriger vers l'analyse et la conception de missions spatiales. »



FATIM, promo 2021

Mastère spécialisé®
Management de projets maritimes [MS MPM]

Ton parcours ?

« Je suis officière de la marine marchande diplômée de l'Institut Supérieur d'Études Maritimes de Casablanca [Maroc]. Lieutenant en 2015, Officier chef de quart en 2016, j'ai navigué comme lieutenant de sécurité/navigation avant de retourner au Maroc pour avoir le diplôme de Capitaine au Long Cours [bac+5], condition pour être admise en MS MPM. »

Pourquoi cette formation ?

« Pour la qualité des enseignements, théoriques et pratiques, pour les cours par des pros, pour la réputation de l'école et l'accès à des postes d'encadrement. En plus, les profils des étudiants sont variés, on croise ceux de Sciences Po Rennes, on visite des sites [Ifremer, Meunier Industries, le Service de Soutien de la Flotte] et j'ai pu tester mes connaissances sur un projet avec une startup [valoriser les sédiments issus du dragage portuaire]. »

Objectifs atteints ?

« Oui ! Après ma mission professionnelle dans la division Connected Intelligence d'Airbus Defence and Space [systèmes intégrés pour le contrôle des frontières et la surveillance maritime], je suis rentrée au Sénégal où je suis cheffe de projet/capitaine d'armement en CDI chez DEPARMENTIS, société spécialisée en hydrographie côtière. »

LE MINISTÈRE DES ARMÉES

a confié à
l'ENSTA Bretagne
la structuration d'un
**institut interdisciplinaire
dédié à la recherche,
l'innovation et la formation
en ingénierie maritime,**
associant différents
partenaires académiques,
notamment
ENSTA Bretagne,
IMT Atlantique, l'Ecole navale,
et le Shom.

ENSTA BRETAGNE ALUMNI

un réseau actif de
6270 anciens élèves,
animé par une permanence
et des bénévoles,
sous la présidence de
Pierre Faucoup,
PDG de Cilas.



C'est l'école universitaire
de recherche française
dédiée aux sciences
et technologies marines :
650 étudiants en masters
et thèse ; 9 partenaires,
dont ENSTA Bretagne.
isblue.fr

NOS PARTENAIRES ET RÉSEAUX

L'école est au cœur d'un vaste réseau d'entreprises, d'organismes publics, de pôles de compétitivité, de clusters d'innovation, de laboratoires, d'universités et de grandes écoles.

TUTELLE

ENSTA Bretagne fait partie des grandes écoles sous tutelle de la **DGA** (Direction générale de l'armement) au sein du ministère des Armées, avec l'École Polytechnique, l'ISAE-Supaero et l'ENSTA Paris.

Les formations, recherches et innovations menées à l'ENSTA Bretagne, pour certaines dans le cadre de contrats avec l'AID (Agence de l'innovation de défense), contribuent à la force d'expertise de la DGA, et plus largement de l'ensemble du ministère des Armées et de ses partenaires industriels.

L'ENSTA Bretagne recrute et forme chaque année des promotions de 43 ingénieurs des études et techniques de l'armement (IETA), amenés à jouer ensuite un rôle essentiel au sein du ministère des Armées dans la préparation, la réalisation et le soutien des grands programmes d'armement.

LES GRANDES ÉCOLES PARTENAIRES

Outre les partenaires internationaux (cf. page 12) et les partenaires au sein des laboratoires de recherche (cf. pages 33 à 51), ENSTA Bretagne propose des parcours variés aux étudiants, en double diplôme ou via des passerelles vers de nombreuses autres formations : IMT Atlantique, ENSTA Paris, ISAE-Supaero, ENSG, ENS Cachan, INSTN, le réseau Polyméca, l'IAE de Brest, Audencia, l'école d'architecture ENSA Paris La Villette... Une culture de l'exigence lie ENSTA Bretagne et l'ensemble de ces écoles.

DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE ET INNOVATION

ENSTA Bretagne participe activement à de nombreux programmes d'innovation, civils et militaires, et aux réflexions stratégiques qui les définissent. L'action de l'école est à la fois locale, régionale, nationale et internationale.

- **Pôles de compétitivité** : pôle Mer Bretagne Atlantique (économie maritime), ID4CAR (automobile), Images et réseaux, EMC2 (technologies de fabrication d'avenir), Aerospace valley.
- Institut de recherche technologique (IRT) **Bcom** (innovation numérique).
- Pôle d'excellence cyber **PEC**.
- Laboratoire d'Excellence **CominLabs** sur les sciences de l'information et de la communication.
- **Groupe Bretagne Télé-détection** (GIS BreTel) sur les technologies et applications spatiales.
- **Action territoriale** avec le Campus Mondial de la Mer, le technopôle Brest Iroise, Brest métropole et la région Bretagne.

L'école est membre fondateur de plusieurs réseaux de coopération qui ciblent les applications maritimes :

- Institut pour la Transition Énergétique (ITE) **France Energies Marines** (énergies marines renouvelables)
- Cluster d'innovation **ORION** en naval de défense.
- **France Cyber Maritime** : nouvelle association qui préfigure le futur centre opérationnel pour contrer les attaques et menaces cyber en mer et dans les ports (M-CERT).
- En création : **Institut interdisciplinaire d'innovation maritime** (lire ci-contre)



LA FORMATION

THE
NORTH
FACE

ENSTA Bretagne poursuit l'ambition de donner aux futurs ingénieurs la capacité de mener des études et de concevoir des solutions technologiques de haut niveau, en agissant en conscience face aux enjeux environnementaux et sociaux, en particulier pour les secteurs de la défense et de la sécurité, des mobilités et des transports, du maritime, de l'énergie, et de l'exploration de l'environnement.

ENSTA Bretagne est une des 30 meilleures écoles d'ingénieur de France parmi les 200 accréditées.

La valeur de la formation ENSTA Bretagne¹ a été soulignée par l'agence d'évaluation de l'enseignement supérieur (Hcéres) et la Commission des Titres d'Ingénieur (CTI) dans leurs rapports de 2021.

- La qualité des enseignements répond aux exigences des entreprises et de la direction générale de l'armement qui recrutent rapidement les jeunes diplômés, à des salaires attractifs et aux fonctions qui les intéressent. L'enquête premier emploi de la promotion 2020 l'a confirmé et nos jeunes diplômés ont moins subi que d'autres les conséquences de la crise sanitaire.
- Les auditeurs ont également été impressionnés par les actions efficaces et multiples d'accompagnement des élèves, qu'il s'agisse d'orientation professionnelle, d'épanouissement scolaire ou d'ouverture au monde.
- C'est aussi par son catalogue étendu et cohérent de formations qu'est appréciée l'ENSTA Bretagne. Les différents types de diplômes (ingénieur, master, mastère spécialisé, doctorat) et les nombreux parcours de doubles diplômes avec d'autres écoles et les universités sont en adéquation avec les attentes des étudiants et des employeurs.

" ORIGINALS ET DE HAUT NIVEAU, EXIGEANTES ET SÉLECTIVES, LA VALEUR DES FORMATIONS ENSTA BRETAGNE ET L'ATTENTION PORTÉE AUX ÉLÈVES SONT SOULIGNÉES "

LES FAITS MARQUANTS DE LA RENTRÉE 2021

L'école a une nouvelle fois connu une rentrée à près de 1000 étudiants et doctorants. C'est le seuil qu'elle s'est fixé pour une formation théorique et appliquée de haut niveau, incluant la conduite de nombreux projets et la proximité avec les réalités professionnelles. L'offre de formation inclut 17 diplômes préparés sur le campus, dont à la rentrée 2021 un nouveau diplôme en maintenance des navires ouvert avec l'Ecole navale.

En matière d'adaptation des profils aux attentes des entreprises, l'école a également scindé en deux formations distinctes le parcours d'ingénieurs par alternance. Ainsi, la 15^e promotion de la « FIPA », arrivée en septembre 2021, est organisée en deux diplômes de spécialité : conception mécanique (navale ou véhicules) ou systèmes embarqués.

LES ÉVOLUTIONS À VENIR

- L'évolution des enseignements est principalement marquée par la volonté de souligner l'importance des grands enjeux de société, le développement durable et l'économie des ressources. La présence sur le campus d'un laboratoire de recherche en sciences de l'éducation et le lancement d'un projet devant aboutir à la création de contenus de formation appliqués aux enjeux maritimes, dynamisent cette démarche qui s'est fortement organisée en 2021.
- L'école s'attache également à améliorer et renouveler l'expérience étudiante. Cela englobe de nombreux objectifs tels que la création de nouveaux espaces pédagogiques, le bien-être et la diversité dans l'école, la rénovation de la résidence des élèves, l'innovation pédagogique et une amplification des opportunités de formation à la recherche.

La qualité de la formation ENSTA Bretagne et la réussite des nombreuses initiatives pédagogiques sont le résultat du fort engagement de ses équipes d'enseignants et de recherche en interaction quotidienne avec le monde professionnel. J'ajoute dans mon propos les équipes de soutien à la formation, indispensables à cette réussite. Merci et bravo à toutes et tous !

[1] Conclusions rendues en 2021 suite aux audits réalisés en décembre 2020 par l'Hcéres (haut conseil d'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur) et la CTI (Commission des Titres d'Ingénieur).



Rémy Thibaud
Directeur
de la formation

CYCLES DE FORMATION

(CHIFFRES À LA RENTRÉE 2021)

CYCLE INGÉNIEUR GÉNÉRALISTE

Cursus en 3 ans, habilité par la CTI (bac+5)

ENSTA Bretagne délivre un enseignement pluridisciplinaire de haut niveau, pour répondre aux grands enjeux technologiques et sociétaux. Les diplômés sont très appréciés des entreprises, en France et à l'international. Ils sont immédiatement opérationnels dans le domaine d'expertise choisi et aptes à évoluer et prendre rapidement des responsabilités.

TRONC COMMUN

- généraliste, complet et équilibré.
- mathématiques, technologies de l'information, numérique, sciences mécaniques, sciences humaines, management interculturel, défis sociétaux...
- nombreux projets d'application avec les entreprises.
- ateliers : jeu d'entreprise, stage de leadership...

9 VOIES D'EXPERTISE AU CHOIX



PROFILS

- Ingénieur d'étude, conception, R&D, expertise, essais et mesure.
- Ingénieur pour l'armement.
- Ingénieur chercheur.
- Ingénieur chargé d'affaires.
- Ingénieur entrepreneur.

ADMISSION

- après classes préparatoires scientifiques, sur concours commun Mines-Télécom : 161 places.
- ou sur dossier et titre universitaire (L3, M1, M2).

615
étudiants
et élèves militaires

77 % civils
23 % militaires

51^e
promotion diplômée

27 %
d'étudiantes

Admissions 2021 :
L'attractivité de l'école
et sa 1^{re} place au concours
Mines-Télécom sont confirmées,
avec 161 admis pour 155 places.
Cette avance nette s'amplifie
encore en filières PC et PSI.

Former des ingénieurs et des chargés d'expertise

FORMATION D'INGÉNIEUR PAR ALTERNANCE

Cursus en 3 ans, dispensé avec les entreprises et l'ITII, habilité par la CTI (bac+5)

Le programme est également pluridisciplinaire et exigeant. Il associe cours et mises en pratique en entreprise, pour conduire au meilleur niveau des étudiants à fort potentiel, issus principalement de formations technologiques (DUT, BTS). La qualité des parcours professionnels des 10 premières promotions ont fait la renommée de la formation. Le nombre et la qualité des candidatures continuent de s'élever.

- 100 % du temps en formation
- 40 % de séquences académiques
- 60 % de séquences professionnelles

TRONC COMMUN

- généraliste, complet et équilibré.
- mathématiques, technologies de l'information, numérique, sciences mécaniques, sciences humaines, management interculturel, défis sociétaux...
- mémoire et soutenance à chaque retour de séquence professionnelle sur des sujets technologiques ou de culture d'entreprise.

4 VOIES D'EXPERTISE AU CHOIX



PROFILS

- Ingénieur d'étude, conception, R&D, expertise et essais.
- Ingénieur chargé d'affaires.
- Ingénieur entrepreneur.

ADMISSION

- après bac+2 (DUT, BTS), CPGE, sur dossier et entretien : 50 places.

140
apprentis ingénieurs

40 %
de profils
"systèmes embarqués"

60 %
de profils "architecture
navale" ou "véhicules"

13^e
promotion diplômée

Admissions 2021 :
Confiance des entreprises,
croissance et qualité des can-
didatures marquent cette 15^e
rentrée : 433 dossiers étudiés
pour 46 apprentis et 2 salariés
en formation continue admis.

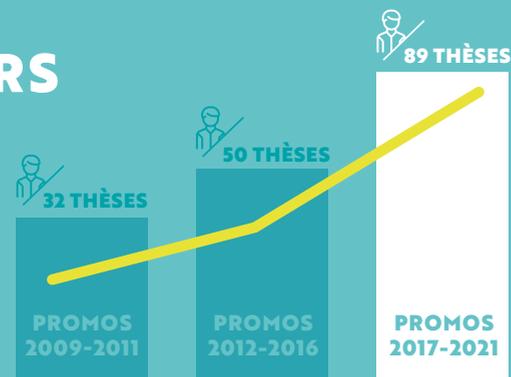
PARCOURS D'INGÉNIEURS DOCTEURS

De plus en plus de jeunes ingénieurs complètent leur formation avec une thèse qui leur ouvre des opportunités professionnelles élargies et les prépare au monde de la R&D et à ses réseaux de coopération multiples, associant entreprises et laboratoires de recherche.



JULIEN DAMERS, ingénieur généraliste et roboticien ENSTA Bretagne [2018], doctorant au Lab-STICC sur les meutes de drones sous-marins autonomes.

NICOLAS CAILLER, ingénieur généraliste, architecte naval et hydrodynamicien ENSTA Bretagne [2021], en thèse à Sorbonne Université sur les phénomènes hydrodynamiques violents.



Le nombre de jeunes diplômés qui poursuivent en thèse est en nette hausse.

PROMOTION 2021 :

22
INGÉNIEURS-DOCTEURS

MASTERS

Cursus en 2 ans, accrédités par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (bac+5)

4 MASTERS ORIGINAUX

- **GÉNIE MARITIME**
Élaborer tous types de systèmes navals, navires, plateformes ou sous-marins.
- **ROBOTIQUE MOBILE ET VÉHICULES MARINS AUTONOMES***
Dédié à la conception et réalisation de systèmes robotiques mobiles, il intègre les aspects matériels et logiciels.
- **INGÉNIERIE AUTOMOBILE***
Unique en Europe, ce programme international associe 5 établissements de 5 pays : ENSTA Bretagne, Université de Prague (CTU), Université d'Arnhem (HAN), Université de Chemnitz (TUC) et Université de Bandung (ITB).
- **ARCHITECTURE ET SÉCURITÉ DES SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES ET LOGICIELS**
Il répond aux défis des systèmes communicants sécurisés : modéliser l'architecture logicielle et matérielle, exploiter des informations fournies par des capteurs, mettre en place des télécommunications...

5 MASTERS CO-ACCREDITÉS

- **Master « SCIENCES MARINES »** (avec UBO/IUEM).
 - PARCOURS HYDRODYNAMIQUE NAVALE
 - PARCOURS PHYSIQUE DE L'OcéAN ET CLIMAT (côtier, hauturier ou des données océaniques)
 - PARCOURS GÉOPHYSIQUE MARINE
- **SCIENCES DES DONNÉES OCÉANIQUES**
- **Masters « INGÉNIERIE DE CONCEPTION »**,
 - PARCOURS MÉCANIQUE, MATÉRIAUX ET GÉNIE CIVIL (avec UBO, UBS, ENIB et INSA Rennes).

48

ÉTUDIANTS

75

ÉTUDIANTS

avec les élèves ingénieurs en double diplôme.

MASTÈRES SPÉCIALISÉS (MS)

Cursus en 1 an, accrédités par la Conférence des Grandes Écoles (bac+6)

INTÉGRER DES FILIÈRES DE HAUTE TECHNOLOGIE D'AVENIR

- **CYBERSÉCURITÉ DES SYSTÈMES MARITIMES ET PORTUAIRES***
Contrer les attaques actuelles et détecter les menaces futures pour défendre et opérer les systèmes spécifiques, maritimes et portuaires (formation labellisée par le Pôle Mer Bretagne Atlantique).
- **INGÉNIERIE MARINE ARCHITECTURE NAVALE, OFFSHORE ET SHIP DESIGN***
Former des architectes navals, chefs de projet, ingénieurs d'étude, ingénieurs de recherche ou chefs de chantier naval.
Il est associé au DPEA de l'école d'architecture ENSA Paris La Villette, dans le cadre du parcours « ship design ».
- **EXPERT ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES (EMR)***
Concevoir les systèmes pour capter les EMR, analyser les impacts et enjeux, diriger des programmes EMR.
- **MANAGEMENT DE PROJETS MARITIMES ET MAINTENANCE DES NAVIRES***
2 PARCOURS À LA RENTRÉE 2021 :
 - piloter des projets d'envergure, internationaux
 - maintien en condition opérationnelle des navires
- **PYROTECHNIE ET PROPULSION***
Maîtriser les phénomènes physiques de combustion, déflagration et détonation et les intégrer dans un système mécanique de propulsion.
- **INGÉNIERIE DES SYSTÈMES DE LOCALISATION ET MULTI-SENSEURS*** (avec ENSTA Paris).
Concevoir des dispositifs technologiques multi-senseurs.

64

ÉTUDIANTS

***DES FORMATIONS UNIQUES EN FRANCE**

LES PROJETS

DANS LA FORMATION

Acquisition active des connaissances, sur des problématiques réelles, à toutes les étapes de la formation.



#hydrographie #DDRS

Étude des conditions d'envasement du port d'échouage de Landunvez au profit de l'association des usagers du port d'Argenton [AUPA] par un élève hydrographe - Prix Palmarès 2021

Jean-Baptiste, ingénieur hydrographe et océanographe, X-ENSTA Bretagne 2021 :

« Mener à bien un tel projet requière une bonne connaissance des outils de modélisation et de leur capacité descriptive. Afin de valider le modèle de simulation, des données ont été recueillies in situ. J'ai ainsi pu travailler en étroite collaboration avec les acteurs locaux de cette zone littorale. Tout cela confère au projet toute sa richesse scientifique et technique. »



#santé #défense



Projet de garrot pneumatique d'urgence pour militaires en opération, réalisé par 2 élèves-IETA de 2^e année à la demande de l'Hôpital d'Instruction des Armées de Brest.



#numérique #robotique
#industrie du futur

Projet Goldorak

Reproduire l'architecture numérique d'une usine moderne
Au cours de leur 2^e année [bac+4] de formation d'ingénieur généraliste, les étudiants spécialisés dans le domaine des technologies de l'information travaillent chaque mardi, en groupe, sur un projet applicatif. Le projet est à la croisée de plusieurs domaines : systèmes embarqués, robotique, internet des objets, usine du futur, jumeau numérique, cyber-sécurité et IA.

Tout en gagnant en compétences en gestion de projet AGILE, ils ont réussi à concevoir l'architecture d'une chaîne de production robotisée : maîtrise du fonctionnement du robot, codes de commandes fonctionnels, algorithme de détection de l'environnement...



#management
#maritime #DDRS

Projet de valorisation du polystyrène expansé en Bretagne

Dans le cadre du Mastère Spécialisé® Management de Projet Maritime, une équipe de

4 étudiants travaille la de valorisation du polystyrène expansé en Bretagne pour les Recycleurs Bretons. Un projet passionnant qui leur permet de réunir de nombreuses compétences en gestion de projet, marketing, économie...



#Energies-marines-renouvelables

Récupérer l'énergie des vagues

Pendant plusieurs semaines, les étudiants du Mastère Spécialisé® «Expert en énergies marines renouvelables »

ont travaillé ensemble sur un projet houlomoteur complet : modélisation du système, création d'un prototype, essais en bassin, étude environnementale... Mathieu, étudiant du Mastère était le chef de projet.



#DDRS #maritime #énergie

Maisons flottantes autonomes en énergie

Dans le cadre d'une mission confiée à Impact, la junior entreprise de l'ENSTA Bretagne, deux étudiants (Paul et Pierre) ont travaillé en soutien à la start-up Ec'eau Flow. L'étude portait sur la flottabilité et la stabilité de barges habitables quasi autonomes en énergie.



#Césure #aventure #mer

Après ses deux premières années passées à l'ENSTA Bretagne, **Maxime, étudiant en architecture navale et offshore, a décidé de prendre une année de césure afin de réaliser un tour de l'Atlantique.**

Ce projet a commencé à germer pendant le premier confinement ce qui l'a poussé à acheter un bateau. Cet élève-ingénieur motivé est bien soutenu par les "voileux" de l'école, l'association HydroChallenge et la Sailing Team dont il était le vice-président.

« Cette aventure me permet de découvrir le monde et de multiples cultures. La phase de préparation du bateau est également très enrichissante (travail du bois, mécanique...). J'ai eu la chance de faire mon stage de 2e année dans une équipe de course au large et de gagner en compétences aux côtés de ces professionnels. Cette année sur un petit voilier de 9 mètres est un très bon complément à ma formation d'architecte naval. »



#ingénieur-entrepreneur

Pierre Mathieu, élève-ingénieur-entrepreneur, termine son parcours à l'ENSTA Bretagne. Il a profité de ses années d'études pour saisir toutes les opportunités qui lui étaient offertes : année de césure, semestres de substitution dans des établissements partenaires (notamment à Montréal et à l'ENSTA Paris). En parallèle, il a imaginé et conçu l'application OPB pour « Objectif Post Bac » qui vise l'accompagnement des lycéens dans leur orientation.

#club-étudiant #mer

Antoine et Tanguy, deux élèves-ingénieurs bricoleurs, investis et passionnés sont à l'initiative du **nouveau club Yétishape**. Ils ont appris à "shaper" des planches de surf durant leur stage de 2e année et proposent désormais aux autres élèves d'apprendre à en fabriquer eux-mêmes ou d'acheter leurs créations à petits prix.



FOCUS



#Guerlédan

PROJET INTERDISCIPLINAIRE D'EXPLORATION

Ce lac artificiel de 4 km² situé en centre Bretagne remonte aux années 1930, lors de la construction d'un barrage hydroélectrique aujourd'hui exploité par EDF. Depuis 2016, il est le laboratoire à ciel ouvert des élèves ingénieurs hydrographes et roboticiens qui s'y établissent deux fois par ans, durant leur dernier semestre de formation [i.e. M2].

Des projets d'exploration du lac de Guerlédan et de ses infrastructures en partenariat avec EDF y sont menés qui font intervenir des technologies émergentes qui croisent hydrographie et robotique autonome pour développer de nouvelles méthodes d'exploration et de connaissance des fonds marins.

En octobre les bases du projet sont posées. En février c'est la phase finale, les dernières expérimentations et simulations avant les soutenances. Entre ces deux camps de terrain, les projets prennent forme sur le campus ENSTA Bretagne.

#GUERLÉDAN : EXEMPLES DE PROJETS INITIÉS FIN 2021

• DES SEICHES DANS LE LAC DE GUERLÉDAN ?

Ce phénomène correspond à l'apparition sous l'effet du vent d'une onde particulière, comme de la houle, qui dépend de la forme du lac. Il est étudié à l'aide de marégraphes et de capteurs de vents.

• ART ET SCIENCES

Analyse de la biodiversité du lac de Guerlédan par acoustique. La faune et la flore du lac de Guerlédan sont analysés grâce à l'utilisation de sondeurs monofaisceau, permettant l'évaluation de la biomasse et l'étude précise des poissons, de l'acquisition des échogrammes à la sonification. S'y ajoute le défi d'une composition sonore en collaboration avec des étudiants du master Image & Son de Brest (Université de Bretagne Occidentale).

• INSPECTION D'OUVRAGE AVEC UN ROBOT SOUS-MARIN AUTONOME

Essais d'inspection réalisés sur le barrage EDF. Le robot sous-marin autonome utilise l'architecture du site pour se repérer.

• ROBOTS "COMPAGNONS" SOUS-MARINS

Le compagnon servirait à éclairer la zone de travail du robot principal ou à l'assister dans des manipulations complexes. Mais comment s'assurer que les câbles qui les relient à la surface ne s'emmêlent pas et que les deux robots naviguent en coopérant ?

• FIABILISER LES RELEVÉS BATHYMÉTRIQUES OBTENUS PAR ROBOTS AUTONOMES

L'acquisition de données des profondeurs pour les cartes marines serait amplifiée avec des robots autonome, si on relève le défi de la géolocalisation du robot. Une méthode est ici expérimentée : l'analyse des zones que le robot aura vues deux fois.

• MODÈLE NUMÉRIQUE POUR COMPRENDRE LE TRANSPORT DES LARVES D'HUITRES

Des capteurs de turbidité et de température sont utilisés afin de construire un modèle numérique simulant les courants et la température, cette dernière favorise le développement des larves.

INNOVATIONS PÉDAGOGIQUES

Par le département « sciences humaines et sociales »



IMPROVISATION THÉÂTRALE EN ANGLAIS AU GRAND AIR

En plein air, assis ou debout sur les pelouses du campus, un groupe d'étudiants de la formation d'ingénieur et de Master 1 participent, 6 semaines durant, à des cours d'improvisation théâtrale et de storytelling en anglais. Un format créatif et ludique qui facilite la prise de parole et leur permet de développer de multiples compétences.

Jeanne Toulouse, enseignante chercheuse LV1 :

« Ces séances ont différents objectifs : prendre conscience de l'importance des récits dans les situations de communication privées et professionnelles, réflexion sur le processus de création collective, développer des compétences linguistiques... »



« GRANDS DÉFIS DE L'INGÉNIEUR » UN COURS DE 1^{RE} ANNÉE QUI QUESTIONNE

L'objectif des « Grands défis de l'ingénieur » est d'apprendre à construire les problèmes d'ingénieurs selon une approche holistique, qui intègre les enjeux sociétaux et permette de penser les raisons d'être et les conséquences des innovations techniques.

Le thème central de cette année portait sur la consommation des ressources, le recyclage et la destruction des artefacts. Une équipe a choisi de focaliser son étude sur ITER, le premier projet mondial de centrale à fusion.



Projet international ITER qui vise à reproduire l'énergie du soleil sur terre



FENÊTRE SUR LE MONDE : S'OUVRIRE AUX CULTURES DU MONDE GRÂCE AUX LV2

En 1^{re} année de formation d'ingénieur, les étudiants participent à un projet interculturel et plurilingue dans le cadre des cours de LV2. En groupe de 3 à 4 étudiants, ils sont amenés à réaliser une création (vidéo, enregistrement radio, poster, article...) pour faire découvrir les cultures et la vie dans les pays où se pratiquent les langues qu'ils étudient. L'ensemble des réalisations forme un tout intitulé « Fenêtre sur le monde » à destination des étudiants et personnels de l'ENSTA Bretagne. Cette année, l'action est coordonnée par 3 étudiants internationaux du cours de Français langue seconde (FLS).



LES ATELIERS D'OUVERTURE CULTURELLE (AOC)

Proposés aux étudiants et apprentis en dernière année de formation d'ingénieur, ces enseignements originaux constituent une ouverture à d'autres disciplines, sources d'inspiration, de créativité et de développement personnel. Ex : arts plastiques, expression corporelle et vocale, lectures critiques de textes de sociologie.

L'INCUBATEUR ENSTARTUPS

∴ Promeut l'entrepreneuriat et soutient les créateurs

Créé en 2017 sur le campus ENSTA Bretagne, l'incubateur ENSTARTUPS a une double vocation :

- Accueillir des porteurs de projet. En 4 années, une dizaine de projets ont déjà pris leur envol ou sont sur le point de le faire, sur la vingtaine d'idées incubées.
- Insuffler l'esprit startuper aux étudiants et les former à l'entrepreneuriat. Cela englobe des étapes de découverte pour tous et différentes possibilités d'approfondissement pour les plus motivés.



3 SUCCESS STORIES

inspirées par la transition écologique

FIL & FAB
BREST

Crée Nylo®, un nouveau matériau issu de la valorisation des filets de pêche
fil-et-fab.fr

GWILEN

Valorise les sédiments marins issus des dragages en matériaux pour le design
gwilen.com

UMÒJA

Chaussures 100% végétales
umoja-shoes.com

ENSTARTUPS
L'INCUBATEUR ENSTA BRETAGNE

PROJETS EN CRÉATION EN 2021

Thèmes : #mer #DDRS #énergie #numérique #santé

- **EHM** (Efficient Hydrogen Motors) : nouveau moteur à hydrogène « carbone négatif », produit son hydrogène en captant le CO2 de l'atmosphère [ehm.bzh]
- **SPLASHELEC** rendre accessible la voile aux handicapés et à automatiser les foils [photo1] (www.splashelec.com)
- **OX-EYE** bureau d'étude d'écoconception en architecture navale qui vise la création de navires dans de nouveaux matériaux
- **SKRAVIK** transformer un catamaran en navire de travail à voile [photo3] (skravik.com)
- **ARKANE TECH** communication sans fil et intelligence artificielle
- **SEEDERAL TECHNOLOGIES** tracteur électrique (levée de fonds réalisée pour la fabrication d'un prototype en 2022)
- **ÉCO-CONCEPTION** d'un vélo et nouveaux matériaux (par deux ingénieurs docteurs d'ENSTA Bretagne [photo3])
- **3 CHIRURGIENS** du CHRU de Brest et un enseignant d'ENSTA Bretagne inventent un nouveau type de plâtre par impression 3D

CONTACT

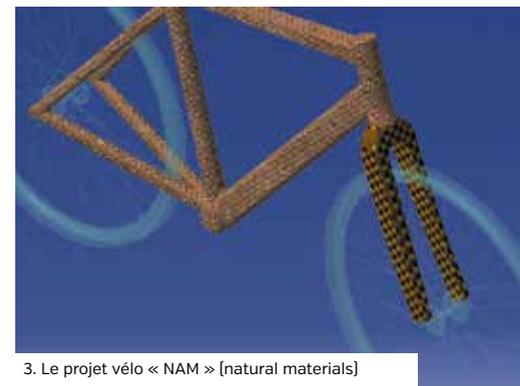
Maryline BESNARD
responsable entrepreneuriat
& ENSTARTUPS
maryline.besnard@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 87 80



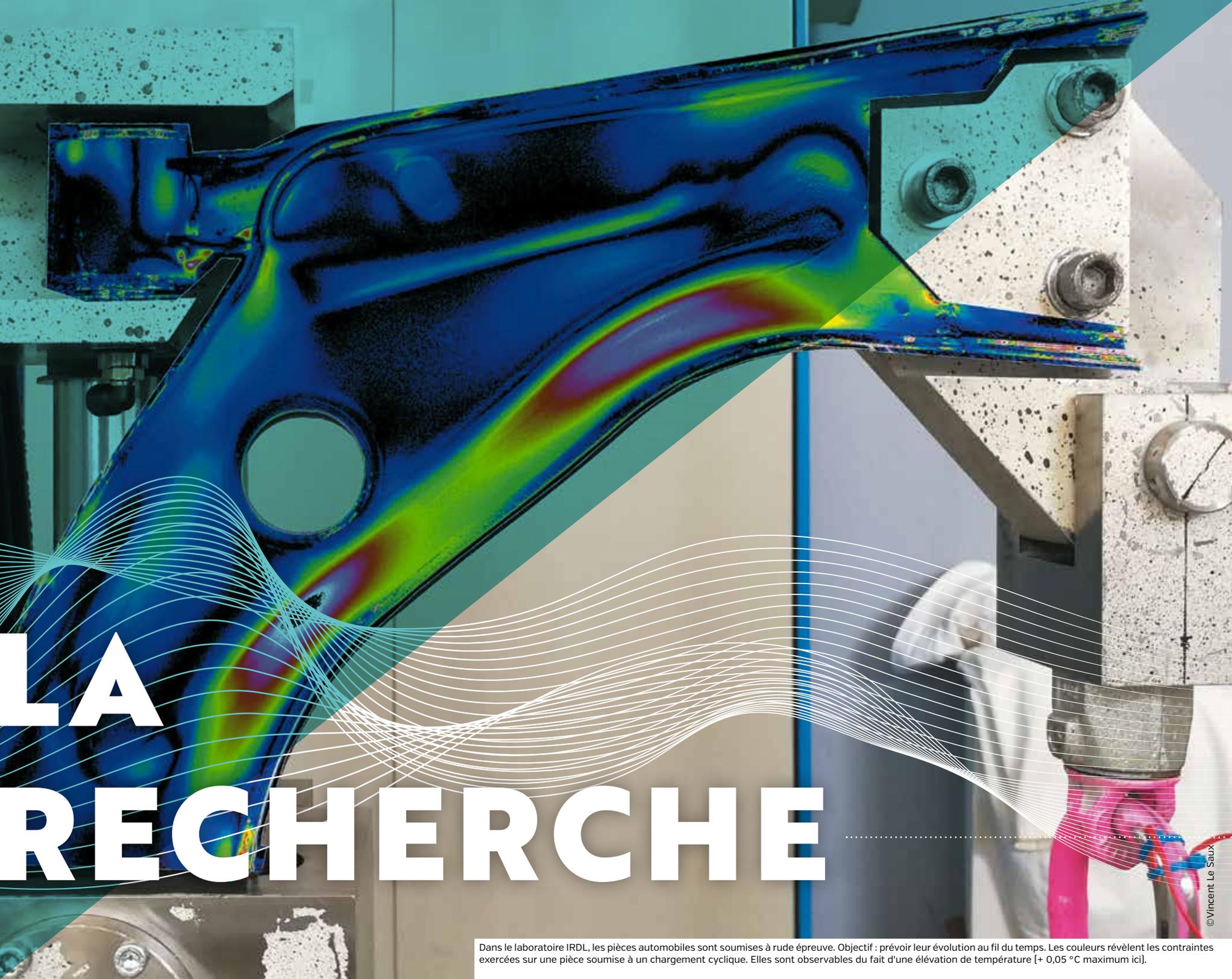
1. Audrey navigue grâce aux joysticks splashelec



2. Le projet Skravik



3. Le projet vélo « NAM » [natural materials]



LA RECHERCHE

Dans le laboratoire IRDL, les pièces automobiles sont soumises à rude épreuve. Objectif : prévoir leur évolution au fil du temps. Les couleurs révèlent les contraintes exercées sur une pièce soumise à un chargement cyclique. Elles sont observables du fait d'une élévation de température (+ 0,05 °C maximum ici).

RECHERCHE

L'année 2021 a été importante pour dresser un panorama quantitatif et qualitatif de la recherche menée à l'ENSTA Bretagne, notamment au travers de l'évaluation HCERES^[1] de deux de ses trois laboratoires, et tracer des perspectives dans le cadre de l'élaboration de la stratégie de développement 2022-2026.

L'évaluation de la recherche de l'école a démarré en 2021 par l'évaluation globale de l'ENSTA Bretagne selon le référentiel de la section Etablissement de l'HCERES. La croissance et le dynamisme de la recherche depuis cinq ans ont été soulignés par les experts qui nous ont évalués :

- sa bonne intégration dans des unités multi-établissements,
- une production académique très satisfaisante,
- une capacité à tisser des liens avec les acteurs socio-économiques.

L'évaluation s'est poursuivie au printemps dans les laboratoires IRDL et LabSTICC, qui ont donné lieu, là-aussi, à des rapports particulièrement intéressants. La qualité et la quantité des travaux scientifiques menés ont été salués par les comités. Les pistes de développement sont également bien identifiées. Pour l'IRDL, il est important d'accroître les actions à l'interna-

tional. Pour le LabSTICC, l'effort sur la gouvernance et le pilotage scientifique doit être poursuivi.

Enfin, le projet de création d'une Ecole Doctorale en co-accreditation (IMT Atlantique, ENSTA Bretagne) a été évalué positivement par le comité HCERES qui a noté l'effort consacré par les deux établissements à renforcer l'interdisciplinarité et le lien avec le monde socio-économique.

Toutes ses évaluations externes à l'ENSTA Bretagne ont été utiles pour guider l'élaboration des orientations de la stratégie de recherche 2022-2026 proposée au ministère des Armées.

La politique de recherche a plusieurs ambitions, en particulier celles de servir les besoins de la défense, de l'industrie et de la société, pour une avenir durable.

Certaines de ces ambitions s'inscrivent dans la continuité de la politique de recherche actuelle : participation à des unités de recherche multi-tutelle, positionnement sur des applications au service de la défense, de la sécurité, de la performance industrielle, avec une coloration maritime affirmée.

D'autres thèmes font l'objet d'une inflexion significative. Ainsi, la place du doctorat, y compris dans le cadre de la formation des élèves ingénieurs, sera renforcée. Une réflexion pour accroître la dimension internationale des activités de recherche sera également menée. Enfin, les enjeux du développement durable et de la responsabilité sociétale seront pleinement intégrés dans la politique de recherche de l'école.

Les pages suivantes décrivent les thématiques de recherche des laboratoires et les illustrent par un certain nombre de programmes menés en 2021.

[1] Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES

FoAP UR 7529
> page 44

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

Lab-STICC
UMR CNRS 6285
> page 36

SCIENCES MÉCANIQUES

IRD
UMR CNRS 6027
> page 30

EFFECTIF RECHERCHE

268
PERSONNELS
ET DOCTORANTS



Yann Doutreleau
Directeur scientifique

121
THÈSES en cours,
soutenues et débutées

13,7 M€
DE CONTRATS
notifiés en 2021

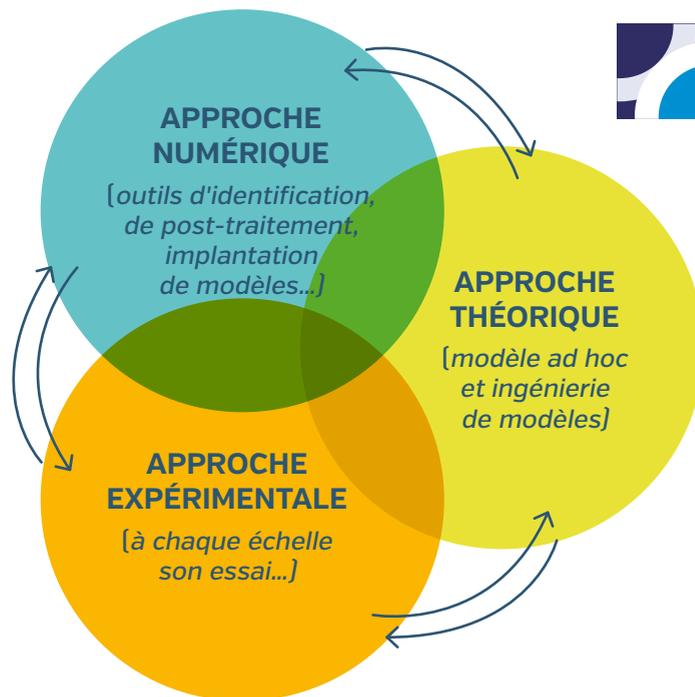
150
PUBLICATIONS
et communications
en conférences

Institut
de Recherche
Dupuy de Lôme
UMR CNRS 6027
institut Carnot ARTS

IRDL / SCIENCES MÉCANIQUES

FICHE D'IDENTITÉ

- Créé le 1^{er} janvier 2016, l'IRDL est un laboratoire d'excellence d'envergure nationale et internationale en sciences mécaniques.
- 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 et des 4 établissements pré-cités [UMR 6027], rattachée à l'INSIS.
- **325** membres, dont 125 doctorants.
- Environ **240** 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. "**



35
PUBLICATIONS



48
THÈSES ENCADRÉES



7,08 M€
DE CONTRATS
NOTIFIÉS

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.

CONTACT

Nicolas CARRERE
Directeur adjoint de l'IRDL
nicolas.carrere@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 59 13

RECHERCHE



Début des travaux de recherche sur la fatigue à très grand nombre de cycle (VHCF). L'acquisition en 2021 d'une machine de fatigue gigacyclique très haute fréquence (20kHz) permet des mesures sous sollicitation à 100 milliards de cycles en seulement 14h. Cet équipement répond aux besoins expérimentaux de la chaire Self-Heating qui contribue à élargissement significativement le périmètre d'étude du laboratoire IRDL.

TEMPS FORTS DE L'ANNÉE 2021

EVALUATION HCERES

Nicolas Carrere, enseignant-chercheur
ENSTA Bretagne, directeur adjoint de l'IRDL :

« C'est le lien fort avec le tissu industriel national, la production scientifique élevée, la complémentarité forte des équipes et l'unité du laboratoire qui constituent les points forts de l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme, comme l'a souligné le Haut conseil d'évaluation Hcéres* dans son rapport publié en 2021. Notre projet stratégique a convaincu. Les synergies entre les différents sites bretons où sont localisées les équipes sont bien en place. L'un des axes de développement sur lequel nous mettons l'accent est le rayonnement international plus fort du laboratoire ».

- Les recherches conduites par le laboratoire ont bénéficié à près de 200 entreprises industrielles ces 6 dernières années (grands groupes, PME et TPE).
- Les recherches concernent au 2/3 des applications civiles ou duales et pour 1/3 la défense (en valeur des contrats).



« SELF HEATING » : CHAIRE INDUSTRIELLE

ANR avec SAFRAN¹,
NAVAL GROUP, IRDL²
et l'institut P¹

Créée fin 2020, c'est la 1^{re} chaire industrielle de recherche de Bretagne co-financée par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

Elle porte sur la caractérisation rapide des propriétés en fatigue de différents matériaux et assemblages soumis à de très grands nombres de cycles. La méthode, qui s'appuie sur la mesure de leur auto-échauffement (self heating), donne son nom à la chaire et permet de disposer beaucoup plus rapidement des résultats.

L'objectif des industriels est de prédire la tenue en service de ces matériaux et assemblages pour les utiliser dans les bons contextes et ainsi optimiser le dimensionnement des structures, navales et aériennes.

Pilote : Sylvain Calloch, Pr. ENSTA Bretagne / IRDL

- Budget pour 4 ans : 2,05 M€ (50% de l'ANR et 50% de l'industrie)
- Une équipe de 25 chercheurs :
8 thèses, 4 post-doc et 13 chercheurs encadrants

LABO COMMUN « GUSTAVE ZÉDÉ »

ENSTA Bretagne-IRDL,
NAVAL GROUP

Créé en 2015, ce dispositif conjoint de R&D permet de développer des outils innovants d'aide au dimensionnement des structures navales sous sollicitations extrêmes.

+ d'infos [page 35](#)

LA PLATE-FORME TECHNOLOGIQUE MASMECA

Elle occupe 1200 m² du centre de recherche ENSTA Bretagne auxquels s'ajoutent 300 m² à l'Enib.

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.

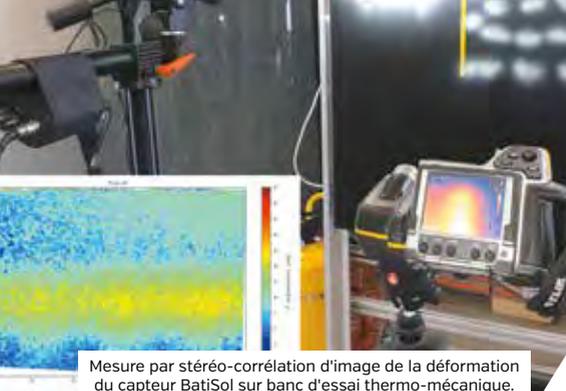
5 plateaux techniques :

- 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 : masmeca.ensta-bretagne.fr

www.ensta-bretagne.fr/plate-forme-technologique-masmeca-0

[1] Safran Aircraft Engines, Safran Landing Systems et Safran Composite. [2] site ENSTA Bretagne



Mesure par stéréo-corrélation d'image de la déformation du capteur BatiSol sur banc d'essai thermo-mécanique.

ASSEMBLAGES MULTI-MATÉRIAUX

(PTR2)

#

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

23 PERSONNELS
 dont 11 DOCTORANTS

14 PUBLICATIONS
 dans des revues
 à comité de lecture
 et 1 chapitre d'ouvrage

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

- **AM2** : Caractérisation thermique et mécanique d'assemblages multi-matériaux aluminium/acier pour automobiles (Financements Bpifrance, Stellantis)
- **COCOA** : Caractérisation et modélisation du comportement d'interface collées de forte épaisseur (financements Institut Carnot ARTS, Région Bretagne et Département Finistère)
- **ETACSI** : Développement d'un essai technologique en vue de valider la modélisation du comportement d'un adhésif sous sollicitation d'impact (financement SAFRAN Composites - collaboration avec PTR3)
- **CIBLES** : Développement d'un assemblage collé structurel multi-matériaux offrant une protection balistique (financement DGA, 2CA - collaboration avec PTR3)
- **DURECO** : Durabilité de réparations structurales collées (financement AID)
- **NABUCCO** : Modélisation analytique et numérique du flambement latéral de tubes offshore (Financement Région Bretagne)

1 THÈSE SOUTENUE EN 2021

- **Johnatan LEPLAT** (ANR France Energies Marines) : « Comportement mécanique et rupture de l'interface adhésif/substrat d'assemblages collés vieilliss en eau : caractérisation expérimentale et simulation numérique. »

3 NOUVELLES THÈSES

- **Pierre-Yves CORBEL** (bourses région Bretagne et ENSTA Bretagne) « Rupture des interfaces fibre/élastomère sous chargement complexe. »
- **Claudiu MALEA** (en co-tutelle avec l'Université de Pitesti - Roumanie) « Caractérisation expérimentale et modélisation numérique du procédé de fraisage par enlèvement de copeaux. »
- **Pierre FREQUELIN** (CIFRE Bayab en collaboration avec l'ICA) « Optimisation de la texturation de surface par Jet d'Eau Abrasif : application au collage de matériaux aéronautiques. »

FOCUS

COMPRENDRE ET PRÉDIRE LE COMPORTEMENT D'ADHÉSIFS DÉFORMABLES APPLIQUÉS EN FORTE ÉPAISSEUR

Les adhésifs à fort allongement utilisés sous forme de joints appliqués en forte épaisseur sont aujourd'hui utilisés pour assurer une fonction d'assemblage structural (ex : coque de navire, pale d'éolienne...). Ceci nécessite la mise en place de méthodes

de dimensionnement adaptées capables de prendre en compte la complexité de comportement de ces systèmes. Des outils originaux sont ainsi développés dans le cadre du projet collaboratif COCOA (Région Bretagne/ Carnot Arts) impliquant le LAMIH

(UMR CNRS 8201) et le CETIM. La modélisation de l'endommagement de l'interface collée est confrontée à des résultats d'essais de fissuration sous chargements complexes.

STRUCTURES, FLUIDES & INTERACTIONS

(PTR3)

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

- **STADINAV** : Analyse probabiliste du roulis non linéaire des navires soumis à une houle irrégulière [Financement AID, en collaboration avec l'Ecole navale]. Ce projet a pour but de développer de nouvelles méthodes pour prédire le risque de chavirement des navires.
- **DIMPACT** : Dimensionnement d'éoliennes flottantes prenant en compte les impacts et le déferlement de vagues [Financement ANR / France Energies Marines]
- **OPTIFOIL** : Optimisation paramétrique des foils ; application à la voile Olympique [Financement Instituts Carnot ARTS et MERS, avec l'Ecole navale et Ifremer]
- **TRIBAL** : Protection composite transparent [Financement ANR ASTRID]
- **PROBALCAV** : Protection balistique cavitante [Financement ANR ASTRID Maturation]
- **SUSTAINED21** : Survivability of Structure Against Energy deposition [Financement ANR ASTRID]
- **MAPSEA** : MATériaux de Protection contre les effets de Souffle [Financement ANR]

7 THÈSES SOUTENUES EN 2021

- **Yann Richard** [DGA, Brest Métropole] : « Modélisation et étude des phénomènes de séparation et d'impact hydrodynamique secondaire lors du tossage des navires. »
- **Vincent Jaulin** [CIFRE CEA] : « Etude et modélisation d'impacts basses et haute vitesse sur des matériaux et structures de satellites. »
- **Jean-François Croteau** [Bourse européenne Québec] : « High velocity forming of superconducting structures with bulk Nb and Cu substrate. »
- **Camille Caisso** [CIFRE Livbag] : « Mise en place d'une méthodologie pour la caractérisation de la robustesse des générateurs de gaz pour airbags dans le domaine de la transition ductile-fragile. »

DANS LE DOMAINE DES COMPOSITES :

- **Manel CHICHI** [cotutelle avec l'université de Sousse, Tunisie] : « Analyse des performances d'un nano-composite fonctionnel. »
- **Sabrina KHAMMASSI** [bourse région Bretagne] : « Nanotechnologie et réparation des structures composites endommagées. »
- **Amar MAZIZ** [cotutelle, programme algéro-français PROFAS B+] : « Analyse des défauts dans les pipes en matériaux composites. »

FOCUS

COBADI : CONCEPTION D'UN OUTIL DE DIMENSIONNEMENT DE BARRIÈRE DIPHASIQUE CONTRE LES EFFETS DES EXPLOSIONS

L'objectif principal du projet COBADI est le dimensionnement simple et rapide in situ d'une barrière de protection diphasique en fonction des paramètres de la menace (propriétés de l'onde de

souffle et des fragments hyper-véloces) et de la mousse liquide. L'étude vise à constituer une base de données expérimentales conséquente pour décrire le comportement des mousses sur

une large gamme de paramètres et être ainsi capables de concevoir une mousse optimisée pour une menace ciblée. mousse optimisée pour une menace ciblée.

#

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

26 PERSONNELS
 dont 11 DOCTORANTS

11 articles
 dans des revues
 à comité de lecture



Mesure de température lors de tests de fatigue sur pièce issue de fabrication additive métallique

COMPORTEMENT ET DURABILITÉ DES MATÉRIAUX HÉTÉROGÈNES (PTR5)

#

fatigue # vieillissement # tenue en fatigue # modélisation # essais

28 PERSONNELS
dont 15 DOCTORANTS

10 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).
- Vieillesse 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.

4 THÈSES SOUTENUES EN 2021

- **Libor Navrátil** : « Investigation thermomécanique pour le dimensionnement en fatigue des composites tissés 3D pour applications aéronautiques » [CIFRE SAFRAN]
- **Lorenzo Bercelli** : « Dimensionnement à la fatigue de propulseurs en cupro aluminium obtenu par fabrication additive » [EA FRAPAN]
- **Amni Benhaz** : « Study of high cycle fatigue of metastable austenitic stainless steel at room and low temperatures via self-heating measurements » [ARED/ENIB]
- **Yoann Congard** : « Détermination de la durée de vie en fatigue LCF des instruments endodontiques en alliage à mémoire de forme » [CIFRE MICRO MEGA]

5 NOUVELLES THÈSES

- **Kilian Demilly** : « Influence d'un endommagement initial sur les propriétés à la fatigue des matériaux composites stratifiés UD : apport des mesures d'auto-échauffement pour évaluer la durée de vie résiduelle » [CIFRE Naval Group]
- **Pierrick Lepitre** : « Etude de l'influence de l'intégrité de surface et d'un revêtement sur les propriétés en fatigue à grand nombre de cycles de l'acier 300M à partir d'essais d'auto-échauffement sous sollicitations cycliques » [CIFRE Safran Landing System]
- **Alexandre Ricker** : Simulative estimation of the heat build-up measurements throughout a thermo-mechanically coupled finite element [FE] analysis including nonlinear dissipative material model [Co-tutelle]
- **Théo Sevede** : « Etude et modélisation des propriétés en fatigue à très grand nombre de cycles et à hautes températures à partir d'essais d'auto échauffement sous sollicitations cycliques » [ANR chaire industrielle SELF-HEATING]
- **Sébastien Ballesio** : « Caractérisation et modélisation de la tenue à la fatigue et à la corrosion d'aciers duplex obtenus par fabrication additive SLM et LMD » [AID]

FOCUS

CARACTÉRISATION ET MODÉLISATION DE LA DURABILITÉ DE LIGNES D'ANCRAGE EN POLYAMIDE POUR LES ÉOLIENNES OFFSHORE FLOTTANTES

Les éoliennes flottantes sont placées sur des espaces maritimes où le potentiel d'énergie est jusqu'à quatre fois plus élevé que ceux choisis pour les éoliennes posées.

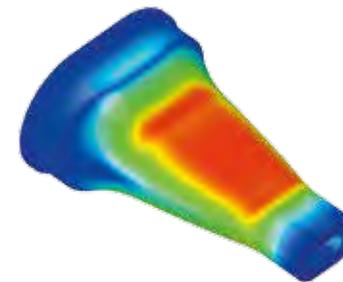
Les systèmes de flotteurs développés pour les positionnements en eaux peu profondes (< 200 m) requièrent un ancrage qui assure le maintien de la station et la diminution des effets combinés de la houle, du vent et des chargements dus à la plateforme. Le

choix de lignes d'ancrage en polyamide (PA6) s'impose face au polyester grâce à son importante capacité d'élongation avant rupture (>20 %). Combinée à leur résistance en traction, ces lignes permettraient le maintien et l'amortissement requis.

Le projet MONAMOOR, dans lequel s'inscrit la thèse de **Laure Civier**, s'intéresse au comportement à long terme [en fluage et fatigue] et à la durabilité de ces ancrages en polyamide. Le cœur

du travail comprend de la modélisation et de la caractérisation thermomécanique. L'objectif industriel est de développer une stratégie de monitoring pertinente et efficace. Des essais en mer permettront de valider les résultats de la thèse.

Partenaires : France Energies Marines, ANR, Pôle mer Bretagne Atlantique, Ifremer, ENSTA Bretagne, universités de Nantes et Gustave Eiffel.



Champ de contrainte en surface observé, sur une pièce creuse issue de fabrication additive, par thermométrie lors de la sollicitation en fatigue (flexion)

LABORATOIRE COMMUN GUSTAVE ZÉDÉ

(NAVAL GROUP, ENSTA BRETAGNE)

DURABILITÉ EN MER DES COMPOSITES STRATIFIÉS

Thèse de Kilian DEMILLY débutée mi-2021 dans le cadre de la Chaire industrielle ANR « Self-Heating »

Les matériaux composites à fibres continues ont montré leur intérêt notamment en mer où leur très bonne tenue à long terme et la diminution de la masse à rigidité constante représentent des atouts par rapport aux solutions métalliques. L'inconvénient majeur est le risque de délaminage, une rupture des interfaces entre les plis qui peut engendrer des fissures. Le délaminage peut être issu du procédé de fabrication ou faire suite à des sollicitations mécaniques dues à la forme de la structure ou aux impacts en mer. Les contrôles n'ayant pas une résolution suffisante pour détecter tous les délaminages, l'étude de la tenue en fatigue vise une planification des contrôles plus adaptée aux risques.

Les travaux portent donc sur l'effet de défauts de type délaminage et/ou fissuration matricielle intrapli sur la tenue en fatigue de ces composites stratifiés. Des essais de fatigue seront menés sur 3 types d'éprouvettes : matériau sain (après fabrication), après impact et avec défaut artificiel (introduit lors de la fabrication).

TENUE EN FATIGUE DE LIGNES D'ARBRE DE TRANSMISSION DE NAVIRES

Thèse de Corentin GUELLEC débutée en janvier 2020 dans le cadre du projet INCOLA

Naval Group cherche à optimiser ses méthodes de dimensionnement d'axes de transmission utilisés sur bâtiments de surface et sous-marins. En service, ces structures tournantes sont soumises à des sollicitations fortement multiaxiales (flexion, efforts tranchants), très variables dans le temps (du fait des changements d'allure en navigation), giga-cycliques (~109 cycles) et intercalées avec les cycles de rotation d'arbre (~104 cycles).

L'objectif de ces travaux est donc d'intégrer la multi-axialité et la variabilité du chargement dans un critère de vérification de la tenue en fatigue de ces structures.

TENUE EN FATIGUE DE PIÈCES CREUSES OBTENUES PAR FABRICATION ADDITIVE

Thèse de Lorenzo BERCELLI, soutenue en septembre 2021 dans le cadre du projet FRAPAN

Les procédés de fabrication additive sont une alternative prometteuse pour la production de pièces complexes à haute valeur ajoutée. Dans l'industrie navale, le procédé Wire and Arc Additive Manufacturing (WAAM) est envisagé pour la fabrication de pales d'hélices creuses.

A cette fin l'industrie doit disposer de données fiables sur la tenue en fatigue à grand nombre de cycles des matériaux WAAM, en tenant compte des spécificités liées au procédé de fabrication.

L'étude s'intéressait à l'influence des surfaces internes rugueuses (propres aux fabrications WAAM). Un essai de fatigue en flexion a été spécialement conçu et a permis de valider les modèles numériques de prédiction de la durabilité développés au laboratoire (photo).



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



LABCOM "GUSTAVE ZÉDÉ"

- Créé en 2015 à l'ENSTA Bretagne, il s'appuie sur l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (UMR CNRS).
- Ce dispositif conjoint de R&D permet de développer des outils innovants d'aide au dimensionnement des structures navales sous sollicitations extrêmes.
- Les recherches, expérimentales et de modélisation, visent la prévision de la tenue en fatigue.
- Différents programmes de recherche sont menés : FRAPAN, INCOLA, AMERICO, RAMSSES...

+ d'infos :
www.ensta-bretagne.fr/laboratoire-commun-gustave-zede

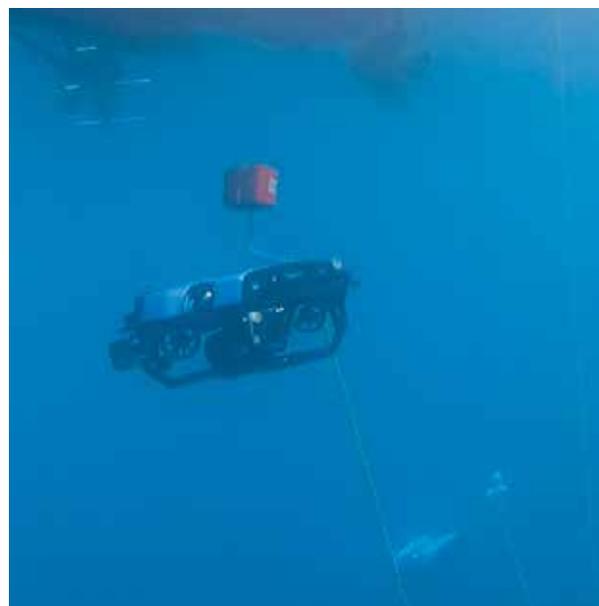
Laboratoire des Sciences
et Techniques de
l'Information, de
la Communication et
de la Connaissance
UMR CNRS 6285

LABORATOIRE 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.
- **631** membres, dont 236 doctorants.
- Environ **500** 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.

Des programmes transverses répondent à des défis sociétaux d'innovation 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.



105
PUBLICATIONS



52
THÈSES ENCADRÉES



6,26 M€
DE CONTRATS
NOTIFIÉS

TEMPS FORTS DE L'ANNÉE 2021

ÉVALUATION HCÉRES DE 2021



Angélique Drémeau, enseignante-chercheuse ENSTA Bretagne, représentante du Lab-STICC à l'école : « Le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur a évalué le LAB-STICC en 2021.

Ce rendez-vous quinquennal s'est conclu sur un avis positif et quelques recommandations. Le Lab-STICC est jugé dynamique, avec une très bonne production scientifique, impressionnant par son spectre d'activités et considéré comme un véritable « atout » pour la région Bretagne. Sa visibilité internationale reste à consolider et la nouvelle organisation devrait l'y aider.»

angelique.dremeau@ensta-bretagne.fr



FOCUS

NOUVELLES COOPÉRATIONS AVEC L'OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ

Le suivi par acoustique passive est une discipline qui permet d'écouter, via des hydrophones, le paysage sonore sous-marin. A l'ENSTA Bretagne (UMR Lab-STICC), la petite équipe d'experts s'est déjà fait une belle place dans la communauté nationale et internationale. Plusieurs programmes de recherche sont conduits et deux nouveaux ont débuté fin 2021, dans le cadre du plan de relance, pour les besoins d'observation et de veille en mer de l'Office Français de la Biodiversité [OFB].

L'OBSERVATOIRE CETIROISE

Il s'agit de déployer un observatoire des cétacés durant une année dans le Parc naturel marin d'Iroise, afin d'identifier les espèces présentes et de mieux comprendre leurs répartitions saisonnières et spatiales.

- Printemps 2022 : mise à l'eau des enregistreurs
- Tous les trois mois, les données seront analysées : les plus petits cétacés émettent des sons de hautes fréquences tandis que les espèces les plus grandes émettent dans les basses fréquences.

Un projet financé par France relance, OFB et ENSTA Bretagne



FLORE SAMARAN, enseignante-chercheuse ENSTA Bretagne / Lab-STICC et responsable de ce projet :

"Ces dernières années, les observations de cétacés se sont multipliées sur les côtes bretonnes. Malheureusement, il s'agit d'observations visuelles

isolées, fortuites. Afin de préciser les espèces présentes et leur comportement, le suivi par acoustique passive représente une solution non intrusive idéale. »

Partenaires du projet : ENSTA Bretagne, l'Office Français de la Biodiversité (gestionnaire du parc marin), l'association Céladon, les agents du parc marin, la Division Technique (DT) de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU, une unité d'appui à la recherche du CNRS) et Neotek.

Ce projet pourrait ensuite être déployé à plus large échelle dans le cadre de la Directive européenne Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), qui prévoit que les pays membres renseignent l'état écologique de leur façade maritime. L'équipe ENSTA Bretagne a été missionnée à cette fin en tant qu'expert par l'OFB pour élaborer un programme de suivi des populations de mammifères marins dans les 4 régions marines de l'hexagone (Manche-Mer du Nord, Mer Celtique, Golfe de Gascogne, Méditerranée).

RECHERCHE PARTENARIALE ET INNOVATION

- **LE GIS CORMORANT** (groupement d'intérêt scientifique) créé par Thales avec la communauté scientifique de Bretagne occidentale, en particulier le Lab-STICC. Il intervient dans 3 domaines : capteurs et traitements intelligents, interaction homme-système et facteurs humains, autonomie des systèmes maritimes.
- **LE LABORATOIRE COMMUN SENI AVEC NAVAL GROUP** porte sur les systèmes embarqués navals intelligents, en particulier les systèmes d'acquisition d'informations et les processus de décision et d'action à bord des navires.
- **LA CHAIRE DE CYBERDÉFENSE DES SYSTÈMES NAVALS**, soutenue par la Marine Nationale, la région Bretagne et le Pôle d'excellence cyber, cible la protection des systèmes numériques et la détection des attaques cyber dans les systèmes maritimes.

Chaires Transnum et Oceanix, + d'infos sur www.ensta-bretagne.fr.

Dans la nouvelle organisation du laboratoire, les équipes de l'école contribuent à 10 des 25 équipes, au sein de 5 des 9 pôles.

IA ET OCÉANS

Intelligence artificielle et Océans
équipes M3, OSE et ROBEX

DMID

Données, modèles, infos, décisions
équipes Decide et Matrix

SYPH

Systèmes photoniques & hyperfréquences
équipe PIM

T2I3

Traitement et transmission de l'information, algorithme et intégration
équipe SI3

SHARP

Software and hardware, architectures and processes
équipes P4S, ARCAD, SHAKER

JOURNÉES CLOUD 2021

Organisées à l'ENSTA Bretagne avec le CNRS, elles ont réuni 80 participants et porté sur le Cloud du futur : face à la croissance continue des besoins et des exigences fortes, comment améliorer ces dispositifs de stockage de données virtualisées ?



- #acoustique marine
- #acoustique passive
- #traitement de données marines
- #imagerie marine #machine learning
- #data science #big data
- #systèmes de capteurs
- #robotique mobile
- #autonomie #localisation
- #perception #contrôle

3 THÈSES SOUTENUES EN 2021

- **Auguste BOURGOIS**
Équipe ROBEX [CIFRE FORSSEA] :
« Amarrage collaboratif automatique et sécurisé d'un robot sur une plate-forme mobile. »
- **Joris TILLET**
Équipe ROBEX [DGA, région Bretagne] :
« petit poucet : localisation en environnement inconnu. »
- **Xiaomin WANG**
Équipe ROBEX [avec OUC] : « Autonomous perception algorithms for a team of underwater robots: coordination strategy based on on-board cameras. »

/ PÔLE IA ET OCÉAN

AXES DE RECHERCHE

Le pôle « IA & Océan » se caractérise par une forte interdisciplinarité. L'environnement marin est pris en compte dans toute sa complexité afin de développer de nouvelles méthodes pour mieux l'explorer, le décrire, observer ses évolutions et y intervenir.

Les recherches du pôle relèvent de l'IA appliquée à l'environnement marin, en interaction avec d'autres domaines scientifiques et technologiques comme les technologies offshore, l'observation spatiale, l'océanographie physique, l'hydrographie, l'écologie marine ou la surveillance maritime.

Le système complexe « océan » est considéré, comprenant l'étendue des interactions physiques, biologiques, écologiques et celles liées aux activités humaines (trafic maritime, aménagement du littoral, extraction des ressources marines,...).

36 PERSONELS
dont 12 DOCTORANTS

34 PUBLICATIONS
dont 27 articles
et 7 communications
en conférence

APPLICATIONS

Connaissance de l'environnement marin, veille environnementale, conduite et sécurité des activités humaines en mer, aménagements maritimes et littoraux

CONTACT

Pierre BOSSER
pierre.bosser@ensta-bretagne.fr
T. +33 [0]2 98 34 87 94

TROIS ÉQUIPES SE COMPLÈTENT ET CONCOURENT AUX TROIS OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DU PÔLE

	3 ÉQUIPES		
3 OBJECTIFS	M3 MARINE MAPPING & METROLOGY	OSE OBSERVATION, SIGNAL & ENVIRONNEMENT	ROBEX ROBOTIQUE POUR L'EXPLORATION
IA & PERCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT MARIN	X	X	X
IA & DONNÉES OCÉANIQUES ET MARINES	X	X	
IA & ROBOTIQUE EXPLORATOIRE			X

EQUIPE M3

Marine Mapping & Metrology

L'équipe se focalise sur la compréhension de la physique de la mesure et de son exploitation pour une **représentation fiable et fidèle de l'environnement marin**.

www.ensta-bretagne.fr/marine-mapping-metrology-m3

EQUIPE OSE

Observation, Signal & Environnement

L'équipe mène des recherches méthodologiques en traitement du signal et IA appliquées à l'environnement marin, en mettant l'accent sur la **télé-détection multimodale** : images satellitaires, images aériennes, monitoring sous-marin...

- Reconstruction de dynamiques géophysiques à la surface de l'océan. Etude menée par apprentissage de solvers et à l'aide de modèles variationnels pour l'assimilation de données.
- Reconnaissance d'espèces de poissons dans des images vidéo sous-marines.

www.ensta-bretagne.fr/equipe-observations-signal-environnement-ose

EQUIPE ROBEX

Robotique pour l'exploration

La robotique mobile vise ici la connaissance d'environnements inconnus comme les planètes lointaines, les grottes profondes, des zones irradiées, des veines d'eaux souterraines, les bâtiments en feu ou les fonds marins. L'humain peut difficilement intervenir de façon sécurisée. Les robots prennent le relai et doivent posséder un maximum d'autonomie et d'intelligence afin de pouvoir accomplir une mission : **en robotique exploratoire le robot doit cartographier son environnement, prendre des décisions, se localiser et être capable de revenir en parfaite autonomie**.

<https://www.ensta-bretagne.fr/equipe-robotique-dexploration-robex>

FOCUS > M3

OBSERVER LE CLIMAT EN OCÉANS AUSTRAL ET INDIEN (PROJET MAP-IO)

Le but est de créer un observatoire du climat embarqué à bord du Marion Dufresne, navire océanographique français. L'une des composantes importantes est la mesure de l'humidité dans l'atmosphère. L'équipe apporte au consortium (14 partenaires) son expertise pour la mise au point du système de mesure. **Pierre BOSSER**, enseignant-chercheur : « Une antenne GNSS de haute précision est placée sur le pont du Marion Dufresne. Nous savons que le signal GNSS mesuré par l'antenne est perturbé entre autres par la présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Avec les outils d'analyse mis au point nous en déduisons l'humidité atmosphérique à la verticale de l'antenne et cherchons maintenant à partager cette analyse en continue dans un délai suffisamment court pour alimenter les modèles de prévision météo. »

FOCUS > M3

CARTOGRAPHIER LES PETITS FONDS MARINS AVEC DES DRONES AÉRIENS (PROJET CALHYB)



Les zones littorales de petits fonds sont sensibles aux changements climatiques, leur trait de côtes évolue et la surveillance de ces zones inondables requiert des mesures régulières et des systèmes de d'imagerie adaptés. C'est la vocation du projet de recherche CALHYB porté par Hytech-Imaging. **Guillaume SICOT**, enseignant chercheur : « Nous misons sur la fusion de données issues de deux capteurs. Il s'agit de tirer profit du niveau élevé de détails de l'imagerie spectrale (haute résolution) et de la justesse apportée par le profileur laser pour fiabiliser l'ensemble. L'enjeu du projet porte également sur l'intégration de ces capteurs sur un drone aérien en minimisant les contraintes de poids et de consommation d'énergie. »

FOCUS > ROBEX

THÈSES EN ROBOTIQUE D'EXPLORATION APPLIQUÉES À L'ARCHÉO-ROBOTIQUE ET À L'INSPECTION DE STRUCTURES OFFSHORE

L'équipe ROBEX développe les outils méthodologiques qui permettent de concevoir l'intelligence de robots marins, capables d'accomplir des missions d'exploration ou d'intervention de façon parfaitement autonome, en sachant se diriger, se géolocaliser et adapter leur mission.



Parmi les nombreuses thèses soutenues ces dernières années, celles de **Joris TILLET** et **Auguste BOURGEOIS** contribuent à la mise au point de nouveaux systèmes robotiques autonomes.

- Joris a développé les algorithmes permettant à un robot autonome marin de tracter un magnétomètre et d'acquérir de la donnée parfaitement géolocalisée (travaux financés par des bourses DGA et région Bretagne). Le magnétomètre servant à détecter les pièces métalliques d'épaves enfouies dans les sédiments.
- En parallèle, les travaux d'Auguste ont porté sur le développement de méthodes et d'algorithmes pour la réalisation, en parfaite autonomie et sans dommages, de missions d'inspection et de maintenance de systèmes offshore par des robots sous-marins, permettant de minimiser les coûts de ces opérations.



Drones d'observation marin et sous-marin pour la cartographie autonome du lac de Guerlédan.

DMID DONNÉES, MODÈLES, INFOS, DÉCISIONS

AXES DE RECHERCHE

Le pôle DMID fait le lien entre les phénomènes, les comportements, les systèmes complexes, les données qui en découlent et la prise de décision.

Les chercheurs développent des approches guidées par les modèles mathématiques et statistiques. Ils sont organisés en 2 équipes :

- **MATRIX** : Modèles et Algorithmes pour le Traitement et l'Extraction de l'Information
- **DÉCIDE** : Aide à la Décision et Découverte de l'Information

2 THÈSES SOUTENUES EN 2021

- **Thomas PAVIET-SALOMON** [DGA] : « *Super résolution modale et discrimination à partir d'une antenne linéaire tractée.* »
- **Yoann SOLA** [DGA, Région Bretagne] : « *Contributions au développement de contrôleurs d'AUV basés sur de l'apprentissage par renforcement profond.* »

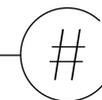
FOCUS

PILOTAGE AUTONOME D'AUV EN COURANTS DE FORCE VARIABLE, AVEC NAVAL GROUP ET FLINDERS UNIVERSITY (ÉQUIPE MATRIX)

Pour leur pilotage autonome en milieu sous-marin les AUV* doivent posséder des capacités d'adaptation et d'autonomie à long terme que l'équipe propose de résoudre en combinant l'automatique et l'IA et plus particulièrement le « deep reinforcement learnin » [apprentissage profond par renforcement]. Cette méthode allie les preuves formelles de stabilité et de sûreté de l'automatique aux capacités d'apprentissage du machine learning. Encadrés par une équipe associant Naval Group, Flinders University et ENSTA Bretagne, 3 thèses se concentrent sur ce sujet :

- La 1^{re} thèse (**Yoann Sola**, soutenue en 2021) a montré l'intérêt en simulation de cette approche, tout en réduisant la consommation d'énergie.
- Une 2^e thèse concerne l'adaptation aux courants marins des paramètres de la loi de commande appris par machine learning ainsi que le transfert de ce modèle appris en simulation à un AUV réel.
- Une 3^e thèse débutera fin 2022 sur la détection et le pilotage en cas de défaillance interne à l'AUV.

SYPH SYSTÈMES PHOTONIQUES & HYPERFRÉQUENCES



- #capteurs #radar #GNSS
- #propagation et interactions
- #fouillis #télé-détection
- #modélisation électromagnétique

16 PERSONNELS
dont 5 DOCTORANTS

14 PUBLICATIONS

APPLICATIONS

Observation de l'environnement, veille environnementale, défense, détection automatique de pollutions, sécurité des activités en mer, véhicules autonomes

CONTACT

Ali KHENCHAF
ali.khenchaf@ensta-bretagne.fr
T. +33 [0]2 98 34 88 45

www.ensta-bretagne.fr/pole-systemes-photoni-ques-hyperfréquences-syph



- #traitement du signal et de l'image #machine learning
- #automatique et systèmes dynamiques #optimisation

18 PERSONNELS
dont 10 DOCTORANTS

9 PUBLICATIONS

APPLICATIONS

Santé, surveillance de l'environnement marin, drones, positionnement de capteurs, métrologie de réseaux informatiques et détection d'anomalies.

CONTACT

Gilles LE CHENADEC
gilles.le_chenadec@ensta-bretagne.fr
T. +33 [0]2 98 34 87 43

www.ensta-bretagne.fr/pole-donnees-mode-les-infos-decisions-dmid

T213 TRAITEMENT ET TRANSMISSION DE L'INFORMATION, ALGORITHME ET INTÉGRATION

AXES DE RECHERCHE / ÉQUIPE S13

A la frontière entre le traitement du signal, les mathématiques, la théorie de l'information classique et quantique, les recherches portent sur le volet « sécurité, intelligence et intégrité de l'information » [S13].

- L'équipe conçoit et développe des méthodes, algorithmes et solutions pour la sécurisation des communications et systèmes de transmission futurs.
- Ses contributions servent également à mettre à l'épreuve les systèmes déployés ou en réaliser le «reverse engineering» à destination de nos partenaires institutionnels de la défense ou des instances nationales de régulation.

3 THÈSES SOUTENUES EN 2021

- **Marwa IBRAHIM** [bourse libanaise] : « *Vers des Stratégies Efficaces de Collecte de Données et de Prise de Décision pour les Réseaux de Capteurs à Ressources Limitées.* »
- **Rida MORTADA** [bourse libanaise] : « *Energy Harvesting for cognitive radio.* »
- **Kahina BENSALIA** [bourse algérienne] : « *Séparation aveugle de sources ; appli-cation aux signaux bio-médicaux.* »

FOCUS

RÉSEAUX DE CAPTEURS OPTIMISÉS (THÈSE DE MARWA IBRAHIM)

Le haut potentiel des capteurs est tempéré par deux freins technologiques majeurs : les ressources limitées de leurs batteries et la difficulté de collecte de données volumineuses en temps réel. Cette thèse propose plusieurs mécanismes de collecte et d'analyse de données pour surmonter ces défis, en se basant sur l'architecture en réseaux de capteurs (clustering).

Les résultats obtenus en expérimentations ont montré l'efficacité de ces mécanismes en termes de consommation d'énergie, de précision des données et de zone de couverture, et améliorent les performances des réseaux de capteurs.

AXES DE RECHERCHE

Le thème central est l'optimisation des systèmes de communication, télécommunications, radar, guerre électronique, GNSS et télédétection.

Deux équipes composent ce pôle. L'équipe « **propagation et interactions multi-échelles** » (PIM) s'intéresse plus particulièrement à 3 thèmes complémentaires :

- Modélisation et simulation électromagnétique multi-échelle et multi-physique - en champs proche et lointain : outils, méthodes asymptotiques, méthodes exactes, méthodes empiriques, méthodes hybrides
- Modélisation et caractérisation du canal de propagation - méthodes physiques et statistiques
- Systèmes et plateformes / modélisation et simulation - systèmes expérimentaux et virtuels.

FOCUS

DOREDO : DÉTECTION D'OBSTACLES PAR RADAR EMBARQUÉ SUR DRONE

Il s'agit de développer un système de détection et localisation d'objets, embarquable sur drone de moyenne endurance, afin de prévenir tout risque de collision potentielle avec d'autres aéronefs (avions légers, hélicoptères, drones de loisirs...). Le système permettrait un vol sécurisé de drones, aux caractéristiques comparables aux avions de ligne actuels, grâce au levé de verrous technologiques comme la miniaturisation et la robustesse face au fouillis sol ou ciel.

DOREDO est ainsi une première brique vers le vol de drones de moyenne endurance en espace non ségrégué*.

* un espace ségrégué est un couloir libre de tout autre trafic, réservé, déclaré et autorisé plusieurs jours à l'avance



#système de communication
#traitement et protection
de l'information #IA

15 PERSONNELS
dont 9 DOCTORANTS

30 PUBLICATIONS

APPLICATIONS

Communications tactiques
(défense, spatial, sites sensibles...), drones, objets connectés, usine du futur, véhicules autonomes, santé

CONTACT

Ali MANSOUR
ali.mansour@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 87 88

www.ensta-bretagne.fr/pole-traitement-transmission-dinfo-algorithme-et-integration-t213

#

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

3 THÈSES SOUTENUES EN 2021

- **Bastien DROUOT**
Équipe P4S [région Bretagne, DGA] : « *Analyse de données de simulation pour le diagnostic.* »
- **Hannah BOENNING BADIER**
Équipe SHARP [Pôle d'Excellence Cyber, région Bretagne] : « *Techniques d'obsfucation pour HLS en mode SAAS.* »
- **Mohammed BEY AHMED KHERNACHE**
Équipe SHARP [FUI EFIGI] : « *Performance et efficacité énergétique du décodage des standards vidéo de nouvelle génération sur les architectures multi-cœurs basse consommation.* »

/ PÔLE SHARP

SOFTWARE AND HARDWARE, ARCHITECTURES AND PROCESSES

AXES DE RECHERCHE

Le pôle « SHARP » regroupe des compétences en électronique, informatique, automatique et traitement du signal. Les chercheurs créent des méthodes de conception d'architectures logicielles et électroniques pour la conception des systèmes embarqués, en assurant la fiabilité, la sûreté de fonctionnement et la cybersécurité de ces systèmes.

Les systèmes embarqués font partie d'un tout. Ce tout est un système de systèmes qui interagit avec son environnement et dont la complexité ne cesse de croître, en raison des nouvelles applications comme de l'IoT (objets connectés), des systèmes autonomes ou plus généralement des applications qui requièrent des moyens de calcul et de stockage importants (e.g. intelligence artificielle, big data).

Assurer les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles des systèmes embarqués (e.g. empreinte énergétique, sécurité, sûreté, comportement temporel) constitue un défi difficile auquel s'attache le pôle SHARP en étudiant les modèles, les méthodes et outils d'aide à la conception d'architectures pour ces nouveaux systèmes embarqués et leur environnement.

TROIS ÉQUIPES QUI INTERAGISSENT ENTRE ELLES :

- **ARCAD** : Architectures matérielles et outils de CAO
- **SHAKER** : Interactions logiciel, matériel et environnement
- **P4S** : Processes for Safe and Secure Software and Systems



28 PERSONELS
dont 16 DOCTORANTS

18 PUBLICATIONS
dont 9 articles
et 9 communications en
conférence

APPLICATIONS

Toutes les applications civiles et militaires comprenant des systèmes informatiques et électroniques devant être sécurisés et fiables

CONTACTS

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

Jalil BOUKHOBZA
jalil.boukhobza@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 88 90

FOCUS > ARCAD


PROTECTION CONTRE LE VOL DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE EN ÉLECTRONIQUE : TECHNIQUES D'OBFUSCATION DE CODE POUR LES CHAÎNES DE SYNTHÈSE HLS EN MODE SAAS

- Ce projet débuté fin 2017 est financé par la région Bretagne.
- Pilote : Jean-Christophe LE LANN, enseignant chercheur
- Partenaire : Politecnico di Milano [école polytechnique d'ingénieurs de Milan].
- Equipe de recherche : ARCAD [Architectures matérielles et outils de CAO]

Jean-Christophe Le Lann :

« La thèse d'Hannah BOENNING BADIER sur le sujet a exploré plusieurs pistes prometteuses en matière d'obfuscation [sécurité par l'obscurité], qui consiste à intégrer un « tatouage » discret dans un code informatique, à l'aide de techniques d'intelligence artificielle. »

La doctorante a également conçu des chevaux de Troie afin de mieux comprendre les implications de telles menaces matérielles et d'envisager des parades au moment de la conception.

Ces travaux originaux vont se poursuivre avec le soutien du Pôle d'Excellence Cyber. Ils intéressent la DGA et feront l'objet d'une seconde thèse.

FOCUS > P4S

CRÉER LE CADRE UNIFICATEUR DU « SECURE BY DESIGN » POUR LA SPÉCIFICATION, FORMALISATION ET L'ANALYSE D'ARCHITECTURES MATÉRIELLES ET LOGICIELLES SÉCURISÉES

- Financé par l'AID et la DGA
- Pilote : Raúl MAZO PENA, enseignant chercheur
- Equipe de recherche : P4S [Processes for Safe and Secure Software and Systems]

La sécurité est passée du statut de sujet technique, généralement considéré par les concepteurs de systèmes à la fin des processus de conception ou de mise en œuvre, à celui de question critique, à aborder au plus tôt dans le cycle de conception.

Face à la multiplication des attaques sur les systèmes numériques le "Secure by Design" est une approche radicale et prometteuse. Cette méthode de développement consiste à intégrer les objectifs et paramètres de sécurisation des systèmes dès les premières étapes de conception.

L'ingénierie de la sécurité de ces systèmes impose de représenter puis d'intégrer différents niveaux d'abstraction, chacun étant exprimé suivant une approche de modélisation multiparadigme de la sécurité, qui sera conçue comme un ensemble de langages enrichis de concepts de sécurité ainsi que de processus de modélisation et de fédération de modèles. L'analyse globale de la sécurité des architectures à partir de ces modèles hétérogènes constitue le deuxième objectif du projet.

Raúl Mazo Pena :

« L'approche « Security by Design » n'en est qu'à ses débuts et seuls de grands efforts de recherche et de développement permettront son utilisation systématique et générale. Pour relever ce défi, ce projet novateur entreprend de créer une théorie globale, unificatrice, avec des méthodes, des techniques et des outils de conception systématiques. »

FOCUS > SHAKER

OPTIMISATION DE L'ÉNERGIE DES SYSTÈMES DE STOCKAGE DE DONNÉES POUR DES APPLICATIONS HPC [CALCUL HAUTE PERFORMANCE]

- Financement : Atos
- Pilote : Jalil BOUKHOBZA, enseignant-chercheur
- Equipe de recherche : SHAKER [interactions logiciels, matériels et environnement]

Les systèmes de stockage représentent l'un des maillons faibles les plus importants dans un système informatique, en particulier pour les applications qui traitent des quantités importantes de données comme c'est le cas dans le domaine du calcul haute performance [HPC].

De nouvelles technologies de stockage émergent et créent l'opportunité de réduire l'écart de performance entre stockage et mémoire de travail mais aussi de limiter la consommation énergétique. Ces technologies sont déployées à plusieurs niveaux : support de stockage, interface ou sa gestion logicielle. Elles impliquent une croissance importante de la complexité de la gestion du stockage afin de garantir la qualité de service des applications.

Jalil Boukhobza :

« L'objectif de ce projet est de développer des méthodes et outils permettant de modéliser les profils d'accès aux données de façon frugale et peu intrusive, puis d'utiliser les modèles établis afin de développer des stratégies d'optimisation de la consommation énergétique des nœuds de calcul pendant la phase d'accès aux données. »

Formation
et Apprentissages
Professionnels
UR 7529

LABORATOIRE

FoAP / SCIENCES HUMAINES
ET SOCIALES

133 MEMBRES,
DONT 43 DOCTORANTS,
49 membres permanents
et 41 membres associés.

DONT **9** CHERCHEURS
ET **16** DOCTORANTS
dans l'équipe Formation
et Professionnalisation
des Ingénieurs (FPI)

FICHE D'IDENTITÉ

- Créé le 1^{er} janvier 2019, FoAP a succédé au CRF [Centre de Recherche sur la Formation]
- Il fédère les équipes de sciences de l'éducation et de la formation de l'ENSTA Bretagne, du Cnam Paris et d'AgroSup Dijon.
- Sous statut Équipe d'Accueil : EA 7529
- La gouvernance est collégiale.
-  foap.cnam.fr



PROJET SCIENTIFIQUE DE FOAP

Multi tutelles et inter-régional, FoAP est le seul laboratoire dédié à la formation professionnelle et la formation des adultes en France, et anime ainsi un réseau de chercheurs 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 personnels et professionnels.

A l'ENSTA Bretagne, l'équipe de recherche Formation et Professionnalisation des ingénieurs (FPI) se consacre plus particulièrement aux ingénieurs, notamment sous l'angle de la formation à l'innovation responsable et au développement durable.

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 équipes des trois établissements partagent la même culture de formation professionnelle, à haut niveau d'expertise, dans des domaines très variés : santé, ingénierie, agronomie, travail social, etc.

Trois axes thématiques :

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

CONTACTS

Linda GARDELLE
Enseignante chercheure,
responsable du département Sciences
Humaines et Sociales
linda.gardelle@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 89 05

Marieke STEIN
Enseignante chercheure, responsable
de l'équipe FPI et responsable
recherche du département
Sciences Humaines et Sociales
Directrice de site du laboratoire FoAp
marieke.stein@ensta-bretagne.fr
T. +33 (0)2 98 34 88 65

TEMPS FORTS DE L'ANNÉE 2021

CLÔTURE DU PROJET RIIME ET PRÉSENTATION AU MINISTRE JEAN-YVES LE DRIAN

Le projet de recherche international RIIME sur la formation des ingénieurs au Maghreb face aux enjeux Environnementaux (PHC Maghreb) a réuni des chercheurs français, marocains, algériens et tunisiens, entre 2018 et 2021 autour de 3 objectifs :

CONDUIRE DES RECHERCHES SUR LES TRANSFORMATIONS DANS LES FORMATIONS D'INGÉNIEURS AU MAGHREB FACE AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX, POUR MIEUX COMPRENDRE CES TRANSFORMATIONS.

Il s'agissait donc d'identifier et d'analyser les dynamiques en cours.

AGIR EN PROPOSANT DES PISTES D'ACTIONS POUR AMÉLIORER LES FORMATIONS.

Entre chercheurs français et maghrébins, a été co-créé un livret de recommandations et de bonnes pratiques où sont proposées des fiches de cours adaptés aux spécificités du Maghreb, qui permettent d'élaborer des enseignements dans un esprit socio-situé. Y sont proposés aussi des dispositifs à l'échelle d'une école à travers des parcours de formation transverses, collaboratifs et interdisciplinaires, qui visent à permettre aux élèves d'analyser les défis environnementaux et sociétaux d'un territoire et de s'en saisir.

Par exemple comment penser des solutions de recyclage qui apportent du positif au niveau matériel et social à la population d'une grande ville du Maghreb tout en étant viables économiquement. Ou comment penser l'amélioration des conditions de vie des populations sahariennes grâce à des technologies simples, accessibles, légères et écologiques.

FORMER DES JEUNES CHERCHEURS

Le projet a permis la réalisation de 7 thèses co-dirigées entre chercheurs français et maghrébins.

A paraître en septembre 2022 : Former des ingénieurs face aux enjeux environnementaux au Maghreb, éd. Champ social [ouvrage + livret pratique].



Présentation du projet RIIME à Jean-Yves Le Drian, ministre de l'Europe et des Affaires Étrangères lors de sa visite à l'ENSTA Bretagne en octobre 2021.

HOLI-D BLUE

Dispositif holistique de formation des ingénieurs pour comprendre et agir face aux enjeux environnementaux et sociétaux maritimes

L'un des enjeux principaux de ce projet, lancé en 2021, est d'améliorer la contribution des systèmes éducatifs de l'enseignement supérieur (grandes écoles, universités) au développement durable et à la responsabilité sociétale.

Dans ce cadre, le projet HOLI-D Blue ambitionne d'améliorer la formation des étudiants en ingénierie maritime, futurs ingénieurs des métiers de la mer et du littoral, pour leur permettre de mieux comprendre les défis et enjeux environnementaux et sociétaux de ce domaine,

et d'agir concrètement par l'acquisition de compétences techniques, humaines et sociales pour répondre aux problématiques complexes de la transition écologique.

Le projet HOLI-D Blue propose ainsi de co-construire un parcours « Maritime et développement durable », transversal et interdisciplinaire, intégré au cursus de formation initiale d'étudiants de 3^e cycle des établissements de la communauté ISblue, à commencer par l'ENSTA Bretagne pour le dispositif-test.

NOUVELLE THÈSE SUR LA FORMATION DES INGÉNIEURS MILITAIRES À L'INNOVATION

Cette thèse financée par l'Agence d'Innovation de Défense est menée par la doctorante Sacha Wallet, sous la direction de Linda Gardelle et co-encadrée par Jean Frances, maître de conférences à l'ENSTA Bretagne.

Cette thèse vise à analyser la trajectoire professionnelle des acteurs - côté Forces et DGA - responsables des missions de prospectives technologiques et d'acquisition de matériels opérationnels. Il s'agira de déterminer comment la formation et la professionnalisation des ingénieurs IETA, et des Officiers en charge des missions d'équipement, influent sur l'introduction d'innovations.



Cette co-construction d'approches pédagogiques est développée avec l'ensemble des acteurs de la formation d'ingénieurs (enseignants et enseignants-chercheurs, étudiants, partenaires du monde socio-économique dont les entreprises locales et les associations étudiantes).

Le projet HOLI-D coordonné par Catherine Adam, Maître de conférences ENSTA Bretagne est co-financé par l'école universitaire de recherche interdisciplinaire spécialisée en sciences et technologies marine, ISBLUE.

CAMPUS

Le campus évolue sans cesse pour s'adapter aux besoins nouveaux de formation, recherche et vie étudiante.

EXEMPLES DE RÉALISATIONS EN 2021 :

- études préalables à la rénovation de la résidence des élèves [les travaux débuteront mi-2023]
- extension du campus, études et premiers marchés pour le futur bâtiment d'essais en robotique multi-milieux [mer-air]
- abris à vélo supplémentaires
- nouveaux moyens expérimentaux au centre de recherche
- nouvelle sonorisation de la salle d'examens
- refonte de la desserte électrique du site [boucle haute tension]
- et des installations éphémères de plateaux TV ont également permis l'organisation d'événements en web-live pendant la crise sanitaire.



BUDGET : 25,3 M€

[CRÉDITS DE PAIEMENT 2021]

RESSOURCES	DÉPENSES
Subvention du ministère des Armées ▼ 15,2 M€	Personnel ▼ 16 M€
Autres ressources [recherche, formation...] ▼ 10,1 M€	Fonctionnement ▼ 5,2 M€
	Investissement ▼ 2,4 M€

EFFECTIF

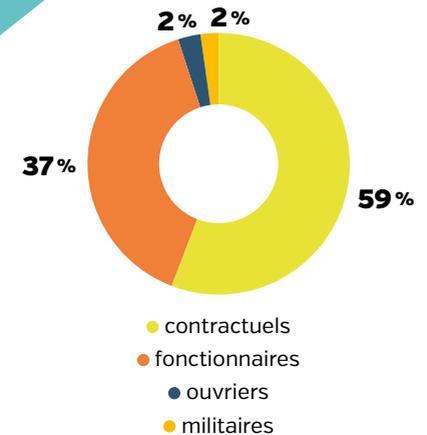
[HORS DOCTORANTS]

Une équipe pluridisciplinaire de **248 personnes**

- > **81** enseignants chercheurs [dont 25 HDR]
- > **25** enseignants
- > **20** techniciens
- > **27** ingénieurs de recherche
- > **19** post-doc
- > **76** personnels de soutien et d'encadrement [dont 1 apprenti]
- > et **320** vacataires environ.

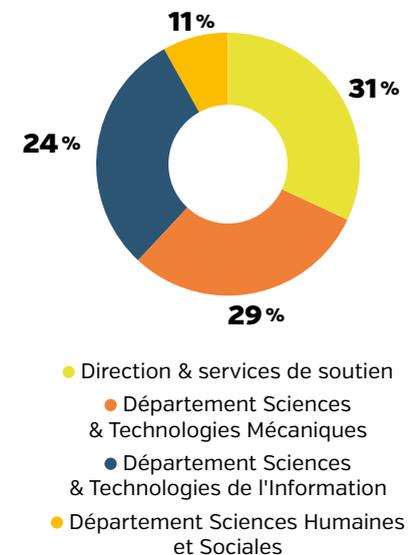
STATUTS

DES PERSONNELS



MISSIONS

DES PERSONNELS



2021

Le campus se mobilise. L'engagement DDRS est une des 5 grandes ambitions de l'école dans sa feuille de route stratégique 2022-2026 (contrat d'objectifs et de performance) avec comme axes principaux la transition écologique, la diversité et l'égalité des chances.

JANVIER

Nombreuses contributions des personnels et étudiants à la consultation en ligne sur les solutions : boîte à idées pour une transformation des formations, des recherches et du campus.

MARS

Participation de l'ENSTA Bretagne à la COP2 Etudiante, préparée en amont par des groupes associant les personnels et les étudiants ambassadeurs.

JUIN

ENSTA Bretagne signe la charte d'engagement pour le climat de Brest Métropole « Tomorrow » pour contribuer à l'atteinte d'objectifs concrets, comme la division par 4 des gaz à effet de serre et par 2 des consommations énergétiques d'ici 2050.

DÉCEMBRE

ENSTA Bretagne candidate à la labellisation DD&RS de l'enseignement supérieur portée par la CGE (conférence des grandes écoles) et la CPU (conférence des présidents des universités), label obtenu depuis (en mai 2022) pour 4 ans (durée maximale).

DÉVELOPPEMENT DURABLE & RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE



AGIR POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

ENSTA Bretagne forme les innovateurs de demain, des ingénieurs responsables, préparés à agir pour le développement durable. En première année, un enseignement transdisciplinaire porte sur « Les Grands Défis de l'Ingénieur », consacré cette année au thème des déchets. La formation se poursuit dans les projets d'ingénierie en deuxième et troisième année. Il est aussi au cœur de nombreux programmes de recherche en sciences mécaniques, technologies de l'information et sciences humaines.

- Concevoir des systèmes de **transport** moins énergivores.
- Réduire l'empreinte environnementale des **villes**
- Détecter les **pollutions** à la surface des océans.
- Développer les énergies marines **renouvelables**.
- Mesurer les **impacts** des changements climatiques.
- Écouter et surveiller les populations de **mammifères marins**.
- Recherches en sciences humaines sur la formation à l'**innovation responsable**.

FAIRE PREUVE DE RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE

ENSTA Bretagne défend des valeurs d'ouverture, de tolérance, de diversité et mène des actions concrètes pour réduire les inégalités et veiller au bien-être de tous au travail.

- Prévenir et lutter contre le harcèlement et toute forme de discrimination [réseau « **stopdiscr** »].
- Encourager et valoriser les **engagements** citoyens et solidaires des étudiants : leurs actions bénévoles contribuent aux 17 objectifs de développement durable de l'ONU.
- Changer de regard sur le **handicap** et informer les futurs ingénieurs sur l'accueil de personnes en situation de handicap en environnement professionnel.
- Stimuler l'intérêt des jeunes femmes pour les sciences et l'ingénierie afin d'améliorer la **mixité** de ces métiers.



Pour plus de mixité dans le numérique, les étudiant-e-s animent des ateliers avec des collégiennes (programme "L codent L créent").



ENSTA BRETAGNE

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
DE TECHNIQUES AVANCÉES BRETAGNE

2, rue François Verny
29806 Brest Cedex 09



www.ensta-bretagne.fr

