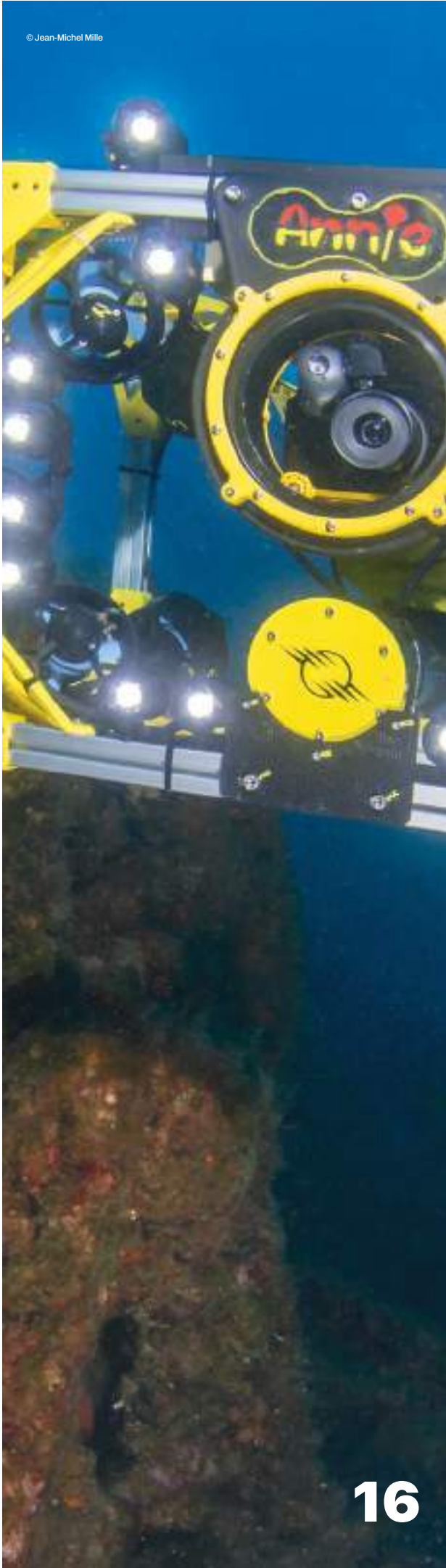


# CARNETS

de correspondances

#17

**spécial**  
Mines Paris  
pour  
**l'Océan**



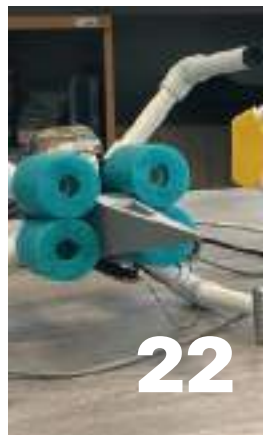
16



12



10



22



08



14



28

# sommaire

— **05** —

## **EDITO**

Franck Guarnieri

— **11** —

## **FORMER**

les ingénieurs de  
demain

— **13** —

## **FABRIQUE**

Robots  
sous-marins

— **15** —

## **PLONGER**

avec la Gendarmerie  
Nationale

— **17** —

## **DRONES**

& archéologie  
sous-marine

— **19** —

## **COLLEGE**

des sciences  
navales

— **21** —

## **REALITE**

VIRTUELLE

— **23** —

## **EDUCATION**

SEABOTS

— **25** —

## **IMAGINAIRE**

situation d'urgence  
en mer

— **27** —

## **PREDIRE**

la localisation  
des navires

— **29** —

## **JASON**

projet INTERREG



E

D

T

O



## Mines Paris et l'Océan : une évidence !

L'Océan est le cœur battant de notre planète. Il produit la moitié de l'oxygène que nous respirons, régule le climat, abrite une biodiversité inestimable et relie les peuples au-delà des continents. Source de vie et d'inspiration, il nourrit aussi nos rêves d'horizons lointains. Mais il est devenu le reflet de nos excès : réchauffement, pollution, surexploitation, disparition d'écosystèmes fragiles... Autant de signaux qui nous rappellent l'urgence de repenser notre rapport au monde.

Dans ce contexte, notre École trouve naturellement sa place. Depuis plus de deux siècles, elle s'attache à comprendre les ressources de la Terre et à en promouvoir un usage raisonné. Hier, elle a accompagné les grandes révolutions industrielles en formant des ingénieurs capables de transformer les richesses du sous-sol. Aujourd'hui, son expertise doit contribuer à un nouvel équilibre qui reconnaît l'Océan comme espace vital et patrimoine commun de l'humanité et de tous les êtres vivants.

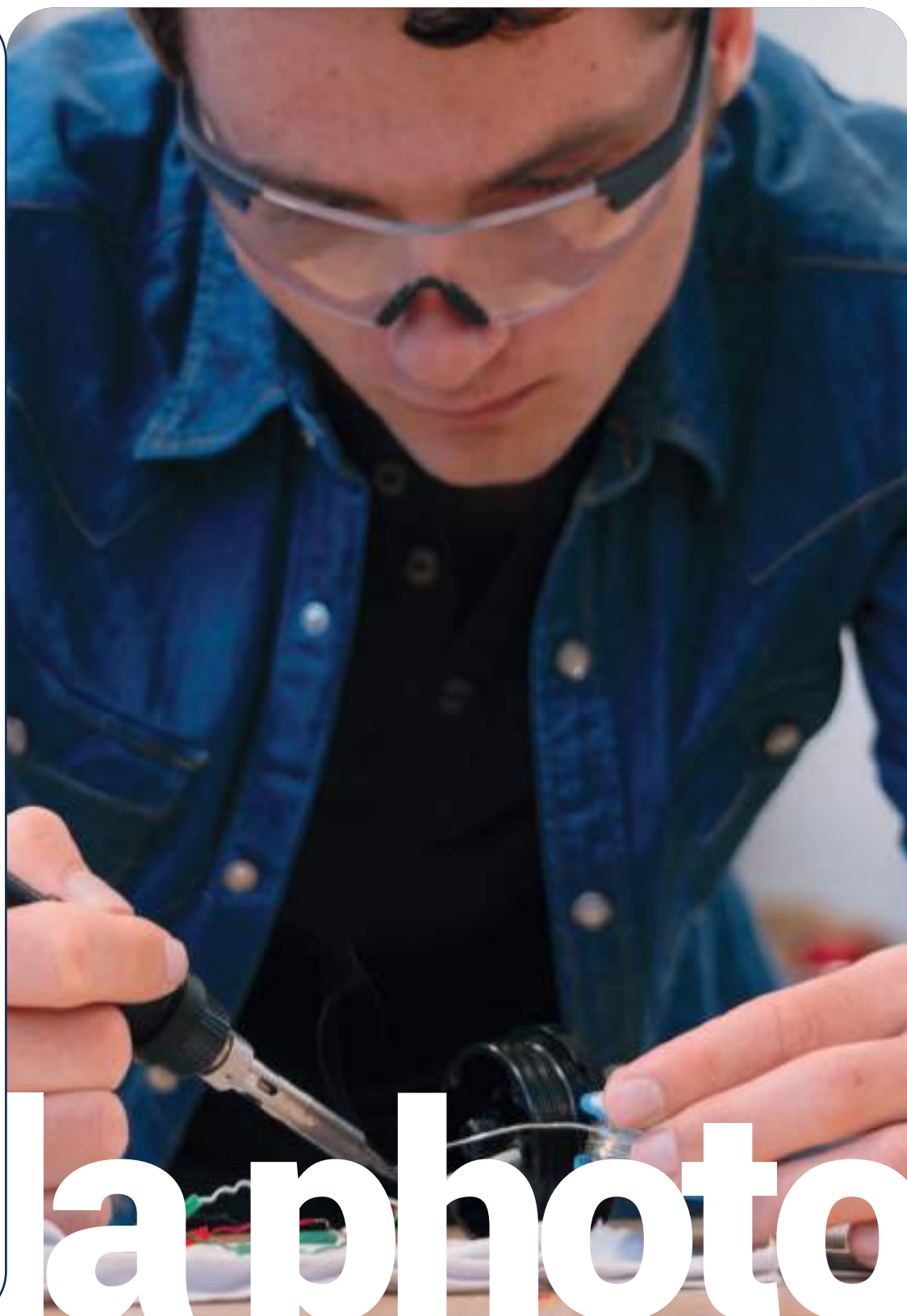
Ce rôle, notre École l'assume en alliant rigueur scientifique et responsabilité sociétale. Nos chercheurs explorent, modélisent, innover. Ils conçoivent des technologies sobres, optimisent les flux de matière et d'énergie, imaginent des solutions pour limiter l'impact des activités humaines. Nos élèves-ingénieurs, eux, apprennent à relier ingénierie, science et action, à associer innovation et conscience, à construire un avenir où progrès technique et respect du vivant vont de pair.

La mission est immense : développer des industries maritimes durables, mettre en place des outils de surveillance et de préservation des fonds marins, accompagner la transition énergétique tout en préservant les équilibres marins, éclairer les politiques publiques. C'est précisément dans cette ambition que réside le sens de notre engagement.

Protéger l'Océan, c'est protéger la vie.

C'est offrir aux générations futures un monde encore habitable, beau et fécond. C'est comprendre qu'il n'est pas seulement une ressource, mais un horizon à préserver. Notre École se doit d'être à la hauteur de cette responsabilité !

«  
L'Océan  
est le cœur battant  
de notre planète »



la photo



**Titre :** Projet d'ingénierie - Underwater

**Date :** 29 avril 2025

**Photo :** Laurent Schiatti de Monza

La robotique sous-marine relève d'un véritable travail d'orfèvre technologique.

Dans un environnement marqué par la pression extrême, l'obscurité et la corrosion, chaque détail compte : choix des matériaux, finesse des capteurs, fiabilité des systèmes de propulsion et d'énergie, intelligence des algorithmes de contrôle.

C'est à cette précision millimétrée et à cette exigence absolue que l'ingénierie doit son pouvoir d'ouvrir l'Océan à son exploration, à sa protection et à sa préservation.





la rédaction



# Mines Paris pour l'Océan

## recherche, ingénierie & formation



*Franck Guarnieri - Directeur du CRC*



*Samuel Olampi  
Ingénieur de recherche*



*Aurélien Portelli  
Chargé de recherche*



*Ambroise Renaud  
Doctorant*



*Sébastien Travadel  
Enseignant - Chercheur*



*Aldo Napoli  
Enseignant - Chercheur*



*Tom Gournay  
Doctorant*

L'Océan cache plus de mystères que nous n'en connaissons jamais. Pourtant, grâce à la passion de chercheurs visionnaires, ses secrets se dévoilent peu à peu.

Certains modélisent les dynamiques marines, d'autres révèlent par l'imagerie des paysages insoupçonnés. Ingénieurs, ils conçoivent des robots capables de résister à la pression des abysses, éclaireurs technologiques dans l'obscurité des fonds. Et, pour donner sens à cette profusion de données, l'IA devient leur alliée, transformant chiffres et images en compréhension.



**en bref**

# former les ingénieurs marins de demain

Le Centre de recherche sur les Risques et les Crises (CRC) propose un parcours spécialisé en robotique marine et sous-marine, intégré au cycle ingénieur civil de Mines Paris – PSL, soutenu par la Fondation de l'Ecole et dispensé sur le campus Pierre Laffitte à Sophia Antipolis.

Ce cursus, suivi sur trois ans, articule fondamentaux, approfondissements techniques et mises en pratique.

En première année, un module intensif de trois semaines, réservé à 16 élèves, introduit l'ingénierie en robotique sous-marine, avec un accent sur l'informatique et la simulation de systèmes robotiques.

La deuxième année offre douze semaines de cours pour 30 à 40 élèves, dédiées à la conception de systèmes marins et sous-marins, autonomes ou téléopérés. Les enseignements portent sur la mécatronique, les capteurs et actionneurs, mais aussi sur les logiciels de commande, communication et gestion de projet.

En troisième année, les élèves effectuent des stages de recherche ou de fin d'études, au CRC ou chez ses partenaires.

Ces projets appliqués concernent l'investigation subaquatique, la sécurité maritime, la surveillance environnementale, la défense ou encore l'exploration en milieu extrême, et permettent de mobiliser l'ensemble des compétences acquises.

**Un parcours d'excellence en robotique marine et sous-marine, alliant rigueur scientifique, innovation technologique et immersion dans des projets concrets**







**entretien**

# une FABRIQUE

## de robots sous-marins

### au cœur du campus

● [samuel olampi](#)

#### Un espace d'apprentissage concret et pluridisciplinaire

Notre fabrique a été pensée comme un terrain d'apprentissage par l'expérimentation. Ici, les élèves apprennent par le faire. Ils s'attaquent à des projets concrets, complexes et riches de sens. Concevoir un drone sous-marin n'est pas une tâche anodine : il faut intégrer des compétences en mécanique, matériaux, électronique, informatique embarquée, hydrodynamique et même en communication acoustique.

Nous sommes équipés pour cela : imprimantes 3D, découpeuses laser, fraiseuses, stations de soudure, postes de conception assistée par ordinateur, et surtout un bassin d'essai qui permet aux élèves de confronter rapidement leurs prototypes à la réalité de l'eau.

#### Entre autonomie et collaboration

Ce qui me frappe chaque année, c'est la capacité des élèves à monter en compétence dès lors qu'on leur laisse de l'autonomie. Je ne suis pas là pour faire à leur place, mais pour les guider, leur poser les bonnes questions, et parfois leur laisser faire leurs erreurs – car ce sont souvent les plus formatrices.

Dans cet espace collaboratif, ils apprennent également à travailler en équipe, à gérer un projet de bout en bout, à défendre leurs choix techniques et à s'adapter aux imprévus – fréquents dans ce type de projets.

**En tant que responsable de notre «petite» fabrique, j'ai le privilège d'accompagner chaque année une nouvelle génération d'élèves ingénieurs de deuxième année du cycle ingénieur civil dans une aventure aussi technique qu'enthousiasmante : la conception et la fabrication de drones sous-marins.**

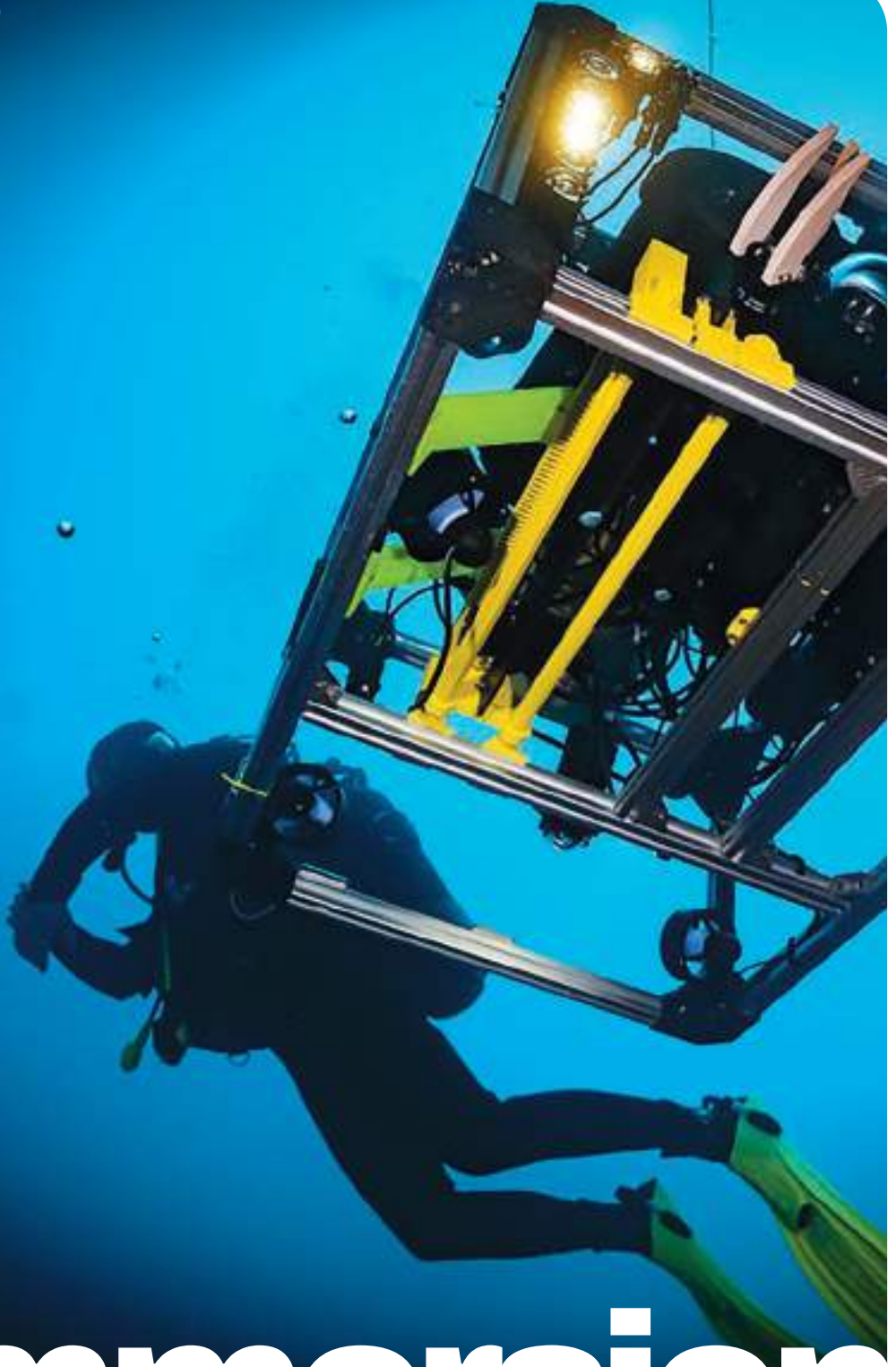
**Notre fabrique, ou plutôt notre atelier comme on l'aime à l'appeler, est un espace où l'on pense, construit et teste des machines conçues pour évoluer dans l'un des environnements les plus exigeants : le monde sous-marin.**

#### Une fabrique d'idées, d'engagement & de passion

Diriger cette fabrique, c'est accompagner chaque jour la curiosité, l'inventivité et l'engagement de jeunes esprits brillants. C'est les voir s'émerveiller quand leur drone s'immerge pour la première fois, ou quand un capteur renvoie ses premières données. C'est aussi leur apprendre que l'ingénierie n'est pas seulement une affaire de technologie, mais une réponse aux défis de notre temps. Et c'est sans doute cela, au fond, notre plus belle mission.



© Pierre Vadam



# Immersion



# aux côtés des plongeurs

subaquatique

de la Gendarmerie Nationale ● [franck guarneri](#)

## Un besoin opérationnel fort, une réponse technologique sur mesure

Les plongeurs d'élite du CNING, reconnus, depuis 1965, pour leurs interventions dans des environnements extrêmes, se heurtent à des limites techniques dès que la profondeur excède 50 mètres : contraintes de sécurité, faible visibilité, endurance humaine restreinte. **Notre ambition est d'apporter une réponse concrète à ces défis en développant un drone sous-marin téléopéré depuis la surface, spécifiquement conçu pour assister les enquêteurs tout en garantissant l'intégrité de la chaîne de preuve.**

Dès les premiers échanges, un principe a été posé comme fondement du projet : il ne s'agira pas d'adapter une technologie existante, mais bien de créer un outil entièrement pensé pour les besoins spécifiques de la police technique et scientifique subaquatique.

## Un ROV conçu pour l'enquête judiciaire subaquatique

Le cahier des charges, élaboré en étroite collaboration avec le CNING, repose sur trois piliers essentiels :

- une caméra ultra haute définition, couplée à un sonar, pour localiser et documenter avec une précision millimétrique les scènes sous-marines ;
- une structure compacte, robuste et résistante aux grandes profondeurs, aisément déployable en conditions réelles et doté d'un système d'éclairage puissant ;
- une interface logicielle ergonomique, facilitant une prise en main rapide par les opérateurs de la gendarmerie.

L'enjeu dépasse la seule prouesse technologique : il est également judiciaire, humain et institutionnel. Il s'agit de doter la gendarmerie de moyens lui permettant d'intervenir efficacement là où très peu d'acteurs peuvent opérer.

**En 2024, une rencontre déterminante avec les plongeurs enquêteurs du Centre National d'Instruction Nautique de la Gendarmerie (CNING), dirigé par le Commandant David Veyrunes, à Antibes a ouvert la voie à une collaboration inédite : conjuguer nos expertises respectives pour concevoir un drone sous-marin entièrement dédié à l'investigation judiciaire en grande profondeur. C'est ainsi qu'est né le projet DIVER.**

## Une démarche projet rigoureuse et partagée

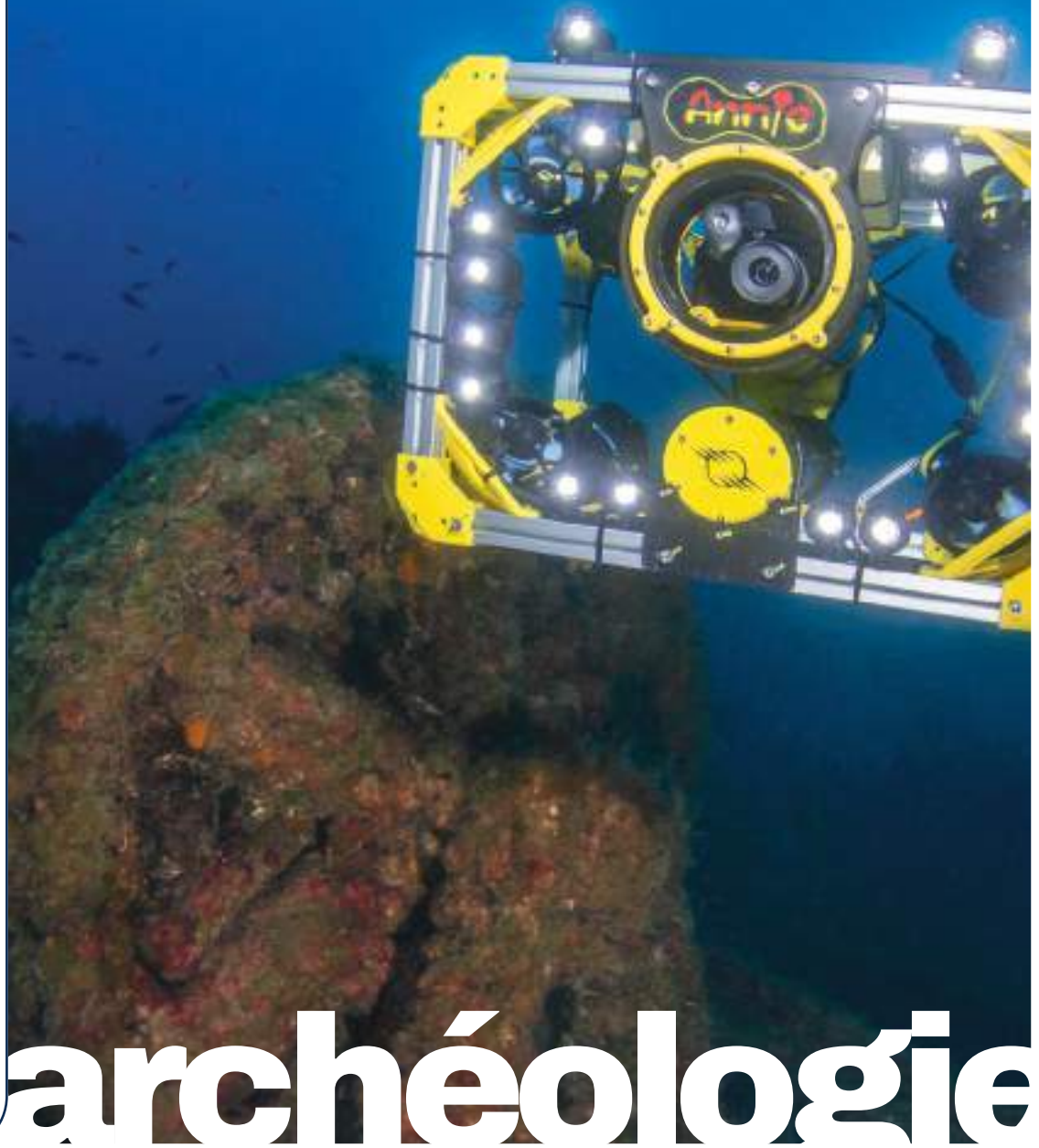
Le projet DIVER s'échelonne sur 18 mois, répartis en cinq grandes phases : analyse des besoins, conception, prototypage, essais terrain et intégration opérationnelle. Les tests sont menés à la fois dans notre bassin d'essai, au laboratoire de Sophia Antipolis, et sur le terrain aux côtés des plongeurs du CNING, dans leur zone d'entraînement d'Antibes/Golfe-Juan.

Cette proximité constante avec les utilisateurs finaux est l'un des moteurs essentiels du projet : elle permet de co-développer un dispositif pertinent, agile, et potentiellement transposable à d'autres acteurs, tels que les brigades nautiques ou la Marine nationale.

## L'innovation au service du service public

Ce partenariat avec le CNING illustre pleinement notre engagement, à Mines Paris, à mettre la science et l'ingénierie au service des missions régaliennes. Travailler aux côtés de professionnels de terrain, capables de fournir des retours précis en conditions opérationnelles réelles, constitue une richesse rare dans le domaine de l'innovation technologique. Avec DIVER, nous saisissons l'opportunité non seulement de faire progresser la robotique subaquatique, mais aussi de contribuer activement à la modernisation des outils de la justice et de la sécurité publique, dans un esprit de responsabilité sociétale affirmée.

© Jean-Michel Mille



# archéologie

# l'apport des drones à l'archéologie sous-marine

● franck guarnieri

Depuis quelques années, les drones sous-marins, ou véhicules téléopérés (ROV), bouleversent la pratique de l'archéologie subaquatique. Alors que les plongées humaines sont limitées par la profondeur, le temps de fond ou les conditions du milieu, ces machines offrent une liberté d'action sans précédent. Capables d'évoluer à plusieurs centaines de mètres de profondeur, de transmettre en direct des images haute définition, de détecter des structures grâce à leurs capteurs embarqués et d'intervenir avec une extrême précision, ils sont devenus les véritables prolongements robotisés de l'archéologue.

La récente mission en juin 2025 menée avec Anne Joncheray en est une démonstration éblouissante. Archéologue reconnue et directrice du musée archéologique de Saint-Raphaël, elle avait repéré dès 2016, au large de l'île d'Or (près de Hyères), une anomalie sonar à grande profondeur. Faute de moyens adaptés, la nature de cette structure était restée indéterminée. Notre intervention, dans le cadre du projet d'ingénierie Underwater 2025, a conduit au déploiement de deux drones sous-marins téléopérés depuis la surface.

À 107 mètres sous la surface, nous avons révélé une barge métallique d'environ 15 mètres de long. Nous sommes loin d'un trésor archéologique, pour autant ce vestige a forcément une histoire à nous raconter.

Ainsi, son exploration a permis d'identifier un moteur, une grue rabattable, un canot en plastique et un pare-battage datant d'après 1975, signes d'une construction utilitaire et récente. L'absence de toute pollution visible et la présence d'une faune abondante – langoustes, coraux, éponges – témoignaient de la transformation progressive de cette épave en récif artificiel.

À travers cette opération, c'est une nouvelle manière de faire de l'archéologie qui s'affirme. Celle-ci ne se définit plus uniquement par la plongée physique, mais par une démarche interdisciplinaire intégrant l'archéologie, l'ingénierie, l'histoire et la biologie. Les drones complètent l'arsenal des outils des archéologues ; ils les accompagnent dans des zones jusqu'alors inaccessibles, prolongeant leur regard et leurs gestes.

Grâce à eux, l'exploration devient aussi plus sûre, plus précise et surtout plus respectueuse des environnements fragiles. Le passé, parfois discret, souvent enfoui, peut ainsi être mieux compris, mieux protégé, et partagé avec le plus grand nombre.

**L'archéologie sous-marine demeure l'un des derniers grands espaces d'exploration historique. Si l'imaginaire collectif continue d'associer cette discipline à l'aventure de plongeurs découvrant des trésors engloutis, la réalité est bien différente. Il s'agit d'un domaine exigeant, fondé sur une méthode rigoureuse et un cadre scientifique strict. En France, cette mission est coordonnée par le Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines (DRASSM), service du ministère de la Culture. Depuis sa base marine à Marseille, le DRASSM supervise l'ensemble des interventions menées sur le domaine maritime français.**



24 juin 2025, signature de l'accord de coopération  
UIMM/Mines Paris-PSL pour la création du  
Collège des Sciences Navales (CSV)

de gauche à droite :

Paolo Stringari, directeur de la recherche (Mines Paris-PSL)  
Franck Guarnieri, directeur du CRC (Mines Paris-PSL)  
Yannick Chenevard, Député du Var  
Godefroy Beauvallet, directeur Général (Mines Paris-PSL)  
Michel Sesques, Administrateur UIMM Alpes-Méditerranée  
Jean-Pierre Dos Santos, UIMM, Directeur Emploi et formation  
Fabien Schaeffer, UIMM, directeur délégué pour la modernisation  
et l'appui à la recherche  
Sébastien Travadel, enseignant-chercheur (Mines Paris-PSL)  
Cédric Prunier, directeur DPEV (Mines Paris-PSL)



# laboratoire

# création d'un laboratoire commun en robotique marine et sous-marine,

le Collège des Sciences Navales

convention

● [franck guarnieri](#)

● [sébastien travadel](#)

**La création du Collège des Sciences Navales (CSN), officialisée le 24 juin 2025, marque une étape majeure dans l'alliance entre excellence scientifique et souveraineté industrielle. Ce projet, initié et porté avec conviction par notre centre de recherche et la direction générale de l'école, en partenariat avec le Pôle formation de l'Union des Industries et Métiers de la Métallurgie (UIMM), s'inscrit dans une ambition claire : faire de Toulon et de sa métropole un point d'appui national et européen pour l'innovation dans le domaine de la robotique marine et sous-marine.**

Ce choix n'est pas anodin.

Toulon concentre une densité exceptionnelle d'acteurs civils et militaires : principale base navale française, présence historique de la Marine nationale, tissu industriel de haute technologie, vivier de compétences en mécanique, matériaux, électronique, informatique... La métropole Toulon Provence Méditerranée et la Région Sud -Provence-Alpes-Côte d'Azur ont depuis plusieurs années fait de ces enjeux un axe central de leur stratégie économique et géopolitique. C'est dans ce contexte que ce laboratoire commun prend tout son sens. Le Collège des Sciences Navales sera un centre de recherche et de formation d'un genre nouveau. Il réunira des enseignants-chercheurs, des ingénieurs, des doctorants et des étudiants autour des grandes transformations liées à la dronisation des marines civiles et militaires. C'est un projet que nous avons eu l'honneur de concevoir et de développer, dans une dynamique de co-construction avec l'Ecole DEs Industries Avancées (EDEIA), la nouvelle école d'ingénieurs du Pôle formation UIMM Sud.

Mines Paris / PSL y jouera un rôle structurant. Nous assumerons la direction scientifique du Collège, et son adossement académique à l'université PSL.

Nos enseignants-chercheurs, progressivement renforcés par ceux de l'EDEIA, y piloteront des projets dans le cadre d'une feuille de route sur cinq ans. Le CSN a aussi vocation à mobiliser l'ensemble des compétences des centres de recherche de MINES Paris – PSL, qu'il s'agisse de sciences des matériaux, d'intelligence artificielle, d'énergie, d'automatisme, de robotique, voire d'économie industrielle ou de sciences sociales. Nous participerons également activement à la formation des futurs ingénieurs de l'EDEIA, en partageant notre expérience pédagogique, notamment notre initiative «MINES Paris pour l'Océan», qui valorise l'apprentissage par projet, l'interdisciplinarité et l'engagement sur le terrain.

Dans cette perspective, nous avons pour vocation d'établir dans les prochains mois des partenariats structurants avec l'Ifremer et l'École navale.

L'objectif est clair : créer des synergies scientifiques et pédagogiques à l'échelle régionale et nationale, mutualiser les expertises et favoriser la montée en puissance d'un véritable écosystème méditerranéen de l'innovation maritime.

Ces collaborations permettront d'enrichir les travaux de recherche du Collège des Sciences Navales, d'ouvrir des passerelles pour les élèves ingénieurs et les doctorants et de soutenir une stratégie de rayonnement scientifique à l'international. Le CSN, à travers sa double implantation, à Toulon et à Sophia Antipolis, incarne ce que doit être l'avenir de la recherche française : ancrée dans les territoires, ouverte aux défis de la société, et connectée aux besoins concrets des filières stratégiques. Il illustre aussi ce que peut accomplir une grande école d'ingénieurs, la notre, aux côtés d'une jeune pousse de la formation qu'est l'EDEIA. Nous sommes fiers de voir ce projet se concrétiser. Et nous sommes résolus à en faire un lieu d'excellence, d'innovation et d'engagement, au service de la mer, de l'ingénierie, de la science et de la nation.





# la réalité virtuelle

## au service de la formation à la robotique sous-marine

● sébastien travadel

Là où les moteurs de jeux vidéo traditionnels simplifient la physique et peinent à représenter fidèlement la traînée ou la poussée d'Archimède, notre simulateur s'appuie sur un moteur de calcul spécifique capable de reproduire les forces qui s'exercent sous l'eau et déterminent les équilibres du robot.

Les apprenants peuvent ainsi décider d'un ensemble de formes, d'une répartition des masses et des forces de propulsion pour concourir à un objectif de performance donné (manoeuvrabilité, vitesse, etc.).

Une première expérimentation a été menée auprès de vingt-six élèves ingénieurs de MINES Paris – PSL. Munis d'un casque de réalité virtuelle, ils ont progressivement découvert les principes fondamentaux en observant le comportement d'un sous-marin, avant de relever des défis de conception plus élaborés et de participer à une compétition sur des circuits sous-marins. Cette approche progressive a favorisé non seulement la compréhension des concepts, mais aussi la motivation et l'envie de se dépasser.

Les retours recueillis par questionnaires standardisés ont confirmé la pertinence de l'expérience, en évaluant l'immersion psychologique, l'ergonomie et la valeur perçue de l'outil.

Les résultats sont très encourageants : plus l'application est jugée intuitive et agréable à utiliser, plus les étudiants atteignent un état de concentration et de plaisir («flow») qui intensifie leur apprentissage. Ce sentiment d'immersion renforce la perception d'utilité et d'enrichissement, et traduit le rôle que peut jouer la réalité virtuelle dans l'appropriation active de savoirs complexes.

L'étude a également montré l'importance de tenir compte des profils d'apprentissage individuels pour évaluer ce sentiment d'immersion et le ressenti global de l'expérience d'apprentissage. Il en ressort des recommandations sur le design et l'usage de telles applications, notamment pour la formation à l'ingénierie en lien avec des milieux éloignés de l'expérience usuelle comme le milieu sous-marin.

Certes, l'expérimentation reste de taille modeste et n'a pas encore été comparée à des méthodes classiques. Néanmoins, ces limites n'atténuent en rien la portée des résultats obtenus. Bien au contraire, elles ouvrent des perspectives stimulantes pour de futures recherches et applications pédagogiques à plus grande échelle.

**Apprendre la physique de l'eau et les forces qui s'exercent sur un drone sous-marin est un défi, même pour des étudiants en ingénierie.**

**Les sorties en mer offrent une opportunité ludique d'apprendre, mais entraîne des coûts prohibitifs.**

**Pour rendre ces notions plus accessibles et stimulantes, nous avons conçu, avec Andrei Stanescu, doctorant, une application en réalité virtuelle.**

**Son objectif est simple : offrir aux élèves ingénieurs la possibilité de concevoir aisément des sous-marins à partir de formes simples, de matériaux de différentes densités et de moteurs, puis de tester leurs réalisations virtuels dans un environnement immersif réaliste.**



éducation

# SEABOTS

## s'initier à la robotique sous-marine au collège et au lycée

● tom gournay

● franck guarnieri

Collégiens et lycéens sont ainsi invités à concevoir, programmer et tester leur propre drone sous-marin sur une période de une à deux semaines.

L'activité peut évidemment être organisée sur un temps plus long selon les projets portés par les équipes pédagogiques.

SEABOTS repose sur une approche pédagogique interdisciplinaire inspirée du modèle STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics). Cette démarche articule rigueur scientifique et créativité, en intégrant les dimensions artistiques, esthétiques et sociétales dans les projets menés en classe.

Elle développe des compétences transversales essentielles : curiosité, esprit critique, autonomie, sens de l'observation et coopération.

La diffusion du projet s'appuie sur un partenariat structurant avec le ministère de l'Éducation nationale, ainsi que sur le soutien de l'UIMM (Union des Industries et Métiers de la Métallurgie) en Région Sud. Dans ce cadre, des coopérations actives sont engagées avec les académies de Nice, Aix-Marseille et Toulon, afin de permettre à un nombre croissant d'établissements scolaires d'accéder à ce dispositif.

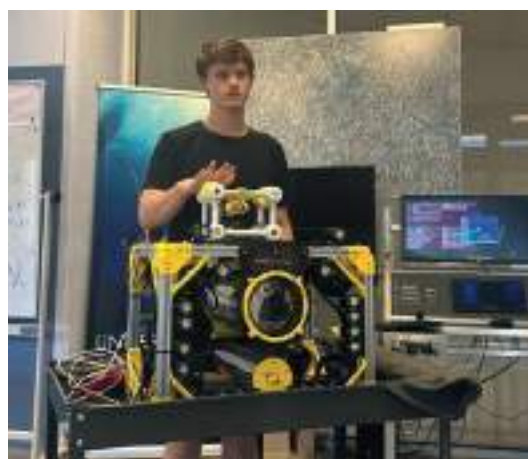
Des expérimentations pilotes ont d'ores et déjà été conduites avec succès dans plusieurs lycées, notamment à Antibes et à Valbonne, où les élèves ont conçu, assemblé et mis à l'eau une première série de SEABOTS.

Dans la continuité de cette dynamique, la gamme SEABOTS s'élargira prochainement avec le développement de drones marins de surface, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pédagogiques liées à l'exploration du milieu marin. L'intégration progressive de capteurs embarqués – caméras, sondes de température, capteurs de pH, etc. – enrichira l'expérience pédagogique en offrant aux élèves des outils d'observation et d'analyse du milieu aquatique, renforçant le lien entre technologie et enjeux environnementaux.

**Mines Paris pour l'Océan développe le projet SEABOTS, une initiative éducative innovante qui propose aux élèves de collège et de lycée une immersion concrète dans l'univers fascinant de la robotique sous-marine.**

**Conçus à partir de composants simples, fiables et peu coûteux (tubes en PVC, moteurs, électronique embarquée, pièces issues de l'impression 3D...), les drones filoguidés SEABOTS constituent un support pédagogique original, mobilisant une large palette de compétences et favorisant un apprentissage actif fondé sur la pratique.**

À travers SEABOTS, Mines Paris pour l'Océan réaffirme son engagement en faveur d'une éducation scientifique contemporaine, inclusive et connectée aux grands défis du XXI<sup>ème</sup> siècle. En mobilisant les acteurs de l'enseignement, de la recherche et du monde industriel, le projet ambitionne d'inspirer les nouvelles générations et de les préparer aux métiers scientifiques et technologiques de demain, au service de la préservation et de la protection de l'Océan.





*Naufrage du Costa Concordia survenu  
en Méditerranée le 13 janvier 2012*



# sauvetage



# les imaginaires des situations d'urgence en MER

● aurélien portelli

Avec des approches et des champs de recherche variés, les contributrices et contributeurs de ce numéro spécial étudient les imaginaires des situations d'urgence en mer au regard des transformations qui se sont opérées dans les sociétés européennes depuis la fin du XVIIIe siècle.

Ainsi, existe-t-il un imaginaire spécifiquement moderne de l'urgence en mer et, si oui, comment s'est-il constitué et comment a-t-il évolué ?

Si de nombreux travaux ont déjà abordé les imaginaires maritimes, la plupart d'entre eux ne confère pas une place centrale à l'urgence.

Ce numéro entend combler cette lacune, en mettant en avant l'aspect moral lié à la question du sauvetage, à partir de l'analyse de représentations issues notamment de la littérature, de la presse et de séries télévisées.



*Huile sur toile,  
Le Radeau de la Méduse (1819)  
Théodore Géricault*

**«J'ai eu le plaisir de diriger, avec mes collègues Nebiha Guiga et Henning Trüper, tous deux chercheurs au Centre Leibniz de Berlin, un numéro spécial de la revue canadienne Histoire sociale / Social History consacré aux « Imaginaires sociaux des situations d'urgence en mer depuis 1800 ». Cette thématique fait écho à mes travaux de recherche sur les imaginaires des risques et des crises, que je conduis au CRC depuis 2012.**

Le numéro est composé de sept contributions, parmi lesquelles un article que j'ai coécrit avec Nebiha Guiga, proposant d'investiguer, sous un angle historique, les imaginaires du danger et de l'héroïsme dans la série documentaire Saving Lives at Sea.

Cette série, diffusée sur la BBC, suit les bénévoles de la Royal National Lifeboat Institution (RNLI), fondée en 1824 et chargée de sauver des vies en mer au Royaume-Uni et en Irlande.

Nous montrons dans notre article comment les représentations modernes du sauvetage s'intègrent à l'imaginaire fondateur de la RNLI, source importante de légitimité et de sens, tout en élargissant sa portée selon une logique d'actualisation.



messages AIS

# PRÉDIRE

## la localisation de navires à l'aide de l'apprentissage profond & de données environnementales

● ambroise renaud

Sous la direction  
d'Aldo NAPOLI (CRC)  
et Clément IPHAR  
(Université de Bretagne  
Occidentale)

Plutôt que de modéliser la propagation des ondes radio avec des équations physiques classiques (comme le modèle ITU-R), j'ai exploré une approche basée sur les graphes et l'apprentissage profond (Deep Learning), en particulier les réseaux de neurones en graphes (Graph Neural Networks - GNN), une architecture d'apprentissage automatique adaptée et innovante pour cette problématique.

### Une approche inductive, pour mieux généraliser

Mon modèle apprend à partir de données réelles : des millions de messages AIS acquis par le dispositif de réception du Campus Pierre Laffitte (Sophia Antipolis), enrichis de données météorologiques (vent, pression, humidité) et de relief (altitude). Le modèle construit des graphes spatiaux à chaque heure et les analyse avec des algorithmes inspirés du fonctionnement neuronal (GraphSAGE, LSTM entre autres), il parvient à prédire avec précision quels navires seront captés ou non par notre dispositif d'acquisition AIS.

La Figure ci-après illustre un exemple typique de prédiction générée par le modèle. Il s'agit d'une carte représentant la zone de réception de notre dispositif d'acquisition AIS à Sophia Antipolis (point jaune), associée à des conditions de propagation très favorables, où chaque cellule est colorée en fonction de la probabilité de réception d'un message émis depuis cette position (du rouge pour la plus faible au vert pour la plus forte).



**Les navires en mer et dans les ports échangent en continu des informations via le système AIS (Automatic Identification System), un dispositif à base de messages diffusés sur deux canaux VHF qui transmet leur position, cap ou vitesse. Mais la réception de ces signaux dépend fortement des conditions géographiques et météorologiques : un relief escarpé ou des phénomènes atmosphériques peuvent altérer la portée du signal. Comment mieux prédire l'aire de réception d'un dispositif d'acquisition de messages AIS ? C'est la question centrale de ma thèse.**

### Des performances et des perspectives

Comparé aux méthodes classiques ou aux algorithmes d'apprentissage automatique traditionnels comme XGBoost, mon approche obtient de meilleurs résultats, notamment pour les propagations à longues distances. Elle démontre ainsi qu'un modèle basé sur des graphes et des données environnementales peut prédire avec précision les zones de réception AIS, en capturant des phénomènes complexes que les approches physiques ou statistiques peinent à reproduire.

Le modèle a été entraîné et évalué principalement sur la zone de Sophia Antipolis (Mer Ligure, Mer Tyrrhénienne), ce qui pose la question de sa généralisation à d'autres environnements maritimes. Ces éléments ouvrent des perspectives pour la suite : valider le modèle sur d'autres sites côtiers, l'enrichir par des données satellites ou encore passer de la classification (réception / non-réception) à la régression (niveau de puissance reçu). À terme, une telle approche pourrait contribuer à une modélisation adaptative et scalable de la couverture radio maritime, avec des implications directes pour la sécurité et la surveillance de la navigation.





# PROJET jason

● aldo napoli

sécurité maritime

Jauges pour la sécurité de la navigation

JASON vise à capitaliser la recherche scientifique, les avancées technologiques et les résultats des projets précédemment mis en œuvre en matière de protection de l'environnement et de sécurité maritime dans la zone de coopération géographique couverte par le programme Interreg Maritime. À la lumière de ces travaux, Jason se concentrera sur trois questions spécifiques ayant un impact particulier sur l'environnement, ainsi que sur un sujet certain de réglementation et une source de demande de nouvelles performances opérationnelles, telles que les sources d'énergie alternatives (propulsives et non propulsives), les navires autonomes et la cybersécurité maritime et portuaire, toutes ayant pour horizon 2050.

## Le CRC et JASON

Eric Rigaud, Justin Larouzée et Aldo Napoli, chercheurs au Centre de recherche sur les Risques et les Crises (CRC), seront impliqués dans le projet JASON afin de (1) Contribuer à l'élaboration de scénarios prospectifs à l'horizon 2050. Ces scénarios porteront sur le déploiement des carburants alternatifs et des navires autonomes dans l'espace maritime franco-italien en prenant en considération, entre autres, différentes alternatives de choix politiques. Pour ce faire, le CRC s'appuiera sur le cadre méthodologique de l'Analyse Morphologique (AM). Les scénarios serviront de support à une étude d'impacts sur les différentes parties prenantes du secteur du transport maritime. (2) Réaliser une analyse STPA (System-Theoretic Process Analysis), méthode prospective dérivée de STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes), afin de cartographier et structurer les connaissances associées aux risques, y compris les risques émergents, liés à l'intégration de nouvelles technologies dans la zone d'intérêt. (3) Mobiliser la méthode d'analyse des risques informatiques EBIOS Risk Manager développé par l'ANSSI (Agence Nationale française de la Sécurité des Systèmes d'Information) afin d'évaluer

**Le projet stratégique JASON s'inscrit dans le programme Italie-France Interreg Maritime dont l'objet est de renforcer la coopération transfrontalière entre les régions Provence-Alpes Côte d'Azur, Corse, Ligurie, Toscane et Sardaigne, et de transformer l'espace de coopération en une zone compétitive et durable dans le paysage européen et méditerranéen.**

la vulnérabilité du système actuel (AIS-Automatic Identification System) et futur (VDES-VHF Data Exchange System) d'échanges automatisés de messages (localisation, caractéristiques etc.) entre navires, y compris les navires autonomes, et les centres à terre face à des cybermenaces.

Le CRC souhaite développer avec l'aide des partenaires du projet des plans de formation et de certification à l'attention des acteurs du transport maritime et des activités portuaires. Ces formations, qui pourraient respecter le modèle de cours établi par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) porteront sur la mise en œuvre des méthodes AM, STPA et EBIOS RM et présenteront leurs résultats capitalisés dans un corpus de connaissances. Elles pourront être adaptées aux instituts de formations publics et privés ainsi qu'à l'auditoire (marins, contrôleurs, opérateurs portuaires, etc.). Ces formations pourront être proposées à l'OMI pour enrichir son catalogue de cours relatifs à la sécurité maritime.

Projet coordonné par la région Ligurie.  
Budget total : 4.693.331 €  
Fonds FEDER : 3.754.665 €  
Durée du projet : 42 mois  
14 partenaires

**Interreg**



Cofinancé par  
l'Union européenne  
Cofinancé par  
l'Union européenne

**Marittimo-IT FR-Maritime**

La coopération transfrontalière du littoral méditerranéen



© Pierre Vadam

*Plongée du 02 mai 2025 au large de Villefranche-sur-Mer,  
le Tombant des Américains*







# **spécial** Mines Paris pour **l'Océan**

Carnets de Correspondances est une édition Mines Paris-PSL, Campus Pierre Laffitte

Délégation - Communication

Numéro Spécial : Mines Paris pour l'Océan

Comité de rédaction scientifique : Centre de recherche sur les Risques et les Crises

## **Maquette**

Corinne Matarasso

## **Comité scientifique de rédaction Mines Paris-PSL - CRC**

Franck Guarnieri

Aurélien Portelli

Sébastien Travadel

Ambroise Renaud

Samuel Olampi

Aldo Napoli

Justin Larouzée

Eric Rigaud

Tom Gournay

## **Photos**

Laurent Schiatti de Monza

Pierre Vadam

Jean-Michel Mille

Istock Photos

Mines Paris-PSL, Campus Pierre Laffitte

1, rue Claude Daunesse

CS10270

06904 Sophia Antipolis

T. 04 93 95 75 75

[minesparis.psl.eu](http://minesparis.psl.eu)

