

Project acronym	CILES	
Project title (in English)	Centre_dexcellence_d'écoute intelligente aérienne et sous-marine	
Titre du projet en français	Center of excellence on Intelligent Listening on Earth & in Sea	
Keywords / mots clés (min 5 – max 10)	Interpréter, Modéliser, Prévenir, IA, microélectronique, arithmétique optimisée, Basse consommation, Apprentissage de représentation, Apprentissage semi-supervisé, IA embarquée, IA autonome, Inférence, Modélisation courant, Masse de donnée, Modélisation océanique	
Responsables du projet / Project managers	Last Name, First name, Position, Organisation / Nom, Prénom, Statut, Organisation	
	GLOTIN Hervé, HUGEL Vincent, BARTHELEMY Hervé, SCHNEIDER Frédéric	
	e-mail address / Courriel = les pilotes sur les 4 laboratoires =	Phone number / Téléphone
	herve.glotin@univ-tln.fr , frederic.schneider@univ-tln.fr , herve.barthelemy@univ-tln.fr , vincent.hugel@univ-tln.fr	0494215442

¹ Dans le cas où le projet est coordonné par deux responsables, remplir un encadré par responsable

Leading institution	<i>Université de Toulon, EPST</i>		
Partner institution(s) involved in the project / Institution(s) partenaire(s) impliqués(es)	Etatique : PNPC, PELAGOS, AGOA, OFB, Ministère de la Mer, MTES, DGA, CIRAD, PREMAR, IFREMER, NTU, Pavia Univ, Genova Univ, UNICE, Univ Victoria BC, Univ San Diego USA, Univ Halifax CA, Univ Tokyo (convention), SHOM, MNHN Toulon, Marie de La Seyne, Mairie de St Cyr, Pole SCS, Pole MER Laboratoires : COSMER, IMATH, CERC, IM2NP, LIS, et LMA, LAMFA, GEOAZUR, CIBRA, LAMLA, GEOAZUR, CPPM, IN2P3...		
Durée du projet entre 72 mois et 120 mois	120 mois		
Requested funding / Aide demandée (minimum 5M€)	2 M€	Full cost / Coût complet	6 M€
Le cas échéant : Listes des projets PIA auxquels ce projet est éventuellement lié (notamment EUR, universités européennes, Equipex, Labex, Institut convergence, IDEFI, etc.)	PIA3 TERRA FORMA 2020-2028: Glotin est au Copil pour l'IA PIA3 PsioBiom 202-2028: Glotin est au Copil pour l'IA <i>(+ Chaire IA ADSIL, FEDER MARITIMO GIAS, ANR SMILES, ANR JC IA, Mundus MIR, master ROC, DID... ANR SYLVANIA, ANR ULPCOCHLEA, ANR SEAWHOLE</i>		
Ce projet s'inscrit-il dans le cadre d'une Initiative d'excellence labellisée IdEx ou ISITE ?			

List of partner institutions / Liste des institutions partenaires

Renseigner une ligne par institution partenaire, ajouter autant de lignes que nécessaire.

Name of the research organisations / Nom des organismes de recherche	Etatique : PNPC, PELAGOS, AGOA, OFB, Ministère de la Mer, MTES, DGA, CIRAD, PREMAR, ACCOBAMS, SHOM, MNHN, ministère du transport maritime du Canada. Laboratoires : COSMER, IMATH, CERC, IM2NP, LIS, et LMA, LAMFA, GEOAZUR, CIBRA, LAMLA, GEOAZUR, CPPM, IN2P3.
Name of the institutions of higher education and research / Nom des établissements d'enseignement supérieur et de recherche	UTLN, MNHN, NTU, Pavia Univ, Genova Univ, UNICE, Univ Victoria BC, Univ San Diego USA, Univ Halifax CA, Univ Tokyo (convention). Formations : Mundus MIR Norvège, Portugal, Espagne, et UTLN. Masters ROC (un parcours de Vista) UTLN, DID UTLN, Master IAAA AMU / LIS / Centrale Marseille, Master MER composante pression anthropique UTLN... Licence Math-Informatique UTLN, IUT G2I UTLN, Licence Biologie UTLN, licence Physique UTLN.
Name of secondary schools / Nom des établissements d'enseignement secondaire	<i>Lycée Coudon et collège Cousteau, Lycée Rouvière ... Collège Rostand (Nice)</i>
Other partners (Companies, Start-up, Associations, etc.) / Autres partenaires (Industries, Entreprises, Start-up, Associations, etc.)	Socio eco : IFREMER, STMICROELECTRONICS, OSEAN, SEMANTICTS, NavalGroup, Ocean Next, Aquasearch, CHORUS, SEAPROVEN, Notilo-plus, la Cephismar, PLOCAN... Mairie de StCyr, Mairie de La Seyne ONG : Domaine du Rayol, Longitude181, Fondation Prince Albert II, Explorations de Monaco, CARIBBEAN CETACEAN SOCIETY, Miraceti, CorseaCare, LivingTogether (soutenu par gouv. Princier Albert2), THETHIS, CIMA, OrcaLab (Canada),...

Sommaire

Abstract	4
Contexte et positionnement du projet	5
Description du projet	6
A) Arithmétique correctement dimensionnée et basse consommation pour l'IA en mer	6
B) IoT et IA embarquée	6
C) Robotique et IA	7
D) A OFFLINE pour détection signaux faibles et modélisation du milieu	8
E) Exemples d'expériences à l'échelle de CILES en milieu marin	8
E2) Autres exemples en recherches sur sites marins	13
F) ExempleS d'expériences à l'échelle de CILES en milieu TERRESTRE	13
G) Prévention / Legislation	14
Pilotage et partenariat	14
Equipes	15
Projets sur lesquels s'adosse et structurés par CILES	15
Enseignements qui s'adossent et sont structurés par CILES	16
Thématique / Équipes de laboratoires connexes dans CILES	16
Groupes externes liés à CILES et Groupes R&D liés à CILES	16
Justification des moyens demandés (to discuss this week)	16
References	17
A1. LETTRES DE SOUTIEN DE PELAGOS ET PNPC au projet CILES (prénommé mi 2021 CIACOO)	19
A2. AVIS de la PREMAR	21
A3. Dir Délégué CNRS IM2NP	22
A4. Programmes Colloques DROIT et BRUIT en mer	23
A5. Programme Bruit en Mer UTLN 2021	25
A6. Liste des partenaires et en cas projet actif avec UTLN en écoute intelligente	27

ABSTRACT

Deux résumés non confidentiels de 4 000 caractères chacun (police 11 interligne 1,15), un en français et l'autre en anglais. Ces deux résumés seront à copier sur le site de soumission lors du dépôt de votre projet.

Ce résumé doit présenter l'état des lieux actuel de l'établissement ou du site et des acteurs du projet, les objectifs stratégiques du projet avec une description de ses grandes lignes ou actions ainsi que le calendrier associé.

Abstract - English version (max. 4000 characters)

The Center of excellence on Intelligent Listening on Earth & in Sea (CILES) aims to promote Intelligent listening of biodiversity and anthropophony, developing advanced electronic and cybernetic systems and AI algorithms dedicated to intelligent listening.

CLES is based on our interdisciplinary team of 30 experts in Toulon university, and in collaboration with national and international experts and stakeholders (a group of more than 50, some with long term collaborations). Currently our group runs several projects for around 10 millions of euros in France, and 1 million in international collaborations (2 PIA3, 4 ANR, region projects...) and MITI CNRS, OFB, ... We aim by CILES to better propagate our know-how in each project as the anthropic pressure is accelerating.

The strength and originality of CILES is to :

- (a) design and build advanced acoustic and computing low power scientific instrumentation at a high quality price ratio.
- (b) develop and maintain versatile biodiversity stations as we already started in CARIMAM (<http://sabiodylis-lab.fr/pub/QHB.pdf>), in several Fjords (Patagonia , Norway, Canada, Med. Sea), and in forest as in Amazonia and Mediterranean reserves.
- (c) develop specific algorithms for acoustic analysis according to the needs of stockholders and constraints from the field.
- (d) and importantly to think (a) according to (b), (c) with respect to (b), and to embed (c) into (a) for a novel generation of biodiversity monitoring at scale.

1 CONTEXTE ET POSITIONNEMENT DU PROJET

Cette partie sera utilisée pour exposer la stratégie de transformation/d'évolution profonde de l'établissement (ou des établissements en cas de projet conjoint) au profit du site ainsi que la cohérence du projet avec celle-ci.

Au cas où le projet est présenté par une IdEx ou une I-SITE, le projet devra impérativement être en cohérence avec la stratégie de celle-ci.

Il s'agira de montrer la trajectoire poursuivie par l'établissement et comment le projet renforce la structuration, le rayonnement, la visibilité et l'attractivité de l'établissement/du site. Le cas échéant, il s'agira de montrer comment le projet lui/leur permet de mieux remplir les missions assignées par l'État aux établissements d'enseignement supérieur et de recherche.

Il s'agira également, compte tenu de la disparité des situations territoriales et afin de faciliter la compréhension du jury, de détailler la trajectoire visée par l'ensemble du site, en présentant l'état des lieux actuel pour le site et les acteurs qui y interviennent (organismes de recherche, collectivités territoriales, entreprises etc.), avec leurs forces et faiblesses, ainsi que l'objectif visé par la transformation poursuivie dans le cadre du projet déposé et le rôle joué par les autres acteurs du site dans la réalisation de cette trajectoire.

Quand c'est pertinent et en fonction du domaine d'excellence poursuivi, il s'agira également de positionner la trajectoire visée par rapport au contexte international et/ou national et en mettant en relief la valeur-ajoutée du projet dans ce contexte.

Ce CEDEX s'appuie sur des années de collaborations entre IM2NP, COSMER, LIS et le CERC, collaborations qui ont acquis une visibilité internationale dans le domaine de la mesure, le numérique pour la mesure et l'interprétation du milieu marin / sous-marin et terrestre.

- Une chaire IA en recherche et enseignement du programme Macron¹, parmi une trentaine sur toute la France, attribuée à UTLN en IA bioacoustique.
- 3 ANRs débutant en 2022 : SYLVANIA, ULPCOCHLEA, SEAWHOLE en IA bioacoustique marine et terrestre
- 2 PIA3 débutant en 2022 pour 5 et 8 ans en IA et bioacoustique terrestres
- L'Institut Universitaire de France (top 2% de la recherche française) a élu depuis la création de l'UTLN 2 EC Toulonnais, en IA
- Plusieurs programmes internationaux, et ONG / entités internationales comme Pelagos et Fondation Prince Albert II de Monaco, et les Explorations de Monaco.
- Le master d'excellence UTLN Mundus MIR, ROC et DID...

L'UTLN pose ainsi son identité forte avec ses forces qui se regroupent ici en ce Cedex CILES. Il concerne à la fois les recherches en électronique, en IA embarquée, système très basse consommation, algorithmique model, IA, recherche en robotique et contrôle optimal, en codage numérique et en traitement du signal, pour améliorer nos connaissances sur les milieux marins et terrestre et biodiversité et pressions anthropiques. Il est notamment relatif aux milieux particuliers de falaises et canyons qui bordent Toulon et s'étendent jusqu'à Monaco, milieux atypiques car jouxtant des ports de dimension internationale, mais aussi les plaines abyssales des océans et autres sites particuliers dans les océans. Il s'agit également de sites terrestres riches en biodiversité, du territoire varois mais aussi en métropole et hors métropole et à l'international.

On dénombre à ce jour une cinquantaine de collaborations de part le monde sur ces sujets en recherche avec les équipes CILES UTLN.

Les STIC de la mer, MIOphy, COSMER, LIS, IM2NP, IMATH, ... transforment, font évoluer l'UTLN au profit du territoire UTLN. Les Chaires IA (40 en France) ont vocation à **“structurer les établissements qui les reçoivent”**. La visibilité d'UTLN en regroupant ses forces sur CILES sera

¹<https://anr.fr/fr/detail/call/chaieres-de-recherche-et-denseignement-en-intelligence-artificielle/#>

améliorée. Il s'agira également de présenter l'état des lieux actuel pour le site avec IFREMER et les acteurs qui y interviennent (organismes de recherche, collectivités territoriales, entreprises etc.), avec leurs forces et faiblesses, ainsi que l'objectif visé par la transformation poursuivie dans le cadre de CILES. On saura aussi positionner CILES et sa trajectoire visée par rapport au contexte international et/ou national et en mettant en relief la valeur-ajoutée du projet dans ce contexte.

2 DESCRIPTION DU PROJET

Cette partie concerne plus spécifiquement la description du projet.

- *Décrire le projet, en s'appuyant sur l'identité de l'établissement ou site, sa signature et l'état des lieux actuel pour l'établissement ou site et pour les acteurs qui interviennent, ses différents axes, ses objectifs et ses ambitions, l'impact attendu.*
- *Mettre en exergue les expérimentations visées, leur caractère innovant et transformant et en quoi elles répondent au besoin spécifique de la stratégie de l'établissement au profit du site ;*
- *Montrer comment les partenariats concourent aux actions.*
- *Mettre en évidence son caractère structurant, intégrateur et transformant du projet, ainsi que, éventuellement, son caractère innovant.*
- *Indiquer la cohérence du dispositif avec les réalisations antérieures, et, le cas échéant, l'articulation avec les autres objets du PIA.*
- *Indiquer le cas échéant comment le projet concourt à la prise en compte des transitions qui traversent et concernent notre société.*
- *Décrire les dispositifs d'analyse et d'évaluation permettant de mesurer l'impact des transformations proposées.*
- *Quantifier autant que possible l'impact attendu de la transformation engagée par le projet (nombre d'étudiants touchés et impact sur l'attractivité tant nationale qu'internationale, ainsi que pour le personnel ; impact sur les publications, classements internationaux, rayonnement scientifique international ; impact environnemental ; nombre de cursus transformés ou créés etc.).*

A) ARITHMÉTIQUE CORRECTEMENT DIMENSIONNÉE ET BASSE CONSOMMATION POUR L'IA EN MER

L'essentiel de l'activité du laboratoire IMATH est porté sur la cryptographie et le besoin de faire des calculs sur de grands corps finis de façon sûre (Rob19, Did20). Sur l'aspect IA embarquée, nous étudierons des représentations adaptées aux réseaux de neurones en prenant en compte les contraintes du matériel embarqué. On peut distinguer deux cas :

- l'apprentissage est embarqué : dans ce cas les axes de recherche portent sur la précision suffisante pour assurer une convergence rapide de l'apprentissage, tout en respectant les contraintes de consommation.
- l'apprentissage est externe : dans ce cas il semble intéressant de regarder l'effet de la baisse de précision des représentations lors du portage du modèle entraîné sur une architecture ayant une plus petite précision.

Parallèlement à ces questions, nous développerons dans CILES en R et E l'architecture Open source RISC-V dont il est possible d'amender le jeu d'instructions. Ce projet serait d'identifier les ressources à apporter afin de permettre une utilisation embarquée de modèles entraînés utilisant une arithmétique correctement dimensionnée et basse consommation. Il est possible d'implémenter un modèle soft-core sur FPGA de ce type de processeur pour mener nos expérimentations avant de proposer une architecture pouvant être produite en grande quantité par des industriels. Ces questions pourraient être étudiées en collaboration avec entre IMATH, LIS et IM2NP pour la partie IA et IMATH et IM2NP pour les modifications de l'architecture RISC-V.

B) IoT ET IA EMBARQUÉE

L'IoT, en particulier l'IA embarquée sont des expertises de l'IM2NP et du LIS bien établies par les programmes de recherche menés au sein du pôle INPS et des ANR, interactions qui sont des atouts maîtres pour le suivi et l'interprétation maritimes. Dans ce domaine, le développement d'instrumentations de précision autonomes avec intelligence intégrée pour l'aide à la décision est une question fondamentale. Les équipes sont, par exemple, à la recherche de techniques permettant l'implémentation d'algorithmes issus de l'intelligence artificielle pour des applications très faible consommation [Mar21a1, Bar20, Mar21b].

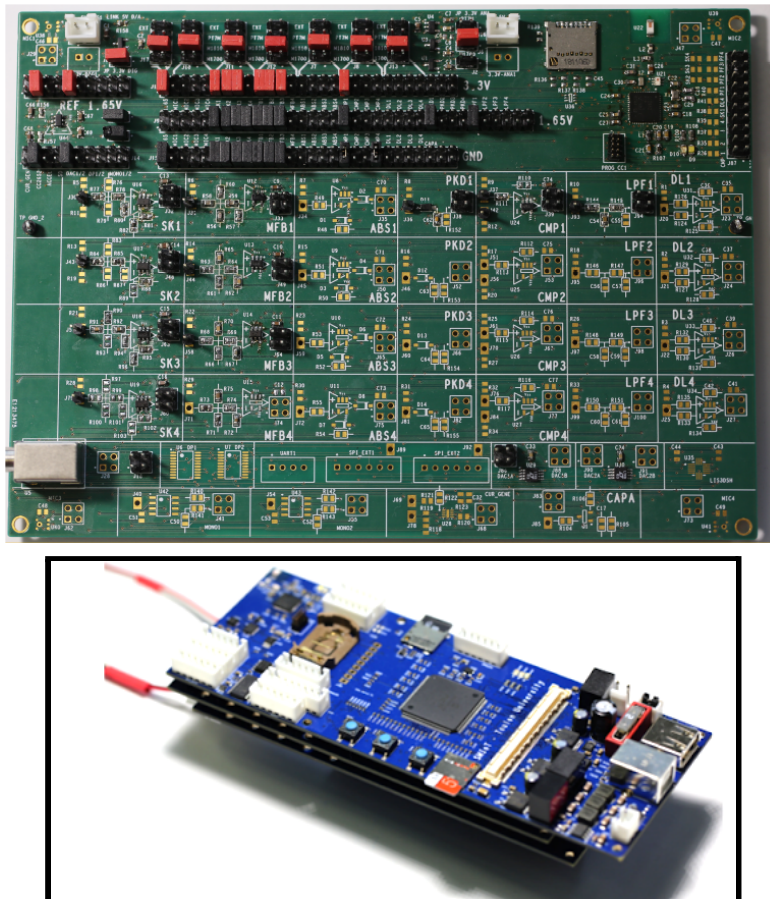


Fig.0 : IA embarquée : (a) Carte de développement mixte Analogique-numérique @im2np-Smiot, (b) carte JASON / QHB IA ULP SMIoT IM2NP LIS, déployée sur toutes les Antilles par l'OFB / MTES et par les Explorations de Monaco et FPA2.

Nous avons montré que le traitement mixte analogique-numérique des données permettra des gains énergétiques importants ainsi qu'une augmentation significative de la puissance de calcul in-situ (*au niveau des capteurs*). L'intégration complète du conditionnement (capteur) sur silicium faible coût CMOS 0.35um est l'une des perspectives pour les trois prochaines années. Quatre projets ANR notés A+ en 2021 ont été posés par ce groupe, dont un par le pôle INPS; Sylvania, ULP Cochlée, CATs ainsi qu'un projet déposé avec le CEA. De plus les projets de développements JASON puis QHB sur SMIoT sont l'aboutissement de 6 ans de recherche et sont l'état de l'art en la matière. L'Office Français pour la Biodiversité l'a validé pour son analyse des Antilles sur plusieurs années, ainsi que les Explorations de Monaco (Sphyrna Odyssey) et les missions de la MITI CNRS aux pôles.

C) ROBOTIQUE ET IA

En partenariat avec le LIS, le laboratoire Cosmer développe des thématiques qui trouvent leurs applications dans le cadre de l'IA pour l'exploration des milieux marins et maritimes.

Les deux thématiques principales concernent les systèmes multi-drones organisés en cordée et les interactions drone-plongeur.

Les cordées de robots impliquent une gestion passive [Lar18, Lar20] ou active de l'ombilical qui les relie deux à deux. Les activités de recherche visent à contrôler la forme du câble (thèse en cours d'achèvement, intitulée *Conception et pilotage synchronisés d'ombilicaux actionnés communicants : application à l'interconnexion de robots marins et sous-marins*, financée par la région et l'UTLN) et son mouvement au cours de la progression des robots afin de leur permettre d'explorer des zones confinées de manière sécurisée, mais aussi de cartographier des zones de manière synchronisée (thèse en cours intitulée *Localisation et commande d'une cordée de robots sous-marins en milieux confinés*, financement MESR).

Les interactions drone-plongeur font intervenir un drone compagnon capable de communiquer avec des plongeurs et de leur rendre certains services : exécution d'ordres suite à reconnaissance de gestes, transport de matériel, aide à la formation, vigilance, surveillance, etc.

Ces activités sont développées dans le cadre du projet pluriannuel DPII (Drone Diver Intuitive Interaction),

d'INPS/COSMER LIS, en coopération avec la société Notilo-plus et la Cephismer, et co-financées par la région Sud PACA (thèse en cours intitulée *amélioration des interactions drone-plongeur*, co-financée par Notilo-plus).

Les moyens nécessaires pour rendre ces robots capables d'atteindre les objectifs fixés supposent la mise au point de capacités de navigation basées sur une perception locale de l'environnement (thèse en cours intitulée *Système de localisation intelligent pour la navigation des robots sous-marins*, financée par l'Ifremer) permettant d'adapter les algorithmes de SLAM, et de capacités sensorielles intelligentes en matière d'interaction multimodale avec l'humain. De plus, le robot au sein d'une cordée ou d'une palanquée de plongeurs doit être performant du point de vue de la mobilité et de la manoeuvrabilité, ce qui requiert l'intégration de techniques de contrôle robustes.

Par ailleurs, le laboratoire Cosmer, en partenariat avec le laboratoire LIS, s'intéresse également à la coordination multi-drones marins/sous-marins, permettant une couverture de zone étendue à des fins d'exploration ou de surveillance. Une thèse Cifre AID avec la société Alseamar est actuellement en cours sur la *Coordination de flottes de planeurs sous-marins*.

D) A OFFLINE POUR DÉTECTION SIGNAUX FAIBLES ET MODÉLISATION DU MILIEUX

La Chaire IA ADSIL est une colonne vertébrale de cet axe de recherche CILES. Elle développe pour le LABORATOIRE de l'AGENCE INNOVATION DEFENSE (AID) et ANR Chaire IA, des algorithmes IA deep learning pour la reconnaissance de signaux faibles sous marins.

Par exemple, des reconnaissances automatiques des transitoires acoustiques sous-marins sont données Fig.7,8, pour des biosonars et des pulses de rorqual, analysés par nos modèles d'IA 'deep learning', qui permettent notamment de tester des hypothèses de détection ou de codage en milieux anthropisés.

Ces algorithmes sont en interaction avec ceux des ANR JCJC de R Marxer en traitement du son et de A Paiement en mesure astrophysique, tous deux participants à ce projet.

Ces 3 ANR courent sur les 3 à 4 ans à venir et sont structurantes pour UTLN (voir appel à projet Marcon AI Humanities Chaire IA) tant en axes de développement, recrutement qu'en enseignement.

De plus, ces algorithmes sont portés par les IA embarquées décrites plus haut. Ainsi un objectif est de répondre à "où et quand" déployer ces IA distribuées avancées. Pour apporter des éléments de réponse, notamment pour solutionner le problème de contrôle optimal associé, une approche performante consiste à simuler l'entière du système de mesure et d'interprétation. Un exemple est celui de la génération de trajectoires de cibles, ici des animaux marins pour l'exemple, intégrant l'ensemble de contraintes cinématiques et comportementales, à la chaîne de classification/détection/localisation par intelligence artificielle, en passant par des modélisations fines de la propagation acoustique. Ce "*Serious Game*", générant des scénarios réalistes et admissibles, est une pierre angulaire de l'intégration de nos méthodes, pour résoudre le problème de déploiement optimal de nos observatoires. On notera que ces approches ont déjà été appliquées avec succès [Cho11,12] pour des problèmes similaires de déploiement de capteurs et de poursuite de cible (Fig.6).

CILES ouvre des recherches duales avec des données terrain (Bouées, mission Sphyrna Odyssey, drones acoustiques, observatoires astrophysiques...), et par simulations notamment via le superordinateur national Jean Zay². Nous élaborons, intégrons et faisons interagir nos modules : production biosonar, propagation, reconnaissance automatique par IA des transitoires [Fer20ab,The21] (Fig.6).

E) EXEMPLES D'EXPÉRIENCES À L'ÉCHELLE DE CILES EN MILIEU MARIN

Nous donnons ci-dessous un exemple d'expériences à l'échelle de la Région menées par CILES, notamment sur l'identification de bonnes représentations (Bal18, Bal19), algorithmes et architectures, pour calculer plus vite, plus précisément ou à moindre coût en milieu maritime. Plusieurs expériences seront développées dans ce cadre sur toute la durée de ce PIA4 CILES, dans la lancée des missions en action depuis 6 à 2 ans: Sphyrna Odysée, Bombyx, CARIMAM, mesures Antropophoniques, qui sont des réponses aux directives du Ministère et de l'europe (MedExemplaire, Minis. Mer MTES)

E1) Exemple sur territoire Varois / Côte Azur

Le milieu marin Toulonnais est atypique au niveau national, car influencé par la présence du courant

² Le CNRS, DS IN2SI, a offert en 2021 à ces recherches UTLN 1 an d'ingénieur à Saclay sur J. Zay.

liguro-provençal et par les mouvements verticaux dans toute sa colonne d'eau, dynamique complexe qui alimente une chaîne trophique du plancton aux super-prédateurs dont les mammifères marins. L'humain prend conscience de son implication dans la dégradation de ce milieu très anthropisé et plusieurs projets ont été développés, financés par les pouvoirs publics et laboratoires de recherche, de jeunes entreprises, d'Instituts de la mer, ou d'organismes directement impliqués dans les activités maritimes, dont les Explorations de Monaco et la Fondation Prince Albert II avec les Missions Sphyrna Odyssey 2018-2025. À Toulon, dans l'INPS, au cœur de cette dynamique, plusieurs laboratoires travaillent de concert, et certains de leurs travaux sont déjà mondialement reconnus.

Prenons comme la surveillance de la mégafaune méditerranéenne qui se concentre le long de ces falaises et dans les canyons de la côte varoise, offrant ainsi à la métropole de Toulon une position privilégiée au niveau international et unique pour leur étude. Ces espèces fragiles, dont la plupart sont menacées, sont les meilleurs indicateurs de l'état de santé de cet écosystème pélagique. Leur présence régulière atteste de son bon état de santé, car il ne peut y avoir de grands cétacés en abondance que si l'écosystème peut les nourrir. En revanche, la décroissance de leur population est un indice de la dégradation du milieu et des proies dont les cétacés dépendent. La préservation de ces espèces «parapluie» impose la préservation de l'ensemble de l'écosystème qui les supporte. Les fonctions uniques de la mégafaune océanique sont essentielles. «Si nous perdons des espèces, nous perdons des fonctions écologiques uniques... nous devons agir maintenant pour réduire les pressions humaines croissantes sur la mégafaune marine...» [Fuse20]. Réciproquement, la disparition de cette mégafaune aurait un impact sur cet écosystème des falaises sous-marines.

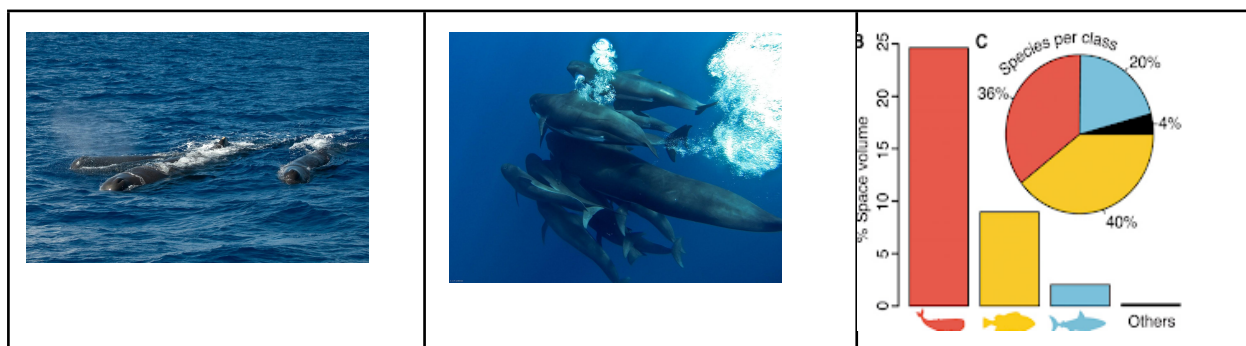


Fig.1: (a) Meute de 3 cachalots préparant leur sonde, (b) 15 globicéphales au large de Toulon, (c) Diversité fonctionnelle de la mégafaune marine [Fuse20], les cétacés en représentent 25% des fonctions et 36% des taxons.

La protection de ce milieu complexe passe par une meilleure compréhension et par le maintien d'une surveillance continue et de proximité du milieu. CILES développe des recherches pluridisciplinaires en ce sens, en IA et robotique et contrôle et acoustique [Jen21, Glo21, Glo20, Pou20, Fer20a,b...], afin de discriminer, apprendre, modéliser, et finalement comprendre ce milieu complexe. En effet, pour ce qui est des cétacés notamment, l'acoustique est une des modalités les plus pertinentes pour l'étude de ces espèces parapluie (Fig.2-9). CILES garantit des observations neutres et objectives et des modélisations à l'échelle océanique, c'est-à-dire dans des volumes de plusieurs km³ sans perturber l'écosystème. Les émissions sonores sont vitales aux cétacés, non seulement pour communiquer, mais également pour se repérer et pour chasser. Cette extrême dépendance acoustique rend les cétacés particulièrement vulnérables aux pollutions sonores anthropiques, dont la croissance suit l'explosion du trafic maritime. Les données acoustiques acquises depuis 7 ans par le réseau de surveillance mis en place par le LIS UTLN offrent un référentiel et un retour d'expérience unique au monde qui permettra de mesurer l'évolution concomitante des bruits anthropiques et de l'abondance des populations de cétacés, même les plus cryptiques.

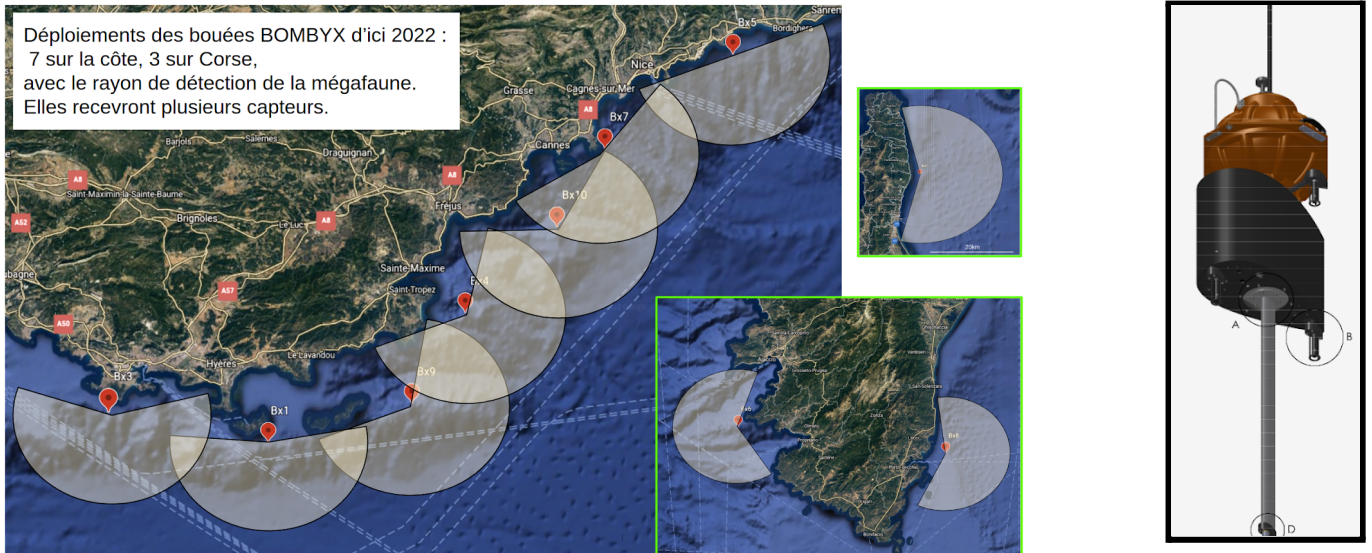


Fig. 2 : Déploiement des IA embarquées dans Bombyx 2, déployée en 18 mois dans Pelagos et pour 10 ans de fonction

Dès 2015, le LIS a construit et posé une bouée acoustique, stéréophonique, au large de Port-Cros (Bombyx Fig.2), en collaboration avec le MIO UTLN pour ses mesures océanographiques. Ces enregistrements, importants pour le SHOM notamment (convention en cours), contiennent les pistes des passages de la mégafaune (Cachalots, Globicéphales, Rorqual, Tursiops...). L'UTLN a acquis alors une expérience inédite au niveau international, car Bombyx1 était la première bouée bioacoustique long-terme stéréophonique. Nous présentons un exemple de ces observations relatives aux cachalots Fig.3.

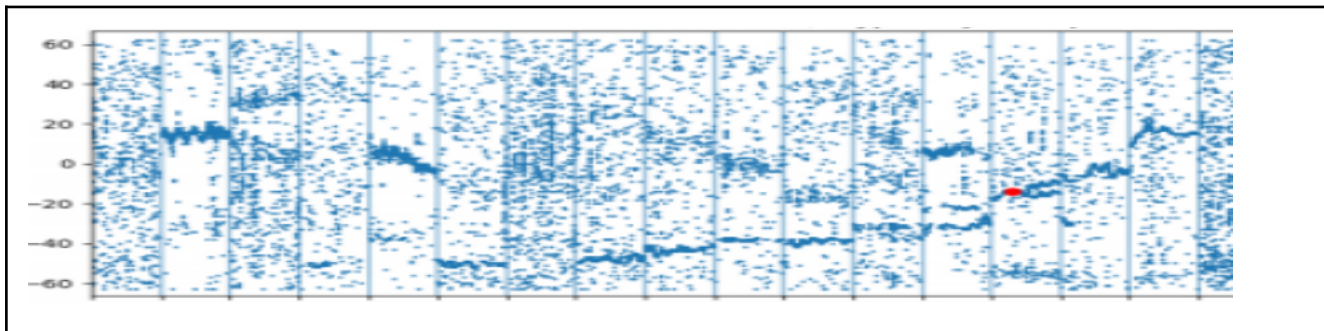


Fig.3 : Exemple de suivi de la population de cachalots au large de Toulon durant 4 ans par la bouée stéréophonique Bombyx1 au sud de Port-Cros, de 2015 à 2019 [Glotin 2017, Poupard 2020] (a) Trajectoire (en temps d'arrivée, $1\text{bin} = 1/50\text{ks}$, ouverture inter-hydrophone=1.83m) d'un cachalot sur 3h (observation de 5 / 20min). [Poupard et al 2021 soumis à Nature Scientific Report]

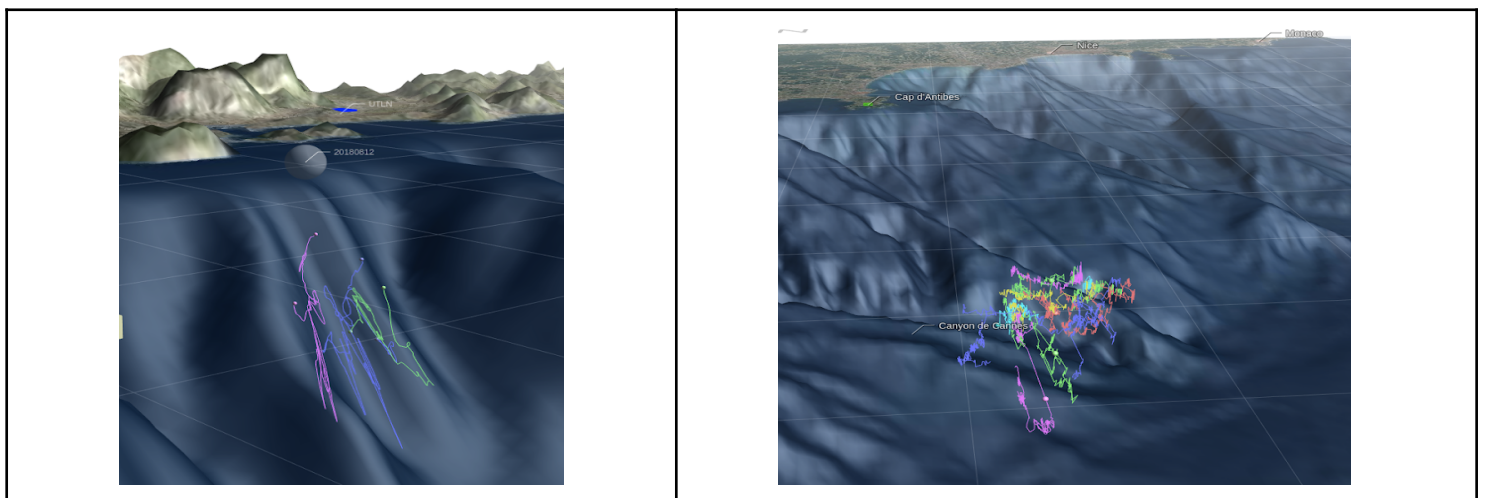


Fig.4 : sondes 3D calculées par acoustique passive depuis la surface (a) cachalot au cap Sicié [Pou19], (b) meute de 6 cachalots à Antibes (janv 2020), ces prédateurs restent concentrés 3h au centre d'un vortex (c), vers -1km [Glo20].

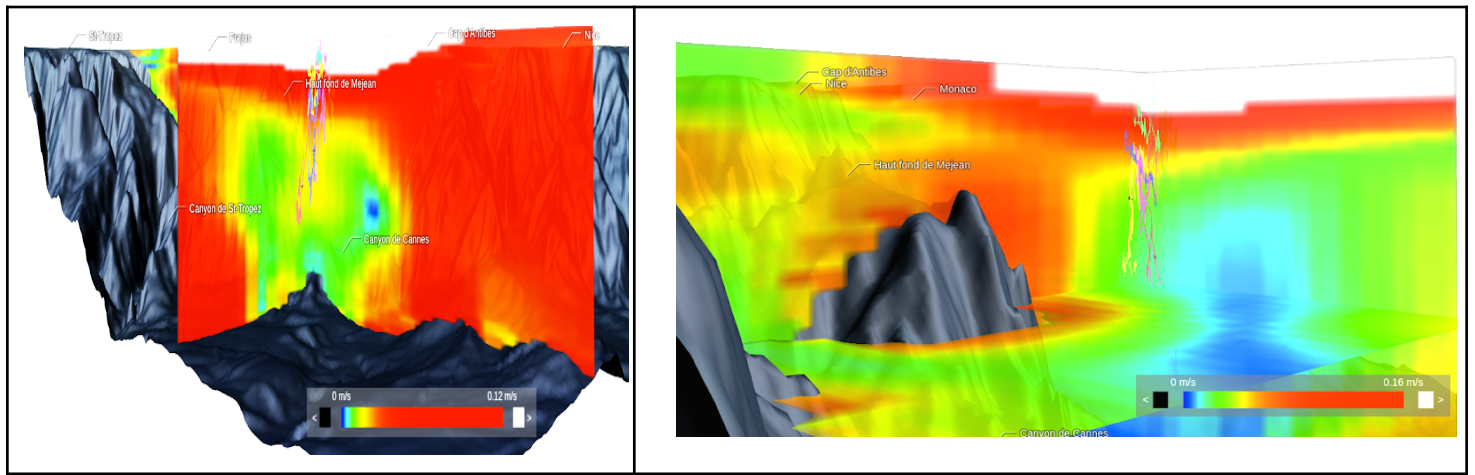


Fig.5 : Idem Fig.3, la meute chassant à 4mn du Mont Méjan. La norme locale des courants est pixélisée en couleur : on voit les pistes des cachalots pénétrer dans une colonne de fort gradient [Glo20]. Courants calculés par MIO, Y. Ourmières

CILES repose en partie sur des années d’expertise et des Missions océanographiques comme Sphyrna Odyssey (SO) 2018-2019-2020... cofinancées par les Explorations de Monaco et La Fondation Albert II de Monaco et recoupant plusieurs dizaines de chercheurs de l’UTLN.

Ces recherches ont conduit au développement d’un système qui contribue de manière significative à notre compréhension de la mégafaune marine. Les algorithmes bioacoustiques IA de CILES permettent de calculer en trois dimensions, les déplacements et les orientations relatives des mammifères marins dans plus de 1500m de colonne d’eau. Une découverte majeure est la mise en évidence de “Chasses en meute de cachalots” [Glo20] 2018-2019-2020.

Ces missions des Explorations de Monaco pilotées par UTLNs sont composées de deux robots / navires laboratoires autonomes (ALV Sphyrna, de Seaproven), équipés du système acoustique pentaphonique très haute vitesse conçu par le LIS et SMIoT à l’UTLN, et d’un ‘vaisseau amiral’ pour l’équipe scientifique qui reçoit les ondes acoustiques envoyées en temps-réel par chaque drone. Le pari pris consiste à écouter et localiser en 3D les cétacés à partir de minuscules antennes acoustiques mobiles situées près de la surface sous les coques des drones aux bonnes performances hydrodynamiques. SO 2018 a été la preuve de concept avec la construction de 3 trajectoires au large du Cap Sicié [Pou19]. La seconde mission a confirmé le protocole de septembre 2019 jusqu’au confinement de la COVID19 en mai 2020, dans le Sanctuaire Pelagos, en Méditerranée occidentale (Majorque et le Golfe du Lion).

SO a recueilli une masse de données de divers capteurs pour observer l’anthropophonie, les données physiques et chimiques et l’ADN environnemental avant et pendant la COVID 19, montrant les atténuations anthropophoniques et de polluants. SO a pour principaux objectifs l’écoute et la surveillance sans aucune interaction des populations de cétacés plongeant en eaux profondes, tels que les cachalots. Les individus sont donc étudiés dans leur habitat naturel au cours de leurs chasses en meute, collaborations bioacoustiques complexes abyssales. Le comportement des cétacés en plongée profonde est un indice pour l’évaluation de la biodiversité des abysses. Ces recherches permettent de dépendre le comportement des cétacés dans les abysses sur la base de leur écholocalisation, clic par clic. Cette haute résolution semble montrer que les cachalots construisent un maillage d’émetteurs-récepteurs à une distance d’environ 500m les uns des autres, semblant user d’un principe de bio-multistatisme pour chasser: les informations engendrées par les sonars de chacun sont partagées par tous... à l’instar des systèmes humains de chasse sous-marine. Ces découvertes sont riches en perspectives sur la compréhension plus fine **des perturbations anthropophoniques.**

La structure des clics biosonars contient des informations temporelles et spectrales qui pourraient porter des signaux de communication superposés à leur fonction d’écholocalisation (Fig.7). Ces découvertes suggèrent, à moyen terme, de nouveaux critères concernant la pollution sonore et les systèmes anti-collision de ces superprédateurs des abysses avec le trafic maritime. Réciproquement, les pulses voisés pourraient porter en plus des dialectes, des informations d’écholocalisation (Fig.8).

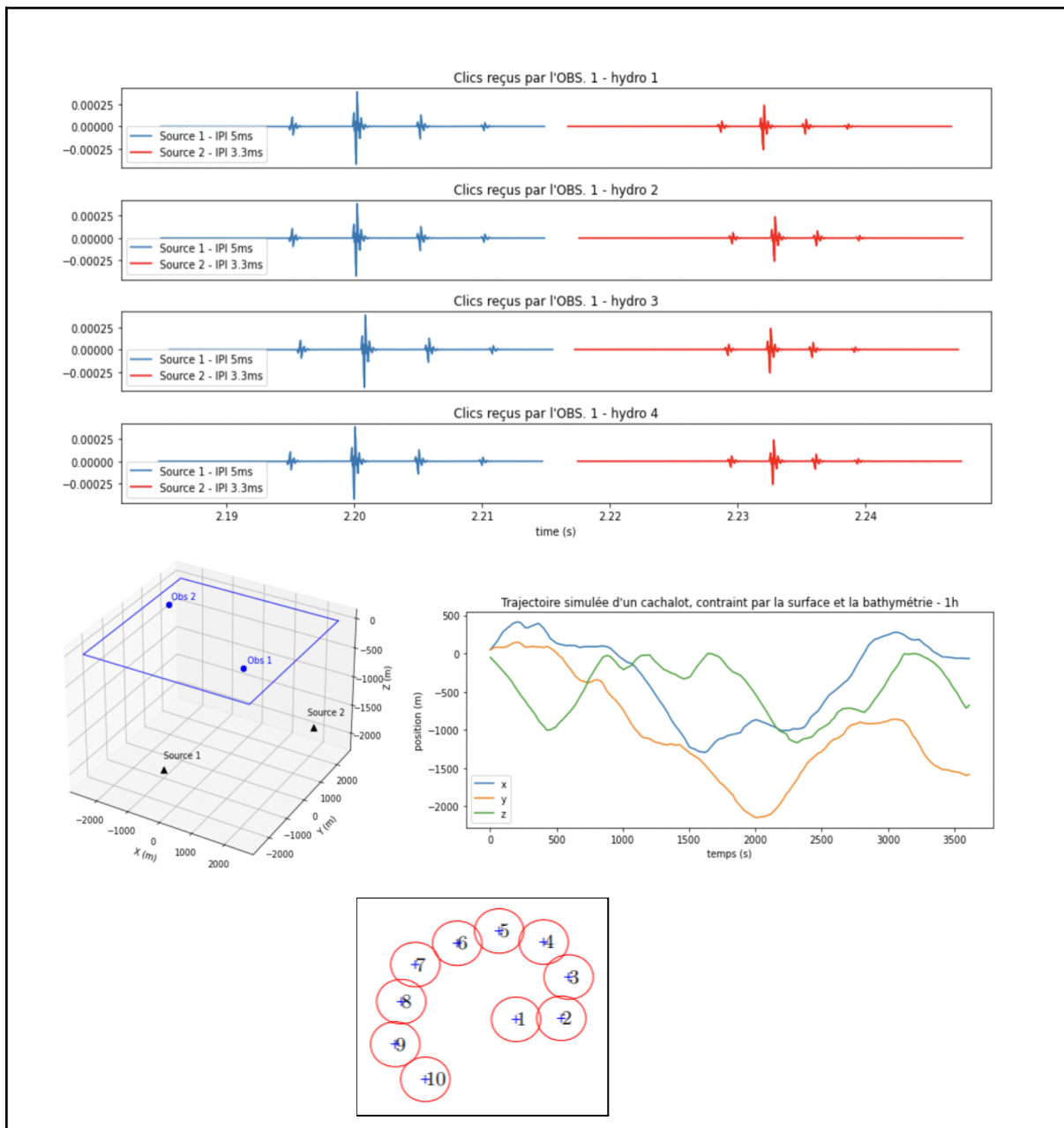
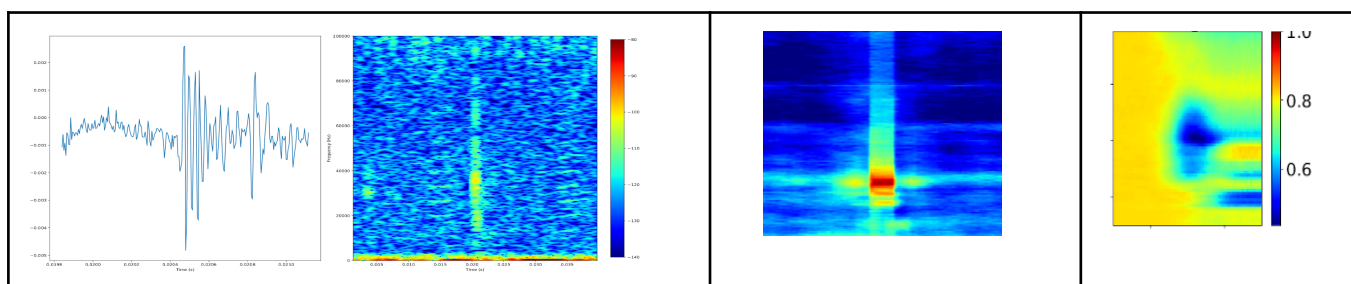


Fig.6 : “Serious Game” acoustique sous-marine en recherche à UTLN [The21] pour étudier les sondes de la mégafaune. Les trajectoires des sources sont générées suivant nos observations (c). Elles émettent des signaux (ici transitoires biosonar de cachalot par ondelette) le long de leur trajectoire. Ils sont réceptionnés (a) par chacun des Observateurs distribués dans l’espace, (b) suivant les nombreux degrés de liberté du simulateur: forme d’onde générée / modèle de source, modèle d’observateur, forme de déplacement, directivité et propagation de la source, bathymétrie, environnement... (d) Simulation de déploiement optimal spatio-temporel de capteurs pour maximiser la détection d’une source [Cho11,12].



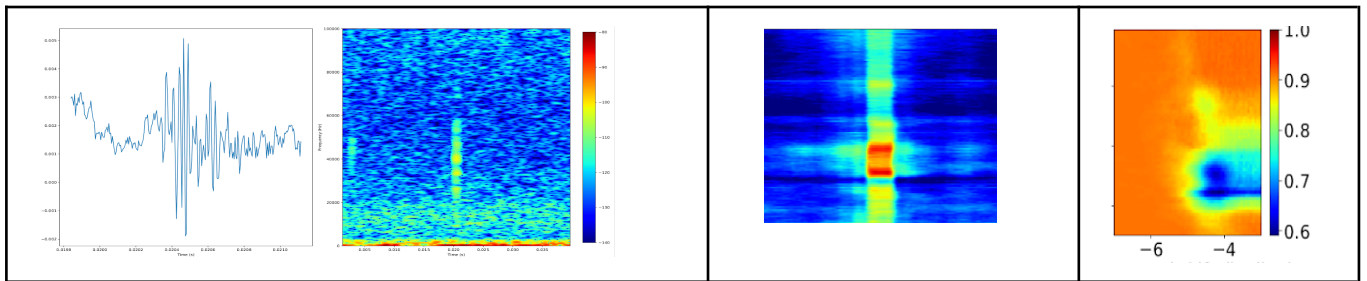


Fig. 7 : Exemple d'expérience par IA sur l'information temps-fréquence des biosonars. (Haut, Gauche) Forme d'onde (192kHz Fe, 16bits) et spectrogramme (largeur de bande 0, 0.1MHz) d'un Dauphin de Risso. (Milieu) Carte d'activation moyenne temps-fréquence d'un réseau de neurones (deep learning appris sur 20000 clics de cette espèce). (Droite) Indice de perte de performance de ce modèle IA du fait d'un déphasage des signaux originaux (déphasage croissant en abscisse, -4 vaut pour 2 bins de jitter). (Bas) idem pour la Baleine à Bec de Cuvier [Fer21]. Cette expérience démontre que le biosonar du Dauphin de Risso aurait un codage de phase bimodal (sur 20 et 40kHz), versus le Ziphius monomodal (30kHz). Cette approche par modèle permet une analyse des codes biosonars.

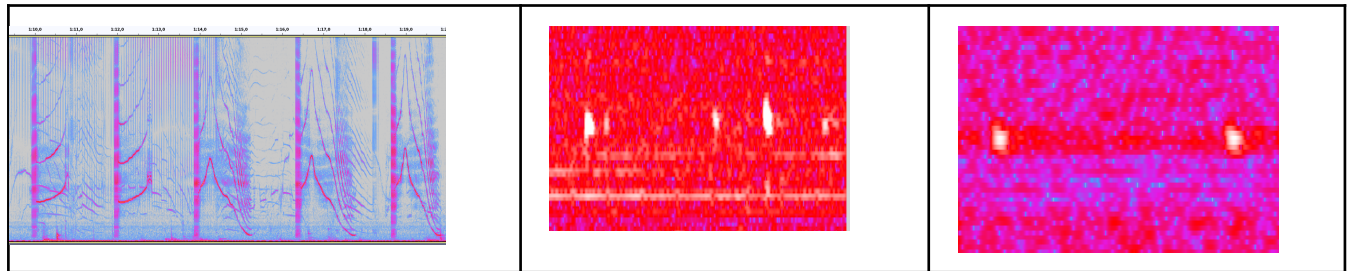


Fig. 8 : Exemple de vocalises: (Gauche) Globicéphales non loin de Toulon, 2020 [SO20] sur 20kHz de largeur de bande montrant la complexité de dialectes. (Milieu) Pulses de Rorqual Commun de Toulon Mai 2020 (spectrogrammes 0 à 40Hz, 20s) enregistrées pied de Porquerolle par KM3env par -2.5km de fond. (Droite) Idem depuis la bouée Bombyx1 -30m proche de Port-Cros en 2018, dans les deux cas détectées par réseau de neurones. Ces formes portent une information clanique [Pat19] qui pourrait être identifiée par IA et liée aux déplacements de populations accélérés par le réchauffement climatique.

E2) Autres exemples en recherches sur sites marins

Ces procédés sont identiques sur le suivi de la biodiversité et anthropophonie sur :

- Les Caraïbes que nous menons dans le projet OFB FEDER CARIMAM avec 20 partenaires internationaux,
- Les Fjords arctiques et antarctiques, Norvèges et Patagonie, avec les instituts polaires allemands, norvégiens et chiliens,
- Nos collaborations avec Ocean Network Canada et AWI.de.

F) EXEMPLES D'EXPÉRIENCES À L'ÉCHELLE DE CILES EN MILIEU TERRESTRE

UTLN est en convention avec l'université de Tokyo depuis 2 ans pour le suivi bioacoustique du site de Fukushima. Dyni LIS est en coll. depuis 5 ans avec le CIBRA sur le suivi bioacoustique de sites alpins, cofinancé par la MITI CNRS. Un suivi bioacoustique des Maures incendié est lancé en coll avec le MNHN et al. Nous avons des conventions avec le ministère des forêts du Québec pour son suivi bioacoustique depuis 3 ans. Nous sommes en convention avec l'OFB pour le suivi de l'avifaune des caraïbes.

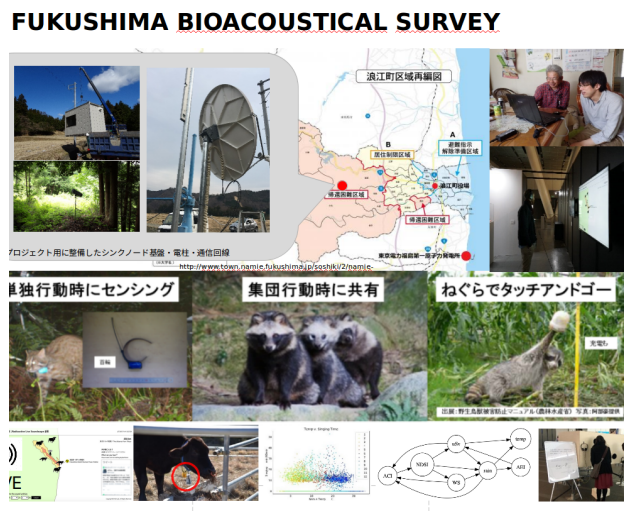


Fig. 9: Suivi bioacoustique à Fukushima, convention univ Tokyo et UTLN

G) PRÉVENTION / LEGISLATION

Encore peu saisi par les juristes, le bruit en mer lié au développement des activités maritimes *versus* la protection de la biodiversité marine constitue, depuis plusieurs années, un sujet de recherche à part entière, notamment au Canada et aux États-Unis. La collaboration entre CERC et LIS est active et permet de promouvoir des interactions interdisciplinaires entre chercheurs, acteurs économiques, membres de la société civile et autorités administratives en vue de dégager des solutions pour concilier développement des activités maritimes et protection de la faune marine. Un état de la recherche sur le bruit en mer et les effets du trafic maritime sur la faune marine a été établi en Mai 2021 durant le colloque **Bruit en Mer** qui **aboutit à un ouvrage piloté par notre groupe en septembre 2021 préfacé par la Ministre de la Mer.**

Cet axe vise en SHS surtout donc à tirer les enseignements des bilans des axes précédents et les remonter aux autorités, PREMAR, ministère etc qui les demandent pour légiférer et mesurer les efforts devant être déployés afin de réduire le bruit anthropique et limiter les impacts sur le milieu marin. Cet axe est soutenu par la Marine nationale, le MTES, le Ministère de la mer, et la PREMAR.

3 PILOTAGE ET PARTENARIAT

- *Montrer comment le pilotage du projet renforce la stratégie de l'établissement /du regroupement (et éventuellement de l'Initiative d'excellence), sans créer un facteur de complexité supplémentaire.*
- *Décrire le processus et les flux de décisions au sein de l'organisation, notamment dans la gestion des points critiques ; mentionner le rôle des partenaires dans les prises de décision ; préciser la politique d'allocation des moyens, l'association des communautés, la diffusion des bonnes pratiques en interne et en externe.*
- *Préciser les systèmes d'assurance qualité qui seront mis en place et le processus d'auto-évaluation du dispositif.*
- *Dans le cas d'un projet conduit en partenariat, indiquer le cas échéant : les modalités d'organisation, de répartition des tâches, des moyens humains, d'accès aux ressources partagées, de valorisation des résultats et – lorsque cela est pertinent – d'ouverture des données, de protection et de partage de la propriété intellectuelle, de prise en compte des enjeux de souveraineté.*
- **Montrer les synergies développées entre les partenaires (entreprises, collectivités, Europe etc.) et les bénéfices attendus pour tous.**
- *Montrer comment l'établissement jouera plus encore, avec ce projet, son rôle de catalyseur des dynamiques territoriales.*

CILES groupe plusieurs institutions concentrées sur ces paradigmes connexes :

- Acoustique ; antenne ; signal faible ; apprentissage automatique IA de représentation du signal
- IoT ; Low power ; high sampling
- IA ; IA embarquée ; GPU ; deep learning
- Robotique et Contrôle Optimal
- Modèle & IA des dynamiques des courants et des vents ; upwelling ; courant de profondeur

- Estimation par IA du front océanique (avec Ocean Next SA et MIO)
- Signatures acoustiques : espèces (sur transitoires notamment) ; clan ; biométrie
- Suivi des comportements ; suivi des interactions entre individus identifiables
- Signature individuelle acoustique et génétique
- Communication biologique, langage non humain
- Théorie de l'information
- Anthropophonie
- Sonar ; biosonar ; doppler
- Prédiction ; gestion de risque ; législation ; Droit en Mer
- Serious Game ; modèle ; prédiction.
- Arithmétique optimisée

Equipes

CILES fédère chercheurs, groupes étatiques, entrepreneurs, autour d'un centre de recherche clairement identifié, visible par la région, transverse à leurs structures d'appartenance, et de permettre d'accroître leur dynamique et d'assurer un rayonnement fort de leurs résultats, et à une réelle amélioration de la situation écologique de la façade française de la Méditerranée nord-occidentale et sur d'autres sites du globe. Il s'agit aussi d'exporter par cette fédération et de projeter ce savoir CILES UTLN sur Caraïbes, Polynésie, Nlle Calédonie, ce qui rejoint une stratégie du ministère de la Mer et MTES en mer et terre, de rayonnement territorial, national et international.

Plusieurs thématiques et entités connexes sont listées dans la section suivante, montrant une quinzaine d'équipes, soit environ 30 Enseignants/Chercheurs thésards postdoc ou Ingénieurs sur UTLN dont la liste des principaux porteurs est :

H. Glotin, A. Paiement, S. Paris, R. Maxer, J. Razik, M. Poupard, M Ferrari, P. Giraudet, F Malige, J. Patris au LIS en IA pour la bioacoustique terre et mer

V. Gies, H. Barthélémy R. Vauché, R. Vauché, S. Meillère à l'IM2NP : Microelec système et IA ULP

L-S Didier, J-M. Robert (IMath): Microsystème codage optimisé embarqué

V. Hugel, C. Dune, T. Soriano (COSMER): Cybernétique, robotique

F. Schneider (CERC): Droit en Mer, proposition de régulation sur l'anthropophonie

E. Busvelle, N. Boizot (LIS) : Fusion de capteurs, contrôle optimal

==> environ 19 EC / C dont 5 Pr, 6 HDR, 6 Dr chercheurs associés + 5 thésards, 2 ingénieurs et recrutements en cours :

= environ 30 chercheurs.

Projets sur lesquels s'adosse et structurés par CILES

1 Chaire IA en bioacoustique sous marine (sur les 40 existant en Fr)

2 ANR JC IA en app. de représentation en écoute et signaux faible (20 en France environ)

3 ANR bioacoustique et ULP débutant en 2022 pour 3 ou 4 ans

3 projets internat en bioacoustique dont avec Office Fr Biodiversité, gouv Québec, Pelagos, PNPC, Monaco

2 PIA3 (8 et 1.5 Millions d'euros)

Partenariat industriel avec OSEAN, SEAPROVEN GREENPRAXIS, NORTEKMED, IFREMER leaders en drones et Système embarqués, STMICROELECTRONICS, OSEAN, SEMANTICTS, NavalGroup, Ocean Next, Aquasearch, CHORUS, SEAPROVEN, Notilo-plus, la Cephismar, PLOCAN...

Partenariat avec PREMAR, ministère de la Mer, sur les questions anthropophoniques et bioacoustiques

1 projet EU internat IT FR en dépôt, un déposé avec la NORVEGE et le PORTUGAL (BIODEIVERSA)

5 Projets PACA / TPM (DPII, ROBOTCUP, BOMBYX, ETHAC, ADAPREDAT
Partenariat avec le Chili, Argentine, Bermudes, Pays Bas, Canada, Japon, Jamaïque, Norvège, ...
Convention avec univ de Tokyo, projet NORVEGIEN ASGARD en biophonie et robotique,
anciens projets FUI, ANR, ...
Chaire Institut universitaire de France et projet ERC en dépôt.

Enseignements qui s'adossent et sont structurés par CILES

Les formations suivantes sont les supports en formation et seront structurées par interventions des partenaires socio-économiques et les offres nombreuses de stage : Mundus MIR copil Hugel et Marxer (Norvège, Portugal, Espagne, et UTLN). Masters ROC (un parcours de Vista) UTLN (Boizot et Hugel), DID UTLN (Seinturier, Razik), Master IAAA AMU / LIS / Centrale Marseille, Master MER composante pression anthropique UTLN (copi Glotin pour IPI Bioacoustique). Licence Math-Informatique UTLN (Glotin...), IUT G2I UTLN (Gies), Licence Biologie UTLN (Giraudet), licence Physique UTLN (Barthélémy).

L'EUR du PIA4 est bien entendue liée à CILES.

Thématique / Équipes de laboratoires connexes dans CILES

- Bioacoustique: LIS, IM2NP, LAMFA (Univ. Jules Vernes)
- IoT of the Ocean: SMioT, IM2NP, LIS
- Automatique, Robotique: LIS, COSMER
- Intelligence Artificielle: LIS, IM2NP, INRIA Nancy, Chaire IA ADSIL, Projet Eur. GIAS Interreg
- Acoustique: LMA (AMU), LAMFA, LIS, Longitude 181
- Instrumentation low power pour la mesure scientifique: IM2NP
- Modèle océanique surface et profond: MIO, IMATH, Longitude 181
- Dérive d'objet, pollution, carcasses, plastique en mer: LIS et MIO, et Ocean Next
- Drones pour l'exploration et la mesure distribuée: COSMER, SEAPROVEN, IFREMER
- Assimilation de données: LAMFA, LIS
- Codage: IMATH, LIS
- Opérateurs arithmétiques / IA sur composants bas niveau : IMATH, IM2NP
- Théorie de l'information: IMATH ; Théorie des langages: LIS, IMATH
- Serious Game: LIS, PREMAR, CROSSMED
- Bio-Multistatisme: LIS
- Gestion des risques et législation: PREMAR, CERC

GROUPES EXTERNES LIÉS À CILES ET GROUPES R&D LIÉS À CILES

L'annexe contient une liste non exhaustive de partenaires actuels ou en activation.

A compter notamment Sanctuaire Pelagos, Parc National de Port-Cros, PREMAR, CROSSMED, AIDLab, Longitude 181 ONG, MIRACETI ONG...

Et en PME OSEAN (instrumentation acoustique et marine), SEAPROVEN (drones), SemanticTS (propagation), TRIPinLAB (sonification), Naval Group, Alseamar, iXblue, NORTEKMED, IFREMER, XBlue...

4 JUSTIFICATION DES MOYENS DEMANDÉS (TO DISCUSS THIS WEEK)

L'établissement coordinateur justifiera les moyens qu'il demande, sur la durée du projet, en indiquant les mécanismes qu'il mettra en œuvre pour attribuer ces moyens ainsi que ceux mis à disposition par les partenaires du projet, ou ceux qui seront obtenus en cofinancement par des tiers. L'articulation avec d'autres moyens obtenus au titre du Programme d'investissements d'avenir (PIA) sera détaillée et montrera qu'une même dépense ne sera présentée qu'à une seule action du PIA.

Nature des investissements (pas de fonctionnement, pas de bâtiment) (tot 5 M€, 70% fond propre ou RH + 30% demandé)	K€ HT
6 bouées Bombyx2 océanographiques multimodales, pour mesures de courants de 0 à -1000 m, étude biofooling, acoustique, transmission de données, modem acoustique, IA embarquée, pour 10 ans : 6 * 40	400
Cubes calcul GPU / CPU	100
6 Stations écoutes sur (AGOA, Polynésie FR, Nouvelle Calédonie)	200
Cartes et composants pour IA embarquée	200
60 Hydrophones et leur cable	120
Moyen électronique	150
Moyens Micro composants / micro système	150
+ Sonar mutli faisceau, environ 18 K TTC + DVL, environ 8 K TTC + 5 sonar 3D et 5 DVL, soit environ 130 K TTC (~ 100 K HT), sinon 4, 3, etc	126
Recrutement Chercheurs, Chaires post-doc, Thèse, 2 par an * 10 ans : 50*2*10 K€	1 000
RH salaires + autres projets	80% du total
+++ ?? TAB TO BE DISCUSSED	???
TOTAL + apport PIA4 (20%)	???

REFERENCES

- [Abe13] Algorithmes d'extraction robuste de l'intervalle-inter pulse du biosonar du cachalot : applications éthologiques et suivi des populations, 2013, Abeille, thèse de doctorat UTLN, dir Glotin, Giraudet
- [Bal19] Wavelet Learning by Adaptive Hermite Cubic Splines applied to Bioacoustic Chirps, R Balestriero, H Glotin, IEEE OCEANS 2019-Marseille, 1-5
- [Bal18] Spline filters for end-to-end deep learning, R Balestriero, R Cosentino, H Glotin, R Baraniuk, International conference on machine learning, 2018, 364-373
- [Bar20] "A novel low-power high speed accurate and precise DAQ with embedded artificial intelligence for long term biodiversity survey", V. Barchasz, V. Gies, S. Marzetti, H. Glotin, e-Forum Acusticum 2020, 2020, Lyon, France. pp.3217-3224, <10.48465/fa.2020.0875>. <hal-03230835>
- [Bes20] Deep Learning and Domain Transfer for Orca Vocalization Detection, 2020, Best, Ferrari, Poupard, Paris, Marxer, Symonds, Glotin (2020), In Joint conf. on neural networks. IEEE IJCNN, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02865300/document>
- [Bou19] Behavioural responses of humpback whales to food-related chemical stimuli, 2019, Bouchard, Barnagaud, Poupard, Glotin, et al., PloSone 14.2
- [Cho11] On the probability distribution of a moving target. Asymptotic and non-asymptotic results, 2011, Chouchane, Paris, Le Gland, Musso, Pham, in Information Fusion
- [Cho12] Splitting method for spatio-temporal sensors deployment in underwater systems, 2012, Chouchane, Paris, Le Gland, Ouladsine, in Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization
- [Did20] Efficient modular operations using the adapted modular number system, Laurent-Stéphane Didier, Fangan-Yssouf Dosso, Pascal Véron, Journal of Cryptographic Engineering, Springer, 2020, <10.1007/s13389-019-00221-7>
- [Fer20a] 3D diarization of a sperm whale click cocktail party by an ultra high sampling rate portable hydrophone array for assessing individual cetacean growth curves, 2020, Ferrari, Glotin, Oger, Marxer, Asch, Gies, Sarano, Forum acusticum, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03078655/document>
- [Fer20b] Docc10: Open access dataset of marine mammal transient studies and end-to-end Convolutional Neural Net classification, 2020, Ferrari, Glotin, Marxer, Asch, IJC Neural Net, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02866091/document>
- [Fer21] Classification of Marine Mammal Clicks by Raw Audio Multiscale Hierarchical Convolutional Neural Network and a Study of Learned Representations, 2021, Ferrari, Glotin, Marxer, Asch, sub. in J. of American Soc of Acoustics, special issue on Machine Learning for Bioacoustics
- [Fer20a] Study of a Biosonar Based on the Modeling of a Complete Chain of Emission-Propagation-Reception with Validation on Sperm Whales, Ferrari, 2020, Phd Thesis, Univ. Picardie Jules Verne & LIS UTLN <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03078625/document>, dir Glotin, Asch
- [Fuse20] Functional diversity of marine megafauna in the Anthropocene, Pimiento, Leprieur, Silvestro et al., Science Advances, 2020, V6N16, DOI:10.1126/sciadv.aay7650
- [Glo20] SphyrnaOdyssey Report 1, Glotin, Thellier, Best, Poupard, Ferrari et al., 2020, <http://sabiiod.org/SO1.pdf>
- [Glo18] Anticollision system, GIAS Interreg project, 2019, Glotin et al., ICD OSEAN & UTLN
- [Glo20] Chaire IA ADvanced underSea Intelligent Listening: ADSIL, 2020-24, Glotin, <http://bioacoustics.lis-lab.fr>
- [Jen21] AI for current modelisation, 2020-23, Jenkins Phd Thesis, dir Glotin, Ourmière, Paiement
- [Lar18] Catenary-based visual servoing for tether shape control between underwater vehicles, 2020, Ocean Engineering. Laranjeira, M., Dune, C. and Hugel V.
- [Lar20] Local Vision-Based Tether Control for a Line of Underwater Robots. In 2018 IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots (IROS) workshop. Laranjeira, M., Dune, C. and Hugel V.
- [Mar21a] A '30 μ W Embedded Real-Time Cetacean Smart Detector", S. Marzetti, V. Gies, P. Best, V. Barchasz, S. Paris, H. Barthélémy, H. Glotin, Electronics 2021, 10, 819. <https://doi.org/10.3390/electronics10070819>
- [Mar20] Ultra-Low Power Wake-Up for Long-Term Biodiversity, 2020, Monitoring, Marzetti, Gies, Barchasz, Best, Paris, Barthelemy, Glotin, in proc. IEEE IoTAIS

[Mar21b] “Ultra-Low Power Wake-Up for Long-Term Biodiversity Monitoring”, S. Marzetti, V. Gies, V. Barchasz, P. Best, S. Paris, H. Barthelemy, H. Glotin, 2020 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IoTaIS), 2021, pp. 188-193, doi: 10.1109/IoTaIS50849.2021.9359710.

[Pat19] Contributions en méthodes pour le suivi de mysticètes par acoustique passive, 2019, Patris, thèse de doctorat UTLN, dir Glotin, Asch

[Pou19] Real-time passive acoustic 3D tracking of deep diving cetacean by small non-uniform mobile surface antenna, 2019, Poupard, Ferrari, Schlüter, Marxer, Pavan, Glotin, IEEE Acoust. Sig & Speech Proc.

[Pou20] Contributions en Méthodes Bioacoustiques Multiéchelles: Spécifiques, populationnelles, individuelles et comportementales, Poupard, 2020, Phd Thesis, Univ. Toulon http://sabiiod.org/pub/poupard/cv/m_poupard_phd_08012021.pdf, dir Glotin, Soriano, Lengagne

[Rob19] Efficient Fixed Base Exponentiation and Scalar Multiplication based on a Multiplicative Splitting Exponent Recoding, Jean-Marc Robert, Christophe Negre, Thomas Plantard, Journal of Cryptographic Engineering, Springer, 2019, 9 (2), pp.115-136. <10.1007/s13389-018-0196-7>

[Sar20] Kin relationships in cultural species of the marine realm: case study of a matrilineal social group of sperm whales off Mauritius island, Indian Ocean, 2021, Sarano, Girardet, Sarano, Vitry, Preud’homme, Heuzey, Garcia-Cegarra, Madon, Delfour, Glotin, Adam, Jung, Royal Society Open Science 8:201794. <https://doi.org/10.1098/rsos.201794>

[The21] ‘Serious Game’ pour l’étude de la mégafaune, 2020-23, Thellier, Thèse Chaire IA ADSIL, dir Glotin, Paris, Marx

ANNEXES



INSTITUT MEDITERRANEEN D'OCEANOLOGIE (M.I.O.)
AMU UMI10, CNRS UMR7294, IRD UMR235

AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT
UNIVERSITÉ DE TOULON
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS (OSU) – INSTITUT PYTHEAS

Monsieur le Président,

Le projet du Centre d'excellence en Intelligence Artificielle et Cybernétique pour Observer et explorer les Océans / Intelligence Artificielle, Mathématique & Cybernétique pour Observer & explorer les Océans (CIACOO/IAMCOO) qui m'a été présenté par le Professeur Glotin en Avril 2021 a pour objets d'améliorer nos connaissances sur la mégafaune méditerranéenne (Cachalots, Globicéphales, Rorquals, Dauphins Tursiops, Dauphins de Risso...) qui se concentre à proximité des falaises et canyons sous-marins qui bordent Toulon et s'étendent jusqu'à Monaco, en concentrant les compétences locales en IA et IoT (entre autres) de chercheurs, marins, groupes étatiques ou non, entrepreneurs, autour d'un centre de recherche clairement identifié. Un tel centre, visible par la région, transverse à leurs structures d'appartenance, permettra ainsi d'accroître leur dynamique et d'assurer un rayonnement fort de leurs résultats. Le bénéfice attendu est clairement une réelle amélioration de la connaissance écologique de cette mégafaune encore peu/mal étudiée de la façade française de la Méditerranée nord-occidentale, et donc doit permettre d'en améliorer la conservation.

L'étendue spatiale et sa continuité de Toulon à Monaco en font un dispositif unique et remarquable, et les objectifs décrits par ce projet sont donc en parfaite adéquation avec les objectifs scientifiques encouragés par le Conseil Scientifique du Parc national de Port-Cros.

La Seyne, le 07/06/2021

Isabelle Taupier-Letage
Chargée de recherche au CNRS
Responsable du Groupe Mer du Conseil Scientifique du PNPC
Vice-Présidente du Conseil Scientifique du PNPC

Objet
Projet CIACOO/IAMCOO

Monsieur le président
Université de Toulon
Avenue de l'Université
83130 LA GARDE

Suivi par
Alain BARCELO
Tél. 04 94 12 89 17
alain.barcelo@portcros-parcnational.fr
Réf. AB/MA/3421

Date
Hyères, le 8 juin 2021

Monsieur le président,

Le projet à forger de CIACOO/IAMCOO (Centre d'excellence en Intelligence Artificielle et Cybernétique pour Observer et explorer les Océans / Intelligence Artificielle, Mathématique & Cybernétique pour Observer & explorer les Océans) a été présenté par le Professeur Glotin à Isabelle Taupier-Letage, Présidente du Groupe Mer du Conseil scientifique du Parc national de Port-Cros, ainsi qu'à Alain Barcelo, le Chef du Service connaissance pour la gestion de la biodiversité, en avril 2021.

Selon les retours qu'ils m'ont produits, il s'agit d'un projet qui se démarque des autres programmes d'observation de la biodiversité marine (Villefranche, MIO/AMU, LOCEAN, etc.). Il vise en effet à répondre à des questions que les gestionnaires d'AMP se posent sur les cétacés, et repose sur plus de 10 ans d'expertises de collaboration avec le Parc national de Port-Cros et Pelagos, Exploration de Monaco et la Fondation Prince Albert II de Monaco, et la Marine nationale.

Le Parc national de Port-Cros soutient très fortement le montage de cet institut rassemblant les expertises acquises et ses équipes sur la bioacoustique sous-marine, l'intelligence artificielle et le « big data » pour prolonger et renforcer notre collaboration. D'autant plus que des partenariats locaux et internationaux se construisent autour de ces recherches, et que l'intérêt et la réputation des Masters d'UTL (Mundus MIR, informatique DID, mathématiques, signal ROC, BIOMAR, etc.) et des filières dédiées Sysmer de Seatech sont des attracteurs forts d'étudiants sur l'UTLN. Le CIACOO/IAMCOO, centre d'excellence, sera donc aussi un attracteur pour l'UTLN, et sera assuré d'un vivier de recrutement à haut potentiel.

Les retours du Conseil scientifique étant favorables à ces objectifs scientifiques, le Parc national de Port-Cros, confiant dans l'expertise (nationale et internationale) du Pr Glotin, souhaiterait officialiser son rattachement par convention à ce projet CIACOO/IAMCOO pour adresser nos préoccupations sur l'état des populations de cétacés en Méditerranée, ainsi que nos questionnements scientifiques.

CIACOO/IAMCOO nous apparaît comme un projet phare doublé d'une nécessité, car c'est l'unique projet de cette nature et de cette ampleur : en plus de répondre à la demande sociétale (biodiversité, management, etc.), il permettra d'adresser quasiment l'échelle de la

Parc national de Port-Cros | Castel Sainte-Clotilde - 181, allée du Castel Sainte-Clotilde
BP 70220 - 83406 Hyères Cedex - Tél. +33 (0)4 94 12 82 30
www.portcrosparcnational.fr - accueil.pnc@portcros-parcnational.fr

zone Pelagos. Et même si pour l'instant les opérations sont « limitées » à la zone Toulon-Nice-Corse, le rayonnement est assuré d'être international.

Le directeur,



Marc DUNCOMBE



A2. AVIS DE LA PREMAR

A3. DIR DÉLÉGUÉ CNRS IM2NP

Le projet de Centre d'Excellence CILES fédère plusieurs compétences transversales stratégiques sur un même axe fort d'analyse, d'interprétation et de modélisation de milieu très peu connu. Les recherches dans ce domaine sont appuyées par plusieurs ministères (Mer, MTES...) et institutions (Pelagos, PNPC, Explo Monaco, PREMAR, Marine nat.)... Nous savons que l'électronique embarquée et l'IA ULP sont des verrous scientifiques sévères pour ces enjeux (consommation statique, communication, énergie par bits ...), notre activité dans ce domaine sur le site de Toulon est parfaitement en symbiose avec le projet d'excellence CILES.

Hervé Barthélémy

Dir. Délégué IM2NP, Site de Toulon

UMR CNRS 73 34

COLLECTIF NATIONAL SUR LE BRUIT SOUS-MARIN

**SÉMINAIRE NATIONAL
SUR LE BRUIT
SOUS-MARIN
EN MÉDITERRANÉE**

**Vendredi
3 SEPT.
2021**

à partir de 9h30

Amphithéâtre 300
Faculté de droit
Université de Toulon

© Y. M. F. SORANO

Ce séminaire pourra être suivi en présentiel ou par webinaire. Inscription gratuite mais obligatoire sur :
<https://www.univ-tln.fr/Seminaire-national-sur-le-bruit-sous-marin-en-Mediterranee.html>

CONTACTS

Frédéric SCHNEIDER
Maître de conférences UTLN, CERC
frederic.schneider@univ-tln.fr
Hervé GLOTIN,
Professeur UTLN, UMR CNRS LIS
herve.glotin@univ-tln.fr



- 9h30** Accueil des participants
- 10h00** Allocutions d'ouverture
Xavier LEROUX, Président de l'Université de Toulon
Valérie BOUCHARD, Doyenne de la Faculté de droit de Toulon
Représentant de la Préfecture Maritime de la Méditerranée
Représentant du Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères label PAMex
- 10h20** Présentation du collectif national sur le bruit sous-marin et du programme du séminaire
Ministère de la mer
Cet atelier est le deuxième séminaire national du collectif sur le bruit sous-marin. Le premier, accueilli par l'OFB en janvier 2020, avait permis de connecter les administrations, les chercheurs, les entreprises, les ONG mobilisés par le sujet du bruit sous-marin pour constituer un collectif national en capacité d'échanger et d'actualiser les connaissances de toutes natures et de travailler ensemble. Ce deuxième rendez-vous est l'occasion, en marge du congrès international de l'UICN à Marseille, de faire un état des lieux sur le sujet en Méditerranée et contribue ainsi au plan d'actions "Méditerranée exemplaire en 2030" : à ce titre il est labellisé PAMex par le MEAE.
- 10h30** Situation et enjeux en Méditerranée: point de la réglementation, des travaux engagés par les institutions et projets réglementaires, avec un focus sur l'échelle Méditerranée et acteurs. Intervenants :
- PAM-PNUE,
 - ACCOBAMS,
 - MEDPOL & SPA/RAC
 - PELAGOS
 - Commission européenne,
 - Co-chair TG Noise,
 - Représentant français OMI,
 - Pilote scientifique D11 bruit sous-marin DCSMM
- 12h00** Pause déjeuner
- 14h00** Présentation de projets scientifiques et techniques en cours (recherches et innovations technologiques)
- QUIETSEAS : Aide à la coopération (sous) régionale pour la mise en œuvre pratique du second cycle de la DCSMM en fournissant des méthodes et des outils pour le D11 (bruit sous-marin) (SHOM, SINAY)
 - BOMBYX1 et 2 : IA et Bioacoustique pour un suivi 3D en milieu anthropisé (DYNI Université de Toulon)
 - PIAQUO : réduction du bruit des navires par utilisation de propulseurs innovants (Naval Group)
 - SATURN : acceptabilité et aide à la planification de régulation sur bruit émis par les navires (Bureau Veritas)
 - Life AGESCIC : réduction du bruit des travaux côtiers et maritimes (Greenov)
 - Portsand (Life, suite de Piaquo) : Port de Carthagène (en anglais)
 - D'autres projets, notamment en Méditerranée orientale, pourront être également présentés
- 15h30** Pause
- 16h00** Recommandations de la société civile (ONG) et projets de sensibilisation
Recommandations issues du projet Pharos4MPA sur transport maritime, navigation de plaisance, éolien en mer (WWF)
Présentation de la collection d'infographies en partenariat avec MinMer, MTE et OFB et présentation projet impacts du transport maritime et solution de réduction de vitesse des navires (IFAW)
FAQ sur le bruit sous-marin (Respect Ocean)

Ce séminaire pourra être suivi en présentiel ou par webinaire. Inscription gratuite mais obligatoire sur :

<https://www.univ-tln.fr/Seminaire-national-sur-le-bruit-sous-marin-en-Mediterranee.html>

Le bruit en mer : du développement des activités maritimes à la protection de la faune marine

Vendredi 4 juin 2021

En présentiel pour les intervenants :

Amphithéâtre E. Robinet, Ilot Sainte-Anne, 2 bd St-Anne 83000 Toulon

En ligne pour les autres participants sur inscription (gratuite & obligatoire) : fac.droit@univ-tln.fr

sous la coordination de

Louis Balmond, Professeur émérite UTLN, UMR CNRS CDPC, louis.balmond@univ-tln.fr

Hervé Glotin, Professeur UTLN, UMR CNRS LIS, herve.glotin@univ-tln.fr

Frédéric Schneider, Maître de conférences UTLN, CERC, frederic.schneider@univ-tln.fr

avec les soutiens de la Marine nationale, des pôles INPS et MEDD de l'UTLN et sa Chaire IA ADSIL

Programme

8h30 : *Accueil des participants*

8h45 : Allocutions d'ouverture

- Xavier LEROUX, Président de l'Université de Toulon
- Laurent REVERSO, Vice-Doyen de la Faculté de droit de Toulon, délégué à la recherche
- Anne-France DIDIER, Conseillère politiques territoriales, Pilote ODD14, DGITM/DAM/Délégation à la mer et au littoral, Ministère de la Mer

9h00 : Introduction générale - Les enjeux de la maîtrise du bruit en mer : le cas de la Méditerranée, Vice-Amiral d'Escadre Laurent ISNARD, Préfet Maritime de la Méditerranée

I. Etat de la recherche sur le bruit en mer et les effets du trafic maritime sur la faune marine

Présidence : Vincent RIGAUD, Directeur du Centre Ifremer Méditerranée

9h15 : Actions de l'Ifremer sur le bruit en mer, Vincent RIGAUD, Ifremer

9h25 : Chaire IA UTLN / BOMBYX GIAS MARITTIMO : mesure du bruit et alerte temps-réel de collision trafic-cétacé, Hervé GLOTIN & DYNI team, Professeur UTLN, UMR CNRS LIS

10h00 : IA embarquée dans la bouée BOMBYX, Valentin GIES, Maître de conférences UTLN, UMR CNRS IM2NP

10h20 : Discussion - Pause

10h40: Bruit de trafic maritime : de la mesure des niveaux rayonnés à la cartographie des effets induits sur la faune marine (cétacés et poissons), Cédric GERVAISE, CHORUS

11h00 : Exploitation du bruit sous-marin au SHOM - Défense et politiques publiques, Florent LE COURTOIS, SHOM

11h20 : Panorama de la réglementation relative au bruit en mer et aux risques de collision entre cétacés et navires, Frédéric SCHNEIDER, Maître de conférences UTLN, CERC

11h40 : Discussion

12h00 : Pause déjeuner

II. Efforts pour réduire le bruit anthropique et limiter les impacts sur la faune marine

Présidence : Jean-Louis FILLON, Délégué Général de l'Institut Français de la Mer

14h00 : Pilotage pour la limitation des impacts des émissions acoustiques en mer, Anne-France DIDIER, Ministère de la Mer

14h20 : Pelagos, bruit et risque de collision avec la mégafaune, Alain BARCELO, Parc national de Port-Cros et Sanctuaire Pelagos

14h40 : Sound in sea and megafauna, Gianni PAVAN, Professeur Université de Pavie, Italie, Expert du GT Bruit ACCOBAMS

15h00 : BOMBYX, première bouée pentaphonique HF à ballast, Olivier PHILIPPE, OSEAN SAS

15h20 : REPCET, retour sur 10 ans de gestion du risque de collisions navires-cétacés, Bertrand GADAIX et Louis DE VRIES, MIRACETI ONG

15h40 : Discussion - Pause

16h00 : Le projet européen Life-PIAQUO, Damien DEMOOR, Naval Group

16h20 : Le bruit en mer, nouvel enjeu environnemental du Préfet maritime, Commissaire général Thierry DUCHESNE, Adjoint au Préfet Maritime de la Méditerranée

16h40 : Transport maritime et environnement au Canada, Michelle T. SANDERS, Directrice Politiques sur l'eau propre, Transports Canada, Gouvernement du Canada (visioconférence)

17h00 : Ressentis d'étudiants de l'École Doctorale Mer & Sciences : Paul BEST, Nicolas THELLIER, Marion POUPARD, Maxence FERRARI, doctorants ou post-docs UTLN

17h10 : Conclusion : Louis BALMOND, Professeur émérite UTLN

17h30 : Fin des travaux de la journée

A6. Liste des partenaires et en cas projet actif avec UTLN en écoute intelligente

* Universitaires / CNRS / INRIA / IRD /... * :

=====

Univ. Jules Verne, UMR LAMFA, bioacoustique IA mer
Mark ASCH <mark.asch@u-picardie.fr>, ANR IA ADSIL, *

UMR LIS, Glotin, Paiement, Paris, Razik, et al., ANR IA ADSIL, COCHLEA, SYLVANIA,
PIA3 PSIBIOM PIA3 TERRAFORMA, ADAPREDAT, FJORD3D, MITI CNRS, projet EU
BIODIVERSA, FEDER GIAS1, 2, Projet Pays Bleu, veille avifaune caraïbe, *

UMR IM2NP, Gies Barthelemy, ANR ULPCOCHLEA, SYLVANIA, SEAWHOLE, PIA3
TERRAFORMA, ADAPREDAT, *

EA COSMER, Hugel et al., ANR SEAWHOLE (*)

CERC, Schneider, projet animation avec MTES

Univ. Sorbonne, UMR Inst. JR d'Alembert, bioacoustique IA mer
<olivier.adam@sorbonne-universite.fr>, dépôt projet PPR

Univ. Montpellier, UMR IRD IFREMER CNRS MARBEC, bioacoustique IA mer
Bastien Merigot <bastien.merigot@umontpellier.fr>, codir thèse

INRIA Montpellier, acoustique IA, mer
<antoine.liutkus@inria.fr>, ANR IA ADSIL

AMU, UMR LMA, acoustique IA, mer
cristini@lma.cnrs-mrs.fr, ANR IA ADSIL, *

IRD Avignon, bioacoustique, terre
Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale
amandine.gasc@ird.fr, Ecoute des Maures

MNHN Paris, UMR ISYEB, bioacoustique IA terre
Romain GARROUSTE <romain.garrouste@mnhn.fr>, Ecoute des Maures

Univ Lyon, UMR ENLHA, bioacoustique, terre
<thierry.lengagne@univ-lyon1.fr>, ANR SYLVANIA, *

UMR CRISTAL, bioacoustique IA
P. Devienne, ANR ULP COCHLEA

* Universitaires internationaux * :

=====

Univ Pavia, IT, CIBRA, bioacoustique, terre mer
Gianni Pavan <gianni.pavan@unipv.it>, projet EU BIODIVERSA,*

Univ SanDiego, USA, bioacoustique IA, terre mer
marie.roch@sdsu.edu

Ministère des forêts Québec, bioacoustique terre
Anouk.Simard@mffp.gouv.qc.ca, Projet Pays Bleu

univ. Rimouski, Canada, bioacoustique IA mer
Yvan.Simard@dfo-mpo.gc.ca,

Univ. Santiago, COPAS Sur-Austral & Visiting Professor, University of Concepción, Chile
CEAZA Research Center, Chili, bioacoustique mer
Susannah Buchan <sjbuchan@gmail.com>, FJORD3D REJES, MITI (*)

Centre Antarctique Chili, bioacoustique mer
Madeleine Hamame Villablanca <mhamame@ciep.cl>, FJORD3D MITI

Univ Norte Brazil, Centre bioacoustique IA terre mer
<sousalima.renata@gmail.com>, thèse CIFRE

Univ Tokyo, bioacoustique IA terre
"Hill H. KOBAYASHI" <kobayashi@ds.itc.u-tokyo.ac.jp>, convention avec UTLN, veille
Fukushima par bioacoustique,*

AWI, centre polaire Allemand, bioacoustique IA mer
elena.schall@awi.de, projet DE FR ANR, *

Univ Arctique, Norvège, bioacoustique IA mer
Sofia Aniceto <ana.s.aniceto@uit.no>, FJORD3D, LIFE BIODIVERSA,*

Univ Acorez, Portugal, bioacoustique mer
Cláudia Inês Botelho de Oliveira <claudia.ib.oliveira@uac.pt>, LIFE BIODIVERSA,*

Bermude gov, bioacoustique mer
"Manuel, Sarah" <smanuel@gov.bm>, "Outerbridge, Mark" <mouterbridge@gov.bm>,
FEDER CARIMAM OFB

Univ tech. Jamaica, bioacoustique mer
Christine O'Sullivan <christine.utech@gmail.com>, FEDER CARIMAM OFB

Stenapa env., bioacoustique mer
Marit Pistor <marit.pistor@statiapark.org>, FEDER CARIMAM OFB

Reserve naturelle St-Martin, bioacoustique mer
Julien Chalifour <science@rnsn.org>, FEDER CARIMAM OFB

Ocean Network Canada, bioacoustique IA mer
Kim Juniper, long terme collaboration

* ONG * :
=====

Bonaire, bioacoustique mer
nature@stinapa.org, FEDER CARIMAM OFB

Bahamas Whales, bioacoustique mer
cdunn@bahamaswhales.org, FEDER CARIMAM OFB,*

Guadeloupe, bioacoustique mer
Laurent Bouveret <laurent.bouveret@gmail.com>, cathy LACOURBAS
<c.lacourbas@orange.fr>, FEDER CARIMAM OFB

Guyanne, bioacoustique mer terre
Amandine Bordin <amandine.bordin@gepog.org>, FEDER CARIMAM OFB

Longitude 181, bioacoustique mer
saranofrancois@gmail.com, veronique.sarano@longitude181.org, Mission Sphyrna Odyssee
FPA2 Explo Monaco, Mission ECHO, FJORD3D ADAPPREDAT, *

OFB caraibes, bioacoustique mer terre
"Sébastien Gréaux, Agence Environnement, sebastien.greaux@agence-environnement.fr>,
Jonas HOCHART <jonas.hochart@agence-environnement.fr>, FEDER CARIMAM OFB *

* Institutions * :

=====

Ministère de la Mer, bioacoustique mer
Didier Anne France, Clairaux, conseiller scientifique de la ministre, législations
anthropophonie

PELAGOS, bioacoustique mer
costanzafavilli@pelagos-sanctuary.org, FEDER GIAS, BIODIVERSA ...

OFB bioacoustique terre
VILLERS Alexandre <alexandre.villers@ofb.gouv.fr>, veille avifaune caraïbe, *

Conservatoire du littoral, bioacoustique terre
Marie-claude SERRA <mcserra@var.fr>, Dominique GUICHETEAU <dguicheteau@var.fr>, Ecoute des Maures

Parc Cap Corse, bioacoustique mer terre
nicolas.tomasi@ofb.gouv.fr, GIAS FEDER, *

Off. Env. Corse, bioacoustique mer terre
Jean-Michel Culioli <culioli@oec.fr>, BOMBYX2

Parc National Port-Cros, bioacoustique mer terre
PEIRACHE Marion <marion.peirache@portcros-parcnational.fr>, Alain BARCELO
<alain.barcelo@portcros-parcnational.fr>, BOMBYX1/2, GIAS, *

PREMAR, préfecture Maritime, GIAS FEDER, BOMBYX1,2... (*)

* PME * (non exhaustif)

=====

NORTEK med, Toulon, bioacoustique IA mer
estelle.richard@nortekgroup.com

Osean, Toulon, bioacoustique IA mer
olivier.philippe@osean.fr, GIAS FEDER, *

GreenPraxis, Marseille, bioacoustique IA terre

Jerome Di Giovanni <Jerome@greenpraxis.com>, Martin Guillaume
<martin@greenpraxis.com>, CIFRE, *

Aquasearch, Martinique, bioacoustique IA mer
Benjamin de Montgolfier <b.montgolfier@aquasearch.fr>, FORTdeFRANCE

SEAPROVEN, Laval, bioacoustique IA mer
<at@seaproven.com>, Missions Sphyrna *

AKVAPLAN, Norvège, bioacoustique IA mer
Luca Tassara <lut@akvaplan.niva.no>, Lionel Camus <lca@akvaplan.niva.no>,
ADAPREDAT MITI CNRS, FJORD3D, BIODIVERSA *

... ENGIE, Total Energie renouvelable, Eolbio, Marepolis...
894