

<PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Formulaire demande de financement : ARED - ISblue - ETABLISSEMENTS - ...

*pour dépôt sur le serveur <https://theses.u-bretagne.fr/sml> au format PDF**NB : ce dossier ne vous dispense pas de déposer en parallèle votre dossier à la Région*

Identification du projet

Acronyme du projet (8 caractères maximum) : IACOUSA

Intitulé du projet en langue française : Application de l'intelligence artificielle à la détection automatique d'évènements pour les observations hydroacoustiques

Présentation de l'établissement porteur (bénéficiaire de l'aide régionale)

Établissement porteur du projet : Université de Brest

Ecole Doctorale : EDSML SPI ou MATHSTIC pour les projets ISblue

Identification du responsable du projet (futur directeur de thèse)

Nom du laboratoire d'accueil : [Laboratoire Geo-Ocean](#)

Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/IE/...) : UMR 6538

Directeur¹ du Laboratoire : Marc-André GUTSCHER

Nom de l'équipe de recherche : ALMA

Nombre HDR dans le laboratoire : 41 Nombre de thèses en cours : 29 Nombre de post-docs en cours : 10

Nom et prénom du directeur* de thèse (HDR), porteur du projet : BAZIN Sara

- e-mail : sara.bazin@univ-brest.fr

- Téléphone : 02 98 49 87 18

- Publications récentes du directeur de thèse (nb total et 5 références max au cours des 5 dernières années) :

Au total : 36 articles de rang A plus 3 soumis ou sous presse. Score Research Gate : 29.66, h-index: 20, citations : 1337

Bazin, S., Royer, J.-Y., Dubost, F., Paquet, F., Loubrieu, B., Lavyssière, A., Sukhovich, A., Bonnet, R., Deplus, C., Jacques, E., Retailleau, L., Saurel, J.-M., Feuillet, N., Rinnert, E., Thion, I., Lebas, E., et le groupe REVOSIMA. First attempt of an hydroacoustic network to monitor submarine lava flows near Mayotte island. *C. R. Geoscience*, soumis.El Houssein, A., **Bazin, S.**, Chazot, G., Bertrand, H., Le Gall, B., Youbi, N., Salem Sabar, M., Khalil Bensalah, M., Boumehd, M.A. Geophysical modelling of the deep structure of the Richat magmatic intrusion (northern Mauritania): insights into its kinematics of emplacement. *Arabian Journal of Geosciences*, <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08734-4>, 2021Ingale, V.V., **Bazin, S.**, Royer, J.-Y. Hydroacoustic observations of Two Contrasted Seismic Swarms along the Southwest Indian Ridge in 2018. Special Issue Earthquake swarms, *Geosciences*, doi:10.3390/geosciences11060225, 2021Skurdal, G., Pfaffhuber, A.A., Davis, A., **Bazin, S.** Improved near-surface resolution in geotechnical applications using very early AEM time gates. *Exploration Geophysics*. doi: 10.1080/08123985.2019.1691441, 2019.**Bazin, S.**, Lysdahl, A.K., Viezzoli, A., Günther, T., Anshütz, H., Scheibz, J., Pfaffhuber, A.A., Radic, T., Fjermestad, H. Resistivity and chargeability survey for tunnel investigation: a case study on toxic black shale in Norway. *Journal of Near Surface Geophysics*,¹ Ce formulaire est rédigé en style épïcène

- Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

Ingale, V. Oct. 2020-présent. Dynamique de l'accrétion océanique vue par l'analyse d'essaims de séismes détectés depuis 10 ans sur trois dorsales à taux d'ouverture contrastés. Université de Brest.

Thèse en cours - Allocation 50% ARED + 50% Isblue - Co-direction : Jean-Yves Royer (LGO)

Co-encadrant scientifique : CAZAU Dorian

Laboratoire de recherche co-encadrant (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) [Lab-STICC - UMR 6285](#)

- e-mail : dorian.cazau@ensta-bretagne.fr

- Téléphone : 06 72 55 34 94

- Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

NGUYEN HONG DUC Paul : Development of artificial intelligence methods for marine mammal detection and classification of underwater sounds in a weak supervision (but) Big Data-Expert context.

Bourse DGA franco-britannique. Thèse soutenue le 17 décembre 2020 à Sorbonne Universités. Actuellement en post-doctorat à l'Université de Dalhousie (Halifax, Canada) - Co-direction

ZAMBRA Matteo : Nov. 2020-présent. Méthodes IA multimodales dans des contextes d'observation océanographiques et de surveillance maritime multi-capteurs hétérogènes.

Thèse en cours - CIFRE Naval Group dans le cadre de la chaire OceaniX - Co-direction

DUBUS Gabriel : Nov. 2021-présent. Using artificial intelligence for the development of an Oceanic Acoustic Soundscape Identification System (OASIS).

Thèse en cours - bourse doctorale à Sorbonne Universités - Co-direction

Co-encadrant scientifique : CLORENNEC Dominique

Laboratoire de recherche co-encadrant (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) SME [Quiet-Oceans](#)

- e-mail : dominique.clorennec@quiet-oceans.com

- Téléphone : 09 82 28 21 23

Responsable du département acoustique et bioacoustique. En charge des études d'impact acoustique qui prennent en considération la propagation acoustique. Systématiquement et en complément, des mesures in-situ dans des environnements petits fonds permettent d'évaluer d'une part les niveaux sonores et d'autre part la fréquentation de la faune marine sur de grandes échelles temporelles.

Encadrement de stagiaires de l'ENSTA (2ème ou 3ème année), Master2 Acoustique Université du Mans.

Financement du projet de thèse

En cas de financement à 50 %, le cofinancement est-il déjà identifié (oui/non) : non

Si oui, préciser la nature du cofinancement (ANR, partenaire privé, Ademe, etc.) :

Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier :

En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée (oui/non) :

Si oui, laquelle :

Sollicitez-vous un co-financement Is-Blue (y compris ARED Is-Blue) (oui/non) ? oui

Important : Veillez à bien compléter les différents co financements sollicités sur le serveur Thèses en Bretagne Loire lors du dépôt de votre dossier.

Projet de thèse en cotutelle internationale

S'agit-il d'un projet de thèse en cotutelle internationale dans le cadre d'une convention (oui/non) : **non**

Si oui, préciser l'établissement pressenti (et le pays de rattachement) :

Ce projet de thèse fera-t-il l'objet d'un cofinancement international (oui/non) : **non**

(Rémunération du doctorant par l'établissement implanté sur le territoire régional (18 mois sur 36 mois), et l'établissement étranger, qui s'engage également à rémunérer le doctorant dans le cadre de son séjour à l'étranger, soit durant 18 mois -a minima-)

En cas de cofinancement international, préciser -si vous en avez connaissance- l'organisation du calendrier des périodes de séjour :

Préciser quel est le stade du projet international (joindre une lettre d'engagement du partenaire)

Présentation du projet (en langue française ou anglaise, 2 à 3 pages)

merci de respecter ce format maxi compatible avec extranet région

Résumé du projet (4000 caractères maxi espaces compris) :

Le mouillage d'hydrophones autonomes en réseau est un moyen efficace pour la surveillance du paysage sonore océanique et de ses sources : séismes sous-marins et éruptions volcaniques, mammifères marins, craquements d'icebergs, état de la mer, bruit des navires... Depuis plus de 10 ans, le Laboratoire Geo-Océan entretient des réseaux hydroacoustiques hauturiers, composés de quelques hydrophones mouillés dans le canal SOFAR, qui agit comme un guide d'ondes, transportant les ondes acoustiques sur des milliers de kilomètres. Dans l'Océan Indien, le réseau OHASISBIO comporte 7 à 9 hydrophones qui enregistrent en continu des sons à basse fréquence (0-120 Hz) depuis 2010 (Royer et al., 2015). Près de l'île de Mayotte, le réseau MAHY surveille l'activité du nouveau volcan sous-marin depuis 2020 grâce à 4 hydrophones (Bazin et al., soumis). Leur objectif est de surveiller l'activité sismique et volcanique mais aussi la présence et la migration des grandes baleines, et de façon générale le bruit océanique ambiant. Au fil des ans, la surveillance acoustique passive de l'océan a généré de très grandes quantités de données. L'étape préalable indispensable mais chronophage pour l'analyse des données, consiste à identifier manuellement les différents types d'événements acoustiques. Pour parvenir à une analyse plus complète et efficace, nous souhaitons développer des outils basés sur l'intelligence artificielle (IA) permettant la détection d'événements et la discrimination de signaux dans nos bases de données acoustiques. La nouveauté est d'utiliser des techniques modernes d'apprentissage automatique profond pour discriminer efficacement la grande variété de signaux présents dans le paysage sonore. L'étudiant s'appuiera sur l'expérience des encadrants (Cazau et al., 2021; Torterotot, 2020). Les données disponibles seront utilisées pour concevoir la méthode de détection automatique : certains jeux de données des réseaux OHASISBIO et MAHY ont déjà été traités et classés manuellement, ils serviront pour le modèle d'apprentissage. D'autres jeux de données hydroacoustiques collectés par le Lab-Sticc et par la start-up Quiet-Oceans seront également analysés. Ils sont généralement plus courts mais englobent un plus large éventail d'environnements et de sources. Ils utilisent également différents types de capteurs acoustiques avec des bandes de fréquences plus élevées et généreront ainsi différents types de fausses alarmes.

L'étudiant aura l'opportunité de participer à des campagnes océanographiques de maintenance dans l'Océan Indien et à des déploiements d'instruments dans plusieurs régions côtières françaises pour des

projets industriels.

L'originalité du projet de thèse réside dans la collaboration d'encadrants spécialisés en géosciences, en acoustique marine et en IA.

Mots clef: hydroacoustique, intelligence artificielle, détection d'évènements, mammifères marins, sismicité, volcan sous-marin

Références:

Bazin et al. (soumis). First attempt of an hydroacoustic network to monitor submarine lava flows near Mayotte island. *Comptes rendus Géosciences*.

Cazau et al. (2021) Multimodal deep learning for cetacean distribution modeling of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the western Mediterranean Sea. *Machine Learning, Springer Verlag*. doi:10.1007/s10994-021-06029-z

Royer et al. (2015). Seafloor seismicity, Antarctic ice-sounds, cetacean vocalizations and long-term ambient sound in the Indian Ocean basin, *Geophys. J. Int.*, doi: 10.1093/gji/ggv178

Torterotot, M. (2020). Traitement et analyse de signaux bioacoustiques dans l'océan Indien austral. UBO *thèse de doctorat*.

Présentation détaillée du projet :

1 - Hypothèse et questions posées, état de l'art, identification des points de blocages scientifiques (4000 caractères maxi espaces compris)

Comprendre les contributions relatives des différentes sources sonores dans l'océan peut fournir des informations clés sur la façon dont les bruits anthropiques peuvent affecter la vie marine et la santé globale des océans. Les mammifères marins utilisent la communication vocale pour faciliter l'accouplement, l'apprentissage des jeunes, la cohésion du groupe et l'alimentation. Les conditions météorologiques, le bruit anthropique et les processus géologiques contribuent également de manière importante au paysage sonore marin. Le système mondial d'observation de l'océan (GOOS) a récemment adopté bruit ambiant en tant que variable océanique essentielle (EOV) nécessaire pour caractériser les sources sonores et leurs impacts potentiels sur la vie marine.

Les acousticiens sont aujourd'hui confrontés à un défi scientifique en raison de la diversité des sources sonores et de la difficulté de traiter efficacement les données de longues séries temporelles. Actuellement, chaque communauté se concentre sur un type de son et il devient nécessaire de développer des techniques de détection et de traitement de données capables d'appréhender la grande diversité du paysage sonore aussi bien à l'échelle temporelle que spatiale. Ce projet de thèse vise à développer de nouvelles méthodes automatiques pour détecter, classer et localiser les différentes sources acoustiques dans les bases de données existantes.

2 - Approche méthodologique et techniques envisagées : (4000 caractères maxi espaces compris)

La nouveauté est d'utiliser des techniques d'apprentissage automatique pour discriminer efficacement la grande variété de signaux présents dans les paysages sonores. Les encadrants de thèse du LGO et du Lab-Sticc proposent de s'associer pour aider le doctorant à développer des techniques d'intelligence artificielle (IA) dans le contexte hydroacoustique. L'étudiant développera un outil de détection et de classification automatique des signaux acoustiques enregistrés dans l'océan, basé sur des techniques d'apprentissage automatique. Il/elle bénéficiera de la proximité d'une entreprise commerciale (Quiet-Oceans) et sera donc familiarisé(e) avec les applications pratiques dans l'industrie offshore. Parmi le large éventail d'approches pour la classification intelligente, il recherchera une méthode qui permettra d'extraire au mieux les informations des bases de données acoustiques. Les données disponibles seront utilisées pour concevoir la méthode de détection : une partie des jeux de données (OHASISBIO et MAHY au LGO et d'autres jeux de données collectés par Lab-Sticc et Quiet-Oceans) a déjà été traitée et classée manuellement, et servira pour le modèle d'apprentissage. L'étudiant sélectionnera des événements représentatifs de chaque espèce (mammifères marins, dauphins, etc.), des différents types de géo-événements (séismes volcanotectoniques, séisme longue période, télé-séismes, dégazages volcaniques, explosions, glissements de terrain sous-marins), ainsi que des sons d'origine anthropique (tirs sismiques avec canons à air, bruit des navires, etc.) et définir

leurs caractéristiques (durée, amplitude, fréquences, forme d'onde).

Des catalogues bioacoustiques permettront d'établir des statistiques sur la présence des mammifères marins et son évolution au fil des années, nécessaires pour établir des mesures de conservation de la biodiversité. Par ailleurs, la pollution sonore des océans devient un enjeu majeur et son évolution reste à caractériser sur le long terme.

Une fois les géo-événements détectés sur plusieurs hydrophones, leur source peut être localisée en fonction de leur temps d'arrivée, de la géométrie du réseau et de la célérité du son dans l'océan. À terme, les catalogues sismiques décriront la distribution spatiale et temporelle des séismes qui aidera à comprendre la dynamique de l'accrétion océanique. Des catalogues de sorties de lave caractériseront, eux, l'activité volcanique de Mayotte et permettront de quantifier le risque pour la population mahoraise et pour l'activité maritime locale.

3 - Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, national et international :

Au niveau régional, ce projet participe aux travaux d'un groupe déjà constitué à Brest autour de l'acoustique sous-marine, notamment sur l'interprétation et la modélisation des ondes acoustiques. Ce groupe rassemble des chercheurs de l'IMT Atlantique, de l'ENSTA Bretagne, du SHOM, du LGO, de l'École Navale et de Quiet-Oceans. Leur travail porte sur le traitement et l'interprétation des bruits d'origine biologique (grandes baleines, dauphins, benthique), géologique (séismes, éruptions volcaniques), cryogénique (icebergs), océanique (état de la mer) et anthropique (navires).

Le LGO est le seul laboratoire académique français qui entretient des réseaux hydro-acoustiques sur le long terme. Il est bien établi dans la communauté scientifique internationale et a un bon taux de publication. Jean-Yves Royer s'est lancé dans cette thématique en 2000 et a depuis initié plusieurs collaborations avec des scientifiques en biologie marine (notamment à l'ENSTA) et en océanographie. Grâce à un soutien financier de la Région Bretagne, le LGO a développé une stratégie de surveillance utilisant des instruments peu coûteux et de technologie simple pour acquérir des jeux de données hydroacoustiques sur le long terme et à l'échelle d'un bassin océanique. Le LGO accueillera également le futur parc national d'hydrophones au sein du projet MARMOR financé par le PIA3/EQUIPEX.

Le laboratoire PMEL de la NOAA est la seule équipe universitaire qui déploie des réseaux d'hydrophones hauturiers pour surveiller la sismicité des océans. Des collaborations entre le LGO et le PMEL sont en cours. Au niveau international, les résultats de ce projet intéresseront l'organisation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires (CTBTO), basée à Vienne, qui maintient des stations hydroacoustiques en temps réel dans différentes parties de l'océan. L'objectif du CTBTO est de détecter en temps quasi-réel des explosions suspectes dans la colonne d'eau.

Fondée à Brest en 2010 et s'appuyant sur une expertise reconnue en acoustique et océanographie principalement pour la Défense, Quiet-Oceans est devenu le leader français des études environnementales spécialisées dans le bruit sous-marin. Expert en acoustique passive, prédiction, surveillance et atténuation du bruit sous-marin, Quiet-Oceans fournit des outils d'évaluation des risques et des solutions de mitigation pour aider l'industrie offshore à sécuriser leurs projets. Quiet-Oceans est impliqué dans des projets français et internationaux tels que le développement de parcs éoliens offshore, le développement d'infrastructures côtières, la prospection sismique, les projets de conservation, etc. Quiet-Oceans est membre depuis 2010 du Groupe Technique Bruit (TG Noise) créé par la Commission Européenne pour fournir des conseils et des recommandations aux gouvernements sur la mise en œuvre de la directive-cadre stratégique pour le milieu marin (DCSMM). Quiet-Oceans est impliqué dans de nombreux projets collaboratifs européens (FP7 / AQUO, INTEREG / BIAS, LIFE / AGESCIC, LIFE / PIAQUO, INTEREG / JONAS, H2020 / SATURN) et internationaux, notamment dans l'océan Indien occidental (FFEM / QWIO).

4 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux (ERC, CPER, FEDER, Breizhcop ...) (4000 caractères maxi espaces compris)

Le doctorant analysera les données collectées par un parc d'instruments financé par la Région Bretagne/FEDER dans le cadre du projet CPER ODO-3D. Il travaillera en collaboration avec Quiet-Oceans, une start-up spécialisée en hydroacoustique. Son expertise couvre la prévision du bruit sous-marin, l'évaluation des risques et l'impact du bruit sur la biodiversité. La société mène des recherches l'impact environnemental du niveau de bruit dans les eaux européennes conformément à la directive-cadre sur la stratégie pour le milieu marin (DCSMM) et sa mise en œuvre

dans les lois des pays européens. Leur équipe a plus de 15 ans d'expérience dans la gestion, la planification de projets, l'ingénierie océanographique et la recherche scientifique en acoustique marine dans les secteurs industriel, militaire et universitaire. Leur large éventail de clients et de partenaires donne à QO une perspective globale et objective sur la question du bruit sous-marin.

Vous sollicitez un financement ISblue, ou une ARED ISblue :

Précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue

Thème ISblue	Thème principal	Thème secondaire (si nécessaire)	Autre (si nécessaire)
la régulation du climat par l'océan			
les interactions entre la Terre et l'océan		x	
la durabilité des systèmes côtiers			
l'océan vivant et les services écosystémiques		x	
les systèmes d'observation à long terme	x		

Expliquez/précisez en quelques lignes dans quelle mesure votre demande correspond à l'un ou plusieurs des critères ISblue ci-dessous :

Le projet correspond à 3 des thèmes ISblue :

- Interactions Océan-Terre : surveiller les séismes et les volcans sous-marins
- Océan vivant : étudier la migration des grandes baleines, mesurer l'impact du bruit sur les écosystèmes
- Surveillance à long terme : exploiter les réseaux de surveillance hydroacoustique continue et temporaire

1- Originalité, impact potentiel du projet (4 lignes maxi)

L'objectif des réseaux d'hydrophones est d'acquérir des séries temporelles sur l'activité acoustique des grandes baleines, l'activité sismique et volcanique, et le bruit environnemental. L'intérêt des longues séries est de pouvoir suivre l'évolution de ces sources et d'analyser les interactions entre l'activité bioacoustique et le bruit ambiant. L'originalité du projet est d'analyser efficacement les bases de données volumineuses avec de nouveaux outils AI.

2- Positionnement international du sujet, cotutelle ou co-encadrement international (4 lignes maxi)

L'équipe encadrante a établi une collaboration avec le Prof Stan Matwin, directeur de l'institut Big Data Analysis à l'Univ. Dalhousie (Canada), avec Pierre Cauchy impliqué dans le projet MARS qui déploie un observatoire acoustique dans l'estuaire du Saint-Laurent à ISMER (Québec), ainsi qu'avec Julien Bonnel qui travaille sur le traitement du signal et la surveillance acoustique passive à l'Inst. Océan. de Woods Hole. Des échanges sont prévus.

3- Effet intégrateur entre unités de recherche et / ou interdisciplinarités (4 lignes maxi)

Ce projet s'inscrit dans les travaux de différents groupes brestois en acoustique marine (IMT, ENSTA, SHOM, LGO, École Navale, Quiet-Oceans). Certains s'intéressent à l'analyse des bruits océaniques, d'autres à leur propagation, ou encore à leur détection. Ensemble, ils contribuent à la compréhension de l'environnement acoustique, au suivi de son évolution et à la caractérisation des interactions potentielles. Tous sont utiles pour le DIS 1-5.

4- Potentiel d'insertion à un haut niveau dans la communauté académique ou non académique du docteur (4 lignes maxi)

Ce sujet de thèse donnera une solide formation au futur docteur en acoustique sous-marine pour une insertion professionnelle en milieu académique. Pour une insertion professionnelle en milieu non académique, il pourra faire

valoir ses compétences en Big Data, en AI, et ses compétences dans le domaine de la surveillance acoustique, par exemple dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Stratégique relative au Milieu Marin (DCSMM).

Le candidat

Profil souhaité du candidat (spécialité/discipline principale, compétences scientifiques et techniques requises) :

Le candidat doit avoir une solide expérience en programmation et en AI, et en éventuellement mathématiques et physique (traitement du signal et propagation des ondes).

ATTENTION :

Tout dossier non déposé sur le serveur dans les délais indiqués, ne pourra être pris en compte notamment par les instances ISblue, conseil de l'EDSML.