

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

Identification du projet

Acronyme du projet (8 caractères *max*) : **DYNASEIS**

Intitulé du projet en langue française : **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**

Intitulé du projet en langue anglaise : **Dynamic of seafloor spreading viewed through the analysis of seismic swarms detected in the last decade along three mid-oceanic ridges with contrasted spreading rates**

Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet

Cocher le DIS prioritaire au sein duquel le projet de thèse s'intègre.

- DIS 1 : Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- DIS 2 : Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- DIS 3 : Activités maritimes pour une croissance bleue
- DIS 4 : Technologies pour la société numérique
- DIS 5 : Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- DIS 6 : Technologies de pointe pour les applications industrielles

X DIS 7 : Observation et ingénierie écologique et énergétique au service de l'environnement

Si aucun DIS ne correspond, cocher « Projet Blanc ».

« Projet Blanc »

Préciser le sous-domaine correspondant : **7A Observation, surveillance et gestion de l'environnement**

DIS secondaire si nécessaire :

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

Établissement porteur du projet : **Université de Brest**

Ecole Doctorale : **Sciences de la Mer et du Littoral (EDSML)**

Identification du responsable du projet (futur directeur de thèse)

Nom du laboratoire d'accueil : **Laboratoire Géosciences Océan**

Code du laboratoire : **UMR6538**

Directeur du Laboratoire : **Marc-André Gutscher**

Nom de l'équipe de recherche : **Dorsales, Marges & Rifts**

Nombre HDR dans le laboratoire : **27**

Nombre de thèses en cours : **28**

Nombre de post-docs en cours : **8**

Nom et prénom du directeur de thèse (HDR), porteur du projet : **Jean-Yves Royer**

- e-mail : jean-yves.royer@univ-brest.fr

- Téléphone : **02 98 49 87 67**

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

76 publications dans revues à comité de lecture, Research ID: <http://www.researcherid.com/rid/B-4312-2010>

Lecoulant, J., Guennou, C., Guillon, L. & **Royer, J.-Y.**, 2019. 3D-modeling of earthquake generated acoustic waves in the ocean in simplified configurations, *J. Acoust. Soc. Am.*, 146, 2110-2120, 10.1121/1.5126009.

Leroy, E.C., **Royer, J.-Y.**, Bonnel, J. & Samaran, F., 2018. Long-term and seasonal changes of large whale call frequency in the southern Indian Ocean, *J. Geophys. Res.*, 123, 8568-8580, 10.1029/2018JC014352R.

Tsang-Hin-Sun, E., **Royer, J.-Y.** & Perrot, J., 2016. Seismicity and active accretion processes at the ultraslow-spreading Southwest and intermediate-spreading Southeast Indian ridges from hydroacoustic data, *Geophys. J. Int.*, 206, 1232-1245, 10.1093/gji/ggw201.

Tsang-Hin-Sun, E., **Royer, J.-Y.** & **Leroy, E.C.**, 2015. Low-frequency sound level in the Southern Indian Ocean, *J. Acoust. Soc. Am.*, 138, 1-8, 10.1121/1.4936855.

Royer, J.-Y., **Chateau, R.**, Dziak, R.P. & Bohnenstiehl, D.R., 2015. Seafloor seismicity, Antarctic ice-sounds, cetacean vocalizations and long-term ambient sound in the Indian Ocean basin, *Geophys. J. Int.*, 202, 748-762, 10.1093/gji/ggv178.

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

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

Torterotot, M., Oct. 2017-2020. Traitement et analyse de signaux bioacoustiques dans l'océan Indien. Univ. de Brest.
Thèse en cours - Allocation 100% UBO (allocation du Président) - Co-direction : Flore Samaran (ENSTA-Bretagne)

Lecoulant, J., Oct. 2016-2019. Modélisation 3D des ondes-T. Univ. de Brest.
Soutenue le 25 septembre 2019 - Allocation 50% DGA + 50% UBO - Co-direction : Claude Guennou (LGO), Laurent Guillon (IRENAV) ATER IRENAV Brest

Leroy, E.C. Surveillance acoustique des baleines bleues Antarctique dans l'océan Indien austral : traitement, analyse et interprétation.
Soutenue le 25 septembre 2017 - Allocation 50% ARED Labex + 50% UBO - Co-direction : Julien Bonnel (ENSTA-Bretagne) Post-doc Université de Sydney

Tsang-Hin-Sun, E. Dynamique spatiale et temporelle de dorsales à taux d'expansion contrastés dans l'océan Indien par une approche hydroacoustique. Univ. de Brest.
Soutenue le 14 mars 2016 - Allocation 50% ARED + 50% UBO ATER Univ. La Rochelle, puis Post-doc Ifremer Brest

Jamet, G. Modélisation d'ondes sismo-acoustiques par la méthode des éléments spectraux : application à un séisme en Atlantique nord.
Soutenue le 2 juillet 2014 - Allocation 50% DGA + 50% UBO - Co-direction : Claude Guennou (LGO), Laurent Guillon (IRENAV) Situation inconnue

Co-directeur-trice de thèse et co-encadrant scientifique : **Sara Bazin (Phys. Adj.)**

- Laboratoire de recherche : **Laboratoire Géosciences Océan, UMR6538**

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

- Téléphone : **02 98 49 87 18**

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

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

Sauvin, G., Oct. 2011-2014. Integrated geophysics for mapping of quick-clay landslide-prone areas in Norway, Univ. Oslo.
Soutenue le 7 avril 2014 - Allocation 34% NGI - 33% NORRSAR - 33% UiO. Co-direction: Isabelle Lecomte (NORRSAR/UiO)

- **Le cas échéant, autres collaborations (co-encadrant et laboratoire concerné)**

Julie Perrot (MCF UBO), LGO

Robert Dziak, Oregon State University & NOAA's Pacific Marine Environment Laboratory, Newport OR, USA

Project presentation

Project summary (4000 characters max, space included) :

The dynamics of seafloor spreading is expressed by a quasi-continuous seismicity, mainly of small magnitude. This background seismic activity is punctuated by seismic crises lasting from a few days to a few weeks, concentrated on certain ridge segments or transform faults that offset ridge segments horizontally. This project proposes to study in detail and in a systematic way the earthquake swarms observed over the last 10 years by a network of hydrophones on the three mid-ocean ridges with contrasting spreading rates in the Indian Ocean.

Because of the acoustic properties of the ocean, hydrophone arrays are much more sensitive to small magnitude earthquakes than land-based seismological arrays (detection of 20 to 50 times more events) and allow their accurate location. The OHASISBIO network deployed in the Indian Ocean since 2010 offers a simultaneous coverage of three mid-ocean ridges with contrasting spreading rates - ultra slow, slow and intermediate (resp. 15, 40 and 70 mm/year) - offset by numerous active transform faults. Systematic analysis of the acoustic records corresponding to earthquake swarms detected by land-based networks should provide a more complete collection of events per swarm, over both ridge segments and transform faults, and representative of the different seafloor spreading contexts (ultra-slow, slow and intermediate). Finally, 10 years of recordings by the same instrumental network constitute a database that is more representative than one-off studies and homogeneous in terms of sensitivity and instrumental response.

Mid-ocean ridge seismicity reflects the thermal and mechanical state of the lithosphere at spreading centers. In a sequence of main-shock/after-shocks, the exponential decay factor of the number of earthquakes, known as the p-value, appears to be directly related to the thermal state of the oceanic lithosphere. On spreading ridges, this p-value is very different from that of seismic sequences observed on land, and also appears to be different depending on whether the sequence occurs in the center of a ridge segment or on a transform fault. Furthermore, some sequences do not follow any exponential decay law and would reflect events of magmatic rather than tectonic origin. The distribution and frequency of these swarms are thus key markers of the dynamics of accretion according to the spreading rate. Finally, several studies of seismic crises on transform faults on fast-spreading ridges (> 100 mm/year) reveal the presence of numerous low-magnitude seismic precursors to the main shock, and the relative absence of high-magnitude events, which would evidence the importance of fluid circulations along transform faults. Acoustic records available in the Indian Ocean make it possible to verify and extend these observations to slower spreading contexts.

The originality of the project lies in the duration of the observation (10 years), in the analysis of hydroacoustic data, which is conducive to the detection of low magnitude events, and in the diversity of seafloor spreading contexts (ultra-slow, slow and intermediate).

Keywords: hydroacoustics, seismicity, seafloor spreading dynamics

Detailed presentation:

1 – Hypotheses, main scientific questions and bottlenecks

Among some outstanding questions: What is the recurrence of ocean seismic swarms? Is it a function of the spreading rate (i.e. thermal regime and mechanical behavior of mid-ocean ridges)? How are these crises distributed in time and space between ridge segments and transform faults? In main-shock/aftershocks sequences, what is the range of p-values, is it homogeneous between ridge segments and transforming faults, or is it spreading rate dependent? Do transform faults at the considered spreading rates have precursors like fast-spreading ridges?

The main scientific hurdle in addressing these questions is the difficulty of observing the seismic behavior of spreading ridges over the long term and on a large scale. Permanent terrestrial networks are too far away to detect and locate low magnitude seismicity. One-time studies using ocean-bottom seismometers are limited in time (months) and on a small scale (< 50 km). Finally, observations on these issues remain too patchy to judge their representativeness, and have mainly been carried out on fast-spreading ridges in the Pacific Ocean and the slow-spreading ridge in the central Atlantic Ocean. Ten years of acoustic monitoring by a network of hydrophones of the Indian Ocean mid-ocean ridges will usefully complement the terrestrial networks to overcome these methodological bottlenecks and observation gaps.

2 - Methodological and technical approach:

To address these questions, the work will first of all consist in identifying earthquake swarms on the three Indian Ocean mid-ocean ridges from the terrestrial catalogues (CMT, ISC, NEIC) between 2010 and 2019. From then on, it will be a matter of systematically searching for these events in the acoustic records of the corresponding periods and locating them. This search will be carried out using software from the NOAA's Pacific Marine Environment Laboratory, which is operational at the laboratory. Building these catalogues, by successive iteration, will represent a difficult and important part of the work, because it is necessary to pick each event in the hydrophone data (between 9 and 13) and make sure it is the same event on all records, before inverting the arrival times to locate its source, which is not easy task when a seismic crisis comprises a hundred or so successive events that are close together.

Secondly, once these catalogues are established, the analysis work will begin: identify all the events relating to the same seismic crisis in time and space, identify the main shock and distinguish the events that would be its precursors or aftershocks, determine the main-shock/ aftershock exponential decay laws and calculate the p-values, compare the swarms of ridge segments and transforming faults, characterize the distribution in time and space of these earthquake swarms. Finally, general conclusions will be drawn on the dynamics of accretion according to the geodynamic context.

The continuous acoustic recordings of the OHASISBIO autonomous hydrophone network (LGO) will be complemented by data from the three permanent hydroacoustic stations of the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty Organization (CTBTO) in the Indian Ocean (Diego Garcia, Cape Leeuwin, Crozet). LGO has signed a contract agreement with CTBTO to access this data.

3 - Positioning and scientific environment in the regional, national and international context:

Internationally and academically, the LGO in Brest is the only laboratory, along with NOAA's Pacific Marine Environment Laboratory, to deploy high-sea hydrophone networks to monitor ocean seismicity, particularly that of low magnitude, which is not detected by terrestrial seismological networks.

Internationally, our results are of interest to the Vienna-based Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (CTBTO), which maintains real-time hydroacoustic stations in different parts of the world ocean. The objective of the CTBTO is to detect suspicious explosions in the water column in real time and at great distances.

At the regional level, this project participates in the work of a group formed in Brest on underwater acoustics, particularly on the interpretation and modelling of low-frequency acoustic waves. This group brings together researchers from IMT Atlantic, ENSTA Bretagne, IRENAV, SHOM and IUEM laboratories (LOPS and LGO). This work focuses on the treatment and interpretation of noise of biological (large whales), geological (earthquakes, volcanic eruptions), cryogenic (icebergs), oceanic (sea state), and anthropogenic (ships) origin. It also includes an important methodological component on the automatic detection and classification of sounds, the modelling of acoustic wave propagation or the generation of observed noise. In this context, the long-term acoustic time series acquired by the LGO in the open ocean constitute a unique data set to address these issues.

Candidate

Desired profile of the candidate (scientific and technical skills required)

The candidate must have a solid background in maths and physics (wave propagation) and/or seismology, and programming skills.

Contexte régional & local

1 - Pour la région Bretagne : adéquation du projet au regard du DIS de rattachement (et/ou du DIS secondaire).

Dans le cadre de contrats de projets Etat-Région (CPER), la Région Bretagne a soutenu le développement et l'acquisition de parcs d'hydrophones hauturiers pour la surveillance acoustique de l'océan, en particulier dans les CPER de l'OSU-IUEM « Observation de l'Océan » (ODO : 2007-2015) et « Observation 3D de l'Océan » (O3DO : 2016-2021).

Cet investissement de la Région Bretagne et le soutien de l'INSU/CNRS, de l'IPEV et de la Flotte Océanographique Française (11 campagnes océanographiques) ont permis le redéploiement de ce parc d'hydrophones hauturiers 10 années de suite dans l'océan Indien austral et d'y acquérir une série temporelle d'enregistrements acoustiques tout à fait unique (10 ans continus couvrant une région de près de 2500 x 2500 km²). Cette approche d'écoute acoustique passive offre des clés pour mieux cerner l'évolution de l'environnement sonore hauturier et les interactions potentielles entre sources sonores identifiées. Elle a déjà permis de nombreuses découvertes :

- sur la présence et les migrations saisonnières de 5 espèces de grandes baleines, considérées comme espèces en danger car décimées à 99% par la chasse baleinière, et très difficiles à observer dans ces régions difficiles d'accès (40èmes rugissants, 50èmes hurlants) ;
- sur la modification des vocalises de ces baleines – décroissance continue de quelques dixièmes de Hertz par an de la fréquence de leur cri – témoin soit d'une abondance croissante de leur population (plus nombreuses, elles diminueraient l'intensité de leurs cris pour communiquer entre congénères, avec pour effet de baisser la fréquence du cri), soit de l'acidification des océans (qui facilite la propagation des sons basse fréquence) liée au réchauffement climatique ;
- sur le bruit océanique ambiant et son évolution, marquée notamment par la présence saisonnière d'icebergs aux hautes latitudes qui en se disloquant génèrent des sons ensonifiant tout l'océan jusqu'aux latitudes tropicales, et sur certains sites, situés sous des couloirs maritimes, par les variations du trafic maritime ou l'intensification de la prospection pétrolière *off-shore* (tirs sismiques);
- sur le bruit de fond sismique généré par les trois dorsales à taux d'expansion contrastés de l'océan Indien. Sa distribution spatiale et temporelle renseigne sur la dynamique de l'expansion des fonds océaniques que ce sujet de thèse ambitionne de mieux caractériser par l'analyse des essaims de séismes de faible magnitude détectés par les hydrophones ;
- sur le bruit de l'état de mer, en validant des modèles analytiques de génération de ce bruit.
- Par ailleurs, ils ont permis des développements méthodologiques innovants sur la classification et la détection automatique

des sons, et sur la modélisation de leur génération et propagation dans l'océan.

Ces résultats ont été valorisés par une dizaine de publications de rang A, issues de 6 thèses de doctorat (bioacoustique, géophysique, océanographie physique).

Ce projet et les investissements de la Région Bretagne dans ce domaine s'inscrivent donc pleinement dans le Domaine d'innovation stratégique (DIS) 7 « Observation et ingénierie écologique et énergétique au service de l'environnement », notamment dans le sous-domaine 7A relatif à l'observation et la surveillance de l'environnement, et font du LGO et de l'IUEM un centre d'expertise unique en Europe en matière de surveillance acoustique hauturière.

2 - Si « projet blanc » (hors DIS), préciser les raisons de ce choix :

Sans objet.

3 - Si lien avec projet ERC, préciser lequel :

Sans objet.

4 - Autres informations utiles (CPER, FEDER, concernant la politique régionale) :

Comme mentionné dans le point 4, ce projet de thèse concerne l'exploitation de données acquises par des équipements financés par la Région Bretagne, des fonds FEDER et l'Etat, dans le cadre de programmes CPER d'observation de l'océan.

5 - Le cas échéant, précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue

la régulation du climat par l'océan

X les interactions entre la Terre et l'océan

la durabilité des systèmes côtiers

l'océan vivant et les services écosystémiques

X les systèmes d'observation à long terme

L'objectif des réseaux d'hydrophones déployés par le LGO est d'acquérir des séries temporelles sur l'activité acoustique des grandes baleines, l'activité sismique de faible magnitude océanique, et le bruit environnemental océanique en général. L'intérêt d'acquérir des séries long-terme continues est de pouvoir suivre l'évolution de ces sources sonores et d'analyser leurs interactions éventuelles, par exemple, entre activité bioacoustique et bruit ambiant, ou la représentativité temporelle ou spatiale des phénomènes biologiques (1 thèse soutenue, 1 en cours) ou géophysiques (1 thèse soutenue, ce projet) observés.

Ce sujet de thèse s'inscrit à la fois dans le thème des systèmes d'observation long terme (ici exploitation de 10 ans d'observation continue à grande échelle dans l'océan austral) et dans celui des interactions Terre/Océan (notamment rôle des circulations fluides sur la sismicité).

Le cas échéant (si financement ISblue demandé) : en regard de la formation par la recherche du futur docteur, perspectives d'insertion professionnelle dans le milieu académique et non académique

Ce sujet de thèse donnera une solide formation au futur docteur en acoustique sous-marine et en sismologie.

Pour une insertion professionnelle en milieu académique, l'impétrant pourra faire valoir ses compétences en recherche fondamentale dans le domaine de la sismicité océanique et l'analyse de séquences sismiques, autant d'atouts pour intégrer des projets portant sur l'aléa sismique.

Pour une insertion professionnelle en milieu non académique, l'impétrant pourra faire valoir ses compétences dans la manipulation de jeux de données conséquents, en calcul scientifique, 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).

6 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux

Comme souligné précédemment, ce projet s'inscrit dans les travaux du groupe brestois en acoustique marine, réunissant l'IMT Atlantique, l'ENSTA Bretagne, l'IRENAV, le SHOM et deux laboratoires de l'IUEM (LOPS et LGO). Certains s'intéressent au traitement et à l'analyse des bruits océaniques d'origine biologique, géologique, cryogénique, océanique ou anthropique ; d'autres, à la reconnaissance et classification automatique des sons, à la modélisation de la propagation ou à la génération de ces bruits basse-fréquence. Autant de tâches qui contribuent à la compréhension de l'environnement acoustique dans l'océan hauturier, au suivi de son évolution et à la caractérisation des interactions potentielles entre ces sources de bruit (DIS 7A).

Ce sujet de thèse donnera lieu à des échanges, voire des séjours auprès de chercheurs spécialistes de la sismicité océanique notamment par l'approche hydroacoustique (e.g. R. P. Dziak (OSU/NOAA), D. Bohnenstiehl (PSU), J. McGuire (WHOI)).

7 - Si projet en cotutelle internationale, précisez le pays et l'établissement

Sans objet.

8 - Financements Région Bretagne acquis par le porteur au cours des 3 dernières années (titre, montant)

Allocation Région Bretagne (ARED 50%) 2014-2017, 3 ans, sujet TASBIO (E. Leroy).

9 - Si projet cofinancé, nom du cofinancier (sollicité et ou acquis)

Allocation UBO (50%), sollicitée

10 - Si cofinancement refusé, autres sources de cofinancement identifiées

Allocation UBO (50%)

Projet de thèse en cotutelle internationale

S'agit-il d'un projet de thèse en cotutelle internationale : **NON**

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

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

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

Financement du projet de thèse

Part de l'enveloppe financière régionale affectée au projet :

Financement Région 100 %

Financement Région 50 % (préconisé)

En cas de financement à 50 %, le cofinancement est-il déjà identifié : **OUI**

Si oui, préciser la nature du cofinancement : **UBO, demandé**

Si cofinancement pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier : **juillet 2020**

En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée : **NON**

Annexe : Domaines et sous-domaines d'innovation stratégique

Domaines d'innovation stratégique

- 1/ Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- 2/ Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- 3/ Activités maritimes pour une croissance bleue
- 4/ Technologies pour la société numérique
- 5/ Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- 6/ Technologies de pointe pour les applications industrielles
- 7/ Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

Ventilation en sous-domaines

D1 – Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative

- 1A- Démarches d'innovation sociale et citoyenne
- 1B- E-éducation et e-learning
- 1C- Patrimoine et tourisme durable
- 1D- Industries créatives et culturelles
- 1E- Transitions et mutations des modèles économiques des filières et des entreprises

D2- Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité

- 2A- Qualité et sécurité sanitaire des aliments
- 2B- Nouveaux modèles de production agricole
- 2C- Usine agro-alimentaire du futur

D3- Activités maritimes pour une croissance bleue

- 3A- Energies marines renouvelables
- 3B- Valorisation de la biomasse marine et biotechnologies (pour toutes les applications)
- 3C- Valorisation des ressources minières marines
- 3D- Nouveaux modèles d'exploitation des ressources vivantes aquatiques (pêche et aquacultures)
- 3E- Navire du futur
- 3F- Sécurité et sûreté maritime

D4- Technologies pour la société numérique

- 4A- Internet du futur : objets communicants, cloud computing et big data
- 4B- Images et contenus
- 4C- Conception logiciels
- 4D- Modélisation numérique
- 4E- Réseaux convergents, fixes mobile broadcast
- 4F- Cybersécurité

D5- Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie

- 5A- Prévention – santé – bien-être
- 5B- Nouvelles approches thérapeutiques alliant génétique, bio-marqueurs et biomolécules
- 5C- Technologies médicales, diagnostiques et thérapeutiques et e-santé

D6- Technologies de pointe pour les applications industrielles

- 6A- Photonique et matériaux pour l'optique
- 6B- Matériaux multi-fonctionnels
- 6C- Technologies en environnements sévères
- 6D- Electronique, robotique et cobotique pour l'ingénierie industrielle
- 6E- Systèmes de production avancés de petites et moyennes séries (usine du futur)

D7- Observation et Ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

- 7A- Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des éco-systèmes et de leurs inter-actions
- 7B- Réseaux énergétiques intelligents
- 7C- Système constructif performant et durable (éco-construction et éco-rénovation, TIC et bâtiment)
- 7D- Véhicules et mobilités serviciels durables
- 7E- Eco-procédés, éco-produits et matériaux bio-sourcés.