

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Formulaire demande de financement : ARED - ISblue - ETABLISSEMENTS

pour dépôt sur le serveur <https://theses.u-bretagneoire.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

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

Résumé du projet (4000 caractères max, espaces compris) :

La dynamique de l'accrétion océanique s'exprime par une sismicité quasi-continue, principalement de faible magnitude. Cette activité sismique de fond est ponctuée par des crises sismiques de quelques jours à quelques semaines, concentrées sur certains segments de dorsale ou de zones de fracture transformantes qui décalent horizontalement ces segments. Ce projet se propose d'étudier en détail et de façon systématique les essaims de séismes observés depuis 10 ans par un réseau d'hydrophones sur les trois dorsales à taux d'ouverture contrastés de l'océan Indien.

En raison des propriétés acoustiques de l'océan, les réseaux d'hydrophones s'avèrent beaucoup plus sensibles aux séismes de faible magnitude que les réseaux sismologiques terrestres (détection de 20 à 50 fois plus d'évènements) et permettent de les localiser précisément. Le réseau OHASISBIO déployé dans l'océan Indien depuis 2010 offre une couverture simultanée de trois dorsales à taux d'ouverture contrastés – ultra-lent, lent et intermédiaire (resp. 15, 40 et 70 mm/an) – découpées par de nombreuses zones de fracture transformantes actives. L'analyse systématique des enregistrements acoustiques correspondant aux essaims de séismes détectés à terre devrait offrir une collection d'évènements plus complète par essaim, à la fois sur des segments de dorsale et de failles transformantes, et représentative des différents contextes d'accrétion océanique (ultra-lent, lent et intermédiaire). Enfin, 10 ans d'enregistrements par un même réseau instrumental constituent une base de données plus représentative que des études ponctuelles et homogène en termes de sensibilité et de réponse instrumentales.

La sismicité des dorsales reflète l'état thermique et mécanique de la lithosphère aux centres d'accrétion. Dans une séquence de séismes choc-principal/répliques, le facteur de décroissance exponentielle du nombre de séismes, dit facteur p , apparaît directement lié à l'état thermique de la lithosphère océanique. Sur les dorsales, ce facteur p s'avère très différent de celui des séquences sismiques observées à terre, et semble aussi différent selon que la séquence se produise au centre d'un segment de dorsale ou sur une faille transformante. Par ailleurs, certaines séquences ne suivent aucune loi de décroissance exponentielle ; elles témoigneraient d'évènements d'origine magmatique plutôt que tectonique. La distribution et la fréquence de ces essaims sont ainsi autant de marqueurs clés de la dynamique de l'accrétion selon le taux d'expansion. Enfin plusieurs études de crises sismiques sur des failles transformantes de dorsales à taux rapides (> 100 mm/an) révèlent la présence de nombreux précurseurs sismiques de faible magnitude au choc principal, et l'absence relative d'évènements de forte magnitude, qui témoigneraient de l'importance des circulations de fluides le long de failles transformantes. Les enregistrements acoustiques disponibles dans l'océan Indien permettent de vérifier et d'élargir ces observations à des contextes d'expansion plus lents.

L'originalité du projet réside dans la durée d'observation (10 ans), dans l'analyse de données hydroacoustiques, propices à la détection d'évènements de faible magnitude, et dans la diversité des contextes d'expansion observés (ultra-lent, lent et intermédiaire).

Mots-clés : approche hydroacoustique, sismicité, dynamique de l'accrétion océanique

Présentation détaillée du projet :

1 - Hypothèse et questions posées, identification des points de blocages scientifiques

Parmi les questions posées : Quelle est la récurrence des crises sismiques océaniques ? Est-elle fonction du taux d'ouverture (i.e. régime thermique et comportement mécanique des dorsales) ? Comment ces crises se répartissent-elles dans le temps et dans l'espace entre segments de dorsale et failles transformantes ? Dans les séquences choc/répliques, quelle est l'éventail des facteurs p , est-il homogène entre segments de dorsales et failles transformantes, ou selon le taux d'ouverture ? Les failles transformantes aux taux d'ouverture considérés présentent-elles, à l'instar des dorsales rapides, des précurseurs ?

Le principal blocage scientifique pour aborder ces questions est la difficulté d'observer le comportement sismique des dorsales sur le long-terme et à grande échelle. Les réseaux terrestres permanents en sont trop éloignés pour détecter et localiser la sismicité de faible magnitude. Les études ponctuelles à l'aide de sismomètres fond de mer sont limitées dans le temps (mois) et à petite échelle (< 50 km). Enfin, les observations relatives à ces questions restent trop parcellaires pour juger de leur représentativité, et ont principalement été réalisées sur les dorsales rapides du Pacifique et la dorsale lente de l'Atlantique central. Dix ans de surveillance acoustique par un réseau d'hydrophones des dorsales de l'océan Indien compléteront utilement les réseaux terrestres pour surmonter ces verrous méthodologiques et ces lacunes d'observation.

2 - Approche méthodologique et technique envisagées :

Pour répondre à ces questions, le travail consistera en premier lieu à identifier les essaims de séismes sur les trois dorsales de l'océan Indien à partir des catalogues terrestres (CMT, ISC, NEIC) entre 2010 et 2019. A partir de là, il s'agira de rechercher systématiquement ces évènements dans les enregistrements acoustiques des périodes correspondantes et les localiser. Cette recherche sera réalisée à l'aide d'un logiciel du Pacific Marine Environment Laboratory de la NOAA, opérationnel au laboratoire. La création de ces catalogues, par itération successive, représentera une part difficile et importante du travail, car il s'agit de pointer chaque évènement sur chacun des hydrophones (entre 9 et 13) et de s'assurer qu'il s'agit bien du même évènement, avant d'inverser les temps d'arrivée pour localiser sa source, ce qui n'est pas aisé lorsqu'une crise sismique comporte une centaine d'évènements successifs rapprochés.

En second lieu, une fois ces catalogues établis, commencera le travail d'analyse : identifier tous les événements relatifs à une même crise sismique dans le temps et dans l'espace, identifier le choc principal et distinguer les événements qui en seraient les précurseurs ou les répliques, déterminer les lois de décroissance exponentielle choc/répliques et calculer le facteur p , comparer les essaims de segment de dorsale et de failles transformantes, caractériser la distribution dans le temps et dans l'espace de ces essaims de séismes. Enfin, il s'agira d'en tirer des conclusions générales sur la dynamique de l'accrétion selon le contexte géodynamique.

Les enregistrements acoustiques continus du réseau d'hydrophones autonomes OHASISBIO (LGO) seront complétés par les données des trois stations hydroacoustique permanentes de l'Organisation du Traité d'Interdiction Complète des Essais Nucléaires (OTICE) dans l'océan Indien (Diego Garcia, cap Leeuwin, Crozet). L'exploitation de ces données fait l'objet d'un contrat entre le LGO et le CTBTO.

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

Au plan international et académique, le LGO à Brest est le seul laboratoire, avec le Pacific Marine Environment Laboratory de la NOAA, à déployer des réseaux d'hydrophones en domaine hauturier pour surveiller la sismicité océanique, notamment de faible magnitude, qui n'est pas détectée par les réseaux sismologiques terrestres.

Au plan international, nos résultats intéressent l'Organisation du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires, basée à Vienne en Autriche (OTICE ou CTBTO en anglais), qui maintient des stations hydroacoustiques temps-réels dans différentes parties de l'océan mondial. L'objectif du CTBTO est de détecter en temps réel et à grandes distances des explosions suspectes dans la colonne d'eau.

Au plan régional, ce projet participe aux travaux du groupe formé à Brest en acoustique sous-marine autour de l'interprétation et la modélisation des ondes acoustiques basse-fréquence. Ce groupe réunit des chercheurs de l'IMT Atlantique, de l'ENSTA Bretagne, de l'IRENAV, du SHOM et de laboratoires de l'IUEM (LOPS et LGO). Ses travaux s'intéressent au traitement et à l'interprétation de bruits aussi bien d'origine biologique (grandes baleines), géologique (séismes, éruptions), cryogénique (icebergs), océanique (état de mer), et anthropique (navires). Ils comportent aussi un volet méthodologique important sur la détection et classification automatique des sons, la modélisation de la propagation des ondes acoustiques ou la génération des bruits observés. Dans ce cadre, les séries temporelles acoustiques de longue durée acquises par le LGO dans l'océan hauturier constituent un jeu de données uniques pour aborder ces problématiques.

Le – la candidat.e

Profil souhaité du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

Le - la candidat.e recherché.e devra avoir une solide formation en math et en physique (propagation des ondes) et/ou sismologique, et des compétences en programmation.

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 ambitieuse 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 % **X 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.