



Université de Bretagne Occidentale

Ecole Doctorale

Mathstic

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Avis de soutenance

Monsieur BOUVET PIERRE-JEAN

présentera ses travaux en vue de l'habilitation à diriger des recherches, sur le sujet suivant :

"Communications acoustiques pour les réseaux sous-marins sans fils"

Le vendredi 20 novembre 2020 à 10h

à l'Amphithéâtre 1, ISEN Brest Yncréa Ouest.

Le jury sera ainsi composé :

- **M. AL FALOU AYMAN, Professeur**
ISEN Yncréa-Ouest - BREST
- **M. BROSSEAU CHRISTIAN, Professeur des universités**
Univ. de Bretagne Occidentale - BREST
- **M. GELLER BENOIT, Professeur**
ENSTA Paris Tech - PALAISEAU
- **MME HELARD MARYLINE, Professeur des universités**
INSA Rennes - RENNES
- **M. LAOT CHRISTOPHE, Enseignant-Chercheur**
Télécom Bretagne - BREST
- **M. LOUET YVES, Professeur des universités**
Centrale Supélec/IETR - CESSON-SEVIGNE

A BREST, le 09 novembre 2020

Le Président de l'Université de
Bretagne Occidentale,



M. GALLOU

HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES

UNIVERSITÉ BRETAGNE OCCIDENTALE

ÉCOLE DOCTORALE MATHSTICC

présentée par

Pierre-Jean BOUVET

Enseignant Chercheur, ISEN Yncréa Ouest, L@bISEN

COMMUNICATIONS ACOUSTIQUES POUR LES RÉSEAUX SOUS-MARINS SANS FILS

Soutenance prévue le 20 Novembre 2020 à 10h00 dans l'amphithéâtre de l'ISEN Brest, 20 rue Cuirassé Bretagne, Brest.

Après avis des rapporteurs :

M.	Benoit GELLER	Professeur	ENSTA Paris IPP
M.	Christophe LAOT	Professeur	Institut Mines Telecom Atlantique, Lab-STICC
M.	Yves LOUET	Professeur	Centrale Supélec, IETR

Devant la commission d'examen formée de :

M.	Ayman AL FALOU	Professeur	LabISEN, ISEN Yncréa Ouest
M.	Christian BROSSEAU	Professeur	Université de Bretagne Occidentale, Lab-STICC
M.	Benoit GELLER	Professeur	ENSTA Paris IPP
Mme	Maryline HELARD	Professeur	INSA Rennes, IETR
M.	Christophe LAOT	Professeur	Institut Mines Telecom Atlantique, Lab-STICC
M.	Yves LOUET	Professeur	Centrale Supélec, IETR

Résumé

Le monde sous-marin reste, encore de nos jours, un espace largement inexploré. Ceci s'explique à la fois par son immensité mais également par le fait que les vecteurs de communication et d'observation conventionnels, à savoir les ondes radios et optiques, sont très rapidement absorbées par l'eau et ne se propagent ainsi que sur des courtes distances. A l'inverse, les ondes acoustiques ont pour propriété de se propager sur de relativement longues distances et sont donc privilégiées pour les systèmes de communication, de positionnement, de pistage ou de détection. Néanmoins les ondes acoustiques subissent dans l'eau un certain nombre de phénomènes néfastes à la communication rendant le canal de transmission Acoustique Sous-Marin (ASM) particulièrement hostile pour tout système de communication ou de positionnement. Néanmoins les technologies marines et plus particulièrement sous-marines revêtent un intérêt sans cesse croissant du fait des nombreuses applications qui en découlent que se ce soit dans le champ économique (pêche, prospection pétrolière,...), militaire (sécurisation de zones, guerre des mines,...) ou bien scientifique (sismique, surveillance de l'environnement,...). Durant cette dernière décennie, les réseaux acoustiques ont commencé à se démocratiser sous la forme de réseaux de capteurs sans fils ou de meutes de drones, autant de systèmes nécessitant de transmettre de plus en plus de débit et de façon simultanée depuis ou vers plusieurs nœuds d'un même réseau. La réduction de l'impact environnemental et la réduction des coûts opérationnels ont aussi guidé le déploiement de réseaux de capteurs avec des nœuds plus petits, plus simples à déployer, contenant de l'électronique bon marché et intégrant des fonctionnalités de communications mais également de positionnement et de navigation.

De façon générale, nos travaux de recherche ont pour objectif d'optimiser l'efficacité spectrale des communications ASM dans un contexte de réseaux sans fils et d'intégrer la liaison de communication ASM dans des systèmes de positionnement, de localisation et plus largement de robotique marine. Le manuscrit des travaux de HDR comprend deux parties administrative et technique. La première est un bilan synthétique de mon parcours puis des activités d'enseignement et de recherche. La seconde reprend les contributions scientifiques regroupées en trois chapitres reprenant les principales thématiques de recherche développées durant ces 10 dernières années au travers d'encadrements de thèse ou de projets collaboratifs. Le premier chapitre traite de l'apport des techniques Multiple-Input Multiple Output (MIMO) pour les communications ASM avec le développement d'un modem acoustique MIMO ainsi que l'étude du débit atteignable, nous y démontrons que le gain escompté par le MIMO en ASM est moindre qu'en communication radio mais reste non négligeable dans le contexte des communications ASM. Dans le chapitre 2 nous abordons la problématique de communications multi-utilisateurs en milieu sous-marin en montrant que par le biais de nouvelles formes d'ondes orthogonales basées sur les signaux *chirp* ou en généralisant la technique MIMO au cas multi-utilisateur, des gains substantiels peuvent être obtenus comparativement à une approche conventionnelle de type Time Division Multiple Access (TDMA). Dans le chapitre 3 nous nous intéressons à l'intégration des communications ASM dans les problématiques de réseaux sous-marins sans fils et notamment de positionnement. Nous y montrons l'intérêt d'utiliser la communication ASM à la fois pour synchroniser les nœuds d'un réseau mais également pour suivre des cibles sous-marines en se passant de capteurs onéreux ou encombrants. Enfin nous montrons la nécessité d'intégrer les limites de communication au sein des algorithmes de pistage de source dans le cadre de la robotique marine en essaim. Enfin, une synthèse de l'ensemble de ces recherches est présentée en fin du manuscrit, accompagnée des aspects prospectifs de ces travaux à court et moyen terme.