



**OFFRE de THESE**  
**EN TRAITEMENT DU SIGNAL ET ACOUSTIQUE (Sec 61 et 60)**

**ASSISTANT d'ENSEIGNEMENT et de RECHERCHE (AER)**

Référence : 19-3 DFS/AER ASM

Etablissement :	ÉCOLE NAVALE
Localisation :	BRETAGNE, Finistère, commune de Lanvéoc
Laboratoire d'accueil :	Institut de recherche de l'École navale (IRENav EA 3634 – laboratoire en co-tutelle Ecole navale et Arts et Métiers ParisTech)
Durée du contrat :	3 ans, prolongeable 1 an
Etat du poste :	Vacant à compter du 1 <sup>er</sup> Novembre 2019
Mots clés :	Acoustique sous-marine, traitement du signal, séparation de sources, détection, localisation

## CONTEXTE

L'École navale est une grande école d'ingénieur (statut d'EPSCP-GE) dont la mission principale est la formation initiale des officiers de la marine nationale. Les élèves officiers de carrière suivent un cursus d'ingénieur ou de master. Des formations supérieures (masters, mastères spécialisés, formation continue) sont également délivrées à des étudiants civils dans les domaines de l'ingénierie maritime.

L'Institut de Recherche de l'École navale (IRENav) est le support de la recherche et de la formation scientifique. Institut pluridisciplinaire, il est labellisé par l'HCERES et est reconnu Équipe d'Accueil [EA 3634] dans le cadre de la contractualisation des laboratoires Arts et Métiers ParisTech. Ses équipes de recherche s'inscrivent dans deux domaines de spécialité, liés au milieu marin : la modélisation et le traitement de l'information maritime (MoTIM), la mécanique et l'énergie en environnement naval (M2EN).

Site : <http://www.ecole-navale.fr>

## DESCRIPTION DU POSTE

### **Titre de la Thèse : Détection et localisation passives de sources en acoustique sous-marine**

#### **Sujet de Thèse**

En acoustique sous-marine, la détection et la localisation passives de sources présentent un intérêt majeur dans les domaines civil et militaire comme par exemple la détection de plongeurs pour assurer la protection des infrastructures portuaires ou encore la détection et le suivi de navires dans la lutte contre les activités illégales en mer (pêche, piraterie ...). Mais ces opérations peuvent s'avérer délicates en raison de la complexité du milieu sous-marin et des moyens mis en œuvre. En effet, pour la détection, les signaux reçus sont très bruités, de nature non-stationnaire, et multi-composante (ou plusieurs sources). Quant à la localisation passive de sources, les méthodes mises en œuvre dépendent de la configuration océanique (petits ou grands fonds), des caractéristiques de la source (large bande ou bande étroite) et surtout de la configuration de la réception (antennes linéaires horizontales et/ou verticales ou configuration mono-capteur). L'objectif de cette thèse est donc de proposer les outils de traitement du signal adaptés aux problèmes de détection et de localisation en acoustique passive.

#### **Détection**

La détection de signaux d'intérêt est une étape préalable à des processus tels que la séparation de sources ou le suivi (tracking) [1]. Cette étape est cruciale en particulier dans les environnements à faibles RSB. Le problème peut se ramener à la décision binaire (deux hypothèses): présence de signal d'intérêt noyé dans bruit ou présence de bruit uniquement. L'approche Bayésienne constitue le cadre approprié pour ce test d'hypothèses, mais cela suppose que les coûts des hypothèses en compétition sont connus ainsi que leurs probabilités *a priori* pour le calcul du seuil de décision. Malheureusement, dans des situations comme l'acoustique passive il est difficile de chiffrer les probabilités *a priori* mais il est aussi hasardeux de donner des coûts réalistes sans influencer trop fortement les résultats de décision. Des travaux

récents ont montré l'intérêt des statistiques d'ordre supérieur (HOS) pour la détection [2]. L'opérateur d'énergie de Teager-Kaiser (TK) et ses extensions d'ordre supérieur [3] constituent une solution, qui apporte une plus-value en termes de détection passive au même titre que les HOS. Comparés aux HOS, ces opérateurs TK d'ordre supérieur sont des opérateurs locaux et instantanés, et présentent ainsi une excellente résolution temporelle les rendant très efficaces pour une analyse temporelle très précise. L'objectif est d'explorer l'apport de ces opérateurs en termes de détection de signaux d'intérêt soit à partir des données d'entrée ou à partir de l'échelle dominante de leur transformée en ondelette [4].

### Séparation de sources

En acoustique passive et *a fortiori* par grands fonds, de nombreux éléments, non connus, tels que les caractéristiques acoustiques des différents trajets sources-capteurs, le système de mélange, le bruit du milieu non-Gaussien [5] ou le taux de réverbération, contribuent à faire de la séparation de sources (SS) un problème très difficile. Par ailleurs, le schéma de SS doit s'adapter au changement dynamique des conditions acoustiques et aux fortes variations du RSB. Dans le cadre de cette thèse, on utilisera les données issues du réseau de capteurs OBS (projet ANR RHUM-RUM) avec comme sources potentielles : «navires», «mammifères marins», «bruit sismique» et «icebergs», ce qui correspond essentiellement à deux grandes classes de signaux : tonales et transitoires. Ainsi, un des objectifs de la thèse est d'injecter ces informations *a priori* sous formes de signatures et d'empreintes dans un schéma de SS basé, par exemple, sur l'analyse en composantes indépendantes (ICA) ou la méthode de factorisation en matrices non-négatives (NMF) [6]. Pour la NMF, en plus du spectrogramme des signaux on explorera d'autres transformations temps-fréquence telle que celle de Stockwell [7]. On regardera dans quelle mesure le filtrage adapté stochastique, bien adapté à la détection des mammifères marins stéréotypés [8-9], pourra être intégré dans ce schéma de SS.

### Localisation

Pour la localisation passive de sources, l'une des méthodes les plus utilisées est le Matched Field Processing (MFP) qui exploite la diversité spatiale du champ ou ses méthodes dérivées dans le domaine modal (Matched Mode Processing) ou temporel (Matched Impulse Response). Le MFP par exemple consiste à comparer les champs mesurés sur les capteurs à des répliques de champs simulés pour différentes positions de la source à l'aide d'un modèle de propagation approprié. La position estimée de la source coïncide alors à celle ayant la meilleure concordance (minimisation d'une fonction d'erreur) [10]. Cette méthode est particulièrement sensible au bruit et nécessite une bonne connaissance de l'environnement pour modéliser fidèlement la propagation [11]. L'utilisation de répliques de champs expérimentaux [12,13] pourrait être une alternative pour effectuer la comparaison et s'affranchir ainsi de la complexité du canal de propagation. Nous nous proposons d'explorer cette méthode et d'étudier son applicabilité dans le cas de la localisation de navires où leur position ainsi estimée sera confrontée aux données AIS (Automatic Identification System). La méthode sera testée aussi bien à petite échelle sur des données enregistrées en bassin qu'à grande échelle sur des données réelles en mer.

### Références bibliographiques

- [1] K. Ugrinovic and O. Pionic, An outline of the passive sonar signal detection, *Int. Symp. Electronics in Marine*, pp. 247-251, 2010,
- [2] C. Gervaise, A. Barazzutti, S. Busson, Y. Simard and N. Roy, N., 2010. Automatic detection of bioacoustics impulses based on kurtosis under weak signal, *Applied Acoustics*, vol. 71, pp. 1020-1026, 2010,
- [3] A.O. Boudraa and F. Salzenstein, Teager-Kaiser energy methods for signal and image analysis: A Review," *Digital Signal Processing*, vol. 78, pp. 338-375, 2018.
- [4] A. Drira, L. Guillon and A.O. Boudraa, "Image source detection for geoacoustic inversion by the Teager-Kaiser energy operator, *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 135, no. 6, pp. 258-264, 2014.
- [5] Z. Bai, G. Huang and L. Yang, Shipboard target location based on blind source separation, *IEEE Conf. Neural. Net. Sig. Proc.*, pp. 83-807, 2008.
- [6] D. Lee and S. Seung, Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization, *Nature*, vol. 41, pp. 788-791, 1999.
- [7] R.G. Stockwell, L. Mansinha and R.P. Lowe, Localization of the complex spectrum: the S transform, *IEEE Trans. Sig. Proc.*, vol. 44, no. 4, pp. 998-1001, 1996.
- [8] L. Bouffaut, R. Dreó, V. Labat, A.O. Boudraa and G. Barruol, Antarctic blue whale calls detection based on an improved version of the stochastic matched filter, *Proc. EUSIPCO*, pp. 2383-2387, 2017.
- [9] L. Bouffaut, R. Dréo, V. Labat, A.O. Boudraa and G. Barruol, Passive stochastic matched filter for Antarctic blue whale call detection, *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 144, no. 2, pp. 955-965, 2018.
- [10] A.B. Baggeroer, W.A. Kuperman and P.N. Mikhalevsky, 1993, An overview of Matched Field methods in ocean acoustics, *J. IEEE Oceanic Eng.*, vol. 18, no. 4, pp. 401-423, 1993.

[11] Y. Le Gall, *Problèmes inverses en acoustique sous-marine : prédiction de performances et localisation de sources en environnement incertain*, Thèse de doctorat Télécom Bretagne, 2015.

[12] L.T. Fialkowski, M.D. Collins, W.A. Kuperman, J.S. Perkins, L.J. Kelly, A. Larsson, J.A. Fawcett and L.H. Hall, Matched-field processing using measured replica fields, *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 107, no. 2, pp. 739-46, 2000.

[13] C.MA.Verlinden, J. Sarkar, W.S. Hodgkiss, W. A. Kuperman and K.G. Sabra, Passive acoustic source localization using sources of opportunity, *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 138, no. 1, pp. 54- 59, 2015.

**Mots clés** : Acoustique sous-marine, traitement du signal, séparation de sources, détection, localisation

### **Enseignement** :

Au sein du département de formation scientifique, l'AER assure une charge d'enseignement annuelle de 96 heures ETD sous forme de travaux pratiques (TP), travaux dirigés (TD) ou encadrement de projets. Ces interventions s'effectuent dans le cadre de la formation d'ingénieur des élèves-officiers de l'Ecole Navale (niveau L3, M1 et M2). Elles peuvent aussi concerner les masters soutenus par l'Ecole Navale (niveau M1 et M2).

La personne recrutée effectue son enseignement au sein de la filière Signal et Acoustique de l'École navale. Elle intervient dans les enseignements scientifiques parmi les cours suivants : acoustique, acoustique sous-marine, traitement du signal, Matlab.

En complément, l'AER est amené à proposer et encadrer des projets de recherche d'élèves ingénieurs et masters. Il sera membre de jury d'évaluation.

### **Spécificités du poste** :

Environnement d'école de formation initiale d'officiers.

Charge d'enseignant-chercheur (maximum de 96h d'enseignement par année)

### **PROFIL SOUHAITÉ**

Diplôme : - Master (ou équivalent) en traitement du signal ou acoustique

Compétences : - Intérêt pour la recherche scientifique et pour l'enseignement  
- Intérêt pour le traitement du signal et l'acoustique sous-marine  
- Maîtrise de Matlab

- Bonnes capacités relationnelles, dynamisme. Bonne capacité rédactionnelle, bon niveau en anglais

### **CONTACTS**

#### Direction et Encadrement de thèse :

MCF (HdR) Abdel Boudraa ([abdel.boudraa@ecole-navale.fr](mailto:abdel.boudraa@ecole-navale.fr))

MCF Valérie Labat ([valerie.labat@ecole-navale.fr](mailto:valerie.labat@ecole-navale.fr))

#### Enseignement :

Directeur adjoint de l'enseignement, responsable de la formation scientifique : Dr Rémy Thibaud ([remy.thibaud@ecole-navale.fr](mailto:remy.thibaud@ecole-navale.fr))

Responsable de la filière Signal et Acoustique : MCF Laurent Guillon ([laurent.guillon@ecole-navale.fr](mailto:laurent.guillon@ecole-navale.fr))

#### Service des ressources humaines :

DRH de l'École navale : Mme Delphine Van Lancker ([delphine.van\\_lancker@ecole-navale.fr](mailto:delphine.van_lancker@ecole-navale.fr))

#### Service enseignants et chercheurs

Mme Josiane Keraudren,

Tel : 02 98 23 41 05

e-mail : [josiane.keraudren@ecole-navale.fr](mailto:josiane.keraudren@ecole-navale.fr)

Dossier de candidature : CV détaillé, lettre de motivation, lettres de recommandation adressé à Mme Keraudren uniquement par voie électronique.

Date limite de réception des candidatures : 31 mai 2019