

## Objet : Proposition de stage de fin d'études - niveau master

**Titre :** IA Non-Supervisée pour le Suivi de la Biodiversité Marine par Acoustique Passive Sous Marine (IANSPAM)

**Lieu :** Brest - IMT Atlantique / ENSTA

**Durée :** 24 semaines à partir du 3 Mars 2025 (début décalable)

---

### Résumé :

Ce stage se concentrera sur le suivi de la biodiversité marine par acoustique passive sous-marine grâce à l'utilisation de méthodes d'Intelligence Artificielle non supervisées. En fonction des résultats expérimentaux, les conclusions de ce stage pourraient aider les chercheurs et chercheuses étudiant la biologie marine à mieux comprendre le contenu des enregistrements réalisés sur le terrain, et les aider dans leur compréhension du monde sous-marin et de la biodiversité marine.

### Présentation détaillée du stage

#### 1. Contexte, positionnement et objectifs

Observer et comprendre les environnements marins et leurs espèces animales représentent des défis majeurs à l'heure du changement climatique. Parmi les diverses modalités d'observation, les données audios occupent une place stratégique : le son se propage très efficacement dans l'eau, les capteurs (principalement les hydrophones) sont peu coûteux, non intrusifs et adaptés à des déploiements à long terme. Cependant, leur traitement automatique reste aujourd'hui limité, notamment en raison du manque d'outils performants et accessibles dédiés à ce type de données.

Ce projet propose de répondre au défi du suivi de la biodiversité marine en développant des outils d'intelligence artificielle (IA) dédiés au traitement de données audio obtenues par acoustique passive sous-marine. Plus spécifiquement, le projet explorera les **factorisations de rang faible**, et en particulier les **factorisations en matrices non négatives** [Lee and Seung, 1999] et les **factorisations de tenseurs non négatives** [Kolda and Bader, 2009]. Ces techniques, bien que couramment utilisées pour l'analyse de données audio musicales ([Smaragdis and Brown, 2003], [Ozerov and Févotte, 2009], [Marmoret et al., 2020], [Wu et al., 2022]), sont encore aujourd'hui assez peu utilisées dans le cadre des données audio sous-marines [Lin and Tsao, 2018], [Lin et al., 2021], [Li et al., 2023].

Ces méthodes offrent plusieurs avantages, notamment en comparaison avec les réseaux de neurones (techniques les plus courantes en IA) :

- **Non-supervision** : Ces techniques ne nécessitent pas d'annotations, un avantage crucial dans le contexte des données sous-marines souvent peu annotées.
- **Sobriété énergétique** : Ces techniques requièrent peu de ressources computationnelles et de données, ce qui en fait une solution plus durable et adaptée à des environnements aux ressources limitées.
- **Interprétabilité** : Les résultats sont exploitables et auditables, facilitant leur adoption par les scientifiques lors de leurs études.

Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'objectif de **développement de solutions low-cost** et de **l'utilisation intensive de l'IA** pour l'analyse des données marines. Le stage visera à :

1. Développer des modèles basés sur les factorisations non négatives pour deux tâches :
  - La séparation de sources sonores,
  - La détection d'événements sonores.
2. Évaluer leur performance dans des contextes variés, en intégrant des considérations d'incertitude des données et des contraintes environnementales. En particulier, nous prévoyons d'évaluer les méthodes sur des bases de données ouvertes (*open-source*) de vocalisations de mammifères marins, telles que [Miller et al., 2020], [Kanes, 2020], [Bouffaut et al., 2018], [DCLDE 2022].
3. Proposer une méthodologie accessible et répliquable pour faciliter leur adoption par d'autres unités ISBlue ou partenaires internationaux.

Ces développements ont pour objectif final d'être utilisés dans des cas d'usage réels. Un cas d'usage typique de ces outils concernera l'identification d'événements sonores d'intérêt et la description automatique de contenu lors de la récupération d'un nouveau jeu de données, notamment issu d'un site d'étude sur lequel l'équipe dispose de peu de connaissances a priori. Il s'agit là de pré-traitements précieux pour l'analyste humain et qui doivent être réalisés rapidement à large-échelle. Enfin, des premiers tests d'appropriation et de validation par une communauté utilisateurs seront réalisés à travers l'équipe OSmOSE, avec leur outil web d'annotation APLOSE ayant déjà bénéficié de financements ISblue.

## 2. Accueil et financement

- **Dates** : Ce stage se déroulera sur 6 mois (24 semaines), avec un début espéré au 03 Mars 2025 (et donc une fin au 29 Août 2025). Il sera néanmoins possible de décaler le début du stage pour se conformer aux besoins de l'élève. Le taux horaire sera de 35h/semaine.
- **Lieu** : Le lieu d'accueil principal du stage est à l'UR LabSTICC. Ce stage se situera à Brest, dans les locaux d'IMT Atlantique, avec la possibilité d'effectuer des réunions dans les locaux d'ENSTA (site de Brest).
- **Gratification** : La gratification proposée pour ce stage correspond au minimum légal, à savoir un taux horaire de 4,35/mois (ce qui correspond à 639,45 pour un mois avec 21j de travail). Ce stage est financé par le thème 5 de l'ISBlue. L'ISBlue est une école universitaire de recherche interdisciplinaire spécialisée en sciences et technologies marines.

## 3. Encadrement et collaborations

Ce projet repose sur une collaboration interdisciplinaire et inter-unités entre deux enseignants-chercheurs spécialistes des domaines du traitement du signal, de l'intelligence artificielle, et de la biologie sous-marine :

- **Axel Marmoret (IMT Atlantique)** : Axel Marmoret est Maître de Conférences à IMT Atlantique et au Lab-STICC UMR CNRS 6285. Axel a rejoint l'équipe BRAIn du département MEE d'IMT Atlantique en septembre 2023, équipe spécialisée dans la recherche en IA. Axel

est spécialiste des techniques d'IA dans le cadre du traitement du signal audio musical. Ses recherches se concentrent principalement sur l'étude et l'application des factorisations matricielles et tensorielles non négatives, appliquées dans le cadre de la séparation de sources audios et la détection d'événements sonores (transcription automatique de la musique et estimation de structure).

- **Dorian Cazau (ENSTA)** : Je suis Dorian Cazau, enseignant-chercheur à ENSTA / Institut Polytechnique de Paris et au Lab-STICC UMR CNRS 6285. Mes activités de recherche visent à développer et améliorer les applications de l'Acoustique Passive Sous-Marine pour l'océanographie observationnelle. Parmi ces applications, je m'intéresse plus particulièrement à la bioacoustique (par ex, étude des non-linéarités vocales dans les chants de baleines à bosse), à l'écologie (par ex, suivi de population de mammifères marins) , à la météo-océanographie (par ex, estimation de la vitesse de vent à la surface de l'océan) et à la sismologie (par ex, détection et localisation des ondes-T). Mes méthodes de travail reposent sur une large palette d'outils issus des sciences de la donnée, d'intelligence artificielle, de la physique acoustique et du traitement du signal. Un exemple d'axe de travail récurrent est le développement de modèles d'apprentissage par la donnée pour la détection et classification de mammifères marins en mono-hydrophone. Je m'intéresse aussi à la mise en place d'initiatives collaboratives sous-tendues par les principes de la science ouverte à travers mon équipe thématique [OSmOSE](#).

#### 4. Qualifications requises et souhaitées

→ Requises :

- Elève ingénieur / université de niveau master 2 ;
- Connaissances en développement dans le langage Python ;
- Connaissances en IA, et plus particulièrement en Apprentissage Automatique (Machine Learning).

→ Préférées (non obligatoires, peuvent être acquises durant le stage) :

- Connaissances en Traitement du Signal Audio ;
- Connaissances en Biologie Marine
- Connaissances en Acoustique sous-marine.

#### 5. Candidatures

Pour candidater, merci d'envoyer un e-mail aux encadrants du stage ([axel.marmoret@imt-atlantique.fr](mailto:axel.marmoret@imt-atlantique.fr), [dorian.cazau@ensta.fr](mailto:dorian.cazau@ensta.fr)) accompagné de votre CV, ainsi que d'un court paragraphe\* expliquant pourquoi vous candidatez. (\*Le court paragraphe vise à remplacer la lettre de motivation, trop vide de sens. Le but de ce paragraphe, au contraire est plutôt de valoriser une motivation intrinsèque, non basée sur des critères objectifs.)

N'hésitez pas à partager des liens vers de précédents projets informatiques que vous auriez déposé en ligne (compte GitHub ou GitLab par exemple).

## Références

- [Lee and Seung, 1999] Lee, D. D., & Seung, H. S. (1999). Learning the parts of objects by non-negative matrix factorization. *Nature*, 401(6755), 788-791.
- [Kolda and Bader, 2009] Kolda, T. G., & Bader, B. W. (2009). Tensor decompositions and applications. *SIAM review*, 51(3), 455-500.
- [Smaragdis and Brown, 2003] Smaragdis, P., & Brown, J. C. (2003). Non-negative matrix factorization for polyphonic music transcription. In *2003 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (IEEE Cat. No. 03TH8684)* (pp. 177-180). IEEE.
- [Ozerov and Févotte., 2009] Ozerov, A., & Févotte, C. (2009). Multichannel nonnegative matrix factorization in convolutive mixtures for audio source separation. In *IEEE transactions on audio, speech, and language processing*, 18(3), 550-563.
- [Marmoret et al., 2020] Marmoret, A., and Cohen, J., and Bertin, N., and Bimbot, F. (2020). Uncovering Audio Patterns in Music with Nonnegative Tucker Decomposition for Structural Segmentation. In *ISMIR 2020 - 21st International Society for Music Information Retrieval (2020)*.
- [Wu et al., 2022] Wu, H., Marmoret, A., and Cohen, J. (2022). Semi-Supervised Convolutional NMF for Automatic Piano Transcription. In *SMC 2022 - 19th Sound and Music Computing Conference*, Jun 2022, Saint-Etienne, France.
- [Lin and Tsao, 2018] Lin, T. H., & Tsao, Y. (2018). Listening to the deep: Exploring marine soundscape variability by information retrieval techniques. In *2018 OCEANS-Mts/IEEE Kobe Techno-Oceans (OTO)*. IEEE.
- [Lin et al., 2021] Lin, T. H., Akamatsu, T., Sinniger, F., & Harii, S. (2021). Exploring coral reef biodiversity via underwater soundscapes. In *Biological Conservation*, 253, 108901.
- [Li et al., 2023] Li, D., Wu, M., Yu, L., Han, J., & Zhang, H. (2023). Single-channel blind source separation of underwater acoustic signals using improved NMF and FastICA. In *Frontiers in Marine Science*, 9, 1097003.
- [Miller et al., 2020] Miller, B.S., Stafford, K.M., Van Opzeeland, I., Harris, D., Samaran, F., Štrović, A., Buchan, S., Findlay, K., Balcazar, N., Nieu Kirk, S., Leroy, E.C., Aulich, M., Shabangu, F.W., Dziak, R.P., Lee, W., Hong, J. (2020) An annotated library of underwater acoustic recordings for testing and training automated algorithms for detecting Antarctic blue and fin whale sounds, Ver. 1, *Australian Antarctic Data Centre* - [doi:10.26179/5e6056035c01b](https://doi.org/10.26179/5e6056035c01b), Accessed: 2025-01-15
- [Kanes, 2020] Kanes, K. S. (2020). Recycling data: an annotated marine acoustic data set that is publicly available for use in classifier development and marine mammal research. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 148(4\_Supplement), 2595-2595.

[Bouffaut et al., 2018] Bouffaut, L., Dréo, R., Labat, V., Boudraa, A. O., & Barruol, G. (2018). Passive stochastic matched filter for Antarctic blue whale call detection. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 144(2), 955-965.

[DCLDE 2022] NOAA Pacific Islands Fisheries Science Center. 2022. Hawaiian Islands Cetacean and Ecosystem Assessment Survey (HICEAS) towed array data. Edited and annotated for the 9th International Workshop on Detection, Classification, Localization, and Density Estimation of Marine Mammals Using Passive Acoustics (DCLDE 2022). NOAA National Centers for Environmental Information. <https://doi.org/10.25921/e12p-gj65>