

Développement d'un modèle léger pour la détection de la mégafaune marine à bord d'une aile volante

Co-supervision : Laura Mannocci (MARBEC), Marc Chaumont et Gérard Subsol (LIRMM)

Organisme d'accueil : Laboratoire MARBEC (Marine Biodiversity Exploitation And Conservation)

Lieu : 093 Place Eugène Bataillon, 34090 Montpellier

Durée : jusqu'à 6 mois, entre janvier et août 2025

Quotité de travail : 35h / semaine

Indemnités : 609 € net / mois

Profil recherché :

Master 2 ou dernière année ingénieur en deep learning

Compétences théoriques et pratiques en deep learning pour l'analyse d'images

Programmation en Python et connaissances en système d'exploitation Linux

Connaissances éventuelles en systèmes embarqués

Bon niveau d'anglais scientifique

Intérêt pour la recherche

Attrait pour le milieu marin

Renseignements et candidatures :

Laura Mannocci (laura.mannocci@ird.fr) : <https://www.researchgate.net/profile/Laura-Mannocci>

Pour candidater, merci d'envoyer avant le 15 novembre 2024 :

-votre **CV**

-vos **relevés de notes** des 2 dernières années

-votre **lettre de motivation**

à laura.mannocci@ird.fr en précisant '**candidature SMART-WING**' dans l'objet de votre email.

Attention : seules les candidatures conformes au profil recherché (cf. ci-dessus) seront évaluées.

Description du projet ANR SMART-WING

La mégafaune marine comprend les mammifères marins, les tortues marines, les requins et les raies qui comptent parmi les espèces les plus menacées. De plus ces espèces sont particulièrement mobiles et présentes en faibles densités sur de vastes zones. Pour identifier et protéger leurs habitats critiques, il est donc nécessaire de développer une méthode de suivi efficace à grande échelle. Les drones représentent des technologies émergentes à faible coût et à faible émission carbone pour suivre la mégafaune depuis les airs. Cependant, les relevés par drone ne parviennent pas à fournir à la fois une large couverture spatiale et une haute résolution d'image. Plus l'altitude du drone est élevée, plus la couverture spatiale est large, mais au détriment de la résolution d'image. Pourtant, les images à haute résolution acquises à basse altitude sont essentielles pour identifier et mesurer précisément les espèces. Pour rompre ce compromis entre couverture spatiale et résolution d'image, **le projet SMART-WING ambitionne de concevoir une méthodologie de suivi adaptative de la mégafaune marine basée sur une aile intelligente capable de basculer entre les modes haute et basse altitude.**

Nous intégrerons un modèle d'intelligence artificielle (IA) dans une aile à décollage et atterrissage vertical. L'aile sera d'abord programmée en mode haute altitude (160 m, résolution au sol de ~2 cm/pixel) pour une large couverture spatiale (Figure 1). En cas de détection d'espèce, elle descendra en altitude (40 m) et suivra dynamiquement l'animal afin d'acquérir des images haute résolution (~0,5 cm/pixel), multipliant ainsi par 4 la résolution au sol. Nous faisons l'hypothèse que cette méthode fournira une résolution d'image accrue sans compromettre la couverture spatiale.

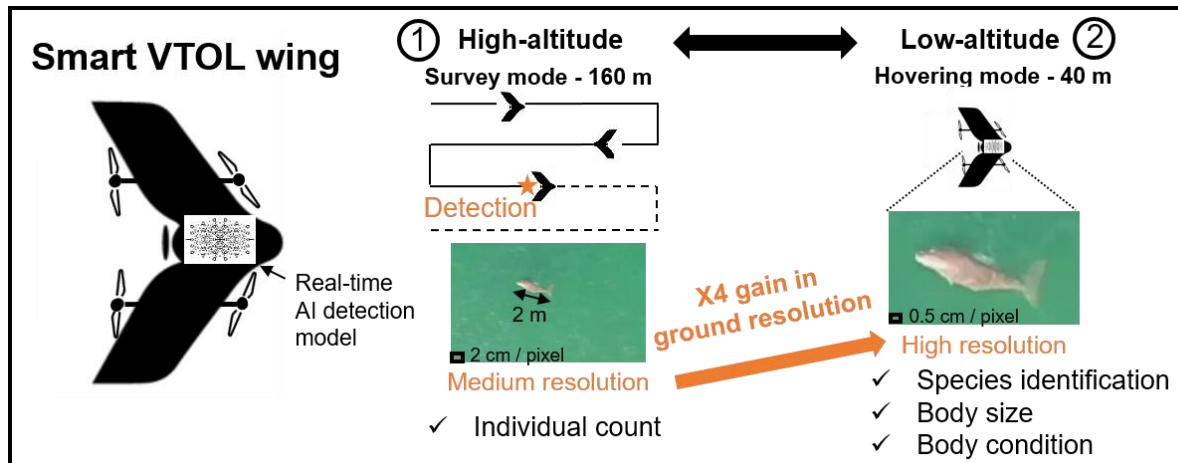


Figure 1: Proposition d'aile volante intelligente pour le suivi adaptatif de la mégafaune marine

Nous implémenterons le projet SMART-WING dans le vaste lagon de Mayotte abritant des populations exceptionnelles mais mal connues de mammifères, tortues, requins et raies. SMART-WING fournira de nouvelles informations écologiques sur les populations de mégafaune à faible coût financier et carbone en vue de l'identification de zones clés pour leur protection. Le projet a 3 objectifs:

1) Développer un prototype d'aile intelligente. Nous développerons une aile abordable, endurante, éco-responsable et facile d'utilisation, capable de voler horizontalement et verticalement. Elle sera équipée d'un mini-ordinateur embarquant un modèle léger d'IA pour détecter la mégafaune en temps réel. Nous programmerons un algorithme de re-routage sur le pilote automatique afin d'adapter la trajectoire de l'aile aux détections en temps réel. Le prototype sera testé en Méditerranée puis à Mayotte pour améliorer progressivement sa performance.

2) Suivre les abondances et les caractéristiques corporelles de la mégafaune. Nous déploierons l'aile pour suivre la mégafaune sur des milliers d'hectares dans les habitats côtiers de Mayotte pendant 2 saisons et 2 années successives. Nous analyserons les images collectées avec un modèle d'IA, quantifiant le gain de performance lors du passage du mode haute à basse altitude. Nous appliquerons ensuite ce modèle aux images haute résolution pour estimer les abondances des espèces et les tailles et conditions corporelles des individus.

3) Simuler des scénarios d'aires marines protégées (AMPs). Nous construirons des modèles statistiques pour relier les abondances des espèces à des prédicteurs environnementaux afin de fournir des prédictions d'abondance dans les zones non surveillées de Mayotte. Nous utiliserons ensuite des algorithmes de planification systématique de la conservation pour dériver des scénarios d'AMPs strictes afin de sauvegarder la mégafaune tout en prenant en compte la perte des captures de pêche.

Le projet SMART-WING catalysera le développement d'une nouvelle génération de drones capables d'ajuster dynamiquement leur trajectoire pour un suivi optimisé des espèces rares et vulnérables. Il favorisera les interactions transversales entre les scientifiques en robotique (I3S, ISEN), en intelligence

artificielle (LIRMM), en écologie marine (CUFR, MARBEC) et en gestion de l'environnement (OFB-PMM).

Stage de Master 2 ou dernière année ingénieur

Le stage qui s'insère dans l'objectif 1 du projet SMART-WING vise à développer un modèle de deep learning léger pour la détection de la mégafaune marine en temps réel à bord d'une aile volante.

L'étudiant(e) se basera sur un modèle de détection de mégafaune pré-entraîné à partir de centaines d'images aériennes de dugongs, dauphins, tortues, raies et requins déjà collectées dans le lagon de Nouvelle Calédonie (Desgarnier *et al.* 2022; Heudier *et al.* 2023; Mannocci *et al.* 2021). Dans un premier temps, ce modèle pré-entraîné sera appliqué dans le contexte propre au lagon de Mayotte. Cela nécessitera l'enrichissement de la base d'entraînement avec des images d'espèces de mégafaune collectées à Mayotte par les partenaires locaux du projet, éventuellement complétées par des images issues des réseaux sociaux. Pour améliorer la transférabilité du modèle, des méthodes d'adaptation de domaine comme la régularisation (Kouw & Loog 2021) pourront être utilisées. Un accès à un serveur de calcul intensif équipé d'un GPU sera mis à disposition pour effectuer les entraînements.

Dans un deuxième temps, le modèle sera compressé pour réduire sa taille (nombre de paramètres) afin de l'embarquer sur un mini-ordinateur (ex. Jetson Orin) à bord de l'aile volante. La compression sera réalisée de façon à ne pas réduire significativement la performance de la détection (évaluée sur un jeu d'images test indépendant). Pour cela, diverses méthodes de compression de réseaux de neurones comme l'élagage (*pruning*), la quantification (*quantization*) ou la distillation de connaissance (*knowledge distillation*) (Jani *et al.* 2023) seront investiguées. La portabilité du modèle vers le mini-ordinateur embarqué (connecté à une caméra de type ArduCam) sera étudiée. L'influence de paramètres, tels que le taux de capture d'images, la durée d'inférence du modèle, l'utilisation de la mémoire et la consommation énergétique, sur la performance du modèle sera évaluée (Fite *et al.* 2024). Des compromis entre ces différents paramètres seront recherchés.

L'étudiante(e) basé(e) au laboratoire MARBEC de Montpellier sera co-supervisé par Laura Mannocci (chercheuse en écologie marine à **MARBEC**) et Marc Chaumont et Gérard Subsol (chercheurs en deep learning au **LIRMM**). Il/elle interagira également avec les experts en robotique (André Anglade, **I3S** et Titouna Verdu, **ISEN**) responsables du développement de l'aile dans le cadre du projet. Des missions sont prévues au laboratoire I3S de Sophia Antipolis où sera développée l'aile volante.

Bibliographie

- Desgarnier, L., Mouillot, D., Vigliola, L., Chaumont, M. & Mannocci, L. (2022). Putting eagle rays on the map by coupling aerial video-surveys and deep learning. *Biological Conservation*, 267, 109494. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320722000477>
- Fite, C., Yedroudj, M., Chaumont, M., Serres-Noïtaky, P., Comby, F., Forget, Subsol, G., Mannocci L., Capello, M., Tolotti, M., Dagorn L. Some considerations to design an autonomous buoy system to enumerate pelagic sharks at Fish Aggregating Devices. ICAR Research Report no0001, August 2024. <https://www.lirmm.fr/icar/reports.html>
- Heudier, M., Mouillot, D. & Mannocci, L. (2023). Assessing the effects of coral reef habitat and marine protected areas on threatened megafauna using aerial surveys. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 33, 286–297. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aqc.3923>
- Jani, M., Fayyad, J., Al-Younes, Y. & Najjaran, H. (2023). Model Compression Methods for YOLOv5: A Review. <https://arxiv.org/abs/2307.11904>
- Kouw, W.M. & Loog, M. (2021). A review of domain adaptation without target labels. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 43, 766–785. <https://www.computer.org/csdl/journal/tp/2021/03/08861136/1dVZBaCLO1O>
- Mannocci, L., Villon, S., Chaumont, M., Guellati, N., Mouquet, N., Iovan, C., *et al.* (2021). Leveraging social media and deep learning to detect rare megafauna in video surveys. *Conservation Biology*, 1. <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cobi.13798>