



**TITRE DE LA THESE :**

**« Prise en compte de l'environnement et intégration des erreurs de classification dans la conduite AUV pour ATR pour la reconnaissance de cibles »**

**Direction de thèse : LE CAILLEC JEAN-MARC**

**Co-encadrant : es Ali Khenchaf/Abdelmalek Toumi (ENSTA Bretagne) Laboratoire(s) : Lab-STICC)**

GEPEA IRISA Lab-STICC LATIM  
Lego LEMNA LS2N hors Laboratoire

**Equipe(s) de recherche :M3/PIM/OSE**

**Département(s) IMT Atlantique : ITI**

DAPI DSEE INFO ITI LCI LUSSI  
MEE MO OPT SSG SRCD SUBATECH

**S'agit-il d'une thèse en cotutelle internationale ? NON**  
**Oui Non**

Si oui, organisme avec lequel la cotutelle est envisagée :  
DGA (AID)

**Le sujet proposé présente-il un caractère interdisciplinaire ?**

**Oui Non**

Si oui, expliquer brièvement pourquoi (2 ou 3 lignes) :

Le sujet s'intègre dans un contexte d'observation et de surveillance de zones d'intérêt ou sensibles qui nécessite des compétences en capteurs, signaux radar n-D, des algorithmes spécifiques de traitement incluant de l'IA, en particulier, l'IA explicable, l'optimisation des processus, et la prise en compte des phénomènes physiques et EM

**La source du co-financement est-elle identifiée ?**

**Oui Non**

Si oui, préciser quel co-financement est envisagé : Allocation AID-DGA

**Autres informations :**

Informations utiles que vous souhaiteriez communiquer (si pertinent) :

Le processus de demande d'une demi bourse via l'AID est en cours, un jeton a été demandé par l'ENSTA Bretagne et moi-même, avec le soutien de la problématique traitée dans sujet par la DGA.

## **Contexte ou état de l'art scientifique**

Cette thèse fait suite à plusieurs travaux et projets de recherche réalisés ou en cours de réalisation. Dans ce contexte, nous pouvons citer la thèse de Carole Belloni (qui a été menée en collaboration avec l'université de Cransfield) et celle d'Héloïse Rémusati (thèse Thales, Cifre défense), qui a porté sur l'explicabilité de l'IA. Ces deux thèses ayant été effectuées dans le cadre du Labo LATERAL. Elle est aussi complémentaire des travaux de Guy- Junior dans le domaine de la guerre des mines sous-marines (Labo CORMORAN). Le centre de ce doctorat est la reconnaissance automatique de cibles par des radar en Bande Ku/Ka ou éventuellement X ou C porté par un drone. Par ailleurs, le présent sujet constitue aussi une suite logique des travaux de recherches menés depuis des années par l'ensemble de l'équipe d'encadrement dans les problématiques liées à la détection, localisation et poursuite de cibles par des radars (Aéroportés ou Satellitaires), la prise en compte des phénomènes physiques et électromagnétiques dans la signature EM de cibles complexes incluant l'environnement maritime et terrestre, l'application des techniques de Machine learning dans la reconnaissance automatique de cibles via des images SAR et ISAR. On peut citer les projets suivants, projet « DOREDO : Détection d'Obstacles par Radar Embarqué sur DrOne » soutenu par la DGA dans le cadre du programme RAPI, projet « e-PANEMA - e-Positioning et Aide à la NAVigation en Environnement MARitime » soutenu par l'ADEME, le projet « Networked systems for situational awareness and intervention in maritime incidents (NETMAR) », Projet Européen "Programme de Coopération Transnational", et pour les thèses soutenues et qui sont en relation avec le sujet proposé, on peut souligner les thèses suivantes, celle de TRUONG Ngoc Tan, « Hybridation multi-sources pour améliorer les fonctions de détection, pistage, localisation et positionnement dans des environnements difficiles », aussi la thèse de Naïma AMROUCHE, « Détection, localisation et suivi de cibles manouvrantes » et enfin la thèse de Ayoub KARINE, "Traitement et classification parcimonieuse des images radar pour l'aide à la reconnaissance de cibles".

Le but de cette thèse de doctorat est de définir un processus de ré-acquisition d'une cible (terrestre ou maritime), avec prise en de l'environnement environnant, par un radar HRR (High Range Resolution), comme un radar à synthèse d'ouverture (RSO) porté par un drone comme ceux exploités par l'Institut Fraunhofer (Miranda35 ou Miranda94 par exemple) ou l'ONERA.

Cette application de reconnaissance des cibles a naturellement des applications dans le domaine de la défense mais aussi dans celui de la sûreté et de la sécurité (surveillance du trafic, détection d'intrusion par mer ou par terre). L'idée sous-jacente de cette thèse est qu'une « bonne » acquisition de données, même si ces données sont traitées par un algorithme simple de reconnaissance de cibles, conduira toujours à des résultats meilleurs que ceux obtenus à partir d'une acquisition « moyenne » avec des algorithmes (et parfois extrêmement complexes) comme ceux de l'intelligence artificielle (thèse de Guy-Junior Richard). Par ailleurs, la prise en compte de certains phénomènes observés caractérisant des zones d'intérêt tels que la houle, le déferlement de différentes échelles des vagues, sillage et les propriétés électro-optique permet de réduire les fausses alarmes dans un système de reconnaissance de cibles maritimes notamment les petites et moyennes tailles (ainsi que des objets de faible signature EM).

## **Objectifs de la thèse :**

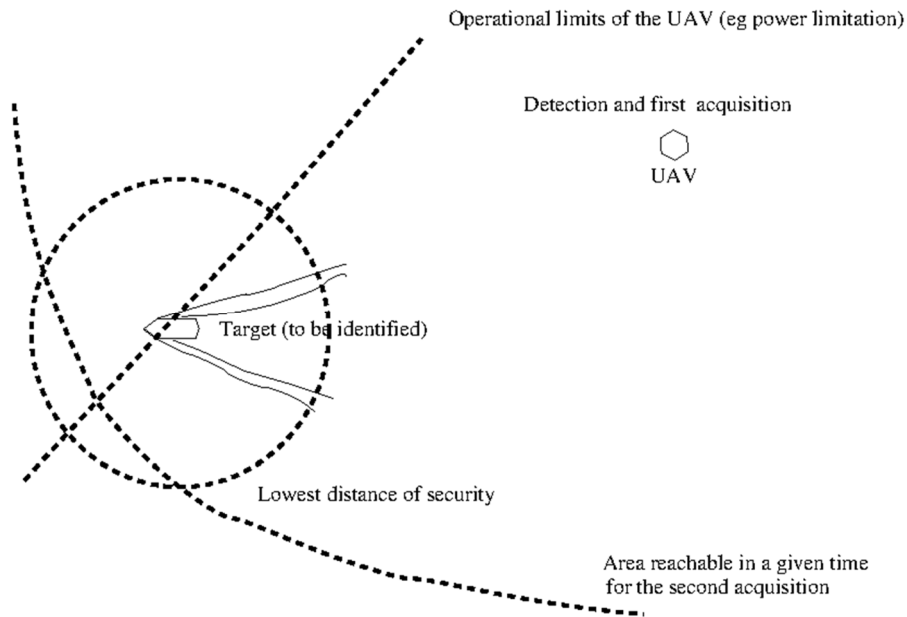
L'expérience montre que, plus un algorithme est complexe, avec différentes étapes dans le processus de reconnaissance par exemple l'apprentissage avec peu de données (IA frugale), transfert d'apprentissage, l'extractions des primitives (electromagnetic scatering centers), recherche dans un dictionnaire ..., moins il est adapté à des situations opérationnelles pour lesquelles une classification robuste et rapide est nécessaire. En effet, afin d'orienter la tâche de reconnaissance et bien évaluer la qualité d'acquisition, la prise en compte de la caractérisation de l'environnement observé (exemple

de fouillis de mer dans le contexte de détection et classification de cibles maritime) via la modélisation électromagnétique peut apporter un atout considérable à la tâche de détection et de reconnaissance. Cette heuristique (de bonne acquisition) est maintenant rendue possible par l'apparition de drones capables de transporter des radars à ouverture synthétique en bande Ku/Ka (mais aussi certains radars en bande X ou C) qui nous permettent une caractérisation de l'environnement et la description fine de la scène observée. Pour ces drones, pour lesquels une configuration d'acquisition peut être définie/redéfinie en temps quasi réel et en fonction de l'environnement observé (maritimes/terrestre). L'idée est que si une cible a été détectée, mais que sa reconnaissance ou son identification reste ambiguë, il faut définir le lieu d'une seconde acquisition avec une configuration adéquate pour être sûr de lever l'ambiguïté sur la reconnaissance/identification.

Ainsi, le but principal de ce doctorat est de concevoir un algorithme qui définit (si possible en temps réel), ce qu'est une « bonne » acquisition pour la reconnaissance/identification d'une cible détectée ainsi que la future localisation et configuration (bandes, polarisation, ...) du drone, dans un espace 3-D pour cette acquisitions. Cet algorithme devra prendre en compte

- l'identification des meilleures configurations (angle d'incidence/azimut bandes de fréquences, polarisation, type d'images, ...) pour lever l'ambiguïté entre plusieurs cibles potentiellement identifiées ;
- prise en compte de l'environnement d'acquisition (maritimes/terrestre) et les phénomènes associés pour supprimer les fausses alarmes (fouillis, houle, déferlement de vagues, ...).
- les limites de déplacement due à l'énergie du drone ... en prenant compte l'énergie nécessaire pour son retour.
- les zones où le drone peut être considéré comme en danger ... ce qui peut dépendre des cibles potentiellement identifiées.
- les contraintes/coût liés à la planification du capteur en fonction de la scène observée (l'énergie, le temps nécessaire pour atteindre les diverses positions, trajet et points à visiter, types de zone de survole, ...).
- Quand cela est possible de faire des acquisitions dans deux gammes de bande différentes (X/C ou Ku/Ka)
- Adaptabilité des algorithmes de détection/reconnaissances avec apprentissage incrémentale.

Bien entendu l'algorithme devra pondérer les contraintes en fonction de la mission (défense, sécurité, sûreté) mais aussi comme cela été dit des objets préalablement identifiés. En particulier, le premier point devra tenir compte de des retour sur l'IA explicable, c'est-à-dire quelles sont les sources de confusion, ... dans quelles configurations d'acquisition .... ce qui doit être prédéfini avant la mission. Pour accroître la qualité de cette explicabilité, la modélisation électromagnétisme caractérisant l'environnement observée sera intégrées dans l'IA et prendre en tache la détection et la reconnaissance de cibles.



### Compétences attendues du ou de la candidat·e :

Lister les principales compétences nécessaires pour ce sujet de thèse.

Le ou la candidate devra avoir des compétences en optimisation, en machine learning, en traitement de Signal/image et en électromagnétisme ... la maîtrise de tous ses domaines n'étant pas possible c'est pourquoi le choix du candidat s'est porté sur un élève ingénieur de l'ENSTA Bretagne, Raphael Valeri (CV joint), dont la spécialité est «Systèmes d'observation et Intelligence Artificielle». Cette spécialité lui assure des compétences pluridisciplinaires en IA et machine learning, optimisation, Traitement de signal/image/vidéo, télédétection, capteur et chaîne de transmission, radar et imagerie, détection EM et Guerre Electronique, ondes et environnement, estimation et aide à la décision.