



جامعة محمد الخامس بالرباط  
Université Mohammed V de Rabat

**École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes**  
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

## **AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT**

**Monsieur Hamid OUIDIR**

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

**Le 29 juin 2026 à 15h00 au Grand Amphi à l'ENSIAS de Rabat**

**Intitulé de la thèse**

**A NOVEL AI APPROACH FOR IMPROVING PERFORMANCE AND  
SECURITY IN UNDERWATER WIRELESS SENSOR NETWORKS**

**Président :**

Pr. Hanan EL BAKKALI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Directeur de thèse :**

Pr. Amine BERQIA, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Co-encadrant :**

Pr. Siham AOUAD, MCH, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Rapporteurs :**

Pr. Moulay Ahmed FAQIHI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Youssef FAKHRI, PES, FS, Université Ibn Tofail, Kénitra

Pr. Yman CHEMLAL, MCH, FS Ben Msik, Casablanca

**Examineur :**

Pr. Mohamed ET-TOLBA, PES, INPT, Rabat

Pr. Jamal EL HACHMI, MCH, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat



### Résumé:

La source d'intérêt pour les réseaux de capteurs sans fil sous-marins (UWSN) provient à la fois de l'émergence de l'internet des objets sous-marins (UIOT) et de l'importance des zones aquatiques dans lesquelles ils sont déployés et exploités, en particulier l'océan, qui couvre plus de 70% de la surface de la terre et contient divers minéraux, plantes et ressources animales. En fait, cet environnement maritime joue un rôle important à plusieurs niveaux, comme l'alimentation, le maintien de l'équilibre des écosystèmes et le transport maritime. Cependant, ces technologies sous-marines font face à de nombreuses contraintes et limitations qui impactent leurs performances et leurs qualités de services attendus, en particulier l'énergie consommée, le temps de transmission, le débit, le ratio de paquets livrés et la sécurité du réseau, en raison de facteurs environnementaux tels que la salinité, la profondeur, la température et la mobilité des nœuds, ainsi que des facteurs technologiques comme les canaux de communication et les caractéristiques physiques des nœuds de capteurs, qui sont des composants essentiels à ce type de réseau et qui sont déployés dans des milieux hostiles aux activités humaines. Par conséquent, de nombreux types d'études employant diverses approches ont été menées pour aborder ces problèmes et difficultés, comme sera mentionné dans la section de revue systématique, où nous exposons les concepts, applications, défis et les travaux pertinents de littérature en plus des méthodes employées et des résultats obtenus par chaque travail choisi. Dans le même contexte, cette thèse propose diverses approches servant à améliorer la performance de ces réseaux et garantir leurs sécurités, en adoptant des techniques mathématiques et des algorithmes d'intelligence artificielle. Ci-dessous les publications associées :

- Enquête portant sur le rehaussement de la performance et la sécurité des réseaux UWSNs par application des approches mathématiques et des algorithmes de l'intelligence artificielle.
- L'optimisation des chemins de transmission à l'aide d'algorithmes d'apprentissage par renforcement basé sur le choix du nœud ayant l'énergie résiduel maximal et le plus proche du nœud sink;
- La mise en œuvre d'une architecture système basée sur une combinaison entre l'informatique en périphérie et le réseau Deep-Q Learning pour favoriser l'optimisation des performances ;
- La localisation des nœuds inconnus sur UWSN en utilisant l'optimisation par contraintes linéaires basée sur l'énergie et la distance ;
- L'implémentation de la détection des attaques cybernétiques au sein des UWSNs à l'aide du classificateur amplificateur de gradient d'histogramme intégrant les facteurs environnementaux.

Ce présent travail explorera ces contributions en décrivant les techniques appliquées et l'explication et l'analyse des résultats obtenus à travers diverses expériences de simulation pour chaque cas d'utilisation, où nous démontrons leurs supériorités au niveau des résultats en termes de métriques de réseau et de modèle en comparaison aux précédentes recherches pertinentes.



**Mots-clés:**

Réseau de capteurs sans fil sous-marin (UWSN); Internet des objets sous-marins (UIOT) ; Intelligence artificielle (IA) ; Apprentissage par renforcement (RL); Classificateur amplificateur de gradient d'histogramme (HGB) ; Réseau Q profond (DQN) ; Décision de processus de Markov (MPD) ; Optimisation des contraintes linéaires (LCO), Localisation des nœuds ; Sécurité ; Attaques de détection d'intrusion.

**Abstract:**

The source of interest for underwater wireless sensor networks (UWSN) comes from both the emergence of the underwater internet of things (UIOT) and the importance of aquatic areas in which they are deployed and operated, especially the ocean, which covers 70% of the earth's surface and contains various minerals, plants, and animal resources. In fact, this maritime environment plays a significant role at several levels, such as maintaining biodiversity and ensuring maritime transportation, and many people get their food from water sources. However, these submerged technologies face many constraints and limitations that impact both network performance and expected service quality, particularly energy, delay, throughput, packet delivered ratio, and security, because of environmental factors like salinity, depth, temperature, and nodes mobility as well as technological factors like communication channels and the physical characteristics of sensor nodes, which are essential components of this network type and installed in areas hostile to human activities. A variety of studies using different approaches were conducted to address these issues and difficulties, as will be covered in the section on the systematic literature review in which we focus on researches using AI algorithms and mathematical techniques. We describe the concepts, applications, challenges, and pertinent works along with the methods used and the outcomes of each selected contribution. Similarly, this thesis proposes a number of ways to employ mathematics and artificial intelligence to enhance network performance and guarantee security, and our related publications are listed below:

- Optimizing transmission pathways using reinforcement learning algorithms;
- Applying a system architecture-based combination of edge computing and Deep-Q Network to drive performance optimization;
- Localizing unknown nodes on UWSN using the linear constraint optimization technique based on energy and distance;
- Developing UWSN Cyber Attack Detection using Histogram Gradient Boosting Classifier incorporating environmental parameters;
- Establishing a Systematic Review of Research on Mathematical Approaches and Artificial Intelligence Techniques Applied in Underwater Wireless Sensor Networks.

In the present work, we will explore these contributions by describing the techniques applied and the significance of the results obtained through various simulation experiments, where we demonstrate their superiority as outcomes in terms of network and model metrics that are comparable to previous relevant research for each use case.



جامعة محمد الخامس بالرباط  
Université Mohammed V de Rabat

**Keywords:**

Underwater Wireless Sensor Network (UWSN); Underwater Internet of Things (UIOT); Artificial Intelligence (AI); Reinforcement learning (RL); Histogram Gradient Boosting Classifier (HGB); Deep Q Network (DQN); Markov Process Decision (MPD); Linear Constraint Optimization (LCO); Node Localization; Security; Intrusion Detection Attacks.