

## Sujet 2 : mastère de recherche M2

Ce Sujet de mastère est extensible pour une thèse de doctorat en informatique ou bien en TIC.

### Lightweight Deep Learning Models for Underwater Object Detection.

Les environnements sous-marins représentent un champ d'étude stratégique pour de nombreuses applications scientifiques, industrielles et environnementales, notamment la surveillance des écosystèmes marins, l'inspection d'infrastructures immergées, la robotique sous-marine, la sécurité maritime et l'archéologie subaquatique. Dans ce contexte, l'analyse automatique des images et vidéos sous-marines (figure 1) constitue un levier essentiel pour réduire les coûts humains et améliorer l'efficacité des missions d'exploration [1, 2]. La vision par ordinateur, couplée aux méthodes d'apprentissage profond, a permis ces dernières années des avancées significatives dans la détection et la reconnaissance d'objets dans des environnements terrestres. Des architectures telles que Faster R-CNN, SSD ou YOLO ont démontré des performances élevées en termes de précision et de robustesse. Toutefois, leur transposition directe au milieu sous-marin reste problématique. Les images sous-marines sont fortement dégradées par des phénomènes physiques spécifiques, tels que l'absorption sélective des longueurs d'onde, la diffusion de la lumière, la turbidité de l'eau, la faible luminosité et la présence de bruit visuel. Ces contraintes entraînent une perte de contraste, une distorsion des couleurs et une variabilité importante de l'apparence des objets [3, 4].



**Figure 1** : Exemple de détection d'objets à partir des images sous-marines.

Par ailleurs, les systèmes de vision sous-marine sont souvent déployés sur des plateformes embarquées, telles que les véhicules sous-marins autonomes (AUV), disposant de ressources limitées en termes de calcul, de mémoire et de consommation énergétique. Or, les modèles de détection d'objets les plus performants reposent généralement sur des réseaux profonds et complexes, difficilement exploitables dans des contextes temps réel et embarqués. Face à ces contraintes, une tendance de recherche récente consiste à développer des modèles légers (lightweight deep learning models), capables d'offrir un compromis efficace entre précision de détection, vitesse d'exécution et consommation de ressources. Ces approches reposent notamment sur l'utilisation d'architectures compactes (MobileNet, ShuffleNet, EfficientNet), de techniques de compression de modèles (pruning, quantification), ainsi que sur l'optimisation des têtes de détection et des mécanismes d'attention adaptés à des environnements visuellement complexes comme le milieu sous-marin [4, 5].

**Problématique** : La détection d'objets sous-marins à l'aide de la vision par ordinateur pose un double défi scientifique et technologique. D'une part, les conditions d'acquisition visuelle sous l'eau rendent la tâche de détection intrinsèquement complexe. D'autre part, les contraintes matérielles des systèmes embarqués limitent l'utilisation de modèles de grande taille, pourtant performants dans des environnements terrestres.

**Objectifs :** L'objectif principal de ce mastère de recherche est de proposer une étude approfondie des modèles légers de détection d'objets appliqués au contexte sous-marin, et d'identifier les compromis pertinents entre performance et efficacité computationnelle. Plus précisément, le sujet visera à :

1. Analyser l'état de l'art des méthodes de détection d'objets sous-marins, en mettant l'accent sur les architectures légères et les stratégies d'optimisation des modèles.
2. Sélectionner et implémenter plusieurs modèles de détection légers, tels que des variantes de YOLO à backbone compact, MobileNet-SSD ou EfficientDet, et les adapter aux spécificités des images sous-marines.
3. Évaluer expérimentalement ces modèles sur des bases de données publiques d'images sous-marines annotées, selon des critères de performance standards (mAP, précision, rappel), mais également selon des indicateurs d'efficacité tels que le temps d'inférence, le nombre de paramètres et l'empreinte mémoire.
4. Étudier l'impact de techniques d'optimisation telles que la quantification, la réduction de paramètres ou l'augmentation de données spécifiques au milieu aquatique, sur la robustesse et la généralisation des modèles.
5. Proposer une architecture ou une configuration optimisée, adaptée à un contexte d'utilisation embarquée ou temps réel, et analyser ses limites.

**Mots clés :** Intelligence artificielle, Deep Learning, Lightweight models, Underwater Object Detection

#### Références :

- [1] Mahmoud Elmezain, Lyes Saad Saoud, Atif Sultan, Mohamed Heshmat, Lakmal D. Seneviratne, Irfan Hussain. Advancing underwater vision: A survey of deep learning models for underwater object recognition and tracking, IEEE Access, Volume 13, pp. 17830–17867. **2025**.
- [2] Faiza Rehman, Mariam Rehman, Maria Anjum, Afzaal Hussain. Optimized YOLOV8: An efficient underwater litter detection using deep learning, Ain Shams Engineering Journal, Volume 16, Issue 1, pp. 103227, **2025**.
- [3] Jianhua Ma, Yongzhang Zhou, Zimeng Zhou, Yuqing Zhang, Luhao He. Toward smart ocean monitoring: Real-time detection of marine litter using YOLOv12 in support of pollution mitigation, Marine Pollution Bulletin, Volume 217, pp. 118136, **2025**.
- [4] Pratima Sarkar, Sourav De, Prasenjit Dey, Sandeep Gurung, Advanced YOLOv4 for real-time underwater object detection: An application-oriented approach, Applied Soft Computing, Volume 185, Part A, **2025**.
- [5] Peng Liu, Kaiyue Wen, Guoyu Wang, Yongchao Li, Junyu Dong, Enhancing underwater images: a dual-constraint latent diffusion approach with multi-view contrastive learning, Expert Systems with Applications, Volume 308, **2026**.

**Ce Sujet de mastère est extensible pour une thèse de doctorat en informatique ou bien en TIC.**

- **Profil recherché :** M2 en informatique, IA ou équivalent, maîtrise de la programmation en Matlab ou Python, un très bon niveau d'anglais (écrit et oral). Une première expérience dans le domaine de la vision artificielle, machine Learning et l'apprentissage profond est appréciée.

- **Lieu de travail :** Les locaux de l'Institut National des Technologies et des Sciences du Kef (INTeK).

- **Documents à envoyer :** CV + tous les relevés de notes à partir du baccalauréat à : [anouar.benkhalfi@inek.u-jendouba.tn](mailto:anouar.benkhalfi@inek.u-jendouba.tn)

- **Date limite de candidature :** fixer par la commission du mastère