

## Formulaire de candidature

Titre de la thèse	Classification d'objets mobiles à partir de vidéos, en utilisant conjointement des caractéristiques optiques et dynamiques
Ecole Doctorale	ED548
Laboratoire	LIS ED 548
Discipline	Informatique
Directeur(s) de Thèse & Encadrant(s)	Frédéric Bouchara – Moez Bouchouicha

**Description du sujet de recherche**

*(3 pages maximum - contexte scientifique, objectifs, mots clé, références)*

Contexte, originalité et pertinence par rapport à l'état de l'art :

La détection et la classification de petits objets mobiles dans une vidéo constitue un axe de recherche particulièrement actif compte tenu des enjeux industriels et sociétaux actuels (véhicules autonomes, luttes contre la menace asymétrique, ...). En matière de sécurité notamment, la furtivité du drone sur de longues distances et la modicité de son coût permet à des opérateurs malveillants de remettre en cause la sécurité d'installations sensibles et de personnes.

La problématique de la détection d'un objet dans une image a fait l'objet de recherches intensives ces dernières années qui ont conduit au développement de méthodes efficaces et rapides reposant sur des architectures neuronales variées [Gir14, Gir15, Red16, Wan22]. Cependant, ces méthodes sont prises en défaut dans le cas d'un objet mobile de petite taille, tel qu'un drone, en raison d'une faible résolution spatiale (la surface de la cible se réduit souvent à quelques pixels) ainsi qu'au flou de mouvement. Une stratégie envisageable pour palier ce problème, consiste à intégrer au processus d'identification des caractéristiques liées à la dynamique de vol.

Plusieurs travaux de la littérature se sont intéressés à la classification en temps réel d'une cible aérienne par l'analyse de son mouvement obtenu à l'aide d'un système radar. Cette problématique, initiée notamment par l'étude de Ghadaki *et al.* [Gha06], a donné lieu à plusieurs travaux utilisant différents types de classifieurs [Wan17, Tan16, Zhe14].

La détection et la classification d'une cible par son mouvement en utilisant une vidéo reste cependant assez peu étudiée. Dans leur papier, Chan *et al.* [Cha21] proposent une méthode utilisant un classifieur SVM appliqué à un ensemble de caractéristiques physiques (courbure, accélération, ...)

déduites de la trajectoire. [Oue22] opère une estimation de la trajectoire de l'objet en détectant sa position dans les trames successives. Ensuite un réseau conventionnel est utilisé pour déterminer si la trajectoire appartient à un drone ou non. De même, [Sri20] récupère cinq caractéristiques de la trajectoire de l'objet afin de différencier un drone d'un oiseau. Les cinq caractéristiques sont : l'angle de rotation, la périodicité, la courbure, la vitesse et l'accélération. Par la suite une analyse en composante principale est appliquée pour réduire le nombre de caractéristiques à deux paramètres, Enfin ils utilisent un classifieur SVM pour déduire la nature de l'objet.

A notre connaissance, les méthodes de l'état de l'art se limitent donc à l'utilisation de modèles non neuronaux (SVM) ou basées sur des architectures relativement simples. D'autre part, elles ne proposent pas d'approche unifiée, les différents traitements (détection, pistage et classification) sont réalisés indépendamment.

Ces différents aspects sont donc des points d'amélioration importants sur lesquels repose cette étude.

### Objectifs et Méthodes :

Les objectifs de la thèse concernent l'étude et le développement des différents aspects relatifs à la détection, au pistage et à classification de cibles mobiles en utilisant simultanément des caractéristiques optiques et liées à la dynamique. Ces différents aspects seront étudiés conjointement avec pour objectif de proposer une approche unifiée. Les pistes envisagées concernent notamment l'utilisation d'une approche de pistage par modèles multiples (c.f. ref [Blo88]) intégrant des modèles de déplacement résultants de l'apprentissage. Le pistage devra également utiliser les caractéristiques optiques extraites par le processus de classification. Les différentes informations (optiques et liées à la dynamique) permettant la classification de la cible seront intégrées de façon incrémentale à l'aide d'un modèle récurrent (type LSTM ou GRU) (c.f. ref [Gao18, Mil16, Zha21]).

L'étude concernera également les aspects liés à l'apprentissage des modèles dans ce contexte particulier pour lequel il n'existe pas de base annotée et pour lequel la constitution d'une telle base reste un verrou.

Différentes approches sont envisagées contourner ce problème dont notamment :

- Le recours au « réglage fin » (*fine tuning*) du modèle dont les différents modules (relatifs à l'extraction des caractéristiques optiques et liées à la dynamiques) seront pré-entraînés séparément.
- La génération de données synthétiques par une approche globale telle que celles proposées par [For17, Kam19] ou locale utilisant un modèle de réseau de neurones génératif (GAN ou VAE).
- L'utilisation de méthodes d'apprentissage non-supervisées ou faiblement supervisées.

### Retombées attendues :

D'un point de vue scientifique cette thèse s'inscrit dans une thématique particulièrement active et permettra de publier des articles à fort impact. D'autre part, les applications industrielles potentielles sont nombreuses aussi bien dans le domaine civil (notamment pour tout ce qui concerne le développement de véhicules autonomes) que dans le secteur de la défense (lutte contre la menace asymétrique, système de veille automatique, ...). Les résultats de cette thèse pourront donc faire l'objet de valorisations vers le monde industriel en s'appuyant notamment sur une collaboration actuelle entre Naval Group et le LIS autour des travaux de Frédéric Bouchara relatifs à la surveillance maritime.

### Mots clés :

Détection, classification par la dynamique, pistage

## Références :

- [Blo88] H.A. Blom, Y. Bar-Shalom, The interacting multiple model algorithm for systems with markovian switching coefficients», IEEE transactions on Automatic Control, vol. 33, n o 8, p. 780–783, (1988)
- [Cha21] J.J.X. Chan *et al.*, Small Flying Object Classifications Based on Trajectories and Support Vector Machines, *Journal of Robotics and Mechatronics* 33(2):329-338, (2021)
- [For17] G. Forestier, F. Petitjean, H. A. Dau, G. Webb. «Generating synthetic time series to augment sparse datasets, IEEE international conference on data mining (ICDM), 865–870, (2017)
- [Gao18] ] Gao, C.; Liu, H.; Zhou, S.; Su, H.; Chen, B.; Yan, J.; Yin, K. Maneuvering Target Tracking with Recurrent Neural Networks for Radar Application. *In Proc. International Conference on Radar (RADAR)* , 2018.
- [Gha06] Ghadaki H., Dizaji, R.: Target track classification for airport surveillance radar (asr). In: IEEE Conference on Radar, p. 4 (2006).
- [Gir14] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J., Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 580-587, (2014)
- [Gir15] Girshick, R.. Fast r-cnn. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, pp. 1440-1448, (2015)
- [Kam19] Kamycki, Krzysztof and Kapuscinski, Tomasz and Oszust, Mariusz. «Data augmentation with suboptimal warping for time-series classification.» Édité par MDPI. *Sensors* 20, n° 1 (2019)
- [Mil16] Milan, A.; Rezatofghi, S.H.; Dick, A.; Reid, I.; Schindler, K. Online Multi-target Tracking using Recurrent Neural Networks, arXiv:1604.03635, 2016
- [Red16] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 779-788, (2016).
- [Sri20] Srigrarom S., Hoe Chew K., Meng Da Lee D. and Ratsamee P., "Drone versus Bird Flights: Classification by Trajectories Characterization," *2020 59th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)*, Chiang Mai, Thailand, 2020, pp. 343-348, doi: 10.23919/SICE48898.2020.9240313.
- [Tan16] Tanisaro P. et G. Heidemann,, «Time series classification using time warping invariant echo state networks», dans 2016 15th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA), (2016)
- [Oue22] Ouerteteni M., Zaafour, A. Dellegi T., Bouchouicha M., Chtourou Z., et Sayadi M., "Flying objects using trajectory images ans convolutional neural network", dans *International Conference on Information Technologies and Smart Industrial Systems*, Paris, 2022,
- [Wan17] Wang Z., Yan W., Oates T., «Time series classification from scratch with deep neural networks : A strong baseline», dans 2017 International joint conference on neural networks (IJCNN), (2017)
- [Wan22] Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovskiy, Hong-Yuan Mark Liao, YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors, arXiv:2207.02696, (2022)
- [Woj17] Nicolai Wojke, Alex Bewley, Dietrich Paulus, Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric, arXiv:1703.07402, (2017)
- [Zha21] Hui Zhang, Hua-jun Liu and Cai-ling Wang, Learning to Multi-Target Tracking in Dense Clutter Environment with JPDA-Recurrent Neural Networks, *Journal of Physics: Conference Series*, (2021)
- [Zhe14] Zheng, Y., Liu, Q., Chen, E., Ge, Y., Zhao, J.L.: Time series classification using multi-channels deep convolutional neural networks. In: *International Conference on Web-Age Information Management*, pp. 298–310 (2014)

## **Encadrement et conditions matérielles pour le doctorant**

### **Encadrement**

**Frédéric Bouchara** (le directeur de thèse) est Maître de conférence HDR dans l'équipe SiIm du LIS. Ses thèmes de recherche sont relatifs à la vision par ordinateur et l'apprentissage automatique appliqués à la surveillance maritime. Il a dirigé 7 thèses (toutes soutenues) ainsi que plusieurs projets (DGA RAPID et industriels) en lien avec la surveillance maritime. Son dernier doctorant a soutenu le 11 avril 2023. Il n'a jamais bénéficié d'un contrat doctoral de l'établissement.

**Moez Bouchouicha** ( co-encadrant de thèse) est Maître de conférence dans l'équipe SiIm du LIS. Ses axes de recherches concernent essentiellement la vision par ordinateur et l'apprentissage automatique avec des applications dans le domaine de la surveillance de l'environnement et le domaine biomédical. Il a co-encadré 4 thèses, dont deux soutenues, une troisième soutenance est prévue fin 2023, Il a participé à un projet PHC Utique ainsi qu'un RAPID DGA. Au jour d'aujourd'hui, il n'a jamais bénéficié d'un contrat doctoral de l'établissement.

### **Conditions matérielles**

Le doctorant disposera d'un ordinateur personnel (portable ou de bureau) équipé d'une carte graphique Nvidia, pour le développement et le prototypage des différents modèles qu'il sera amené à étudier.

Il pourra utiliser plusieurs serveurs de calcul (dont l'équipe encadrante dispose d'un accès prioritaire) pour réaliser les entraînements des modèles basés sur de l'apprentissage profond.

Le laboratoire dispose en outre de plusieurs drones (1 drone HEXA H520, 1 drone Octo Tarrot) qui pourront être utilisés pour la constitution de données expérimentales dans le respect des règles de sécurité (Moez Bouchouicha, co-encadrant du doctorant, dispose du brevet de télé pilote de drones).

## **Compétences attendues et personnes à contacter**

### **Compétences attendues :**

→ Titulaire d'un Master 2 en EEA ou informatique. Connaissance en vision par ordinateur, apprentissage profond, traitement du signal, langage de programmation python et C++.

### **Personne(s) à contacter :**

→ Frédéric Bouchara (bouchara@univ-tln.fr), Moez Bouchouicha ( moez.bouchouicha@univ-tln.fr)