

Apprentissage robuste pour la détection et le suivi de drones en environnement varié

Thèse OSC

Date de début : Dès que possible

Mots clefs : lutte anti-drone, apprentissage automatique, vision par ordinateur, détection d'objets, robustesse

Contexte : L'essor du commerce des véhicules aériens sans équipage, ou drones, pose actuellement des problèmes de sécurité critiques pour la surveillance et la protection d'événements publics ou de sites sensibles. Dans ce contexte, la détection, la classification et le suivi de ces objets sont des enjeux actuels majeurs pour l'armée de l'air et de l'espace, l'objectif étant, in fine, l'interception d'objets potentiellement dangereux.

Des systèmes de lutttes anti-drone existent déjà sur le marché, fonctionnant principalement sur la base de systèmes radars actifs. Ces systèmes radars, bien qu'efficaces dans certaines situations, ont un champ d'application restreint, leur classification des objets en tant que drone est peu fiable, ils sont sensibles au brouillage, facilement repérables et ne peuvent pas être déployés dans certaines zones protégées.

Dans les systèmes de surveillance modernes, la surveillance d'une zone d'intérêt est réalisée par un ensemble de systèmes utilisant des sources d'informations hétérogènes : radar, spectres visible, infrarouge, acoustique, radiofréquences, etc.. Toute la chaine de défense est automatisée et connectée à un système décisionnel centralisé dans un centre de contrôle, sauf pour ce qui est du guet à vue, réalisé par un groupe d'opérateurs coordonné par un chef de conduite. Ce travail est particulièrement difficile. Il nécessite une certaine expérience ainsi que le maintien d'une grande disponibilité cognitive sur une longue période, le manque d'expérience, la fatigue et les conditions liés à l'environnement pouvant conduire à des erreurs de détection et de classification.

Le dispositif utilisé par les opérateurs dans le cadre des missions de surveillance intègre une jumelle multi-spectrales couvrant les domaines visible et infrarouge. Il s'agira donc de se concentrer sur ce type de données, ce qui permettrait une couverture allant jusqu'à 15 km [4].

État de l'art : Actuellement, les méthodes les plus efficaces pour effectuer des tâches de détection automatique d'objets sur des images fixes ou des vidéos reposent sur des techniques d'apprentissage profond (deep learning) [1]. Les besoins de la communauté et les difficultés techniques liées à cette tâche ont entraîné le lancement de plusieurs challenges publics tels que le anti-UAV challenge [2], et les challenges de detection drone vs bird [3, 5]. Dans [1, 4], les auteurs proposent une comparaison des différentes méthodes de détection et de suivi en fonction de leur modalité.

Cependant, la variabilité des images utilisées pour l'entraînement des modèles de détection demeure très limitée. En effet, les distributions des données peuvent être influencées par divers facteurs tels que l'exposition à la lumière, l'heure de la journée, le type de capteur utilisé, les conditions météorologiques ou encore la taille des objets à détecter. En pratique, il est difficile de constituer un jeu de données d'entraînement suffisamment représentatif pour couvrir l'ensemble de ces variations.

Dans le cadre de la lutte anti-drone, des études ont été faites notamment à l'ONERA sur l'instabilité des performances des algorithmes de détection en fonction des bases de données d'entraînement[6]. Plusieurs techniques ont également été mises en place pour évaluer et améliorer cette robustesse dans le cadre général de la détection d'objets [7, 8] mais elles ne permettent pas de répondre aux enjeux actuels de la lutte anti-drone.

Objectif : Dans ce contexte, l'objectif de cette thèse est de développer des méthodes permettant d'améliorer la robustesse de la détection et du suivi de drones en environnement varié, afin de fournir une aide pour les opérateurs en charge de la surveillance de zones sensibles par guet à vue. On envisagera les cas de détection dans les spectres du visible et de l'infrarouge.

Plan envisagé :

1. Dans un premier temps, le candidat sera amené à interagir avec le commandement de l'escadron de défense sol-air (EDSA) de la base 125, à l'initiative du projet. Sur la base du travail effectué par un groupe d'étudiants de l'école de l'air et de l'espace (EAE), il mènera une étude bibliographique et finalisera, si nécessaire, la construction d'une base de donnée adaptée au problème étudié. La base de donnée servira de référence pour l'évaluation et la comparaison de la solution proposée.
2. Sur la base de ce travail, il construira un algorithme d'apprentissage automatique robuste adapté répondant au problème de détection des drones en environnement varié.
3. Enfin, il implémentera une méthode de suivi des objets détectés et confrontera la méthode proposée à des données réelles.

Structure d'accueil : Le candidat sera basé sur la base aérienne de Salon-de-Provence, dans les locaux du Centre de recherche de l'école de l'air et de l'espace (CREA). Des déplacements sont à prévoir à l'ONERA/DTIS sur le site de Palaiseau ainsi que sur la base aérienne d'Istres.

L'École de l'air et de l'espace est une grande école militaire (ayant le statut d'EPSCP-GE) implantée à Salon-de-Provence, habilitée à délivrer le titre d'ingénieur. Elle est membre de la Conférence des Grandes Écoles et du groupe ISAE (SUPAERO, ENSMA, ESTACA, École de l'air). Elle a notamment la charge de la formation initiale de l'ensemble des officiers de l'armée de l'Air et de l'Espace.

Le CREA est l'unité de recherche pluridisciplinaire de l'École de l'air et de l'Espace. Il est en lien étroit avec la Base aérienne 701, ce qui lui offre la capacité rare d'accéder à des moyens aéronautiques comme des avions ou des zones de vol. Il entretient également des partenariats avec de grands acteurs de la défense et de l'aéronautique (DGA, CEA, ONERA, Dassault Aviation, pôle de compétitivité SAFE) mais aussi académiques (Aix-Marseille Université, écoles du groupe ISAE, IRSEM, ENSCP...).

Le CREA est composée d'une trentaine d'enseignants chercheurs répartis dans de nombreuses disciplines : histoire, sociologie, sciences politiques, mathématiques, mécanique des fluides et des structures, sciences cognitives, informatique, traitement du signal. Ses membres conduisent des recherches académiques ayant un objet commun : les déterminants de l'évolution de l'emploi militaire des systèmes aéronautiques et spatiaux.

Profil recherché : Bac + 5 en traitement du signal / machine learning ou domaine connexe ; Connaissances du milieu aérospatial militaire bienvenues ; Compétences en systèmes de détection bienvenues ; Autonomie et curiosité.

Le candidat, civil, sera recruté en tant qu'officier sous contrat (OSC) au sein de l'Armée de l'Air et de l'Espace. Il signera un engagement renouvelable et effectuera une première période de formation militaire en qualité d'élève OSC.

Encadrement : La thèse sera dirigée par Jérémy Buisson (CREA, Salon-de-Provence), et encadrée par Cyril Cano (CREA, Salon-de-Provence) et Baptiste Abeloos (ONERA/DTIS, Palaiseau).

Candidature : Contact par mail à Jérémy Buisson (jeremy.buisson@ecole-air.fr), Cyril Cano (cyril.cano@ecole-air.fr) et Baptiste Abeloos (baptiste.abeloos@onera.fr). Joindre un CV, une lettre de motivation et des références. **Candidature à déposer sur le site devenir-aviateur en suivant ce lien.**

References

- [1] Unlu, E., Zenou, E., Riviere, N. et al. Deep learning-based strategies for the detection and tracking of drones using several cameras. IPSJ T Comput Vis Appl 11, 7 (2019). <https://doi.org/10.1186/s41074-019-0059-x>
- [2] The 4th Anti-UAV Workshop & Challenge. 2025. "<https://anti-uav.github.io/>"
- [3] Drone-vs-birds challenge. 2020. "<https://github.com/wosdetc/challenge>".
- [4] Raed Abu Zitar, Mohammad Al-Betar, Mohamad Ryalat, and Sofian Kassaymeh. A review of UAV Visual Detection and Tracking Methods. In 9th Annual Conf. on Computational Science & Computational Intelligence (CSCI'22), Las Vegas, United States, December 2022.
- [5] OSDETC workshop & challenge. 2025. "<https://wosdetc2025.wordpress.com/>"
- [6] Arthur Toder, Martin Perez-Izaguirre, Guillaume Quin, Adrien Chan Hon Tong. Mise en évidence d'instabilités fortes dans les performances d'algorithmes de détection dans un contexte anti-drone.
- [7] Josip Djolonga et al. "On robustness and transferability of convolutional neural networks," Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 16458–16468, 2021.
- [8] Bingchen Zhao et al. "Ood-cv: A benchmark for robustness to out-of-distribution shifts of individual nuisances in natural images," European conference on computer vision, pp. 163–180, 2022.