

<p>Titre de la thèse/Thesis title : Approche pour le suivi en temps réel par drones autonomes de cibles très mobiles – application à la caractérisation du vol de petites espèces animales (insectes et oiseaux)</p>
<p>Laboratoire d'accueil / Host Laboratory : ImViA (Imagerie et Vision Artificielle)</p>
<p>Spécialité du doctorat préparé/Speciality : Informatique et Instrumentation de l'Image</p>
<p>Mots-clefs / Keywords : UAV - Drone, traitement d'image, vision, détection, suivi, estimation et analyse du mouvement, reconnaissance de forme, IA, commande, contrôle, optimisation, imprévisibilité du mouvement, robotique mobile autonome.</p>
<p>Descriptif détaillé de la thèse / Job description</p> <p>Les enjeux scientifiques portent sur le développement d'une approche pour la mise au point du suivi par drone(s), en temps réel, de cibles très mobiles avec des mouvements à caractères imprévisibles et à étudier. Le contrôle (non-linéaire) d'un drone autonome et l'optimisation des algorithmes restent un problème ouvert dans les applications réelles. De plus, l'application visée pourra nécessiter l'utilisation d'une flotte de drones synchronisés, amenant des problématiques de commandes et d'optimisation des trajectoires.</p> <p>La plupart des travaux de l'état de l'art sur le sujet sont développés pour la simulation et dans le cas du suivi de drones depuis des caméras orientables. En raison de la non-linéarité intrinsèque entre l'état de la cible et les mesures passives, la conception et le développement de l'algorithme de poursuite sur des estimations fiables et robustes restent un problème difficile. Dans l'application au suivi du vol de petits espèces d'animaux (insectes, oiseaux), le problème est encore plus ardu. L'étude et la prise en compte de la complexité de leurs mouvements et de leur caractère imprévisible est un problème ouvert et qui intéresse les chercheurs en biologie mais aussi en biodiversité. Le développement de l'approche de suivi nécessitera des données réelles sur les trajectoires des cibles (frelons, mésanges par exemple) : elles seront soit issues de caméras fixes et de drones pilotés, soit acquises directement avec le prototype en cours de développement. Le caractère imprévisible des mouvements des cibles pourra ainsi être étudié et enrichir l'approche pour le suivi et la stratégie de déplacement du drone. Une stratégie devra également être étudiée pour une flotte de drones afin de garantir un meilleur succès en suivi qu'avec un drone seul. Les algorithmes devront de plus être optimaux, robustes et invariants au(x) drone(s) utilisé(s) – les performances dépendront bien sûr de celles du drone.</p> <p>Le laboratoire ImViA dispose de plusieurs drones et d'un filet pour mener des expérimentations en toute sécurité et légalité. Le(s) drone(s) sera (seront) équipés d'un module GPS pour aider à la caractérisation des trajectoires de la cible et permettre au(x) drone(s) de retourner à sa(leur) base.</p> <p>Ce travail de thèse sera développé en collaboration avec le laboratoire Biogéosciences de l'Université de Bourgogne.</p>
<p>Références bibliographiques / Bibliography</p> <p>[1] Manav Kumar, Sharifuddin Mondal, Recent developments on target tracking problems : A review, Ocean Engineering 236 (2021) 109558</p> <p>[2] Feiyu, Z., Dayan, L., Zhengxu, W. et al. Autonomous localized path planning algorithm for UAVs based on TD3 strategy. Sci Rep 14, 763 (2024). https://doi.org/10.1038/s41598-024-51349-4</p>

[3] Zitar, Raed & Mohsen, Amani & Seghrouchni, Amal & Barbaresco, Frederic & Al-Dmour, Nidal. (2023). Intensive Review of Drones Detection and Tracking : Linear Kalman Filter Versus Nonlinear Regression, an Analysis Case. Archives of Computational Methods in Engineering. 1-20. 10.1007/s11831-023-09894-0.

[4] Puente-Castro, A., Rivero, D., Pazos, A. et al., A review of artificial intelligence applied to path planning in UAV swarms. Neural Comput & Applic 34, 153–170 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06569-4>

[5] Fu, Changhong and Lu, Kunhan and Zheng, Guangze and Ye, Junjie and Cao, Ziang and Li, Bowen and Lu, Geng, Siamese Object Tracking for Unmanned Aerial Vehicle : A Review and Comprehensive Analysis, Artificial Intelligence Review, vol. 56, no. supp. 1, p. 1417–1477, 2023, doi 10.1007/s10462-023-10558-5

[6] Rathore A, Sharma A, Shah S, Sharma N, Torney C, Guttal V. 2023. Multi-Object Tracking in Heterogeneous environments (MOTHe) for animal video recordings. PeerJ 11 :e15573 <https://doi.org/10.7717/peerj.15573>

Profil demandé / Applicant profile

Le candidat sera issu d'une formation en traitement d'images, vision par ordinateur, systèmes d'imagerie, systèmes embarqués.

Preferred selection criteria:

- compétences en traitement des images et du signal
- compétences en mathématiques appliquées
- compétences en estimation de mouvement

Personal characteristics:

- intérêt pour l'étude du mouvement des espèces animales volantes

Financement : MESRI Etablissement

Dossier à envoyer pour le **01/06/2024**

Début du contrat : 1^{er} Octobre 2024

Salaire mensuel brut : 2100€

Direction de la thèse:/ Thesis Supervisor

LALIGANT Olivier olivier.laligant@u-bourgogne.fr

Encadrement de la thèse : co-directeur(s) et co-encadrant(s)

à préciser

Applicants are invited to submit their application to the PhD supervisors.

Application must contain the following documents:

- CV
- Cover letter
- At least 1 reference letter



Titre de la thèse/Thesis title : Approach for real-time tracking of highly mobile targets by autonomous UAVs - application to flight characterization of small animal species (insects and birds)

Laboratoire d'accueil / Host Laboratory : ImViA (Imagerie et Vision Artificielle)

Spécialité du doctorat préparé/Speciality : Image Instrumentation and Computing

Mots-clefs / Keywords : UAV - Drone, image processing, vision, detection, tracking, motion estimation and analysis, pattern recognition, AI, command, control, optimization, motion unpredictability, autonomous mobile robotics.

Descriptif détaillé de la thèse / Job description

The scientific challenge is to develop an approach for the real-time tracking by UAV(s) of highly mobile targets with unpredictable movements. The (non-linear) control of an autonomous drone and the optimization of algorithms remain an open problem in real applications. In addition, the targeted application may require the use of a fleet of synchronized UAVs, leading to control and trajectory optimization issues.

Most of the state-of-the-art work on the subject has been developed for simulation and in the case of UAV tracking from steerable cameras. Due to the intrinsic non-linearity between target state and passive measurements, the design and development of the tracking algorithm on reliable and robust estimates remains a challenging problem. In the application to flight tracking of small animal species (insects, birds), the problem is even more challenging. Studying and taking into account the complexity of their movements and their unpredictable nature is an open problem that interests researchers in biology as well as biodiversity. The development of the tracking approach will require real data on the trajectories of targets (hornets, chickadees, etc.): this will either come from fixed cameras and piloted drones, or be acquired directly with the prototype currently under development. This will enable us to study the unpredictable nature of target movements, enriching our approach to tracking and drone movement strategy. A strategy will also have to be devised for a fleet of UAVs to guarantee better tracking success than with a single UAV. The algorithms will also have to be optimal, robust and invariant to the drone(s) used - performance will of course depend on that of the drone.

The ImViA laboratory has several drones and a net to carry out experiments safely and legally. The drone(s) will be equipped with a GPS module to help characterize target trajectories and enable the drone(s) to return to base.

This thesis will be developed in collaboration with the Biogeosciences laboratory at the University of Burgundy.

Références bibliographiques / Bibliography

- [1] Manav Kumar, Sharifuddin Mondal, Recent developments on target tracking problems : A review, Ocean Engineering 236 (2021) 109558
- [2] Feiyu, Z., Dayan, L., Zhengxu, W. et al. Autonomous localized path planning algorithm for UAVs based on TD3 strategy. Sci Rep 14, 763 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51349-4>
- [3] Zitar, Raed & Mohsen, Amani & Seghrouchni, Amal & Barbaresco, Frederic & Al-Dmour, Nidal. (2023). Intensive Review of Drones Detection and Tracking : Linear Kalman Filter Versus Nonlinear Regression, an Analysis Case.

Archives of Computational Methods in Engineering. 1-20. 10.1007/s11831-023-09894-0.

[4] Puente-Castro, A., Rivero, D., Pazos, A. et al., A review of artificial intelligence applied to path planning in UAV swarms. *Neural Comput & Applic* 34, 153–170 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06569-4>

[5] Fu, Changhong and Lu, Kunhan and Zheng, Guangze and Ye, Junjie and Cao, Ziang and Li, Bowen and Lu, Geng, Siamese Object Tracking for Unmanned Aerial Vehicle : A Review and Comprehensive Analysis, *Artificial Intelligence Review*, vol. 56, no. supp. 1, p. 1417–1477, 2023, doi 10.1007/s10462-023-10558-5

[6] Rathore A, Sharma A, Shah S, Sharma N, Torney C, Guttal V. 2023. Multi-Object Tracking in Heterogeneous environments (MOTHe) for animal video recordings. *PeerJ* 11 :e15573 <https://doi.org/10.7717/peerj.15573>

Profil demandé / Applicant profile

The candidate will have a background in image processing, computer vision, imaging systems, embedded systems.

Preferred selection criteria:

- competences in signal/image processing
- competences in applied mathematics
- competences in motion estimation

Personal characteristics:

- interest in studying the movement of flying species

Financement : MESRI Etablissement

Application to be sent by **01/06/2024**

Contract start date: 1^{er} Octobre 2024

Gross monthly salary : 2100€

Direction de la thèse:/ Thesis Supervisor

LALIGANT Olivier olivier.laligant@u-bourgogne.fr

Encadrement de la thèse : co-directeur(s) et co-encadrant(s)

to be specified

Applicants are invited to submit their application to the PhD supervisors.

Application must contain the following documents:

- CV
- Cover letter
- At least 1 reference letter