

**Université de technologie de Compiègne - Proposition de thèse**

<b>1<sup>re</sup> partie : Fiche scientifique</b>	
Intitulé de la thèse	Développement d'une architecture prédictive pour l'auto-coordination des essaims
Type de financement	½ MESR (France) / ½ Conahcyt (Mexique)
Laboratoire d'accueil	unité de recherche : Heudiasyc UMR CNRS 7253 équipe de recherche : SyRI site web : <a href="https://www.hds.utc.fr">https://www.hds.utc.fr</a>
Directeur(s) de thèse	CASTILLO Pedro (DR CNRS)  CARINO ESCOBAR Jossué (Co-encadrant)
Domaines de compétence	Informatique, électronique Sciences pour l'ingénieur Mathématiques
Description du sujet de thèse	<p>Introduction et objectif du projet</p> <p>Les essaims de drones constituent la prochaine étape dans la recherche sur les systèmes autonomes. Cependant, à mesure que le nombre de drones augmente, la capacité à les contrôler et à assurer leur coordination devient de plus en plus complexe. L'objectif principal de ce sujet de thèse est donc de concevoir un algorithme de comportement grégaire pour un essaim de drones, qui lui permettrait de traverser un couloir aux dimensions limitées. L'algorithme développé sera conçu d'un point de vue du contrôle coopératif et un utilisant de modèles prédictifs.</p> <p>Description du projet</p> <p>La recherche sur les essaims de drones (multi-agents), que nous proposons sera divisée en trois domaines : la coopération, la coordination et la prédiction</p> <p>La <b>coopération</b> désigne les actions que chaque agent doit mener pour atteindre leur objectif commun, et plusieurs méthodes ont été étudiées à cet effet. Les premières consistaient à imiter les comportements observés dans la nature à l'aide de règles relativement simples, comme les lions ou les loups chassant leurs proies, mais elles échouent souvent car elles sont trop simplistes face à des proies qui connaissent déjà ces règles simples. L'approche suivante consistait à considérer la coopération comme un jeu impliquant plusieurs joueurs, des règles d'engagement et un objectif commun. La coopération consistait alors à trouver la meilleure stratégie pour gagner ce jeu, mais cela posait un problème, car l'adversaire pouvait également apprendre et s'adapter à cette stratégie. Les travaux les plus récents considèrent la coopération comme une expérience d'apprentissage et utilisent donc la répétition et les simulations pour aider l'essaim à apprendre à coopérer, mais l'apprentissage prend du temps et ne permet pas de traiter tous les scénarios possibles.</p> <p>Un élément clé d'un essaim de drones est le réseau de communication et de capteurs, au sein duquel s'effectuent la coordination et la perception de l'essaim. La coordination repose sur l'échange d'informations, de sorte que chaque agent dispose des informations nécessaires pour assurer la coopération. Les principaux problèmes dans la coordination surviennent lorsque les informations ne peuvent pas être transmises là où elles sont</p>

	<p>nécessaires, ou quand ces informations sont corrompues ou obsolètes. Les travaux menés sur cette thématique ont tendance à se concentrer sur les aspects techniques, tels que la perte d'informations, et négligent souvent de garantir l'homogénéité des informations au sein de l'essaim.</p> <p>Le thème de la <b>coordination</b> a récemment refait surface en raison de l'apparition de contrôleurs intégrant la prédiction dans leurs boucles de commande, nous pouvons citer le contrôle prédictif par modèle (MPC). Dans nos travaux précédents, nous avons démontré que l'intégration de la prédiction dans la boucle de commande permettait d'accroître la réactivité et l'agilité d'un système de drones. Également, d'autres schémas de prédiction ont déjà été proposés et testés dans le cadre d'essais de drones. Les travaux antérieurs qui ont abordé ce problème sont soit centralisés, car la prédiction consomme beaucoup de ressources informatiques, ou soit plus techniques dans la manière dont l'information est distribuée à travers le réseau.</p> <p>Dans l'étape de prédiction, la prédiction vise à améliorer l'agilité de l'essaim de drones. La nouveauté réside après l'étape de coordination. Une fois que l'algorithme de coopération et de coordination est validé, l'algorithme de prédiction améliorera considérablement la rapidité de sa performance sans compromettre la stabilité de l'ensemble.</p> <p>Références :</p> <p>[1] Qu, Z. (2009). Cooperative control of dynamical systems: applications to autonomous vehicles. London: Springer London.</p> <p>[2] Chengxing Wu, Hongzhong Deng, Hongqian Wu, Chengyi Tu, Enhancing resilience of unmanned autonomous swarms through game theory-based cooperative reconfiguration, Reliability Engineering &amp; System Safety, Volume 260, 2025, 110951, ISSN 0951-8320.</p> <p>[3] Yingsong Zheng, Autonomous Navigation and Control Method of UAV Swarm Based on Deep Reinforcement Learning, Procedia Computer Science, Volume 261, 2025, Pages 870-878, ISSN 1877-0509.</p> <p>[4] J. Cariño, P. Castillo, B. Vidolov and R. Lozano, "Multi-aerial pursuit of an intruder système sans pilote using a behavioral approach based on energy," <i>2024 IEEE 63rd Conference on Decision and Control (CDC)</i>, Milan, Italy, 2024, pp. 5478-5483</p> <p>[5] Jossué Cariño Escobar, C. De Souza, P. Castillo, B. Vidolov, Multi-aerial pursuit of a dynamic target with trajectory prediction, Mechatronics, Volume 117, 2026, 103496, ISSN 0957-4158.</p>
Mots clés	Commande automatique, multi-agents, contrôle coopératif, coordination, prédiction
Profil et compétences du candidat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master ou diplôme d'Ingénieur en Commande automatique, Robotique, Mécatronique.</li> <li>• Compétences en automatique, maths appliquées, et robotique</li> <li>• Bonne maîtrise du langage C++, de Matlab et/ou Python</li> <li>• Bonne maîtrise de l'anglais, écrit et oral</li> </ul>
Date de début de la thèse	Octobre 2026
Lieu de travail de thèse	Laboratoire Heudiasyc UTC, Compiègne, France

<b>2<sup>e</sup> partie : Fiche de poste</b>	
Durée	36 mois
Possibilité missions complémentaires	oui, missions d'enseignement
Laboratoire d'accueil	<p>Le laboratoire Heudiasyc bénéficie d'une expérience reconnue (plus de 25 ans) et très visible dans la navigation autonome des drones aériens et leur intégration sur des plateformes réelles. Sa participation de longue date à des événements scientifiques et à des projets financés lui permet de démontrer sa maîtrise du pilotage de drones. De ce fait, le laboratoire Heudiasyc est équipé et possède l'expérience nécessaire pour mener à bien la validation expérimentale des algorithmes théoriques. Il dispose notamment d'un système de capture de mouvement Optitrack et d'une vingtaine de drones à code source ouvert, largement suffisants pour réaliser les expériences requises par ce projet, sans oublier l'assistance d'ingénieurs en vol expérimentés qui pourront contribuer à la réalisation des expériences. Des arènes de vol intérieures et extérieures sont disponibles dans les locaux de l'UTC. Heudiasyc compte parmi les pionniers de la recherche en France dans le domaine des drones. Le laboratoire Heudiasyc participe à de nombreux projets de recherche liés aux véhicules aériens depuis 2001.</p> <p>Pour réaliser ce projet, le laboratoire Heudiasyc mettra à disposition du projet ces drones robotisés, plusieurs capteurs et arènes de vols : des drones développés dans le cadre de projets TIRREX ET RITMEA, une flotte de drones Parrot (10 véhicules) en utilisant le framework développé à Heudiasyc, une zone de vol extérieur, une salle de tests intérieure avec le système motion capture OptiTrack, et un simulateur (framework) pour valider les algorithmes de commande. De plus, l'étudiant(e) s'appuierait sur les résultats obtenus par le groupe dans le cadre de l'activité sur les drones.</p>
Moyens matériels	Bureau individuel dans un espace collectif. Ordinateur et logiciels nécessaires au déroulement de la thèse, Sale café, sale repas Moyens expérimentaux du laboratoire
Moyens humains	BIATSS/ITA pour le développement de plateformes, TX, stagiaires, post-doctorants.
Moyens financiers	Ressources laboratoire
Modalités de travail	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'étudiant doit faire preuve d'autocritique et d'esprit critique vis-à-vis de son travail.</li> <li>- Réunions hebdomadaires</li> <li>- Séminaires avec les autres étudiants de l'équipe.</li> <li>- L'étudiant devra faire preuve de curiosité pour les aspects liés au contrôle et à la robotique, ainsi que pour ceux liés aux drones.</li> </ul>
Projet de recherche lié à cette thèse	Nous envisageons proposer un projet ANR ASTRID.
Collaboration(s) nationale(s)	Une collaboration avec le Laboratoire I3S à Nice est prévue
Collaboration(s) internationale(s)	Cinvestav – IPN Mexique
Thèse en cotutelle internationale	Oui, CINVESTAV – IPN, Mexique
Coordonnées de la personne à contacter	Pedro Castillo – laboratoire Heudiasyc <a href="mailto:castillo@hds.utc.fr">castillo@hds.utc.fr</a> - + 33 3 44 23 46 17

**Contactez d'abord le directeur de thèse** avant de renseigner  
un dossier de candidature en ligne sur <https://webapplis.utc.fr/admissions/doctorants/accueil.jsf>