

Développement d'une plateforme Drone-in-the-Loop sur banc gyroscopique pour la validation de Jumeaux Numériques et la maintenance prédictive

ENTREPRISE

L'ESTACA, école d'ingénieurs faisant partie du groupe ISAE, forme en 5 ans des ingénieurs passionnés par les technologies qui répondent aux besoins de nouvelles mobilités et mène une recherche appliquée au service de tous les acteurs des transports (aéronautique, automobile, spatial, naval et transports guidés et ferroviaires).

L'ESTACA c'est une formation d'ingénieur et des mastères spécialisés habilités par la Commission des Titres d'Ingénieurs, ainsi que des équipes d'enseignants et de chercheurs qui accueillent plus de 2 200 étudiants repartis sur 3 campus (Montigny-le-Bretonneux (78), Laval (53) et Bordeaux (33))

ESTACA'Lab, le laboratoire de recherche de l'ESTACA, regroupe aujourd'hui une trentaine d'enseignants-chercheurs et une quarantaine de doctorants. Il développe une recherche appliquée dans un contexte fortement collaboratif pour une mobilité durable, intelligente et sûre.

CONTEXTE ET OBJECTIF

L'utilisation des drones requiert des garanties de fiabilité et de sécurité lors de leurs opérations, (e.g. méthode SORA (Specific Operations Risk Assessment)). Cela exige des méthodes de validation dépassant les limites de la simulation numérique pure. Dans ce contexte, l'architecture Drone-in-the-Loop (DITL) constitue une approche particulièrement pertinente pour établir un lien direct entre le système physique réel et son environnement virtuel. Elle permet le développement de Jumeaux Numériques de haute-fidélité, capables de reproduire en temps réel le comportement dynamique réel du drone.

L'utilisation d'un banc gyroscopique offre un compromis efficace entre sécurité et réalisme expérimental. Le drone y est maintenu de manière sécurisée tout en conservant ses degrés de liberté en rotation (attitude). Couplé à une architecture de Jumeau Numérique, ce dispositif hybride permet d'analyser le comportement dynamique réel du drone en temps réel, sans exposition au risque de crash.

Cette plateforme expérimentale combinant drone réel sur banc gyroscopique et simulation numérique constitue un outil stratégique pour la validation des lois de commande, l'amélioration de la fidélité des modèles de simulation, et la génération de données expérimentales fiables, nécessaires au développement d'algorithmes de maintenance prédictive.

Le stage a pour objectif de maturer et structurer cette plateforme Drone-in-the-Loop autour de cinq axes principaux :

1. Maturation et qualification du banc : Assembler la nouvelle version de la plateforme, adapter la structure pour minimiser ses contraintes dynamiques (inertie, frottements) et valider sa fidélité par une analyse comparative avec le vol libre.
2. Intégration système Drone-in-the-Loop : Intégrer le drone et son autopilote PX4 sur le banc gyroscopique et mettre en place une interface de communication temps réel avec le Jumeau Numérique.
3. Identification dynamique : Caractériser expérimentalement la réponse dynamique du drone monté sur la plateforme afin d'affiner et de recaler le modèle de simulation, dans une logique d'amélioration continue du Jumeau Numérique.
4. Étude de situations dégradées : Simuler, via le Jumeau Numérique, des perturbations environnementales (vent virtuel) et injecter des défaillances représentatives (pannes moteurs et capteurs), afin d'observer et d'analyser la réponse physique du drone sur le banc.
5. Constitution d'une base de données expérimentale : Construire un jeu de données comparant les mouvements mesurés sur le banc gyroscopique et les prédictions du Jumeau Numérique, en conditions nominales et dégradées, en vue d'applications futures en validation de modèles et maintenance prédictive.

Références :

- P. -Y. Brulin, F. Khenfri and N. Rizoug, "Generating Fault Databases Through Simulated and Experimental Multi-Rotor UAV Propulsion Systems," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 73, no. 4, pp. 4671-4682, April 2024, doi: 10.1109/TVT.2024.3352172.
- P. -Y. Brulin, N. Rizoug and F. Khenfri, "Failure-prone propulsion system modelization for UAV predictive maintenance," 2022 *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, Merced, CA, USA, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/VPPC55846.2022.10003448.
- P. -Y. BRULIN, F. KHENFRI and N. RIZOUG, "Deep-Learning fault detection and classification on a UAV propulsion system," 2022 24th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'22 ECCE Europe), Hanover, Germany, 2022, pp. 1-7.

Mots clés : UAV / Drone, Jumeau Numérique, Drone-in-the-Loop (DIL), PX4 / Autopilote, Maintenance Prédictive.

PROFIL

Diplôme(s) requis : dernière année d'école d'ingénieur ou master 2

Compétences attendues :

Compétences techniques nécessaires pour le stage : Automatique et contrôle, Modélisation, CAO.

Compétences informatiques : Python et C++; la connaissance du micrologiciel PX4 et des contrôleurs de vol Pixhawk (3 Pro et 6X) est un plus; la connaissance de ROS2 et du protocole MAVLink 2 est un plus.

ESTACA Paris-Saclay
 12 avenue Paul Delouvrier - RD 10
 78180 Montigny-le-Bretonneux
 Tél. : 01 75 64 50 41

ESTACA Laval
 Parc Universitaire Laval-Changé
 Rue Georges Charpak - BP 76121
 53061 Laval Cedex 9
 Tél. : 02 43 59 47 00

ESTACA Bordeaux
 8 rue des Bateliers
 33100 Bordeaux
 Tél. : 05 35 31 49 70

Compétences linguistiques : Anglais Technique

Savoir-être : Rigueur, autonomie, organisation

Au-delà de vos compétences techniques, vos qualités d'analyse et de communication seront de réels atouts pour travailler en équipe.

CARACTERISTIQUES DE L'OFFRE

Début du stage : Février/mars 2026

Durée du stage : 24 semaines

Lieu : ESTACA Laval (53)

Encadrement : Thibault SCHWEITZER et Fouad KHENFRI Enseignant & Chercheur ESTACA'Lab

POSTULER

Merci d'adresser votre CV et une lettre de motivation aux adresses mail mentionnées ci-dessous.

Contact ESTACA : Fouad KHENFRI

E-mail : fouad.khenfri@estaca.fr

Marie-christine.nestora@estaca.fr

Alexandra.daudigny@estaca.fr

ESTACA Paris-Saclay
12 avenue Paul Delouvrier - RD 10
78180 Montigny-le-Bretonneux
Tél. : 01 75 64 50 41

ESTACA Laval
Parc Universitaire Laval-Changé
Rue Georges Charpak - BP 76121
53061 Laval Cedex 9
Tél. : 02 43 59 47 00

ESTACA Bordeaux
8 rue des Bateliers
33100 Bordeaux
Tél. : 05 35 31 49 70