

Appel à candidatures pour un stage de recherche M2

Vérification et Validation d'un Jumeau Numérique pour UAV : injection des scénarios et évaluation sur bancs de tests

Encadrement :

Meriem Smati, Jannik Laval, Vincent Cheutet

Etablissement : INSA Lyon

Laboratoire : laboratoire DISP

Profil recherché :

Master 2 Informatique ou équivalent (école d'ingénieur ...), Esprit de synthèse, Curiosité

Financement : DISP INSA Lyon

Période de stage : Février à Juillet 2026

Compétences souhaitées :

Conception orientée objets, Génie logiciel, Sécurité des échanges, IA, apprentissage

Mots-clés: IoT Protocols, Real-time Data Exchange, Testbeds, Meta Modelling, Resilience

Description du sujet :

Le jumeau numérique est devenu un cadre central pour relier modèles et systèmes physiques, avec des niveaux d'intégration différenciés (modèle, ombre, jumeau) et des lignes directrices de normalisation émergentes (ISO 23247 [1]) qui structurent la synchronisation des données et la traçabilité entre monde virtuel et réel. Dans une perspective systèmes de systèmes, nous nous appuyons sur des travaux déjà réalisés [3] : l'architecture SoS-DT.

L'objectif est d'appliquer cette architecture, avec la boucle MAPE-K (Monitor-Analyze-Plan-Execute over Knowledge), à l'implémentation d'une plateforme/logiciel pour une flotte de micro-UAV Crazyflie 2.1(+). Les verrous scientifiques et techniques sont les suivants :

- **Écart entre la simulation et la réalité (sim2real)** : modèles imparfaits, latences radio (Crazyradio), pertes de paquets et gigue qui dégradent la fidélité du DT [2].
- **Localisation indoor et modes de secours** : dérive/biais des capteurs ([Flow](#), [Lighthouse](#), [UWB](#)), bascule contrôlée vers des modes dégradés (alt-hold) [4].
- **Orchestration multi-drone** : coordination sûre (antichoc), reconfiguration et tolérance aux fautes à l'échelle de la flotte [5].
- **Injection de scénarios reproductibles** : fautes réseau/senseurs/énergie et événements missionnels avec horodatage, déclencheurs et journalisation.
- **Vérification, Validation et traçabilité** : métriques quantitatives (latence, précision pos/alt, succès mission, résilience), artefacts et relecture (replay) pour audits.
- **Scalabilité et planification** : montée en charge ($n > 3$ drones), ordonnancement multi-missions avec fenêtres temporelles et contraintes de sécurité.

Objectifs du stage :

- Utiliser l'architecture SoS DT pour mettre en place la plateforme et la collecte de données en temps réel.
- Développer un moteur d'injection des événements et fautes en simulation puis sur banc d'essai.
- Définir des indicateurs d'évaluation : latence, précision pos/alt, taux de succès, temps de récupération.

Programme de travail proposé :

- Rédaction d'un état de l'art sur les jumeaux numériques des systèmes de systèmes UAV.
- Développement de jumeaux numériques en utilisant l'architecture SoS DT.
- Généralisation, expérimentations et testbeds.
- Rédaction d'un article scientifique pour valoriser les résultats obtenus.

Références

[1] ISO. Automation systems and integration — Digital Twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles (ISO 23247-1:2021). International Organization for Standardization, 2021.

- [2] D. Kong, Evaluation of a Drone Simulation Model, Master's thesis, 2025.
- [3] Smati, M., Cheutet, V., Danjou, C., & Laval, J. (2025, February). Digital Twin System of Systems: A Layered Architecture Proposal. In *13th International Conference on Model-Based Software and Systems Engineering (MODELSWARD 2025)*.
- [4] Taffanel, A., et al. (2021). Lighthouse positioning system: Dataset, accuracy, and calibration for micro-UAVs. In ICRA 2021—Swarm Robotics Workshop.
- [5] Valencia, E., et al. (2025). An open-source UAV digital twin framework (ROS–Gazebo–ArduPilot) for mission evaluation. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*.

Déposez votre candidature, par mail à meriem.smati@insa-lyon.fr, en joignant un dossier composé de CV, relevés de notes récents, lettre de motivation et lettre de recommandation.

Call for applications for Research Internship M2

Verification and Validation of a UAV Digital Twin: Scenario Injection and Evaluation on Testbeds

Supervision :

Meriem Smati, Jannik Laval, Vincent Cheutet

University: INSA Lyon

Research laboratory: DISP laboratory

Required profile:

Décrire le profil

Funding: DISP INSA Lyon

Internship period: February to July 2026

Required skills:

Object-oriented design, software engineering, exchange security, AI, machine learning

Keywords: IoT Protocols, Real-time Data

Exchange, Testbeds, Meta Modelling, Resilience

Topic description:

The digital twin has become a central framework for bridging models and physical systems, with differentiated levels of integration (digital model, digital shadow, and digital twin) and emerging standardization guidelines (e.g., ISO 23247) that structure data synchronization and requirements traceability between virtual and real worlds. From a system-of-systems (SoS) standpoint, we build on prior work [3]: SoS DT architecture.

The Objective is to apply this architecture, instrumented with MAPE-K loop (Monitor-Analyze-Plan-Execute over Knowledge), to implement a platform/software stack for a fleet of micro-UAVs Crazyflie 2.1(+). The scientific and technical challenges are the following:

- **Simulation-to-reality gap (sim2real):** imperfect models, **Crazyradio** latency, packet loss, and jitter degrading DT fidelity [2].
- **Indoor localization & fallbacks:** drift/bias in [Flow/Lighthouse/UWB](#), controlled fallback to degraded modes (e.g., **alt-hold**) [4].
- **Multi-drone orchestration:** safe coordination (anti-collision), reconfiguration, and fault tolerance at fleet level [5].
- **Reproducible scenario injection:** network/sensor/energy faults and mission events with timestamps, triggers, and logging.
- **Verification, validation & traceability:** quantitative metrics (latency, pos/alt accuracy, mission success, resilience), artifacts, and **replay** for audits.
- **Scalability & scheduling:** scaling beyond $n > 3$ drones; multi-mission scheduling with time windows and safety constraints.

Internship objectives :

- Use the SoS-DT architecture to set up the platform and real-time data collection.
- Develop a scenario injection engine for events and faults, first in simulation, then on a physical testbed.
- Define evaluation indicators: end-to-end latency, position/altitude accuracy, mission success rate, recovery time.

Suggested work program :

- **Literature review** on DTs for UAV SoS.
- **Digital twin development** using the SoS-DT architecture.
- **Generalization, experiments, and testbeds** (simulation → physical).
- **Scientific dissemination:** draft a short paper to report results.

References

[1] ISO. Automation systems and integration — Digital Twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles (ISO 23247-1:2021). International Organization for Standardization, 2021.

- [2] D. Kong, Evaluation of a Drone Simulation Model, Master's thesis, 2025.
- [3] Smati, M., Cheutet, V., Danjou, C., & Laval, J. (2025, February). Digital Twin System of Systems: A Layered Architecture Proposal. In *13th International Conference on Model-Based Software and Systems Engineering (MODELSWARD 2025)*.
- [4] Taffanel, A., et al. (2021). Lighthouse positioning system: Dataset, accuracy, and calibration for micro-UAVs. In ICRA 2021—Swarm Robotics Workshop.
- [5] Valencia, E., et al. (2025). An open-source UAV digital twin framework (ROS–Gazebo–ArduPilot) for mission evaluation. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*.

Submit your application sending an email to meriem.smati@insa-lyon.fr . And please attach a file composed of a CV, academic transcripts, a motivation letter and a recommendation letter.
--