



Fédération
Informatique
de Lyon

Appel à candidatures pour un stage recherche M2

Analyse et évaluation du maintien en condition opérationnelle d'une infrastructure IoT à l'aide des jumeaux numériques.

Encadrement :

Oana Iova, Jannik Laval

Etablissement : INSA Lyon

Laboratoire: CITI, DISP

Profil recherché :

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

Financement: CNRS

Période de stage : Février à juillet 2026

Compétences souhaitées :

Conception orientée objets, Génie logiciel, Systèmes IoT, MQTT, LoRa

Mots-clés: Digital Twin, IoT Protocols, Meta Modelling, Data Exchanges

Contexte :

Ce sujet de stage est proposé dans le cadre d'une collaboration entre le laboratoire Décision & Information pour les Systèmes de Production (DISP) avec Dr. Jannik Laval et Centre d'Innovation en Télécommunications et Intégration de services (CITI) avec Dr. Oana Iova, et est financé par la Fédération Informatique de Lyon (FIL). Le stage aura lieu sur le campus La Doua à Lyon.

Description du sujet :

Une infrastructure Internet des Objets (IoT) transmet, traite, analyse, fusionne et synthétise les données issues de multiples capteurs pour construire des éléments de perception d'une situation, et de décision. Avec la miniaturisation, le développement de l'intelligence embarquée et l'hétérogénéité des informations capturées, les objets connectés sont de plus en plus nombreux à s'échanger des données. Parallèlement, les jumeaux numériques offrent une représentation virtuelle dynamique des systèmes physiques, permettant la simulation, l'analyse et l'optimisation des processus, améliorant ainsi l'aide à la décision des opérateurs en situation.

L'intégration des technologies de l'IoT et des jumeaux numériques représente une avancée majeure pour la surveillance et l'optimisation des systèmes complexes, tels que les infrastructures industrielles [rajora23]. L'IoT joue un rôle clé pour optimiser la gestion des objets connectés et dans le cadre de la localisation indoor, pour assurer le suivi des équipements, l'analyse des flux de données et la prise de décision en temps réel [laoudias18]. Les environnements dans lesquels les infrastructures IoT sont déployés sont sujets à des défis en matière de communication résiliente et de localisation précise, notamment en raison des interférences électromagnétiques, des pertes de paquets, de la dynamique des machines et de la complexité des infrastructures.

L'association de ces deux technologies ouvre la voie à des systèmes intelligents capables d'optimiser les performances tout en garantissant une communication fiable et une localisation précise, même dans des environnements contraints. L'analyse des données issues des dispositifs IoT via les modèles de jumeaux numériques permet non seulement d'améliorer la précision de la localisation, mais aussi de renforcer la résilience des réseaux de communication face aux perturbations. En identifiant des tendances et en formulant des prédictions, cette approche contribue au développement de systèmes de contrôle avancés, adaptés à des infrastructures critiques telles que la fabrication intelligente, la logistique ou les environnements industriels.

Dans ce contexte, le projet vise à explorer l'intégration de l'IoT et des jumeaux numériques pour améliorer la communication et la localisation des objets dans des environnements complexes. L'objectif est de proposer un outillage permettant de mesurer la résistance et la résilience dynamiquement d'un système IoT, à l'aide de jumeaux numériques.

Les récents travaux sur les jumeaux numériques ont montré leur efficacité pour la simulation et la surveillance de systèmes complexes, notamment en maintenance prédictive et en gestion des infrastructures intelligentes [abdoune23, guitard2023]. Les données collectées à partir des appareils IoT peuvent être intégrées aux modèles de jumeaux numériques dans des applications de développement durable [agarwal24], agriculture intelligente [ko22], ou pour la correction du positionnement GNSS [lian24], mais sans avoir actuellement un retour vers les

objets [agarwal24, ko22]. Actuellement, l'application combinée de jumeaux numériques pour l'optimisation de l'infrastructure IoT, reste un défi ouvert, nécessitant des avancées en modélisation dynamique et en interopérabilité des systèmes.

L'utilisation de jumeaux numériques permettra de rendre explicable et maîtrisable l'évolution de l'infrastructure IoT. L'originalité de ce projet réside dans l'explicitation de propriétés et la rationalisation des comportements de systèmes variables. Plus précisément, il s'agit de mettre en œuvre des outils de supervision, des algorithmes de reconnaissance de patrons de comportements et de déployer du code source pour adapter le système de manière à s'adapter aux nouveaux scénarii.

Dans la littérature scientifique, de nombreux verrous persistent pour assurer la surveillance de la dynamique de ces systèmes. Ils ont la particularité d'être hétérogènes, de comporter des composantes matérielles et logicielles, incluant des composants dits "plug-and-play". La difficulté aujourd'hui est d'être certains que toutes les données produites seront consommées dans un laps de temps raisonnable par les bons nœuds. La disponibilité des ressources utilisées doit être garantie pour assurer la fiabilité du système.

La capacité de résilience de ces systèmes permet d'assurer le fonctionnement, mais peut cacher une complexité des problèmes bien souvent difficiles à maîtriser pour revenir à un état stable. Dans un contexte IoT, la résilience repose sur la capacité des nœuds à communiquer, s'identifier, échanger des informations, et à bâtir des scénarios opérationnels cohérents. Chaque nœud doit pouvoir exposer ses capacités à ses interlocuteurs (type de données collectées, mais également capacité de calcul, autonomie restante, liste des protocoles de communication supportés, etc.). La topologie doit pouvoir être calculée par des algorithmes distribués de façon à optimiser localement la répartition des tâches entre nœuds. La phase de reprise s'apparente à la restauration de la connectivité entre sous-graphes, et/ou à l'ajout de nœuds dans la topologie. Une fois les fonctionnalités restaurées, des adaptations peuvent continuer à se propager.

Bibliographie :

[rajora23] Ricky Rajora et al. "Unveiling the Synergy: IoT and Digital Twins in Transforming Industries", International Conference on Smart Generation Computing, Communication and Networking, 2023.

[laoudias18] Christos Laoudias et al. "A Survey of Enabling Technologies for Network Localization, Tracking, and Navigation", IEEE Communications Surveys and Tutorials 20.4, 2018.

[abdoune23] Khadidja Abdoune, "Vers un jumeau numérique soutenable pour la surveillance et la détection robuste d'anomalies dans les systèmes de production", Thèses, Nantes Université, 2023.

[guitard2023] Léandre Guitard. "Méthode de conception intégrée d'un jumeau numérique d'équipement de production 4.0", Thèses, Université Grenoble Alpes, 2023.

[agarwal24] Nikunj Agarwal et al. "Indigenous IoT and Software Framework for Implementing Digital Twin Over Indian Region Towards Sustainable Development", Int. Conf. on Computing, Sciences and Communications, 2024.

[ko22] Tae-Hwan Ko et al. "Design and Implementation of a Digital Twin Platform in Vertical Farming Systems", International Conference on Ubiquitous and Future Networks, 2022.

[lian24] Jiarong Lian et al. "Improving GNSS Positioning in Challenging Urban Areas by Digital Twin Database Correction", International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, 2024.

Programme de travail proposé : Collecte et analyse des données

- Rédaction d'un état de l'art sur les jumeaux numériques de systèmes IoT (1 mois) ;
- Conception de modèles de jumeaux numériques intégrant les données de localisation indoor en temps réel, et des données provenant d'autres sources (capteurs, systèmes de gestion de production) (2 mois) ;
- Implémentation d'une architecture AAS (Asset Administration System) pour la communication entre jumeaux (1 mois) ;
- Surveillance en temps réel de l'infrastructure IoT par la remontée et l'analyse des données (1 mois) ;
- Identification des signaux faibles indiquant des anomalies ou des défaillances potentielles (1 mois) ;

Ces travaux donneront lieu aux livrables suivants :

- Un état de l'art ;
- Prototypage et expérimentations ;
- Un article scientifique pour valoriser les résultats obtenus.

Déposez votre candidature par mail à jannik.laval@univ-lyon2.fr , en précisant la référence de l'offre et en joignant un dossier composé de CV, relevés de notes récents, lettre de motivation et lettre de recommandation.
