

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 641

*Mathématiques et Sciences et Technologies du numérique,
de l'Information et de la Communication*

Spécialité : Automatique, Productique et Robotique

Par

Khadidja Farah ABDOUNE

**« Vers un jumeau numérique soutenable pour la surveillance et la
détection robuste d'anomalies dans les systèmes de production »**

Thèse présentée et soutenue à IUT de Nantes – Carquefou, le 28/11/2023

Unité de recherche : LS2N, UMR 6004

Rapporteurs avant soutenance :

Damien Trentesaux Professeur - Université Polytechnique Hauts-de-France

Lionel Roucoules Professeur - ENSAM Aix-en-Provence

Mamadou Kaba Traore Professeur - Université de Bordeaux

Composition du Jury :

Président : Prénom Nom Fonction et établissement d'exercice (à préciser après la soutenance)

Examineurs : William Derigent Professeur – Université de Lorraine

Pierre Castagna Professeur émérite – Nantes université

Dir. de thèse : Olivier Cardin Maître de conférences HDR – Nantes université

Encadrante : Maroua Nouiri Maître de conférences – Nantes université

Invité(s)

Latefa Ghomri Professeur- Université de Tlemcen

Titre : Vers un jumeau numérique soutenable pour la surveillance et la détection robuste d'anomalies dans les systèmes de production

Mots clés : Jumeau numérique, système de production, surveillance, détection d'anomalie, robustesse, soutenabilité

Résumé : Cette thèse explore en profondeur le Jumeau Numérique (JN) dans le contexte des systèmes de production manufacturiers. Elle élargit la définition du JN en intégrant des aspects de soutenabilité, mettant en avant l'efficacité et la durabilité dans le cycle de vie des JNs. L'étude se concentre ensuite sur les systèmes à événements discrets, révélant leur complexité événementielle. Elle développe des mécanismes de synchronisation pour améliorer la modélisation et des méthodes de quantification de l'incertitude pour renforcer la détection d'anomalies. Ces approches utilisent l'apprentissage automatique et les retours des opérateurs pour surveiller les performances et identifier les dérives. Une étude de cas sur une ligne d'assemblage confirme l'efficacité de ces approches.

La thèse aborde également les systèmes à variables continues, en se penchant sur la consommation d'énergie d'un équipement industriel. Elle propose des méthodologies avancées de création de modèles basés sur les données et une méthode basée sur des intervalles pour quantifier les incertitudes. Enfin, cette recherche ouvre une perspective passionnante après la détection d'anomalies, notamment en matière de reconfiguration, simulation, prise de décision, diagnostics avancés et pronostics. Ces possibilités permettent d'anticiper et de gérer les problèmes de manière proactive, contribuant ainsi à l'amélioration globale des systèmes de production.

Title : Towards a sustainable digital twin for monitoring and robust anomaly detection in manufacturing systems

Keywords : Digital twin, manufacturing system, monitoring, anomaly detection, robustness, sustainability

Abstract :

This thesis delves deep into the Digital Twin (DT) within the context of manufacturing production systems. It broadens the definition of DT by incorporating sustainability aspects, emphasizing efficiency and sustainability throughout the life cycle of DTs. The study then narrows its focus to discrete event systems, unveiling their event complexity. It develops synchronization mechanisms to enhance modeling and deploys uncertainty quantification methods to strengthen anomaly detection. These approaches leverage machine learning and operator feedback to monitor performance and identify deviations. A case study on an assembly line confirms the effectiveness of these innovative approaches.

The thesis also addresses continuous variable systems, with a particular focus on the energy consumption of industrial equipment. It proposes advanced data-driven model creation methodologies and an interval-based method for quantifying uncertainties. Lastly, this research opens up an exciting perspective post-anomaly detection, particularly in reconfiguration, simulation, decision-making, advanced diagnostics, and prognostics. These possibilities enable proactive issue anticipation and management, thus contributing to the overall improvement of production systems.