



## Mémoire

En Vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Informatique

Option : Ingénierie des Systèmes Informatiques (ISI)

# Hybrid predictive maintenance system based on ontologies and machine learning in industry 4.0

Réalisé par :  
M. FIDMA Mohamed Abdelillah

Soutenu le 08/07/2023

Encadré par :

M. BENSLIMANE Sidi Mohamed  
(ESI-SBA) Encadrant

Mme. HAMOUR Nora (Lineact  
CESI) Co-encadrant

M. OUCHANI Samir Co-encadrant

Devant le jury composé de :

M. MAHAMMED Nadir Président

Mme. LEHIRECHE Nesrine

Examineur

Année Universitaire : 2022/2023

# Acknowledgement

I would like to express my sincere gratitude to Allah, the almighty and merciful, for granting me the opportunity, strength, and courage to undertake and complete this humble endeavor. Without His blessings, this achievement would not have been possible.

I am deeply thankful to my supervisors, **M. OUCHANI Samir**, a researcher at the LINEACT CESI research laboratory in Aix-en-Provence and **Mme. Hamour Nora** a researcher at the LINEACT CESI research laboratory in Lyon. I am grateful for their warm welcome, professional assistance, patience, guidance, and encouragement throughout my internship. Their unwavering support and valuable feedback were instrumental in structuring my work and enhancing the quality of each section. I truly appreciate Their dedication in ensuring the success of my internship.

I would also like to extend my heartfelt appreciation to my supervisor, **Pr. Benslimane Sidi Mohamed**, a Full Professor at ESI SBA. His trust, assistance, and insightful comments regarding my work have been invaluable.

My gratitude extends to all the members of the **LINEACT CESI laboratory** at CESI campus in LYON for their warm reception and kindness. I extend my deepest thanks to **Mlle Guendouzi Souhila**, PhD student at LINEACT CESI for her unwavering support, motivation, and valuable advice.

I would like to seize this moment to convey my utmost gratitude to the entire faculty and staff at the **Ecole supérieure en Informatique** for their unwavering commitment to delivering exceptional education and their continuous support from the administrative team.

Finally, I extend my appreciation to the esteemed members of the Jury for dedicating their valuable time and effort to meticulously review and evaluate this humble piece of work.

- **Fidma Mohamed Abdelillah**

# Abstract

The advent of Industry 4.0 has brought about significant advancements in manufacturing processes, leveraging advanced sensing, and data analytics technologies to optimize efficiency. Within this paradigm, predictive maintenance plays a crucial role in ensuring the reliability and availability of production systems. However, the heterogeneous nature of industrial data poses challenges in achieving effective maintenance decision-making and interoperability across different manufacturing systems.

This graduation project aims to address these challenges by proposing a hybrid approach that combines the strengths of ontologies and machine learning techniques. The research focuses on developing an intelligent system that leverages standardized knowledge representation and predictive capabilities to enhance maintenance decision-making in real-time.

This research objective is to explore the use of ontologies as a standardized knowledge representation approach within the context of smart factories and Cyber-Physical Systems (CPS). By bridging the semantic gap and improving interoperability, ontologies facilitate the integration of diverse manufacturing systems, enabling a holistic view of the maintenance processes.

Furthermore, we aim to leverage machine learning techniques, such as data mining and predictive analytics, to detect and predict potential anomalies in manufacturing processes. By analyzing historical data, machine learning models can identify patterns and trends that assist in making accurate predictions for maintenance needs. This approach enables proactive maintenance actions, reducing downtime and enhancing production efficiency.

---

**keyword:** industry 4.0, industrial cyber-physical system, Predictive maintenance, ontology, chronicle mining, SWRL rules

# resume

L'avènement de l'Industrie 4.0 a entraîné d'importants progrès dans les processus de fabrication, en exploitant les technologies avancées de détection et d'analyse de données pour optimiser l'efficacité. Dans ce paradigme, la maintenance prédictive joue un rôle crucial dans la garantie de la fiabilité et de la disponibilité des systèmes de production. Cependant, la nature hétérogène des données industrielles pose des défis pour prendre des décisions de maintenance efficaces et assurer l'interopérabilité entre différents systèmes de fabrication.

Ce projet de fin d'études vise à relever ces défis en proposant une approche hybride qui combine les atouts des ontologies et des techniques d'apprentissage automatique. La recherche se concentre sur le développement d'un système intelligent qui exploite la représentation normalisée des connaissances et les capacités prédictives pour améliorer la prise de décision en matière de maintenance en temps réel.

De plus, notre objectif est d'exploiter les techniques d'apprentissage automatique, telles que l'exploration de données et l'analyse prédictive, pour détecter et prédire les anomalies potentielles dans les processus de fabrication. En analysant les données historiques, les modèles d'apprentissage automatique peuvent identifier des schémas et des tendances qui aident à faire des prédictions précises pour les besoins de maintenance.

En combinant les ontologies et les techniques d'apprentissage automatique, ce projet de recherche vise à développer un système hybride de maintenance prédictive. La validation de l'efficacité du système sera réalisée par des études expérimentales, comparant ses performances à celles des approches existantes. L'évaluation portera sur des aspects tels que la précision de la détection des besoins de maintenance, la réduction des temps d'arrêt et l'amélioration globale de l'efficacité de production.

---

**keyword:** industrie 4.0, système industriel cyber-physique, la maintenance Prédictive, ontology, chronicle mining, les regles SWRL rules.

## List of Acronyms

<b>CPPS</b> Cyber Physical Production System . . . . .	13
<b>CBM</b> condition-based maintenance . . . . .	15
<b>IWSNs</b> Industrial wireless sensor networks . . . . .	24
<b>RNN</b> Recurrent Neural Networks . . . . .	25
<b>DNNs</b> deep neural network . . . . .	26
<b>ANNs</b> artificial neural network . . . . .	26
<b>RUL</b> Remaining Useful Life . . . . .	27
<b>ARIMA</b> auto-regressive integrated moving average . . . . .	30
<b>SVM</b> support vector regression model . . . . .	30
<b>SCADA</b> supervisory control and data acquisition . . . . .	30
<b>CNN</b> convolutional neural networks . . . . .	31
<b>SNN</b> siamese neural networks . . . . .	33
<b>SWRL</b> Semantic Web Rule Language . . . . .	33