COLLEGE ED MATHEMATIQUES
DOCTORAL STIC
PAYS DE LA LOIRE

Nantes Université

THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641
Mathématiques et Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication
Spécialité : *Informatique*

Par
Amira SOUILAH

Models of Digital Twin and Recommending System for Smart Control of Production Systems.

Thèse présentée et soutenue à Nantes , le 30 Novembre 2026
Unité de recherche : Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N - UMR 6004)

Composition du Jury :

Président :		
Dir. de thèse :	Christian ATTIOGBÉ	Professeur, Nantes Université, LS2N, Nantes
Co-enc. de thèse :	Jérôme ROCHETEAU	Enseignant-chercheur, ICAM Ouest, LS2N, France
Rapporteure :	Lina YE	Maîtresse de conférences, HDR, Université Paris Saclay, LMF, Paris-Saclay
Rapporteur :	Sadok BEN YAHIA	Professeur, Southern Denmark University, CIS, Odense, Denmark
Examinatrice :	Olga KOUCHNARENKO	Professeure, Université Marie et Louis Pasteur, Femto-st, Besançon
Examinateur :	Philippe LERAY	Professeur, Nantes Université, LS2N, Nantes

Invité :

Benoit LARDEUX Enseignant-chercheur, ISEN, L@bISEN - Usine du Futur

COLLEGE ED MATHEMATIQUES
DOCTORAL STIC
PAYS DE LA LOIRE

Nantes Université

Titre : Modèles de jumeaux numériques et système de recommandation pour le pilotage intelligent de procédés de fabrication.

Mot clés : Modèles prédictifs ; Jumeau numérique ; Extrusion des polypropylènes ; Prévision de séries temporelles ; Système de recommandation ; Apprentissage par renforcement.

Résumé : L'extrusion des polypropylènes est un procédé complexe dont la qualité dépend des propriétés du matériau, des conditions opératoires et de la dynamique du procédé, notamment lors de l'utilisation de matériaux recyclés. Cette thèse développe un jumeau numérique basé sur les données pour l'extrusion du polypropylène, intégrant prévision, recommandation et aide à la décision. Un protocole expérimental comprenant différents grades, mélanges et cycles de recyclage est mis en place pour générer les données nécessaires. Des modèles de prévision de séries temporelles sont développés et enrichis par l'intégration de connaissances rhéologiques. Pour le polypropylène vierge et recyclé, un réseau de neurones récurrent prédit un indicateur de qualité et est couplé à une méthode des k plus proches voisins pour recommander des paramètres opératoires. Enfin, un agent de Q-learning assiste la sélection parmi plusieurs recommandations. Le cadre proposé combine ainsi données expérimentales, prévision, connaissances physiques, recommandation et apprentissage par renforcement, tout en maintenant l'opérateur humain dans la boucle décisionnelle.

Title: Models of Digital Twin and Recommending System for Smart Control of Production Systems.

Keywords: Predictive models; Digital Twin; Polypropylene Extrusion; Time-Series Forecasting; Recommending System; Reinforcement Learning.

Abstract: Polypropylene extrusion is a complex process in which product quality depends on material properties, operating conditions, and process dynamics, particularly when recycled materials are used. This thesis develops a data-driven Digital Twin for polypropylene extrusion integrating forecasting, recommendation, and decision support. An experimental protocol involving different grades, mixtures, and recycling cycles is established to generate the required data. Time-series forecasting models are developed and enriched by incorporating rheological knowledge. For virgin and recycled polypropylene, a recurrent neural network predicts a quality rating and is coupled with a K-nearest-neighbors approach to recommend operating setpoints. Finally, a Q-learning agent assists in selecting among multiple candidate recommendations. The proposed framework thus combines experimental data, forecasting, physical knowledge, recommendation, and reinforcement learning while maintaining the human operator within the decision-making loop.