

# AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE

DOCTORAT (Arrêté du 26 août 2022 modifiant l'arrêté du 25 mai 2016)

## Monsieur Bassel CHOKR

candidat au diplôme de Doctorat de l'Université d'Angers, est autorisé à soutenir publiquement sa thèse

**le 24/06/2026 à 10h00**

**POLYTECH ANGERS**

**Campus Santé**

**AMPHI GBS**

**16, boulevard Daviers**

**49045 ANGERS**

sur le sujet suivant :

### **Data-Driven Fault Detection and Diagnosis in Renewable Energy Systems: Supervised and Unsupervised Learning Approaches**

Directeur de thèse : **Monsieur Abdérafi CHARKI**

Composition du jury :

Monsieur Mohamed BENBOUZID, Professeur des Universités Université de Bretagne Occidentale, Examineur

Monsieur Abdérafi CHARKI, MCF HDR Université d'Angers, Directeur de thèse

Monsieur Nizar CHATTI, MCF HDR Université d'Angers, Co-encadrant

Madame Mitra FOULADIRAB, Professeure des Universités Aix-Marseille Université, Rapportrice

Monsieur Thierry LEMENAND, Professeur des Universités Université d'Angers, Co-directeur de thèse

Monsieur Pierre-Olivier LOGERAI, Professeur des Universités Université Paris-Est Créteil, Examineur

Monsieur Cyril VOYANT, Professeur de l'école des Mines Mines Paris – PSL, Rapporteur

Monsieur Mohammad HAMMOUD, Professeur Université Libanaise, Liban, Membre Invité

### **Résumé de la thèse**

Cette thèse traite de la détection et du diagnostic de défauts (FDD, pour Fault Detection and Diagnosis) basés sur les données pour les systèmes d'énergies renouvelables surveillés par SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), en s'intéressant en particulier aux applications photovoltaïques (PV) et éoliennes. Le travail aborde les contraintes pratiques de déploiement des systèmes qui limitent couramment l'adoption industrielle du FDD par apprentissage, notamment lorsqu'il s'agit de variables redondantes et de grande dimension et qu'on constate des bruits de mesure, des données manquantes, un déséquilibre de classes de données, des défauts rares ou peu fiables, et des périodes fragmentées ou discontinues correspondant au fonctionnement normal. Deux contributions méthodologiques complémentaires sont développées et validées. Premièrement, une stratégie de réduction de la dimensionnalité des données (DDRS, pour Data Dimensionality Reduction Strategy) supervisée est proposée pour gérer les mesures de grande dimension tout en préservant les informations discriminantes des défauts. La DDRS combine un filtrage de pertinence par gain d'information avec une extraction de caractéristiques basée sur l'analyse en composantes principales (ACP) et inclut un protocole d'évaluation pour sélectionner un seuil de fonctionnement équilibrant précision et coût de calcul. Deuxièmement, un cadre de détection d'anomalies non supervisé, basé sur la reconstruction de fenêtres temporelles multivariées, est étudié à l'aide d'un auto-encodeur bidirectionnel à mémoire court-terme persistant (Bi-LSTM, pour Bidirectional Long Short-Term Memory) pour modéliser les dépendances temporelles dans les flux SCADA, permettant une détection sans étiquettes de défauts denses. Les approches sont validées à travers deux études de cas. Sur un banc d'essai PV expérimental, la DDRS améliore le compromis précision-complexité pour plusieurs classificateurs et est intégrée à la plateforme logicielle PHM D3 (Prognostics and Health Management) pour favoriser l'analyse reproductible et l'utilisation par les praticiens. Sur des données SCADA réelles de parcs éoliens, un auto-encodeur Bi-LSTM entraîné sur des séquences nominales (NOM) d'une turbine se généralise à d'autres turbines identiques, démontrant une capacité d'alerte précoce en utilisant les journaux de maintenance pour l'extraction des données NOM et le calibrage des seuils. Les résultats obtenus montrent qu'une méthode FDD robuste et fiable nécessite de prendre en compte les contraintes relatives aux données opérationnelles, ainsi que les exigences liées au déploiement des systèmes énergétiques.