

# DIAGNOSING AND PREDICTING WIND TURBINE FAULTS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE OF THINGS

CULEA GEORGE<sup>1\*</sup>, POPESCU CORNEL<sup>2</sup>, ANDRIOAIA DRAGOS ALEXANDRU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*“Vasile Alecsandri” University of Bacau, Romania*

<sup>2</sup>*Computer Science Department, POLITEHNICA University of Bucharest, Romania*

**Abstract:** This paper aims to design a based on artificial Intelligence of things (AIOT) system for monitoring wind turbines and predicting major faults. To achieve this system, have been identified the main parameters that must be followed. Considering these elements was proposed an intelligent solution based on cloud computing. The proposed AIOT system allows detection of wind turbine faults, including their prediction.

**Keywords:** wind turbine, internet of things, machine learning, artificial intelligence, monitoring.

**Résumé:** Le document vise à concevoir un système base sur Intelligence Artificielle des Objects (AIOT) pour surveiller les éoliennes et prévoir les défauts majeurs. Pour réaliser ce système ont été identifiés les principaux paramètres qui doit être suivi. A partir de ces éléments, a été proposée une solution intelligente pour traiter les informations dans le nuage. Le système AIOT proposé permet de détecter les défauts d'éoliennes en temps réel, y compris leur prédiction.

**Mots-clés:** éolienne, l'internet des objets, apprentissage machine, intelligence artificielle, surveillance

## 1. INTRODUCTION

Les parcs éoliens ont connu un développement continu ces dernières années, grâce à la modernisation des technologies et faciliter les investissements publics et privés dans ce domaine. Ces fermes peuvent être situées sur mer ou sur terre.

Les fermes construites sur mer bénéficient de plusieurs avantages: vent plus fort et plus stable, influence réduite sur les aspects des environnementaux et sur les conflits d'intérêts. D'autre part, les coûts avec la maintenance des éoliennes dans les sites offshores sont très élevés par rapport à l'investissement initial. Les défauts majeurs des éoliennes sont relativement faibles, environ 25% de toutes les pannes, mais le temps d'arrêt alloué pour le dépannage est très élevé, environ 95% du temps total alloué [1]. La prévention de ces événements majeurs peut être réalisée grâce à un système intelligent de surveillance du fonctionnement des centrales éoliennes et effectuer des opérations de maintenance anticipative [2], [3].

L'anticipation des défauts majeures se peut réaliser en détectant les écarts des certains paramètres de fonctionnement poursuivis au niveau général ainsi que au niveau de composant ou de sous-composant.

Pour détecter des ces écarts doit être créé un modèle de fonctionnement normal qui peut fournir les valeurs normales des paramètres les valeurs normales des paramètres suivis dans différentes conditions météorologiques (vitesse du vent, température). Valeurs anormales ou la tendance à l'augmentation progressive des paramètres peut anticiper un éventuel défaut majeur.

---

\* gculea@ub.ro

La plupart des modèles présentés dans la littérature utilisent les données fournies par les systèmes SCADA [2]. Pour créer un modèle fonctionnel ils ont utilisé des éléments d'intelligence artificielle [5], de manière à permettre l'apprentissage automatique [6], [7], [8].

Les méthodes d'apprentissage du modèle utilisent dans une grande partie la classification, plus de 66% des solutions et le reste des méthodes de régression [3], [4].

## 2. PRÉSENTATION DE LA SOLUTION

Pour l'estimation des défauts possibles aux éoliennes ont été développés des modèles d'apprentissage automatique. Ils ont été considérés les deux défauts de la partie mécanique mais aussi la partie électrique et électronique.

La surveillance d'une éolienne implique le suivi de certains paramètres dont les modifications peuvent indiquer des défauts précoces ou estimer la possibilité de défauts majeurs. La surveillance peut être effectuée au niveau des composants ou au niveau d'éolienne.

Les modèles réalisés peuvent être aussi sur les composants mais connectés pour fournir une vue d'ensemble sur les aspects critiques qui peuvent influencer le bon fonctionnement de l'éolienne.

La surveillance des composants sera effectuée en tenant compte du durée d'exploitation et du mode de fonctionnement ou si un composant ou un sous-composant a été remplacé.

Le modèle réalisé (Figure 1) implique l'existence de 24 capteurs montés pour une centrale éolienne. Ils forment un réseau de capteurs sans fil avec 24 nœuds.

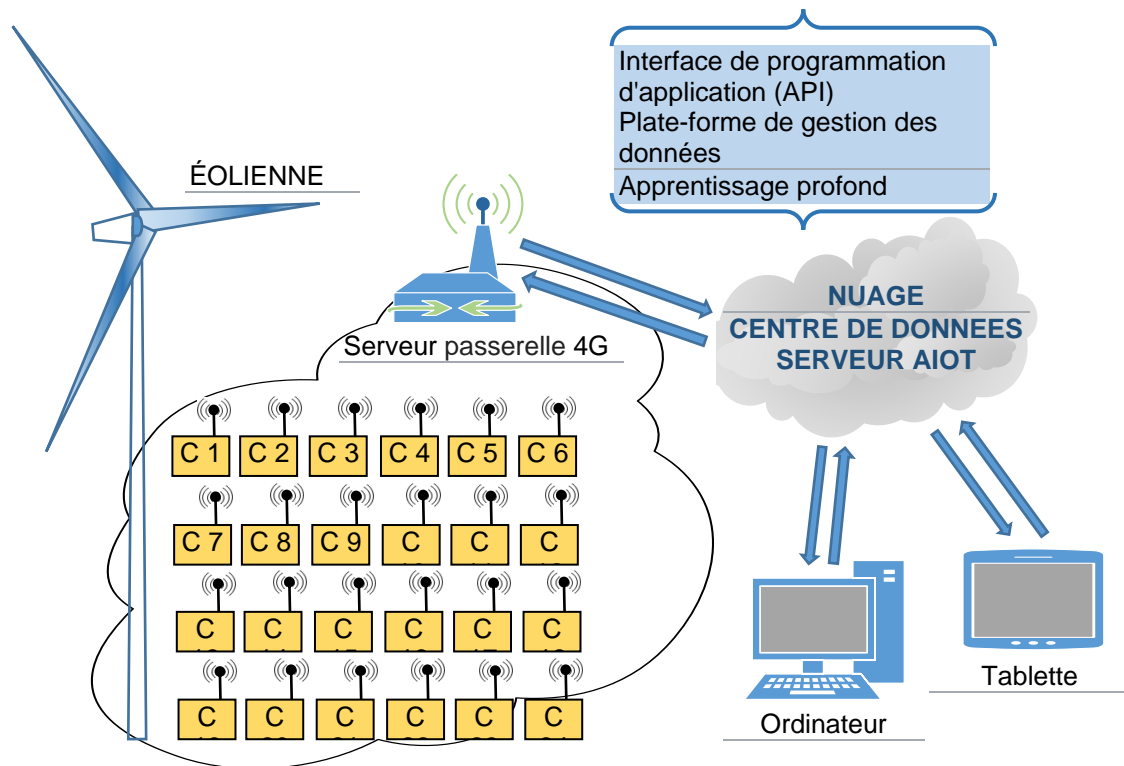


Fig.1. Système basé sur intelligence artificielle des objets AIOT pour la prédiction et localisation des défauts des turbines éoliennes

Chaque nœud contient un ou plusieurs capteurs avec une interface de connexion wifi. Les nœuds sont connectés à un serveur passerelle 4G. La connexion entre le serveur passerelle 4G et le serveur AIOT se fait par un tunnel VPN (réseau privé virtuel) qui assure la protection et la sécurité des données transmises. Sur le serveur

sont les applications qui permettent la détection de défauts par analysant les données. Les données sur le serveur peuvent provenir de plusieurs éoliens. Le traitement des données est effectué par un réseau de neurones convolutifs qui permet l'apprentissage profond.

Les capteurs situés sur les composants d'éoliennes sont: C1 capteur de vibration, C2 capteur de température pour huile de refroidissement, C3 capteur de température pour boîte de vitesses, C4, C5 capteur de température pour paliers, C6 surveillance avec ultrasons, C7, C8 capteurs de température pour les roulements de boîte de vitesses, C9 capteur de température pour générateur, C10 capteur d'angle des lames d'éolienne, C11 capteur de vitesse de l'axe horizontal, C12 capteur de bruit de boîte de vitesses, C13 capteur de bruit de générateur, C14 surveillance des impuretés dans l'huile. Les capteurs de suivi du fonctionnement du système sont: C15 capteur de vitesse du vent, capteur de direction du vent, C16 surveillance à travers des pièces avec imagerie thermique, C17 surveillance vidéo, C18, C19, C20, C21 surveillance des signaux électriques, C22, C23 surveillance de l'énergie fournie, C24 capteur de température extérieure. Les résidus du système de lubrification identifiés par le capteur C14 peut indiquer une détérioration des composants et, finalement, les défaillances irréversibles du système. C6 permet de détecter les défauts de surface (fissures) et les défauts internes des composants. À l'aide du capteur C16, il est possible d'identifier les zones avec une température anormale. Les capteurs C23, C24 permettent de surveiller les performances des éoliennes, en tenant compte de l'analyse de la courbe de puissance, par rapport à la vitesse du vent fournie par C14. C17 fournit des images pouvant être traitées pour identifier les anomalies dans le fonctionnement d'une éolienne. L'analyse des données relative au vibration fournies par C1 est basée sur la décomposition spectrale et prendra en compte de la vitesse du vent, les différentes harmoniques peuvent être utilisées pour détecter les défauts.

Les composants surveillés ont été sélectionnés sur la base des taux de défaillance et de l'influence sur le fonctionnement du système. Ainsi, il a pris en compte la priorité des composants dont la défaillance peut entraîner des dommages importants, tels que: générateur, système de transmission, boîte de vitesses, système de réglage de l'angle de la lame, système de lubrification, système électrique. En cas d'emplacement offshore les générateurs et les convertisseurs ont tendance à avoir des taux plus élevés d'échec.

#### 4. CONCLUSIONS

Le système AIOT proposé permet de détecter les dysfonctionnements en temps réel, y compris leur prédiction. Il est basé sur la surveillance de plusieurs paramètres. Ce type de système est basé sur les informations fournies par les capteurs placés sur les composants d'éoliennes. Il permet de générer des rapports de maintenance et de disponibilité.

Si sont disponibles les informations provenant de plusieurs éoliennes du même type connecté en AIOT, pourrait aider à améliorer les systèmes d'interprétation des données, en fonction des zones de localisation. Les résultats montrent qu'il est possible de dépister les défauts des boîtes de vitesse et des générateurs d'éoliennes avec quelques jours avant ou même quelques mois avant de se produire.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Georg Helbing, Matthias Ritter, Deep Learning for fault detection in wind turbines, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 98, 2018, p. 189-198.
- [2] M.L. Wymore, J.E. Van Dam, H. Ceylan, D. Qiao, A survey of health monitoring systems for wind turbines, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 52, 2015, 976-990
- [3] Adrian Stetco, Fateme Dinmohammadi, Xingyu Zhao, Valentin Robu, David Flynn, Mike Barnes, John Keane, Goran Nenadic, Machine learning methods for wind turbine condition monitoring: A review, *Renewable Energy* vol. 133, 2019, p. 620-635.
- [4] Rui Zhao, Ruqiang Yan, Zhenghua Chen, Kezhi Mao, Peng Wang, Robert X. Gao, Deep learning and its applications to machine health monitoring, *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 115, 2019, p. 213–237.
- [5] Ruonan Liu, Boyuan Yang, Enrico Zio, Xuefeng Chen, Artificial intelligence for fault diagnosis of rotating machinery: A review, *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol 108, 2018, p. 33-47.
- [6] Lev V. Utkin, An imprecise extension of SVM-based machine learning models, *Neurocomputing*, vol 331, 2019 p. 18-32.
- [7] Fabien Lauer, MLweb: A toolkit for machine learning on the web, *Neurocomputing*, vol. 282, 2018, p. 74-77
- [8] Mohammed Al-Maitah, Ahmad Ali AlZubi, Abdulaziz Alarifi, An optimal storage utilization technique for IoT devices using sequential machine learning, *Computer Networks*, vol. 152, 2019, p. 98-105.