

Maintenance prescriptive des systèmes hydrogène-énergie

Gaultier Gibey^{1*}, Elodie Pahon², Nouredine Zerhouni³, Daniel Hissel⁴

¹Université de Franche-Comté, UTBM, CNRS, institut FEMTO-ST, Belfort, France

²UTBM, CNRS, institut FEMTO-ST, Belfort, France

³Supmicrotech-ENSMM, CNRS, institut FEMTO-ST, Besançon, France

⁴Université de Franche-Comté, Institut Universitaire de France, UTBM, CNRS, institut FEMTO-ST, Belfort, France

Le GIEC a sonné la sonnette d'alarme concernant le réchauffement climatique, qui ne cesse de croître depuis 1980 et devrait atteindre un stade inquiétant de +1.5°C en 2030 [1]. Il est alors nécessaire de trouver de moyens de le contenir, en décarbonant les filières fortement émettrices de gaz à effet de serre telles que la mobilité et l'industrie, afin de prémunir les générations futures d'un désastre écologique sans précédent. L'hydrogène, vecteur énergétique du futur, s'avère être l'un des fers de lance de cette décarbonation. Cependant, les performances, la durabilité, la fiabilité, la disponibilité et les coûts d'exploitation des systèmes hydrogène-énergie ne sont pas encore compétitifs avec les machines conventionnelles. Afin de résoudre en partie ces problématiques, un outil de maintenance prescriptive basé sur l'intelligence artificielle et comprenant quatre briques s'avère être très intéressant. La première brique consiste à disrupter les stratégies de maintenance actuelles en planifiant les interventions que lorsque c'est strictement nécessaire et non selon un calendrier précis (maintenance préventive), d'estimer l'état de santé et prédire la durée de vie utile restante des composants hydrogène afin de s'assurer que le système puisse continuer sa mission, et enfin de prédire les pannes qui peuvent être très onéreuses et dégradantes. La seconde est relative au contrôle prédictif du système, permettant d'améliorer les stratégies de contrôle en assurant le meilleur compromis entre performances et durabilité. La troisième brique permet d'améliorer le temps moyen pour détecter et réparer les différentes anomalies que ce soit pour les capteurs, actionneurs ou composants hydrogène. Enfin, la dernière consiste à optimiser l'architecture du système afin de trouver laquelle est la plus intéressante en termes notamment de performances, de fiabilité et de durabilité. Dans ce papier, le choix a été fait de discuter d'un des aspects de la première brique de l'outil de maintenance prescriptive, à savoir l'estimation de l'état de santé et la prédiction de la durée de vie restante d'un composant hydrogène [2], en l'occurrence pour une pile à combustible à membrane échangeuse de protons. Le jeu de données utilisé provient du « Défi IEEE PHM Data 2014 », disponible en open access sur le site Data@UBFC [3]. L'horizon de prédiction choisi est de 164h afin de pouvoir réaliser les interventions de maintenance avant que le système ne soit plus capable d'assurer sa mission. L'idée est de comparer deux algorithmes d'intelligence artificielle bien connu pour la prédiction, que sont le Bidirectional Echo State Network (BiESN) et le Bidirectional Long-Short Term Memory (BiLSTM), en termes de précision et de temps de calcul.

1. Germain, J.-M.; Lellouch, T. The Social Cost of Global Warming and Sustainability Indicators: Lessons from an Application to France. *Econ. Stat. Econ. Stat.* **2020**, *81*–102, doi:10.24187/ecostat.2020.517t.2024.
2. Chanal, D.; Steiner, N.Y.; Chamagne, D.; Pera, M.-C. Voltage Prognosis of PEMFC Estimated Using Multi-Reservoir Bidirectional Echo State Network. In Proceedings of the 2022 10th International Conference on Systems and Control (ICSC); November 2022; pp. 352–359.
3. Harel, F. IEEE PHM Data Challenge 2014 2021.

