



PROPOSITION DE SUJET DE THESE EN PHM (Prognosis and Health Monitoring)

Développement d'une approche de pronostic des piles à combustibles dans le contexte d'un réseau local de production d'énergie

Ecole Doctorale : EEATS Grenoble

Laboratoire de recherche: GIPSA- LAB, UMR CNRS 5216, Grenoble

Encadrement:

Laboratoire GIPSA-Lab, Département d'automatique

Catherine CADET catherine.cadet@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

Christophe BERENGUER christophe.berenguer@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

Laboratoire LIS – Université Aix-Marseille

Zhongliang LI zhongliang.li@lis-lab.fr

Rachid OUTBIB rachid.outbib@lis-lab.fr

Financement Contrat doctoral (3 ans), début 01/10/2019

Mots Clés : PHM, Pronostic, Maintenance prédictive, Piles à combustible, réseau énergétique autonome

La thèse est basée au laboratoire GIPSA-lab (<http://www.gipsa-lab.fr/>), à Grenoble, en co-encadrement avec le laboratoire LIS (<https://www.lis-lab.fr/>) à Marseille. Plusieurs séjours à Marseille de durée variable seront à prévoir durant le doctorat.

Contexte

Les approches PHM (Prognostics and Health Management) permettent de mettre en place des politiques « dynamiques » de maintenance (maintenance prédictive) qui permettent de mieux maîtriser et gérer la durée de vie des systèmes. Le déploiement réussi d'approches de maintenance prédictive requiert des innovations méthodologiques qui suscitent de nombreux travaux de recherche depuis 2006 [1]. Les premiers travaux sur le pronostic des piles à combustibles ont démarré plus récemment [2]. Cette approche a pour objectif de viser la disponibilité maximale du système et la minimisation des coûts qui sont élevés dans le cas des maintenances classiques, tout en garantissant un système fiable et sécurisé.

La phase clef d'une démarche de pronostic et de gestion de l'état de santé d'un système réside dans l'évaluation de la durée de vie résiduelle ou RUL (Remaining Useful Life) du système considéré. La RUL est la durée entre le moment présent et le moment où le système est considéré hors service. Si la défaillance du système considéré résulte d'une dégradation graduelle, un indicateur de dégradation peut être estimé ou mesuré, et la durée de vie et son incertitude sont estimées à partir de son extrapolation jusqu'à un seuil.

Objectif

Ce travail de recherche a pour objectif de développer une approche permettant d'établir la durée de vie d'une pile à combustible mise en réseau avec d'autres sources d'énergie, dans un contexte « système de systèmes ». Pour ce faire, la stratégie d'estimation de la RUL doit être pertinente et une procédure de décision post-pronostic cohérente doit être mise en place pour déterminer les actions à mettre en œuvre pour maintenir le système à un certain niveau de performances et pour l'opérer de la manière la plus efficace dans le réseau d'énergie multi-source. Ainsi, des aspects de fiabilité,

disponibilité ou encore de maintenance seront étudiés. La plupart des méthodes de pronostic de durée de vie résiduelle pour la prise de décision en maintenance prévisionnelle sont limitées au niveau « composant » (ou au niveau d'un système caractérisé par un indice de détérioration unique pour l'ensemble du système). Une des originalités du travail de recherche proposé ici sera développer des approches de pronostic et de décision post-pronostic pour la maintenance et la gestion de l'état de santé à un niveau système, puis pour un système intégré dans un réseau (« système de systèmes »).

Déroulement de la thèse

La première partie de la thèse consistera à effectuer les travaux sur une pile à combustible prise isolément (niveau « système »), tandis qu'une seconde partie sera consacrée à la mise en réseau (vision « système de systèmes »).

La pile à combustible est un système récent dont il existe peu d'historique ou de données d'expertises sur lesquels s'appuyer. C'est également un système complexe, multi-physique et multi-échelle, pour lequel il n'existe pas de consensus sur un modèle de connaissance. Aussi on utilisera ici une approche hybride données/modèles qui va chercher à utiliser au mieux les données et/ou les modèles de connaissance disponibles. Afin de ne pas être limité par un manque de données de vieillissement, une première tâche sera de caractériser puis de proposer un modèle de comportement du vieillissement. Ce travail s'effectuera dans la continuité des travaux de D. Zhang [3], et permettra de constituer une base de données représentative du vieillissement des piles à combustible qui servira de référence.

La méthode de pronostic sera composée de deux étapes principales : (i) estimation de l'état actuel de la dégradation et (ii) prédiction de l'état futur de la dégradation. C'est à ce dernier niveau que les critères la disponibilité maximale du système, minimisation des coûts et fiabilité devront être traduits en terme mathématiques et intégrés dans l'algorithme. Le principal enjeu à ce stade sera de développer une approche de pronostic permettant de prendre en compte des informations de dégradations provenant de divers niveaux dans le système PEMFC (différents niveaux de surveillance, différents indicateurs de dégradations,) dans une démarche de pronostic système multi-niveaux.

Une application de mise en réseau sur un réseau autonome sera ensuite établie. On s'appuiera sur la plateforme SUPER disponible au LIS sur les énergies renouvelables sera exploitée pour la caractérisation des composants et la mise en œuvre des stratégies du pronostic. La plate-forme SUPER comporte plusieurs procédés à énergies renouvelables (Panneaux solaires, pile à combustible, électrolyseur, éolienne, etc.), des systèmes de stockage (Batteries, supercondensateur, etc.) et un système global de contrôle. La principale difficulté pour réaliser le pronostic d'un système PEMFC inséré dans un réseau d'énergie multi-sources consiste à prendre en compte les effets des autres composants du réseau et son fonctionnement global sur les conditions opératoires du système PEMFC, sa dégradation et sa durée de vie résiduelle. Le travail intégrera des interactions croissantes entre les éléments L'approche pronostic pour ces autres éléments du réseau sera apportée par le laboratoire LIS.

Une fois le pronostic du système PEMFC réalisé, la question de la décision post-pronostic se pose. Dans ces travaux, on cherchera à étudier comment les informations fournies par le pronostic peuvent être utilisées pour piloter le réseau et décider des actions de maintenance de façon à optimiser les performances du réseau et la durée de vie de ses éléments.

Des résultats sont attendus à la fois sur des aspects méthodologiques de pronostic, sur les procédures de décision post-pronostic ainsi que sur les aspects pratiques de déploiement de réseaux multi-sources.

grenoble
images
parole
signal
automatique

Compétences requises

Le ou la candidat(e) devra avoir un diplôme d'ingénieur ou de master 2.

Le(ou la) candidat(e) doit avoir également :

- Des connaissances en risque et/ou fiabilité et méthodes analytiques
- Un excellent niveau d'anglais
- Des qualités rédactionnelles
- Une capacité d'analyse scientifique

Une expérience en machine learning et en automatique serait appréciée. Enfin, la personne recrutée fera partie des équipes de GIPSA-lab et du LIS, aussi il ou elle devra s'intéresser non seulement à son sujet mais également au domaine scientifique des équipes

Pour candidater

Contact : Catherine Cadet (catherine.cadet@gipsa-lab.grenoble-inp.fr).

Veuillez accompagner l'acte de candidature :

- d'un CV détaillé (avec vos coordonnées : adresse postale, électronique, téléphone)
- de vos relevés de notes
- d'une lettre de motivation pour le sujet
- de lettre(s) de recommandation ou des noms de personnes référentes.

Références

[1] G. Vachtsevanos, F.-L. Lewis, M. Roemer, A. Hess and B. Wu, "Intelligent fault diagnosis and prognosis for engineering systems", Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA (2006)

[2] IEEE PHM 2014 data Challenge, Fclab, <http://eng.fclab.fr/ieee-phm-2014-data-challenge/>, Fclab research, Belfort

[3] D. Zhang, Contribution to prognostics of PEM fuel cells : approaches based on degradation information at multiple levels, Thèse de doct. Communauté Université Grenoble Alpes, Soutenue le 18 janvier 2018 <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01725849>

[4] Z. Li, C. Cadet, R. Outbib, Diagnosis for PEMFC based on magnetic measurements and data-driven approach, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, DOI 10.1109/TEC.2018.2872118 (preprint)

[5] Z. Li, R. Outbib, S. Giurgea and D. Hissel "Diagnosis for PEMFC systems: a data-driven approach with the capabilities of online adaptation and novel fault detection" IEEE Transactions on Industrial Electronics

grenoble
images
parole
signal
automatique

GIPSA-lab

Grenoble Campus
11 rue des Mathématiques - BP46
F-38402 SAINT MARTIN D'HERES Cedex
Tél. +33 (0)4 76 82 71 31
Fax +33 (0)4 76 82 64 26

www.gipsa-lab.fr
prenom.nom@gipsa-lab.fr

UMR5216

CNRS
Grenoble INP
UGA

PhD position in PHM (Prognosis and Health Monitoring)

Development of a Fuel Cell Prognosis Approach in the Context of a Local Energy Grid

Doctoral School: EEATS Grenoble

Host Research Laboratory: GIPSA- LAB, UMR CNRS 5216, Grenoble

PhD supervisors:

GIPSA-Lab, Automatic Control Department

Catherine CADET catherine.cadet@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

Christophe BERENGUER christophe.berenguer@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

LIS –Aix-Marseille University

Zhongliang LI zhongliang.li@lis-lab.fr

Rachid OUTBIB rachid.outbib@lis-lab.fr

Funding Doctoral Contract (3 years), beginning 2019/10/01

Keywords : PHM, Pronosis, Predictive maintenance, Fuel Cell, automnous energy networks

Scientific context

Prognostic and Health Management (PHM) approaches enable the implementation of "dynamic" maintenance (predictive maintenance) policies that make it possible to better control and manage the lifetime of the systems. The successful deployment of predictive maintenance approaches requires methodological innovations that have generated a great deal of research since 2006 [1]. The first works on the prognosis of fuel cells started more recently [2]. This approach aims to target the maximum system availability and cost minimization that are high in the case of conventional maintenance, while ensuring a reliable and secure system.

The key phase of the prognosis and management approach of the system health is the evaluation of the residual lifespan or RUL (Remaining Useful Life) of the system. The RUL is the time between the present moment and the moment when the system is considered out of order. If the failure of the considered system results from a gradual degradation, a degradation indicator can be estimated or measured, and the lifetime and its uncertainty are estimated from its extrapolation to a threshold.

Objective

This research project aims to develop an approach to establish the lifetime of a fuel cell networked with other energy sources, in a "system of systems" context. To do this, the RUL estimation strategy must be relevant, and a consistent post-prognostic decision procedure must be set up to determine the actions to be taken to maintain the system at a certain level of performance and operate in the most efficient way in the multi-source energy network. Thus, aspects of reliability, availability or maintenance will be studied. Most residual life prediction methods for predictive maintenance decision making are limited to the "component" level (or at the level of a system characterized by a single deterioration index

GIPSA-lab

Grenoble Campus

11 rue des Mathématiques - BP46
F-38402 SAINT MARTIN D'HERES Cedex

Tél. +33 (0)4 76 82 71 31

Fax +33 (0)4 76 82 64 26

www.gipsa-lab.fr

prenom.nom@gipsa-lab.fr

UMR5216

CNRS

Grenoble INP

UGA

for the entire system). One of the originalities of the research work proposed here will be to develop prognostic and post-prognostic approaches for the maintenance and management of health status at a system level, then for a system integrated in a network (system of systems).

Research program

The first part of the thesis will consist of working on a fuel cell taken in isolation ("system" level), while a second part will be devoted to networking ("system of systems" vision).

Fuel cell prognostics

To carry out the prognosis of a system, its degradation state is firstly estimated at a time t . This degradation state is then projected in the future to determine its RUL. For these tasks, three main approaches can be used: knowledge-based approaches (use of the information obtained from experts and of the history of faults recorded on the system), data-based approaches (recording of system to extract characteristics to evaluate the state of health of the system), model-based approaches (comparison between the actual functioning of the system and its mathematical reference model built from the physics laws).

The fuel cell is a recent system for which there is little history or data expertise to rely on. It is also a complex, multi-physical and multi-scale system, for which there is no consensus on a knowledge model. So, we will use a hybrid data / model approach that will seek to make the best use of available data and / or knowledge models. In order not to be limited by a lack of ageing data, a first task will be to characterize and then propose a model of aging behavior. This work will be carried out in the continuity of D. Zhang's work [3], so as to build a representative database of ageing fuel cells that will be used as a reference data base.

The prognostic method will consist of two main stages: (i) estimation of the current state of degradation and (ii) prediction of the future state of degradation. The first step, which is a filtering step, is performed from a degradation model and available measurements. The second step consists in uncertainties propagation. The main issue of prognosis concerns taking into account the different sources of uncertainty (model, measurement, operating conditions) to obtain a measure of the uncertainty associated with the predicted RUL. It is at this level that the criteria, such as the availability of the system, the costs and the reliability will have to be translated into mathematical term and integrated into the algorithm. The main challenge at this stage will be to develop a prognostic approach to take into account the degradation information from various levels in the fuel cell system (different levels of monitoring, different indicators of degradation, ...) in a multi-system prognostic approach - Levels.

Networking

A networking application on an autonomous network will then be established. The SUPER platform available at the LIS on renewable energies will be used for the characterization of components and the implementation of prognostic strategies. The SUPER platform comprises several renewable energy processes (solar panels, fuel cell, electrolyser, wind turbine, etc.), storage systems (batteries, supercapacitor, etc.) and a global control system. The main difficulty in making the prognosis of a fuel cell system inserted into a multi-source energy network is to take into account the effects of the other components of the network

GIPSA-lab

Grenoble Campus
11 rue des Mathématiques - BP46
F-38402 SAINT MARTIN D'HERES Cedex
Tél. +33 (0)4 76 82 71 31
Fax +33 (0)4 76 82 64 26

www.gipsa-lab.fr
prenom.nom@gipsa-lab.fr

UMR5216

CNRS
Grenoble INP
UGA

and its overall operation on the operating conditions of the fuel cell system, its degradation and its residual life.

The work will integrate increasing interactions between the elements: first by considering the elements taken independently of each other, then considering different load distributions according to the objectives and finally the interactions of the degradations between the sources. The prognostic approach for these other elements of the network will be provided by the LIS laboratory.

Once the prognosis of the PEMFC system is realized, the question of the post-prognosis decision arises. In this work, we will try to study how the information provided by the prognosis can be used to control the network and make the decision on the maintenance actions in order to optimize the network performance and the lifetime of its elements.

Results are expected both on the methodological aspects of prognosis, post-prognostic decision-making procedures, and on the practical aspects of the deployment of fuel cell based multi-source networks.

Research teams and work environment

The doctoral thesis location will be based at the GIPSA laboratory, in Grenoble, in co-supervision with the LIS laboratory in Marseille. Some stays in Marseille of varying duration will be expected during the doctoral thesis.

GIPSA-lab laboratory (<http://www.gipsa-lab.fr/en>)

Gipsa-lab (UMR 5216) is a large multidisciplinary research unit principally mostly belonging to INS2I, and secondary to INSHS. With about 400 people, Gipsa-lab is internationally recognized for the research achieved in Automatic Control, Signal and Images processing, Speech and Cognition. The research unit develops projects in the strategic areas of energy, environment, communication, intelligent systems, Life and Health and language engineering. The excellence of the laboratory in terms of scientific production and valorization, its international influence, the effectiveness of its structural organization in scientific departments and shared services units is regularly noted by the administrative supervision and the authorities of evaluation. The doctoral student will be integrated into a team that is interested in the problems of monitoring / diagnosis / prognosis of systems by given approaches and / or systems.

Laboratoire LIS (<https://www.lis-lab.fr/>)

LIS laboratory (UMR 7020) is a new structure attached to INS2I resulting from the merger of two UMR laboratories, LIF (UMR 7279) and LSIS (UMR 7296). It comprises more than 375 members, including 190 tenure researchers. This new structure brings together the strengths and competences on the fundamental and applied activities in the fields of computer science, automation, signal and image. The thesis work will be carried out in the research team PECASE (Prognostic/Diagnostic and Control: Health and Energy), which belongs the department of ACS (Analysis and Control System). PECASE gathers researchers working on the methodologies and applications of diagnostics, prognostics and control, especially the applications in energy domain is considered as the key direction of PECASE. In PECASE, a grand experimental platform, named SUPER has been realized to carry out the

GIPSA-lab
Grenoble Campus
11 rue des Mathématiques - BP46
F-38402 SAINT MARTIN D'HERES Cedex
Tél. +33 (0)4 76 82 71 31
Fax +33 (0)4 76 82 64 26

www.gipsa-lab.fr
prenom.nom@gipsa-lab.fr

UMR5216
CNRS
Grenoble INP
UGA

research related to renewable energy. The SUPER is fully equipped with different energy sources, storage units and converters, and the necessary control and measuring instruments, such as those for micro-grid (composed by solar panel, wind turbine, thermal pump...), and for electric vehicle powertrain (SCs, batteries, FCs, converters and motors).

Qualification requirements

The applicant must have a degree in engineering or master 2.

The applicant must also have:

- Some background in risk and/or reliability theory and analysis methods
- Excellent English oral and writing skills
- Excellent collaborative skills
- Excellent scientific analysis skills

The research or working experiences in machine learning and automatic control design will be appreciated. Finally, the PhD position will be an integral part of the GIPSA-lab and LIS teams, so the applicant will have to be interested not only in his subject but also in the scientific field of the teams.

To apply

Contact : Catherine Cadet (catherine.cadet@gipsa-lab.grenoble-inp.fr)

Please accompany the application form:

- a detailed CV (with your contact details: postal address, email, telephone)
- your university transcripts
- a letter of motivation for the subject
- letter (s) of recommendation or names of referents.

References

- [1] G. Vachtsevanos, F.-L. Lewis, M. Roemer, A. Hess and B. Wu, "Intelligent fault diagnosis and prognosis for engineering systems", Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA (2006)
- [2] IEEE PHM 2014 data Challenge, Fclab, <http://eng.fclab.fr/ieee-phm-2014-data-challenge/>, Fclab research, Belfort
- [3] D. Zhang, Contribution to prognostics of PEM fuel cells : approaches based on degradation information at multiple levels, Thèse de doct. Communauté Université Grenoble Alpes, Soutenue le 18 janvier 2018 <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01725849>
- [4] Z. Li, C. Cadet, R. Outbib, Diagnosis for PEMFC based on magnetic measurements and data-driven approach, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, DOI 10.1109/TEC.2018.2872118 (preprint)
- [5] Z. Li, R. Outbib , S. Giurgea and D. Hissel "Diagnosis for PEMFC systems: a data-driven approach with the capabilities of online adaptation and novel fault detection" IEEE Transactions on Industrial Electronics

grenoble
images
parole
signal
automatique

GIPSA-lab
Grenoble Campus
11 rue des Mathématiques - BP46
F-38402 SAINT MARTIN D'HERES Cedex
Tél. +33 (0)4 76 82 71 31
Fax +33 (0)4 76 82 64 26

www.gipsa-lab.fr
prenom.nom@gipsa-lab.fr

UMR5216
CNRS
Grenoble INP
UGA