



## Proposition de sujet de thèse CIFRE

# Approche générique de mise en œuvre de la maintenance prédictive : acquisition de données, état de santé et pronostic

Mots clés : Big-data, intelligence artificielle, Maintenance prédictive

Entreprise : C&K switches, Dole

Laboratoire : Institut Femto-st - Dpt AS2M

## Contexte

Aujourd'hui toutes les entreprises produisant de biens utilisent des équipements de production qui possèdent de nombreux capteurs. La plupart du temps les informations recueillies par ces capteurs sont sous exploitées. En effet, elles sont principalement utilisées pour le suivi et la traçabilité de la production mais très rarement pour analyser l'état de santé du système de production.

Grâce à l'émergence du domaine du Prognostic and Health Management (PHM) depuis quelques années il est possible d'envisager d'étudier l'état de santé d'un système (machine de production par exemple) et de prédire l'évolution future de celui-ci.

## Problématique

C'est dans ce contexte que se positionne ce projet de thèse. La société C&K switches a lancé en 2017 un projet global de digitalisation de l'entreprise en la faisant entrer dans le monde de l'industrie 4.0. Un des enjeux de cette digitalisation est de permettre à tous les services de l'entreprise d'accéder à des informations utiles et personnalisées sur tout le cycle de vie du produit fabriqué mais aussi du système de production. La performance d'une entreprise passant bien sûr par l'efficacité de son système de production, il est de plus en plus nécessaire de connaître son état de santé afin de prévoir et prévenir au plus tôt les risques de dysfonctionnement.

Aujourd'hui l'entreprise C&K switches ne dispose pas de moyens d'analyse des données de production lui permettant d'assurer le suivi personnalisé de ses outils de production. La stratégie industrielle conduit la société à vouloir mettre en œuvre un pilotage des machines avec un suivi prédictif des dérives voire même une correction automatique sur certains facteurs jugés critiques. Ce projet de thèse a pour objectif de proposer une démarche de mise en place de l'ensemble des processus du PHM au niveau d'une entreprise comme C&K switches. De nombreux challenges sont à relever pour atteindre ce but :

- l'acquisition de données : les données brutes à partir desquelles on peut imaginer faire une analyse doivent être bien sûr collectées. Il convient donc déjà d'identifier, d'acquérir et de stocker les données. Ces données ont la particularité d'être foisonnantes, pas toujours complètes, parfois incertaines et en grande quantité, on entre là dans le domaine du bigdata.
- l'analyse des données : les données brutes sont souvent pauvres de sens. Il est indispensable pour pouvoir les interpréter des les traiter à l'aide de processus ayant pour but de les "faire parler". Des techniques scientifiques de filtrage, d'extraction de connaissance pourront être envisagées pour cela (outils de traitement du signal, data mining, deep learning).

- caractérisation de l'état de santé : l'identification des paramètres pertinents doit viser la construction d'indicateurs qui caractérisent le niveau de santé d'un système (machine de production). Ces indicateurs seront ensuite exploités pour d'une part connaître de façon précise l'état du système de production mais aussi grâce à des processus de pronostic (qu'il conviendra de proposer) de prédire leurs évolutions futures. Pour cela des approches issues de l'intelligence artificielle seront proposées.
- auto-correction du système : Les facteurs influents sur l'évolution de l'état de santé d'un système étant identifié, il est possible de mettre en œuvre une correction automatique de la commande du système en vue de lui permettre de poursuivre l'accomplissement d'une mission sans risque de défaillance. Dans cette dernière phase le challenge consistera à proposer un contrôle adaptatif des équipements en fonction de la situation courante et à venir.

## Plan de travail

- M0-M12 : Etat de l'art – veille technologique
- M3-M9 : Analyse et structuration des données
- M6-M12 : Choix d'un dispositif pilote - Analyse des facteurs influents
- M9-M21 : Modélisation de l'état de santé des équipements (indicateurs de santé)
- M18-M30 : Elaboration d'un modèle prédictif (anticipation des dégradations)
- M24-M33 : Validation des approches proposées (sur application pilote)
- M30-M36 : Rédaction du mémoire de thèse

## Équipe d'accueil et contexte de travail

Cette thèse est une thèse CIFRE qui se déroulera en collaboration entre l'entreprise C&K switches de Dole et l'institut Femto-st (Dpt AS2M). Elle se déroulera en partie dans l'entreprise et pour l'autre partie au sein de l'équipe PHM du département AS2M de Femto-st, situé dans les locaux de l'ENSMM. L'encadrement du travail de recherche sera assuré par Christophe Varnier et Nouredine Zerhouni.

Veillez accompagner votre candidature de :

- un CV détaillé (avec vos coordonnées complètes : adresse postale, électronique, téléphone)
- une lettre de motivation pour la recherche
- les relevés de notes
- des lettre(s) de recommandation ou des noms de personnes référentes.

Contact :

- Christophe Varnier – ENSMM/Femto-st – [christophe.varnier@ens2m.fr](mailto:christophe.varnier@ens2m.fr)  
+33 (0)3 81 40 28 13
- Nouredine Zerhouni – ENSMM/Femto-st – [zerhouni@ens2m.fr](mailto:zerhouni@ens2m.fr)
- Alain Naegellen – C&K – [Alain.Naegellen@ckswitches.com](mailto:Alain.Naegellen@ckswitches.com)  
+ 33 (0)3 84 72 94 38

## Profil des candidats

Les compétences requises pour ce sujet sont : informatique et informatique industrielle, méthode de diagnostic et de pronostic, programmation

## Références

- [1] Brahimi , M., Medjaher, K., Zerhouni, N., Leouatni Mohammed, A Support Vector Machine Approach for Overhead Contact Line System Diagnostics. IEEE Transactions on intelligent Transportation systems, 2017.
- [2] Herr, N., Nicod, J.-M., Varnier, C., Zerhouni, N., Malek Cherif, Fnaiech, F., Joint optimization of train assignment and predictive maintenance scheduling, 7th International Conference on railway operations modelling and Analysis (RailLille 2017), pp. 699 - 708, 2017.
- [3] Atamuradov V., Medjaher K., Dersin P., Zerhouni N. Prognostics and Health Management for Maintenance Practitioners-Review, Implementation and Tools Evaluation, International Journal of Prognostics and Health Management 8 :31, 2017
- [4] Tobon Mejia, D., Medjaher, K., Zerhouni, N., Tripot, G., A data-driven failure prognostics method based on mixture of gaussians hidden markov models. IEEE Transactions on Reliability, vol. 61(2), pp. 491 - 503, 2012
- [5] Jin, X., Weiss, B. A., Siegel, D., Lee, J. (2016). Present status and future growth of advanced maintenance technology and strategy in US manufacturing. International journal of prognostics and health management, 7(Spec Iss on Smart Manufacturing PHM).
- [6] Jin, X., Siegel, D., Weiss, B. A., Gamel, E., Wang, W., Lee, J., Ni, J. (2016). The present status and future growth of maintenance in US manufacturing : results from a pilot survey. Manufacturing review, 3.
- [7] Helu, Moneer, and Brian Weiss. "The Current State of Sensing, Health Management, and Control for Small-to-Medium-Sized Manufacturers." ASME 2016 11th International Manufacturing Science and Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2016.
- [8] Weiss, Brian A., and Guixiu Qiao. "Hierarchical Decomposition of a Manufacturing Work Cell to Promote Monitoring, Diagnostics, and Prognostics." ASME 2017 12th International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME/ASME 2017 6th International Conference on Materials and Processing. American Society of Mechanical Engineers, 2017.
- [9] Shen, T., Wan, F., Cui, W., Song, B. (2010, January). Application of prognostic and health management technology on aircraft fuel system. In Prognostics and Health Management Conference, 2010. PHM'10. (pp. 1-7). IEEE.
- [10] Gouriveau, R., Medjaher, K., Zerhouni, N. (2016). From Prognostics and Health Systems Management to Predictive Maintenance 1 : Monitoring and Prognostics. John Wiley & Sons.
- [11] Saxena, A., Celaya, J., Balaban, E., Goebel, K., Saha, B., Saha, S., Schwabacher, M. (2008, October). Metrics for evaluating performance of prognostic techniques. In Prognostics and health management, 2008. phm 2008. international conference on (pp. 1-17). IEEE.
- [12] Nguyen, K. T., Fouladirad, M., Grall, A. (2018). Model selection for degradation modeling and prognosis with health monitoring data. Reliability Engineering & System Safety, 169, 105-116.