

Sujet de thèse CIFRE

Titre de la thèse :

Méthodologie d'élaboration du potentiel restant de systèmes manufacturiers à partir du couplage pronostic-aide à la décision pour son exploitation en production

Mots clés : Prognostics and Health Management, Prognostics, Decision-making, Residual Performance Lifetime, Predictive Maintenance

Laboratoire d'accueil : CRAN (Centre de Recherche en Automatique de Nancy), UMR-7039, Université de Lorraine, CNRS.

Partenaire industriel : Renault, direction Production Engineering Alliance, département Maintenance localisé au Technocentre Renault à Guyancourt

Date de démarrage : septembre/octobre 2019

Descriptif de la thèse :

Dans le cadre du développement de ses activités de maintenance prédictive et ceci plus spécifiquement pour le domaine d'application machine-outil, le département Ingénierie Maintenance de Renault suit une démarche de type PHM (Prognostics and Health Management). La finalité d'une telle démarche est non seulement centrée sur le système manufacturier (état de santé machine), mais également sur le produit qu'il réalise (impact de l'état machine sur la qualité du produit). Structurée en 5 étapes clés, les deux premières étapes de la démarche représentent des activités fondées sur (i) la formalisation des connaissances de machines de production et sur (ii) l'élaboration de leur bilan de santé associé. Les étapes suivantes concernent les activités de (iii) pronostic, (iv) d'aide à la décision et de (v) capitalisation. Les deux premières étapes ont été abordées au travers d'un premier travail de thèse structurant la méthodologie. Il s'agit donc à travers ce nouveau travail de thèse, d'aborder les deux étapes suivantes relatives au pronostic et à l'aide à la décision. La partie relative au pronostic permet d'évaluer l'état de santé à venir, cette évaluation venant alors en soutien à une prise de décision proactive. Le couplage entre ces deux processus fait émerger la notion de potentiel restant comme la capacité résiduelle du système à accomplir sa ou ses mission(s).

Cette focalisation sur les processus de pronostic et d'aide à la décision, au-delà du contexte Renault, se réfère, pour la thèse, à un protocole de recherche de type abductif, basé sur de la généralisation des problématiques attaquées afin de pouvoir s'appliquer à tous systèmes industriels (et non pas uniquement pour résoudre le cas des machines de production). Cette généralisation des problématiques de couplage pronostic et aide à la décision s'inscrit de façon tout à fait cohérente au sein des communautés IFAC, IEEE, CIRP et PHM society (dans lesquelles le CRAN et RENAULT sont fortement impliqués) à travers par exemple les travaux de (Voisin *et al.*, 2010), (Hoang, Do and Lung, 2015), (Nguyen, Do and Grall, 2015) et (Rozas *et al.*, 2018). Cependant ces travaux n'abordent le pronostic dans son couplage avec l'aide à la décision qu'à travers une vision centrée sur les

composants et rarement le système. Ainsi le pronostic fournit un RUL (*Remaining Useful Life*) qui est exploité par l'aide à la décision de manière séquentielle et linéaire. Le RUL est attachée à "la quantité de temps restant durant laquelle le composant ou système pourra assurer la fonction définie par ses spécifications en conception" (Zio, 2013). Cette vision bien qu'importante et nécessaire, par exemple pour planifier la maintenance en juste-à-temps, montre ses limites car, en exploitation, la gestion des missions d'un équipement dépend de sa capacité à produire en conformité, dans une durée impartie et sur une échelle de temps définie. Ainsi pour un même RUL, deux machines ayant des dégradations différentes n'auront pas nécessairement la même capacité. Cette vision n'est donc pas suffisante (trop restrictive) par rapport au contexte initial Renault puisque n'abordant pas les aspects qualité produit, caractéristiques process, etc. La plus-value scientifique de la thèse est ainsi de développer des contributions pour prendre en considération une vision holistique du système de production en s'appuyant sur des orientations telles que celles défendues dans (Colledani *et al.*, 2014), (Voisin *et al.*, 2018) et (Laloix *et al.*, 2018) et en adaptant d'une part le concept de potentiel restant principalement utilisé en aéronautique au domaine du manufacturier et ses spécificités et d'autre part en formalisant le couplage entre le pronostic et aide à la décision (rétro-action).

Par conséquent, l'objectif de la thèse est, à terme, de disposer d'une méthodologie d'élaboration du potentiel d'utilisation restant d'un moyen d'usinage (et plus globalement de production au sens large) pour favoriser la prise de décision au plus juste considérant non seulement l'état du moyen, mais également du produit qu'il réalise. Cette méthodologie se veut générique (portabilité à l'ensemble des moyens critiques des usines du groupe) par la considération d'une vision holistique tant du moyen que de la prise de décision multicritère.

Le développement de ce système de pronostic soulève trois défis majeurs en lien avec des solutions PHM :

- Identifier les indicateurs pertinents à pronostiquer supportant la vision de potentiel restant et nécessaires à l'aide à la décision potentiellement multi-métiers (ex. conduite, maintenance). Cet aspect multi-métier doit adresser plusieurs niveaux du système puisque les actions potentielles en fonction du métier sont différentes (par exemple la maintenance intervient sur le composant alors que la conduite intervient sur la machine pour garantir la conformité du produit).
- Formaliser les besoins de l'aide à la décision en regard des besoins métiers. Ainsi, plusieurs indicateurs étant à disposition avec leur évolution future, l'utilisation de plusieurs critères de décision pour un métier donné se doit d'être étudié tant dans la combinaison des critères que dans l'utilisation de leurs niveaux pouvant impliquer différents scénarii, i.e. des actions de maintenance ou conduite différentes. Pour répondre à ces besoins, il est également nécessaire de définir les approches d'aide à la décision les plus pertinentes.
- Définir les approches de pronostic les plus pertinentes au regard des indicateurs de santé et pouvant supporter le couplage avec l'aide à la décision en intégrant dans leur calcul les paramètres des différents scénarii de l'aide à la décision. Proposer une méthode de sélection d'algorithmes les mieux adaptés.

La thèse vise donc à attaquer ces trois défis pour apporter des contributions aux trois originalités pour compléter l'élaboration d'un processus d'ingénierie générique du PHM, initiée par T. Laloix (Laloix, 2018), en traitant des processus de pronostic et d'aide à la décision. Ce processus d'ingénierie sera mis en œuvre dans le cadre de la thèse sur un cas d'application de type machine-outil localisé à l'usine de Cléon (Normandie) sur une ligne produisant des carters cylindre de moteur. Deux usages, l'un basé sur la maintenance et l'autre basé sur la production, seront définis à partir de ce cadre d'application pour servir à démontrer la plus-value de cette approche.

Localisation : Vous serez rattaché au département Maintenance du Production Engineering Renault, localisé au Technocentre Renault à Guyancourt. Des déplacements seront à prévoir sur les sites de production (particulièrement l'usine de Cléon).

Candidatures : Envoyer les candidatures (CV + lettre de motivation) à :

Thomas LALOIX (RENAULT) : thomas.laloix@renault.com

Benoît IUNG (CRAN) : benoit.iung@univ-lorraine.fr

Alexandre VOISIN (CRAN) : alexandre.voisin@univ-lorraine.fr

Références :

Colledani, M. *et al.* (2014) 'Design and management of manufacturing systems for production quality', *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 63(2), pp. 773–796.

Hoang, A., Do, P. and lung, B. (2015) 'Prognostics on energy efficiency performance for maintenance decision-making: Application to industrial platform TELMA', in *Prognostics and System Health Management Conference (PHM)*, pp. 1–7.

Laloix, T. *et al.* (2018) 'A priori indicator identification to support predictive maintenance: application to machine tool', *Proceedings of the European Conference of the PHM Society, Utrecht, Netherlands*, pp. 1–8.

Nguyen, K. A., Do, P. and Grall, A. (2015) 'Multi-level predictive maintenance for multi-component systems', *Reliability Engineering and System Safety*. Elsevier, 144, pp. 83–94.

Rozas, H. *et al.* (2018) 'An Approach to Prognosis-Decision-Making for Route Calculation of an Electric Vehicle Considering Stochastic Traffic Information', *PHM Society European Conference*, 4(1), pp. 1–9.

Voisin, A. *et al.* (2010) 'Generic prognosis model for proactive maintenance decision support: Application to pre-industrial e-maintenance test bed', *Journal of Intelligent Manufacturing*, 21(2), pp. 177–193.

Voisin, A. *et al.* (2018) 'Predictive Maintenance and part quality control from joint product-process-machine requirements: application to a machine tool', *Procedia Manufacturing*, 16, pp. 147–154.

Zio, E. (2013) *Diagnostics and Prognostics of Engineering Systems, Diagnostics and Prognostics of Engineering Systems: Methods and Techniques*.