

Caractérisation de l'état de santé d'un système pour l'optimisation de la maintenance prédictive

Responsable Industriel : M. Grégory Brouillet (Powertrain System, Responsable groupe développement Industrie 4.0 - Chargé d'exploitation électrique - Bosch – site de Rodez)

Responsables Scientifiques : Julien Moncel (LAAS-CNRS, Rodez/Toulouse) et Cyril Briand (LAAS-CNRS, Toulouse)

Financement : Thèse industrielle avec une bourse CIFRE

Présentation générale du sujet

L'évolution rapide des sciences et technologies des données imprègne de plus en plus la société et le monde de l'industrie. Les techniques d'apprentissage sont aujourd'hui utilisées pour améliorer les principales fonctions de la production, telles la gestion des stocks [1], l'ordonnancement de la production [2], ou encore la maintenance prédictive des équipements [3,4]. Dans ce dernier domaine, grâce à l'utilisation de statistiques sur les historiques des valeurs des capteurs instrumentant un système de production, il est possible d'estimer un état de santé et, d'anticiper ainsi les risques de pannes ou de détérioration de qualité, pour finalement les minimiser en agissant sur la politique de maintenance préventive. Parmi les méthodes statistiques, les techniques de Machine Learning (ML) figurent parmi les plus adaptées pour gérer la masse de données générée par des centaines, voire des milliers de capteurs physiques qui équipent les systèmes de production modernes (mesures de pression, voltage, courant, températures, couple, vibration, valeur de flux, etc.). Cependant, chaque environnement de production étant très spécifique, mettre en œuvre ces approches de façon efficace est un challenge renouvelé à chaque application.

Ce sujet de thèse CIFRE s'intéresse à la maintenance prédictive du site de production Bosch localisé à Rodez. L'objectif est de développer et de déployer des dispositifs de maintenance prédictive basés sur le Machine Learning.

Contexte industriel

Le site de production Bosch Rodez est le site de production le plus important du groupe Bosch en France. Avec 1600 employés, il est constitué d'un millier de machines dont certaines sont connectées en réseau. Ce site fabrique des bougies de préchauffage, des injecteurs Common Rail, ainsi que des buses d'injection. La production est gérée par la plateforme logicielle SAP. Quatre-vingt-dix personnes sont rattachées au service de maintenance qui fonctionne en 3x8. Des capteurs sont installés sur les différentes machines et armoires électriques. Les données issues de ces capteurs pourront être croisées avec les données d'alarme et de qualité, dont un historique est disponible. L'étude se focalisera en particulier sur la maintenance des broches d'usinages, dont les coûts de remplacement sont importants, et qui sont aujourd'hui remplacées de façon prévisionnelle.

Membre d'un groupe international ayant une forte culture de l'innovation [5], où le Lean Manufacturing est déployé et développé depuis de nombreuses années (sous l'appellation « maison » Bosch Production System), le site Bosch Rodez est un site d'excellence au sein du groupe, et est à la pointe de l'innovation en terme d'organisation industrielle. Le site a notamment reçu trois prix prestigieux en 2017 (Trophée Européen de l'Excellence EFQM,

voir [6]). Engagé pleinement dans la démarche Industrie 4.0, le site vient de créer (janvier 2018) une cellule Transformation Digitale, dans laquelle le doctorant s'intégrera (13 collaborateurs).

Résultats attendus et méthodologie

Les méthodes de ML, en particulier l'apprentissage non supervisé, permettent de mettre en évidence des corrélations et des clusters dans la masse de données brutes dont dispose l'entreprise (données machine, produit, incidents et anomalies reportées par les opérateurs de ligne, etc.). Dans un premier temps, cette approche sera appliquée pour identifier les paramètres pertinents, leurs corrélations et, si possible, déterminer des causes-racines (explication de la corrélation). Cette phase sera guidée par des critères de pertinence industrielle et de faisabilité technique. Dans un deuxième temps, une étude plus poussée sera réalisée sur les sujets d'étude sélectionnés lors de l'étape précédente, en utilisant des méthodes d'apprentissage supervisé. Le but est de modéliser et de définir un « état de santé » du système ou de ses sous-systèmes, et de caractériser les états de santé associés à des modes de fonctionnement optimaux. Cette partie du travail pourra en particulier consister à réaliser un couplage entre des aspects « apprentissage » et des aspects « optimisation ». Dans un dernier temps, on étudiera comment intégrer ce modèle d'état de santé au sein d'un dispositif de maintenance prédictive, le but étant de maximiser les taux d'utilisation machine (TRS), le taux de rebut ou autres critères de performance.

Profil recherché

Nous recherchons idéalement un candidat ayant une expérience de recherche (stage de Master), ainsi que des bases scientifiques solides en Informatique (analyse de données, optimisation, algorithmique, programmation). Des connaissances en Génie Industriel (gestion de la production et des flux, Lean) seraient un plus. Le candidat doit en outre être à l'aise en anglais, autant à l'oral qu'à l'écrit. Dynamisme, curiosité intellectuelle, et goût pour l'innovation seront des atouts indispensables pour le succès de cet ambitieux projet de recherche appliquée.

Références

[1] R. Carbonneau, K. Laframboise, R. Vahidov, *Application of machine learning techniques for supply chain demand forecasting*. European Journal of Operational Research 184 (2008) 1140–1154.

[2] L. Mönch, J. Zimmermann, P. Otto, *Machine learning techniques for scheduling jobs with incompatible families and unequal ready times on parallel batch machines*. Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence 19(3) (2006) 235–245.

[3] G. A. Susto, A. Schirru, S. Pampuri, S. McLoone, A. Beghi, *Machine Learning for Predictive Maintenance: A Multiple Classifier Approach*. IEEE Transactions on Industrial Informatics 11(3) (2015).

[4] B. Kroll, D. Schaffranek, S. Schriegel, O. Niggeman, *System modeling based on machine learning for anomaly detection and predictive maintenance in industrial plants*. IEEE Emerging Technology and Factory Automation, (2014).

[5] <https://www.bosch.fr/actualites/salon-smart-industries/>

[6] <https://www.bosch.fr/actualites/trophee-europeen-de-lexcellence-efqm/>