



**HAL**  
open science

# De la maintenance prédictive à la maintenance prescriptive: Une évolution nécessaire pour l'industrie du futur

Benoît Iung

► **To cite this version:**

Benoît Iung. De la maintenance prédictive à la maintenance prescriptive: Une évolution nécessaire pour l'industrie du futur. Conference on Complexity Analysis of Industrial Systems and Advanced Modeling, CAISAM 2019, Apr 2019, Ben Guerir, Maroc. hal-02126720

**HAL Id: hal-02126720**

**<https://hal.science/hal-02126720>**

Submitted on 23 May 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## De la maintenance prédictive à la maintenance prescriptive: Une évolution nécessaire pour l'industrie du futur

Pr. Benoît IUNG

Université de Lorraine, CRAN, UMR CNRS 7039, Campus Sciences, BP 70239, Vandœuvre-lès-Nancy, 54506, France

Le concept d'Industrie du Futur correspond globalement à une nouvelle façon d'organiser des processus industriels dans un objectif de mettre en place en place des (éco-)usines dites « intelligentes » (« smart factories ») capables d'une plus grande adaptabilité dans la production et d'une allocation plus efficace des ressources, ouvrant ainsi la voie à la 4<sup>ième</sup> révolution industrielle [5]. Cette révolution doit permettre de répondre aux défis d'une production de produits/services individualisés pour faire face aux attentes/usages du client mais avec des délais courts de mise sur le marché et au prix d'une production de masse. L'industrie du futur doit donc prôner de nouveaux systèmes de production plus agiles, connectés, « frugaux » et collaboratifs où la place de l'homme est essentielle. Ces capacités ne sont globalement atteignables qu'en développant d'avantage la numérisation de ces systèmes pour évoluer vers une digitalisation totale de la chaîne de la valeur. La donnée numérique devient par conséquent la nouvelle richesse économique favorisant l'émergence d'une structuration de ces systèmes autour du concept de CPS (Cyber-Physical System) ou CPPS (Cyber Physical Production System) [4] (Figure 1).

CPS: Système formé d'entités collaboratives, dotées de capacité de calcul, qui sont en connexion intensive avec le monde physique environnant et les phénomènes s'y déroulant, fournissant et utilisant à la fois les services de mise à disposition et de traitement de données disponibles sur le réseau

CPPS: Système constitué d'entités et sous-systèmes autonomes et coopérants, connectés au travers d'une relation contextualisée, au sein et au travers de tous les niveaux de la production, du process aux réseaux logistiques

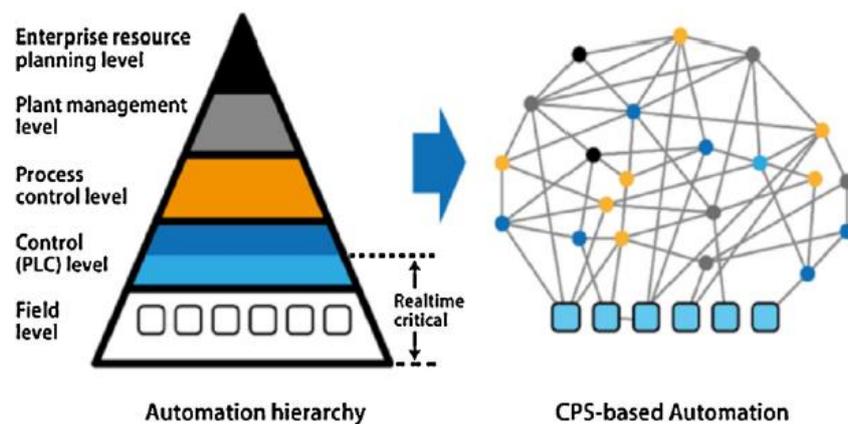


Figure 1 : D'une vision hiérarchique du contrôle à sa vision CPPS [4]

Ce concept de CPPS synchronise la vue physique d'un élément avec sa vue digitale permettant d'associer, par exemple, aux caractéristiques classiques d'un produit, ses caractéristiques de service (paradigme d'économie de fonctionnalité). Cette dualité physique/digitale autorise à la fois une autonomie des processus/ressources favorisant réactivité, proactivité, adaptabilité mais aussi leur coopération favorisant une convergence, une

optimisation de leurs performances. Cette évolution vers des propriétés à orientation Self-X est un prérequis obligatoire pour conférer au système de production toute son agilité [3] (Figure 2). Ce concept se concrétise à travers la mise en œuvre de technologies de rupture (ex. IoT, Biga Data, Cloud, Intelligence Artificielle) où la donnée est traitée, stockée, communiquée pour passer du stade de la perception d'un phénomène physique (ex. en sortie temps réel d'un capteur), à sa signification (une information), à sa contextualisation (une connaissance) jusqu'à aider à la prise de décision.

		Today's Factory		Industry 4.0 Factory	
	Data source	Key attributes	Key technologies	Key attributes	Key technologies
Component	Sensor	Precision	Smart Sensors and Fault Detection	Self-Aware Self-Predict	Degradation Monitoring & Remaining Useful Life Prediction
Machine	Controller	Producibility & Performance (Quality and throughput)	Condition-based Monitoring & Diagnostics	Self-Aware Self-Predict Self-Compare	Up Time with Predictive Health Monitoring
Production System	Networked manufacturing system	Productivity & OEE	Lean Operations: Work and Waste Reduction	Self-Configure Self-Maintain Self-Organize	Worry-free Productivity

Figure 2 : Des propriétés conventionnelles d'un système de production ... à celles de Self-X pour un système agile de production [3]

En ce sens, ces nouvelles technologies sont une véritablement opportunité pour encourager, au sein de l'industrie du futur, l'éclosion ou la consolidation de nouvelles formes/stratégies de maintenance pour s'orienter vers une maintenance 4.0. En effet, en regard des propriétés attendues pour les nouveaux systèmes de production, la maintenance a un rôle clé à jouer entre autres en favorisant un maintien en conditionnel opérationnel par anticipation, facilitant des diagnostics avancés, avec une plus grande maîtrise des potentiels restants de chacune des ressources du système tout en cherchant à réduire les coûts d'intervention [2]. Il s'agit de rendre les périodes de maintenance prévisibles (la panne n'est donc plus subie mais anticipée) afin qu'elles soient positionnées au moment choisi par l'entreprise pour améliorer et minimiser les arrêts inutiles. Selon une étude récente de McKinsey, une maintenance type prédictive permettrait aux entreprises d'économiser 630 milliards de dollars d'ici 2025.

La maintenance prédictive est une maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation de l'élément considéré (signe avant-coureur de la défaillance). Les processus de traitement nécessaires à la mise en œuvre de la maintenance prédictive réalisent donc deux fonctions essentielles : évaluer l'état courant (à travers une surveillance, un diagnostic) et donner une estimation crédible de l'état futur du système de production (à travers un pronostic, la génération d'un « bilan de santé ») ... pour aider à la prise de décision. Les traitements mis en œuvre font appel à des approches entre autres basées sur les données comme celles de l'Intelligence Artificielle (machine learning). Le résultat attendu est de disposer, à l'avance, de la bonne information, au bon moment et au bon endroit pour prendre la bonne décision en maintenance.

Cette notion d'intégration de la prise de la décision fait l'objet de la maintenance prescriptive (Figure 3) [1] qui englobe à la fois les événements susceptibles de survenir et la mise en œuvre de stratégies de maintenance optimisées, comme par exemple des maintenances opportunes. Donc la maintenance prescriptive utilise aussi des analyses avancées sur les données pour faire des prédictions mais la différence est qu'elle ne propose pas seulement des recommandations, mais propose des actions à faire sur la base de ces recommandations. Ainsi, la différence entre l'analyse prédictive et l'analyse prescriptive est le résultat de l'analyse. La première fournit

des éléments pour prendre des décisions éclairées, tandis la seconde offre des options de décision étayées par des données qu'il est possible ensuite de comparer les unes aux autres. Cette orientation prescriptive implique une vision très intégrative de la maintenance avec la production mais aussi avec toute fonction essentielle de l'entreprise. Cette vision de maintenance est celle défendue dans la communauté PHM (Prognostics and Health Management).

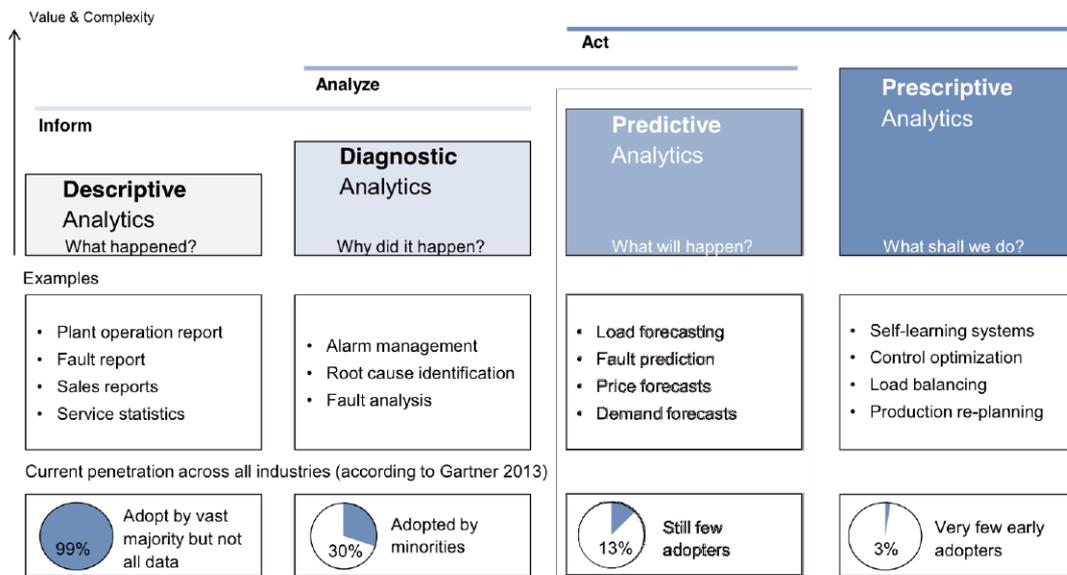


Figure 3 : Maintenance Prescriptive [1]

En conclusion, l'objectif de cette intervention plénière est de donner un aperçu de cette évolution de la maintenance dans le cadre de l'industrie du futur et des problématiques s'y référant.

- [1] Bonfietti A., Predictive and Prescriptive Maintenance, MindIT seminar, Bologna, 2016
- [2] lung B, Levrat E, Crespo Marquez A, Erbe H. (2009), Conceptual framework for e-maintenance: Illustration by e-maintenance technologies and platform. Annual Review in Control, 33(2), 220-229
- [3] Lee J., Bagheri B., Kao H-A. (2015). A Cyber-Physical System architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters, vol. 3, 18-23.
- [4] Monostori L. B. Kádár, T. Bauernhansl, S. Kondoh, S. Kumara, G. Reinhart, O. Sauer, G. Schuh, W. Sihn, K. Ueda (2016). Cyber-Physical systems in manufacturing. CIRP Annals – Manufacturing Technology, vol. 65, 621-641
- [5] Reischauer G., (2018). Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. Technological forecasting & Social Change, 132, pp 26-33.