HAL
open science

Maintenance prévisionnelle des systèmes de transport en présence de données incomplètes et imprécises (MAPSYD)

Rim Louhichi, Mohamed Sallak

To cite this version:

Rim Louhichi, Mohamed Sallak. Maintenance prévisionnelle des systèmes de transport en présence de données incomplètes et imprécises (MAPSYD). 5ème Journée Régionale des Doctorants en Automatique (JRDA), Jul 2018, Amiens, France. 2018. hal-02181094

HAL Id: hal-02181094

https://hal.science/hal-02181094v1

Submitted on 12 Jul 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.

Journée Régionale des Doctorants en Automatique

Mardi 3 Juillet 2018 Amiens

Université de Picardie Jules Verne – Modélisation Information et Systèmes (MIS), EA 4290

Maintenance prévisionnelle des systèmes de transport en présence de données incomplètes et imprécises (MAPSYD)

Rim LOUHICHI*, Mohamed SALLAK*

(*) Sorbonne universités, université technologique de Compiègne, Heudiasyc UMR CNRS 7253, CS 60 319, 60203 Compiègne Cedex France

Introduction

Contexte

Face à la concurrence industrielle, les entreprises doivent maintenir la fiabilité et la sécurité de leurs équipements industriels. De ce fait, la maintenance apparait comme un élément essentiel pour maintenir en conditions opérationnelles des équipements industriels. Il existe plusieurs types de maintenance: **la maintenance corrective** exécutée après la défaillance du système, **la maintenance préventive** exécutée à des intervalles réguliers et **la maintenance prédictive** basée sur la surveillance de l'état de santé du système afin prédire la date de maintenance [1]. La maintenance prédictive attire de plus en plus les industriels aujourd'hui car elle permet de réduire les coûts de maintenance et les arrêts de maintenance en anticipant les défauts et les pannes du systèmes [2]. La surveillance du système requiert l'utilisation des capteurs pour collecter des données en temps réel nécessaires pour évaluer l'état de santé et le fonctionnement de ses composants et de planifier ainsi l'action de maintenance à réaliser [2] [3] [4]. Toutefois, dans la pratique, les données peuvent être altérées de plusieurs façons : il peut arriver qu'une partie de données soient imprécises ou incomplètes à cause d'une défaillance du capteur à titre d'exemple ou à cause d'une erreur sur la mesure d'un paramètre. En outre, la défaillance du système entraine des risques: **risques économiques, risques humains ou éventuellement risques environnementaux** [5]**.** Il est donc primordiale de quantifier économiquement la valeur de ces risques pour optimiser les coûts de maintenance. Le projet **MAPSYD** propose une méthodologie originale de maintenance prédictive qui permet de tenir en compte à la fois du caractère incomplet et imprécis des données et une politique de prise de décision permettant d'optimiser les coûts de maintenance prédictive en prenant en considération l'analyse de risque.

Verrous scientifiques

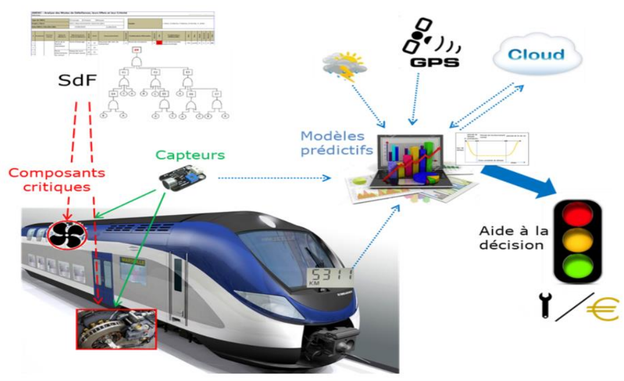
–Comment identifier les paramètres critiques qui donneront les informations nécessaires pour évaluer l'état de santé du système?

– Comment traiter le problème d'incertitude des données venues des capteurs?

– Comment optimiser les coûts de maintenance en prenant en compte le facteur risque et le comportement du décideur face au risque?

Objectif

1. Développement d'un modèle pour analyse des données collectées, intégrant une approche de probabilité imprécise. Ce modèle doit permettre de fournir les dates d'intervention pour maintenance en prenant en compte la nature incomplète/imprécise des données.
2. Développement d'un outil d'aide à la décision économique permettant d'optimiser les coûts de maintenance en tenant en compte les risques et les comportements face aux risques
3. Application et validation d'un point de vue pratique des modèles développés.



Etat de l'art

Traitement des données incomplètes/incertaines pour estimer la durée de vie résiduel d'un système industriel

- ***Approche de « Missing at random » :*** les données incomplètes sont négligées ou remplacées par des valeurs spécifiques transformant le problème des données incomplètes en données complètes [6].
- ***Les méthodes de simulation de « Monte Carlo » :*** ces méthodes sont utilisées pour traiter le problème d'incertitude. Elles permettent d'évaluer les densités de probabilité de défaillance par composant de système afin d'évaluer la défaillance du système global. Cependant, il est difficile d'extraire une densité de probabilité par composant quand les capteurs de surveillance ne sont pas disponibles sur chaque composant [7].
- ***Le processus markovien pour estimer la durée de vie résiduel ou la RUL (« Remaining Useful Life ») d'un système :*** ces modèles s'appuient sur des chaînes de Markov qui représentent l'état de santé du système étudié [8]. Les travaux de recherche antérieurs sur les chaînes de Markov se sont intéressé à des cas simplistes qui ne permettent pas de prendre en compte l'imprécision des données venues des capteurs de surveillance.

Optimisation des coûts de la maintenance prédictive et analyse des risques

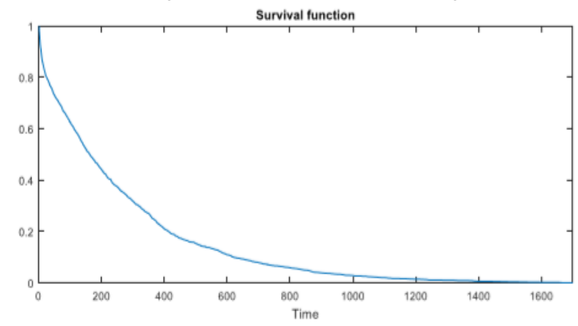
- ***Modèles de coût de maintenance :*** ces modèles utilisent des fonctions coût pour évaluer la maintenance. Généralement, on tente d'optimiser une fonction objective suivant des variables de décision [9] [10]. Malheureusement, ces modèles ne permettent pas de prendre en compte les risques en cas de défaillance du système.
- ***Analyse des risques :***

Les modèles d'analyse de risque existants sont souvent évalués indépendamment des coûts de la maintenance [5]. Ils ne permettent pas de prendre en compte le comportement du décideur face au risque[5].

Aide à la decision dans la maintenance

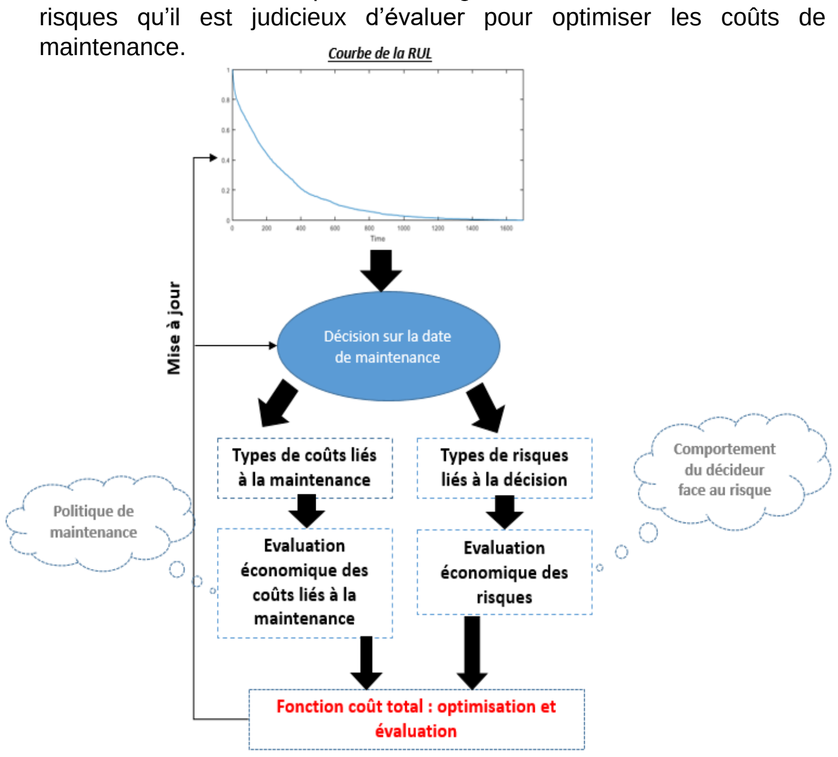
Définition de la RUL d'un système

La RUL d'un système industriel est définie comme l'espérance de la durée entre l'instant présent et la fin de la vie opératoire du système.



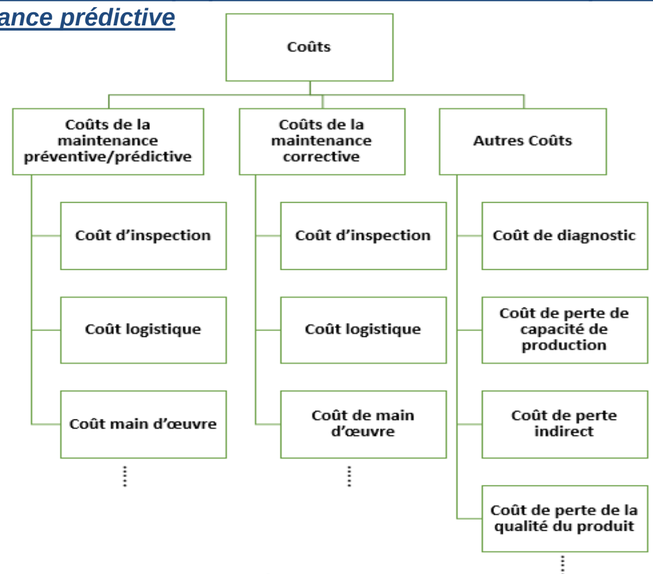
Exemple de fonction de survie d'un système industriel

La détermination du ***RUL*** via la surveillance du système va donner une indication sur la date d'intervention pour maintenance prédictive. Cette action de maintenance prédictive engendre des coûts divers et des risques qu'il est judicieux d'évaluer pour optimiser les coûts de maintenance.



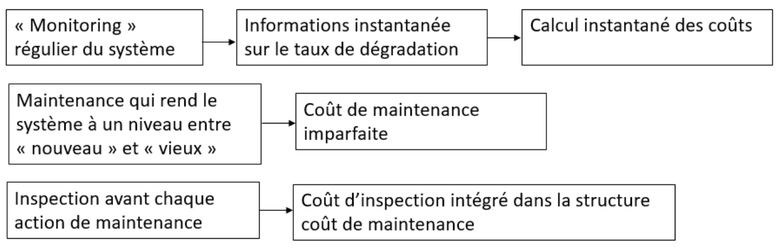
Approche global d'aide à la décision couplant les coûts de maintenance avec l'analyse de risques

Les types de coûts impliqués dans l'évaluation économique de la maintenance prédictive



Evaluation économique des coûts liés à la maintenance

- Exemples d'impact de la politique de maintenance sur l'évaluation économique des coûts de maintenance



- ***Horizons de calcul possible***
  - Calcul des coûts sur un horizon infini
  - Calcul des coûts sur un cycle (cycle de maintenance, cycle d'inspection,…)
  - Calcul instantané des coûts

➡ Parallèlement à l'étude des coûts, on mène une étude des risques: ***quelle définition donne-t-on au risque ? Quels sont les types de risques dans la maintenance? Quelles sont les méthodologies d'analyse des risques existantes dans la littérature? Comment modéliser l'impact du comportement du décideur dans l'évaluation des risques?***

Aide à la decision dans la maintenance

Définition d'un risque

Le risque est défini comme le produit de la probabilité d'occurrence d'un évènement dangereux et la gravité de cet évènement.

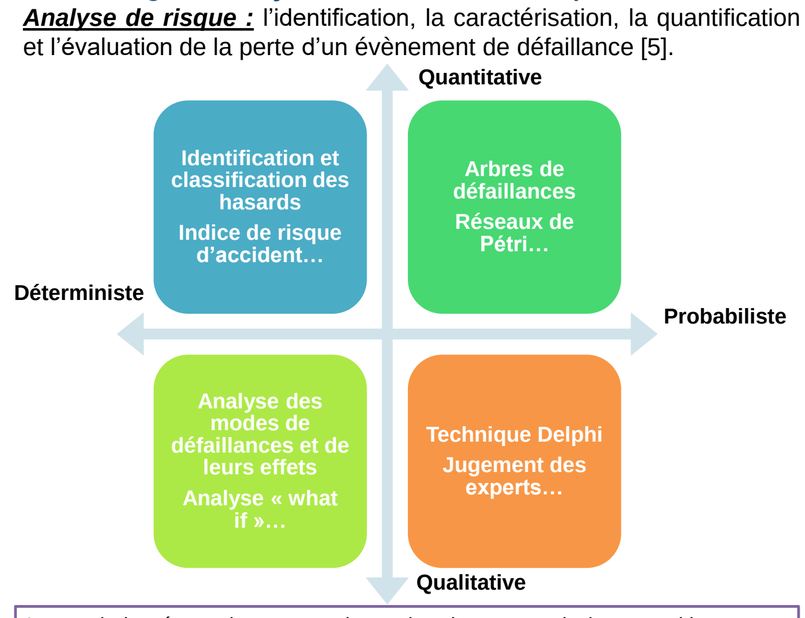
$$Risque = probabilité\ d'occurence\ d'un\ évènement\ dangereux\ \times gravité\ de\ cet\ évènement$$

Types de risques dans la maintenance

- **Risques financiers (exemple: baisse de marge, …)**
- **Risques humains (exemple: accident de travail, …)**
- **Risques environnementaux (exemple: émission de produits toxiques, …)**
- **Risques de perte de performance du système (exemple: réduction de la capacité de production, …)**

Méthodologies d'analyse et d'évaluation de risque

Analyse de risque : l'identification, la caractérisation, la quantification et l'évaluation de la perte d'un évènement de défaillance [5].



La prochaine étape de cette partie sur les risques serait de se positionner par rapport à l'état de l'art sur les méthodologies d'analyse de risques et de proposer une approche permettant à la fois d'évaluer la valeur économique des risques et de prendre en compte le comportement du décideur face aux risques.

Prochaines étapes

Court terme

Structure coût à adopter dans le cas d'un système de transport
- quelle est la politique de maintenance à adopter ?
- quels sont les types de coûts impliqués ?
- sur quel horizon de calcul on travaille?
- comment formuler les fonctions coût?

Moyen terme

Evaluation économiques des risques dans la maintenance
- quels sont les types de risques?
- quelle méthodologie d'analyse de risques à adopter dans le cas d'un système de transport ?
- comment intégrer le comportement du décideur face au risque dans l'analyse des risques?

Long terme

Optimisation de la fonction coût
Test et validation sur un exemple réel

Références

[1] AFNOR, NF-EN-13306-X-60-319 : Terminologie de la maintenance. Norme, Association Française de Normalisation, 2017.

[2] S. Mercier and H. H. Pham, "A preventive maintenance policy for a continuously monitored system with correlated wear indicators," European Journal of Operational Research,.

[3] G. Palem, "Condition-based maintenance using sensor arrays and telematics," International Journal of Mobile Network Communications & Telematics, vol. 3, no. 3, 2013.

[4] G. Bartelds, C. Biemans, C. Boller, M. Breidne, Å. Claesson, C. Delebarre, J. P. Dupuis, P. Foote, S. Grondel, J. H. Heida, K. Levin, P. A. Lloyd, J. McFeat, L. K. Nilsson, E. O'Brien, P. Papadopolous, R. Pressland, I. Reed, L. Reithler, M. Signorazzi, W. J. Staszewski, R. Stubbe, G. R. Tomlinson and K. Worden, Health Monitoring of Aerospace Structures – Smart Sensor Technologies and Signal Processing, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England: John Wiley & Sons Ltd, 2004.

[5] KHAN, Faisal I. et HADDARA, Mahmoud M. Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. Journal of loss prevention in the process industries, 2003, vol. 16, no 6, p. 561-573.

[6] CARPENTER, James R., KENWARD, Michael G., et WHITE, Ian R. Sensitivity analysis after multiple imputation under missing at random: a weighting approach. Statistical methods in medical research, 2007, vol. 16, no 3, p. 259-275.

[7] ZIO, Enrico. The Monte Carlo simulation method for system reliability and risk analysis. London : Springer, 2013.

[8] J. Z. Sikorska, M. Hodkiewicz and L. Ma, "Prognostic modelling options for remaining useful life estimation by industry," Mechanical Systems and Signal Processing, no. 25, pp. 1803-1836, 2011

[9] He, Y., Han, X., Gu, C., & Chen, Z. (2018). Cost-oriented predictive maintenance based on mission reliability state for cyber manufacturing systems. Advances in Mechanical Engineering, 10(1), 1–15. https://doi.org/10.1177/1687814017751467

[10] LESOBRE, Romain. Modélisation et optimisation de la maintenance et de la surveillance des systèmes multi-composants-Applications à la maintenance et à la conception de véhicules industriels. 2015. Thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes

Projet ANR - Référence projet : ANR17-CE22-0013
Site web officiel : https://mapsyd.hds.utc.fr/