

(Version française plus bas)

Master 2 or 3rd year Engineering School final year internship
Laboratories LJK and GIPSA-Lab
Université Grenoble Alpes

Title : The effect of statistical estimation on maintenance optimization for complex repairable systems in varying environments

Supervisors

- Olivier Gaudoin, Laboratoire Jean Kuntzmann, olivier.gaudoin@univ-grenoble-alpes.fr
- Pierre Granjon, GIPSA-lab, Pierre.Granjon@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

Period: 5 or 6 months between February and July 2022

Remuneration: around 500 € per month

Keywords : data science, stochastic modeling, statistics, optimization, reliability, maintenance, stochastic processes, parametric estimation, nonparametric estimation

This internship is offered as part of the AMORE-MIO action team of Labex Persyval-lab.

Subject of the internship

All along their life, complex industrial systems are subject to failures, followed by repairs or correctives maintenances, and to preventive maintenances, aimed at slowing the occurrence of failures. In addition, these systems operate in variable environments and are subject to external constraints. The system reliability depends on their intrinsic aging, on the efficiency of their maintenance and on the effect of their environment. Optimizing their maintenance while taking into account operational safety criteria is a major industrial issue.

Optimizing maintenance consists in determining the dates of preventive maintenance so as to minimize an overall cost. This overall cost takes into account the maintenance costs, the costs of non-operating the systems and the costs of inspections which allow to measure the main features of system reliability and their environment. It will be considered that the maintenance is imperfect in the sense that the corrective maintenance operations do not bring the system as good as to new. The effect of maintenances will be modeled by virtual age models [2,6]. The effect of the environment will be modeled by fixed or dynamic covariates [1]. We will deal with the case where we observe the operation of a single system and the case where several identical and independent systems are observed.

When the environment is not taken into account, Gilardoni et al [5] proposed two types of optimal maintenance policy, a static one and a dynamic one. These policies are based either on a parametric estimation of the model parameters or on a nonparametric estimation of the cumulative failure intensity of the process [3,4]. It is therefore important to study the impact of the estimation on the maintenance optimization process.

The objective of the internship is to generalize the study of [5] in the case where the environment is taken into account via covariates. In this case, some parameters are related to intrinsic aging, others to the effect of maintenances and others to the effect of covariates. The impact of these estimation procedures will be determined and both the preventive maintenance dates and the inspection times of covariates will be optimized.

References

- [1]. L. Brenière, L. Doyen, C. Bérenguer. « Virtual Age Models with Time-Dependent Covariates : A Framework for Simulation, Parametric Inference and Quality of Estimation”. In : *Reliability Engineering and System Safety*, 203, 107054, 2020.
- [2]. L. Doyen, O. Gaudoin. « Classes of imperfect repair models based on reduction of failure intensity or virtual age ». *Reliability Engineering and System Safety*, 84, 45-56, 2004.
- [3]. G. L. Gilardoni, E.A. Colosimo. « On the superposition of overlapping Poisson processes and nonparametric estimation of their intensity function », *Journal of Statistical Planning and Inference*, 141 (9), 3075-3083, 2011.
- [4]. G. L. Gilardoni, M.D. de Oliveira, E.A. Colosimo. « Nonparametric estimation and bootstrap confidence intervals for the optimal maintenance time of a repairable system », *Computational Statistics Data Analysis*, 63, 113-124, 2013.
- [5]. G. L. Gilardoni, M.L.G. de Toledo, M.A. Freitas, E.A. Colosimo. « Dynamics of an Optimal Maintenance Policy for Imperfect Repair Models ». *European Journal of Operations Research*, 248, 1104-1112, 2016.
- [6]. M. Kijima. « Some Results for Repairable Systems with General Repair ». *Journal of Applied Probability*, 26 (1), 89-102, 1989.

**Sujet de stage de Master 2 ou 3^{ème} année d'école d'ingénieur
aux laboratoires LJK et GIPSA-Lab
Université Grenoble Alpes**

Titre : Effet de l'estimation statistique sur l'optimisation de la maintenance pour des systèmes complexes réparables dans des environnements variables

Encadrants

- Olivier Gaudoin, Laboratoire Jean Kuntzmann, olivier.gaudoin@univ-grenoble-alpes.fr
- Pierre Granjon, GIPSA-lab, Pierre.Granjon@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

Période : 5 ou 6 mois entre février et juillet 2022

Gratification : environ 500€ par mois

Mots-clés : science des données, modélisation aléatoire, statistique, optimisation, fiabilité, maintenance, processus aléatoires, estimation paramétrique, estimation non paramétrique

Ce stage est proposé dans le cadre de l'équipe action AMORE-MIO du Labex Persyval-lab.

Sujet du stage

Tout au long de leur vie, les systèmes industriels complexes subissent des défaillances, suivies de réparations ou maintenances correctives, et des maintenances préventives ayant pour objectif de ralentir l'occurrence des défaillances. Par ailleurs, ces systèmes fonctionnent dans des environnements variables et subissent des contraintes externes. La fiabilité des systèmes dépend à la fois de leur vieillissement intrinsèque, de l'efficacité de leur maintenance et de l'effet de leur environnement. Optimiser leur maintenance tout en tenant compte de critères de sûreté de fonctionnement est un enjeu industriel majeur.

Optimiser la maintenance consiste à déterminer les dates des maintenances préventives de façon à minimiser un coût global prenant en compte les coûts des maintenances, les coûts de non fonctionnement des systèmes et les coûts d'inspection permettant de mesurer les grandeurs caractéristiques de la fiabilité des systèmes et de leur environnement. On considérera que la maintenance est imparfaite au sens où les opérations de maintenance corrective ne remettent pas le système à neuf. L'effet des maintenances sera modélisé par des modèles d'âge virtuel [2,6]. L'effet de l'environnement sera modélisé par des covariables fixes ou dynamiques [1]. On traitera le cas où on observe le fonctionnement d'un seul système et celui où plusieurs systèmes identiques et indépendants sont observés.

Quand on ne prend pas en compte l'environnement, Gilardoni et al [5] ont proposé deux types de politique de maintenance optimale, une statique et une dynamique. Ces politiques reposent soit sur une estimation paramétrique des paramètres du modèle, soit sur une estimation non paramétrique de l'intensité de défaillance cumulée du processus [3,4]. Il est donc important d'étudier l'impact de l'estimation sur la procédure d'optimisation de la maintenance.

L'objectif du stage est de généraliser l'étude de [5] au cas où on prend en compte l'environnement via des covariables. Dans ce cas, certains paramètres sont liés au vieillissement intrinsèque, d'autres à l'effet des maintenances et d'autres à l'effet des covariables. On déterminera l'impact de ces procédures d'estimation et on optimisera à la fois les dates des maintenances préventives et les dates d'inspection des covariables.

Références

- [1]. L. Brenière, L. Doyen, C. Bérenguer. « Virtual Age Models with Time-Dependent Covariates : A Framework for Simulation, Parametric Inference and Quality of Estimation ». In : *Reliability Engineering and System Safety*, 203, 107054, 2020.
- [2]. L. Doyen, O. Gaudoin. « Classes of imperfect repair models based on reduction of failure intensity or virtual age ». *Reliability Engineering and System Safety*, 84, 45-56, 2004.
- [3]. G. L. Gilardoni, E.A. Colosimo. « On the superposition of overlapping Poisson processes and nonparametric estimation of their intensity function », *Journal of Statistical Planning and Inference*, 141 (9), 3075-3083, 2011.
- [4]. G. L. Gilardoni, M.D. de Oliveira, E.A. Colosimo. « Nonparametric estimation and bootstrap confidence intervals for the optimal maintenance time of a repairable system », *Computational Statistics Data Analysis*, 63, 113-124, 2013.
- [5]. G. L. Gilardoni, M.L.G. de Toledo, M.A. Freitas, E.A. Colosimo. « Dynamics of an Optimal Maintenance Policy for Imperfect Repair Models ». *European Journal of Operations Research*, 248, 1104-1112, 2016.
- [6]. M. Kijima. « Some Results for Repairable Systems with General Repair ». *Journal of Applied Probability*, 26 (1), 89-102, 1989.