



**HAL**  
open science

# Le reconditionnement dans la maintenance des véhicules: Défi logistique et contrainte, ou opportunité pour accroître la durabilité

Ghofrane Boujemaa, Christophe Bérenguer, Élodie Robert

► **To cite this version:**

Ghofrane Boujemaa, Christophe Bérenguer, Élodie Robert. Le reconditionnement dans la maintenance des véhicules: Défi logistique et contrainte, ou opportunité pour accroître la durabilité. SAGIP 2024 - 2ème Congrès Annuel de la Société d'Automatique, de Génie Industriel et de Productique - SAGIP, SAGIP, May 2024, Lyon, France. hal-04611259

**HAL Id: hal-04611259**

**<https://hal.science/hal-04611259v1>**

Submitted on 13 Jun 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



# Le reconditionnement dans la maintenance des véhicules: Défi logistique et contrainte, ou opportunité pour accroître la durabilité

Ghofrane Boujemaa<sup>1,2</sup>, Elodie Robert<sup>1</sup>, Christophe Bérenquer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Volvo Group Trucks technology, 69802 Saint Priest, France

[ghofrane.boujemaa@volvo.com](mailto:ghofrane.boujemaa@volvo.com)

[elodie.robert@volvo.com](mailto:elodie.robert@volvo.com)

<sup>2</sup> Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, GIPSA-lab, 38000 Grenoble, France

[Christophe.Berenquer@grenoble-inp.fr](mailto:Christophe.Berenquer@grenoble-inp.fr)

**Mots clefs :** *Maintenance, remise à neuf, reconditionnement, contraintes logistiques, véhicule industriel*

## 1 Contexte d'étude

La recherche abordée dans ce manuscrit se concentre sur la modélisation et l'optimisation des politiques de maintenance pour les véhicules industriels. Ces dernières années, les constructeurs de véhicules industriels ont reconnu le rôle crucial des services après-vente dans leurs sources de revenus. Par conséquent, le développement de services de maintenance innovants pour les clients est devenu essentiel. L'objectif principal est d'offrir à la clientèle des services de pointe, en tirant parti de la disponibilité croissante des données sur les véhicules pour maximiser la productivité et la disponibilité tout en respectant les contraintes des clients. Les attentes des clients ont évolué au-delà des simples alertes de panne ou de dégradation anormale ; ils recherchent désormais des solutions complètes et des recommandations incluant la maintenance, les directives d'utilisation et les procédures opérationnelles pour maintenir leurs véhicules pleinement opérationnels. Dans ce contexte, les fabricants visent à garantir la disponibilité des outils opérationnels du client, en soulignant l'importance de maîtriser et d'optimiser la maintenance des véhicules. La gestion efficace de la maintenance est tout aussi cruciale pour les clients, leur permettant de garantir la disponibilité de leurs camions en bon état et de garantir la rentabilité de leurs entreprises.

## 2 Problématique

La maintenance des composants et des véhicules peut être gérée de deux manières différentes : la maintenance préventive ou la maintenance prédictive basée sur les données de surveillance du niveau de dégradation. La maintenance prédictive utilise des modèles prédictifs basés sur les données du véhicule pour estimer la dégradation et anticiper les défaillances potentielles. Cependant, les décisions concernant les dates de maintenance ne sont pas entièrement optimisées et sont souvent prises sans l'aide d'outils de prise de décision par les représentants du service client responsables de l'organisation du planning de maintenance de l'atelier, ce qui rend difficile la prise en compte de nombreuses contraintes dans l'établissement d'un calendrier optimal. L'objectif industriel à venir est d'optimiser le calendrier en intégrant à la fois la maintenance préventive et prédictive tout en tenant compte des contraintes opérationnelles.

L'un des défis de la mise en œuvre de politiques de maintenance avancées est l'intégration de diverses contraintes de terrain dans l'optimisation des décisions de maintenance. La motivation derrière le travail présenté dans ce document est de contribuer au développement de modèles de maintenance dynamiques qui prennent en compte un ensemble de contraintes opérationnelles diverses. Ces modèles cherchent à quantifier la performance des politiques de maintenance et servent d'outils d'aide à la prise de décision réfléchie en matière de maintenance.

Les contraintes à prendre en compte se répartissent en trois catégories principales :

- Contraintes logistiques et de ressources : elles comprennent la disponibilité des pièces de rechange, des ateliers et des équipes de maintenance.
- Contraintes de circularité : le choix entre le remplacement du composant défectueux par une pièce neuve ou remanufacturée ou reconditionnée, incluant la possibilité de réutiliser un composant remplacé dans différents contextes d'utilisation.
- Contraintes clients : les contraintes clients impliquent de gérer l'impact global de la flotte pendant les périodes d'arrêt pour maintenance et de garantir la disponibilité continue de la flotte, en tenant compte des éventuelles contraintes réglementaires.

### 3 Méthode

L'analyse de l'état de l'art dans la modélisation de la maintenance, en particulier dans la maintenance prédictive des systèmes, révèle que les travaux et modèles existants ne prennent pas toujours en considération intégralement toutes les contraintes, et le problème de la maintenance est souvent simplifié par rapport à la réalité. En particulier, les "contraintes de circularité" sont prises en compte dans peu de travaux. L'objectif de ce travail est d'explorer comment ces contraintes relativement nouvelles peuvent être intégrées à l'optimisation de la maintenance, d'évaluer leur impact sur la performance de la maintenance, et d'examiner si la prise en compte de la circularité (c'est-à-dire l'utilisation de pièces de rechange remanufacturées ou reconditionnées) impose simplement des contraintes supplémentaires dans le processus de prise de décision en matière de maintenance, ou ouvre de nouvelles opportunités.

Dans notre méthodologie, nous débutons notre recherche par une analyse critique des travaux antérieurs portant sur le reconditionnement. Cette phase initiale englobe la définition du concept de reconditionnement et l'établissement de ses principaux objectifs, dans le but de préparer les bases d'une intégration efficace dans un modèle de maintenance. À partir de cette analyse, nous élaborerons un modèle de maintenance complet intégrant explicitement le reconditionnement. L'objectif est de définir la politique de remise à neuf dans le cadre de la stratégie de maintenance, afin de traiter cette contrainte de manière efficace.

En explorant les avantages potentiels, tels qu'une durabilité accrue et une gestion plus efficace des ressources, nous mettrons en évidence les différentes opportunités découlant de cette intégration. Simultanément, nous examinerons les défis posés par cette approche, en mettant particulièrement l'accent sur les limitations logistiques associées au traitement des composants usagés et l'augmentation potentielle des coûts de mise en œuvre.

Cette analyse critique aide à élaborer un modèle de maintenance flexible intégrant des contraintes opérationnelles (principalement le reconditionnement) afin d'évaluer l'amélioration des décisions de

maintenance et l'impact de l'utilisation de pièces de rechange renouvelées sur la performance du modèle et des plans de maintenance.

De plus, notre analyse examinera de près un dilemme important : le choix entre un remplacement fréquent avec des pièces plus anciennes et moins disponibles ayant une empreinte carbone réduite ou la priorisation de remplacements moins fréquents avec des pièces neuves. Ces questions clés guideront notre analyse de la pertinence du reconditionnement dans le contexte du modèle de maintenance que nous envisageons.

## 4 Conclusion

En résumé, ce travail vise à améliorer la maintenance des véhicules industriels en intégrant des contraintes de circularité, telles que le reconditionnement, dans les modèles de maintenance. Grâce à une analyse critique, nous cherchons à optimiser les stratégies de maintenance, en équilibrant durabilité et efficacité opérationnelle pour une prise de décision améliorée.

Ce travail a été partiellement soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du programme " France 2030 " (ANR-15-IDEX-0002) et par le LabEx PERSYVAL-Lab (ANR-11-LABX-0025-01).

## Références

- [1] Bouvard K. (2010). Planification de la maintenance basée sur la dégradation de composants. Application à un véhicule industriel. PhD Thesis, Univ. Grenoble Alpes .
- [2] Boujemaa G., Bérenguer C., & Robert E. (2024). Remanufacturing In Vehicle Maintenance: Logistic Challenge And Constraint Or Opportunity For Increasing Sustainability. "In the 34-th European Safety and Reliability Conference ESREL"
- [3] Burggräf P., Adlon T., Dackweiler J., Bröhl F., & Fölling C. (2022). Adaptive Remanufacturing – Decision Model for the Intelligent Maintenance of Production Resources. *Procedia CIRP*, 105 : 219–224.
- [4] Husniah H., Pasaribu U.S., Wangsaputra R., & Iskandar B.P. (2021). Condition-based maintenance policy for a leased reman product. *Heliyon*, 7 : e06494.
- [5] Lesobre R. (2015). 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. PhD Thesis, Univ. Grenoble Alpes.
- [6] Leroy M., Bérenguer C., Doyen L., & Gaudoin O. (2022). Statistical inference for a Wiener-based degradation model with imperfect maintenance actions under different observation schemes. *Wiley*, 39: 352–371.
- [7] Longhitano P. D. (2024). Prescriptive maintenance for optimal management of systems subject to degradation - Application to the joint prescription of usage modes and maintenance actions for heavy vehicles. PhD Thesis, Univ. Grenoble Alpes.
- [8] Robert E. (2019). Health management of industrial vehicles and fleet maintenance optimization : taking into account operation constraints and mission planning. PhD Thesis, Univ. Grenoble Alpes.
- [9] Santos A.C.J., Cavalcante C.A.V., & Wu S. (2023). Maintenance policies and models: A bibliometric and literature review of strategies for reuse and remanufacturing. *Reliability Engineering & System Safety*, 231: 108983.
- [10] Wakiru J., Pintelon L., Muchiri P.N., & Chemweno P.K. (2021). Integrated remanufacturing, maintenance and spares policies towards life extension of a multi-component system. *Reliability Engineering & System Safety*, 215: 107872.

- [11] Zhang M., Amaitik N., Wang Z., Xu Y., Maisuradze A., Peschl M., & Tzovaras D. (2022). Predictive Maintenance for Remanufacturing Based on Hybrid-Driven Remaining Useful Life Prediction. *Appl. Sci*, 12: 3218.