

Vers Une Optimisation Du Système De Maintenance Industrielle Par Une Approche Intégrée AMDEC–Industrie 4.0 : Etude De Cas Des Ateliers Techniques Centraux (ATC) De La SNCC

**Prof. Dr. Ir Jean-Claude Mukaz Ilunga¹,
Ingénieur Olivie Mulagizi Bashebereka²**

¹Professeur Dr Ir, Maintenance, Institut Supérieur des Techniques Appliquées (ISTA) Kinshasa

²Etudiant en Master 1, Section Maintenance/ orientation Ingénierie Biomédicale, Institut Supérieur des Techniques Appliquées (ISTA) Kinshasa

Résumé

Dans un contexte industriel marqué par une forte pression sur la performance, la disponibilité et la maîtrise des coûts, la fonction maintenance joue un rôle stratégique majeur. Cet article présente une étude de cas portant sur l'optimisation du système de maintenance industrielle des Ateliers Techniques Centraux (ATC) de la Société Nationale des Chemins de fer du Congo (SNCC). L'approche adoptée repose sur un diagnostic approfondi du système existant, combinant l'analyse fonctionnelle, la méthode AMDEC et l'étude des indicateurs de performance de maintenance. Les résultats mettent en évidence les limites d'un système essentiellement correctif et peu structuré. Sur cette base, un modèle de maintenance améliorative orienté Industrie 4.0 est proposé, intégrant la maintenance préventive, conditionnelle et prédictive, soutenue par l'utilisation d'une GMAO et des outils de surveillance des équipements. L'étude démontre que la transition vers un système de maintenance structuré et intelligent constitue un levier essentiel pour améliorer la fiabilité, la disponibilité et la durabilité des équipements industriels dans les contextes industriels en développement.

Mots-clés : Maintenance industrielle ; AMDEC ; Industrie 4.0 ; GMAO ; Diagnostic de maintenance ; SNCC.

1. Introduction

La maintenance industrielle occupe aujourd'hui une place centrale dans la stratégie de performance des entreprises industrielles. L'évolution des systèmes de production, conjuguée à la complexité croissante des équipements, impose une transition progressive des approches traditionnelles vers des modèles de maintenance plus intelligents et anticipatifs. Dans les pays en développement, et particulièrement en Afrique subsaharienne, de nombreuses industries continuent de fonctionner avec des systèmes de maintenance majoritairement correctifs, caractérisés par des arrêts non planifiés fréquents et des coûts

d'exploitation élevés.

La Société Nationale des Chemins de fer du Congo (SNCC), à travers ses Ateliers Techniques Centraux (ATC), constitue un cas d'étude pertinent pour analyser les enjeux et les perspectives d'optimisation de la maintenance industrielle. L'objectif de cet article est d'analyser le système de maintenance existant aux ATC, d'identifier ses limites et de proposer un modèle de maintenance améliorative aligné sur les principes de l'Industrie 4.0.

2. Cadre théorique et concepts fondamentaux

La maintenance industrielle regroupe l'ensemble des actions destinées à maintenir ou à rétablir un équipement dans un état lui permettant d'assurer la fonction requise. Elle se décline principalement en maintenance corrective, préventive et conditionnelle. L'évolution vers la maintenance prédictive s'inscrit dans la logique de l'Industrie 4.0, qui repose sur l'exploitation des données, la connectivité des équipements et l'intelligence des systèmes.

La méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) constitue un outil d'analyse préventive largement utilisé pour l'identification et la hiérarchisation des risques de défaillance. Elle permet d'orienter les actions de maintenance vers les organes les plus critiques du système.

3. Méthodologie de recherche

La méthodologie adoptée repose sur une étude de cas appliquée aux ATC de la SNCC. Elle s'articule autour de plusieurs étapes :

- analyse documentaire et observation du système de maintenance existant ;
- analyse fonctionnelle des équipements critiques ;
- application de la méthode AMDEC pour l'identification des modes de défaillance ;
- exploitation des indicateurs de maintenance (MTBF, MTTR, disponibilité) ;
- analyse Pareto pour la hiérarchisation des pannes ;
- proposition d'un modèle de maintenance améliorative.

Cette approche permet d'associer rigueur méthodologique et adaptation au contexte industriel réel.

4. Résultats et diagnostic du système existant

Le diagnostic réalisé met en évidence une prédominance de la maintenance corrective, avec une faible structuration des actions de maintenance et une traçabilité limitée des interventions. Les analyses AMDEC révèlent que certains organes critiques concentrent la majorité des défaillances et du temps d'arrêt cumulé. Afin d'objectiver le diagnostic du système de maintenance existant, une analyse AMDEC a été appliquée aux équipements jugés critiques des Ateliers Techniques Centraux. Cette analyse a permis d'identifier les principaux modes de défaillance, d'en évaluer la criticité et de hiérarchiser les actions de maintenance à entreprendre. Les résultats synthétiques de cette analyse sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Synthèse de l’analyse AMDEC appliquée aux équipements critiques des ATC

Équipement critique	Mode de défaillance principal	Effet observé	Gravité (G)	Fréquence (F)	Déteabilité (D)	Criticité (C = G×F×D)	Action recommandée
Tour parallèle	Usure excessive des roulements	Arrêt non planifié	4	4	3	48	Maintenance préventive renforcée
Broyeur	Désalignement mécanique	Vibrations élevées	5	3	3	45	Surveillance conditionnelle
Compresseur	Surchauffe du moteur	Baisse de performance	4	3	2	24	Contrôle thermique périodique
Système électrique	Mauvais contact	Coupures intempestives	3	4	3	36	Inspection thermographique

Source : élaboration propre à partir des données de l’étude de cas aux ATC de la SNCC.

L’analyse des résultats présentés dans le Tableau 1 montre que les équipements mécaniques majeurs, tels que le tour parallèle et le broyeur, présentent les niveaux de criticité les plus élevés. Ces résultats confirment la nécessité de renforcer les actions de maintenance préventive et conditionnelle sur ces organes, afin de réduire les arrêts non planifiés et d’améliorer la disponibilité globale du système.

L’absence d’outils numériques adaptés, notamment de GMAO, limite le suivi des performances et la prise de décision basée sur des données fiables. Cette situation entraîne une baisse de la disponibilité des équipements et une augmentation des coûts liés aux arrêts non planifié

5. Proposition d’un modèle de maintenance améliorative orienté Industrie 4.0

Sur la base des résultats obtenus, un modèle de maintenance améliorative est proposé. Celui-ci repose sur :

- la structuration de la maintenance préventive ;
- l’intégration progressive de la maintenance conditionnelle par la surveillance de l’état des équipements ;
- l’utilisation d’une GMAO pour la gestion et la traçabilité des interventions ;
- l’exploitation des résultats AMDEC et Pareto pour la priorisation des actions ;
- la montée en compétences du personnel de maintenance.

Ce modèle vise une transition progressive vers la maintenance prédictive, adaptée aux réalités économiques et organisationnelles des ATC.

Dans le but de mettre en évidence l’apport du modèle de maintenance améliorative proposé, une comparaison qualitative entre le système de maintenance existant et le système cible a été réalisée. Cette

comparaison, présentée dans le Tableau 2, permet d’apprécier les améliorations attendues en termes d’organisation, de performance et d’orientation vers les principes de l’Industrie 4.0.

Tableau 2 : Comparaison du système de maintenance avant et après la mise en œuvre du modèle proposé

Critère	Système existant	Modèle proposé
Type de maintenance dominant	Corrective	Préventive / conditionnelle
Organisation	Peu structurée	Structurée et hiérarchisée
Traçabilité des interventions	Faible	Élevée (via GMAO)
Outils d’aide à la décision	Absents	AMDEC, Pareto, indicateurs
Temps d’arrêt non planifié	Élevé	Réduit
Disponibilité des équipements	Faible	Améliorée
Orientation Industrie 4.0	Absente	Progressive et adaptée

Source : analyse comparative issue du diagnostic et du modèle proposé.

Les résultats de cette comparaison mettent en évidence une évolution significative du système de maintenance, passant d’une approche essentiellement corrective à un modèle structuré, intégrant des pratiques préventives et conditionnelles. Cette évolution constitue un levier majeur pour l’amélioration de la fiabilité des équipements et la réduction des coûts liés aux arrêts non planifiés.

6. Discussion

Les résultats obtenus confirment que l’optimisation de la maintenance industrielle ne repose pas uniquement sur l’introduction de technologies avancées, mais également sur une organisation structurée, une méthodologie rigoureuse et une gestion efficace des ressources humaines. Dans le contexte des industries publiques africaines, une approche progressive et contextualisée apparaît comme la plus pertinente.

7. Conclusion

Cet article a mis en évidence l’importance stratégique de la maintenance industrielle dans l’amélioration de la performance des systèmes de production. L’étude de cas des ATC de la SNCC montre que la transition vers un modèle de maintenance améliorative orienté Industrie 4.0 constitue un levier majeur pour améliorer la fiabilité et la disponibilité des équipements. Les perspectives futures portent sur l’intégration effective de la maintenance prédictive et l’exploitation des données industrielles à des fins d’optimisation continue.

BIBLIOGRAPHIE

1. AFNOR. (2010). *Maintenance – Terminologie (NF EN 13306)*. Paris : AFNOR.
2. AFNOR. (2001). *Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) – Méthodologie (NF X 60-510)*. Paris : AFNOR.
3. Bertolini, M., Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2004). Development of risk-based inspection and maintenance procedures for an oil refinery. *Journal of Loss Prevention in the Process*

Industries, 17(1), 9–17.

4. Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
5. Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance*. New York: Industrial Press.
6. Nguyen, K. T. P., & Medjaher, K. (2019). A new dynamic predictive maintenance framework using deep learning for complex systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 188, 251–262. ISO. (2016). *ISO 55000: Asset management — Overview, principles and terminology*. Geneva: International Organization for Standardization.
7. Wireman, T. (2004). *Total productive maintenance*. New York: Industrial Press.