



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Université Echahid Hama Lakhdar EL-OUED

Faculté de technologie

Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

Afin d'obtenir un diplôme de Master académique en technologie

Spécialité : maintenance industrielle.

Thème

Application de la GMAO dans la maintenance industrielle

(Étude d'un cas)

Présenté par :

Mr. BENNAMIA Abdessalam

Mr. TALBI Abdelhamid

Mr. ZEMALI Hocine

Membres du jury :

Président : Dr. MANSOURI Khaled

Université d'El-Oued

Examineur : Dr. NECIBE El Djilali

Université d'El-Oued

Encadreur : Dr. BOULIFA Mohammed Iliasse

Université d'El-Oued

Année universitaire : 2025/2026



Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah le Tout-Puissant de nous avoir donné la force, la patience et le courage pour mener à bien ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre encadreur pour son suivi, ses orientations précieuses, sa disponibilité et ses conseils qui nous ont été d'une grande aide durant

L'élaboration de ce mémoire.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à tous les enseignants du département de maintenance industrielle d'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued pour les connaissances et la formation qu'ils nous ont transmises tout au long de notre cursus universitaire.

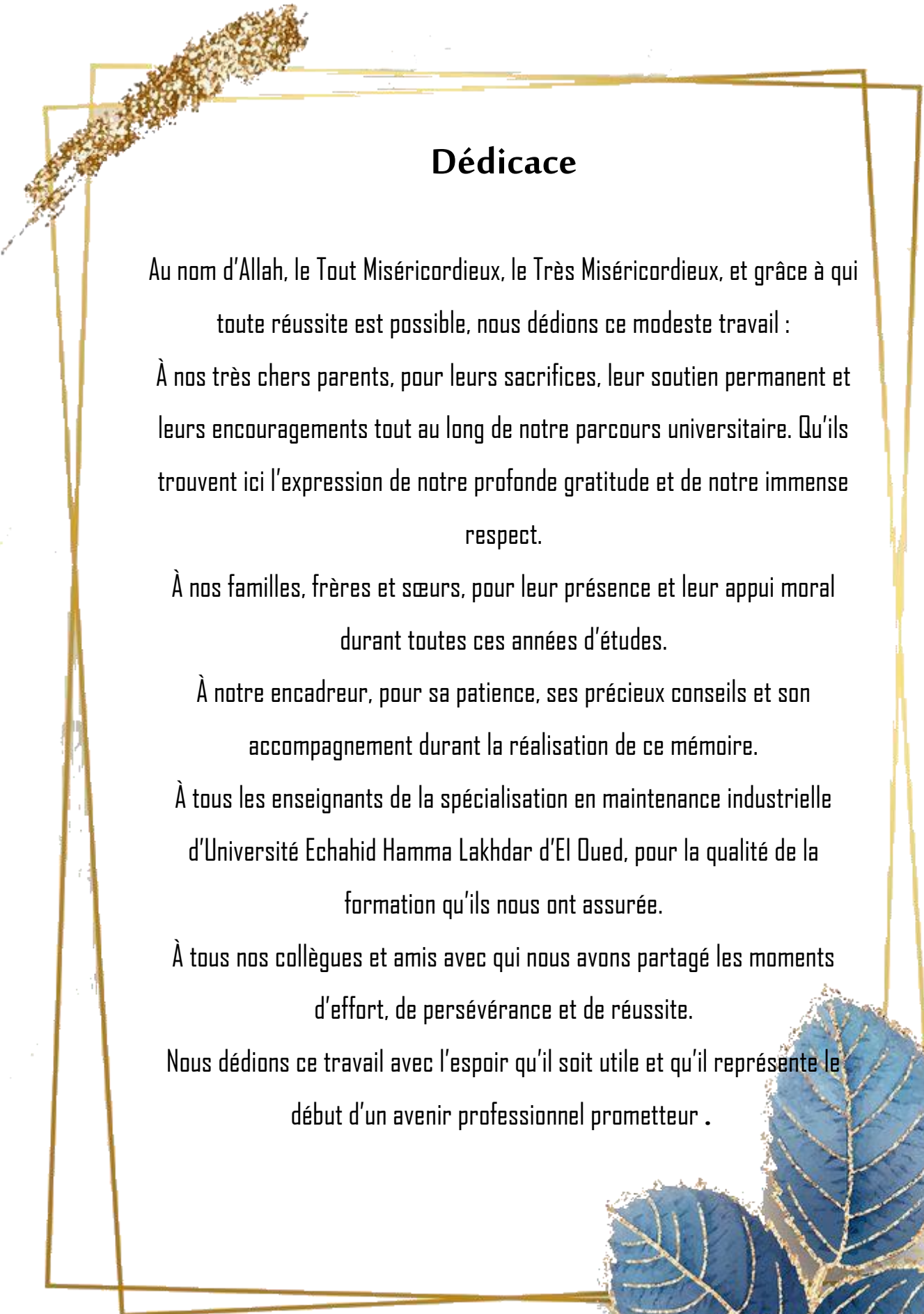
Nos remerciements s'adressent aussi à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, par leur aide, leurs conseils ou leur soutien moral.

Enfin, nous remercions chaleureusement nos collègues et amis pour leur esprit de coopération et leurs encouragements permanents.

Nous souhaitons que ce travail soit à la hauteur des attentes et qu'il constitue une contribution utile dans notre domaine d'étude.

Et merci.





Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux, et grâce à qui toute réussite est possible, nous dédions ce modeste travail :

À nos très chers parents, pour leurs sacrifices, leur soutien permanent et leurs encouragements tout au long de notre parcours universitaire. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude et de notre immense respect.

À nos familles, frères et sœurs, pour leur présence et leur appui moral durant toutes ces années d'études.

À notre encadreur, pour sa patience, ses précieux conseils et son accompagnement durant la réalisation de ce mémoire.

À tous les enseignants de la spécialisation en maintenance industrielle d'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued, pour la qualité de la formation qu'ils nous ont assurée.

À tous nos collègues et amis avec qui nous avons partagé les moments d'effort, de persévérance et de réussite.

Nous dédions ce travail avec l'espoir qu'il soit utile et qu'il représente le début d'un avenir professionnel prometteur .



Résumé

Résumé

Cette étude porte sur l'application de la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) dans le domaine de la maintenance industrielle. L'objectif principal est de démontrer l'importance de la GMAO dans l'amélioration de la gestion des équipements et l'optimisation des opérations de maintenance. Le travail présente d'abord les concepts fondamentaux de la maintenance industrielle, ses différents types et son rôle dans l'amélioration de la disponibilité des équipements. Ensuite, il analyse les principes, les fonctionnalités et les modules essentiels d'un système GMAO, notamment la gestion des interventions, des équipements, des stocks et des ressources. Une étude de cas pratique a été réalisée à travers le développement et l'utilisation d'une application GMAO permettant le suivi des opérations préventives et correctives. Les résultats obtenus montrent que l'intégration d'un système GMAO contribue à réduire les temps d'arrêt, améliorer la traçabilité des interventions, optimiser la gestion des pièces de rechange et renforcer la prise de décision. Cette solution constitue ainsi un outil stratégique pour accroître la performance, la fiabilité et la compétitivité des entreprises industrielles.

Mots-clés : Maintenance industrielle ; GMAO ; Gestion de l'inventaire ; Maintenance préventive ; Performance opérationnelle.

الملخص

تتناول هذه الدراسة تطبيق نظام إدارة الصيانة بمساعدة الحاسوب (GMAO) في مجال الصيانة الصناعية. ويتمثل الهدف الرئيسي في إبراز أهمية هذا النظام في تحسين إدارة المعدات وتطوير عمليات الصيانة. يستعرض العمل في البداية المفاهيم الأساسية للصيانة الصناعية، وأنواعها المختلفة، ودورها في تحسين جاهزية المعدات ورفع مستوى توفرها. بعد ذلك، يتناول مبادئ نظام إدارة الصيانة بمساعدة الحاسوب ووظائفه الأساسية ووحداته الرئيسية، لا سيما إدارة التدخلات، والمعدات، والمخزون، والموارد. كما أنجزت دراسة حالة تطبيقية من خلال تطوير واستخدام تطبيق لإدارة الصيانة بمساعدة الحاسوب، يتيح متابعة عمليات الصيانة الوقائية والتصحيحية. وقد أظهرت النتائج المتحصل عليها أن دمج نظام GMAO يساهم في تقليل فترات التوقف، وتحسين تتبع عمليات الصيانة، وترشيد إدارة قطع الغيار، وتعزيز عملية اتخاذ القرار. وعليه، يُعد هذا النظام أداةً استراتيجية تساهم في رفع الأداء والموثوقية والقدرة التنافسية للمؤسسات الصناعية.

الكلمات المفتاحية: الصيانة الصناعية؛ نظام إدارة الصيانة بمساعدة الحاسوب (GMAO)؛ إدارة المخزون؛ الصيانة الوقائية؛ الأداء التشغيلي.

Abstract

This study focuses on the application of Computerized Maintenance Management Systems (CMMS) in the field of industrial maintenance. The main objective is to demonstrate the importance of CMMS in improving equipment management and optimizing maintenance operations. The work first presents the fundamental concepts of industrial maintenance, its various types, and its role in enhancing equipment availability and reliability. It then examines the principles, functionalities, and key modules of a CMMS, particularly intervention management, equipment management, inventory control, and resource management.

A practical case study was conducted through the development and implementation of a CMMS application designed to monitor preventive and corrective maintenance activities. The results show that integrating a CMMS helps reduce downtime, improve maintenance traceability, optimize spare parts management, and support better decision-making. Therefore, this solution represents a strategic tool for enhancing the performance, reliability, and competitiveness of industrial enterprises.

Keywords : Industriel maintenance ; CMMS ; Inventory management ; Préventive maintenance ; Opérationnel performance.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

FigureI.1 Types de maintenance.....	5
FigureI.2 Processus de gestion de la maintenance industrielle.....	17
FigureI.3 Les applications de la maintenance traditionnelle	19
FigureII.1 Rôle d'une GMAO dans l'entreprise.....	28
FigureII.2 Exemple des tructure modulaire d'une GMAO	34
FigureII.3 Exemple de structure modulaire d'une GMAO	35
FigureIII.1 Page d'accueil du GMAO.....	49
FigureIII.2 Tableau de bord	50
FigureIII.3 Gestion de la maintenance (Intervention préventive)	51
FigureIII.4 Gestion de la maintenance (Interventioncorrective).....	52
FigureIII.5 Gestion de la maintenance (Atelier)	54
FigureIII.6 Gestion de la maintenance (Etablissement)	55
FigureIII.7 Gestion de la maintenance (Fournisseur).....	56
FigureIII.8 Gestion de la maintenance (Commande).....	57
FigureIII.9 Gestion de la maintenance (Impression).....	59
FigureIII.10 EQUIPEMENT	64
FigureIII.11 Gestion de la maintenance (EQUIPEMENT).....	64
FigureIII.12 Gestion de la maintenance (FOURNISSEUR)	65
FigureIII.13 Gestion de la maintenance (IMPRESSION).....	65

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 Niveaux de la maintenance	11
Tableau III.1 Fiche de maintenance.....	61
Tableau III.2 Fiche d'inventaire	62

TABLES DES MATIERES

TABLES DES MATIERES

Remerciements.....	
Dédicace.....	
Résumé.....	
المخلص	
Abstract	
LISTE DES FIGURES.....	
LISTE DE TABLEAU	
TABLES DES MATIERES	
Introduction générale.....	1

Chapitre I: Généralités sur la maintenance

I.1 Introduction	4
I.2 Présentation de la maintenance.....	5
I.2.1 Définition	5
I.2.2 Types de maintenance.....	5
I.2.3 Niveaux de la maintenance	10
I.2.4 Importance de maintenance dans l'entreprise.....	12
I.2.5 Défaillanceset Pannes Défaillance	14
I.2.6 Objectifs de la maintenance	14
I.3 les opérations de maintenance	15
I.3.1 Le dépannage	15
I.3.2 La réparation	16
I.3.3 Les inspections.....	16
I.3.4 Les visites.....	16
I.3.5 Les contrôles	16
I.3.6 Les révisions	17
Conclusion	23

Chapitre II: Système GMAO

Introduction	25
II.1 Maintenance et informatique.....	25

II.2 Les débuts de la GMAO.....	25
II.2.1 Introduction à la GMAO.....	26
II.2.2 Qu'est-ce qu'un progiciel de GMAO	27
II.2.3 Pourquoi une GMAO.....	28
II.2.4 L'apport de la GMAO	29
II.2.5 L'information pour la prise de décision	29
II.2.6 Les avantages et inconvénients de la GMAO.....	30
II.3 Système de programmation.....	32
II.3.1 Systèmes de gestion de bases de données (SGBD)	32
II.3.2 Langages de programmation	33
II.4 Analyse des différents modules fonctionnels.....	33
II.4.1 Module de gestion des équipements.....	37
II.4.2 Module de gestion du suivi opérationnel des équipements	37
II.4.3 Module de gestion des interventions	38
II.4.4 Module de gestion du préventif.....	40
II.4.5 Module de gestion des stocks	41
II.4.6 Module de gestion des approvisionnements et des achats.....	42
II.4.7 Module d'analyse des défaillances	43
II.4.8 Module de budget et de suivi des dépenses	43
II.4.9 Module de gestion des ressources humaines	44
II.4.10 Module tableaux de bord et statistiques	45
II.4.11 Modules complémentaires et interfaces utiles.....	45
Conclusion	46

Chapitre III: Etude d'un cas

III.1 Introduction.....	48
III.2 Notions.....	49
III.3 Modes d'emplois (utilisation).....	50
III.3.1 Tableau de bord	50
III.3.2 Intervention préventive	51
III.3.3 Intervention corrective :	52
III.3.4 Atelier:.....	53
III.3.5 Etablissement	55
III.3.6 Fournisseur:.....	55

III.3.7 Commande:	57
III.3.8 Impression :	58
Conclusion:	Error! Bookmark not defined.
Conclusion générale.....	67
Références bibliographiques.....	69

Introduction générale

Introduction générale

La performance d'une organisation dépend en grande partie de la disponibilité et du bon fonctionnement de ses équipements. Dans les environnements industriels actuels, caractérisés par la complexité croissante des systèmes techniques et l'évolution rapide des technologies, la maintenance joue un rôle stratégique dans la continuité des activités et la maîtrise des coûts. Une gestion inefficace peut entraîner des interruptions de production imprévues, une diminution de la productivité et une dégradation de la qualité des services, impactant directement la compétitivité de l'entreprise.

Les méthodes traditionnelles de gestion de la maintenance, souvent fondées sur des documents papier ou des outils informatiques basiques, ne permettent plus de répondre efficacement aux exigences actuelles en matière de suivi, de traçabilité et d'analyse des données. Elles présentent des limites importantes concernant la centralisation de l'information et la rapidité de traitement des opérations. C'est dans cette perspective que la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) s'impose comme une solution moderne et adaptée aux besoins des organisations.

La GMAO constitue un système informatisé qui facilite l'organisation, la planification et le suivi des interventions de maintenance. Elle permet de regrouper l'ensemble des informations relatives aux équipements, aux opérations réalisées, aux ressources mobilisées ainsi qu'à la gestion des pièces de rechange dans une base de données unique. En exploitant ces données, le système génère des indicateurs de performance tels que le MTBF et le MTTR, offrant ainsi une vision claire de l'état des équipements et contribuant à l'amélioration continue des processus décisionnels.

Grâce à l'automatisation des tâches administratives et à la disponibilité des informations en temps réel, la GMAO favorise une meilleure coordination des activités de maintenance, améliore la fiabilité des installations et participe à la réduction des coûts liés aux arrêts non planifiés.

"Dans ce contexte, le présent travail de recherche s'articule autour d'une démarche méthodologique structurée en trois phases complémentaires. Le premier chapitre consiste en une étude théorique approfondie des fondamentaux de la maintenance industrielle, incluant ses différents types, ses niveaux d'intervention et ses objectifs stratégiques au sein de l'entreprise. Le deuxième chapitre se concentre sur l'analyse des systèmes de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO), en examinant leurs principes fonctionnels, leurs modules

essentiels et leur apport dans la rationalisation des processus de maintenance. Le troisième et dernier chapitre vise à la conception et au développement d'une application GMAO dédiée, suivie d'une étude de cas appliquée à l'Université de El Oued, afin de valider pratiquement l'efficacité de la solution proposée. Ainsi, ce mémoire entend démontrer l'importance stratégique de la GMAO dans l'amélioration de la disponibilité des équipements, la réduction des coûts de maintenance et le renforcement de la performance globale des organisations."

Chapitre I

Généralités sur la maintenance

I.1 Introduction

Au fil du temps, les installations et les équipements industriels sont soumis à divers phénomènes de dégradation résultant de multiples facteurs, tels que l'usure, les contraintes liées à l'exploitation ainsi que l'action d'agents corrosifs d'origine chimique ou environnementale.

Ces dégradations peuvent engendrer des conséquences significatives, notamment des arrêts de production dus à des défaillances, une réduction des performances productives, des risques accrus pour la sécurité des opérateurs, une augmentation du taux de non-conformité des produits, ainsi qu'une détérioration de leur qualité. Par ailleurs, elles contribuent à l'élévation des coûts d'exploitation, en particulier en matière de consommation énergétique, et à la diminution de la valeur économique des équipements.

De ce fait, la maintenance revêt une importance stratégique au sein des systèmes industriels. Elle regroupe l'ensemble des actions techniques, administratives et de gestion visant à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié, afin d'assurer la continuité de service et d'optimiser les performances de production. Une politique de maintenance efficace repose également sur la recherche d'un compromis optimal entre la disponibilité des équipements et les coûts associés.

Dans le contexte industriel actuel, marqué par une concurrence accrue, la maîtrise de la disponibilité des équipements constitue un levier essentiel pour améliorer la régularité de la production, réduire les coûts de fabrication et renforcer la compétitivité des entreprises. Ainsi, il ne s'agit plus uniquement d'optimiser les conditions d'exploitation, mais également de mettre en œuvre des stratégies de maintenance avancées, intégrant des systèmes de détection précoce et de diagnostic des défaillances, permettant une intervention rapide et efficace.

Néanmoins, l'amélioration de la disponibilité des équipements ne doit pas se traduire par une augmentation excessive des dépenses de maintenance, déjà importantes dans de nombreux secteurs industriels.

Il est donc indispensable d'adopter une approche rationnelle et optimisée de la gestion de la maintenance.

En conséquence, les entreprises industrielles sont confrontées à un double enjeu majeur:

➤ Améliorer la productivité à travers une meilleure disponibilité des moyens de production.

- Maîtriser et réduire les coûts liés aux opérations de maintenance et de réparation.[1]

I.2 Présentation de la maintenance

I.2.1 Définition

L'association Française de Normalisation<<AFNOR>> définit la maintenance comme l'ensemble des activités destinées à **maintenir** ou à **rétablir** un bien dans in état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management (X 60_010). Elle distingue actuellement divers types de maintenance. [2]

I.2.2 Types de maintenance

La maintenance industrielle se subdivise généralement en deux catégories principales : la maintenance préventive, effectuée avant l'apparition d'une défaillance, et la maintenance corrective, réalisée après la survenue de celle-ci.

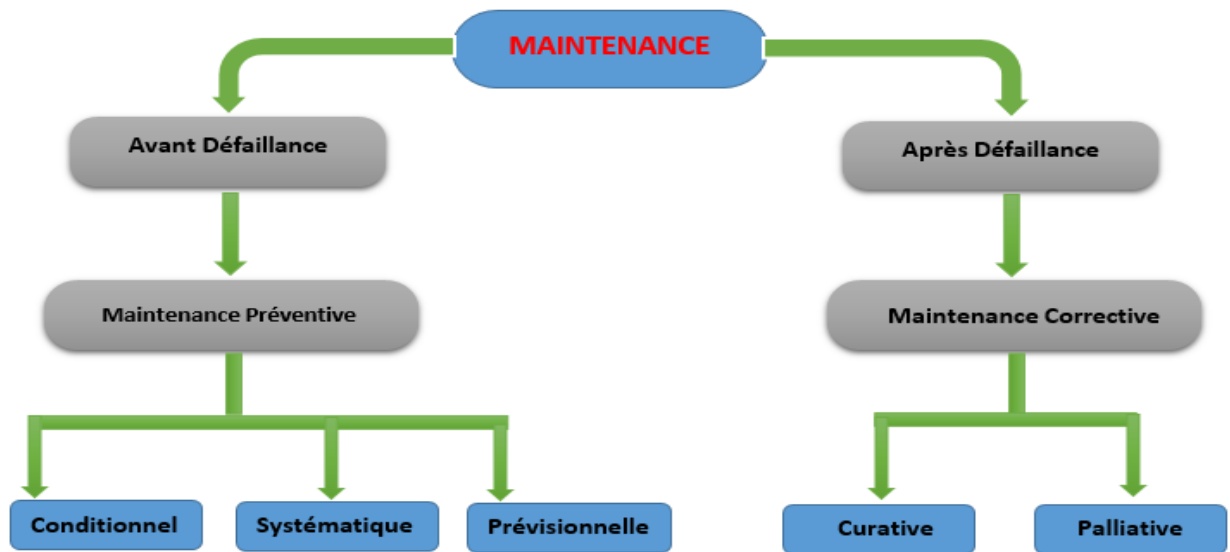


Figure I.1. Types de maintenance [2]

I.2.2.1 Maintenance préventive

La maintenance préventive désigne l'ensemble des actions réalisées dans le but de diminuer la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un équipement, ou d'altération du service rendu. Ces interventions sont mises en œuvre selon :

➤ Un programme d'intervention établi sur la base d'un nombre déterminé d'unités d'usage.

➤ et/ou des indicateurs prédéfinis reflétant l'état de dégradation du bien ou du service.

[2]

Maintenance Systématique Définition

Selon la norme AFNOR X60-010 relative aux concepts et définitions des activités de

Maintenance, la maintenance systématique est une forme de maintenance préventive réalisée suivant un échéancier prédéfini. Cet échéancier est basé sur un nombre fixé d'unités d'usage, dans le but de limiter les risques de défaillance ou de détérioration d'un équipement ou du service associé. [2]

Domaine d'utilisation

Malgré l'essor de la maintenance conditionnelle, la maintenance systématique conserve un champ d'application particulièrement étendu.

Elle concerne en premier lieu les opérations de contrôle, qu'elles soient imposées par la réglementation ou réalisées de manière volontaire. À ces contrôles s'ajoutent diverses interventions périodiques, parmi lesquelles :

❖ Le nettoyage régulier des équipements, visant à maintenir leur propreté, à prévenir l'encrassement et à faciliter l'identification d'éventuelles anomalies ;

❖ La lubrification et le graissage des composants mécaniques, permettant de limiter l'usure et de réduire les pertes énergétiques ;

Les visites systématiques, qu'elles soient partielles ou générales, incluant des opérations de réglage, de resserrage et de petites réparations ;

- ❖ Les révisions périodiques, limitées ou complètes, intégrant notamment le remplacement planifié de certains éléments ;
- ❖ Diverses opérations périodiques telles que le nettoyage des filtres et des conduits, ainsi que les actions de protection contre la corrosion ou le gel. [2]

Intérêt de la maintenance systématique

Dans le cadre de la maintenance préventive, la maintenance systématique présente plusieurs avantages significatifs :

- Elle permet de prévenir les dégradations importantes d'autres composants, contribuant ainsi à la réduction des coûts de réparation.
- Elle diminue les risques de défaillance, tout en limitant les coûts liés à l'indisponibilité ou à la perte de performance des équipements.
- Elle renforce la sécurité des personnes et des installations en réduisant la probabilité d'accidents.
- Elle favorise la réalisation des interventions de maintenance dans des conditions optimales, grâce à une planification et une préparation préalable. [2]

Maintenance conditionnelle

Définition : Selon la norme X 60-010, la maintenance conditionnelle est une forme de maintenance préventive qui ne s'effectue qu'à partir du franchissement d'un seuil prédéfini, représentatif de l'état de dégradation d'un équipement.

Ce type de maintenance s'est initialement développé au sein des compagnies de transport aérien aux États-Unis (condition-based maintenance), où l'on a observé que le démontage et le remontage répétés de certains équipements lors des visites systématiques pouvaient engendrer un risque accru de défaillance. Il est alors apparu plus efficace d'évaluer l'état des équipements critiques sans procéder à leur démontage systématique. [2]

Les objectifs de la maintenance conditionnelle

La maintenance conditionnelle a pour principaux objectifs :

❖ Eviter les démontages parfois super flus associés à la maintenance systématique, les quels peuvent eux-mêmes générer un risque de défaillance supplémentaire.

❖ Renforcer la sécurité des personnes et des biens en diminuant les risques d'accidents corporels ou de pannes majeures.

❖ Prévenir les interventions d'urgence en suivant l'évolution des anomalies dès leur apparition, afin d'intervenir dans des conditions optimales. [2]

Les phases de la maintenance conditionnelle

Les phases de la maintenance conditionnelle comprennent principalement :

- la détection des signes de détérioration de l'état de l'équipement ou de ses conditions de fonctionnement.
- La transmission d'un signal d'alerte correspondant à la dérive détectée.
- Le traitement et l'enregistrement des informations collectées, ainsi que le déclenchement d'une alerte lorsque la dérive dépasse un seuil prédéfini.
- Le diagnostic des causes et l'évaluation des conséquences de la dérive.
- La préconisation d'actions, immédiates ou différées, en fonction de l'importance et de l'évolution de la dérive.
- La prise de décision concernant l'action à entreprendre et ses modalités d'exécution.
- La mise en œuvre de la décision adoptée.
- Le contrôle de l'efficacité des mesures appliquées et, si nécessaire, l'amélioration des procédures.

Cette analyse met en évidence que la mise en place d'une politique de maintenance conditionnelle implique la prise en compte de multiples variables et paramètres d'action. [2]

Maintenance prévisionnelle

La maintenance prévisionnelle est une forme de maintenance préventive basée sur l'analyse de l'évolution de paramètres représentatifs de la dégradation d'un équipement, permettant de retarder les interventions et de les planifier de manière optimale. [2]

Objectives visés par la maintenance préventive

Les principaux objectifs de la maintenance prévisionnelle sont les suivants :

- Améliorer la fiabilité des équipements.
- Garantir la qualité des produits.
- Assurer la sécurité des personnes.
- Optimiser la gestion des stocks.[3]

I.2.2.2 Maintenance corrective

La maintenance corrective regroupe l'ensemble des actions réalisées à la suite d'une défaillance d'un équipement ou d'une détérioration de sa fonction requise, même de manière temporaire.

Elle comprend notamment :

- La localisation de la défaillance et le diagnostic associé.
- La remise en état de l'équipement, avec ou sans modifications.
- La vérification du bon fonctionnement après intervention.[2]

Maintenance palliative

La maintenance palliative regroupe les actions correctives visant à permettre à un équipement de remplir, de manière temporaire, tout ou partie de sa fonction requise. Couramment désignée sous le terme de «dépannage», elle consiste essentiellement en des interventions provisoires qui devront être suivies ultérieurement d'actions correctives permanentes. [2]

Maintenance curative

La maintenance curative correspond aux interventions correctives dont l'objectif est de rétablir un équipement dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir pleinement sa fonction requise. Les résultats de ces interventions doivent être durables.

Ces activités peuvent inclure :

- Des réparations.
- Des modifications ou améliorations visant à éliminer la ou les défaillances identifiées.

[2]

Champ d'application de la maintenance corrective

Historiquement, la maintenance corrective constituait le principal type de maintenance pratiqué, avant l'essor de la maintenance préventive systématique puis conditionnelle. Cependant, l'introduction de la maintenance préventive, même appliquée de manière optimale, n'a pas supprimé la nécessité de recourir à la maintenance corrective. En effet, la maintenance préventive, dont l'objectif est de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un équipement ou d'un service, ne peut jamais éliminer complètement ces défaillances, du moins dans des limites financières raisonnables. De plus, les remplacements systématiques et la maintenance conditionnelle ne peuvent pas être appliqués à l'ensemble des équipements ou des situations. [2]

I.2.3 Niveaux de la maintenance

Les interventions de maintenance peuvent être classées en cinq niveaux :

❖ **Niveau 1** Réglages simples prescrits par le constructeur, effectués sur des organes accessibles sans démontage ni ouverture de l'équipement, ou échange d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles.

❖ **Niveau 2** Dépannage ou remplacement standard des éléments prévus à cet effet, ainsi que réalisation d'opérations mineures de maintenance préventive, telles que le graissage ou le contrôle du bon fonctionnement.

❖ **Niveau 3** Identification et diagnostic des pannes, réparation par échange de composant ou d'éléments fonctionnels, interventions mécaniques mineures, et

Réalisation des opérations courantes de maintenance préventive, telles que réglages généraux ou réaligement des appareils de mesure.

Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur site ou dans l'atelier de maintenance, à l'aide de l'outillage spécifié dans les instructions de maintenance, des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais. L'intervention repose également sur l'ensemble de la documentation nécessaire et les pièces de rechange

disponibles en magasin.

❖ **Niveau4** Travaux importants de maintenance corrective ou préventive, à l'exception des opérations de rénovation et de reconstruction. Ce niveau comprend également le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance et, le cas échéant, la vérification des étalons par des organismes spécialisés.

Ces interventions sont réalisées par une équipe encadrée par des techniciens hautement qualifiés, dans un atelier spécialisé équipé d'outils généraux et disposant d'une documentation technique adaptée.

❖ **Niveau5** Rénovation, reconstruction ou exécution de réparations majeures confiées à un atelier central ou à une unité externe.

Ces travaux sont généralement effectués par le constructeur, avec des moyens définis par ce dernier, et proches de ceux utilisés lors de la fabrication.

En peut résumée les cinq niveaux dans le tableau suivant :

Tableau I.1. Niveaux de la maintenance [2]

Niveaux	Actions	Exemples
1^{ère} niveau	*Des réglages simples prévus par le constructeur ou le service maintenance.	*Echange d'élément Consommable telsque : fusibles, voyants, etc.
2^{ème} niveau	*Dépannage par échanges standard des Eléments prévus à cet effet d'opérations mineures de maintenance préventive.	*Graissage d'une machine *contrôle de bon fonctionnement d'un four de traitements thermique
3^{ème} niveau	*D'échange de constituants *réparations mécaniques mineures *De réglage et réétalonnage générale des mesures.	*Remplacement d'une clavette cisailée nécessitant l'ajustage de la nouvelle clavette.
4^{ème} niveau	*Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction.	*Révision générale d'un compresseur Démontage, Réparation, règle d'un treuil de lavage.

5^{ème} niveau	*Tous les travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante, confiés à un atelier central de maintenance ou à une entreprise extérieure *Prestataire de service.	*Révision générale de la chaufferie d'une usine. *Réparation d'un engin de levage portuaire partiellement endommagé à la suite d'une tempête.
-----------------------------------	--	--

I.2.4 Importance de maintenance dans l'entreprise

Pendant longtemps, la maintenance a été perçue par les gestionnaires davantage comme une contrainte qu'une fonction stratégique. Elle consiste pourtant en un ensemble d'activités visant à maintenir ou à rétablir un équipement dans un état spécifié, permettant :

- ❖ D'assurer l'exécution normale des opérations dans des conditions optimales de coûts, de sécurité et de qualité, notamment en production.
- ❖ De fournir un service dans des conditions optimales de confort et de coût.

Ainsi, la maintenance englobe le dépannage, la réparation et les interventions préventives, dans le but principal de garantir le fonctionnement efficace de l'outil de production. De manière générale, la maintenance ne se limite pas à « subir » les défaillances ; elle constitue un véritable processus proactif.

Avec les progrès technologiques et l'évolution de la gestion des entreprises, la maintenance est devenue une fonction stratégique dont l'importance pour la direction ne peut être négligée. Elle concerne l'ensemble du personnel et doit être intégrée dans toutes les activités et services de l'entreprise. Elle représente aujourd'hui un enjeu économique majeur pour les pays souhaitant disposer d'outils de production performants et disponibles.

La maintenance ne se limite pas aux interventions ponctuelles. Elle reflète avant tout un état d'esprit, une discipline structurée dotée de méthodes et de moyens permettant d'intervenir dans les meilleures conditions et d'optimiser le coût global. Son objectif principal est de prévenir les pannes et les arrêts de production qu'elles entraînent.

La modernisation des outils de production impose une transformation profonde dans le domaine de la maintenance, marquée par le passage d'une simple fonction « entretien » à une véritable fonction « maintenance », impliquant un changement de mentalité. Cette évolution nécessite de nouvelles structures, des moyens adaptés et un état d'esprit orienté « maintenance

» Chez le personnel.

Le terme de maintenance englobe plusieurs types d'interventions :

- ❖ La surveillance et les opérations simples (graissage, nettoyage, etc.), généralement assurées par les utilisateurs des équipements.
- ❖ Les contrôles de fonctionnement et les opérations complexes, souvent réalisées par des techniciens spécialisés.
- ❖ Le dépannage et la réparation en cas d'incident, confiés à des équipes spécialisées.
- ❖ La reconstruction complète des machines ou installations, constituant une remise à neuf totale. [1]

Objectifs de la maintenance dans l'entreprise

Notre pays a investi des capitaux importants dans le secteur industriel depuis de nombreuses années.

Cependant, la fiabilité et le maintien des équipements et outils de production restent souvent aléatoires et difficiles à maîtriser.

Les résultats escomptés n'ont pas toujours été atteints, en raison de l'absence de traditions solides dans ce domaine, de la négligence de cette fonction, et parfois même de l'inadéquation des outils de gestion utilisés, ce qui a accentué les difficultés de notre industrie. Ainsi, une production soumise à de telles contraintes reste coûteuse et peu rentable.

La mise en œuvre d'une maintenance gérée de manière rationnelle pourrait considérablement améliorer la situation industrielle.

Le défi consiste à déterminer dans quelle mesure cette rationalisation est possible et à renforcer la gestion de la maintenance de façon adaptée aux spécificités de notre industrie. Il est nécessaire d'investir dans une politique de maintenance rationnelle, ce que confirment tant la théorie que la pratique.

La rationalisation des coûts des produits industriels passe par une gestion efficace, définie comme l'ensemble des actions permettant de faire fonctionner les équipements selon des lignes de conduite préalablement établies.

Entretenir les équipements de manière aléatoire, au jour le jour, correspond à une approche souvent adoptée par les constructeurs ou fournisseurs d'équipements industriels. L'objectif principal de la maintenance est donc de préserver les équipements, installations et autres éléments de l'actif dans des conditions favorisant l'atteinte des objectifs fixés par l'entreprise.

Cela ne signifie pas que les équipements doivent fonctionner de manière parfaitement continue, ni que toutes les pièces doivent être constamment neuves pour éviter toute panne, ce qui serait irréalisable en pratique.

Lorsque la maintenance est intégrée dans la gestion des outils de production, elle permet d'assurer la continuité et la qualité de la production à coût minimal. L'objectif est alors double : améliorer la fiabilité des équipements et réduire les temps d'arrêt pour réparation.

Le critère prioritaire devient ainsi la minimisation non plus du coût direct de maintenance généré par une panne, mais du coût global associé à cette panne, en termes d'arrêt de production et de perte de chiffre d'affaires. [1]

I.2.5 Défaillances et Pannes Défaillance

La défaillance correspond à la perte de capacité d'un bien à remplir la fonction pour laquelle il est prévu.

À la suite d'une défaillance, le bien se trouve en état de panne, qui peut être totale ou partielle.

Panne

La panne désigne la situation dans laquelle un bien devient incapable d'assurer la fonction attendue. Cette incapacité exclut les arrêts dus à la maintenance préventive, aux interventions programmées ou au manque de ressources externes.

I.2.6 Objectifs de la maintenance

La maintenance constitue en quelque sorte l'élément central de la maîtrise de la disponibilité des équipements. Lorsque l'outil est en fonctionnement pour la production, les arrêts ne peuvent être acceptés. À l'inverse, lorsqu'il est en maintenance, toute perte de temps liée à un manque d'efficacité doit être évitée.

La maintenance a pour objectifs principaux de réduire les temps d'arrêt et d'augmenter

la durée de fonctionnement optimal des équipements, Ces interruptions peuvent être causées par des pannes ou par des interventions de maintenance peu efficaces. Afin de limiter les défaillances, la maintenance s'appuie sur les actions préventives.

Le défi consiste alors à définir les opérations préventives nécessaires et à les planifier au moment opportun. Il s'agit d'organiser et de réaliser, dans les périodes non productives disponibles ou négociées avec la production, l'ensemble des activités de service, de contrôle, d'inspection et d'entretien.

Afin de mesurer les résultats de ses actions, la maintenance suivra comme indicateur le rapport durée des interventions planifiées sur durée des interventions non planifiées.

En général, la maintenance est aussi responsable de l'état des bâtiments et des locaux de l'entreprise. Elle contribue à atteindre le niveau d'exigence en matière de santé, de sécurité et d'environnement niveau requis pour l'autorisation d'exercer. Elle se voit confier également un rôle d'ingénieur de l'équipement de production. Par sa connaissance des machines, elle est capable de faire des recommandations d'amélioration de l'équipement qui vont lui donner des ponts de rendement additionnels. Au mieux, elle participe à la définition des équipements au moment de la conception. Le rôle n'est pas uniquement la rationalisation des équipements ou des pièces de rechange, le respect de la sécurité, la maintenabilité ; c'est aussi d'obtenir une hausse de la productivité de l'équipement. [6]

I.3 les opérations de maintenance

I.3.1 Le dépannage

Le dépannage correspond à une intervention de maintenance corrective réalisée sur un équipement en panne afin de le remettre en état de fonctionnement, Cette opération peut tolérer des solutions temporaires ainsi que des conditions d'exécution ne respectant pas toujours les procédures, les coûts ou les exigences de qualité.

Dans ce cas, elle est généralement suivie d'une réparation plus complète. Les interventions de dépannage sont souvent de courte durée, mais peuvent être fréquentes. Elles ne nécessitent pas forcément une connaissance approfondie du comportement des équipements ni des modes de dégradation. Le dépannage s'applique notamment aux équipements fonctionnant en continu, pour lesquels les contraintes de production ne permettent ni arrêt, ni inspection, ni intervention planifiée. [1]

I.3.2 La réparation

La réparation est une intervention corrective définitive et ciblée, réalisée après une panne ou une défaillance. Elle a pour objectif de rétablir l'équipement afin qu'il puisse assurer pleinement les performances pour lesquelles il a été conçu, Cette intervention peut être engagée soit immédiatement après un incident, soit à la suite d'une décision prise lors d'une opération de maintenance préventive, qu'elle soit conditionnelle ou systématique. [1]

I.3.3 Les inspections

Sont des opérations de surveillance visant à détecter régulièrement d'éventuelles anomalies. Elles comprennent également la réalisation de réglages simples, ne nécessitant ni outillage particulier ni arrêt des équipements ou du système de production. [1]

I.3.4 Les visites

Sont des opérations de contrôle réalisées dans le cadre de la maintenance préventive systématique, selon une périodicité fixée à l'avance, Ces interventions suivent une liste d'actions préalablement définies et peuvent impliquer le démontage de certains composants ainsi que l'immobilisation de l'équipement. [1]

I.3.5 Les contrôles

Les contrôles consistent en des vérifications de conformité par rapport à des références préalablement établies, suivies d'une évaluation.

Ils peuvent inclure une activité d'information et conduire à une prise de décision, telle que l'acceptation, le rejet ou l'ajournement. Comme les visites, ils peuvent également aboutir à des interventions de maintenance corrective.

Les opérations de surveillance (inspections, visites et contrôles) sont indispensables pour maîtriser l'évolution de l'état réel d'un équipement. Elles peuvent être réalisées de manière continue ou à des intervalles déterminés ou non, en fonction du temps ou du nombre d'unités d'utilisation. [1]

I.3.6 Les révisions

Regroupent l'ensemble des opérations d'examen, de contrôle et d'intervention réalisées afin de prévenir toute défaillance majeure ou critique d'un équipement, pour une durée déterminée ou un certain nombre d'unités d'utilisation.

On distingue généralement, selon l'étendue de l'intervention, les révisions partielles et les révisions générales. Dans les deux cas, ces opérations nécessitent le démontage de plusieurs sous-ensembles. [1]

I.3.6.1 La gestion de maintenance

-La fiabilité et la productivité de l'équipement de production

La maintenance a pour mission de garantir à l'équipement de production un fonctionnement aussi fiable que possible, conformément aux niveaux de disponibilité attendus par la production. Ce bon état de fonctionnement, assuré par des processus opérationnels adaptés, permet d'obtenir la qualité requise des produits, tout en assurant la sécurité des installations et le respect des exigences environnementales.

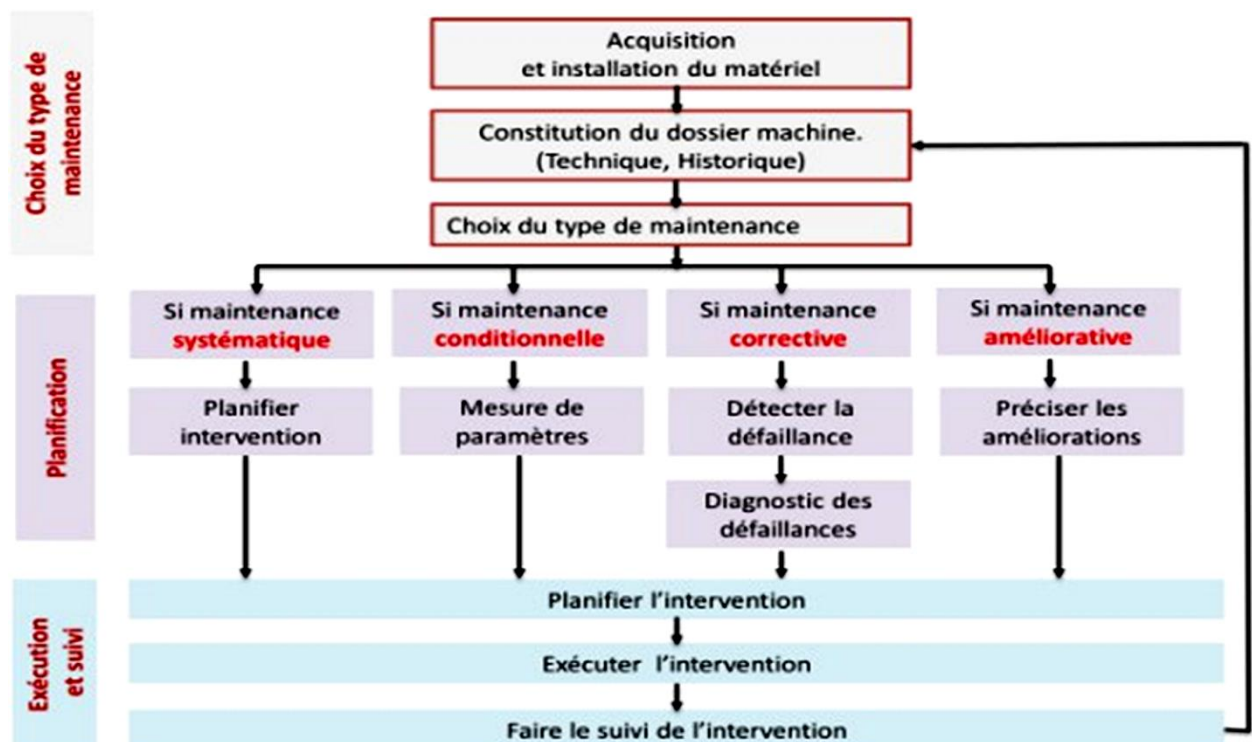


Figure I.2. Processus de gestion de la maintenance industrielle [1]

I.3.6.2 Maintenance et Informatique**Historique de l'informatisation de la maintenance**

L'information de la maintenance est venue tard dans l'entreprise un des dernières fonctions informatiser après la comptabilité, la production, les achats...

Les fonctionnalités dont avait besoin immédiatement ont atout d'abord été développés et implantées :

- ❖ Le plan de graissage
- ❖ Les achats
- ❖ La gestion des stocks de pièces de rechange
- ❖ La description des machines que l'on avait à maintenir a été conservée sous la forme de fiche type «kardex»

Les travaux ont été gérés en appliquant une procédure pour la gestion des bons de travail (procédure plus ou moins bien respectée).

Avec l'évolution de la maintenance comme fonction fondamentale dans l'entreprise son informatisation a été nécessaire et ce qui a entraîné plus particulièrement l'informatisation des fichiers des équipements.

Pour intégrer tous ces parties d'automatisation un grand nombre de progiciels sont apparus pour couvrir les fonctionnalités dont la maintenance souhaitait disposer.

C'est la naissance de la GMAO (gestion de maintenance assistée par ordinateur) CMMS pour (computer maintenance management system) CAMM pour (computer aided maintenance management).

Les progiciel ont permis de traiter les événements auxquels la maintenance avait faire face quotidiennement :

- ❖ Que ce soit la panne et son traitement.
- ❖ L'exécution du préventif.
- ❖ La gestion du stock

L'utilisation des ressources s'en est trouvée naturellement très améliorée.

Par la suite, Ces progiciels ont dû s'interfacer aux achats et à la comptabilité, quand ces domaines faisaient déjà l'objet d'un support informatique.

Compte tenu des difficultés d'interfaçage, les communications sont réduites à des transferts d'information, à périodicité mensuelle, et ceci dans un seul sens de la maintenance vers les autres applications, pour mettre à jour et consolider les fichiers de résultats.

Les grands progiciels de gestion intégrée (PGI) ont franchir un pas décisif dans la rationalisation des processus de l'entreprise et dans l'intégration de la maintenance avec les autres fonctions de l'entreprise. Même s'ils n'apportaient pas des réponses totalement satisfaisant aux besoins de la maintenance, ils ont favorisé l'interfaçage plus ou moins temps réel entre les fonctions de gestion classiques qu'ils couvraient et celles que la GMAO avait déjà mises en place.

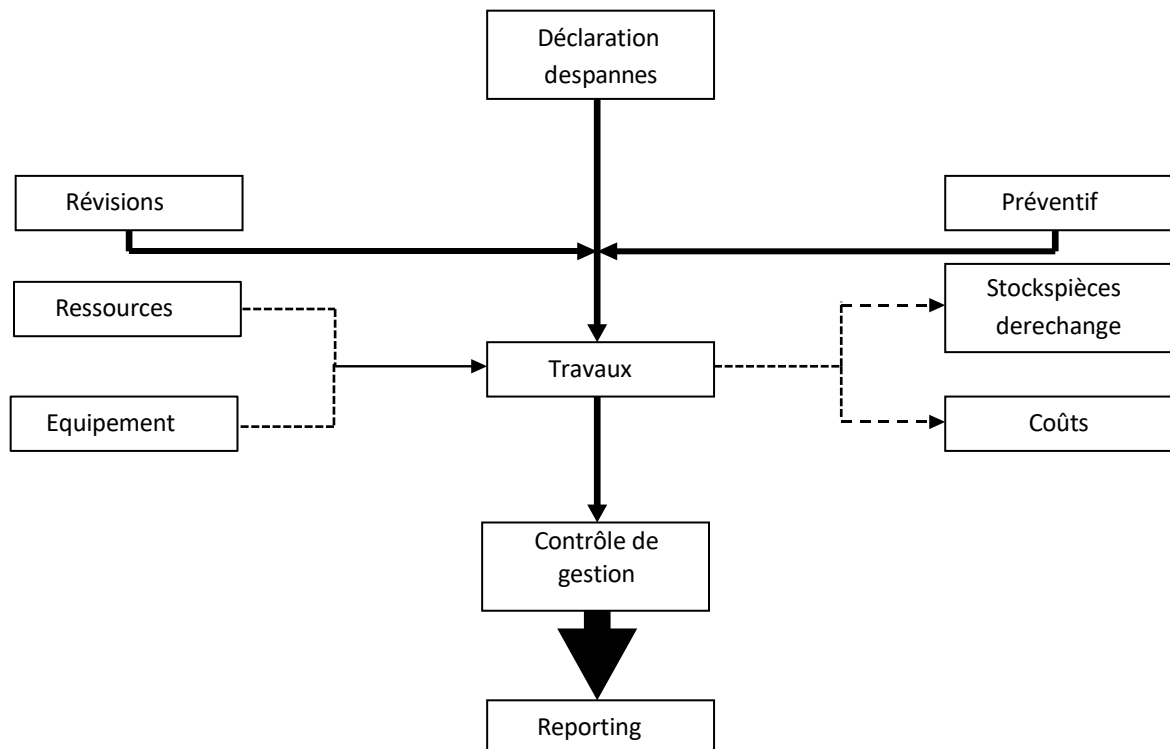


Figure I.3. Les applications de la maintenance traditionnelle [1]

Au plan technique proprement dit, l'informatique a aussi progressé et les techniques modernes d'analyse de maintenance et de contrôle non-destructif sont nées parallèlement à l'informatique :

- ❖ Analyse vibratoire, expertise vibratoire.
- ❖ Analyse d'huile.
- ❖ Thermographie R.
- ❖ Ultra sons à chaud.
- ❖ Mesure de température, d'épaisseur, en doscopie.
- ❖ Scanning.
- ❖ Emission acoustique...

Toutes ces techniques, quelquefois couplées aux system experts, ont permis le développement de la maintenance prédictive. Elles sont été décrites sous le sigle TTAO (travaux techniques assistés par ordinateur) ou TMAO (techniques de maintenance assistées par ordinateur).

En définitive, les systèmes de gestion de maintenance informatisée permettent à leurs utilisateurs de mieux maîtriser les opérations de maintenance ainsi que les coûts des ressources engagées pour chaque équipement.

Il soffrent également à la fonction maintenance la possibilité de contribuer directement aux efforts de réduction des coûts au sein de l'entreprise.

De nombreuses entreprises ont atteint un niveau avancé de maintenance intelligente grâce à l'informatisation de leurs activités. Progressivement, l'organisation et les méthodes se structurent, les acteurs de la maintenance échangent davantage, et les plus expérimentés partagent leur savoir-faire afin de construire une expertise collective.

Cependant, le développement des nouvelles technologies informatiques, l'essor d'Internet au sein des entreprises, la volonté croissante d'intégrer les applications, ainsi que l'émergence de nouveaux concepts organisationnels tels que la TPM (Total Productive Maintenance), où la maintenance et la qualité deviennent l'affaire de tous, marquent l'avènement d'une nouvelle ère de l'informatisation de la maintenance Cette évolution ouvre la voie à ce que certains désignent comme la « maintenance intelligente ».

De manière croissante, les fournisseurs intègrent des systèmes d'autodiagnostic dans leurs équipements. Selon les contextes, il s'avère souvent plus avantageux de rechercher un équilibre optimal entre la maintenance et un risque de panne maîtrisé, plutôt que de vouloir supprimer totalement les défaillances à tout prix.

Grâce à la connaissance détaillée de chaque équipement, accessible via le système d'information, il devient de plus en plus possible d'anticiper les événements futurs, d'évaluer les risques pour la production ainsi que pour la durée de vie des équipements, et d'en déduire les stratégies de maintenance les plus adaptées à chaque situation.

Cette démarche repose sur l'utilisation de modèles informatisés décrivant le comportement des équipements (par exemple des modèles de fiabilité ou économiques), ainsi que sur la disponibilité de données précises et fiables permettant d'alimenter et de construire ces modèles. Ceux-ci sont, par nature, complexes.

Ils intègrent l'ensemble des informations liées à l'équipement tout au long de son cycle de vie :

Depuis la conception assistée par ordinateur (CAO), la fabrication assistée par ordinateur (FAO), les nomenclatures, jusqu'à la phase de commercialisation et d'installation avec le calcul de l'investissement et de l'amortissement, puis l'exploitation, l'historique de maintenance et les améliorations successives, sans oublier l'expérience des opérateurs locaux et externes, et enfin le démantèlement et le remplacement. L'ensemble de ces données, extrêmement riche, est collecté et exploité afin de faciliter la prise de décision.

La centralisation et l'exploitation de ces informations au sein de modèles leur donnant du sens sont appelées « gestion intégrée des équipements ». Ce socle constitue la base des analyses qualitatives et budgétaires. Grâce à des outils de simulation, il permet d'évaluer les impacts des différentes stratégies de gestion et marque ainsi le passage d'une informatique de gestion à une informatique décisionnelle.

Par ailleurs, plusieurs processus supportés par l'informatique influencent directement la maintenance :

❖ Le e-commerce contribue à réduire les délais d'approvisionnement et d'achat, à développer le juste-à-temps, et à améliorer la gestion des connaissances relatives aux pièces de rechange via les catalogues des fournisseurs. Il favorise ainsi l'ouverture de l'entreprise vers

l'extérieur et les flux d'information mondiaux.

❖ La sous-traitance bénéficie également de cette ouverture du système d'information, tandis que les données peuvent être mises à jour directement par les intervenants externes.

❖ Dans le domaine de la production, les capteurs remontent en continu les informations via des systèmes de surveillance afin de déclencher des demandes de maintenance ou des alertes. Dans les bâtiments, la gestion technique centralisée (GTC) est interfacée avec la maintenance et fournit des indications sur l'état des équipements techniques. Il est également possible d'intégrer des routines informatiques dans ces systèmes afin qu'une alerte ne soit générée que lorsque plusieurs conditions sont réunies (dépassement répété d'un seuil, vibrations détectées et température anormale, par exemple). Les techniques de systèmes experts peuvent être utilisées dans ce contexte de diagnostic.

❖ La formation, visant à renforcer la polyvalence des opérateurs, profite des outils d'apprentissage assisté par ordinateur.

❖ Enfin, la maintenance intelligente et les connaissances associées contribuent à la construction du modèle d'usine intelligente.

Conclusion

À travers ce chapitre, nous avons présenté les notions fondamentales de la maintenance industrielle ainsi que son rôle essentiel dans le bon fonctionnement des systèmes de production. Nous avons également étudié les différents types de maintenance, notamment la maintenance préventive et corrective, ainsi que les niveaux et les principales opérations de maintenance.

Cette étude a montré que la maintenance ne se limite plus à la réparation des pannes, mais qu'elle constitue aujourd'hui une fonction stratégique visant à améliorer la fiabilité des équipements, réduire les arrêts de production, garantir la sécurité et optimiser les coûts d'exploitation.

Enfin, nous avons mis en évidence l'importance de l'informatique et des systèmes dans l'amélioration de la gestion de la maintenance, grâce à une meilleure planification des interventions, un suivi efficace des équipements et une aide à la prise de décision. Ainsi, l'adoption des méthodes modernes de maintenance représente un facteur essentiel pour améliorer la performance des entreprises industrielles.

Chapitre II : Système GMAO

Introduction

La GMAO est un outil informatique utilisé pour faciliter la gestion des opérations de maintenance au sein de l'entreprise. Elle permet de regrouper toutes les informations liées aux équipements et d'assurer un meilleur suivi des interventions. Son utilisation aide à organiser les tâches de maintenance de manière plus efficace et à gérer les ressources disponibles. Ainsi, elle contribue à améliorer la fiabilité des installations tout en réduisant les coûts et les temps d'arrêt.

II.1 Maintenance et informatique

De manière logique, l'intégration de l'informatique dans le domaine de la maintenance s'est imposée afin d'appuyer à la fois les tâches administratives et les activités de gestion associées à cette fonction.

Le système d'information (SI) dédié à la maintenance englobe l'ensemble des opérations liées à la création, au suivi et au contrôle des données nécessaires. Il constitue un outil essentiel pour le pilotage de la maintenance, servant à la fois de base documentaire et de support pour la collecte des informations dynamiques relatives aux équipements. L'exploitation de ces données permet ainsi de soutenir aussi bien les décisions opérationnelles quotidiennes que les choix stratégiques, tels que le remplacement ou le renouvellement des installations. [8]

II.2 Les débuts de la GMAO

L'introduction de l'informatique dans la fonction maintenance s'est généralement faite de manière tardive au sein des entreprises, intervenant après l'informatisation des domaines prioritaires tels que la comptabilité, la production ou encore les achats.

Dans un premier temps, les efforts se sont concentrés sur la mise en place des fonctionnalités répondant à des besoins immédiats, notamment le suivi des plans de graissage, la gestion des achats ainsi que celle des stocks de pièces de rechange. Parallèlement, les informations descriptives des équipements à maintenir étaient encore conservées sous forme de fichiers manuels, de type Kardex. La gestion des interventions reposait sur des procédures relatives aux bons de travail, appliquées avec un degré de rigueur variable. Avec la reconnaissance progressive de la maintenance comme fonction stratégique, ces procédures ont été structurées puis informatisées, ce qui a conduit également à la numérisation des données relatives aux équipements.

Par la suite, la nécessité d'intégrer ces différents systèmes isolés s'est imposée. C'est dans ce contexte que sont apparus sur le marché de nombreux progiciels visant à couvrir l'ensemble

des besoins de la maintenance. Cette évolution marque la naissance de la GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur), également connue sous les appellations CMMS (Computerized Maintenance Management System) ou CAMM (Computer Aided Maintenance Management). Ces solutions permettent de gérer efficacement les activités quotidiennes de maintenance, qu'il s'agisse du traitement des pannes, de la réalisation des opérations préventives ou encore de la gestion des stocks. [9]

II.2.1 Introduction à la GMAO

Depuis l'émergence des premiers outils informatiques dans les années 1980, la GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur) a connu une évolution significative. À ses débuts, elle se limitait principalement à une fonction de base de données destinée à inventorier les équipements d'un site ainsi que les interventions de maintenance associées. Progressivement, son périmètre s'est étendu pour englober l'ensemble des activités liées à la maintenance.

Aujourd'hui, les logiciels de GMAO disponibles sur le marché offrent des fonctionnalités complètes, permettant notamment de structurer les données des équipements, de planifier et d'organiser les interventions, d'assurer le suivi des travaux réalisés, ainsi que de gérer les approvisionnements et les stocks de pièces de rechange. Certains systèmes intègrent également des modules avancés, tels que le *workflow*, facilitant la gestion et la coordination des tâches.

Les bénéfices apportés par la GMAO sont largement reconnus. Une mise en œuvre efficace permet de diminuer les temps d'arrêt des équipements, d'améliorer la performance des opérations de maintenance et d'optimiser la gestion des stocks. Par conséquent, elle contribue à une meilleure maîtrise des coûts et à une organisation plus efficiente des activités de maintenance.

Cependant, l'atteinte de ces résultats dépend fortement du choix du logiciel. Ce choix s'avère complexe en raison de la diversité de l'offre disponible sur le marché. Selon une étude de l'AFIM (Association Française des Ingénieurs et Responsables de Maintenance), il existerait plusieurs centaines de solutions de GMAO destinées aux applications industrielles. Bien que ces outils partagent des fonctionnalités de base similaires — telles que la gestion des bons de travail, des interventions et des stocks — ils présentent des différences notables en termes de performances, de complexité et de coût. Les solutions d'entrée de gamme, généralement plus accessibles financièrement, sont adaptées aux besoins des petites et moyennes entreprises, tandis que les systèmes les plus avancés répondent aux exigences des grandes structures opérant

dans des secteurs à forte complexité comme les transports, les télécommunications ou les services de distribution d'énergie.

II.2.2 Qu'est-ce qu'un progiciel de GMAO

Un système informatisé de gestion de la maintenance se définit comme un progiciel structuré autour d'une base de données, permettant de planifier, suivre et contrôler l'ensemble des activités de maintenance selon trois dimensions principales : technique, économique et organisationnelle. Il prend en charge aussi bien les opérations du service maintenance que les éléments concernés, tels que les installations, les lignes de production, les équipements, les sous-ensembles et les pièces de rechange. L'accès à ces informations se fait à partir de différents postes répartis entre les services techniques, les ateliers, les magasins et les unités d'approvisionnement.

L'informatisation de la gestion de la maintenance s'impose aujourd'hui comme une nécessité pour les entreprises. Toutefois, sa mise en œuvre soulève des questions essentielles quant à ses modalités et à ses objectifs. Les réponses doivent être définies en fonction des besoins spécifiques du service maintenance, avec l'appui de la direction afin d'assurer la cohérence avec le système d'information global de l'entreprise et ses perspectives d'évolution. Le recours à un accompagnement externe, tel qu'un audit réalisé par un consultant, peut également s'avérer pertinent pour établir un diagnostic objectif de la situation initiale. Néanmoins, il convient de souligner que la GMAO ne constitue pas une solution miracle : son efficacité dépend avant tout de la qualité de son déploiement et de son utilisation. [8]

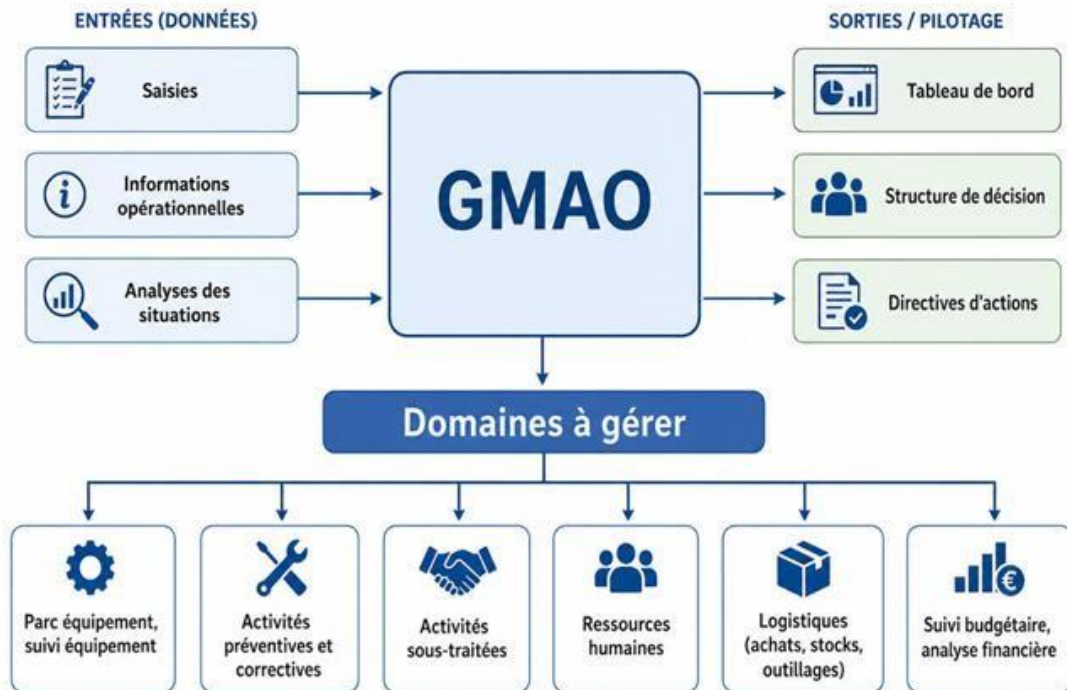


Figure II.1. Rôle d'une GMAO dans l'entreprise [8]

II.2.3 Pour quoi une GMAO

La Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) constitue un outil essentiel pour améliorer la performance globale de la fonction maintenance. Elle permet notamment une meilleure maîtrise de l'ensemble des ressources mobilisées, qu'elles soient humaines, matérielles ou financières.

La mise en place d'une GMAO contribue à la réduction des coûts de maintenance tout en augmentant la fiabilité et la disponibilité des équipements. Lorsqu'elle est correctement exploitée, elle favorise des gains significatifs en productivité et en efficacité, renforçant ainsi la compétitivité de l'entreprise.

Par ailleurs, la GMAO permet d'optimiser le budget alloué à la maintenance, de limiter les pannes en réduisant les interventions d'urgence et d'assurer un niveau élevé de disponibilité des installations, garantissant un meilleur rendement. Elle participe également à l'amélioration de la qualité de service en répondant plus efficacement aux exigences opérationnelles.

En outre, elle contribue à diminuer la fréquence et la gravité des défaillances, à accroître la disponibilité des équipements et à réduire les pertes de production. Elle permet aussi d'améliorer la productivité des équipes de maintenance, de raccourcir les délais d'intervention et d'optimiser la gestion des stocks de pièces de rechange. [10]

II.2.4 L'apport de la GMAO

La mise en place d'une GMAO doit générer une valeur ajoutée mesurable, notamment à travers l'amélioration de la productivité de la fonction maintenance, l'optimisation de l'efficacité du personnel, l'augmentation de la disponibilité des équipements et l'allongement de leur durée de vie.

Son objectif principal est d'intégrer pleinement la maintenance dans la stratégie de performance de l'entreprise, en contribuant à la réduction des coûts et à l'amélioration du niveau de service. Cette démarche participe directement à l'accroissement de la productivité globale et au renforcement de la compétitivité.

Par ailleurs, la GMAO apporte des améliorations significatives dans la gestion du service maintenance, notamment en assurant un suivi rigoureux des budgets, une meilleure connaissance des coûts d'entretien et la mise à disposition d'indicateurs pertinents pour le pilotage. Elle permet également une vision en temps réel de l'activité, facilitant ainsi la prise de décision et le contrôle des opérations.

En outre, elle contribue à alléger les tâches administratives, à optimiser l'affectation des ressources humaines et à améliorer l'organisation globale des interventions de maintenance.
[11]

II.2.5 L'information pour la prise de décision

Le système de GMAO a pour vocation principale d'assister les responsables et les techniciens de maintenance dans l'amélioration de leurs processus décisionnels. Les utilisateurs attendent de cet outil un appui concret pour orienter les choix techniques, tels que décider du remplacement d'un équipement ou de la poursuite de son exploitation après réparation.

Dans cette optique, la GMAO permet de centraliser et de capitaliser l'ensemble des informations relatives aux équipements afin d'en assurer une meilleure connaissance. Cette maîtrise des données facilite la mise en place d'une stratégie de maintenance adaptée et contribue à réduire les défaillances. La pertinence des décisions repose toutefois sur la fiabilité des informations disponibles, notamment un historique à jour des interventions, ainsi que des indicateurs de performance tels que le MTTR (Mean Time To Repair) et le MTBF (Mean Time Between Failures), sans oublier l'évaluation des coûts associés aux différentes options envisagées.

L'efficacité de la GMAO dépend également de la qualité des données fournies et de leur

accessibilité, conditions essentielles pour encourager son utilisation par les professionnels.

Enfin, l'apport de la GMAO ne se limite pas au seul service maintenance. Sa base de données constitue une ressource précieuse pour d'autres fonctions de l'entreprise. Elle contribue directement aux activités de production, de qualité et de sécurité, et indirectement à la prise de décision au niveau de la direction, du contrôle de gestion et de la comptabilité. [8]

II.2.6 Les avantages et inconvénients de la GMAO

Avantages

La mise en œuvre d'une GMAO présente de nombreux bénéfices pour la gestion de la maintenance. Elle permet tout d'abord un meilleur contrôle des coûts, ainsi qu'une optimisation du budget alloué à la maintenance. Elle contribue également à améliorer la gestion des achats et des stocks de pièces de rechange, ce qui se traduit par une réduction globale des dépenses.

Par ailleurs, la GMAO favorise l'augmentation de la disponibilité des équipements en limitant les pertes de production liées aux arrêts imprévus. Elle facilite la planification des opérations de maintenance et permet une meilleure organisation des interventions.

Un autre avantage majeur réside dans la capitalisation du retour d'expérience, grâce à l'enregistrement et à l'exploitation de l'historique des interventions, accessible de manière rapide et structurée. Cela permet de réduire le nombre, la fréquence et la gravité des pannes.

En outre, la GMAO améliore la qualité de service en répondant plus efficacement aux besoins opérationnels et en augmentant le niveau de satisfaction. Elle participe également à l'accroissement de la productivité des équipes de maintenance, à la réduction des interventions d'urgence et à la diminution des délais d'intervention.

Enfin, elle permet de renforcer la fiabilité des équipements tout en assurant une disponibilité maximale, contribuant ainsi à la performance globale du service maintenance.

Inconvénients (causes d'échec)

Les échecs liés à l'implémentation d'une GMAO proviennent généralement d'attentes irréalistes, notamment lorsqu'elle est perçue comme une solution miracle. Un tel projet est voué à l'échec dans plusieurs situations : lorsque les besoins réels ne sont ni clairement identifiés ni analysés, en l'absence d'un service méthodes structuré ou d'un ordonnancement efficace, ou encore lorsque l'organisation de la maintenance manque de rigueur et de formalisation.

L'échec peut également résulter d'un facteur humain défavorable, notamment lorsque les utilisateurs ne sont pas suffisamment formés, motivés ou impliqués dans le projet. L'absence d'une démarche participative et consensuelle dans l'introduction de l'outil constitue également un frein majeur à son adoption.

Par ailleurs, le rejet de la GMAO par les acteurs opérationnels est une cause fréquente d'échec, en particulier si l'organisation initiale de la maintenance est défaillante. L'adoption d'une GMAO motivée uniquement par un effet de mode ou par imitation d'autres entreprises, sans réflexion stratégique, conduit souvent à des résultats insatisfaisants.

Il est essentiel de distinguer deux dimensions complémentaires : d'une part, la gestion de la maintenance (GM), qui repose sur les compétences et l'organisation interne de l'entreprise, et d'autre part, l'assistance informatique (AO), qui relève du fournisseur du logiciel, sans pour autant garantir l'adéquation aux spécificités de l'entreprise.

Ainsi, une GMAO ne doit pas être considérée comme une solution autonome, mais comme un outil à intégrer dans une organisation déjà structurée. Sans une base solide en gestion de maintenance, elle risque de rester un système performant sur le plan informatique, mais inefficace sur le plan opérationnel.

Enfin, l'acquisition d'une GMAO nécessite le respect de certains pré requis. Lorsqu'un service maintenance est bien organisé et maîtrisé, cet outil devient alors un levier incontournable, grâce à ses capacités de stockage des données, de traitement de l'information, d'interfaçage avec d'autres systèmes et de réactivité dans la prise de décision.[12].

Liste non exhaustive des logiciels de GMAO

COSWIN7iSIVECO

www.siveco.com

CARLCARLSOFTWARE	www.carl.eu
Maint express ACF Maintenance	www.mainexpress.com
CORIMCORIM	www.corim-solutions.com
ALTAIRDSD System	www.dsdsystem.fr
OMEREMELSENS	www.melsens.com
AXELDIMO Gestion	www.axeldemmo.com
OPTIMAINTAPISOFT	www.apisoft.fr
MISTER Maint ITM	www.mistermaint.com
MAINTI Média TRIBOFILM	www.tribofilm.fr
ITHECITHEC	www.ithec.com
EASY Cam CIPROS	www.cipros-international.com
OPTIMATOMAO	www.optima.tomao.fr [13]

II.3 Système de programmation

II.3.1 Systèmes de gestion de bases de données (SGBD)

Les premières solutions de GMAO ne reposaient pas sur des systèmes de gestion de bases de données (SGBD). Les informations étaient alors dispersées dans plusieurs fichiers indépendants, ce qui limitait leur cohérence, leur accessibilité et leur exploitation globale.

Aujourd'hui, les bases de données constituent des systèmes informatiques structurés et complexes, dont la fonction principale est de stocker, organiser, gérer et sécuriser les données saisies dans différents environnements (ordinateurs individuels, réseaux ou systèmes centralisés). Dans les environnements de grande envergure, des solutions telles qu'Oracle sont largement utilisées, aux côtés d'autres SGBD comme IBM DB2, Ingres ou Informix. Pour les environnements micro-informatiques, on retrouve des outils tels que Microsoft Access, SQL Server ou FoxPro.

Du point de vue de l'entreprise, le choix d'un SGBD est stratégique et difficilement réversible. En effet, les applications métiers telles que la comptabilité, la finance, la GPAO ou

la GMAO ne peuvent interagir efficacement que si elles reposent sur une base de données commune. Cela rend les critères de pérennité de l'éditeur et de capacité d'évolution du système particulièrement déterminants lors de la sélection.

Dans le cadre de ce travail, le choix s'est porté sur le système de gestion de bases de données Microsoft Access, principalement en raison de sa simplicité d'utilisation et de son accessibilité. [9]

II.3.2 Langages de programmation

Il existe une grande variété de langages de programmation permettant le développement d'applications de GMAO. Le choix d'un langage dépend principalement des besoins des utilisateurs, notamment en termes de compatibilité avec les environnements d'exploitation (Windows, Linux, etc.), ainsi que des exigences liées à l'évolutivité et à la flexibilité du système.

D'autres critères peuvent également intervenir, tels que la simplicité d'utilisation et la facilité de prise en main du langage. En outre, le langage choisi doit être capable de répondre aux contraintes techniques et fonctionnelles de l'application développée.

Parmi les langages et outils de programmation, on peut citer des solutions de bas niveau comme DBASE (sous DOS) ou Visual Basic, ainsi que des langages et environnements de haut niveau tels que Clipper, Excel, Access, Delphi, Java, SAP ou WinDev.

Dans le cadre de ce travail, le choix s'est orienté vers le langage `JavaScript(ES6+)`, en raison de sa facilité d'utilisation ainsi que de la richesse des outils de développement qu'il propose.

II.4 Analyse des différents modules fonctionnels

Les progiciels de GMAO présentent généralement une architecture modulaire commune, regroupant des fonctions similaires. Toutefois, la terminologie, l'organisation et la répartition de ces fonctions peuvent varier d'un logiciel à un autre.

À titre d'exemple, le progiciel Sirlog, considéré comme l'une des premières solutions de GMAO destinées aux PME développées en France, illustre cette structure modulaire. La majorité des opérations de gestion s'effectue au niveau des bureaux techniques, incluant les services de méthodes, d'ordonnancement, de logistique et de travaux neufs, à travers l'exploitation d'un ensemble de modules fonctionnels.

Le cahier des charges associé à chaque module n'a pas pour objectif d'être exhaustif, chaque service de maintenance disposant de ses propres spécificités. Il vise plutôt à mettre en évidence certains aspects souvent négligés mais essentiels au bon fonctionnement du système.

Les principaux modules analysés sont les suivants :

1. Gestion des équipements.
2. Suivi opérationnel des équipements.
3. Gestion des interventions internes et externes.
4. Gestion de la maintenance préventive.
5. Gestion des stocks.
6. Gestion des approvisionnements et des achats.
7. Analyse des défaillances.
8. Gestion budgétaire et suivi des dépenses.
9. Gestion des ressources humaines.
10. Tableaux de bord statistiques.
11. Autres modules et interfaces possibles. [8]

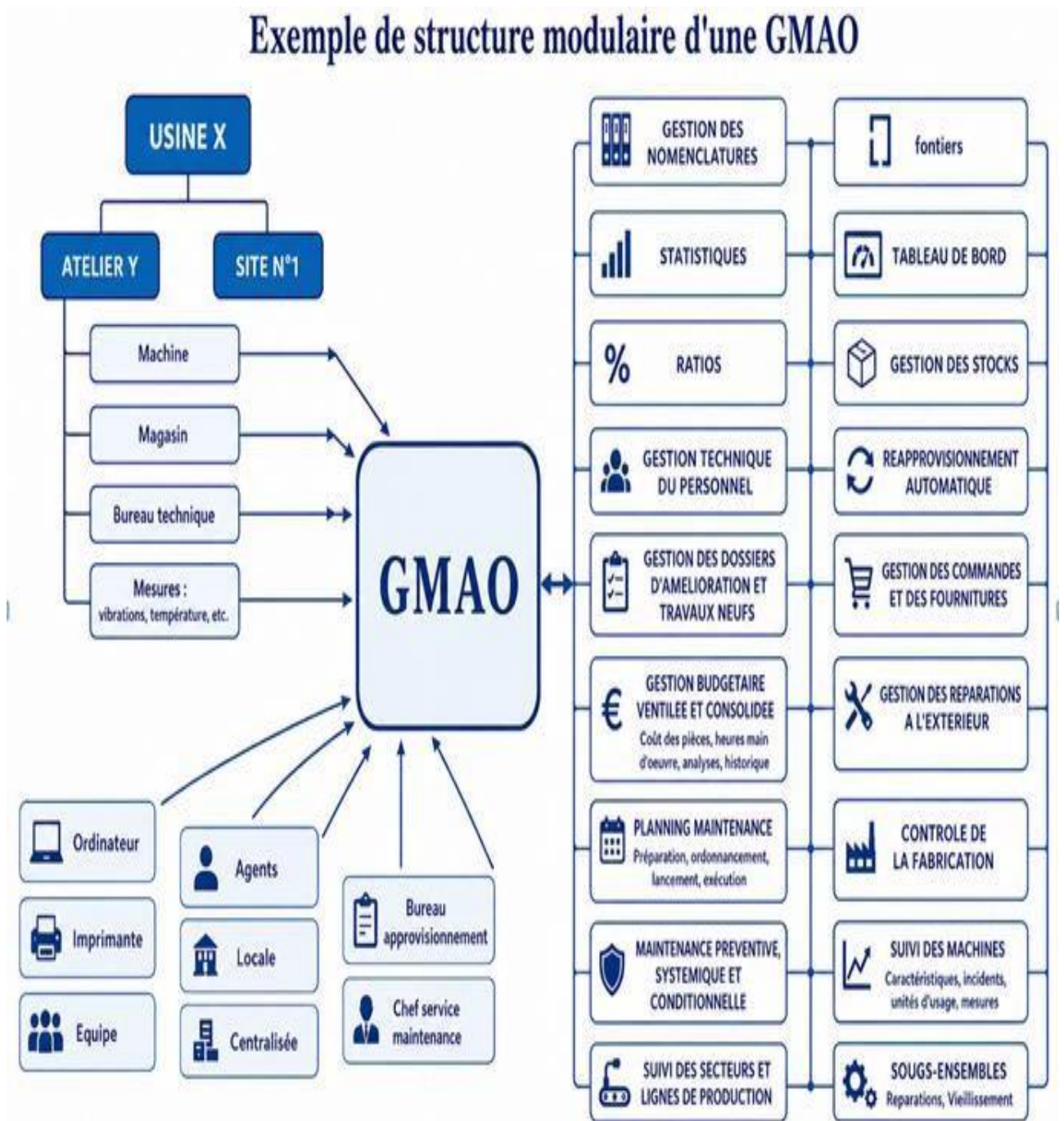


Figure II.2. Exemple de structure modulaire d'une GMAO [8]

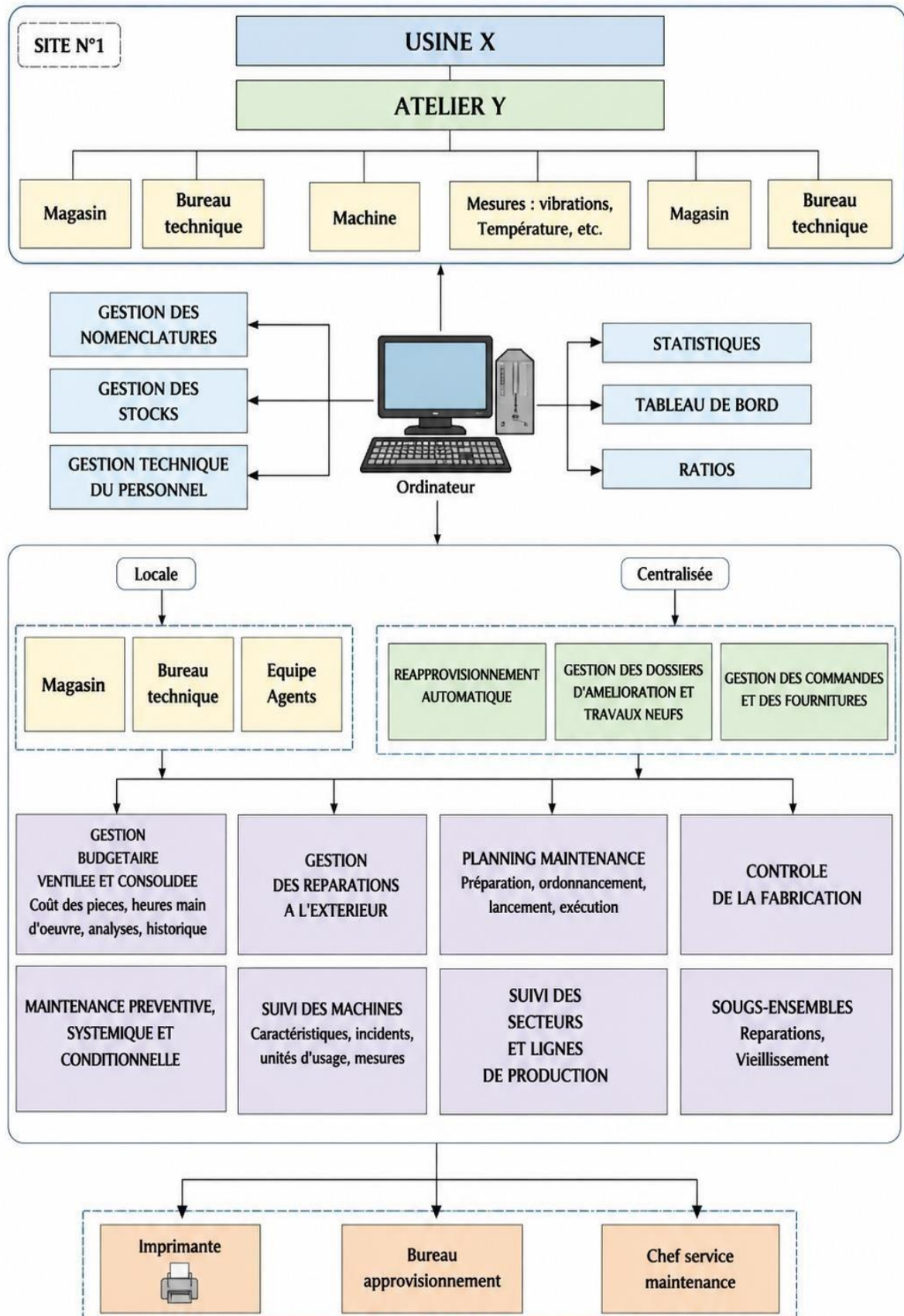


Figure II.3. Exemple de structure modulaire d'une GMAO [8]

II.4.1 Module de gestion des équipements

Ce module consiste à structurer, décrire et coder l'arborescence complète du parc d'équipements à maintenir, allant du niveau global de l'installation jusqu'aux équipements élémentaires, chacun étant défini et caractérisé par son Dossier Technique Équipement (DTE) ainsi que par son historique. Il intègre également le découpage fonctionnel des systèmes.

À partir du code unique attribué à chaque équipement, ce module permet :

- ❖ D'identifier et de localiser précisément un sous-ensemble dans l'arborescence des équipements.
- ❖ De déterminer l'indice de criticité fonctionnelle ainsi que la durée d'utilisation enregistrée via les compteurs.
- ❖ D'accéder rapidement au plan de maintenance associé à chaque équipement ;
- ❖ De consulter les caractéristiques techniques, historiques et commerciales à partir du DTE.
- ❖ De localiser un équipement mobile, ainsi que son DTE et son historique, notamment dans un contexte multi-sites.
- ❖ De suivre les consommations en énergie, lubrifiants et autres ressources.
- ❖ D'identifier la liste des pièces de rechange utilisées.
- ❖ De connaître les responsables d'exploitation et de maintenance associés à chaque équipement.
- ❖ D'accéder aux plans, schémas et documents techniques stockés dans un système de gestion documentaire externe au DTE.

II.4.2 Module de gestion du suivi opérationnel des équipements

Ce module est dédié au suivi des performances des équipements en exploitation. Il permet d'accéder aux principaux indicateurs de maintenance tels que la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité, ainsi que le Taux de Rendement Synthétique (TRS), notamment dans le cadre d'une démarche TPM (Total Productive Maintenance).

Le choix des indicateurs conditionne directement la nature et la qualité des données à

collecter. Ces informations doivent être saisies au plus près du terrain, idéalement directement au niveau des équipements et en temps réel, aussi bien pour les demandes d'intervention que pour les comptes rendus d'exécution.

Dans une approche de suivi basée sur la disponibilité, le module doit offrir des fonctionnalités de visualisation et d'analyse, notamment :

- ❖ L'affichage des courbes d'évolution des indisponibilités (DI) sur différentes périodes de suivi.
- ❖ La génération de diagrammes de Pareto relatifs aux équipements selon la nature des arrêts.
- ❖ La consultation des valeurs des indicateurs tels que le MTA (moyenne des temps d'arrêt) et le MTTR (Mean Time To Repair) ou TTR (temps technique de réparation) sur des périodes données.

Dans le cadre d'un suivi orienté TRS, le module doit être capable, à partir des données relatives aux pertes de performance, de qualité et de disponibilité, de calculer les différents taux ainsi que leur produit (TRS) pour chaque période. Il doit également permettre de suivre leur évolution dans le temps et d'assurer une visualisation analytique des résultats après sélection, afin de faciliter le diagnostic.

De manière générale, ce module constitue un outil d'aide à l'analyse pour les méthodes, en fournissant l'ensemble des données quantitatives nécessaires à l'étude de la logistique, de la fiabilité, de la maintenabilité et de la disponibilité des équipements.

II.4.3 Module de gestion des interventions

Ce module constitue l'un des éléments centraux de la GMAO, car il permet de gérer l'ensemble du processus d'intervention, depuis la demande initiale jusqu'à la clôture et l'enregistrement des travaux réalisés. En ordonnancement, plusieurs procédures sont définies en fonction de la nature et de l'importance des travaux. Pour les interventions de faible complexité, il n'est pas toujours nécessaire de créer une demande formelle de travail (DT) ni d'attribuer un numéro spécifique ; cependant, un enregistrement simplifié reste indispensable afin de documenter la durée, la localisation et la nature de l'intervention.

Afin d'assurer une structuration efficace des données, il est nécessaire de mettre en place des bibliothèques de codification regroupant les informations relatives aux clients, aux intervenants et aux différents statuts des interventions. De plus, chaque équipement doit être

associé à un référentiel de codes normalisés décrivant son découpage fonctionnel, les causes de déclenchement des arrêts ainsi que les défaillances identifiées.

- Gestion des demandes de travaux (DT /OT) :

Le module doit permettre :

- ❖ la génération d'un numéro unique pour la DT ou l'OT, servant de référence à l'ensemble des opérations associées (procédures de sécurité, préparation, demandes d'approvisionnement DA, bons de sortie magasin BSM, etc.).

- ❖ L'horodatage de la demande avec identification du demandeur, du secteur concerné (code client), ainsi que de l'urgence ou du délai d'exécution.

- ❖ Le suivi en temps réel du statut de la demande grâce à des codes de suivi définis.

- Préparation de l'ordre de travail (OT) :

Le module doit offrir les fonctionnalités suivantes :

- ❖ Intégration des gammes de maintenance préétablies.

- ❖ Réservation des outils, équipements spécifiques et pièces de rechange nécessaires.

- ❖ Affectation des ressources humaines et matérielles.

- ❖ Association des documents techniques (plans, schémas, pictogrammes) issus d'un système de gestion documentaire.

- ❖ Intégration automatique des procédures de sécurité en fonction des équipements ou zones concernées.

- ❖ Possibilité de regrouper les opérations dans un outil de gestion de projet avec diagrammes de Gantt et PERT.

- Comptes-rendus d'interventions :

Le module doit permettre :

- ❖ Une saisie rapide et simplifiée des informations liées à l'intervention, y compris pour les micro-défaillances.

- ❖ L'utilisation de terminaux de saisie au plus près du lieu d'intervention afin de réduire les délais et déplacements.

- ❖ La codification d'interventions à partir des référentiels de l'équipement (localisation, cause, nature, etc.).

- ❖ L'imputation des coûts aux centres analytiques appropriés.

- ❖ La distinction entre le temps d'intervention et le temps d'indisponibilité de l'équipement.

- ❖ L'enrichissement automatique de l'historique de l'équipement dès la clôture de l'ordre de travail.

- ❖ Le suivi des consommations de pièces de rechange et de leur coût associé.

- Gestion des interventions externalisées :

Le module doit également permettre une gestion équivalente aux procédures internes de préparation et d'ordonnancement, notamment :

- ❖ L'émission de demandes de travaux externalisés (DTE) pour les prestations ponctuelles

- ❖ la mise en place de contrats types intégrant les clauses techniques, économiques et de sécurité, adaptables à chaque commande.

II.4.4 Module de gestion du préventif

Le module de maintenance préventive permet d'organiser la maintenance systématique des équipements à travers un planning calendaire associé à chaque machine. Les interventions peuvent être programmées à des dates fixes ou déclenchées à partir de relevés de compteurs, voire de mesures dans le cas de la maintenance conditionnelle.

Le lancement des opérations est généralement automatisé, avec génération périodique (souvent hebdomadaire) des interventions prévues. Chaque action de maintenance est définie à partir d'une gamme préventive clairement structurée. Le module doit également offrir la possibilité d'un déclenchement manuel dit « d'opportunité », notamment lorsqu'une intervention préventive est avancée à la suite d'un arrêt imprévu ou d'une situation particulière.

II.4.5 Module de gestion des stocks

Le système de gestion des stocks repose sur un fichier central des articles en magasin, intégrant les lots de maintenance associés aux équipements ainsi que l'ensemble des mouvements d'entrées et de sorties.

- Structure d'une fiche article :

Chaque article doit être défini par un ensemble d'informations, notamment :

- ❖ Le code article interne, son libellé et sa désignation technique.
- ❖ Les références fournisseurs et éventuellement fabricant.
- ❖ Le code d'emplacement ou de gisement en magasin.
- ❖ Les codes des articles de substitution en cas de rupture.
- ❖ Le rattachement aux équipements concernés par cet article.
- ❖ Le prix unitaire ainsi que le prix moyen pondéré calculé automatiquement.
- ❖ Les quantités en stock et les quantités commandées en attente.
- ❖ Les paramètres de réapprovisionnement (stock de sécurité, stock maximum, etc).
- ❖ Les dates des derniers mouvements.
- ❖ L'historique des consommations.

- Outils d'analyse des stocks :

L'analyse des stocks peut être réalisée selon plusieurs axes, notamment :

- ❖ Le classement des articles par valeur et par taux de rotation.
- ❖ L'évaluation des stocks par nature et par période (suivi mensuel).
- ❖ Identification des articles dormant.
- ❖ Le suivi des situations de rupture de stock et des demandes non satisfaites.

- Vérification des fonctionnalités du module :

Il est important de s'assurer que le module dispose des capacités suivantes :

- ❖ Actualisation automatique des paramètres en fonction des consommations.
- ❖ Analyse des profils de consommation et génération de la courbe ABC en valeur.
- ❖ Gestion des opérations de magasin (réceptions provisoires ou définitives, retours fournisseurs en cas de non-conformité).
- ❖ Edition des pièces réservées liées aux ordres de travail pour assurer l'imputation.
- ❖ Présence d'un écran d'inventaire regroupant les critères de classification des articles.
- ❖ Possibilité de recherches et d'analyses multicritères pour une exploitation avancée des données.

II.4.6 Module de gestion des approvisionnements et des achats

La fonction approvisionnement en maintenance se caractérise par un grand nombre de références, une diversité de fournisseurs, ainsi que des quantités généralement faibles et des délais souvent contraints. Dans ce contexte, ce module doit assurer une interface efficace avec le système du service achat afin de faciliter la gestion et le suivi des opérations.

Il permet notamment de piloter :

- ❖ La base de données des fournisseurs et fabricants, incluant leurs conditions tarifaires selon les quantités.
- ❖ Le lancement et la gestion des appels d'offres auprès des fournisseurs.
- ❖ L'édition de bons de commande standardisés ou personnalisés, ainsi que le suivi des autorisations de dépenses.
- ❖ Le contrôle et la vérification des factures.
- ❖ La génération automatique des codifications internes et fournisseurs (transcodage).
- ❖ Le suivi de l'état d'avancement des commandes.
- ❖ Le suivi des réceptions, qu'elles soient totales, partielles ou refusées.
- ❖ L'évaluation de la performance des fournisseurs à partir des délais de livraison et des

résultats des contrôles à réception.

- ❖ L'édition automatique de lettres de relance en cas de retard de livraison.

Ce module constitue ainsi un outil essentiel pour assurer la maîtrise des flux d'approvisionnement, optimiser les coûts d'achat et améliorer la réactivité du service maintenance.

II.4.7 Module d'analyse des défaillances

Ce module s'appuie principalement sur l'historiques de maintenance, automatiquement enrichis à chaque enregistrement de bons de petits travaux (BPT) et d'ordres de travail (OT), classés selon leurs codes d'imputation. Ces données constituent une base essentielle pour l'exploitation et l'analyse des défaillances par équipement.

À partir d'un équipement donné, le module doit permettre :

- ❖ La réalisation d'analyses quantitatives à l'aide de diagrammes de Pareto, en exploitant différents indicateurs tels que le MTTR, le temps d'arrêt (TA) ou la durée d'indisponibilité.
- ❖ La classification des données selon plusieurs critères (cause, localisation, nature de la défaillance, etc.).
- ❖ L'étude des tendances sur différentes périodes d'analyse (journalier, hebdomadaire, trimestriel, annuel, etc.).

Dans un second temps, il permet d'effectuer une analyse qualitative des défaillances jugées prioritaires, pouvant être structurée sous forme d'analyse AMDEC.

La performance de ce module en fait un outil stratégique de la GMAO, car l'analyse des défaillances constitue un levier majeur d'amélioration continue. Il est donc essentiel de définir clairement les responsabilités, les méthodes de travail et les modalités d'exploitation de ces analyses afin d'évaluer la conformité du logiciel aux exigences du cahier des charges.

Enfin, ce module représente la base de la maintenance basée sur la fiabilité (MBF), en contribuant directement à la compréhension et à la réduction des défaillances répétitives.

II.4.8 Module de budget et de suivi des dépenses

La gestion analytique classique se limite généralement à des analyses globales des comptes, sans permettre une lecture suffisamment détaillée des coûts liés à la maintenance.

L'apport de la GMAO consiste donc à affiner cette analyse en assurant un suivi précis des dépenses par activité, dans le cadre d'un budget défini.

Dans ce contexte, le module doit répondre à plusieurs exigences fonctionnelles permettant une analyse budgétaire avancée, notamment :

- ❖ La création de nouveaux budgets à partir de la modification ou de l'adaptation des chapitres d'un budget existant.

- ❖ La comparaison des résultats financiers sur plusieurs exercices.

- ❖ L'intégration des frais généraux du service maintenance.

- ❖ La distinction entre coûts directs et indirects (pertes de production, pertes de qualité, etc.).

- ❖ La ventilation des coûts selon plusieurs axes : équipement, client interne, type d'intervention, origine de la défaillance ou sous-ensemble critique commun à plusieurs équipements.

- ❖ La comparaison entre les prévisions budgétaires et les dépenses réellement engagées.

- ❖ La gestion multi-devises (dinars, euros, dollars, etc.).

- ❖ La possibilité d'exporter les données comptables vers des logiciels de gestion financière.

- ❖ La structuration du budget en sous-budgets hiérarchisés et consolidables.

- ❖ Le suivi des coûts permettant l'établissement du coût du cycle de vie (LCC–Life Cycle Costa) des équipements.

Ainsi, ce module constitue un outil essentiel pour assurer la maîtrise financière de la maintenance et améliorer la prise de décision économique.

II.4.9 Module de gestion des ressources humaines

Spécifiquement conçu pour les besoins du service maintenance, ce module constitue avant tout un outil d'aide à l'ordonnancement et à la planification des interventions. Il s'articule autour d'un fichier central des techniciens regroupant l'ensemble des informations nécessaires à leur gestion.

Ce fichier peut inclure notamment :

- ❖ La qualification professionnelle, les habilitations, les diplômes, l'ancienneté, ainsi que les affectations successives et l'affectation actuelle de chaque technicien.
- ❖ Les formations suivies, les demandes de formation et l'évaluation des compétences acquises.
- ❖ La gestion des congés, des demandes de congés et des temps de récupération, éléments indispensables à la planification des travaux.
- ❖ Le suivi des temps de présence et d'absence, incluant l'historique des arrêts de travail.
- ❖ Les coûts horaires associés à chaque niveau de qualification, nécessaires à l'imputation des coûts des interventions.

Par ailleurs, ce module peut offrir un accès personnalisé aux techniciens via les terminaux atelier, leur permettant de consulter directement certaines informations les concernant, telles que les soldes de congé soutes données générales de l'entreprise. Cette fonctionnalité contribue à renforcer l'adhésion des utilisateurs au système informatique et à améliorer son acceptation au sein du service maintenance.

II.4.10 Module tableaux de bord et statistiques.

Les tableaux de bord regroupent et structurent l'ensemble des indicateurs techniques, économiques et sociaux nécessaires au pilotage et au management du service maintenance. Une partie de ces indicateurs est généralement fournie en standard avec le logiciel.

Il est toutefois essentiel de vérifier la possibilité de personnaliser rapidement ces tableaux (courbes, graphiques et autres représentations visuelles), ou de les générer via un outil externe de création de rapports. De même, la facilité d'extraction et d'exploitation des données constitue un critère important.

Dans le cas d'une démarche TPM, il est nécessaire de s'assurer que le système permet de calculer le TRS (Taux de Rendement Synthétique) et d'en suivre l'évolution à travers différentes périodes d'analyse.

II.4.11 Modules complémentaires et interfaces utiles

L'analyse des besoins internes et externes du service maintenance peut conduire à

envisager des extensions fonctionnelles, soit par interfaçage avec d'autres systèmes, soit par ajout de modules complémentaires, soit encore par développement spécifique d'applications dédiées.

- Interfaçage possible avec :

- ❖ Le logiciel de comptabilité et de paie.

- ❖ Le système de gestion des ressources humaines.

- ❖ Les outils de gestion des achats et des approvisionnements.

- ❖ La GPAO et les systèmes de production.

- ❖ Les réseaux techniques industriels.

- ❖ Le système de gestion documentaire (GED).

- ❖ Les outils multimédias.

- ❖ Les systèmes de supervision permettant la collecte automatique de données machines via capteurs, automates, codes-barres ou terminaux portables.

- Autres fonctionnalités possibles :

- ❖ Liaison avec les logiciels de gestion de projet.

- ❖ Lecture de badges d'identification.

- ❖ Intégration de la saisie d'images (scanner, documents hyper texte, etc.).

- ❖ Outils d'analyse des défaillances et génération d'AMDEC.

Compte tenu de l'évolution rapide des technologies, il est important de prévoir dès la conception une architecture évolutive afin d'éviter tout retard dans le déploiement du projet GMAO, dont la rentabilité dépend d'une exploitation durable et optimisée dans le temps.

Conclusion

Ce chapitre a présenté les systèmes de Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO), de leurs origines à leur architecture actuelle. La GMAO est apparue comme une nécessité pour structurer et optimiser les activités de maintenance, en intégrant des modules fonctionnels couvrant la gestion des équipements, le suivi des interventions, la maintenance préventive, la gestion des stocks et l'analyse des défaillances.

L'efficacité d'une GMAO repose sur un choix adapté du progiciel, une organisation de la maintenance déjà formalisée et l'implication des utilisateurs. Elle ne constitue pas une fin en soi, mais un outil au service d'une stratégie de maintenance maîtrisée. Dans ce projet, le choix s'est porté sur **Microsoft Access** et **java Script (ES6+)** comme langage de programmation, pour leur accessibilité et leur adaptabilité.

Le chapitre suivant abordera la conception et le développement de l'application GMAO propre à cette étude.

Chapitre III : Etude d'un cas

III.1 Introduction

Une application de **GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur)** permet de centraliser et d'organiser toutes les activités liées à la maintenance des équipements. Elle aide à planifier les interventions, suivre les réparations, gérer les stocks et améliorer la fiabilité des installations.

❖ À l'Université de El Oued, nous avons adopté ce modèle académique présente sous dessous afin de mieux organiser et optimiser la gestion de la maintenance



Figure III.1. Page d'accueil du logiciel GMAO

III.2 Notions

- **Tableau de bord :** Vue d'ensemble des activités de maintenance : statistiques, alertes, interventions en cours et indicateurs de performance.
- **Equipement :** Gestion des machines et installations : fiches techniques, historique des pannes, localisation et état actuel.
- **Intervention préventive :** Planification des opérations de maintenance régulières (nettoyage, vérification, remplacement de pièces) pour éviter les pannes.
- **Intervention corrective :** Suivi des réparations après une panne ou un dysfonctionnement. Permet d'enregistrer les actions effectuées et les pièces utilisées.
- **Atelier :** Organisation des ressources internes : techniciens, outils, zones de travail et

disponibilité des équipes.

- **Établissement** : Informations sur les différents sites ou bâtiments gérés par l'application (par exemple, campus ou départements d'une université).
- **Fournisseur** : Base de données des fournisseurs de pièces et services : coordonnées, contrats, délais de livraison.
- **Commandes** : Gestion des achats et des demandes de pièces de rechange ou de services externes.
- **Impression** : Génération de rapports et documents imprimables (bons d'intervention, listes d'équipements, statistiques).

III.3 Modes d'emplois(utilisation)

III.3.1 Tableau debord

La figure suivante représente le tableau de bord du logiciel réalisé

CODE EQUIPEMENT	DÉSIGNATION EQUIPEMENT	DATE DE FABRICATION	DATE DU 1ÈRE MISE EN SERVICE	CODE BARRE
39-001-001	Sens or QSS	2023-01-01	2024-02-01	123
39-001-002	Analyseur de propritethermique	2023-01-01	2024-02-01	
39-001-003	Vidéo projecteur	2023-01-01	2024-02-01	
39-001-004	Tour parallèle CNC	2023-01-01	2024-02-01	
39-001-005	Gear pump	2023-01-01	2024-02-01	

Figure III.2. Tableau de bord

- **Code équipement** : Pour la saisie des codes des différents équipements.
- **Désignation de l'équipement** : on indique le nom ou la description de l'équipement.
- **Date de fabrication** : Ce champ sert à entrer la date de production de l'équipement par le constructeur

- **Date de première mise en service** : On note la date de la première utilisation de l'équipement dans l'établissement. Cela permet de suivre la durée réelle d'exploitation.

- **Code-barres** : Chaque équipement peut être associé à un code-barres unique. Celui-ci facilite la gestion et l'inventaire grâce à la lecture automatique par un scanner.

✓ Boutons d'action

- **Ajouter** : Permet d'entrer un nouvel équipement dans la base de données.
- **Modifier** : Sert à mettre à jour les informations d'un équipement déjà enregistré.
- **Supprimer** : Retire définitivement un équipement du logiciel.

III.3.2 Intervention préventive

Figure III.3. Gestion de la maintenance (Intervention préventive)

l'icône d'intervention préventive Permet de créer une nouvelle intervention planifiée. On y définit la nature de **l'intervention**, la **date prévue** et **l'exécutant** (technicien ou responsable).

- **Code de l'équipement** : Champ où l'on saisit le **numéro ou identifiant unique** de l'équipement concerné par l'intervention. Cela garantit une traçabilité précise.

- **Intervention : Description** de l'opération à réaliser (exemple : vérification, nettoyage, remplacement de pièce). Elle précise le **type de maintenance préventive**.

- **Date de l'intervention :** Indique la **date exacte** à laquelle l'intervention doit être effectuée. Cela permet de planifier et d'éviter les retards.
- **Exécutant :** Nom du **technicien ou de l'équipe** chargée de réaliser l'intervention. Sert à attribuer les responsabilités.
- **Date de la prochaine intervention :** Permet de programmer la **maintenance suivante**. On anticipe ainsi les futures opérations pour éviter les pannes.
- **Observation :** Champ libre pour ajouter des **remarques ou précisions** (exemple : état de l'équipement, difficultés rencontrées, recommandations).

III.3.3 Intervention corrective :

Figure III.4. Gestion de la maintenance (Intervention corrective)

Avant de détailler chaque élément, rappel ons que cette image illustre une **interface de gestion des interventions correctives**

✓ **Boutons graphiques en haut**

- **Créer une intervention corrective :** ajouté une nouvelle intervention dans le système.
- **Modifier une intervention corrective :** mettre à jour une intervention déjà enregistrée.

- **Supprimer une intervention corrective** : retirer une intervention existante de la base.

✓ **Informations générales (à gauche)**

- **Intervention** : type ou nature de l'action corrective (exemple : réparation, ajustement).
- **Date de l'intervention** : jour où l'intervention a été réalisée.
- Exécutant : technicien ou personne qui a effectué l'intervention.

✓ **Détails (à droite)**

- **Code de l'équipement** : identifiant unique de la machine ou du matériel concerné.
- **Intervention** : description détaillée de l'action corrective réalisée.
- **Date de l'intervention** : rappel de la date, liée aux détails.
- **Exécutant** : nom du responsable lié aux détails.
- **Pièce de rechange** : composant remplacé ou utilisé lors de l'intervention.
- **Observation** : commentaire ou note supplémentaire (facultatif).

✓ **Icônes finales**

- **Supprimer les détails** : effacer les informations saisies dans la section des détails.
- **Valider l'intervention** : confirmer et enregistrer officiellement l'intervention corrective dans le système.

III.3.4 Atelier :

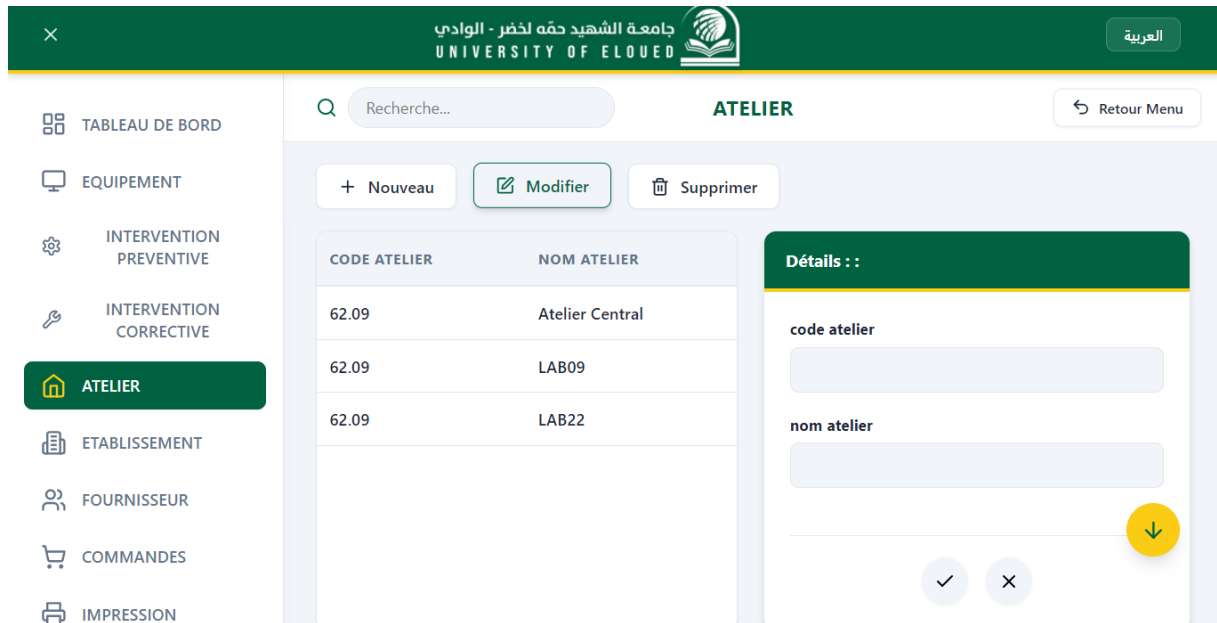


Figure III.5. Gestion de la maintenance (Atelier)

❖ **Éléments en haut**

- **Nouveau** : permet d'ajouter un nouvel atelier ou un nouvel emplacement.
- **Modifier** : permet d'ajuster ou mettre à jour l'informations existantes.
- **Supprimer** : permet d'effacer un atelier déjà enregistré.

❖ **Informations générales (à gauche)**

- **Code de l'atelier** : identifiant unique attribué à l'atelier.
- **Nom de l'atelier** : appellation ou titre de l'atelier.

❖ **Détails (à droite)**

- **Code de l'atelier** : rappel du code pour confirmer l'identification.
- **Nom de l'atelier** : saisie ou modification du nom de l'atelier.

❖ **Boutons finaux**

- **Annuler les modifications** : permet de revenir en arrière et de supprimer les changements non validés.
- **Valider l'ajout ou la modification** : confirme et enregistre officiellement l'atelier

dans le système.

III.3.5 Etablissement

Figure III.6. Gestion de la maintenance (Etablissement)

❖ Icône de l'établissement (en haut)

- **Nouveau** : ajoute un nouvel établissement.
- **Modifier** : permet de changer ou mettre à jour les données existantes.
- **Supprimer** : efface définitivement l'établissement et ses informations.

❖ Informations générales (à gauche)

- **Code de l'établissement** : identifiant unique attribué à l'établissement.
- **Nom de l'établissement** : appellation ou titre de l'établissement.

III.3.6 Fournisseur :

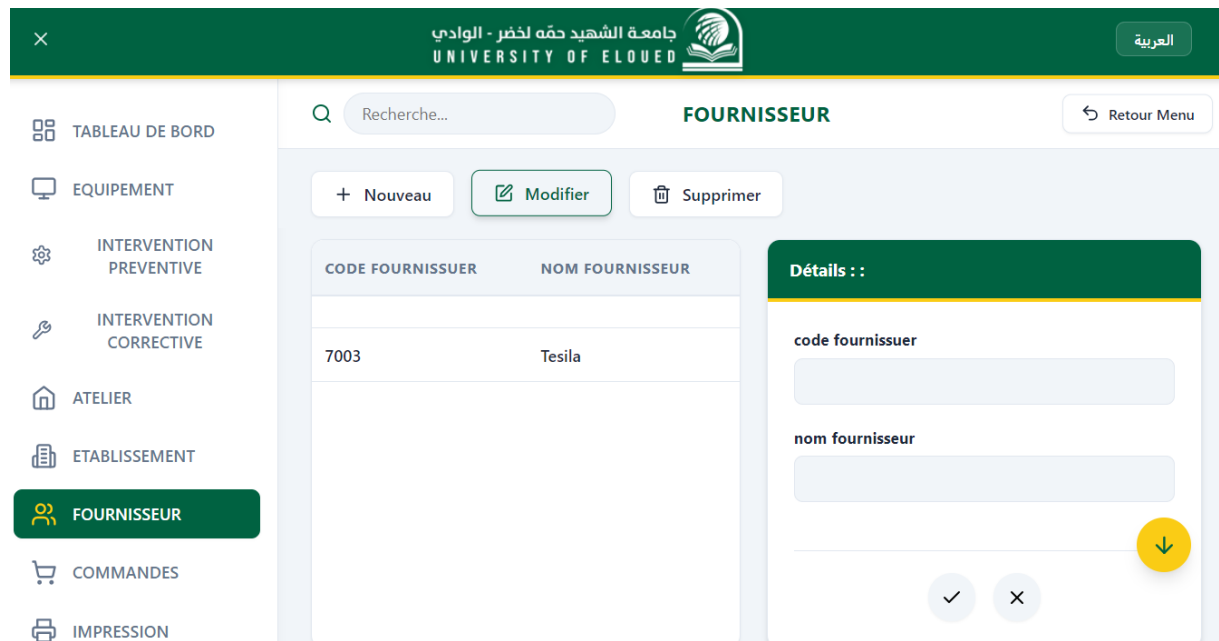


Figure III.7. Gestion de la maintenance (Fournisseur)

❖ Icônes du haut (Actions globales)

- **Nouveau** : Permet d'ajouter un nouveau fournisseur.
- **Modifier** : Permet d'ajuster les informations.
- **Supprimer** : Efface définitivement le fournisseur et ses données

❖ Partie gauche (Liste/Identification)

- **Code du fournisseur.**
- **Nom du fournisseur.**

❖ Partie droite (Détails)

- **Saisie du code du fournisseur** : Un code unique.
- **Saisie du nom** : Par exemple le nom de l'entreprise auprès de laquelle nous avons fourni des produits ou du matériel

❖ Icônes du bas (Validation/Gestion de saisie)

- **Valider** : L'icône pour confirmer les informations.

- **Supprimer** : L'icône pour effacer les données saisies dans les détails.

III.3.7 Commande :

Figure III.8. Gestion de la maintenance (Commande)

❖ Icônes du haut (Actions globales)

- **Nouveau** : Permet d'ajouter une nouvelle commande.
- **Modifier** : Permet d'ajuster la commande.
- **Supprimer** : Efface définitivement la commande

❖ Partie gauche (Affichage/Identification)

- Code de la commande.
- Date de la commande.
- Code du fournisseur.

❖ Partie droite (Saisie des détails)

- Saisie du code de la commande.
- Saisie de la date de la commande.

- Saisie du code du fournisseur.

❖ Icônes du bas (Gestion de la saisie)

- **Supprimer** : L'icône pour effacer les données saisies dans les détails.
- **Valider** : L'icône pour confirmer les informations saisies dans les détails.

III.3.8 Impression :



Code Equipement	Designation Equipement	Code Atelier Labo	Code Etablissement	Code Fournisseur	Code Bon Commande	Code Bureau	Acheteur	Marque	Model
39-001-001	Sous-sol Q55	LAB09	User: El-Oued	Tecila	BL00070-24	120	User: El-Oued	TecQuipement	/
39-001-002	Assujettisseur de profil industriel	LAB09	User: El-Oued	Tecila	BL00070-24	-	User: El-Oued	TecQuipement	-
39-001-003	Valve projectrice	LAB09	User: El-Oued	Tecila	BL00070-24	-	User: El-Oued	TecQuipement	/
39-001-004	Toupie portable CNC	LAB22	User: El-Oued	Tecila	BL00070-24	-	User: El-Oued	Yokote	DNC070a
39-001-005	Gear pump	LAB09	User: El-Oued	Tecila	BL00070-24	-	User: El-Oued	TecQuipement	M77010B

Figure III.9. Gestion de la maintenance (Impression)

❖ Icônes principales

- **Fiche de maintenance** : Permet d'accéder au document technique de l'équipement.
- **Fiche d'inventaire** : Permet d'accéder au document de suivi physique et logistique.

❖ Contenu de la Fiche de Maintenance

- **Code de l'équipement** : Identifiant unique de la machine.
- **Attribution de l'équipement** : Service ou personne responsable.
- **Date de fabrication** : Date de sortie d'usine du matériel.
- **Date de première utilisation** : Date de mise en service réelle.
- **Code de l'atelier** : Lieu technique de rattachement.
- **Code de l'établissement** : Site géographique ou entité administrative.
- **Fabricant** : Entreprise ayant construit l'équipement.
- **Marque** : Nom commercial du produit.
- **Modèle** : Référence précise de la série.
- **Fournisseur** : Entité ayant vendu le matériel.

La maintenance industrielle joue un rôle essentiel dans le bon fonctionnement des installations et dans la garantie de la disponibilité des équipements au sein des entreprises. Dans un contexte marqué par des avancées technologiques rapides et une complexité accrue des

systèmes de production, les méthodes traditionnelles de gestion de la maintenance ne suffisent plus à répondre efficacement aux exigences de performance, de qualité et de rentabilité. Il devient donc nécessaire d'adopter des outils modernes permettant d'améliorer l'organisation des interventions, de limiter les arrêts imprévus et d'optimiser les ressources disponibles.

Dans ce contexte, la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) apparaît comme un outil indispensable. Elle offre une solution centralisée pour gérer les informations relatives aux équipements, aux interventions, aux historiques de pannes ainsi qu'aux stocks de pièces de rechange. En structurant ces données, elle optimise le suivi des opérations et permet une planification plus rigoureuse des activités de maintenance. L'analyse des données collectées facilite également l'identification des causes de défaillances et soutient une prise de décision plus éclairée et plus rapide. De ce fait, la GMAO constitue un levier essentiel pour renforcer la maintenance préventive, réduire les coûts d'exploitation et améliorer la performance globale de l'entreprise.

Par ailleurs, les universités accordent une place centrale aux travaux de recherche appliquée, qui permettent de faire le lien entre la formation académique et les réalités du terrain industriel. L'Université d'El Oued s'inscrit pleinement dans cette démarche en encourageant la recherche scientifique et en valorisant les projets et mémoires à caractère pratique, directement adaptés aux besoins du tissu socio-économique.

De son côté, la Faculté de Technologie de l'Université d'El Oued dispense une formation alliant savoirs théoriques et compétences pratiques. Elle vise à former des profils capables de répondre aux exigences du monde industriel contemporain, notamment dans les domaines de l'ingénierie et des technologies. Le présent mémoire s'inscrit dans cette perspective ; il se propose d'étudier l'apport de la GMAO dans l'amélioration de la gestion de la maintenance au sein des organisations industrielles, en mettant particulièrement l'accent sur son incidence sur l'efficacité opérationnelle et la maîtrise des coûts.

À travers ce travail, nous chercherons à approfondir les notions fondamentales de la maintenance industrielle, à analyser le fonctionnement d'un système GMAO et à formuler des recommandations pratiques susceptibles d'améliorer son utilisation au sein de l'organisme étudié, dans l'objectif de contribuer à une meilleure performance organisationnelle.

Tableau III.1 Fiche de maintenance



UNIVERSITE DE HAMMA LAKHDAR EL OUED
 FACULTE DE TECHNOLOGIE
 DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE
 MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Réalisé par :

Fiche de maintenance

EQUIPEMENT :

Marque :

N° série :

Constructeur :

Matricule :

Date de fabrication :

Date de 1^{er} mise en service :

Maintenance preventive					Maintenance corrective				
Interventions	Dates	L'exécutant	La prochaine	OBS	Interventions	Dates	L'exécutant	Pièces de rechange	OBS

Tableau III.2 Fiche d'inventaire



Réalisé par :

UNIVERSITE DE HAMMA LAKHDAR EL OUED

FACULTE
DEPARTEMENT
MAINTENANCEDE
TECHNOLOGIE
GENIE MECANIQUE
INDUSTRIELLE*Fiche d'inventaire*

Code Equipement	Désignation Equipement	Code Atelier Labo	Code Etablissement	Code Fournisseur	Code Bon Commande	Code Barre	Acheteur	Marque	Model
39-001-001	Sens or QSS	LAB09	62.09	7003	BL00070/24	-	UEHL	TecQuipment	-
39-001-002	Analyseur de propriété thermique	LAB09	62.09	7003	BL00070/24	-	UEHL	TecQuipment	-
39-001-003	Vidéo projecteur	LAB09	62.09	7003	BL00070/24	-	UEHL	Vivitek	-
39-001-004	Tour parallèle CNC	ATEL22	62.09	7003	BL00070/24	-	UEHL	Wabeco	D6200hs
39-001-005	Gear pump	LAB09	62.09	7003	BL00070/24	-	UEHL	TecQuipment	MFP103B
39-001-006	Centrifugal pump test set	LAB09	62.09	7003	BL00070/24	-	UEHL	TecQuipment	H47

39-001-007	Haydrostatics and properties of fluid apparatus	LAB09	62.09	7003	BL00070/24	-	UEHL	TecQuipment	H314
------------	---	-------	-------	------	------------	---	------	-------------	------

EQUIPEMENT

Code équipement

code atelier

LAB 09

Désignation Equipement

ETABLISSEMENT

Univ El-Oued

Constructeur

code bon commande

BL00070/24

Marque

FOURNISSEUR

Modele

Acheteur

Date de fabrication

Date du 1ère mise en service

✓ Sauvegarder

✗ Annuler

Figure III.10. EQUIPEMENT

×

جامعة الشهيد حقه لخضر - الوادي
UNIVERSITY OF ELOUED

العربية

TABLEAU DE BORD

EQUIPEMENT

INTERVENTION PREVENTIVE

INTERVENTION CORRECTIVE

ATELIER

ETABLISSEMENT

FOURNISSEUR

COMMANDES

Recherche...

EQUIPEMENT

Retour Menu

CODE EQUIPEMENT	DÉSIGNATION EQUIPEMENT	DATE DE FABRICATION	DATE DU 1ÈRE MISE EN SERVICE	CODE BARRE
39-001-001	Sens or QSS	2023-01-01	2024-02-01	123
39-001-002	Analyseur de propriethermique	2023-01-01	2024-02-01	
39-001-003	Vidéo projecteur	2023-01-01	2024-02-01	
39-001-004	Tour parallèle CNC	2023-01-01	2024-02-01	
39-001-005	Gear pump	2023-01-01	2024-02-01	

+ Ajouter

✎ Modifier

↶ Supprimer

Figure III.11. Gestion de la maintenance (EQUIPEMENT)

جامعة الشهيد حقه لخضر - الوادي
UNIVERSITY OF ELOUED

العربية

Recherche...

FOURNISSEUR

Retour Menu

+ Nouveau Modifier Supprimer

CODE FOURNISSEUR	NOM FOURNISSEUR
7003	Tesila

Détails :

code fournisseur

nom fournisseur

✓ ✕

Figure III.12. Gestion de la maintenance (FOURNISSEUR)

جامعة الشهيد حقه لخضر - الوادي
UNIVERSITY OF ELOUED

العربية

FICHE D'INVENTAIRE

Imprimer fermer

UNIVERSITE DE HAMMA LAKHDAR EL OUED
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Réalisé par :

Fiche d'inventaire

Code Equipement	Designation Equipement	Code Atelier Labo	Code Etablissement	Code Fournisseur	Code Bon Commande	Code Barre	Acheteur	Marque	Model
39-001-001	Sens or QSS	LAB09	Univ El-Oued	Tesila	BL00070/24	123	Univ El-Oued	TecQuipment	/
39-001-002	Analyseur de propritéthermique	LAB09	Univ El-Oued	Tesila	BL00070/24	-	Univ El-Oued	TecQuipment	-
39-001-003	Vidéo projecteur	LAB09	Univ El-Oued	Tesila	BL00070/24	-	Univ El-Oued	Vivitek	/
39-001-004	Tour parallèle CNC	LAB22	Univ El-Oued	Tesila	BL00070/24	-	Univ El-Oued	Wabeco	D6200hs
39-001-005	Gear pump	LAB09	Univ El-Oued	Tesila	BL00070/24	-	Univ El-Oued	TecQuipment	MFP103B

Figure III.13. Gestion de la maintenance (IMPRESSION)

Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à la présentation fonctionnelle du logiciel de gestion de la maintenance, à travers l'examen détaillé de chacune de ses icônes.

Les différentes sections analysées incluant la gestion des équipements, les interventions (préventives et correctives), l'organisation des ateliers et établissements, ainsi que le suivi des fournisseurs, des commandes et des modules d'impression constituent un ensemble d'outils dédiés à la saisie et au traitement des données essentielles.

En définitive, cette solution logicielle propose une architecture complète et structurée. Elle permet d'optimiser le pilotage de l'activité de maintenance et d'assurer une gestion rationnelle des ressources qui y sont associées.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce travail consacré à la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO), il ressort clairement que l'adoption d'un système informatisé de gestion de la maintenance constitue un véritable atout pour améliorer la performance des organisations industrielles. Dans un environnement où les technologies évoluent rapidement et où la disponibilité des équipements est devenue un enjeu majeur, la mise en place d'une GMAO permet de mieux structurer, organiser et optimiser l'ensemble des activités de maintenance.

La GMAO représente une solution efficace qui permet de regrouper et de centraliser toutes les informations relatives aux équipements, aux interventions réalisées, aux ressources humaines ainsi qu'aux pièces de rechange. Elle facilite la planification des tâches, garantit une meilleure traçabilité des opérations et exploite les données disponibles afin de produire des indicateurs de performance utiles à la prise de décision. Ainsi, l'entreprise dispose d'une vision plus claire et plus fiable de l'état de ses installations.

Par ailleurs, l'utilisation d'un système de GMAO contribue à limiter les arrêts imprévus, à renforcer la fiabilité des équipements et à réduire les coûts liés aux interventions urgentes. Elle encourage également une approche plus préventive et organisée de la maintenance, en remplaçant progressivement les méthodes classiques par des processus plus modernes et automatisés.

En définitive, la GMAO s'impose comme un outil indispensable pour toute organisation souhaitant améliorer la gestion de sa maintenance et optimiser ses performances globales. Son intégration s'inscrit dans une dynamique de modernisation, d'efficacité et de transformation numérique des processus industriels.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **S.BEN SAADA, D. FELIACHI**, « La Maintenance industrielle », office des publications universitaires.1, place centrale de ben aknoun, Alger, (07/2002).
- [2] **François Boucly**, « Le management de la maintenance », CHIRAT,42540Saint-just-la-pendue, 2007
- [3] **François Monchy**, « Maintenance (méthodes et organisation)», Dundo,paris, 2002.
- [4] **L.Benali**, « Maintenance industrielle », office des publications universitaires.1, place centrale de ben aknoun, Alger, (9/2006).
- [5] **Pascal Denis, Piere Boye, André Bianciotto**, « guide de la maintenance industrielle », Delagrave, septembre2008
- [6] **Marc Frédéric**. « Mettre en œuvre une GMAO », Edition Dundo/l’usine nouvelle,2008
- [7] <http://www.guideinformatique.com/dossiers-actualites-informatiques-gestion-de-maintenance-assistee-par-ordinateur-9/gmao-gestion-de-la-maintenance-assistee-par-ordinateur-283.html>
- [8] **MARC FREDIRIC** : Mettre en œuvre GMAO, Maintenance industrielle ; Service après-vente ; Maintenance immobilière, Dunod,2011.
- [9] **JEAN-PIERRE VERNIER** : Aide-mémoire Maintenance et GMAO, Tableaux de bord ; Organisation ; Procédures. Dunod, 2010.
- [10] **OPTIMAIN** : Pour quoi une GMAO, Guide d'utilisation du logiciel Optimaint, Apisoft international.
- [11] Groupe de réflexion et d'orientation en Maintenance « Réussir sa maintenance », MARE NOSTRUM, 1996.
- [12] **YEVESLECAZ** : GMAO-Identifier les objectifs et les enjeux, techniques- ingénieur, ref MT9460, 2005.
- [13] **SILVESTRE(P.) et VERLHAC(D.)** : Stratégie de conception des systèmes d'information, techniques-ingénieur, ref H5170, 1994.