



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université M'HAMED BOUGARA - BOUMERDES
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : **SCIENCE ET TECHNOLOGIE**
Filière : **GENIE INDUSTRIEL**
Spécialité : **GENIE INDUSTRIEL**

- Thème -

Étude d'intégration d'un système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO), au sein de l'entreprise ENIEM

Présenté par

BOUTOUTA Zakaria
FRAOUA Mebarek

Soutenu le : 15/06/2021

Devant le jury :

Mme OURARI S.	MCA	Univ. Bouverdes	Présidente
Mr SIGUERGIGEN A.	MCB	Univ. Bouverdes	Examineur
Mme DOUDAH T.	MAA	Univ. Bouverdes	Encadreur

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu, Madame DOUDAH, professeur à l'Université de Boumerdes, Faculté de technologie, notre directrice de thème pour sa patience de diriger ce mémoire, pour sa confiance et pour tous ces conseils constructifs qu'elle nous a donné pour mener à bien travail.

Nous tenons à remercier Monsieur MELLAL, le chef service d'intervention de UPT de ENIEM, lieu de la réalisation de ce travail pour son accueil, ses efforts. Sans oublier tous les travailleurs de ENIEM pour leur conseils et leur gentillesse.

On remercie madame OURARI, professeur à l'Université de Boumerdes, Faculté de technologie, pour l'honneur qu'elle nous fais en présidente de jury de ce mémoire.

On remercie également : monsieur SIGUERGIGEN, professeur à l'Université de Boumerdes, Faculté de technologie, de l'intérêt qu'il a montré pour ce travail et d'avoir accepté d'être examinateur de ce mémoire.

On voudrais aussi remercier notre professeurs : monsieur BOUDHAR, monsieur BENAMMAR, monsieur SIGUERGIGEN, monsieur SMAILI, madame OURARI, madame GHAZI, madame SALHI, et tous les enseignants qui nous ont accompagnés durant les deux cycles en Licence et en Master.

Aussi, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos parents, collègues et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cour de la réalisation de ce modeste travail.

On voudrais aussi exprimer notre reconnaissance à tous les membres du département Génie Mécanique (administrateurs, enseignants, techniciens et ingénieurs), pour l'aide que chacun d'eux a pu nous apporter.

Enfin, nous remercions toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Merci beaucoup.

Résumé

Résumé : La maîtrise des flux de la chaîne logistique, fer de lance des entreprises soucieuses de leur compétitivité, dépend essentiellement de la maintenance des biens et des équipements et de la gestion de cette maintenance.

Grâce au développement des systèmes informatiques, des moyens existent désormais pour optimiser la sûreté de fonctionnement des équipements et de la gestion des processus de la maintenance.

La GMAO (gestion de la maintenance assistée par ordinateur) est l'outil qui va permettre d'optimiser la gestion de la maintenance, et va donc être indispensable dans un service bien organisé.

Le travail qui nous avons réalisé au sein de l'UPT de ENIEM, consiste à une démarche d'informatisation de la gestion de la maintenance d'une façon efficace. Nous avons fait une analyse et diagnostic de l'état de la gestion de la maintenance par une étude qualitative et quantitative, pour bien déterminer les points faibles et les besoins de ce service, ces études préalables sont essentiels pour informatiser la maintenance avec l'outil GMAO de manière correcte.

Mots clés : Gestion de la maintenance, GMAO, Sûreté de fonctionnement, ManageMaint4.

Abstract :

The mastery of supply chain fluxes, the spearhead of companies concerned with their competitiveness, depends essentially on the maintenance of goods and equipments and the management of this maintenance.

Due to the development of IT systems, there are now methods for optimising the operational safety of equipments and the management of maintenance processes. CMMS (Computerized Maintenance Management System) is the tool that will enable maintenance management to be optimised, and will therefore be essential in a well-organised department.

The work that we have carried out within the UPT of ENIEM, consists of an approach of informatization of the management of maintenance in an effective way, we made an analysis and diagnosis of the state of the management of maintenance by a qualitative and quantitative study, to determine the weak points and the needs of this service, this preliminary study is essential to informatize the maintenance with the CMMS tool in a correct way.

Key words : Maintenance management, CMMS, Operational safety, ManageMaint4.

ملخص

إن الإتقان في معرفة السلسلة اللوجستية، أساسى للشركات المنتجة بشأن قدرتها التنافسية، والذي يتعلق بشكل أساسي على صيانة السلع و المعدات وكذلك على إدارة هذه الصيانة.

بفضل تطور في أنظمة الكمبيوتر ، توجد الآن وسائل لتحسين ضمان سلامة تشغيل المعدات وإدارة عمليات الصيانة.

(إدارة الصيانة بمساعدة الكمبيوتر) هي الأداة التي ستجعل من الممكن تحسين إدارة الصيانة ، وبالتالي ستكون ضرورية في إدارة ذات تنظيم جيد.

يتكون العمل الذي قمنا به داخل خدمة الصيانة في شركة اونيبام، يتمثل في طريقة فعالة ومدرسة لحوسبة لمعلومات إدارة الصيانة. لقد قمنا بتحليل و تشخيص حالة إدارة الصيانة من خلال دراسة نوعية و كمية، وذلك من أجل تعيين نقاط ضغطها، واستنتاج إحتياجات هذه الخدمة بطريقة فعالة. تعد هذه الدراسات الأولية ضرورية لحوسبة الصيانة باستخدام أداة (إدارة الصيانة بمساعدة الكمبيوتر) بشكل صحيح.

الكلمات المفتاحية : إدارة الصيانة، (إدارة الصيانة بمساعدة الكمبيوتر)، ضمان سلامة تشغيل المعدات، مناجمات4.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mon très cher Père,
A ma très chère mère, ma source de tendresse,
Pour toutes les fois où vous m'avez souris, appris, pour toutes
ces fois où mes demandes spéciales ont passé avant vos besoins
primaires.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon
amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous
avez consenti pour mon instruction et mon bien être.
Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me
portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction
m'accompagne toujours.

A mes chers soeurs,
Yassmine et Fatima à qui je souhaite une vie pleine de bonheur et
de succès.

A mon chère frère,
Salah, que dieu, le tout puissant, le
protège et l'offre un avenir radieux.

A Mohamed,
mon amie aux pires moments avant la joie

BOUTOUTA Zakaria

Dédicaces

I dedicate this humble work :

To my dear family who encouraged me in my study path and
was happy for me.

To all my trusted friends and colleague who shared me
this long journey and made it better.

To my teachers who took part of my education.

To all who I knew, who I know and shall.

FRAOUA Mebarek

Liste des Symboles et Abréviations

Les principales notations et abréviations utilisées sont explicitées ci-dessous :

Liste des Abréviations

GMAO :	Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur
ENIEM :	Entreprise Nationale des Industries de l'ElectroMénager
ERP :	Entreprise Ressource Planning
PGI :	Progiciel de Gestion Intégrée
ISO :	International Organisation for Standardization
AFNOR :	Association Française de Normalisation
NF :	Norme Française
CEN :	Comité Européen de Normalisation
SdF :	Sûreté de Fonctionnement
MTTF :	Mean Time to First Failure
TBF :	Time between failure
MTBF :	mean time between failure
TA :	Temps d'Arrêt
MDT :	Mean Down Time
MTI :	Temps Moyen d'Indisponibilité
MUT :	Mean Up Time
MTTR :	Mean Time To Repair
CMMS :	Computer Maintenance Management System
CAMM :	Computer Aide Maintenance Management
HES :	Hygiène, Environnement, Sécurité
MP :	Maintenance Préventif
MC :	Maintenance Correctif
TPM :	Maintenance Productive Totale
5S :	Sélectionner, Situer, Scintiller, Standardiser, Suivre
PDCA :	Plan, Do, Check, Act
MBF :	Maintenance Basée sur la Fiabilité
5M :	Matières, Matériel, Méthodes, Milieu, Main d'oeuvre
QQOQCCP :	Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Combien, Pourquoi
AMDEC :	Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité
MERIDE :	Méthode d'Évaluation des Risques Industriels des Dysfonctionnements des Équipements
APS :	Advanced Planning and Scheduling
MES :	Manufacturing Execution System
SCE :	Systems and Computer Engineering
WMS :	Warehouse Management System
ATP - CTP :	Airline Transport Pilot - Certified Training Program
EDI :	Electronic Data Interchange
AFIM :	Association Française des Ingénieurs et responsables de Maintenance
DT :	Demande de travail
BT :	Bon de Travail
OT :	Ordre de Travail
DI :	Demande d'Intervention
DA :	Demande d'Achat
DMC :	Demande de la Mise en consommation
BMC :	Bulletin de Mise en Consommation

PC : Personnel Computer
 PR / PdR : Pièce de Rechange
 FOQ : Fixed Order Quantity
 FRP : Fixed period requirement)
 GRH : Gestion de Ressources Humaines
 SAP : Systems Applications and Products
 UPT : Unité de Prestation Technique
 SPA : Société par actions
 BTU : British Thermal Unit
 TS : Technicien Supérieur
 FP : Fonction Principale
 FC : Fonction Contrainte
 SGBD : Système de Gestion de Base de Données
 PMP : Plan de Maintenance Préventif

Liste des Symboles

t : temps
 $R(t)$: fonction probabilité de la fiabilité
 $F(t)$: fonction probabilité de défaillance
 $f(t)$: fonction densité de probabilité de défaillance
 $\lambda(t)$: le taux de défaillance
 $M(t)$: fonction probabilité de maintenabilité
 μ : le taux de réparation
 $A(t) = D(t)$: fonction probabilité de disponibilité
 $S(t)$: fonction probabilité de sécurité

Table des matières

Introduction générale	I
I Généralités sur la maintenance	1
I.1 Introduction	1
I.2 Définitions et enjeux de la maintenance	1
I.2.1 Histoire du nom maintenance	1
I.2.2 Définition de la maintenance	1
I.2.3 Maintenance est « La médecine des machines »	2
I.2.4 Objectifs de la maintenance	3
I.2.5 Politiques de maintenance	3
I.2.6 Typologie de maintenances	4
I.2.6.1 Maintenance corrective	5
I.2.6.2 Maintenance Préventive	5
I.2.6.3 maintenance proactive	6
I.2.6.4 Maintenance Améliorative	6
I.2.7 Stratégie de maintenance	6
I.2.8 Aspect économique, choix d'application un type de maintenance	6
I.2.9 Les niveaux de maintenance	7
I.2.10 Enjeux de la maintenance	8
I.2.11 Outils, méthodes et démarches de maintenance	9
I.3 La sûreté de fonctionnement	10
I.3.1 Historique	10
I.3.2 Concepts et Définitions	10
I.3.3 Mesures et indicateurs de la sûreté de fonctionnement	11
I.3.3.1 Fiabilité	12
I.3.3.2 Maintenabilité	15
I.3.3.3 Disponibilité	15
I.3.3.4 Sécurité	16
I.4 Conclusion	16
II La gestion de la fonction maintenance Informatisée	17
II.1 Introduction	17
II.2 Maintenance et l'informatique	17
II.2.1 Historique de l'informatisation de la maintenance	17
II.3 Définition de la GMAO	19
II.4 Objectifs de la mise en oeuvre d'une GMAO	20
II.5 Domaines a gérer	20
II.5.1 Gestion des activités de maintenance	21
II.5.2 Gestion de matériels	22
II.5.3 Gestion de stocks et des approvisionnements	22

II.5.4	Gestion des coûts de la maintenance et de investissements . . .	24
II.5.5	Gestion des ressources humains	25
II.6	Les conditions de réussite d'un projet GMAO	26
II.7	Les risques lié au projet	26
II.7.1	Les pièges à éviter	26
II.8	Les Démarches de la mise en place d'une GMAO	27
II.8.1	Étape 1 : Objectifs, stratégie de maintenance	27
II.8.2	Étape 2 : Organisation cible, procédures	27
II.8.3	Étape 3 : Cahier des charges	27
II.8.4	Etape 4 : Sélection du logiciel de GMAO	28
II.9	Conclusion	28
III	Analyse et diagnostic de la gestion de maintenance de ENIEM	29
III.1	Introduction	29
III.2	Présentation de l'entreprise ENIEM	29
III.2.1	Historique	30
III.2.2	Situation géographique	30
III.2.3	Fiche d'information sur ENIEM	31
III.2.4	Organigramme de la direction générale	31
III.2.5	Les unités de ENIEM	32
III.2.5.1	Le plan de complexe	32
III.2.5.2	Les unités productions	32
III.2.5.3	Unité commerciale	32
III.2.5.4	Unité prestation technique	32
III.2.6	Les produits de ENIEM	33
III.2.7	Présentation de la maintenance au sein de UPT	33
III.2.7.1	Présentation de département	33
III.2.7.2	Organigramme de maintenance à l'unité prestation technique	33
III.2.8	Processus de maintenance	34
III.2.8.1	Le plan de processus de la maintenance curative . . .	34
III.2.8.2	Plan de processus de la maintenance préventive . . .	38
III.3	Analyse et diagnostic de l'état de gestion de la maintenance dans ENIEM	40
III.3.1	Étude FMD de l'atelier centrale	40
III.3.2	Résultat globale de l'Étude de FMD	42
III.3.2.1	La fiabilité	42
III.3.2.2	La maintenabilité	42
III.3.2.3	La disponibilité	43
III.3.2.4	Interprétation des résultats	44
III.3.3	Diagnostic de l'efficacité de la fonction maintenance dans UPT	45
III.3.3.1	Questionnaire relatif à à l'organisation de départe- ment UPT	46
III.3.3.2	Résultats global d'efficacité des activités de la main- tenance	52
III.3.3.3	Commentaire sur les résultats	53
III.3.4	Diagnostic de la gestion des processus de maintenance de UPT avec la méthode ISHIKAWA	53
III.4	Conclusion	54

IV Application sur le logiciel ManageMaint4 de GMAO	55
IV.1 Introduction	55
IV.2 Analyse des besoin du système	55
IV.2.1 Analyse fonctionnelle	55
IV.2.1.1 Analyse Fonctionnelle externe	56
IV.2.1.2 Analyse fonctionnelle interne	57
IV.2.2 Cahier des charges	58
IV.2.2.1 Présentation de la société Cliente	58
IV.2.2.2 Exigences techniques	59
IV.2.2.3 Exigences organique	59
IV.2.2.4 Exigences fonctionnelles	60
IV.3 Développement sur le logiciel ManageMaint4	64
IV.3.1 Présentation de logiciel	64
IV.3.2 Simulation avec l'outil GMAO (Manage-maint4)	65
IV.4 Conclusion	69
Conclusions générales et perspectives	70
ANNEXES	i
A Liste des principaux éditeurs de GMAO industrielle	i
B Explications des méthodes et des outils de maintenance [22]	ii
C Les documents de ENIEM	iii
C.1 Fiche de lubrification	iii
C.2 Demande de travail	iii
C.3 Ordre de travail	iv
C.4 Demande d'intervention	iv
C.5 Demande de la mise en consommation	v
C.6 Bon de sortie matière	v
C.7 Demande d'achat	vi
C.8 Rapport d'activité	vi
D Objectifs qualité de UPT en 2021	vii

Liste des figures

I.1	Les triptyque de métiers de maintenance [4]	2
I.2	Objectifs pour l'amélioration de la maintenance [7]	3
I.3	Les différents types de la maintenance [9].	4
I.4	modèle illustration des interventions avant/après la panne [11]	5
I.5	Aspect économique du choix d'un niveau de préventif [18].	7
I.6	Enjeux de la maintenance [21].	9
I.7	Arbre de la sûreté de fonctionnement [27].	11
I.8	Les durées caractéristiques de Sdf [28].	11
I.9	Exemple d'évolution dans le temps des indicateurs de fiabilité [31].	12
I.10	Courbe en baignoire [28].	14
II.1	Les grandes familles de ERPs [39].	18
II.2	Maintenance traditionnelle versus maintenance intelligente [40].	19
II.3	Les effets de la GMAO [43].	20
II.4	Gestion itérative de la maintenance (avec support d'une GMAO) [44].	20
II.5	Exemple de structure modulaire d'une GMAO [44].	21
II.6	la chaîne de traitement de la gestion des travaux en maintenance [45].	21
II.7	Procédure de codification [48].	23
II.8	Les deux principaux modes de réapprovisionnement automatique [48].	24
II.9	Gestion des coûts [50].	25
II.10	Gestion des ressources humaines [52].	25
II.11	Composantes du projet GMAO	26
II.12	Démarche de sélection d'un GMAO [53].	27
III.1	Logo de l'ENIEM	30
III.2	Location géographique de ENIEM [55].	30
III.3	Organigramme de la direction générale de ENIEM.	31
III.4	Le plan du complexe.	32
III.5	Organigramme de département maintenance de UPT.	34
III.6	L'organigramme du processus curatif.	37
III.7	Organigramme du processus préventif.	39
III.8	Diagramme fiabilité de l'atelier centrale	42
III.9	Diagramme de taux de maintenabilité	43
III.10	La disponibilité des machines de l'atelier	44
III.11	Évaluation de la fonction maintenance	52
III.12	Diagramme Cause-Effets (ISHIKAWA).	54
IV.1	Diagramme Bête à corne	56
IV.2	Diagramme de pieuvre	57
IV.3	Modélisation A-0.	58
IV.4	Inadéquation entre le SI et les besoins de l'entreprise [39].	58

IV.5 L'interface de logiciel.	65
IV.6 L'arborescence d'atelier centrale de UPT.	65
IV.7 Détail sur la Fraiseuse HF1.5 de l'atelier centrale.	66
IV.8 Planification d'une intervention préventive hebdomadaire sur le RO- BOFIL.	66
IV.9 Gestion du personnels dans GMAO	67
IV.10 Exemple de réalisation d'un OT dans la GMAO	67
IV.11 Exemple de DI/DT dans la GMAO, demandé par Mr FRAOUA et réalisé par Mr BOUTOUTA	68
IV.12 Vérification l'état du stock dans le magasin	68
IV.13 Gestion des achats et des approvisionnements	69
C.1 Fiche de lubrification de tour universel	iii
C.2 Modèle de DT de l'ENIEM	iii
C.3 Modèle de OT de l'ENIEM	iv
C.4 Modèle de DI de l'ENIEM	iv
C.5 Modèle de DMC de l'ENIEM	v
C.6 Modèle de BSM de l'ENIEM	v
C.7 Modèle de DA de l'ENIEM	vi
C.8 Modèle de rapport d'activité de l'ENIEM	vi
D.1 Objectifs qualité de UPT en 2021	vii

Liste des tableaux

I.1	Analogie entre la médecine et la maintenance industrielle	3
I.2	Les ressources nécessaires pour chaque niveau de maintenance [20]. . .	7
I.3	Méthodes et des outils de maintenance [22].	9
I.4	Les indicateurs de fiabilité [32].	14
I.5	Les indicateurs de la maintenabilité [34].	15
I.6	Les indicateurs de la disponibilité [32].	16
III.1	Fiche d'information sur ENIEM.	31
III.2	Les produits de ENIEM selon chaque unité.	33
III.3	Calcul des indicateurs des Fraiseuses Conventionnelles	40
III.4	Calcule des indicateurs des Tours conventionnels	41
III.5	Calcule des indicateurs des Machines à commande numérique	41
III.6	La fiabilité des équipements de l'atelier centrale	42
III.7	La maintenabilité des équipements de l'atelier centrale	43
III.8	La disponibilité des équipements de l'atelier centrale	44
III.9	Le grille de cotation	46
III.10	Définitions des missions et responsabilités de l'organisation de la maintenance.	47
III.11	Méthodes de travail	47
III.12	Préparation de la réalisation des opérations	48
III.13	Réalisation des opérations de maintenance	48
III.14	Gestion et tenue des pièces de rechange	49
III.15	Contrôle des coûts globaux	49
III.16	Interface de la maintenance avec les autre services	50
III.17	Ressources humaines et animation	50
III.18	Stratégie d'utilisation des prestataires extérieurs	51
III.19	Système d'information et utilisation de l'informatique	51
III.20	les résultats des questionnaires	52
IV.1	Tableau du diagramme bête à corne	56
IV.2	Définitions des fonctions	57
IV.3	Tableau des exigences organiques	60
IV.4	Tableau concernant les DT	60
IV.5	Tableau concernant les tri de de DT	61
IV.6	Tableau (préparation/planification/lancement) de OT	62
IV.7	Tableau concernant la création et la planification de PMP	63
IV.8	Tableau concernant la gestion des d'achats	64
IV.9	Tableau concernant les exigences de magasin	64
A.1	Tableau de Liste des éditeurs de GMAO [61]	i

Introduction générale

Pendant longtemps, la fonction de maintenance dans le domaine de l'industrie a été considérée comme une fonction secondaire, limitée à la réparation et au dépannage des équipements en dysfonctionnement. Cela entraîne une perte d'argent inévitable. En effet, la fonction maintenance signifie beaucoup plus que ça, c'est une fonction vitale en évolution continue à travers le temps. Elle est devenue en quelques années un sujet phare pour les chercheurs, ses applications ont pour but d'assurer la disponibilité, la fiabilité et même la sécurité des installations de production et la sécurité des intervenants et des exploitants, elle permet également d'assurer la productivité optimale au moindre coûts, et d'augmenter la durée de vie des machines en toute sécurité. A partir de là, on peut dire que la maintenance est un domaine très vaste avec un aspect technique et économique.

Actuellement, toutes les grandes entreprises industrielles mettent en oeuvre une grande partie de leurs budget sur des investissements pour leur section de la maintenance ce qui a pour résultat de grands bénéfices au moyen et au long terme. Ce service est d'une importance capitale car il permet de diminuer les pertes au niveaux de la production dues à des pannes et des temps d'arrêts. Maîtriser ces pertes et prévoir les pannes donne une valeur ajoutée importante pour l'entreprise, ce qui assure l'entreprise a une bonne position sur le marché.

Cependant, la maintenance n'est pas facile à appliquer, il existe toujours des risques d'échec des tâches de maintenance surtout dans le cas d'application d'une gestion de maintenance traditionnelle sans la mise en oeuvre des outils des ERP "Entreprise Ressource Planning", appelé en français PGI "Progiciel de Gestion Intégrée". La GMAO "Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateurs" est un outil moderne intéressant pour les gestionnaires de la maintenance à cause de sa capacité de rendre le service plus performant par sa contribution de gérer tous les flux d'informations et les processus en service maintenance. Il est donc nécessaire pour réduire les risques d'erreurs, et permet de diminuer le temps de traitement des informations. La GMAO est un système expert d'aide à la décision grâce à sa fonction de traçabilité.

Un logiciel GMAO ne doit pas être seulement utilisé comme un logiciel informatique, mais il faut bien comprendre les procédures et les processus d'organisation et ses relations humaines. Une étude de préparation de son intégration doit être réalisée avant l'achat d'un logiciel GMAO. Sachant que la plupart des échecs en intégration

de la GMAO proviennent de l'absence d'une bonne préparation préalable de la part de l'entreprise utilisatrice.

Le choix d'un modèle de logiciel GMAO est dicté par les objectifs stratégiques de maintenance et prend en considération les différentes exigences techniques, organiques, fonctionnelles ...etc de l'entreprise. Les fonctionnalités du logiciel choisi doivent entourer toutes les exigences ciblées, qui sont définies dans le cahier des charges.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, et durant notre stage effectué au sein de l'entreprise ENIEM TIZI OUZOU, on a remarqué l'absence d'un logiciel GMAO au niveau de leur service maintenance. Ce qui a motivé le choix de notre thème de fin d'étude intitulé "Étude d'intégration d'un système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) au sein de l'entreprise ENIEM". Nous avons suivi les démarches nécessaires au succès de ce projet.

Notre objectif est de contribuer à l'amélioration de l'état actuel de la maintenance de ce service de ENIEM par des outils informatiques modernes en utilisant logiciel GMAO de ManageMaint4 et le logiciel Excel de la suite Microsoft.

Pour cela nous avons divisé notre mémoire en quatre chapitres comme suite :

- Dans le première chapitre, nous présentons des généralités et des définitions de quelques notions important sur la maintenance, ainsi que la notion « sûreté de fonctionnement » qui est un aspect essentiel pour une amélioration continue de la maintenance.
- Le seconde chapitre a pour but de présenter la notion de gestion des activités de la maintenance informatisée dans un entreprise.
- Le troisième chapitre a pour but de présenter l'entreprise ENIEM, et d'analyser et diagnostiquer l'état actuel de la gestion au sein du service maintenance de l'unité prestation technique.
- Le quatrième chapitre est consacré sur la mise en place de logiciel GMAO après une analyse des besoins de ce logiciel.

Ce travail se termine par des conclusions générales et perspectives.

Chapitre I

Généralités sur la maintenance

I.1 Introduction

L'industrie est un domaine concurrentiel entre les entreprises, ce qui oblige chaque entreprise à fournir le produit qu'il faut, dans le bon endroit, au moindre coûts, et avec la bonne quantité, dans le délai qu'il faut.

Chaque de ces entreprises dépend à sa politique de maintenance industrielle pour un objectif d'assurer la production sans interruption avec zéro défaut durant les processus afin d'atteindre une productivité optimale.

Les objectifs de la production sont liés à la fonction maintenance industrielle et pour cela dans ce chapitre, nous allons présenter des généralités sur la maintenance, avec la notion de la sûreté de fonctionnement qui on va utiliser ultérieurement dans notre étude de cas.

I.2 Définitions et enjeux de la maintenance

I.2.1 Histoire du nom maintenance

Le terme « maintenance », forgé sur les racines latines manus et tenere, est apparu dans la langue française au *XIII^e* siècle. L'étymologiste Wace a trouvé la forme mainteneor (celui qui soutient), utilisée en 1169 : c'est une forme archaïque de « mainteneur » [1].

I.2.2 Définition de la maintenance

Le dictionnaire LAROUSSE [2], donne de la maintenance la définition suivante : "Ensemble des opérations permettant de maintenir ou de rétablir un matériel, un appareil, un véhicule, etc., dans un état donné, ou de lui restituer des caractéristiques de fonctionnement spécifiées".

Définitions normalisée de la maintenance : La norme AFNOR X 60-319, (Juin 2001) définit la maintenance comme étant l'« ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise »[3].

La Figure I.1 présente les trois parties liées aux métiers de la maintenance :

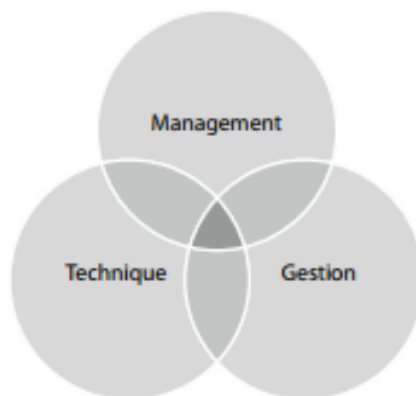


Figure I.1 – Les triptyque de métiers de maintenance [4]

Notons que les actions de maintenance ne sont pas seulement techniques : l'action technique est encadrée, pilotée par des actions de gestion (économie et administration) et de management, ce qui implique une large polyvalence [5].

I.2.3 Maintenance est « La médecine des machines »

Il existe une analogie qui permet de faire une comparaison entre la santé humaine et la "santé machine" cette analogie facilite la compréhension de ce terme, illustré dans le tableau ci-dessous [6] :

SANTÉ DE HOMME		SANTE DE MACHINE	
Connaissance de l'homme	Naissance	Mise en service	Connaissance technologique
Connaissance des maladies			Connaissance des modes des défaillance
Carnet de santé	Longévité	Durabilité	Historique
Dossier Médical			Dossier Machine
Diagnostic, examen, visite	Bonne santé	Fiabilité	Diagnostic, Expertise, Inspection
Connaissance des traitements			Connaissance des actions curatives
Traitement curatif			Dépannage réparation

Opération	Mort	Rebut	Rénovation, modernisation, échange standard
MÉDECINE		MAINTENANCE INDUSTRIELLE	

Tableau I.1 – Analogie entre la médecine et la maintenance industrielle

I.2.4 Objectifs de la maintenance

En général, les objectifs recherchés à travers un projet d'amélioration de la maintenance sont classés en quatre catégories [7] :

- la réduction des coûts de maintenance ;
- l'augmentation de la disponibilité technique des assets (équipements, bâtiments) couverts ;
- le respect des procédures Hygiène, Environnement, Sécurité (HES) ;
- l'optimisation des ressources de maintenance (personnel, pièces de rechange et matériel, sous-traitance, services, outillage).

La Figure I.2 représente les Objectifs pour l'amélioration de la maintenance :

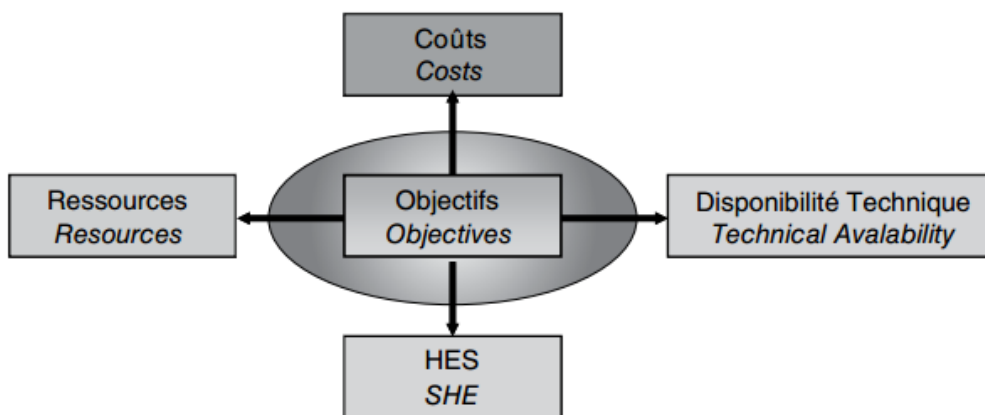


Figure I.2 – Objectifs pour l'amélioration de la maintenance [7]

Pour atteindre ces objectifs, différentes actions d'automatisation ou d'amélioration, simples ou complexes, peuvent être entreprises, conjuguant formation, procédures, organisation, recueil de données, informatisation.

I.2.5 Politiques de maintenance

Selon la norme AFNOR [8], la politique de maintenance consiste à fixer les orientations (méthode, programme, budget, etc.), dans le cadre des buts et objectifs fixés par la Direction de l'entreprise. Dans le cadre de l'optimisation des coûts de production, et selon la politique retenue, les orientations privilégient :

- la disponibilité et la durée de vie du bien ;
- la sécurité des hommes et des biens ;
- la qualité des produits ;
- la protection de l'environnement ;
- l'optimisation des coûts de maintenance ;
- etc.

La politique de maintenance conduit, en particulier, à faire des choix entre :

- maintenance préventive et/ou corrective, systématique ou conditionnelle ;
- maintenance internalisée et/ou externalisée.

I.2.6 Typologie de maintenances

La Figure I.3 ci-dessous montre les différents types les plus connues en domaine de la maintenance.

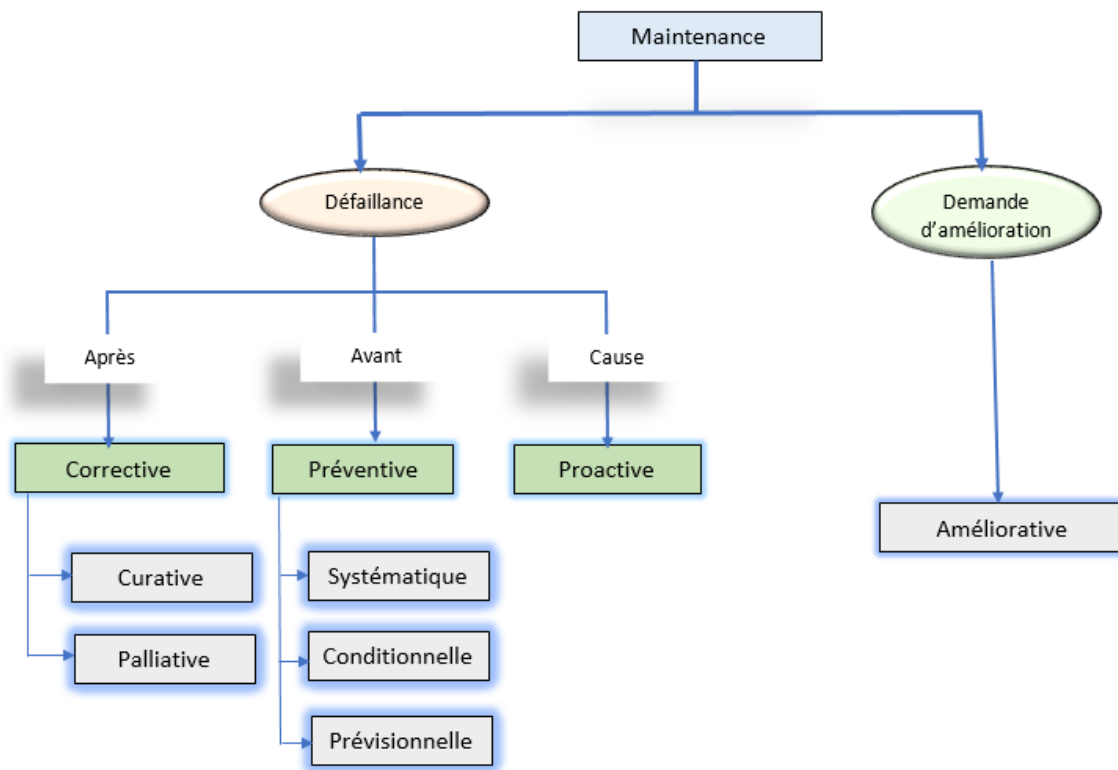


Figure I.3 – Les différents types de la maintenance [9].

La maintenance existe lorsque une panne existe, d'une façon plus précise. Elle existe avec l'existence d'une probabilité d'une panne ou d'une défaillance. La panne et la défaillance sont définies comme « Altération ou cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise après défaillance d'une entité, celle-ci est en état de panne. La défaillance est un passage d'une entité d'un état de fonctionnement normal à un état de fonctionnement anormal ou de panne » [10][11].

La Figure I.4 montre que l'action exercée après une défaillance sera dite corrective. L'action exercée avant une défaillance sera dite préventive. Dans ce cas, la défaillance devient virtuelle, mais peut être associée à une probabilité [11].

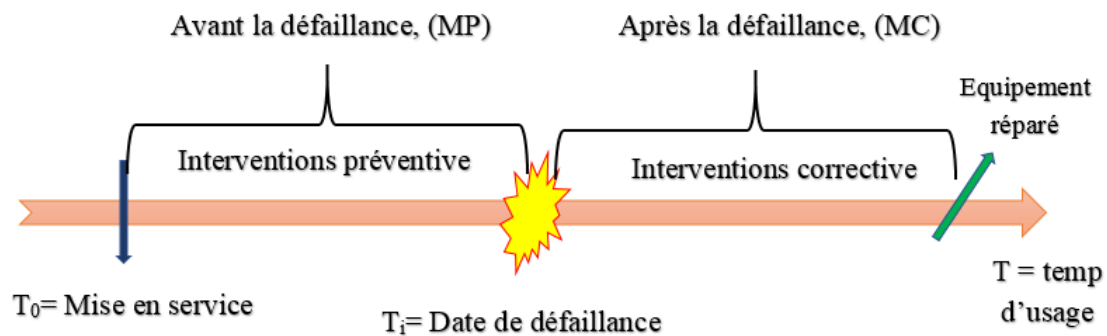


Figure I.4 – modèle illustration des interventions avant/après la panne [11]

I.2.6.1 Maintenance corrective

Maintenance exécutée après la détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise [12]. Elle peut être « différée » si « elle n'est pas exécutée immédiatement après la détection d'une panne, mais est retardée en accord avec des règles de maintenance données ». Elle peut être « d'urgence » si « elle est exécutée sans délai après détection d'une panne afin d'éviter des conséquences inacceptables » [11].

Une intervention de maintenance corrective peut être [13] :

- **Palliative** : mise en marche d'une façon temporaire (dépannage) ;
- **Curative** : élimination de la panne d'une façon totale et définitive (réparation).

I.2.6.2 Maintenance Préventive

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destiné à réduire la probabilité des défaillances ou la dégradation du fonctionnement d'un bien, elle subdivisée en [8][14] :

- **Maintenance conditionnelle** : maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent.
- **Maintenance systématique** : maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.
- **Maintenance Prévisionnelle** : maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien [15].

I.2.6.3 maintenance proactive

Appelée aussi détective (terme émergent) repose sur l'exploitation du retour d'expérience et sur l'analyse approfondie des phénomènes pathologiques à l'origine des défaillances [16].

I.2.6.4 Maintenance Améliorative

Maintenance qui s'inscrit dans une démarche de progrès. Toute l'organisation tend à favoriser le diagnostic, générateur d'améliorations par rupture avec l'entretien traditionnel. pour la norme CEN, « l'amélioration est l'ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise » [17].

I.2.7 Stratégie de maintenance

La norme AFNOR dit que [8] : La stratégie de maintenance, qui résulte de la politique de maintenance, impose des choix pour atteindre, voire dépasser, les objectifs fixés. Ces choix sont à faire pour :

- développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance ;
- élaborer et optimiser les gammes de maintenance ;
- organiser les équipes de maintenance ;
- internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance ;
- définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables ;
- étudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité.

I.2.8 Aspect économique, choix d'application un type de maintenance

Comme l'illustre la Figure I.5 [18]. Il existe une linéarité des coûts de l'action préventive en fonction du temps passé à la mettre en oeuvre. En supposant que l'action préventive est efficace, le temps passé à corriger les défaillances diminue, de même que les coûts associés à la correction résiduelle. La somme des coûts est une courbe « baignoire » (Voir la Figure I.10). Cette figure illustre bien, pour un équipement donné, l'existence d'un optimum économique. Elle montre également que la maintenance n'est pas seulement préventive à tout prix [18].

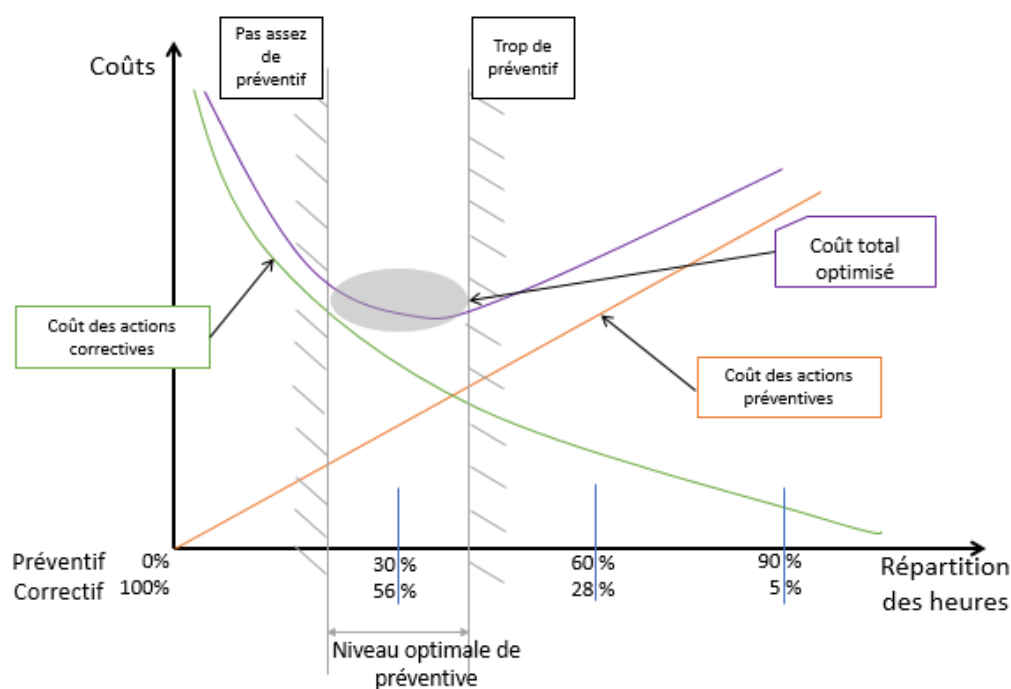


Figure I.5 – Aspect économique du choix d'un niveau de préventif [18].

I.2.9 Les niveaux de maintenance

Pour maitre en oeuvre une organisation efficace de la maintenance et prendre des décisions comme gestionnaire dans les domaines tels que la sous-traitance le recrutement des personnels appropriés, la qualification..etc. Les niveaux de maintenance sont définis en fonction de la complexité des travaux. La norme NF X60-010 définit cinq niveaux de maintenance dont en précise le service [19] (voir le Tableau I.2) :

Tableau I.2 – Les ressources nécessaires pour chaque niveau de maintenance [20].

Niveau de maintenance	Actions	Intervenants	Moyens
1	Travaux simples (Réglages, contrôle)	Exploitant sur place	Outillage léger définis dans les consignes de conduites
2	Travaux courants (réparations et échanges standards simples)	Personnel habilité	Outillages standard et rechanges situées à proximité
3	Diagnostic, réparations et remplacements	Technicien qualifié	Outillage prédéfinis et appareils de mesure
4	Travaux importants de maintenance préventive ou corrective	Technicien ou équipe spécialisée	Outillage général et spécialisé
5	Travaux de rénovation et reconstruction	Constructeur du matériel ou société spécialisée	Moyens importants, proches de ceux du constructeur

- **Premier niveau** : réglage simple prévu par le constructeur ou le service de maintenance, au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage pour ouverture de l'équipement. Ces interventions peuvent être réalisées par l'utilisateur sans outillage particulier à partir des instructions données.
 - **Exemple** : remise à zéro d'un automate après l'arrêt d'urgence.
- **Deuxième niveau** : dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet et d'opérations mineures de maintenance préventive. Ces interventions peuvent être réalisées par un technicien habilité ou l'utilisateur de l'équipement dont la mesure où ils ont reçu une formation spécifique ou d'habilitation.
 - **Exemple** : changement d'un relais, contrôle de fusibles ou ré-enclenchement d'un disjoncteur.
- **Troisième niveau** : identification et diagnostic de pannes suivi éventuellement d'échange des composants, de réglage ou d'étalonnage général. Ces interventions peuvent être réalisées par un technicien spécialisé sur place ou dans un atelier de maintenance à l'aide de l'outillage prévu et des instructions du maintenance.
 - **Exemple** : identification de l'élément défaillant, recherche de la cause, élimination de la cause et remplacement.
- **Quatrième niveau** : travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et la reconstruction. Ces interventions peuvent être réalisées par une équipe disposant d'un encadrement technique très spécialisé et des moyens importants adapter sa nature de l'intervention.
 - **Exemple** : intervention sur matériel dont la mise en service est soumise à la qualification
- **Cinquième niveau** : travaux de rénovation, de reconstruction ou réparations importantes confiées à un atelier central de maintenance ou une entreprise extérieure prestataire de service.

I.2.10 Enjeux de la maintenance

Après avoir défini les grandes lignes de la maintenance, l'analyse de positionnement présenté ci-après consiste à observer la maintenance sous douze angles différents. L'interprétation de ces douze valeurs permettra de dimensionner la cible maintenance et de construire la stratégie à retenir. Ces repères apportent, quatre par quatre, trois contributions à la rentabilité, à la productivité usine et au progrès [12]. Schématiquement. Le processus d'évaluation donc se repose comme la Figure I.6 [21] :

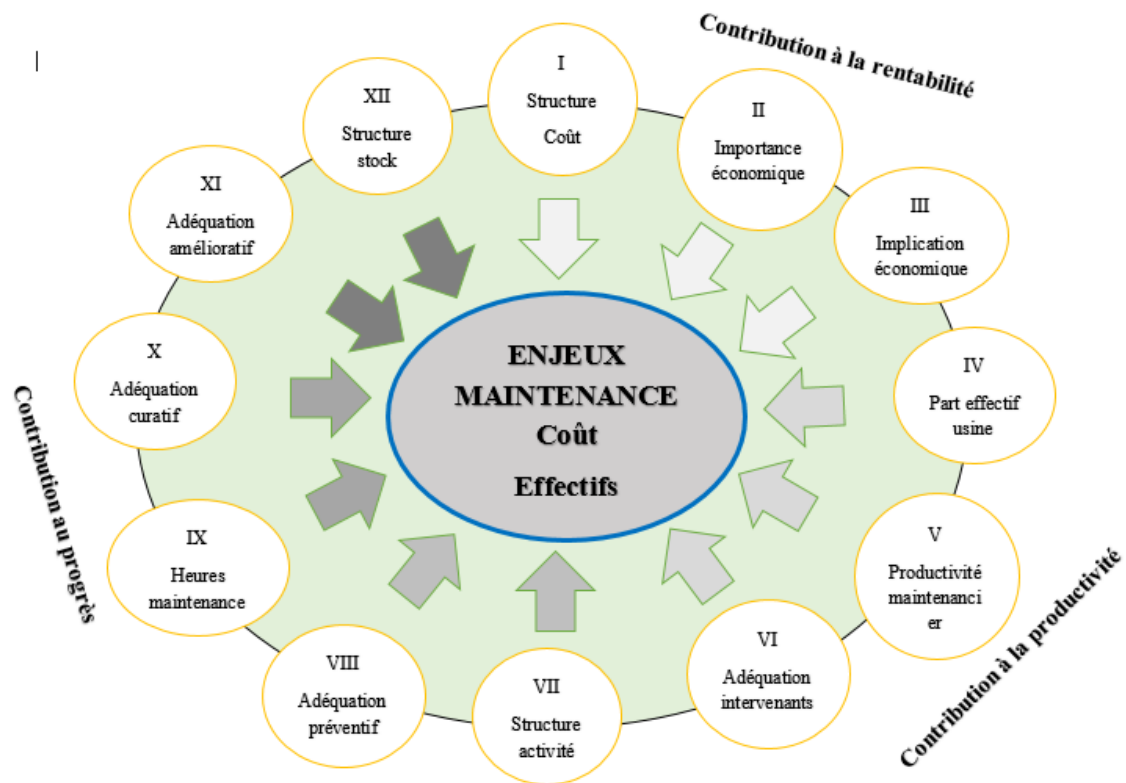


Figure I.6 – Enjeux de la maintenance [21].

I.2.11 Outils, méthodes et démarches de maintenance

Il existe de très nombreux moyens de structurer la pensée en vue de faire évaluer l'activité de maintenance. Ceux-ci ont des implications plus ou moins importantes qui vont du ponctuel à la démarche de management d'amélioration continue. Bien que l'application de tous ces moyens d'amélioration continue soient variables, on vous proposons le classement suivant dans le Tableau I.3 suivant [22] :

Tableau I.3 – Méthodes et des outils de maintenance [22].

Démarche de management	Méthodes	Outils
— TPM (dont auto-maintenance) — 5S — Kaisen	— PDCA (roue de Deming) — MBF — Kanban — Ingénierie — Hoshin — Benchmarking	— 5M ou diagramme d'Ishikawa — QQOQCCP — Poka Yoke — Pareto — 5 pourquoi — AMDEC — Brainstorming — MERIDE

Explications : (voir Annexe B).

I.3 La sûreté de fonctionnement

I.3.1 Historique

Les problèmes de Sûreté de fonctionnement (Sdf) se posent depuis très longtemps, dès qu'un système peut tomber en panne. Mais au début, aucune étude spécifique de sûreté de fonctionnement n'a été appliquée [23].

En 1930 une collecte d'informations statistiques a été réalisée sur les moteurs d'avion et sur les accidents d'appareils dans le secteur du transport aérien.

Dans les années 1940, des techniques de fiabilité commencèrent à se développer, avec notamment la conception des moteurs de traction en Allemagne ou encore celle des locomotives aux États-Unis.

Puis dans les années 1950-1960, le concept de maintenance fait son apparition. Les industries aéronautiques et spatiales firent des analyses relatives aux défaillances de composants.

En 1962, l'Académie des Sciences accueille le mot « fiabilité » dans sa terminologie. A partir de 1970, les premiers travaux sur la fiabilité des logiciels [24] ont débuté et de nombreuses études ont été menées dans le domaine nucléaire. Puis, progressivement, les techniques de la Sûreté de fonctionnement vont être largement diffusées et étendues à de plus en plus de domaines : chimie, ferroviaire, automobile, traitement et épuration des eaux, et tous les grands secteurs industriels.

Aujourd'hui, les réglementations et les normes imposent l'utilisation d'outils dédiés à la sûreté de fonctionnement [15].

I.3.2 Concepts et Définitions

La sûreté de fonctionnement est une spécialité polyvalente. Elle concerne tous les domaines techniques et toutes les disciplines de l'ingénierie. Son objectif est de maintenir le bon fonctionnement d'un système, d'un produit ou l'un de ses composants à travers le temps, tout au long de son cycle de vie. La sûreté de fonctionnement est perçue à travers différents attributs : fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité [25].

J.C. Laprie [26] a défini la sûreté de fonctionnement d'un système comme étant « la propriété qui permet à ses utilisateurs de placer une confiance justifiée dans le service qu'il leur délivre », où un utilisateur est un autre système (humain ou physique) qui réagit avec le système considéré et où le service fourni est le comportement du système tel que perçu par ses utilisateurs.

Une bonne façon de présenter la sûreté de fonctionnement est d'utiliser l'arbre de la sûreté de fonctionnement [27], présenté en Figure I.7.

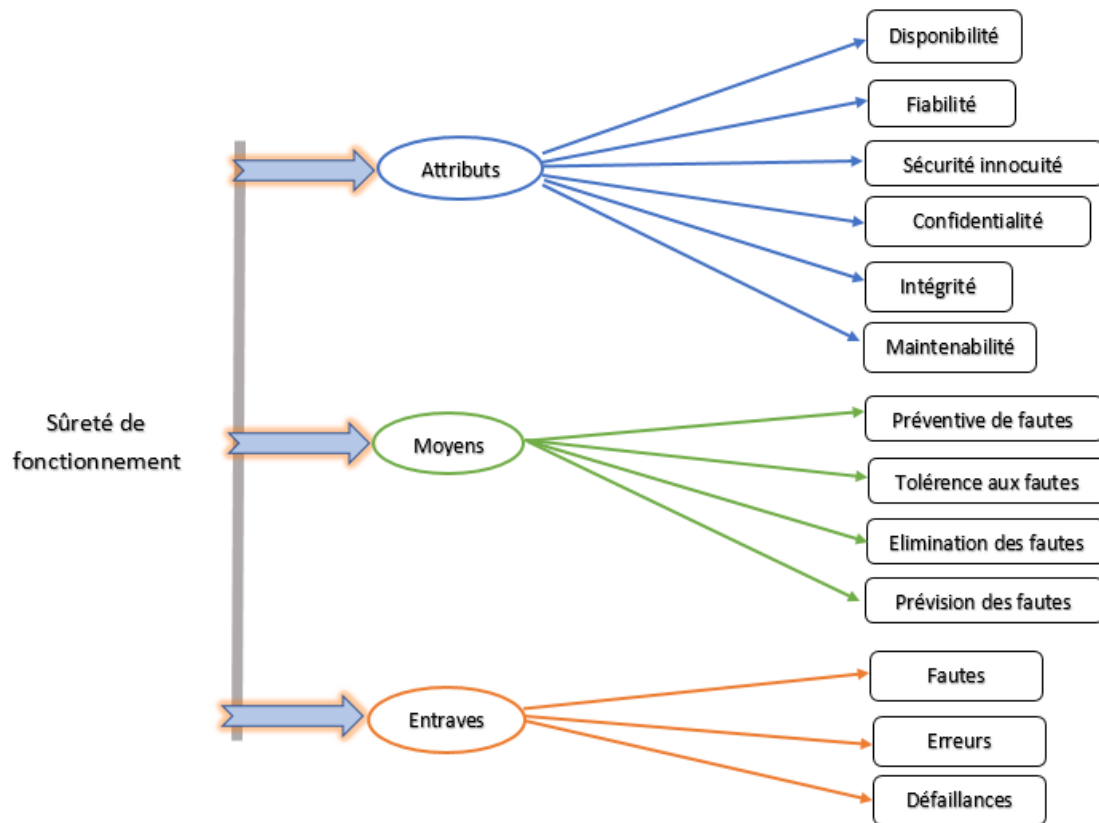


Figure I.7 – Arbre de la sûreté de fonctionnement [27].

I.3.3 Mesures et indicateurs de la sûreté de fonctionnement

La Figure I.8 montre les états successifs que peut prendre un système réparable avec leurs différents indicateurs significatifs.

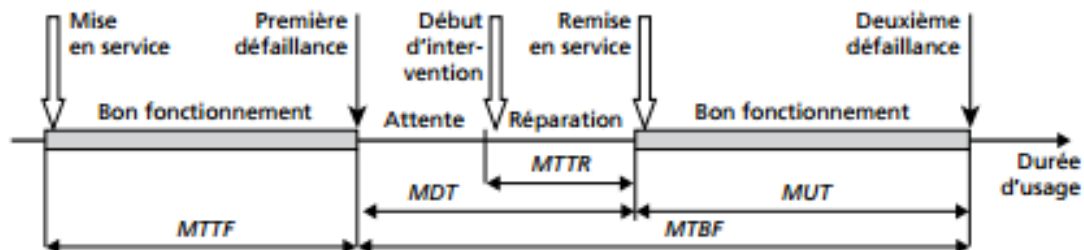


Figure I.8 – Les durées caractéristiques de Sdf [28].

Les acronymes utilisés sont d'origine anglo-saxonne et correspondent aux concepts suivants [28] :

- **MTTF (mean time to [first] failure)** : temps moyen avant première défaillance ;
- **MTBF (mean time between failure)** : temps moyen entre deux défaillances successives ;
- **MDT ou MTI (mean down time)** : temps moyen d'indisponibilité ou temps moyen d'arrêt propre ;

- **MUT (mean up time)** : temps moyen de disponibilité;
- **MTTR (mean time to repair)** : temps moyen de réparation.

I.3.3.1 Fiabilité

il n'est pas possible d'aborder la maintenance des équipements et les questions qui y sont relatives sans évoquer et clarifier le concept de fiabilité.

BENSAADA [29] dit que c'est une aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise au degré de confiance que l'on accorde dans des conditions données pendant une durée donnée.

La norme NF EN 13306 (juin 2001) [30] a défini la fiabilité comme « Accomplir la fonction requise des bien (équipements, infrastructures, etc.), dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné ».

Mathématiquement la loi de fiabilité est définie par les indicateurs suivants (Figure I.9) [31] :

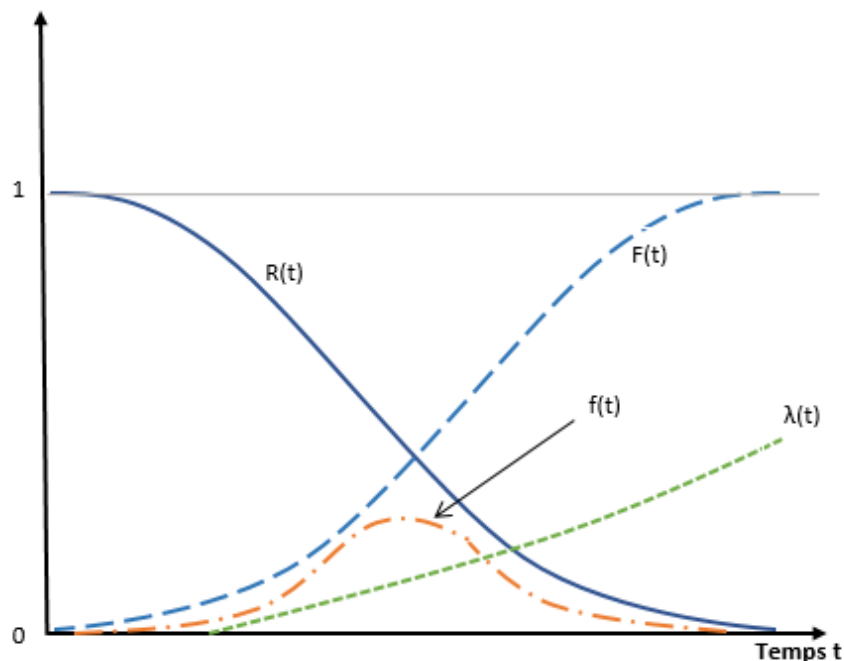


Figure I.9 – Exemple d'évolution dans le temps des indicateurs de fiabilité [31].

- $R(t)$ Probabilité que le système 'S' accomplisse ces fonctions, dans les conditions données pendant l'intervalle de temps $[0, t]$, sachant que l'entité n'est pas en panne à l'instant 0.
- $F(t)$ Probabilité que le système 'S' soit défaillant, à l'instant t dans des conditions données.

Le $R(t)$ et $F(t)$ s'écrit sous forme probabiliste comme suite :

$$R(t) = P[S \text{ non défaillant sur } [0, t]]$$

$$F(t) = P[\text{S est défaillant à l'instant } t]$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

- La densité de probabilité de défaillance $f(t)$ au temps t . est la probabilité de défaillance par unité de temps à l'époque t . C'est donc la dérivée de $F(t)$ par rapport au temps.

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

- le taux de défaillance $\lambda(t)$ au temps t C'est la probabilité de défaillance au temps t des éléments restés en bon état :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

• Les indicateurs de fiabilité :

N :	le nombre de pannes : "La machine 'X' tombe souvent en panne, donc elle n'est pas fiable".
MTTF :	moyenne des temps de bon fonctionnement jusqu'à la première défaillance, dont la date d'arrivée est peu significative de la suite.
MTBF :	calculée à partir d'une moyenne statistique d'un échantillon de n durées TBF ou a partir d'un suite à un TA. — Si le MTBF est calculé suite à un TBF : $MTBF = \frac{\text{Temps total d'opération}}{\text{Nombre d'arrêts} + 1}$ — Si le MTBF est calculé suite à un TA : $MTBF = \frac{\text{Temps total d'opération}}{\text{Nombre d'arrêts}}$
λ :	taux de défaillance moyen, exprimé en : $\frac{\text{défaillances}}{\text{unité d'usage}}$ elle peut calculer aussi a partir de : $\lambda = \frac{1}{MTBF}$ Il est souvent supposé constant.

$R(t)$:	fonction fiabilité, donnée par la relation exponentielle [24] : $R(t) = e^{-\lambda t}$ (cas particulier dans la période de la zone B de courbe en baignoire (Figure I.10)) La loi de fiabilité du ensemble en parallèle à alors : $Rs = 1 - [(1 - R1) \times (1 - R2) \times \dots (1 - Rn)]$
----------	--

Tableau I.4 – Les indicateurs de fiabilité [32].

Pour un équipement (système réparable) le taux de défaillance est souvent traduit par une courbe appelée "courbe de baignoire" illustré dans la Figure I.10 [28] : mettant en évidence trois périodes :

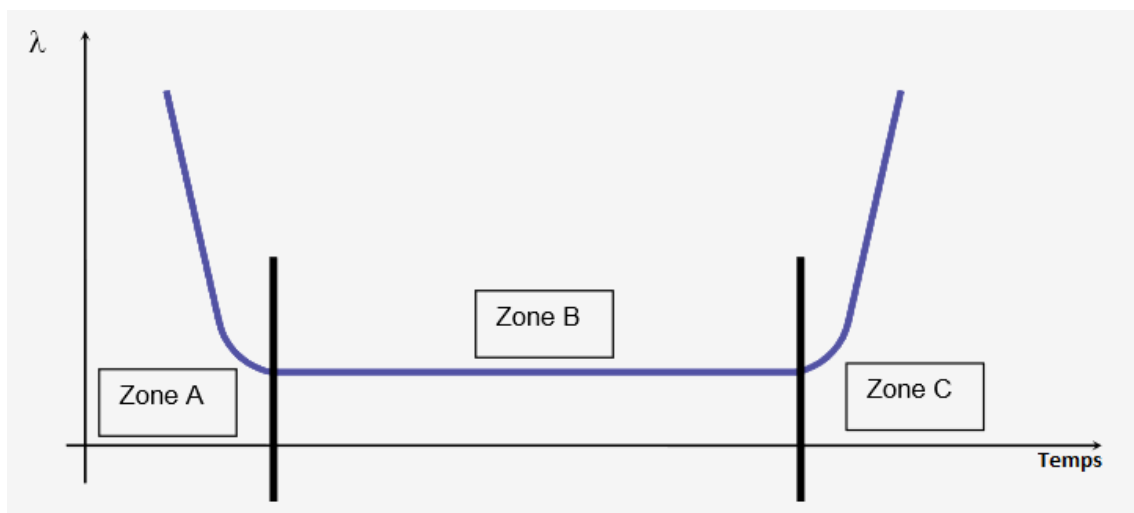


Figure I.10 – Courbe en baignoire [28].

- **Zone A** : période de rodage ;
- **Zone B** : période de maturité, fonctionnement normal, défaillance aléatoire indépendante du temps ;
- **Zone C** : période d'obsolescence, défaillances d'usure ou pannes de vieillesse.

Dans tous les cas, le niveau de signification de l'indicateur dépendra de deux facteurs initiaux [32] :

1. la taille N de l'échantillon collecté (d'où l'intérêt de regrouper des retours d'expérience comparables) ;
2. la rigueur et la qualité du relevé des valeurs, qui passe par une compréhension et un consensus des opérateurs et dépanneurs chargés de ces relevés.

I.3.3.2 Maintenabilité

Elle peut se traduire comme étant une caractéristique permettant d'assurer la disposition et la facilité à la maintenance dans des meilleures conditions possibles [33].

La norme NF EN 13306 [30], est définit la maintenabilité : « Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrit ».

il existe aussi une définition probabiliste plus stricte de la maintenabilité [25] : c'est la probabilité de remettre un système en état de fonctionnement en un temps donné avec des moyens donnés et dans des conditions données en retrouvant la fiabilité initial.

$$M(t) = P[S \text{ est réparé sur } [0, t]]$$

La maîtrise de ces exigences s'accompagne inévitablement de respect d'autres exigences incontournables [30] :

- La sécurité ;
- l'environnement ;
- les coût.

• Les indicateurs de maintenabilité

Les principaux indicateurs de la maintenabilité sont (Voir le Tableau I.5) :

Tableau I.5 – Les indicateurs de la maintenabilité [34].

MTTR :	(mean time to repair), le temps moyen de réparations, elle est exprimée par la formule suivante : $MTTR = \frac{\text{Somme des temps de réparation}}{\text{Nombre de réparations}}$
μ	C'est le taux de réparation il est calculer par la formule : $\mu = \frac{1}{MTTR}$

I.3.3.3 Disponibilité

Selon le NF EN 13306 [35], La disponibilité est « Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée ».

La définition probabiliste [36] dit que c'est la Probabilité $A(t)$ ou $D(t)$ que le système S soit en état, à l'instant t , d'accomplir les fonctions requises dans des

conditions données.

$$A(t) = D(t) = P[\text{S non défaillant à l'instant } t]$$

- **Les indicateurs de disponibilité**

Les principaux indicateurs de la disponibilité sont (Voir le Tableau I.6) :

Tableau I.6 – Les indicateurs de la disponibilité [32].

D	c'est l'indicateur de base de la disponibilité : $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} < 1$
ID	C'est l'indisponibilité, est donné par la relation suivante : $ID = 1 - D = MTTR / (MTBF + MTTR)$
$MTBF - MTTR$	est un indicateur de disponibilité propre ;
MUT	est un indicateur de disponibilité effective ;
MDT	est un indicateur d'indisponibilité propre.

I.3.3.4 Sécurité

La sécurité (Safety en anglais) est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques. Elle est caractérisée par la probabilité $S(t)$ que l'entité E ne laisse pas apparaître dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques [37].

$$S(t) = P[\text{S évite des événements critiques ou catastrophiques sur } [0, t]]$$

I.4 Conclusion

Tout au long de ce chapitre, nous avons exposé les différents aspects auxquels se tourne le terme maintenance industrielle, ainsi que sa relation avec la production et ses évaluations par les indicateurs de la sûreté de fonctionnement, la gestion de la fonction maintenance informatisée, fera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre II

La gestion de la fonction maintenance Informatisée

II.1 Introduction

De nos jours, la maintenance industrielle d'une entreprise doit être réalisée d'une façon plus adaptée pour gérer, consulter, traiter et modifier le plus grand nombre d'informations. Le développement industriel et technologique offrent de nouveaux outils de gestion.

Donc la fonction de maintenance doit utiliser des outils modernes pour gérer la production, le stock, l'achat et tous les services liés à la maintenance.

Dans ce chapitre nous allons mettre la lumière sur l'informatisation de la maintenance et la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) dans une entreprise.

II.2 Maintenance et l'informatique

II.2.1 Historique de l'informatisation de la maintenance

L'informatisation de la maintenance est venue tard dans l'entreprise. En effet, les systèmes informatiques de gestion se sont développés depuis le début des années 1960, et leur évolution a donné naissance aux systèmes de gestion de production dont le rôle principal est de permettre la planification de la production en fonction des ressources humaines, machines, temps et matières premières, dans le but de répondre à un besoin à une date donnée.

actuellement, les ERPs « Enterprise Resource Planning » en français « progiciel de gestion intégré » ont fait leur apparition dans les entreprises. Ils ne se contentent plus de seulement gérer la production, mais gèrent l'ensemble de l'entreprise de

manière intégrée en incluant des modules qui permettent de gérer les achats et les ventes, le personnel et la comptabilité ...etc [38]. Les grandes familles des ERPs sont illustrées à la Figure II.1.

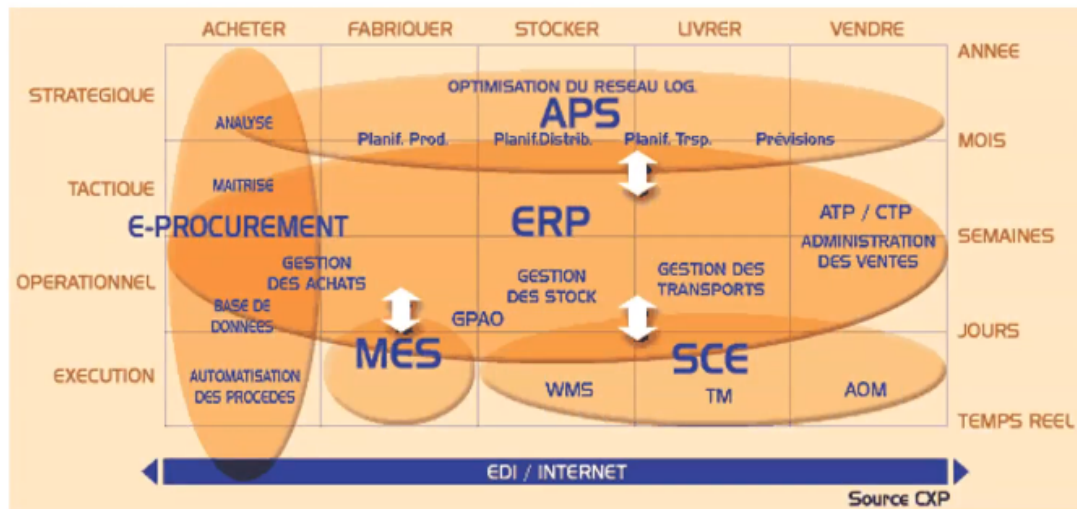


Figure II.1 – Les grandes familles de ERPs [39].

La maintenance étant reconnue comme fonction fondamentale dans l'entreprise, bon nombre de progiciels sont apparus sur le marché, proposant de couvrir les fonctionnalités dont la maintenance souhaitait disposer. Il s'agissait de la naissance de la :

- GMAO pour Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur ;
- CMMS pour Computer Maintenance Management System ;
- CAMM pour Computer Aide Maintenance Management.

Ces progiciels ont permis de traiter les événements auxquels la maintenance avait à faire face quotidiennement : que ce soit la panne et son traitement, l'exécution du préventif, la gestion de stock (Figure II.2(a)). L'utilisation des ressources s'en est trouvée naturellement très améliorée.

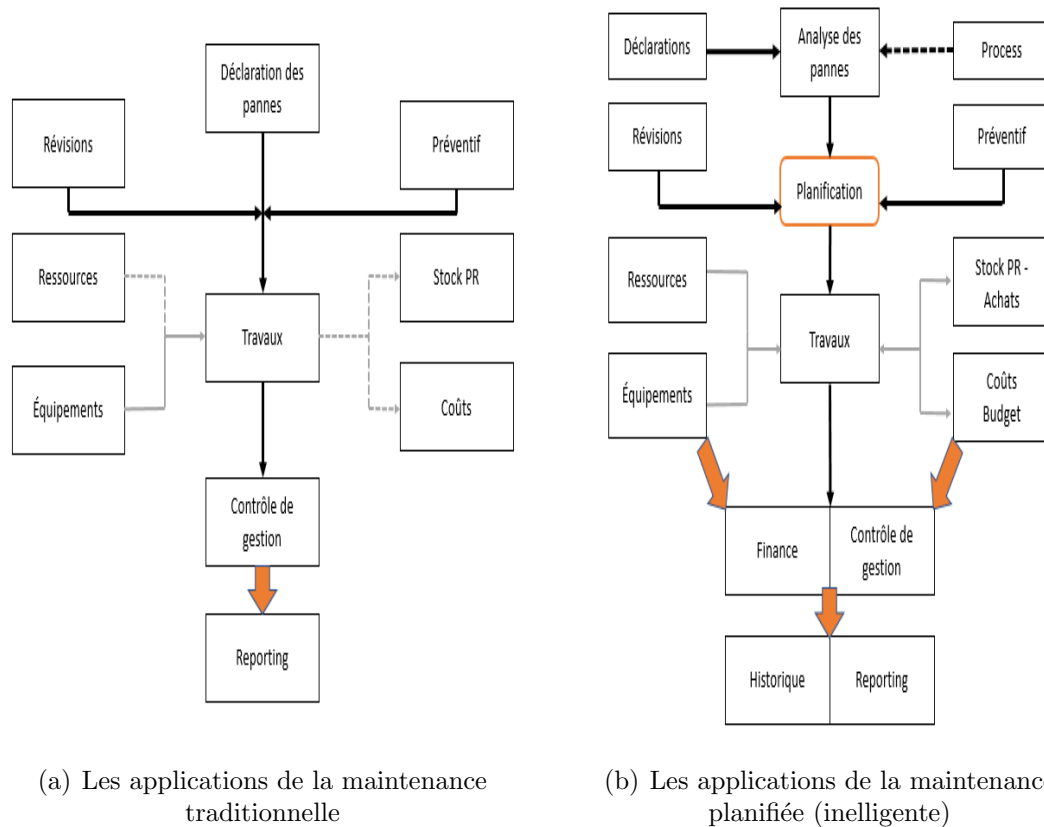


Figure II.2 – Maintenance traditionnelle versus maintenance intelligente [40].

Au plan organisationnel, les systèmes de gestion de maintenance informatisés ont offert à leurs utilisateurs la possibilité de maîtriser les opérations de maintenance et le coût des ressources utilisées au niveau de chacun des équipements (Figure II.2(b)). Ils ont permis à la maintenance de participer directement à l'effort d'économie de l'entreprise [40].

II.3 Définition de la GMAO

Elle signifie : « gestion de la maintenance assistée par ordinateur » et caractérise tous les logiciels qui gèrent les activités de maintenance et pas autre chose [41].

M.Gabriel et Y.Pimor définissaient la gestion de la maintenance assistée par ordinateur comme : « Un système informatique de management de la maintenance est un progiciel organisé autour d'une base de données permettant de programmer et de suivre sous les trois aspects techniques, budgétaire et organisationnel, toutes les activités d'un service de maintenance et les objets de cette activité (services, lignes, ateliers, machines, équipements, sous-ensembles, pièces, etc). À partir de terminaux disséminés dans les bureaux techniques, ateliers, magasins et bureaux d'approvisionnement » [38].

II.4 Objectifs de la mise en oeuvre d'une GMAO

L'objectif de la GMAO est de permettre à un industriel de mieux gérer les opérations de maintenance de ses installations, lui permettant ainsi d'augmenter son efficacité et sa rentabilité. En effet moins de pannes sur les machines augmente la production et par conséquent le chiffre d'affaire et donne plus de satisfaction client [42].

D'après une analyse réalisée par l'Association Française des Ingénieurs et responsables de Maintenance (AFIM), les effets de la GMAO dans les entreprises l'ayant mis en oeuvre sont les suivants [43] :

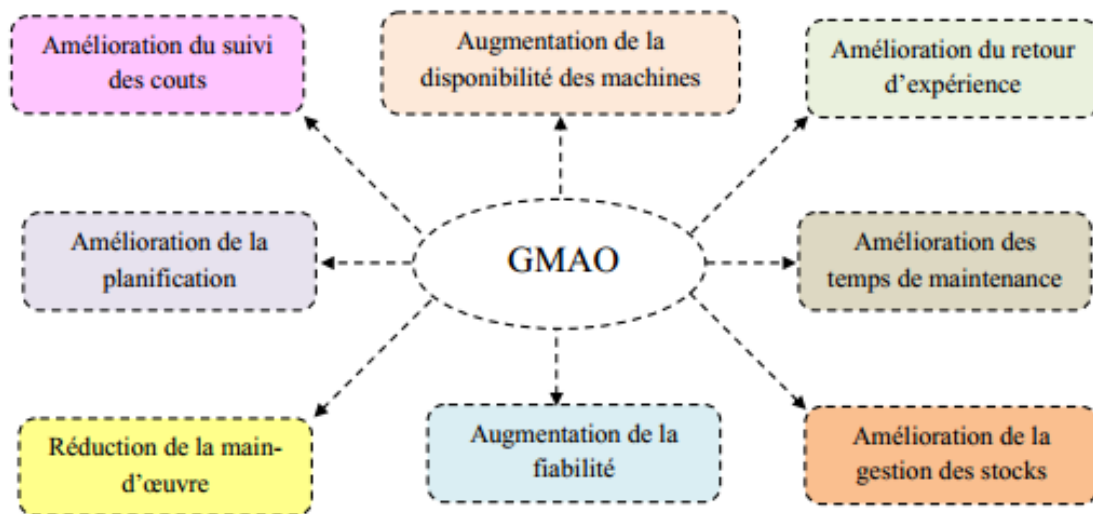


Figure II.3 – Les effets de la GMAO [43].

II.5 Domaines à gérer

La Figure II.4 [44] illustre un modèle de gestion itérative de la maintenance avec support d'une GMAO.

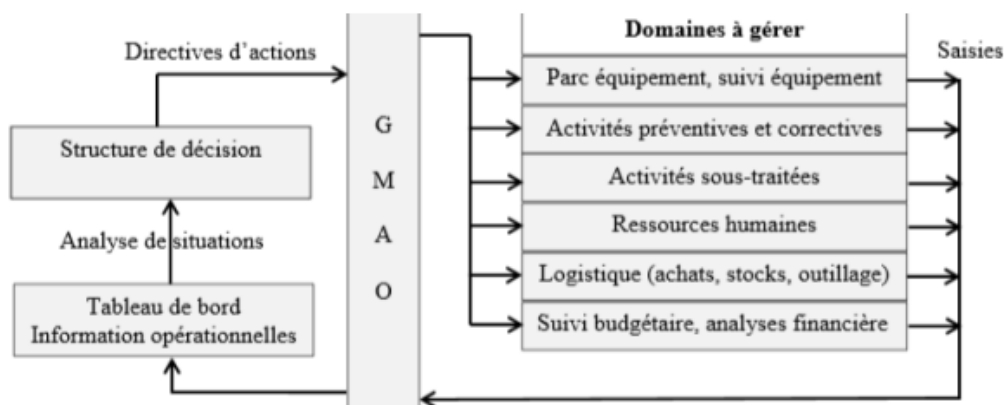


Figure II.4 – Gestion itérative de la maintenance (avec support d'une GMAO) [44].

Tous les progiciels de GMAO ont en commun la même structure modulaire proposant les mêmes fonctions. Mais, selon les logiciels, les fonctions remplies sont diversement dénommées, diversement réparties et diversement organisées. Prenons comme exemple Sirlog (Figure II.5), la première GMAO développée en France et dont la composition reste représentative.

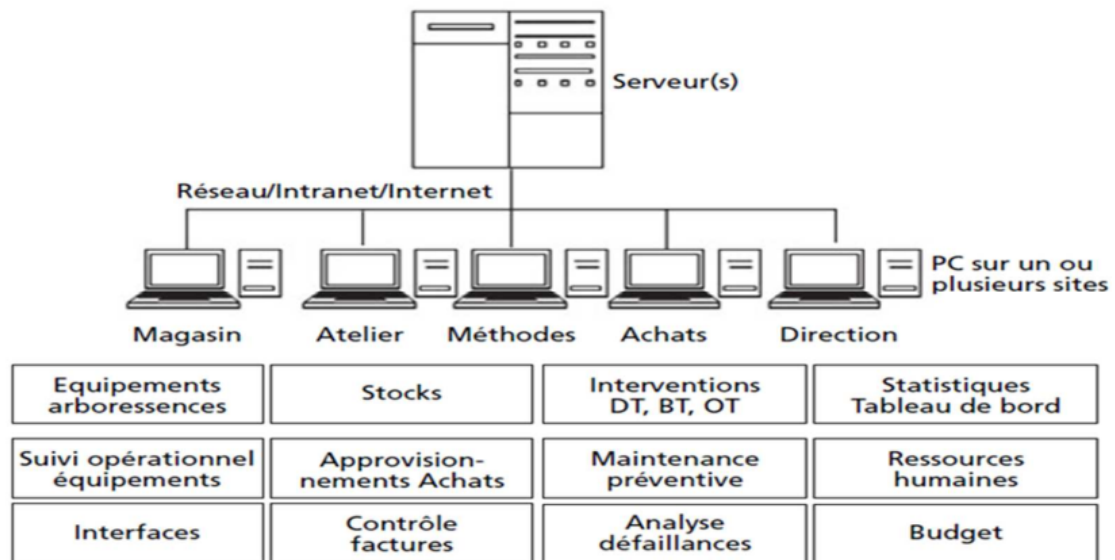


Figure II.5 – Exemple de structure modulaire d'une GMAO [44].

II.5.1 Gestion des activités de maintenance

La Figure II.6 [45] ci-dessous illustre la chaîne de traitement de la gestion des travaux en maintenance, en gris est celle des travaux urgents.

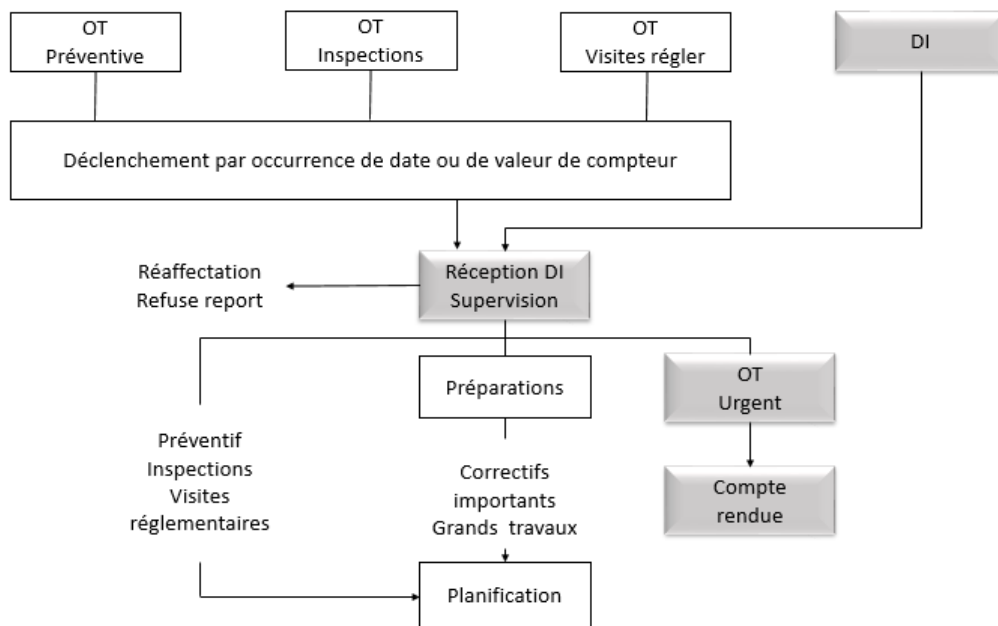


Figure II.6 – la chaîne de traitement de la gestion des travaux en maintenance [45].

Au vue de cette figure et en lisant les procédures qui suivent il apparaît une forte interaction entre la gestion des travaux et celle des stocks et achats. Pour ces raisons, ces domaines doivent impérativement être gérés par le même logiciel, ou alors avec des logiciels interfacés très efficacement. Une insuffisances d'interfaçage produit des pertes de temps considérable préjudiciables à la qualité et productivité des préparations.

II.5.2 Gestion de matériels

Dans tout secteur d'activité, la gestion des équipements, étroitement liée à celle de la qualité, est essentielle. Elle vise à garantir la fiabilité, la disponibilité et la conformité du parc de machines ou de matériel d'une entreprise, tout en appliquant une démarche de rentabilité [46].

II.5.3 Gestion de stocks et des approvisionnements

La gestion de stock est au coeur des préoccupations, que ce soit dans les entreprises ou les collectivités. Stocker a un coût. Que l'on parle de pièces détachées, de produits finis, de matières premières, ou de matériel, il est essentiel d'optimiser sa gestion de stock [47].

Pour optimiser la gestion de stocks et des approvisionnements il bien organiser les procédures de [48] :

- réservation magasin ;
- Sortie ou retour magasin sans réservation ;
- Sorties magasin en l'absence de magasinier ;
- La réception des articles en stock ;
- Réception des commandes directes (articles commandés pour OT) ;
- Les entrées et les sorties magasin avec les code-barres ;
- Créer des stocks en flux tendue ;
- La codification et la gestion des articles en magasin :

La Figure II.7 montre les procédure de faire une codification.

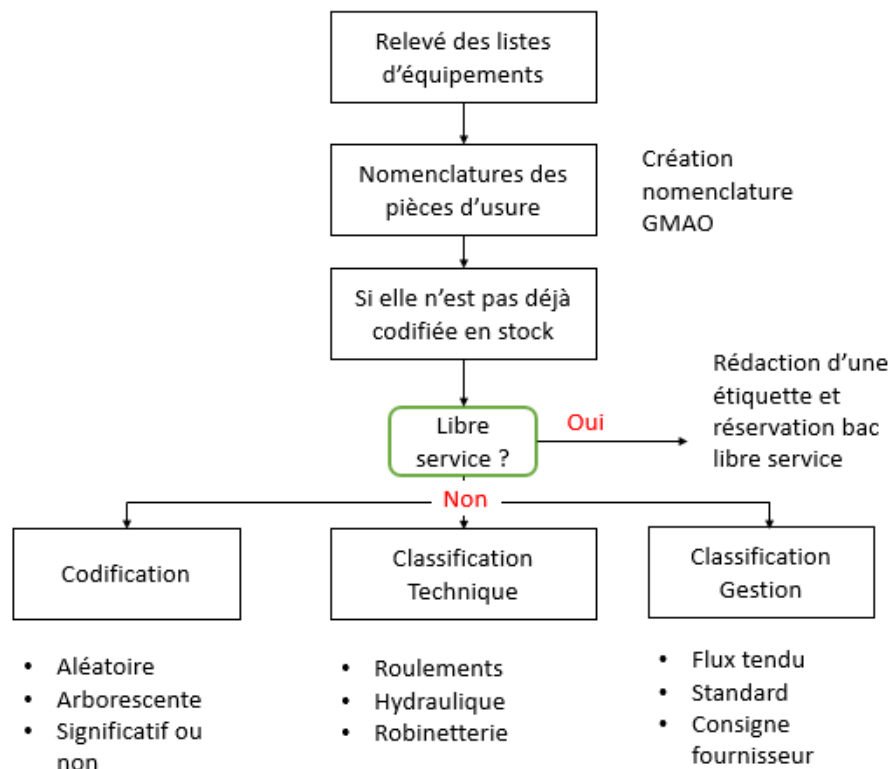


Figure II.7 – Procédure de codification [48].

- **Le calcul des besoins** : Dans les GMAO, le calcul des besoins scrute, les besoin en PR des travaux en préparation et compare les stocks réels, les délais fournisseurs et la date du besoin, en tenant compte des réservations et achats en cours, en général la procédure est la suivante :

- calcule du stock virtuel des articles en stock

La formule de calcule est généralement la suivante :

$$\begin{aligned} & \text{Qté en stock} + \text{Qté en commandes approuvées non soldées} \\ & + \text{Qtés en DA approuvées non passées en commande} - \text{Qtés réservées} \end{aligned}$$

- situation des conditions de réapprovisionnement : Le réapprovisionnement d'un article est lancé si :
 - la comparaison de la quantité en stock virtuel est inférieur au point de commande ou de réapprovisionnement ;
 - les paramètres de la fiche GMAO pour cet article autorisent son réapprovisionnement automatique.

Certain logiciels effectuent une comparaison entre les délais du fournisseur et le temps restant avant la date des travaux à réaliser.

- Définition de la quantité a commander :

La Figure II.8 ci-dessous représente les deux principaux modes de réapprovisionnement automatique.

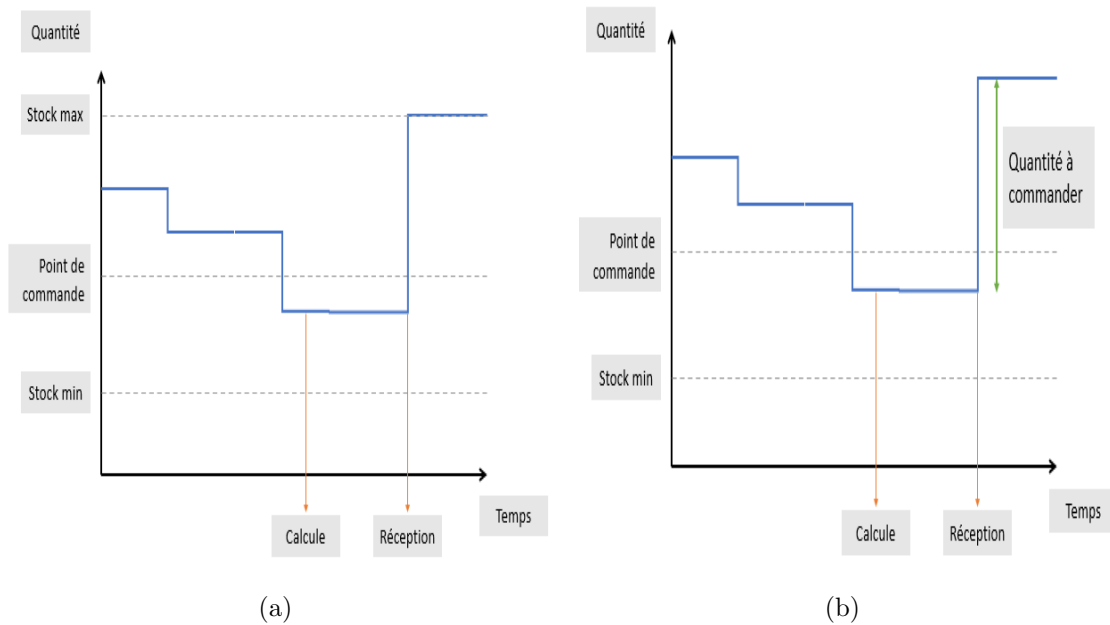


Figure II.8 – Les deux principaux modes de réapprovisionnement automatique [48].

Si le réapprovisionnement est nécessaire, les quantités du stock virtuel sont :

- soit complétée pour atteindre le stock maximum ;
- soit complétée pour atteindre ou dépasser le point de commande. La quantité commandée sera une valeur prédéterminée.

Il existe autres règles de lotissement [49] tel que :

- **Lot par lot** : commander exactement le nombre d'articles nécessaires ;
- **Quantité minimale Q_{min}** : Commander au moins Q_{min} ;
- **FRP (besoins périodiques fixes)** : On commande la somme des besoins pour N périodes
- ... etc.

II.5.4 Gestion des coûts de la maintenance et de investissements

Les natures ou rubriques de coûts que l'on veut pouvoir analyser en maintenance sont [50] :

- les coûts des pièces de rechange sorties du stock ;
- les coûts de pièces de rechange achetées sur ordre ;
- les coûts du personnel interne ;
- les coûts de sous-traitance ;
- les charges, frais et imputations diverses.

La (Figure II.9) représente un modèle de gestion des coûts.

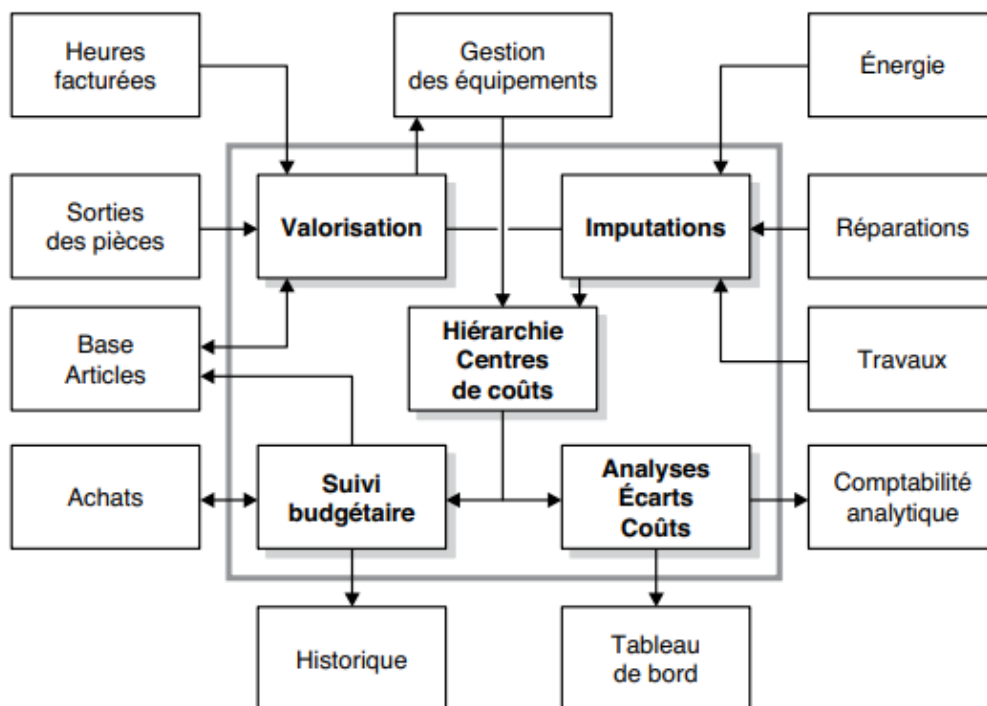


Figure II.9 – Gestion des coûts [50].

II.5.5 Gestion des ressources humaines

Les progiciels GMAO se révèle également très utile pour la tenue du fichier du personnel de maintenance, en respectant la réglementation en vigueur à ce sujet [51].

La Figure II.10 [46] représente la relation entre les différents aspect de GRH.

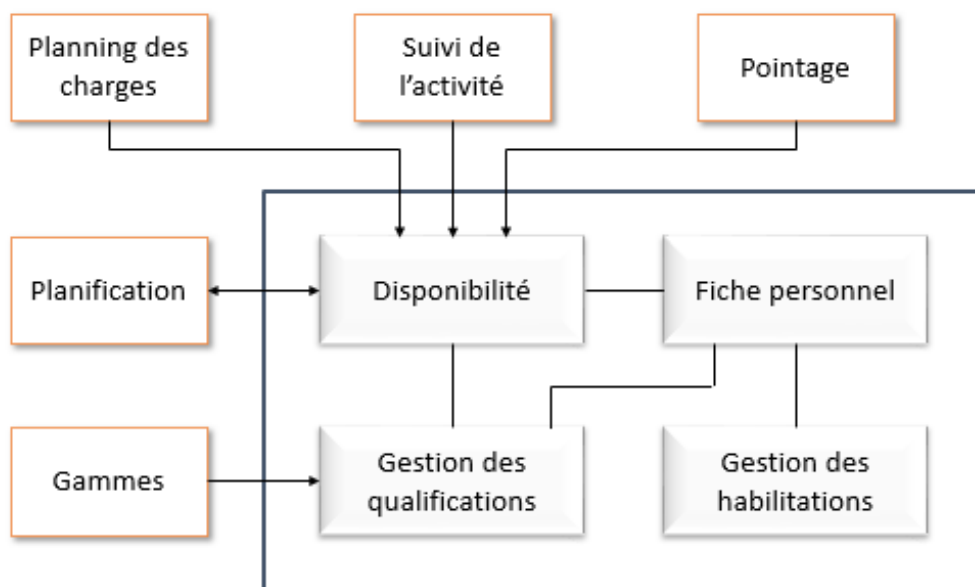


Figure II.10 – Gestion des ressources humaines [52].

II.6 Les conditions de réussite d'un projet GMAO

Les conditions de réussite d'un projet GMAO sont [39] :

- La préparation ;
- le choix d'un logiciel adapté ;
- appel à des professionnels confirmés ;
- la formation ;
- la bon sens et l'organisation.

II.7 Les risques lié au projet

Les risques liée au projet GMAO sont [39] :

- Une mauvaise définition des besoins et exigences ;
- une mauvaise communications au sein de l'entreprise ;
- la résistance aux changement ;
- l'incapacité de logiciel à s'adapter aux nombreuses possibilités d'évolution d'une entreprise ;
- ne pas négliger certaines étapes du projet :
 - Audit de l'organisation de l'entreprise ;
 - l'analyse des processus ;
 - tests ;
 - documentation et formation.

II.7.1 Les pièges à éviter

- Oublier les futurs utilisateurs ;
- penser que le logiciel résoudra tout ;
- considérer le projet comme un projet informatique (l'informatique est un petite partie dans les conditions de la réussite du projet GMAO voir la Figure II.11) ;

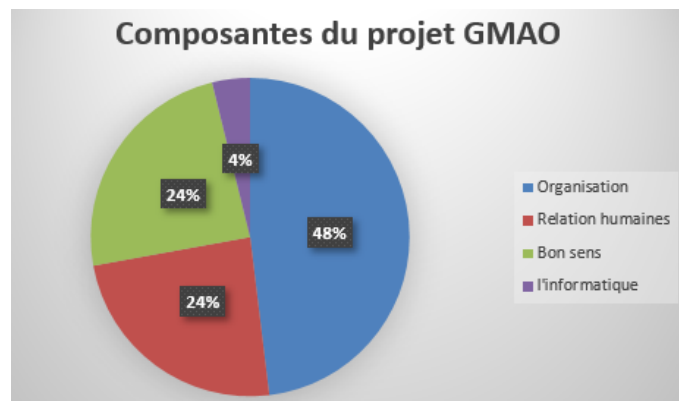


Figure II.11 – Composantes du projet GMAO

- surestimer ses capacités et compétences ;
- ne pas réorganiser au préalable ;
- croire que l'achat du logiciel implique la fin du projet [39].

II.8 Les Démarches de la mise en place d'une GMAO

La sélection d'un logiciel de GMAO peut durer quelques semaines ou quelques mois selon la rigueur apportée à la démarche. La Figure II.12 ci-dessous indique la démarche rationnelle de sélection [53].

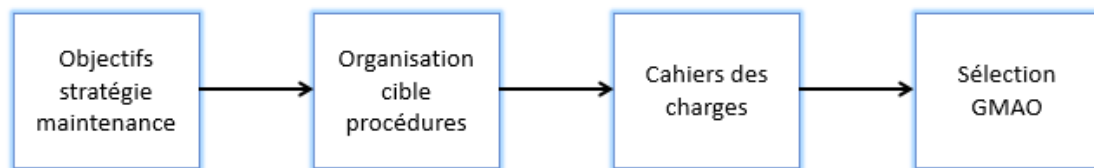


Figure II.12 – Démarche de sélection d'un GMAO [53].

II.8.1 Étape 1 : Objectifs, stratégie de maintenance

Comme toute organisation, votre service de maintenance est probablement améliorable. Il reste à définir comment et selon quelle méthode. Il est utile de faire pratiquer un audit de l'organisation pour analyser ses points faibles et des axes de progrès. Cet audit mené par un consultant expérimenté relèvera les points faibles et proposera une stratégie d'amélioration appuyée par des indicateurs et un tableau de bord alimenté par la future GMAO.

II.8.2 Étape 2 : Organisation cible, procédures

Il faudra ensuite définir l'organisation et pour cela le meilleur moyen est de rédiger les procédures de fonctionnement de ce service, en fonction des objectifs et des indicateurs.

II.8.3 Étape 3 : Cahier des charges

Le cahier des charges pour une GMAO doit être concis, il ne doit pas dépasser 50 pages au grand maximum. Il comprend quatre parties :

1. présentation du projet ;
2. les exigences techniques ;
3. les exigences organiques ;
4. les exigences fonctionnelles.

II.8.4 Etape 4 : Sélection du logiciel de GMAO

Une première sélection peut être réalisée à travers les présentations de logiciels et une analyse des éditeurs.

La sélection d'un GMAO porte sur le logiciel lui-même mais également sur les services que l'on peut attendre de son éditeur ou distributeur.

Il existe plusieurs éditeurs dans le marché du logiciel GMAO (Voir Annexe A.1), Les éditeurs dont le logiciel réponde aux exigences seront invités à une démonstration structurée.

II.9 Conclusion

Dans ce chapitre on a parlé sur l'informatisation est ses outils, et plus spécialement sur la GMAO, ses fonctions, objectifs.

La GMAO connecte plusieurs services et domaines internes de l'entreprise, ainsi elle facilite la gestion de la maintenance et l'organisation de manière plus efficace.

Les avantages de la GMAO vont atteindre dans le long terme parce que sa mise en oeuvre et intégration dans l'entreprise n'est pas une opération simple.

Le chapitre suivant on analyse et diagnostique l'état de gestion au sein de service maintenance de ENIEM, après une présentation de la société ENIEM.

Chapitre III

Analyse et diagnostic de la gestion de maintenance de ENIEM

III.1 Introduction

Ce chapitre est divisé en deux parties. Dans la première, nous présentons la structure générale de l'entreprise nationale des industries et des électroménagers (ENIEM) et son organisation. Nous expliquons également le déroulement des processus de maintenance dans le service maintenance de l'unité prestation technique (UPT).

Dans la deuxième partie, nous allons appliquer notre étude d'analyse et de diagnostic à la gestion de la maintenance au sein de ce service, en utilisant les trois méthodes suivantes :

1. Une étude qualitative de la sûreté de fonctionnement (étude FMD) sur les équipements de l'atelier central, à travers l'historique des machines.
2. Un audit, on élaborant des questionnaires et on exploitant des manière qualitative et quantitative les réponses au questionnaires.
3. Une troisième étude qualitative, en utilisant le diagramme ISHIKAWA pour déterminer les causes racines des problèmes des processus de la maintenance.

III.2 Présentation de l'entreprise ENIEM

ENIEM est une société de commercialisation et de distribution de produits électroménager de qualité supérieure.

Dans cette partie, nous allons présenter l'entreprise qui nous a accueillis tout au long de notre stage. Après un aperçu historique de l'entreprise et son organisation, nous présentons également le déroulement des processus de maintenance dans le service maintenance de unité prestation technique.

III.2.1 Historique

ENIEM (Entreprise Nationale des Industries de l'Électroménagers) est une entreprise publique économique de droit algérien. Cette société est spécialisée dans la fabrication des appareils électroménagers. Constituée le 02 janvier 1983, mais elle existe depuis 1974 sous tutelle de SONELEC. L'entreprise possède en toute propriété un patrimoine foncier et immobilier qui s'étend sur 40 hectares [54].

La Figure III.1 ci-dessous illustre le logo de l'entreprise ENIEM :



Figure III.1 – Logo de l'ENIEM

III.2.2 Situation géographique

Le siège social de l'ENIEM se situe au centre ville de TIZI-OUZOU. Ses Unités de production (UPT, Froid, Cuisson et climatisation) sont implémentées à la zone industrielle AISSAT Idir de OUAD AISSI, distante de 7 kilomètre à l'est de la ville de TIZI-OUZOU [54].

La figure III.2 représente la location géographique de ENIEM sur (Google map).



Figure III.2 – Location géographique de ENIEM [55].

III.2.3 Fiche d'information sur ENIEM

La fiche d'information de l'ENIEM est représenté ci-dessous dans le Tableau III.1.

Tableau III.1 – Fiche d'information sur ENIEM.

-ADRESSE: Siegf social se situe à Tizi-Ouzou et l'usine à Zone industrielle Aissat Idir, Oued Aissi ;
-N° Tel : 026 22 51 10 – 026 22 52 75 -22 53 36 ;
-Fax : 026 20 04 24 ;
-Le code de l'entreprise est: 900091 ;
-L'entreprise est certifiée : ISO 14001/2015 Qualité ;
ISO 14001/2004 Environnement
-L'ENIEM a été transformée juridiquement en société par action le 08 Octobre 1989 ;
- Son capital social est de 10 .279.800 000 DA ;
-Forme juridique : SPA ;
-Nature de l'entreprise : Producteur ;

III.2.4 Organigramme de la direction générale

La Figure III.3 ci-dessous représente l'organigramme de la direction générale de ENIEM.

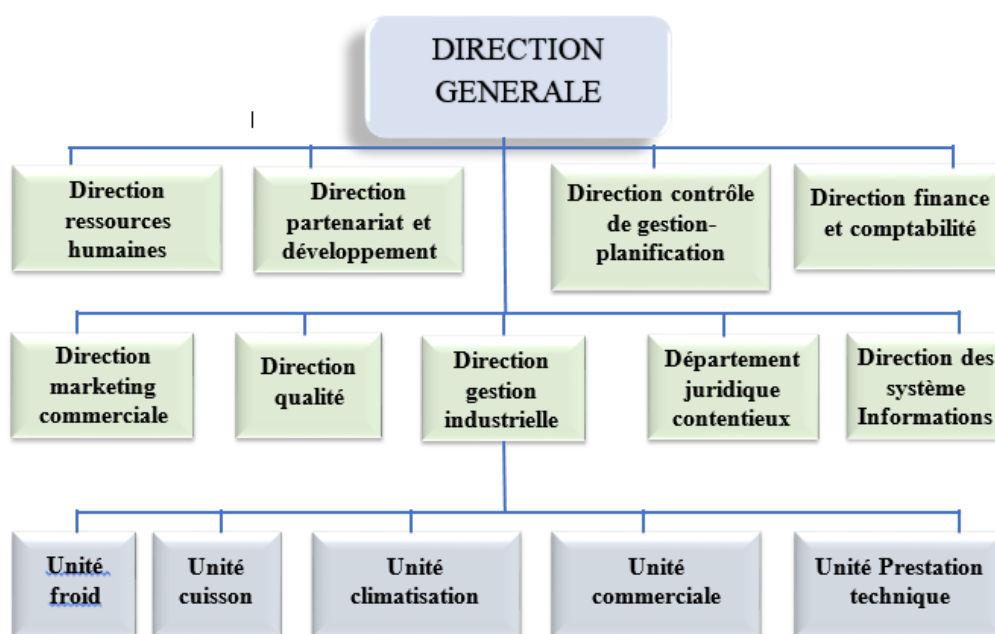


Figure III.3 – Organigramme de la direction générale de ENIEM.

III.2.5 Les unités de ENIEM

III.2.5.1 Le plan de complexe

Les différents unités de ENIEM sont représenté sous forme d'un plan dans la Figure III.4 suivante :

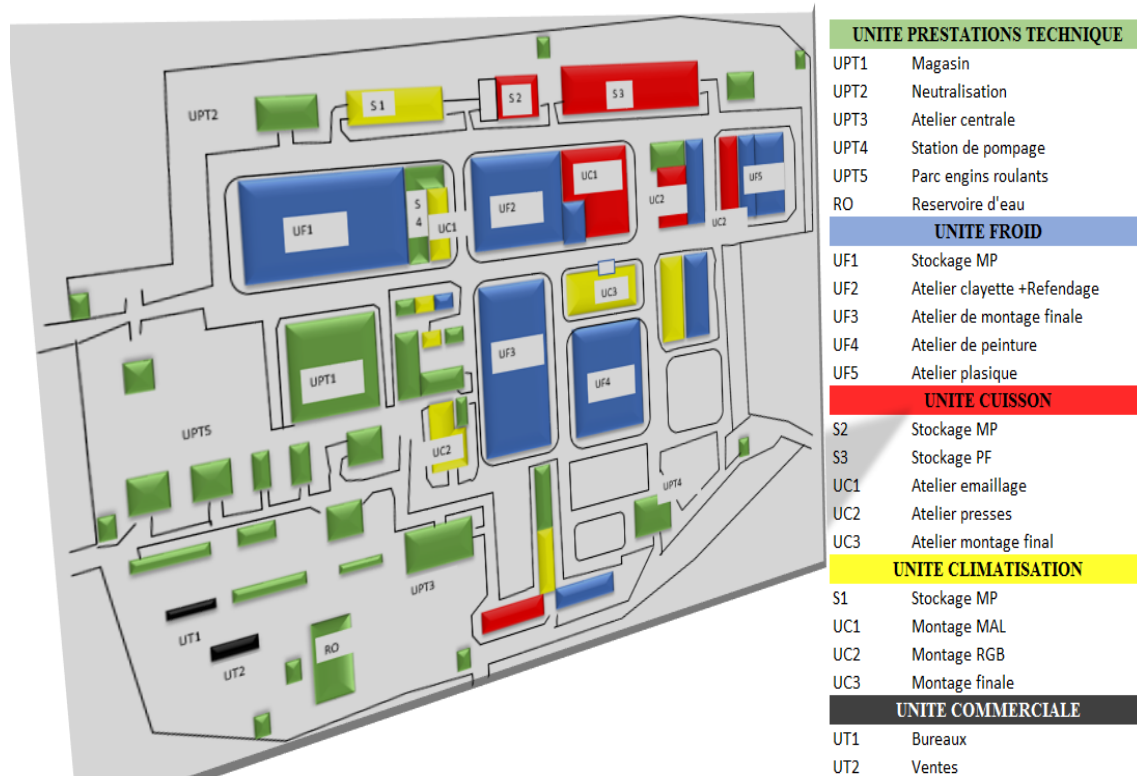


Figure III.4 – Le plan du complexe.

III.2.5.2 Les unités productions

Les unités du productions sont implémentées à la zone industrielle Aissat Idir de Oued Aissi. à savoir, unité froid, l'unité climatisation, et l'unité cuisson. La mission des employés de l'unité mère consiste à fabriquer, assembler et développer les produits de froid domestique, les articles de cuisine et les produit de climatisation.

III.2.5.3 Unité commerciale

Cette unité a été crée spécialement pour assurer la commercialisation des produits de l'entreprise et du service après-vente. Ses activités sont : le marketing la vente, le service après-vente, la gestion des stocks des produits finis.

III.2.5.4 Unité prestation technique

Cette unité est spécialisée dans la fourniture de prestations techniques et de service nécessaires aux unités de productions, elle assure les activités suivantes :

- La conception et la réalisation des outils et des moules.

- L’usinage de diverse pièces de rechanges et de l’entretien des bâtiments.
- L’impression et la fabrication des palettes.
- L’étalonnage et la vérification des instruments des mesure.
- La fourniture des énergies et fluides et le transport de marchandises.
- La neutralisation des rejets industriels avant leur évacuation vers l’oued.

III.2.6 Les produits de ENIEM

L’entreprise ENIEM fabrique une gamme variée de produits par unité. chaque unité produit plusieurs modèles afin de pouvoir satisfaire toutes les demandes de la clientèle et s’imposer sur le marché local et international.

Le Tableau III.2 représente la liste des produits fabriqué par ENIEM , répartis par unité de fabrication :

Tableau III.2 – Les produits de ENIEM selon chaque unité.

Unité froid	Unité cuisson	Unité climatisation
● Réfrigérateur 240L ● Réfrigérateur 300L ● Réfrigérateur 320L ● Réfrigérateur 350L ● Réfrigérateur 520L ● Armoire vitrée	● Cuisinières tout gaz-04 feux (tole émaillée) ● Cuisinières tout gaz-04 feux (tole inox) ● Cuisinières tout gaz-05 feux	● Split système 7000BTU/h ● Split système 9000BTU/h ● Split système 12000BTU/h ● Split système 18000BTU/h ● Split système 24000BTU/h ● Machine à laver 7kg ● Chauffe-eau 10 litres (gaz naturel, gaz butane) ● Armoire climatisation ● Chauffage à gaz

III.2.7 Présentation de la maintenance au sein de UPT

III.2.7.1 Présentation de département

L’unité de prestation techniques « UPT », est l’un des moteurs essentiels du CAM (Complexes d’Appareils Ménagers), car elle assure la production de l’air comprimé, l’énergie calorifique, la distribution de l’énergie électrique, ainsi la maintenance préventive et corrective de tous les équipements (électriques, mécaniques, pneumatiques, etc.) dans le but de satisfaire les besoins des autres unités et avoir des produits de bonne qualité dans les délais voulus.

III.2.7.2 Organigramme de maintenance à l’unité prestation technique

La Figure III.5 représente l’organigramme du service maintenance de UPT.

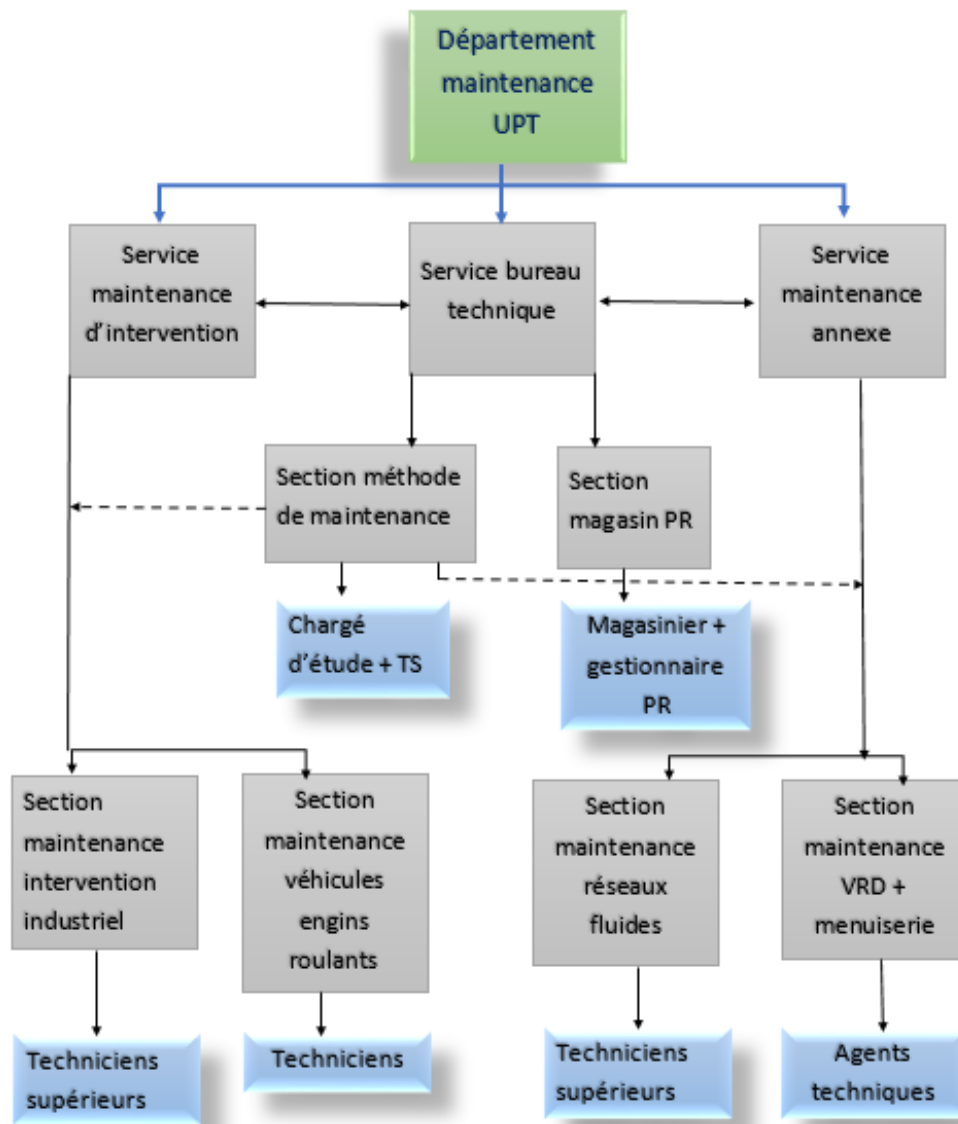


Figure III.5 – Organigramme de département maintenance de UPT.

III.2.8 Processus de maintenance

Il existe deux processus de maintenance dans la politique de travail au sein de ENIEM.

III.2.8.1 Le plan de processus de la maintenance curative

Les étapes suivies lors de la maintenance curatives sont les suivantes :

1. Réception de la demande d'intervention :

Pour toute opération d'intervention, le responsable de la structure utilisatrice établit une Demande d'Intervention (DI) en trois (03) exemplaires dûment renseignées (désignation, Numéro de l'équipement, anomalie constatée etc.), qu'il transmet au Bureau technique (BT).

Le Bureau Technique renseigne le document, accuse réception et remet un (01) exemplaire à l'émetteur.

Toutefois, le chef de Département Maintenance donne délégation aux exécutants pour réception des Demande d'Intervention émises par la production pour prise en charge immédiate du travail demandé. La régulation se fait au niveau du Bureau Technique.

Le chef de Département Maintenance est chargé du suivi du travail demandé.

2. Transmission de la DI :

Le Bureau Technique transmet ensuite les deux (02) exemplaires de la Demande d'intervention (DI) à la structure d'exécution et ce, après enregistrement et programmation du travail.

3. Le diagnostic :

Sur la base de la Demande d'Intervention (DI), la structure d'exécution procède au diagnostic de l'équipement pour identifier l'anomalie qui peut, le cas échéant, nécessiter un besoin en pièces de rechange ou matières.

4. Établissement de la DMC :

La structure d'Exécution établit une Demande de mise en consommation (DMC).

5. Livraison de la Pièce de Rechange :

Une fois la DMC établie, la structure d'Exécution récupère la pièce et/ou matière nécessaire du magasin PR.

Sur la base de la Demande de mise en consommation (DMC) le Magasin Pièces de Rechange (PR) édite le Bulletin de mise en consommation (BMC) en trois exemplaires et met à-la disposition de la structure d'Exécution la pièce et/ou matière.

Les exemplaires du Bulletin de mise en consommation (BMC), ainsi édités et signés par les structures concernées, sont dispatchés comme suit :

- Un (01) exemplaire, récupéré par la structure d'Exécution est transmis au BT après exploitation ;
- Un (01) exemplaire est transmis à la Comptabilité pour la Gestion et Stocks ;
- Un (01) exemplaire est archivé au niveau du Magasin PR "Gestion et stocks ".

6. Réparation de l'équipement :

La structure d'Exécution procède à la remise en état de fonctionnement de l'équipement.

Cette remise en état de fonctionnement est dûment constatée par l'utilisateur.

7. Réception de l'équipement :

Une fois l'équipement réparé, l'utilisateur le réceptionne par l'apposition de sa signature sur la Demande d'intervention (DI) préalablement par la structure

d'Exécution. Les deux (02) exemplaires de la Demande d'intervention (DI) ainsi renseignés sont transmis au Bureau technique qui en archive un.

Dans le cas où les moyens matériels disponibles (pièce de rechange, matières, outillages, etc.) ne permettent pas la remise en état de fonctionnement de l'équipement, le responsable de la structure d'Exécution renvoie au Bureau technique les deux (02) exemplaires de la Demande d'intervention (DI).

Il précisera sur ces derniers les causes n'ayant pas permis la réalisation du travail demandé.

Dans ce cas précis, le Bureau technique (BT) procédera comme suit :

- Engage l'acte d'achat ;
- Sous-traite la réalisation à l'extérieur de l'unité.

8. Enregistrement :

Les actions de maintenance curative sont enregistrées dans le dossier Historique de l'équipement/Installation.

Les exemplaires de la Demande intervention (DI) et du Bulletin de mise en consommation (BMC) sont exploités par le Bureau technique puis transmet la Demande d'intervention (DI) à la Comptabilité pour valorisation.

L'organigramme de processus curatif :

L'organigramme de la Figure III.6 ci-dessous, résume le déroulement du processus de maintenance curative.

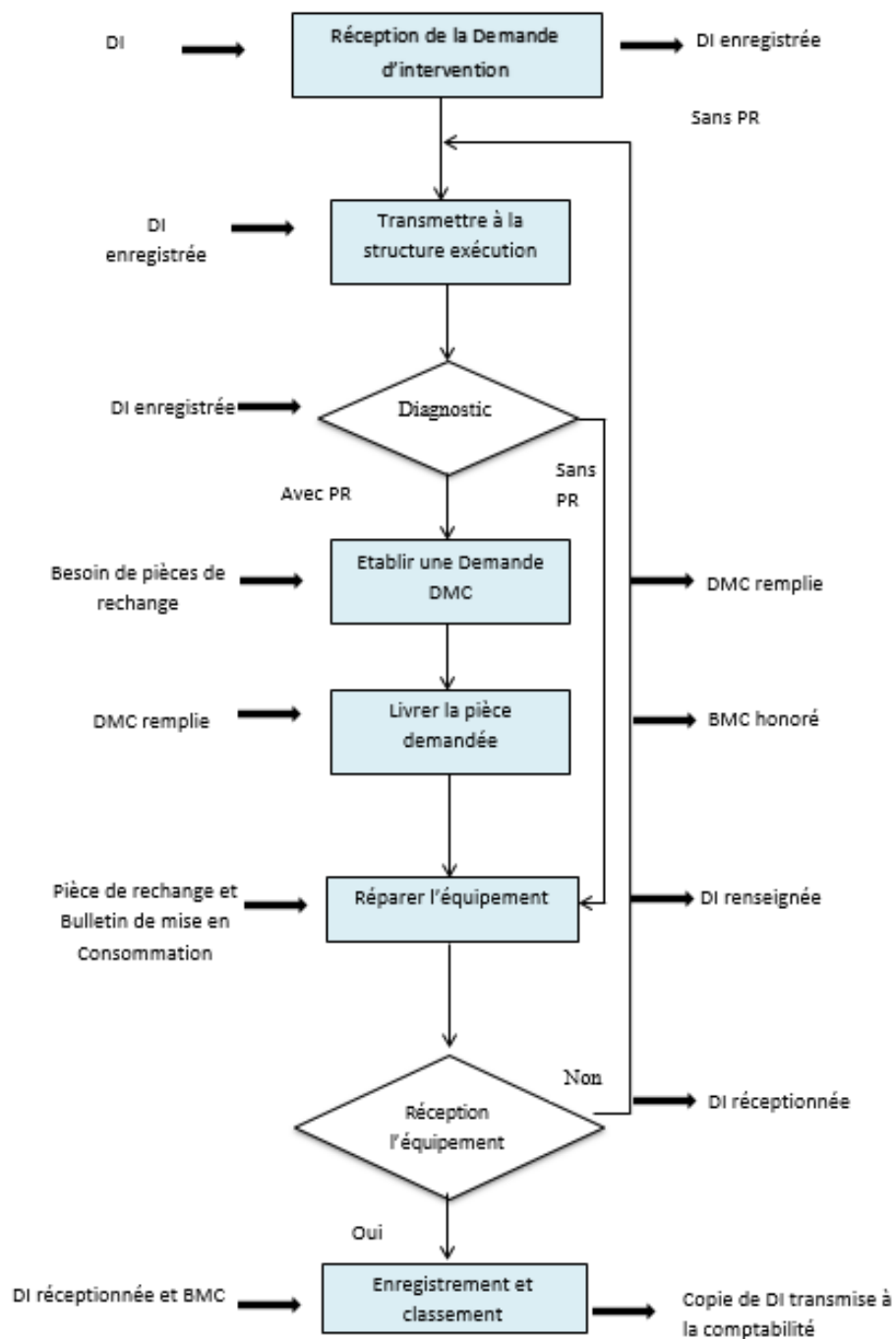


Figure III.6 – L'organigramme du processus curatif.

III.2.8.2 Plan de processus de la maintenance préventive

Les étapes suivies lors de la maintenance préventive sont les suivantes :

1. **Élaboration du planning de maintenance préventive :**

Sur la base de la documentation technique, du dossier historique et de la l'expérience capitalisée, le Bureau technique élabore un planning annuel de maintenance préventive.

Un exemplaire de ce planning est transmis à la structure Intervention de maintenance.

2. **Lancement des travaux :**

A partir du planning ainsi arrêté, le Bureau technique procède aux lancements périodiques des opérations à effectuer, matérialisées par un Ordre de travail (OT), établi en deux (02) exemplaires.

Le Bureau technique transmet les deux exemplaires de l'Ordre de travail à la structure d'Exécution et ce, après enregistrement.

3. **Établissement d'une (DMC) :**

Conformément aux instructions contenues sur l'Ordre de travail (OT), la structure d'Exécution établit la Demande de mise en consommation (DMC) en cas de besoin en PR afin d'effectuer l'ensemble des opérations indiqués.

Sur la base de la Demande de mise en consommation, le Magasin Pièces de Rechange (PR) édite le Bulletin de mise en consommation (BMC) en trois (03) exemplaires et met à la disposition de la structure d'Exécution la pièce et/ou matière.

Les exemplaires du Bulletin de mise en consommation (BMC) ainsi édités et signés par les structures concernées sont dispatchés comme suit :

- Un (01) exemplaire, récupéré par la structure d'Exécution, est transmis au bureau technique ;
- Un (01) exemplaire est transmis à la Comptabilité ;
- Un (01) exemplaire archivé au niveau du Magasin Pièces de Rechange.

4. **Exécution des travaux :**

Conformément aux instructions contenues sur l'Ordre de travail (OT), la structure d'Exécution effectue l'ensemble des opérations indiquées.

5. **Réception des travaux :**

La structure d'Exécution, après avoir terminé le travail transmet les deux exemplaires (02) de l'Ordre de travail (OT) dûment renseigné, visé par le chargé d'études Bureau technique, qui fait la réception des travaux.

6. **Enregistrement :**

l'(OT) renseigné et signé par les deux structures, Intervention et Bureau Tech-

nique de Maintenance est enregistré sur le registre de Maintenance Prévention puis archivé au niveau du Bureau Technique.

7. Valorisation :

La structure Comptabilité reçoit un exemplaire de l'ordre de travail (OT) du Bureau technique et un exemplaire du Bulletin de mise en consommation (BMC) du Magasin Pièces Rechange pour valorisation.

L'organigramme de processus préventif :

L'organigramme de la Figure III.7 ci-dessous, résume le déroulement du processus de maintenance préventive.

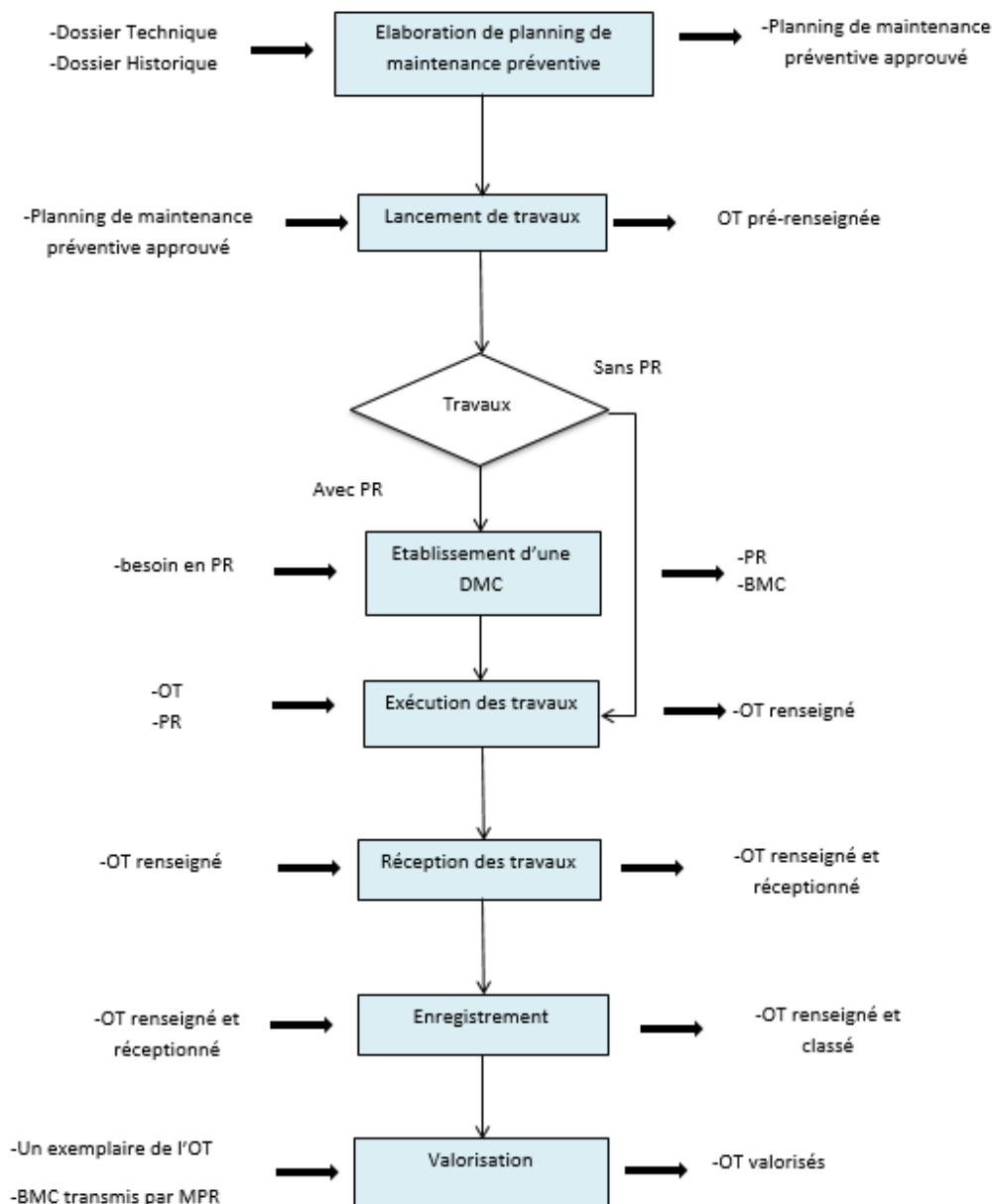


Figure III.7 – Organigramme du processus préventif.

III.3 Analyse et diagnostic de l'état de gestion de la maintenance dans ENIEM

III.3.1 Étude FMD de l'atelier centrale

Nous allons prendre un ensemble de machines de l'atelier central de l'unité prestation technique et calculer leurs indices de maintenance. Dans l'objectif d'analyser annuellement l'état des l'équipements en terme de sureté de fonctionnement (SdF), nous avons utilisé le tableur Excel de la suite Microsoft. Dans le cas de notre étude, nous nous sommes intéressés aux statistiques de l'année 2020.

L'étude est effectuée dans les conditions de travail suivantes :

- Nombre de jours ouvrables = 226 j ;
- Heures de fonctionnement = 82,5 h.

les valeurs sont calculées à partir des formules suivantes :

Temps requis = Nombre des jours ouvrables $\times$ Heures de fonctionnement

$\sum$ Temps d'arrêt = Temps de Mce préventive + Temps de Mce Corrective

$\sum$ TBF = Temps Requis – $\sum$ Temps d'arrêt

Le Tableau III.3 ci-dessous, représente les calculs des indicateurs des Fraiseuses conventionnelles de l'atelier central.

Tableau III.3 – Calcul des indicateurs des Fraiseuses Conventionnelles

N°	N° CODE	EQUIPEMENTS	Tps Requis	ΣTBF (H)	Tps fonet (H)	Nbre panne	Tps prév(H)	Tps Inter (H)	Tps Mce Correct	ΣTps. Arrêt (H)	MTBF (H)	Taux Pannes	MTTR	λ(t)	R(t)
1	771091	Fraiseuse CV	18645,00	18615,80	80,00	0	29,20	0,00	0,00	29,20	18615,80	0,00%	0,00	0,01%	99,57%
2	771093	Frais. Vert. FV6	18645,00	18612,73	24,00	1	28,27	4,00	4,00	32,27	9306,37	0,02%	4,00	0,01%	99,74%
3	771107	Fraiseuse CV	18645,00	18612,68	73,00	0	32,32	0,00	0,00	32,32	18612,68	0,00%	0,00	0,01%	99,61%
4	771109	Fraiseuse	18645,00	18607,80	37,50	3	29,20	8,00	8,00	37,20	4651,95	0,04%	2,67	0,02%	99,20%
5	779 005	Fraiseuse CV	18645,00	18615,30	133,00	1	29,20	0,50	0,50	29,70	9307,65	0,00%	0,50	0,01%	98,58%
6	779 006	Frais. verticale	18645,00	18617,20	194,00	0	27,80	0,00	0,00	27,80	18617,20	0,00%	0,00	0,01%	98,96%
7	779 007	Fraiseuse CV	18645,00	18614,55	151,00	1	28,45	2,00	2,00	30,45	9307,28	0,01%	2,00	0,01%	98,39%
8	779 008	Fraiseuse CV	18645,00	18611,05	89,00	1	27,95	6,00	6,00	33,95	9305,53	0,03%	6,00	0,01%	99,05%
9	9710 001	Fraiseuse CV	18645,00	18578,70	405,00	2	34,30	32,00	32,00	66,30	6192,90	0,17%	16,00	0,02%	93,67%
10	921001	Fraiseuse Mikron	18645,00	18624,12	806,00	1	18,88	2,00	2,00	20,88	9312,06	0,01%	2,00	0,01%	91,71%
11	921002	Fraiseuse Mikron	18645,00	18626,12	0,00	0	18,88	0,00	0,00	18,88	18626,12	0,00%	0,00	0,01%	100,00%
12	771102	Fraiseuse VLP850	18645,00	18628,92	179,50	1	15,08	1,00	1,00	16,08	9314,46	0,01%	1,00	0,01%	98,09%
13	/	N-fraiseuse	18645,00	18644,12	450,00	0	0,88	0,00	0,00	0,88	18644,12	0,00%	0,00	0,01%	97,62%
Fraiseuses Conventionnelles			242385,00	242009,09	2622,00	11,00	320,41	55,50	55,50	375,91	20167,42	0,02%	5,05	-	100,00%

Le Tableau III.4 ci-dessous, représente les calculs des indicateurs des Tours conventionnels de l'atelier central.

Tableau III.4 – Calcul des indicateurs des Tours conventionnels

N°	N° CODE	EQUIPEMENTS	Tps Requis	±TBF (H)	Tps fonct (H)	Nbre panne	Tps prév(H)	Tps Inter (H)	Tps Mce Correct	±Tps. Arrêt (H)	MTBF (H)	Taux Pannes	MTTR	λ(t)	R(t)
14	771101	Tour DL18	18645,00	18640,44	75,00	0	4,56	0,00	0,00	4,56	18640,44	0,00%	0,00	0,01%	99,60%
15	771128	Tour CV	18645,00	18635,94	20,00	0	9,06	0,00	0,00	9,06	18635,94	0,00%	0,00	0,01%	99,89%
16	771129	Tour DL 24	18645,00	18626,26	0,00	0	18,74	0,00	0,00	18,74	18626,26	0,00%	0,00	0,01%	100,00%
17	779 001	Tour DL24	18645,00	18620,29	278,50	2	19,71	5,00	5,00	24,71	6206,76	0,03%	2,50	0,02%	95,61%
18	771181	Tour DL18	18645,00	18626,26	334,00	0	18,74	0,00	0,00	18,74	18626,26	0,00%	0,00	0,01%	98,22%
19	779 002	Tour DL18	18645,00	18625,04	126,00	0	19,96	0,00	0,00	19,96	18625,04	0,00%	0,00	0,01%	99,33%
20	771085	Tour DL18	18645,00	18623,54	191,00	0	19,96	0,00	0,00	21,46	18623,54	0,00%	0,00	0,01%	98,98%
21	779 012	Tour DL18	18645,00	18601,18	496,00	1	27,82	16,00	16,00	43,82	9300,59	0,09%	16,00	0,01%	94,81%
22	901028	CAZEN. HBX360	18645,00	18603,69	35,00	0	41,31	0,00	0,00	41,31	18603,69	0,00%	0,00	0,01%	99,81%
Tours Conventionnelles			167805,00	167602,64	1555,50	3,00	179,86	21,00	21,00	202,36	41900,66	0,01%	7,00	-	100,00%

Le Tableau III.5 ci-dessous, représente les calculs des indicateurs des Machines à commande numérique de l'atelier central.

Tableau III.5 – Calcul des indicateurs des Machines à commande numérique

N°	N° CODE	EQUIPEMENTS	Tps Requis	±TBF (H)	Tps fonct (H)	Nbre panne	Tps prév(H)	Tps Inter (H)	Tps Mce Correct	±Tps. Arrêt (H)	MTBF (H)	Taux Pannes	MTTR	λ(t)	R(t)
23	891016	ROBOFIL	18645,00	18625,00	479,00	4	0,00	20,00	20,00	20,00	3725,00	0,11%	5,00	0,03%	87,93%
24	911217	ROBOFO.	18645,00	18643,00	215,00	1	0,00	2,00	2,00	2,00	9321,50	0,01%	2,00	0,01%	97,72%
25	921003	Fraiseuse CNC	18645,00	18626,91	0,00	0	18,09	0,00	0,00	18,09	18626,91	0,00%	0,00	0,01%	100,00%
26	901027	Tour CNC CT 200	18645,00	18642,32	0,00	0	2,68	0,00	0,00	2,68	18642,32	0,00%	0,00	0,01%	100,00%
27	/	Eocca	18645,00	18645,00	147,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	18645,00	0,00%	0,00	0,01%	99,21%
Machine à Commande Numérique			93225,00	93182,23	841,00	5,00	20,77	22,00	22,00	42,77	15530,37	0,02%	4,40	-	100,00%

III.3.2 Résultat globale de l'Étude de FMD

Nous avons calculé les différents indicateurs de la SdF pour plusieurs équipements afin de déterminer leurs niveau de fiabilité, maintenabilité et disponibilité globale de toute l'atelier centrale. Les résultats sont présentés comme suit :

III.3.2.1 La fiabilité

Nous avons remplie le Tableau III.6 suivant selon les formules du Tableau I.4 :

Tableau III.6 – La fiabilité des équipements de l'atelier centrale

Equipement s	Temps requise	Nombre de pannes	Temps de prévention	Temps de correction	Σ temps d'arrêt	Σ TBF (h)	Temps de fonctionnement (h)	MTBF	$\lambda(t)$	R(t)	F(t)
Fraiseuses conv	242385	11	320,41	55,5	375,91	242009,09	2622	20167,424	0,0050%	100,00%	0,00%
Tours Conv	167805	3	179,86	21	202,36	167602,64	1555,5	41900,66	0,0024%	100,00%	0,00%
Machine CN	93225	5	20,768	22	42,768	93182,232	841	15530,372	0,0064%	100,00%	0,00%
Totale	503415,00	19,00	521,04	98,50	621,04	502793,96	5018,50	25139,698	0,0040%	100,00%	0,00%

La représentation graphique des données du Tableau III.6 est donnée par la Figure III.8 suivante :

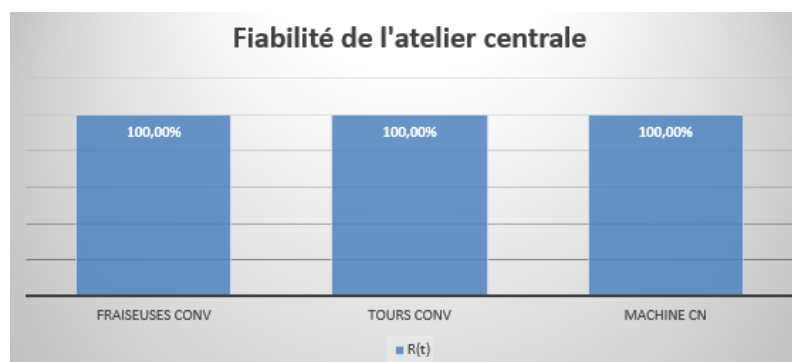


Figure III.8 – Diagramme fiabilité de l'atelier centrale

III.3.2.2 La maintenabilité

A partir de la formule de maintenabilité donnée dans le Tableau I.5, nous avons calculé le taux de réparation des tours conventionnels, des fraiseuses et des machines à commande numérique et présenté les résultats dans le Tableau III.7

Tableau III.7 – La maintenabilité des équipements de l'atelier centrale

Equipement s	Temps requis	Nombre de pannes	Temps de prévention	Temps de correction	Σ temps d'arrêt	Σ TBF (h)	Temps de fonctionne ment (h)	MTTR	μ
Fraiseuses conv	242385	11	320,41	55,5	375,91	242009,09	2622	5,0454545	19,82%
Tours Conv	167805	3	179,86	21	202,36	167602,64	1555,5	7	14,29%
Machine CN	93225	5	20,768	22	42,768	93182,232	841	4,4	22,73%
Totale	503415,00	19,00	521,04	98,50	621,04	502793,96	5018,50	5,1842105	19,29%

La représentation graphique des données du Tableau III.7 est donnée par la Figure III.9 suivante :

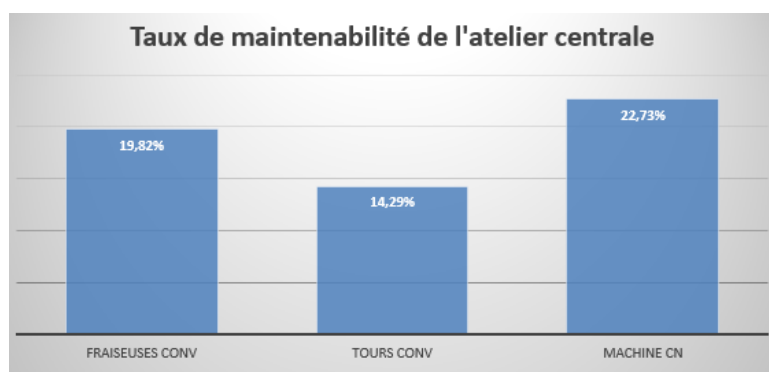


Figure III.9 – Diagramme de taux de maintenabilité

III.3.2.3 La disponibilité

Selon la formule de disponibilité donnée dans le Tableau I.6, nous avons déterminé la disponibilité des équipements de l'atelier central dans le Tableau III.8 :

Tableau III.8 – La disponibilité des équipements de l'atelier centrale

Equipement s	Temps requise	Nombre de pannes	Temps de prévention	Temps de correction	Σ temps d'arrêt	Σ TBF (h)	Temps de fonctionnement (h)	MTBF	MTTR	D(t)
Fraiseuses conv	242385	11	320,41	55,5	375,91	242009,09	2622	20167,424	5,0454545	99,97%
Tours Conv	167805	3	179,86	21	202,36	167602,64	1555,5	41900,66	7	99,98%
Machine CN	93225	5	20,768	22	42,768	93182,232	841	15530,372	4,4	99,97%
Totale	503415,00	19,00	521,04	98,50	621,04	502793,96	5018,50	25139,698	5,1842105	99,98%

La représentation graphique des données du Tableau III.8 est donnée par la Figure III.10 suivante :

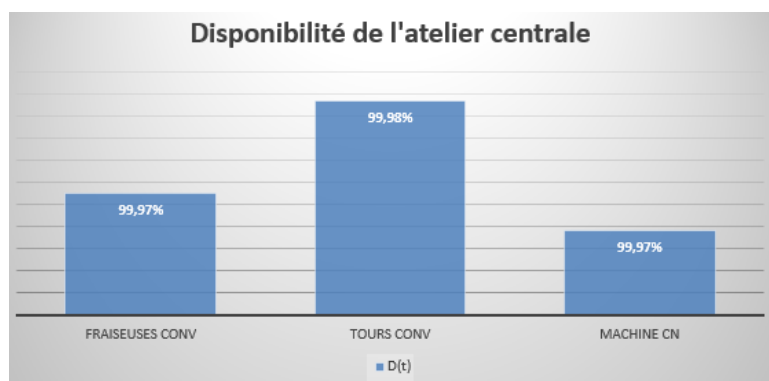


Figure III.10 – La disponibilité des machines de l'atelier

III.3.2.4 Interprétation des résultats

Pour la fiabilité :

- Selon les résultats obtenus en terme de fiabilité, on peut dire que l'atelier central est fiable à 100%, parce que les machines de fabrication de cet atelier travaillent en parallèle. En effet la production n'est pas affectée par des pannes qui surviennent sur une ou plusieurs machines.
- La machine ROBOFIL dont la matricule est 891 016 est tombée en panne quatre fois durant l'année 2020. c'est la machine la moins fiable de l'atelier avec un temps de fonctionnements de 479 heures/année. Sa fiabilité est donc de 87.93% (voir le Tableau III.5).
- On observe également que certaines machines ne sont pas exploitées de façon optimale pour la production. Cela engendre des pertes dues aux coûts liés à leur maintenance préventive en plus de l'espace occupé dans l'atelier.

Pour la maintenabilité :

- les résultats obtenus sur la maintenabilité de l'atelier sont très faibles. Le taux de réparation le plus élevé dans l'atelier est de 22.73%, (voir la Figure III.9)
- Ce faible taux de réparation μ est dû au temps technique de réparation qui est élevé. Sachant que les deux variables sont inversement proportionnelles, donc pour maximiser le taux de réparation de l'atelier, les intervenants doivent maîtriser la réparation des machines dans des délais très brefs.

Pour la disponibilité :

- Selon les résultats illustrés dans le diagramme de la Figure III.10, on peut dire que les équipements de l'atelier central est presque toujours disponible. Sa valeur de disponibilité est de 99.98% (voir le Tableau III.8).

III.3.3 Diagnostic de l'efficacité de la fonction maintenance dans UPT

Dans le but d'évaluer l'efficacité de la fonction maintenance au niveau de UPT, une démarche de Jean-Paul, SOURIS [56], à été exploitée.

La méthodes porte sur un ensemble de questions qui servent a évaluer le niveau de réalisation des activités de la maintenance.

La démarche consiste à indiquer honnêtement un avis sur le degré de réalisation des fonctions analysées de l'organisation globale de la maintenance à partir des dix clés citées ci-dessous :

1. Définitions des missions et responsabilités de l'organisation de la maintenance.
2. Méthodes de travail.
3. Préparation de la réalisation des opérations.
4. Réalisation des opérations de maintenance.
5. Gestion et tenue des pièces de rechange.
6. Contrôle des coûts globaux.
7. Interface de la maintenance avec les autre services.
8. Ressources humaines et animation.
9. Stratégie d'utilisation des prestataires extérieurs.
10. Système d'information et utilisation de l'informatique.

Une cotation s'effectue de 0% à 100%. Il faut indiquer le niveau de la réalisation de chaque demande de manière analogique, à l'aide de la grille de cotation présentée dans le Tableau III.9 ci-dessous :

Tableau III.9 – Le grille de cotation

Cotation	Critères
0%	La fonction, l'action ne sont pas remplies ou le moyen n'existe pas,
25%	La fonction, l'action sont remplies en partie ou sont en phase de mise en place, le moyen vient d'être acquis et est en phase de la mise en service,
50%	La fonction, l'action, le moyen sont opérationnels, mais ne donnent pas encore satisfaction,
75%	La fonction, l'action, le moyen sont opérationnels donnent apparamment satisfaction, mais ne sont pas évalués (indicateurs d'activité)
100%	La fonction, l'action, le moyen sont opérationnels, ils donnent satisfaction et sont contrôlés par des indicateur d'efficacité,

III.3.3.1 Questionnaire relatif à à l'organisation de département UPT

Nous avons recueilli les réponses des intervenants au questionnaire donné dans la méthode de Jean-Paul Souris. Le classement de ces réponses est donné dans les tableaux ci-dessous. Ces résultats sont représentés en diagramme radar à la Figure III.11.

Date : 18/05/2021

Tableau III.10 – Définitions des missions et responsabilités de l'organisation de la maintenance.

1- Définition des missions et des responsabilités	points totale	825			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Existe il un organigramme ou toutes les fonctions sont décrites ?			↓ 50		
2- Existe il un organigramme de la fonction maintenance ou toutes les structures sont définies?			→ 75		
3- Est il connue des collaborateurs cadre et maîtrise ?				↑ 100	
4- L'organigramme est il connu des agents d'exécution ?			→ 75		
5- Existe-t-il des fiches des postes ?				↑ 100	
6- Existe-t-il une politique de maintenance écrite définissant les objectifs et la mesure résultats ?				↑ 100	
7- Les opérations de maintenance sont-elles suivies par nature d'opération (correctif, préventif, amélioration, etc)?				↑ 100	
8- Les opérations de maintenance sont-elles suivies par corps de métiers ?				↑ 100	
9- Existe il un tableau de bord de performances permettant de faire un management par objectifs ?			↓ 50		
10- La maintenance fonctionne-t-elle sous assurance qualité ISO 9001?			→ 75		

Date : 18/05/2021

Tableau III.11 – Méthodes de travail

2- Méthode de travail	Points totale	550			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Existe il une politique de maintenance préventive ?			→ 50		
2- Existe il une structure méthodes maintenance prenant en charge l'élaboration du plan de maintenance préventif ?			→ 75		
3- Le plan de maintenance préventif a-t-il été réalisé à partir de méthodes du type MBF, AMDEC, Historique, données constructeur, etc?			→ 50		
4- Existe-t-il un enregistrement spécifique des actions importantes (rénovations) permettant le retour d'expérience?			→ 75		
5- La majorité des interventions sont-elles décrites par des modes opératoires et des gammes d'intervention?			→ 75		
6- Existe-t-il un rapport d'incident comportant une analyse basée sur la chaîne causale : (cause, mode, effet)?				↑ 100	
7- Existe-t-il des réunions formelles cycliques dédiées à l'analyse des principaux dysfonctionnements constatés ?			→ 50		
8- Existe-t-il des procédures de gestion de la documentation technique ?		↓ 25			
9- La documentation existante est-elle suffisante pour l'activité ?			→ 50		

Date : 20/05/2021

Tableau III.12 – Préparation de la réalisation des opérations

3-Préparation de la réalisation des opérations	Points Totale	850			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Existe il une procédures écrites définissant la création, la validation et le traitement des documents(DT,DI,OT,DR) ?			→	75	
2- Toutes les dommande d'intervetions sont elles analysées et validées avant leurs exécution ?			→	75	
3- Le personnel des méthodes maintenance est il formé aux méthodes d'analyse des defaillances et diagnostic ?				↑	100
4- Revoit on systématiquement les gammes et modes opératoires en fonction de la réalisation effectuée ?				↑	100
5- Analyse t on les écarts entre le temps prévue et réalisé ?				↑	100
6- La production prend elle en charge le premier niveau de maintenance ?			→	75	
7- Les documents (consignes, recommandations, contrôles réglementaires,) sont ils à jour ?				↑	100
8-Les contrôles obligatoires (appareils soumis à la réglementation) sont ils effectivement réalisés ?			→	75	
9- Existe-t-il des compétences pour la préparation, la planification et la suivi des grands arrêts ?		↓	50		
10- La maintenance prend elle en charge les exigences de l'ISO en matière de qualité (procédure d'étalonnage, de contrôles et essais) ?				↑	100

Date : 20/05/2021

Tableau III.13 – Réalisation des opérations de maintenance

4- Réalisation des opérations de maintenance	Points totale	700			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Les équipes sont elles opérationnelles dans les 10 minutes suivant le début de poste ?		↓	50		
2- Chaque professionnel connaît il précisément le travail qu'il aura à entreprendre à l'issue de travail en cours?				↑	100
3- Peut on connaître en moins de 10 minutes d'avancement de tous les travaux ?			→	75	
4- Le programme préventif est il respecté ?				↑	100
5-L'accumulation des reports perturbe t il le plan de charge ?			→	75	
6- L'outillage est il la cause de perturbations dans la realisation des interventions ?		↓	50		
7- Le retour des OT est il contrôlé afin de garentir qu'ils sont renseignés de manière complète avant leur enregistrement ?				↑	100
8- Existe il une procédure de réception des travaux réalisés ?				↑	100
9- Existe-t-il une procédure interne ou externe permettant d'avoir une démarche permanent d'amélioration ?		↓	50		

Date : 25/05/2021

Tableau III.14 – Gestion et tenue des pièces de rechange

5- Gestion et tenue des pièces de rechange	Points totale	550			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Y a il une politique de gestion de stock ?			↑	75	
2- Les règles de stockage sont elles respectées?			→	50	
3- Les PR sont elle regroupées dans un catalogue qui précise tous les paramètres de gestion et tenue des stocks?			→	50	
4- Existe il une analyse de dépenses par équipement ?			→	50	
5- Existe il une codification morphologique permettant d'éviter les doublons et permettre une standardisation ?			↑	75	
6- Existe il une procédure efficace de réservation des pièces pour les travaux planifiés ?			↑	75	
7- Les pièces stratégiques sont elle particulièrement identifiées et suivies?			↑	75	
8- Existe il une analyse systématique des pièces a forte valeur de consommation, afin d'en limiter le montant?		↓	25		
9- Les écarts d'inventaires sont ils inférieurs à 10% ?		↓	25		
10- Existe-t-il une procédure de réception qualitative de la pièce de rechange ?			→	50	

Date : 25/05/2021

Tableau III.15 – Contrôle des coûts globaux

6- Contrôle des coûts globaux	Points totale	700			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Existe-t-il un système de calcul des coûts directs de maintenance ?			→	75	
2- Le budget de maintenance est il concertés entre fabrication, qualité et maintenance?			↓	50	
3- Le budgets sont ils la traduction d'un plan d'actions reposant sur une analyse technique et économique?			→	75	
4- La structure maintenance reçoit elle des informations permettant une comparaison par rapport aux objectifs ?				↑	100
5- fait on une évaluation périodique des pertes de production imputables à l'indisponibilité et a la non capabilité des moyens ?			↓	50	
6-Suit on les dépenses par destination (équipements, chaîne de maintenance, responsabilités, etc.) ?			→	75	
7- Existe ile une tableaux de bord mensuel conjugant résultats, indicateurs de disponibilité, et d'etat divers (préparation, urgences, sécurité, ,) ?			→	75	
8- Existe il un tableau de bord mensuel comportant des indicateurs de performances de la maintenance ?			→	75	
9- Existe-t-il des indicateur d'efficacité de la maintenance a travers les résultats de production (disponibilité et qualité) ?			→	75	
10- La maintenance et elle consultée sur le renouvellement ou achats de nouveaux équipements?			↓	50	

Date : 25/05/2021

Tableau III.16 – Interface de la maintenance avec les autres services

7- Interfaces de la maintenance avec les autres services	Points totale	575			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Existe-t-il une réunion entre Fabrication/maintenance/qualité de traitement des problèmes immédiats ?					↑ 100
2- Existe-t-il une réunion mensuelle Fabrication/qualité/maintenance de suivi des affaires communes et de planification des interventions?			→ 50		
3- Existe-t-il une réunion trimestrielle fabrication/qualité/maintenance d'évaluation de la qualité de service?			→ 50		
4- Existe-t-il une réunion annuelle fabrication/qualité/maintenance de définition du budget ?			→ 50		
5- Les dépenses de maintenance sont elles communiquées aux clients de maintenance ?			→ 50		
6- Les défaillances entraînent une baisse de la qualité sont elles analysées avec le service qualité ?				→ 75	
7- Le service maintenance est-il consulté par les achats sur le choix final de fournisseurs de PR ?	↓ 0				
8- Les démarches de gestion de compétences sont elles concentrées avec la DRH ?				→ 75	
9- Existe-t-il un retour d'informations de prestations de maintenance réalisées par la production ?				→ 75	
10- La maintenance est-elle impliquée sur les points concernant l'hygiène, sécurité et l'environnement?			→ 50		

Date : 27/05/2021

Tableau III.17 – Ressources humaines et animation

8- Ressources humaines et animation	Points totale	675			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Le climat social en maintenance est-il favorable ?				→ 75	
2- Existe-t-il une procédure de gestion des compétences?			→ 50		
3- Les pyramides des âges sont-elles un élément de gestion des personnels?				→ 75	
4- Le personnel d'intervention et de méthode est-il formé aux concepts de la maintenance et de résolution des problèmes ?					↑ 100
5- Existe-t-il une démarche de formation et de perfectionnement du personnel de maintenance ?				→ 75	
6- connaît-on la nature et le volume des compétences disponibles pour maintenir chaque installation ?				→ 75	
7- Le management du personnel s'effectue-t-il avec les objectifs de résultats et de comportement ?				→ 75	
8- Existe-t-il un système de suggestions appel aux propositions du personnel ?		↓ 25			
9- Existe-t-il une politique de motivation des personnels de maintenance (Les primes, voillages, congés, etc)?			→ 50		
10- Existe-t-il un support d'information papier, informatique, permettant d'informer le personnel sur la vie de son service ou de l'entreprise?				→ 75	

Date : 27/05/2021

Tableau III.18 – Stratégie d'utilisation des prestataires extérieurs

9- Strategie d'utilisation des prestataires	Points totale	550			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Le taux d'appel à sous-traitance fait-il partie d'une démarche stratégique permanente ?		↘ 25			
2- Le taux d'appel à la sous-traitance est-il jugé satisfaisant pour hisser la charge de travail?	↓ 0				
3- Existe-t-il une procédure de qualification de l'évaluation des entreprises prestataires?			↗ 75		
4- Le service d'achats et la maintenance maîtrisent-ils parfaitement toutes les formes contractuelles (règles contrôlée, forfait, bordereaux, résultats) ?				↑ 100	
5- Le service maintenance est-il organisé pour gérer les contrats des prestataires ?				↑ 100	
6- Existe-t-il une procédure permettant de conserver la connaissance acquise par les sous-traitants dans l'entreprise ?		↗ 50			
7- Existe-t-il une démarche de réception des interventions réalisées par les prestataires ?				↑ 100	
8- Existe-t-il une démarche d'audit des interventions réalisées par les prestataires ?			↗ 75		
9- La sous-traitance est-elle utilisée pour réduire les frais de fonctionnement de la maintenance ?		↘ 25			

Date : 27/05/2021

Tableau III.19 – Système d'information et utilisation de l'informatique

10- Système d'information et utilisation de l'informatique	Points totale	100			
Questions	0%	25%	50%	75%	100%
1- Le programme d'amélioration de l'efficacité de la maintenance est-il supporté par un système d'information efficace ?	↓ 0				
2- La maintenance utilise-t-elle la GMAO?	↓ 0				
3- La gestion des stocks est-elle informatisée?			↑ 50		
4- La gestion de la documentation est-elle informatisée?	↓ 0				
5- La maintenance possède-t-elle un système de CAO pour la réalisation de gammes et schémas ?	↓ 0				
6- L'analyse des incidents est-elle informatisée ?	↓ 0				
7- Les tableaux de bords sont-ils informatisés et présenté sous forme de graphes?			↑ 50		
8- La maintenance utilise-t-elle des applications informatiques spécifiques (logiciels de simulations, AMDEC, S EXPERTS) ?	↓ 0				

III.3.3.2 Résultats global d'efficacité des activités de la maintenance

Tableau III.20 – les résultats des questionnaires

	Points	Maximum possible	Résultats en %
1-Définion des missions et responsabilité de l'organisation de la maintenance	825	1000	83%
2-Méthode de travail	550	900	61%
3-Préparation de la réalisation des opérations	850	1000	85%
4-Réalisation des opérations de maintenance	700	900	78%
5-Gestion et tenue des PR	550	1000	55%
6-Contrôle des coûts globaux	700	1000	70%
7-Interface de la maintenance avec les autres services	575	1000	58%
8-Ressoures humaines et animation	675	1000	68%
9-Stratégie d'utilisation des prestataires extérieurs	550	900	61%
10-Système d'information et utilisation de l'informatique	100,00	800	13%
TOTALE	6075	9500	64%

Représentation graphique de résultats :

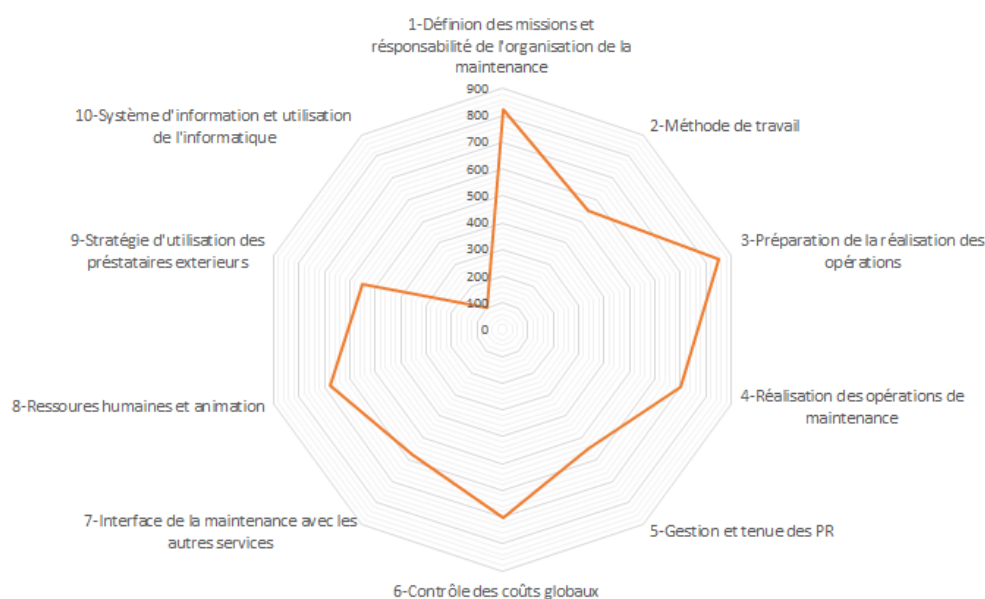


Figure III.11 – Évaluation de la fonction maintenance

III.3.3.3 Commentaire sur les résultats

Cette étude a permis d'identifier clairement les domaines où le plan d'action de la maintenance présente des faiblesses par rapports aux autres domaines.

Les domaines où le pourcentage de satisfaction est inférieur à celui du score total qui est 64% présentent des faiblesses et par conséquent nécessitent des améliorations. Ces domaines sont :

- Système d'information et utilisation de l'informatique : 13% .
- Gestion et tenue des PR : 55%.
- Interface de la maintenance avec les autres services : 58%.
- Méthode de travail : 61%.
- Stratégie d'utilisation des prestataires extérieurs 61%.

Pour remédier à ces points faibles, les responsables de l'UPT doivent prendre des décisions efficaces pour améliorer les procédures et méthodes de travail. Des efforts important doivent être concentrés pour l'amélioration du système informatique ainsi que la gestion de pièces des rechange. Nous leur proposons, par exemple de mettre en oeuvre un progiciel informatique comme la GMAO, et d'utiliser les méthodes de travail de la boîte outils LEAN.

III.3.4 Diagnostic de la gestion des processus de maintenance de UPT avec la méthode ISHIKAWA

Dans le but d'identifier les causes racines des problèmes de la gestion du processus de la maintenance de l'UPT, et afin de les corriger et les optimiser, une étude qualitative de ISHIKAWA à été réalisée.

Le diagramme ISHIKAWA (cause/effets) permet de visualiser les problèmes, d'identifier les moyens et les ressources nécessaires ainsi que les actions à entreprendre pour réussir l'optimisation de la gestion des processus de la maintenance de l'UPT.

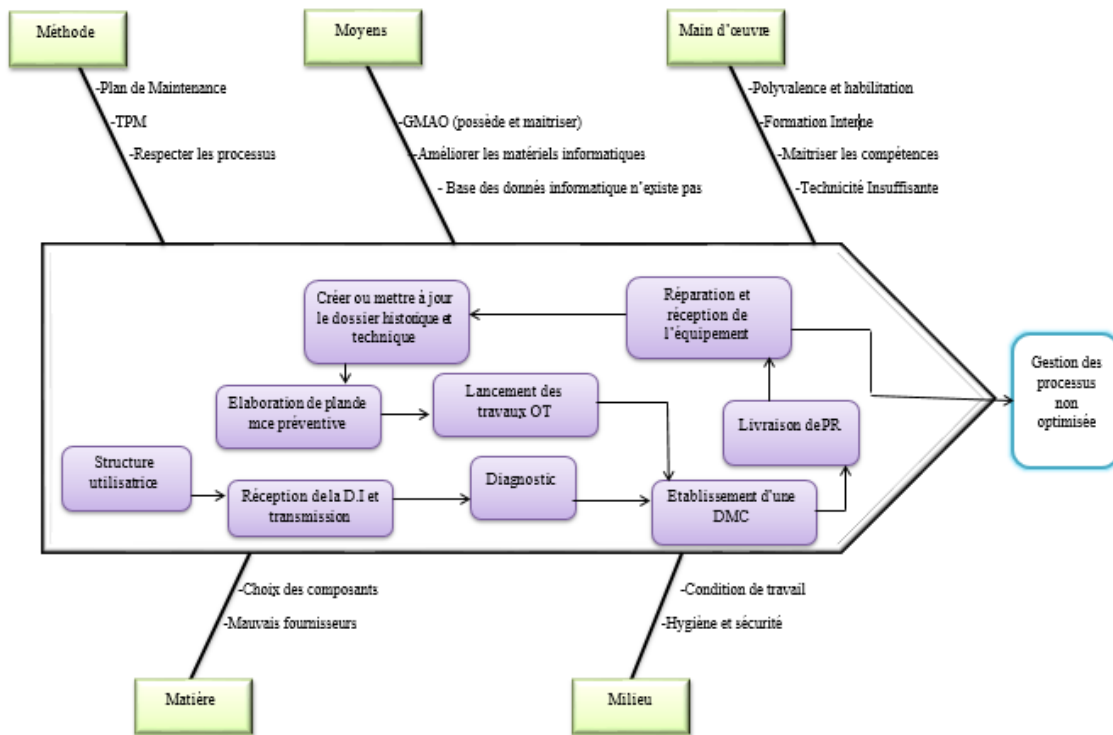


Figure III.12 – Diagramme Cause-Effets (ISHIKAWA).

III.4 Conclusion

Tout au long de ce chapitre nous avons présenté l'entreprise ENIEM, ses différentes unités de production et l'unité de prestation technique au sein de laquelle nous avons effectué notre stage. Nous avons également présenté les différents processus de maintenance préventive et curative, ainsi que la circulation des flux internes entre les différents services. Nous avons aussi réalisé une étude qualitative et quantitative appliquée au service maintenance de UPT.

Dans le chapitre suivant, nous allons exprimer les besoins de maintenance de l'UPT, remplir le cahier de charge et faire une simulation sur un logiciel GMAO.

Chapitre IV

Application sur le logiciel ManageMaint4 de GMAO

IV.1 Introduction

Ce chapitre est présenté en trois parties. Dans la première partie, nous présentons une analyse des besoins du système GMAO. Nous utilisons l'analyse fonctionnelle externe et interne. La seconde partie on exprimons les besoins de la qualité finale de produits GMAO, à l'aide d'un cahier de charges. Dans la troisième partie nous réalisons des tests de simulation avec le logiciel Manage-Maint4.

IV.2 Analyse des besoin du système

Une analyse fonctionnelle a été effectuée pour permettre de définir les besoins et toutes les fonctions de notre système GMAO.

IV.2.1 Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit placé dans un système pour satisfaire les besoins de son utilisateur. Elle est divisée en deux parties :

- **Analyse fonctionnelle externe (ou expression fonctionnelle du besoin)** : elle exprime le point de vue du client utilisateur et met en évidence les fonctions de service.
- **Analyse fonctionnelle interne** : Elle exprime le point de vue du concepteur réalisateur du produit.

IV.2.1.1 Analyse Fonctionnelle externe

1. **Définition du besoin (diagramme bête à corne)** : Le tableau ci-dessous regroupe les questions de la méthode bête à corne avec ses réponses

Tableau IV.1 – Tableau du diagramme bête à corne

Question	Réponses
A qui (à quoi) rend-il service ?	Membres de service maintenance.
Sur qui agit-il ?	Sur la gestion de maintenance de l'entreprise.
Dans quel but ? (pourquoi ?)	Pour l'aide à gérer , programmer et informatiser la gestion de maintenance.

Le Tableau IV.1 se traduit par le diagramme bête à corne représenté dans la Figure IV.1 ci-dessous :

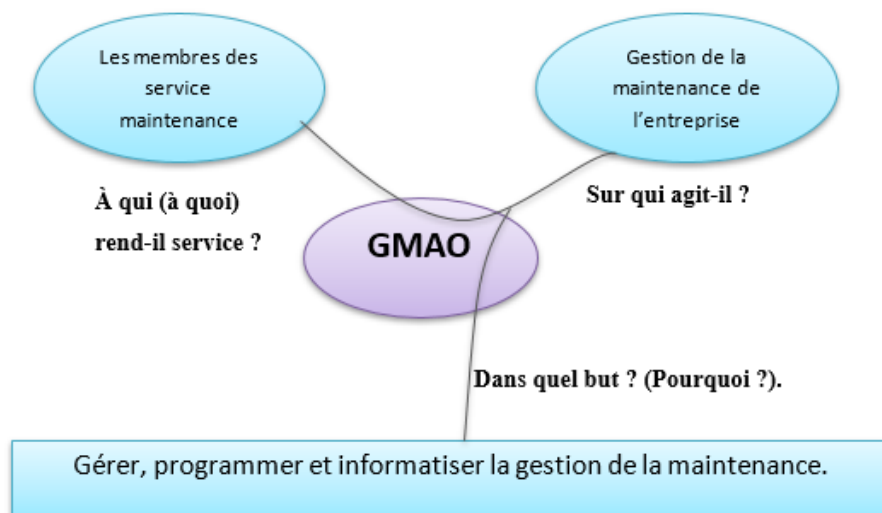


Figure IV.1 – Diagramme Bête à corne

Un système GMAO rend service aux membres de service maintenance en informatisant la gestion de maintenance de l'entreprise pour l'aider à gérer et programmer sa maintenance.

2. **Identification des fonctions (diagramme des intégrateurs, diagramme de pieuvre)** :

La Figure IV.2 représente le diagramme de pieuvre du système GMAO :

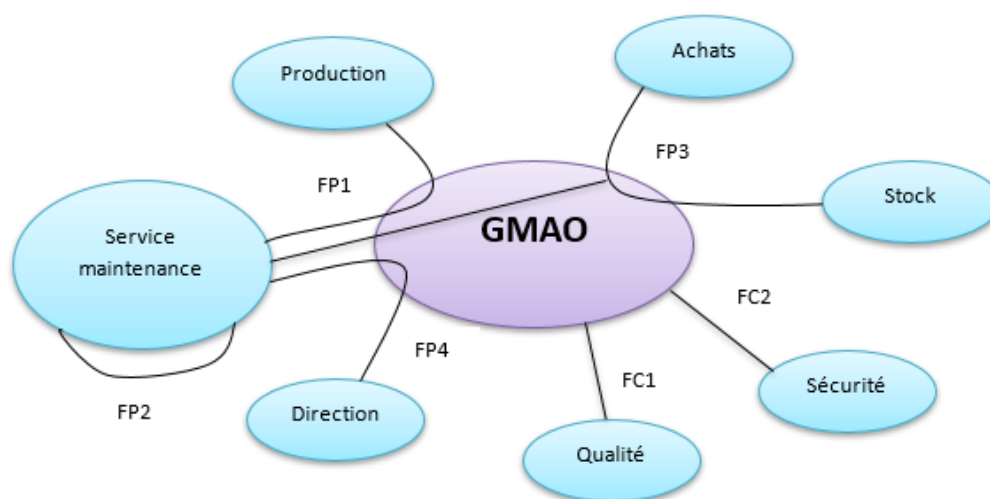


Figure IV.2 – Diagramme de pieuvre

Le Tableau IV.2 ci-dessous représente les définitions des fonctions principales et contraintes du diagramme de pieuvre :

Tableau IV.2 – Définitions des fonctions

Fonction	Définition
FP1	Assurer la fonctionnement de la production et sa continuité
FP2	Répondre à les demandes d'intervention et ordres du travail
FP3	Approvisionner les pièces de rechange et gérer ses achats et assurer leur existante dans les magasins de stock pour la démarche des services de maintenance
FP4	Relier la service maintenance et la direction avec montrer les objectifs annuels de la service en trouvant des méthodes pour les améliorer
FC1	Assurer le respect de la norme dans chaque opération dans la service maintenance et la qualité des sorties
FC2	Respecter les normes et les instructions du sécurité

FP : Fonction principale

FC : Fonction contrainte

IV.2.1.2 Analyse fonctionnelle interne

La méthode SADT

— Modélisation A-0

La Figure IV.3 ci-dessous représente la modélisation A-0 de la méthode SADT de notre système GMAO :

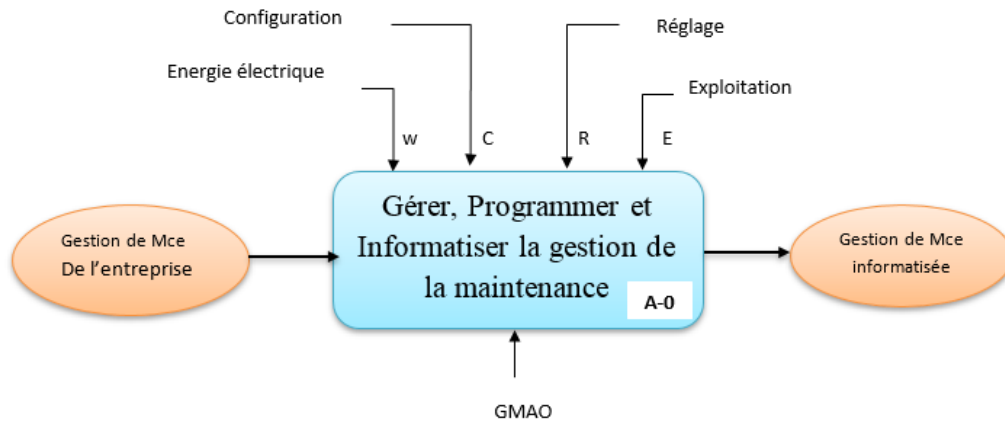


Figure IV.3 – Modélisation A-0.

IV.2.2 Cahier des charges

Avant de remplir le cahier de charge il faut bien prendre en considérations la contrainte d'inadéquation entre le Système informatique, qui est la GMAO dans notre cas, et les besoins de l'entreprise ciblée.

La Figure IV.4 ci-dessous représente la relation entre le système informatique et les besoins de l'entreprise.

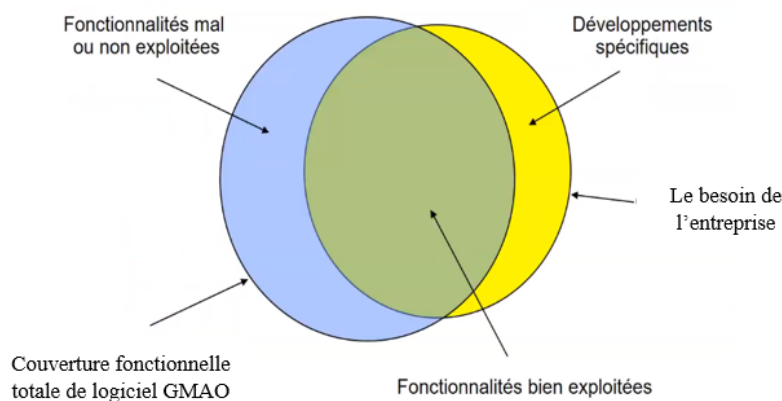


Figure IV.4 – Inadéquation entre le SI et les besoins de l'entreprise [39].

Le cahier de charge est un document sur lequel le demandeur exprime au concepteur, avec précision, les besoins à satisfaire. Il contribue à la qualité finale du produit. En exploitant le diagramme bête à cornes et le diagramme pieuvre de l'analyse fonctionnelle et le SADT(A-0), ainsi que notre études effectuée dans le (Chapitre III.3), avec le modèle de Jean-Pierre Vernier [57], nous avons rempli le cahier des charges.

IV.2.2.1 Présentation de la société Cliente

Voir chapitre III

IV.2.2.2 Exigences techniques

- SGBD ;
- matériels informatiques ;
- réseaux internet disponible.

IV.2.2.3 Exigences organique

Exigences	Oui	Partiel	Non
Multi-site avec définition centralisée des règles de communication interdite	X		
Possibilité de paramétrer les droits d'accès inter-sites selon le groupe utilisateur et selon le type de données et le type de droit • exp : Consultation d'un magasin d'un autre site.	X		
Menus configurables selon les groupes d'utilisateurs			X
Menus peuvent être configurables selon les sites			X
Droits d'accès aux données paramétrables selon les groupes d'utilisateurs ou utilisateurs		X	
Filtres à la disposition d'utilisateurs	X		
Possibilité de personnalisation du vocabulaire (modification d'un terme sur tous les champs : exemple « remplacer BT par OT dans tous les textes d'écran »)			X
Possibilité de rendre des champs obligatoires	X		
Possibilité d'ajout de champs : dans la base des données		X	
Possibilité d'ajouté de champs : dans les écrans			X
Possibilité d'ajouté de champs avec des tables associées			X
Possibilité de personnaliser les fiches équipements ou articles selon certains critères (Exemple : caractéristiques techniques différentes selon la famille)		X	
Listes des pannes, symptômes spécifiques à l'équipement concerné	X		
Possibilité de créer de nouveaux statuts (pour les DA, OT ... etc)		X	
Mécanisme de Workflow pour suivre les changements de statuts des fiches (selon les groupes d'utilisateurs)			X
Possibilité de supprimer des onglets		X	

Possibilité de dupliquer une fonction et de la personnaliser		X	
Module d'import de données	X		
Export et import de données sous Excel	X		
Générateur d'état, analyses, ... etc.	X		
Générateur paramétrable d'e-mails automatiques		X	
Traçabilité sur la date/heure et login concerné sur les changements des statuts	X		
Valorisation PMP	X		
Valorisation au dernier prix connu	X		

Tableau IV.3 – Tableau des exigences organiques

IV.2.2.4 Exigences fonctionnelles

■ Demande d'intervention

Objectifs : adresser une action à la maintenance.

Personnes concernées : tout demandeur d'une action à la maintenance.

Exigences	Oui	Partiel	Non
Le demandeur accède à l'application par un mot de passe.	X		
Il sélectionne l'équipement en ayant accès à une arborescence.	X		
Le logiciel indique les demandes en cours sur l'équipement sélectionné	X		
Il peut indiquer la date souhaitée de réalisation	X		
Le logiciel enregistre la date et l'heure de saisie, non modifiable		X	
Il sélectionne la criticité de l'intervention (exemple : production arrêtée, sécurité ...)	X		
Le statut de la demande devient demande en cours	X		
Il doit être possible au demandeur de suivre le déroulement ou la prise en compte de sa demande	X		

Tableau IV.4 – Tableau concernant les DT

■ Réception et tri de Demande d'intervention

Objectifs : réceptionner, trier, refuser ou ré-adresser les DI.

Personnes concernées : Responsable de maintenance, service méthode maintenance, personne autorisée.

Exigences	Oui	Partiel	Non
-----------	-----	---------	-----

Accès direct après le mot de passe, à une boîte de réception contenant toutes les tâches à réaliser ;	X		
Un clic sur la DI permet de voir les OT's associés s'il y en a	X		
Réadressage éventuel de la DI à un autre service (comme les méthodes, l'informatique ou l'entretien) avec envoi automatique d'un mail au service concerné et copie au demandeur, et passage au statut « Réadressage »	X		
Vérification de redondances et dans ce cas, refus de la demande redondé avec statut « Refusée »	X		
Passage au statut « Refusée » de la DI avec justificatifs dans le texte libre	X		
Passage au statut « À préparer » ou « À lancer » quand on peut intervenir tout de suite. Cela donne lieu à la création en automatique d'un OT		X	
Avoir un avertissement si une DI ou un OT est déjà en cours sur cet équipement			X

Tableau IV.5 – Tableau concernant les tri de de DT

■ Préparation/planification/lancement d'un OT

Objectifs : gestion interventions avec ou sans DI préalable.

Personnes concernées : Responsable de maintenance, service méthode maintenance, intervenants de maintenance.

Exigences	Oui	Partiel	Non
Selon l'équipement, les consigne de sécurité sont éditées automatiquement et l'OT est imprimé	X		
L'intervenant passe le statut de l'OT « en attente » s'il est bloqué sur manque de PR, l'OT repasse en statut « lancé » quand la PR est disponible pour l'OT	X		
Seul le responsable de la maintenance peut revenir sur un OT clôturé pour modifier cet OT			X
La préparateur sélectionne une DI « À préparer » et se positionne sur l'OT correspondant ou crée directement un OT	X		

L'OT crée à partir d'une DI reprendre automatiquement les informations de la DI (demandeur, date de création de la DI, code symptôme, équipement, criticité), ces informations étant modifiables sauf la date de la demande et demandeur	X		
Onglet pièces (matériel) : Sélection des pièces détachées ; le logiciel propose la liste des pièces au travers de nomenclature de l'équipement concerné ou en recherchant dans (le magasin centrale + le magasin par site avec un casier par stock « individuel » pour qu'il soit connu)	X		
La recherche d'une pièce doit pouvoir se faire sur plusieurs codes (code fournisseur, code interne, code fabricant) et par mot clef	X		
Pouvoir visualiser sur un seul écran la présence de la pièce dans tous les magasins de tous les sites		X	
Le logiciel propose des dates au plus tôt en fonction de la disponibilité des ressources : matériel, personnel ou prestataire avec prise en compte des commandes en cours avec date prévue de livraison	X		
Le logiciel propose une planification des OT, avec possibilité de modifier la planification proposée par glissement des OT graphiquement			X
Le planificateur passe l'OT en statut « planifié ». La DI passe automatiquement en statut « planifiée »	X		
Vérification des disponibilités (matériel et ressources),	X		
L'OT passe en statut « lancé »	X		
Impression des OT's	X		
La DI à l'origine de l'OT passe automatiquement en statut « lancée » quand tous les OT's associés à cet DI sont lancés	X		

Tableau IV.6 – Tableau (préparation/planification/lancement) de OT

■ Création et planification de plan de maintenance préventive

Objectifs : Préparer et planifier les interventions du PMP .

Personnes concernées : Responsable de maintenance, service méthode maintenance.

Exigences	Oui	Partiel	Non
-----------	-----	---------	-----

Création du plan de maintenance préventive : définition de ce qu'il y a à faire, la périodicité	X		
L'en tête du PMP doit comprendre ; • Périodicité calendaire ; • date de dernière réalisation • date de prochaine réalisation • mode de calcul (fixe ou flottant : date réel ou théorique) • case à cocher si l'équipement doit être arrêté	X		
Autre onglets : Les équipements concernés avec possibilité d'échelonner les interventions			X
Les opérations à réaliser	X		
Le coût du plan doit être réparti sur les différents équipements		X	
À la périodicité voulue, le logiciel crée automatiquement l'OT en reprenant ces informations, l'OT sera alors en statut « À préparer »	X		
Cet OT suit ensuite le même processus de traitement que les autres OT's	X		

Tableau IV.7 – Tableau concernant la création et la planification de PMP

■ Fonctions concernant les achats

Objectifs : Gestion des achats.

Personnes concernées : Responsable de maintenance, service méthode maintenance, magasinier.

Exigences	Oui	Partiel	Non
Construction de la demande de prix	X		
Traitement de la demande de prix	X		
Le logiciel maintient une liste des demandes de prix sans réponse, triée par ordre de demande de prix chronologique	X		
Le logiciel permet de consulter l'OT concerné ou la fiche de stock concernée, il calculera automatiquement le montant total de la DA			X
Quand la DA est validée dans le logiciel d'achats, elle donne lieu à l'émission d'une commande vers le fournisseur avec le même numéro de DA, par le logiciel d'achats			X

L'intervenant analyse l'impact des postes refusés sur les OT en préparation ou sur l'état des stocks. Après négociation, il pourra faire une autre DA pour couvrir la demande de pièce			X
L'intervenant doit pouvoir suivre les commandes totalement ou partiellement en retard. Selon plusieurs critères, le logiciel doit permettre de consulter les commandes et postes associés, ainsi que les OT's concernés. L'intervenant remplacera les fournisseurs en conséquence		X	

Tableau IV.8 – Tableau concernant la gestion des d'achats

■ Fonctions concernant le magasin

Objectifs : Gestion du magasin(s) dans GMAO.

Personnes concernées : Responsable de maintenance, service méthode maintenance, magasinier.

Exigences	Oui	Partiel	Non
Fiche code pièce constructeur (code article renommé)	X		
Onglet magasin(s) du site	X		
Onglet fournisseurs	X		
Le logiciel indique la liste des PRs avec les casier de stock et la quantité attendue en stock	X		
Sortie PR sur un OT préparé	X		
Sortie PR avec transfert sur un autre magasin			X
Le logiciel met à jour le stock et recalcule le coût imputé à l'OT	X		

Tableau IV.9 – Tableau concernant les exigences de magasin

IV.3 Développement sur le logiciel ManageMaint4

IV.3.1 Présentation de logiciel

ManageMaint est un logiciel développé par L'entreprise AS-Informatique, C'est un logiciel pour gérer la maintenance d'un parc machines. Cette GMAO permet un suivi des différentes interventions à réaliser/réalisées au sein de l'entreprise, que ce soit des interventions préventives, ou correctives [58].

La Figure IV.5 représente l'interface de logiciel ManageMaint4.

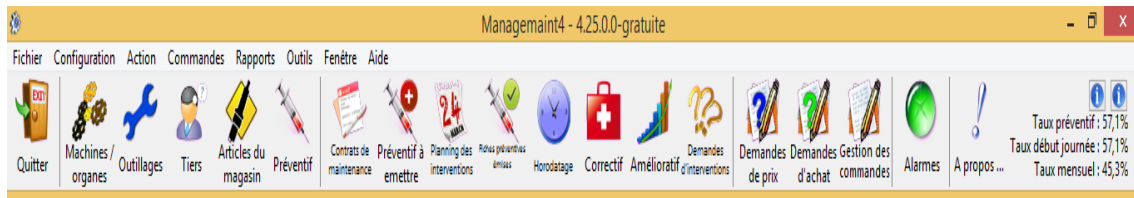


Figure IV.5 – L'interface de logiciel.

IV.3.2 Simulation avec l'outil GMAO (Manage-maint4)

Descriptions des fenêtres et leurs fonctionnalités.

Les figures ci-dessous représente des tests simulations avec l'outil GMAO (ManageMaint4) sur le service maintenance de unité prestation technique.

- Fenêtre d'exploitation d'arborescence

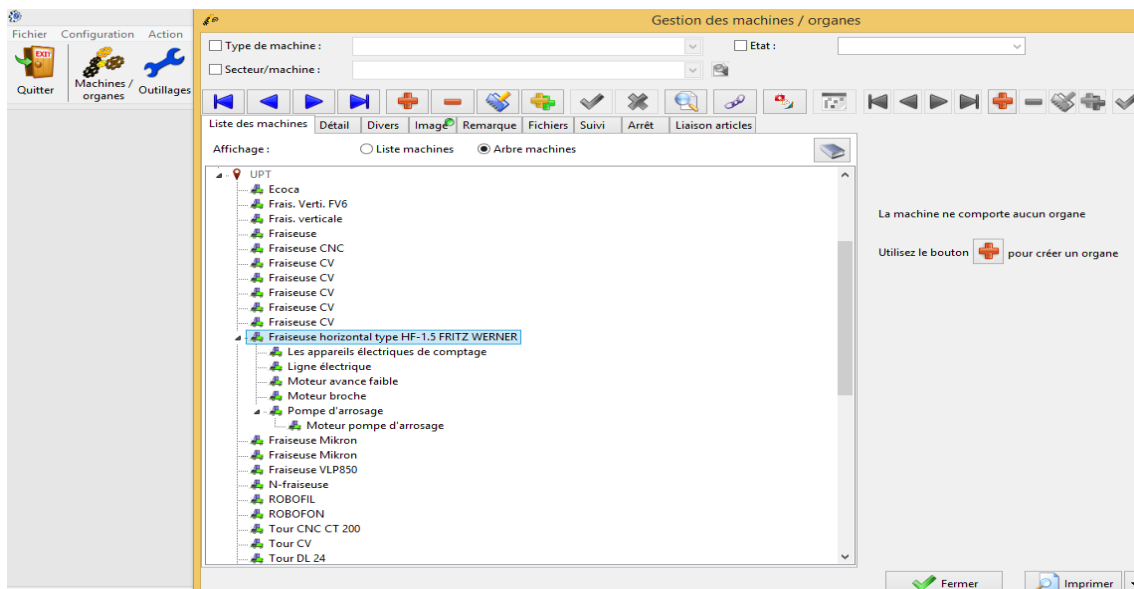
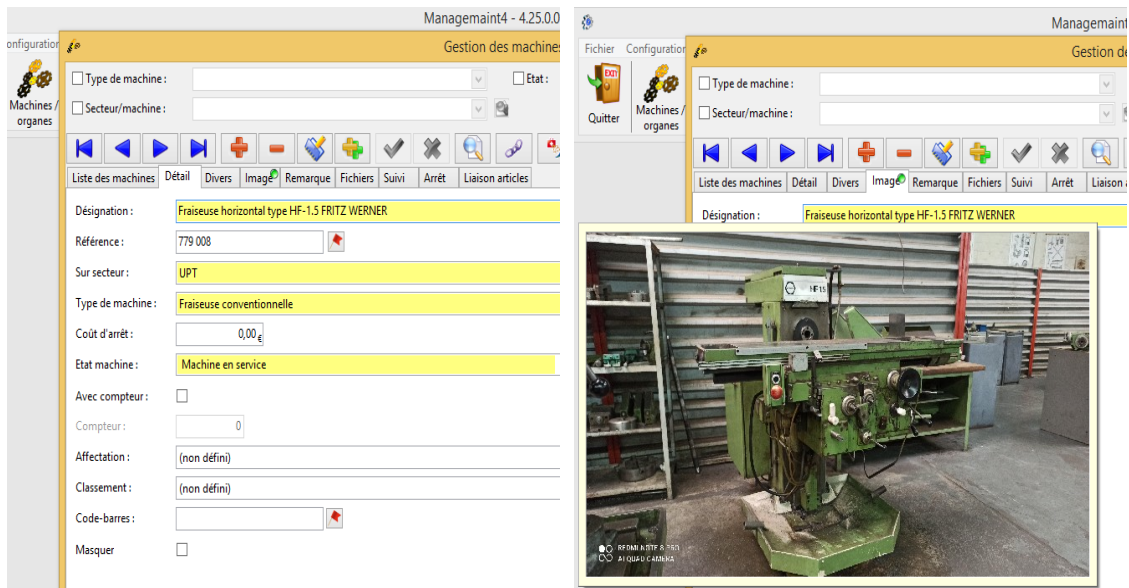


Figure IV.6 – L'arborescence d'atelier centrale de UPT.

L'arborescence représente des sous ensemble d'un bien à maintenir situé dans son environnement géographique et opérationnel. Elle permet de développer les données sous forme :

- division
 - centre de frais
 - équipement
 - Organe

• Fenêtre Machines/organes



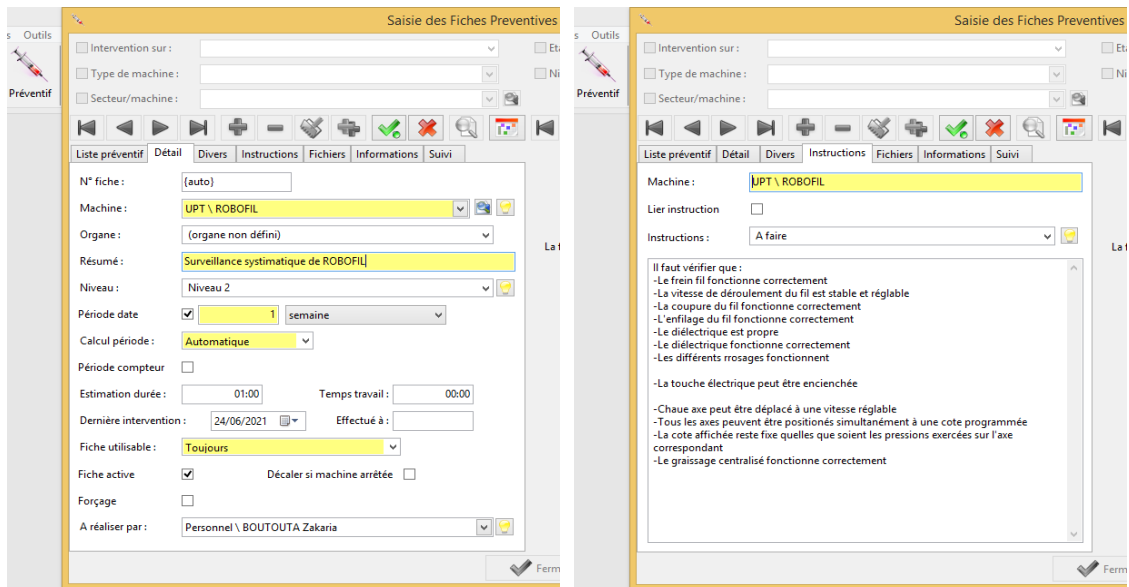
(a) Informations sur la fraiseuse HF1.5

(b) Image de la fraiseuse HF1.5 sur logiciel

Figure IV.7 – Détail sur la Fraiseuse HF1.5 de l'atelier centrale.

• Fiche de maintenance préventive

Exemple sur le ROBOFIL :

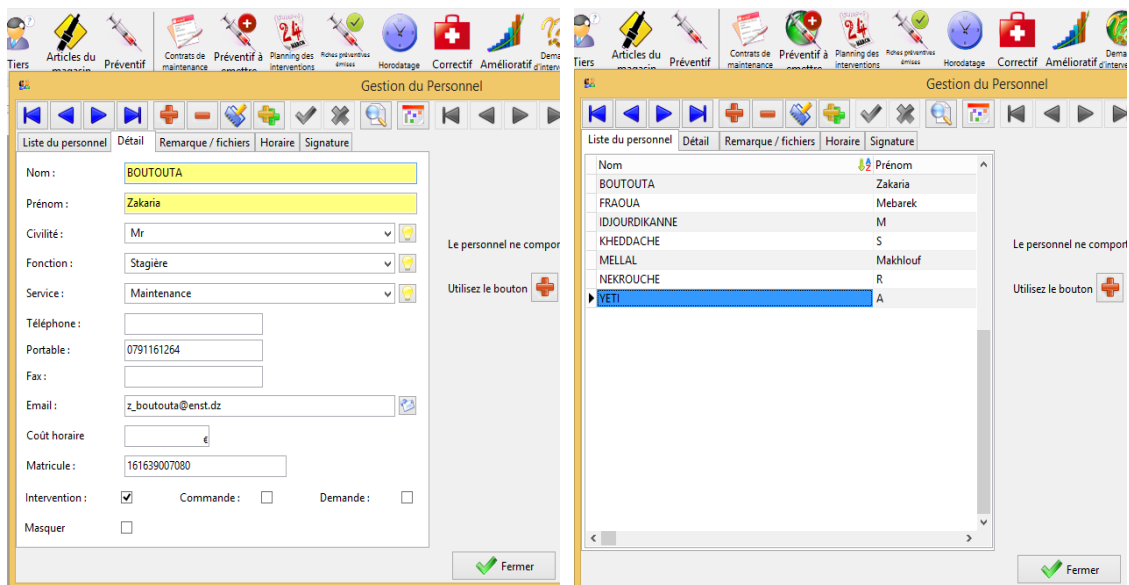


(a) Détail sur l'intervention

(b) Les instructions

Figure IV.8 – Planification d'une intervention préventive hebdomadaire sur le ROBOFIL.

• Fiche intervenant



(a) Informations d'un personnel recruté

(b) Liste du personnels de UPT

Figure IV.9 – Gestion du personnels dans GMAO

• Fiche de BT/OT

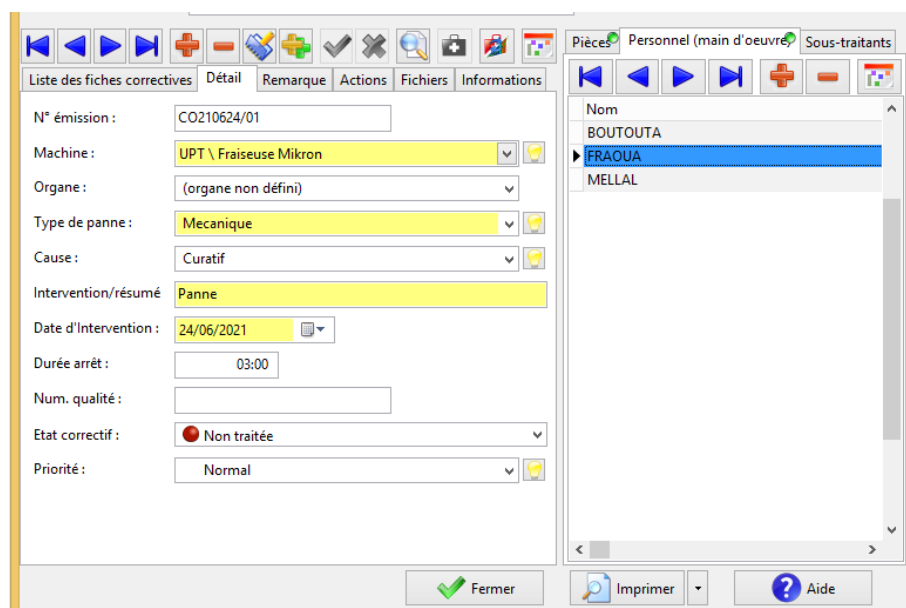


Figure IV.10 – Exemple de réalisation d'un OT dans la GMAO

- Demande d'intervention

Nouvelle demande d'intervention

Machine : TOUR Universel CAZENEUVE

Organe : (organe non défini)

N° demande : {auto}

Date demande : 24/06/2021

Demandeur : FRAOUA Mebarek

Durée arrêt (h) : 00:30

A réaliser par : Personnel \ BOUTOUTA Zakaria

Type de panne : Electrique

Cause : Curatif

Intervention/résumé : Panne

Remarque : L'alimentation électrique de tour cesse durant le démarrage.
Problème répétitive.

☒ Afficher l'écran des demandes d'intervention

Valider Annuler

Figure IV.11 – Exemple de DI/DT dans la GMAO, demandé par Mr FRAOUA et réalisé par Mr BOUTOUTA

- Gestion de stock

Managemaint4 - 4.25.0.0-gratuite

Gestion du Magasin

☐ Fournisseur : ☐ Famille : ☐ Classification : ☐ Emplacement : ☐ Référence interne :

☐ Désignation : ☐ Réf. fournisseur : ☐ Réf. fabricant :

☐ Inventaire ☐ Commande ☐ Important

☐ Alerte ☐ Alerte prévu ☐ Stock mini ☐ Mini prévu

Liste des articles du magasin

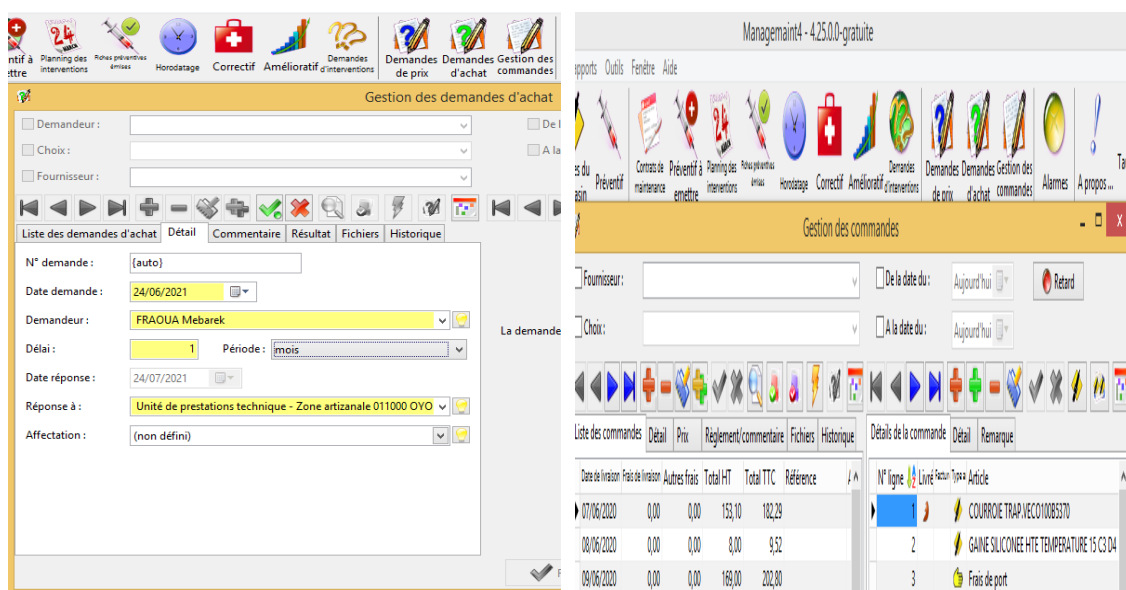
Type d	Désignation	Référence	Emplacement
▶	CONNECTEUR 16 POLES HE Interieur femelle	0141034	Rayon n°1
▶	COURROIE TRAP. VECO100B5370	0402067	Rayon n°2
▶	GAINE SILICONEE HTE TEMPERATURE 15 C3 D4	0243021	Rayon n°3
▶	INTERIEUR FEMELLE HTS 24 POLES	0141041	Rayon n°1
▶	INTERIEUR MALE 24 HTS	0141040	Rayon n°1
▶	Relais 19		
▶	RELAIS STATIQUE CARLO GAVAZZI	RA4090-D08 DS24	Rayon n°4

Liste des fournisseurs

Fournisseur
▶ MOT INDUSTRIE

Figure IV.12 – Vérification l'état du stock dans le magasin

- Gestion des achats et des approvisionnements



(a) Realisation d'un DA

(b) Consultations des prix des PR's

Figure IV.13 – Gestion des achats et des approvisionnements

IV.4 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons exposé les différents besoins auxquels doit répondre le projet GMAO à réaliser ainsi que les principales lignes de sa réussite. Nous avons également réalisé quelques simulations et tests sur le logiciel ManageMaint4.

Conclusions générales et perspectives

Au terme de cette étude, et après avoir pris connaissance l'état de l'organisation du service maintenance de UPT au sein de l'entreprise ENIEM et suite à l'analyse et au diagnostic, que nous avons réalisés, nous concluons qu' il existe plusieurs anomalies dans le fonctionnement de ce service.

Nous avons évalué d'une façon quantitative l'état de la sûreté de fonctionnement des équipements de l'atelier centrale par des calculs de fiabilité ,disponibilité, maintenabilité, pour cela nous avons appliqué une méthode de diagnostic sous forme d'un audit pour évaluer le degré de réalisation des fonctions analysées de l'organisation globale de la maintenance. Nous avons terminé notre étude par le diagramme d'ISHIKAWA, dans le but d'identifier les causes racines des problèmes de la gestion du processus de service maintenance de UPT.

Nous avons remarqué que le problème majeur de ce service maintenance est de ne pas exploiter le développement informatique et de travailler seulement avec une méthode de gestion de la maintenance traditionnelle, cette façon de faire engendre autres problèmes et des difficultés dans la gestion des PR, du gestion de la documentation, gestion du personnel, gestion des équipements, gestion des coûts... etc.

Avec l'évolution des nouvelles technologie et de la maintenance informatisée, au vue des besoins clientèle qui ne cessent d'évaluer, cet état de fait a poussé les responsables à réfléchir sérieusement à la situation, et à envisager l'utilisation de l'outil informatique et intégrer des progiciel ERPs tel que le logiciel GMAO etant donné que la GMAO représente la mémoire du savoir faire qui est partager entre les personnels des différents sites de maintenance et permet au ainsi qu'avec les fonctionnalités de l'outil GMAO, les personnels ont la capacitéen en utilisant ses fonctionnalites de trouver rapidement l'information utile.

La GMAO doit répondre aux besoins quotidiens des personnels de maintenance, il permettre de réaliser des interventions sur des équipements avec le maximum d'efficacité.

Pour préciser les besoins de UPT en terme de l'outil GMAO qui doit être conforme avec la politique de gestion de la maintenance en UPT, nous avons faite une analyse fonctionnelle, qui nous permet après de remplir le cahier de charges, en

prenant en considération les différents contraintes.

À la fin de cette étude, nous avons faite une simulation et des essais et des tests a l'aide d'un logiciel ManageMaint4 (version gratuit) afin de montrer la facilité de saisir, transmettre, stocker, retrouver, manipuler et traiter l'information qui concerne un ou plusieurs processus de gestion, par-rapport a la gestion traditionnel.

Perspectives

L'étude effectuée dans ce mémoire représente un potentiel considérable vue la relation d'interdépendance entre la maintenance et la production, et son impact sur le processus décisionnel afin d'améliorer la productivité de l'entreprise ENIEM et d'assurer la pérennité de leur systèmes de production à l'aide d'un outil informatique moderne qui est le GMAO.

Ce domaine reste très vaste et son importance ne cesse pas de croître. Cependant, les systèmes de production sont très complexes et les critères liés à leur gestion sont généralement antagoniste avec ceux de la maintenance. Par conséquent, notre travail doit être enrichi en proposant d'autres solutions :

- A court terme, nous envisagerons de développer la maintenance traditionnelle au sein de l'entreprise ENIEM avant d'informatiser la maintenance. Ceci nécessite d'abord de maîtriser et organiser le travail avec les méthodes de boîte d'outils LEAN.
- Nous proposons après, de faire une étude de selection des éditeurs qui sont capables de fournir un logiciel confort avec les besoins cités au cahier des charges au moindre coût possible.
- Une planification de réalisation d'un projet GMAO à l'aide de l'outil MS Project permet aux planificateurs de planifier et piloter le projet, il permet également de gérer les ressources, ainsi que suivi l'état d'avancement et d'analyser et communiquer les données de projet.
- A long terme, les informaticiens de ENIEM, au coordination avec les experts maintenanciers de l'ENIEM, peuvent faire une conception d'un nouveau logiciel GMAO, conforme avec la gestion de la maintenance au sein de l'ENIEM.

Annexe A

Liste des principaux éditeurs de GMAO industrielle

Tableau A.1 – Tableau de Liste des éditeurs de GMAO [61]

• Asset suite (ex Indus) • Ventyx France • 1 Place Charles-de-Gaulle • 78180 MONTIGNY-LE-BRETONNEUX • Tél- : +33 1 39 30 17 17	• AQ Manager • BCS • 8 rue de Maréchal Delattre-de-Tassigny • 59000 LILLE • Tél- : +33 59 00 90 26
• Altaïr • DSD Système • 26 avenue des Fleurs • 59110 LA MADELEINE • Tél- : 03 20 51 47 29	• Axel Industrie et Maxmaint • Dimo gestion • 127 chemin Vert - Parc Sans-Souci • 69760 LIMONEST • Tél- : 04 72 86 01 98
• Carl • Carl international • 283 rue de l'Étang • 69578 LIMONEST • Tél- : 04 26 29 49 49	• Coswin • Siveco • BP 41 • 78185 ST-QUENTIN-EN-YVELINES • Tél- : 01 30 45 98 80
• Optimaint • Apisoft • 5 rue de tertre • 44477 CARQUEFOU • Tél- : 02 40 25 15 16	• Mainta • Apave alsacienne • 2 rue Thiers • 68100 MULHOUSE • Tél- : 03 89 46 43 11

Annexe B

Explications des méthodes et des outils de maintenance [22]

Kaisen : Cette démarche japonaise repose sur des petites améliorations faites au quotidien, constamment.

Kanban : Introduite chez Toyota dans les années 50, la méthode Kanban visait à améliorer la production en se basant sur le juste-à-temps et sur des processus évolutifs.

Hoshin : c'est un système de management qui permet de consacrer tous ses efforts et toutes ses ressources à la réalisation rapide d'un objectif.

Benchmarking : C'est moyen de comparaison quantitatif et/ou qualitatif de performance avec un référentiel.

Brainstorming : Cette méthode à pour but de produire un grand nombre d'idées sur un thème donné. Elle favorise la créativité des participants et permet de faire surgir des idées nouvelles.

POKA YOKE : Un détrompeur (c'est un terme japonais poka-yoke, ou anti-erreur) est un dispositif, généralement mécanique, permettant d'éviter les erreurs d'assemblage, de montage ou de branchement.

MERIDE : Méthode d'évaluation des risques industriels des dysfonctionnement de équipements. Il s'agit de l'évaluation des risques des défaillances des équipements en terme de quantité, délais et qualité des produits, ainsi que leur conséquences sur la sécurité et l'environnement.

Annexe C

Les documents de ENIEM

C.1 Fiche de lubrification

ENIEM		FICHE DE LUBRIFICATION										Document n° 112/	
Unité : P.T.												Etabli le 09 Mars 2002	
Structure : Maintenance												Par : [Signature]	
C.F. : 532												Fonction : C.E. Visa : [Signature]	
Désignation Mach./Equip. : Tour Universel										Sous ensemble		Approuvé par :	
Type : HBX 360 - Année 1991										N° dossier Mach./Equip.		Date :	
N° inventaire : 301 028 - Const. CAZENÈVE												Visa :	
Points de Lubrification										Lubrifiants		Inventaire Mach./Equip. Equivalente	
Pos.	Rép.	Opération à exécuter	Type insér.	Freq.	Cond. Opér.	Nom	Type	Code ENIEM	Qte	Remarques			
GROUPE ELECTRO-POMPE													
01		Graissage Centralisé u)	R/B	H	M		TISKA 55			R/b remplir en cas de besoin			
02		Centre poulie	G	M	M		TESSALA						
03		Mandrin	G	M	M		"						
04		Chariot	G	H	M		"						
05		Tablier	R/B	H	M		TISKA 55		1L				
			V	T	M		"						
06		V3 Transversale	R/B	J	O		"		0,75L				
CENTRAL HYDRAULIQUE													
07		Reservoir principale	R/B	T	M		TISKA 33		30L	Vidange Partielle			
			V	S	M		"			Vidange Totale			
			V	A	M		"						

Figure C.1 – Fiche de lubrification de tour universel

C.2 Demande de travail

ENIEM		DEMANDE DE TRAVAIL		Document n°	
Unité				Etabli le	
Structure				Par	
C.F.				Fonction	
Délai demandé		Imputation		Tél.	
		Plan		Réception	
délai accordé		Nom et Fonction		Date et heure	
				Visa	
Désignation des travaux					
Remarque :					

Figure C.2 – Modèle de DT de l'ENIEM

Figure C.3 – Modèle de OT de l'ENIEM

C.4 Demande d'intervention

Figure C.4 – Modèle de DI de l'ENIEM

C.5 Demande de la mise en consommation

ENIEM

Unité ford

Structure maintenanc

C.F. 73

DEMANDE DE MISE EN CONSOMMATION

Document n°

Etabli le 16/11

Par ... Eq. 133

Fonction S.F. Visa

Imputation

1

- ☐ Matières premières
- ☐ Matières auxiliaires
- ☐ Pièces et composé
- ☐ Surconsommation

- ☒ Pièce de rechange
- ☐ Petit outillage
- ☐ Autre

N°	Code	Désignations	Unité	Quantité	
				Demandes	Livrée
01	60001	fusible	pa	2	20
02	6004	roulement	pa	2	2
03	H00150	flexible	ML	5	37

Observation : pour machine

Figure C.5 – Modèle de DMC de l'ENIEM

C.6 Bon de sortie matière

[illegible]

Figure C.6 – Modèle de BSM de l'ENIEM

C.7 Demande d'achat

[illegible]

Figure C.7 – Modèle de DA de l'ENIEM

C.8 Rapport d'activité

[illegible]

Figure C.8 – Modèle de rapport d'activité de l'ENIEM

Annexe D

Objectifs qualité de UPT en 2021

Unité : Prestations Techniques			Le, 30/03/2021
Département : Maintenance			
Service : Bureau Technique Maintenance			
Objectifs Qualité 2021			
Objectifs	Objectifs 2021	Périodicité d'évaluation	
Taux de réalisation des actions de Maintenance Préventive	≥95 %	Mensuelle	
Taux de panne Chaudières (DW8 & DW13)	≤1 %		
Taux de panne Chaudières SN 160 (N°1&N°2)	≤1 %		
Taux de panne Chaudières SN 25 (N°1 & N°2)	≤1 %		
Taux de panne Compresseurs (N° 1, 2, 3, 4 et 5)	≤1 %		
Taux de panne Machines conventionnelles	≤5 %		
Taux de panne Fours traitement thermique	≤2,5 %		
Taux de panne Machines CNC	≤3 %		
Taux de panne Postes Electriques	≤1		
Taux de panne Chariots Elévateurs Unité Froid	≤6%		
Taux de panne Chariots Unité Cuisson	≤7%		
Taux de panne Chariots Unité Climatiseur	≤8 %		
Taux de panne Chariots UPT	≤13 %		
Taux de panne Chariots Unité Commerciale	≤7%		

Figure D.1 – Objectifs qualité de UPT en 2021

Bibliographie

- [1] : François, Monchy. LES CONCEPTS DE LA MAINTENANCE .In. *MAINTENANCE : Méthodes et organisations*. Paris : Dunod,2010.p 3-4. (ISBN 978-2-10-055061-6).
- [2] : Isabelle, Jeuge-Maynard. *LAROUSSE.FR*. Disponible sur : <<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/maintenance/48704>> (Consulté le 06/05/2021)
- [3] : NORME INTERNATIONALE ISO. « *Systèmes de management de la qualité ? Principes essentiels et vocabulaire* ». ISO 9000 :2000(F). Deuxième édition : 2000-12-15.
- [4] : Jean-Pierre, Vernier. Définitions . In.*Aide-mémoire maintenance et GMAO : -Tableaux de bord -Organisation -Procédures*. Paris : Dunod, 2010. p 1 (ISBN 978 210 054016 7)
- [5] : Jean-Paul, SOURIS. CHAPITRE 7 .in. *Le guide du parfait responsable maintenance : Assurer l'efficacité, la qualité et la rentabilité de sa maintenance industrielle*. Lexitis Éditions. Paris,2010, p119,(ISBN 978-2-36233-011-7)
- [6] : Bennacer Ziane Adrouche et Ouadahi Sofiane. « *Analyse de la gestion de la maintenance au sein du CRM D'AIRE ALGERIE. contribution a l'initiative de l'instalation du GMAO* ».Diplome d'étude universitaire appliqué. Boumerdes, Université M'HAMMED BOUGUERRA,2003, 225 p.
- [7] : Marc, Frédéric. méthodes d'amélioration des processus. in. *METTRE EN OEUVRE UNE GMAO : Maintenance industrielle, Service après-vente, Maintenance immobilière*. Pris : Dunod, Deuxième édition : 2011, p374, (ISBN 978 2 10 054123 2)
- [8] : AFNOR. *Maintenance industrielle : Fonction maintenance. FD X 60-000*. Saint-Denis La Plaine Cedex. mai 2002. 29p.
- [9] : Ivana Rasovska. *Contribution à une méthodologie de capitalisation des connaissances basée sur le raisonnement à partir de cas : Application au diagnostic dans une plateforme d'e-maintenance.. Automatique / Robotique*. Université de Franche-Comté, 2006. Français.

- [10] : Fatime, Ly, SIMEU-ABAZI, Zineb et LEGER, Jean-Baptiste. Terminologie Maintenance : bilan .In . *Groupe de Recherche SPSF : Groupe de travail Maintenance*. sl. sd. Disponible sur <<https://www-ljk.imag.fr/membres/Olivier.Gaudoin/FIMA/TerminologieMaintenance.pdf>>, (consulté le 08/05/2021)
- [11] : François, Monchy. LES CONCEPTS DE LA MAINTENANCE .In. *MAINTENANCE : Méthodes et organisations*. Paris : Dunod, 2010. p 31. (ISBN 978-2-10-055061-6).
- [12] : Jean-Pierre, Vernier. Définitions .In. *Aide-mémoire maintenance et GMAO : -Tableaux de bord -Organisation -Procédures*. Paris : Dunod, 2010. p 4 (ISBN 978 210 054016 7)
- [13] : LY, F., SIMEU-ABAZI, Z., et LEGER, J. B. *Terminologie Maintenance : Bilan*. Groupe de travail « Maintenance » de l'association Diag21, 2006.
- [14] : Jean-Pierre, Vernier. Définitions .In. *Aide-mémoire maintenance et GMAO : -Tableaux de bord -Organisation -Procédures*. Paris : Dunod, 2010. p 3 (ISBN 978 210 054016 7)
- [15] : François, Monchy. LES CONCEPTS DE LA MAINTENANCE .In. *MAINTENANCE : Méthodes et organisations*. Paris : Dunod, 2010. p 8. (ISBN 978-2-10-055061-6).
- [16] : AFNOR, Juin 2001 : « Norme X 60-319 norme européenne ». *Terminologie de la maintenance*.
- [17] : François, Monchy. LES CONCEPTS DE LA MAINTENANCE .In. *MAINTENANCE : Méthodes et organisations*. Paris : Dunod, 2010. p 7. (ISBN 978-2-10-055061-6).
- [18] : S. Guibert, *Étude de l'impact de l'arrêté du 3 mars 2003 sur un CHG*, Stage DESS "TBH", UTC, 03-04 Disponible sur : <http://www.utc.fr/master-qualite/public/publications/qualite_et_biomédical/UTC/dess_tbh/03-04/stages/guibert/Impact_arrete.html>. (Consulté le 08/06/2021)
- [19] : Chafai, mahfoud. CHAPITRE 5 .in. *Management de la maintenance industrielle : -Organisation- Gestion -Méthodes -Techniques Applications -Études de cas*. ÉDITION : 2 07 5559. Office des publications universitaire, 2015, p165-166 ,(ISBN 9789961-0-1806-4)
- [20] : DURELEC TRANSFORMATEURS. *Les niveaux de maintenance*. Disponible sur : <<https://durelectransfo.fr/niveaux-de-maintenance/>> (Consulté le 15/05/2021)
- [21] : Yves, LAVINA. Chapitre 1 .in. *Amélioration continue en maintenance : Techniques d'audit et plan de progrès*. Paris : Dunod, 2005. P12-13. (ISBN 2 10 048892 9)

- [22] : Guillaume, Laloux. *Management de la maintenance selon l'ISO 9001 :2008*. afnor EDITIONS : 2009, p16, (ISBN 978 2 12 4651887)
- [23] : A. Lannoy, *Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement : repères historiques et méthodologiques*, Collection Sciences du risque et du danger, série Notes de synthèse et de recherche, 128p. janvier 2008.
- [24] : Ledoux J., Gaudoin O., *Modélisation aléatoire en fiabilité des logiciels*. Ed Hermes Science Publications, 2007.
- [25] : Romaric, GUILLERM. *Intégration de la Sûreté de Fonctionnement dans les Processus d'Ingénierie Système*. Thèse de doctorat : Systèmes Industriels, Toulouse : l'Université Toulouse III ,2011, 182p.
- [26] : Laprie J.-C., J. Arlat, J.-P. Blanquart, A. Costes, Y. Crouzet, Y. Deswarte, J.-C. Fabre, H. Guillermain, M. Kaâniche, K. Kanoun, C. Mazet, D. Powell, C. Rabéjac, P. Thévenod, *Guide de la sûreté de fonctionnement*, Editions Cépaduès, Toulouse, mai 1995, 369 p.
- [27] : Avizienis A., J.-C. Laprie, B. Randell, et C. Landwehr, *Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing*. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, vol. 1, pp. 11-33, 2004.
- [28] : Jackadit. *Jackadit.com[en ligne]*. (2008, mise a jour le 2020). Disponible sur <<http://jackadit.com/index.php?page=indus3>>. (Consulté le 07/6/2021)
- [29] : S, Bensaada. D, Feliachi. Chapitre 3 .in. *La maintenance industrielle* . Deuxième édition . office des publications universitaires, 2002, p51.
- [30] : Guillaume, Laloux. *Management de la maintenance selon l'ISO 9001 :2008*. afnor ÉDITIONS : 2009, p37, (ISBN 978 2 12 4651887)
- [31] : François, Boucly. Le management de la maintenance.In *Le management de la maintenance assistée par ordinateur (MMAO)*. Afnor gestion . Paris : la défense, 1990. p 39-40. (ISBN 2 12 427811 2)
- [32] : François, Monchy. Fiabilité, maintenabilité, disponibilité .In. *MAINTENANCE : Méthodes et organisations*. Paris : Dunod, 2010.p 142-143. (ISBN 978-2-10-055061-6).
- [33] : S, Bensaada. D, Feliachi. Chapitre 3 :méthodes techniques de maintenance.in. *La maintenance industrielle*. Deuxième édition . office des publications universitaires, 2002, p64.
- [34] : Christian, COUDRE. *TPM Attitude[en ligne]*. (01 Août 2011). Disponible sur <<http://tpmattitude.fr/mttr.html>>.(Consulté le 07/06/2021).
- [35] : Guillaume, Laloux. *Management de la maintenance selon l'ISO 9001 :2008*. afnor ÉDITIONS : 2009, p35, (ISBN 978 2 12 4651887)

- [36] : Boudhar, Hamza. Support du cour : *Assurance et disponibilité des processus : Assurance, Qualité, Système et Processus*. ENST, 2ème année licence cours, 2017, 142p.
- [37] : MIHALACHE, Alin Gabriel. *Modélisation et évaluation de la fiabilité des systèmes mécatroniques : application sur système embarqué*. Thèse de doctorat : Sciences de l'ingénieur . Angers :l'Institut des Sciences et Techniques de l'Ingénieur d'Angers, 2007. 198p. Format pdf. disponible sur <[https ://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00467950/document](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00467950/document)> (Consulté le 09/06/2021)
- [38] : HASSAINE, Ilyes Mohammed. *Contribution à la mise en place d'un logiciel de GMAO au niveau d'ALZINC*. Thèse de Master : Maintenance industrielle. TLEMCEM : Université Aboubakr Belkaïd. 2016. p59
- [39] : Ridha, Derrouiche. S2 P1 : *Les ERPs [En ligne]*. (Publier le 23 sept. 2020). Disponible sur : <[https ://www.youtube.com/watch?v=qF_wBqxNEts&list=PLLk00LzBzwBfUG0-TFrgTNZFnNEhzM8Y7&index=6](https://www.youtube.com/watch?v=qF_wBqxNEts&list=PLLk00LzBzwBfUG0-TFrgTNZFnNEhzM8Y7&index=6)> . (Consulter le 25/06/2021) .
- [40] : Marc, Frédéric. maintenance et informatique. in. *METTRE EN OEUVRE UNE GMAO : Maintenance industrielle, Service après-vente, Maintenance immobilière*. Pris : Dunod, Deuxième édition : 2011, p2-5, (ISBN 978 2 10 054123 2)
- [41] : Jean-Paul, SOURIS. CHAPITRE 1 .in. *Le guide du parfait responsable maintenance : Assurer l'efficacité, la qualité et la rentabilité de sa maintenance industrielle*. Lexitis Éditions. Paris,2010, p30,(ISBN 978-2-36233-011-7)
- [42] : Amalo Recrutement. *Sympa Simple Sérieux Spécialisé : Recruteurs d'experts de la supply chain, la logistique, l'industrie et l'ADV*. [En ligne]. (Publié le 3 juin 2020). Disponible sur :<[https ://www.amalo-recrutement.fr/blog/gmao-qu-est-ce-que-la-gestion-de-la-maintenance-assistee-par-ordinateur/](https://www.amalo-recrutement.fr/blog/gmao-qu-est-ce-que-la-gestion-de-la-maintenance-assistee-par-ordinateur/)>. (Consulté le 13/06/2021).
- [43] : BELHOUL, Haroun. *Mise en Place d'une Gestion de la Maintenance par ordinateur pour l'amélioration de la politique de Maintenance*. Thèse de Magister : Génie Des Systèmes Industriels. BATNA : UNIVERSITÉ HADJ LAKHDAR. 2016. p102.
- [44] : Pr. BOURAS, Slimane. *Support de cour : Maintenance des systèmes électronique [en ligne]*. Université annaba. <Disponible sur : [https ://elearning-deprecated.univ-annaba.dz/pluginfile.php/64536/mod_resource/content/1/4eme%20Cours%20Maintenance%20des%20Sys.pdf](https://elearning-deprecated.univ-annaba.dz/pluginfile.php/64536/mod_resource/content/1/4eme%20Cours%20Maintenance%20des%20Sys.pdf)> (Consulté le 14/06/2021).

- [45] : Jean-Pierre, Vernier. Les demandes et les travaux urgents .In.*Aide-mémoire maintenance et GMAO : -Tableaux de bord -Organisation - Procédures*. Paris : Dunod, 2010. p 6. (ISBN 978 210 054016 7).
- [46] : Samantha, Mur. *Quelles sont les clés d'une gestion des équipements efficace? [En ligne]*. (Mise à jour le 06/01/2020). Disponible sur : <[https ://www.appvizer.fr/magazine/operations/entretien-equipement/gestion-equipements](https://www.appvizer.fr/magazine/operations/entretien-equipement/gestion-equipements)> . (Consulter le 17/06/2021) .
- [47] : TRIBOFILM. *SIMPLIFIER LA GESTION DE STOCK AVEC LA GMAO [En ligne]*. Disponible sur :<[https ://www.tribofilm.fr/simplifier-la-gestion-de-stock-avec-la-gmao/](https://www.tribofilm.fr/simplifier-la-gestion-de-stock-avec-la-gmao/)>. (Consulté le 14/06/2021).
- [48] : Jean-Pierre, Vernier. Le magasin maintenance .In.*Aide-mémoire maintenance et GMAO : -Tableaux de bord -Organisation -Procédures*. Paris : Dunod, 2010. p 51-82. (ISBN 978 210 054016 7).
- [49] : S, OURARI. *Support de cour : Gestion de la chaine logistique SCM*. Université MHAMED BOUGUERRA : BOUMERDES. Master 2 GI , 2020, 79p.
- [50] : Marc, Frédéric. Les spécificités de la maintenance industrielle. in. *METTRE EN OEUVRE UNE GMAO : Maintenance industrielle, Service après-vente, Maintenance immobilière*. Pris : Dunod, Deuxième édition : 2011, p104-106, (ISBN 978 2 10 054123 2)
- [51] : François, Boucly. Mise en oeuvre des méthodes et des moyens logistiques de la maintenance 'intérêt de l'informatique. In .*Le management de la maintenance assistée par ordinateur (MMAO) .Afnor gestion* . Paris : la défense, 1990. p 146. (ISBN 2 12 427811 2)
- [52] : Marc, Frédéric. Le tronc commun des processus de toutes les maintenances. in. *METTRE EN OEUVRE UNE GMAO : Maintenance industrielle, Service après-vente, Maintenance immobilière*. Pris : Dunod, Deuxième édition : 2011, p87, (ISBN 978 2 10 054123 2)
- [53] : Jean-Pierre, Vernier. Méthode de sélection d'une GMAO .In. *Aide-mémoire maintenance et GMAO : -Tableaux de bord -Organisation - Procédures*. Paris : Dunod, 2010. p288-292. (ISBN 978 210 054016 7).
- [54] : ENIEM, *PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'ENTREPRISE [en ligne]*. Disponible sur : <[http ://www.eniem.com.dz/](http://www.eniem.com.dz/)>, (consulté le 25/05/2021)
- [55] : *Google maps [en ligne]*. Disponible sur <[https ://www.google.com/maps/place/ENIEM](https://www.google.com/maps/place/ENIEM)> (consulté le 25/05/2021)

- [56] : Jean-Paul, SOURIS. CHAPITRE 1 .in. *Le guide du parfait responsable maintenance : Assurer l'efficacité, la qualité et la rentabilité de sa maintenance industrielle*. Lexitis Éditions. Paris,2010, p30,(ISBN 978-2-36233-011-7)
- [57] : Jean-Pierre, Vernier. Modèle de cahier des charges .In. *Aide-mémoire maintenance et GMAO : -Tableaux de bord -Organisation -Procédures*. Paris : Dunod, 2010. p186-216. (ISBN 978 210 054016 7).
- [58] : Arnaud, SUBTIL. *Présentation des différents logiciels [En ligne]*. (Mise à jour le 04/08/2014). Disponible sur : <https://www.appvizer.fr/magazine/operations/entretien-equipement/gestion-equipements> . (Consulter le 22/06/2021) .