

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Département Génie Industriel et Maintenance

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de :
Ingénieur d'État

Filière : **Génie Industriel**
Spécialité : **Management et Ingénierie de la Maintenance Industrielle**

Thème

Conception et Réalisation d'une application pour le suivi de la fonction maintenance à l'Etablissement National de la Navigation Aérienne (ENNA)



Réalisé par :
Zeghmar Farah & Benmansour Lina

Présenté devant les membres de jury :

Dr. Ghomari Leila	MCA	Encadreur
Ms Amrani Mohamed	MAA	Président
Mme Salhi Nedjma	MAA	Examineur

Alger, le 06/07/2022

Année universitaire : 2021/2022

Dédicaces

Je dédie ce mémoire, avec mes sentiments les plus sincères :

À mes parents, qui me sont les plus chers au monde. Merci maman, pour ton soutien moral et ton aide sans faille durant tout le cycle de ma scolarité. Merci papa, pour tes mots d'encouragement et de ténacité qui résonnent toujours dans mes oreilles. Aucune dédicace ne saurait exprimer la profondeur de mon amour et de ma reconnaissance envers vous.

À mes sœurs et mon frère qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès,

À mon binôme, pour son soutien, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet,

À mes très chères amies, qui m'ont vivement encouragée et comblée,

À tous ceux qui me sont chers, à tous ceux que j'aime,

Merci.

Zeghmar Farah.

Dédicaces

Je dédie mes années d'étude, et cet évènement marquant de ma vie à la mémoire de ma mère que dieu repose son âme.

Je dédie à ma maman LILA qui m'a soutenu et c'est la raison pour laquelle je suis ici aujourd'hui. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance pour elle et pour mon deuxième père LAKRI AHMED.

Aussi à mon cher papa, qui a tout fait pour mon bonheur et ma réussite. Nulle dédicace ne peut exprimer ce que je leur dois Qu'ALLAH leur réserve une bonne santé et une longue vie.

A Mes chères sœurs Rania et Fatma Zohra, à mon frère Younes, à ma cousine et très chère sœur Zouli, Pour leur amour et leur soutien et à qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite.

A ma chère famille « BENMANSOUR » et « BELAIADI » et en particulier ma grand-mère Ouahiba, et Bahia qui m'ont aidé à leur façon par des prières et des encouragements. Pour la personne qui a été là aux moments difficiles, et qui m'a soutenu malgré tous, et qui a cru en moi et qui m'a permis de me surpasser.

A ma binôme Zeghmar Farah qui m'a supporté durant cette année et chez qui j'ai trouvé l'entente dont j'avais besoin. Pour toutes les MIMIYETES, source d'espoir et motivation. A Toute personne qui m'a aidé à faire mon projet de prés ou de loin.

BENMANSOUR LINA

Remerciements

En guise de reconnaissance, nous tenons à témoigner nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Nos sincères gratitudee à notre cher encadreur Dr. Ghomari Leila pour la qualité de son encadrement, ses valeureux conseils, et son suivi incontestable tout au long de ce projet. Son orientation a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. La réalisation de ce projet fut une expérience extrêmement enrichissante grâce à elle.

Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel de l'ENNA pour leur chaleureux accueil, leurs conseils, et l'intérêt qu'ils ont attribué à notre travail. Nos remerciements s'étendent particulièrement à notre promoteur Mr Bounedjoum Zakaria, au chef de service Mr Amiri Belkacem, et au chef de département Mr Boukhaoui Reda.

Enfin, nous n'oserons oublier de remercier tout le corps professoral de l'ENST, pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions favorables pour le déroulement de nos études.

Table de matière

Liste des figures	8
Liste des tableaux	9
Liste des abréviations	10
Introduction générale.....	1
Chapitre 01 : Présentation du cadre du stage	3
1) Présentation de l'organisme ENNA	4
a) Historique.....	4
b) Missions	4
c) Structure (organisation et organigramme)	5
2. Présentation de la structure d'accueil (Département Energie)	6
a) Missions	6
b) Structure	6
c) Situation informatique	9
Chapitre 02 :Etude de l'existant.	12
1. Introduction.	13
2. Etude des procédures de la maintenance à l'ENNA.	13
2.1. Procédure de maintenance préventive à l'ENNA	14
2.1.1. Maintenance préventive systématique.....	14
2.1.2. Maintenance préventive conditionnelle.....	15
2.2. La maintenance corrective	17
2.3. La maintenance sous traitée	19
3. Etude des documents.....	19
4. Etude des postes.	20
5. Etude de la gestion des équipements.....	21
5.1. Informations sur le parc équipement.....	21
5.2. Pièces de rechange, magasin et stock.....	21
6. Diagnostique et critique de la fonction maintenance	22
6.1. Méthode « Audit de la maintenance »	22
6.2. Déroulement de l'audit	24
6.3. Résultat de l'audit	25
6.4. Interprétation et analyse des résultats :	28
7. Scénarios possibles de la solution informatique.	31
8. Conclusion.....	32
Chapitre 03 :Etude conceptuelle du futur SI.	33
1. Introduction	34

2. Caractéristiques fonctionnelles du système proposé	34
3. Présentation du langage de modélisation d'orienté objet UML	34
4. Diagramme de cas d'utilisation (Use Case)	35
4.1. Diagramme de cas d'utilisation du chef de département et du chef de service	35
4.2. Diagramme de cas d'utilisation de l'ingénieur	37
4.3. Diagramme de cas d'utilisation du chef de vacation et du technicien	39
5. Diagramme de classe.....	39
6. Diagrammes de séquence	41
6.1. Diagramme de séquence d'authentification.....	41
6.2. Diagramme de séquence de notification des employés	42
6.3. Diagramme de séquence de consultation des documents des équipements.....	43
6.4. Diagramme de séquence de création des documents	44
6.5. Diagramme de séquence de mise à jour des PDRs.	45
6.6. Diagramme de séquence d'affectation des employés.	46
7. Schéma relationnel	48
8. Conclusion.....	49
Chapitre 04 :Implémentation & tests.	50
1. Introduction	51
2. Les outils de développement	51
a. Python.....	51
b. PYQT5	51
c. SQLite.....	52
3. Interface et fonctionnalités de l'application	52
3.1. Fenêtre d'authentification	53
3.2. Fenêtre de la page d'accueil.....	54
3.3. Fenêtre de l'espace intervention, page « Intervention »	55
3.4. Fenêtre de l'espace préventif, page « Calendrier »	55
3.5. Fenêtre de l'espace équipement, page « Ajout/Modification d'équipement »	56
3.6. Fenêtre de l'espace pièce de rechange, page « Liste des PDR »	57
4. Conclusion.....	58
Conclusion Générale.....	59
Références bibliographiques	60
Annexe « A » :Etude des postes.....	61
Annexe « B » :Etude des documents.....	64
Annexe « C » :Audit de la maintenance.....	73
Annexe « D » :Règles de passage au modèle relationnel.....	85
Annexe « E » :Interfaces de l'application.	87

Annexe « F » :Niveau de la maintenance.....	94
---	----

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de l'ENNA.	5
Figure 2 : Aéroport d'Alger.	7
Figure 3 : Synoptique communication.	8
Figure 4 : Processus de la maintenance préventive systématique.	15
Figure 5 : Sous-processus de la maintenance préventive systématique.	15
Figure 6 : Processus de la maintenance préventive conditionnelle.	16
Figure 7 : Processus de la maintenance corrective à l'ENNA.	18
Figure 8 : Radar récapitulatif des résultats de l'audit maintenance.	27
Figure 9 : Histogramme récapitulatif d'évaluation de la maintenance.	28
Figure 10 : Diagramme de cas d'utilisation des responsables (chef de département, chef de service).	36
Figure 11 : Diagramme de cas d'utilisation de l'ingénieur.	38
Figure 12 : Diagramme de classe du futur SI.	40
Figure 13 : Diagramme de séquence de « l'authentification ».	42
Figure 14 : Diagramme de séquence « notification des employés ».	43
Figure 15 : Diagramme de séquence « consultation des documents des équipements ».	44
Figure 16 : Diagramme de séquence « création des documents ».	45
Figure 17 : Diagramme de séquence « mise à jour des pièces de rechanges ».	46
Figure 18 : Diagramme de séquence « affectation des employés ».	47
Figure 19: Arborescence des fonctionnalités de l'application.	52
Figure 20: Fenêtre d'authentification.	53
Figure 21: Fenêtre de création de compte.	54
Figure 22: Fenêtre de la page d'accueil.	54
Figure 23: Fenêtre de l'espace intervention, page « Intervention ».	55
Figure 24: Fenêtre de l'espace préventif, page « Calendrier ».	56
Figure 25: Fenêtre de l'espace équipement, page « Ajout/Modification d'équipement ».	56
Figure 26: Fenêtre de l'espace pièce de rechange, page « Liste des PDR ».	57
Figure 27: Fenêtre de l'espace compte, page « Listes des utilisateurs ».	58
Figure 28: Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « DT ».	88
Figure 29: Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « OT ».	88
Figure 30: Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « AT ».	89
Figure 31: Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « BT ».	89
Figure 32: Fenêtre de l'espace Equipement, page « Liste des équipements ».	90
Figure 33: Fenêtre de l'espace Equipement, page « Ajout et modification des fiches techniques ».	90
Figure 34: Fenêtre de l'espace préventif, page « Ajout et modification des PDR ».	91
Figure 35: Fenêtre de l'espace préventif, page « Ajout et modification des DA ».	91
Figure 36: Fenêtre de l'espace préventif, page « Ajout et modification des BSM ».	92
Figure 37: Fenêtre de l'espace compte, page « Ajout et modification d'un utilisateur ».	92
Figure 38: Fenêtre de l'espace préventif, page « À propos ».	93
Figure 39: Fenêtre de l'espace préventif, page « About us ».	93

Liste des tableaux

Tableau 1: Liste des PC de bureau du service central électrique.	9
Tableau 2: Liste des imprimantes du service central électrique.	9
Tableau 3: Moyens logiciels du service central électrique.	10
Tableau 4 : Etude du document « Ordre de travail ».	19
Tableau 5 : Etude du poste « Ingénieur d'exploitation ».	20
Tableau 6 : Exemple d'une liste de PDR.	22
Tableau 7 : Questionnaire de la rubrique « Organisation générale ».	24
Tableau 8 : Tableau des scores de la rubrique « Organisation générale ».	24
Tableau 9 : Réponse du premier questionnaire.	25
Tableau 10 : Résultat de l'audit de la maintenance.	26
Tableau 11 : Les points faibles de la maintenance à l'ENNA.	29
Tableau 12 : Fiche Etude de Poste « Responsable de vacation ».	62
Tableau 13 : Fiche Etude de Poste « Chef de service ».	62
Tableau 14 : Fiche Etude de Poste « Chef de département ».	62
Tableau 15 : Etude du document « Autorisations de travail ».	65
Tableau 16 : Etude du document « Fiche de manœuvre ».	66
Tableau 17 : Etude du document « Fiche de Contrôle ».	67
Tableau 18 : Etude du document « Fiche Technique ».	67
Tableau 19 : Etude du document « Fiche historique ».	69
Tableau 20 : Etude du document « Bon de sortie magasin ».	70
Tableau 21: Etude du document « Bon de réception ».	71
Tableau 22: Etude du document « Demande de matières ».	72
Tableau 23 : Questionnaire de la rubrique « Méthode de travail ».	74
Tableau 24 : Questionnaire de la rubrique « Suivi technique des équipements ».	75
Tableau 25 : Questionnaire de la rubrique « Gestion de portefeuille des travaux ».	76
Tableau 26 : Questionnaire de la rubrique « Gestion de stock des PDR ».	77
Tableau 27 : Questionnaire de la rubrique « Organisation matérielle de l'atelier maintenance »	78
Tableau 28: Questionnaire de la rubrique « Outillage ».	79
Tableau 29 : Questionnaire de la rubrique « Documentation technique ».	80
Tableau 30 : Questionnaire de la rubrique « Personnel et formation ».	81
Tableau 31 : Questionnaire de la rubrique « Contrôle de l'activité ».	82
Tableau 32 : Questionnaire de la rubrique « EHS de la maintenance ».	83
Tableau 33 : Questionnaire de la rubrique « Sous-traitance ».	84
Tableau 34: Niveau de maintenance.	95

Liste des abréviations

OT	: Ordre de Travail.
AT	: Autorisation de Travail.
BT	: Bon de Travail.
DT	: Demande de Travail.
DA	: Demande d'Acquisition.
BSM	: Bon de Sortie de Magasin.
PDR	: Pièces de Rechange.
ADM	: Administratif.
UML	: Unifed Modeling Language.
A	: alphabétique.
N	: Numérique.
AN	: Alphanumérique.
D	: Date.
EHS	: Environnement, Hygiène et Sécurité.

Introduction générale

Contexte

Dans une situation économique en constante évolution, l'environnement concurrentiel des entreprises ne tolère aucune erreur quant à la gestion, surtout lorsqu'il s'agit du maintien du bon fonctionnement des biens divers.

En effet, les plus grandes pertes des entreprises industrielles sont le résultat d'une mauvaise gestion de la maintenance, et le moindre obstacle qui freine le bon fonctionnement de la fonction maintenance peut engendrer des conséquences indirectes néfastes pour le reste des fonctions de l'entreprise [3]. C'est pourquoi le rôle de la fonction maintenance prend une dimension de plus en plus importante, et la gestion de ce dernier est devenue un enjeu essentiel.

Afin d'améliorer et d'optimiser la fonction maintenance, l'automatisation de sa gestion est primordiale ; car ainsi, il est possible d'effectuer un contrôle continu sur ses diverses opérations, mais aussi de générer une meilleure documentation et traçabilité des processus de maintenance.

Raison pour laquelle, et à la faveur de l'évolution des technologies informatiques et de la convivialité qu'elles autorisent, des systèmes spécifiques à la gestion de la maintenance se sont progressivement développés. On appelle ces derniers, des logiciels de GMAO : Gestion de la Maintenance Assisté par Ordinateur. Ces logiciels « recouvrent la création, le suivi, le contrôle de toute l'information nécessaire à la fonction : le système est utilisé pour le pilotage de la fonction maintenance, comme base de données documentaire, comme recueil de l'information vivante liée aux biens, l'ensemble permettant de fonder les décisions d'intervention journalières comme les décisions plus stratégiques de remplacement ou de renouvellement » [5].

La gestion informatisée de la maintenance à travers les logiciels de GMAO apporte donc une grande valeur ajoutée et offre plusieurs avantages aux organisations industrielles, notamment :

- Assurer une visibilité totale sur l'état du parc machine, ce qui conduit à l'amélioration de taux de disponibilité des équipements et donc à la prolongation leur durée de vie ;
- Réduire les temps d'intervention en améliorant la traçabilité et la planification de ses derniers, ce qui réduit les couts de maintenance ;
- Eliminer l'indisponibilité de l'information en assurant une excellente traçabilité des flux d'information ;
- Optimiser la gestion de stock, et réduire les couts d'approvisionnement.

La GMAO s'avère donc comme un outil puissant et indispensable pour optimiser la gestion de la maintenance par « sa capacité de mise en mémoire, par ses possibilités de traitement d'informations, par ses interfaces et par sa réactivité » [13].

Problématique et objectifs

Lorsque la maintenance est réalisée de façon manuelle, des erreurs sont abondamment

engendrées, en plus de l'indisponibilité de l'information et du retard. Toutes ces anomalies représentent des obstacles pour le bon fonctionnement de la maintenance et engendrent des pertes en termes de rentabilité et d'efficacité.

L'adoption d'un logiciel de GMAO est une solution qui permet de faire face aux limitations imposées par la gestion manuelle et représentent par conséquent un outil clé pour la gestion de la maintenance au sein des entreprises.

C'est pour cela que l'ENNA, Etablissement National de la Navigation Aérienne, projette de développer une application informatique pour automatiser les activités les plus importantes sur lesquelles est basée la maintenance pour pallier aux dysfonctionnements cités précédemment.

L'automatisation ne règle pas tous les problèmes, un diagnostic approfondi et des suggestions d'ordre organisationnel et managérial sont également nécessaires pour optimiser l'exécution des activités de maintenance de façon efficace.

Cela amène à notre travail qui consiste à développer une application de gestion de la maintenance adoptée au service Energie de l'ENNA.

Notre objectif est de réaliser une application GMAO qui assure les fonctionnalités suivantes :

- Gérer toute intervention, de type préventif ou correctif, qui surviendra sur un équipement, et programmer ses interventions.
- Gérer le parc machine, faire le suivi et le contrôle des équipements, et enregistrer toute information relative à l'équipement.
- Gérer l'inventaire des pièces de rechange, et faire le suivi et le contrôle des mouvements des pièces.
- Gérer la documentation relative à la fonction maintenance : préparation et édition des documents de maintenance (fiches de manœuvre, fiche de contrôle, ordres de travail...etc.).

Organisation du mémoire

Le présent mémoire s'articule en quatre chapitres :

Le **premier chapitre** consiste à présenter le cadre de stage, et à recueillir les informations nécessaires sur l'organisme et la structure d'accueil.

Le **deuxième chapitre** sera consacré à l'étude du système de gestion de la maintenance existant, dans lequel une analyse de la fonction maintenance, et des propositions d'améliorations seront fournies.

Dans le **troisième chapitre**, nous allons aborder l'étude conceptuelle du futur système automatisé de la gestion de maintenance.

Le **quatrième et dernier chapitre** sera réservé à la présentation du système développé et son implémentation.

Chapitre 01 :
Présentation du cadre du stage

1) Présentation de l'organisme ENNA

a) Historique

Depuis l'indépendance, cinq organismes ont été chargés de la gestion, de l'exploitation et du développement de la navigation aérienne en Algérie : OGSA, ONAM, ENEMA, ENESA, ENNA.

De 1962 à 1968 c'est l'Organisation de Gestion et de Sécurité Aéronautique (OGSA), organisme Algéro-Français, qui a géré l'ensemble des services d'Exploitation de l'Aviation Civile en Algérie.

Le 1 Janvier 1968, l'OGSA a été remplacé par l'Office de la Navigation Aérienne et de la Météorologie (ONAM). Ce dernier a été remplacé, en 1969, par l'Etablissement National pour l'Exploitation Météorologique et Aéronautique (ENEMA) qui a géré la navigation aérienne jusqu'à 1983.

En 1975, les activités de météorologie ont été transférées à l'Office National de Météorologie créé le 29 Avril 1975, sous forme d'Etablissement Public à caractère administratif.

Le décret N°83.311 du 07/05/1983 a réaménagé les structures de L'ENEMA et modifié sa dénomination pour devenir ENESA « Entreprise Nationale d'Exploitation et de Sécurité Aéronautique » avec statut d'entreprise nationale à caractère économique.

Afin de clarifier les attributions de l'ENESA, il a été procédé aux réaménagements de ses statuts ainsi qu'au changement de dénomination en « ENNA » par décret exécutif N° 91-149 du 18 mai 1991.

L'ENNA, Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC), sous tutelle du Ministère des Transports, est dirigé par un directeur général et administré par un Conseil d'Administration.

b) Missions

- Assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'État.
- Assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aéroports ouverts à la circulation aérienne publique ;
- Assurer l'exploitation technique des aéroports ouverts à la circulation aérienne publique ;
- Assurer l'énergie pour que tous les équipements et systèmes soient opérationnels dans les différents aéroports ;
- Assurer le sauvetage et la lutte contre l'incendie en cas d'incident ou d'accident d'aéronefs sur et aux abords des aéroports.
- Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique.
- Mettre en œuvre la politique nationale dans ce domaine, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées ;
- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation aérienne, et l'implantation des aéroports, aux installations et équipements relevant de sa mission ;
- Elaborer des schémas directeurs et aux plans d'urgence des aéroports, établir les plans, en coordination avec les autorités concernées, les plans de servitudes aéronautiques et

radioélectriques et veiller à leur application.

c) Structure (organisation et organigramme)

L'Etablissement National de la Navigation Aérienne est structuré comme suite :

- DG : Direction Générale.
- DJRH : Direction Juridique et des Ressources Humaines.
- DRFC : Direction des Ressources, des Finances et de la Comptabilité.
- DTNA : Direction Technique de la Navigation Aérienne.
- DL : Direction Logistique.
- DENA : Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne.
- DDNA : Direction du Développement de la Navigation Aérienne.
- CQRENA : Centre de Qualification de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.
- AERODROME (DSA) : Direction de la Sécurité Aéronautique (Dans chacun des 36 Aéroports qui couvre le territoire Algérien)

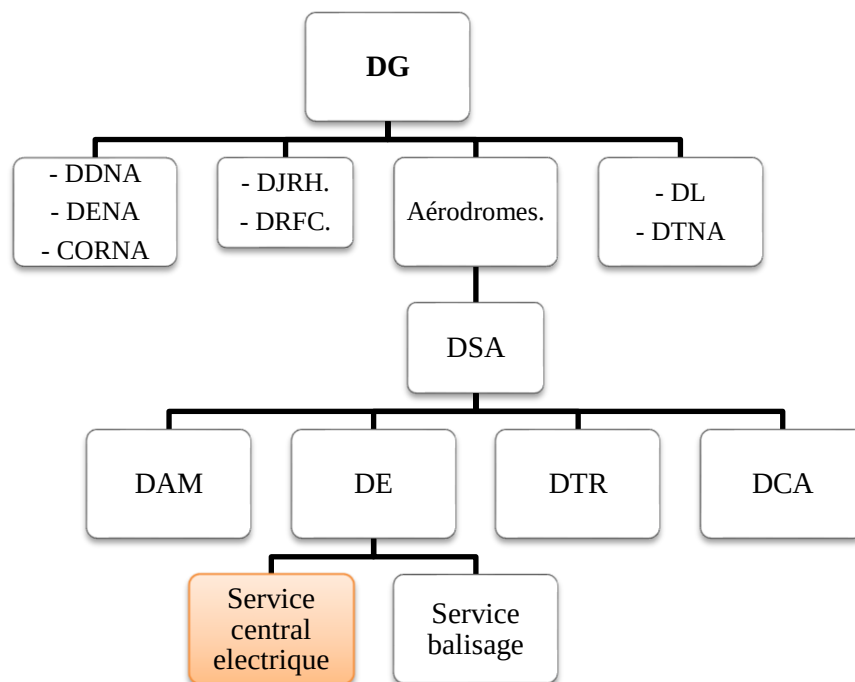


Figure 1 : Organigramme de l'ENNA.

La figure 01 illustre la structure de l'ENNA. Dans le cadre de notre PFE, on a effectué le stage au niveau du service énergie du **Département Energie (DE)** de la Direction de la Sécurité Aéronautique (DSA) de l'Aéroport d'Alger. Cette Direction est constituée de quatre départements, à savoir :

- Département Administration et Moyens (DAM).
- Département Energie (DE).
- Département Circulation aérienne (DCA).
- Département Télécommunication et radionavigation (DTR).

2. Présentation de la structure d'accueil (Département Energie)

a) Missions

Ce département a pour mission d'assurer l'approvisionnement en électricité sur l'ensemble de la plateforme aéroportuaire et dans les meilleures conditions de sécurité.

Ses principales tâches sont les suivantes :

- Exploitation l'extension et la maintenance du réseau électrique.
- Le balisage de l'air de mouvement.
- Assurer la distribution d'électricité pour tous les clients présents sur la plateforme.
- Assurer la continuité de service. Pour cela une centrale de secours fournit l'énergie en cas de coupure SONELGAZ.

b) Structure

Le département énergie comprend deux services, à savoir : le service énergie, le service balisage.

○ Le service énergie

- Description de la centrale électrique :

Ce service fournit l'énergie à ses structures et à tous ses clients qui occupent la plateforme de l'Aéroport d'Alger HOUARI- BOUMEDIENE (à savoir : SGSIA, NAFTAL, SWISSPORT, TASSILI, DHL, VIP, AIR ALGERIE, ALGERIE POSTE).

Pour cela, deux lignes hautes tension 60Kv sont acheminés du poste Sonelgaz de Bab Ezzouar au poste blindé de l'Aéroport d'Alger. Ensuite la haute tension sera abaissée en moyenne tension 10kv et distribuées vers tous les postes de la plate-forme aéroportuaire.

Ci-dessous une figure qui illustre les différents postes du département Energie au niveau de l'aéroport d'Alger.

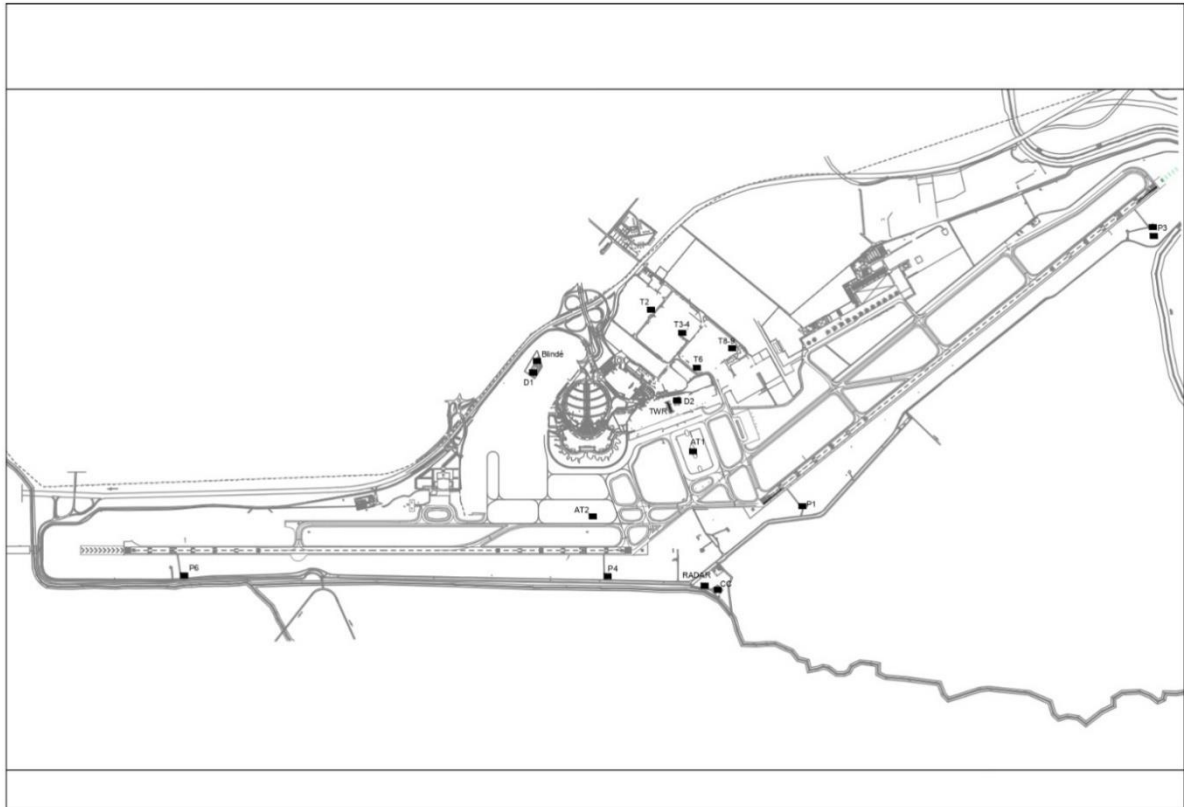


Figure 2 : Aéroport d'Alger.

La gestion de ce réseau est automatisée avec un système SCADA pour visualisation et commande à distance des équipements. Ci-dessous un synoptique de la communication.

La centrale électrique de l'aéroport d'Alger est constituée de :

- Un sous-sol destiné au passage des câbles des équipements.
- Post blindé.
- Salle de distribution.
- Salle machines.
- Salle de commande des groupes.
- Salle de contrôle.
- Bloc administratif.
- Ateliers.
- Bureaux : Parmi ces bureaux on trouve le bureau de méthodes, considéré comme étant le cœur de la centrale électrique.

La figure (03) présente le synoptique de communication entre les éléments cités ci-dessus.

c) Situation informatique

Dans le cadre de notre PFE, on s'est concentré sur le service énergie du département. Ce dernier dispose des moyens et logiciels suivants :

i. Moyens humains

- Service centrale électrique :

1 chef de service, 4 responsables de vacations, 3 ingénieurs, 10 techniciens supérieurs, 4 électroniciens aéronautique, 1 assistant technique.

- Bureau de méthode :

3 ingénieurs mécaniques, 2 ingénieurs électrique, 1 ingénieur électronique, 1 ingénieur automatique.

1 chef de service, 4 responsables de vacations, 3 ingénieurs, 11 techniciens supérieurs, 6 électroniciens aéronautique, 2 assistants technique.

ii. Moyens matériels

Le département Energie possède le matériel informatique suivant :

- Dans le service central électrique :

Le service dispose en tous de 8 PC de bureau, ayant les caractéristiques qui figurent dans le tableau 1 :

Tableau 1: Liste des PC de bureau du service central électrique.

Numéro de poste	Processeur	RAM	Système d'exploitation	Edition Windows
01(BMK)	Intel Pentium	2 Go	32 bits	Windows Vista
02(BMD)	Intel Core i3	4 GO	64 bits	Windows 7 Pro
03(BMKM)	Intel Pentium	2 GO	32 bits	Windows 7 Pro
04(BMB)	Intel Pentium	2 GO	32 bits	Windows 7 Pro
05 (BMZ)	Intel Core i3	8 GO	64 bits	Windows 10 Pro
06 (BMH)	Intel Core i3	8 GO	64 bits	Windows 10 Pro
07 (C.S)	Intel Core i3	4 GO	64 bits	Windows 7 Pro
08(CD)	Intel Core i3	8 GO	64 bits	Windows 10 Pro

Il possède aussi 8 imprimantes, présenté dans le tableau 2 :

Tableau 2: Liste des imprimantes du service central électrique.

Imprimante	01	02	03	04	05	06	07	08
Marque	Canon LBP b030	Canon LBP b030	Canon LBP 6030b	HP Laser Jet p1005	HP Office Jet 7110	ECOSYS M2030dn	Brother DCPj172w	HP 1200

iii. Moyens logiciels

Les différents logiciels utilisés au niveau du département sont de types techniques, et sont illustré dans le tableau 3 :

Tableau 3: Moyens logiciels du service central électrique.

Logiciel	Description	Utilité	Version
Autocad	AutoCad est un logiciel qui contribue à la création des objets de toutes sortes que ce soit en 3D ou en 2D	Il est utilisé pour réaliser différents plans et schémas concernant l'installation l'archivage ou les travaux à effectuer.	2014
Winrelais	WinRelais est un logiciel de saisie de schémas électrotechniques.	WinRelais est un logiciel de saisie de schémas électrotechniques de types unifilaires, multifilaires, architecturaux et développés, pour le bâtiment et l'industrie. Il permet aussi de dessiner des graficets ainsi que des schémas pneumatiques et hydrauliques.	Version 2.2
DIGSI 4	Interface utilisateur pour la l'évaluation et la configuration des appareils SIPROTEC.	Il permet l'accès aux réglages, aux fonctions de protection des SIPROTEC 4 et ce en ou hors ligne, manipuler et analyser les enregistrements de défauts des SIPROTEC, aussi recharger complètement une protection.	Version 4 et 5.
STEP 5	Logiciel de programmation de siemens.	Il facilite la programmation d'un automate.	Version 5 et 7.
TIA portail	Logiciel de programmation de siemens.	Il intègre la gestion des différentes fonctionnalités d'un automate.	Version 14.
SIMATIC WinCC	C'est un système de contrôle et d'acquisition de données (SCADA) ainsi qu'une interface	Ils sont utiles pour la surveillance des processus industriels et des infrastructures.	Version 5

	homme-machine développés par Siemens.		
ECODIAL	Logiciel de calcul des installations électriques.	Il permet de calculer les installations électriques, ensuite de les analyser	Version 3.37
Excel	Microsoft Excel est un logiciel tableur de la suite bureautique Microsoft Office développé et distribué par l'éditeur Microsoft	Dans ce service, il est utilisé pour la création de divers documents, tel que les plannings, les fiches de contrôle, etc.	2007
Word	Microsoft Word est un logiciel de traitement de texte publié par Microsoft.	Dans ce service, il est utilisé pour créer différents documents d'intervention, tel que les ordres de travaux, les autorisations de travail, etc.	2007

Chapitre 02 :
Etude de l'existant.

1. Introduction.

L'étude de l'existant consiste en premier lieu à collecter les données, et cela en communiquant avec les acteurs de la maintenance. Puis, en deuxième lieu, à les analyser et les diagnostiquer, puis de proposer des améliorations. L'étude de l'existant est une étape cruciale qui doit être réalisée avant de passer à la conception et la mise en œuvre du projet. Elle permet de déterminer les lacunes du processus de gestion de la maintenance actuelle, et d'en déduire ses besoins. En analysant le système existant, nous allons parvenir à identifier ses dysfonctionnements, et à dégager les causes racines de ses derniers, pour ensuite proposer des améliorations.

Ce chapitre va donc traiter les points suivants :

- Etude des procédures de la maintenance (maintenance préventive systématique et conditionnelle, maintenance corrective, et maintenance sous-traitée.)
- Etude des documents (ordres de travail, autorisations de travail, fiches de manœuvre, fiches de contrôle, registres, fiches techniques.)
- Etude des postes (chef de département, chef de service, chef de vacation, ingénieur d'exploitation).
- Etude de la gestion des équipements et des pièces de rechange.
- Diagnostic et critique de la fonction maintenance.

2. Etude des procédures de la maintenance à l'ENNA.

A l'ENNA, Les actions de maintenance sont déclenchées suite à :

- L'atteinte d'une échéance calendaire de lancement d'une intervention préventive systématique (maintenance préventive systématique).
- Un contrôle préventif, ayant révélé des déplacements de seuil nécessitant une intervention (maintenance préventive conditionnelle).
- Une défaillance sur un équipement (maintenance corrective).

Les acteurs concernés par la maintenance sont le chef de département, le chef de service, le responsable de vacation, et le bureau de méthode.

Quant aux documents utilisés, on trouve les ordres de travail, les autorisations de travail, les fiches de manœuvre, les fiches de contrôle, les fiches historiques, les fiches techniques et les registres.

Il existe 2 procédures de maintenance à l'ENNA : la maintenance corrective, et la maintenance préventive (systématique et conditionnelle). La maintenance corrective se fait en cas de détection d'une défaillance. L'équipe informe le chef de service, et ce dernier leurs transmet un ordre de travail (OT), une autorisation de travail, ainsi qu'une fiche de manœuvre pour effectuer une intervention. Après la réalisation de la maintenance, une traçabilité est gardée (fiche de contrôle, fiche historique, registre). La maintenance préventive conditionnelle suit le même enchaînement d'étapes. Par contre, elle est déclenchée suite à un control préventif qui a relevé un dépassement de seuil.

La maintenance préventive programmée se fait selon le calendrier de maintenance

préétablie. De même, un OT, une AT, et une fiche de manœuvre sont nécessaires, et une traçabilité est toujours gardée.

Afin de modéliser ce processus de maintenance, nous allons utiliser l'outil « Signavio »¹. C'est un logiciel qui permet de modéliser les différents processus de l'entreprise en créant des diagrammes BPMN [1] (Business Process Model and Notation, c'est-à-dire « modèle de procédé d'affaire et notation »). Ce dernier est une norme de notation pour la modélisation de processus.

2.1.Procédure de maintenance préventive à l'ENNA

A chaque opération préventive, qu'elle soit systématique ou conditionnelle, les gammes de maintenance doivent être consultées. Une gamme de maintenance est un document contenant les actions préventives à effectuer sur un équipement. Ces documents sont consultés pour en tirer les informations nécessaires, tel que : le type d'intervention, l'outillage, les PDR, et le groupe concerné par la maintenance. Un Ordre de travail (OT) est ensuite rédigé par le chef de service, accompagné d'une fiche de manœuvre. De plus, une autorisation de travail (AT) est émise, pour assurer la consignation de l'ouvrage, qui est une procédure réalisée pour réduire le maximum possible les risques électriques. Une fois la maintenance préventive réalisée, l'équipe rédige, dans un registre, les différentes interventions réalisées. Une fiche de contrôle et une fiche historique sont écrites, afin de garder une traçabilité. S'il y a nécessité d'utilisation des PDR, le chef de service émet une demande d'acquisition au magasin. Un bon de sortie est reçu à la sortie de la pièce.

2.1.1. Maintenance préventive systématique

Par définition, la maintenance préventive systématique est « effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage » [6]. La maintenance préventive systématique à l'ENNA est réalisée suivant un calendrier bien précis. Des plannings quotidiens, hebdomadaires, et annuels sont établis. Chaque équipement a une périodicité prédéfinie par le constructeur.

- Maintenance quotidienne (journalière) : des fiches de relevé sont remplies selon un intervalle de temps prédéterminé. Ces relevés sont comparés à des valeurs de références, puis analysés par le bureau de méthode.
- Maintenance hebdomadaire : s'effectue dans l'intervalle d'une semaine. Certaines tâches qui ne doivent pas nécessairement être effectuées chaque jour sont planifiées dans la maintenance hebdomadaire.
- Maintenance annuelle : Effectuée une fois par an, durant laquelle tous les niveaux supérieurs (à savoir, les niveaux 4 et 5, expliqués dans l'annexe « F ») de maintenance sont effectués. La date de cette maintenance est choisie en fonction de l'activité de l'ENNA, lorsque la consommation de l'électricité est loin de son pic.

Les figures 4 et 5 illustrent la procédure de maintenance préventive systématique à l'ENNA.

¹ Signavio: <https://www.signavio.com/>

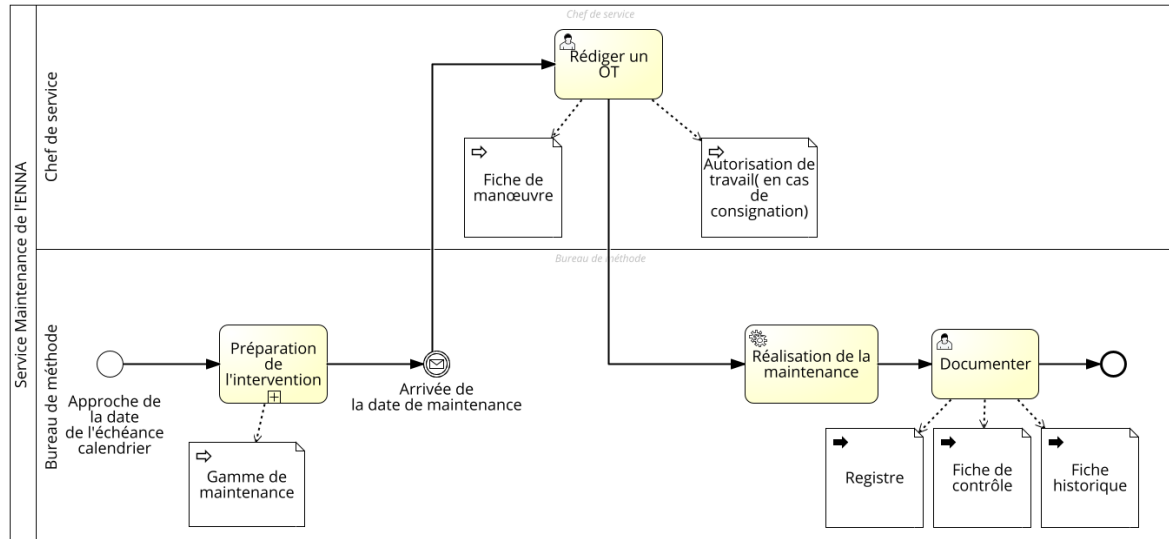


Figure 4 : Processus de la maintenance préventive systématique.

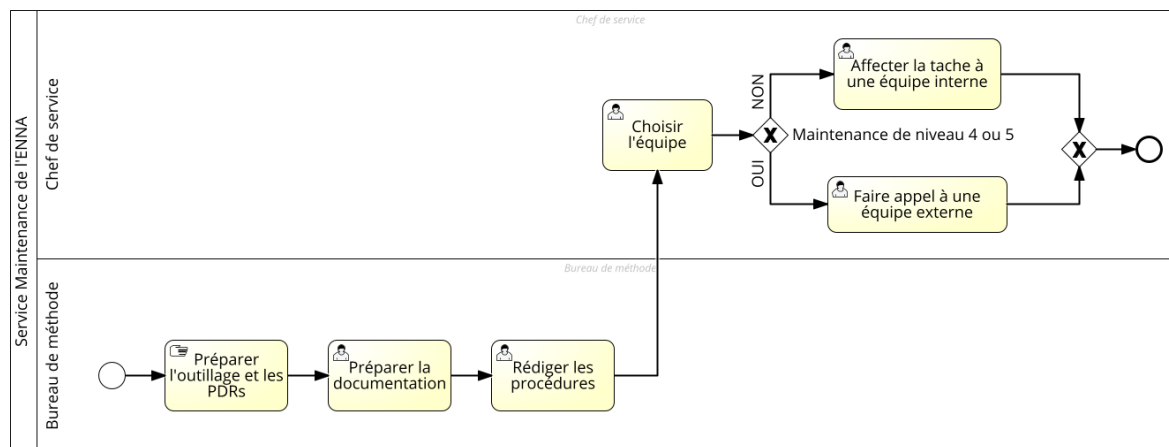


Figure 5 : Sous-processus de la maintenance préventive systématique.

2.1.2. Maintenance préventive conditionnelle

La maintenance préventive conditionnelle est une forme de maintenance préventive qui se fait suivant une surveillance du fonctionnement de l'équipement [6]. Elle est donc réalisée en fonction des observations faites sur l'état de l'équipement, c'est-à-dire lorsque on remarque, suite à une analyse des fiches de relevé, que certains indicateurs de l'équipement montrent des signes qui nécessitent un check-up. La figure (6) illustre la procédure de maintenance préventive conditionnelle à l'ENNA.

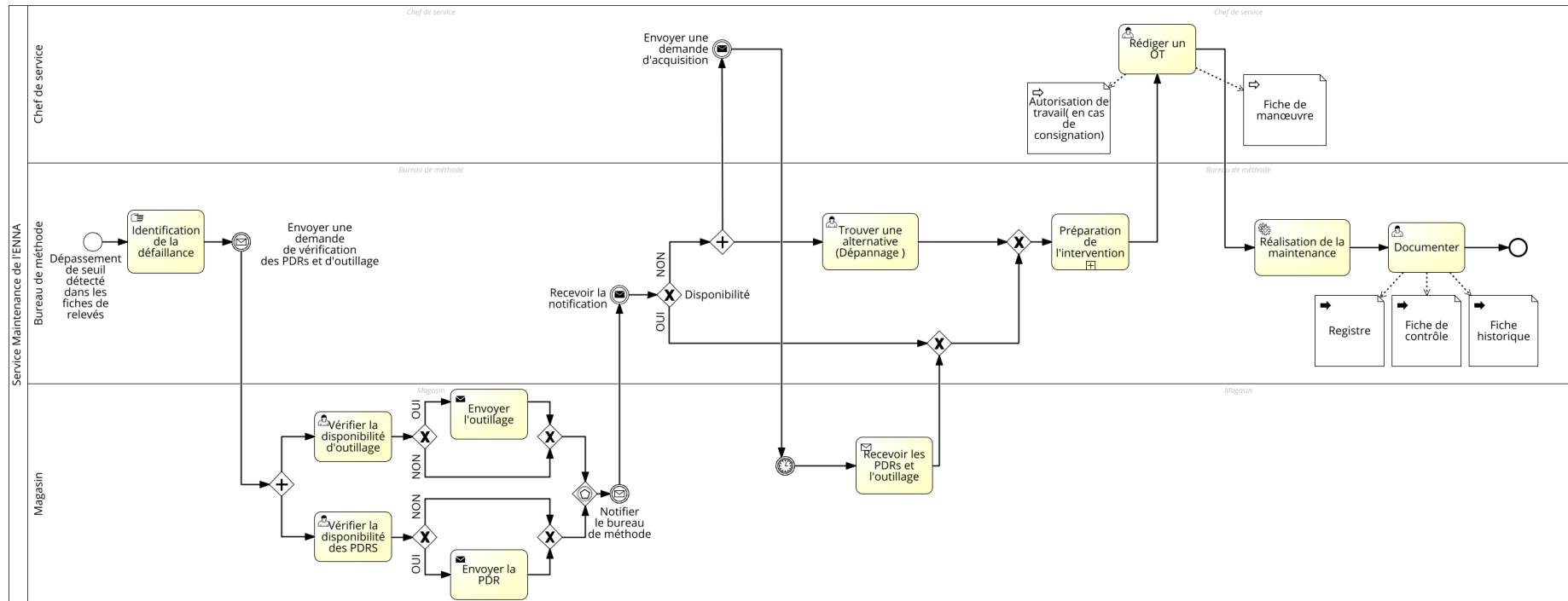


Figure 6 : Processus de la maintenance préventive conditionnelle.

2.2.La maintenance corrective

En ce qui concerne la maintenance corrective, il s'agit d'une maintenance effectuée suite à la détection d'une panne, et cela dans le but de remettre l'équipement dans un bon état de fonctionnement [13]. La maintenance corrective se fait en cas de détection d'une défaillance. Le chef de service réalise un OT, une fois informé par l'équipe de la nécessité d'une intervention corrective, pour la commencer. Cet OT est souvent accompagné par une fiche de manœuvre ainsi qu'une autorisation de travail. Une fois la maintenance corrective réalisée, l'équipe rédige, dans un registre, les différentes interventions réalisées. Une fiche de contrôle et une fiche historique sont écrites, afin de garder une traçabilité. En ce qui concerne les PDR, une demande d'acquisition est faite en envoyant une fiche d'approvisionnement vers le magasin, par le chef de service. Un bon de sortie est reçu à la sortie de la pièce. La figure (7) illustre la procédure de maintenance corrective à l'ENNA.

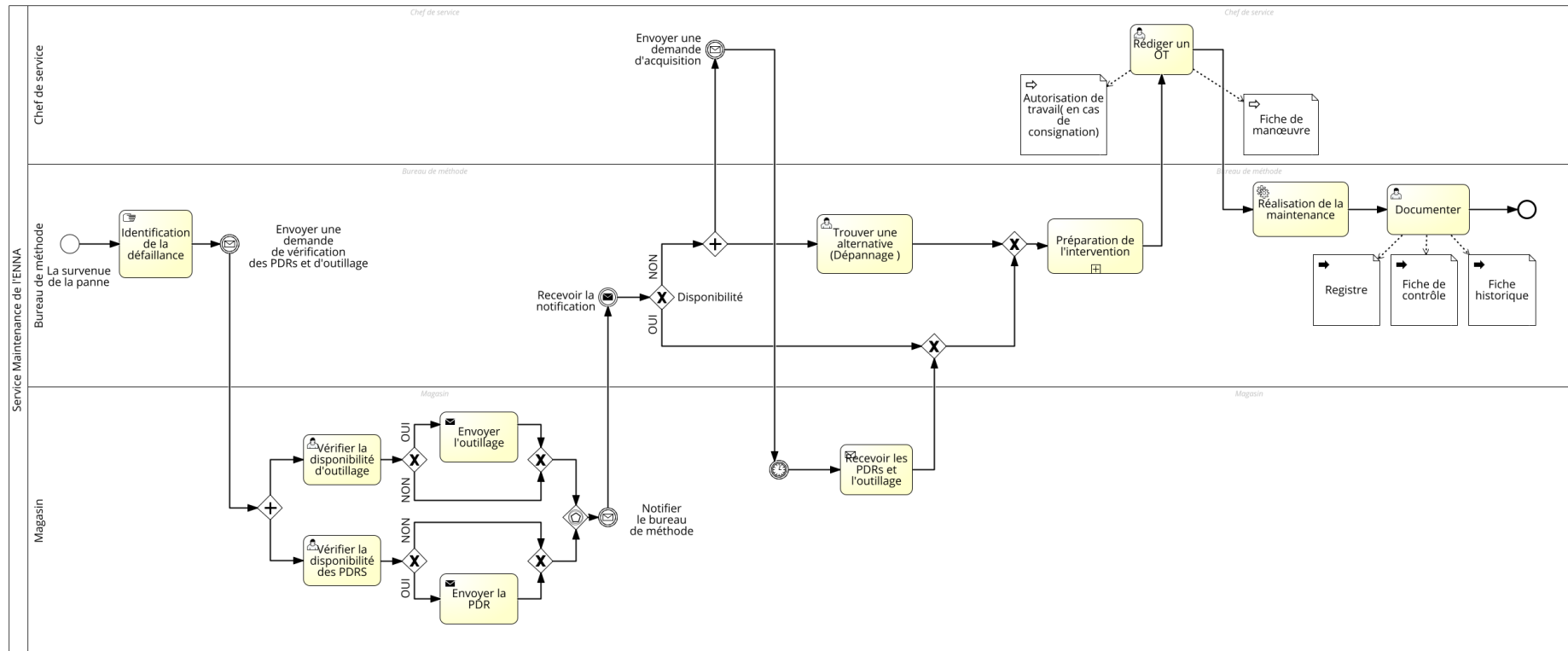


Figure 7 : Processus de la maintenance corrective à l'ENNA.

2.3. La maintenance sous traitée

La sous-traitance de la maintenance est le fait de déléguer, à une autre entreprise, l'exécution de tout ou d'une partie de la maintenance. L'intérêt principal de sous-traiter la maintenance est de diminuer les coûts logistiques [13]. Au niveau de l'ENNA, la maintenance est sous traitée si le niveau de maintenance est haut (à savoir, le niveau 4 et 5, expliqués dans l'annexe « F »), et les tâches de maintenance à effectuer ne peuvent pas être assurées par l'équipe de maintenance. Le chef de service fait donc appel à une entreprise externe, qui a les moyens et qui est assez qualifié pour effectuer ces tâches de maintenance.

3. Etude des documents

Dans cette partie, nous allons effectuer une étude détaillée de chaque document utilisé pour assurer la gestion des activités de maintenance.

Ces documents sont :

- Les ordres de travail.
- Les autorisations de travail.
- Les fiches de manœuvre.
- Les fiches de contrôle.
- Les fiches techniques.
- Les fiches d'historique.
- Les registres.
- Les gammes de la maintenance.

Dans ce qui suit nous allons présenter l'étude faite sur le document « Ordre de travail » dans le tableau 4, le reste des documents seront présentés au niveau de « l'annexe B ».

Tableau 4 : Etude du document « Ordre de travail ».

Désignation Donnée	Code Donnée	Type Donnée	Exemple et observations
Ordre de travail	OT	A	
Numéro de l'Ordre de Travail	NumOT	N	NNN/AAAA (numéro séquentiel sur 3 positions et l'année sur 4 positions) Ex : 004/2022
Date d'émission de l'Ordre de Travail	DateOT	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Service émetteur de l'OT	ServiceEm	A	Ex : Centrale électrique
Ordonnateur de l'OT	OrdOT	A	Ex : Chef de département
Fonction de l'ordonnateur	FonctOT	A	Ex : Chef de service

Récepteur de l'OT	RecepOT	A	Ex : Responsable de vacation
Fonction du récepteur	FonctRecep	A	Ex : Responsable de vacation
Lieu ou le travail doit être effectué	LieuT	A	Ex : Station transfère
Opérations à effectuer	OpOT	A	Ex : Installation d'une protection 7SJ802
Nom et prénom du chef de service concerné	ChefServOT	A	Ex : Chef de service
Nom et prénom du responsable de l'opération	RespOpOT	A	Ex : Responsable de vacation
Outillage	OutilOT	AN	Ex : Outillage
Pièces de rechanges	PDROT	AN	Ex : Pièces de rechanges
Description des opérations	DescOpOT	AN	Ex : Consignation et condamnation de la ligne HTB ENNA travée F05
Observations	ObservOT	AN	Ex : Blocage du mécanisme de la mise à la terre, enclenchement mécanique pour assurer l'exploitation
Nom & Signature	NomSignOT	A	Ex : Ingénieur

4. Etude des postes.

Les postes de travail concernés par la fonction de la maintenance sont les suivants :

- i. Ingénieur d'exploitation.
- ii. Chef de département.
- iii. Chef de service.
- iv. Responsable vacation (aussi appelé chef de quart).

Dans ce qui suit nous allons présenter l'étude faite sur le poste « Ingénieur d'exploitation » dans le tableau 5, le reste des postes de travail seront présentés au niveau de « l'annexe A ».

Tableau 5 : Etude du poste « Ingénieur d'exploitation ».

Post : Ingénieur d'exploitation.		
Equipes	Postes	Taches
Semi Brigade.	Ingénieurs.	- Planification de la maintenance. - Intervention sur les équipements. - Rédaction des cahiers de charge. - Etude des projets internes. - Suivi des projets. - Réalisation des travaux. - Analyser les relevés des inspections. - Exploitation.
ADM.	Ingénieur.	

5. Etude de la gestion des équipements

5.1. Informations sur le parc équipement

Il s'agit de décrire la gestion actuelle des équipements, leurs organes, leurs dossiers techniques et leurs historiques.

A l'ENNA, toutes ces informations sur les équipements sont organisées dans des classeurs par une codification du constructeur. Les équipements de l'entreprise sont variés, à la fois dans leur nature et relativement à la technologie utilisée.

Il s'agit d'équipements mécaniques tel que les groupes électrogènes, électriques tel que les armoires électriques, et automatiques comme les API (Automates Programmables Industriels).

5.2. Pièces de rechange, magasin et stock

Les pièces de rechanges sont stockées dans un magasin qui n'appartient pas au département central électrique. Le tableau 6 illustre un exemple d'une liste de PDR.

Tableau 6 : Exemple d'une liste de PDR.

ITEM	Désignation des pièces	N° commande	Quantité	N° Fiche	N° Tableau	N° Plan	N°Repère	Emplacement dans le moteur
01	Courroie	849 997 03 80	16		86-85	021402	71	Accessoires /
	SPA 932 LP95LA		01 jeu (08)	6223		021406	02	compresseur pour air de démarrage/
			01 jeu (08)	sans				courroie pour entraînement du ventilateur
02	Bague d'étanchéité	1 710 160	32		86-85	021402	79	Accessoires /
			12 jeux (02)	6162		021407	13	compresseur pour air de démarrage/
			04 jeux (02)	6181				bague pour la fixation entre la soupape de surté et la soupape de sortie deuxième étage
03	Bague d'étanchéité	000 N18 081/1	40		86-85	021407	11	Accessoires /
			12 jeux (04)	6159				compresseur pour air de démarrage/
			04 jeux (04)	sans				baguede fixation au dessus de la soupapede surté
04	Bague d'étanchéité	000 N18 094/1	60		86-85	021402	82	Accessoires /
			12 jeux (05)	6160		021407	16	compresseur pour air de démarrage/
								bague pour vanne de regulation de pression d'huile
05	Joint de culasse	849 131 01 60	08		86-85	021402	99	Accessoires /
			04 jeux (02)	6183		021407	19	compresseur pour air de démarrage/
								joint pour la culasse

6. Diagnostic et critique de la fonction maintenance

Dans cette partie, nous allons nous baser sur la collecte des données que nous avons effectuées afin d'analyser l'état actuel de la fonction maintenance et déterminer les causes conduisant à l'obstruction du bon déroulement de cette dernière.

Nous réaliserons le diagnostic de la fonction maintenance en s'appuyant sur la méthode de l'audit de maintenance [7] pour révéler les faiblesses du service maintenance à l'ENNA. Ensuite, nous allons utiliser la méthode PDCA pour proposer des améliorations et des actions de mesure corrective pour mieux atteindre les objectifs de progrès (Plan-Do), et à la fin nous allons vérifier l'efficacité des solutions mises en œuvre (Check-Act).

Nous avons choisi l'audit de la maintenance en raison de sa polyvalence. En effet, cette méthode permet d'effectuer un diagnostic qui couvre tous les aspects de la fonction maintenance : l'organisation, la méthodologie, la gestion, le contrôle...etc. La méthode PDCA est un outil qui consiste à améliorer les processus à mettre en œuvre des améliorations. Il est appliqué successivement dans les processus afin d'assurer une amélioration continue. En jointant l'audit de la maintenance avec l'amélioration continue, nous allons assurer un diagnostic efficace de la maintenance, puis, en se basant sur les résultats du diagnostic, proposer des réformes pour améliorer le processus de maintenance au sein de l'ENNA.

6.1.Méthode « Audit de la maintenance »

La démarche d'audit permet de détecter les éventuels écarts entre ce qui est visé et ce qui est réalisé, ce qui permet de savoir les aspects de maintenance à traiter en priorité. Cette approche suppose que nous devons d'abord comprendre l'état actuel du système, les ressources disponibles, la gestion des pièces de rechange, les processus de maintenance mis en œuvre et les priorités attribuées.

Pour cela, une méthode d'évaluation en deux étapes a été appliquée. Dans un premier temps, il faut collecter des informations sur la fonction maintenance. Nous avons réalisé cette étape en faisant l'étude des documents, des postes et du déroulement de la maintenance. Dans un second temps, il faut effectuer une analyse du fonctionnement du système de maintenance

actuel par le biais d'un questionnaire, appelé audit. Nous allons utiliser un questionnaire inspiré des travaux d'Yves Lavina [7]. Ce questionnaire regroupe 12 rubriques, chacune contenant plusieurs questions. Les rubriques sont :

- Organisation générale : couvre les procédures générales d'organisation du service maintenance et sa politique.
- Méthode de travail : assure une préparation du travail avec, les estimations de temps, les méthodes d'intervention.
- Suivi technique des équipements : regroupe toutes les actions d'analyse, et de traitement des informations concernant les installations.
- Gestion de portefeuille des travaux : couvre le traitement des demandes de travaux et des plans de maintenance, programmation, ordonnancement, lancement.
- Gestion de stock des PDR : Comment sont tenus les stocks ? Comment les pièces sont-elles stockées ? Quels modes de gestion ont-ils adoptés ?
- Organisation matérielle de l'atelier maintenance : de nombreuses tâches sont à réaliser en atelier : on doit y avoir des postes de travail bien équipés, des conditions et un espace de travail convenables.
- Outillages : les métiers de la maintenance demandent à être de mieux en mieux outillés et doivent disposer de nombreux moyens de manutention. Cela demande une organisation et une gestion sérieuses.
- Documentation technique : Il faut avoir une documentation complète, avec un accès facilité par un classement irréprochable et bénéficiant d'une mise à jour systématique.
- Personnel et formation : Evaluer les compétences du personnel ainsi que le climat de travail.
- Contrôle de l'activité : Tableau de bord, système d'informations comptes rendus d'activité et d'élaboration du budget.
- EHS de la maintenance : l'analyse et gestion des risques pour assurer la sécurité des personnels et des équipements.
- Sous-traitance : A-t-on de bons contrats ? Evalue-t-on les sous-traitants ? Comment assurer les suivis sur site ?

Chaque rubrique traite un aspect de la maintenance et contient des questions qui permettent d'évaluer ce dernier. Dans le tableau 7, nous allons présenter la rubrique « Organisation générale ». Les questionnaires du reste des rubriques seront présentés au niveau de l'annexe C.

Tableau 7 : Questionnaire de la rubrique « Organisation générale ».

A. Organisation générale	oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non
1. Est-ce que l'organisation de la fonction maintenance a été définie par écrit et approuvée ?					
2. Les responsabilités et les tâches définies dans l'organisation sont-elles vérifiées ?					
3. les responsabilités et les tâches des différents acteurs sont-elles clairement définies ?					
4. Le personnel d'encadrement et de supervision est-il suffisant ?					
5. L'activité de chaque intervenant est-elle encadrée par un budget de fonctionnement ?					
6. Existe-t-il un responsable pour assurer la coordination des travaux, des approvisionnements, des études d'installation et de la formation ?					
7. Existe-t-il des fiches de fonction pour chacun des postes d'exécutant ?					
8. Les opérateurs disposent-ils de consignes écrites pour les tâches de maintenance du 1er niveau ?					
9. Vous réunissez-vous périodiquement avec les opérateurs pour examiner les travaux à effectuer ?					
10. Les objectifs sont-ils écrits et sont-ils contrôlés régulièrement ?					
11. Etes-vous consultés par les exploitants, ou par les services d'ingénierie à l'occasion de l'étude ou de l'installation de nouveaux équipements ?					

6.2.Déroulement de l'audit

Pour chaque rubrique, une série de questions est posée. Pour chaque question, cinq choix de réponse sont offerts « oui, non, plutôt oui, plutôt non, ni oui ni non ». Il suffit de cocher dans la colonne qui se rapproche le plus de l'appréciation portée pour la question posée. Pour chaque réponse un score est attribué selon l'importance de la question. A la fin de chaque rubrique, le total des points est calculé.

Le questionnaire du tableau 7 sera proposé au chef de service maintenance et aux ingénieurs du bureau de méthode.

Ensuite, les questionnaires seront évalués par rapport à un score associé à chaque réponse, ce qui est représenté dans le tableau 8 :

Tableau 8 : Tableau des scores de la rubrique « Organisation générale ».

A. Organisation générale	Oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non
1. Est-ce que l'organisation de la fonction maintenance a été définie par écrit et approuvée ?	5	4	3	2	1
2. Les responsabilités et les tâches définies dans l'organisation sont-elles vérifiées ?	5	4	3	2	1
3. les responsabilités et les tâches des différents acteurs sont-elles clairement définies ?	5	4	3	2	1
4. Le personnel d'encadrement et de supervision est-il suffisant ?	5	4	3	2	1
5. L'activité de chaque intervenant est-elle encadrée par un budget de fonctionnement ?	5	4	3	2	1
6. Existe-t-il un responsable pour assurer la coordination des travaux, des approvisionnements, des études d'installation et	5	4	3	2	1

de la formation ?					
7. Existe-t-il des fiches de fonction pour chacun des postes d'exécutant ?	5	4	3	2	1
8. Les opérateurs disposent-ils de consignes écrites pour les tâches de maintenance du 1er niveau ?	5	4	3	2	1
9. Vous réunissez-vous périodiquement avec les opérateurs pour examiner les travaux à effectuer ?	5	4	3	2	1
10. Les objectifs sont-ils écrits et sont-ils contrôlés régulièrement ?	5	4	3	2	1
11. Etes-vous consultés par les exploitants, ou par les services d'ingénierie à l'occasion de l'étude ou de l'installation de nouveaux équipements ?	5	4	3	2	1

6.3.Résultat de l'audit

L'évaluation de la performance de chaque rubrique est faite en calculant leurs scores, ainsi que le pourcentage de satisfaction par rapport au score maximal.

Le score de chaque rubrique est calculé par addition des notes des différentes questions (les questions sont notées de 1 à 5). Le score maximal est égal au nombre de questions fois cinq, et le pourcentage de satisfaction est calculé par le quotient du score obtenu sur le score maximal.

Grâce à ces calculs, nous allons pouvoir déduire les rubriques les moins performantes, et ainsi dégager les points faibles et les lacunes de la fonction maintenance de l'ENNA, puis proposer par la suite des pistes d'amélioration.

Les résultats du questionnaire de la rubrique « organisation générale » sont résumés dans le tableau 9. Le reste des tables seront présentés au niveau de l'annexe C.

Tableau 9 : Réponse du premier questionnaire.

A. Organisation générale.	Oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. Est-ce que l'organisation de la fonction maintenance a été définie par écrit et approuvée ?	5	4	3	2	1	5	5
2. Les responsabilités et les tâches définies dans l'organisation sont-elles vérifiées ?	5	4	3	2	1	4	5
3. les responsabilités et les tâches des différents acteurs sont-elles clairement définies ?	5	4	3	2	1	5	5

4. Le personnel d'encadrement et de supervision est-il suffisant ?	5	4	3	2	1	2	5
5. L'activité de chaque intervenant est-elle encadrée par un budget de fonctionnement ?	5	4	3	2	1	1	5
6. Existe-t-il un responsable pour assurer la coordination des travaux, des approvisionnements, des études d'installation et de la formation ?	5	4	3	2	1	4	5
7. Existe-t-il des fiches de fonction pour chacun des postes d'exécutant ?	5	4	3	2	1	5	5
8. Les opérateurs disposent-ils de consignes écrites pour les tâches de maintenance du 1er niveau ?	5	4	3	2	1	5	5
9. Vous réunissez-vous périodiquement avec les opérateurs pour examiner les travaux à effectuer ?	5	4	3	2	1	4	5
10. Les objectifs sont-ils écrits et sont-ils contrôlés régulièrement ?	5	4	3	2	1	4	5
11. Etes-vous consultés par les exploitants, ou par les services d'ingénierie à l'occasion de l'étude ou de l'installation de nouveaux équipements ?	5	4	3	2	1	4	5
Sous total	/	/	/	/	/	43	55
Score obtenu	78.18%						

Tableau 10 : Résultat de l'audit de la maintenance.

Domaine d'analyse	Score obtenu	Score maximal	Pourcentage de satisfaction	Score moyen (31)
A. Organisation générale	43	55	78%	62%
B. Méthode de travail	42	55	78%	62%
C. Suivi technique des équipements	33	50	66%	62%
D. Gestion de portefeuille des travaux	30	55	55%	62%
E. Gestion de stock des PDRs	21	50	42%	62%

F. Organisation matérielle de l'atelier maintenance	15	45	33%	62%
G. Outillages	31	45	71%	62%
H. Documents techniques	30	40	75%	62%
I. Personnel et formation	49	70	70%	62%
J. Contrôle de l'activité	20	45	45%	62%
K. EHS de la maintenance	20	35	57%	62%
L. Sous-traitance	39	50	78%	62%

Nous allons modéliser les résultats des questionnaires présentés dans le tableau 10, sous forme d'un graphe en radar (figure 08) et en diagramme de barre (figure 09) pour mieux visualiser les aboutissements.

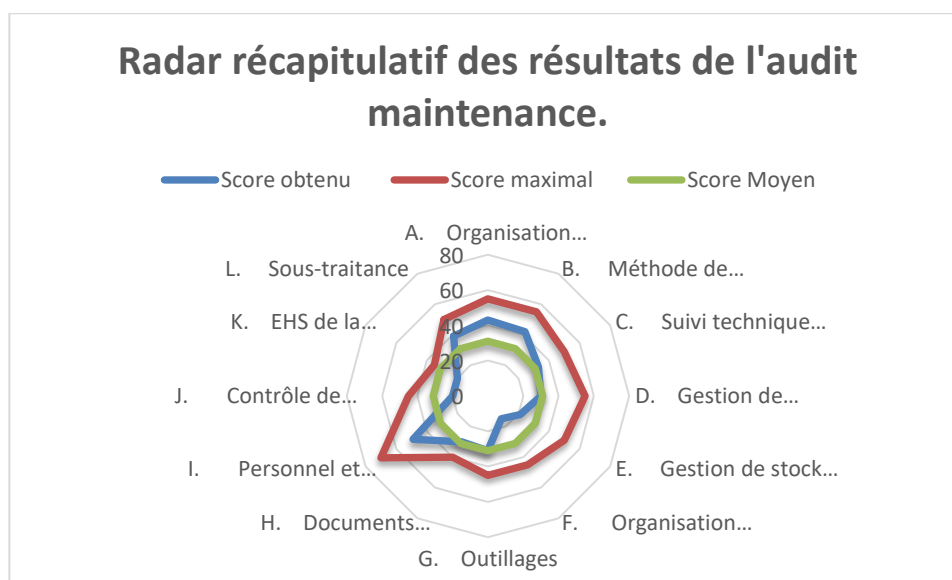


Figure 8 : Radar récapitulatif des résultats de l'audit maintenance.

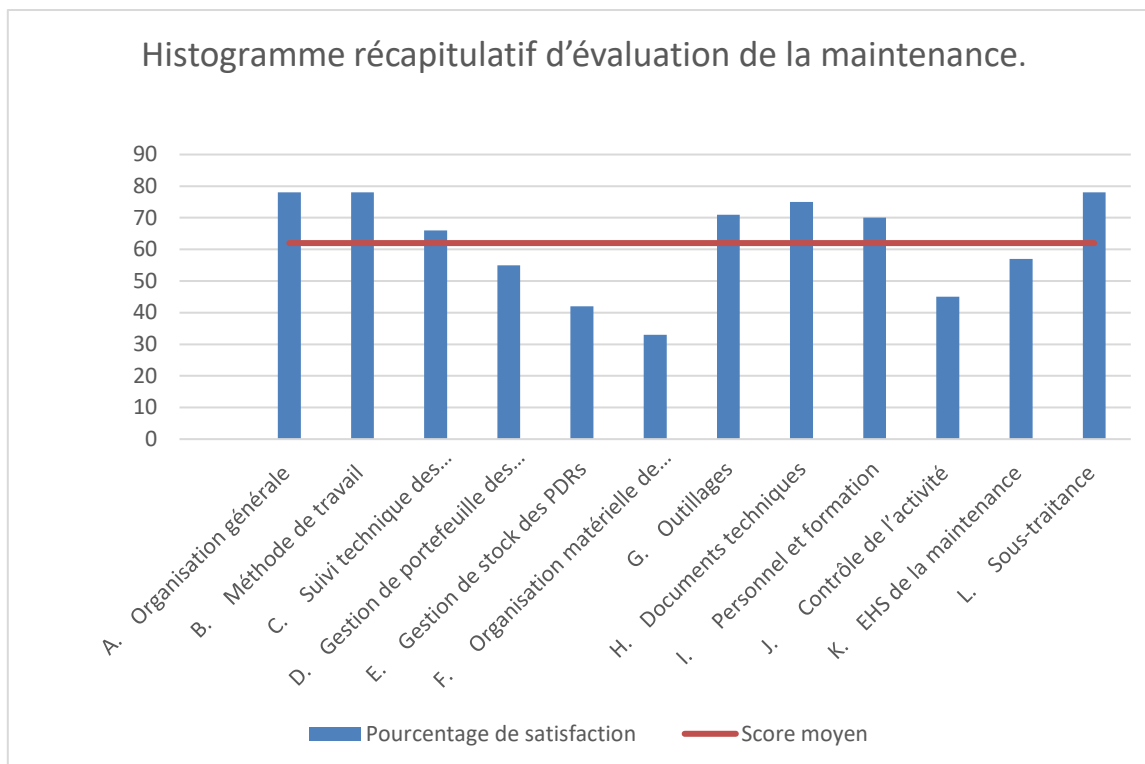


Figure 9 : *Histogramme récapitulatif d'évaluation de la maintenance.*

6.4. Interprétation et analyse des résultats :

Après analyse des résultats issus de l'audit (questionnaires remplis), accompagné d'un graphique en radar présentant une synthèse des résultats de l'audit, et en fixant le pourcentage de satisfaction à 62%, il a été possible d'identifier les domaines qui représentent des maillons faibles :

- Gestion du portefeuille des travaux.
- Gestion de stock des PDR.
- Organisation matérielle de l'atelier maintenance.
- Contrôle de l'activité.
- EHS de la maintenance.

Pour remédier à ces faiblesses, nous analyserons les résultats et proposerons des solutions pour améliorer les services de maintenance.

Nous avons regroupé, dans le tableau 11, les 5 domaines trouvés en dessus en 3 aspects : l'aspect organisationnel (gestion des stocks et des PDR, gestion matérielle de l'atelier de maintenance, EHS de la maintenance), l'aspect informationnel (gestion du portefeuille des travaux), et l'aspect technique (contrôle de l'activité relative à la maintenance).

Tableau 11 : Les points faibles de la maintenance à l'ENNA.

Aspect	Domaine	Critiques et propositions
Organisationnel	Gestion des stocks et des PDR (42%)	<u>Critiques :</u> ➤ Les pièces de rechanges existantes ne sont pas stockées dans des conditions idéales (poussières, humidité...etc.), ce qui les endommage. De plus, L'indisponibilité des pièces de rechange et lui aussi un souci qu'on a observé. ➤ Le processus de maintenance actuel souffre d'un manque d'organisation du magasin des pièces de rechange. On remarque une absence quasi totale d'un plan de gestion adéquat. En effet, gérer le magasin des PDR est crucial pour la fonction maintenance. Il faut disposer des pièces critiques en nombre suffisant, avec un stock de sécurité, mais sans se trouver dans un sur stockage et avoir un surplus d'inventaire. Le manque d'un plan de gestion des PDR qui contient la liste des PDR, le nombre de pièces nécessaires, le seuil à ne pas dépasser, les pièces critiques et les pièces moins essentielles, est une anomalie. <u>Propositions :</u> ➤ Recruter un magasinier qui a des connaissances techniques, pour assurer un bon conditionnement des pièces. ➤ Organiser le magasin selon un plan préparé en début d'année. Ce plan doit définir le nombre des pièces à stocker, leurs quantités, les critères de stockage de chaque pièce, etc. Une liste de pièces manquantes doit être établie pour ensuite faire les démarches nécessaires de réapprovisionnement. ➤ Organiser les commandes des PDR pour optimiser les stocks selon le besoin, les types de pièces, leurs couts, le type de maintenance... ➤ Adopter une méthode de gestion de stock adéquate. Nous proposons la méthode de Wilson, qui permet de déterminer la fréquence et la quantité des commandes à passer auprès d'un fournisseur, à travers des calculs mathématiques, et cela pour assurer une meilleure gestion des stocks des PDR.
	Organisation matérielle de l'atelier de maintenance (33%)	<u>Critiques :</u> ➤ Nous avons remarqué que le bureau de méthode est constitué d'ingénieurs exploitation seulement. Il n'y a pas d'équipe de maintenance. Ceci fait que l'équipe d'exploitation s'occupe de toutes les taches : ordonnancement, préparation, maintenance...etc. ➤ Nous avons aussi noté qu'il y'a des difficultés dans la désignation des équipes lors des opérations de maintenance. Ce problème peut être dû au manque d'ingénieurs dédiés à la maintenance. <u>Propositions :</u> ➤ Recruter plus d'ingénieurs et techniciens maintenances : 2 maintenances, 2 automatismes, 2 électrotechniques, 1 électronique, 1 technicien en mécanique.
	EHS de la maintenance (57%)	<u>Critiques :</u> ➤ Nous avons constaté que l'entreprise n'a pas mis en place de politique sécurité/environnement sur un périmètre dédié et ne fait donc pas le lien entre métriques et processus de contrôle pour optimiser les filières d'élimination, optimiser les ressources, élaborer et mettre en œuvre des plans d'action santé-sécurité et/ou environnement/ les règles de sécurité.

		➤ Défaut d'élaborer et de mettre en œuvre des plans de santé et de sécurité, de prévention des accidents et/ou de protection de l'environnement. ➤ Absence de collecte d'ordres de sécurité de l'entreprise, d'analyse des accidents du travail, de publication et d'utilisation de données statistiques, de détection des risques et de classification des différents services sur site et de coordination des interventions d'urgence en cas d'accident. ➤ Il n'existe pas une exécution des audits de santé et de sécurité et/ou des normes environnementales internes et externes et des performances liées aux réglementations et procédures. <u>Propositions :</u> ➤ Formation et sensibilisation de l'équipe à la santé, à la sécurité et/ou à l'environnement. ➤ Management de l'équipe EHS et gestion du budget. ➤ Proposer des améliorations et/ou des évolutions dans les domaines de la santé-sécurité et/ou de l'environnement/sécurité. ➤ Communication des plans auprès du préfet et institutions externes. ➤ Application et suivi des normes internationales (ISO 45001).
Informationnel	Gestion du portefeuille des travaux (55%)	<u>Critiques :</u> ➤ Nous avons noté un manque dans les documents, à savoir les demandes de travail (DT), les Bons de travail (BT). Cela résulte en un manque de traçabilité des interventions. ➤ L'archivage des documents et lui aussi une anomalie. En effet, une fois les fiches de maintenance préventive systématique sont archivées et plus jamais consulté. Aucune analyse des statistiques n'est faite par la suite. ➤ Nous avons également remarqué une mauvaise codification des équipements. Le bureau de méthode utilise toujours les références du constructeur. De préférence, l'entreprise doit établir son propre système de codes, car cela va permettre d'avoir une codification simple et accessible à tout le personnel. Garder les références du constructeur peut ralentir le processus d'intervention, vu la complexité de ces codes. <u>Propositions :</u> ➤ Nous proposons d'apporter des modifications aux documents existants, en rajoutant des informations manquantes et en apportant des améliorations. De plus, nous proposons d'introduire l'utilisation des DT et BT dans le flux de déroulement de maintenance. ➤ Nous voulons aussi apporter une nouvelle codification alphanumérique spécifique à l'ENNA, au lieu d'utiliser la codification du constructeur.

Technique	Contrôle de l'activité (45%)	<u>Critiques :</u> ➤ Nous avons observé que le bureau de méthode utilise uniquement Microsoft Excel. Malgré ses avantages et ses fonctionnalités qui aident pour créer des plannings d'intervention, établir des listes d'équipements ou d'intervenants, et produire des tableaux de bord, l'Excel présente de nombreuses limitations, tel que la difficulté de partage de fichiers et d'informations, la difficulté de mettre à jour les documents, le manque de traçabilité des données, le risque d'erreurs lié à la saisie manuelle, etc. <u>Propositions :</u> ➤ Nous proposons de développer un logiciel de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur qui répond aux problèmes posés par la gestion manuelle. L'objectif étant de résoudre les problèmes liés au déroulement de la maintenance : Gain de temps ; Traçabilité des informations même dans le cas de la sous-traitance ; Amélioration du flux de communication ; Optimisation des coûts ; Analyse anticipée, pour éviter la rupture de stocks ou une consommation excessive du budget de la maintenance ; Aide pour la prise de décision pour la politique de maintenance et la stratégie de la maintenance.
-----------	------------------------------	---

7. Scénarios possibles de la solution informatique.

La méthode de gestion de la maintenance actuellement utilisée est une gestion manuelle. Celle-ci est inefficace, ce qui rend difficile la transmission l'information en temps réel. Ceci nous a poussé à développer une application de gestion de la maintenance automatisée, qui répondra aux problèmes posés par la gestion manuelle et optimisera la gestion de la maintenance.

En considérant les lacunes de la gestion manuelle, nous avons décidé d'informatiser le système d'information de gestion de la maintenance, qui couvre la création, le suivi, le contrôle de toutes les informations nécessaires à la fonction maintenance. Le système à développer pourra servir de base aux décisions d'intervention quotidiennes, telles que des décisions de remplacement des pièces, ou de renouvellement d'équipement.

L'application que nous allons développer, peut être implémenté selon deux solutions informatiques possibles : une installation « mono poste » ou une installation « réseau ».

- Une installation mono poste s'installe rapidement, mais ne peut fonctionner que sur un seul poste, même si l'application peut être installée sur plusieurs ordinateurs, la base de données sera dupliquée et ne contiendra pas les mêmes données si des modifications sur chaque poste sont effectuées. Le problème de la mise à jour dans ce cas-là va se poser.
- Une installation réseau désigne l'installation de l'application et de la base de données sur un serveur qui donnera l'accès à plusieurs ordinateurs et offrira une vue harmonisée et cohérente de la base de données à tous les utilisateurs.

Nous avons choisi cette dernière option, pour les raisons suivantes :

- Tous les ingénieurs du bureau de méthode possèdent un ordinateur.
- Les utilisateurs pourront accéder et manipuler les données en temps réel.

- Les utilisateurs pourront partager les documents de maintenance facilement, et la capacité de stockage est assez large.
- L'installation réseau permettra d'automatiser et standardiser certaines tâches de la maintenance.

8. Conclusion

L'étude de l'existant est une étape indéniablement importante dans la compréhension de la situation du système actuel. L'objectif de cette étape est la recherche des points faibles du système existant, pour pouvoir y porter un jugement et évaluer son fonctionnement.

L'étude de l'existant nous a permis dans un premier lieu de bien comprendre le processus de déroulement de la maintenance au service énergétique de l'ENNA. Nous avons élaboré les procédures de maintenances, puis étudié les documents, les postes et la gestion des équipements actuelle.

Par la suite, nous avons présenté une analyse et un diagnostic approfondi de ce processus, et proposé des solutions pour l'améliorer. A travers ce diagnostic, nous avons réussi à identifier les lacunes de la gestion de la fonction maintenance à l'ENNA selon l'aspect organisationnel, informationnel, et technique. Les dysfonctionnements majeurs mis en évidence se situent au niveau de la gestion et de l'organisation de la maintenance et des pièces de rechange, de l'analyse et de la gestion des risques, et l'incapacité à maîtriser les activités et les budgets. Afin de résoudre ces problèmes, nous avons étudié divers outils disponibles au sein de l'entreprise pouvant répondre à la spécificité du projet et améliorer la situation de gestion actuelle, nous proposons donc plusieurs solutions, notamment le recrutement, l'amélioration des documents (à travers la modification des documents déjà existant ainsi que l'ajout d'autres), et surtout l'adoption d'un système de gestion de la maintenance assistée par ordinateur qui fera face aux problèmes apportés par la gestion manuelle et ressoudra les problèmes de planification de maintenance. Nous allons donc développer une application qui pourra pallier à la majorité des lacunes soulignées dans ce chapitre.

Le chapitre suivant sera dédié à la conception du futur système d'information de gestion de la maintenance.

Chapitre 03 :
Etude conceptuelle du futur SI.

1. Introduction

Le chapitre précédent a été consacré à l'étude du système de gestion de la maintenance existant. A travers cette étude, nous avons réussi à identifier les lacunes et les dysfonctionnements du système, ce qui nous a permis de déduire les besoins à considérer dans le futur SI. Dans ce chapitre, nous allons aborder l'étude conceptuelle du futur système automatisé de la gestion de maintenance, en prenant en compte les résultats du chapitre précédent. L'étude conceptuelle sert à formaliser les caractéristiques du futur SI selon les besoins et les exigences de l'entreprise. Nous allons spécifier les caractéristiques fonctionnelles du système, puis s'appuyer sur le langage de modélisation UML pour élaborer les diagrammes de cas d'utilisation, ensuite les diagrammes de séquences, et finalement le diagramme de classe.

2. Caractéristiques fonctionnelles du système proposé

Le système que nous allons concevoir doit assurer les fonctionnalités suivantes :

- Gestion des équipements : ajouter des équipements, faire le suivi et le contrôle des équipements, et enregistrer toutes ses informations.
- Gestion des PDR : ajouter des pièces, faire le suivi et le contrôle des pièces, et mettre à jour la liste des PDR.
- Gestion des interventions : gérer toute intervention, de type préventif ou correctif, qui surviendra sur un équipement, programmer les interventions.
- Gestion des documents : préparation et édition des BT et DT, accéder aux différents documents de maintenance (fiches de manœuvre, fiche de contrôle...etc.).

3. Présentation du langage de modélisation d'orienté objet UML

Un modèle conceptuel de données est défini comme « une représentation des besoins en matière de données pour un système d'information qui met en évidence les entités, leurs attributs, les associations et contraintes entre ces entités pour un domaine donné » [10].

Pour la conception de notre système, nous avons choisi d'utiliser UML² « Unified Modeling Language », ou Langage de modélisation unifié, en raison de son adéquation avec les projets informatiques, et pour sa souplesse, sa performance et sa polyvalence. UML est un langage de modélisation standardisé constitué de plusieurs diagrammes qui facilitent la représentation visuelle des objets, des états et des processus dans un logiciel ou un système. Ses diagrammes permettent de représenter le logiciel à développer, son fonctionnement, sa mise en œuvre, les actions susceptibles d'être effectuées par le logiciel, ainsi que les acteurs qui l'utilisent. Réaliser ces diagrammes revient donc à modéliser les besoins du logiciel à développer. UML est utilisé comme un moyen de communication entre les étapes de spécification conceptuelle et les étapes de spécifications techniques.

Il existe plusieurs diagrammes au sein du formalisme UML, dont les principaux sont :

- Le diagramme de classes, qui permet de décrire les classes qui sont des types d'objets du SI,

² UML : <https://www.uml.org/>

- Le diagramme de séquence, qui décrit les différentes interactions entre les éléments d'un logiciel suite à une sollicitation,
- Le diagramme de cas d'utilisation, qui représente les grandes fonctionnalités nécessaires aux utilisateurs du système.

4. Diagramme de cas d'utilisation (Use Case)

Le diagramme de cas d'utilisation est un diagramme UML utilisé pour donner une vision globale, plus facilement observable du comportement fonctionnel d'un logiciel. Un diagramme de cas d'utilisation définit la relation entre l'utilisateur et les éléments que le système met en œuvre, cela permet également d'indiquer les acteurs qui interviennent dans chaque partie. Il représente les fonctionnalités nécessaires aux utilisateurs. On peut faire un diagramme de cas d'utilisation pour le logiciel entier ou pour chaque partie.

Nous allons présenter par la suite les diagrammes de cas d'utilisation par acteur :

- Le diagramme de cas d'utilisation des responsables (chef de département, et chef de service).
- Le diagramme de cas d'utilisation de l'ingénieur.
- Le diagramme de cas d'utilisation du chef de vacation et techniciens.

4.1. Diagramme de cas d'utilisation du chef de département et du chef de service

Le diagramme représenté dans la figure 10, représente les fonctions importantes des acteurs principaux, le chef de département et de service dans le système. Ces acteurs ont accès à toutes les fonctionnalités de l'application, après avoir prévu une fiche de passation de consignes pour les modifications entre les deux cadres, à savoir :

- Choisir et alerter les techniciens pour intervenir dans une opération de maintenance, de lire (rechercher, consulter, ou imprimer) des documents d'interventions (DT, OT, AT, BT, FR, FC), et de mettre à jour (créer, modifier, supprimer) ces documents.

- Consulter et mettre à jour les documents d'équipement et de PDR (fiche historique, fiche technique, liste des PDR, DA, BSM, BR), ainsi que les plannings et les gammes de maintenance.

A la fin de toute mise à jour de document, les employés concernés seront notifiés.

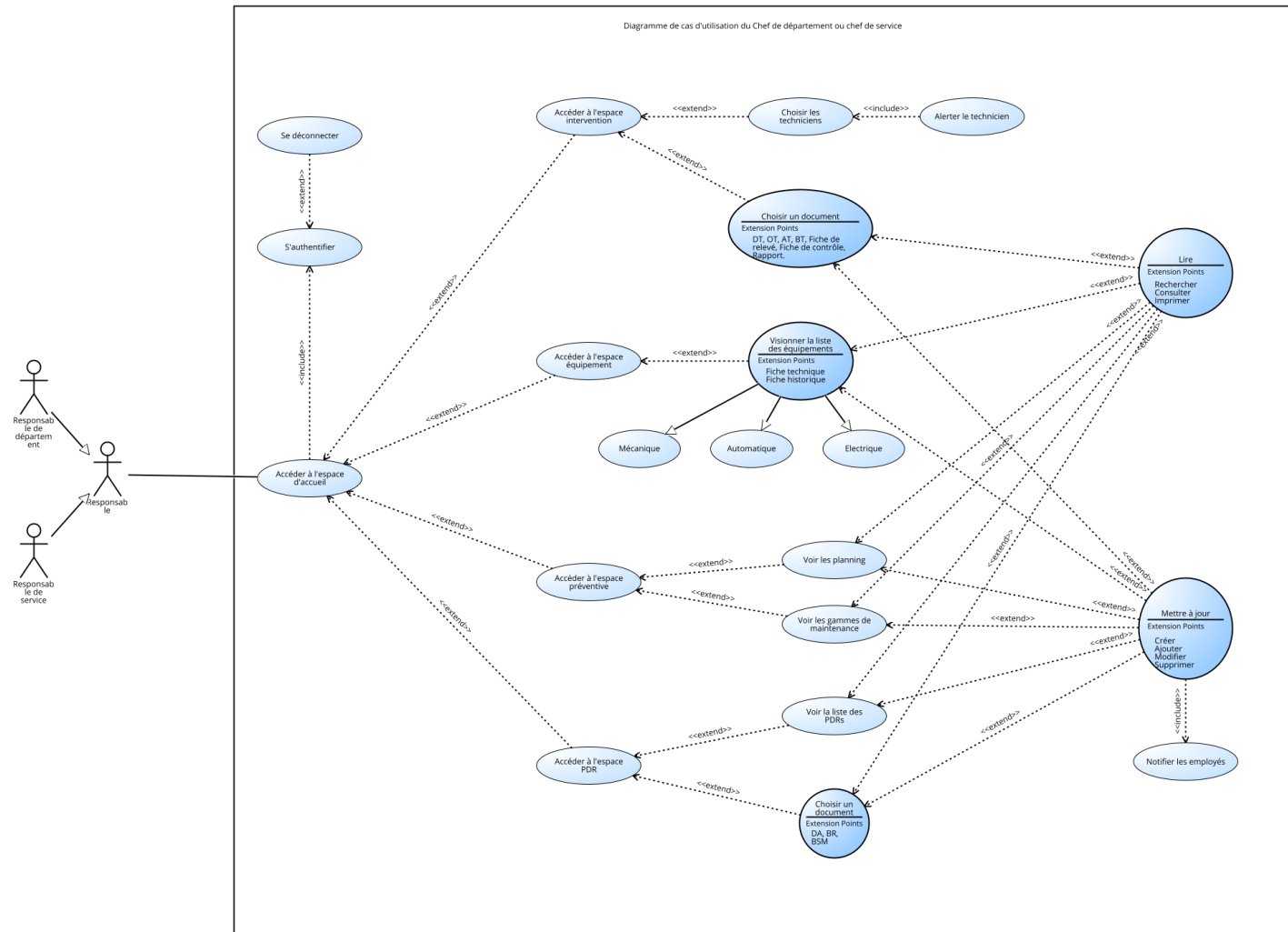


Figure 10 : Diagramme de cas d'utilisation des responsables (chef de département, chef de service).

4.2. Diagramme de cas d'utilisation de l'ingénieur

Le diagramme représenté dans la figure 11, représente les fonctions importantes d'un ingénieur dans le système. Les ingénieurs ont moins de droits d'accès que les responsables : ils possèdent la possibilité de consulter tous les documents existant dans la base de données, et la possibilité de mettre à jour tous les documents, sauf les OT et les AT. La mise à jour de ces derniers est réservée aux responsables. A la fin de toute mise à jour de document, les employés concernés seront notifiés.

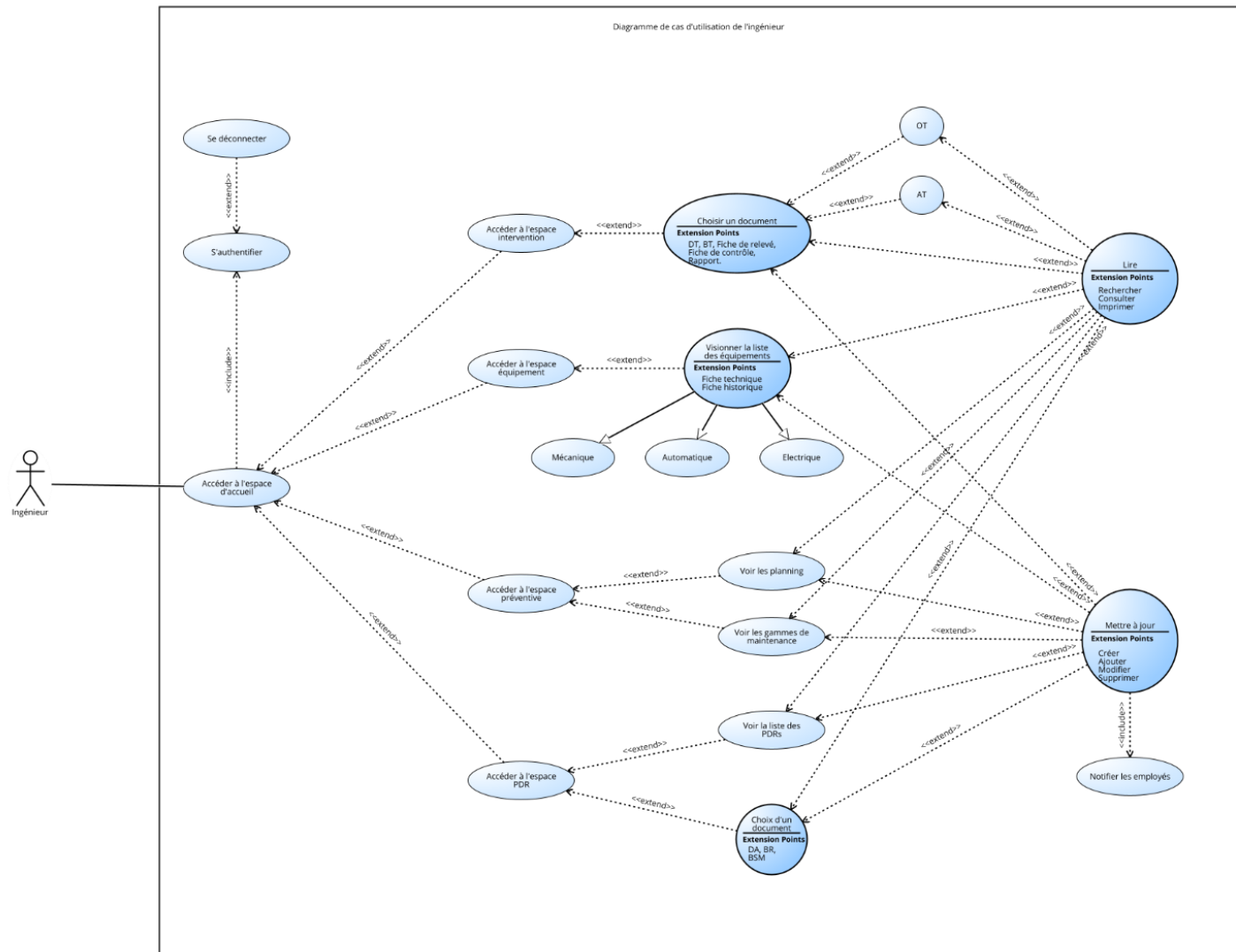


Figure 11 : Diagramme de cas d'utilisation de l'ingénieur.

4.3. Diagramme de cas d'utilisation du chef de vacation et du technicien

Il s'agit du même diagramme de cas d'utilisation d'ingénieur (la figure 11), sauf que quelques droits d'accès différent : dans l'espace intervention, le chef de vacation et les techniciens ne peuvent mettre à jour des documents que les DT, et dans l'espace de gestion des PDR, ils n'ont pas le droit de mettre à jour les BSM et DA.

5. Diagramme de classe

Le diagramme de classes est un modèle qui fournit une vue globale d'un système en présentant ses classes, les relations (association) entre elles, les attributs, et les méthodes. Les diagrammes de classes sont statiques : ils affichent ce qui interagit mais pas ce qui se passe pendant l'interaction. [4]

Alors que le diagramme de cas d'utilisation montre un système du point de vue des acteurs, le diagramme de classes en montre la structure interne. Il permet de fournir une représentation abstraite des objets du système qui vont interagir ensemble pour réaliser les cas d'utilisation. [12]

Le diagramme de classes est constitué de :

- *Classe* : description formelle d'un ensemble d'objets ayant une sémantique et des propriétés communes. Une instance d'une classe est appelée « objet ». C'est une entité discrète ayant un identifiant, un état et un comportement. Les classes sont reliées entre elles par des associations.
- *Attribut* : c'est une propriété qui décrit l'état d'un objet.
- *Opération* : toute action que la classe peut réaliser.

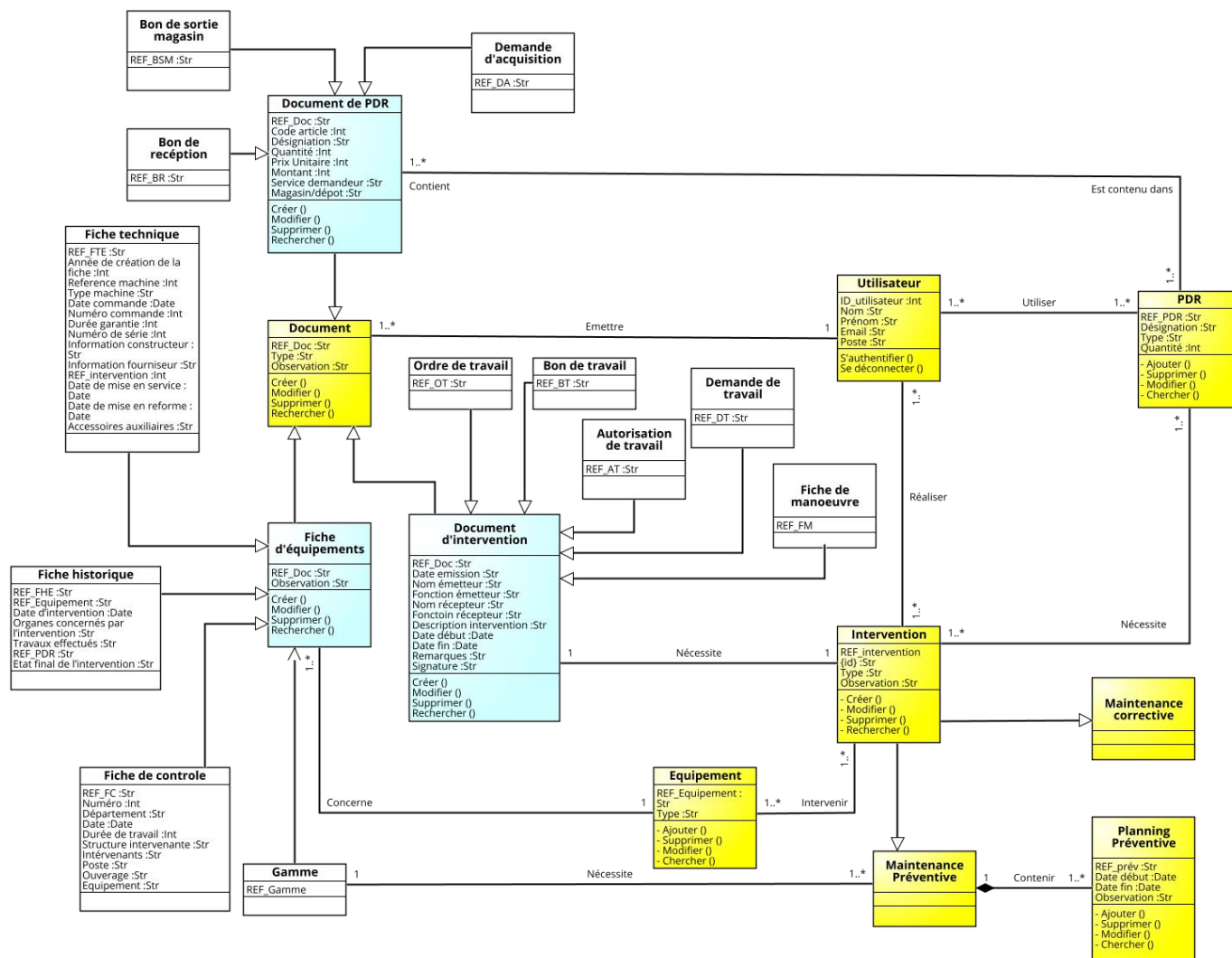


Figure 12 : Diagramme de classe du futur SI.

La figure 12 illustre le diagramme de classe du futur SI. La classe « Intervention » est la classe principale de l'application, elle est en relation avec d'autres classes essentielles qui fournissent des informations sur le type d'intervention, les documents associés à cette intervention, les équipements concernés, les PDR utilisés, et finalement l'utilisateur qui effectue l'intervention.

Chacune de ces classes est composée d'autres sous classe. Par exemple, une intervention est soit de type maintenance corrective ou préventive, donc la classe « Intervention » est reliée à la classe qui indique le type de maintenance. La classe « Documents » est composé de trois sous classes : Document d'intervention, Fiche d'équipement, et document de PDR. Ces derniers se divisent eux même en classes filles qui illustrent les types des documents de la classe mère. Elles ont chacune des caractéristiques spécifiques.

6. Diagrammes de séquence

Le diagramme de séquence est un diagramme comportemental qui montre l'enchaînement séquentiel des interactions existantes entre les objets et les acteurs du système sur une échelle de temps.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les diagrammes de séquences suivants :

- Authentification.
- Notifications des employés.
- Consultation des documents des équipements.
- Création des documents.
- Mise à jour des pièces de rechanges.
- Affectation des employés.

6.1. Diagramme de séquence d'authentification

Pour consulter son compte, l'employé doit s'authentifier dans un premier lieu en utilisant les informations de login. Par la suite, il choisit l'espace correspondant à ces besoins, ce qui est représenté dans la figure 13.

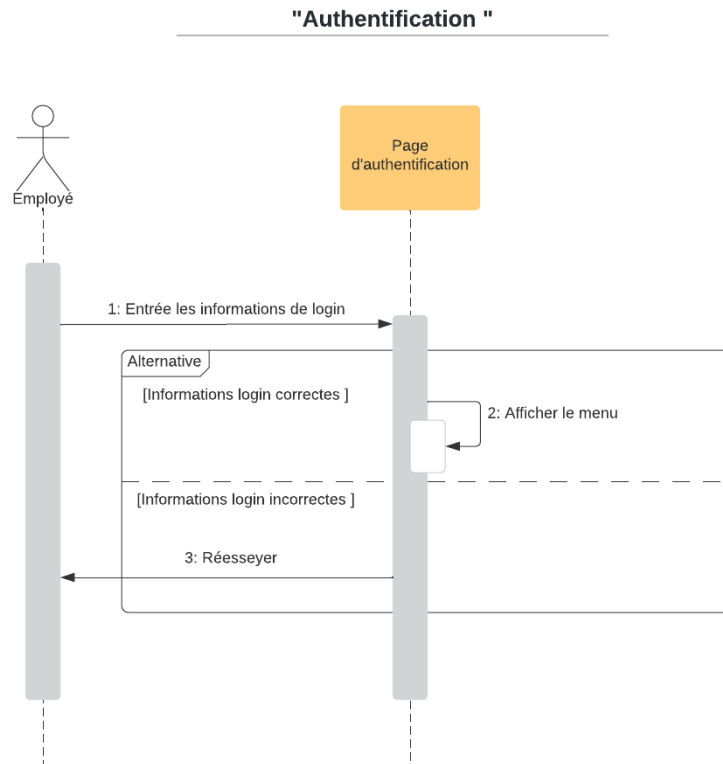


Figure 13 : *Diagramme de séquence de « l'authentification ».*

6.2. Diagramme de séquence de notification des employés

Une notification doit apparaître sur tous les écrans, à chaque fois qu'un document est mis à jour.

Lorsqu'un employé se voit attribuer un travail, il doit être averti afin qu'il puisse effectuer les tâches qui lui sont assignées après la confirmation de la réception de la notification, ce qui est représenté dans la figure 14.

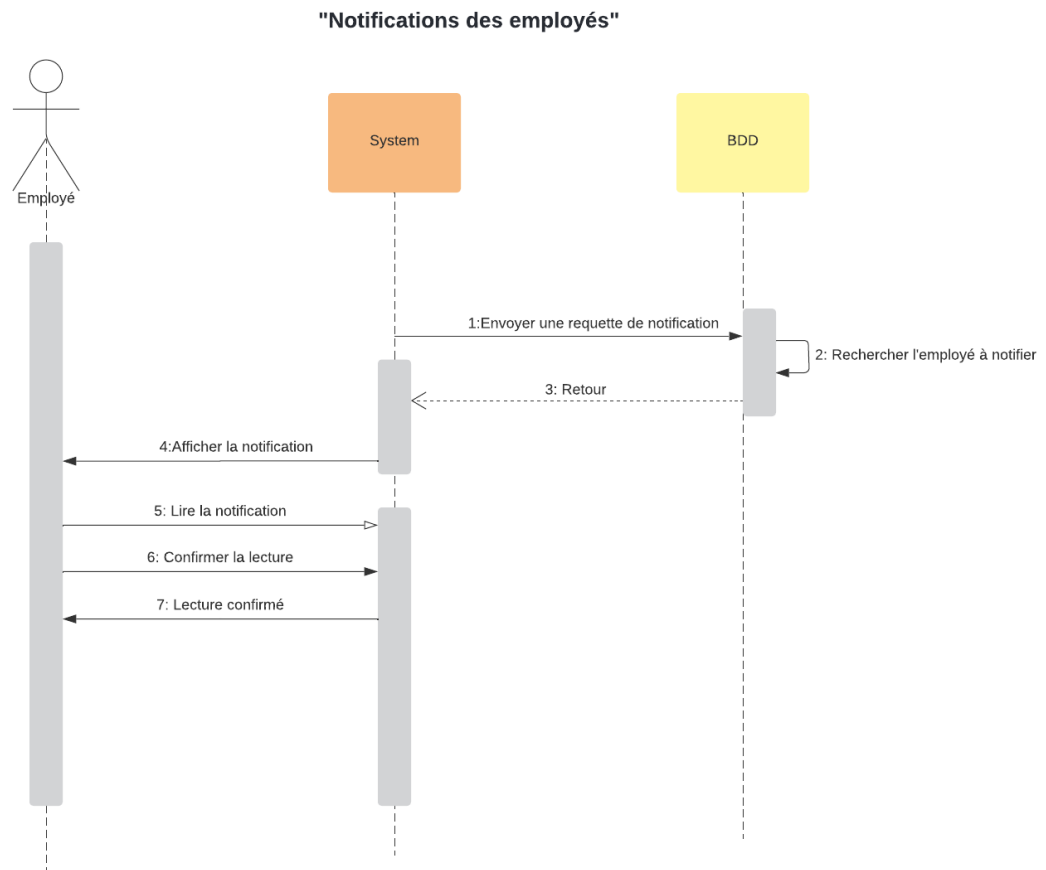


Figure 14 : Diagramme de séquence « notification des employés ».

6.3. Diagramme de séquence de consultation des documents des équipements

Pour consulter les différents documents qui ont une relation avec les équipements, l'employé doit s'authentifier dans un premier lieu. Par la suite, il suffit de saisir la référence de l'équipement, pour que le système accède à tous les documents relatifs à l'équipement correspondant. Le système demande à l'employé de choisir le document qu'il veut consulter, pour ensuite l'afficher, ce qui est représenté dans la figure 15.

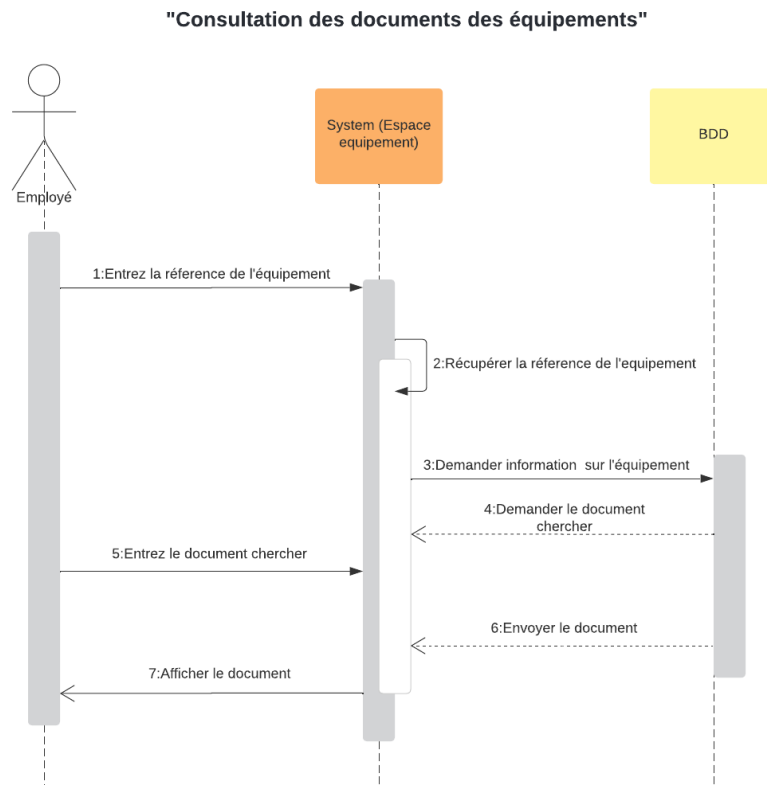


Figure 15 : Diagramme de séquence « consultation des documents des équipements ».

6.4. Diagramme de séquence de création des documents

Pour créer un document, l'utilisateur accède à l'espace voulu puis choisit le document à créer. En remplissant toutes les informations nécessaires et obligatoires dans ce document, le système enregistre le document, et notifie les employés qu'un nouveau document a été ajouté à la base de données.

En ce qui concerne l'espace « Intervention », les actions qui peuvent avoir lieu sont la mise à jour ou la création des documents d'intervention. Ces actions se résument dans le diagramme de séquence de consultation et le diagramme de création des documents, ce qui est représenté dans la figure 16.

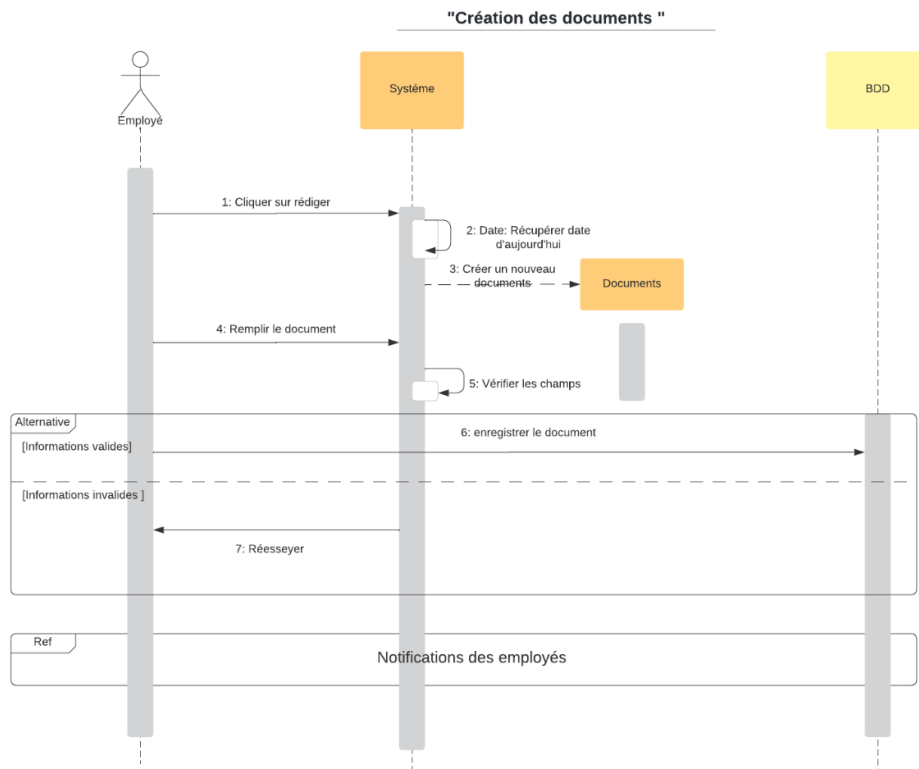


Figure 16 : Diagramme de séquence « création des documents ».

6.5. Diagramme de séquence de mise à jour des PDRs.

En accédant à l'espace PDR, l'utilisateur a le choix soit de mettre à jour une pièce de rechange existante, ou d'introduire une nouvelle pièce qui n'existe pas dans la base de données. Cela est fait en remplissant les champs obligatoires dans le formulaire adéquat et enregistrant les modifications. Une fois le formulaire est validé, il va être enregistré dans la base de données, ce qui est représenté dans la figure 17.

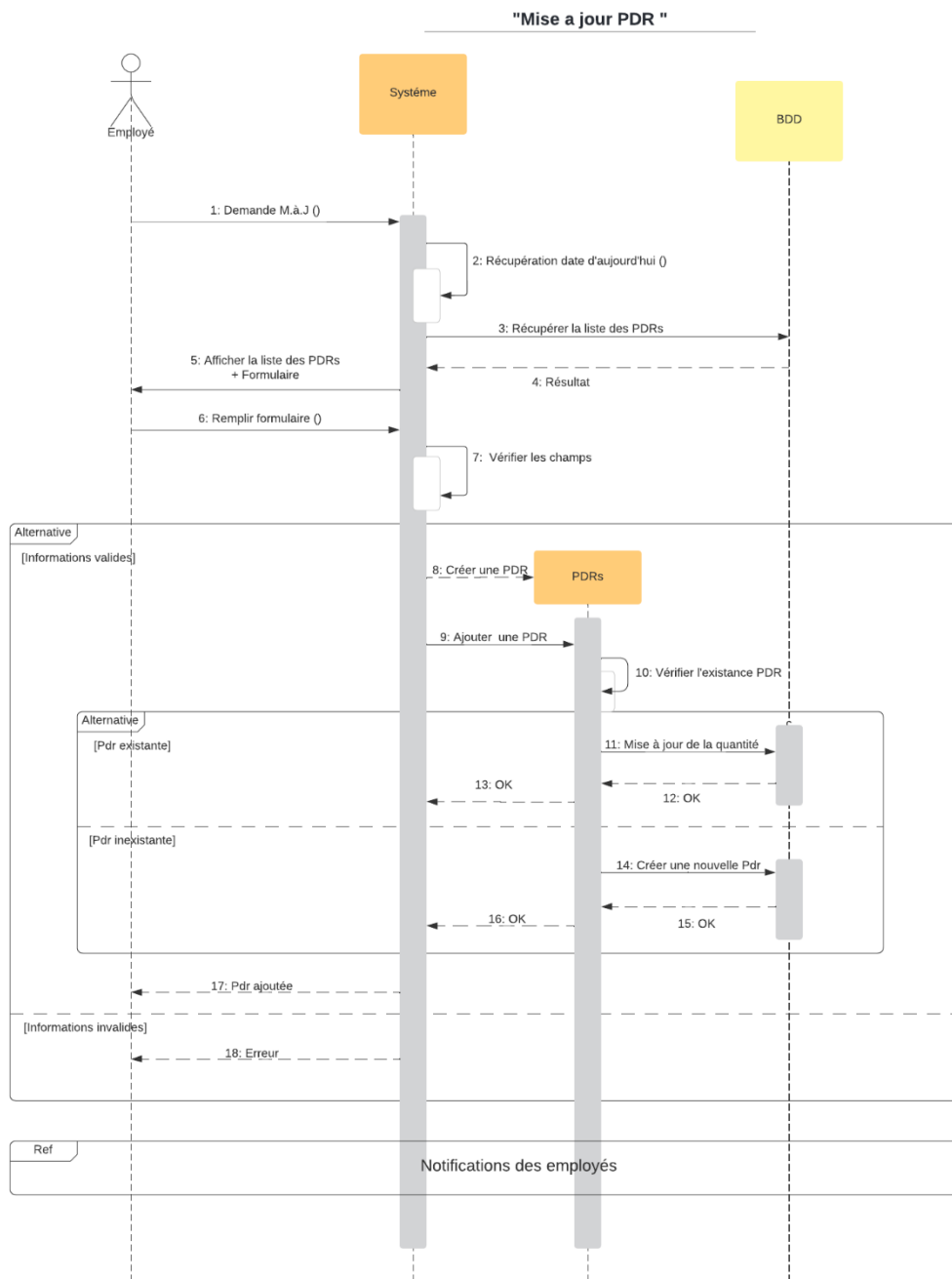


Figure 17 : Diagramme de séquence « mise à jour des pièces de rechanges ».

6.6. Diagramme de séquence d'affectation des employés.

Lors de la création d'une DT, le chef de département et le chef de service, sont notifié. Ils pourront ensuite choisir des employés pour intervenir. Pour e faire, ils doivent accéder à la liste des employés, choisir ceux qui sont disponibles, et leurs affecter les taches à effectuer. Les employés concernés seront notifiés, et les responsables peuvent créer des OT et AT, ce qui est représenté dans la figure 18.

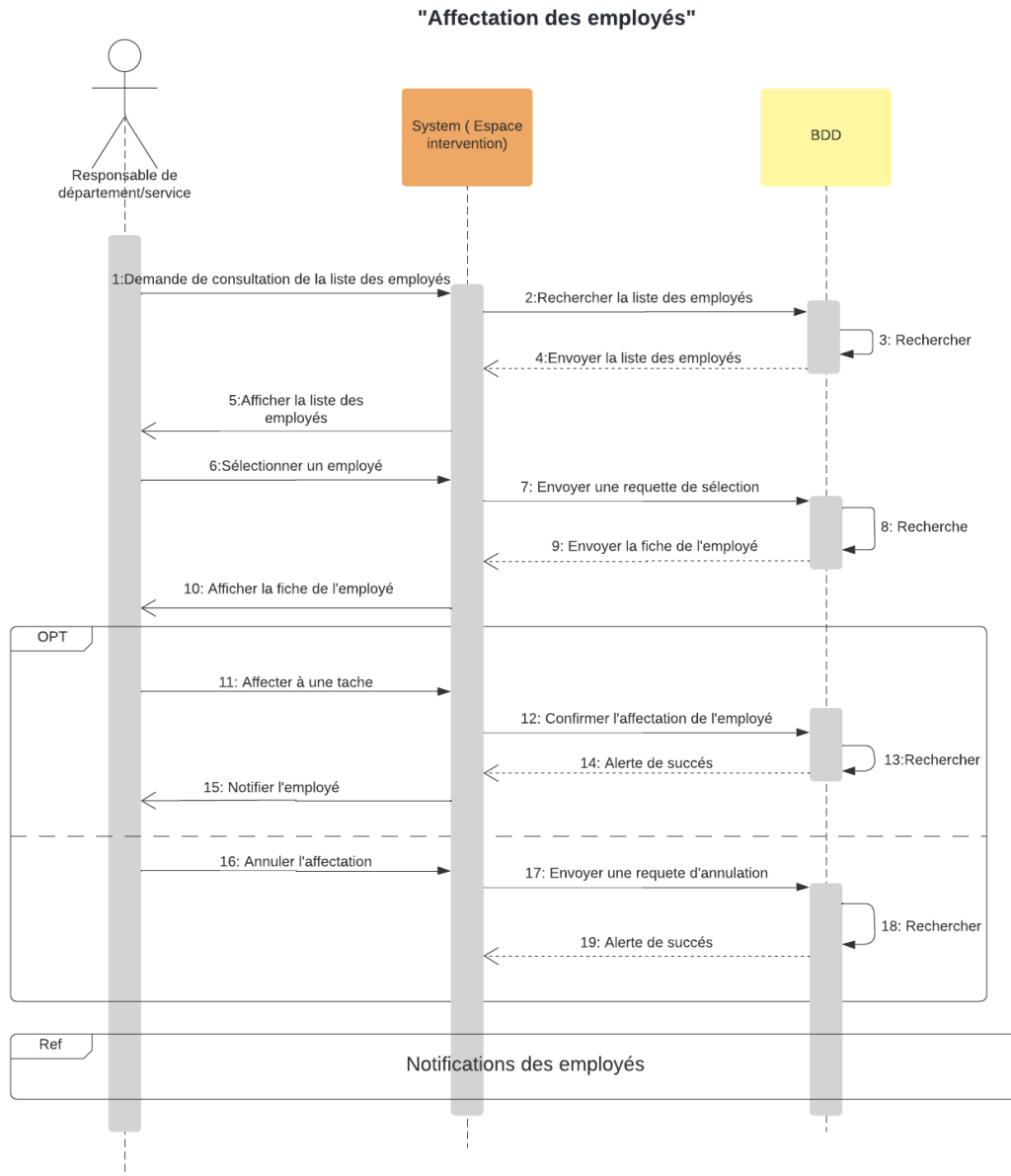


Figure 18 : Diagramme de séquence « affectation des employés ».

7. Schéma relationnel

Le modèle relationnel est une manière de modéliser les informations contenues dans une base de données sous formes d'un ensemble de tables appelées « relations ». Le modèle relationnel représente donc une vision générale simple et claire de la base de données. À partir du diagramme de classe qui est constitué d'un ensemble de tables qui représentent la structure logique du modèle relationnel, et de relations pour définir les clés étrangères, on déduit le schéma relationnel en suivant quelques règles de passages du modèle objet au modèle relationnel. Ces règles se trouve dans l'annexe « D ».

1. Utilisateur (**IDutilisateur**, Nom, Prenom, Email, Poste).
2. Intervention (**RefIntervention**, **RefDoc ***, Type, Observation).
3. Intervention réalisé (**RefIntervention**, **IDutilisateur**, DateIntervention).
4. Maintenance Préventive (**RefIntervention**, **RefGamme ***).
5. Planning Préventive (**RefPrév**, **RefIntervention ***, DateDébut, DateFin, Observation).
6. Maintenance Corrective (**RefIntervention ***, DateDébut, DateFin).
7. Equipement (**RefEquipement**, Type).
8. Equipement défaillant (**RefEquipement**, **RefIntervention**, DateDéfaillance, DateIntervention).
9. Demande de travail (**RefDT**, **RefDoc ***, **ID utilisateur ***, **RefIntervention ***, DateEmission, NomEmetteur, FonctionEmetteur, NomRecepteur, FonctionRecepteur, DescriptionIntervention, DateDébut, DateFin, Remarques, Signature, Type, Observation).
10. Ordre de travail (**RefOT**, **RefDoc ***, **ID utilisateur ***, **RefIntervention ***, DateEmission, NomEmetteur, FonctionEmetteur, NomRecepteur, FonctionRecepteur, DescriptionIntervention, DateDébut, DateFin, Remarques, Signature, Type, Observation).
11. Autorisation de travail (**RefAT**, **RefDoc ***, **ID utilisateur ***, **RefIntervention ***, DateEmission, NomEmetteur, FonctionEmetteur, NomRecepteur, FonctionRecepteur, DescriptionIntervention, DateDébut, DateFin, Remarques, Signature, Type, Observation).
12. Bon de travail (**RefBT**, **RefDoc ***, **ID utilisateur ***, **RefIntervention ***, DateEmission, NomEmetteur, FonctionEmetteur, NomRecepteur, FonctionRecepteur, DescriptionIntervention, DateDébut, DateFin, Remarques, Signature, Type, Observation).
13. Fiche de manœuvre (**RefMan**, **RefDoc ***, **ID utilisateur ***, Type, Observation).
14. Fiche historique (**RefFHE**, **RefDoc ***, **RefEquipement ***, **ID utilisateur ***, DateIntervention, OrganeIntervention, TravauxEffectués, EtatFinal, Type, Observation).
15. Fiche technique (**RefFTE**, **RefDoc ***, **RefEquipement ***, **ID utilisateur ***, AnnéeFiche, Type, DateCommande, NumCommande, DuréeGarantie, NumSérie, InfoConstructeur, InfoFournisseur, DateMiseService, DateMiseReforme, AccessoireAuxiliaires, Type, Observation).
16. Fiche de contrôle (**RefFC**, **RefDoc ***, **RefEquipement ***, **ID utilisateur ***, Numero, Departement, Date, DuréeTravail, StructureIntervention, Poste, Ouvrage, Type, Observation).

17. Gamme (**RefGamme, RefDoc***, Type, Observation).
18. PDR (**RefPDR**, Désignation, Type, Quantité).
19. PDR utilisé (**RefPDR, IDutilisateur, RefIntervention, RefDoc,** DateUtilisation, DateRetrait).
20. Demande d'acquisition (**RefDA, RefDoc*, ID utilisateur*,** CodeArticle, Désignation, Quantité, PrixUnitaire, Montant, ServiceDemandeur, Magasin, Type, Observation).
21. Bon de sortie magasin (**RefBSM, RefDoc*, ID utilisateur*,** CodeArticle, Désignation, Quantité, PrixUnitaire, Montant, ServiceDemandeur, Magasin, Type, Observation).
22. Bon de réception (**RefBR, RefDoc*, ID utilisateur*,** CodeArticle, Désignation, Quantité, PrixUnitaire, Montant, ServiceDemandeur, Magasin, Type, Observation).

8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons détaillé l'étude conceptuelle de notre système, après avoir cerné la problématique et recenser les objectifs dans le chapitre précédent. Nous avons donné un aperçu global du système et décrit ses caractéristiques fonctionnelles en utilisant le langage UML, et en présentant ses différents diagrammes : diagramme de cas d'utilisation, de classe et de séquence, diagramme de classe, et finalement nous avons établi le passage vers le modèle relationnel.

Le chapitre suivant va se porter sur la réalisation et l'implémentation de notre application sur la base de l'étude conceptuelle réalisée.

Chapitre 04 :
Implémentation & tests.

1. Introduction

Après avoir réalisé l'étude conceptuelle de notre solution GMAO, l'étape suivante et finale est la réalisation et l'implémentation de cette solution.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter les outils de développement que nous avons choisi, puis illustrer des captures d'écran des interfaces graphiques des principales fenêtres de notre application, ainsi qu'une brève description de chaque fenêtre et de ses fonctionnalités.

2. Les outils de développement

a. Python 3 [9]

Python est un langage de programmation multi paradigme. Il favorise la programmation impérative structurée, et orienté objet. Il est doté d'un typage dynamique fort, d'une gestion automatique de la mémoire par ramasse-miettes et d'un système de gestion d'exceptions.

Le langage Python est placé sous une licence libre et fonctionne sur la plupart des plates-formes informatiques, des Smartphones aux ordinateurs centraux, de Windows à Unix avec notamment GNU/Linux en passant par MacOS, ou encore Andriod, iOS et peut être aussi traduit en Java ou NET. Il est conçu pour optimiser la productivité des programmeurs en offrant des outils de haut niveau et une syntaxe simple à utiliser.

Il est également apprécié par certains pédagogues qui y trouvent un langage où la syntaxe, clairement séparée des mécanismes de bas niveau, permet une initiation aisée aux concepts de base de la programmation.

Python est un langage de programmation qui peut s'utiliser dans de nombreux contextes et s'adapter à tout type d'utilisation grâce à des bibliothèques spécialisées. Il est cependant particulièrement utilisé comme langage de script pour automatiser des tâches simples mais fastidieuses, comme un script qui récupérerait la météo sur Internet ou qui s'intégrerait dans un logiciel de conception assistée par ordinateur afin d'automatiser certains enchaînements d'actions répétitives. On l'utilise également comme langage de développement de prototype lorsqu'on a besoin d'une application fonctionnelle avant de l'optimiser avec un langage de plus bas niveau. Il est particulièrement répandu dans le monde scientifique, et possède de nombreuses bibliothèques optimisées destinées au calcul numérique.



b. PYQT5 [8]

C'est un module qui permet de lier le langage Python avec la bibliothèque Qt. Il permet ainsi de créer des interfaces graphiques en python. Une extension de QtDesigner (utilitaire graphique de création d'interfaces Qt) permet de générer le code python d'interfaces graphiques.

c. SQLite [11]

SQLite est une bibliothèque écrite en langage C qui propose un moteur de base de données relationnelle, qui peut être directement intégrée aux programmes. L'intégralité de la base de données (déclarations, tables, index et données) est stockée dans un fichier indépendant de la plateforme.



SQLite est le moteur de base de données le plus utilisé au monde, grâce à son utilisation :

- Dans de nombreux logiciels grand public comme Firefox, Skype, Google Gears,
- Dans certains produits d'Apple, d'Adobe et de McAfee,
- Dans les bibliothèques standards de nombreux langages comme PHP ou Python.

De par son extrême légèreté, il est également très populaire sur les systèmes embarqués, notamment sur la plupart des smartphones et tablettes modernes : les systèmes d'exploitation mobiles iOS, Android et Symbian l'utilisent comme base de données embarquée.

3. Interface et fonctionnalités de l'application

La figure 19 représente une arborescence des différentes fonctionnalités de l'application.

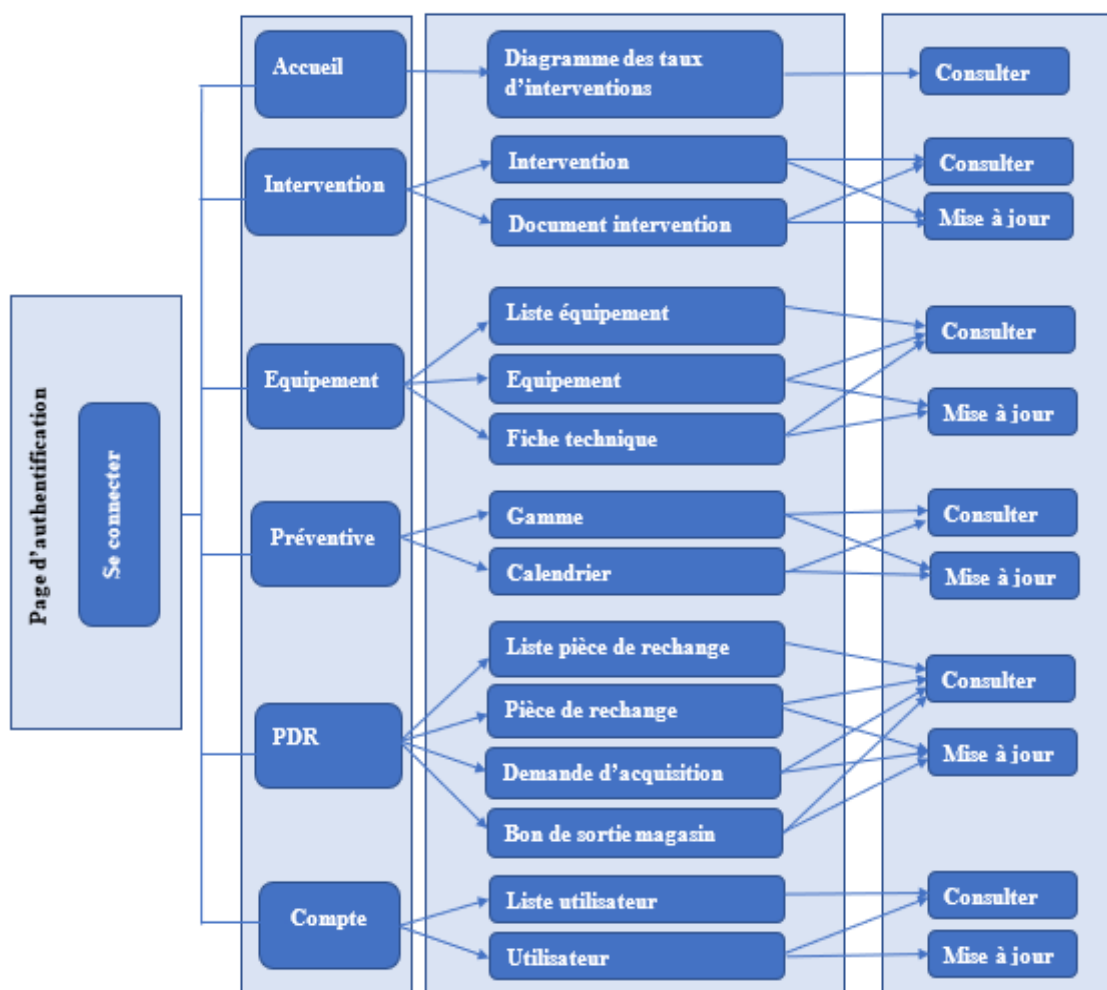


Figure 19: Arborescence des fonctionnalités de l'application.

Le lien suivant mène vers une vidéo de simulation que nous avons réalisée afin de présenter quelques fonctionnalités de l'application : <https://youtu.be/Nog5eQHade8> .

3.1.Fenêtre d'authentification

Pour accéder à l'espace principale de l'application, l'employé doit s'authentifier dans un premier lieu en insérant les informations de login, ce qui est représenté dans la figure 20.

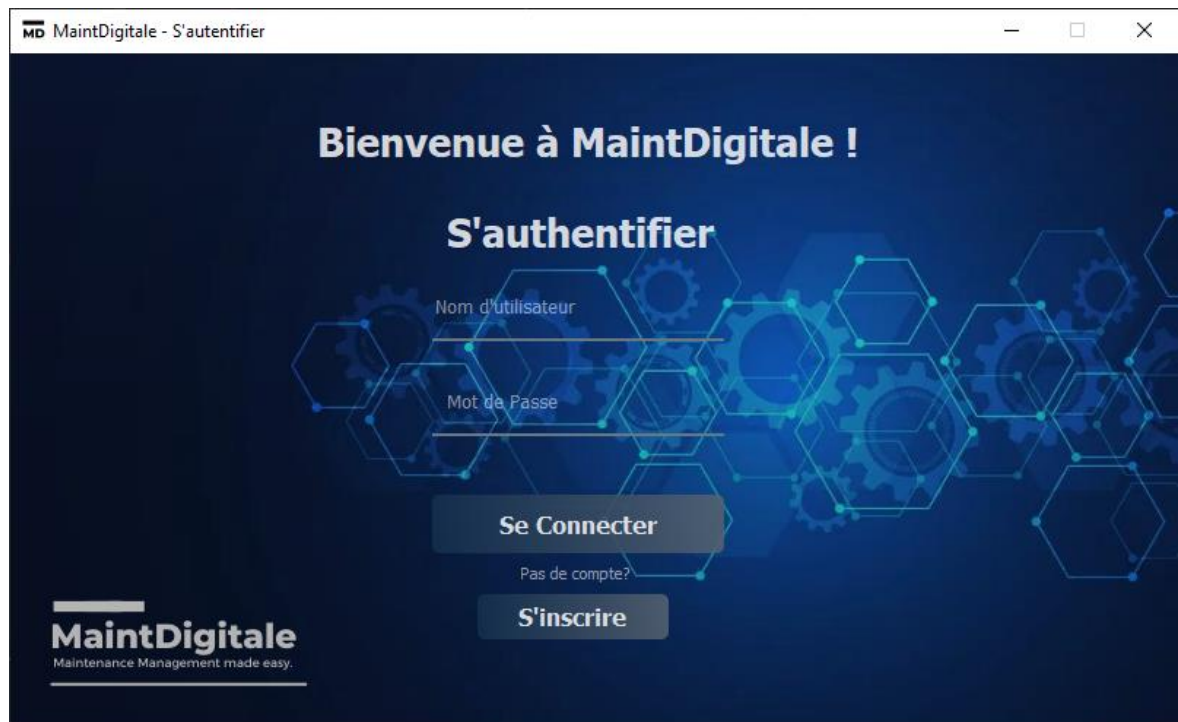


Figure 20: Fenêtre d'authentification.

Si l'utilisateur ne possède pas de compte, il a l'option de créer un compte en cliquant sur le bouton « s'inscrire », représenté dans la figure 21.

Créer un compte

Identifiant

Email

Nom et prénom

Mot de Passe

Téléphone

Confirmer votre Mot de Passe

Poste

MaintDigitale
Maintenance Management made easy.

S'inscrire

Figure 21: Fenêtre de création de compte.

3.2.Fenêtre de la page d'accueil

La page d'accueil représenté dans la figure 22, affiche un diagramme de barre des statistiques des interventions : le taux d'intervention en fonction de chaque type, comme un outil d'aide à la décision.

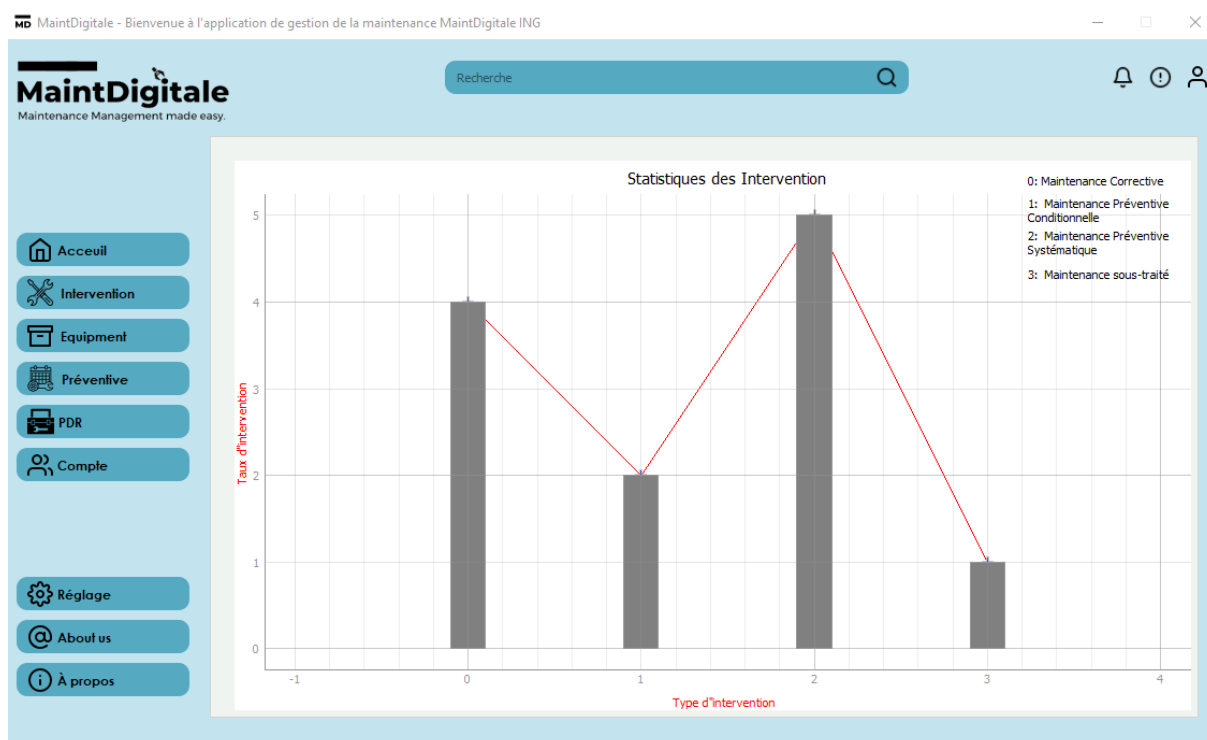


Figure 22: Fenêtre de la page d'accueil.

3.3.Fenêtre de l'espace intervention, page « Intervention »

La figure 23 illustre la page « intervention » de l'espace Intervention. Toute intervention réalisée doit être archivée dans l'application, en l'ajoutant dans cette page. L'utilisateur a aussi l'option consulter, supprimer ou modifier une intervention existante.

The screenshot displays the 'Intervention' page of the MaintDigitale application. The interface features a sidebar on the left with navigation buttons: 'Accueil', 'Intervention', 'Equipment', 'Préventive', 'PDR', and 'Comple'. The main content area is titled 'Intervention' and includes a sub-header 'Ajout de document'. Below this, there is a form with several input fields and dropdown menus. The 'Reference intervention' field contains 'Ref_Intervention'. The 'Utilisateur' dropdown is set to 'Maria'. The 'Gamme' dropdown is set to 'gamme07'. The 'Reference equipement' dropdown is empty. The 'Pièce de rechange' dropdown is set to 'Courroie'. The 'Description' field is a large text area. To the right of the form, there is a 'Fiche de manoeuvre' section with a 'Consulter' button. Below this, there are four checkboxes: 'Ref_DT', 'Ref_OT', 'Ref_AT', and 'Ref_BT', each with a dropdown menu set to '1'. At the bottom of the form, there are three buttons: 'Ajouter', 'Modifier', and 'Supprimer'. The top of the page has a header with the MaintDigitale logo, a search bar, and user profile icons. The bottom of the page has a footer with the text 'Activer Windows' and 'Accédez aux paramètres pour activer Windows'.

Figure 23: Fenêtre de l'espace intervention, page « Intervention ».

3.4.Fenêtre de l'espace préventif, page « Calendrier »

La page « Calendrier » de l'espace préventif sert à insérer toutes les taches de maintenance à effectuer dans un calendrier, et les sauvegarder. Les taches réalisées peuvent être cochées plus tard. Cela est illustré dans la figure 24.

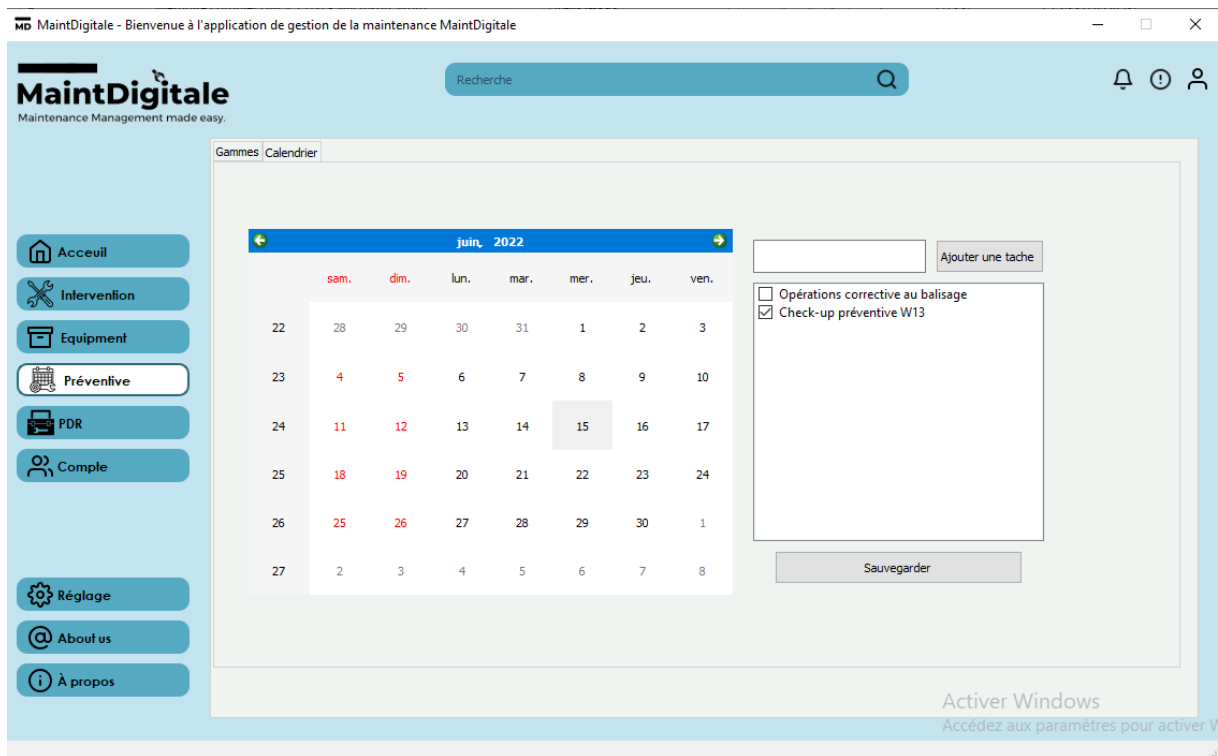


Figure 24: Fenêtre de l'espace préventif, page « Calendrier ».

3.5.Fenêtre de l'espace équipement, page « Ajout/Modification d'équipement »

La page Ajout/Modification d'équipement de l'espace équipement, illustré dans la figure 25, sert à consulter, ajouter, modifier et supprimer un équipement.

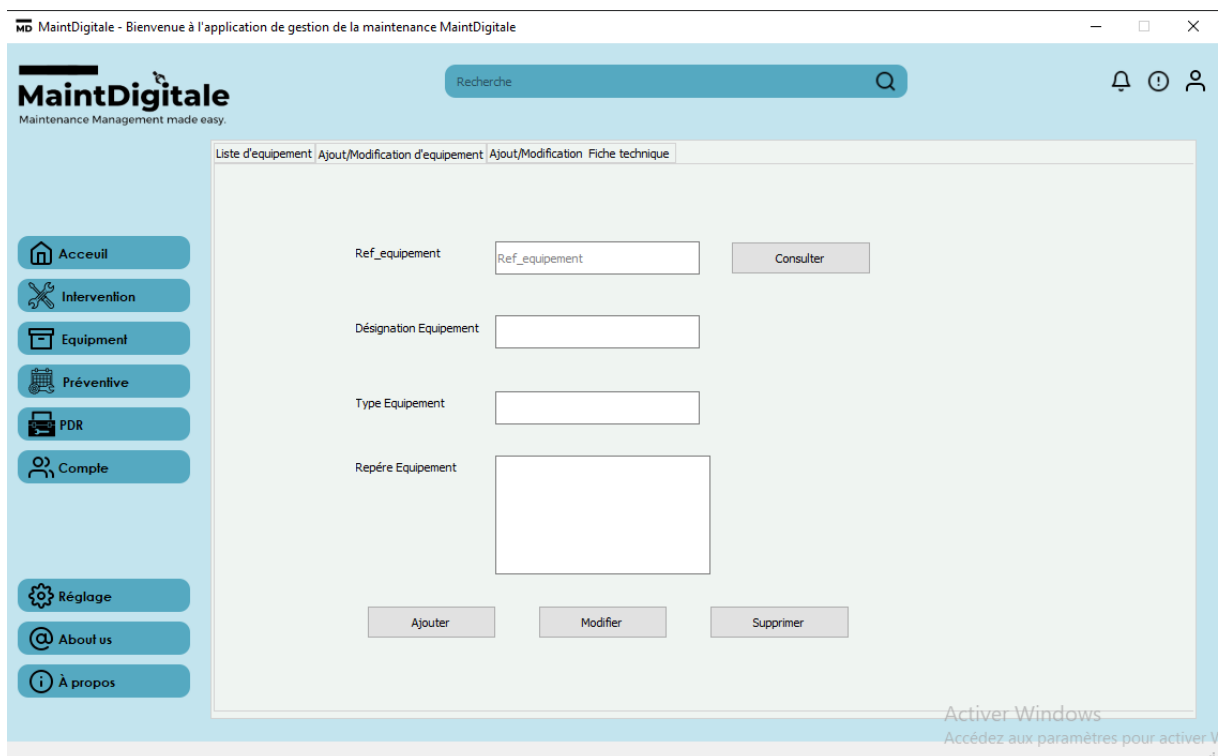


Figure 25: Fenêtre de l'espace équipement, page « Ajout/Modification d'équipement ».

3.6.Fenêtre de l'espace pièce de rechange, page « Liste des PDR »

La figure 26 représente les pièces de rechanges à travers la page liste des PDR.

The screenshot displays the 'MaintDigitale' application interface. The top navigation bar includes the logo, a search bar, and user icons. The sidebar on the left contains buttons for 'Accueil', 'Intervention', 'Equipment', 'Préventive', 'PDR', 'Compte', 'Réglage', 'About us', and 'À propos'. The main content area is titled 'Liste PDR' and features a sub-header with tabs: 'Liste PDR', 'Ajout/Modification de PDR', 'Ajout/Modification DA', and 'Ajout/Modification BSM'. Below the tabs is a search bar labeled 'Reference PDR' and a 'Consulter' button. The central part of the page contains a table with the following data:

	REF_PDR	Désignation	Type PDR	Num_Fiche	Num_Tableau	Num_Plan	Num_Repere	Quantité disponibl
1	1	Courroie	Mécanique	1	1	1	1	16
2	2	Bague ...	Mécanique	2	2	2	2	32
3	3	Joint de culasse	Mécanique	3	3	3	3	8
4	4	Bobine	Électrique	4	4	4	4	10
5	5	Fusible	Électrique	5	5	5	5	14
6	6	Contacteur	Électrique	6	6	6	6	17
7	7	Automate ...	Automatique	7	7	7	7	45
8	8	Réducteur	Electrique	8	8	8	8	6

Below the table, there are four buttons: 'Etablir une DA', 'Etablir un BSM', 'Exporter', and 'Imprimer'. The bottom right corner of the window shows a watermark for 'Activer Windows'.

Figure 26: Fenêtre de l'espace pièce de rechange, page « Liste des PDR ».

3.7.Fenêtre de l'espace compte, page « Listes des utilisateurs »

La page liste des employés offre une vision des différents employés existants dans l'entreprise avec leurs informations nécessaires, ce qui est illustré dans la figure 27.

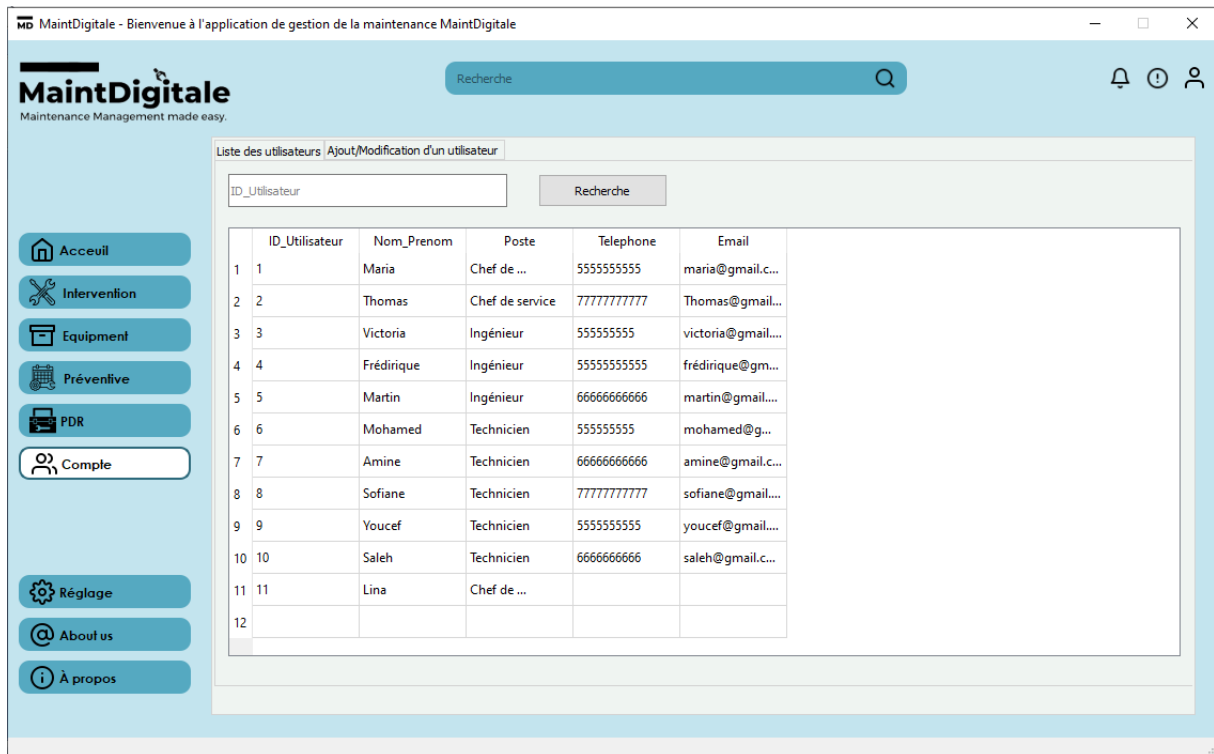


Figure 27: Fenêtre de l'espace compte, page « Listes des utilisateurs ».

Le reste des fenêtres et des pages se trouvent dans l'annexe « F ».

4. Conclusion

Ce dernier chapitre a été consacré à la présentation de notre solution GMAO. Nous avons introduit les outils de développement utilisés, ainsi que les principales fonctionnalités du système à travers des prises d'écran.

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'études a eu pour objectif de concevoir et développer une application de gestion de la maintenance assistée par ordinateur au sein de l'Etablissement National de la Navigation Aérienne ENNA. Et cela dans le but d'optimiser la gestion de la fonction maintenance, améliorer les flux d'information et la traçabilité, et mieux coordonner et surveiller les différentes activités de la fonction maintenance.

Le développement de cette application a nécessité en premier lieu une étude préalable du système de gestion existant, ce qui nous a permis d'identifier les lacunes du système et de proposer des améliorations.

L'étape suivante était l'étude conceptuelle du futur système, en se basant sur les résultats de l'étude de l'existant. Durant cette étape nous avons pu formaliser les caractéristiques du futur SI selon les besoins de l'entreprise, ce qui nous a facilité la troisième et dernière étape : le développement de l'application.

Enfin, l'installation de cette application pourra s'effectuer d'une façon progressive et une installation réseau pourra être réalisée au sein de l'entreprise

Nous pouvons donc affirmer que nos objectifs initiaux ont été achevés. En effet, l'introduction de notre application GMAO au niveau de l'ENNA pourra contribuer de façon significative à (i) optimiser la gestion de la fonction maintenance, (ii) à mieux gérer le parc machine et à (iii) améliorer les flux d'information et la traçabilité.

Le travail que nous avons réalisé pourrait être complété et poursuivi selon différents aspects, notamment (i) Ajouter la fonctionnalité d'envoi des notifications, (ii) Evaluer l'application développée et y apporter les améliorations demandées par les utilisateurs, (iii) Installer l'application selon l'architecture client/serveur à l'ENNA. D'autres perspectives sont envisageables, nous pouvons citer l'ajout de l'aspect gestion de sous traitance, et l'ajout de fonctionnalités d'aide à la décision, tel que les indicateurs de performance et l'analyse de l'historique, ce qui pourrait apporter une vraie valeur ajoutée à l'application et l'améliorer considérablement.

Finalement, ce projet nous a permis en tant qu'élèves ingénieurs de mettre en pratique les connaissances acquises durant notre cursus pour répondre à un besoin concret d'une entreprise.

Références bibliographiques

- [1]: About The Business Process Model And Notation Specification Version 2.0, <<http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>>, accédé le 10/03/2022.
- [2] Bruno Defude, cours de bases de données relationnelles, <http://www-inf.int-evry.fr/COURS/BD/BD_REL/CONCEPTION/regles-conc.html>, accédé le 18/04/2022.
- [3] : Cuignet, Renaud. Management de la maintenance-3e éd. Dunod, 2018.
- [4]: Définition des diagrammes de classes UML 1.5, <https://docwiki.embarcadero.com/RADStudio/Sydney/fr/D%C3%A9finition_des_diagrammes_de_classes_UML_1.5>, accédé le 25/03/2022.
- [5] : Frédéric, Marc. Mettre en oeuvre une GMAO: maintenance industrielle, service après-vente, maintenance immobilière. Dunod, 2011.
- [6] : Heng, Jean. Pratique de la maintenance préventive-4e éd. Dunod, 2017.
- [7] : Lavina, Yves. Audit de la maintenance. Les Éditions d'organisation, 1992.
- [8] :PyQt5 5.15.7 <<https://pypi.org/project/PyQt5/>>, accédé le 20/04/2022.
- [9] : Python <<https://www.python.org/>>, accédé le 10/02/2022.
- [10] : Roy, Gilles. Conception de bases de données avec UML. PUQ, 2007.
- [11] : SQLite3 <<https://www.sqlite.org/index.html>>, accédé le 25/04/2022.
- [12]: UML 2 De l'apprentissage à la pratique, <<https://laurent-audibert.developpez.com/Cours-UML/?page=diagramme-classes>>, accédé le 29/03/2022
- [13] : Vernier, François Monchy Jean-Pierre. "MAINTENANCE Méthodes et organisations, 3ème édition, l'USINE NOUVELLE DUNOD."

Annexe « A » :
Etude des postes

Tableau 12 : Fiche Etude de Poste « Responsable de vacation ».

Fiche Etude de Poste « Responsable de vacation »		
Equipes	Postes	Taches
Responsable	Ingénieur.	- Diriger l'équipe. - Responsable sur les installations. - Superviser les inspections. - Remplacer le chef de département lorsqu'il est hors service. - Effectue la passation de consigne avec le responsable de la brigade suivante.
Brigade.	Ingénieurs.	- Effectuer les inspections. - Effectuer les interventions en cas d'alarme.
	Techniciens	

Tableau 13 : Fiche Etude de Poste « Chef de service ».

Fiche Etude de Poste « Chef de service »	
Taches	- Piloter le service énergétique. - Mettre en œuvre les projets de maintenance avec l'équipe et la direction. - Mettre en œuvre une démarche qualité garantissant la continuité de service. - Organiser le travail de l'équipe. - Programmer les activités du service. - Coordonner les interventions. - Etablir les OT et les AT.

Tableau 14 : Fiche Etude de Poste « Chef de département ».

Fiche Etude de Poste « Chef de département »	
Taches	- Piloter le service énergétique. - S'assurer que les objectifs soient atteints. - Gérer les ressources humaines. - Surveiller les activités d'approvisionnement, de stockage, et inventaires. - Sélectionner et former le nouveau personnel.

Annexe « B » :
Etude des documents

1- Autorisation de travail.

Tableau 15 : Etude du document « Autorisations de travail ».

Désignation Donnée	Code Donnée	Type Donnée	Exemple et observations
Autorisation de travail	AT	A	
Numéro de l'Autorisation de travail	NumAT	N	NNN/AAAA (numéro séquentiel sur 3 positions et l'année sur 4 positions) Ex : 004/2022
Date d'émission de l'Autorisation de travail	DateAT	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Emetteur de l'AT	EmetAT	A	Ex : Chef de service
Fonction de l'émetteur	Fonction	A	Ex : Chef de service
Récepteur de l'AT	RecepAT	A	Ex : Responsable de vacation
Fonction du récepteur	FonctRecep	A	Ex : Responsable de vacation
Réalisateur des travaux	RealTrav	A	Ex : Responsable de travaux
Fonction du réalisateur des travaux	FonctTrav	A	Ex : Technicien
Les travaux à effectuer	TravAT	A/N	Ex : Ouverture disjoncteur arrivée BZP/ENNA 1.F05
Date de début des travaux	DateDébTrav	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Date de fin des travaux	DateFinTrav	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Remarques	Rmq	AN	Ex : Condamnation et ouverture de la terre
Avis de fin de travail	AvisFinTrav	AN	Ex : Mr Responsable des travaux informe Responsable de vacation que les

			travaux entrepris suivant cette autorisation de travail sont terminés, et que le personnel a été informé qu'il ne faut plus intervenir en aucun cas sur cet ouvrage.
Nom & Signature de l'émetteur	NomSignEmett	A	Ex : Chef de service
Nom & Signature du réalisateur	NomSignRecep	A	Ex : Responsable de vacation

2- Fiche de manœuvre

Tableau 16 : Etude du document « Fiche de manœuvre ».

Désignation	Code Donnée	Type Donnée	Exemple et observations
Fiche de manœuvre	FM	A	
Consignation de l'équipement	ConsEquip	AN	Ex : Consignation de l'arrivée SONELGAZ 18
Configuration à réaliser obligatoirement avant le début de l'intervention	ConfigInit	N	Ex : -BZP1 consignée. -BZP2 fermée.
Date de l'intervention	Date	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Heure de l'intervention	Heure	H	hh : min Ex : 8h :00 min
Emetteur de l'FM	EmettFM	A	Ex : Chef de quart
La fonction de l'émetteur	FonctEmett	A	Ex : Chef de quart
Configuration à suivre pour la maintenance	Configfin	A	Ex : 1. Ouvrir départ T4 cellule1K07. 2. Ouvrir disjoncteur Q0 de l'arrivée

			BZP2 F03.
Pointage après exécution	Poin	A	Ex : 1. OK 2. OK...
Date l'intervention	DateInt	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Date de vérification	DateVér	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Nom & Signature de chef de quart	NomSignFM	A	Ex : Chef de quart

3- Fiche de contrôle

Tableau 17 : Etude du document « Fiche de Contrôle ».

Désignation	Code Donnée	Type Donnée	Exemple et observations
Fiche de relevé	FC	A	
Nom de l'équipement	Equip	AN	Ex : Groupe électrogène 1
Date de contrôle	DateCon	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Heure de contrôle	HeureCon	H	hh :min Ex : 9h
La fonction à vérifier	Option	AN	Ex : Niveau d'huile en cm
Relevé de chaque heure	R	N	Ex : Quantité de l'huile

4- Fiche technique

Tableau 18 : Etude du document « Fiche Technique ».

Désignation	Code Donnée	Type Donnée	Exemple et observation
Fiche technique des équipements	FTE	A	
Année de création de la fiche	Année	D	AAAA Ex : 2013

Repère de la machine	Rp .m	AN	Ex : N°1 (poste D2)
Type de la machine	TypEquip	AN	Ex : HTW-920 T5
Date de la commande	DateCom	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2000
Numéro de la commande	NComm	AN	Ex : Com17012000
Durée de la garantie	DuréeGarant	D	Ex : 2 ans
Numéro de série	N° série	N	131000319
Le nom du constructeur	Const	A	Ex : HIMOINSA
Pays d'origine du constructeur	PaysCons	A	Ex : Espagne
Adresse du constructeur	AdresseCons	AN	Ex : 30730 san javier (murcia) Spain
Téléphone du constructeur	TéléphCons	N	Ex : +34902191128
Fax du constructeur	FaxCons	N	Ex : +34968191217
Code de maintenance	CMain	AN	Ex : Maint20
Date de mise en service	DateMiseSer	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Date de mise en réforme	DateMiseRefor	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Nom du fournisseur	Fournisseur	A	Ex : GLOBAL REALISATION
Pays d'origine du fournisseur	PaysFourn	A	Ex : Algérie
Adresse du fournisseur	AdresseFourn	AN	Ex : Lot 67 parc miermont, chevalley, Alger
Téléphone du fournisseur	TéléphFourn	N	Ex : +213838838
Fax du fournisseur	Fax	N	Ex : +213838838
Caractéristique	Caractéristique	AN	Ex : -moteur diesel MITSUBISHI S12A2-PTA2 puissance continue

			d'après la norme ISO 8528- 1=850Kw à 1500tr/min.
Accessoires auxiliaires	AccessoireAux	AN	

5- Fiche historique

Tableau 19 : Etude du document « Fiche historique ».

Désignation	Code Donnée	Type Donnée	Exemple et observations
Fiche historique des équipements	FHE	A	
Nom de l'équipement	Equip	A	Ex : Résistance de préchauffage
Repère de l'équipement	RepèreEquip	AN	
Circuit de l'intervention	CircInter	A	Ex : L'eau de refroidissement
Date d'intervention	DateInter	D	jj/mm/aaaa, Ex :17/01/2020
Travaux effectués dans l'intervention	TravEffecInter	AN	Ex : -Remplacement. -Appoint en eau de refroidissement.
Pièces défectueuses changées lors de l'intervention	PiècesDéficInter	AN	Ex : Durite de la résistance de préchauffage.
Organes concernés par l'intervention	OrgInter	AN	Ex : Durite de la résistance de préchauffage
L'état final de l'intervention	Conclusion	A	Ex : OK

6- Bon de sortie magasin

Tableau 20 : Etude du document « Bon de sortie magasin ».

Désignation	Code Donnée	Type Donnée	Exemple et observations
Bon de sortie magasin	BSM	A	
Numéro du bon	NumBSM	N	Ex : Nr. 01874
Numéro de l'enregistrement au R.J	NumRJ	N	Ex : 122
Date de l'enregistrement au R.J	DateRJ	N	jj/mm/aaaa, Ex :29/06/2021
Numéro de la demande	NumDemande	N	Ex : 137
Date de la demande	DateDemande	N	jj/mm/aaaa, Ex :20/06/2021
Unité	Unité	N	
Nom du magasin ou dépôt	Magasin	AN	Ex : MagasinDSA
Nom du service (ou structure) demandeur	ServiceDem	AN	Ex : DE – service energie
Code de l'article	CodePDR	AN	Ex : 53A
Désignation de l'article	NomArticle	A	Ex : Flacons de nettoyage AB20
Unité de mesure	UM	AN	
Référence	RefPRD	AN	A28
Quantité	Qtt	N	Ex : 10
Disponibilité	Disp	A	Oui
Prix Unitaire	PU	N	Ex : 650
Montant	Montant	AN	Ex : 6500DA
Nom Magasinier	NomMagasinier	A	Ex : Cherifi
Signature Magasinier	SignatureMagasinier	AN	
Nom demandeur	NomDemandeur	A	Ex : Chaya
Signature demandeur	SignatureDemandeur	AN	
Date de demande	DateDemande	N	jj/mm/aaaa,

			Ex :20/06/2021
Nom comptable matière	NomComptable	A	Ex : Lamiri
Signature comptable matière	SignatureComptable matière	AN	

7- Bon de réception

Tableau 21: Etude du document « Bon de réception ».

Désignation	Code Donnée	Type Donnée	Exemple et observations
Bon de réception	BR	A	
Numéro du bon	NumBR	N	Ex : Nr. 02145
Numéro de l'enregistrement au R.J	NumRJ	N	Ex : 62
Date de l'enregistrement au R.J	DateRJ	N	jj/mm/aaaa, Ex :15/11/2021
Numéro de la demande	NumDemande	N	Ex : 160
Date de la demande	DateDemande	N	jj/mm/aaaa, Ex :10/11/2021
Unité	Unité	N	
Nom du magasin ou dépôt	Magasin	AN	Ex : MagasinDSA
Nom du service (ou structure) récepteur	ServiceRécep	AN	Ex : DE – service energie
Code de l'article	CodePDR	AN	Ex : 53A
Désignation de l'article	NomArticle	A	Ex : Flacons de nettoyage AB20
Unité de mesure	UM	AN	
Référence	RefPRD	AN	A28
Quantité	Qtt	N	Ex : 10
Disponibilité	Disp	A	Oui
Prix Unitaire	PU	N	Ex : 650
Montant	Montant	AN	Ex : 6500DA

Nom Magasinier	NomMagasinier	A	Ex : Cherifi
Signature Magasinier	SignatureMagasinier	AN	
Nom récepteur	NomRécepteur	A	Ex : Chaya
Signature récepteur	Signature Récepteur	AN	

8- Demande de matières (ou demande d'acquisition)

Tableau 22: Etude du document « Demande de matières ».

Désignation	Code Donnée	Type Donnée	Exemple et observations
Demande de matières	DA	A	
Numéro du bon	Nr	A	Ex : Nr. 01874
Date d'émission	DateEmm	N	jj/mm/aaaa, Ex :20/10/2020
Structure émettrice (demandeur)	ServiceDem	A	Ex : DE- Service balisage
Numéro OT	RefOT	N	NNN/AAAA Ex : 004/2022
Magasin ou dépôt concerné	Magasin	AN	Ex : MagasinDSA
Désignation de l'article	NomArticle	AN	Ex : Flacons de nettoyage AB20
Unité de mesure	UM	AN	
Quantité demandée	Qtt	N	Ex : 15
Code article	CodePDR	AN	Ex : 53A
Quantité servit	Qtt	N	Ex : 09
Observations	Obs	AN	
Nom du responsable de la structure émettrice	NomRespEmm	A	Ex : Hellak
Signature du responsable de la structure émettrice	SignatureEmm	AN	
Visa de l'ordonnateur	VisaOrd	AN	
Nom Magasinier	NomMagasinier	A	
Signature Magasinier	SignatureMagasinier	AN	

Annexe « C » :
Audit de la maintenance

➤ Méthode de travail.

Tableau 23 : Questionnaire de la rubrique « Méthode de travail ».

B. Méthodes de travail (78%)	Oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1- Pour les interventions importantes en volume d'heures et /ou répétitives, privilégie-t-on la préparation du travail ?	5	4	3	2	1	5	5
2- Utilisez-vous des supports imprimés pour préparer les travaux ou établir des devis (fiches de préparation ou fiche de devis) ?	5	4	3	2	1	5	5
3- Disposez-vous de modes opératoires écrits pour les travaux complexes ou délicats ?	5	4	3	2	1	5	5
4- Avez-vous une procédure écrite (et appliquée) définissant les autorisations du travail (consignation, déconsignation) pour les travaux à risque ?	5	4	3	2	1	5	5
5- Conservez-vous et classez-vous de manière particulière les dossiers de préparation ?	5	4	3	2	1	5	5
6- Y a-t-il des actions visant à standardiser les organes et pièces ?	5	4	3	2	1	1	5
7- Avez-vous des méthodes d'estimation des temps autres que celles enregistrées sur les fiches d'interventions ?	5	4	3	2	1	1	5
8- Utilisez-vous la méthode PERT pour la préparation des travaux longs ?	5	4	3	2	1	1	5
9- Avez-vous recours à des méthodologies formalisées pour les interventions palliatives ?	5	4	3	2	1	5	5
10- Réservez-vous les pièces en magasin, faites-vous préparer des Kits (pièces, outillages) avant vos interventions ?	5	4	3	2	1	5	5
11- L'ensemble de la documentation est-elle correctement classée et facilement accessible ?	5	4	3	2	1	4	5
Sous-total	/	/	/	/	/	42	55

- Suivi technique des équipements.

Tableau 24 : Questionnaire de la rubrique « Suivi technique des équipements ».

C. Suivi technique des équipements (66%)	oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. Existe-il un inventaire des équipements par unité ?	5	4	3	2	1	4	5
2. Est-ce que chaque équipement possède-t-il un numéro d'identification unique autre que le numéro chronologique indiqué ?	5	4	3	2	1	5	5
3. Sur le site, tout équipement a-t-il son numéro d'identification clairement indiqué ?	5	4	3	2	1	4	5
4. Les modifications, nouvelles installations ou suppression d'équipements, sont-elles enregistrées systématiquement ?	5	4	3	2	1	4	5
5. Un dossier technique est-il ouvert pour chaque équipement ou installation ?	5	4	3	2	1	4	5
6. Possédez-vous un historique des travaux pour chaque équipement ?	5	4	3	2	1	4	5
7. Disposez-vous d'informations concernant les heures passées, les pièces consommées et les couts équipement par unité ?	5	4	3	2	1	1	5
8. Y a-t-il un responsable de la tenue de l'historique des travaux ?	5	4	3	2	1	1	5
9. Assurez-vous un suivi formel des informations relatives aux comptes rendus des visites ou des inspections préventives ?	5	4	3	2	1	1	5
10. Les historiques sont-ils analysés une fois par an ?	5	4	3	2	1	1	5
Sous-total	/	/	/	/	/	33	50

➤ Gestion de portefeuille des travaux.

Tableau 25 : Questionnaire de la rubrique « Gestion de portefeuille des travaux ».

			Ni oui ni non			Note	Max
D. Gestion de portefeuille des travaux (55%)	oui	Plutôt oui		Plutôt non	Non		
1- Avez-vous un programme établi de maintenance préventive ?	5	4	3	2	1	4	5
2. Disposez-vous de fiches de maintenance préventive ?	5	4	3	2	1	4	5
3. Existe-t-il un responsable des actions de maintenance préventive ?	5	4	3	2	1	2	5
4. Les opérateurs ont-ils des responsabilités en matière de réglage et de maintenance de routine ?	5	4	3	2	1	4	5
5. Avez-vous un système d'enregistrement des demandes de travaux ?	5	4	3	2	1	2	5
6. Y a-t-il une personne particulièrement responsable de l'ordonnancement des travaux ?	5	4	3	2	1	2	5
7. Avez-vous défini des règles permettant d'affecter les travaux selon les priorités ?	5	4	3	2	1	2	5
8. Connaissez-vous en permanence la charge de travail en portefeuille ?	5	4	3	2	1	2	5
9. Existe-t-il un document « bon de travail » permettant de suivre toute intervention, qui soit utilisé systématiquement pour tout travail ?	5	4	3	2	1	2	5
10. Les responsables se rencontrent-ils sur une base régulière pour regarder les différents problèmes ?	5	4	3	2	1	4	5
11. Disposez-vous d'un planning journalier de lancement des travaux ?	5	4	3	2	1	2	5
Sous-total	/	/	/	/	/	30	55

➤ Gestion de stock des PDR.

Tableau 26 : Questionnaire de la rubrique « Gestion de stock des PDR ».

E. Gestion de stock des PDR (42%)	oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. Disposez-vous d'un magasin pour stocker les pièces de rechange ?	5	4	3	2	1	2	5
2. Avez-vous le libre-service pour les articles à consommation courante ?	5	4	3	2	1	2	5
3. Tenez-vous à jour des fiches de stock ?	5	4	3	2	1	2	5
4. Eliminez-vous automatiquement les pièces obsolètes ?	5	4	3	2	1	2	5
5. Suivez-vous la consommation des articles par équipement ?	5	4	3	2	1	2	5
6. La valeur et le nombre d'articles en stock est-il facilement disponible ?	5	4	3	2	1	2	5
7. Les pièces sont-elles bien rangées et identifiées ?	5	4	3	2	1	2	5
8. A-t-on bien défini le seuil de déclenchement et les quantités à réapprovisionner pour chaque article en stock ?	5	4	3	2	1	2	5
9. Les pièces interchangeables sont-elles identifiées ?	5	4	3	2	1	2	5
10. Les procédures d'approvisionnement sont-elles suffisamment souples pour stocker au maximum chez le fournisseur ?	5	4	3	2	1	1	5
Sous-total	/	/	/	/	/	21	50

- Organisation matérielle de l'atelier maintenance.

Tableau 27 : Questionnaire de la rubrique « Organisation matérielle de l'atelier maintenance ».

F. Organisation matérielle de l'atelier maintenance (33%)	oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. L'espace atelier de maintenance est-il suffisant ?	5	4	3	2	1	1	5
2. Votre atelier pourrait-il être mieux situé par rapport aux équipements à entretenir ?	5	4	3	2	1	4	5
3. Les bureaux des superviseurs sont-ils de plein pied sur l'atelier ?	5	4	3	2	1	4	5
4. Votre atelier dispose-t-il de chauffage et d'air conditionné ?	5	4	3	2	1	1	5
5. Le magasin d'outillage et de pièces de rechange est-il au voisinage de votre atelier ?	5	4	3	2	1	1	5
6. Y a-t-il un responsable du magasin ?	5	4	3	2	1	1	5
7. Le magasin outillage est-il affecté exclusivement à la maintenance ?	5	4	3	2	1	1	5
8. Chaque intervenant dispose-t-il d'un poste de travail bien identifié ?	5	4	3	2	1	1	5
9. Les moyens de manutention de l'atelier sont-ils adaptés ?	5	4	3	2	1	1	5
Sous-total	/	/	/	/	/	15	45

➤ Outillages.

Tableau 28: Questionnaire de la rubrique « Outillage ».

G. Outillage (71%)	oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. Disposez-vous d'un inventaire d'outillage et d'équipement de test de votre possession ?	5	4	3	2	1	4	5
2. Cet inventaire est-il mis à jour régulièrement ?	5	4	3	2	1	4	5
3. Disposez-vous de tous les outillages spéciaux et équipements de test dont vous avez besoin ?	5	4	3	2	1	4	5
4. Exécutez-vous la maintenance préventive à l'aide d'équipements de test dont vous avez besoin ?	5	4	3	2	1	4	5
5. Les outillages et équipements de test sont-ils facilement disponibles et en quantité suffisante ?	5	4	3	2	1	4	5
6. L'étalonnage des appareils de mesure est-il bien défini et effectué ?	5	4	3	2	1	1	5
7. Avez-vous défini par écrit le processus de mise à disposition et d'utilisation de l'outillage ?	5	4	3	2	1	5	5
8. Chaque exécutant dispose-t-il d'une boîte à outils personnelle ?	5	4	3	2	1	2	5
9. Disposez-vous suffisamment de moyens manutention sur le site ?	5	4	3	2	1	4	5
Sous-total	/	/	/	/	/	31	45

➤ Documentation technique.

Tableau 29 : Questionnaire de la rubrique « Documentation technique ».

H. Documentation technique (75%)	oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. Disposez-vous d'une documentation technique générale et suffisante ?	5	4	3	2	1	5	5
2. Pour les équipements, disposez-vous de plans d'ensemble et de schémas nécessaires ?	5	4	3	2	1	5	5
3. Les notices techniques d'utilisation et de maintenance ainsi que la liste des pièces détachées sont-elles disponibles pour les équipements ?	5	4	3	2	1	5	5
4. Les plans des installations sont-ils facilement accessibles et utilisables ?	5	4	3	2	1	4	5
5. Les plans et schémas sont-ils mis à jour ?	5	4	3	2	1	4	5
6. Enregistrez-vous les travaux de modification des équipements et classez-vous les dossiers de préparation correspondants ?	5	4	3	2	1	4	5
7. Les contrats de maintenance sont-ils facilement accessibles ?	5	4	3	2	1	2	5
8. Les moyens de reprographie et classement sont-ils suffisants ?	5	4	3	2	1	1	5
Sous-total	/	/	/	/	/	30	40

➤ Personnel et formation.

Tableau 30 : Questionnaire de la rubrique « Personnel et formation ».

I. Personnel et formation (70%)	oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. Le climat de travail est-il généralement positif ?	5	4	3	2	1	4	5
2. Les responsables encadrent-ils les travaux effectués par les ouvriers sous leur responsabilité ?	5	4	3	2	1	5	5
3. Les problèmes sont-ils souvent examinés en groupe incluant les opérateurs ?	5	4	3	2	1	5	5
4. Existe-il des entretiens annuels d'appréciation du personnel d'encadrement et exécutant ?	5	4	3	2	1	2	5
5. Les responsables et les opérateurs sont-ils suffisamment disponibles ?	5	4	3	2	1	4	5
6. Considérez-vous globalement que la compétence technique de votre personnel est satisfaisante ?	5	4	3	2	1	4	5
7. Dans le travail quotidien, estimez-vous que le personnel a l'initiative nécessaire ?	5	4	3	2	1	2	5
8. Les responsables assurent-ils le perfectionnement de leur personnel ?	5	4	3	2	1	4	5
9. Les responsables reçoivent-ils une formation aux nouvelles technologies ?	5	4	3	2	1	4	5
10. Votre personnel reçoit-il régulièrement une	5	4	3	2	1	4	5

formation aux nouvelles technologies ?							
11. La formation du personnel est-elle programmée et maîtrisée par le service maintenance ?	5	4	3	2	1	2	5
12. La qualification et habilitation du personnel sont-elles suivies rigoureusement ?	5	4	3	2	1	1	5
13. Avez-vous des pertes importantes de temps de production ?	5	4	3	2	1	3	5
14. La relation entre votre personnel et le service client est-elle bonne ?	5	4	3	2	1	5	5
Sous-total	/	/	/	/	/	49	70

➤ Contrôle de l'activité.

Tableau 31 : Questionnaire de la rubrique « Contrôle de l'activité ».

J. Contrôle de l'activité (45%)	oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. Disposez-vous d'un tableau de bord permettant de décider des actions correctives à entreprendre ?	5	4	3	2	1	4	5
2. Existe-t-il des rapports réguliers de suivi des heures de travail, des pièces consommées et des couts de main	5	4	3	2	1	1	5
3. les performances du service sont-ils suivies ?	5	4	3	2	1	1	5
4. L'efficacité de la personne maintenance est-elle	5	4	3	2	1	1	5
5. Maîtrisez- vous votre charge de travail ?	5	4	3	2	1	1	5
6. Disposez-vous des couts de maintenance équipement	5	4	3	2	1	1	5
7. Le service de maintenance dispose-t-il d'un outil de gestion informatisé de l'activité ?	5	4	3	2	1	1	5
8. Disposez-vous d'informations de synthèse dans un délai suffisamment court ?	5	4	3	2	1	1	5
9- Emmétrez-vous régulièrement un compte rendu d'activité?	5	4	3	2	1	5	5
Sous-total	/	/	/	/	/	20	45

➤ EHS de la maintenance.

Tableau 32 : Questionnaire de la rubrique « EHS de la maintenance ».

K. EHS de la maintenance (57%)	oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. Pour tout équipement disposez-vous d'une cartographie des risques qui lui sont associés ?	5	4	3	2	1	1	5
2. La documentation est-elle mise à jour au fur et à mesure du développement des risques ?	5	4	3	2	1	4	5
3. Enregistrez-vous la totalité des incidents ?	5	4	3	2	1	5	5
4. Existe-t-il des plans de formation sur la sécurité pour les opérateurs de maintenance ?	5	4	3	2	1	4	5
5. Existe-t-il des systèmes anti-erreurs ?	5	4	3	2	1	1	5
6. Pensez-vous en compte l'aspect sécurité d'exploitation et de maintenance lors de l'achat des équipements ?	5	4	3	2	1	4	5
7. Existe-t-il un plan de maintenance des équipements de sureté ?	5	4	3	2	1	1	5
Sous-total	/	/	/	/	/	20	35

➤ Sous-traitance.

Tableau 33 : Questionnaire de la rubrique « Sous-traitance ».

L. Sous-traitance (78%)	Oui	Plutôt oui	Ni oui ni non	Plutôt non	Non	Note	Max
1. Avez-vous un processus d'évaluation formelle des sous-traitant ?	5	4	3	2	1	1	5
2. Les descriptifs de travaux et les cahiers des charges, sont-ils soigneusement élaborés ?	5	4	3	2	1	4	5
3. La sélection des sous-traitant s'effectue-t-elle sur des critères de technicités et de compétences ?	5	4	3	2	1	5	5
4. Avez-vous localement la possibilité de recours à de multiples entreprises sous-traitantes pour les domaines qui vous concerne?	5	4	3	2	1	5	5
5. Sous-traitez vous les taches pour lesquelles vous considérer ne pas disposer d'une technicité n'est pas suffisante ?	5	4	3	2	1	4	5
6. Vos contrats avec les sous-traitants incluent t-ils des clauses de résultats ?	5	4	3	2	1	4	5
7. Développer vous l'assurance de la qualité et le partenariat avec vos sous-traitants?	5	4	3	2	1	2	5
8. Créez vous et mettez vous à jour un dossier par affaire selon une procédure de constitution prédéterminer ?	5	4	3	2	1	4	5
9. Le suivi des travaux de sous-traitant et la réception de ceux ci sont t-ils effectués par une personne de votre service nommément désigné et selon des procédures rigoureuses?	5	4	3	2	1	5	5
10. Disposez-vous d'une documentation propre à faciliter la maintenance de vos équipements par les entreprises de l'extérieur?	5	4	3	2	1	5	5
Sous-total	/	/	/	/	/	39	50

Annexe « D » :
Règles de passage au modèle relationnel.

REGLES DE PASSAGE VERS LE MODELE RELATIONNEL [2]

- Règles portant sur la transformation des ensembles d'entités :

(R1) pour chaque ensemble d'entité identifié E, on crée une relation R dont le schéma est celui de l'ensemble d'entité (les attributs composites sont aplatis, c'est à dire on concatène leur définition). La clé de R est une des clés de E.

(R2) pour chaque ensemble d'entité non identifié I ayant un identifiant étranger E, on crée une relation R qui comprend tous les attributs de I. De plus on définit comme clé étrangère dans R, les attributs clés de la relation correspondant à E. La clé de R est la concaténation de la clé partielle de I et de la clé de l'identifiant étranger.

- Règles portant sur la transformation des ensembles d'associations :

(R3) Chaque ensemble d'associations est transformé en une relation dont le schéma est constitué d'une part de la clé de chacun des ensemble des entités participants à l'association et d'autre part (le cas échéant) des attributs propres à l'ensemble d'association). La clé de la relation obtenue se déduit de l'analyse des cardinalités de l'ensemble d'association (c'est au plus la concaténation des clés des ensembles d'entités participants).

Cette règle conduit à produire un grand nombre de relations et ne dérive donc pas la solution la plus compacte (en termes de nombre de relations). Si l'on veut obtenir le nombre minimum de relations (au détriment de la lisibilité certes), il faut appliquer à la place de la règle (R3), les règles (R3') et (R4') :

(R3') pour chaque ensemble d'association binaire R de type 1:1 entre les ensembles d'entités S et T (représentés par les relations RS et RT respectivement) on inclut dans la définition de RS comme clé étrangère la clé de RT. Tous les attributs simples de R sont ajoutés à la définition de S.

(R4') pour chaque ensemble d'association binaire A de type M:N ou pour chaque ensemble de relation A de degré supérieur à 2, on crée une nouvelle relation RA pour représenter A. On met dans RA comme clé étrangère, les clés de toutes les relations correspondant aux ensembles d'entité participant à A. On ajoute également à RA tous les attributs définis sur A. La clé de RA est la concaténation des clés étrangères.

- Règle portant sur la transformation des attributs multivalués :

(R5) pour chaque attribut multivalué M d'un ensemble d'entités E (idem pour un ensemble d'associations), on crée une nouvelle relation RM qui comprend un attribut monovalué correspondant à A plus la clé de RE (relation représentant E). La clé de RM est la concaténation des deux attributs.

- Règle portant sur la transformation des attributs dérivés :

(R6) chaque attribut dérivé est représenté par une vue dont la définition correspond à la traduction en SQL de la règle de dérivation.

Annexe « E » :
Interfaces de l'application.

➤ Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « DT »

The screenshot shows the 'Demande de travail' (DT) form within the 'Ajout de document' section of the 'Intervention' page. The form includes the following fields and controls:

- Navigation:** 'Intervention' and 'Ajout de document' tabs at the top. Below them are sub-tabs 'DT', 'OT', 'AT', and 'BT', with 'DT' being the active tab.
- Form Title:** 'Demande de travail' centered at the top of the form area.
- Fields:**
 - 'Référence du DT': Text input with 'REF_DT' as a placeholder.
 - 'Consulter': Button next to the 'Référence du DT' field.
 - 'Date d'émission': Text input.
 - 'Emetteur': Text input.
 - 'Fonction': Dropdown menu with 'Poste' selected.
 - 'Destinataire': Text input.
 - 'Fonction': Dropdown menu with 'Poste' selected.
 - 'Référence de l'équipement': Text input with 'REF_Equipement' as a placeholder.
 - 'Lieu': Text input.
 - 'Opération': Large text area.
- Buttons:** 'Ajouter', 'Modifier', 'Supprimer', 'Exporter', and 'Imprimer' at the bottom of the form.
- Footer:** 'MaintDigitale - Bienvenue à l'application de gestion de la maintenance MaintDigitale' at the top left. A search bar with 'Recherche' and a magnifying glass icon is at the top right. A sidebar on the left contains icons for 'Accueil', 'Intervention', 'Equipment', 'Préventive', 'PDR', and 'Comple'. At the bottom right, there is a watermark for 'Activier Windows'.

Figure 28: Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « DT ».

➤ Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « OT »

The screenshot shows the 'Ordre de travail' (OT) form within the 'Ajout de document' section of the 'Intervention' page. The form includes the following fields and controls:

- Navigation:** 'Intervention' and 'Ajout de document' tabs at the top. Below them are sub-tabs 'DT', 'OT', 'AT', and 'BT', with 'OT' being the active tab.
- Form Title:** 'Ordre de travail' centered at the top of the form area.
- Fields:**
 - 'Référence de l'OT': Text input with 'REF_OT' as a placeholder.
 - 'Consulter': Button next to the 'Référence de l'OT' field.
 - 'Date d'émission': Text input.
 - 'Référence du DT': Text input with 'REF_DT' as a placeholder.
 - 'Référence de l'équipement': Text input with 'REF_Equipement' as a placeholder.
 - 'Réf Interv': Text input with 'Réf Interv' as a placeholder.
 - 'Type': Dropdown menu with 'Intervention' selected.
 - 'Emetteur': Text input.
 - 'Fonction': Dropdown menu with 'Poste' selected.
 - 'Récepteur': Text input.
 - 'Fonction': Dropdown menu with 'Poste' selected.
 - 'Lieu': Text input.
 - 'Date de début': Text input.
 - 'Date de fin': Text input.
 - 'Opération': Large text area.
- Buttons:** 'Ajouter', 'Modifier', 'Supprimer', 'Exporter', and 'Imprimer' at the bottom of the form.
- Footer:** 'MaintDigitale - Bienvenue à l'application de gestion de la maintenance MaintDigitale' at the top left. A search bar with 'Recherche' and a magnifying glass icon is at the top right. A sidebar on the left contains icons for 'Accueil', 'Intervention', 'Equipment', 'Préventive', 'PDR', and 'Comple'. At the bottom right, there is a watermark for 'Activier Windows'.

Figure 29: Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « OT ».

➤ Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « AT »

The screenshot shows the 'MaintDigitale' application interface. On the left is a sidebar with navigation buttons: Accueil, Intervention (selected), Equipment, Préventive, PDR, and Comple. Below these are settings and information buttons. The main area has tabs for 'Intervention' and 'Ajout de document'. Under 'Ajout de document', there are sub-tabs for 'DT', 'OT', 'AT', and 'BT', with 'AT' (Autorisation de travail) selected. The form is titled 'Autorisation de travail' and contains the following fields and controls:

- Reference de l'AT: REF_AT (text input)
- Reference de l'OT: REF_OT (text input)
- Réf Intervention: Réf Interv (text input)
- Emetteur: (text input)
- Destinataire: (text input)
- Date de début: (text input)
- Lieu: (text input)
- Opération: (large text area)
- Date d'émission: (text input)
- Recherche: (search bar)
- Consulter: (button)
- Reference equipement: Réf equipement (text input)
- Type: Intervention (dropdown menu)
- Fonction: Poste (dropdown menu)
- Fonction: Poste (dropdown menu)
- Date de fin: (text input)
- Buttons at the bottom: Ajouter, Modifier, Supprimer, Exporter, Imprimer.

Figure 30: Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « AT ».

➤ Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « BT »

The screenshot shows the 'MaintDigitale' application interface, similar to Figure 30, but with the 'BT' (Bon de travail) tab selected. The form is titled 'Bon de travail' and contains the following fields and controls:

- Reference du BT: REF_BT (text input)
- Réf Interv: Réf Interv (text input)
- Date de début: (text input)
- Date de fin: (text input)
- Emetteur: (text input)
- Destinataire: (text input)
- Lieu: (text input)
- Opération: (large text area)
- Date d'émission: (text input)
- Recherche: (search bar)
- Consulter: (button)
- Type: Intervention (dropdown menu)
- Fonction: Poste (dropdown menu)
- Fonction: Poste (dropdown menu)
- Buttons at the bottom: Ajouter, Modifier, Supprimer, Exporter, Imprimer.

Figure 31: Fenêtre de l'espace intervention, page « Ajout de document », volet « BT ».

➤ Fenêtre de l'espace Equipement, page « Liste des équipements »

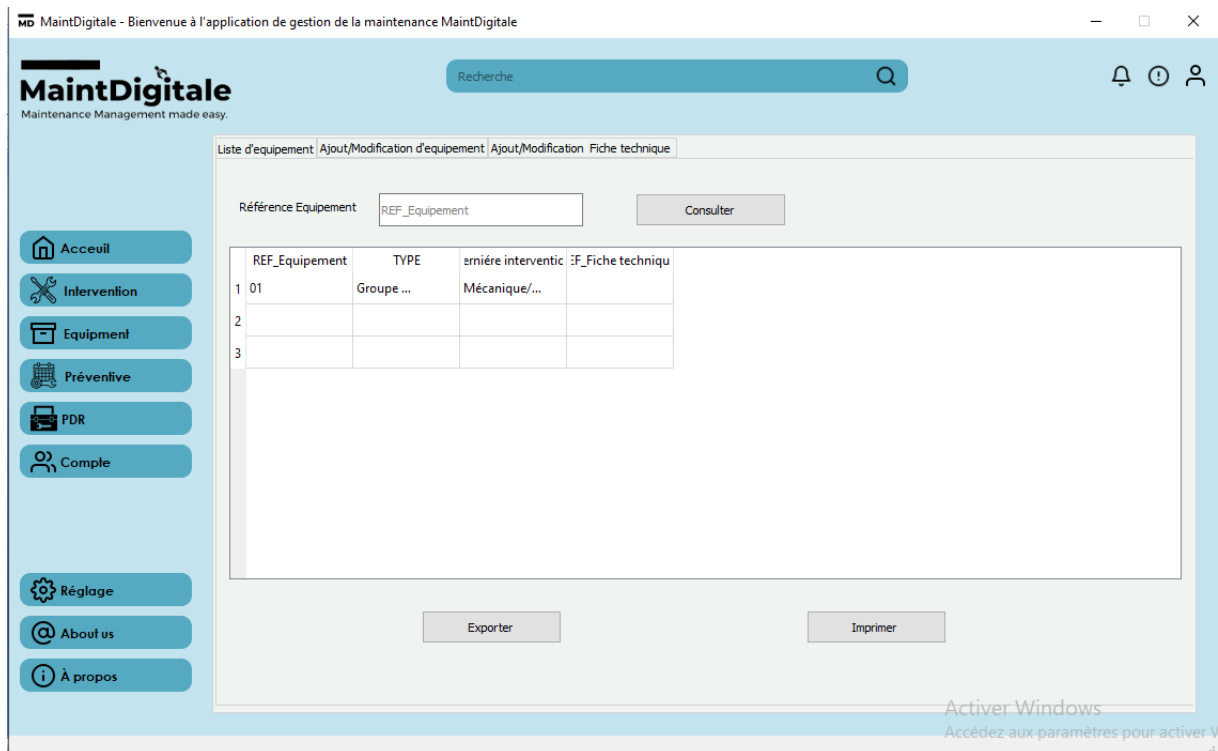


Figure 32: Fenêtre de l'espace Equipement, page « Liste des équipements ».

➤ Fenêtre de l'espace Equipement, page « Ajout et modification des fiches techniques »

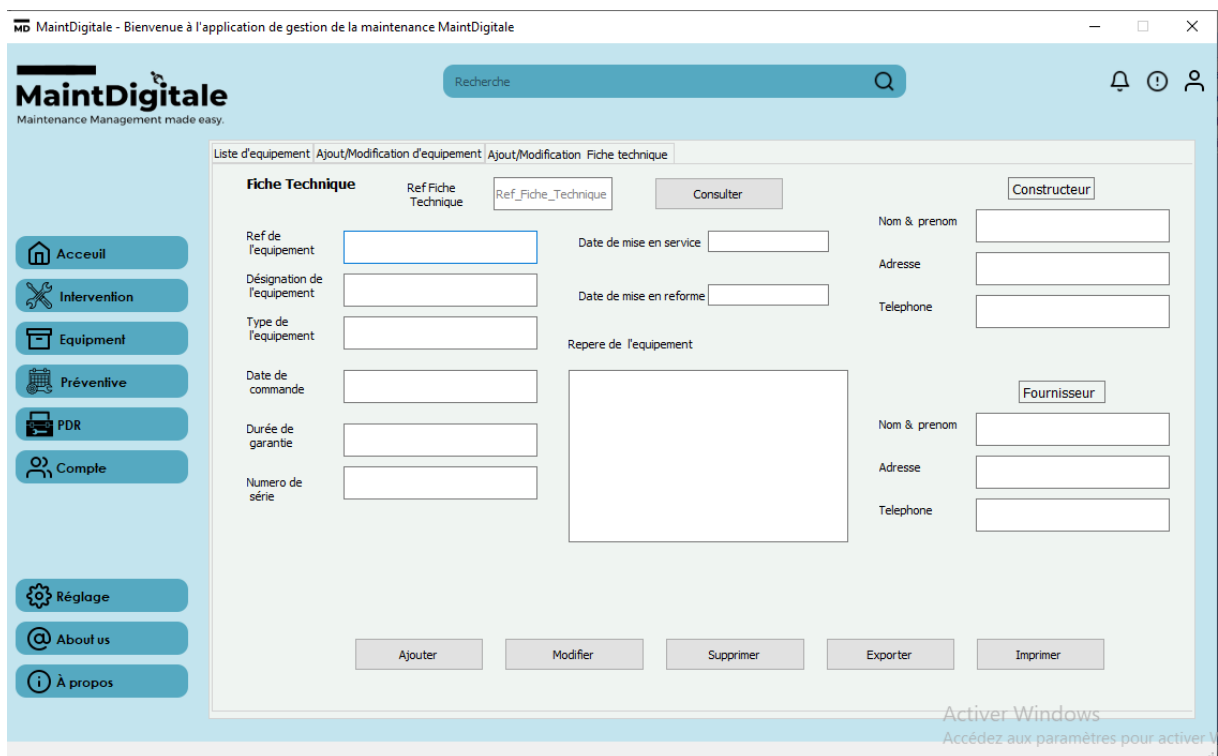


Figure 33: Fenêtre de l'espace Equipement, page « Ajout et modification des fiches techniques ».

➤ Fenêtre de l'espace préventif, page « Ajout et modification des PDR »

MaintDigitale - Bienvenue à l'application de gestion de la maintenance MaintDigitale

MaintDigitale
Maintenance Management made easy.

Recherche

Liste PDR | Ajout/Modification de PDR | Ajout/Modification DA | Ajout/Modification BSM

Reference PDR: Consulter

	REF_PDR	Désignation	Type PDR	Num_Fiche	Num_Tableau	Num_Plan	Num_Repere	quantité disponibl
1	1	Courroie	Mécanique	1	1	1	1	16
2	2	Bague ...	Mécanique	2	2	2	2	32
3	3	Joint de culasse	Mécanique	3	3	3	3	8
4	4	Bobine	Électrique	4	4	4	4	10
5	5	Fusible	Électrique	5	5	5	5	14
6	6	Contacteur	Électrique	6	6	6	6	17
7	7	Automate ...	Automatique	7	7	7	7	45
8	8	Réducteur	Electrique	8	8	8	8	6

Etablir une DA Etablir un BSM

Exporter Imprimer

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows

Figure 34: Fenêtre de l'espace préventif, page « Ajout et modification des PDR ».

➤ Fenêtre de l'espace préventif, page « Ajout et modification des DA »

MaintDigitale - Bienvenue à l'application de gestion de la maintenance MaintDigitale

MaintDigitale
Maintenance Management made easy.

Recherche

Liste PDR | Ajout/Modification de PDR | Ajout/Modification DA | Ajout/Modification BSM

Demande d'acquisition

Réf de la DA: Consulter Date d'émission:

Réf de l'OT: Unité:

Structure emettrice: Magasin ou dépôt de stockage:

Info article

Code article: Quantité servit:

Désignation: Observation:

Unité de mesure:

Responsable de la structure emettrice: Visa de l'ordonnateur: Magasinier:

Ajouter Modifier Supprimer Exporter Imprimer

Figure 35: Fenêtre de l'espace préventif, page « Ajout et modification des DA ».

➤ Fenêtre de l'espace préventif, page « Ajout et modification des BSM »

MaintDigitale - Bienvenue à l'application de gestion de la maintenance MaintDigitale

MaintDigitale
Maintenance Management made easy.

Recherche

Liste PDR | Ajout/Modification de PDR | Ajout/Modification DA | Ajout/Modification BSM

Bon de Sortie du Magasin

Référence du BSM Consulter

Référence du DA Date d'émission de la DA

Structure emetteur Magasin ou dépôt de stockage

Info article

Code PDR Prix Unitaire

Désignation PDR Montant

Quantité servit Observation

Nom du demandeur Date emission Nom du Magasinier

Ajouter Modifier Supprimer Exporter Imprimer

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows

Figure 36: Fenêtre de l'espace préventif, page « Ajout et modification des BSM ».

➤ Fenêtre de l'espace compte, page « Ajout et modification d'un utilisateur »

MaintDigitale - Bienvenue à l'application de gestion de la maintenance MaintDigitale

MaintDigitale
Maintenance Management made easy.

Recherche

Liste des utilisateurs | Ajout/Modification d'un utilisateur

Ajouter un nouveau utilisateur

ID_Utilisateur

Nom & Prénom

Poste

Téléphone

Email

Mot de passe

Mot de passe confirmé

Ajouter

Modification

ID_Utilisateur Recherche

Nom & Prénom

Poste

Téléphone

Email

Mot de passe

Mot de passe confirmé

Enregistrer Supprimer

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows

Figure 37: Fenêtre de l'espace compte, page « Ajout et modification d'un utilisateur ».

➤ Fenêtre de l'espace préventif, page « À propos »

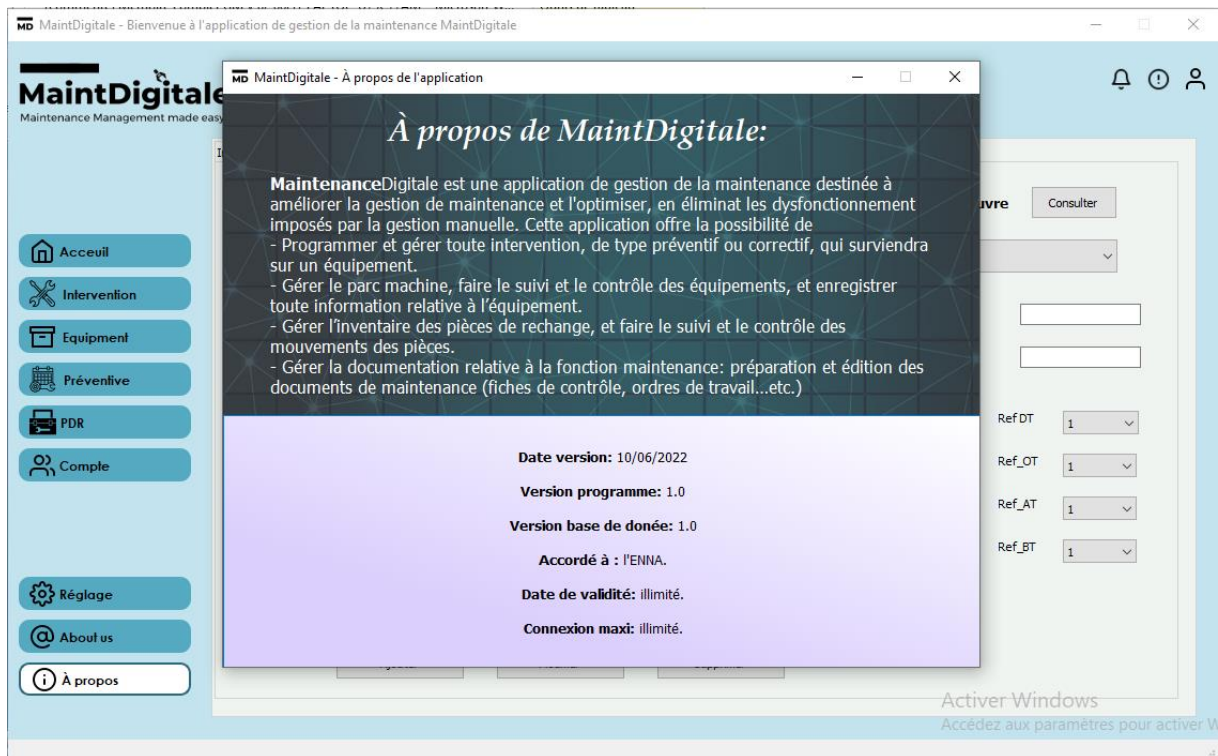


Figure 38: Fenêtre de l'espace préventif, page « À propos ».

➤ Fenêtre de l'espace préventif, page « About us »

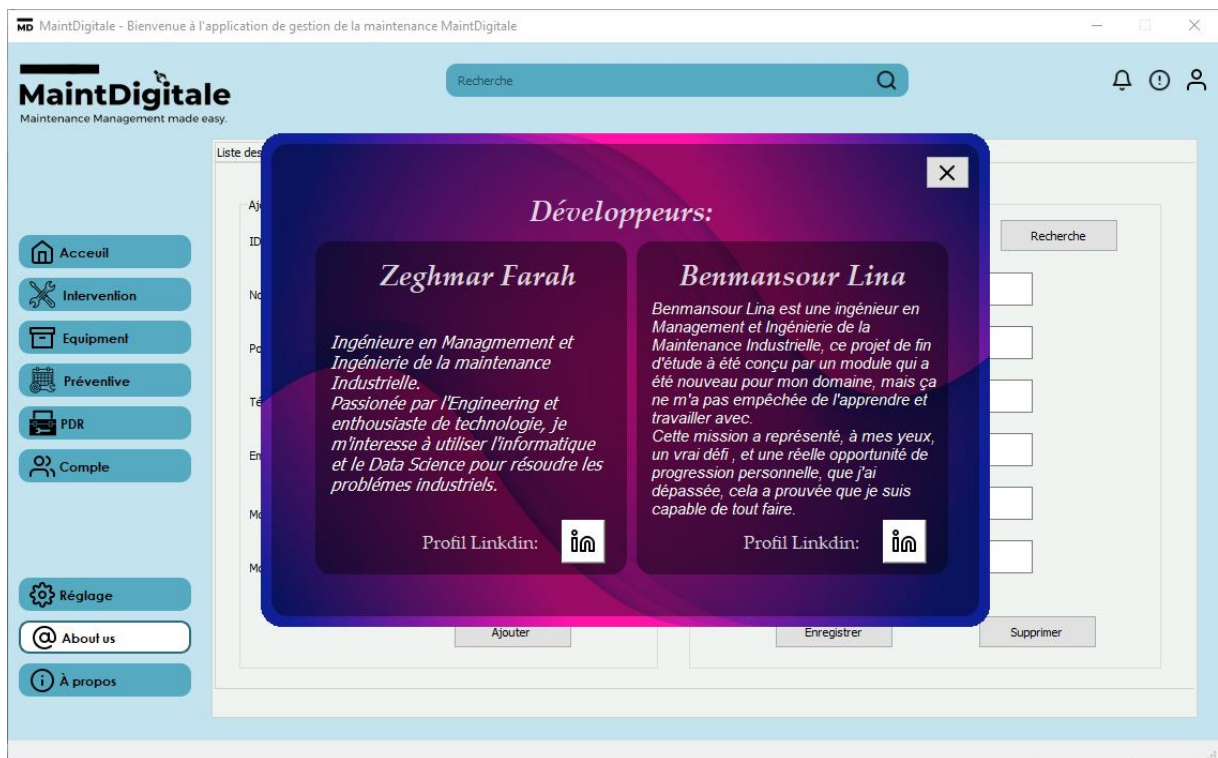


Figure 39: Fenêtre de l'espace préventif, page « About us ».

Annexe « F » :
Niveau de la maintenance

Tableau 34: Niveau de maintenance.

Niveau	Personnel d'intervention	Nature de l'intervention	Moyens requis
1	Exploitant, sur place	Réglage simple d'organes accessibles sans aucun démontage, ou échanges d'éléments accessibles en dans les consignes de toute sécurité conduite.	Outillage léger défini dans les consignes de conduite.
2	Technicien habilité (dépanneur) sur place	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou opérations mineures de maintenance préventive.	Outillage standard et rechanges situés à proximité.
3	Technicien spécialisé, sur place ou en atelier de maintenance.	Identification et diagnostics de pannes, réparations par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	Outillage prévu plus appareils de mesure, banc d'essai, de contrôle.
4	Équipe encadrée par un technicien spécialisé, en atelier central.	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive. Révisions.	Outillage général et spécialisé.
5	Équipe complète polyvalente, en atelier central.	Travaux de rénovation, de reconstruction, réparations importantes confiées à un atelier central, souvent externalisés.	Moyens proches de ceux de la fabrication par le constructeur.

Résumé

Dans le but d'optimiser la gestion de la fonction maintenance à l'ENNA (Etablissement National de la Navigation Aérienne), traiter les dysfonctionnements de la gestion manuelle existante, améliorer les flux d'information et la traçabilité, et mieux coordonner et surveiller les différentes activités de la fonction maintenance, nous avons entrepris le projet de concevoir, implémenter et mettre en place une application GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur) destinée à organiser et à automatiser les différentes tâches de la fonction maintenance.

Le projet a commencé par une étude préalable du système de gestion de la maintenance actuel. Ensuite, en s'appuyant sur la méthode de l'audit de maintenance, nous avons réalisé un diagnostic approfondi pour identifier les lacunes du système et proposer des suggestions pour y remédier. En se basant sur les résultats de cette étude, nous avons réalisé une étude conceptuelle du système d'information (SI) projeté. Cette étude a mené à l'identification des caractéristiques du futur SI selon les besoins de l'entreprise qui ont été concrétisées à travers le développement d'une application de GMAO pour la gestion de la maintenance à l'ENNA.

Mots-clés: Maintenance, GMAO, Gestion Automatisé de la Maintenance, Système d'Information de Gestion de la Maintenance.

Abstract

To optimize the management of the maintenance function at the ENNA (Etablissement National de la Navigation Aérienne), deal with the dysfunctions of the existing manual management, improve the flow of information and traceability, and better coordinate and monitor the various activities of the maintenance function, we undertook the project to design, implement and set up a CMMS application (Computer-Aided Maintenance Management) intended to organize and automate the different tasks of the maintenance function.

The project began with a preliminary study of the current maintenance management system. Then, based on the maintenance audit method, we conducted an in-depth diagnosis to identify the system's shortcomings and offer suggestions to remedy them. Finally, based on the results of this study, we carried out a conceptual study of the projected information system (IS). This study led to the identification of the characteristics of the future IS according to the needs of the company, which were concretized through the development of a CMMS application for the management of maintenance at ENNA.

Keywords: Maintenance, CMMS, Automatic Maintenance Management, Maintenance Management Information System.

ملخص

من أجل تحسين إدارة وظيفة الصيانة في ENNA (المؤسسة الوطنية للملاحة الجوية)، ومعالجة أعطال الإدارة اليدوية الحالية، وتحسين تدفق المعلومات وإمكانية التتبع، وتنسيق ومراقبة الأنشطة المختلفة لوظيفة الصيانة بشكل أفضل، قمنا بتنفيذ المشروع لتصميم وتنفيذ وتطبيق GMAO (إدارة الصيانة المحوسبة) الذي يهدف إلى تنظيم ومراقبة الأنشطة المختلفة لوظيفة الصيانة. لأتمتة المهام المختلفة لوظيفة الصيانة.

بدأ المشروع بدراسة أولية لنظام إدارة الصيانة الحالي. بعد ذلك، استنادا إلى طريقة تدقيق الصيانة، أجرينا تشخيصا متعمقا لتحديد أوجه القصور في النظام وتقديم اقتراحات لمعالجتها. بناء على نتائج هذه الدراسة، أجرينا دراسة مفاهيمية لنظام المعلومات المقترح (IS). أدت هذه الدراسة إلى تحديد خصائص نظام المعلومات المستقبلي وفقا لاحتياجات الشركة التي تم تجسيدها من خلال تطوير تطبيق GMAO لإدارة الصيانة في ENNA.

الكلمات الرئيسية: الصيانة، GMAO، إدارة الصيانة الآلية، نظام معلومات إدارة الصيانة.