

ROYAUME DU MAROC

**INSTITUT AGRONOMIQUE
ET VÉTÉRINAIRE HASSAN II**



**المملكة المغربية
معهد الحسن الثاني
للزراعة والبيطرة**

**Projet de Fin d'Etudes, présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur
en : Génie Rural**

**Sur l'informatisation de la gestion de la maintenance au sein de
Masen Services :
Le développement d'une application GMAO pour les
infrastructures communes du complexe solaire de Ouarzazate**

Document final

**Présenté et soutenu publiquement par
AIT BASSOU Amina**

JURY

M. OBAID AMRANE	Président	MASEN
Pr. RAMDANI ABDELLAH	Rapporteur	Professeur (IAV)
M. ELAMRANI ABDERRAZAK	Examineur	Ingénieur (Masen Services)
Pr. TAHIRI MHAMED	Examineur	Professeur (ENSMR)
Pr. BEKKAOUI AHMED	Examineur	Professeur (IAV)
Pr. BOURARACH EL HASSANE	Examineur	Professeur (IAV)
Pr. KANANE OMAR	Examineur	Professeur (IAV)

Juin 2015

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Madinat Al Irfane. B.P 6202. Rabat-Instituts, 10101 Rabat

Tél. 05 37 77 17 58/59

Fax : 05 37 77 58 45

Site : www.iav.ac.ma

Remerciement

Au terme de ce modeste travail, il m'est agréable de m'acquitter d'une dette de reconnaissance auprès des personnes qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail dans de bonnes conditions.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et reconnaissance pour remercier cordialement mes encadrants **Pr. RAMDANI**, professeur du département génie rural (option énergie et agroéquipement), et **M.ELAMRANI**, ingénieur à Masen Services qui n'ont épargné ni leurs temps ni leurs efforts durant leurs encadrements de mon projet de fin d'études. Je suis très reconnaissante des conseils fructueux qu'ils n'ont cessé de prodiguer et de leurs soutiens qui m'ont permis de surmonter toutes les difficultés que j'ai confrontées tout au long de ce travail.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude envers **M. GAHI** et envers le personnel de Masen Services.

Je tiens à remercier vivement mon président de jury **M.OBAID**, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant la présidence de mon jury. Qu'il me soit permis de lui témoigner ma très haute considération et ma profonde gratitude.

Mes vifs remerciements vont également aux **Pr. BOURARACH, Pr. BEKKAOUI, Pr. KAAANANE** et **Pr. TAHIRI** qui ont bien voulu honorer ce jury, pour discuter et juger mon travail. Qu'ils acceptent l'expression de mes sincères reconnaissances et mon respect. Mes vifs remerciements sont également adressés à tous le corps enseignant et les responsables de l'IAV Hassan II, et plus particulièrement à ceux du département de Génie Rural : Energie et Agroéquipement ; pour la qualité d'enseignement et leurs efforts.

Enfin, que toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, puisse trouver, ici, l'expression de ma profonde reconnaissance.

Dédicace

A ma chère mère

Mme. EZZAHIDI Ezzahra, en témoignage de ma fidèle affection, veuillez trouver dans ce travail l'expression de ma profonde gratitude et le fruit de vos énormes sacrifices.

A mon cher père

M. AIT BASSOU Mohamed, exemple de droiture et source de valeurs pour moi. Vous étiez toujours soucieux de mon avenir.

Que Dieu tout Puissant vous garde tous les deux et vous accorde longue vie et bonne santé.

A ma chère sœur et mon cher frère

Hanane et Youssef, en reconnaissance de vos encouragements, votre soutien moral et votre aide, je vous souhaite tout le bonheur du monde.

Que Dieu vous Bénisse

A mes grands-parents,

nullé dédicace ne puisse exprimer ce que je vous dois, pour votre générosité, votre affection et votre soutien.

A Mes chères tantes et oncles,

merci pour vos encouragements, trouvez ici, l'expression de mon profond respect

A mes chères cousines et cousins,

veuillez trouver ici l'expression de ma grande gratitude

A tous les membres de la famille,

veuillez trouver ici le témoignage de mes sentiments sincères.

A mes chères amies,

je vous dédie ce travail, témoignant ma reconnaissance pour l'aide et le soutien que vous m'avez apportés.

A tous ceux qui me sont chers.

AIT BASSOU Amina

Résumé

Les infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate sont d'une grande importance pour le projet de développement solaire intégré de production d'électricité nommés « le projet solaire » qui vise la mise en place en 2017 d'une capacité de 500 mégawatts.

En effet ces infrastructures communes comprennent les routes d'accès au complexe solaire, la clôture du complexe, les fossés de drainage ainsi que le système d'adduction en eau brute qui permet l'alimentation en eau de tout le complexe. Ces infrastructures jouent ainsi un rôle incontournable pour le site.

De ce fait la maintenance de ces infrastructures s'avère une tâche d'importance majeure afin de garantir la production d'électricité dans les meilleures conditions. Pour ceci Masen Services est invitée à définir une démarche de maintenance claire et précise pour assurer une maintenance adéquate.

C'est dans cette perspective que mon projet de fin d'études, s'inscrit et il consiste à développer une application GMAO qui va contribuer à la gestion de la maintenance, et son usage permettra au gestionnaire de disposer d'outil fiable pour le suivi de l'évolution de la fonction maintenance sur site ainsi que le contrôle de sa performance, pour une planification rationnelle de celle-ci.

Au terme de ce travail, nous allons :

- 1- Elaborer un plan de maintenance pour les infrastructures communes.
- 2- Etudier l'organisation et la politique de la maintenance.
- 3- Identifier les indicateurs de performance.
- 4- Développer l'application GMAO en utilisant les deux logiciels SQL Server et Visual Basic.

Abstract

The common infrastructures of Ouarzazate's solar complex are of a great importance to the project of integrated development of solar electricity production called "solar project" which aims the establishment of a capacity of 500 megawatt in 2017. These common amenities include access roads to the solar complex, the complex's surrounding fence, drainage ditches and a water supply system that provides the entire complex with water.

Thus, the maintenance of these infrastructures proves a major task to ensure the production of electricity on the complex in the best conditions, and for this Masen Services must define a clear approach and precise maintenance to reach an efficient maintenance.

It is in this perspective that my final project study is inscribed. It consists to develop a Computerized maintenance management system (CMMS) application that will contribute to the maintenance management, and its use will allow the manager to have reliable tools for tracking the evolution of the maintenance on the complex and the monitoring of its performance for a rational planning.

المخلص

البنية التحتية المشتركة للمركب الشمسي بورزازات لها أهمية كبيرة في مشروع التنمية المتكاملة لإنتاج الكهرباء بالطاقة الشمسية والذي يسمى "مشروع للطاقة الشمسية" حيث يهدف إلى إنتاج 500 ميغاوات سنة 2017.

في الواقع هذه المرافق المشتركة تشمل طرق الوصول إلى مركب الطاقة الشمسية، وسياج المجمع، وكذا قنوات تصريف المياه ونظام النقل المياه الخام التي يسمح بإمداد المركب بأكمله بالمياه.

وبالتالي الحفاظ على هذه البنى التحتية مهمة رئيسية لضمان إنتاج الكهرباء في الموقع في أحسن الظروف، ولهذا يجب أن تحدد الوكالة المغربية للطاقة الشمسية بورزازات نهجا واضحا و دقيقا لضمان صيانة كافية.

وفي هذا النطاق يندرج مشروع نهاية الدراسة، والذي يهدف الى تطوير تطبيق لتسيير الصيانة بالحاسوب، هذا التطبيق الذي من شأنه أن يساهم في إدارة الصيانة، وسوف يمكن استخدامه كأداة يمكن الاعتماد عليها لتتبع تطور وظيفة الصيانة في الموقع ورصد أدائها لتخطيط عقلاني.

Table des matières

Introduction générale.....	1
Partie 1 : Revue bibliographique	3
Chapitre 1 : Généralités sur la maintenance	4
1. Concept de la maintenance [1] :.....	4
2. Fonction, activité et opération de la maintenance :.....	5
2.1. Fonction de la maintenance [2]	6
2.2. Activités annexes de la maintenance	6
2.3. Opérations de la maintenance [3] :.....	7
3. Les niveaux de la maintenance	9
4. Gestion de la maintenance [4] :	11
4.1. Fiabilité et productivité de l'équipement de production.....	11
4.2. Efficacité de maintenance.....	11
4.3. Réduction des dépenses et augmentation de la productivité du département.....	13
Chapitre 2 : Généralités sur la GMAO	15
1. Notion de la Maintenance Assistée par Ordinateur MAO [5]	15
2. Informatisation de la maintenance [6] :	16
2.1. Apport de la GMAO	16
2.2. Informatisation pour la prise de décision	16
2.3. Désenclavement de la fonction maintenance.....	17
2.4. Pilotage de la fonction	17
3. Les processus de maintenance [6].....	17
3.1. Motivation du personnel.....	18
3.2. Remplacer les outils de gestion de maintenance existants	18
4. Bonnes pratiques de la maintenance (best practices) [6]	19
Partie 2 : Matériels et méthodes	22
Chapitre 1 : Organisme d'accueil et identification des infrastructures communes.....	23

1. Organisme d'accueil « Masen».....	23
2. Identification des infrastructures communes	24
2.1. Les composantes du système d'adduction en eau brute	25
2.1.1. La prise d'eau	25
2.1.2. La Station de Débourage (SD)	26
2.1.3. Canalisation.....	27
2.1.4. Stations de Reprise SR2	28
2.1.5. Le réservoir de stockage.....	29
2.2. La Clôture :.....	29
2.3. Les routes :.....	29
2.4. Les fossés de drainage :	30
Chapitre 2 : Méthodes	32
1. Méthode MEDIAT [9]	32
Chapitre 3 : Matériels.....	35
1. SQL Server.....	35
2. Visual Basic	36
Partie 3 : Résultats et discussion	38
Chapitre 1 : Elaboration d'un plan de maintenance	39
1. Elaboration d'un plan de maintenance préventive	39
1. Inventaire des équipements	41
2. La codification des équipements	42
3. Maintenance préventive des équipements : [8]	43
3.1. Maintenance préventive des transformateurs.....	43
3.2. Maintenance préventive du centre de commande des moteurs.....	44
3.3. Maintenance préventive du moteur :.....	45
3.4. Maintenance préventive de la pompe	46
3.5. Maintenance préventive de tuyauterie de refoulement :	48

3.6. Maintenance préventive des vannes :	48
4. Maintenance corrective des équipements :[8]	49
4.1. Maintenance corrective des transformateurs.....	50
4.2. Maintenance corrective du centre de commande du moteur :	51
4.3. Maintenance corrective du moteur.....	51
4.4. Maintenance corrective de système de mise à la terre.	53
4.5. Maintenance corrective de la pompe	53
4.6. Maintenance corrective des vannes :	54
5. Plan de maintenance préventive :.....	54
Chapitre 2 : Etude de l'organisation et la politique de la maintenance au sein de Masen	
Services	59
1. Organisation de la fonction maintenance.....	59
1.1. Objectif du diagnostic :.....	59
1.2. Calcul des taux de satisfaction :	59
1.3. Calcul du Taux de Satisfaction Moyen « TSM » :	60
1.4. Résultat correspondant au diagnostic :	60
2. Politique de maintenance	61
2.1. Masen Services	61
2.2. Analyse de l'organigramme de Masen Services.....	62
2.3. Politique de la maintenance adoptée par Masen Services	64
Chapitre 3 : Elaboration des contrats de maintenance	
1. Elaborer des cahiers des charges précis pour les prestations externes.....	67
1.1. Formaliser les trois étapes qui conduisent au contrat	68
1.2. Organiser le suivi des affaires sous-traitées	69
2. Faire appel à des sous-traitants de qualité.....	69
Chapitre 4 : Identification des indicateurs de performance.....	
1. Tableau de bord.....	74

2. Indicateurs de performance	76
2.1. Définition.....	76
2.2. Indicateurs de performance de Masen Services	76
2.3. Indicateurs de performance des infrastructures communes.....	78
3. Le suivi et la surveillance de la maintenance à travers un tableau de bord.	82
Chapitre 5 : Développement d'une application GMAO.....	84
1. Elaboration d'un cahier des charges pour l'application GMAO.....	84
1.1. Définition et objectif d'un cahier des charges	84
1.2. Contenu d'un cahier des charges :	84
1.3. Cahier des charges.	85
1.3.1. Contexte du projet	85
1.3.2. Expression des besoins	85
1.3.3. Fonctionnalités souhaitées.....	86
1.3.4. Gains tangibles attendus par la réalisation du projet.....	86
2. Présentation de l'application GMAO.....	86
2.1. Outils software utilisés	87
2.2. Le schéma de la base de données :	87
2.3. Présentation de l'application GMAO	89
2.3.1. Accès à l'application :	89
2.3.2. Formulaire d'accueil :	89
2.3.3. Fichier.....	90
2.3.4. Gestion des données	91
2.3.5. Gestion des interventions	93
2.3.6. Tableau de bord :.....	97
2.3.7. Impression	99
Conclusion et recommandations	102
Références bibliographique.....	105

Annexes.....	106
--------------	-----

Liste des figures

Figure 1.1 : Différents types de la maintenance	5
Figure 1.2 : Les opérations de maintenance.	7
Figure 1.3 : La maintenance assistée par ordinateur	15
Figure 3.1 : Schéma synoptique du système d'adduction en eau brute du complexe solaire d'Ouarzazate.....	24
Figure 3.2 : Schéma de processus de débouillage de l'eau	27
Figure 3.3 : Réseau hydrographique	30
Figure 3.4 : Processus du plan de maintenance.....	40
Figure 3.5 : Présentation du code d'équipement	42
Figure 3.6 : Graphe en Radar correspondant au diagnostic	60
Figure 3.7 : Organigramme de Masen Services	63
Figure 3.8 : Processus de la sous-traitance.....	72
Figure 3.9 : Le tableau de bord une gestion contrôlés.....	74
Figure 3.10 : le tableau de bord un instrument de pilotage	75
Figure 3.11 : Tableau de bord	82
Figure 3.12 : Architecture générale de la base de données	88
Figure 3.13 : Barre d'accès.....	89
Figure 3.14 : Formulaire d'accueil	90
Figure 3.15 : Onglet fichier	90
Figure 3.16 : Gestion des données	91
Figure 3.17 : Gestion des équipements	92
Figure 3.18 : Gestion des interventions.....	93
Figure 3.19 : Gestion des intervenants	94
Figure 3.20 : Gestion des fournisseurs	94
Figure 3.21 : Gestion des pièces de rechange	95
Figure 3.22 : Gestion des interventions des équipements du système d'adduction	96
Figure 3.23 : Gestion des interventions des autres infrastructures communes	96
Figure 3.24 : Tableau de bord	97
Figure 3.25 : Diagramme nombre d'interventions par mois	98
Figure 3.26 : Suivi des coûts d'interventions par mois	98
Figure 3.27 : Les indicateurs de performance	99
Figure 3.28 : Impression.....	100
Figure 3.29 : Liste des équipements.....	100

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Les types de la maintenance	5
Tableau 1.2 : Niveaux de la maintenance.....	10
Tableau 3.1 : Caractéristiques des moteurs de la SR1	25
Tableau 3.2 : caractéristiques des moteurs de la SR2	28
Tableau 3.3 : Equipements du réservoir.....	41
Tableau 3.4 : Plan de maintenance préventive des infrastructures communes :	55
Tableau 3.5 : Calcul des taux de satisfaction	59
Tableau 3.6 : Indicateurs de performance pour le système d’adduction	79
Tableau 3.7 : Indicateurs de performance pour les routes et bâtiments	80
Tableau 3.8 : Indicateurs de performance pour la santé, sécurité et sûreté.....	81

Liste des abréviations

BDD	: Base de Données
DN	: Diamètre Nominal
GMAO	: Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur
HTM	: Hauteur manométrique totale
MAO	: Maintenance Assistée par Ordinateur
MASEN	: Moroccan Agency for Solar ENergy
MTBF	: La Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement
MTTR	: La Moyenne des Temps des Tâches de Réparation
SD	: Station de Débourage
SGBD	: Système de Gestion des Bases de Données
SQL	: Structured Query Language
SR	: Station de Reprise
TMAO	: Technique de Maintenance Assistée par Ordinateur
TS	: Taux de Satisfaction
TSA	: Taux de Satisfaction par Axe
TSM	: Taux de Satisfaction Moyen
VB	: Visual Basic

Introduction générale

Pour des raisons économiques, de sécurité, et des impératifs de qualité aussi, la maintenance a pour mission d'assurer une disponibilité optimale des équipements au moindre coût. On parle alors de gestion préventive, de planification des travaux et des opérations de maintenance préventive qui s'avèrent indispensable pour une maintenance de qualité. Ainsi, le responsable maintenance doit, à la fois, maîtriser la technique, la technologie, des machines ainsi que les méthodes et outils d'organisation, de gestion, d'estimation des coûts liés à la maintenance, de formation, d'animation du personnel, de la gestion de services sous-traités, ...

Vue l'importance des infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate, qui ont pour rôle d'assurer les besoins en eau ainsi que d'autres services indispensables du complexe solaire, Masen Services doit les maintenir afin qu'elles soient en mesure d'accomplir leurs fonctions et garantir une disponibilité continue. Il faut donc déterminer une démarche de gestion de la maintenance bien définie qui permettra le suivi et le contrôle de la fonction maintenance et ce afin d'éviter tout problème qui aura une conséquence directe sur la production d'électricité au sein du complexe solaire.

La gestion de la maintenance est aujourd'hui soutenue par des progiciels de GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par ordinateur) qui permettent de fournir la trace de toute intervention et de favoriser l'analyse et la gestion de cette importante fonction.

Ce présent travail n'est qu'une étape du processus de l'informatisation de la fonction maintenance à Masen Services, dont le principal objectif consiste à développer une application GMAO apte à faciliter et organiser le travail du service maintenance au niveau de la gestion des infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate.

La première partie de ce document est consacrée à une étude bibliographique dont nous allons aborder les généralités sur la maintenance et la GMAO. La deuxième partie est réservée aux outils et méthodes utilisés afin d'accomplir nos objectifs. Quant à la troisième partie, elle va évoquer l'analyse de l'existant, l'élaboration du plan de maintenance, une étude de l'organisation de la maintenance et la politique de Masen services à cet égard et la présentation de l'application développée. Et enfin on terminera par une conclusion et des recommandations.

Objectifs et méthodologie de travail :

L'objectif du présent travail est de mettre en place une démarche de gestion de la maintenance renforcée par un l'outil informatique. Les objectifs spécifiques assignés à ce mémoire sont :

1- L'identification des besoins en termes de maintenance et élaboration d'un plan de maintenance préventive.

Il s'agit de procéder comme suivant :

- faire une revue des infrastructures communes.
- faire un inventaire des équipements et proposer une codification méthode de ces derniers.
- identifier les opérations et procédures de maintenance des équipements.
- élaborer un plan de maintenance préventive.

2- L'étude de l'organisation et la politique de la maintenance au sein de Masen Services :

Pour ce faire, nous allons :

- diagnostiquer la fonction maintenance par la méthode MEDIAT
- analyser la politique de maintenance
- proposer une méthodologie d'élaboration des contrats de maintenance

3- L'identification des indicateurs de performance : Il s'agit d'identifier les indicateurs de pilotage qui vont entrer par la suite dans la conception du tableau de bord proposé pour l'application GMAO

4- Le développement d'une application GMAO :

Dans cette partie nous essayons d'élaborer une application GMAO qui contribuera à la gestion simple et efficace de la maintenance. Pour ce faire nous développons une base de données relationnelle conçue sous le logiciel SQL Serveur et une interface de communication conçue en Visual Basic.

Partie 1 : Revue bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur la maintenance

1. Concept de la maintenance [1] :

La fonction maintenance a pour but d'assurer la disponibilité maximale des installations et infrastructure de production et leurs annexes à coût optimal dans de bonnes conditions de qualité et de sécurité.

➤ Définition

Selon la norme AFNOR (X60-010), la fonction maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé

Afin de bien accomplir la mission de la maintenance, cette dernière exige des moyens humains et matériels importants et adéquats. Elle doit bénéficier d'un budget de fonctionnement qui doit lui permettre de jouer un rôle qui dépasse un service de dépannage.

➤ Objectifs principaux de la maintenance :

- Optimiser la fiabilité du matériel ;
- Augmenter la durée de vie des équipements ;
- Assurer un bon état de marche en continu des installations ;
- Améliorer la qualité de la production ;
- Assurer l'exploitation des installations de production et de distribution d'énergie et des fluides ;
- Améliorer la sécurité du travail ;
- Former le personnel dans les spécialités spécifiques à la maintenance.

La fonction maintenance est une fonction désormais stratégique qui a un caractère productif tout comme la fonction fabrication.

➤ Formes de la maintenance

En général on peut distinguer deux types de maintenance :

- la maintenance corrective
- la maintenance préventive

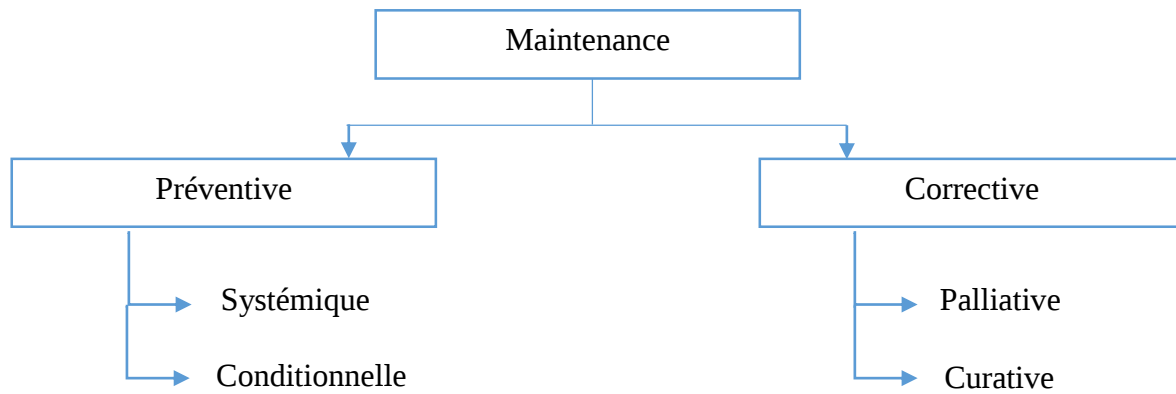


Figure 1.1 : Différents types de la maintenance

Le tableau 1.1 représente les définitions des différents types de la maintenance

Tableau 1.1 : Les types de la maintenance

Type de maintenance		Définition
Préventive	Systemique	Désigne des opérations effectuées systématiquement, soit selon un calendrier (à périodicité temporelle fixe), soit selon une périodicité d'usage
	Prévisionnelle et Conditionnelle	Réalisée à la suite d'une analyse de l'évolution de l'état de dégradation de l'équipement et réalisée à la suite de relevés, de mesures, de contrôles révélateurs de l'état de dégradation de l'équipement
Corrective	Palliative	Dépannage (donc provisoire) de l'équipement, permettant à celui-ci d'assurer tout ou partie d'une fonction requise ; elle doit toutefois être suivie d'une action curative dans les plus brefs délais.
	Curative	Réparation (donc durable) consistant en une remise en l'état initial.

2. Fonction, activité et opération de la maintenance :

2.1. Fonction de la maintenance [2]

Dans un service maintenance, on retrouve généralement les fonctions suivantes :

- fonction méthodes et études (définition des techniques et des moyens à utiliser) ;
- fonction ordonnancement (rassemblement des moyens, main-d'œuvre et matières, déclenchement des travaux) ;
- fonction réalisation (contrôle de l'activité du personnel et de la qualité du travail) ;
- fonction documentation (création, organisation et animation de toute la documentation).

2.2. Activités annexes de la maintenance

La maintenance des biens d'équipements consiste à procéder à des modifications, des changements, des transformations sur un matériel correspondant à la maintenance d'amélioration. Dans ce domaine beaucoup de choses restent à faire. Il suffit de référer à l'adage suivant : «on peut toujours améliorer». Et les améliorations à apporter peuvent avoir comme objectifs :

- l'augmentation des performances de production du matériel ;
- l'augmentation de la fiabilité, c'est à dire diminution des fréquences d'intervention.

En effet la maintenance d'amélioration comprend :

- la rénovation : qui apparaît comme l'une des suites possibles d'une révision générale au sens strict de définition ;
- la reconstruction : qui correspond à la remise en état définie par le cahier des charges initial qui impose le remplacement des pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes.

2.3. Opérations de la maintenance [3] :

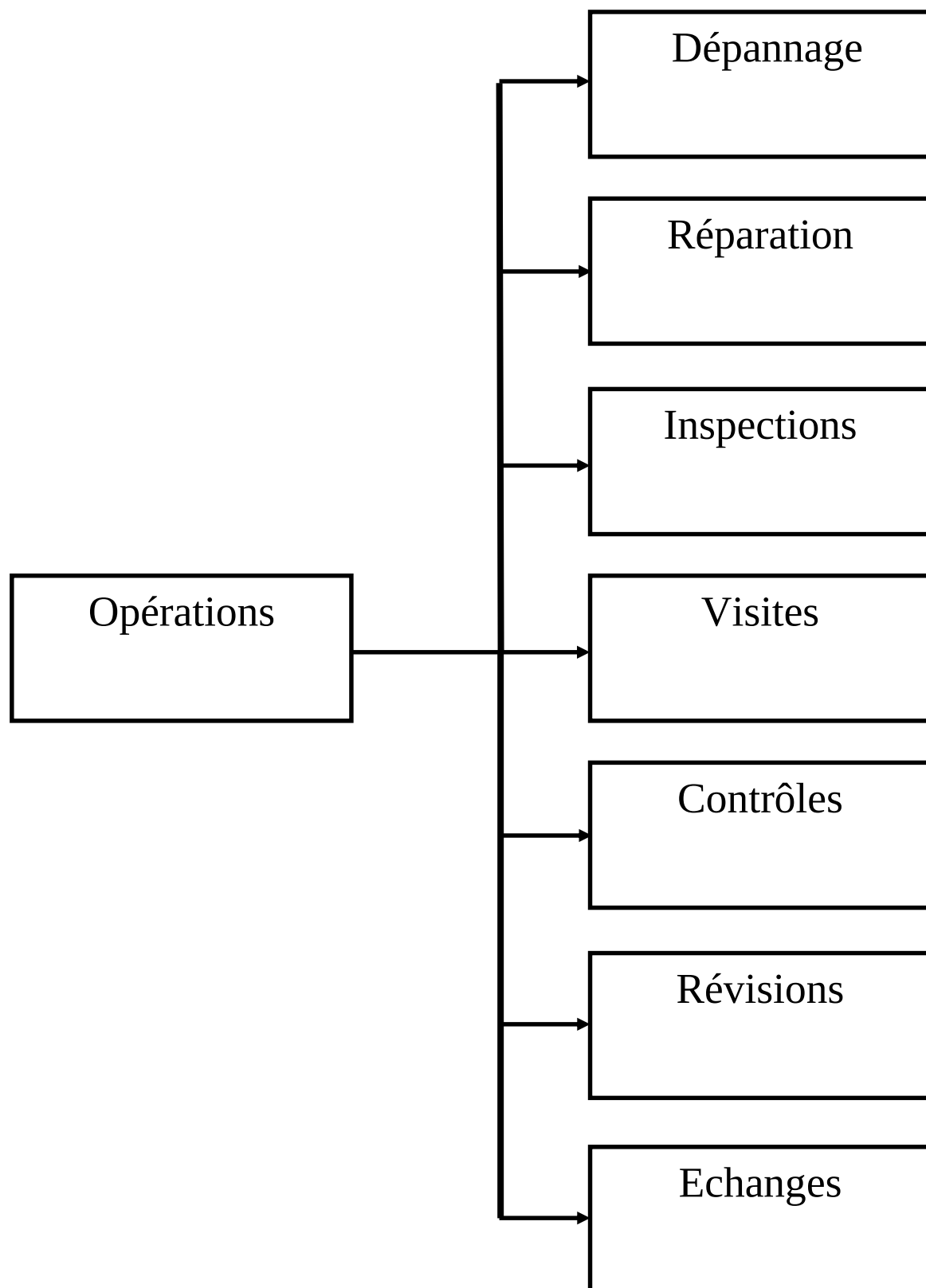


Figure 1.2 : Les opérations de maintenance.

➤ **Le dépannage :**

- **Définition :** Le dépannage correspond à toute action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de cet objectif, une action de dépannage peut s'accommoder des résultats provisoires et des conditions de réalisations non cohérentes. L'action de dépannage sera souvent suivie d'une réparation.
- **Condition d'application :** Le dépannage est une opération de maintenance corrective qui n'a pas de conditions particulières, et la connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradations n'est pas indispensable, même si cette connaissance permet de gagner du temps.
Souvent, les interventions de dépannage sont de courtes durées, mais peuvent être nombreuses. De ce fait, les services de maintenance, soucieux d'abaisser leurs dépenses, tentent d'organiser les actions de dépannage.
- **Cas d'application :** Ainsi, le dépannage peut être appliqué, à titre d'exemple, sur les équipements fonctionnant en continu et dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

➤ **La réparation :**

- **Définition :** La réparation est une intervention limitée et définitive de maintenance corrective après panne ou défaillance. Elle peut être décidée, après décision, soit immédiatement.
 - à la suite d'un incident, ou d'une défaillance ou
 - soit après un dépannage ou
 - soit après une visite, de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.
- **Cas d'application :** Tous les équipements sont concernés, exemple : groupes électrogène, etc.

➤ **Les inspections :**

Les inspections sont des activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des règles simples ne nécessitent pas d'outillage spécifique ni d'arrêt des équipements ou de l'outil de production.

➤ **Les visites :**

Les visites sont des opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité prédéterminée.

Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies au préalable (qui risque d'entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel).

➤ **Les contrôles :**

Les contrôles correspondent à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies d'un jugement. Un contrôle peut :

- comporter une activité d'information ;
- inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement ;
- déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective.

Les opérations de surveillance (inspection, visite, contrôle, sont nécessaires pour maîtriser l'évaluation de l'état réel du bien. Elles s'effectuent de manière continue ou à des intervalles :

- prédéterminés ou non
- calculés sur temps ou le nombre d'unités d'usage.

➤ **Les prévisions :**

Les prévisions correspondent à un ensemble des actions d'exams, des contrôles et des interventions effectués en vue d'assurer le bon contrôle de toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné.

Remarque : il est d'usage de distinguer suivant l'étendue de cette opération, les révisions partielles des révisions générales. Dans les deux cas, cette opération implique la dépose de différents sous-ensembles.

➤ **Les échanges standards :**

Les échanges standard correspondent à la reprise d'une pièce d'un organe, ou d'un sous-ensemble usagé, en vue de les remplacer par d'autre neufs ou remis en état, conformément aux spécifications du constructeur.

3. Les niveaux de la maintenance

Les activités de la maintenance peuvent être classées sur une échelle de cinq niveaux définis par la commission AFNOR (tableau 1.2). Cette répartition, très utilisée depuis plusieurs années, en particulier dans le cadre de relations contractuelles, permet de hiérarchiser les opérations de maintenance et de définir en fonction de certains critères qui fait quoi, quand, comment,...? Dans le cadre de ces relations contractuelles, il est important que les deux parties définissent de façon précise les niveaux concernés par le contrat qui les lie compte tenu du contexte.

Les critères généralement retenus sont les suivants :

- le personnel qui réalise l'action (personnel de production, de maintenance ou prestataire) ;
- la complexité de l'action ;

- l'outillage et pièces de rechange nécessaires ;
- la documentation associée.

Ces cinq niveaux sont définis comme expliqué dans le tableau 1.2 :

Tableau 1.2 : Niveaux de la maintenance (Source AFNOR)

Niveau	Actions	Intervenants	Documentation associée	Moyens logistiques
1	➤ Réglages, contrôles et inspections simples ➤ Opérations élémentaires de maintenance préventive ➤ Remplacement consommables et accessoires	➤ Exploitant (opérateur, régleur...)	➤ Modes opératoires d'automaintenance ➤ Procédures assurance qualité	➤ Petit outillage ➤ Consommables
2	➤ Maintenance préventive systématique ➤ Réparations par échanges standards simples	➤ Technicien ou exploitant habilité (régleur, chef de ligne, conducteur...)	➤ Procédures détaillées ➤ Instructions de maintenance ➤ Documents de gestion	➤ Équipements de soutien d'utilisation simple ➤ Pièces de rechange portables
3	➤ Maintenance corrective : diagnostic dépannage, réparation ➤ Maintenance préventive complexe	➤ Technicien de maintenance qualifié	➤ Procédures détaillées ➤ Dossier machine ➤ Documents de gestion	➤ Équipements de soutien complexes ➤ Outillages, moyens de contrôle et d'essais, pièces de rechange
4	➤ Travaux importants de Maintenance corrective ou préventive ➤ Améliorations importantes	➤ Techniciens spécialisés et professionnels d'un atelier central de maintenance ➤ Société spécialisée	➤ Dossier machine ➤ Documentations spécifiques ➤ Dossier de préparation ➤ Documents de gestion	➤ Gros outillage ➤ Moyens importants de contrôle et/ou d'essai ➤ Pièces de rechange et sous-ensembles
5	➤ Rénovation ➤ Reconstruction ➤ Gros travaux d'amélioration	➤ Constructeur du matériel ou société spécialisée	➤ Documentation spécifique (constructeur)	➤ Moyens logistiques importants et/ou spécifiques

4. Gestion de la maintenance [4] :

4.1. Fiabilité et productivité de l'équipement de production

Le rôle de la maintenance est d'assurer à l'outil de production le fonctionnement le plus fiable possible, dans les plages de disponibilité désirée par la production. Cet état de bon fonctionnement permet, au moyen de processus opérationnels adéquats, d'obtenir la qualité requise des produits, de garantir et de respecter l'environnement

La maintenance est en quelque sorte le pivot de maîtrise de la disponibilité. Pendant que l'outil est utilisé pour la production, les temps d'arrêt ne sont pas tolérables.

La maintenance se donne comme objectifs prioritaires de réduire les temps d'arrêt et d'augmenter le temps de bon fonctionnement. Les arrêts sont produits par des pannes ou par des actions de maintenance inefficaces. Pour réduire les pannes, la maintenance utilise le préventif. L'enjeu devient alors d'identifier le préventif nécessaire et de le planifier pour effectuer ce préventif quand il le faut : il s'agit de déterminer et d'effectuer, dans les fenêtres non productives laissées libres ou négociées avec la production, toutes les opérations de service, de contrôle, d'inspection et d'entretien. Ce n'est pas obligatoirement suivre exactement les recommandations du fournisseur mais plutôt vérifier leur pertinence et ajuster le plan au vu du contexte et des conditions d'utilisation. Au cours du temps, en fonction des observations faites sur les performances de l'outil de production, la maintenance devra améliorer le plan préventif. En général, la maintenance est aussi responsable de l'état des bâtiments et des locaux de l'entreprise. Elle contribue à atteindre le niveau d'exigence en matière de santé, de sécurité et d'environnement niveau requis pour l'autorisation d'exercer. Elle se voit confier également un rôle d'ingénieur de l'équipement de production. Par la connaissance des machines, elle est capable de faire des recommandations d'amélioration de des équipements qui vont lui donner des moins de rendement additionnels. Au mieux, elle participe à la définition des équipements au moment de la conception. Le rôle n'est pas uniquement la rationalisation des équipements ou des pièces de recharge, le respect de la sécurité, la maintenabilité ; c'est aussi d'obtenir une hausse de la productivité de l'équipement.

4.2. Efficacité de maintenance

Si le rôle est bien de fournir à la production un outil sans faille, la maintenance se doit de maintenir les équipements le plus efficacement possibles.

Elle utilisera pour cela :

- les outils et méthodes modernes de maintenance, à bon escient ;
- du personnel formé ;
- une bonne préparation et une bonne planification de ses interventions.

Cette efficacité recherchée se traduit en termes économiques : la plus grande fiabilité avec le moins possible de dépenses de personnel et de matériel.

Pour ces raisons économiques, on est amené à prendre un certain risque :

- en se focalisant sur les équipements critiques qui souffrent par l'arrêt de façon à assurer la disponibilité requise ;
- en retardant les interventions de maintenance au bénéfice de la production ;
- en évitant d'effectuer une «sur-maintenance» pour les équipements non critiques.

Encore faut-il prendre ces décisions en toute connaissance de cause : c'est la maîtrise du risque. Signalons aussi à l'occasion, que la maintenance accompagne la prédiction que l'on fait sur le moment où il faudra intervenir sous peine de tomber en panne. Par ses prévisions sur le fonctionnement de l'usine, la maintenance concourt à l'optimisation de la production et à la capacité de réponse de l'entreprise à une demande du client.

Les décisions sur le contenu de la maintenance préventive à effectuer se prennent en recherchant et en analysant l'historique des équipements et les coûts engendrés en maintenance et en perte de production. Par l'analyse des tendances et des déviations de fonctionnement, on rétroagit sur le plan de préventif et sur les comportements de fonctionnement. C'est la raison pour laquelle la maintenance doit se doter d'outils qui lui permettent de bâtir, de conserver et d'exploiter cet historique. Ces outils ainsi que processus correspondants visent à constituer une base d'informations exacte procurant des données fiables sur la vie des équipements.

Ayant ainsi œuvré à réduire les coûts de maintenance et d'exploitation, la maintenance doit aussi augmenter la durée de vie des équipements : compte tenu de l'investissement par équipement (coût d'achat + coût d'installation), on préfère très souvent augmenter la durée de vie par la maintenance plutôt que de procéder à un remplacement. De cette façon, la maintenance agit directement sur la rentabilité du capital investi par l'entreprise. Dans ce sens, la gestion de la maintenance devient le management des équipements possédés par l'entreprise, pour en obtenir le meilleur retour sur investissement.

Par ses observations, la maintenance doit bâtir un argumentaire en faveur du maintien en vie ou du remplacement de l'outil de production. C'est la raison pour laquelle elle se doit de participer, aux choix et aux installations de nouveaux équipements, en plus d'une appropriation et d'une

réflexion sur ces nouveaux équipements en vue de définir et d'obtenir les meilleures conditions et le meilleur environnement de maintenance possibles.

4.3. Réduction des dépenses et augmentation de la productivité du département

Les principales dépenses de la maintenance sont le personnel et les pièces de rechange. Bien que la maintenance préfère la sécurité et avoir le maximum de pièces de rechange, elle comprend que ces pièces ont un coût de possession de stockage (jusqu'à 30% de la valeur du stock) et qu'il lui soit demandé de réduire ces stocks. Elle se doit donc de définir les niveaux appropriés de pièces de rechange et de se doter de moyens pour retrouver ces pièces quand le besoin apparaît. En particulier, elle doit être en mesure de porter un jugement critique sur l'opportunité de conserver en stock telle ou telle pièce.

Elle se doit également d'améliorer en permanence la procédure d'approvisionnements des pièces de façon à obtenir la pièce manquante dans les meilleurs délais et aux meilleures conditions économiques. La maintenance, pour améliorer son efficacité, doit facilement avoir accès quand c'est nécessaire aux outillages, à la documentation et, en général, à tous les moyens qui lui permettent d'assurer des interventions dans les conditions adéquates. Il faut sans cesse améliorer la productivité du personnel (constituant la principale ressource de la maintenance) par :

- une meilleure formation ;
- une polyvalence ;
- une meilleure préparation du travail ;
- une réduction des pertes de temps et des pertes d'efficacité ;
- un recours adapté à la sous-traitance...

Réduire les coûts de maintenance n'est pas acceptable si les coûts de la non-maintenance, par exemple ceux des pannes et de remplacement de matériel, augmentent de façon intolérable. La maintenance doit donc équilibrer ces deux sources de coûts.

Apparaît ainsi la dimension économique de la maintenance, ce qui a fait dire qu'elle pouvait être également une source de profits si, par ses actions :

- la maintenance est capable d'augmenter la durée de vie et le rendement des équipements et des infrastructures qui lui sont confiés ;
- elle est capable de réduire les stocks et les dépenses de pièces de rechange ;
- elle sait s'organiser avec la production et toujours fournir le niveau de compétences optimal.

Par conséquent, si la maintenance est capable de sonner des points de compétitivité supplémentaires à l'entreprise, alors elle sera considérée par les actionnaires comme une part de la rentabilisation du capital qu'ils ont investi.

Chapitre 2 : Généralités sur la GMAO

1. Notion de la Maintenance Assistée par Ordinateur MAO [5]

La Maintenance Assistée par Ordinateur est un outil informatisé d'aide à la maintenance, qui permet d'avoir un tableau de bord, une connaissance de parc, une connaissance du moyens et tout cela en temps réel.

La MAO constitue la composante principale d'un système d'information au sein d'une entreprise, elle permet d'assister la fonction maintenance dans sa tâche de communication dans la mise en œuvre du processus technique.

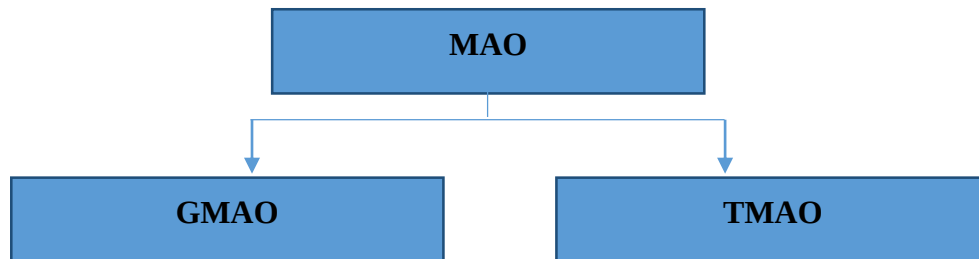


Figure 1.3 : La maintenance assistée par ordinateur

➤ Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur GMAO

Une GMAO est un progiciel multifonction, qui constitue une aide précieuse pour la fonction maintenance : elle est capable de répondre à la plupart des préoccupations de cette fonction et vise à optimiser les coûts en passant par une grande maîtrise des opérations. Une GMAO constitue aussi un excellent support pour la mise en œuvre de l'assurance de qualité dans l'entreprise. En outre, elle représente la mémoire et le savoir-faire de cette fonction, partagée entre les cadres, techniciens, opérateurs ...

On peut distinguer quatre types de GMAO :

- La GMAO industrielle : les équipements seront des machines et unités de production ;
- La GMAO tertiaire : les équipements seront es immeubles, des installations telles des escaliers mécaniques, des espaces verts, ... ;
- La GMAO SAV : en service après ventes (SAV) les équipements seront souvent des appareils ou matériels installés chez les clients ;
- La GMAO parc : les équipements seront des parcs de matériels roulants,...

➤ **Technique de Maintenance Assistée par Ordinateur TMAO**

Les Techniques de Maintenance Assistée par Ordinateur TMAO permettent d'aider à tout ou partie la fonction maintenance pour :

- le choix de la politique de maintenance ;
- le diagnostic du non qualité des produits ;
- le diagnostic de défaillances ;
- la mise en œuvre de la maintenance préventive.

2. Informatisation de la maintenance [6] :

2.1. Apport de la GMAO

La GMAO devra rapporter de l'argent en productivité, efficacité du personnel, en disponibilité de l'outil de production, et en prolongement de la durée de vie des machines. Le but est de faire participer la fonction maintenance aux objectifs de performance de l'entreprise : réduction des coûts et amélioration du taux de service contribuant directement à l'amélioration de la productivité et augmentant la compétitivité de l'entreprise.

2.2. Informatisation pour la prise de décision

Le système de GMAO est censé rendre service au responsable de maintenance et aux techniciens de maintenance dans le but essentiel d'améliorer la prise de décision. De la GMAO, les utilisateurs attendent qu'elle les aide dans les processus de décision technique : doit-on remplacer cette machine ou peut-on encore espérer de nombreuses années de fonctionnement après réparation ?

On vise à ramasser toute information nécessaire sur le matériel afin de bien le connaître, en déduire une maintenance adéquate et ne plus subir les pannes. Le professionnel ne peut décider que si l'historique machine est ajouté, s'il possède de bons indicateurs de performance MTTR et MTBF, s'il connaît les coûts divers engendrés par les différentes options qu'il envisage. Il utilisera encore plus volontiers la GMAO que la documentation et l'information délivrée seront de qualité et qu'il sera facile d'y accéder.

Ceci ne concerne pas uniquement la maintenance : la base de données de la GMAO va rendre également service aux autres fonctions de l'entreprise : de façon directe à la fabrication, à la qualité et la sécurité, de façon indirecte à la direction, au contrôle de gestion, à la comptabilité...

2.3. Désenclavement de la fonction maintenance

Le rapprochement avec la production et l'établissement de liaisons simplifiées et plus directes avec les autres services conduisent au désenclavement de la fonction maintenance. On observe rapidement une augmentation du flux et des échanges d'informations entre tous les utilisateurs du département maintenance et des autres départements.

2.4. Pilotage de la fonction

La GMAO devra apporter une aide précieuse à la bonne gestion du département maintenance :

- des budgets bien suivis ;
- des coûts d'entretien détaillés ;
- des indicateurs et des outils de pilotage ;
- une connaissance immédiate et un pilotage plus efficace de l'activité ;
- la suppression ou à la limite la réduction de certaines tâches administratives ;
- une meilleure affectation des équipes de maintenance.

3. Les processus de maintenance [6]

En automatisant les processus de la gestion de maintenance, la GMAO allège la charge administrative, et améliore la qualité et la rapidité du traitement de l'information. Le système va agir sur l'efficacité de la maintenance : diminution des temps d'attente et des temps perdus, augmentation du taux de disponibilité de l'outil de production, diminution des pièces de recharge en stock. La bonne pièce de rechange est tout de suite identifiée par la nomenclature, le fichier des stocks consulté renseigne sur la disponibilité et permet de faire des réservations. Les interventions sont mieux préparées, plus précises avec la mise à disposition de la bonne information reportée sur le bon de travail, les consignes de sécurité et l'accès rapide aux documents. Les outils de diagnostic et la capitalisation de l'expérience inhérente à la GMAO amènent une réduction des durées des arrêts par suite de pannes, ce qui corrobore l'augmentation de la disponibilité des équipements par suite d'un meilleur préventif.

La GMAO a tout intérêt à militer en faveur d'une réduction des circuits complexes de documents et la gestion des stocks de pièces de rechange signale des économies substantielles, citons à titre d'exemple :

- la réduction du stock de rechange et adaptation aux besoins de la maintenance ;
- la suppression des rossignols, des pièces redondantes ;

- la diminution des ruptures de stocks et des manquants ;
- le gain sur les achats de pièces.

Quand elle est efficace (réduction et meilleure maîtrise des coûts de maintenance, et à terme réduction des besoins en effectifs), la GMAO contribue à une diminution du prix de revient des produits.

3.1. Motivation du personnel

La GMAO devrait aussi, et ce n'est pas le moindre objectif attendu, améliorer «le moral des troupes». La pénétration des technologies nouvelles, l'utilisation d'un outil informatique puissant sont des éléments mobilisateurs et des facteurs de dynamisation du service maintenance. Moins du temps perdu, moins d'hésitation, moins d'aller retours, moins de paperasserie, des réponses plus rapides et plus efficaces aux demandes de travail, donnent au personnel une meilleure image de sa propre efficacité.

En général l'agent alloué à la maintenance doit s'adapter en permanence à des changements de matériels et de technologies (parmi les machines qu'il manipule). La GMAO est le vecteur complémentaire d'une élévation du niveau culturel et des qualifications. De nouveaux comportements orientés rigueur et précision verront petit à petit le jour chez les utilisateurs et la GMAO augmentera l'autonomie ainsi que l'auto-responsabilisation. Elle permet aussi de rendre visibles les objectifs de l'entreprise dans le département maintenance, sensibiliser par exemple aux coûts de la panne, ...

La GMAO permet aussi de se démarquer de la concurrence et d'améliorer l'image de marque de l'entreprise.

3.2. Remplacer les outils de gestion de maintenance existants

Avant même de parler d'informatisation, la maintenance s'est dotée de procédures et d'outils pour réaliser ses travaux. Il existe le plus souvent, au préalable à l'informatisation, une procédure manuelle qui permet de réaliser une intervention de maintenance.

Cette procédure est plus en plus ou moins étendue à l'ensemble des travaux, y compris les grands arrêts. Il existe au moins un plan de graissage des équipements. Pour certains équipements, un plan d'inspection est en vigueur. Les interventions de routine sont bien connues par le personnel de maintenance. Les informations décrivant les équipements sont

consignées sur des fiches triées dans des bacs appropriés. Un registre regroupe les pièces de rechange disponibles. Dans les meilleurs cas, ces fichiers et ces procédures sont informatisés. Entre plusieurs usines d'une même entreprise, des variantes existent quant au mode de fonctionnement des différents départements de maintenance et leurs procédures. Il se peut que des pièces de rechange identiques soient stockées dans deux usines d'un même groupe sous des noms différents.

En particulier, certaines entreprises attendent un rapprochement entre la maintenance et la production au niveau des procédures de maintenance, d'inspection et de surveillance d'exploitation

- couvrir la gestion des équipements en maintenance et inspection (surveillance, grand-arrêt, gestion de la modification, ...)
- garantir la traçabilité technique et les aspects réglementaires (inspection) en gérant avec une même produit les fonctions de la maintenance et inspection ;
- couvrir les différents types d'équipements (fixes, tournants, électricité et instrumentation) ;
- garantir la traçabilité de l'analyse du risque et des mesures de sécurité des interventions.

4. Bonnes pratiques de la maintenance (best practices) [6]

Sont considérés comme «bonnes pratiques de maintenance» :

- la gestion des travaux au moyen d'ordres des travaux pour assurer une traçabilité parfaite des événements survenus ;
- la préparation ainsi que la planification au préalable de l'intervention en vue d'optimiser l'utilisation de toutes les ressources ;
- la gestion de la criticité des équipements, avec déclinaison du préventif et ajustement des paramètres de gestion de stocks de pièces de rechange notamment pour équipements critiques ;
- la mise en place de procédures pour prédire la vie des équipements par l'observation de leurs comportements (prédictifs ou prévisionnels) ;
- l'optimisation des pièces de rechange en liaison avec les nomenclatures des équipements ;
- l'exploitation de l'historique des équipements et l'analyse des pannes ;
- l'ajustement permanent du programme de maintenance préventive en fonction des observations tirées de l'historique ;

- L'analyse des performances et le pilotage de la maintenance au moyen d'un tableau de bord.

La GMAO va devoir fournir des solutions aux besoins de la maintenance qui supportent ces meilleures pratiques. Elle va être un cadre automatisé qui va accueillir certaines fonctionnalités existantes indispensables ou spécifiques d'un métier particulier notamment en matière de sécurité de normes ou de traçabilité.

En utilisant un produit intégré, nous allons remplacer, renforcer et améliorer les fonctionnalités existantes et progressivement promouvoir les meilleures pratiques.

- **L'homogénéité**

Pour réussir, la GMAO doit être un outil structurant qui conduit les différents utilisateurs à adopter et parler un langage commun. C'est le moment de remplacer une multitude de micro solutions locales ou individuelles par une solution globale unique valable pour tous.

Il faudra donc organiser les données et leur gestion de façon commune entre entités et sites. La GMAO va devoir constituer un projet fédérateur qui permet de bâtir une «culture maintenance» commune et facilite les échanges d'expérience au niveau du personnel des différentes entités ainsi que les changements de titulaires de poste. Cette culture consolidée rend aisé et naturel le partage des informations relatives aux installations intra- et intersites. Elle est la base pour suivre et améliorer les indicateurs clés de la fonction maintenance avec une définition commune.

- **S'interfacer ou s'intégrer**

La gestion de la maintenance ne peut pas rester en dehors des autres outils informatisés que la société utilise (composante achats, gestion de magasin, gestion des arrêts, contrôle des coûts, contrôle de gestion, comptabilité, suivi des projets d'investissement).

Faut-il simplement s'interfacer ou s'intégrer aux outils informatisés de la société ? Il existe autant de réponses que de situations : chaque cas est toujours un cas particulier. Notons simplement une certaine aversion du personnel de maintenance à utiliser un outil de gestion trop général :

- Qui peut être considéré à plus ou moins juste titre comme étranger à la problématique de maintenance ?
- Qui peut apparaître comme un outil inquisiteur ?
- Qui peut s'avérer comme extrêmement exigeant en matière d'informations à saisir et donc conduire à une charge de travail supplémentaire pour le personnel de maintenance.

En sens inverse, la direction pourra exiger un outil intégré pour une meilleure maîtrise des activités et des coûts de maintenance.

Partie 2 : Matériels et méthodes

Dans cette partie nous allons commencer en premier lieu par identifier l'organisme d'accueil et les infrastructures communes sur lesquelles nous allons agir, puis nous allons présenter les méthodes et matériels que nous avons utilisés au cours de ce projet de fin d'étude.

Chapitre 1 : Organisme d'accueil et identification des infrastructures communes

1. Organisme d'accueil « Masen »

« Moroccan Agency For Solar ENergy », par abréviation « Masen » est une société anonyme à directoire et à conseil de surveillance.

La société a pour objet de réaliser un programme de développement de projets intégrés de production d'électricité à partir de l'énergie solaire d'une capacité totale minimale de 2000MW.

Masen est chargée de :

- La conception de projets de développement solaire intégrés, ci-après dénommés « projets solaires », dans les zones du territoire national aptes à abriter des centrales de production d'électricité à partir d'énergie solaire. Par projet de développement solaire intégré, il faut entendre un projet comprenant une centrale de production électrique solaire, ainsi que des réalisations et des activités connexes contribuant au développement de la zone d'implantation et plus généralement du pays ;
- L'élaboration des études techniques, économiques et financières nécessaires à la qualification des sites, la conception la réalisation et l'exploitation des projets solaires ;
- La contribution à la recherche et à la mobilisation des financements nécessaires à la réalisation et à l'exploitation des projets solaires ;
- La proposition à l'administration des modalités d'intégration industrielle pour chaque projet solaire ;
- La maîtrise d'ouvrage de la réalisation des projets solaires ;
- La réalisation des infrastructures permettant de relier lesdites centrales au réseau de transport d'électricité, ainsi que les infrastructures permettant de les alimenter en eau

sous réserve des attributions dévolues en la matière par la législation en vigueur à tout autre organisme de droit public ou privé ;

- La promotion du programme auprès des investisseurs nationaux et étrangers ;
- La contribution au développement de la recherche appliquée et à la promotion des innovations technologiques dans les filières solaires de production d'électricité ;
- La contribution à la création de filières de formations spécialisées en énergie solaire en partenariat avec les écoles d'ingénieurs, les universités et les centres de formation professionnelle ;
- De même, la société est habilitée, de manière générale, à effectuer toutes opérations industrielles, commerciales, immobilières, mobilières et financières nécessaires ou utiles à la réalisation de son objet.

2. Identification des infrastructures communes

Afin de satisfaire les besoins en eau du complexe solaire d'Ouarzazate qui vise la mise en place en 2020 d'une capacité de 500 mégawatts, Masen a réalisé un système d'adduction en eau brute avec une conduite d'amène s'étalant sur un linéaire de 18.4 km à partir de la prise d'eau de la retenue du barrage Mansour Eddahbi vers le réservoir du complexe.

Le système d'adduction est composé de deux stations de reprise et une station de débouillage.

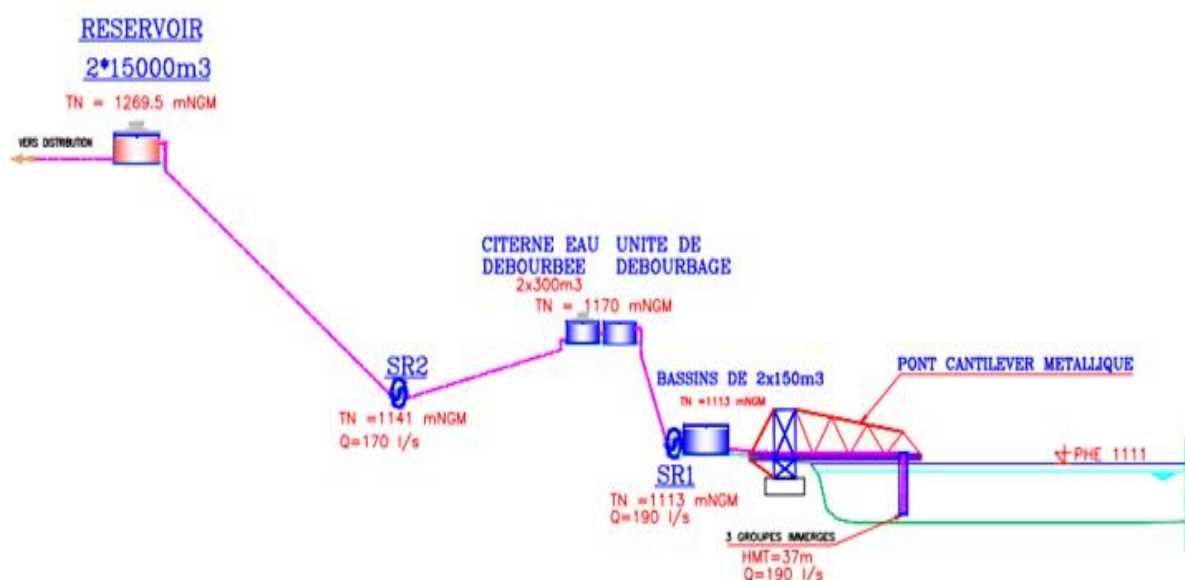


Figure 3.1 : Schéma synoptique du système d'adduction en eau brute du complexe solaire d'Ouarzazate

2.1. Les composantes du système d'adduction en eau brute

2.1.1. La prise d'eau

- **Un pont cantilever**

Ce pont va assurer la prise d'eau brute au niveau de la retenue du barrage Mansour Eddahbi

Il est équipé par un système de refoulement composé de :

- Collecteur d'aspiration (DN : 600 mm, L : 20 m)
- Trois pompes submersibles dont l'une est de secours, le débit d'équipement de la prise est de 330 l/s, soit un débit unitaire par pompe de 165 l/s.
- 3 Colonnes montantes (DN : 400, L : 28 m)
- Collecteur de refoulement (DN : 500, L : 80 m)

- **Station de reprise 1 (SR1) :**

Cette station de pompage sera installée au niveau de la plateforme de la prise d'eau projetée à partir du barrage Mansour Eddahbi. L'aspiration se fera à partir de la bache d'eau brute de capacité 150 m³ chacun. Le débit d'équipement de la station de pompage est de 190 l/s.

Les caractéristiques des groupes de pompes sont données dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 : Caractéristiques des moteurs de la SR1

Caractéristiques	Valeurs
Débit total de la station de pompage (en l/s)	190
Nombre de groupes (2+1S)	3
Débit unitaire de la pompe (en l/s)	95
HMT (en m)	73
Rendement de la pompe	71%
Puissance hydraulique à développer par la pompe (en kW)	192
Rendement global du groupe	65%
Puissance active absorbée par le moteur (en kW)	209
Cos ϕ du moteur	0.85
Puissance apparente absorbée par le moteur (en kVA)	kVA 246
Réserve 20%	49
Total consommation en kVA y compris réserve 20%	295

L'alimentation en énergie électrique de la SR1 se fera à partir d'un poste transformateur de 800 kVA.

2.1.2. La Station de Débourbage (SD)

A environ de 2,4 km de la plateforme prise d'eau. Cette station a pour objectif d'assurer une décantation préliminaire de l'eau brute via une coagulation des éléments fins. Cette station permettra d'assurer une atténuation de la teneur en matière de suspension de l'eau de 10 à moins de 2g/l.

En effet, les principales composantes de la station de débourbage sont :

- le répartiteur : dont la fonction est de répartir équitablement, par des déversoirs, le débit d'entrée de la station entre les deux files de débourbage
- les mélangeurs rapides : dont la fonction est le mélange et la diffusion des réactifs dans l'eau.
- débourbeurs lamellaires : dont la fonction est d'assurer l'opération de décantation des floccs formés.

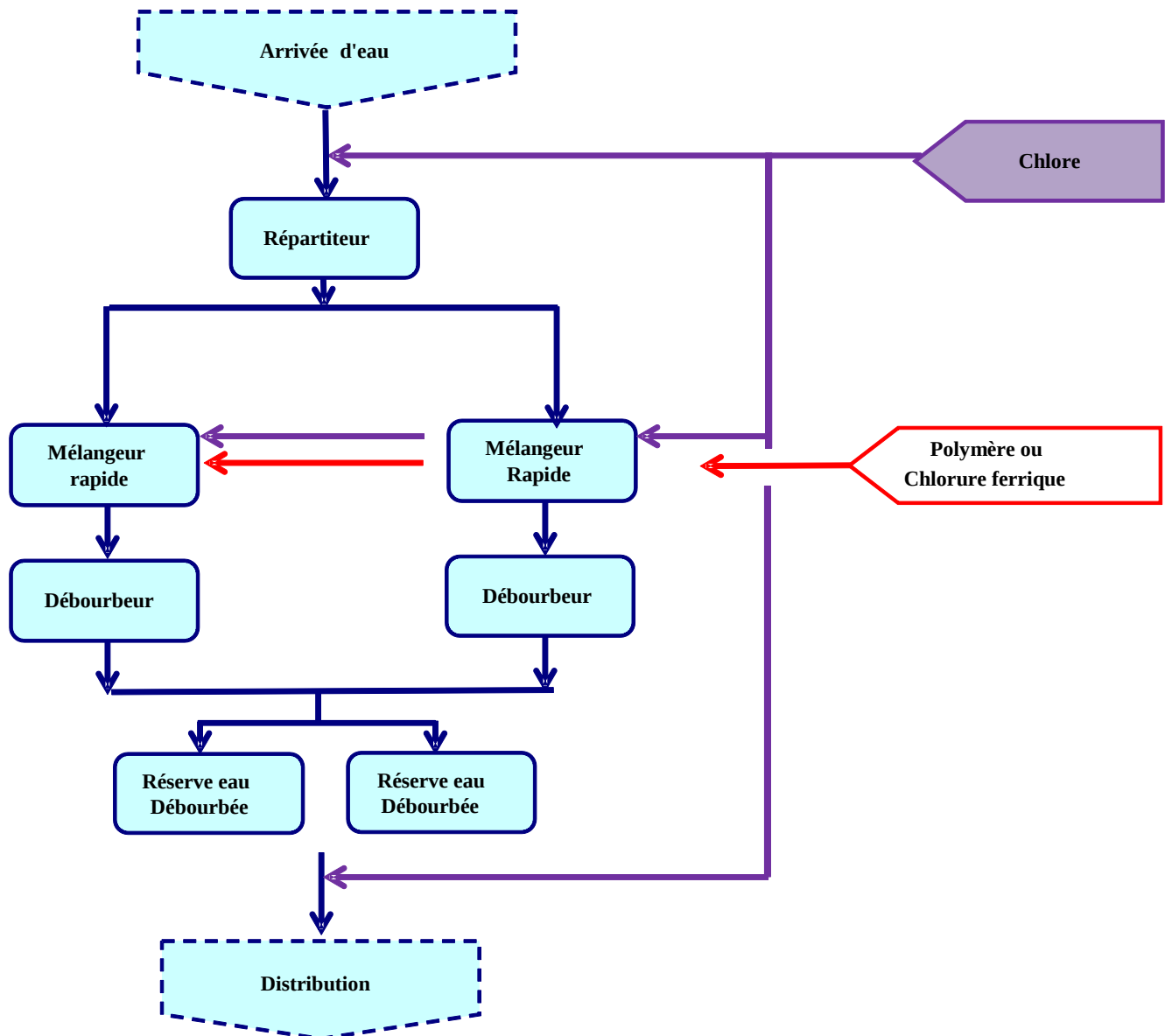


Figure 3.2 : Schéma de processus de débouillage de l'eau

2.1.3. Canalisation

Deux types de canalisation ont été prévus :

- canalisation en fonte ductile (entre la SR1 et SD, DN : 500 mm)
- canalisation en béton précontraint (entre La SD et les réservoirs de stockage, DN : 500 mm)

2.1.4. Stations de Reprise SR2

Cette station de pompage est placée entre la station de débouillage et le réservoir du site du complexe solaire. Elle sera implantée au voisinage de la route nationale et la route menant vers le complexe solaire.

Tableau 3.2 : caractéristiques des moteurs de la SR2

Caractéristiques	Valeurs
Débit total de la station de pompage (en l/s)	170
Nombre de groupes (2+1S)	3.00
Débit unitaire de la pompe (en l/s)	85
HMT (en m)	137
Rendement des pompes	78%
Puissance hydraulique à développer par la pompe (en kW)	293
Rendement global du groupe	70%
Puissance active absorbée par le moteur (en kW)	326
Cos phi du moteur	0.85
Puissance apparente absorbée par le moteur (en kVA)	384
Réserve 20%	77
Total consommation en kVA y compris réserve 20%	461

Il existe dans la SR2 deux postes transformateurs, dont un de secours, d'une puissance de 630 kVA.

2.1.5. Le réservoir de stockage

Le réservoir projeté est d'une capacité de 30.000 m³, il constitue l'ouvrage principal de stockage de l'eau. Ce réservoir est constitué de deux cuves rectangulaires identiques de capacité de 15.000 m³ chacune. Le volume de réservoir doit assurer une autonomie de 24h de consommation moyenne à la distribution pour le complexe solaire d'Ouarzazate.

Une chambre des vannes qui va assurer la distribution vers les quatre projets NOOR. Cette chambre contient des collecteurs liés aux départs avec des vannes et débitmètres. Elle contient aussi un trop plein et vidange pour l'évacuation de l'excès d'eau en cas de nécessité.

2.2. La Clôture :

Le projet permettra la réalisation de la clôture périphérique du complexe solaire en respectant parfaitement le concept urbanistique et paysager du site. La clôture est composée de panneaux treillis soudé de hauteur de 2,40 m posée sur longrine en B.A de hauteur apparente de 0.2 m minimum, avec des murs en Agglo de 50 m de longueur et de 3.00m de hauteur apparente espacés tous les 500 m et des murs en pisé d'épaisseur 40cm et de 3 m de hauteur.

2.3. Les routes :

Le complexe solaire d'Ouarzazate contient les routes suivantes :

- une route périphérique, de 6.00 m de plate-forme, le long des limites du terrain du complexe solaire d'Ouarzazate sur un linéaire de 16,7 km environ. La route à réaliser a les caractéristiques géométriques d'une Route Economique à Faible Trafic (REFT), dont la vitesse de base est de 40km/h ;
- deux routes, la première aménagée en mode urbain assure l'accès principal du site à partir de la route « Tasselmant » sur un linéaire de 2,525 km et la deuxième aménagée en rase compagne assure la desserte intérieure de la zone de recherche et développement sur un linéaire de 2,539km. Un aménagement paysager va être réalisé au niveau de la première voie ;
- une route d'accès d'une plateforme de 6m reliant la prise d'eau au niveau du barrage Mansour Eddahbi à la Nationale 10 sur une longueur de 8.4 km, et réaménager le carrefour d'intersection avec la route nationale.

2.4. Les fossés de drainage :

Les fossés de drainage ont pour objectif la protection des différentes parcelles du projet contre les apports extérieurs des eaux superficielles et les eaux pluviales de ruissellement à l'intérieur du site.

Le réseau hydrographique se compose des deux Oueds Izerki et Argouin qui bordent le site du projet à l'Est et l'Ouest du terrain, ainsi que de neuf chéneaux qui le traversent du Nord au Sud. L'ensemble du réseau rejette les eaux au niveau du barrage Mansour Eddahbi, qui se trouve à environ 6 Km du sud du site.

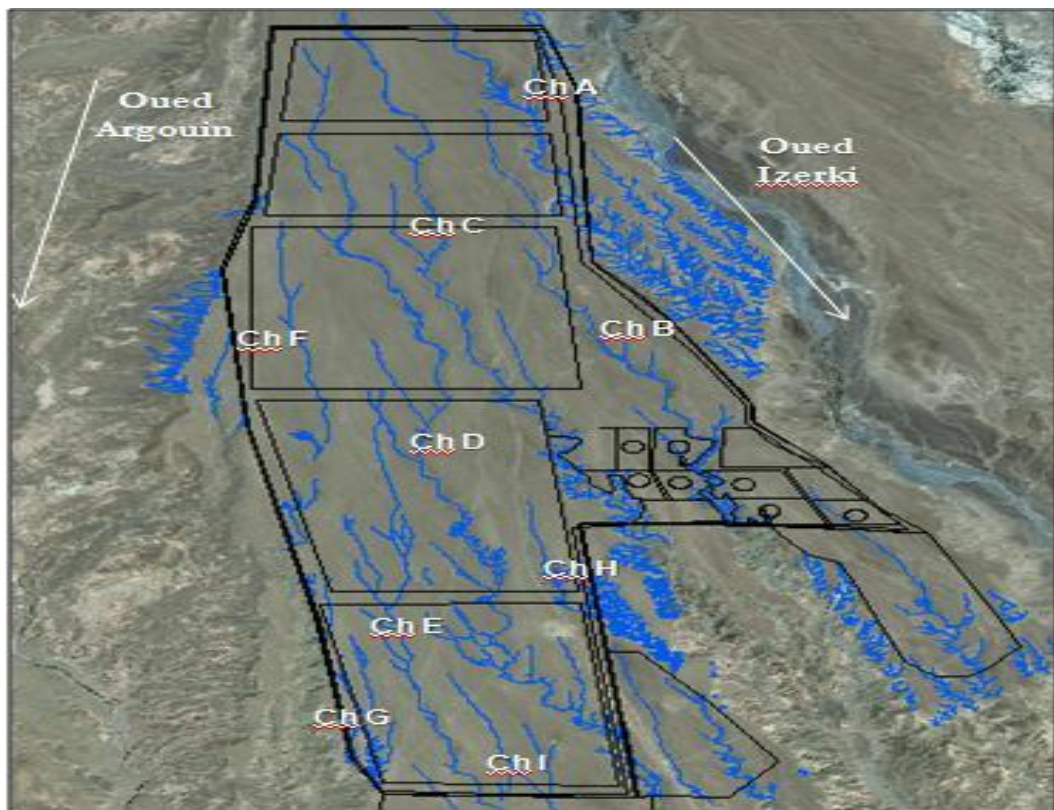


Figure 3.3 : Réseau hydrographique

Les fossés de la protection sont les suivants :

- Un fossé à la limite nord du site au nord, sur une longueur de 1853 m, rejetant les eaux au niveau du chenal A. Ce fossé intercepte les eaux provenant du nord à travers les chenaux B et C et il a pour rôle de protéger l'ensemble du site vis-à-vis des eaux de ruissellement extérieures ;

Trois fossés à la limite sud du site :

- le premier sur une longueur de 778 m rejetant les eaux au niveau du chenal D ayant une section trapézoïdale de fruit $3/2$, de 4.5 m de radier, 1m de profondeur et 7.8 m de largeur en gueule. Ce fossé intercepte les eaux provenant de l'ensemble du site à travers le chenal E et il a pour rôle de protéger la parcelle 1 de Masen vis-à-vis des eaux de ruissellement du site ;
- le second sur une longueur de 263 m rejetant les eaux au niveau du chenal E ayant une section trapézoïdale de fruit $3/2$, de 1 m de radier, 1.1 m de profondeur et 4 m de largeur en gueule. Ce fossé intercepte les eaux provenant de l'ensemble du site à travers une branche du chenal E et il a pour rôle de protéger la parcelle 1 de Masen vis-à-vis des eaux de ruissellement du site ;
- le troisième sur une longueur de 750 m rejetant les eaux au niveau du chenal E ayant une section trapézoïdale de fruit $3/2$, de 1m de radier, 1.1 m de profondeur et 4.3 m de largeur en gueule. Ce fossé intercepte les eaux provenant de l'ensemble du site à travers le chenal G et il a pour rôle de protéger la parcelle 1 de Masen vis-à-vis des eaux de ruissellement du site.

Chapitre 2 : Méthode

1. Méthode MEDIAT [9]

En vue d'élaborer une politique de la maintenance adéquate et efficace, il est essentiel de connaître l'état actuel de la fonction maintenance, ses forces et ses faiblesses ; c'est pourquoi, un diagnostic de la fonction maintenance s'impose. Ce diagnostic se fait à partir de questionnaires et de critères définis par des experts.

Pour ce faire, nous avons choisi d'utiliser la méthode MEDIAT, qui est une méthode de diagnostic, et permet de guider les entreprises souhaitant diagnostiquer leur fonction maintenance ou savoir si elles sont prêtes ou non pour mettre en œuvre une GMAO.

La méthode MEDIAT propose un ensemble de questions qui servent à évaluer le niveau de réalisation des activités de la Maintenance, qu'elles soient réalisées par le service maintenance ou d'autres entités (Production, Méthodes, Prestataires, etc...) La démarche consiste à indiquer honnêtement l'avis de l'entreprise sur le degré de réalisation des fonctions analysées de l'organisation globale de la maintenance dans l'entreprise. L'évaluation s'effectue sur les huit axes suivants :

- (1) Organisation de la fonction maintenance,
- (2) Gestion des intervenants,
- (3) Gestion des interventions,
- (4) Gestion des stocks et des approvisionnements,
- (5) Gestion des coûts et suivi des dépenses,
- (6) Gestion et exploitation de la documentation,
- (7) Maintenance et systèmes d'information,
- (8) Maintenance et sûreté de fonctionnement.

La démarche à suivre pour appliquer cette méthode est la suivante :

- Définir, dans un premier lieu, clairement ce qu'on attend de ce diagnostic : avoir tout simplement une idée sur la situation de la fonction maintenance ou savoir si la fonction maintenance est bien organisée et 'prête' pour la mise en œuvre d'une GMAO ;
- Déterminer les acteurs de maintenance à solliciter pour le diagnostic ;
- Reporter les notes correspondant sur les tableaux de l'annexe 3 ;

- Calculer le Taux de Satisfaction de chaque Axe « TSA_i » en divisant la somme des notes obtenues (pour chaque réponse) par la valeur : 10 ;
- Déduisez le Taux de Satisfaction Moyen « TSM » de la façon suivante :

Cas n° 1

Pour un simple diagnostic de la fonction maintenance, nous proposons, vue l'importance des trois premiers axes de la méthode, d'affecter le poids « 2 » pour le 1^{er} et « 1,5 » pour le 2^e et 3^e, soit :

$$\text{TSM} = [2 \times \text{TSA}_1 + 1.5 \times (\text{TSA}_2 + \text{TSA}_3) + \text{TSA}_4 + \text{TSA}_5 + \text{TSA}_6 + \text{TSA}_7 + \text{TSA}_8] / 10$$

Cas n° 2

Pour un diagnostic qui va servir de base pour la mise en œuvre d'une GMAO, affecter le poids « 3 » pour le 1^{er} et « 2 » pour le 2^e et 3^e. Quant aux axes 4, 5 et 6, ils auront un poids de « 1 ». En outre, les deux derniers axes peuvent être ignorés, soit :

$$\text{TSM} = [3 \times \text{TSA}_1 + 2 \times (\text{TSA}_2 + \text{TSA}_3) + \text{TSA}_4 + \text{TSA}_5 + \text{TSA}_6] / 10$$

Tracer le graphe en radar correspondant (avec 8 axes pour le 1^{er} cas et 6 axes pour le 2^{ième}) ainsi que le cercle du rayon égale au Taux de Satisfaction Moyen « TSM ». Ensuite, mettre les différentes valeurs « TSA_i » sur les axes correspondant. Et à partir de ce qui précède, on peut repérer sur le graphe en radar les situations positives ainsi que les faiblesses correspondant à l'organisation et gestion de la fonction maintenance.

En effet, parmi les conclusions qu'on peut tirer du diagnostic, nous pouvons citer :

✓ Si les deux conditions suivantes sont satisfaites, on peut conclure que la fonction maintenance est très bien gérée. Dans ce cas, on peut mettre en œuvre, sans réserve, une GMAO.

$$\longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{TSM} \geq 15 \\ \text{et} \\ \text{Tous les TSA}_i (i = 1 \dots 6 \text{ ou } 8) \text{ sont supérieurs à } 12. \end{array} \right.$$

✓ Et si les trois conditions suivantes sont satisfaites, on peut conclure que la fonction maintenance est bien gérée. Dans ce cas, on peut démarrer un projet GMAO, mais en imposant certaines conditions qu'il faut satisfaire dans des délais bien définis au préalable.

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 10 \leq TSM < 15 \\ \text{et} \\ TSA_1, TSA_2, TSA_3 \text{ et } TSA_4 \text{ sont tous supérieurs à } 12 \\ \text{et} \\ TSA_5, TSA_6, TSA_7, \text{ et } TSA_8 \text{ sont supérieurs à } 10. \end{array} \right.$$

✓ Si le TSM est inférieur à la valeur 10, On peut conclure que la fonction maintenance est insuffisamment gérée, dans ce cas la maintenance est dans une situation médiocre voire catastrophique.

Chapitre 3 : Matériels

Dans ce chapitre nous allons introduire les deux logiciels que nous avons utilisés pour développer notre application GMAO.

1. SQL Server

SQL server : est un système de gestion des bases de données relationnelles développé par Microsoft. Il est exclusivement disponible sur l'environnement Windows.

Le Système de Gestion de Base de Données (SGBD), est un logiciel qui joue le rôle d'interface entre l'utilisateur et la base de données. Un SGBD permet de décrire, manipuler et interroger les données d'une base de données (BDD) manuellement. Il est utilisé dans un premier temps pour structurer la BdD (Base de Données) par la création de tables et de champs. Les SGBD sont des programmes qui s'occupent du stockage des données comme le SQL Server.

- **Base de données relationnelle**

Une base de données relationnelle est un type de base de données qui utilise des tables pour le stockage d'informations. Elles utilisent des valeurs issues de deux tables, pour associer les données d'une table aux données d'une autre table. En règle générale, dans une BdD relationnelle, les informations ne sont stockées qu'une seule fois.

- **Table**

Une table est un composant d'une base de données qui stocke les informations dans des enregistrements (lignes) et des champs (colonnes). Les informations sont généralement regroupées en catégories au niveau d'une table. Par exemple, il y aura la table des pièces de rechange, des équipements ou des fournisseurs... dans le contexte de la gestion de maintenance.

- **Enregistrement**

L'enregistrement est l'ensemble des informations relatives à un élément d'une table. Les enregistrements sont les équivalents des lignes d'une table. Par exemple, une table fournisseurs contient les caractéristiques d'un fournisseur en particulier.

- **Champs**

Un enregistrement est composé de plusieurs champs. Chaque champ d'un enregistrement contient une seule information sur l'enregistrement. Par exemple, un enregistrement fournisseur peut contenir les champs CodeFournisseur, Nom, Prénom...

- **Clé primaire**

Une clé primaire est utilisée pour identifier, de manière unique, chaque ligne d'une table. La clé primaire est un champ ou une combinaison de champs dont la valeur est unique dans la table. Par exemple, le champ CodeFournisseur est la clé primaire de la table fournisseurs, il ne peut pas y avoir deux fournisseurs ayant le même code.

- **Relation**

Une relation est une association établie entre des champs communs dans deux tables. Une relation peut être de un à un, de un à plusieurs, ou de plusieurs à plusieurs. Grâce aux relations, les résultats de requêtes peuvent contenir des données issues de plusieurs tables. Une relation de un à plusieurs entre la table fournisseurs et la table équipements permet à une requête de renvoyer le code de fournisseur correspondant à un équipement.

2. Visual Basic

Nous avons utilisé SQL Server, pour la gestion de la base de données et le Visual Basic « VB » pour développer l'interface d'utilisation de notre application. Le VB va servir d'intermédiaire entre l'utilisateur et SQL Server.

Le **Visual Basic** est un langage extrêmement relativement simple comparé à d'autres langages comme le langage C ou C++, il permet de :

- créer des programmes très simplement ;
- élaborer des interfaces graphiques sous Windows ;
- concevoir des formulaires ;
- gérer le temps ;
- écrire dans les fichiers ;
- accéder à une base de données ;

Le VB est directement dérivé du langage BASIC et permet le développement rapide d'applications, la création d'interfaces graphiques, l'accès aux bases de données ...

En effet, le Visual Basic est un des langages les plus utilisés pour l'écriture d'applications commerciales. Il a également été très utilisé dans le monde de l'ingénierie et de la recherche appliquée en raison de sa capacité à permettre des développements très rapides et très efficaces permettant ainsi aux scientifiques de se consacrer davantage à l'algorithmique et moins aux aspects formels du codage.

Il a été conçu pour être facile à apprendre et à utiliser. Le langage permet de créer des applications graphiques de façon simple, mais également de créer des applications véritablement complexes. Programmer en VB est un mélange de plusieurs tâches, comme disposer visuellement les composants et contrôles sur les formulaires, définir les propriétés et les actions associées à ces composants, et enfin ajouter du code pour ajouter des fonctionnalités. Comme les attributs et les actions reçoivent des valeurs par défaut, il est possible de créer un programme simple sans que le programmeur ait à écrire de nombreuses lignes de code. Les premières versions ont souffert des problèmes de performance, mais avec l'apparition d'ordinateurs plus rapides et grâce à la compilation en code natif, ce problème de performance s'est estompé.

Partie 3 : Résultats et discussion

Chapitre 1 : Elaboration d'un plan de maintenance

1. Elaboration d'un plan de maintenance préventive

Introduction

Le processus de maintenance affecte fortement la performance d'une installation. Il agit sur les biens et couvre l'ensemble des opérations d'entretien destinées à accroître la fiabilité et à pallier les défaillances.

En effet, les installations industrielles sont perturbées, tout au long de leur exploitation, par les dysfonctionnements qui affectent la disponibilité, la qualité des produits, la sécurité des personnes, etc.

Tous les équipements d'une installation industrielle sont soumis à des mécanismes de dégradation pouvant causer l'apparition des modes de défaillance des matériels, entraînant ainsi leur panne et d'éventuels effets sur le fonctionnement de l'installation. Les mécanismes de dégradation peuvent être de plusieurs types : usure, fatigue, vieillissement, altérations physico-chimiques diverses, etc... Leur cinétique d'évolution (fonction du temps de fonctionnement, du temps calendaire ou encore du nombre de sollicitations) peut dépendre de plusieurs facteurs influents (conditions d'environnement et de fonctionnement, dégradation d'autres matériels, etc...).

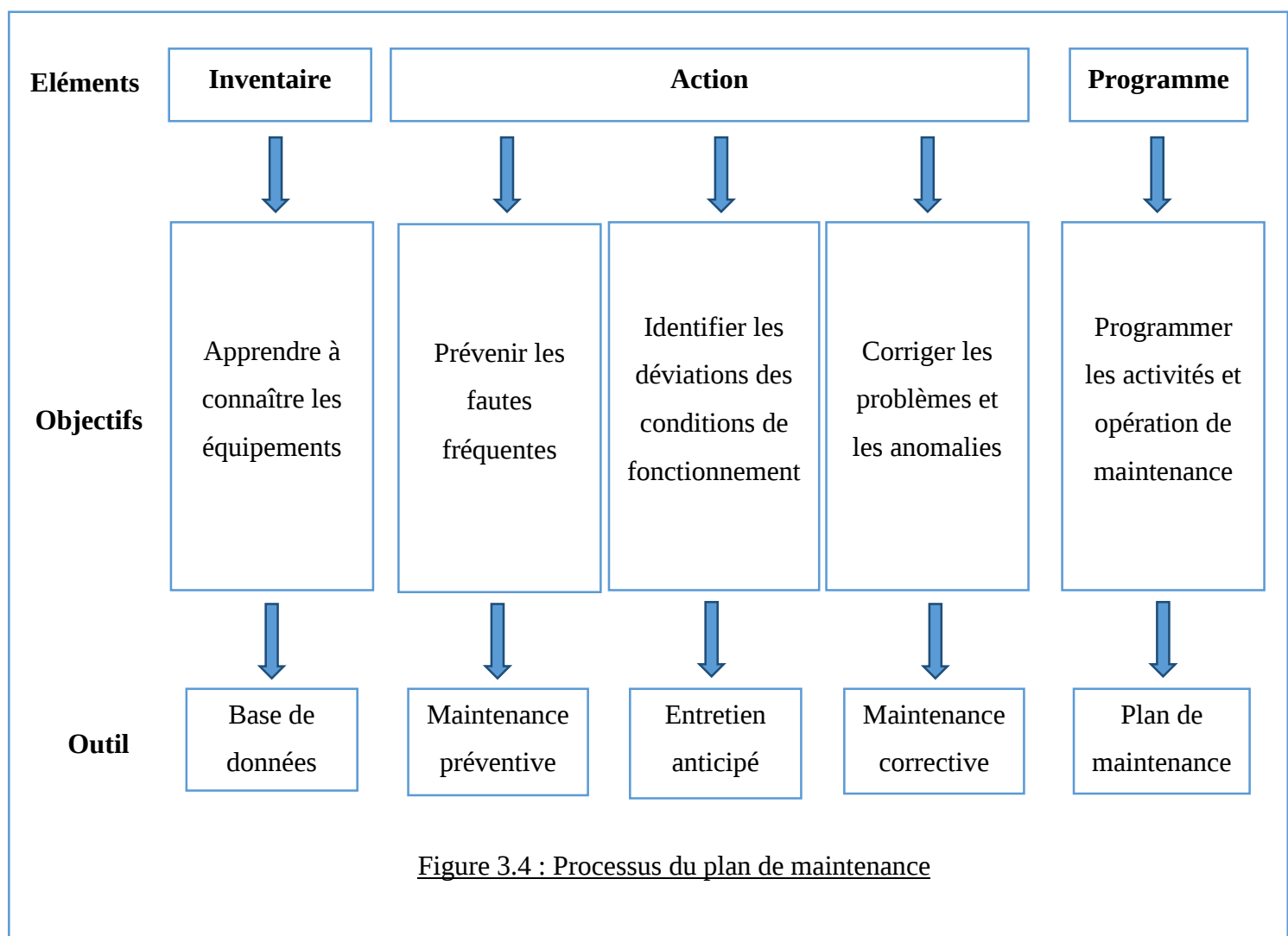
Face à la diversité des matériels d'une installation et de leurs comportements, les responsables de maintenance doivent envisager de véritables stratégies. Ils peuvent décider de pratiquer une maintenance corrective à la suite de la défaillance d'un matériel, mais cela ne permet pas d'éviter les conséquences des pannes sur le fonctionnement du système.

Une attitude plus offensive consiste à mettre en œuvre une maintenance préventive systématique selon laquelle la décision d'intervenir précède l'apparition du dysfonctionnement. Cela permet de diminuer le nombre de défaillances en limitant, voire en empêchant, les défaillances de cette manière.

Enfin, on peut associer à la maintenance préventive les notions de visite et révision qui consistent en un regroupement de tâches de maintenance préventive afin de redonner au matériel un potentiel d'usage pour une durée déterminée tout en limitant le nombre d'interventions sur le matériel et donc son indisponibilité pour maintenance.

Le plan de maintenance préventive des infrastructures communes implique qu'il va falloir élaborer une suite ordonnée d'actions visant à contribuer à maintenir et faire durer les équipements et les installations de ces infrastructures dans un état de fonctionnement efficace. Le plan de maintenance préventive se compose essentiellement des trois éléments suivants :

- l'inventaire des équipements ;
- les définitions des actions à entreprendre et leur fréquence d'exécution, qui doivent être axées sur les objectifs et structurées conformément au plan de maintenance ;
- l'élaboration d'un programme de travail.



1. Inventaire des équipements

Pour organiser la maintenance, établir un plan de maintenance et définir une stratégie il est indispensable de constituer un inventaire et recenser les biens à maintenir.

Nous avons fait un inventaire des équipements du système d'adduction et ce afin d'assurer une bonne gestion de ces derniers. Le tableau ci-dessous 3.3 représente l'inventaire des équipements du réservoir, le reste des équipements sont présentés en annexe (annexe 1).

Tableau 3.3 : Equipements du réservoir.

Réservoir	
Systèmes	Equipements
Electrique	Câbles d'alimentation en énergie électrique
	Diffuseurs équipés de un ou deux tubes fluorescents
	Hublots étanches équipés de lampes à incandescence
	Projecteurs étanches équipé de lampes halogène
	Prise de courant
Hydromécanique	Vannes papillon
	Vannes opercule
	Clapet d'extrémité
	Robinet flotteur
	Crépine
	Manchette de traversée
	Coude 1/4 à deux brides
	Té à trois brides
	Cône de réduction à brides
	Joints de démontage
	Collecteurs
	Plaques pleines
	Coude 1/8 à deux brides
Appareils de mesure	Débitmètre électromagnétique
Télégestion et automatisé	Poires de niveaux (haut)
	Poires de niveau (bas)
	Sondes de mesure de niveaux (une par cuves)
	Fins de course pour les six vannes de distribution
	Fins de course pour les deux vannes d'entrée
	Un appareil de mesure de chlore résiduel
	Ordinateur de supervision
	Un automate de télégestion
	Un récepteur GPS
	Un écran de supervision

2. La codification des équipements

Le code représente l'identité principale de l'équipement. Il est donc recommandé de simplifier le code et le rendre facile à retenir. Comme ces codes seront utilisés dans diverses interventions, il faut donc faciliter la tâche des collaborateurs et la communication entre eux.

Dans cette partie, nous allons présenter une codification des équipements du système d'adduction en eau.

Après avoir inventorié les équipements, nous avons entamé l'élaboration de leur codification. Cette codification doit être logique et facile à retenir. Dans cette perspective nous avons abouti à une codification simple, facile à mémoriser par les opérateurs.

Nous avons proposé une codification logique arborescente alphanumérique de quatre niveaux

- Le site : est codifié par deux lettres représentant l'emplacement du complexe solaire (Ouarzazate : OZ)
- L'entité : est codifié par deux lettres représentant l'entité du système d'adduction où se trouve l'équipement (Station de Débouillage : SD, réservoir : RE, Station de Reprise : SR, Prise d'eau : PE)
- Le nom d'équipement : est codifié par deux premières lettres du nom de l'équipement (Pompe : PO, Joint de démontage : JD ...)
- Le numéro d'équipement : est composé de deux nombres.

Cette codification proposée est une codification significative puisque les deux premiers niveaux localisent l'emplacement de l'équipement, ainsi les niveaux restant font référence à l'équipement lui-même. Donc, un utilisateur pourra facilement identifier l'emplacement et l'usage de l'équipement à travers son code.

Le code équipement proposé se compose de huit caractères et se présente comme suit :

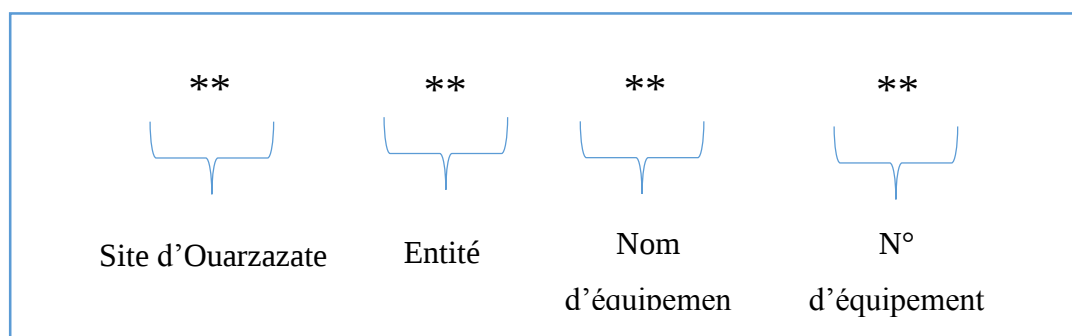


Figure 3.5 : Présentation du code d'équipement

Exemple :

Code d'une pompe de la station de débouage : **OZ SD PO 01**

3. Maintenance préventive des équipements : [8]

La maintenance préventive d'un système d'adduction est un entretien programmé qui est effectué pour prévenir les problèmes. Les principales activités entreprises à cette fin sont l'inspection, le nettoyage et la lubrification de l'équipement ainsi que le remplacement des pièces.

3.1. Maintenance préventive des transformateurs

Lors de tout travail avec un transformateur, il faut s'assurer qu'il ne soit plus sous tension, et suivre les procédures de débranchement correspondant :

- Nettoyage des environs

L'endroit où se trouve le transformateur ou la sous-station doit être nettoyé une fois par semaine, ce qui comprend enlever les feuilles, les débris et agents qui pourraient perturber le fonctionnement correct du transformateur ou de l'équipement. Il faut aussi nettoyer la zone de la barre omnibus de mise à la terre et enlever toute obstruction.

- Nettoyage de l'équipement

Brancher les bornes sur la mise à la terre du transformateur pour empêcher tout contact électrique possible lors du nettoyage mensuel.

- Nettoyer au moins une fois par mois avec du solvant diélectrique, de l'eau ou une solution d'eau légèrement savonneuse. Ne pas utiliser de détergent ou de solvant. Respecter toutes les mesures de sécurité, comme fournir des détecteurs de potentiel, gants isolants et ainsi de suite.
- Retirer les débris accumulés avec une brosse, un chiffon humide et de l'air sous pression, si possible.
- Vérifier que de mauvaises fixations aux bornes ou de mauvaises connexions du transformateur n'ont pas provoqué de dommages ou ne donnent pas d'étincelles.
- Vérifier qu'il n'y a pas de fuite d'huile au niveau des vannes, des radiateurs, des soudures, des garnitures d'étanchéité, de la tuyauterie de l'échangeur de chaleur ou des protections.
- Vérifier l'état de la peinture du transformateur.
- Vérifier si le transformateur n'émet pas de bruits ou de vibrations anormaux.

- Resserrer les boulons et les vis des buses mécaniques et des bornes

Chaque fois que le transformateur est hors service, effectuer un « entretien parce que l'occasion s'en présente » en resserrant les buses mécaniques et les bornes.

- Purification et filtrage de l'huile diélectrique

La purification et le filtrage de l'huile diélectrique constitue l'exécution d'opérations de maintenance préventive appropriée, qui prolonge la durée de vie de l'équipement, élimine les polluants et permettent de vérifier les changements de couleur pour déterminer la contamination de l'huile. Il est conseillé de le faire au moins une fois par an. Des nettoyages plus fréquents peuvent s'avérer nécessaires si le pouvoir diélectrique est près de la limite inférieure. Cette procédure doit être effectuée par un laboratoire spécialisé.

- Ventilation

Si le transformateur est à l'intérieur, s'assurer que le bâtiment est bien ventilé pour empêcher une surchauffe, qui réduira sa durée de vie et son rendement.

3.2. Maintenance préventive du centre de commande des moteurs

- Nettoyage de la carte de circuit imprimé

La maintenance des cartes de circuits imprimés doit avoir lieu tous les ans. Cette opération comprend l'inspection des schémas et manuels requis pour la maintenance. Il est crucial de bien mettre la carte de circuit imprimé à la terre ou la dériver pendant la maintenance ou le nettoyage.

Les principaux éléments de la carte de circuit imprimé sont les suivants :

- Clavier marche/arrêt.
- Contacteurs de puissance.
- Relais à maximum.
- Système de mise à la terre.
- Disjoncteurs et démarreurs.

Le processus de nettoyage devrait être le suivant :

- Nettoyer les bornes d'entrée et de sortie du disjoncteur et du démarreur et les resserrer mécaniquement.
- Nettoyer les surfaces de la carte du circuit imprimé avec de la toile de jute ou une gaze humidifiée avec du tétrachlorure ou un solvant diélectrique. Ne pas utiliser de produits abrasifs.
- Nettoyer la salle où se trouve le centre de commande du moteur pour éliminer les débris et les ordures.

- Resserrer les boulons et les vis des bornes mécaniques

Resserrer les bornes mécaniques et électriques prévient les points chauds dus à une résistance élevée des contacts. Il est recommandé de le faire au moins une fois par an.

3.3. Maintenance préventive du moteur :

- Nettoyage du moteur

Effectuer la maintenance préventive tous les ans pour garantir une longue durée de vie de l'équipement.

- Nettoyer la surface externe et le registre de ventilation.
- Rajuster les vis et les boulons d'ancrage.
- Enlever la rouille et retoucher et peindre du bâti si nécessaire. S'il faut la repeindre, s'assurer que la vieille peinture a été enlevée et que la nouvelle couche est fine.
- Nettoyer la boîte de connexion.
- Rajuster le câble de mise à la terre de la boîte de connexion.
- Vérifier les connexions aux bornes du câble d'alimentation.
- Vérifier l'alignement et l'usure des pièces de couplage.
- Changer la graisse sèche et sans huile.

- Lubrification du roulement

La maintenance du roulement permet aux utilisateurs de maintenir l'équipement en bon état et prévient des arrêts inutiles. Leur maintenance est recommandée comme suit, toutes les semaines :

- Vérifier le palier supérieur côté non entraînement.
- Vérifier le palier inférieur côté entraînement.
- Enlever, nettoyer et installer le tube de graissage. Mettre de la nouvelle graisse jusqu'à ce que l'ancienne sorte du tube de décharge. Ceci ne s'applique qu'aux roulements qui ne sont pas scellés.

Dans la plupart des moteurs, les roulements sont de type scellé et il faut les changer en fonction du nombre maximal d'heures de fonctionnement indiqué par le fabricant. Si les roulements sont lubrifiés avec de l'huile, noté que celle-ci doit être remplacée au moins tous les trois à six mois ou lorsqu'une inspection montre qu'elle a perdu ses propriétés ou est contaminée. Le niveau d'huile ne doit pas excéder la marque du niveau supérieur, autrement le bobinage sera exposé à des risques.

- Changement des roulements à billes de butée

Le changement en temps opportun et programme des roulements à billes de butée prévient les arrêts inutiles. Ceci contribue à de bonnes pratiques en matière de maintenance préventive. Il est important de tenir compte des arrêts de l'équipement lorsque l'on programme le changement de roulements à billes de butée. Les roulements durent normalement longtemps, bien qu'il vaille mieux les changer avant qu'ils ne tombent en panne, ce qui requiert une maintenance corrective. La mesure des vibrations mécaniques est une méthode utilisée pour détecter les signes de problèmes.

- Utiliser l'équipement adéquat et approprié pour extraire chaque type de roulement à billes et ne pas utiliser d'attaches supplémentaires qui pourraient endommager l'arbre d'accouplement.
- Utiliser les roulements à billes de butée corrects pour le type d'utilisation, c'est-à-dire pour température élevée ; en position verticale ou horizontale ; ou des roulements spéciaux, comme ceux qui sont coniques. Ces roulements doivent être ceux qui figurent sur la plaque de moteur ou indiqués dans les spécifications du fabricant.

- Ajustement du couvercle

Il faut effectuer chaque jour une inspection sonore ou visuelle des couvercles pour assurer que ce sont les bons ou qu'ils ne sont pas usés par des pièces cassées ou non appariées. Il faut effectuer ce qui suit :

- Nettoyer les environs pour garantir le bon fonctionnement de l'équipement.
- Si les roulements à billes sont usés, les ajuster en conséquence.
- Revisser et remettre en place les vis et les boulons.

3.4. Maintenance préventive de la pompe

- **Changement du presse-étoupe**

Le presse-étoupe a pour but d'éliminer les fuites de liquide au niveau de la pompe et d'empêcher l'air de passer dans les espaces d'aspiration. Il doit être vérifié pour assurer qu'il n'y a pas de fuite et que l'air n'arrive pas à l'aspiration. La garniture d'étanchéité du presse-étoupe doit être changée périodiquement. La fréquence de ce changement dépend du nombre d'heures de fonctionnement de la pompe ainsi que du matériau et de la qualité de la garniture d'étanchéité. Si la pompe fonctionne continuellement, la garniture d'étanchéité doit être remplacée tous les trois à six mois.

- Lubrification du roulement et des supports de roulement

La fréquence de la lubrification dépend de l'état de l'équipement et de l'endroit où il fonctionne. En général, il faut faire ce qui suit :

- Changer les lubrifiants lorsque leur couleur change ou qu'ils sont contaminés par des particules poudreuses, de l'eau, des particules métalliques ou qu'ils se décomposent en raison d'une température ou d'une humidité élevée.
- Ajouter une petite quantité de graisse toutes les 400 heures de fonctionnement.
- Le support de roulement doit être plein aux deux tiers (si cela s'applique).
- Il n'est pas recommandé d'utiliser des solvants chlorés pour nettoyer du support.
- Utiliser des lubrifiants appropriés et normalisés pour chaque composant en fonction des températures de fonctionnement et des spécifications du fabricant.
- Resserrer les vis et les boulons.

- Lubrification de la partie supérieure de l'arbre

La partie supérieure de l'arbre est celle de la pompe qui doit transmettre le couple du moteur lors du pompage, en même temps, elle tient la pompe et les autres pièces tournantes. Elle doit être inspectée tous les jours pour mieux prévenir tout dommage et maintenir au minimum les frais de maintenance. Celle de la partie supérieure de l'arbre se fait comme suit :

- Utiliser des lubrifiants adéquats et normalisés ; les appliquer à la fréquence recommandée par le fabricant.
- Nettoyer l'arbre avec de la toile de jute, une gaze ou des liquides adéquats ; ne pas utiliser d'agents oxydants.
- Vérifier que toutes les pièces de couplage sont bien serrées et les resserrer si elles ne le sont pas.

- Lubrification de l'arbre de transmission

La fréquence de la lubrification dépendra du régime de marche et de l'environnement dans lequel l'équipement fonctionne ; elle doit donc être prévue en fonction de l'expérience acquise. Les activités à entreprendre sont les suivantes :

- Les lubrifiants doivent être changés en cas de contamination par les débris ou l'humidité ou lorsqu'ils sont soumis à des températures élevées.
- Il est recommandé d'ajouter une petite quantité de graisse toutes les 400 heures de fonctionnement.
- Le support de roulement doit être rempli de graisse aux deux tiers.
- Pour nettoyer les roulements sans les déposer, faire passer de l'huile légèrement chauffée à entre 82 et 93 ° C dans le support de roulement pendant que l'arbre est tourné lentement.
- Il n'est pas recommandé d'utiliser des solvants chlorés pour nettoyer les roulements.

En cas de nouvelle lubrification avec de la graisse, suivre les étapes suivantes :

1. Nettoyer soigneusement les graisseurs et l'extérieur du support de roulement.

2. Enlever le bouchon de purge ou de vidange.
3. Injecter la nouvelle graisse propre et jusqu'à ce que la vieille sorte.
4. Faire démarrer la pompe et continuer à la faire fonctionner pendant un temps suffisant pour que la graisse excédentaire sorte.
5. Nettoyer la graisse excédentaire avec un morceau de chiffon et remettre le bouchon de purge en place.

Dans le cas des turbopompes avec moteurs verticaux, le fluide pompé lubrifie les supports de roulement de transmission.

3.5. Maintenance préventive de tuyauterie de refoulement :

- Inspection de la tuyauterie de refoulement

Vérifier l'installation de la tuyauterie à la recherche de problèmes avec le joint d'étanchéité et le palier ou le roulement, pouvant être dus à des supports et des ancrages mal installés, à une déformation thermique, à la conception du joint d'étanchéité, à une mauvaise sélection, à des variations de dimensions, à la charge des supports de tuyauterie ou aux coups de bélier.

- Nettoyage et peinture

La tuyauterie de refoulement doit être nettoyée et peinte tous les ans conformément aux normes. Il faut d'abord appliquer la couche anticorrosive, la laisser sécher et passer ensuite une couche de peinture secondaire. Vérifier que les pièces mécaniques ou d'entraînement ne sont pas couvertes d'écaboussures de peinture. Enlever la saleté toutes les semaines pour empêcher l'accumulation de débris, ce qui peut attirer l'humidité et causer une corrosion.

- Changements de la garniture d'étanchéité

Il faut changer au moins une fois par an les garnitures entre les raccords à bride, les vannes, les jauges, le dispositif de mesure, les vannes de maintien de pression et celles de commande. Elles doivent être vérifiées une fois par mois et toutes les fuites et tout changement à apporter doivent être signalés pour éviter les frais dus aux arrêts pour effectuer des réparations d'urgence.

3.6. Maintenance préventive des vannes :

Les vannes sont des pièces clés de la tuyauterie de refoulement ; elles évitent les déversements inutiles et les réparations nécessitées par une rupture des tuyaux du réseau. Elles ne doivent pas demeurer immobiles pendant des périodes prolongées en raison de l'accumulation de sédiments et de leur blocage possible. Si cela peut se faire, il faut les faire fonctionner à intervalles réguliers pour assurer leur fonctionnement correct et continu.

- Lubrification

Dans bien des cas, la fréquence de la lubrification des vannes est basée sur l'expérience du personnel de maintenance. Il est cependant recommandé de lubrifier le roulement de l'arbre au moins une fois par mois. Le type de lubrifiant utilisé dépendra de l'état fonctionnement de la vanne, comme la température et le type de fluide.

- Réglage du diaphragme de la membrane obturatrice des vannes électromagnétiques

L'ouverture et la fermeture des vannes électromagnétiques requièrent un réglage précis de la membrane. Il faut l'effectuer une fois par an et signaler tout problème qui se pose ou potentiel. Elle doit aussi être nettoyée une fois par an conformément aux instructions particulières du fabricant.

- Remplacement de la garniture d'étanchéité des robinets d'écoulement, tuyaux d'évent et de la vanne principale

La fréquence de remplacement de la garniture d'étanchéité devrait être laissée à la discrétion de l'utilisateur en fonction de son expérience, mais il est recommandé de la changer une fois par an.

- Inspection et calibrage des manomètres

Les manomètres doivent être inspectés et ajustés une fois par an. Il faut tenir à jour un carnet de maintenance, de calibrage et des problèmes survenus, avec les solutions apportées.

- Nettoyage du ressort de commande de la membrane

Les commandes doivent être nettoyées tous les mois ; il faut que les ressorts et les commandes de vanne soient réglées avec précision en tout temps. Il faut tenir à jour un carnet de maintenance et des problèmes possibles, avec leurs solutions.

- Nettoyage du corps de vanne

Le nettoyage doit être fait tous les mois pour assurer que l'ouverture et la fermeture de la vanne ne soient pas affectées par des objets étrangers et qu'elle est lubrifiée avec le produit recommandé par le fabricant en fonction de son utilisation et de ce à quoi elle sert.

4. Maintenance corrective des équipements :[8]

La maintenance corrective est effectuée pour réparer toute panne de l'équipement et inclut les catégories suivantes :

- **Prévue** : Les réparations nécessaires sont connues à l'avance et donc tous les éléments requis sont disponibles au moment de la réparation.

- Imprévue : Requête en cas de problème qui provoque une panne de l'équipement essentiel. Connue également sous le nom de maintenance d'urgence ou « en cas de panne ».

La maintenance corrective est fréquemment réalisée dans des conditions d'urgence et avec pour seul objectif : le rétablissement du service.

4.1. Maintenance corrective des transformateurs

- Remplacement de l'équipement

Le remplacement du transformateur est recommandé lorsque ce dernier a pour une raison ou pour une autre, perdu son efficacité ou sa fiabilité. On trouvera ci-après une liste des causes de la perte d'efficacité du transformateur :

- Facteur de charge élevé : Un facteur de charge élevé fait fonctionner le transformateur de manière inefficace, en outre, la chaleur dégagée par le courant électrique requis par la charge endommage les propriétés de l'huile et provoque des inefficacités. Des facteurs de charge élevés peuvent provoquer un court-circuit et endommager le transformateur de manière irréparable.
- Déséquilibre de tension, d'intensité et de puissance : Dans certaines circonstances, il est préférable de remplacer le transformateur si ces déséquilibres ne peuvent être résolus.

Un système défectueux de protection, combiné à un problème électrique, peut provoquer une défaillance au niveau du transformateur, qu'il faudra alors peut-être remplacer.

- Réparation de l'équipement

La réparation de l'équipement est nécessaire dans les cas suivants :

- Lorsqu'il est déterminé que les conducteurs du bobinage doivent être remplacés après un test de cavitation ou un test du rapport du nombre de spires.
- Lorsque des températures élevées sont détectées en fonctionnement, qui peuvent indiquer que le niveau d'huile est bas et doit être rempli.
- Lorsque le transformateur a été physiquement endommagé par une cause extérieure.
- Lorsque le transformateur est endommagé par un problème électrique combiné à une défaillance des systèmes de protection.

- Différentes actions de maintenance corrective pour les transformateurs

Ci-après figure une liste d'actions de maintenance corrective pour les transformateurs sur la base de différents problèmes :

- Chaleur aux raccords : Resserrer les vis et les connections.
- Surcharge : Utiliser un autre transformateur pour partager la charge électrique ou le remplacer avec un transformateur ayant une puissance adéquate.

- Température anormale dans la gaine du transformateur due à des niveaux d'huile trop bas ou trop élevé ou à une mauvaise ventilation : Modifier les niveaux d'huile et ventiler.
- Modifications des propriétés de l'huile : Filtrer ou remplacer l'huile diélectrique.
- Distorsions harmoniques : Installer le filtre harmonique.

4.2. Maintenance corrective du centre de commande du moteur :

- Remplacement de l'équipement ou d'un élément

Si l'équipement du centre de commande du moteur a besoin d'être remplacé, procéder comme suit :

- Remplacer les conducteurs endommagés par la présence de températures élevées dans l'isolant. Si le problème a été causé par un faux contact dans les connecteurs, rectifier le problème en resserrant les vis et les boulons. Si la surchauffe est due à une surchauffe interne du conducteur, le remplacer par un conducteur du calibre adéquat pour permettre au courant électrique de passer sans endommager l'isolant.
- Remplacer tout panneau de contrôle ayant subi des dommages mécaniques ou électriques.
- Remplacer le disjoncteur en cas de bruit électrique dû à une décharge électrostatique provoquée par un faux contact dans le disjoncteur.

- Réparation de l'équipement

Il est recommandé de réparer l'équipement s'il a subi des dommages mineurs et s'il peut être réparé sans affecter la fiabilité générale de l'équipement.

4.3. Maintenance corrective du moteur

- Remplacement de l'équipement

Le remplacement du moteur électrique est recommandé dans les cas ci-après :

- Si le moteur tourne plus de 4 000 heures par an, est d'une efficacité standard ou a enregistré une réduction de son efficacité attribuable à son âge et/ou à de multiples rebobinages, il doit être remplacé par un moteur à haute efficacité de capacité similaire.
- Si le moteur a tourné pendant plus de cinq ans, tourne pendant plus de 3 000 heures par an, est d'une efficacité standard ou a été brûlé des suites d'un problème, il doit être remplacé par un moteur à haute efficacité de capacité similaire.
- Si le moteur tourne avec un facteur de charge inférieur à 40 % ou supérieur à 100 %, il doit être remplacé par un moteur à haute efficacité de capacité similaire qui devra être remplacé par

un moteur à haute efficacité de capacité similaire qui tournera avec un facteur de charge situé entre 65 et 85 %.

- Réparation de l'équipement

Le moteur doit être réparé dans les cas des figures suivantes :

- **Rebobinage** : Si les tests des bobines donnent des résultats défavorables ou en présence de déséquilibres importants de l'intensité du courant, le moteur devra être rebobiné. Si le moteur a été rebobiné plus de deux fois et que son efficacité chute de plus de 3 ou 4 %, il est préférable de le remplacer.
- **Changement du roulement** : Si le roulement est usé, il doit être remplacé. Au moment du son remplacement, ne pas toucher le roulement à mains nues dans la mesure où l'acide de la peau risque d'endommager le roulement et contaminer la graisse ou l'huile.

- Différentes mesures de maintenance corrective des moteurs

Les mesures de maintenance correctives doivent être prises en cas de déficiences au niveau du moteur :

- **Roulement** :
 - Si les propriétés du lubrifiant sont inadéquates pour l'application, remplacée le lubrifiant par un autre ayant les propriétés recherchées. Il ne doit rester aucun résidu du lubrifiant remplacé.
 - Si le lubrifiant est inadéquat, il est recommandé de procéder à une lubrification fréquente, conformément aux recommandations pour le type de roulement concerné.
 - En cas d'ajustement incorrect du roulement, procéder à une rectification s'il n'y a pas de dommage sinon remplacer le roulement.
- En cas de dommages aux bobines, rebobiner ou remplacer le moteur.
- Si la vitesse de fonctionnement est inférieure à la vitesse à pleine charge, vérifier la tension de fonctionnement et corriger les problèmes du roulement ou remplacer le moteur.
- En cas de surcharge, rectifier le problème ou remplacer le moteur par un moteur de capacité supérieure.
- La surcharge du moteur peut être détectée par un calcul du facteur de charge.
- Si la tension d'alimentation est différente de la tension nominale, en identifier la raison.
- En cas de chute de tension dans le réseau d'alimentation, demander au fournisseur de rectifier le problème.

Si le pourcentage de tension est inférieur à 5 %, modifier le shunter de tension du transformateur, ou demander au fournisseur d'énergie ou au propriétaire du transformateur de le faire.

- En cas de déséquilibres de la tension, de l'intensité ou de la puissance, prendre les mesures suivantes :
 - En cas de déséquilibre dans les terminaux connectés au transformateur, demandé au fournisseur de résoudre le problème.
 - En cas de déséquilibre dans les terminaux du transformateur dans le vide, procéder à la maintenance.
 - En cas de déséquilibre attribuable au moteur électrique, remplacer le moteur.
- En cas de faible facteur de puissance, remplacer la batterie de condensateurs ou en installer une nouvelle.

4.4. Maintenance corrective de système de mise à la terre.

Si le système de mise à la terre fonctionne mal, prendre les mesures suivantes :

- Si le conducteur de mise à la terre est déconnecté, le rattacher avec un soudage aluminothermique.
- Si la résistance électrique est supérieure à cinq ohms, utiliser des intensificateurs de terre.
- La présence de courant dans le conducteur mis à la terre indique un déséquilibre électrique dans le système. Identifier la cause du déséquilibre et la corriger.
- Changer le calibre du conducteur de mise à la terre si nécessaire.

4.5. Maintenance corrective de la pompe

- Réparation ou remplacement des éléments

Prendre les mesures suivantes pour réparer les défaillances des éléments.

- Presse-étoupe : En cas de fuite majeure, remplacer la garniture ou les joints mécaniques ;
- Coussinet : Retirer l'intégralité de l'ancienne garniture d'étanchéité à l'aide d'un extracteur de garniture.

Vérifier et nettoyer le presse-étoupe ainsi que les conduites de refroidissement. Vérifier l'attache et le dégagement de la gaine ou de l'arbre, qui ne doit pas dépasser 0,762 mm.

- Conduite d'aspiration : Lorsque la conduite d'aspiration est fortement corrodée, la remplacer pour éviter une fuite susceptible d'affecter les opérations du système.

- Remplacement de la pompe

La pompe doit être remplacée dans tous les cas de figure ci-dessous :

- Le corps de la pompe présente des dommages graves dus à la corrosion, l'encrassement, les coups de bélier, ou à la friction.
- Les conditions de fonctionnement ne correspondent pas aux caractéristiques conceptuelles de la pompe, et le résultat en est une efficacité de fonctionnement limitée.

4.6. Maintenance corrective des vannes :

Si la vanne a subi des dommages sur quelconque de ses éléments, la reconditionner comme suit :

1. Démonter la vanne et en nettoyer les éléments avec des produits chimiques.
2. Inspecter attentivement les éléments et décider en faveur de la réparation ou du remplacement des parties usées.
3. Souder pour remplir les surfaces usagées ou produire de nouvelles surfaces, les pièces semi-finies et réparées (pièces de rechange) doivent être stockées pour la production de nouvelles pièces.
4. Assembler la vanne et avec les nouvelles garnitures d'étanchéité et, si nécessaires, avec de nouveaux écrous.
5. Vérifier que la vanne est remontée par rapport aux spécifications de la nouvelle vanne.

5. Plan de maintenance préventive :

Les étapes précédentes ont conduit à élaborer le plan de maintenance présenté ci-dessous dans le tableau 3.4 qui représente les différentes opérations préventives à appliquer sur les infrastructures communes ainsi que leurs fréquences d'occurrence.

Tableau 3.4 : Plan de maintenance préventive des infrastructures communes :

<i>Sous système</i>	<i>Equipements</i>	<i>Action de maintenance recommandée</i>	<i>Fréquence de maintenance</i>				
			<i>Quo</i>	<i>Heb</i>	<i>Men</i>	<i>Tri</i>	<i>Ann</i>
Electrique	Transformateurs	Contrôle visuel du niveau d'huile	✓				
		Contrôle des joints d'étanchéité	✓				
		Contrôle de la signalisation des défauts	✓				
		Contrôle de bruit de transformateur		✓			
		Dépoussiérage des isolateurs			✓		
		Nettoyage du poste, des transformateurs, et des isolateurs				✓	
		Mesure d'isolement				✓	
		Contrôle de serrage de connexion					✓
		Nettoyage des caniveaux et chemins des câbles					✓
		Contrôle de rigidité de l'huile diélectrique					✓
		Mesure des paramètres électrique				✓	
	Disjoncteurs	Examen de la signalisation des défauts	✓				
		Examen visuel du disjoncteur	✓				
		Vérification de bobine en manque et présence de tension			✓		
		Nettoyage des orifices d'échappement de gaz			✓		
		Vérification des contacts auxiliaires			✓		

Hydromécanique	Sectionneurs	Vérification des contacts principaux					✓
		Dépoussiérage des isolateurs			✓		
		Examen visuel des lames et articulation			✓		
		Vérification de la réponse de mécanisme			✓		
	Condenseurs	Nettoyage et contrôle des éléments			✓		
	pompes	Contrôle d'échauffement des paliers	✓				
		Contrôle de bruits anormal	✓				
		Contrôle de fuite d'eau au niveau de presse étoupe	✓				
		Vérification de la pression manométrique d'aspiration et refoulement	✓				
		Contrôle de vibration et de niveau de l'huile	✓				
		Réglage de la presse étoupe			✓		
		Nettoyage externe du corps			✓		
		Examen de l'huile de refroidissement			✓		
		Nettoyage des garnitures de presse étoupe				✓	
		Vérification des roulements et leurs graissages				✓	
		Resserrage des boulons de fixation				✓	
		Visite approfondie des organes					✓
	Vannes	Vérification des fuites	✓				
		Graissage de pion et tête					✓
		Changement des joints d'étanchéité					✓

		Démontage et visite approfondie des organes et de mécanisme					✓
		Peinture du corps					✓
		Mesure et analyse des vibrations mécaniques			✓		
		Lubrification du roulement de l'arbre			✓		
	Clapet	Vérification des fuites	✓				
		Changement des joints d'étanchéité					✓
	Anti béliers	Contrôle de pression de service				✓	
		Essai à vide des défauts				✓	
	Structures	Fossé de drainage	Le nettoyage des fossés			✓	
			Inspection de la stabilité des pentes				✓
			Inspection de la capacité hydraulique				✓
			Le contrôle de la végétation dans les fossés			✓	
	Routes	Examen de l'état de la chaussée			✓		
		Enlever l'eau de la structure de la chaussée en améliorant le drainage				✓	
		Protéger le revêtement de la chaussée				✓	
		Réparation des couches d'usure				✓	
	Clôture	Nettoyage des surfaces				✓	
		Inspection des fissurations			✓		
		Peindre les surfaces					✓

Conclusion

Au cours de cette partie, nous avons recensé tous les équipements du système d'adduction, nous avons de même proposé une codification de ces équipements afin de faciliter le travail sur ces derniers notamment dans l'élaboration de la base de données sur l'application GMAO que nous allons proposer par la suite. Les différentes opérations de maintenance préventive et corrective pour certains équipements qu'on peut considérer critique ont été énumérées. Ce travail a permis d'implanter un plan de maintenance préventive.

Chapitre 2 : Etude de l'organisation et la politique de la maintenance au sein de Masen Services

1. Organisation de la fonction maintenance

Nous avons choisi la méthode MEDIAT vu que nous avons jugé que c'est la méthode la plus adaptée dans notre situation pour plusieurs raisons : D'abord elle donne une idée sur la situation de la maintenance de plus elle donne une idée sur l'aptitude de la société à instaurer un projet GMAO. De plus Masen services recourt plus à la maintenance sous-traitée et elle désire fournir un suivi de qualité par une application GMAO que nous allons présenter dans les chapitres qui suivent afin d'assurer une maintenance performante

1.1. Objectif du diagnostic :

Le but de ce diagnostic est d'avoir une idée sur la situation de la fonction maintenance en premier lieu et savoir si la fonction maintenance est bien organisée et 'prête' pour la mise en œuvre d'une GMAO.

1.2. Calcul des taux de satisfaction :

Pour calculer les Taux de Satisfaction de chaque Axe « TSA_i », on divise le total obtenu de chaque axe par la valeur 10, on obtient alors le tableau ci-dessous

Tableau 3.5 : Calcul des taux de satisfaction

Différents axes	TS_i	Valeurs
Organisation de la fonction maintenance	TS_1	12,8
Gestion des intervenants	TS_2	12,7
Gestion des interventions	TS_3	9,4
Gestion des stocks et des approvisionnements	TS_4	3,4
Gestion des coûts et suivi des dépenses	TS_5	5,3
Gestion et exploitation de la documentation	TS_6	13,3
Maintenance et systèmes d'information	TS_7	3
Maintenance et sûreté de fonctionnement	TS_8	9,6

1.3. Calcul du Taux de Satisfaction Moyen « TSM » :

Puisque notre diagnostic va servir de base pour la mise en œuvre d'une GMAO on procède comme suivant pour calculer le taux de satisfaction moyen :

- On affecte le coefficient « 3 » pour le premier axe qui est l'organisation de la fonction maintenance, et on affecte le coefficient « 2 » pour le deuxième et le troisième axe qui sont sur la gestion des intervenants et des interventions. Quant aux axes 4, 5 et 6, ils auront un poids de « 1 ». En outre, les deux derniers axes peuvent être ignorés, soit :

$$\text{TSM} = [3 \times \text{TSA}_1 + 2 \times (\text{TSA}_2 + \text{TSA}_3) + \text{TSA}_4 + \text{TSA}_5 + \text{TSA}_6] / 10 \Rightarrow \text{TSM} = 10.4$$

1.4. Résultat correspondant au diagnostic :

Le graphe Radar de notre cas d'étude est représenté ci-dessous

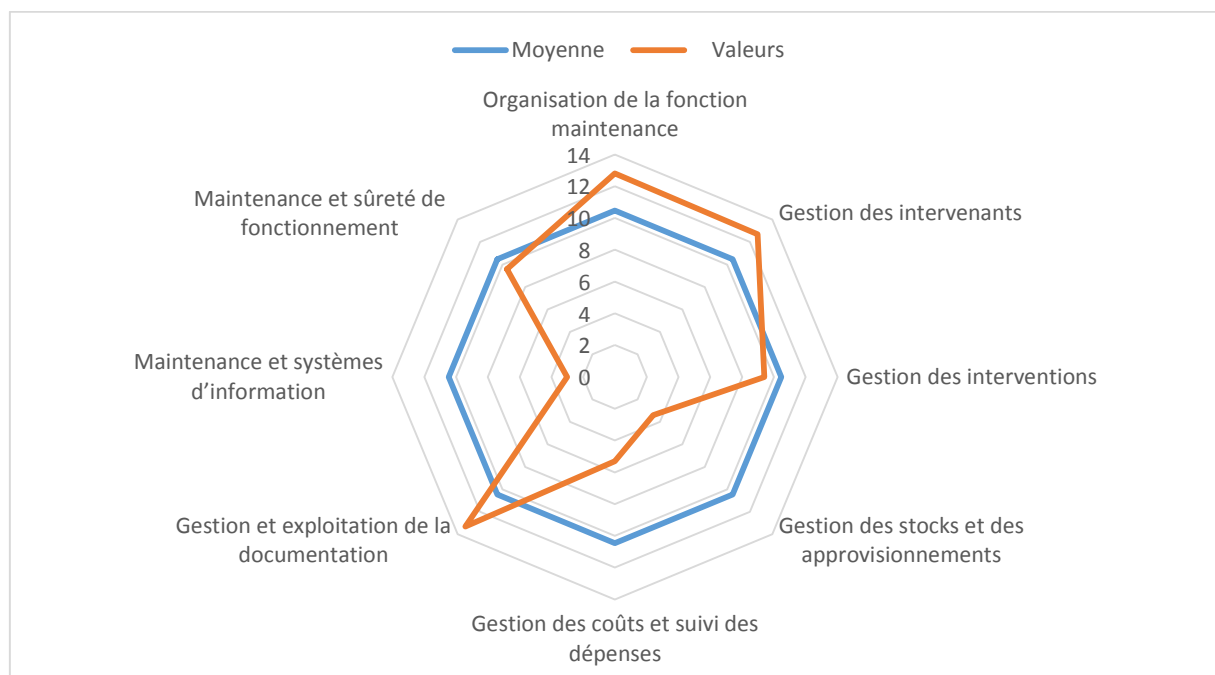


Figure3.6 : Graphe en Radar correspondant au diagnostic

On peut donc dire que dans notre cas la fonction maintenance est moyennement gérée ($\text{TSM}=10.46 > 10$) ce qui est dû en premier lieu au recours de Masen Services à une maintenance sous-traitée et donc c'est à l'entreprise intervenante de faire par exemple la gestion des stocks et approvisionnements. De plus Masen Services n'a pas un historique des interventions vu que le système n'est pas encore mis en service d'où les interventions sont très limitées.

Les acteurs de maintenance sont amenés à fournir plus d'efforts pour améliorer la performance de la maintenance et passer à une situation plus satisfaisante.

Le taux de satisfaction moyen étant inférieur à 15, on peut conclure que Masen Services n'est pas prête à mettre en œuvre une GMAO standard (Progiciels sophistiqués). C'est pour ça que Masen Services désire avoir une application de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO maison) afin de mieux gérer les intervenants ainsi que les interventions pour développer au mieux la fonction maintenance des infrastructures communes du complexe solaire de Ouarzazate surtout que ces dernières garantissent la continuité du processus de production d'électricité des installations NOOR. Le développement de l'application GMAO permettra d'améliorer la note de plusieurs axes notamment celui de la maintenance et système d'information.

2. Politique de maintenance

2.1. Masen Services

Masen Services est une filiale de l'agence marocaine de l'énergie solaire (Masen) avec un capital initial d'un million de dirhams, qui sera chargée de la gestion des infrastructures liées à l'activité de l'agence.

La création de cette entité s'inscrit dans la mission principale de la Masen, qui est de réaliser des projets intégrés de production d'électricité à partir de l'énergie solaire d'une capacité totale minimale de 2.000 MW à l'horizon 2020.

Pour pouvoir atteindre cet objectif Masen doit, en effet, mettre en place une série d'infrastructures, en marge de l'installation des équipements de production d'énergie solaire, telles que les liaisons routières, l'approvisionnement en eau et en électricité et l'assainissement. Le rôle de la toute nouvelle société, Masen Services, sera donc de prendre en charge cet aspect des projets de l'agence mère.

Masen Services du complexe solaire d'Ouarzazate va assurer :

Pour le site :

- La gestion des relations entre les différents intervenants sur sites
- La coordination des opérations communes au sein des sites
- La gestion de la sécurité de la sûreté des sites
- La gestion des aspects environnementaux

- La gestion de l'hygiène et de la santé
- Le suivi du respect du concept paysager

Pour les infrastructures :

- L'exploitation et la maintenance des infrastructures communes du complexe solaire et des bâtiments de Masen
- La fourniture et gestion des services associés

Pour la relation avec les tiers :

- La gestion des relations avec les administrations et les autorités locales sur les aspects liés à la gestion des sites et de ses infrastructures
- La gestion de la relation avec la population

De plus :

- La participation à l'identification des actions de développement local et suivi de leur mise en œuvre
- La gestion des activités internes sur site (visite du site,)

Les rôles de Masen Services peuvent être résumés en trois missions principales :

- 1- Gérer et animer les sites et faciliter la cohabitation entre les différents intervenants.
- 2- Assurer un fonctionnement optimal des infrastructures des sites
- 3- Développer une expertise dans les métiers associés à la gestion des sites énergétiques

2.2. Analyse de l'organigramme de Masen Services

Avant d'élaborer une politique de maintenance de Masen Services, il va falloir analyser l'organigramme de celle-ci afin de connaître l'effectif personnel dédié à la gestion de la maintenance des infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate (figure 3.7)

Organigramme de Masen Services

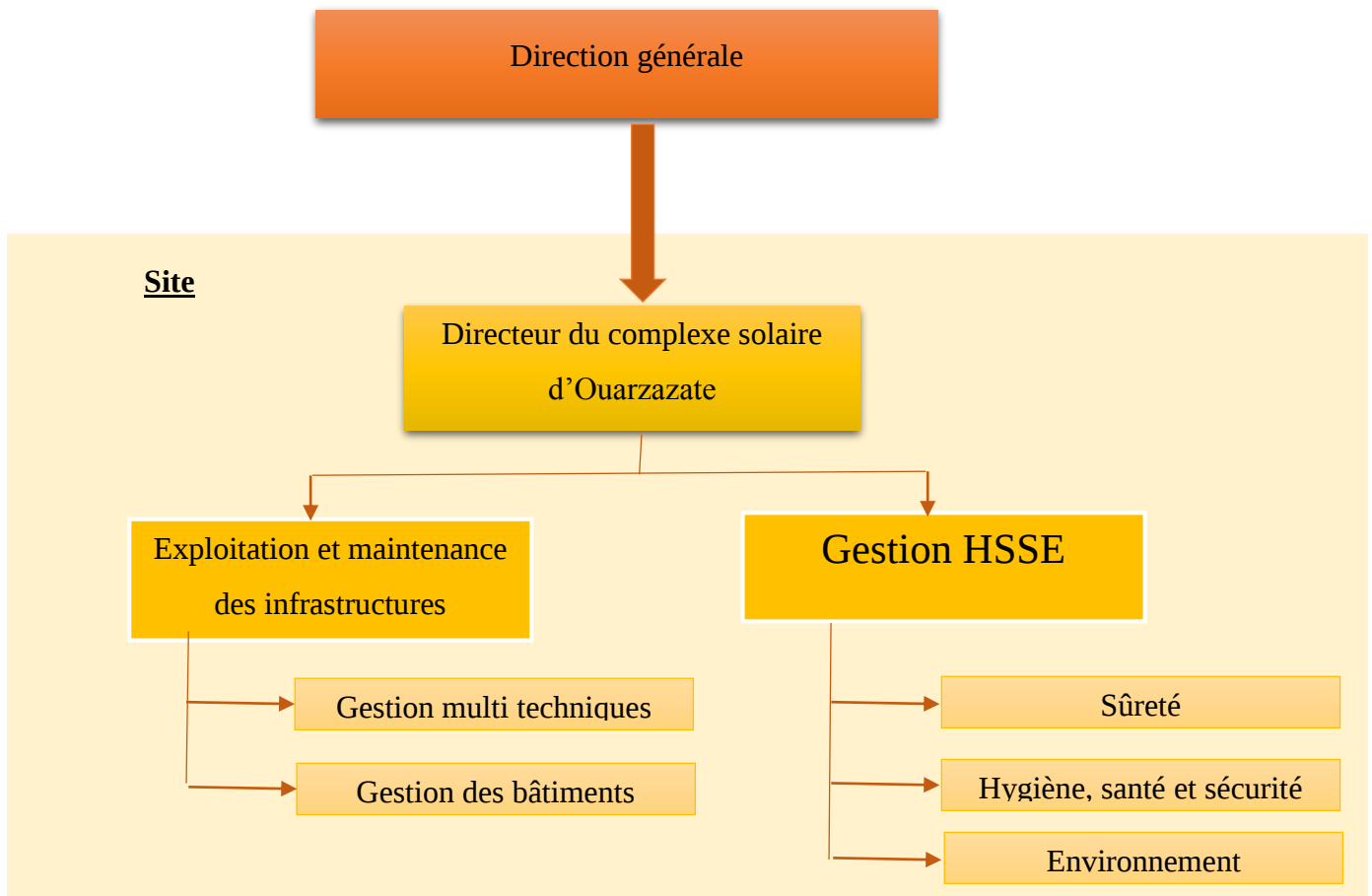


Figure 3.7 : Organigramme de Masen Services

Masen Services dispose du personnel suivant :

- un directeur du site
- cinq ingénieurs dans le service d'exploitation et maintenance des infrastructures communes, ce personnel est réparti comme suivant :
 - un responsable du service,
 - deux ingénieurs en gestion multi techniques,
 - deux ingénieurs en gestion des bâtiments.
- Quatre ingénieurs dans le service de gestion HSSE sont réparti comme suivant :
 - un responsable HSSE,
 - un chargé de sûreté,
 - un chargé d'hygiène, santé et sécurité,
 - un chargé d'environnement.

2.3. Politique de la maintenance adoptée par Masen Services

La politique de maintenance adoptée par Masen Services repose sur les quatre critères suivants qui définissent le mode de gestion des infrastructures :

- La fréquence des opérations de maintenance : Plus la fréquence est très importante, plus Masen Services ont tendance à internaliser les modalités de la gestion.
- La coordination des différents développeurs : Plus celle-ci est importante plus l'entreprise aura tendance à internaliser les modalités de gestion.
- Importance des investissements liées à l'exploitation et la maintenance : Plus ils seront importants plus Masen Services aura tendance à externaliser les modalités de gestion dans le cas contraire on les internalise.
- Niveau de l'expertise requis : Externaliser les modalités de gestion si ce dernier est très important.

En analysant l'organigramme de Masen Services, nous constatons que cette dernière ne dispose pas de techniciens formés pour garantir les opérations de maintenance des infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate et ceci que ce soit une maintenance préventive ou corrective. Le recours à la sous-traitance de la maintenance s'avère donc la solution, autrement dit externaliser les modes de gestion de la maintenance des infrastructures communes.

- **Gestion du système d'adduction en eau :**

Masen Services compte externaliser les modalités de gestion de la maintenance de toutes les composantes du système d'adduction en eau brute du complexe solaire d'Ouarzazate vu que :

- Le service structurant, nécessitant une expertise métier et des investissements importants.
- Les différentes disciplines nécessaires (mécaniques, électrique, soudure, télégestion,...)
- Les coûts importants associés à l'internalisation, sans garantie de la qualité du service rendu.

Ce mode de gestion externe va être garanti par un accord-cadre considéré comme marché entre Masen Services et l'ONEE, ou avec des contrats de sous-traitance avec des micro-entreprises. Par contre le mode de gestion de l'approvisionnement en eau, de facturation et comptage et de coordination avec l'agence du bassin hydraulique va être assuré par Masen Services elle-même vu que :

- Le service partagé au sein du site, nécessitant une coordination d'ensemble.
- Le service ne nécessitant pas de compétences spécifiques
- Le service ne nécessitant pas de compétences importantes (lié à la gestion de l'approvisionnement)
- Masen services, interlocuteur des autorités locales

- **Gestion des routes :**

Masen Services compte externaliser les modalités de gestion de la maintenance des routes vu :

- Le service nécessitant opérations ponctuelles.
- Le service nécessitant des qualifications spécifiques et des moyens importants.

Ce mode de gestion externe sera garanti par des contrats de sous-traitance entre Masen Services et des micro-entreprises locales.

D'autre part la gestion du trafic et la gestion de l'interface avec la Direction Provinciale de l'Équipement et des Transports (DPET) vont être internalisées et donc assurées par Masen Services.

- **Gestion des fossés de drainage :**

Masen Services compte externaliser les modalités de gestion de la maintenance des fossés de drainage vu :

- Les fréquences annuelles, variables en fonction des précipitations pluviales.
- Les coûts importants liés à l'acquisition des engins et équipements nécessaires.

Ce mode de gestion externe va être garanti par des contrats de sous-traitance entre Masen Services et des micro-entreprises.

- **La clôture :**

Masen Services compte externaliser les modalités de gestion de la maintenance de la clôture du complexe solaire, même si ces dernières sont relativement simples et leurs coûts sont faibles ce qui est dû à la non disponibilité d'une équipe de techniciens qui va assurer ces opérations simples de maintenance.

Conclusion :

Le recours à la sous-traitance s'inscrit dans le cadre de la politique de maintenance de Masen Services. Ce recours à la sous-traitance fait l'objet d'une approche globale qui implique la maintenance des infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate. Cette politique comprend une définition et une identification des activités à sous-traiter résumée comme suivant :

- Exploitation et maintenance du système d'adduction en eau brute ;
- Maintenance des routes ;
- Entretien des fossés de drainage ;
- La clôture.

N'empêche Masen Services doit contrôler la fonction maintenance et assurer un suivi et vérification de chaque intervention faite. Et donc la gestion des différents prestataires et le suivi du respect des cahiers des charges. Pour assurer un bon suivi, il faut organiser le suivi des affaires sous-traitées. Pour ce faire il est nécessaire d'intégrer un plan d'assurance qualité qui doit être respecté par les prestataires, et de mettre en place des indicateurs de performance pour évaluer la performance de la maintenance.

Chapitre 3 : Elaboration des contrats de maintenance

Introduction

Le contrat de maintenance est un contrat fondamental qui régit notamment le contenu des prestations et les obligations des parties en matière de maintenance. Les maîtres d'ouvrage ont intérêt à spécifier leurs propres clauses de maintenance lorsque cela est possible.

En tant que gestionnaire des infrastructures communes du complexe, Masen Services est amenée à suivre une méthodologie dans le but d'élaboration des cahiers de charges, lancement et suivi des prestations de maintenance effectuées par des entreprises tiers. C'est dans cette optique que nous avons traité ce volet dans le projet de fin d'études pour proposer au service maintenance le processus de la sous-traitance adéquat à suivre et le positionnement ainsi que l'intérêt de l'application GMAO développée dans le suivi de la performance de la sous-traitance.

1. Elaborer des cahiers des charges précis pour les prestations externes

Chaque jour, davantage de travaux sont sous- traités. La relation avec l'entreprise chargée de l'exécution est réglée par un (ou plusieurs) contrats. Il a pour but de clarifier les obligations et les devoirs de chacun dans la réalisation d'un travail de maintenance. Ce contrat doit aussi avoir une vocation organisatrice.

En effet, si une tâche de maintenance est réalisée de manière interne, nos principes d'organisation nous ont conduits à lui associer des actions de suivi technique, de planification, de préparation, de gestion des outillages... A partir du moment où la décision de faire est prise, il convient de conserver la même maîtrise technique que la maintenance. Pour cela, le contrat devra comporter des clauses sur la documentation, sur la gestion des pièces de rechange, sur les historiques... de telle manière que la défaillance d'un sous- traitant n'affecte en rien la maintenance d'un bien industriel.

Le contrat devient donc un outil d'organisation de maintenance, générateur d'ordre, de bon fonctionnement et de bons résultats. Il constitue la base du suivi des équipements et de l'évolution permanente de la qualité des fournisseurs. Sa place est, par conséquent, au centre de l'organisation maintenance. Un contrat sera de qualité à partir du moment où il saura allier des deux caractéristiques suivantes : convention entre partenaires et procédure d'organisation. Nous ne aurions trop insisté sur la nécessité d'élaborer avec beaucoup de soin les contrats de

maintenance qu'ils soient pour travaux individuels ou qu'ils soient contrats pour la maintenance d'un bien ou la réalisation d'un type particulier de prestations.

1.1. Formaliser les trois étapes qui conduisent au contrat

La formulation contractuelle d'une (ou plusieurs) prestation de maintenance est l'aboutissement d'un processus en trois étapes : descriptif, cahier des charges et contrat.

La première étape conduit à exprimer le besoin. Cette étape n'a pas lieu d'être lorsqu'il s'agit de reconduire ou renégocier un contrat pour une prestation déjà fournie.

Plus l'imprécision est grande, plus l'absence de connaissances est flagrante, plus l'enjeu est important, et plus il convient d'élargir ce «concours d'idées» à un grand nombre de fournisseurs potentiels. Le descriptif est limité à quatre points :

- les objectifs visés ;
- l'état des lieux, autrement dit le cadre dans lequel se réalisera le travail ou l'inventaire détaillé des biens sur lesquels portera l'action de maintenance ;
- les résultats que l'on souhaite obtenir ;
- l'état d'esprit client que l'on offre (partenariat, assurance de la qualité...).

Le tri des candidats est un préalable à l'appel d'offres qui est effectué au vu d'un cahier des charges plus classique.

La deuxième étape : conduit à établir un cahier des charges qui formule avec une grande précision les prestations. Il est élaboré de façon à mettre à égalité de chances les propositions des entreprises consultées et à faciliter la comparaison des offres.

La tendance est de formaliser les prestations avec des obligations des moyens. Nous pensons, en ce qui concerne les contrats de maintenance, qu'il est préférable de combiner obligation de moyens et obligation de résultats. En effet, de par la nature même de l'activité maintenance, le client doit définir les résultats à obtenir, les objectifs visés ; le fournisseur doit offrir et proposer les moyens pour les atteindre. L'accord se reflète dans un contrat qui précise les résultats attendus et les moyens convenus pour les atteindre.

Le résultat se définit par les objectifs techniques et économiques à atteindre. La meilleure solution consiste à regrouper ces informations dans un protocole de réception définissant les niveaux d'exigences associés aux prestations ainsi que le processus de vérification de leur obtention.

La troisième étape : est constitué par l'élaboration du contrat soit sous forme de bon de commande associé au cahier des charges, soit en intégrant le cahier des charges dans un marché

ou une convention. L'établissement d'un contrat est une bonne occasion de rapprocher le client et le fournisseur. L'élaboration en commun de celui-ci est un gage de réussite et le succès est conditionné par une acceptation implicite des clauses : quelle meilleure manière que celle qui consiste à les élaborer ensemble, c'est le début du partenariat.

1.2. Organiser le suivi des affaires sous-traitées

Le service maintenance doit s'organiser pour surveiller, en particulier, l'ouverture et l'aménagement des chantiers, l'application des dispositions légales (déclarations, registres, affichages...) l'organisation des rendez-vous de chantier, et surtout la réception formelle des travaux (procès-verbal de réception systématique). Un chargé du suivi des travaux doit être désigné.

Les procédures d'établissement et de suivi des dossiers d'affaires sous-traitées doivent être claires et au point. Le système de classement des dossiers sera précis et rigoureux et chaque dossier sera décomposé selon une structure prédéfinie.

2. Faire appel à des sous-traitants de qualité

Le service maintenance est généralement responsable de la gestion des sous-traitants. Chaque travail sous-traité est à considérer comme une affaire avec un responsable désigné qui est l'interlocuteur du fournisseur. Sa mission comporte, outre la surveillance des travaux réalisés par l'entreprise, l'évaluation permanente de la maintenance et l'établissement d'une relation sans faille.

Bien connaître les entreprises prestataires :

Pour suivre les sous-traitants, l'instrument de travail de base sera le fichier fournisseurs. Informatisé ou manuel, partagé avec le service maintenance, cet outil doit permettre une connaissance et un suivi rigoureux.

Pour évaluer en permanence les entreprises de maintenance ou de travaux, fiche à tenir à jour comporte les informations suivantes :

- Les renseignements signalétiques du fournisseur ;
- Les données de positionnement de celui-ci : qualité/ prix/ service/ délai/ sécurité ;
- Son importance tant en termes de part dans nos achats de maintenance que par le chiffre d'affaires qu'il nous consacre ;

- les spécificités en termes de domaines de prestations couverts et de moyens particuliers dont il dispose ;
- L'historique des négociations et contrats qui ont été traités avec lui.

Le suivi et l'évaluation d'une entreprise de maintenance repose sur les cinq critères majeurs évoqués ci-avant : prix, qualité, délai, sécurité et service rendu. Chacun de ces cinq critères peut être décomposé en sous-critères.

Pour le prix :

- Niveau de prix par rapport aux concurrents,
- Méthode de décomposition et de présentation des prix,
- Fiabilité des prix annoncée,
- Souplesse dans les conditions de paiement,
- Solidité.

Pour le délai :

- Respect des délais contractuels,
- Niveau de délai offert par rapport aux concurrents,
- Rapidité d'intervention,
- Aptitude à évaluer des durées,
- Aptitude à planifier.

Pour la qualité :

- Qualité habituelle des prestations,
- Compétence technique du personnel,
- Retouches et reprises de travaux (faire bien du premier coup),
- Qualité des moyens et matériels utilisés,
- Apport technique,
- Organisation de la fonction qualité,
- Qualité de sous-traitants utilisés,
- Conformité aux normes des prestations.

Pour la sécurité :

- Respect de réglementation en vigueur,
- Mise en exergue de la sécurité dans toute intervention,
- Comportement sécuritaire du personnel,

- Formation à la sécurité,
- Couverture des risques par les assurances.

Pour le service rendu :

- Service fournis hors contrat,
- Climat social et état d'esprit des intervenants,
- Disponibilité/ flexibilité vis-à-vis des demandes,
- Fourniture et mise à jour des documents techniques,
- Professionnalisme des technico-commerciaux.

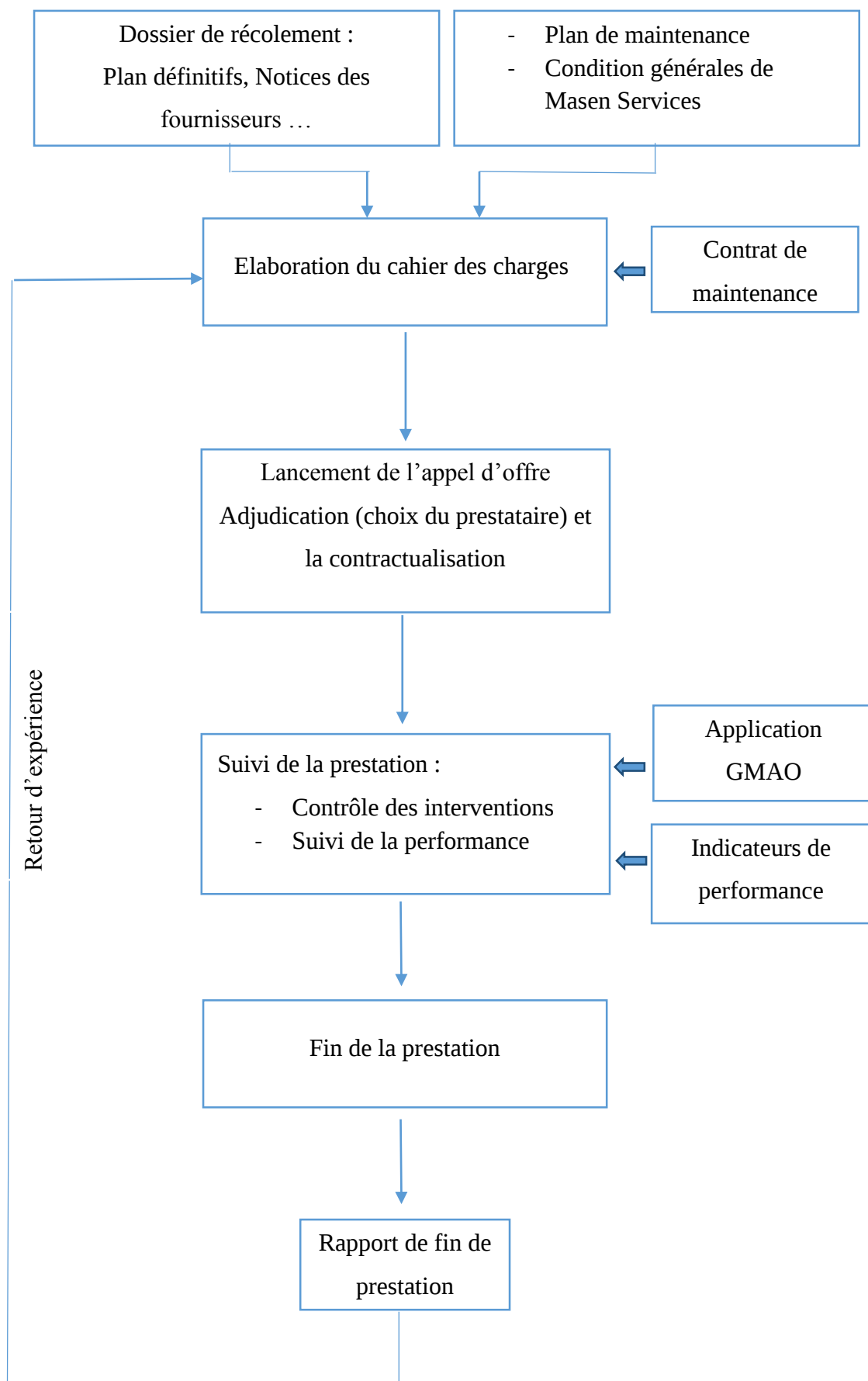


Figure 3.8 : Processus de la sous-traitance

Conclusion :

Le développement de la sous-traitance ne doit pas conduire à négliger les utilisateurs des installations entretenues. Ces derniers ont leur mot à dire à propos des entreprises intervenantes. Il importe que la maintenance puisse tenir en compte tous les manquements du fournisseur afin de réorienter en conséquence les consultations et négociations ultérieures. Le suivi peut être réalisé fournisseur par fournisseur à l'aide d'une fiche de suivi permettant à chaque utilisateur d'exprimer son niveau de satisfaction.

Chapitre 4 : Identification des indicateurs de performance

Introduction :

La fonction maintenance a pris une dimension nouvelle. Elle est de plus en plus considérée comme une fonction clé qui contribue pleinement à la bonne performance d'une entreprise.

Pour rester compétitif et piloter l'organisation de la maintenance, il est donc nécessaire d'ausculter régulièrement la fonction maintenance et pour ceci il faut sélectionner et mettre en place des indicateurs pertinents de mesure de la performance de la fonction maintenance, ces indicateurs de performances seront regroupés dans un tableau de bord, en vue d'améliorer, voire de construire une organisation plus efficace.

1. Tableau de bord

Le tableau de bord (appelé aussi le tableau de pilotage) est un ensemble d'indicateurs de pilotage, construits de façon périodique, à l'intention du responsable, afin de guider ses décisions et ses actions en vue d'atteindre les objectifs de performance.

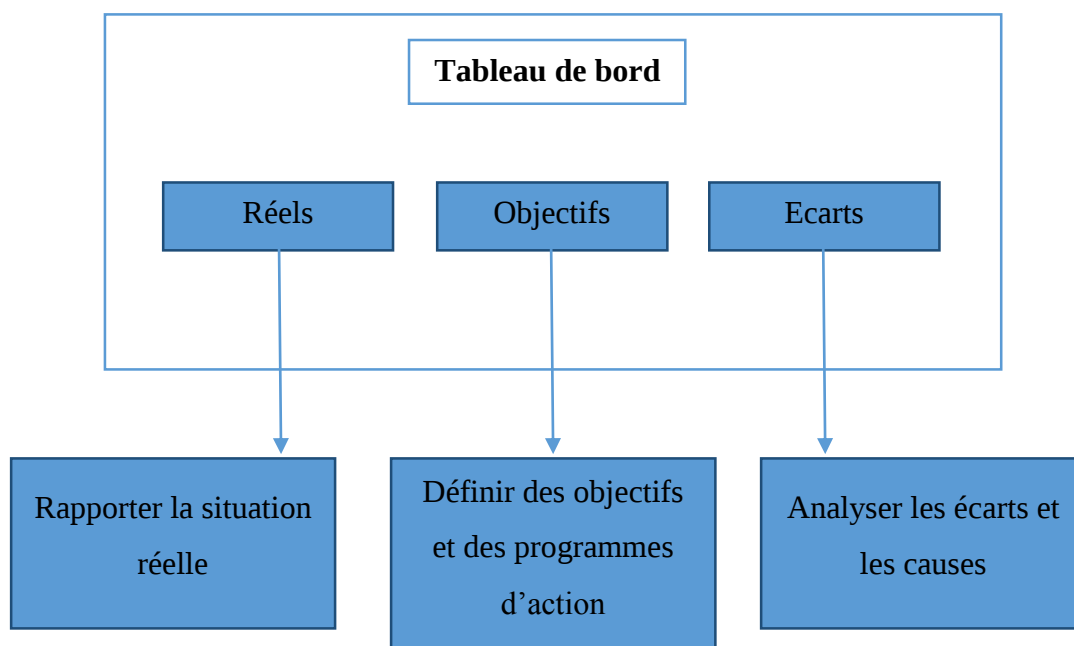


Figure 3.9 : Le tableau de bord une gestion contrôlés

Le tableau de bord (figure3.10) :

- Permet le contrôle de gestion en mettant en évidence les performances réelles et potentielles et les dysfonctionnements.
- Est un support de communication entre responsables.
- Favorise la prise de décision, après analyse des valeurs remarquables, et la mise en œuvre des actions correctives.
- Peut être un instrument de veille permettant de déceler les opportunités et risques nouveaux.

La structure et le contenu du tableau de bord dépendent de :

- L'entreprise, son activité, sa taille.
- L'environnement : marché, concurrence, conjoncture.
- Responsable auquel il s'adresse : son champ de responsabilité et d'intervention.

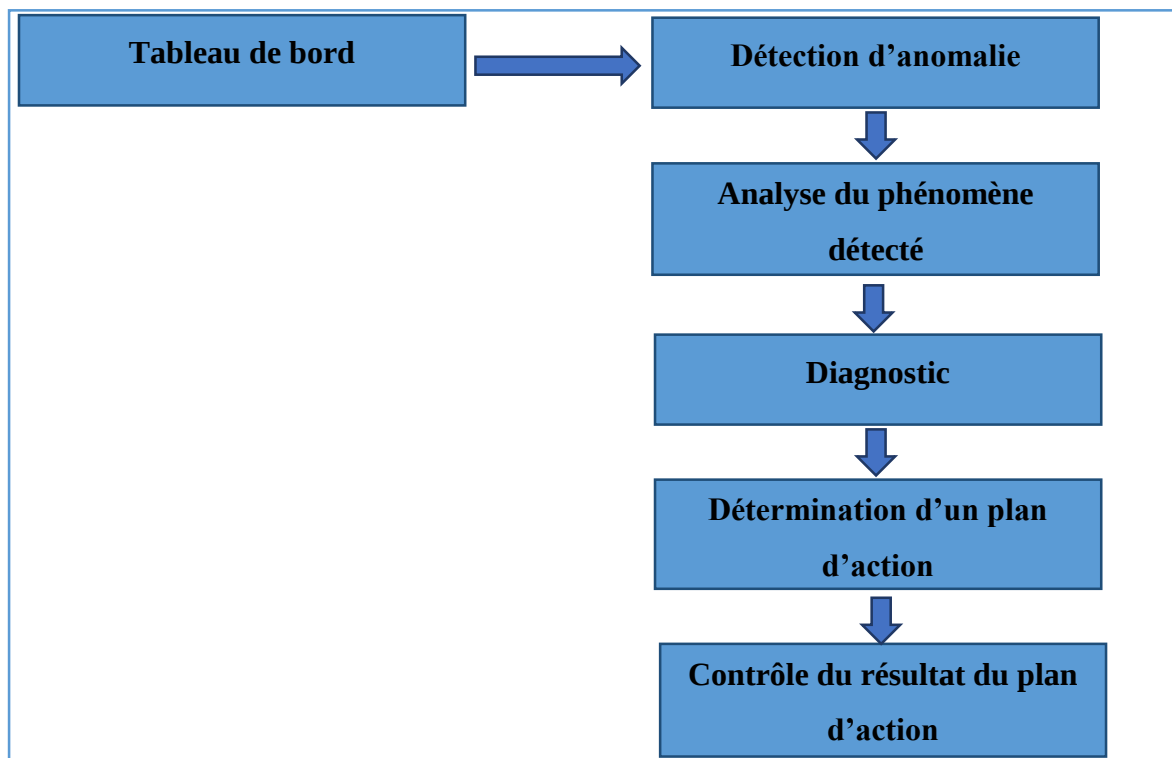


Figure 3.10 : le tableau de bord un instrument de pilotage

Un tableau de bord offre une vision multidimensionnelle de la performance, c'est ce qui en fait sa pertinence, contrairement aux autres outils de suivi de réalisation. D'autre part la mission d'un tableau de bord est d'également de doter l'organisation d'un système d'information en permettant à chaque responsable de disposer d'indicateurs synthétiques. Le responsable peut ainsi comparer les performances réelles de la maintenance aux objectifs fixés et ainsi réagir en conséquence à son niveau. En fait, comme le résume les figure 3.9 et 3.10, le tableau de bord

constitue le pivot de la gestion prévisionnelle et contrôlée puisqu'il compare en permanence les réalisations aux prévisions afin de susciter la réaction des managers.

2. Indicateurs de performance

2.1. Définition

Un indicateur de performance (ou KPI : Key Performance Indicator) est une mesure financière et non financière utilisée pour mesurer le progrès vers l'atteinte d'un objectif organisationnel prédéfini. Une fois qu'une organisation a analysé sa mission, identifié l'ensemble de ses intervenants et défini ses objectifs, il est nécessaire de mettre en place la mesure du progrès vers l'atteinte de ces objectifs.

Les indicateurs de performance sont les mesures quantifiables, validées, qui reflète les facteurs clés de succès d'une entreprise, ils sont différents selon les organisations et quels que soient ces indicateurs choisis par l'organisation, ils sont le reflet des objectifs de celle-ci.

2.2. Indicateurs de performance de Masen Services

Le contrôle d'activité est une nécessité pour la maintenance dans la mesure où il permet l'évaluation du service dans le but de détecter ses points forts et ses points faibles et prendre les décisions qui s'imposent. C'est dans cette perspective que nous avons élaboré un tableau de bord de gestion courante qui traitera les facettes suivantes de la maintenance :

- Les coûts de maintenance.
- La performance.
- L'organisation de l'activité.

Pour ce faire, nous ferons appel à plusieurs indicateurs que nous présenterons dans ce qui suit :

➤ Indicateur de fiabilité

La Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement (M.T.B.F) est l'indicateur calculé pour exprimer le temps moyen entre deux pannes consécutives. Il se calcule en utilisant la formule suivante :

$$MTBF = \text{Somme des Temps de Bon Fonctionnement} / \text{nombre de défaillances}$$

Le dividende inclut les temps d'arrêt hors défaillance et les temps de micro arrêts.

Nous obtenons le taux de défaillance λ en inversant le MTBF, ce qui donne que :

$$\lambda = 1/MTBF$$

➤ **Indicateur de maintenabilité**

La maintenabilité est une caractéristique précisant la facilité et la rapidité avec lesquelles un système peut être remis en un état de fonctionnement total avec une fiabilité correspondant à son âge. Pour mesurer la maintenabilité d'un système, nous avons recours à l'indicateur Temps moyen pour réparer, MTTR qui exprime la moyenne des temps de tâches de réparation. Il se calcule par la formule suivante :

$$MTTR = \text{Temps d'arrêt total} / \text{Nombre d'arrêt}$$

Le temps d'arrêt total représente la somme :

- Des temps actifs qui regroupent les temps de localisation de la défaillance, de diagnostic, d'intervention et de contrôle et essais.
- Des temps annexes qui regroupent les temps de détection, d'appels à la maintenance, d'arrivée de la maintenance et propre à la logistique d'intervention.

Le taux de réparation μ est par conséquent l'inverse du MTTR soit :

$$\mu(\text{taux de réparation}) = 1 / MTTR$$

➤ **L'indicateur de disponibilité**

Cet indicateur exprime la probabilité qu'un équipement (ou système) soit en état d'accomplir sa fonction à un instant donné. Il se calcule à partir des deux indicateurs précédents :

$$\text{Taux de disponibilité} = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

Nous allons aussi mettre en avant les indicateurs afin de contrôler et de mesurer la performance des activités et prestations de Masen Services dans le cadre de la délégation globale de la gestion de la maintenance des infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate.

L'objectif principal est de garantir des prestations conformes aux engagements contractuels pris par Masen auprès des différents intervenants sur site, et pour ceci ces indicateurs doivent :

- Evaluer et Suivre les prestations de Masen services
- Identifier les écarts par rapport aux exigences fixées
- Actionner les mesures correctives / de progrès pour des prestations de qualité

2.3. Indicateurs de performance des infrastructures communes

Les indicateurs retenus pour le suivi de la fonction maintenance des infrastructures communes du complexe sont décrits dans ce qui suit :

- Pour le système d'adduction ces indicateurs permettent d'avoir une idée sur la continuité du service ainsi que la qualité et la quantité de l'eau livrée :
 - Nombre de jours de fourniture d'eau en continu au complexe par an : Barrage vers Réservoirs (Nombre de jours en mode normal / 365).
 - Evolution nombre d'intervention de maintenance curative (nombre d'anomalie).
 - Evolution coût d'intervention de maintenance curative (coût des interventions).
 - Durée cumulée annuelle du mode dégradé (en heures).
 - Délai moyen de traitement des anomalies (interruptions en eau).
 - Nombre de jours où le débit convenu avec le développeur est respecté par an : Réservoirs vers Centrales.
 - Degré de respect des caractéristiques de la qualité l'eau (MES).
- Pour les routes :
 - Délai moyen pour accéder au site.
 - Qualité de gestion du trafic en cas de convois spéciaux.
 - Délai moyen consommé pour fluidifier les congestions au sein du complexe le cas échéant.
- Pour les bâtiments :
 - Evolution nombre d'intervention de maintenance curative.
 - Délai d'intervention moyen pour la réparation des pannes pour les utilisateurs au sein des bâtiments.
 - Pourcentage de gain en efficacité énergétique par rapport aux objectifs de consommation énergétique définis par la réalisation.
- Pour la santé, sécurité et sûreté :
 - Nombre d'accidents relevé au sein du complexe.
 - Délai moyen d'intervention pour apporter l'assistance nécessaire en cas d'accidents.
 - Le pourcentage de traitement des incidents.
 - Disponibilité totale du système de sûreté : pourcentage du temps de fonctionnement.
 - Nombre d'incidents de sûreté.
 - Pourcentage de traitement.

Tableau 3.6 : Indicateurs de performance pour le système d'adduction

Sujet		Indicateur	Formule de calcul	Cible	Périodicité
Eau	Continuité du service	Nombre de jours de fourniture d'eau en continu au complexe par an : Barrage vers Réservoirs	Nombre de jours en mode normal / 365	100%	Annuelle
		Evolution nombre d'intervention de maintenance curative	Nombre d'anomalie par type	xx U	Trimestrielle
		Evolution coût d'intervention de maintenance curative	Coût moyen par intervention	xx Dhs	Trimestrielle
	Qualité et quantité d'eau livrée	Durée cumulée annuelle du mode dégradé (en heures)	Procédure de gestion du mode dégradé à mettre en place par le comité de coordination		
		Délai moyen de traitement des anomalies (interruptions en eau)	* Heure de résolution - Heure de constatations * % des anomalies traitées dans les délais (respect des cibles)	6H 100%	Trimestrielle
		Degré de respect des caractéristiques de la qualité l'eau (MES)	Taux de concentration des MES	Inférieur à 2 g/l	Trimestrielle
		Nombre de jours où le débit convenu avec le développeur est respecté par an : Réservoirs vers Centrales	Nombre de jrs avec débit respecté / Nombre de jrs en Mode Normal Débit minimum journalier xx l/s	nombre de Jours théorique de fonctionnement 120 l/s	Trimestrielle

Tableau 3.7 : Indicateurs de performance pour les routes et bâtiments

Sujet		Indicateur	Formule de calcul	Cible	Périodicité
Routes	Gestion des flux/ circulation	Délai moyen pour accéder au site	Heure arrivé - Heure Départ	xx Min	Trimestrielle
		Délai moyen consommé pour fluidifier les congestions au sein du complexe le cas échéant	Heure fin - Heur début	xx Min	Trimestrielle
		Qualité de gestion du trafic en cas de convois spéciaux	- Nombre de Convois Spéciaux - Délai moyen d'accès des convois spéciaux	xx Convois xx Min	Trimestrielle
Bâtiments	Etat des bâtiments	Evolution nombre d'intervention de maintenance curative	Nombre de réparation ou nombre d'intervention d'entretien	xx U	Semestrielle
		Délai d'intervention moyen pour la réparation des pannes pour les utilisateurs au sein des bâtiments	*Date (Heure) réparation – date (heure) réclamation	H, J	Semestrielle
		% de gain en efficacité énergétique par rapport aux objectifs de consommation énergétique définis par la réalisation	Consommation en KWh / m2	XX KWh/m2	Annuelle

Tableau 3.8 : Indicateurs de performance pour la santé, sécurité et sûreté

Sujet		Indicateur	Formule de calcul	Cible	Périodicité
Santé et sécurité		Nombre d'accidents relevé au sein du complexe	Nombre d'accidents	0	Trimestrielle
		Délai moyen d'intervention pour apporter l'assistance nécessaire en cas d'accidents	Heure d'intervention - Heure déclaration	xx Min	Trimestrielle
		le % de traitement des incidents	Nombre d'incidents traités / Nombre total d'incidents	100%	Trimestrielle
Sûreté	Performance du système de sûreté	Disponibilité totale du système de sûreté : % du temps de fonctionnement	(1 - temps des pannes/ temps total)	xx %	Trimestrielle
		Nombre d'incidents de sûreté	Nombre d'incidents	xx U	Trimestrielle
		% de traitement	Nombre d'incidents traités / nombre d'incidents total	0	Trimestrielle

3. Le suivi et la surveillance de la maintenance à travers un tableau de bord.

Pour assurer une maintenance efficace, le tableau de bord et son analyse aident les responsables à identifier des améliorations possibles et des économies potentielles) il permettra en outre de contrôler les prestations des intervenants. Grâce au tableau de bord, les responsables auront une vision directe des travaux en cours, des risques possibles et des retards dans l'exécution. Nous avons été amenés à proposer un tableau de bord de maintenance qui vas permettre un suivi de la fonction maintenance et ses performances et qui sera par la suite intégré dans l'application GMAO que nous développons le chapitre suivant. Pour ceci nous avons adapté les indicateurs de performance retenus au service de maintenance de Masen Services (Figure 3.11).

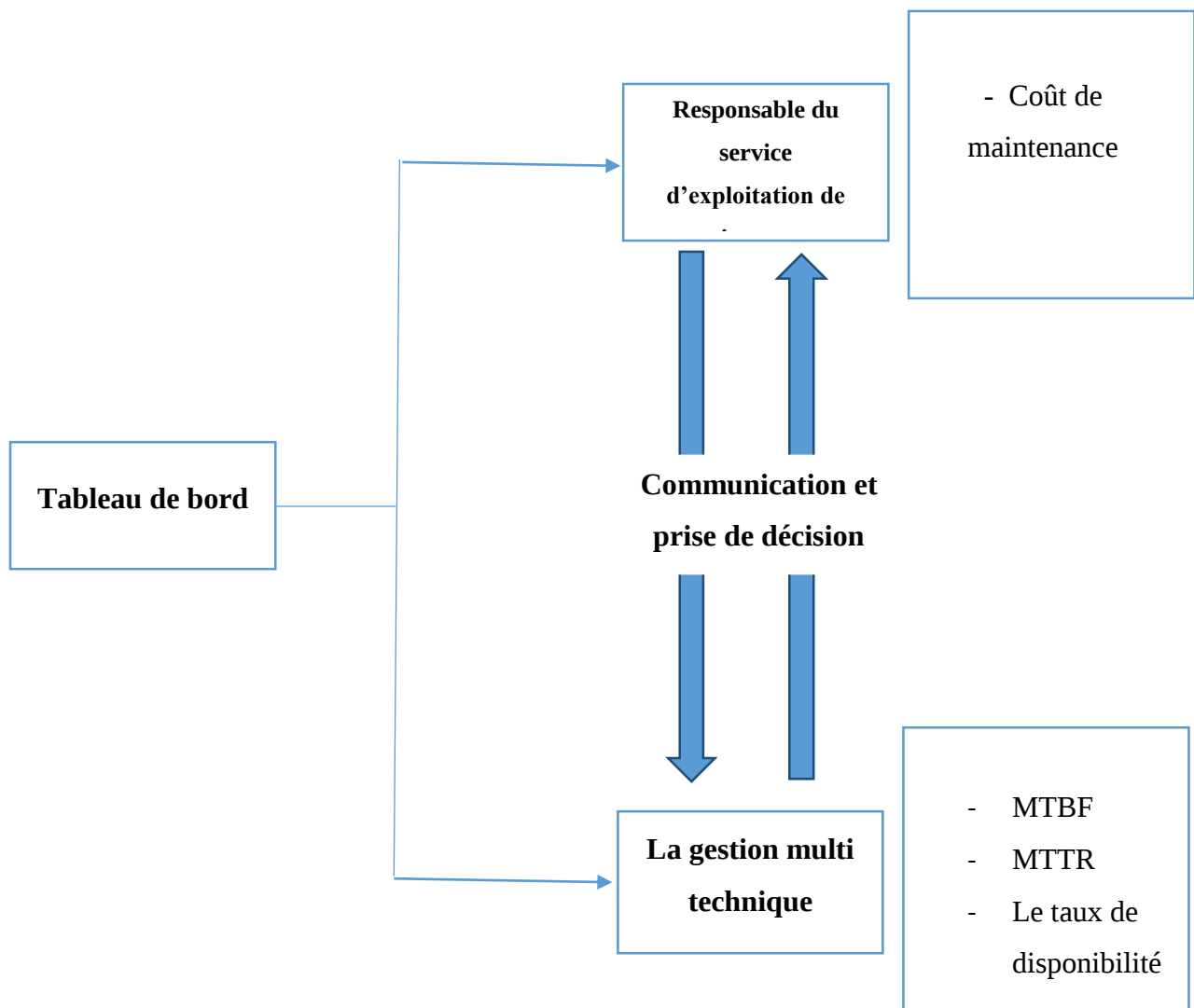


Figure 3.11 : Tableau de bord

Conclusion

Le tableau de bord est outil très important dans la maîtrise de la performance de la maintenance, son importance s'avère plus intense dans notre cas vu que Masen Services recours à une maintenance sous-traitée d'où l'obligation du suivi de l'activité des sous-traitants afin de piloter sa performance et diriger efficacement l'exploitation de la maintenance.

Le tableau de bord permet aussi de suivre les prestations engagées dans le cadre de la délégation globale des infrastructures afin de donner une visibilité à Masen sur les activités menées sur site.

Chapitre 5 : Développement d'une application GMAO

1. Elaboration d'un cahier des charges pour l'application GMAO

1.1. Définition et objectif d'un cahier des charges

Le cahier des charges se définit comme un acte, un document de référence qui permet à un dirigeant d'entreprise de préciser les conditions, les règles et les exigences d'une mission, d'une intervention, d'un travail à accomplir ou d'une tâche à exécuter par un consultant en management, en vue de résoudre un problème spécifique ou d'améliorer une situation donnée, tout en déterminant les résultats attendus.

Le cahier des charges est une demande de service détaillée, élaborée de façon à protéger les intérêts du dirigeant d'entreprise et à améliorer la qualité de l'offre présentée par le consultant.

Il permet plus particulièrement de :

- définir précisément le problème ou la situation à améliorer.
- identifier clairement les besoins de l'entreprise.
- préciser les objectifs de l'intervention et les résultats attendus.
- établir les règles et les exigences de base pour la réalisation de l'intervention.
- obliger la société-conseil et ses conseillers à préciser les services à fournir et les biens livrables.
- présenter les éléments d'une entente pouvant lier les deux parties.
- servir de document de référence pour éviter les problèmes d'interprétation et les outils.
- définir les responsabilités et les rôles respectifs des parties engagées dans l'intervention.

1.2. Contenu d'un cahier des charges :

Un cahier des charges doit contenir les axes suivants :

- le contexte du projet ;
- l'expression du besoin ;
- les fonctionnalités souhaitées ;
- le gain tangible attendu de la réalisation du projet.

1.3. Cahier des charges.

1.3.1. Contexte du projet

- Description générale du projet

L'efficacité de la maintenance, qu'elle soit intégrée ou externalisée, passe par la maîtrise des équipements, de ses pièces de rechange, de la documentation et de l'historique des événements. Tout cela n'est possible qu'à condition de posséder une base de données bien structurée dans le progiciel de GMAO. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'objet de ce cahier des charges qui est de définir la liste des fonctionnalités à développer afin de disposer d'une application permettant de gérer complètement le suivi de la fonction maintenance des infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate, autant pour ce qui est de la gestion des équipements et des interventions.

- Les acteurs du projet

Le projet implique les acteurs du service maintenance au sein de l'agence, car ils sont concernés de la gestion de la maintenance des infrastructures communes du complexe et qui sont :

- un responsable du service maintenance
- deux ingénieurs en gestion multi techniques
- deux ingénieurs en gestion des bâtiments

1.3.2. Expression des besoins

- Présentation de la problématique :

Les méthodes traditionnelles de la gestion et la maîtrise de la dégradation et vieillissement des équipements des infrastructures communes semblent mal maîtrisées la chose. De plus ces méthodes ont atteint leurs limites en termes d'efficacité. Il faut donc orienter les efforts et les priorités vers une meilleure exploitation de la maintenance et sa gestion à travers le développement d'une approche de gestion durable basée sur l'intégration des techniques appropriées et de l'outil informatique dans le suivi et la gestion de la maintenance.

- Le besoin :

Le responsable du service maintenance de Masen Services a exprimé son intérêt pour l'amélioration de la gestion de la maintenance à travers le développement d'une application informatique qui va faciliter la gestion des équipements et des interventions des infrastructures communes.

1.3.3. Fonctionnalités souhaitées.

Parmi les fonctionnalités à remplir par l'application qui sera développée par la suite, nous pouvons citer ce qui suit :

- **La gestion des équipements :**

Pour maintenir un bien il va falloir d'abord connaître ce bien avant de décider puis agir sur ce dernier, pour ceci l'application doit contenir une base de données qui inventorier les différents équipements ainsi que leurs caractéristiques techniques.

- **La gestion des interventions :**

L'application doit permettre la gestion des interventions, en spécifiant la durée d'intervention, l'intervenant, l'équipement qui a subi cette intervention et la description de cette dernière

- **la gestion de la sous-traitance :**

Pour garantir un suivi performant de la fonction maintenance externalisé il faut gérer les contrats de sous-traitance ainsi que les rapports soumis après chaque intervention.

- **La gestion des pièces de rechange :**

Il faut gérer les pièces de rechange leurs quantités ainsi que leurs fournisseurs.

- **L'interface d'utilisation :**

L'interface d'utilisation va faciliter le contrôle et la gestion de la maintenance qui est décrite par les différentes fonctionnalités mentionné en dessus, cette interface va permettre la création, la suppression ou la modification des éléments de base des données (équipements, interventions,...) ainsi que l'enregistrement de ces modifications dans la base des données.

1.3.4. Gains tangibles attendus par la réalisation du projet

Cette application a pour rôle de faciliter le contrôle et le suivi de la fonction maintenance des infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate, vu le caractère externe de cette maintenance afin de permettre au service maintenance de Masen Services la prise des décisions.

2. Présentation de l'application GMAO

Introduction :

En une vingtaine d'années, la gestion de maintenance a beaucoup évolué et les logiciels de GMAO ne sont plus de simples « répertoires informatisés » listant les équipements à maintenir, mais de véritables centres de profits permettant de gérer toutes les activités de maintenance

(équipements stocks, personnel, interventions, ...) et d'accroître la disponibilité des équipements de production.

En effet, les logiciels de GMAO sont organisés autour d'une base de données permettant de programmer et de suivre toutes les activités d'un service maintenance sous les trois aspects : techniques, budgétaires et organisationnels.

Cette partie constitue la dernière phase de ce projet et elle consiste à la mise en place d'une application de GMAO. Pour ce faire nous allons présenter brièvement l'application que nous avons développée ainsi que ses fonctionnalités.

2.1. Outils software utilisés

Afin de développer l'application GMAO nous avons utilisé les deux softwares suivants :

- **SQL server** : qui est un système de gestion des bases de données relationnelles développé par Microsoft, ce système est exclusivement disponible sur l'environnement Windows ;
- **Visual basic (VB.net)** : *Visual Basic* est un langage de programmation de haut niveau, de style orienté objets, conçu par la compagnie Microsoft qui a adapté le langage BASIC à la programmation du système d'exploitation Windows. Le VB est donc le logiciel utilisé pour la conception de l'interface d'utilisation.

2.2. Le schéma de la base de données :

La figure 3.12 représente l'architecture générale de la base de données, qui contient les différentes tables introduits qui vont servir comme champs de stockage des données par la suite.

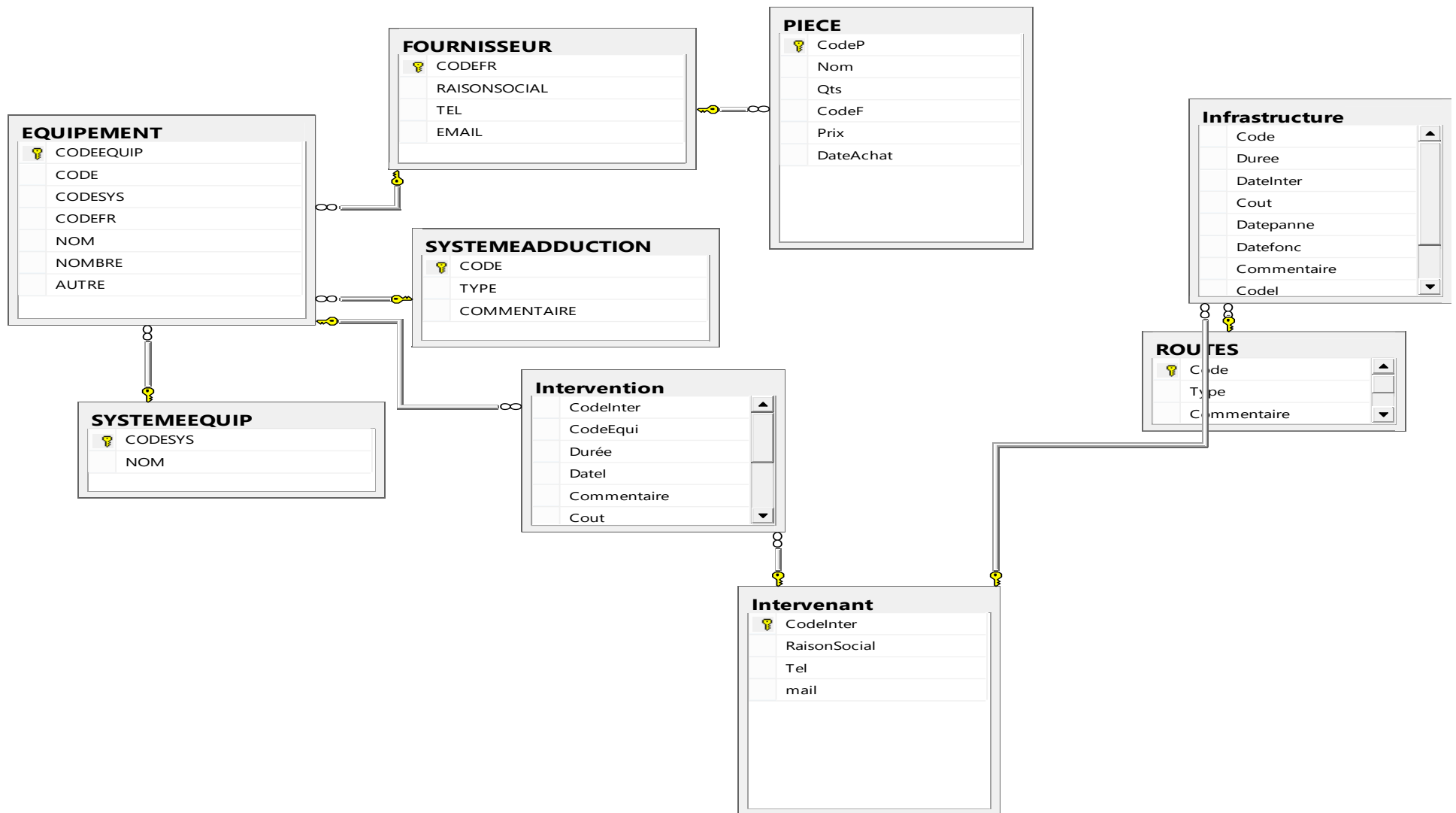


Figure 3.12 : Architecture générale de la base de données

2.3. Présentation de l'application GMAO

2.3.1. Accès à l'application :

L'accès à l'application est sécurisé il se fait par le biais d'un mot de passe (figure 3.13).

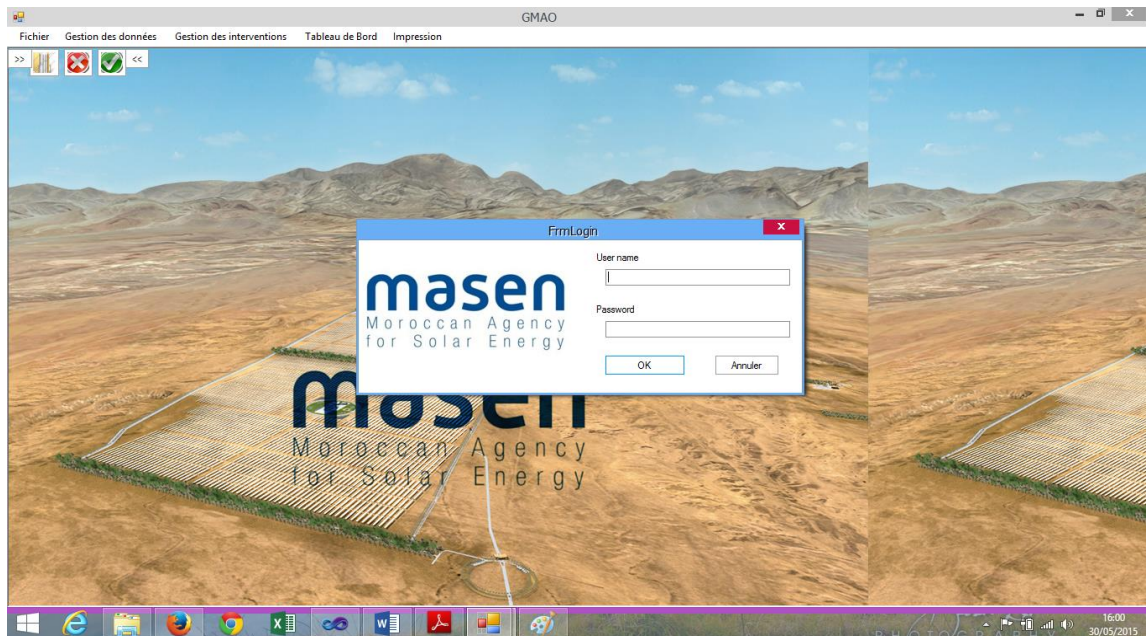


Figure 3.13 : Barre d'accès

2.3.2. Formulaire d'accueil :

Une fois l'identifiant validé, la page d'accueil (figure 3.14) apparaît, permettant l'accès à 5 fonctionnalités qui sont :

- Fichier
- Gestion des données
- Gestion des interventions
- Tableau de bord
- Impression

Ainsi que trois boutons d'accès rapides qui sont :

- Le bouton quitter qui permet de quitter l'application
- Le bouton Sauvegarder qui permet de sauvegarder une copie de la base de données, et pour ceci il faut créer un dossier nommé « gmao » dans le disk C d'ordinateur.

- Le bouton files qui permet l'accès rapide à la documentation qui peut être utile l'hors de l'utilisation de l'application.



Figure 3.14 : Formulaire d'accueil

2.3.3. Fichier



Figure 3.15 : Onglet fichier

L'onglet fichier du la figure 3.15 permet l'accès à trois fonctionnalité :

- Sauvegarder que nous avons vu dans les boutons d'accès rapide et qui permet la sauvegarde d'une copie de notre base de données
- Restaurer qui permet de restaurer notre base de données que nous avons sauvegardée.
- Quitter qui permet de quitter l'application

2.3.4. Gestion des données

Cet onglet (figure 3.16) contient quatre boutons et il permet la gestion des infrastructures communes, il permet donc la gestion des équipements du système d'adduction ainsi que la gestion des routes, fossés de drainage et clôture du complexe solaire d'Ouarzazate.



Figure 3.16 : Gestion des données

L'interface gestion des équipements

	Code d'équipement	Code de l'entité d'équipement	Nom d'équipement	Nombre	Commentaire
▶	OZPEMO01	13	Moteur	3	Puissance appar...
	OZPEPO01	13	Pompe	3	au niveau de la S...
	OZPEPO02	13	Pompe	3	au niveau de la S...
	OZPEPO03	13	Pompe	3	au niveau de la S...
	OZPEPS01	13	Pompe	3	pompes submersi...
	OZPEPS02	13	Pompe	3	pompes submersi...

Figure 3.17 : Gestion des équipements

Lorsqu'on clique sur le bouton « gestion des équipements » l'interface de la figure 3.17 s'affiche, cette interface permet la gestion des équipements du système d'adduction, elle permet l'ajout d'un nouvel équipement dans la base de données, ainsi que la modification de ces derniers et même leurs suppressions de la base de données.

Le bouton recherche permet d'afficher les informations d'un équipement dans les zones de texte dans l'interface.

2.3.5. Gestion des interventions



Figure 3.18 : Gestion des interventions

Cet onglet contient quatre fonctionnalités :

- Gestion des intervenants (figure 3.19) : il s'agit d'une interface qui permet de gérer les intervenants en cas d'intervention sur les équipements des infrastructures communes

CODE :

RAISON SOCIAL :

TEL :

E-MAIL :

Raison Social

	CodeInter	RaisonSocial	Tel	mail
►	1	Intervenant1	0666556655	intervenant1@g...
	2	Intervenant2	0666556656	intervenant2@g...
	3	Intervenant3	0666556657	intervenant3@g...
	4	Intervenant4	0666556658	intervenant4@g...
	5	Intervenant5	0666556659	intervenant5@g...

Figure 3.19 : Gestion des intervenants

- Gestion des fournisseurs (figure 3.20) : Il s'agit d'une interface qui permet la gestion des fournisseurs (fournisseurs des équipements du système d'adduction ou fournisseurs des pièces de rechanges)

CODE : NOM :

TEL : E-MAIL :

	CODEFR	RAISONSOCIAL	TEL	EMAIL
►	f1	fournisseur1	0666666666	fournisseu1@gm...
	f2	fournisseur2	0666666667	fournisseu2@gm...
	f3	fournisseur3	0666666668	fournisseu3@gm...
	f4	fournisseur4	0666666669	fournisseu4@gm...
	f5	fournisseur5	0666666670	fournisseu5@gm...
*				

Figure 3.20 : Gestion des fournisseurs

- Gestion des pièces de rechanges (figure 3.21) : permet l'ajout, la modification et la suppression des informations d'une pièce de rechange

CODE :

NOM :

QUANTITE (U) :

FOURNISSEUR :

PRIX (Dhs) :

DATE ACHAT :

	CodeP	Nom	Qts	CodeF	Prix	DateAchat
▶	1	Pièces 1	3	f1	3500	06/05/2015 1
	2	Pièces 2	1	f2	2000	07/05/2015 1
	3	Pièce 3	6	f4	1000	07/05/2015 1
◀						▶

Figure 3.21 : Gestion des pièces de rechange

- La gestion des interventions qui contient deux interface une pour la gestion des interventions effectuées sur les équipements du système d'adduction (figure 3.22) et l'autre pour la gestion des interventions effectuées sur les autres infrastructures communes qui sont : les routes, les fossés de drainage et la clôture (figure 3.23). Ces interfaces permettent d'ajouter, modifier ou supprimer une intervention avec les différentes informations liées à cette dernière.

N° d'intervention Recherche

Intervenant : Type Equipement : Equipement :

Durée d'intervention (h) : Date d'intervention : Ajouter

Coût (Dhs) : Date de panne : Supprimer

Date de Fonctionnement : Modifier

Commentaire :

Afficher

Quitter

Figure 3.22 : Gestion des interventions des équipements du système d'adduction

N° d'intervention Recherche

Intervenant :

Infrastructure :

Durée d'intervention (h) :

Coût (Dhs) :

Commentaire :

Date d'intervention : Ajouter

Date de panne : Supprimer

Date de Fonctionnement : Modifier

Afficher

Quitter

	Durée d'intervention	N° d'intervention	Date d'intervention	Côût d'intervention	Date de panne	Date de fonctionnement	Commentaire
▶	12	6	08/04/2015 17:29	2000	08/04/2015 17:29	09/05/2015 17:29	Réparation de la
	6	7	14/05/2015 17:29	6000	13/05/2015 17:29	15/05/2015 17:29	Réparation de l'o.
	6	8	11/03/2015 17:29	2500	10/03/2015 17:29	12/03/2015 17:29	Réparation

Figure 3.23 : Gestion des interventions des autres infrastructures communes

2.3.6. Tableau de bord :

Cet onglet représente l'évaluation de la fonction maintenance par les trois fonctionnalités présentes (figure 3.24) :



Figure 3.24 : Tableau de bord

- Le suivi de nombre d'intervention par mois (figure 3.25) : En cliquant sur ce bouton on obtient un diagramme qui nous donne l'évolution de nombre des interventions par mois, on peut sélectionner une période donnée pour visualiser l'évolution des interventions pendant la période choisie.
- Le suivi des coûts d'interventions par mois (figure 3.26) : Ce bouton affiche un diagramme de suivi des coûts de la maintenance par mois pour une période sélectionnée.
- Les indicateurs de performance (figure 3.27) : Ce bouton permet le calcul et l'archivage des indicateurs performance (MTTR, MTBF, Taux de défaillance, Taux de réparation et le taux de disponibilité) par mois.

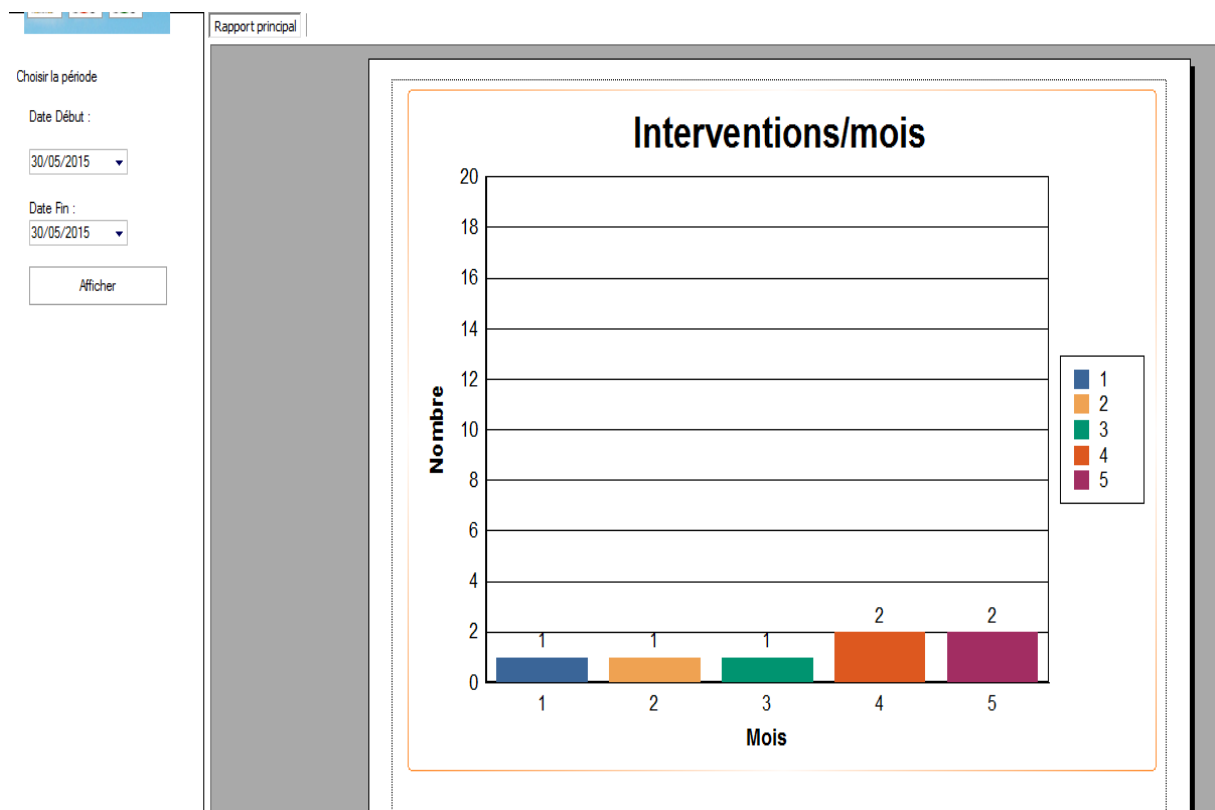


Figure 3.25 : Diagramme nombre d'interventions par mois

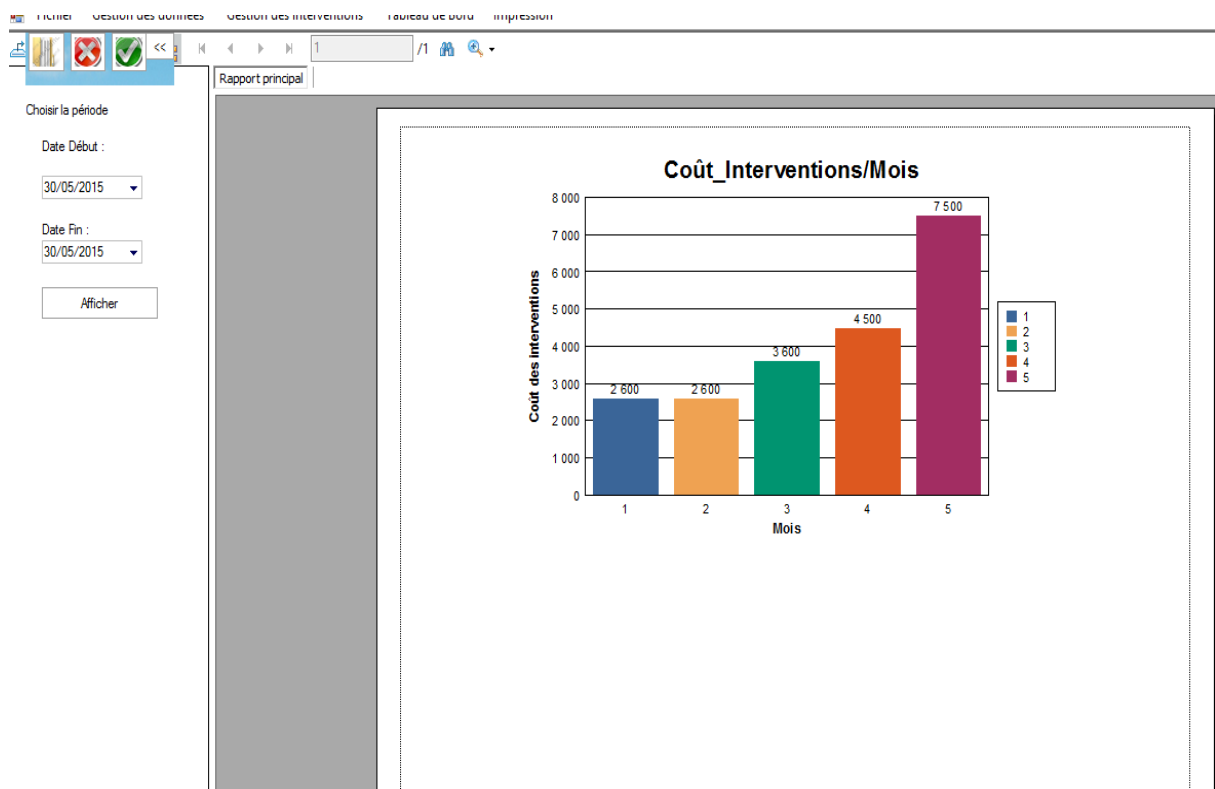


Figure 3.26 : Suivi des coûts d'interventions par mois

Date :

MTTR :

Temps Arrêt Total (h) : Nombre Arrêt :

MTBF :

Temps bon Fonctionnement (h) : Nombre Défaillance :

Taux de disponibilité (%) : Taux de réparation (%) : Taux de défaillance (%) :

Valider

Quitter

Figure 3.27 : Les indicateurs de performance

2.3.7. Impression

Cet onglet (figure 3.28) contient les différentes listes qui se chargent automatiquement après avoir rempli et enregistré les informations citées au-dessus des premières interfaces, On peut faire sortir ces listes imprimées, on trouve :

- Liste des intervenants.
- Liste des fournisseurs.
- Liste des équipements.
- Liste des indicateurs.
- Historique des interventions.



Figure 3.28 : Impression

la prise d'eau

Rapport principal

Code d'équipement

Afficher

masen
Moroccan Agency
for Solar Energy

Liste des équipements

Entité la prise d'eau

Code équipement	Nom équipement	Code fournisseur	Nombre	Commentaire
OZPEMO01	Moteur	f1	3	Puissance apparente absorbée 246 KVA
OZPEPO01	Pompe	f1	3	au niveau de la SR 1 de débit 95 l/s
OZPEPO02	Pompe	f1	3	au niveau de la SR 1 de débit 95 l/s
OZPEPO03	Pompe	f1	3	au niveau de la SR 1 de débit 95 l/s
OZPEPS01	Pompe	f3	3	pompes submersibles débit 165 l/s
OZPEPS02	Pompe	f1	3	pompes submersibles débit 165 l/s

Figure 3.29 : Liste des équipements

Conclusion :

Cette partie dont nous avons proposé une application GMAO représente la phase finale de ce projet, cette application qui met à la disposition de Masen Services Ouarzazate une base de données qui contiendra :

- la description des équipements constitutifs du système d'adduction et des infrastructures communes.
- Les interventions qui vont être faites sur ces infrastructures communes
- Les intervenants chargés des interventions, et les fournisseurs d'équipements et pièces de rechange.

De même cette application permet un suivi de la fonction maintenance à travers l'outil tableau de bord.

Conclusion et recommandations

Conclusion générale et recommandation

Les infrastructures communes du complexe solaire d'Ouarzazate sont d'une grande importance. Elles exigent une optimisation du système d'exploitation de ces dernières et la mise en place d'un modèle de maintenance adéquat, pour que l'unité maintenance de Masen Services permette de mieux gérer ces infrastructures communes.

La mise en place d'une application GMAO est une première étape dans le processus d'informatisation de la maintenance des infrastructures communes, cet outil informatique de gestion permettra :

- La production d'un recensement et une identification des équipements
- Une meilleure connaissance des équipements par la présence d'une base de données renfermant l'ensemble des informations relative aux équipements
- Un suivi de la performance des équipements et des interventions effectuées sur le site, permettant ainsi au personnel du service maintenance de disposer de tous les outils nécessaires à une maintenance de qualité.
- Une amélioration de la disponibilité et de la fiabilité de l'outil de production (infrastructures communes) par la mise en place d'un plan maintenance qui intègre les opérations de maintenance préventive et leurs fréquences d'occurrence.

Cependant, l'efficacité de l'outil informatique de gestion de la maintenance dépend en grande partie de la disponibilité de données fiables. Vu qu'il s'agit d'un milieu où l'information est le bien le plus précieux. A cet effet il convient de prendre en considération les recommandations suivantes :

- La personne en charge de la saisie des données doit être consciencieuse pour garantir la fiabilité des informations.
- La supervision et le contrôle des interventions par une personne du service maintenance de Masen Services.
- Manager et motiver l'équipe maintenance en vue de garantir une performance en motivant les maintenanciers.
- Interroger les intervenants pour créer des listes des causes de pannes.
- Assurer impérativement un retour d'information sur les saisies des comptes rendus.
- Respecter le plan de maintenance préventive et bien définir les missions.
- Evaluer tous les mois les manques de traçabilité rencontrés, analyser les causes et mettre en place les améliorations nécessaires pour permettre un retour d'expérience.

- Renforcer la fonction d'organisation de la maintenance en joignant un plan d'assurance qualité vu que Masen Services recours à une maintenance sous-traitée.
- Agir sur l'organisation humaine de la fonction maintenance avant d'adopter une solution informatique sophistiquée est indispensable, car il ne sert à rien de disposer d'un outil performant si la structure humaine est incapable de le supporter.

Enfin, la maîtrise de la fonction maintenance par un outil informatique permet d'aborder la maîtrise des coûts de cette dernière. En effet, à partir de la connaissance précise et exhaustive de tous les paramètres entrants dans la constitution des dépenses (personnels, sous-traitance, pièces de rechange, ...), il est possible de construire un plan d'action pour réduire ce coût de quelques points de pourcentage chaque année.

Références bibliographique

- [1] **A. Ramdani**, Formation en électromécanique des stations de pompage (polycopié), IAV Hassan II, 2009
- [2] **J. ZINSALO**, Maintenance des équipements hydrauliques, Université d'Abomey Calavi, 2012
- [3] **A. Ramdani**, Gestion de la maintenance des stations de pompage ORMVA du GHARB, IAV Hassan II, 2004
- [4] **Y.Lavina**, Audit de la maintenance, COLLECTION AUDIT, 1992
- [5] **M. Tahiri** et **C. Broche** La maintenance et sa gestion assistée par ordinateur, faculté polytechnique de Mons, 1999
- [6] **J. Vernier**, Aide-mémoire Maintenance et GMAO, L'USINENOUVELLE DUNOD, 2010
- [7] **M. Frédéric**, mettre en œuvre une GMAO, L'USINENOUVELLE DUNOD, 2011
- [8] **BID**, Evaluation des système de pompage, MANUEL DE MAINTENANCE, 2011
- [9] **M.TAHIRI**, Cours de GMAO, 2015
- [10] **AFNOR** NF X 60-010

Webographie

www.masen.org.ma

www.microsoft.com

Annexes

Annexe 1 : L'inventaire des équipements du système d'adduction

Tableau A1.1 : équipements du réservoir.

Réservoir	
Système	Equipements
Electrique	câbles d'alimentation en énergie électrique
	diffuseurs équipés de un ou deux tubes fluorescents
	hublots étanches équipés de lampes à incandescence
	Projecteurs étanches équipé de lampes halogène
	Prise de courant
Hydromécanique	Vannes papillon
	Vannes opercule
	Clapet d'extrémité
	Robinet flotteur
	crépine
	Manchette de traversée
	Coude 1/4 à deux brides
	Té à trois brides
	Cône de réduction à brides
	joints de démontage
	Collecteurs
	Plaques pleines
	Coude 1/8 à deux brides
Appareils de mesure	Débitmètre électromagnétique
Télégestion et automatisation	poires de niveaux (haut)
	poires de niveau (bas)
	sondes de mesure de niveaux (une par cuves)
	fins de course pour les six vannes de distribution
	fins de course pour les deux vannes d'entrée
	un appareil de mesure de chlore résiduel
	ordinateur de supervision
	un automate de télégestion
	un récepteur GPS
	un écran de supervision
Ouvrages et structures	chambre des vannes
	chambre des départs
	Réservoirs d'eau
	loge gardien

Tableau A1.2 : Equipements de la station de reprise SR2

Station de reprise SR2	
Système	Equipements
Electrique	Transformateur
	Parafoudres

	jeu de barre
	collecteurs de terre
	sectionneurs
	interrupteurs
	disjoncteurs
	résistances chauffantes
	fusibles de protection
	Câbles
	Bobines
	relais de protection
	Batterie de condensateur
	tableau de comptage
	détecteurs de défaut de terre
	Installation à courant continu
	tableau général de BT
	Tableau général éclairage et prise de courant
	Chargeur de batterie
	Onduleur
	Moteur électrique
Hydromécanique	Pompe
	Vannes papillon
	Vannes opercule
	Clapet percé
	Robinet flotteur
	crépine
	Manchette de traversée
	Coude 1/4 à deux brides
	Té à trois brides
	Cône de réduction à brides
	joints de démontage
	Collecteurs
	Plaques pleines
	ballon anti-béliers
appareils de mesure	Débitmètres
	Manomètres
Télégestion et automatisation	détecteur de niveau
	détecteur de pression
	compteur
	ordinateur de supervision
	un automate de télégestion
	un récepteur GPS
	un écran de supervision
Ouvrages et structures	Poste transformateur
	loge gardien

Tableau A1.3 : Equipement de la station de débouillage

Station de débouillage	
Système	Equipements
Electrique	Transformateur
	Parafoudres
	jeu de barre
	collecteurs de terre
	sectionneurs
	interrupteurs
	disjoncteurs
	résistances chauffantes
	fusibles de protection
	Câbles
	Bobines
	relais de protection
	Batterie de condensateur
	tableau de comptage
	détecteurs de défaut de terre
	Installation à courant continu
	tableau général de BT
	Tableau général éclairage et prise de courant
	Tableau débouillage
	tableau réactifs
	Chargeur de batterie
	Répartiteur 220 V
	Onduleur
	Moteur électrique
Hydromécanique	Vannes papillon
	vannes guillotine
	Clapet anti-retour
	pompes
	pompe doseuse à membrane simple tête
	pompe doseuse à vis excentrée
	filtre mécanique
	Tuyauterie d'eau
	Tuyauterie des réactifs
électromécanique	Electrovanne
	palan électrique
	turbine de mélange
	purgeur automatique
	électro-agitateur
	Robinet électrique
	Inverseur automatique
	Ventilateurs

Mécanique	Pont racleur
	chariot porte palan
	compresseur d'air
Appareils de mesure	Débitmètre électromagnétique
	Turbimètre
	manomètre
	Pressostats
	MES-mètre
	PH-mètre
	Chloro-mètre
	Balance avec afficheur transmetteur commun
Télégestion et automatisé	détecteur de fuite de chlore
	détecteur de niveau
	détecteur magnétique
	compteur
	ordinateur de supervision
	un automate de télégestion
	un récepteur GPS
	un écran de supervision
Ouvrages et structures	Débourbeurs
	répartiteurs
	Mélangeurs rapides
	bâtiment d'exploitation
	Bâtiment de chloration
	Bâtiment des réactifs chimiques
	Réservoir d'eau débourbée
	Magasin
	loge gardien
	poste transformateur

Tableau A1.4 : Equipement de la prise d'eau

Prise d'eau	
Système	Equipements
Electrique	Transformateur
	Parafoudres
	jeu de barre
	collecteurs de terre
	sectionneurs
	interrupteurs
	disjoncteurs
	résistances chauffantes
	fusibles de protection
	Câbles

	Bobines
	relais de protection
	Batterie de condensateur
	tableau de comptage
	détecteurs de défaut de terre
	Installation à courant continu
	tableau général de BT
	Tableau général éclairage et prise de courant
	Chargeur de batterie
	Onduleur
	Moteur électrique
Hydromécanique	Pompe
	Vannes papillon
	Vannes opercule
	Clapet percé
	Robinet flotteur
	crépine
	Manchette de traversée
	Coude 1/4 à deux brides
	Té à trois brides
	Cône de réduction à brides
	joints de démontage
	Collecteurs
	Plaques pleines
	ballon anti-béliers
appareils de mesure	Débitmètres
	Manomètres
Télégestion et automatisation	détecteur de niveau
	détecteur de pression
	compteur
	ordinateur de supervision
	un automate de télégestion
	un récepteur GPS
	un écran de supervision
Ouvrages et structures	Pont cantilever
	Poste transformateur
	bassins d'eau
	loge gardien

Annexe 2 : Opérations de maintenance préventive et corrective

Opérations de maintenance		
Equipements	Maintenance préventive	Maintenance corrective
transformateurs	nettoyage des environ (sous-station)	Remplacement du transformateur (dans les cas de nécessité)
	Nettoyage de l'équipement	Resserrer les vis et les connections (en cas de chaleur aux raccords)
	Vérification des fixations aux bornes et des connexions	Utiliser un autre transformateur pour partager la charge électrique (en cas de surcharge)
	Vérifier l'état de la peinture du transformateur.	Modifier les niveaux d'huile et ventiler
	Vérifier les bruits et vibration du transformateur	Filtrer ou remplacer l'huile diélectrique
	Resserrer les boulons et des vis des buses mécaniques et des bornes	Installer le filtre harmonique (en cas de distorsion harmonique)
	Purification et filtrage de l'huile diélectrique	
	Ventilation	
Moteurs	Nettoyer la surface externe et le registre de ventilation	rebobinage
	Rajuster les vis et les boulons d'ancrage	changement du roulement
	Enlever la rouille et retoucher et peindre du bâti si nécessaire	
	Nettoyer la boîte de connexion	remplacer le lubrifiant par un autre (si les propriétés du lubrifiant est inadéquates)
	Rajuster le câble de mise à la terre de la boîte de connexion	
	Vérifier les connexions aux bornes du câble d'alimentation	remplacer les roulements
	Vérifier l'alignement et l'usure des pièces de couplage	
	Lubrification des roulements	remplacer le moteur en cas de nécessité
	Changement des roulements à billes de butée	Equilibrage dynamique de toutes les pièces tournantes

	Inspection sonore et visuelle du couvercle	
Pompes	changement des presse-étoupe	Remplacer la garniture ou les joints mécaniques de la presse étoupe
	Lubrification des roulements et des supports de roulement	
	Changer les lubrifiants lorsque leur couleur change	vérifier l'emplacement des manomètres
	Utiliser des lubrifiants appropriés et normalisés pour chaque composant	
	Resserrer les vis et les boulons	vérifier la vitesse du moteur (en cas de vitesse de rotation insuffisante)
	lubrification de la partie supérieure de l'arbre	
	Vérifier que toutes les pièces du couplage sont bien serrées	Remplacer la pompe en cas de nécessité
	Lubrification de l'arbre de transmission	
Tuyauteries	inspection des tuyauteries	Remplacement des tuyauteries en cas d'usure totale
	changement de la garniture d'étanchéité	
vannes	Lubrification	Démonter la vanne et nettoyer les éléments de la vanne
	Réglage du diaphragme de la membrane obturatrice des vannes électromagnétiques	
	Vérification de l'ouverture et la fermeture de la vanne	inspecter attentivement les éléments
	Remplacer la garniture d'étanchéité des robinets	
	Nettoyage de ressort de commande de la membrane	
	Inspection et calibrage des manomètres	Remplacer les éléments usés
	Nettoyage du corps de la vanne	

Annexe 3 : Questionnaire MEDIAT

- Tableau A3.1 : Organisation de la fonction maintenance

N°	La liste des différentes questions	5-MED [00-03]	5-INS [04-08]	5-MOY [09-11]	5-BON [12-15]	5-EXL [16-20]
----	------------------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

101	Existe-t-il une fonction maintenance ?				13	
102	Quelle est la position de la fonction maintenance dans l'organigramme de la société ?				15	
103	Existe-t-il une organisation approuvée par la hiérarchie ?					16
104	L'organisation actuelle est-elle mieux adaptée à la bonne gestion de la maintenance ?			11		
105	L'organisation actuelle dispose-t-elle des moyens matériels nécessaires (espaces, bureaux, ateliers, ...) ?			09		
106	Est-ce que les responsabilités et tâches de la fonction maintenance sont clairement définies et formalisées par écrit ?				12	
107	Est-ce que les responsabilités et tâches sont vérifiées et mises à jour régulièrement ?				15	
108	Est-ce que les responsabilités et tâches sont bien connues par les services et personnes concernées par l'activité maintenance ?				12	
109	Est-ce que la maintenance participe aux réunions de coordination et de gestion de la structure ?				15	
110	Est-ce que la maintenance contribue à l'élaboration des politiques et stratégies de gestion de la structure ?			10		

Total obtenu : 128/200

- Tableau A3.2 : Gestion des intervenants

N°	La liste des différentes questions	S-MED [00-03]	S-INS [04-08]	S-MOYS [09-11]	S-BONS [12-15]	S-EXL [16-20]
201	Est-ce que les compétences travaillant pour la maintenance sont suffisantes ?					16
202	Est-ce que les intervenants en maintenance sont correctement encadrés ?				12	
203	Est-ce qu'on a défini et formalisé par écrit la(ou les) mission(s) de chaque intervenant ?				13	
204	Est-ce qu'on assure régulièrement le perfectionnement et la mise à niveau du personnel travaillant pour la maintenance ?			11		
205	Est-ce qu'on calcule pour chaque intervenant sa charge de travail ?				14	
206	Est-ce qu'il existe un système d'évaluation et de récompense des compétences ?				15	
207	Les importantes tâches et missions sont-elles souvent examinées en groupe ?			09		
208	Est-ce que l'ambiance générale des intervenants en maintenance est globalement positive ?				14	
209	Est-ce que les relations entre le personnel maintenance et les différentes composantes de la société sont globalement positives, notamment avec la production ?				12	
210	Est-ce que les intervenants sont bien informés sur le management de la maintenance objectifs de la société ?			11		

Total obtenu : 127/200

- Tableau A3.3 : Gestion des interventions

N°	La liste des différentes questions	S-MEDS	S-INS	S-MOYS	S-BONS	S-EXL
		00-03	04-08	09-11	12-15	16-20
301	Existe-t-il un circuit et des supports d'information formalisés par écrit et connus par les acteurs de la maintenance ?		05			
302	Existe-t-il des procédures écrites de préparation et gestion des interventions ?			11		
303	Est-ce qu'on a classé les interventions par leur importance et degré d'urgence ?			11		
304	Est-ce que les consignes de sécurité sont connues et bien prises en comptes pour chaque intervention ?				15	
305	Les interventions, notamment les critiques ou à haut risque, sont-elles décrites par des modes opératoires et des gammes d'intervention ?			08		
306	Est-ce que les comptes rendus sont établis et approuvés après chaque intervention ?				12	
307	Peut-on retrouver rapidement les historiques correspondant aux interventions ?			09		
308	Les historiques correspondant aux interventions (notamment les plus importantes) sont-ils analysés régulièrement ?				12	
309	Existe-t-il des indicateurs d'efficacité des interventions à travers les résultats de la structure ?	03				
310	Est-ce qu'on a mis en place un système exploitable de retour d'expérience ?		08			

Total obtenu : 94/200

- Tableau A3.4 : Gestion des stocks et des approvisionnements

N°	La liste des différentes questions	S-MED	S-INS	S-MOY	S-BON	S-EXL
		00-03	04-08	09-11	12-15	16-20

401	Disposez-vous d'un magasin avec des pièces de rechange bien rangées et facilement identifiées ?	03				
402	Y a-t-il des procédures de mise en stock et de réservation des pièces de rechange ?	03				
403	Est-ce qu'il existe une procédure de codification des pièces de rechange et des fournisseurs ?	03				
404	Est-ce qu'on a défini la criticité et l'importance de chaque pièce de rechange ?		08			
405	Est-ce que la consommation des pièces de rechange et la tenue du stock sont régulièrement analysées ?	03				
406	Est-ce qu'on connaît les pièces interchangeables (en standard) ?	00				
407	Est-ce qu'on a défini le seuil de déclenchement pour les pièces de rechange, notamment celles les plus critiques ?	03				
408	Est-ce qu'on a identifié pour chaque pièce de rechange critique au moins trois fournisseurs avec le coût et le délai de livraison ?	00				
409	Ya-t-il des procédures (formalisées et adaptées régulièrement) pour le lancement des commandes et la réception des pièces de rechange ?		08			
410	Est-ce que les pièces de rechange obsolètes sont facilement identifiées et éliminées du stock ?	03				

Total obtenu : 34/200

- Tableau A3.5 : Gestion des coûts et suivi des dépenses

N°	La liste des différentes questions	S-MEDS [00-03]	S-INS [04-08]	S-MOYS [09-11]	S-BONS [12-15]	S-EXL [16-20]
501	Est-ce que la maintenance gère elle-même son budget ?			11		
502	Possède-t-on des procédures de gestion des coûts et de suivi des dépenses ?		08			
503	Est-ce que les coûts correspondant aux différentes interventions sont connus et formalisés par écrit ?	03				
504	Est-ce qu'on connaît à tout moment la valeur du stock ?	03				
505	Est-ce qu'on connaît les coûts de possession pour les principaux équipements ?	03				
506	Est-ce qu'on rédige, au moins une fois par mois, un rapport contenant le suivi des coûts et dépenses ?			11		
507	Est-ce qu'on analyse minutieusement le rapport mentionné en 506 ?		08			
508	Est-ce qu'on affiche ou communique aux principaux acteurs de maintenance les résultats de l'analyse mentionnée en 507 ?	00				
509	Est-ce qu'il existe un système d'évaluation des fournisseurs et sous-traitants ?	03				
510	Est-ce qu'on évalue les coûts liés à la non qualité et/ou production, causés par la maintenance ?	03				

Total obtenu : 53/200

- Tableau A3.6 : Gestion et exploitation de la documentation

N°	La liste des différentes questions	S-MEDS [00-03]	S-INS [04-08]	S-MOY [09-11]	S-BON [12-15]	S-EXL [16-20]
601	Est-ce qu'il existe un lieu bien choisi pour contenir la documentation technique et réglementaire ainsi que les plans et schémas nécessaires pour la gestion de la maintenance ?					18
602	Est-ce qu'il existe un processus de classement et d'archivage de la documentation, des plans et schémas mentionnés en 601 ?				12	
603	Est-ce que la documentation, les plans et schémas mentionnés en 601 sont facilement accessibles et utilisables ?				15	
604	Est-ce qu'il existe un processus de mise à jour de la documentation, des plans et schémas mentionnés en 601 ?				15	
605	Est-ce qu'on procède régulièrement à la sauvegarde, dans un endroit différent, d'au moins une copie de la documentation, des plans et schémas mentionnés en 601 ?				12	
606	Est-ce qu'on exige une documentation technique pour chaque nouvelle acquisition d'équipements ?				15	
607	Est-ce qu'on possède pour tous les équipements, notamment les principaux, la documentation technique ainsi que les plans et schémas nécessaires ?			10		
608	Est-ce qu'on enregistre l'état d'avancement des interventions importantes et/ou longues ?		08			
609	Est-ce que les acteurs de maintenance sont informés de ce qui existe comme documentation technique et à chaque fois qu'il y a une nouvelle acquisition de documentation ?					16
610	Possède-t-on une base de données des différents fournisseurs, sous-traitants et experts ?				12	

Total obtenu : 133/200

- Tableau A3.7 : Maintenance et systèmes d'information

N°	La liste des différentes questions	S-MED	S-INS	S-MOY	S-BON	S-EXL
		[00-03]	[04-08]	[09-11]	[12-15]	[16-20]
701	Est-ce que la maintenance est gérée à l'aide d'un système d'information (GMAO, ERP, ...) ?	03				
702	Est-ce que les principales fonctionnalités liées à la gestion de la maintenance sont utilisées ?	03				
703	Est-ce que le système répond bien aux différentes attentes des acteurs de la maintenance ?	03				
704	Est-ce que le personnel utilisant le système a été correctement formé ?	03				
705	Est-ce qu'on veille à la fiabilité des données qu'on introduit dans le système ?	03				
706	Est-ce qu'on procède régulièrement à la sauvegarde, dans un endroit différent, d'au moins une copie de la base de données du système ?	03				
707	Est-ce que le système permet d'analyser facilement la gestion de l'activité maintenance et éventuellement certains incidents ?	03				
708	Est-ce que le système permet facilement de sortir des rapports et tableaux de bord ?	03				
709	Est-ce que le système permet de communiquer et d'échanger facilement des données avec les différents systèmes traitant avec la maintenance ?	03				
710	Est-ce qu'on a pris un contrat de maintenance et de mis à jour du système ?	03				

Total obtenu : 30/200

- Tableau A3.8 : Maintenance et sûreté de fonctionnement

N°	La liste des différentes questions	S-MEDS	S-INS	S-MOYS	S-BONS	S-EXL
		00-03	04-08	09-11	12-15	16-20
801	Est-ce que les normes et standards liés à la sûreté de fonctionnement sont connus et utilisés ?				12	
802	Est-ce qu'on a chargé un groupe ou à la limite une personne pour prendre la responsabilité d'animer et de coordonner les actions de sûreté de fonctionnement ?				15	
803	Est-ce que les intervenants en maintenance sont bien formés sur les aspects de la sûreté de fonctionnement ?				12	
804	Est-ce qu'il existe des plans de réponse aux événements ?			09		
805	Est-ce les modes opératoires et gammes d'intervention (notamment pour les travaux à risques) sont revues et mis à jours régulièrement ?		08			
806	Est-ce qu'on procède de temps à autres à des exercices de simulation des situations et événements catastrophiques ?				12	
807	Est-ce qu'on a fait des études AMDEC, notamment pour équipements importants ou à risque ?		08			
808	Est-ce qu'on a déterminé et formalisé (par écrit) les principaux problèmes que peut causer une mauvaise intervention faite en maintenance ?		04			
809	Est-ce que le nombre d'incidents survenus et/ou évités est communiqué et affiché ?		08			
810	Est-ce qu'on a mis en place un processus d'analyse et de maîtrise des risques ?		08			

Total obtenu : 96/200

المملكة المغربية

ROYAUME DU MAROC

INSTITUT AGRONOMIQUE
ET VÉTÉRINAIRE HASSAN II



معهد الحسن الثاني
للزراعة والبيطرة

مشروع نهاية الدراسات

لنيل شهادة مهندس دولة في الهندسة القروية

تطوير تطبيق لتسيير الصيانة بالحاسوب للبنية التحتية المشتركة لمركب
الطاقة الشمسية بورزازات

المنجز والمقدم من طرف:

ايت باسو امينة

تحت اشراف اللجنة المكونة من

الوكالة المغربية للطاقة الشمسية	السيد. عبيد عمران	رئيس اللجنة
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	الأستاذ. رمضاني عبد الله	المقرر
الوكالة المغربية للطاقة الشمسية بورزازات	السيد. العمراني عبد الرزاق	المتحن
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	الأستاذ. بورراش حسن	المتحن
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	الأستاذ. بكاوي أحمد	المتحن
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	الأستاذ. كعنان عمر	المتحن
المدرسة الوطنية العليا للمعادن بالرباط	الأستاذ. طاهري محمد	المتحن

يونيو 2015

معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة

الرباط-المعاهد، 10101 الرباط، B.P 6202، مدينة آل العرفان

الهاتف. 05 37 77 17 58/59

فاكس. 05 37 77 58 45

موقع. www.iav.ac.ma