

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique

P0002/05A



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Département de Génie Industriel

Projet de fin d'étude

*En vue de l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'Etat en Génie Industriel*

Thème :

***Politique d'optimisation de la maintenance par la
fiabilité***

Evaluation de l'implantation à SONELGAZ -GRTE

Proposé par :

M^r. L.LOUAKED

Chef département

maintenance GRTE.SONELGAZ

Dirigé par :

M^r. A .OUABDESSELAM

Mme. O.BELMOKHTAR

Réalisé par :

M^r. B. BENMOUSSA

M^r. S. BAAMEUR

Promotion : 2005

ملخص:

الهدف من هنا العمل يتمثل في إبراز النظام الجد يد في اعداد و تقديم الصيانة المعتمدة على الموثوقية على مستوى مؤسسة سونلغازنقل الكهرباء، و ذلك من أجل دراسته على مستوى منطقة الجزائر لا يزال أهم الاقتراحات و الحلول. لهدف تعميمه على باقي الشبكة.
لهذا الغرض، قمنا بتشخيص هذا النظام ، الذي سمح لنا باقتراح جملة من التحسينات.
الكلمات المفتاح الصيانة، الموثوقية، الموصونية، الموفرة، الصيانة المعتمدة على الموثوقية، تحليل نمط الأعطاب، تشخيص، عودة الخبرة.

Résumé :

L'objet de ce projet consiste à présenter le processus de l'implantation de la nouvelle politique d'optimisation de la maintenance par la fiabilité à la filiale SONELGAZ-GRTE afin de l'évaluer au niveau de la région d'Alger et de dégager les suggestions d'amélioration à utiliser par l'ensemble des régions de transport.

Pour ce faire, nous avons mené un Audit sur cette implantation, lequel nous a permis de dégager une plate forme d'améliorations.

Mots clés : Maintenance, Fiabilité, Maintenabilité, disponibilité, MBF, AMDEC, Audit, Retour d'expérience.

Abstract:

The object of this project consists in presenting the process of the establishment of the new policy: 'optimization of maintenance by reliability' at the SONELGAZ-GRTE subsidiary company, in order to evaluate it on an area of Alger and to release the suggestions of improvement to be used by the whole of the areas transport.

With this intention, we carried out inspect this establishment, which enabled us to give off a punt forms improvements.

Key words: Maintenance, Reliability, Maintainability, Availability, MBF, AMDEC, Inspect, Experience feedback.

Liste des abréviations :

AMDEC	: Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs criticités
AFNOR	: Association française de normalisation
AT	: autorisation de travail.
BDM	: bureau de méthode.
BI	: bulletin d'information
BT	: Basse tension
CAO	: Conception assistée par ordinateur
CE	: Contrôle électrique
CI	: Count rendu d'intervention
CEI	: Conseil d'électronique internationale
CIM	: Coût d'intervention maintenance
CGM	: Coût globale de maintenance
CNN	: Centre de conduite nationale
CPL	: Courant porteur sur ligne d'énergie
CSM	: Coûts de stockage maintenance
DAO	: Données assistés par ordinateur
DI	: Demande d'intervention
DR	: Demande de réception
DT	: Demande de travail
E3P	: Entretien préventif périodique programmé
END	: Energie non distribué
FMD	: Fiabilité, maintenabilité, disponibilité.
GDO	: Gestion des données par ordinateur
GMAO	: Gestion de maintenance assistée par ordinateur
GRTE	: Gestion de réseau de transport d'électricité
HT	: Haut tension
MALT	: Mise à la terre.
MAJ	: Mise à jour
MBF	: Maintenance basée sur la fiabilité
MDT	: temps moyen d'indisponibilité (Mean down time)
MUD	: temps moyen de disponibilité (Mean up time)
MFD	: Mauvais fonctionnement disjonction.
MFP	: Mauvais fonctionnement protection.
ML	: Maintenance ligne
MP	: Maintenance poste
MT	: Moyen tension
MTBF	: Moyen de temps de bon fonctionnement
MTTR	: Moyen de temps technique de réparation.
MSG	: Maintenance steering group.
MUT	: temps moyen de disponibilité
OMF	: Optimisation de la maintenance par la fiabilité
OT	: Ordre de travail
PA	: Poste associé au télécommande.
PDR	: Pièces de rechanges
PMP	: Plan de maintenance préventive.
RCM	: Reliability centred maintenance
SET	: Service étude des travaux

SONELGAZ : société nationale d'électricité et de gaz

TC : Transformateur de courant

TR : Travée

THT : Très haute tension

TP : Transformateur de puissance

VAN : Valeur à neuf



Liste des figures :

- **Figure 1: Organigramme de la filiale GRTE3**
- **Figure 2: Organigramme de la direction du transport de l'électricité.....4**
- **Figure 3: Organigramme de la sous direction des techniques de transport de l'électricité ..5**
- **Figure 4: Organigramme de département maintenance6**
- **Figure 5: Organigramme d'une région de transport.....7**
- **Figure 6: Les trois objectifs qui gouvernent l'exploitation du système électrique13**
- **Figure 7: Courbe représentant le taux de défaillance des matériels16**
- **Figure 8: Les différents formes de maintenance18**
- **Figure 9: Relation entre fiabilité et maintenance.....21**
- **Figure 10: les pôles de décision d'une politique de maintenance24**
- **Figure 11: Phase d'une mise en place d'une politique de la maintenance24**
- **Figure 12: procédure de principe25**
- **Figure 13: Les quatre étapes principales de la démarche MBF.....27**
- **Figure 14: Principe de la méthode AMDEC30**
- **Figure. 15 : Décomposition structurelle des équipements.....32**
- **Figure 16: Variation des paramètres des mesures conditionnelles35**
- **Figure 17: Optimisations de MBF par le retour d'expérience37**
- **Figure 18: Pyramide d'implantation de la politique OMF39**
- **Figure 19: Processus de planification et de mise en œuvre de levée d'anomalies45**
- **Figure 20: Impact de la remise à niveau du réseau et la levée d'anomalie49**
- **Figure 21: Les étapes de mise en oeuvre e projet pilote.....49**
- **Figure 22: L'organisation du projet pilote53**
- **Figure 23: Flux d'information de la Région d'Alger.....61**
- **Figure 24: Flux d'information Services / Base62**
- **Figure 25: Positionnement des services maintenance Avant et après l' MBF.....78**
- **Figure 26: Matrice de positionnement de la région d'Alger.....81**
- **Figure27: Modèle général du module GMAO.....92**
- **Figure28: Politique d'approvisionnement des pièces de rechange.....94**
- **Figure 29 : La répartition des indicateurs de disponibilité.....97**
- **Figure 30 : Le processus de déroulement de la planification, des travaux..... 102**
- **Figure31: Processus calendaire d'exécution des travaux.....103**
- **Figure 32 : Processus régissant le traitement des informations..... 104**

Liste des tableaux :

- Tableau. 1 : Matrice probabilité –Gravité.....33
- Tableau 2 :Les types de maintenance conditionnelle.....35
- Tableau 3 : La grille de cotation.....40
- Tableau 4 : Synthèse générale de l’audit.....41
- Tableau 5 : Les résultats du diagnostic.....42
- Tableau 6 : Structure du fond documentaire.....44
- Tableau 7 : L’évolution des incidents lignes 2001-2004.....46
- Tableau 8 : Gain des actions engagées 2004-2005.....47
- Tableau 9 : L’évolution des coûts de maintenance 2002-2004.....48
- Tableau 10 : Sites optés pour l’application de la MBF (phase 2).....49
- Tableau 11 : Les sites de la généralisation de la MBF.....51
- Tableau 12 : Listes des documents pour les trois phases.....54
- Tableau 13 : Les résultat de la phase 1.....58
- Tableau 14 : Rubrique N°01 du questionnaire (fond documentaire).....67
- Tableau 15 : Rubrique N°02 du questionnaire (Système d’information et informatique).....68
- Tableau 16 : Rubrique N°03 du questionnaire (Mise à niveau et levée des anomalies).....68
- Tableau 17 : Rubrique N°04 du questionnaire (Classement stratégique des ouvrages).....69
- Tableau 18 : Rubrique N°05 du questionnaire (diagnostic et analyse des données).....69
- Tableau 19 : Rubrique N°06 du questionnaire (Utilisation des outils AMDEC).....70
- Tableau 20 : Rubrique N°07 du questionnaire (Etablissement des plans de maintenance)...70
- Tableau 21 : Rubrique N°08 du questionnaire (Réalisation des opérations de maintenance).71
- Tableau 22 : Rubrique N°09 du questionnaire (Rationalisation de la Pièce de rechange).....72
- Tableau 23 : Rubrique N°10 du questionnaire (Coûts et indicateurs de suivi).....73
- Tableau 24 : Rubrique N°11 du questionnaire (Ressources humaines et Animation).....74
- Tableau 25 : Rubrique N°12 du questionnaire (Stratégie d’utilisation des prestataires).....75
- Tableau 26: les valeurs des différentes rubriques du questionnaire.....76
- Tableau 27 : matrice de classement.....79

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

1- Présentation de la filiale GRTE.....	3
2- Présentation des unités assurant la maintenance des Ouvrages.....	3
2.1. Organismes fonctionnels.....	3
2.1.1. La sous direction des techniques de transport.....	5
2.1.2. Département Maintenance.....	5
2.2. Organismes opérationnels.....	6
2.2.1. Les régions de transport de l'électricité.....	6
2.2.2. Les services de maintenance	7
2.2.3. La subdivision méthode.....	8
2.2.4. Les bases d'intervention.....	8
3- Position du problème.....	9

Chapitre II : Généralités sur le système électrique à SONELGAZ

Introduction.....	10
1. Les équipements du réseau de transport de l'électricité.....	10
2. Caractéristiques du réseau de SONELGAZ.....	12
3. Exploitation du système électrique.....	13
4. Mode de dégradation de la sûreté.....	14

Chapitre III : Les concepts de la maintenance et de la fiabilité

Introduction.....	15
1- Sûreté de fonctionnement.....	15
1.1. La fiabilité.....	15
1.2. La maintenabilité.....	17
1.3 La disponibilité.....	17
1.4. La sécurité	17
2- Généralités sur la fonction maintenance	
2.1. Définition de la maintenance.....	18
2.2. Différentes formes de maintenance	18
2.2.1. Maintenance corrective.....	18
2.2.2. Maintenance préventive.....	19
2.3. Opérations de maintenance.....	19
3-Relation entre la maintenance et la fiabilité.....	21

Chapitre IV : Politique de maintenance d'un matériel

Introduction.....	23
1- Le choix d'une politique de matériel.....	23
2- La politique de la maintenance basée sur la fiabilité :	26
2.1 Origine	26
2.2 Principe de la méthode.....	26
2.3 Etapes de mise en œuvre.....	27
2.3.1 Choix des sites et équipements.....	27
2.3.2 Analyse des défaillances fonctionnelles	29
2.3.3 Etablissement d'un plan de maintenance.....	33
2.3.4 Optimisation par le retour d'expérience.....	37

Chapitre V : Implantation de la politique d'optimisation de la Maintenance par la fiabilité

Introduction.....	39
1. Processus d'implantation de l'OMF :	
1.1. L'audit et inventaire de l'actif	40
1.2. Fond documentaire.....	44
1.3. Gestion des actifs.....	44
1.4. Levée des anomalies et mise à niveaux de réseau.....	45
1.5. Etablissement et planification des plans de maintenance.....	49
1.6. Evaluation et suivi.....	54
1.7. Optimisation	59

Chapitre VI : Evaluation de l'implantation de la politique OMF

Introduction.....	60
1. Forme d'organisation dans la région :	
1.1. Flux d'information.....	60
1.2. Processus d'entretien d'un ouvrage.....	63
1.3. Documentation Utilisée.....	64
2. Démarche de l'audit.....	65
3. Application.....	66
3.1. Elaboration du questionnaire.....	67
3.2. Feuille de synthèse.....	76
3.3. Matrice de positionnement.....	79
3.4. Choix des axes prioritaires.....	82

Chapitre VII : Suggestions pour l'amélioration de la politique d'OMF

1. Proposition d'axes d'amélioration.....	87
1.1. Constituer une base de donnée sur les ouvrages.....	88
1.2. Maîtriser la documentation.....	89
1.3. Organiser la sous-traitance.....	90
1.4. Définir un système d'information (module GMAO).....	91
1.5. Définir une politique de gestion et tenue des pièces de rechange.....	93
1.6. Maîtriser les coûts et indicateurs de suivi.....	95

1.7. Animer et former le personnel.....	100
1.8. Développer la fonction ordonnancement.....	101

Conclusion générale.....	105
---------------------------------	------------

Bibliographie

Glossaire

Listes des annexes

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Introduction générale

L'important développement économique de l'ALGÉRIE ces trois dernières décennies a nécessité une extension notable de l'infrastructure énergétique, que ce soit en moyens de production, en postes de transformation et en lignes de transport électrique.

Avec la libération du secteur de l'électricité, l'abrogation de la loi N° 02-01 relative à l'électricité et la distribution du gaz par canalisation, l'EPIC **SONELGAZ** a été transformé en un holding de société par Actions.

La fonction transport de l'électricité est érigée en filiale **GRTE** du groupe **SONELGAZ**, sa mission est :

- De garantir la disponibilité et le bon fonctionnement des équipements ;
- D'assurer la disponibilité et la capacité du réseau de transport ;
- De maîtriser la fiabilité et l'intégrité du réseau de transport ;
- D'optimiser la qualité de service ;
- D'assurer la satisfaction des clients, la sécurité du public et du personnel ;
- D'assurer le respect des lois et des engagements.

Le groupe **SONELGAZ** dans sa démarche stratégique s'est fixé comme objectif d'être, en termes de management de ressources humaines et de coût, parmi les cinq premiers groupes du bassin méditerranéen en ayant comme entreprise de référence le REE (Espagne).

Suite aux résultats de l'étude sur la position concurrentielle de **SONELGAZ** réalisée par un consultant, un plan de bataille décliné en 4 projets, dont le projet « Amélioration de la maintenance et la réparation », a été lancé en janvier 2003, les principaux objectifs en maintenance est de tendre vers les meilleures pratiques internationales en terme de qualité de services et des coûts qui sont :

- Réduire les incidents dus à la maintenance de 50 % pour l'année 2005;
- Réduire les coûts de maintenance de 20 % ;
- Réduire les délais d'intervention ;
- Augmenter la productivité des agents de 30 % par an pour les quatre prochaines années.

Avec les restrictions budgétaires du groupement **SONELGAZ** suite aux désengagements de l'état de tout financement et pour s'adapter aux nouvelles exigences, la filiale **GRTE** a choisi de s'orienter vers une politique d'optimisation de la maintenance par la fiabilité, c'est une stratégie de maintenance globale utilisant une méthode d'analyse structurée permettant d'assurer la fiabilité des équipements et dont l'objectif est de dégager un plan de maintenance préventive optimisé.

L'implantation de cette nouvelle démarche entraînera une amélioration des différents processus se rapportant à l'acte de maintenance ; une meilleure organisation des moyens existants et justification des compléments ; la vulgarisation et le développement des techniques nécessaires à l'acte de maintenance.

Pour mieux saisir l'ampleur du projet d'implémentation de la démarche, nous passerons en revue les principaux éléments qui caractérisent cette approche ainsi que les conditions de sa réussite.

- Dans le premier chapitre, nous faisons une description sur la filiale **GRTE** : (Gestion de Réseaux de Transport de l'Electricité) et les unités qui assurent la maintenance des ouvrages.
- Dans le deuxième chapitre, nous définissons le système électrique dans le réseau national : les postes et les lignes HT et BT, la télé conduite, son exploitation et son mode de dégradation.
- Dans le troisième chapitre, nous identifions des concepts de maintenance et de fiabilité qui assurent le fonctionnement du réseau.
- Le chapitre quatre sera consacré à l'étude d'une politique de maintenance d'un matériel et l'importance de choix de la politique de maintenance basée sur la fiabilité avec des exemples.
- le chapitre cinq est consacré à la présentation du processus d'implantation progressive de la politique d'optimisation de la maintenance par la fiabilité au niveau SONELGAZ – GRTE.
- Le chapitre six est consacré à l'évaluation de l'implantation, à travers un audit qui comporte une comparaison entre les anciennes et les nouvelles politiques de maintenance.
- Suite aux résultats de l'audit, dans le chapitre sept nous avons essayé de donner des suggestions d'amélioration et recommandation afin d'engager des actions d'amélioration.
- Nous achèverons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Présentation de l'entreprise

- 1. Présentation de la filiale GRTE**
- 2. Présentation des unités assurant la maintenance des Ouvrages**
 - 2.1. Organismes fonctionnels**
 - 2.2. Organismes opérationnels**
- 3. Position du Problème**

I.1. Présentation de la filiale GRTE

La filiale «GRTE» Gestionnaire du Réseau de Transport Electricité est chargée d'assurer l'exploitation, la maintenance et le développement du réseau de transport. Il doit aussi garantir une capacité adéquate par rapport aux besoins des transits et de réserve.

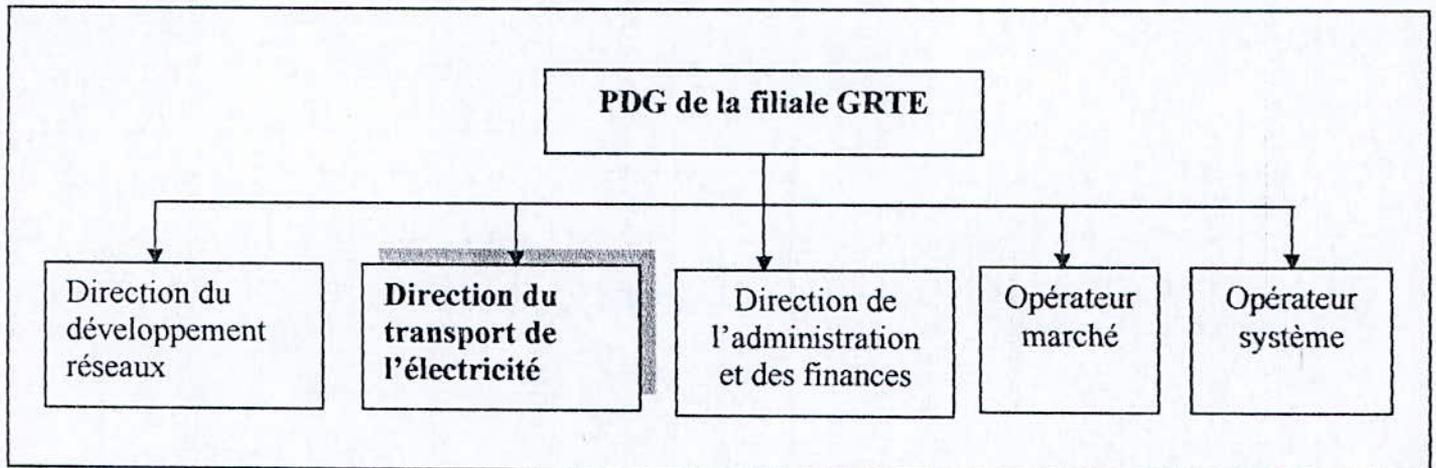


Figure1 : Organigramme de la filiale GRTE

I.2. Présentation des unités assurant la maintenance des ouvrages

Cette organisation met à la fois en jeu des organismes fonctionnels et des organismes opérationnels

2.1 Organismes fonctionnels

Ils se situent au niveau central, ils sont chargés d'analyser les comportements des matériels et d'élaborer les doctrines.

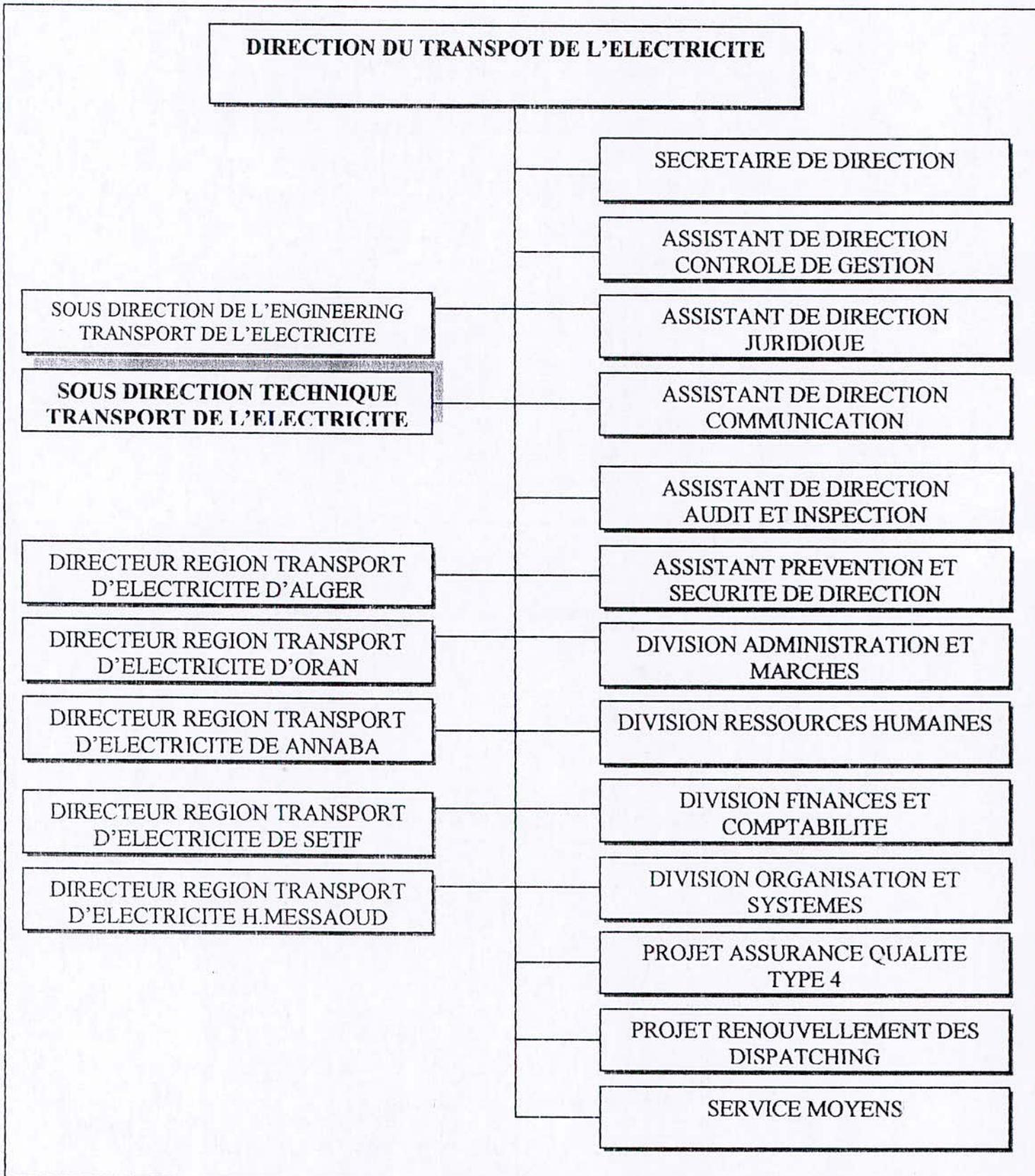


Figure 2: Organigramme de la direction du transport de l'électricité

2.1.1. Présentation de la sous direction des techniques de transport de l'électricité

La Sous Direction des Techniques de Transport de l'Electricité a pour mission :

- De mener toutes les études relatives au fonctionnement du réseau, au comportement du matériel et de définir les méthodes d'exploitation et de maintenance des installations du transport ;
- De promouvoir toutes les formes de partenariat et de sous-traitance dans les domaines du transport de l'électricité ;
- De suivre tous les nouveaux projets des ouvrages de transport pendant les différentes phases d'études et de l'homologation du matériel de sécurité industrielle utilisé dans le réseau transport.

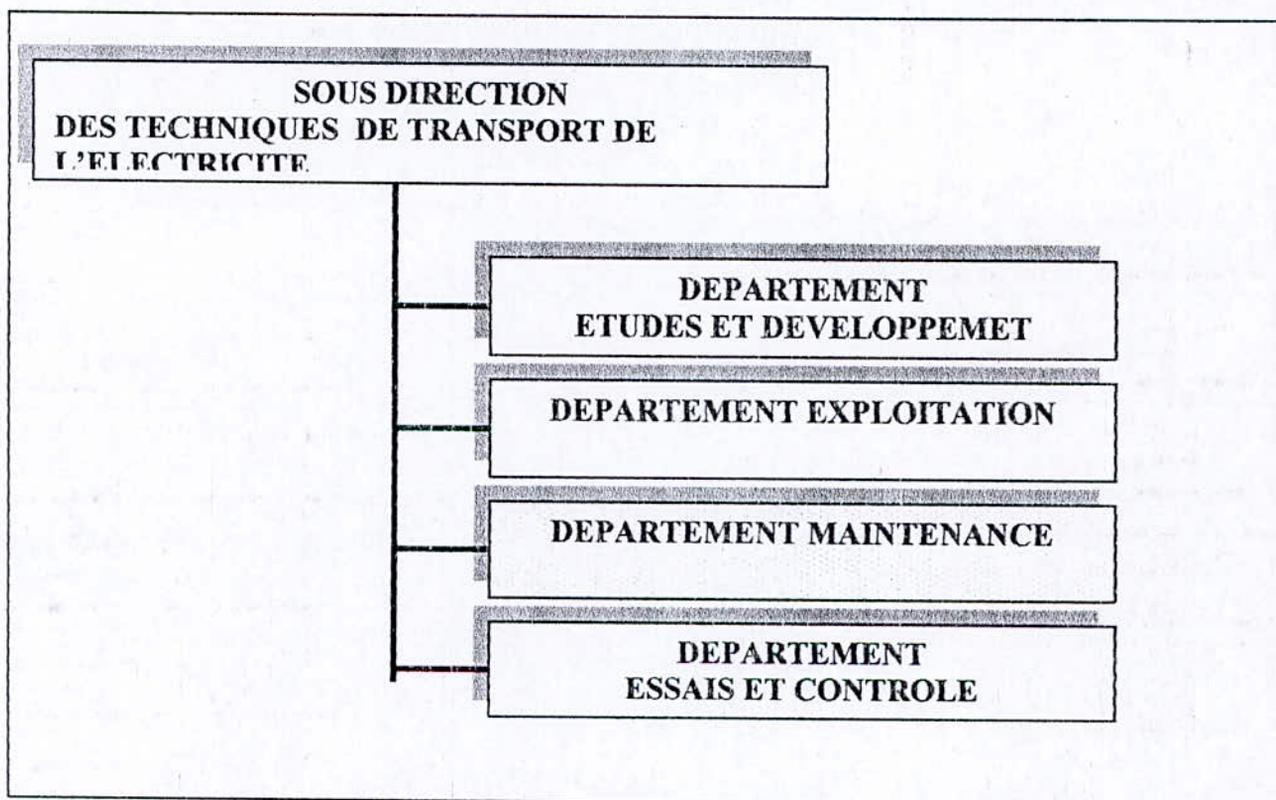


Figure3 : Organigramme de la sous direction des techniques de transport de l'électricité

2.1.2. Présentation du département Maintenance

Le département Maintenance a pour missions d'élaborer les doctrines, les politiques de maintenance, les procédures d'intervention et l'harmonisation des moyens matériels.

Le département maintenance est structuré en deux divisions méthodes maintenance lignes HT et postes HT, BT et TC, la mission principale de ces divisions est la mise au point des doctrines et des procédures dans le domaine de la maintenance des lignes haute tension et des postes haute tension, contrôle électrique et télé conduite.

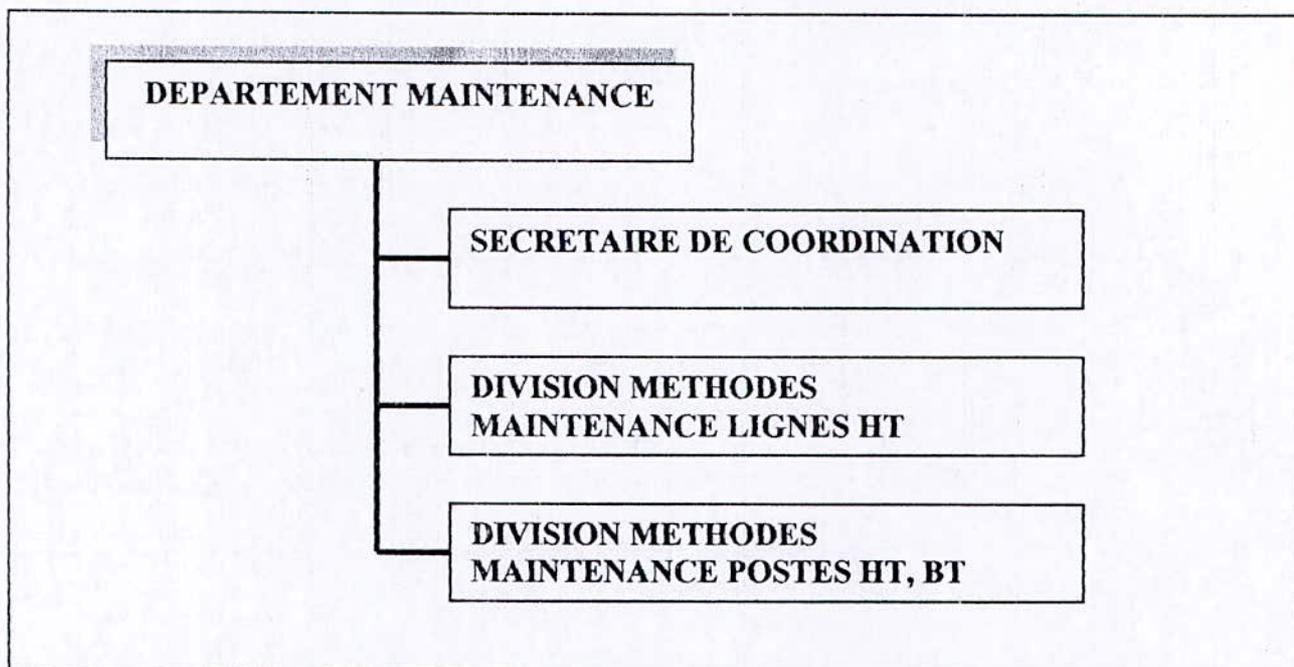


Figure4 : Organigramme du département maintenance

2.2. Organismes opérationnels

2.2.1. Les régions de transport

Les régions du transport de l'électricité, en nombre de cinq (5) réparties au niveau national (Oran, Alger, Sétif, Annaba, Sud) constituent l'unité de base de la fonction transport de l'électricité. Elles ont pour mission d'assurer l'exploitation et la maintenance des ouvrages lignes et postes, ainsi que la réalisation de certains travaux de modernisation, de modification ou d'extension à l'exclusion des travaux importants d'équipements qui sont du ressort de la direction de l'engineering.

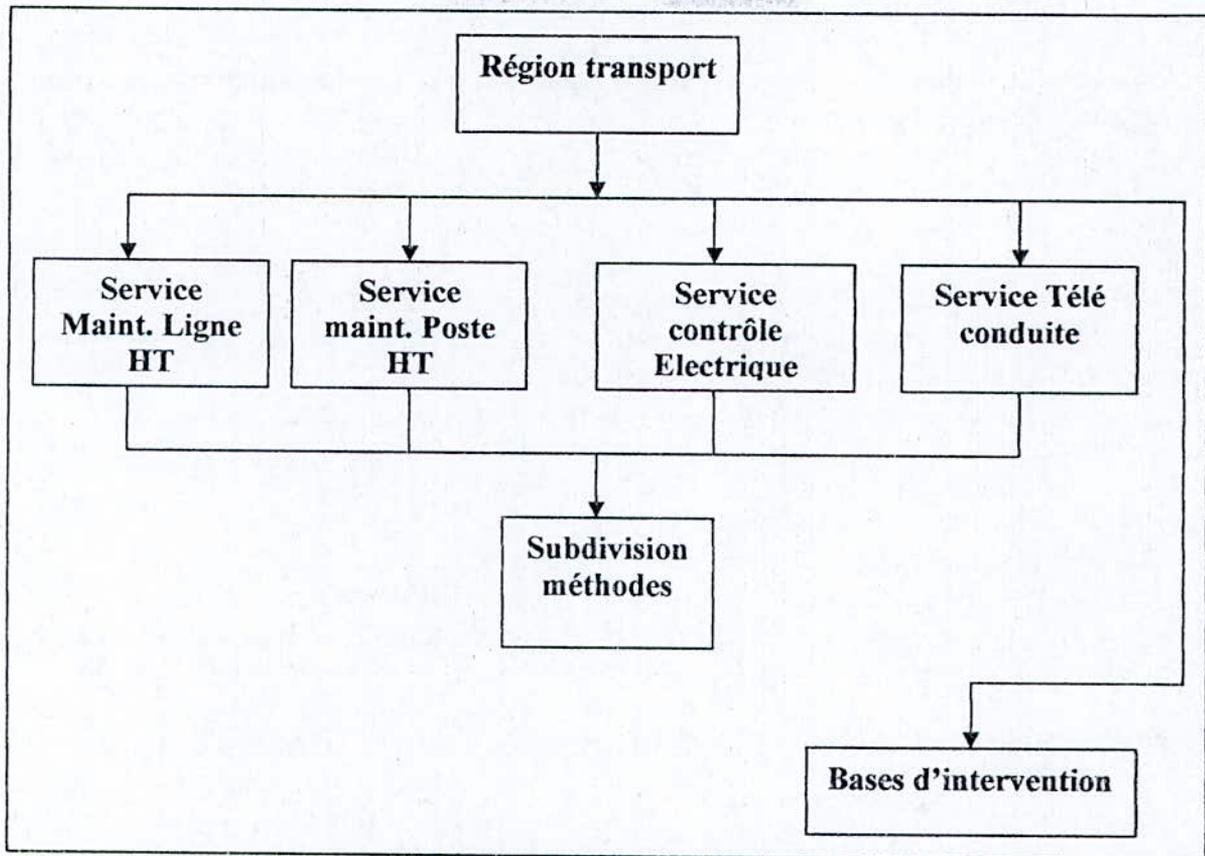


Figure 5: Organigramme d'une région de transport

2.2.2. Les services maintenance

a) Postes HT :

Le service maintenance poste HT a pour mission de produire les programmes et les calendriers de maintenance, visites, inspection, mesures et essais des postes HT, de coordonner et de contrôler l'activité de maintenance dans le domaine des méthodes d'entretien, de la sécurité du matériel et de l'outillage.

b) Lignes HT :

Le service maintenance lignes HT a pour mission d'établir, de réaliser et de coordonner l'ensemble des opérations de maintenance des lignes HT.

c) Contrôle électrique :

Le service contrôle électrique a pour mission de maintenir, de contrôler et d'essayer les installations BT par des actions programmées (préventives) ou fortuites (curatives).

d) Télé conduite :

Le service télé conduite a pour mission de maintenir, de dépanner et d'entretenir les installations de télécommunication et les équipements de contrôle commande de la région y compris le centre régional de conduite.

2.2.3. La subdivision méthode

Afin de réaliser la maintenance des installations à un coût optimum il est nécessaire de coordonner de façon permanente, les opérations de recherche (visite), de mise en mémoire, de programmation et de lancement des opérations à effectuer, cette coordination est effectuée par la subdivision méthode (BDM) qui assure les principales tâches suivantes :

- Collationnement des travaux d'entretien à effectuer
- Participation à l'élaboration du programme annuel de travaux
- Mémorisation des travaux à effectuer
- Participation aux études techniques et l'approvisionnement
- Contrôle de l'avancement des préparations et l'approvisionnement
- Participation à l'élaboration des décisions concernant la programmation et le lancement des travaux
- Coordination des consignations d'ouvrages
- Tenue à jour de la documentation
- Analyse journalière et permanente de la situation de l'entretien
- Permanence des liaisons entre les équipes d'entretien pour la réalisation des programmes décidés

L'action du bureau des méthodes se détermine à partir des éléments suivants :

- Examen et dépouillement des rapports de visite des installations
- Demande des travaux
- Respect des gammes d'entretien périodique (matériels des postes plus particulièrement).

2.2.4. Les bases d'intervention

L'entretien des installations électriques est assuré par 21 bases d'intervention réparties au niveau des cinq régions du transport, elles ont été créées pour permettre ainsi une maintenance de proximité en vue de réduire le temps d'intervention au niveau des ouvrages à entretenir.

Chaque base est composé de 4 équipes d'intervention : Lignes HT, Postes HT, contrôle électrique et télé conduite avec un chef de base.

I.3. Position du problème :

La réorganisation de la fonction maintenance au niveau de la GRTE (Gestion de Réseaux de Transport de l'Electricité) est prévue pour plusieurs raisons :

Suite à la libéralisation du marché de l'électricité et le désengagements de l'état de tout financement, et puisque il y'auras on lendemain, l'installation de nouveau producteur et des clients HT éligibles dans leurs choix.

Pour s'adapter aux nouvelles exigences du marché, la filiale GRTE a choisi de s'orienter vers une politique d'optimisation de la maintenance par la fiabilité. C'est une stratégie de maintenance globale utilisant une méthode d'analyse structurée permettant d'assurer la fiabilité des équipements et dont l'objectif est de dégager un plan de maintenance préventive optimisé.

L'implantation de cette politique se fait de manière progressive, elle est subordonnée à la mise à niveau du réseau et la levée des anomalies.

A cet effet, notre étude consiste à comprendre la démarche dans sa globalité afin de l'auditer dans une région qui est l'image des autres régions, pour définir les axes d'amélioration par rapport à l'ancienne politique E3P, ceci afin de cibler un certain nombre d'insuffisances de la nouvelle politique et de proposer des suggestions d'amélioration qui seront pris en charge par SONELGAZ-GRTE dans la généralisation de la démarche sur l'ensemble des ouvrages.

... there is a difference between knowing the path and
walking the path ...

... il y a une différence entre connaître le
chemin et marcher le chemin ...

Mr MORPHEUS

Chapitre II

Généralités sur le système électrique à SONELGAZ

Introduction

- 1. Les équipements de transport de l'électricité**
- 2. Caractéristiques du réseau de SONELGAZ**
- 3. Exploitation du système électrique**
- 4. Modes de dégradation de la sûreté**

Introduction [12]

Le développement socio-économique d'un pays requiert la disponibilité d'énergie et plus particulièrement l'énergie électrique. En effet, que ce soit dans le secteur industriel ou résidentiel, la modernisation des moyens de transport électrique et l'amélioration du bien être des populations reposent en grande partie sur l'utilisation d'équipements fonctionnant grâce à l'électricité.

Fournir l'énergie électrique aux consommateurs domestiques et industriels, nécessite la surveillance et le contrôle périodique des ouvrages constituant le réseau de transport de l'électricité.

Dans ce chapitre, nous donnerons en premier lieu une présentation des ouvrages du réseau de transport de l'électricité où nous distinguerons les ouvrages haute tension et très haute tension. En deuxième lieu, nous évoquons les principales caractéristiques du réseau national. Par la suite, nous définirons les objectifs d'exploitation et les modes de dégradation qui touchent sa sûreté de fonctionnement.

1- Présentation des équipements du réseau de transport de l'électricité [5]

1-1-Lignes électriques :

Le transport de l'énergie électrique se fait par le biais de lignes conductrices triphasées, dont les paramètres (section, tension, longueur, matière) sont dimensionnés en fonction de la puissance transitée et de la distance de transport.

Les lignes comprennent :

- Les conducteurs qui transitent les puissances d'un poste source à un poste récepteur ;
- Les câbles de garde qui protègent les lignes contre les surtensions atmosphériques ;
- Les supports qui maintiennent les conducteurs à une certaine hauteur préconisée par l'Arrêté Technique ;
- Les isolateurs qui isolent les phases de la masse à une certaine distance d'isolement par niveau de tension ;
- Les accessoires qui retiennent les conducteurs et câbles de garde aux pylônes.

Le fonctionnement de ces lignes est assuré par des postes de transformation ou d'interconnexion, qui délimite leurs tensions et charges selon leur type :

A. Lignes très haute tension THT :

Elles peuvent être des lignes de grand transport ou des lignes d'interconnexion

- **Lignes de grand transport** : Elles permettent l'évacuation de l'énergie produite par un centre de production vers un centre de consommation.
- **Lignes d'interconnexion** : Elles assurent la mise en commun des ressources de production de plusieurs régions ou pays et facilitent ainsi le secours mutuel lors de situations particulières affectant la consommation et la disponibilité des équipements de production ou de transport.

B. Lignes haute tension HT :

Elles servent à acheminer l'énergie depuis les grands postes d'interconnexion vers les postes d'alimentation et des réseaux de distribution.

1-2-Postes :

Dans l'organisation d'un réseau, les postes sont des points névralgiques, car, du fait de leur fonction d'interconnexion et de transformation, la défaillance de l'un d'eux peut provoquer la mise hors service de nombreuses lignes et compromettre les liaisons entre les réseaux de tensions différents. Ils assurent les principales fonctions suivantes :

- Transformation du niveau de tension de l'énergie ;
- Raccordement des centrales au réseau ;
- Interconnexion avec les pays voisins ;
- Protection du réseau, afin d'éviter de dégrader les matériels en cas de défaut électrique.

Les postes comprennent les principaux équipements HBT suivants :

- Des jeux de barres, qui assurent la matérialité des sommets du réseau ;
- Des disjoncteurs qui assurent la coupure des courants de court-circuit et de transit et la déconnexion des ouvrages ;
- Des sectionneurs qui assurent, après coupure des courants par les disjoncteurs, un rôle d'isolement et d'aiguillage des ouvrages sur l'un ou l'autre du jeu de barres ;
- Des transformateurs ou autotransformateurs de puissance qui permettent de transformer le niveau de tension pour l'adapter aux utilisateurs ;
- Des transformateurs de mesure, tension et courant, destinés à l'alimentation des appareils de mesure, l'alimentation des systèmes de protection et des automatismes de reprise de service ;
- Des réactances de compensation de l'énergie réactive.

On distingue plusieurs types de postes :

A. Postes d'interconnexion :

Ils assurent les liaisons entre les lignes THT-HT, dans les réseaux d'interconnexion, ils comprennent à cet effet un ou plusieurs points communs triphasés appelés **jeu de barres**, sur lesquels différents départs (lignes, transformateurs) de même tension peuvent être aiguillés.

B. Postes de transformation :

Ils constituent les points de jonction entre les lignes de différentes tensions, ils comprennent au moins deux jeux de barres ayant des tensions différentes liées par un ou plusieurs transformateurs. Les postes de transformateurs peuvent être : des postes (THT/HT) (HT/MT), (MT/BT).

C. Postes mixtes :

Ils assurent une fonction d'interconnexion, et comportent en outre plusieurs étages de transformation.

Les éléments constituant un poste sont :

Travée ligne :

- tête de cellule regroupant les équipements de contrôle, de protection et d'isolement de la ligne (transformateurs de mesure de courant et de tension, disjoncteur, sectionneurs d'isolement et de mise à la terre de la ligne)
- Aiguillage : permet de raccorder la tête de cellule à l'autre à l'un ou l'autre des jeux de barre du poste (sectionneurs permettant d'effectuer les manœuvres de raccordement)

Travée transformateur : rôle identique à celui des cellules lignes, elle n'en diffère que par la suppression du sectionneur d'isolement dont la fonction de coupure visible est assurée par les sectionneurs d'aiguillage encadrant proches; et des réducteurs de mesure (courant et tension) qui ne sont installés que sur l'enroulement à la plus faible tension du transformateur de puissance

Travée couplages barres : ils permettent de relier entre eux deux jeux de barres à même tension du poste (disjoncteur, sectionneurs d'aiguillage sur les différents jeux de barres, réducteurs de courant et de tension alimentant les protections barres)

2- Caractéristiques du réseau de SONELGAZ

Le réseau de SONELGAZ est constitué d'un réseau Nord s'étendant d'Est en Ouest sur une distance de 1300 Km environ et d'un réseau Sud partiellement connecté au réseau Nord.

Le système électrique de SONELGAZ est un ensemble de plus de 6740 MW de puissance installée avec une évolution jusqu'à 8000 MW en 2009 et qui délivre une puissance de 6300 MW à la pointe.

Il comprend :

- Des dizaines des groupes de production hydraulique et thermique, ces groupes sont des ensembles complexes de gros matériels de puissance, mais aussi d'organes de régulation et de protection ;
- 16 300 kilomètres de lignes 400 kV, 220 kV, 150 kV, 90 kV et 60 kV avec une évolution jusqu'à 21000 km en 2009 et formant un réseau interconnecté et comprenant :
 - Des lignes alimentant des grandes agglomérations ;
 - Des lignes alimentant des clients HT et THT ;
 - Des boucles 60 kV fragiles et des piqûres HT et THT qui sont des sources de perturbation ;
 - Des antennes 60 kV.

Ce réseau permet des transits de puissance importants avec un grand nombre de protections et d'automates ;

- 179 postes THT et HT avec une évolution de 350 postes en 2008 formants les nœuds du réseau et comprenant :
 - des postes de transformation ;

- des postes de raccordement des centrales ;
- des postes d'interconnexion ;
- Des dizaines d'installations de clients raccordées sur les réseaux THT et HT peuvent être des sources de perturbations et présenter des comportements dynamiques très différents lors des variations importantes de tension et/ou de fréquences rencontrées au cours des incidents ;
- Un centre de conduite nationale (CCN) et quatre centres de conduite régionale exploitant, chacun dans sa zone d'action et conformément à sa responsabilité.

Ces multiples composants en interaction permanente, sous le contrôle d'opérateurs humains et d'automates, constituent un ensemble complexe et bouclé qui doit être conçu et exploité de manière cohérente.

3- Exploitation du système électrique [5]

L'exploitation du système électrique permet d'assurer trois objectifs majeurs :

- Garantir la sûreté de fonctionnement, à travers la maîtrise de l'évolution et des réactions du système électrique face aux différents aléas dont il est l'objet, en réduisant autant que possible le risque d'incidents pouvant conduire à une coupure de l'alimentation électrique ;
- Favoriser la performance économique et l'ouverture du marché de l'électricité, à travers une meilleure utilisation et exploitation des offres de service proposées par les acteurs opérant au sein du système électrique (équilibre offre -demande dans le cadre de contrats souscrits par la clientèle, échange d'énergie avec les autres réseaux du système électrique maghrébin, etc...) ;
- Satisfaire les engagements contractuels vis-à-vis des clients raccordés au réseau de transport en matière de qualité de la fourniture.

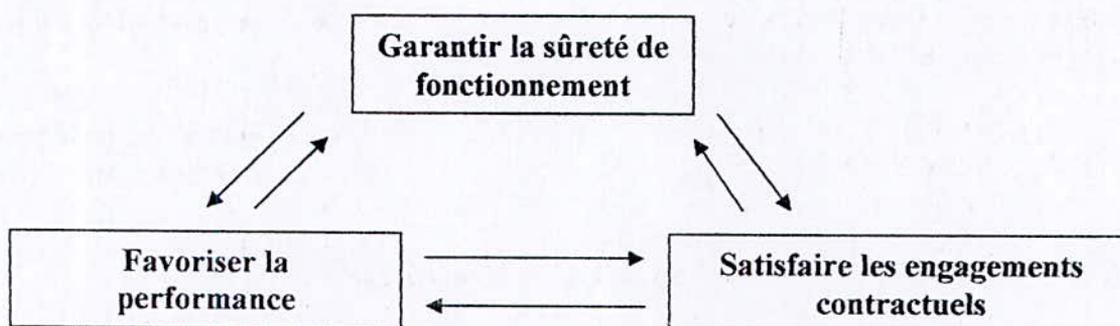


Figure 6. Les trois objectifs qui gouvernent l'exploitation du système électrique.

Une dégradation de la sûreté du système qui se traduit par une augmentation de la fréquence des incidents serait un échec dans l'exercice de la mission de service public de l'électricité.

- Il en résulterait :
- la perte de confiance du public et l'abandon de l'électricité au profit des autres énergies concurrentielles ;
 - la perte de confiance des partenaires électriciens étrangers.

4- Modes de dégradation de la sûreté [5]

Le système électrique, par sa nature, est en permanence soumis à différents aléas peuvent être regroupés en quatre familles :

a) Les aléas de consommation

Du fait du caractère non stockable de l'énergie électrique, il faut à tout instant assurer l'adéquation production-transport. Le système est donc piloté par la consommation comme reflet de l'activité économique et sociale du pays, elle se trouve influencée par des multitudes des facteurs dont le principal est d'origine climatique.

b) Les aléas climatiques

Le système électrique est en relation très forte avec l'environnement, Il doit faire face aux agressions du milieu extérieur (foudre, température, crues ou sécheresses, givre et neige...) souvent peu prévisible et qui induisent des perturbations notables.

c) Les pannes et les agressions extérieures

Les composants du système travaillant dans des conditions industrielles sévères, alors que ne sont pas à l'abri des pannes (défaillance imprévisible d'équipements) ou d'agressions extérieures, certaines ont des conséquences immédiates, d'autres peuvent rester cachées (pannes latentes) et se révéler inopinément lors d'une sollicitation.

d) Les dysfonctionnement liés au facteur humain

Le niveau de performance des composants du système dépend, pour une large part, du facteur humain qui intervient à tous les niveaux : la conception, la mise en œuvre des équipements (qualité des réalisations, rigueur des essais de mise en service, etc..), l'exploitation et la maintenance (qualité et rigueur des interventions). Les conséquences peuvent être immédiates et peuvent se manifester lors d'une sollicitation ultérieure (erreur de câblage, mauvais réglage, etc..).

La complexité des mécanismes de dégradation des équipements a fait en sorte que la durée de vie de ces derniers a toujours été traitée comme une variable aléatoire. Cet état de fait a incité plusieurs entreprises à adopter des approches plutôt réactives, n'étant pas en mesure de justifier économiquement les avantages que peut procurer la mise en place d'une vraie politique de maintenance.

L'absence de données fiables et d'outils efficaces de traitement de ces données a réduit la fonction maintenance à des tâches de dépannage, et par le fait même à une fonction dont les coûts ne cesse d'augmenter et dont la contribution à l'amélioration de la fonction maintenance n'est pas évidente.

Chapitre III

Généralités sur la maintenance et la fiabilité

Introduction

- 1. Sûreté de fonctionnement des systèmes**
- 2. Généralités sur la fonction maintenance**
- 3. Relation entre la maintenance et la fiabilité**

Introduction :

La sûreté de fonctionnement qui se décline en terme de fiabilité, de maintenabilité, de disponibilité et de sécurité est maintenant une science qu'aucun concepteur de produit ou d'installation ne peut ignorer.

Dans ce chapitre nous rappelons certains concepts de fiabilité et de maintenance des systèmes, en introduiront certaines définitions, et également en mettront en évidence l'ampleur de l'effort nécessaire pour mettre en place une politique de maintenance basée sur la fiabilité des matériels.

1. Sûreté de fonctionnement des systèmes : [1], [3], [4], [14]

Un système peut être défini comme un ensemble, des composants interdépendants, conçu pour réaliser une fonction donnée, dans des conditions données et dans un intervalle de temps donné (poste, lignes, transformateurs, etc.).

Pour chaque système, il est important de définir clairement les éléments qui les caractérisent, à savoir : la fonction, la structure, les conditions de fonctionnement, les conditions d'exploitation, l'environnement dans lequel il est appelé à opérer.

Au sens large, la sûreté de fonctionnement d'un système sera définie comme la science des défaillances ; elle inclut ainsi leur connaissance, leur évaluation et leur maîtrise.

Au sens strict, la sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à satisfaire une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données. Elle peut être caractérisé par les concepts suivants :

1.1. La fiabilité :

La fiabilité d'un système s'exprime par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminée. C'est donc une grandeur comprise entre 0 et 1. Nous la désignons par $R(t)$ ou t désigne la durée de la mission.

$$R(t) = P \{ \text{durée de vie du système } T > t \}$$

Rappelons que la durée de vie d'un système T est une mesure de la quantité de service rendu. Selon le système étudié, elle s'exprime en terme de temps d'heures de fonctionnement ou autre.

Le fait que la défaillance d'un système puisse survenir à n'importe quel moment nous amène à considérer cette grandeur comme une variable aléatoire à laquelle nous pouvons associer une fonction de densité $f(t)$. Il importe de rappeler que $f(t).dt$ est la probabilité que la durée de vie d'un système soit entre t et $t + dt$ ou encore la probabilité qu'il tombe en panne entre t et $t + dt$.

$$P \{ t < \text{durée de vie du système } T < t + dt \} = \int_t^{+\infty} f(t) dt - \int_{t+dt}^{+\infty} f(t) dt$$

Il va sans dire que :

$$\int_0^{+\infty} f(t) dt = 1$$

Nous désignons par $F(t)$, la fonction de répartition ou la fonction de distribution associée aux durées de vie. $F(t)$ peut s'interpréter comme la probabilité que la durée de vie du composant soit inférieure ou égale à t .

$$F(t) = P \{ \text{durée de vie du système } T \leq t \}$$

Nous supposons qu'en tout temps, le système est soit « en opération » ou « hors d'usage », il s'ensuit que :

$$\forall t > 0 \quad R(t) + F(t) = 1.$$

L'une de principale mesure de la fiabilité est le taux instantané de défaillance $\lambda(t)$.

Définition :

Le taux instantané de défaillance $\lambda(t)$ d'un dispositif est la probabilité d'avoir une défaillance entre t et $t + dt$ à condition que le dispositif ait vécu jusqu'à t .

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)}$$

$$R(t) = \exp \left[-\int_0^t \lambda(t) dt \right]$$

L'évolution de taux de défaillance $\lambda(t)$ à travers le temps, se représente sous la forme d'une courbe en baignoire

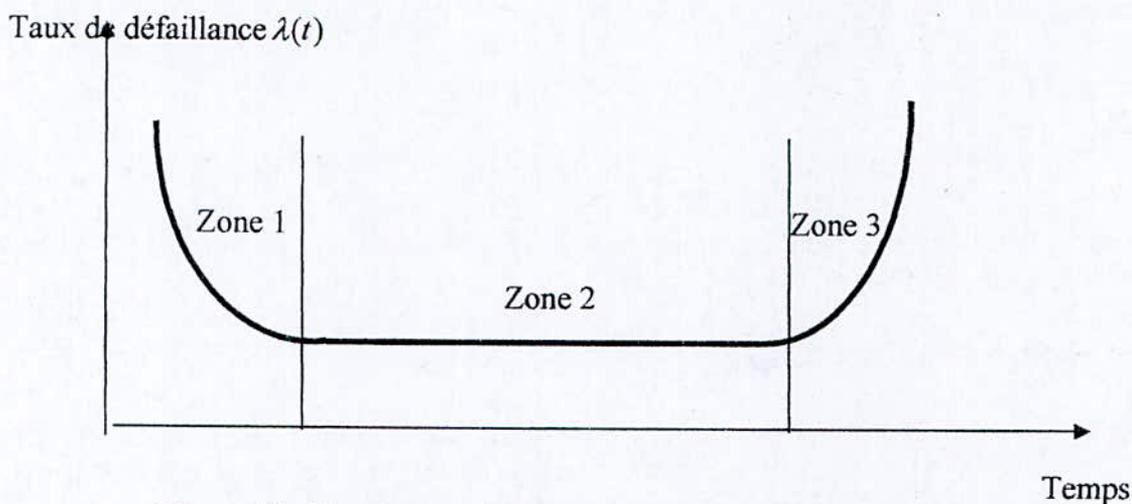


Figure.7 : Courbe représentant le taux de défaillance des matériels

Zone 1 : période de " jeunesse ".

Elle est caractérisée par un taux de défaillance décroissant avec le temps (liée aux défauts de fabrication des composants du matériel et aux erreurs de conception)

Zone 2 : période de " vie utile ".

Elle correspond à la période où le taux de défaillance est sensiblement constant (défaillances aléatoires).

Zone 3 : période de "vieillesse"

Le taux de défaillance est croissant .cette période correspond à une usure du matériel.

L'un des principal indicateur de la fiabilité est MTBF (Moyen des Temps de Bon Fonctionnement), elle est calculé par :

$$MTBF = \int_0^t f(t)dt = E(t) = \int_0^{\infty} R(t)dt$$

1.2. La maintenabilité :

Les normes NF X 60-300 et X 60-301 spécifient cinq types de critères de maintenabilité. Le premier critère est relatif à la surveillance de la maintenance préventive. Il est important de connaître à ce niveau l'accessibilité du composant, sa démontabilité et son interchangeabilité. Le deuxième est relatif à la maintenance corrective, plus particulièrement, le temps de recherche de panne ou de défaillance et le temps de diagnostic. Le troisième critère est relatif à l'organisation de la maintenance, pris en compte par la périodicité du préventif, le regroupement à des périodes identiques, l'homogénéité de la fiabilité des composants, la présence d'indicateurs et de compteurs et la complexité des interventions. L'avant-dernier critère est lié à la qualité de la documentation technique. Celui-ci comporte la valeur du contenu, la disponibilité de la documentation, le mode de transmission et les principes généraux de rédaction et de présentation de la documentation technique. Le dernier critère de maintenabilité est lié au suivi du bien par le fabricant. Il sera question de l'évolution du fabricant, de la qualité du service après-vente et de l'obtention des pièces de rechange.

1.3. La Disponibilité :

La disponibilité est la probabilité pour qu'une entité soit en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données à un instant donné t, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée.

La disponibilité dépend également de (s) :

- L'organisation de la maintenance ;
- La logistique de la maintenance ;
- La qualité des moyens de maintenance en matériel, personnel, pièce de rechange, documentation, politique et méthode ;
- Nombre de défaillance (fiabilité) ;
- La rapidité de la réparation (maintenabilité).

1.4. La sécurité :

Les études de sécurité visent éventuellement à évaluer la probabilité de l'occurrence d'un évènement indésirable en prenant en compte la conception de tous les facteurs initiateurs :

- Facteur technique : matériels, produit,
- Facteur humaine : qualité de formation, ergonomie,...
- Facteur environnementaux : risque naturel, milieux ambiants,...

2-Généralités sur la fonction maintenance : [2], [4], [6], [7]

2-1-Définition de la maintenance :

la norme **AFNOR X60-010** définit la maintenance comme étant « l'ensemble des activités destinées à maintenir ou rétablir un bien dans un état ou dans des conditions de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise, ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management ».

Cette définition peut être complétée par le document d'introduction à la maintenance X60-010 qui précise : « **bien maintenir, c'est assurer les opérations au coût global optimal** ».

2-2-Différentes formes de maintenance :

Dans la définition de la maintenance, nous trouvons deux mots clés : maintenir et rétablir. Le premier fait référence à une action préventive, le deuxième fait référence à l'aspect correctif (voir figure8). Nous présentons dans les paragraphes qui suivent les définitions de chaque type de maintenance.

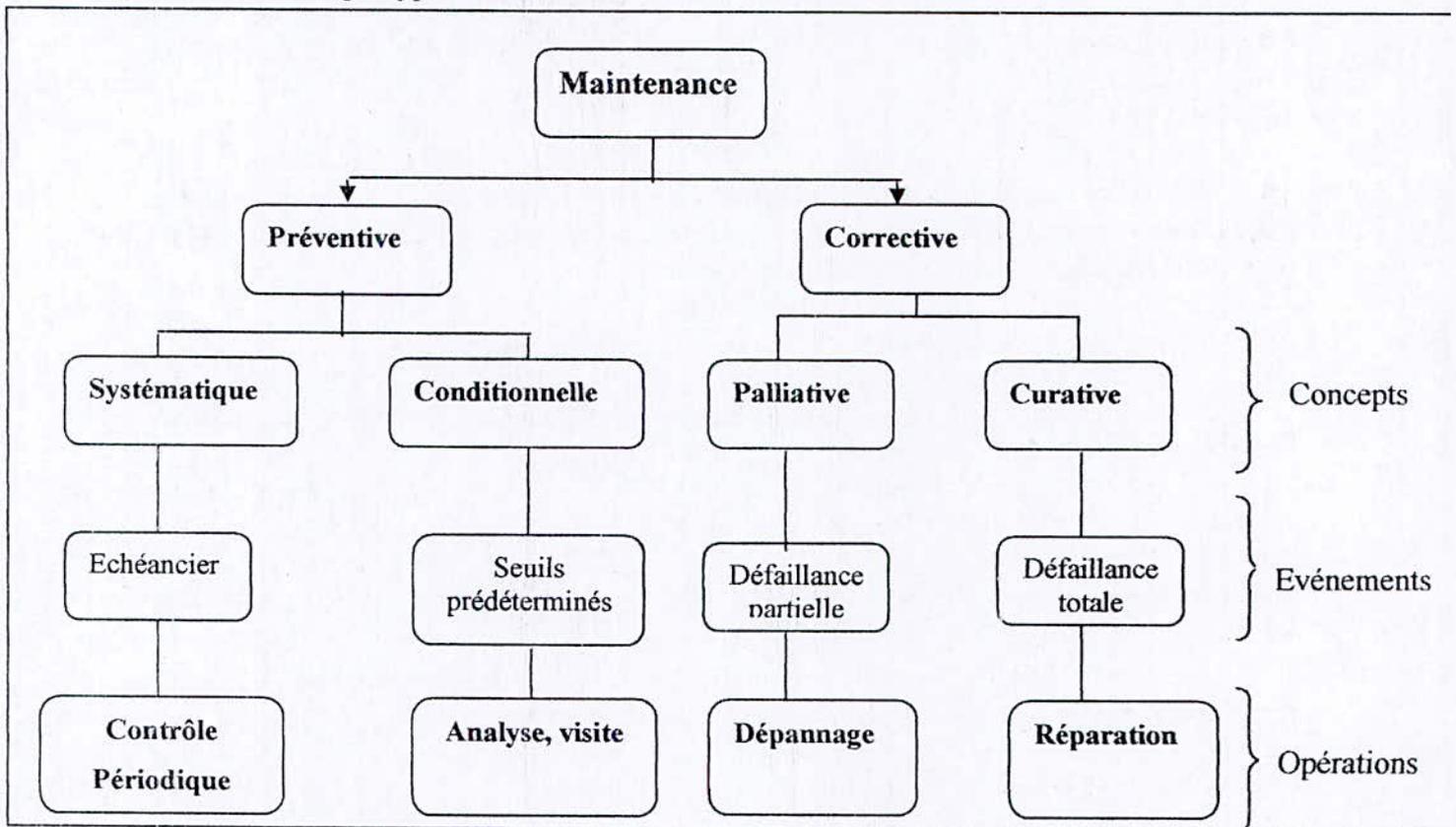


Figure8 : Les différentes formes de maintenance

2-2-1- Maintenance corrective :

La maintenance corrective est définie comme une maintenance effectuée après défaillance (**AFNOR X60-010**). Elle est caractérisée par son caractère aléatoire et requiert

des ressources humaines compétentes et des ressources matérielles (pièces de rechange et outillages) disponibles sur place.

La maintenance corrective débouche sur deux types d'intervention :

- La maintenance palliative : à caractère provisoire (dépannage).
- La maintenance curative : à caractère définitif (réparation : remise en état spécifié).

2-2-2- Maintenance préventive :

La norme AFNOR X60-010 définit la maintenance préventive comme étant la maintenance ayant comme objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu.

On distingue traditionnellement, et conformément à la même norme deux types de maintenance préventive :

A- Maintenance préventive systématique :

C'est une maintenance effectuée selon un échéancier établi d'après un temps de fonctionnement ou un nombre d'unité d'usage (**d'après l'AFNOR**). La périodicité des remplacements est déterminée selon deux méthodes : la première est le type âge, la seconde est le type bloc.

La politique de remplacement de type âge suggère de remplacer l'équipement à la panne ou après T unités de bon fonctionnement. La politique bloc suggère de remplacer l'équipement après une période prédéterminée de temps T, 2T, 3T... indépendamment de l'âge et de l'état du composant.

B- Maintenance préventive conditionnelle :

Cette maintenance est subordonnée à un type d'événement prédéterminé (**AFNOR X60-010**). Divers outils comme l'analyse de la vibration et l'analyse d'huile, permettent de détecter les signes d'usure ou de dégradation de l'équipement ceci s'effectue en mesurant à chaque inspection, la valeur d'un paramètre de contrôle tels que : la température, la pression, l'amplitude de déplacement, de vitesse ou d'accélération des vibrations, le degré d'acidité, ou la teneur de particules solides dans l'huile. L'action ne se déclenche que lorsque le paramètre de contrôle dépasse un seuil déterminé empiriquement, fixé par le constructeur.

2-2-3- Opérations de maintenance préventive :

Pour bien répondre à l'objectif de la maintenance préventive, qui consiste à rétablir les conditions de fonctionnalité du bien avant défaillance, plusieurs actions sont nécessaires.

Les opérations présentées ci-après sont représentatives et nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel de l'équipement. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unité d'usage.

a) Visite :

Ce 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 par des fiches.

b) Contrôle :

La vérification de la conformité par des données préétablies, suivie par un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information (contrôle visuel ou auditif) ;
- Inclure une décision : acceptation ; rejet ; ajournement ;
- Déboucher sur des actions correctives.

Le contrôle est une action placée entre la visite préventive et la maintenance curative. Les opérations principales du contrôle consistent en la :

- Détection du niveau d'usure ou d'anomalies des pièces constitutives d'ensemble par l'évaluation de l'état de détérioration ;
- Comparaison du niveau d'usure avec le niveau de référence.

c) Inspection :

Activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie ; elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies.

Cette opération peut être réalisée par les techniciens de la maintenance à l'occasion des visites qui nécessitent des démontages.

d) Révision :

La révision périodique est un ensemble complet d'examens et d'action réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité.

La rénovation est une action suivant le démontage du bien principal et le remplacement des biens qui s'approchent de leur durée de vie et/ou devrait être systématiquement remplacé.

e) Dépannage :

Le dépannage est une action de maintenance corrective, effectuée avec l'objectif de remettre provisoirement le bien défaillant en état de fonctionner. C'est une action de maintenance palliative.

3. Relation entre maintenance et fiabilité [3], [5]

La fiabilité des équipements est l'objectif principal de la maintenance, elle doit être la mission fondamentale des services de maintenance.

Les objectifs des actions de maintenance sont les suivants :

- Assurer réellement les niveaux de sécurité et de fiabilité intrinsèques du matériel ;
- Rétablir les niveaux de sécurité et de fiabilité à leurs valeurs intrinsèques, lorsqu'une dégradation se produit ;
- Se procurer les données permettant d'améliorer la définition dont la fiabilité intrinsèque s'avère insuffisante ;
- Réaliser ces objectifs pour un coût total minimal.

Fiabilité opérationnelle

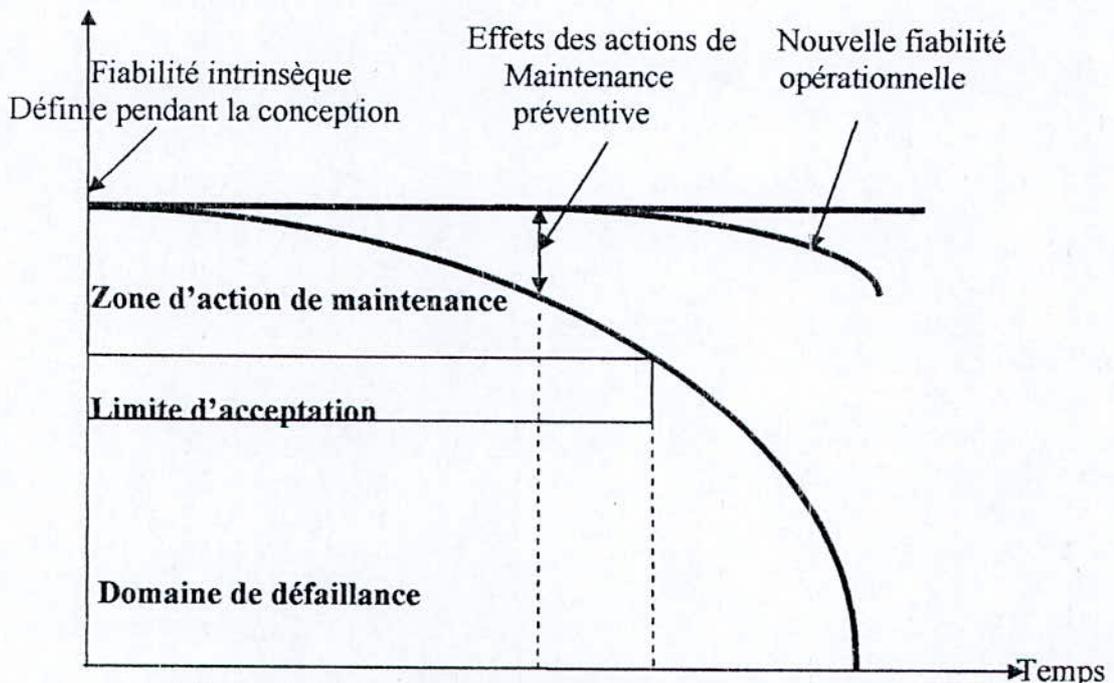


Figure.9 : Relation entre fiabilité et maintenance

La fiabilité intrinsèque du matériel dépend de :

- La fiabilité de la conception : à savoir si les études conceptuelles ont été menées de façon rigoureuse ;
- La fiabilité de construction ;
- La fiabilité des composants fabriqués ;
- La fiabilité des essais effectués surtout lorsqu'ils sont réalisés en usine.

Une politique de maintenance efficace ne pourra jamais fournir une fiabilité opérationnelle supérieure à la fiabilité intrinsèque, sauf en cas de modification ou de re-conception des matériels. Une **vraie politique de maintenance** s'attache à restaurer la fiabilité opérationnelle au niveau de la fiabilité intrinsèque, la figure.10 décrit l'allure de la fiabilité opérationnelle au cours de la durée de vie et l'influence des opérations de maintenance préventive.

La fiabilité extrinsèque d'un matériel correspond aux défaillances générées par :

- L'utilisation du matériel,
- La qualité de la maintenance effectuée
- Le processus et surtout les modifications de processus non acceptables par le matériel compte tenu de sa construction

Fiabilité totale = fiabilité intrinsèque + fiabilité extrinsèque

Chapitre IV

Politique de maintenance d'un matériel

Introduction

- 1. Choix de la politique de maintenance d'un matériel**
- 2. La politique de la maintenance basée sur la fiabilité :**
 - 2.1. Origine**
 - 2.2. Principe de la méthode**
 - 2.3. Etapes de mise en œuvre**

Introduction :

Garantir le niveau de sûreté dans l'exploitation du système électrique revient à limiter le nombre d'incidents et d'éviter les grands incidents par des actions de maintenance efficaces.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons en premier lieu à définir la politique de maintenance d'un matériel afin de soutenir le choix de l'entreprise à accéder à une stratégie de maintenance basée sur la fiabilité (le pourquoi de la MBF ?).

Puis nous présentons cette politique, son origine, ses principes, les étapes de mise en œuvre et l'analyse de la démarche AMDEC appliquée pour les postes et les lignes (le comment de la MBF).

1. Le choix de Politique de maintenance d'un matériel [4], [8], [15]

Tous les équipements d'une installation électrique sont soumis à des mécanismes de dégradation dus aux conditions de fonctionnement et/ou d'environnement tels que les usures, fatigue, vieillissement, altérations physico-chimiques diverses.

Que recouvre le terme « Politique de maintenance d'un matériel » ! L'intérêt économique d'une telle définition s'impose à tous les partenaires de la fonction maintenance afin de comprendre parfaitement les différentes étapes de la démarche de choix d'une politique de maintenance d'un matériel permettant de viser, sinon d'aboutir, à un coût global de maintenance minimal de leur matériel.

Définir la politique de maintenance d'un matériel consiste à décider de façon volontaire de :

- Quelle méthode de maintenance à mettre en œuvre ?
 - Préventive ou corrective ?
 - Quel niveau de maintenance préventive ?
 - Quelle forme de maintenance préventive ?
 - A quelle périodicité intervenir ?
- Quels sont les moyens économiquement rentables pour minimiser les coûts de défaillance de la maintenance curative ?
- Comment introduire **une politique de maintenance efficace** ?

Une politique de maintenance permet de couvrir en même temps les différents aspects qui sont :

1. Accroître la disponibilité des équipements ;
2. Réduire les coûts de maintenance ;
3. Augmenter la productivité du personnel de maintenance ;
4. Réduire les stocks liés à la maintenance ;
5. Améliorer l'efficacité de l'ordonnancement ;
6. Définir une politique d'approvisionnement ;
7. Définir les conditions de renouvellement ou d'investissement ;
8. Définir une politique de recours à des entreprises extérieures ;

9. Choisir la méthode de maintenance la mieux adaptée à un matériel donné.

A cet effet, toute intervention de maintenance a besoin d'être pensée avant d'être réalisée, l'entité maintenance doit impérativement solliciter une organisation des moyens à mettre en œuvre pour la réussite de ses tâches afin de pratiquer harmonieusement les différents types d'entretien des équipements.

Vu que la maintenance exige une combinaison rationnelle des moyens et qu'elle est permanente, elle nécessite une politique d'entretien préalablement établie.

La politique de maintenance du matériel est de définir des objectifs technico-économiques relatifs à la prise en charge des équipements par les services maintenances, elle implique la prise de décision sous forme de compromis entre trois pôles :

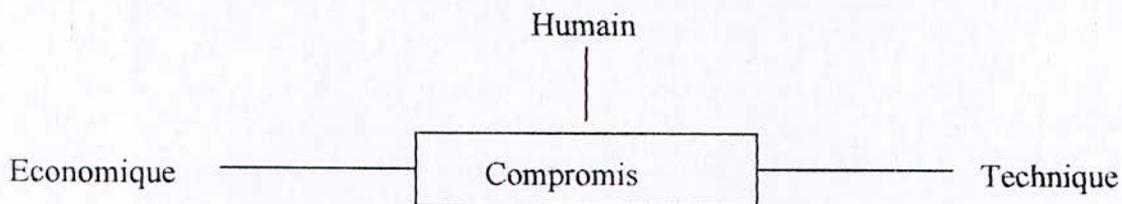


Figure 10 : les pôles de décision d'une politique de maintenance.

A cet effet, les responsables des services maintenances doivent mettre en œuvre les moyens adaptés aux objectifs fixés.

Cette figure nous permet de visualiser les différentes phases de la mise en œuvre d'une politique de maintenance.

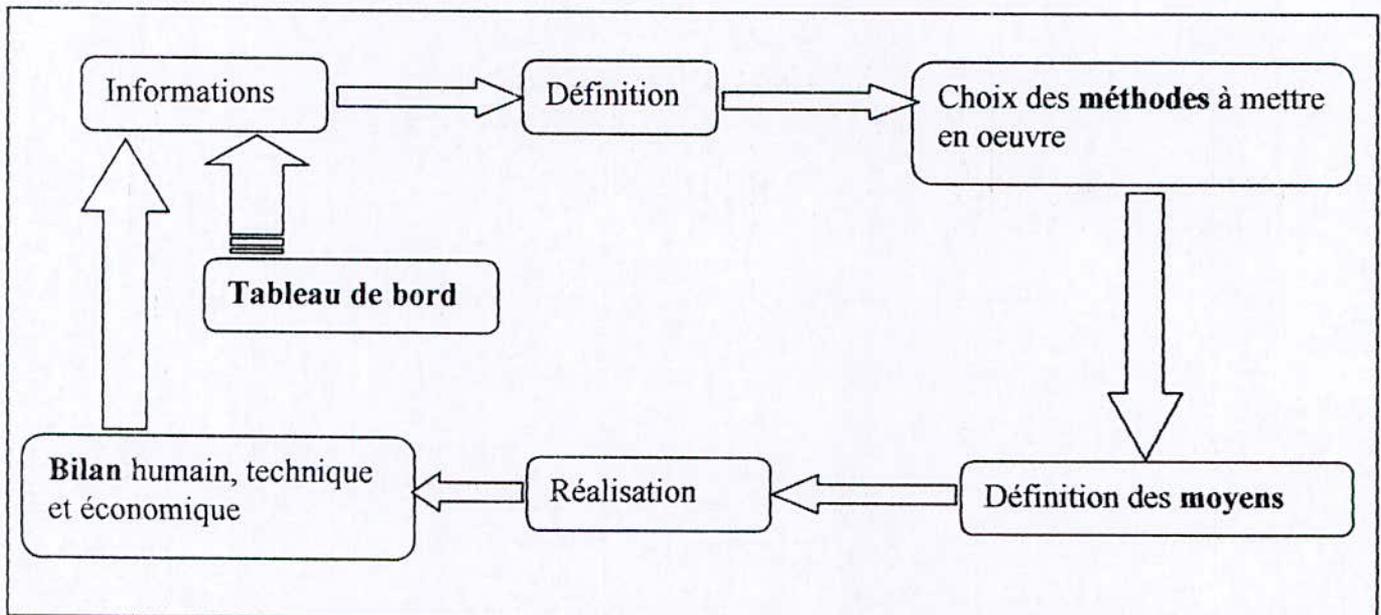


Figure 11 : Phase d'une mise en place d'une politique de la maintenance

La politique de maintenance souhaitée du matériel est de passer d'une maintenance caractérisée par des intervalles d'intervention fixes à une maintenance influencée par l'état des équipements, les démarches suivantes sont nécessaires pour accéder à une stratégie de maintenance basée sur la fiabilité qui réunit les deux aspects suivants :

- Détermination de l'état des ouvrages et équipements en exploitation ;
- Définition de l'importance stratégique des ouvrages, des équipements et des composants dans le réseau.

Les deux informations doivent être interconnectées et appréciées, afin de pouvoir fixer la séquence optimale des travaux de maintenance des différents équipements.

Procédure de principe :

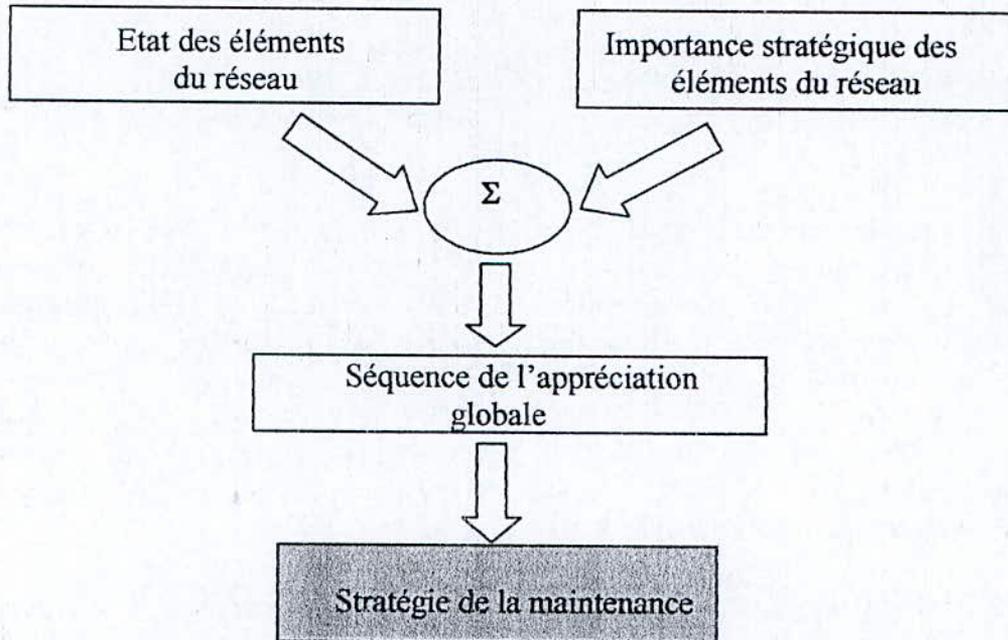


Figure 12 : Procédure de principe

Les conditions de la mise en place de cette politique sont l'existence de :

- ◆ Dégradation progressive et détectable ;
- ◆ Paramètre physique en corrélation avec le niveau de dégradation ;
- ◆ Moyens fiables pour la mesure du paramètre.

2. la politique de la maintenance basée sur la fiabilité [3], [4], [10], [8]

2.1- Origine :

Les principes de la maintenance basée sur la fiabilité (MBF) ont été introduits en aéronautique à la fin des années 1960 aux Etats-Unis sous le nom maintenance MSG-1 (Maintenance Steering Group). Dans cette industrie, la technique s'est affinée et a conduit à

la publication de quatre versions successives (MSG-1(1969), MSG-2(1970), EMSG (1972), MSG-3(1980-1988).

La RCM (Reliability Centred Maintenance), développée en 1973 dans le domaine militaire aux Etats-Unis, diffère sensiblement de la MSG-3 par la logique de sélection des tâches de maintenance.

En France, une méthode semblable a vu le jour dans les années 1988/90, impulsée par EDF (Electricité De France) pour être utilisée dans les centrales nucléaires françaises et connues sous le nom d'OMF (Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité), elle est également appliquée par EDF/RTE (Réseau de Transport de l'Electricité d'EDF) à partir de 2000 sur les équipements postes et 2002 sur les lignes aériennes haute et très haute tension.

Un projet de norme CEI 60300-3-11 premier édition 99-03 « Guide d'application MBF » a été élaboré sur ce sujet, l'implication des grandes entreprises de l'électricité démontre l'intérêt économique de cet outil.

2.2- Principe de la méthode :

La MBF est un outil permettant d'optimiser les actions de maintenance programmées, les critères pris en compte sont :

- La sécurité ;
- La disponibilité (tenant compte d'un consensus fiabilité – maintenabilité) ;
- Le coût de maintenance.

La MBF est destinée à élaborer un programme de maintenance préventive optimisé qui a pour objectif de :

- Définir et justifier les actions de maintenance programmée à mettre en place ;
- Augmenter la sûreté de fonctionnement à travers la connaissance, l'évaluation, la prévision, la mesure et la maîtrise des défaillances des systèmes électriques ;
- Déterminer les recommandations relatives aux enjeux technico-économiques (investissement, rénovation, procédures, justification).

L'implantation de cette nouvelle démarche entraînera des effets positifs indirects :

- Une amélioration des différents processus se rapportant à l'acte maintenance ;
- Une meilleure organisation des moyens existants et justification des compléments ;
- Une responsabilisation du personnel de maintenance ;
- La vulgarisation et le développement des techniques nécessaires à l'acte de maintenance.

2.3- Etapes de mise en œuvre :

Les étapes de mise en œuvre d'un programme de maintenance planifié s'effectue comme suit :

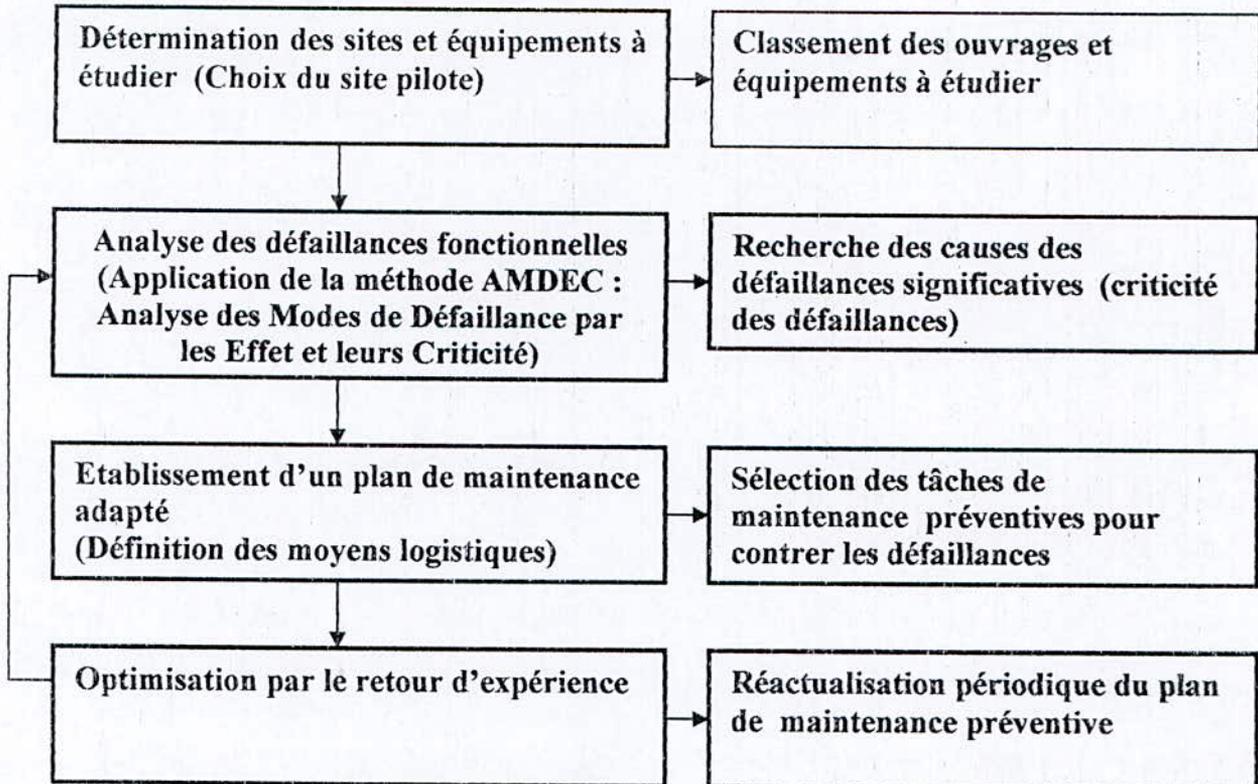


Figure13 : Les quatre étapes principales de la démarche MBF

Première étape :

Correspond à l'étude de l'ensemble des différents sites à travers un classement stratégique des ouvrages.

Un ouvrage est stratégique si son dysfonctionnement ou son interruption provoque une dégradation partielle ou totale du réseau (norme ISO8927).

1.1 Objectif :

Le classement stratégique des ouvrages a pour objectif d'adapter la nature et l'acte de maintenance au caractère stratégique de l'ouvrage.

En effet la fréquence de l'acte de maintenance et les moyens à mettre en œuvre sont différents selon que l'ouvrage est stratégique ou pas, des méthodes utilisées doivent aussi s'adapter aux ouvrages stratégiques de manière à réduire le coût de la maintenance.

Un certain nombre de critères ou d'indicateurs permettent de classer les ouvrages selon leur importance stratégique dans le réseau.

1.2 Critères de classement :

Les critères de classement des ouvrages selon les degrés stratégiques sont :

A- Postes :

La classification des postes de transformation est réalisée suivant des critères qui tiennent compte de l'importance de l'ouvrage dans le système électrique ainsi que de la qualité de service.

Les critères considérés sont les suivants :

Critère N° 1 : Importance du point de vue conduite du système

Ce critère qui a quatre niveaux d'importance, indique le caractère stratégique du poste dans le système électrique.

Niveau N° 1 : Les postes d'évacuation de la puissance des centrales ainsi que les postes d'interconnexion internationales ;

Niveau N° 2 : Les postes d'interconnexion régionales et les postes alimentant les grandes villes ;

Niveau N° 3 : Les restes des postes 220 kV, les postes en antenne, les clients et les cabines mobiles ;

Niveau N° 4 : Le reste des postes 60 kV.

Ce critère a été évalué conjointement par les services de l'opérateur système et du transport. Il indique le caractère stratégique du poste dans le système électrique ainsi que l'importance des puissances mises en jeu sur le réseau de transport.

Critère N° 2 : Importance du point de vue capacité de transformation du poste

Ce critère qui a cinq niveaux d'importance, indique la puissance totale transformable dans le poste (puissance installée dans le poste).

Niveau N° 1 : 5 points, pour la puissance >321 MVA ;

Niveau N° 2 : 4 points, pour $261 \leq P < 320$ MVA ;

Niveau N° 3 : 3 points, pour $161 \leq P < 260$ MVA ;

Niveau N° 4 : 2 points, pour $81 \leq P < 160$ MVA ;

Niveau N° 5 : 1 point, pour $0 \leq P < 80$ MVA ;

Critère N° 3 : Importance du point de vue puissance de la centrale à évacuer par le poste

Ce critère qui à cinq niveaux d'importante, indique la puissance évacuée dans le poste.

Niveau N° 1 : 5 points, pour $681 \leq P < 850$ MW ;

Niveau N° 2 : 4 points, pour $511 \leq P < 680$ MW ;

Niveau N° 3 : 3 points, pour $341 \leq P < 510$ MW ;

Niveau N° 4 : 2 points, pour $171 \leq P < 340$ MW ;

Niveau N° 5 : 1 point, pour $0 \leq P < 170$ MW ;

Critère N° 4 : Importance du point de vue consistance du poste à savoir le nombre de travées dans le poste.

Ce critère est évalué à **un point** pour **6 travées**.

B- Lignes et travées postes

La classification des lignes est réalisée suivant les deux critères suivants :

Critère N° 1 : Puissance maximale transitée

Ce critère tient compte de la puissance maximale en MVA transitée par la ligne pendant la pointe hiver ;

Critère N° 2 : Importance du point de vue conduite système

Ce critère à cinq niveaux d'importance, indique l'impact de l'indisponibilité de la ligne sur la conduite système.

Niveau N° 5 : L'indisponibilité de la ligne ou la travée ligne provoquera une surcharge excessive d'autres lignes ou travées lignes menant celle-ci des déclenchements en cascade avec une dégradation du plan de tension et au délestage et END importantes affectant des régions entières ;

Niveau N° 4 : L'indisponibilité de la ligne provoquera la perte de la puissance transitée engendrant une END ou un délestage équivalent ; il s'agit des lignes d'évacuation de centrales des lignes 220 kV alimentant des postes en antenne ;

Niveau N° 3 : L'indisponibilité de la ligne provoquera une surcharge sur d'autres lignes avec une dégradation du plan de tension et un délestage partiel ;

Niveau N° 2 : L'indisponibilité de la ligne provoquera en cas de déclenchement d'une ligne une surcharge sur d'autres lignes ;

Niveau N° 1 : L'indisponibilité de la ligne ne provoquera pas de contraintes considérables sur le réseau.

La procédure de calcul qui permet de faire le classement des ouvrages est le suivant :

○ Pour les postes :

$$\text{Evaluation totale} = \text{critère1} * \text{critère2} * \text{critère3} * \text{critère4}.$$

Les critères sont pris selon le nombre de points définis par les niveaux.

○ Pour les lignes :

$$\text{Evaluation totale} = \text{critère1} * \text{critère2}$$

Deuxième étape :

Correspond à l'analyse des défaillances fonctionnelles des équipements et des composants

Le classement stratégique des équipements et composants a pour objectif de rationaliser l'acte de maintenance en fonction du risque de défaillance de l'équipement ou du composant et de son impact sur le fonctionnement du réseau.

La classification et la hiérarchisation des composants est basée sur un outil de qualité appelé « AMDEC » : Analyse des Modes de Défaillances, leurs Effets et leurs Criticités:

L'AMDEC est une méthode qui permet l'étude systématique des causes et des effets de défaillance qui affectent les composants d'un système, elle considère la probabilité d'occurrence de chaque mode de défaillance et la gravité des effets associés pour effectuer une classification suivant une échelle en criticité.

Dans une étude AMDEC pour chaque équipement, il est nécessaire de faire :

- Un découpage technico-fonctionnel jusqu'au petit niveau sur lequel on réalise l'action de maintenance ;
- Pour chaque composant les différentes défaillances leurs causes et leurs effets sont déterminés ;
- La gravité de chaque défaillance et sa probabilité sont affectée puis la criticité est déduite ;
- La criticité de chaque composant est analysée et des actions de maintenance sont définies ;
- Le logigramme de décision qui sert, en fonction du type de défaillance, à identifier le type de conséquence sur les équipements et à définir le niveau des actions de maintenance à mettre en œuvre.

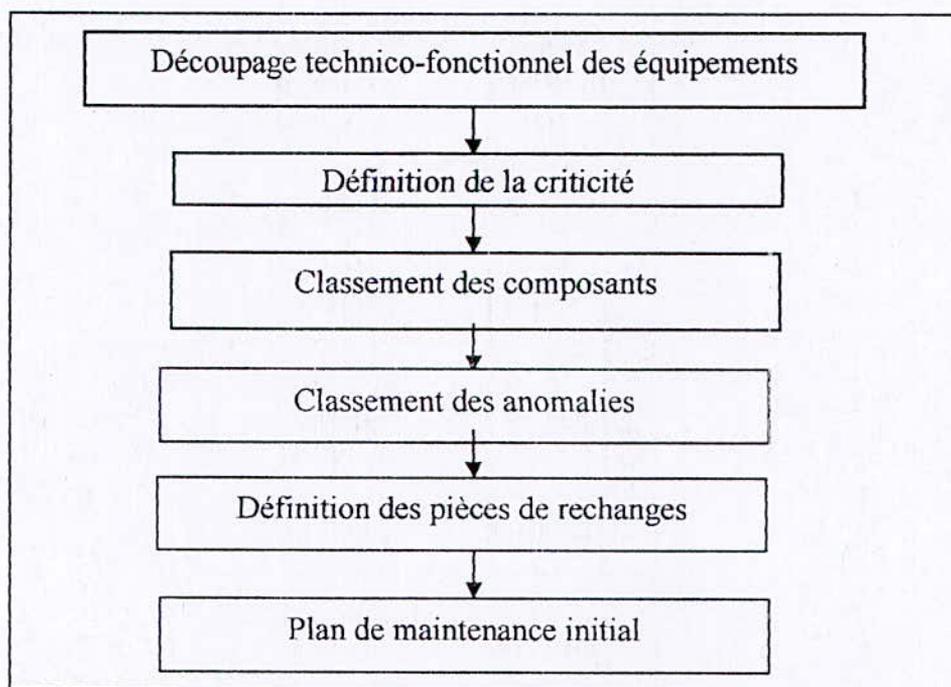


Figure14 : Principe de la méthode AMDEC

Les dysfonctionnements sont de nature différente, de causes différentes et surtout de conséquences différentes.

Effet	Cause
Casse- Fissure- Usure- Perçage- Déformation- Fuite- Amorçage-Blocage	Vibration- Fatigue- Usure- Choc- Vieillessement

1- Découpage technico-fonctionnel

Le système se décompose de deux façons : par les fonctions et par la structure

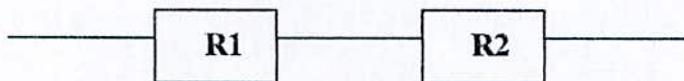
a- Identification des fonctions

Au niveau de la décomposition choisi pour la réalisation de l'étude AMDEC, il est nécessaire de lister les fonctions principales de chaque équipement, ensemble, sous-ensemble ou composant du système, chacune de ces fonctions servira à la formalisation des modes de défaillance.

Dans le cas du calcul de la fiabilité et la disponibilité d'un système (poste HT) l'élaboration d'un schéma fonctionnel du système au niveau de décomposition ou l'étude AMDEC est nécessaire.

Ce schéma met en évidence les liaisons série ou parallèle du système, les redondances ou les équipements doublés pour la réalisation d'une fonction.

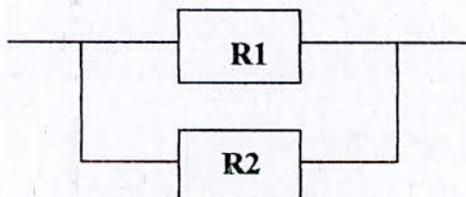
➤ Système série :



La fiabilité résultante pour la ligne complète est le produit des fiabilités de chaque équipement.

$$R(t) = R1(t) \times R2(t)$$

➤ Système parallèle :



Pour les équipements installés en parallèle (éléments redondants), la fiabilité résultante est :

$$1 - R(t) = (1 - R1(t)) \times (1 - R2(t))$$

On constate que la ligne parallèle est plus fiable que la ligne série, la fiabilité des équipements dépend en plus de son état et de son importance dans le système.

Pour le poste HT, l'ensemble des équipements fonctionnels le composant doivent être décomposés en bloc de coupure et regroupé en familles en fonction de leur importance dans le poste (Voir annexe I).

b- Décomposition de structure

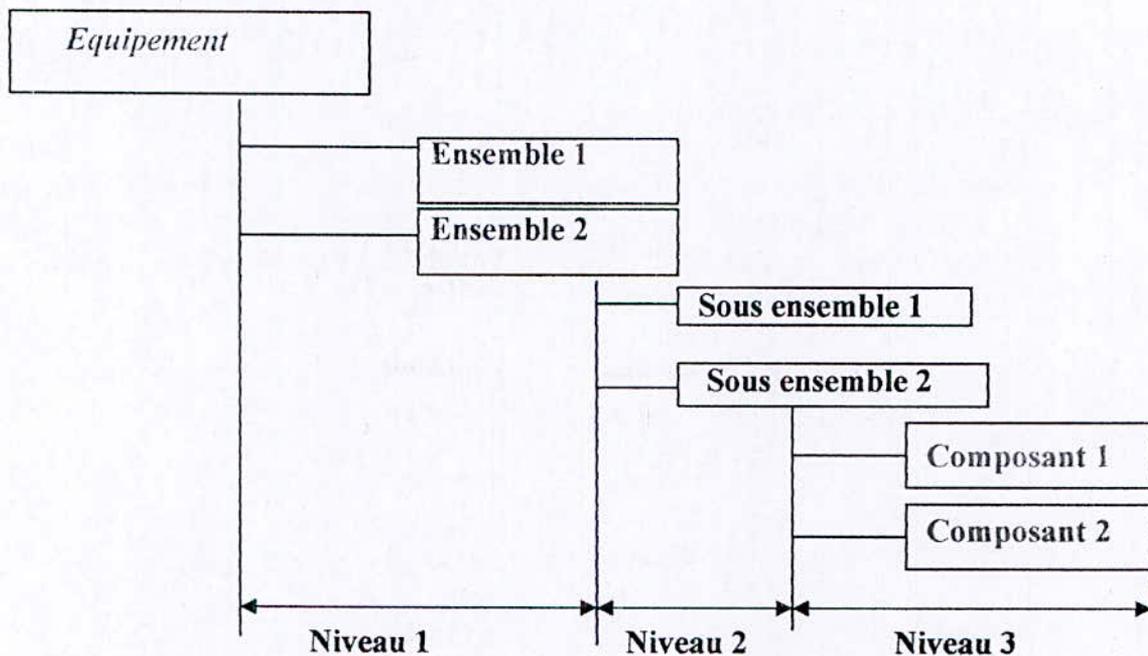


Figure. 15 : Décomposition structurelle des équipements

2- Définition de la criticité

Chaque composant présente un **taux de défaillance** qui lui est propre, on examine toutes les défaillances possibles de chaque composant, pour chaque défaillance tous **les effets** et pour chaque effet **les causes les plus probables**.

- Système de notation de la défaillance

La gravité : C'est l'impact de la défaillance sur l'équipement ou le réseau.

G=1 : La défaillance rend indisponible le composant sans provoquer d'interruption de service

G=2 : La défaillance rend indisponible l'équipement avec dégradation de la sécurité et de la qualité d'exploitation sans provoquer d'interruption de service.

G=3 : La défaillance provoque une interruption de service.

G=4 : La défaillance provoque une interruption de service et entraîne une situation dangereuse pour les hommes et le matériel.

La probabilité : C'est la probabilité pour que la défaillance survienne.

P=1 : Exceptionnel.

P=2 : Rare (cela est déjà arrivé une fois).

P=3 : Fréquent (cela est déjà arrivé plusieurs fois).

P=4 : Certain (cela arrivera certainement).

On en déduit la criticité qui est simplement le produit de la gravité par la probabilité :

$$\text{Criticité} = \text{Gravité} \times \text{Probabilité}$$

On obtient les notes qui sont données dans la matrice ci-dessous

	Probabilité 1	Probabilité 2	Probabilité 3	Probabilité 4
Gravité 1	1	2	3	4
Gravité 2	2	4	6	8
Gravité 3	3	6	9	12
Gravité 4	4	8	12	16

Tableau. 1 : Matrice probabilité –Gravité

3. Analyse de la criticité

Les composants sont classés et analysés selon la criticité des défaillances :

- Pour les défaillances à criticité **inférieure à 4**, il faut les laisser de côté ;
- Pour les défaillances à criticité **comprise entre 4 et 6**, il faut trouver quelles sont les actions de type curatif, préventif ou conditionnel qu'il convient de mettre en place ;
- Pour les défaillances à criticité **comprise entre 6 et 9**, il faut trouver des actions de types préventives ou conditionnelles, en regardant l'importance de mettre en stock les composants concernés ;
- Pour les défaillances notées **entre 12 et 16**, il est indispensable de trouver des actions préventives ou conditionnelles en mettant obligatoirement en stock les composants ou organes et en spécifiant les bonnes conditions de stockage de ces articles.

Troisième étape :

Dans cette étape, on construit un plan de maintenance basée sur la méthode AMDEC afin de l'optimiser par le retour d'expérience

Un plan de maintenance a pour objectif d'orienter les responsables de maintenance dans la préparation, la coordination et la réalisation de leur programme de maintenance pour une meilleure qualité de service à coût optimal, Il servira de référence en ce qui a trait à la nature et à la périodicité des inspections à réaliser.

Un plan de maintenance basée sur la fiabilité doit tenir compte essentiellement des deux aspects suivants :

- a)- Etat technique des équipements en exploitation
- b)- Classement des composants (Etude AMDEC)

a). Etat technique des équipements en exploitation :

Dans un premier lieu, l'état technique d'un équipement en exploitation est apprécié à l'aide d'un certain nombre de critères ou indicateurs, ces facteurs déterminent l'influence de chaque critère sur l'état global de l'appareil considéré. Le tableau défini dans **l'annexe2** contient à titre d'exemples quelques critères d'appréciation d'un disjoncteur.

La définition des critères l'appréciation de l'état des équipements allie les regards suivants :

- Expérience d'exploitation des différents exploitants de réseau ;
- Historique de fonctionnement et le retour d'expérience ;
- Recommandations des équipes d'amélioration ;

- Les résultats des outils de diagnostic (analyseur disjoncteur, SF6, monitoring, etc..).

Le regard d'expert à travers des audits (en cas d'indisponibilité des données historiques) est nécessaire.

b). Classement des composants (Etude AMDEC)

Dans un deuxième lieu, en fonction de l'importance des composants de l'équipement, la sélection des actions de maintenance conduira à l'aboutissement par l'étude AMDEC d'un plan de maintenance préventif initial.

La sélection comprend deux phases :

- **Phase 1 :** Etablissement de la liste des actions envisageables, c'est à dire applicables suite à l'étude AMDEC,
- **Phase 2 :** Sélection de la liste précédente des actions de maintenance préventive les mieux adaptées, plus efficaces du point de vu criticité.

1. Choix des actions de maintenance :

Le choix des actions de maintenance s'effectue selon les objectifs conformément à la politique de maintenance arrêtée en se basant sur les deux aspects définis dans le plan maintenance ainsi que :

- Les conditions d'application de chaque méthode de maintenance ;
- Les coûts de maintenance.

Les différentes actions de maintenance préconisées au cours de l'étude AMDEC visent à éviter ou à réduire l'occurrence des défaillances potentielles, ces actions sont :

- Un préventif systématique, avec sa périodicité en axant l'action de maintenance sur les équipements et les composants stratégiques de manière hiérarchisée.
- Un préventif conditionnel développé sur la base des contrôles d'état et impliquant la connaissance du mode de dégradation, des paramètres à suivre (physiques, chimiques, etc..), des seuils de détection et de défaillance, du mode de suivi de l'état du système estimé et de l'action améliorative à mettre en œuvre.

Ces actions tiennent compte en particulier :

- Des préconisations des constructeurs (procédures, modes opératoires, fiches) actualisées par le retour d'expérience ;
- De l'utilisation des outils de diagnostic de détection des anomalies conditionnelles.

Une maintenance préventive plus poussée ou plus évoluée ajoute l'utilisation systématique des contrôles non destructifs (CND) et module les périodicités en fonction de l'analyse de la variation des paramètres comme le montre la figure ci-après.

Evolution des paramètres

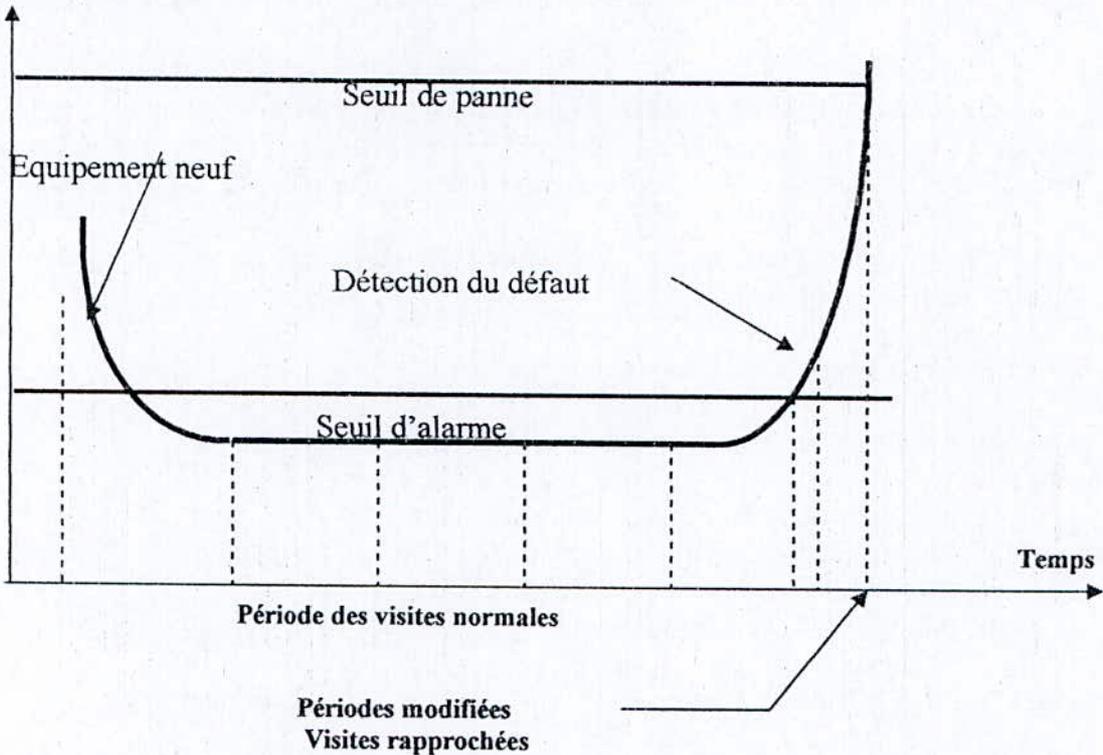


Figure 16 : Variation des paramètres des mesures conditionnelles

Les éléments ou les outils nécessaires à l'appréciation du degré d'usure pour approcher la loi de survie des équipements en maintenance prédictive doivent faire l'objet d'une application méthodologique et précise.

Parmi ces outils nous énumérons particulièrement :

Techniques d'auscultation	Objectifs essentiels
Thermographie	- Echauffement des contacts électriques, bornes
Analyse chromatographique d'huile des transformateurs	- Caractéristiques de l'huile
Analyse du papier isolant des transformateurs	- degrés de polymérisation du papier isolant
Contrôle radiographique	- Présence des fissures
Mesure du gaz SF6	- Contrôle des densités et ajustement de pression SF6 (manostats au SF6) disjoncteurs
Mesure de vibrations	- Usure des couches externes des conducteurs et CDG par flexions alternées
Mesures électriques	- Dérive des paramètres électriques
Mesure de la dureté des métaux	- Contrôle du degré de corrosion des pylônes

Tableau 2 : Les types de maintenance conditionnelle

Le développement de ces techniques doit faire l'objet d'une veille technologique afin d'améliorer la surveillance de l'état de santé des constituants des matériels et d'éviter ainsi

des opérations onéreuses et dangereuses de démontage et remontage des matériels pour en contrôler l'état.

Le choix du type de maintenance résulte d'un compromis financier et technique qui est la recherche de plus de fiabilité possible au plus juste coût, il va falloir quantifier en permanence les charges de la maintenance et n'appliquer la maintenance conditionnelle que si l'inéquation suivante est respectée :

Avantage de la maintenance conditionnelle soit supérieur aux Coûts de la maintenance systématique ou corrective.

2. Création du plan de maintenance technique

Pour la création du plan de maintenance technique, on définit :

- Contraintes (incidents, affaissement de terrain, vent..);
- Fréquence annuelle d'entretien ;
- Moyens alloués (humain et matériel) ;
- Durée prévisionnelle d'entretien ;
- Périodicité d'entretien ;
- Coût prévisionnel d'entretien ;
- La nature et le nombre des pièces de rechange;
- Référence et la position des procédures et modes opératoires nécessaires (gestion documentaire).

3. Périodicité

Les périodicités prescrites dans cette politique sont établies en fonction du diagnostic du réseau et dans l'optique de faire des entretiens à intervalles réguliers des actions choisies, les cadences et la consistance des opérations d'entretien des équipements ont été établis en fonction :

- Le type d'appareil ;
- Sa position stratégique dans le réseau ;
- Sa fatigue dans le réseau (fréquences d'incidents) ;
- Le temps écoulé depuis le dernier entretien ;
- Les conditions climatiques locales.

Au besoin, et suite à une analyse du comportement des éléments du réseau, des ajustements par rapport à la politique peuvent être apportés dans l'établissement du programme de maintenance préventive optimisé.

Ceci peut être fait pour fins de coordination de retrait ou pour tenir compte de différences en terme de performance ou de conditions d'utilisation des équipements.

4. Fréquence

La détermination de la fréquence d'une opération de maintenance préventive est très délicate car si, théoriquement, cela correspond à des lois physiques, en réalité, il est difficile d'avoir tous les paramètres de ces lois. De ce fait, le bureau de méthode définit d'abord la

fréquence de façon empirique, puis compte tenu des informations relevées lors des visites préventives et obtenues par les analyses de défaillance survenues, il affine la fréquence des interventions.

Les lois physiques essentielles auxquelles obéissent les opérations de maintenance préventives sont :

- Le vieillissement des huiles en fonction du temps, de la température ;
- L'usure en fonction des efforts et état de surface ;
- L'usure par érosion, corrosion, échauffement thermique, cavitation.. ;

Les analyses de défaillance consistent essentiellement à :

- Rechercher les véritables origines des défaillances constatées ;
- Définir des solutions correctives rentables à mettre en œuvre pour éliminer les origines identifiées ;
- Affiner les fréquences d'intervention ;

Cette origine est importante quand le choix de politique de maintenance porte sur du matériel pour lesquels il existe déjà des historiques d'analyse de défaillance.

Quatrième étape :

Optimisation du plan de maintenance par le retour d'expérience et soutenu par un système d'information

Le programme de maintenance initial est basé sur les informations disponibles au moment de l'analyse, l'équipement nécessite un programme de maintenance dynamique ainsi qu'une logique de maintenance capable de recueillir et d'analyser les données d'exploitation tout au long de sa vie.

L'un des résultats des études MBF est l'établissement de programmes de maintenance préventive optimisés. Ces programmes doivent être appliqués, ils doivent être cependant actualisés comme le montre la figure 17, car :

- Les conditions d'environnement et d'exploitation peuvent varier ;
- Des vieillissements peuvent apparaître, et nécessite une surveillance accrue ;
- L'impact d'un programme de maintenance optimisé peut s'avérer négatif en terme de fiabilité et de réduction des coûts .

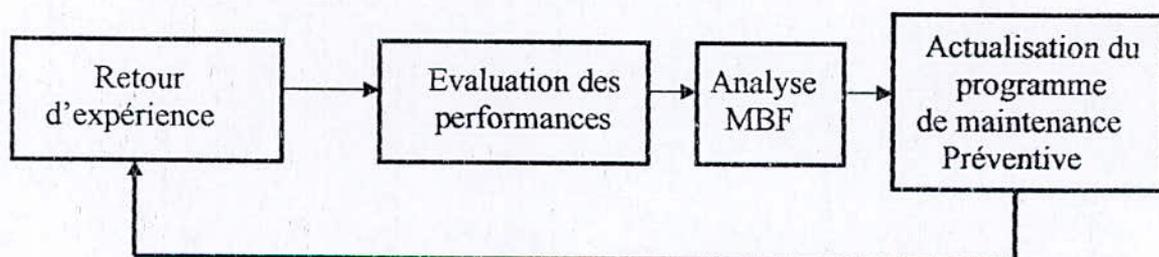


Figure17 : Optimisations de MBF par le retour d'expérience

Il est donc important de prévoir une réactualisation périodique des programmes de maintenance, qui ne peut s'envisager sans :

- L'archivage des études MBF réalisées précédemment, assurant la traçabilité des analyses, et leur réactualisation ;
- Une structure pérenne de retour d'expérience technique relative aux défaillances et aux actions de maintenance des équipements les plus importants dans un système d'information

Le retour d'expérience est une condition clé du succès de la démarche MBF, il joue un rôle central dans la démarche MBF, tant pour la validation incontestable des premiers résultats attendus que pour permettre de poursuivre cette adaptation des programmes de maintenance avec le temps.

En outre, toute appréciation de l'efficacité d'un programme de maintenance, toute comparaison dans le cadre d'un « benchmarking » ne peuvent se faire qu'après calcul d'indicateurs pertinent évalués à partir des informations du retour d'expérience.

Il faut en permanence rechercher l'optimisation des politiques de maintenance par la fiabilité, compte tenu des enjeux multiples, en prenant en compte les dernières défaillances et les modifications de toute nature.

L'organisation d'une collecte de données et d'une analyse des défaillances et donc fondamentale.

Les données nécessaires à collecter sont liées à :

- L'analyse de défaillances ;
- L'intervention de maintenance réalisée ;
- Aux Données de fonctionnement ;
- L'impact sur la disponibilité ;
- Aux diagnostics des équipements de maintenance et aux actions correctives.

L'analyse et le traitement des données collectées permettront de progresser à nouveau par une évaluation fine des performances des matériels, de l'efficacité des politiques de maintenance.

Compte tenu de son importance pour les besoins de la maintenance et d'autres applications liées à une bonne maîtrise technico-économique de la durée de vie, voire de la conception de nouveaux matériels, il est clair que le retour d'expérience doit être intégré à un système d'information afin d'assurer l'accessibilité des données et la traçabilité des informations.

Chapitre V

Implantation de la politique d'optimisation de maintenance par la fiabilité à SONELGAZ

Introduction

- 1. Processus d'implantation de l'OMF**
 - 1.1. Audit et inventaire de l'actif**
 - 1.2. Fond documentaire**
 - 1.3. Gestion des actifs**
 - 1.4. Mise à niveau du réseau et levée d'anomalies**
 - 1.5. Planification et Etablissement de plan de maintenance**
 - 1.6. Evaluation et suivi**
 - 1.7. Optimisation**

Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons le processus, sous forme de pyramide, d'implantation du projet d'optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF) selon différentes étapes dont l'objectif est de comprendre l'état de l'existant afin de l'auditer.

1. Processus d'implantation de l'OMF :

La politique de la maintenance basée sur la fiabilité est une démarche qui s'applique à tous types d'industries, son principe est d'améliorer les performances en agissant sur là, où il y a efficacité.

A SONELGAZ-GRTE, l'implantation de la démarche doit se faire de manière progressive sur des ouvrages stratégiques, elle est subordonnée à la mise à niveau du réseau et la levée des anomalies.

Le processus régissant la mise en œuvre de la politique d'optimisation de la maintenance par la fiabilité qui est décrit sous forme de pyramide, traduit les différentes phases successives et qui sont nécessaires dans le cycle de vie du processus, il s'agit d'un processus ascendant et descendant, qui doit être soutenu par un système d'information (module GMAO).

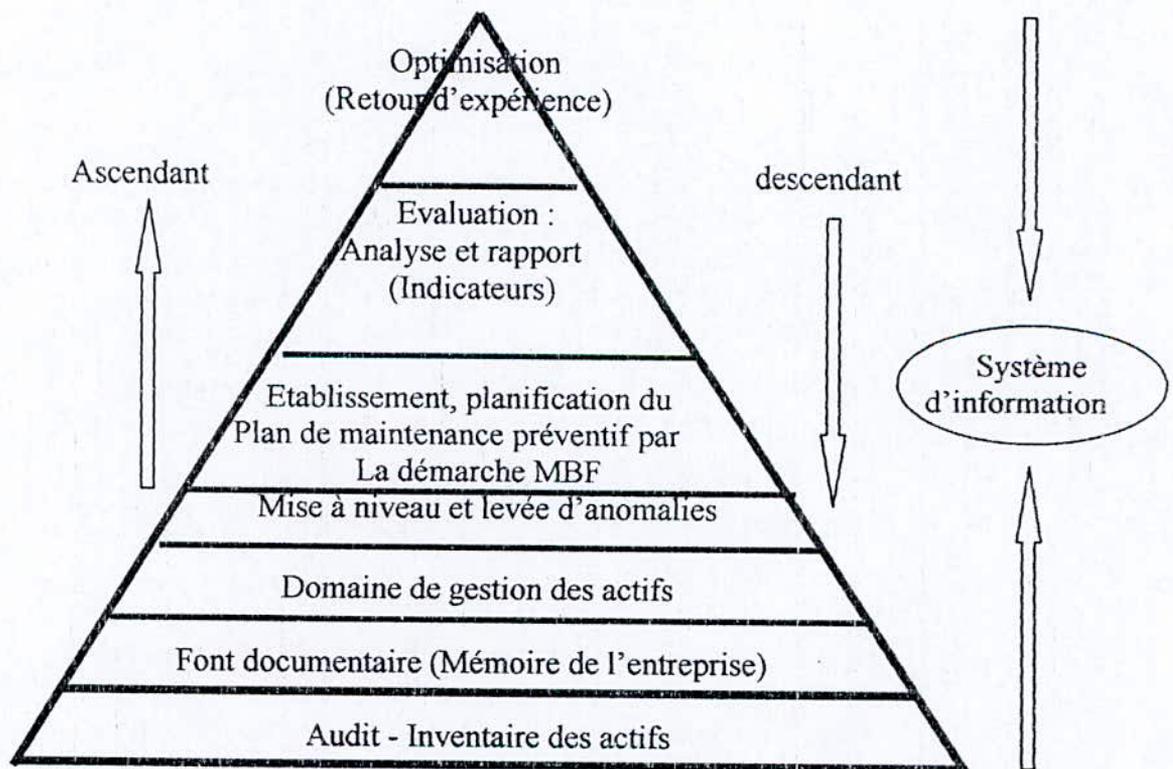


Figure 18 : Processus d'implantation de la politique d'optimisation de la maintenance par la fiabilité

1.1. Audit et inventaire des actifs :

A) L'audit :

La première étape de cette implantation est de faire un audit pour connaître les insuffisances de l'ancienne méthode de maintenance.

A défaut d'un référentiel, la démarche globale de diagnostic a été faite à travers un questionnaire, des interviews et l'analyse des données qui sont les plus appropriés pour bien mener l'audit.

L'évaluation s'est effectuée sur les onze thèmes suivants :

- 1- Définition des missions et responsabilités (Organisation générale)
- 2- Inventaire des actifs
- 3- Méthodes de travail
- 4- Préparation de la réalisation des opérations de maintenance
- 5- Réalisation des opérations de la maintenance
- 6- Gestion et tenue de la pièce de rechange
- 7- Contrôle des coûts globaux
- 8- Interfaces de la maintenance avec les autres services
- 9- Ressources humaines et animation
- 10- Stratégie d'utilisation des prestataires extérieurs
- 11- Système d'information et utilisation de l'informatique .

Le niveau de réalisation de chaque demande a été noté selon la grille suivante :

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

Tableaux 3 : la grille de cotation

Les questionnaires comportent 8 à 10 questions en fonction des thèmes traités, une feuille de synthèse a été réalisée comme suit :

SYNTHESE GENERALE	0%	25%	50%	75%	100%	Points
Définition des missions et responsabilité				⊖		75
Inventaire des actives	⊖					0
Méthode de travail		⊖				25
Préparation de la réalisation des opérations			⊖			50
Réalisation des opérations de maintenance			⊖			50
Gestion et tenue des pièces de rechange	⊖					0
Contrôle des coûts globaux	⊖					0
Interface de la maintenance avec les autres services		⊖				25
Ressources humaines et animation		⊖				25
Stratégie d'utilisation des prestataires extérieurs		⊖				25
Système d'information et utilisation de l'information	⊖					0
Total						20,45

Tableau 4 : Synthèse générale de l'audit

Cet audit a été fait par les membres du projet central dans le but d'évaluer chaque région de transport sur le degré de satisfaction de la réalisation des fonctions de l'organisation globale de la maintenance.

L'échantillon est constitué de cadres, de maitrises et d'exécutants des différentes fonctions (poste HT, ligne HT, contrôle électrique, téléconduite) des régions transport, l'audit effectuée a révélé une multitude d'insuffisances, parmi lesquelles nous citerons essentiellement :

Insuffisances	Observations
<p><u>Concept :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Preventive systematique dominant * Preventive Conditionnel non developpé et minoritaire * Curatif limité en nombre mais d'impact considerable 	<ul style="list-style-type: none"> - Non conformité aux recommandations des constructeurs - Non developpement de l'utilisation des outils de diagnostic
<p><u>Méthodes de travail :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * L'absence de gammes d'entretien implique une préparation des travaux en deçà de l'exigence de performance. * La documentation nécessaire à une maintenance correcte et efficace est insuffisante ou non appropriée. * L'absence d'une structure opérationnelle et d'une option de méthode comme support à l'activité maintenance. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dossiers techniques non conformes à l'exécution et non mise à jour ; - Insuffisance ou dispersion des notices techniques, des procédures des fabricants du matériel ; - Insuffisance des gammes d'entretien et des modes opératoires . <ul style="list-style-type: none"> - Caractéristiques et historique du matériel HT ; - Statistiques concernant l'exploitation du matériel HT ; - Suivi des paramètres à l'origine du declenchement de la maintenance conditionnelle.
<p><u>Préparation de la réalisation des opérations :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * L'insuffisance du moyens et d'outils. . 	<ul style="list-style-type: none"> - Insuffisance ou inadéquation des outillages et des moyens d'analyse et de test ; - Evolution du réseau sans évolution des moyens roulants et humains.
<p><u>Ressources humaines et animation :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * L'inexistence d'une politique de formation des agents, adaptée à l'évolution des nouvelles techniques de maintenance . 	<ul style="list-style-type: none"> - La compétence des agents executant insuffisante .
<p><u>Système d'information et informatisation :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * GDO et GDS non opérationnelles, * L'activité maintenance n'est supportée par aucun logiciel d'analyse et de gestion. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'absence d'un outil informatique ou d'un système d'information performant d'avant garde et réfléchi de gestion de l'activité maintenance .
<p><u>Gestion et tenue de la pièce de rechange :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> * Absence d'une politique de gestion rationnelle de la pièce de rechange. 	<p>Consequences :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des stocks morts ou rosignols; - Des ruptures de stocks découvertes sur le tardes ; - Aucune définition de stocks minimums.

Tableau 5: les résultats du diagnostic

La politique de maintenance souhaitée par les membres du projet est :

Un préventive systématique agissant sur :

- La qualité de service en axant l'action de maintenance sur les équipements et les composants stratégiques de manière hiérarchisée ;
- Les coûts en réduisant la probabilité et l'effet des défaillances ;
- La rationalisation des pièces de rechange.

Un préventif conditionnel développé sur la base des contrôles d'état suivants :

- Contrôle visuel averti ;
- Suivi efficace, en temps réel, des paramètres de fonctionnement du système électrique ou composant ;
- Mesures renforcées des paramètres électriques, physiques, chimiques, infra-rouge, etc..

Un correctif maîtrisé, prévu et bien géré.

A cet effet l'orientation vers une politique de maintenance basée sur la fiabilité devient une nécessité pour GRTE.

B) Inventaire des actifs :

Dans la même étape, il s'agit de constituer une base de donnée détaillée sur l'ensemble des installations du transport.

Le temps à accorder à cette étape est long car il faut la mise en place d'une structure qui prend en charge la réalisation d'un dictionnaire de modèles-types et d'un dossier technique des équipements constituant le réseau électrique, elle est composée des grands ensembles suivants :

- Equipements des postes de transformation ;
- Equipements des lignes de transport d'énergie électrique ;
- Equipements de télécommunications ;
- Equipements de protection ;
- Equipements de Génie Civil (bâtiments de commande, clôtures, structures métalliques, massifs,...)

Chaque ensemble doit être décomposé en équipements et sous équipements selon une arborescence hiérarchique fonctionnelle et technique à plusieurs niveaux.

Cette décomposition devra permettre d'établir un inventaire de tous les équipements qui composent ces installations.

Ces informations doivent être dans une base de données qui a pour objectif de connaître le type d'équipement existant sur le réseau et de gérer efficacement les interventions à effectuer sur le réseau (réduction du temps d'intervention, diminution du coût de maintenance).

1.2. Fond documentaire :

Afin d'assurer une maintenance uniforme et de qualité, la construction d'un fond documentaire est nécessaire, c'est la mémoire de l'entreprise.

Le fond documentaire doit être structuré comme suit :

- Connaissance de l'état des équipements ;
- Caractéristiques techniques et électriques de chaque équipement (Notice technique, ...) ;
- Procédures, gammes et modes opératoires de l'ensemble des ouvrages et équipements (ensemble d'instruction fixant le mode opératoire) ;
- Classement stratégique des ouvrages des équipements et composants (voir chapitre IV) ;
- Dictionnaire des anomalies (voir annexe 3) ;
- Fiches techniques .
- Données de défaillance et de maintenance :
 - L'analyse des défaillances ;
 - Actions de maintenance réalisées et valorisées ;
 - Les pièces de rechange utilisées ;
 - Les données de fonctionnement (nombre cumulé d'heures de fonctionnement et de sollicitations) ;
 - L'impact sur la disponibilité ;
 - Diagnostics des équipes de maintenance suite à des visites et aux actions correctives apportées ;
- Archivage des études MBF .

Tableau 6 : Structure du fond documentaire

1.3. Gestion des actifs :

La troisième phase est organisée autour des domaines d'activité maintenance tel que l'entretien des équipements du réseau afin d'assurer une disponibilité permanente du réseau, garantir aux clients une qualité de service meilleure et d'améliorer les paramètres de qualité

L'activité maintenance s'appuie sur une gestion des ouvrages, elle consiste à :

- Suivre l'évolution de chaque ouvrage depuis la prise de décision de sa création jusqu'à son retrait de l'exploitation ;
- Garantir son exploitation de la meilleure façon possible ;
- Analyser son comportement dans le réseau ;
- Evaluer son coût durant son cycle de vie au plan de l'exploitation et de la maintenance ;
- Etablissement et mise à jour des doctrines de maintenance.

1.4. Mise à niveau du réseau et levée des anomalies :

Les actions d'impact ont pour objectifs :

- la mise en conformité du réseau
- la levée des anomalies
- la réduction du nombre d'incidents

Le choix des actions d'impact s'est effectué comme suit :

- Nombre d'incidents par ouvrage, ;
- END enregistrée sur chaque ouvrage ;
- importance de l'ouvrage dans la conduite système.

A cet effet, Un dictionnaire des anomalies a été établi, il s'agit d'un fichier regroupant l'ensemble des anomalies pour chaque équipement et composant du réseau, classées par ordre de criticité.

Il a pour objectif :

- De prioriser les actions d'un plan de maintenance, en fonction de la criticité d'un équipement ou de son composant, selon l'impact de l'anomalie sur la continuité de service ;
- D'apprécier l'impact des défaillances des équipements et composants sur les critères telles que la sécurité, la disponibilité.

1.4.1. Processus de planification des actions d'impact

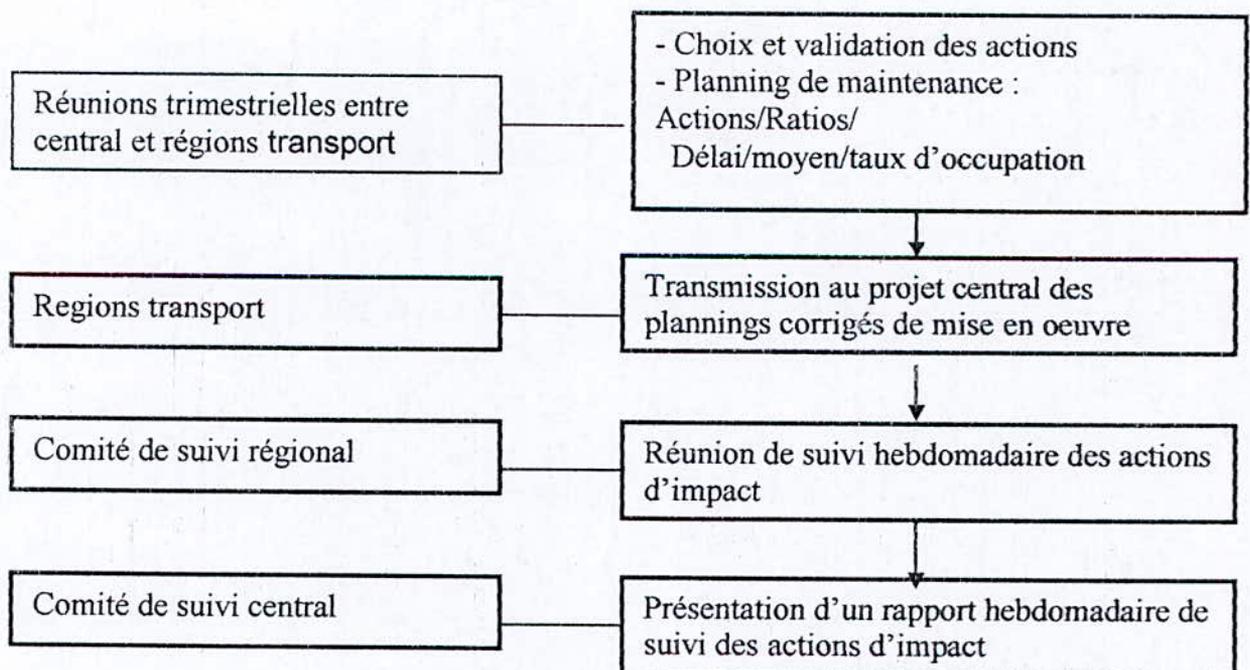


Figure 19 : Processus de planification des actions d'impacts

1.4.2. L'impact de mise à niveau du réseau et la levée d'anomalies

La mise à niveau du réseau et la levée d'anomalie à un impact important sur les paramètres qualité de service.

a) Les incidents au 100 km :

L'évolution des incidentes lignes sur la période 2001 – 2004 est la suivante :

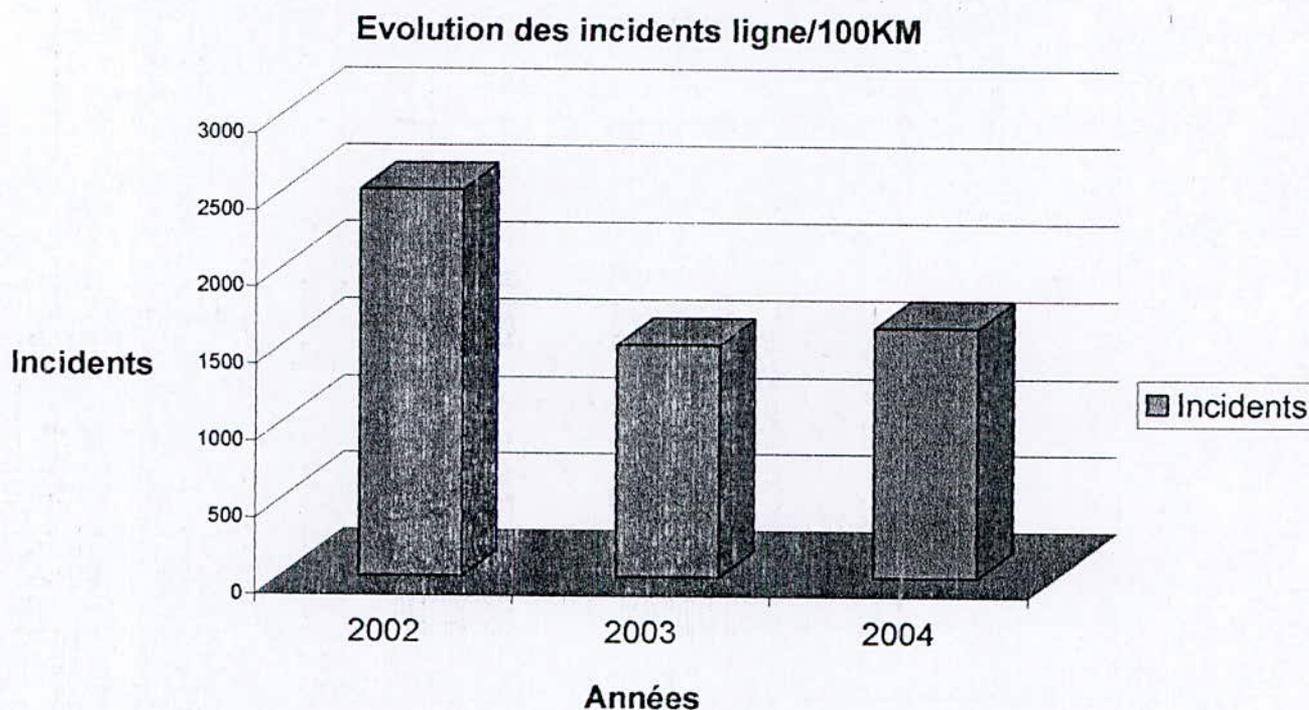
Incident / 100km	2001	2002	2003	Obj. à Fin 2004	Réal. 2004	Evol. 2004/2002	Real. 2004/ Obj Fin 2004
Nombre	2512	1509	1626		2197* 1594**		
Taux	19.3	10.2	9.96	9.5	13.4* 9.7**	- 2 %	+ 2 %

(*) : Avec incident exceptionnel

(**) : sans incident exceptionnel.

Tableau 7 : L'évolution des incidents lignes 2001-2004

Le graphique suivant présente l'évolution du nombre d'incident.



Une diminution importante des incidents par rapport à l'année 2002, elle est expliquée par le bon choix des actions d'impact et la levée des anomalies.

b) Productivité

La mobilisation de l'ensemble du personnel de la maintenance avec un taux d'occupation moyen de 99 % et l'introduction des paramètres ratios (humain et moyen) dans la programmation des actions ont permis:

- La réalisation de 148 actions avec un taux de réalisation moyen de 94% ;

- Un taux de productivité cumulé (2003-2004) de 86 % par rapport à 2002 avec un dépassement de l'objectif de 25% ;
- La levée de 11334 anomalies détectées par les inspections et outils de diagnostic dont 8673 en 2004 (thermovision, analyses d'huile, etc..) ;
- Une évolution annuelle de la maintenance préventive de 39% en 2004 par rapport à 2003 ;
- Une évolution positive de la maintenance conditionnelle représentant 25% du taux d'occupation alloué à la maintenance préventive.

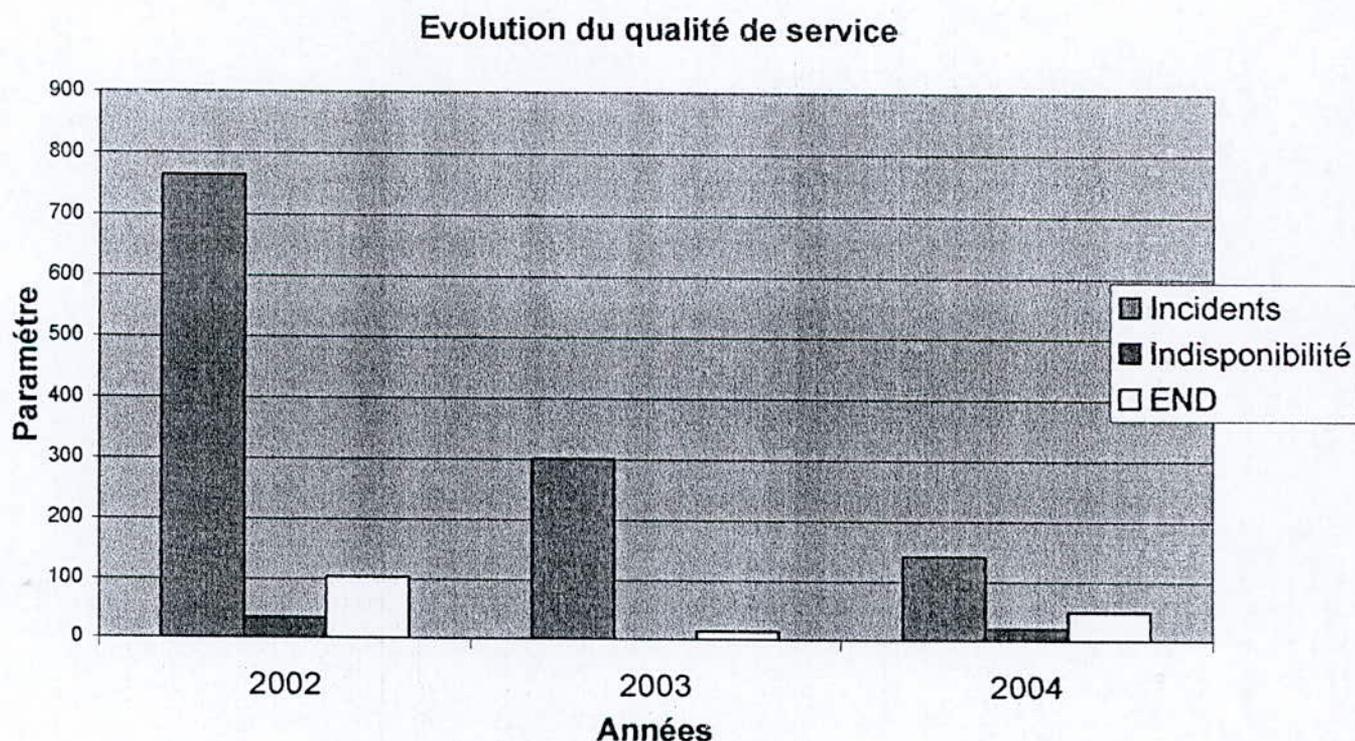
c) Gain des actions engagées sur les ouvrages ciblés :

Sur les 49 ouvrages ciblés par des actions importantes telles que l'installation d'isolateur en composite, l'installation des V et le renforcement de l'isolement, les paramètres qualité de service ont évolués comme suit :

	2002	2003	2004	Evolution 2004/2002
Incidents	764	301	142	- 81 %
Indisponibilité	34	0	20	- 41 %
END	103	14	48	- 53 %

Tableau 8 : Gain des actions engagées sur les ouvrages ciblés 2002-2004

Le graphique suivant présente l'évolution de ces paramètres avec le temps.



- Diminution des incidents grâce aux choix des actions d'impact et la levée des anomalies (installation des Vé, composites, lavage sous tension etc.) ;
- Augmentation de l'END est due à :

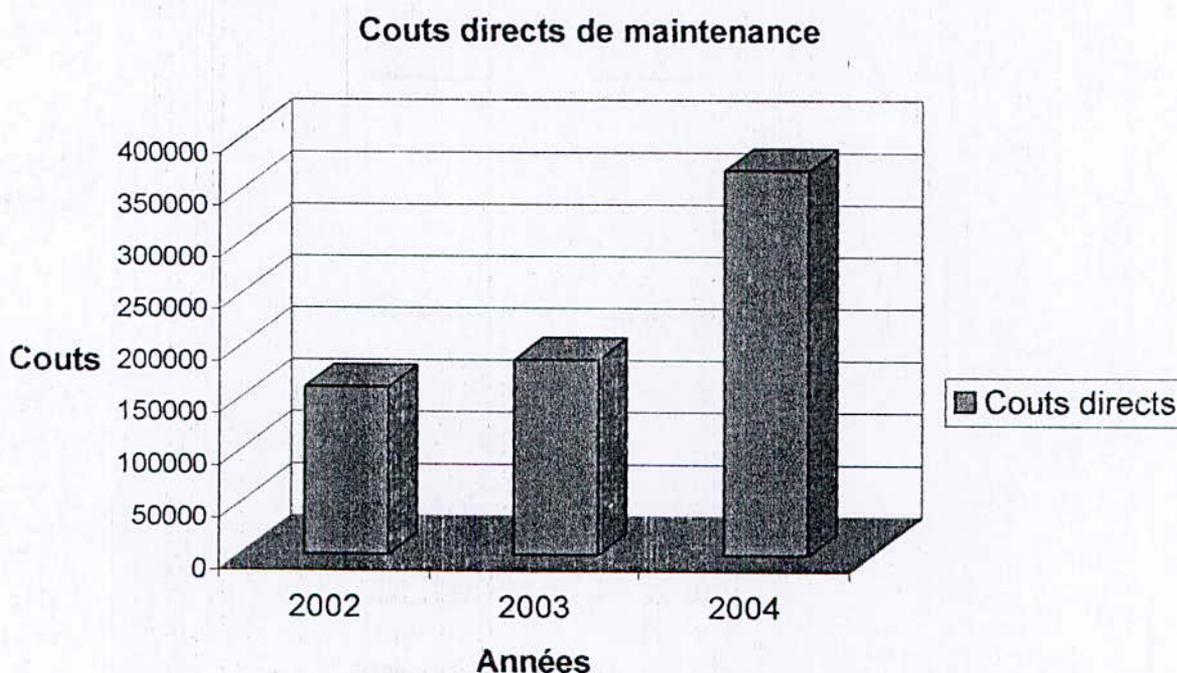
- La mal façon de câbles sous-terrain de la région d'Alger (boite de jonction et extrémité des câbles) ;
- La vétusté des transformateurs à défaut d'interprétation et d'analyses des résultats d'analyse d'huiles ;
- Les problèmes de protection.

d) Le coût de maintenance

L'évolution des coûts de maintenance est représentée dans le tableau suivant

Nature	2002*	2003*	Taux 2003/2002	2004**	Taux 2004/2003
Total (kDA)	160671	186885	+16%	369661	+ 98 %

Tableau 9 : L'évolution des coûts de maintenance 2002-2004



L'augmentation du coût de maintenance en 2004 est due :

- Au nombre important de visite d'inspection pour la détection des anomalies.
- Au coût de la maintenance curative suite au nombre important d'avaries particulièrement sur les transformateurs ;
- Au non-respect des ratios prévus/réalisé suite à l'indisponibilité des moyens roulants.

Aussi, il est utile de rappeler qu'au fur et à mesure de la réduction des actions d'impact (mise à niveau du réseau et levée d'anomalies), il y aura diminution de la maintenance systématique à travers l'entretien des composants d'impact et l'augmentation de la maintenance conditionnelle à travers l'utilisation des outils de diagnostic (généralisation de la MBF), par conséquent, le coût de maintenance diminue (voir le schéma suivant).

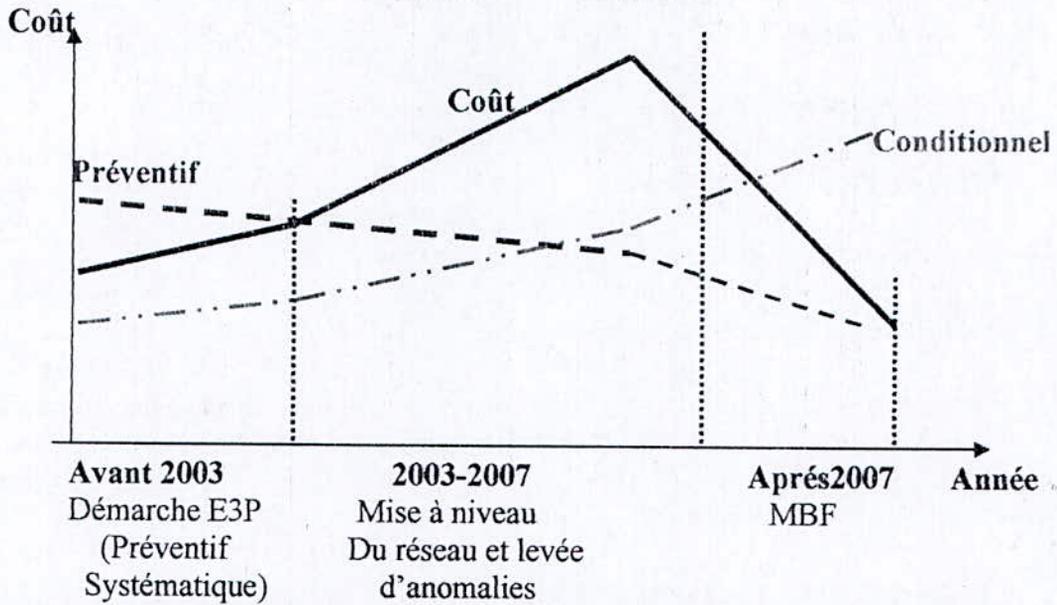


Figure 20 : Impact de la mise à niveau du réseau et la levée d'anomalie.

1.5. Etablissement et planification des plans de maintenance :

La planification optimale de la maintenance préventive a pour objectif l'équilibre de la charge de travail en fonction des ressources disponibles à travers l'utilisation de la démarche MBF.

Démarche adoptée :

L'expérimentation des projets pilotes s'est faite selon les étapes suivantes :

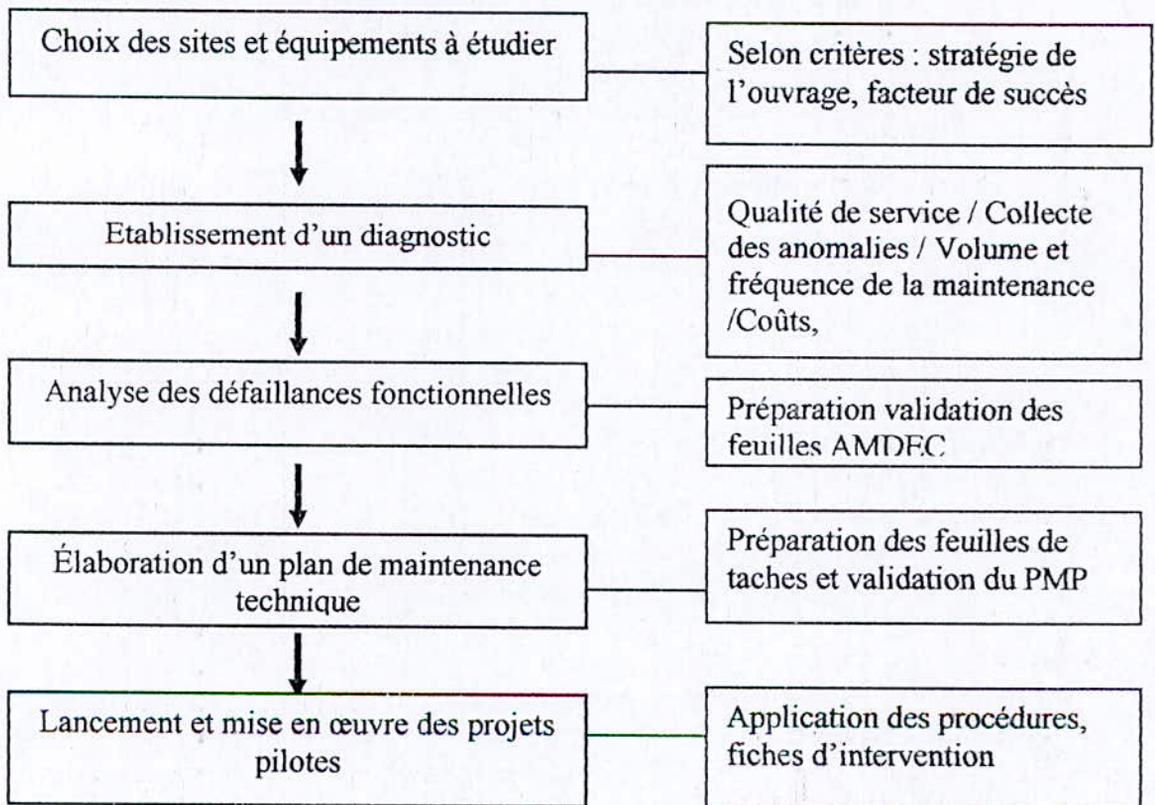


Figure 21 : Les étapes de mise en œuvre d'un projet pilote.

Les phases de lancement de l'MBF sont les suivantes :

- Phase 1** : expérimentation sur un équipement de la travée : ligne THT, un disjoncteur, une protection de distance, une CPL,
- Phase 2** : expérimentation sur une ligne THT avec ses deux travées par région,
- Phase 3** : Un projet pilote par région : une ligne avec ses deux travées, un transformateur avec ses deux travées.

1.5.1 Détermination des sites et équipements :

Le choix d'un site pilote est d'expérimenter un plan de maintenance basée sur la fiabilité sur les ouvrages cités précédant, le suivi du déroulement du projet pilote a permis d'apporter les corrections nécessaires à la généralisation de la nouvelle politique de maintenance.

Les critères de choix des projets pilotes sont :

- 1- Le projet pilote doit couvrir les 4 fonctions (Lignes, Postes HT, Contrôle électrique, Télé conduite)
- 2- L'ouvrage pilote doit avoir une importance stratégique dans le réseau et doit comporter dans sa partie poste différents étages de tension
- 3- L'ouvrage pilote est priorisé en tenant compte des paramètres suivants :
 - Nombre d'incident ;
 - END et indisponibilité des lignes et des postes ;
 - Nombre d'anomalies.
- 4- Proximité de l'ouvrage pilote par rapport à la base d'intervention.

Afin de mieux suivre l'évolution du projet pilote, les phases de mise en œuvre des projets pilotes sont :

Phase 1 :

- Un ouvrage a été lancé dans une région pilote (poste El Hansi – Région de Sétif).
- Le site choisi pour l'application de la MBF est le poste 220/60 kV EL HASSI :
 - Lignes : 220kV El hassi – Jijel et 60kV Ain oulmane,
 - Disjoncteur 220kV de la travée JIP à EHS et 60kV de la travée Ain oulmane à EHS,
 - Transformateur 220/60/10 kV N° 1 (120 MVA)
 - Protections de distance numérique de la travée JIP à EHS et électromécanique de la travée Ain-oulmane à EHS,
 - CPL et Boite d'accord EHS de la liaison EHS-JIP,

Phase 2 :

Un ouvrage a été lancé dans chaque région (5 projets pilotes avec les travées correspondantes.)

Les sites optés pour l'application de la MBF sont :

Régions	Ouvrage
ALGER	Ligne 220kV Bmerd-Arbaa avec ses deux travées
	TR5 220/60kV 120MVA à Bmerd
	Liaison Bmerd-Arbaa + équipements PA et Autocommutateur Arbaa
ORAN	Ligne 220kV Mehap-Sbabe avec ses deux travées
	TR1 220/60kV 120MVA à Mehap
	Liaison Mehap-Sbabe équipements PA et Autocommutateurs
ANNABA	Ligne 220kV Skidp-Khrou avec ses deux travées
	TR1 220/60kV 120MVA à Skidp
	Liaison Skidp-Khrou + équipements PA et Autocommutateurs
SETIF	Ligne 220kV Biskr-Msila avec ses deux travées
	TR 220/60kV 120MVA à Biskr
	Liaison Biskr-Msila + équipements PA et Autocommutateurs
HASSI MESSAOUD	Ligne 220kV Hmesn-Tougg avec ses deux travées
	TR 220/60kV 120MVA à Hmesn
	Liaison Hmesn-Tougg + équipements PA et Autocommutateurs

Tableau 10 : Les sites optés pour l'application de la MBF (phase2)

Phase 3 :

Lancement de la généralisation de la MBF

Régions	Lignes THT&HT		Travée postes HT		Travée postes BT		Observation
	Prévu	Réalisé	Prévu	réalisé	Prévu	réalisé	
SETIF	01	01	14	17	14	45	14 travées en commun HT et BT
ANNABA	02	01 01	63	44	63	47	32 travées en commun HT et BT
ALGER	01	01	197	0	197	93	
ORAN	02	02	93	0	93	31	
SUD	01	0	39	0	39	0	
DTE	07	03	406	61	406	216	

Tableau 11 : Les sites de la généralisation de la MBF (phase3)

1.5.2. Etablissement d'un diagnostic :

L'établissement d'un diagnostic sur trois années précédentes sur les différents sites pilotes a permis de dégager un plan de maintenance planifié, en fonction de :

- L'état technique des équipements en exploitation ;
- Leurs environnement ;
- La qualité de service ;
- Incidents,

- Indisponibilité,
- Mauvais fonctionnement,
- Energie non distribuée,
- Les avaries rencontrées ;
- Le volume des actions de maintenance réalisées (fréquence et durée des actions préventives et curatives) ;
- Les coûts de la maintenance .

1.5.3 Analyse des défaillances fonctionnelles :

Cette étape a permis une analyse des défaillances des différents équipements et composants étudiés en utilisant les outils suivants :

- Grille AMDEC qui définit l'importance relative des défaillances, de leurs causes et de leurs effets
- Dictionnaire des anomalies qui permet d'apprécier l'impact des défaillances des équipements sur des critères tels que la sécurité, la disponibilité et la qualité.

Dans un premier lieu, cette analyse est réalisée par un groupe de personnes qui connaissent mieux le terrain (Expérience des agents de terrain) afin de favoriser un retour d'expérience basé essentiellement sur un historique fiable.

L'application de la démarche AMDEC pour une ligne et un poste permet un gain en nombre d'action (Voir exemple de la fiche AMDEC ligne en annexe 4, fiche AMDEC poste en annexe 5).

1.5.4 Elaboration d'un plan de maintenance technique :

Cette étape permet de définir le type d'action qu'il faut mettre en place pour améliorer la sûreté de fonctionnement des équipements, ceci conduit à l'élaboration d'un plan de maintenance préventive initial suivant les résultats de diagnostic, et suivant les caractéristiques techniques des équipements (voir chapitre 4) ;

La fiche AMDEC est un document de référence dans la réalisation du programme de maintenance, pour une meilleure qualité de service.

Un exemple de plan de maintenance se trouve en *annexe 6 : ligne 220 kv EL Hassi – Jijep*).

1.5.5. Organisation des projets pilotes :

L'organisation des projets s'est effectuée comme suit :

- Le projet est organisé autour d'une équipe centrale qui établit les plans de maintenance, les procédures, les modes opératoires en collaboration avec les équipes opérationnelles et la subdivision méthode ainsi que le suivi hebdomadaire au niveau national ;
- La subdivision méthode est chargée du suivi hebdomadaire de la mise en œuvre des projets pilotes au niveau local et de transmettre les informations au projet central ;
- Le projet central analyse et corrige les documents suscités à travers une réunion hebdomadaire du comité de suivi au niveau central

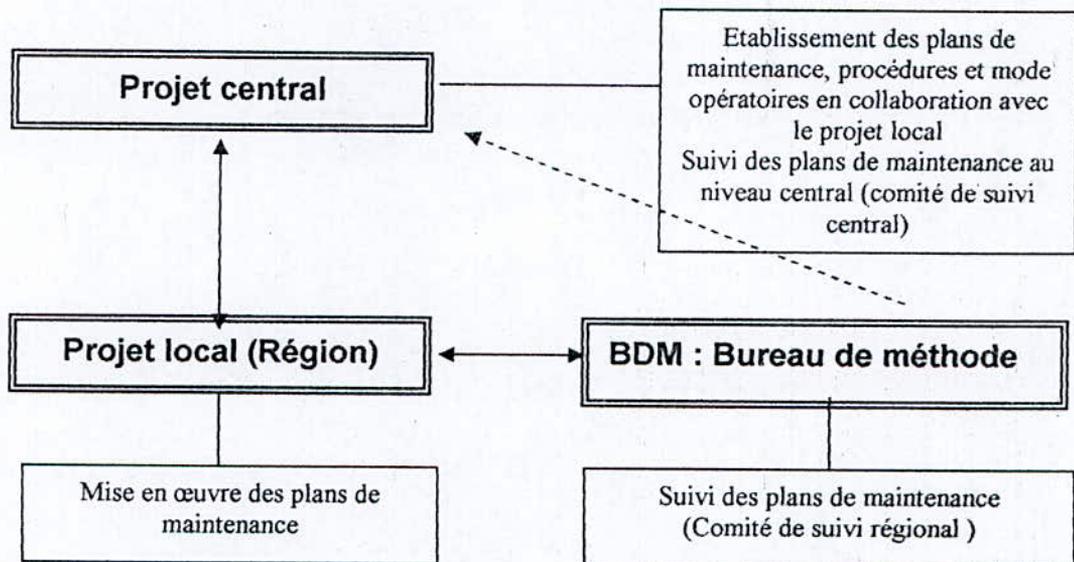


Figure 22 : Organisation du projet pilote

1.5.6 Lancement et mise en œuvre des projets pilotes :

Après validation des projets au niveau central et régional, le lancement est accompagné par :

➤ La formation des équipes

La formation couvre l'ensemble des actions à mener pour transférer au personnel les connaissances en gestion et en intervention.

Cette formation doit porter sur :

- la constitution du matériel et sa nomenclature;
- la cinématique de fonctionnement du matériel;
- les analyses AMDEC du matériel;
- l'interprétation des aides aux diagnostics;
- le contenu des procédures fiches et modes opératoires;
- les préconisations de maintenance préventive;
- les conditions limites d'utilisation du matériel.

➤ Mise en œuvre des projets pilotes

La mise en œuvre des projets a été effectuée à travers :

- L'application du plan de maintenance en respectant la fréquence et durée d'intervention, les ressources humains et matériels prévues ;
- L'application des procédures de maintenance relatives à chaque ouvrage ou équipement ;
- L'adoption des fiches d'intervention et les modes opératoires ;
- Le choix de la ressource humaine et matérielle en tenant compte de l'efficacité et flexibilité des équipes ;
- Désignation d'un responsable par action ;

- Choix des équipes ;
- L'élaboration d'un planning de mise en œuvre en fonction des consignations arrêtées avec l'opérateur système ;
- L'application des indicateurs de suivi des actions relatives aux projets pilotes ;
- Le suivi des interventions avec des équipes opérationnelles ;
- La correction des procédures et modes opératoires de mise en œuvre ;
- La formulation des coûts de maintenance.

A cet effet, des documents ont été élaborés comme suit :

Fonction	Procédures	Modes opératoires	Fiches d'intervention
M. Lignes	02	21	07
M. Postes	14	0	15
Contrôle électrique	16	00	22
Télé conduite	04	00	12
Ens. Fonctions	36	21	55

Tableau 12 : La liste des documents élaborés pendant les trois phases

Un schéma qui résume les étapes de mise en œuvre d'un projet pilote se trouve en (annexe 7)

1.6. Evaluation et suivi :

1.6.1. Définition des coûts et indicateurs de suivi

Il est nécessaire de suivre l'état d'avancement des travaux suivant des indicateurs de performance (délais, coût, qualité) afin d'interpréter les résultats dans l'objet d'améliorer les pratiques.

A cet effet, un ensemble des indicateurs a été élaboré pour l'accompagnement sur le terrain du suivi de la mise en œuvre des projets pilotes et la formulation des coûts de maintenance.

1.6.1.1. Les coûts de maintenance :

Le coût global de maintenance (CGM) est la somme :

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CENL} + \text{CSM}$$

- CIM : Coût d'intervention de maintenance ;
- CENL : Coût d'énergie non livrée (Non distribuée) ;
- CSM : Coût de stockage maintenance ;

Actuellement, seul le coût direct d'intervention de maintenance (CIM) est calculé, il comprend toutes les dépenses effectuées pour réaliser les actions de maintenance d'un matériel ou d'un ouvrage (préventive, curative ou réparation), il est composé d'éléments suivants :

$$\text{CIM} = C_{MO} + C_{MC} + C_I + C_{MR} + C_E$$

(Voir fiche de coût en annexe 11)

- **Coût de main-d'œuvre (C_{MO})**

Il comprend le coût de main-d'œuvre interne ou externe pour réaliser l'action de maintenance.

Le coût main-d'œuvre interne est égal au temps passé en intervention par le personnel du site, pour réaliser la maintenance du matériel ou ouvrage concerné, multiplié par le coût horaire d'intervention,

Le coût de maintenance externe est obtenu à partir des factures des sous-traitants qui se rattachent aux travaux d'intervention de maintenance.

- **Coût du matériel consommable (C_{MC})**

Le coût du matériel consommable comprend :

Le coût des pièces de rechange (C_{PDR}) utilisées pour assurer la maintenance de l'équipement concerné. Ces pièces peuvent être soit sorties du magasin des pièces de rechange, soient achetées directement.

- Le coût des pièces sorties du ou des magasins avec les bons de sortie est égal à la quantité de pièces multipliée par leur coût unitaire.
- Le coût des pièces achetées directement est obtenu à partir des factures des fournisseurs.

Les coûts du matériel consommable nécessaires pour l'intervention telles que : huile, graisse, produit de nettoyage, chiffons, petit outillage, etc., ou nécessaires pour la gestion : imprimés, fournitures de bureau.

Coût d'indemnisation (C_I)

C'est le montant de toutes les dépenses occasionnées par les indemnisations des dégâts causés aux tiers lors de l'intervention maintenance (facture, PV de constat, etc..).

Coût des encadrements internes ou externes (C_E)

Se sont des coûts prestés par toutes les structures internes et/ou externes à la maintenance pour l'intervention.

- **Coût de revient des moyens roulants (C_{MR})**

Il comprend le coût d'utilisation des moyens roulants internes et le coût de location des moyens roulants extrêmes.

Le coût d'utilisation des moyens roulants internes est égal :

Au nombre de kilomètre parcourus, multiplié par le coût unitaire (par kilomètre) par type des moyens utilisés.

Au nombre de jour, multiplié par le coût journalier d'immobilisation

Le coût de location des moyens roulants externes est égal :

- Au nombre de kilomètre parcourus, multiplié par le coût unitaire de location (par kilomètre) par type des moyens utilisés.
- Au nombre de jour de location, multiplié par le coût journalier de location.

1.6.1.2. Les indicateurs de suivi

Un indicateur est un outil de base de la gestion, il permet de mesurer et d'évaluer l'évolution d'un ou plusieurs aspects d'une situation ou d'un phénomène donné, il nous renseigne sur le degré d'atteinte d'un objectif et permettent de prendre, en temps utile, les décisions correctives ou préventives pour converger vers les résultats attendus.

Un ensemble d'indicateurs ont été élaborés en vue de l'accompagnement sur le terrain de la mise en œuvre de la MBF.

Ces indicateurs sont :

- Indicateurs de résultats (paramètres de qualité de service) ;
- Indicateurs de progression (volumes des actions) ;
- Indicateurs de performance (délai, coûts, moyen humain et matériel).

1-Indicateurs de résultats

Ces indicateurs mesurent les paramètres de qualité de service en fonction des objectifs (END, Incident, Indisponibilité, Mauvais fonctionnement, Avaries).

2- Indicateurs de progression

Ces indicateurs mesurent l'état d'avancement du projet et sont définis par :

- L'évolution du volume de réalisation des actions programmées par rapport à l'objectif.
- Évolution du volume des réalisations des actions non programmées,
- Pourcentage du nombre des travaux sous tension effectué par rapport au nombre d'entretiens.

3- Indicateurs de performance

La performance d'une fonction s'évalue selon les indicateurs suivants :

A- Indicateurs des coûts de maintenance

Il représente l'ensemble des dépenses de la maintenance et peuvent être classés en deux indicateurs :

A.1- Indicateurs de coûts de répartition

L'intérêt de l'indicateur de coût de répartition par nature de dépenses maintenance est de montrer l'évolution des dépenses dans le temps et de mettre en relief les natures de dépenses, permettant ainsi d'orienter les analyses et les actions correctives.

L'indicateur principal de répartition par nature de dépense est :

- Le coût d'intervention maintenance par rapport au coût global maintenance.

$$r = \text{CIM} / \text{CGM}.$$

A.2- Indicateurs de coûts par nature d'intervention de maintenance

L'évolution dans le temps de ces indicateurs permet d'éviter des dérives qui entraîneraient le risque de la diminution de la maintenance préventive par rapport à la maintenance corrective.

Les indicateurs principaux de répartition par nature d'intervention sont :

- Le coût de maintenance préventive par rapport au coût d'intervention maintenance ;
- Le coût de maintenance curative par rapport au coût d'intervention maintenance.

B- Indicateurs de délais

Ces indicateurs ont pour objectif de visualiser le respect des délais prévus et de fournir des informations qui permettent d'analyser les retards constatés.

• Indicateurs de respect des délais maintenance

Ce sont des indicateurs de mesure de situation dont l'évolution dans le temps est importante à suivre afin de visualiser les dérives, d'analyser et de mettre en œuvre les actions correctives. Ils sont essentiellement caractérisés par les ratios suivants :

- Pourcentage des actions prévues et réalisées dans les délais ;
- Pourcentage entre les temps main d'œuvre prévus dans les préparations, et les temps réellement passés (Taux d'occupation) ;
- Pourcentage des délais de la maintenance préventive réalisé par rapport aux délais globaux de maintenance réalisé ;
- Pourcentage des délais des interventions de maintenance curative par rapport aux délais globale de maintenance réalisée.

1.6.2. Analyse et rapport

L'analyse de l'activité de maintenance a permis de constituer un reporting (voir annexe 17) des statistiques permettant d'évaluer l'activité, dans le but d'améliorer les pratiques voici un exemple de résultat de la première phase :

Fonction	Réalisation des actions	Respect des délais	Coût KDA	Observation
Maintenance lignes	64 %	29 %	1678	Refus de consignation (ouvrage stratégique)
Maintenance postes	100%	102%	52	
Contrôle électrique	75 %	63 %	17	Pendant la consignation, temps alloué insuffisant
Télé conduite	80%	90%	26	Perturbation des travaux suite à la MALT de la ligne

Tableau 13 : Les résultats de la phase 1

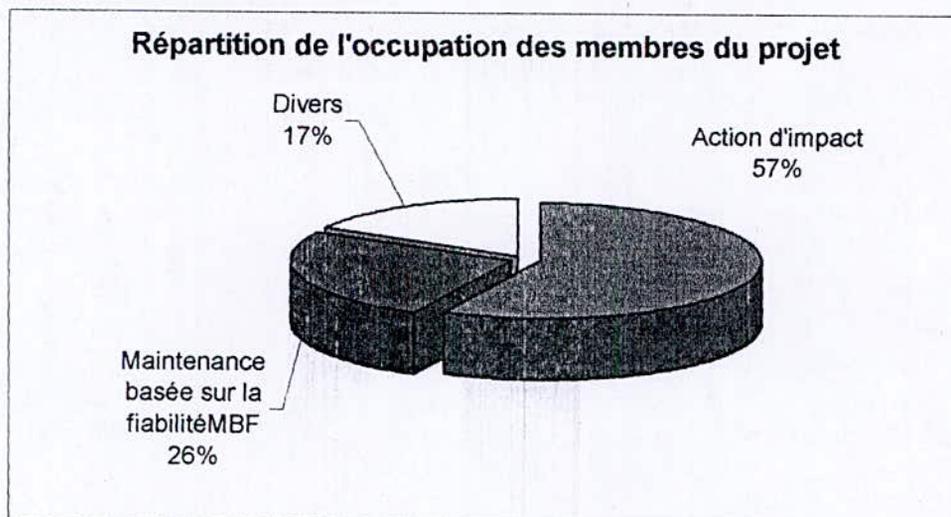
Points forts:

- Une planification des actions (plan, procédures, moyens, délais),
- L'expérimentation des documents MBF
- La levée d'un grand nombre d'anomalies,
- L'implication des équipes de maintenance dans l'élaboration des différents documents,
- L'intervention commune des quatre services de maintenance (lignes, postes, contrôle et télé conduite) pour le même ouvrage consigné (coordination).

Points à améliorer:

- Non respect des ratios (humains et matériels),
- Durée de consignation insuffisante,
- Pas de stockage de la PDR dans des bonnes conditions,
- Coûts prévisionnels non estimé,
- Manque de coordination durant l'intervention entre les équipes CE (contrôle électrique) et maintenance postes.

Les taux d'occupation des agents de maintenance pendant la première phase en 2004 montrent une occupation de 57% pour les actions d'impacts (la mise à niveau du réseau et levée des anomalies), 26% pour l'application du plan MBF, et 17% pour les hors programmes (Voir le schéma ci-dessous)



Un taux d'occupation de 57 % est dû au volume important d'actions d'impact programmées pour la mise à niveau du réseau et la levée des anomalies en vue de fiabiliser le réseau et permettre ainsi d'implanter la démarche MBF.

1.7. Optimisation de la politique de maintenance :

La sixième phase qui constitue le sommet de la pyramide est organisée de telle manière que son domaine d'intervention sur le cours du déroulement des autres phases permet :

- D'établir des plans de maintenance en fonction des critères définis (optimisation) ;
- De réduire les coûts de maintenance ;
- De réduire les indisponibilités dues à l'entretien sur le matériel ;
- D'harmoniser les périodicités et les fréquences d'intervention ;
- De rationaliser l'utilisation de la PDR ;
- D'assurer un retour d'expérience

Pour aboutir à une optimisation de la maintenance, l'interaction des différentes phases doit être soutenue par un module GMAO.

Chapitre VI

Evaluation de l'implantation de la OMF à GRTE-SONELGAZ

Introduction

1. **Forme d'organisation dans la région :**
 - 2.1. **Flux d'information**
 - 2.2. **Processus d'entretien d'un ouvrage**
 - 2.3. **Documentation utilisée**
2. **Démarche de l'audit**
3. **Application**
 - 3.1. **Elaboration du questionnaire**
 - 3.2. **Feuille de synthèse**
 - 3.3. **Matrice de positionnement**
 - 3.4. **Choix des axes prioritaires**

Introduction

Pour l'évaluation de l'implantation de la nouvelle politique d'optimisation de la maintenance par la fiabilité au niveau de SONELGAZ-GRTE, nous avons visités la Région d'Alger pour des raisons suivantes :

- La région possède le plus grand réseau électrique par rapport aux autres régions ;
- Sa proximité au centre décisionnel;
- Sa position dans la capitale indique l'importance stratégique de son réseau électrique.

A défaut d'un référentiel, l'audit a comporté un ensemble de questions posées aux quatre chefs de service maintenance lignes HT, postes HT, contrôle électrique et télé conduite, leurs chefs de bureau des méthodes et l'une des bases d'intervention (base d'El Harrach).

Ce questionnaire nous à permet de comparer la nouvelle politique MBF avec l'ancienne politique de maintenance, afin d'évaluer celle-ci et de dégager les conditions de sa réussite.

Avant d'entamer ce questionnaire, nous présentons l'organisation de la Région d'Alger, le flux d'information existant, le processus d'entretien du réseau en hors tension, ainsi que la documentation technique existante.

1. Forme d'organisation maintenance :

L'organisation de maintenance est composée de quatre services centralisés (voir page7).chacun sous la responsabilité d'un chef service.

1.1. Diagramme des flux d'information :

Le diagramme des flux est la représentation de l'information échangée entre les différents services, ainsi que l'information échangée entre les services et les bases d'intervention pour la réalisation des travaux de maintenance, ces deux flux sont illustrés par les diagrammes suivants :

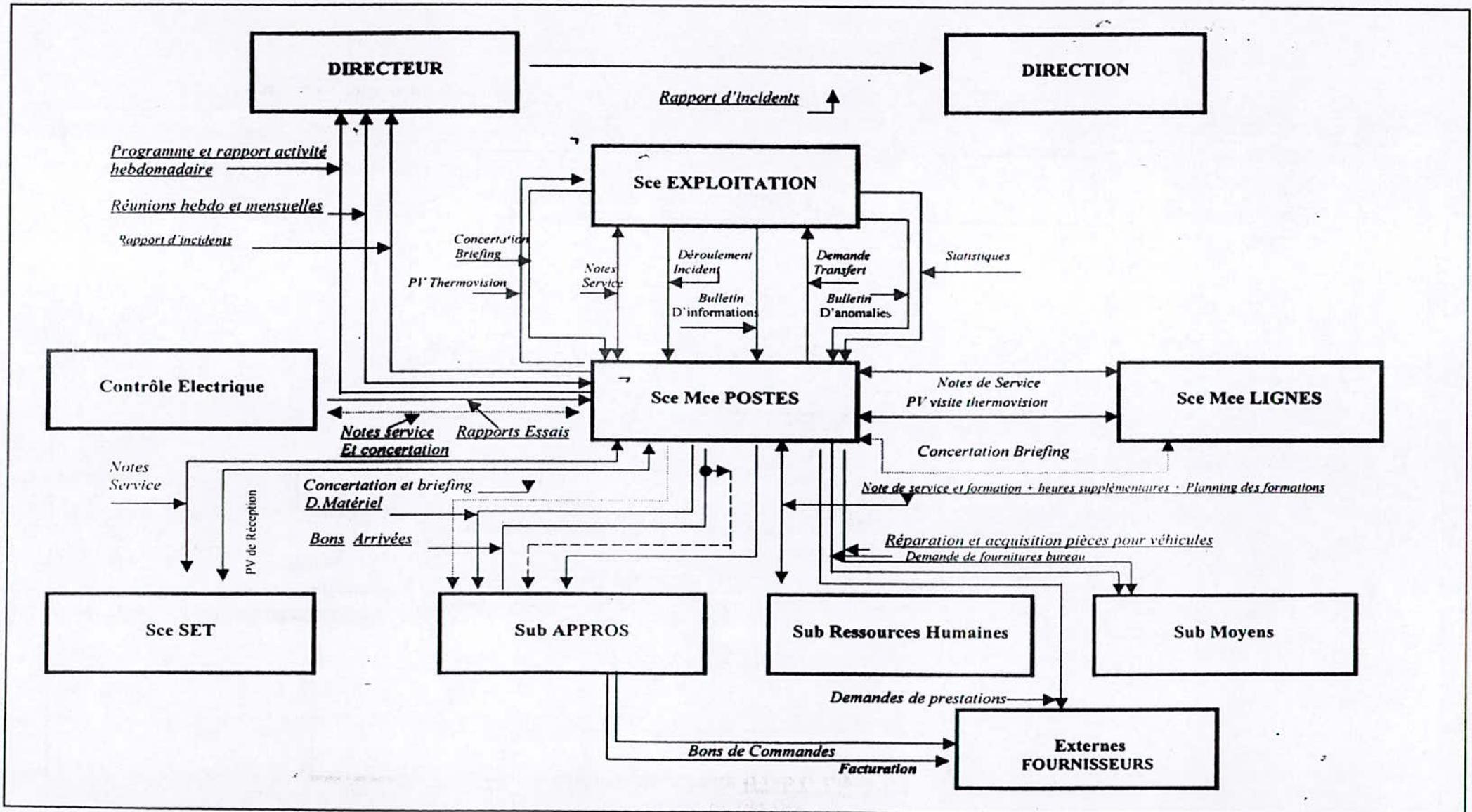


Figure 23: Flux d'information du service maintenance postes / autres services au niveau de la Région d'Alger

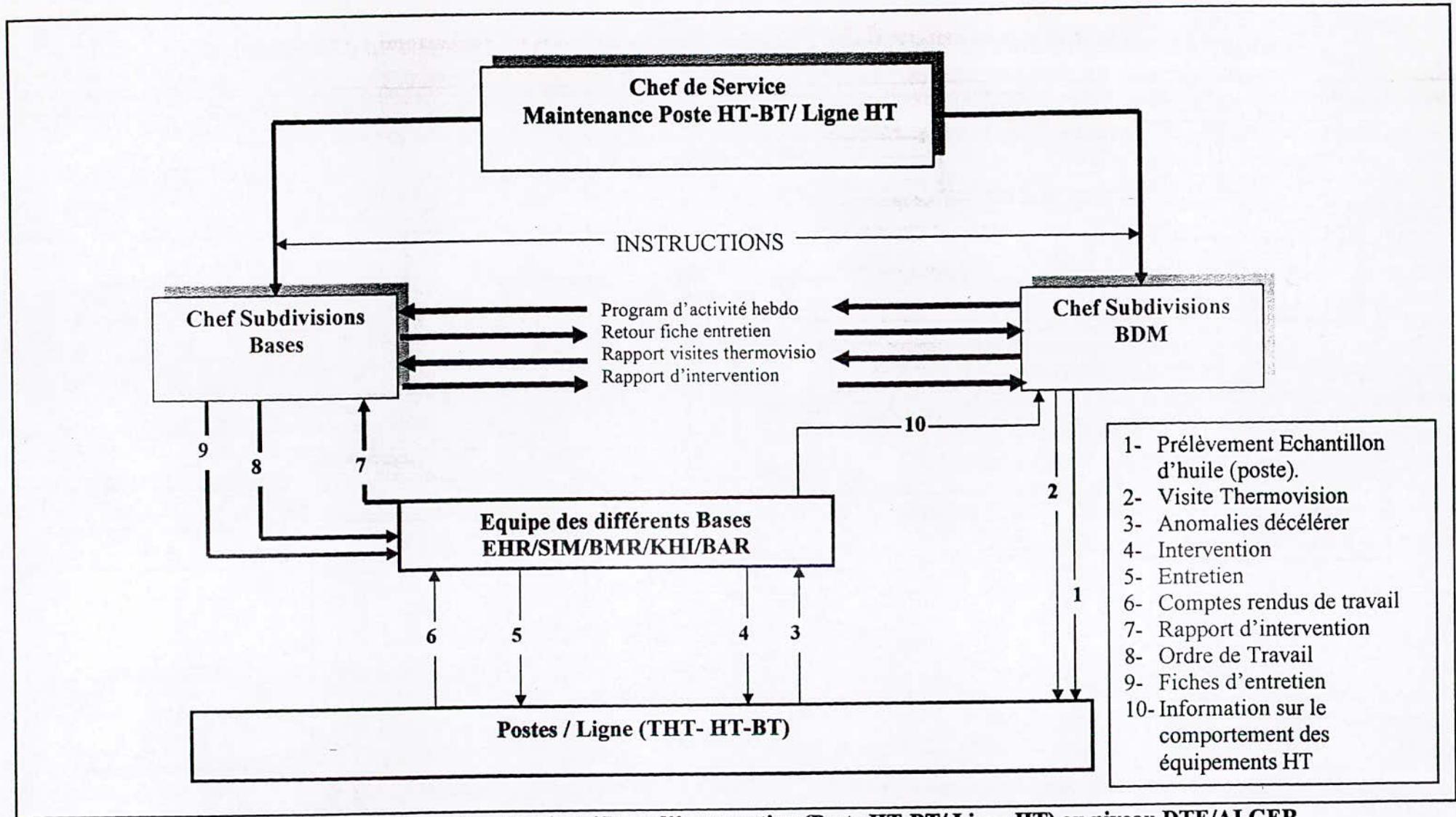


Figure 24 : Flux d'information Services / Base d'intervention (Poste HT-BT/ Ligne HT) au niveau DTE/ALGER

Pour mieux comprendre la répartition des fonctions et des responsabilités voir l'annexe 15

1.3. La documentation utilisée:

Pendant notre visite à la région d'Alger, nous avons consultés la documentation opérationnelle dans l'objet d'avoir une idée claire sur le processus du travail.

Parmi les documents que nous avons consultés :

- Les procédures d'entretien qui définissent les domaines d'activité de la maintenance afin d'assurer en toute sécurité une meilleure disponibilité des ouvrages ;
- Les modes opératoires qui définissent les étapes opérationnelles pour l'entretien ainsi que les moyens humains et matériels nécessaire à cette opération ;
- Les fiches techniques tels que :

Fiche d'intervention : elles permettent de définir le « comment », avec « qui » et « quoi », doivent être réalisées les interventions. Elles sont préparées au préalable par la subdivision méthode et remplies par les chefs de travaux, au fur et à mesure de l'exécution des travaux. Le déclenchement de l'intervention doit être calendaire ou selon un suivi conditionnel. (Voir modèle en annexe16)

A cet effet, les interventions sont regroupées par type d'activités et liées selon un arrêt imprévu ou programmé d'un équipement.

Les autorisation de travail (AT) : ce sont des documents obligatoires pour tous les travaux de quelque nature que ce soit : autorisation d'exécution des travaux sur les ouvrages électriques consignés, ou attestation de la fin des travaux qui permettent la déconsignation des ouvrages. (Voir modèle en annexe 15)

Les ordres des travaux (OT) : sont des documents comportant, d'une part, un **compte rendu** succinct du travail réalisé, et d'autre part, ils sont utilisés pour comptabiliser la main d'œuvre d'une équipe d'entretien. (Voir modèle en annexe9)

Les documents complémentaires à chaque (OT), à savoir : **Bon de sortie matériel, bon de sortie outillages, fiches de bord des véhicules....**

Les comptes rendus : ce sont des fiche joints aux « **Fiches d'entretien** » et qui sont remplie au fur et à mesure des opérations d'entretien. (Voir modèle annexe10)

Les « **Relevés d'anomalies** » : ce sont des documents signalant les anomalies constatées lors de diagnostic et visite.

Les « **Fiches de bord des véhicules** » sont utilisées pour comptabiliser les kilomètres parcourus.

Les Demandes de consignation de l'ouvrage ; sont utilisées pour les coupures de l'électricité sur l'ouvrages qui va entretenir. (Voir modèle annexe12)

2. La démarche de l'audit :

L'évaluation de la démarche MBF s'est effectuée sur un échantillon de huit (8) cadres des différents services maintenance ainsi que les bureaux des méthodes de la région d'Alger selon un questionnaire établi par nos soins.

Les différentes étapes de la démarche sont :

1^{ère} étape :

- Elaboration du questionnaire.

Les questions ont été choisies en tenant compte de l'implantation de la nouvelle politique de la Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF), qui tend à remplacer le traditionnel E3P (Entretien Préventif Périodique et Programmé).

Le questionnaire est élaboré sur la base d'un document de management en tenant compte :

- Des normes ISO 9000 ;
- De l'expérience des responsables ;

L'évaluation s'est effectuée sur les douze thèmes suivants :

1. Font documentaires ;
2. Système d'information et utilisation de l'informatique ;
3. Mise à niveau des installations et levée des anomalies ;
4. Classement stratégique des ouvrages et équipements ;
5. Collecte, diagnostic et analyse des données ;
6. Utilisation des outils d'analyses (AMDEC) ;
7. Etablissement des plans de maintenance ;
8. Réalisation des opérations de maintenance ;
9. Rationalisation de la PDR ;
10. Coûts et indicateurs de suivi ;
11. Ressources humaines et Animation ;
12. Stratégie d'utilisation des prestataires.

Chaque axe comporte 5 à 10 questions.

Les niveaux de performance ont été mesurés avant et après l'implantation de la nouvelle politique MBF. La cotation s'effectue de 0 à 100 %. En indiquant le niveau de la réalisation de chaque demande de manière analogique à l'aide de la grille de cotation définie dans la page 40.

L'évaluation a été basée sur les sources d'informations suivantes :

- L'observation ;
- La documentation ;
- Les entretiens avec les différents acteurs concernés.

2^{ème} étape:

- Feuille de synthèse.

Dans un tableau récapitulatif de tous les thèmes traités sur les différents axes de progrès avant et après l'implantation, on calcule la moyenne des appréciations affectées à chaque question sur les différents axes, on estime le niveau de performance sur chaque axe, ensuite on fait le calcul de la moyenne des moyennes, ceci pour avoir une première idée sur le niveau de la performance du service.

Cette étape nous a permis d'exprimer les axes d'amélioration, à travers la comparaison avec l'ancienne politique.

3^{ème} étape: [13]

- Construction de la matrice de classement et de positionnement.

Cette étape consiste à ventiler toutes les questions de la MBF sur les quatre axes caractéristiques suivants :

- Organisation ;
- Suivi des coûts ;
- Planification ;
- Efficacité.

La consolidation des résultats positionne globalement la fonction maintenance dans un espace, ce qui permet de se situer à un moment donné et de savoir quelles sont les actions à mener pour améliorer l'efficacité globale du service maintenance.

L'intérêt de cette étape est, d'une part, de donner une idée assez claire sur la nature des faiblesses du service maintenance suivant les quatre axes caractéristiques, d'autre part de classer les points à améliorer selon leurs niveaux de priorité sur les axes de progrès prioritaires.

4^{ème} étape:

- Choix des axes d'amélioration prioritaires.

Dans cette étape, on classe les axes de progrès suivant leurs niveaux de performance calculés au cours de la deuxième étape, les axes prioritaires à améliorer sont ceux ayant un niveau de performance inférieur à 50%

6.3. Application:

Après cette brève description de la méthodologie de notre travail, nous allons entamer le diagnostic en commençant par le questionnaire :

1- Fond documentaires

Questions		0%	25%	50%	75%	100%
1	La documentation a-t-elle été disponible ?		●		●	
2	Si oui A-t-elle été utilisée selon les instructions ?			● ●		
3	Existe-t-il un système d'historisation des faits caractéristiques permet un retour d'expérience exploitable ? - Rapports d'incidents - Historique du comportement du matériel en exploitation - Expertise	●	●			
4	Si oui, l'utilisation de cet historique permet de définir les notions FMD (fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) correspondant à chaque équipements ?	●	●			
5	Existe-t-il une procédure de gestion de la documentation technique ? - Notice technique - Mise à jour des plans et des schémas - Fichiers équipements - Documents et revue technique		● ●			
6	Existe-t-il des procédures écrites définissant la création, la validation et le traitement des documents (DT, DI, OT, DR) ?					● ●
Totale Avant MBF				48%		
Totale Après MBF				59%		

Tableau 14 : Rubrique N°01 du questionnaire (fond documentaires).

● : Résultat avant l'MBF.

● : Résultat après l'MBF.

2- Système d'information et utilisation de l'informatique

Questions		0	25	50	75	100
1	Le programme d'amélioration de l'efficacité de la maintenance est-il supporté par un système d'information efficace (GMAO, GDO) ?	●	●			
2	La gestion des stocks est-elle informatisée ?		●	●		
3	La gestion de la documentation est-elle informatisée ?	● ●				
4	La maintenance possède-t-elle un système de CAO/DAO pour la réalisation de gammes et schémas ?	●	●			
5	L'analyse des incidents est-elle informatisée ?		●		●	
6	Les tableaux de bords sont-ils informatisés et présentés sous la forme de graphes ?		●		●	
7	La maintenance utilise-t-elle des applications informatiques spécifiques (logiciels de simulation, AMDEC, S. experts) ?		● ●			
Totale Avant MBF		17%				
Totale Après MBF		39%				

Tableau 15 : Rubrique N°02 du questionnaire (Système d'information et utilisation de l'informatique).

3- Mise à niveau des installations et levée des anomalies :

Questions		0	25	50	75	100
1	Existe-t-il un programme de levée des anomalies?				● ●	
2	Le programme est-il défini selon l'importance des ouvrages dans le réseau ?		●		●	
3	Existe-il des techniques pour la détection des anomalies ?				●	●
4	Est-ce que l'ensemble des anomalies détectées, sont elles levées ?				● ●	
5	Les outils consacrés pour les levées des anomalies sont ils suffisants ?		● ●			
6	Existe-t-il des réunions formelles cycliques dédiées à l'analyse des principaux dysfonctionnements constatés ?				● ●	
Totale Avant MBF		60%				
Totale Après MBF		73%				

Tableau 16 : Rubrique N°03 du questionnaire (Mise à niveau des installations et levée des anomalies).

4- Classement stratégique des ouvrages et équipements

Questions		0	25	50	75	100
1	Existe-t-il un classement des ouvrages selon leur criticité pour l'exploitation et la sécurité ? - classement selon le degré d'importance dans le système électrique. - Classement selon l'applicabilité (facilité d'accès aux consignations).		●		●	
2	Existe-t-il un classement des équipements par décomposition technico-fonctionnelle selon la redondance et la structure dans l'ouvrage ?			●	●	
3	Existe-t-il un classement des composantes selon la criticité définie par la méthode AMDEC ?	●		●		
4	Existe-t-il une mise à jour de cette classification (trimestrielle, semestrielle, annuelle) ?		●	●		
Totale Avant MBF		36%				
Totale Après MBF		63%				

Tableau 17 : Rubrique N°04 du questionnaire (Classement stratégique des ouvrages et équipements).

5- Collecte, diagnostic et analyse des données

Questions		0	25	50	75	100
	Existe-t-il un diagnostic qui permet de dégager un plan de maintenance planifié, en fonction du :					
1	- Etat technique des équipements en exploitation et leurs environnements		●	●		
2	- Mesure de la qualité de service par des indicateurs de performance		●	●		
3	- Avaries rencontrées			● ●		
4	- Volume des actions de maintenance réalisées (fréquence et durée des actions préventives et curatives)			●	●	
5	- Coûts de la maintenance			●	●	
6	Existe-t-il une mise à jour de ce diagnostic ?		●	●		
Totale Avant MBF		35%				
Totale Après MBF		55%				

Tableau 18 : Rubrique N°05 du questionnaire (Collecte, diagnostic et analyse des données).

6- Utilisation des outils d'analyses (AMDEC)

Questions		0	25	50	75	100
1	Existe-t-il un outil AMDEC pour le classement des défaillances ?		●		●	
2	L'outil AMDEC, est-il simple à appliquée ?		●	●		
3	Existe-t-il un rapport d'incident comportant une analyse basée sur la chaîne causale : (causes, modes, effets) ?		●	●		
4	Existe-il des règles pour définir la criticité des composantes ?		●	●		
5	Existe-t-il une structure méthodes maintenance prenant en charge l'élaboration des feuilles AMDEC pour chaque équipement ?		●		●	
Totale Avant MBF		22%				
Totale Après MBF		60%				

Tableau 19 : Rubrique N°06 du questionnaire (Utilisation des outils d'analyses AMDEC).

7- Etablissement des plans de maintenance

Questions		0	25	50	75	100
1	Le plan préventif a-t-il été réalisé à partir de méthodes de type MBF, AMDEC, Historique, données, constructeur..... ?		●	●		
2	La fréquence d'entretien proposée est-elle objective ?			●	●	
3	la période de l'entretien proposée est-elle objective ?			●	●	
4	Les délais d'intervention sont ils suffisants ?			●		
5	L'effectif préconisé par le plan de maintenance est –il suffisant ?			●		
6	Existe-il une révision trimestrielle de planning d'entretien ?		●			
7	Chaque professionnel connaît-il précisément le travail qu'il aura à entreprendre à l'issue du travail en cours ?					●
8	L'outillages et les moyens sont ils suffisamment modernes et adaptés aux techniques nouvelles ?			●	●	
9	Analyse-t-on les écarts entre le temps prévu et réalisé ?		●	●		
10	Les moyens disponibles sont-elles suffisantes ?		●			
11	Existe-il une Planification des actions à long terme par ouvrage et par équipement ?		●	●		
Totale Avant MBF		37%				
Totale Après MBF		51%				

Tableau 20 : Rubrique N°07 du questionnaire (Etablissement des plans de maintenance).

8- Réalisation des opérations de maintenance

Questions		0	25	50	75	100
1	Existe-t-il une procédure interne ou externe permettant d'avoir une démarche permanente d'amélioration ?			● ●		
2	La procédure a-t-elle été mise à la disposition de l'équipe intervenante ?			●	●	
3	L'outillage est-il la cause de perturbations dans la réalisation des interventions ?			● ●		
4	Est-ce que la mise en œuvre de la procédure est simple ?			● ●		
5	Le programme de maintenance préventive est-il respecté ?			● ●		
6	La maintenance préventive systématique est-elle dominante ?			●	●	
7	La maintenance préventive conditionnelle est-elle développée ?	●		●		
8	Les opérations de maintenance sont-elles suivies par nature d'opération (corrective, préventive, conditionnelle, amélioration, conduite,...) ?			●	●	
9	Avez-vous utilisé les carnets d'interventions ?					● ●
10	Peut-on connaître en moins de 10 minutes l'état d'avancement de tous les travaux ?		●	●		
Totale Avant MBF		48%				
Totale Après MBF		59%				

Tableau 21 : Rubrique N°08 du questionnaire (Réalisation des opérations de maintenance).

9- Rationalisation de la Pièce De Rechange (PDR)

Questions		0	25	50	75	100
1	Y a t il une politique de gestion des stocks ?		●	●		
2	Les règles de stockage sont-elles respectées ?			● ●		
3	Les pièces de rechange sont-elles regroupées dans un catalogue qui précise tous les paramètres de gestion et tenue des stocks ?		●	●		
4	Existe-t-il une analyse des dépenses par équipement ?	●	●			
5	Existe-t-il une codification morphologique permettant d'éviter les doublons et permettant une standardisation ?		●	●		
6	Existe-t-il une procédure efficace de réservation des pièces pour les travaux planifiés ?		● ●			
7	Les pièces stratégiques sont-elles particulièrement identifiées et suivies ?		●	●		
8	Existe-t-il une analyse systématique des pièces à forte valeur de consommation, afin d'en limiter le montant ?	●	●			
9	. Les écarts d'inventaires sont-ils inférieurs à 10 % ?		● ●			
10	Existe-t-il une procédure de réception qualitative de la pièce de rechange ?	●	●			
Totale Avant MBF				21%		
Totale Après MBF				37.5%		

Tableau 22 : Rubrique N°09 du questionnaire (Rationalisation de la Pièce de rechange).

10- Coûts et indicateurs de suivi :

Questions		0	25	50	75	100
1	Existe-t-il un système de calcul des coûts directs de maintenance ?		●	●		
2	Les budgets sont-ils la traduction d'un plan d'actions reposant sur une analyse technique et économique ?		●	●		
3	Suit-on les dépenses par destination (équipements, chaînes de maintenance, centres de responsabilités, etc.) ?	●	●			
4	Fait-on une évaluation périodique des pertes dues au Incident, END, mauvais fonctionnement, avaries des moyens ?			●	●	
5	Existe-t-il des indicateurs de performance qui permettent de jugés la qualité de service, le coût de maintenance, et les délais de réalisation des tâches ?	●	●			
6	Existe-t-il un tableau de bord mensuel conjuguant résultats comptables, indicateurs de disponibilité et indicateurs d'états divers (préparation, urgences, sécurité, etc.) ?		●	●		
7	La maintenance est-elle consultée sur le renouvellement ou achats de nouveaux équipements ?	●	●			
Totale Avant MBF		16%				
Totale Après MBF		41%				

Tableau 23 : Rubrique N°10 du questionnaire (Coûts et indicateurs de suivi).

11- Ressources humaines et Animation

Questions		0	25	50	75	100
1	Le climat social en maintenance est-il favorable ?			● ●		
2	Existe-t-il une procédure de gestion des compétences ?		● ●			
3	La pyramide des âges est-elle un élément de gestion des personnels ?		● ●			
4	Le personnel d'intervention et de méthode est-il formé aux concepts de la maintenance et de la résolution de problèmes ?		● ●			
5	Existe-t-il une démarche de formation et de perfectionnement du personnel de maintenance ?			● ●		
6	Connaît-on la nature et le volume des compétences disponibles pour maintenir chaque installation ?		●		●	
7	Le management du personnel s'effectue-t-il avec des objectifs de résultats et de comportement ?			● ●		
8	Existe-t-il un système de suggestions faisant appel aux propositions du personnel ?			● ●		
9	La maintenance possède-t-elle une démarche de mobilité du personnel ?			● ●		
10	Existe-t-il un support d'information papier, informatique, permettant d'informer le personnel sur la vie de son service ou de l'entreprise?		●	●		
Totale Avant MBF				38%		
Totale Après MBF				45%		

Tableau 24 : Rubrique N°11 du questionnaire (Ressources humaines et Animation).

12- Stratégie d'utilisation des prestataires

Questions		0	25	50	75	100
1	Le taux d'appel à la sous-traitance fait-il partie d'une démarche stratégique permanente ?		● ●			
2	Le taux d'appel à la sous-traitance est-il jugé satisfaisant pour lisser la charge de travail ?		●	●		
3	Existe-t-il une procédure de qualification de l'évaluation des entreprises prestataires ?		● ●			
5	Le service maintenance est-il organisé pour gérer les contrats des prestataires ?		● ●			
6	Existe-t-il une procédure permettant de conserver la connaissance acquise par les sous-traitants dans l'entreprise ?		● ●			
7	Existe-t-il une démarche de réception des interventions réalisées par les prestataires ?		●	●		
8	Existe-t-il une démarche d'audit des interventions réalisées par les prestataires ?		● ●			
9	La sous-traitance est-elle utilisée pour réduire les frais de fonctionnement de la maintenance (externalisation d'ateliers de production de pièces par exemple) ?		●	●		
Totale Avant MBF			19%			
Totale Après MBF			26%			

Tableau 25 : Rubrique N°12 du questionnaire (Stratégie d'utilisation des prestataires).

1.2. Etape 2: Feuille de synthèse.

SYNTHESE GENERAL

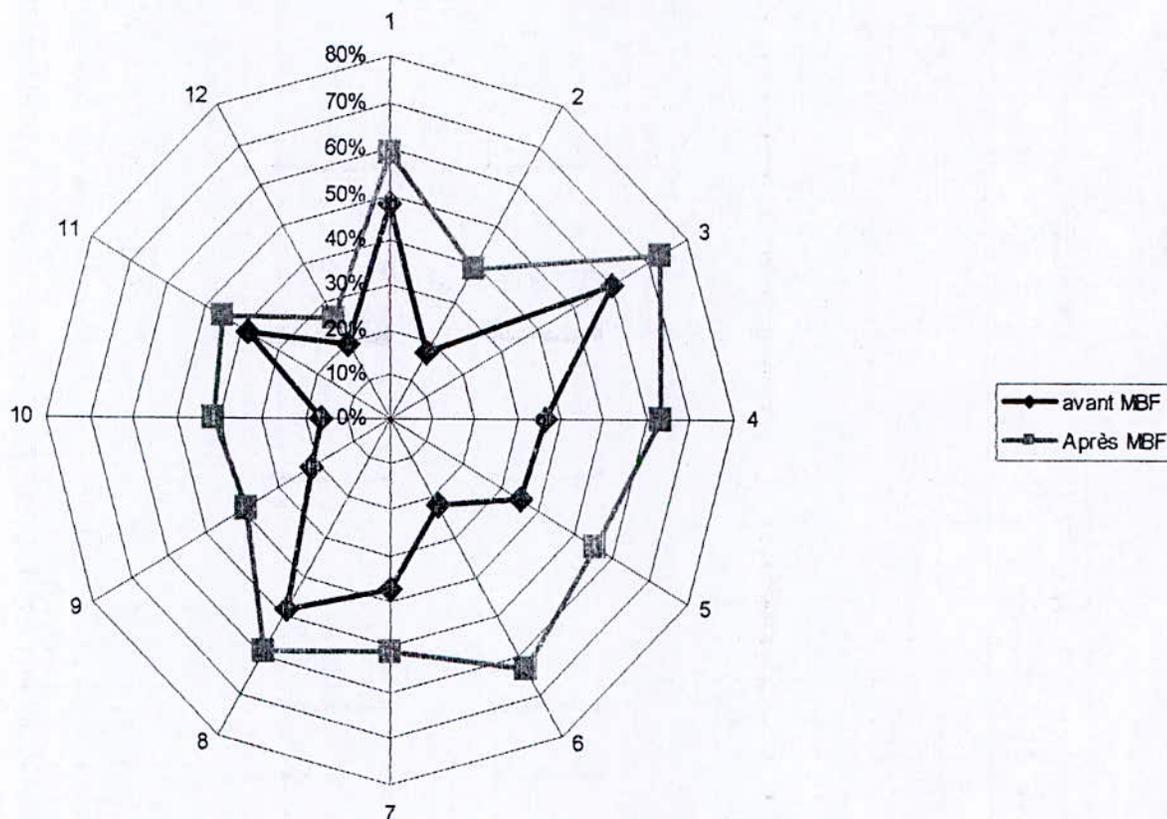
N°	Thème	Avant MBF	Après MBF	Observation
1	Fond documentaire	48 %	59 %	La documentation est incomplète (fichier historique) et dispersée, exceptionnellement on constate une amélioration au niveau des détails (fiches, procédures, modes opératoires, rapport d'incident).
2	Système d'information et utilisation de l'informatique	17 %	39 %	A défaut d'un système d'information, la gestion de la maintenance est toujours manuelle sans enregistrement des événements techniques vécus, l'amélioration est justifiée au niveau de la gestion de la documentation par (Excel, Word...).
3	Mise à niveau des installations et levée des anomalies	60 %	73 %	Le programme de levée des anomalies est bien suivi, mais un système de gestion est nécessaire pour le suivi des anomalies.
4	Classement stratégique des ouvrages et équipements	36 %	63 %	Amélioration de l'importance donnée aux ouvrages et équipements grâce à l'intégration d'outil d'analyse AMDEC.
5	Collecte, diagnostic et analyse des données	35 %	55 %	Grâce aux nouvelles techniques de diagnostic par des fiches et Check list à remplir au lieu des observations à mettre. L'outil de diagnostic devient plus clair, mais il est insuffisant en terme de pourcentage.
6	Utilisation des outils d'analyses (AMDEC)	22 %	63 %	L'outil AMDEC était défini avant mais d'une manière non scientifique, après l'utilisation des étapes pour définir la criticité des composantes, la méthode AMDEC devient plus claire à appliquée. Sa vulgarisation devient une nécessité.
7	Etablissement des plans de maintenance	37 %	51 %	Amélioration remarquable au niveau d'établissement des plans de maintenance, mais le respect du planning est relativement faible en ce qui concerne les actions réalisées par rapports aux actions prévues (problèmes de moyens et de consignation).

8	Réalisation des opérations de maintenance	48 %	59 %	Amélioration remarquable au niveau de la réalisation des opérations de maintenance, mais l'insuffisance est défini au niveau des moyens (humain et matériel) qui ne sont pas suffisant par rapport à l'évolution du réseau
9	Gestion et tenue des pièces de rechange	21 %	39 %	Faiblesse au niveau de la définition d'une politique de réapprovisionnement de PDR. Le magasin de pièces de rechange est dans la plus part des cas loin de l'espace d'intervention ce qui nécessite des moyens roulants importants. Le réapprovisionnement se fait d'une manière non scientifique (il se fait suivant l'expérience du magasinier).
10	Coûts et indicateurs de suivi	16 %	41 %	Les coûts définis sont mal évalués, les tableaux de bord ne comportant pas des indicateurs de performance permettant de suivre l'évolution et l'amélioration de la maintenance. mais les services maintenance tentent actuellement d'estimer les coûts liés à la maintenance et d'élaborer les nouveaux tableaux de bord (voir annexe).
11	Ressources humaines et Animation	38 %	45 %	Faiblesse est remarqué, d'un côté, par le comportement de quelques responsables selon la nouvelle politique (adhésion partiel du top management). L'absence d'une politique de formation et de perfectionnement du personnel de maintenance adaptée aux nouvelles techniques.
12	Stratégie d'utilisation des prestataires	19 %	26 %	Les prestataires sont utilisés plus en complément de ressources manquantes que par une stratégie clairement établie. Il n'y a aucune procédure qualifiant l'évaluation de ces entreprises prestataires.
Niveau global de performance		33 %	51 %	Amélioration remarquable malgré les manques enregistrés

Tableau 26: les valeurs des différentes rubriques du questionnaire.

Pour mieux visualiser ce dépouillement, les résultats obtenus peuvent être présentés sous forme de graphique (Figure)

positionnement en performance de service maintenance



**Figure 25 : Positionnement en performance de service maintenance
Avant et après l' MBF**

Notre analyse nous a permis d'identifier un rapport de 1.55 d'amélioration, ce rapport est justifié par les axes disposant d'un grand écart par rapport à l'ancienne politique E3P, ces axes sont : Axe6 : l'application des outils AMDEC, Axe4 : Classement stratégique des ouvrages et équipements, Axe10 : Coûts et indicateurs de suivi.

2.3. Etape 3 : Construction des matrices de classement et de positionnement.

➤ Matrice de classement :

THEME	ORGANISATION	EFFICACITE	PLANIFICATION	COUTS
1.1	75			
1.2	75			
1.3		60.71		
1.4		17.85		
1.5		35.71		
1.6			100	
2.1		17.85		
2.2				45.83
2.3		12.5		
2.4		25		
2.5		71.42		
2.6		75		
2.7		21.42		
3.1		85.71		
3.2			85.71	
3.3		89.28		
3.4			75	
3.5			35.71	
4.1			67.85	
4.2			50	
4.3			57.14	
4.4		57.14		
5.1			46.42	
5.2			53.57	
5.3			50	
5.4			64.28	
5.5			67.85	
5.6		39.28		
6.1			57.14	
6.2	50			
6.3		67.85		
6.4		75		
6.5		75		
7.1		57.14		
7.2			67.85	
7.3			75	
7.4			57.14	
7.5			35.71	
7.6		89.28		
7.7			67.85	
7.8		14.28		
7.9			50	
7.10	14.28			
7.11			46.42	
8.1		46.42		

8.2	64.28			
8.3	57.14			
8.4	57.14			
8.5			60.71	
8.6			57.14	
8.7			60.71	
8.8		85.71		
8.9	89.28			
8.10	58.33			
9.1				46.42
9.2		50		
9.3				50
9.4				32.14
9.5		50		
9.6	28.57			
9.7		57.14		
9.8				37.5
9.9				28.57
9.10	32.14			
10.1				64.28
10.2				50
10.3				35.71
10.4				82.14
10.5		25		
10.6				57.14
10.7				32.14
11.1	46.42			
11.2	25			
11.3		35.71		
11.4		35.71		
11.5	50			
11.6		75		
11.7		42.85		
11.8		46.42		
11.9	39.28			
11.10	50			
12.1				35.71
12.2	53.57			
12.3		21.42		
12.4	28.57			
12.5		25		
12.6		57.14		
12.7		42.85		
12.8				46.42
Moyenne	49.66	49.52	60.40	46

Tableau27 : matrice de classement

➤ Matrice de positionnement :

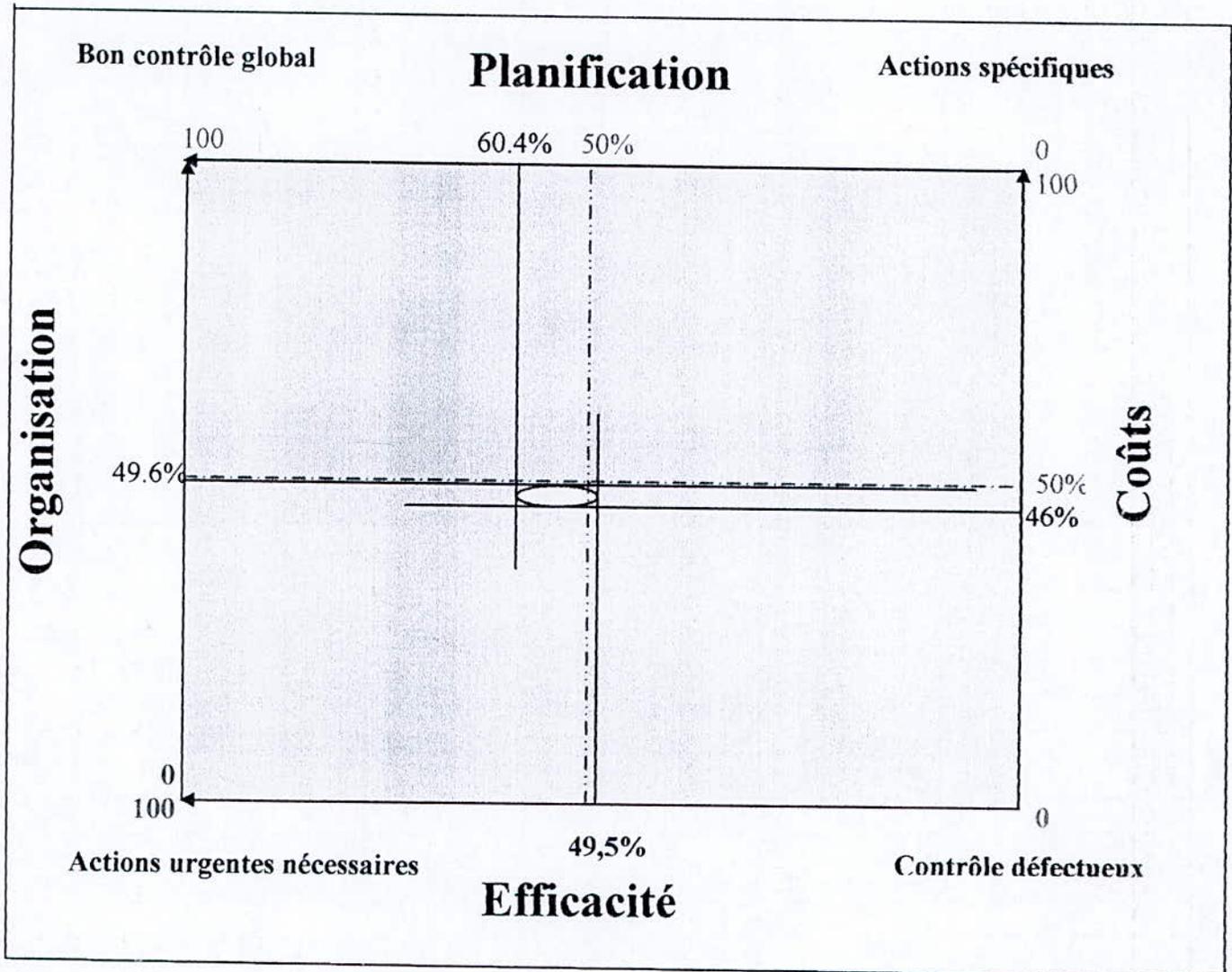


Figure 26 : matrice de positionnement de la région d'Alger

Commentaire :

Cette matrice indique bien les points forts et faibles de la fonction maintenance sur les quatre axes, on remarque que la fonction maintenance est presque centrée sur les quatre axes, elle est relativement forte sur l'axe planification, sa faiblesse se définit sur les trois axes en dessous de 50% notamment sur le plan : EFFICACITE-COUTS.

2.4 Étape 4 :

a. Choix des axes prioritaires :

Niveaux de priorité	Thème	Niveaux de performance
1	Stratégie d'utilisation des prestataires	26 %
2	Système d'information et utilisation de l'informatique	39 %
3	Gestion et tenue des pièces de rechange	39 %
4	Coûts et indicateurs de suivi	41 %
5	Ressources humaines et Animation	45 %
6	Etablissement des plans de maintenance	51 %
7	Collecte, diagnostic et analyse des données	55 %
8	Réalisation des opérations de maintenance	59 %
9	Font documentaire	59 %
10	Classement stratégique des ouvrages et équipements	63 %
11	Utilisation des outils d'analyses (AMDEC)	63 %
12	Mise à niveau des installations et levée des anomalies	73 %

Tableau 28: les axes d'amélioration prioritaires

Le niveau global de performance selon les douze axes de progrès est de 51%, les six premiers axes dont le niveau de performance est inférieur au niveau global de performance constituent les axes d'amélioration prioritaires.

b. Remarques:

❖ **Axe 1 : Stratégie d'utilisation des prestataires**

Cet axe est le plus faible dans notre étude par manque d'une vraie politique définissant les activités de maintenance qui peut recourir à la sous-traitance, ainsi d'une procédure de qualification et d'évaluation des entreprises prestataires.

❖ **Axe 2 : Système d'information et utilisation de l'informatique**

La maintenance ne possède pas un système d'information d'avant garde permettant la prise en charge du retour d'expérience pour l'actualisation de l'inventaire des actifs et l'historique des événements ; les enregistrements utilisent beaucoup plus les supports papiers (rapports, cahiers, histogrammes, etc..).

❖ **Axe 3 : Gestion et tenue des pièces de rechange**

A défaut d'un module de gestion de stock, nous avons remarqué une insuffisance dans la prise en charge réelle de la gestion de la pièce de rechange et la définition d'une vraie politique de réapprovisionnement (paramètres stocks)

❖ **Axe 4 : Coûts et indicateurs de suivi**

Les coûts directs de maintenance sont mal évalués par manque des coûts unitaires référentiels d'autant plus que les coûts indirects de maintenance (coûts de stockage et coûts de défaillance matériel) ne sont pas pris en considération.

Les tableaux de bord ne comporte pas l'ensemble des indicateurs de performance permettant de suivre l'évolution et l'amélioration de la maintenance (.indicateurs de disponibilité matériel et PDR, gestion des OT).

❖ **Axe 5 : Ressources humaines et Animation**

La faiblesse du résultat dénote une double carence, celle de comportement de quelques responsables de maintenance relatif à la nouvelle politique MBF, et celle de la DRH qui n'apporte pas d'une politique de formation des agents adaptée à l'évolution des nouvelles techniques de maintenance alors que la qualification professionnelle a été acquise sur le terrain, surtout les formations spécifiques sur le matériel, localement ou à l'étranger demeurent rares et bien en deca de ce qui est requis.

❖ **Axe 6 : Etablissement de plan maintenance**

Le plan de maintenance préventif a été réalisé à partir des méthodes du type MBF, AMDEC, constructeur, mais à défaut d'une insuffisance des outils et des moyens qui ne sont pas suffisamment modernes et adaptés aux techniques nouvelles, le respect du planning est relativement faible en ce concerne le prévu par rapport au réalisé.

C. Liste des dysfonctionnements constatés :

C.1. Volet opérationnel:

- Difficultés de consignation pour la durée de travaux planifiée (La durée de consignation n'est pas suffisante pour faire l'entretien en une seule fois) ;
- Manque de moyens de communication pour le suivi des actions au niveau de l'opérationnel;
- Absence d'un tableau de bord comportant tous les indicateurs de performance de la fonction maintenance ;
- Les moyens matériels tels que les outillages spécifiques sont insuffisants ou anciennes (surtout concernant maintenance lignes) ;
- La réalisation de l'entretien en plusieurs étapes a engendré des surcoûts (manque de coordination inter fonction, sous estimation des délais d'intervention);
- Les moyens roulants ne sont pas suffisants et non adaptés aux nouveaux plannings ;
- Absence de procédure pour qualifier et évaluer les entreprises prestataires ;

- Non maîtrise du temps d'intervention.

C.2. Volet organisationnel:

- Evolution du réseau sans évolution des moyens (humain et matériel)
- Insuffisance des responsables de bureau méthode (1 responsable/ bureau) permettant le suivi des activités de maintenance, de mise en mémoire, de programmation, de lancement des opérations à effectuer;
- Absence d'une politique de formation des agents de maintenance adaptée à la démarche MBF ;
- Inexistence d'une procédure efficace de réservation de pièces pour les travaux planifiés (stock de sécurité pour les pièces de rechange) ;
- Eloignement du magasin de pièces de rechange par rapport aux sites d'intervention dans le plus part des cas, ce qui engendre des coûts supplémentaires ;
- les moyens matériels ne sont pas suffisamment adaptés à la nouvelle politique.

C.3. Volet informationnel:

➤ Documentation :

- Absence d'un fichier historique qui permet l'enregistrement des rapports d'intervention ;
- Absence d'une définition des notions FMD correspondant à chaque équipement ;
- Faible utilisation des dossiers techniques.

➤ Le stock :

- Mauvaise coordination entre le service approvisionnement et magasinier (PDR) ;
- Manque d'informations sur le stock au niveau du service maintenance ;
- Le réapprovisionnement se fait suivant l'expérience du magasinier ;
- Les pièces critiques ne sont pas particulièrement suivies ;
- Manque d'analyse systématique des pièces à forte consommation ;
- Absence de procédure de gestion et de contrôle des pièces pour les travaux planifiés ;
- Stock non valorisé ;
- Gestion des stocks non informatisée.

D. Liste des points à améliorer :

1. Axe efficacité :

1. La maintenance n'utilise pas des applications informatiques spécifiques (logiciels de simulation, AMDEC, S. experts)
2. Les paramètres stock ne sont pas définis (Manque d'analyse systématique des pièces à forte consommation, les pièces critiques ne sont pas particulièrement suivies) ;

3. les diagnostics des actions de maintenance sont insuffisants (manque fichier d'historisation des actions) ;
4. le manque d'un système d'informations permettant de constituer un capital d'expérience de nature à favoriser la conservation de la connaissance, la maîtrise de la maintenance à moyen et long terme et la pertinence de son coût global.

2. Axe indicateurs et Suivi des coûts :

5. L'absence d'un véritable tableau de bord avec des indicateurs de performance et de résultats permettant de prendre des décisions justifiées ;
6. Le service maintenance n'est pas consulté par achats sur le choix des pièces de rechange ni sur le choix des fournisseurs (et il n'est pas consulté sur le renouvellement ou l'acquisition de nouveaux matériels) ;
7. le taux d'appel à la sous-traitance n'est pas considéré comme une ressource possible, mais plutôt comme complément d'activité (d'où la sous-traitance n'est pas utilisée pour réduire les frais de fonctionnement de la maintenance ainsi que les flux maintenance /sous-traitants ne sont pas bien maîtrisés);
8. Suivi incomplet des dépenses (Les dépenses ne sont pas suivies spécifiquement par équipement) ;
9. Coût global de maintenance non valorisé (surtout les coûts indirects) ;

3. Axe Planification:

10. Ecart remarquable dans l'analyse entre le (temps prévu/temps réalisé, etc.) ;
11. L'effectif préconisé par le plan de maintenance n'est pas suffisamment formé à la nouvelle politique ;

4. Axe Organisation:

12. Le service maintenance n'est pas organisé pour gérer les contrats et le suivi des prestataires ;
13. Les outils consacrés pour les levées des anomalies ne sont pas aussi suffisants ;
14. Difficulté d'utilisation de l'outil AMDEC à cause de l'incompréhension ;
15. Inexistence d'une procédure efficace de réservation de pièces pour les travaux planifiés (stock de sécurité pour les pièces de rechange) ;
16. Divergence de comportements de quelques responsables selon la nouvelle façon de faire dans le climat sociale en maintenance;
17. Absence d'une politique de formation des agents de maintenance adaptée à la démarche MBF.

Conclusion :

L'audit de la fonction maintenance au niveau de la région d'Alger a révélé les principaux dysfonctionnements suivants :

- Absence d'une politique claire de la sous-traitance ;
- Absence d'une véritable base de données des équipements (inventaire des actifs) ;
- Absence d'un système d'information et utilisation de l'informatique ;
- Absence d'une politique d'approvisionnement de PDR ;
- Le non maîtrise des coûts, et l'absence de quelques indicateurs de performance ;
- Absence d'une politique de formation et de sensibilisation des personnes ;
- Le non maîtrise de constitution et d'exploitation de la documentation (Fond documentaire) ;
- Le manque d'ordonnancement des travaux.

Pour remédier à ses lacunes et dysfonctionnements, nous allons dans le chapitre suivant proposer un certain nombre de suggestions qui permettent de constituer des outils d'amélioration de la fonction maintenance et qui doivent être prise en compte dans la généralisation de la maintenance basée sur la fiabilité pour l'ensemble des ouvrages.

Chapitre VII

Suggestions pour l'amélioration de la politique d'OMF

- 1. Proposition d'axes d'amélioration**
 - 1.1. Constituer une base de donnée sur les ouvrages**
 - 1.2. Maîtriser la documentation**
 - 1.3. Organiser la sous-traitance**
 - 1.4. Définir un système d'information (module GMAO)**
 - 1.5. Définir une politique de gestion et tenue des pièces de rechange**
 - 1.6. Maîtriser les coûts et les indicateurs de suivi**
 - 1.7. Animer et former le personnel**
 - 1.8. Développer la fonction ordonnancement**

7. Propositions d'axes d'amélioration :

Les résultats de l'audit ainsi que les besoins exprimés par les responsables de la direction de maintenance ont révélés des insuffisances en matière d'organisation et des dysfonctionnements qui entravent l'atteinte des objectifs fixés pour la réussite de l'implantation de la nouvelle politique d'optimisation de la maintenance par la fiabilité.

Ces insuffisances sont classées selon leur importance, à titre d'exemple, l'inexistence d'un module GMAO, d'une politique de rationalisation de la pièce de rechange définissant les paramètres stocks. Afin de régler ces grands problèmes, il faudra tout d'abord préparer une plate forme en commençant par trouver des solutions aux problèmes de base.

A cet effet, nous allons mettre l'accent sur les points faibles, les suggestions d'amélioration que nous allons proposés serviront à définir les grands axes d'amélioration qui doivent être adaptés à la nouvelle politique OMF, à savoir :

Axe1 : Constituer une base de donnée sur les ouvrages (**inventaire des actifs**) ;

Axe2 : Maîtriser la documentation ;

Axe3 : Organiser la sous-traitance ;

Axe4 : Définir un système d'information GMAO ;

Axe5 : Définir une politique de gestion et tenue des pièces de rechange ;

Axe6 : Evaluer les coûts globaux de maintenance (directs et indirects) et compléter les indicateurs de suivi ;

Axe7 : Définir un management participatif et une politique de formation des personnels ; (Ressource humain et animation)

Axe8 : Développer la fonction ordonnancement (Réalisation des opérations de maintenance ; collecte, diagnostic et analyse des données ; établissement des plans de maintenance).

Axe1 : Inventaire des actifs

Dysfonctionnement	L'insuffisance d'une connaissance bien précise sur le patrimoine (nombres, marques) des ouvrages existant sur le réseau explique la difficulté de la généralisation de la démarche MBF sur le reste des ouvrages. D'où la connaissance des ouvrages est nécessaire pour la rapidité de la généralisation.
Élément concerné	<ul style="list-style-type: none"> • Inventaire des actifs
Objectif de l'amélioration	Il s'agit de constituer une base de données détaillée de l'ensemble des installations de transport. Dans le but de connaître les équipement existant sur le réseau, et de gérer plus efficacement les interventions à effectuer.
Description	<p>La constitution d'une base de données détaillées de l'ensemble des installations de transport doit se faire par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La configuration de l'architecture de la base de données GDO (Gestion Des Ouvrages) dans les domaines THT/HT, BT. • L'élaboration des fiches Techniques de toutes les éléments composant un ouvrage de transport. • La collecte de l'information (par ordre de priorité) au niveau de la région (Exploitation) • La mise à jours de la base de données. • La mise à jours des schémas unifilaires (périodiques) • L'automatisation de la Mise à jours de la GDO
Gains escomptés	<p>En effet, ce travail est indispensable pour que :</p> <p>Au plan technique il:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet de connaître le type d'équipement existant sur le réseau c'est-à-dire : <ul style="list-style-type: none"> • Identifier les pièces de rechange nécessaires ; • Réduire les visites sur le site ; • Minimiser le temps de réparation après une panne ; <p>Au plan administratif il:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permet de gérer efficacement les interventions à effectuer sur le réseau par la : <ul style="list-style-type: none"> • Réduction de temps d'interruption • Augmentation de la rapidité d'intervention de la maintenance • Diminution des coûts de maintenance <p>Dans un objet d'informatiser, et de faciliter l'accès aux ouvrages par code et selon leurs positions géographiques pour gérer plus efficacement la patrimoine de l'entreprise.</p>

Axe 2 : Maîtriser la documentations

Dysfonctionnement	Le non maîtrise de constitution et d'exploitation de la documentation et l'inexistante d'un fichier historique qui permet l'enregistrement des données concernant les défaillances des équipements entre tenu à la fin de chaque intervention, ces données sont la base de tout système de maintenance.
Elément concerné	<ul style="list-style-type: none"> • La documentation
Objectif de l'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre en place un service documentation, visant à rendre la documentation complète et bien gérée. Afin d'avoir un enregistrement des données ou un historique correctement suivi.
Description	<ul style="list-style-type: none"> • Pour avoir une maintenance de qualité, il est indispensable de construire une base de données (historique), dans le but d'assurer un retour d'expérience améliorative, favorisant la mise à jour des données de cet historique à la fin de chaque intervention. • L'enregistrement des Données de défaillance (fichier historique) sont liées à : <ul style="list-style-type: none"> - L'analyse des défaillances (causes- effets) ; - La définition de la criticité des défaillances pour chaque équipement ; - L'intervention de maintenance réalisée et valorisée ; - Aux coûts des pièces de rechange utilisées ; - Aux coûts de la main d'œuvre ; - Aux données de fonctionnement (nombre cumulé d'heures de fonctionnement et de sollicitations) ; - L'impact sur la disponibilité; - Aux diagnostics des équipes, suite à des visites et à des actions correctives apportées ; - La facilité des calculs des indicateurs de disponibilité qui permet de définir le seuil d'approvisionnement sur la base de l' MTBF. <p>Nous avons proposés un fichier historique qui tient en considération tous ces éléments. Ce fichier est a utiliser par les quatre services (Ligne, Postes, Contrôle électrique, Télé conduites) (voir l'annexe8)</p>
Gains escomptés	Permettent d'orienter des décisions essentielles tout au long de la vie des équipements, des décisions telles que le : <ul style="list-style-type: none"> - Remplacement d'équipement ; - Etablissement des statistiques pour les équipements (disponibilité, fiabilité, maintenabilité... etc.) ; - Contenu du préventif ; - Fréquence du préventif.

Axe3 : Organiser la sous-traitance

Dysfonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> Le service maintenance n'est pas organisé pour gérer les contrats et le suivi des sous-traitants, de plus la sous-traitance n'est pas considérée comme une ressource possible mais plutôt comme complément d'activité et donc un manque à gagner.
Élément concerné	<ul style="list-style-type: none"> La sous-traitance
Objectif de l'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> Avoir une politique de sous-traitance claire, précise et efficace.
Description	<ul style="list-style-type: none"> L'objectif de "l'organisation de la sous-traitance" est de sélectionner des sous-traitants aptes à satisfaire les besoins en maintenance externe de l'entreprise et d'établir des contrats incluant des exigences de performance tels que : <ul style="list-style-type: none"> Le respect des délais ; Le respect de la sécurité ; Le respect des résultats ; Le respect des moyens ; La minimisation des coûts de maintenance ; L'augmentation de la qualité de service. Les sous-traitants sont évalués sur la base de ces exigences; l'objectif étant de : <ul style="list-style-type: none"> Garantir la conformité des services fournis aux exigences spécifiées, D'assurer le dialogue entre les deux parties, De comparer les divers prestataires et s'inscrire dans une logique technico-économique du marché.
Gains escomptés	<ul style="list-style-type: none"> La flexibilité requise par les aléas de la charge de travail de maintenance est mieux assurée et plus économique si elle est confiée à l'extérieur. La compétence et la maîtrise des techniques sont mieux entretenues à l'extérieur qu'à l'intérieur ; Rendre la sous-traitance une source de profit Diminuer les retards dans le déroulement
Contraintes	<ul style="list-style-type: none"> les contraintes essentielles à respecter par l'entreprise sont : <ul style="list-style-type: none"> Etablir un cahier de charge clair, net et précis du prestataire attendu ; Signer un contrat et de le respecter, tout en sachant le faire évoluer en accord avec le prestataire ;

Axe4 : Définir un système d'information GMAO

Dysfonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> • Manque remarquable de l'utilisation d'un outil de gestion informatique, inexistante d'un système d'information, efficace adapté à la nouvelle politique, qui permet l'enregistrement des données pour faciliter le retour d'expérience et l'actualisation de l'historique.
Elément concerné	<ul style="list-style-type: none"> • Le système d'information
Objectif de l'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Avoir une GMAO pour simplifier et maîtriser l'évolution des actions dans le temps d'une manière précise et efficace.
Description	<p>L'amélioration de la maintenance tant dans ses objectifs que dans sa mise en oeuvre impose la nécessité de disposer d'un système d'information adapté et supporté par l'outil informatique.</p> <p>Le système d'information permettra la mise à jour et la tenue documentaire des dossiers de choix de politique de maintenance à travers :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ un système de CAO/DAO pour la réalisation de gammes et schémas; ▪ La gestion de la documentation ; ▪ La gestion des stocks ; ▪ L'analyse des incidents ; ▪ Les tableaux de bord ; ▪ Des applications spécifiques de simulation et d'analyse comme AMDEC ; ▪ Le suivi des travaux d'entretien ou fiches historiques qui reflètent la vie de l'équipement en intégrant toutes les anomalies, défaillances et interventions qu'a subit cet équipement ; ▪ La gestion prévisionnelle des charges d'intervention : interne et externe ; ▪ Le suivi de l'avancement des opérations de maintenance préventive ; ▪ L'émission des demandes de travail de nature : maintenance préventive.
Gains escomptés	<ul style="list-style-type: none"> • Accéder rapidement aux informations ; • Amélioration de la qualité de communication avec la disponibilité de l'information ; • Assurée un retour de l'expérience donc une amélioration progressive de plan initiale ; • Unifier les procédures d'organisation ; • Evaluer et réduire les coûts de la maintenance

Pour définir un système de GMAO, il est nécessaire de tenir en compte tous les fonctions liées à la fonction maintenance. voici un schéma qui résume le processus de GMAO.

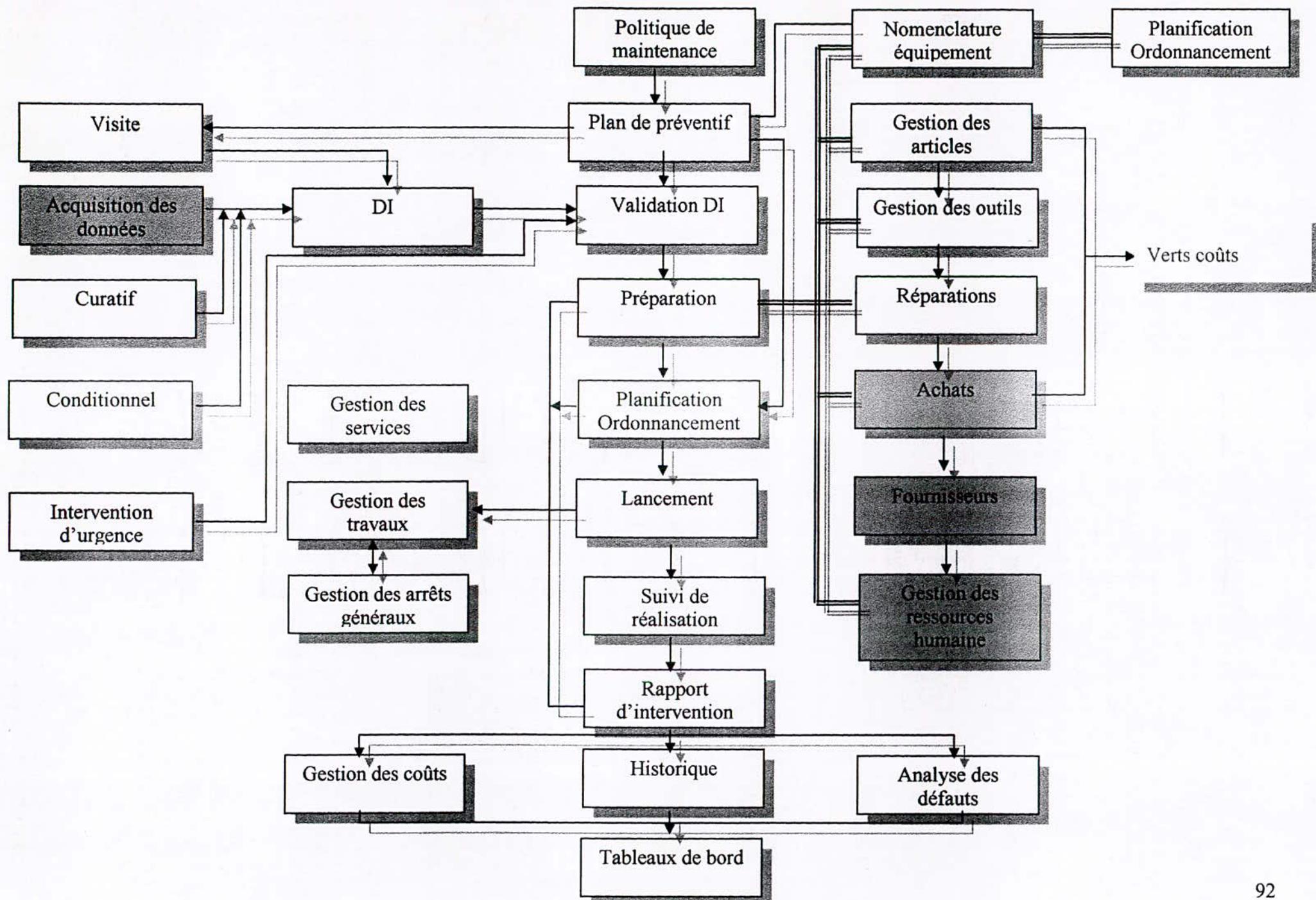


Figure27 Modèle général de GMAO [9]

Axe5 : Définir une politique de gestion et tenue des pièces de rechange

Dysfonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> • La gestion des pièces de rechanges au niveau du magasin de la base d'intervention n'est pas faite suivant des méthodes scientifiques. En effet, le réapprovisionnement de pièces de rechange se fait suivant l'expérience du magasinier et le contrôle des pièces reste presque inexistant.
Elément concerné	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des stocks
Objectif de l'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Avoir une disponibilité de pièces de rechange nécessaires à l'exécution des interventions au moment précis, au bon endroit et au moindre coût.
Description	<ul style="list-style-type: none"> • Pour avoir une bonne disponibilité, la gestion des stocks devra : <ul style="list-style-type: none"> ➢ Calculer un seuil de réapprovisionnement à travers la criticité et les indicateurs de disponibilité (MTBF, MTTR) et prévoir une quantité de consommation pour tout article en stock, ➢ Prévoir les consommations futures à partir des consommations passées, ➢ Définir économiquement les stocks de sécurité, ➢ Avoir des demandes d'achat au moment opportun, ➢ Contrôler rigoureusement les pièces de rechange lors de la réception. ➢ Définir la codification de toutes les pièces de rechange afin de les informatiser ; ➢ Respecter les règles de stockages des pièces de rechanges (hygiène, sécurité, organisation..) pour éviter les dangers et la dégradation de leurs états.
Gains escomptés	<ul style="list-style-type: none"> • Eviter toute rupture de stock • Eliminer les stocks morts • Minimiser le coût de stockage • Minimiser les dépenses
Limites	<ul style="list-style-type: none"> • Les pièces stratégiques nécessitent un suivi rigoureux, qui augmente considérablement le coût de possession. Par conséquent le réapprovisionnement au besoin sera préférable dans ce cas

Suite à ces constats nous avons proposés une définition d'une politique de rationalisation des pièces de rechanges :

➤ **politique de rationalisation de pièces de rechanges :**

Parmi les objectifs assignés à la gestion des stocks, elle doit :

- Assurer une disponibilité des matériels ;
- Répondre dans les délais aux demandes d'articles.
- ✓ définir la prévision des besoins
- ✓ immobiliser juste le capital nécessaire
- ✓ minimiser les coûts totaux de gestion de la pièce

La fréquence d'utilisation de la pièces de rechange est déterminée en fonction du taux de défaillance des équipements, et donc selon la criticité des composantes, qu'il se calcul en fonction de l'indicateur MTBF.

Le stock de sécurité : doit être défini à un niveau qui couvre à la fois la consommation d'articles dans le délai de réapprovisionnement et les besoins qui peuvent s'ajouter au cours des délais de livraison.

Le point de commande : est la somme du stock de sécurité et de la consommation d'article attendue dans le délai de réapprovisionnement. A cet effet et lors de la détermination du point de commande, le stock de sécurité, les valeurs de consommation précédente ou les besoins à venir ainsi que le délai de réapprovisionnement doit être pris en compte.

Pour le calcul des besoins selon le point de commande, on compare le stock magasin disponible avec le point de commande. Si le stock disponible est inférieur au point de commande, une recommandation d'approvisionnement doit être effectuée. Pour mieux comprendre comment cette politique d'approvisionnement est définie, voici un schéma explicatif sur la méthode de réapprovisionnement :

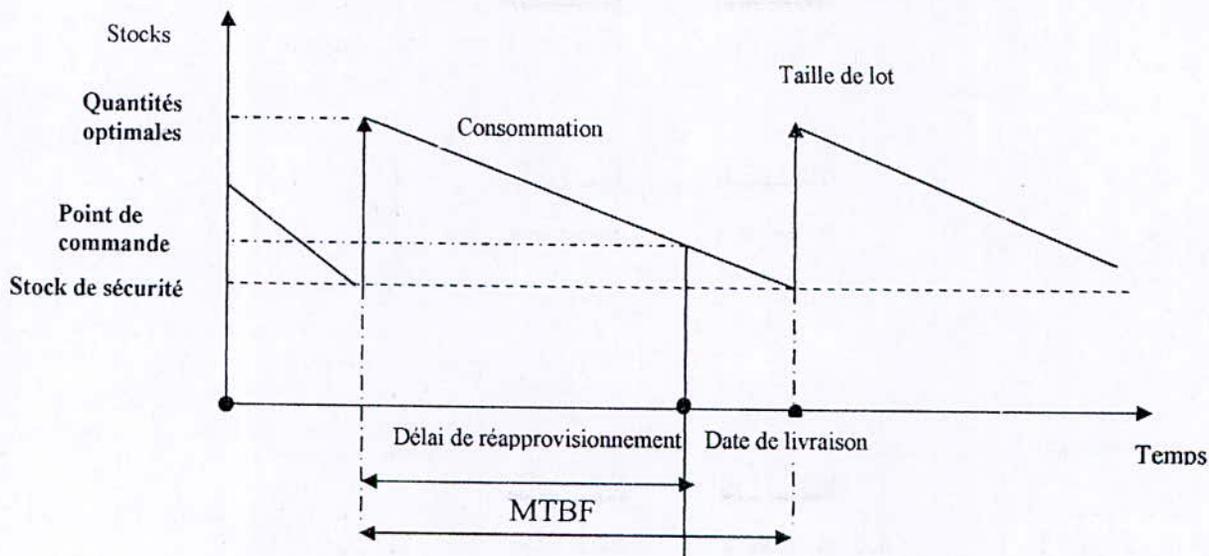


Figure28 : Politique d'approvisionnement des pièces de rechanges

Maîtrise des coûts et indicateurs de suivi

Dysfonctionnement	Les coûts ne sont pas valorisés correctement, les tableaux de bord ne comportant pas des indicateurs de performance permettant de suivre l'évolution et l'amélioration de la maintenance. Cependant, le service maintenance tente actuellement d'estimer les coûts liés à la maintenance et d'élaborer les nouveaux tableaux de bord.
Elément concerné	<ul style="list-style-type: none"> • Indicateurs et coûts de maintenance
Objectifs d'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Avoir un contrôle et une analyse basée essentiellement sur des indicateurs de performance de résultat ainsi que de progression. • Avoir une formule de calcul des coûts globaux de maintenance.
Description	<ul style="list-style-type: none"> • Pour avoir une maintenance de qualité, il est nécessaire de connaître des ratios par action et de suivre leurs coûts et délais de réalisation de l'intervention, pour cela la gestion de maintenance doit être soutenue par : <ul style="list-style-type: none"> • Un suivi des coûts et des dépenses pour chaque action menée sur un équipement afin de choisir l'action la plus appropriée. • Un tableau de bord comportant des indicateurs d'activité et de résultats permettant de prendre des décisions justifiées ; • Une analyse des résultats à partir des indicateurs, dont l'objectif est de : <ul style="list-style-type: none"> ◦ prévenir les risques, ◦ mesurer l'atteinte des objectifs, ◦ rétablir une situation si besoin, ◦ s'améliorer en permanence. • Un calcul de coûts indirects (coût de stockage, coût de défaillance) qui justifie le calcul des coûts globaux de maintenance.
Gains escomptés	<ul style="list-style-type: none"> - Prise de décisions justifiées; - Rendre le service maintenance plus efficace ; - Minimiser les coûts de la maintenance.

Dans cet axe, nous proposons de suivre et de maîtriser les coûts indirects de maintenance sur le terrain ainsi que les indicateurs de suivi tels que les indicateurs de positionnement des coûts de maintenance par rapport au coût de matériel neuf, des indicateurs de disponibilité comme (MTBF, MTTR...) en fonction de la construction de l'historique, ces indicateurs permettent de juger l'évolution des équipements dans le temps.

➤ *les coûts indirects de maintenance :*

- CETNL : Coût d'énergie total non livrée (CETNL) ;
- CSM : Coût de stockage maintenance ;

1- Coût d'énergie total non livrée (CETNL)

Le coût de l'énergie total non livrée est la somme de :

- ✓ Coût de la défaillance maintenance suite à un incident
 - Au nombre de kilowattheure non livré, multiplié par le coût de kilowattheure transporté ;
 - Coût des pertes de production des clients (distribution).
- ✓ Coût de l'énergie non livrée suite à un entretien programmé en hors tension et qui génère les pertes de chiffre d'affaire, égal au nombre de kilowattheure non livré multiplié par le coût de kilowattheure transporté.

2- Coût de stockage maintenance (CSM)

Le coût de stockage maintenance représente les dépenses engagées pour financer et gérer le stock des pièces de rechange et les fournitures nécessaires à la maintenance. Il comprend les éléments suivants :

- L'intérêt financier du capital immobilisé que représente le stock.
- Les dépenses de main-d'œuvre pour assurer les activités de gestion des stocks et de magasinage.
- Le coût d'exploitation des surfaces de bâtiment utilisées : énergie et maintenance.
- Le coût d'exploitation de maintenance et les amortissements des matériels utilisés ; chariots élévateurs, transpalettes, informatique, etc..
- Les dépenses d'assurance des stocks.

Le coût de stockage maintenance est à calculer annuellement.

➤ *Les indicateurs de suivi :*

1- Les indicateurs de disponibilité des équipements

La norme X60-020 définit quelques indicateurs qui sont :

- **MTBF**

L'indicateur MTBF est la moyenne des Temps de Bon Fonctionnement, il s'agit d'un indicateur global qui mesure les temps moyens de fonctionnement entre les défaillances, cette valeur sur une période donnée, se calcul de la façon suivante :

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Somme des temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre de défaillance}}$$

- **MTTR**

L'indicateur MTTR est la moyenne des Temps Techniques de Réparation, il s'agit d'un indicateur global d'activités de la maintenance sur un équipement donné.

Ce paramètre est directement dépendant des activités de maintenance sur les défaillances des équipements et permet de mesurer, en la réactivité de la maintenance aux dysfonctionnements. La réactivité concerne essentiellement la maintenance curative, elle mesure la capacité de réagir à des événements imprévisibles.

Les indicateurs de réactivité maintenance peuvent être classés en indicateurs de mesure de la situation et en indicateurs d'analyses

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Somme des temps de maintenance curative}}{\text{Nombre de défaillance}}$$

Les temps de maintenance sont :

- T₀ : Apparition de la défaillance

L'exploitant détecte l'incident au niveau de l'équipement, appelle la maintenance et, éventuellement, explique l'incident constaté

- T₁ : Prise en charge par la maintenance

La préparation par la maintenance de l'intervention à travers le rassemblement des moyens humains et matériels nécessaires et le déplacement

- T₂ : Maintenance sur place

La maintenance fait une recherche des causes du dysfonctionnement avec l'aide d'explications complémentaires des exploitants et éventuellement de tests, elle réalise le diagnostic du dysfonctionnement

- T₃ : Intervention

La maintenance informe l'exploitation et réalise l'intervention de remise en état de l'équipement avec recherche des pièces ou fournitures nécessaires ou du éventuelles renforts (internes ou externes)

- T₄ : Essais en fonctionnement

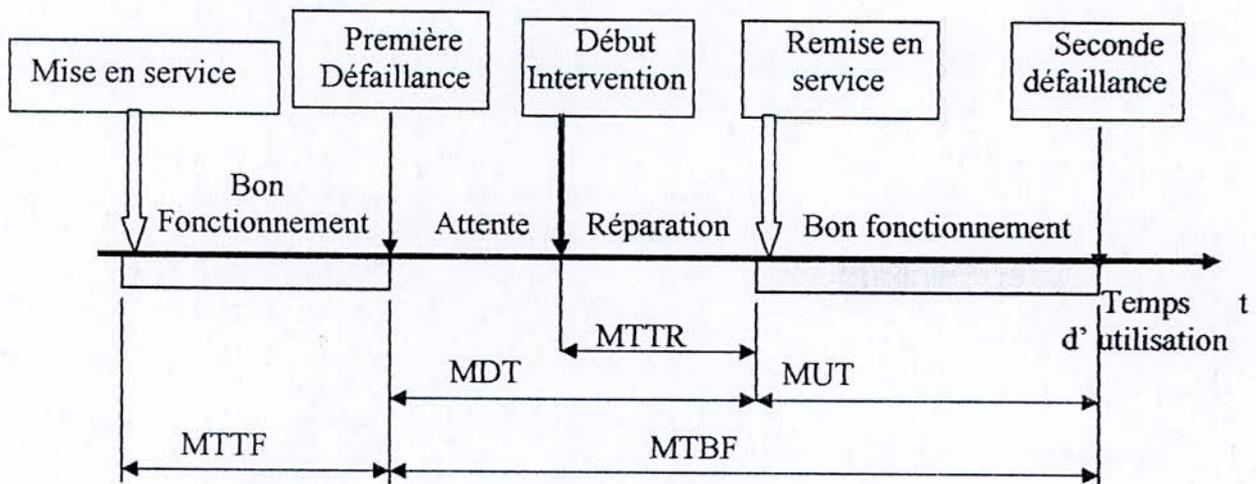


Figure 29 : La répartition des indicateurs de disponibilité.

MTBF : Temps Moyen entre deux défaillances

MTTR : Temps Moyen de réparation

MUT : Temps Moyen de Disponibilité

MDT : Temps Moyen d'indisponibilité

Disponibilité des équipements : (voir page17)

L'indicateur de disponibilité mesure effectivement le ratio entre le temps où l'équipement est en exploitation normale et où il est à la disposition de l'exploitation (temps de fonctionnement plus les différents temps d'arrêt).

Cet indicateur se calcule de la façon suivante :

$$D = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

C'est la probabilité pour que l'équipement soit en état de fonctionner normalement, c'est-à-dire qu'il soit ni en panne, ni en arrêt pour cause de maintenance préventive.

2- L'Indicateur de niveau de maintenance par rapport aux matériels

L'intérêt de cet indicateur est de positionner les coûts de maintenance par rapport au coût du matériel ou des ouvrages neufs concernés par la maintenance.

Des comparaisons par type de matériels deviennent intéressantes sous réserve de tenir compte des conditions d'utilisation des matériels.

L'indicateur essentiel est :

- Le coût d'intervention maintenance (CIM) par rapport à la valeur à neuf de l'équipement ou l'ouvrage.

$$R_i = \text{CIM} / \text{VAN}$$

En cas de dépassement de R_i de 5 %, une décision doit être prise quant à la réhabilitation ou la rénovation du matériel.

3- Les indicateurs de planification des tâches:[11]

L'intérêt de ces indicateurs est de responsabiliser chaque niveau hiérarchique sur les objectifs précis qui, lorsqu'on les additionne, contribuent conjointement à la concrétisation des objectifs stratégiques de l'entreprise.

- Taux de planification qui mesure et favorise la planification des activités de maintenance :

$$\text{Taux de planification} = \frac{\text{Heure prévues des OT planifiés}}{\text{Heure totales disponibles}}$$

- Taux de réalisation qui mesure et favorise le respect des planning de maintenance

$$\text{Taux de réalisation} = \frac{\text{Heure prévues des OT planifiés et réalisés}}{\text{Heures prévues des OT planifiés}}$$

- Taux d'utilisation qui permet de vérifier la bonne utilisation des ressources et la pertinence de l'appel à la sous-traitance

$$\text{Taux de réalisation} = \frac{\text{Heure pointées sur OT}}{\text{Heures disponible}}$$

- Taux de coût des sous-traitants qui mesure l'évolution relative des dépenses de sous-traitants

$$\text{Coût des sous-traitants} = \frac{\text{Dépenses de sous-traitants}}{\text{Coût total de maintenance}}$$

Axe7 : Ressources humaine et animation

Dysfonctionnement	La faiblesse est définie d'un côté, par le comportement de quelques responsables vis à vis de la nouvelle politique. En plus, l'absence d'un plan de formation, de perfectionnement et de sensibilisation des opérationnels et des équipes d'interventions à la nouvelle façon de faire.
Elément concerné	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des Ressources humaines
Objectif de l'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Avoir un management participatif qui permet une motivation ainsi qu'une volonté des acteurs et des opérationnels dans la réalisation de l'acte de maintenance.
Description	<ul style="list-style-type: none"> • Pour avoir un management participatif, la gestion des ressources humaines devra : <ul style="list-style-type: none"> • Définir un planning de formation et de perfectionnement des personnels adapté à la nouvelle politique de maintenance. Pour éviter les comportements de résistance, et la mal exécution des travaux ; • Motiver les personnels et surtout les agents exécutants pour assurer un travail adéquats ; • Faire participer le groupe opérationnel pour l'établissement des plans de maintenance afin de profiter de leurs expériences du terrain ; • Favoriser les renions de sensibilisation des personnels en d'avoir une amélioration et efficacité sur plan pratique. <p>Cette volonté doit commencer au niveau des responsables de maintenance pour que se poursuivre au niveau des agents de maîtrise. Il est important que cette volonté impulsée par les responsables ne soit pas un effet de mode mais qu'elle soit l'expérience d'une décision de gérer la fonction maintenance à long terme.</p>
Gains escomptés	<p>En effet, ce travail d'équipe est indispensable pour que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'une part, les réflexions menées s'appuient sur les conditions prévisionnelles d'utilisation du matériel, pour aboutir à un CGM minimal, - d'autre part, la mise en œuvre rigoureuse des actions définies, prévues et acceptées se fasse dans des conditions optimales.

Axe8 : Développer la fonction ordonnancement

Dysfonctionnement	L'insuffisance des moyens (humain, outillage, pièces de rechange, et surtout les moyens roulant,..) engendre des interventions supplémentaires avec la difficulté de consigner de l'ouvrage pour la durée des travaux planifiée. Ce qui engendre des surcoûts qui sont dus à un ordonnancement exécutif mal défini.
Elément concerné	<ul style="list-style-type: none"> • L'ordonnancement
Objectif de l'amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Ordonnancer et suivre toutes les interventions
Description	<ul style="list-style-type: none"> • La fonction principale de l'amélioration étant l'ordonnancement et le suivi des interventions, cette fonction devra avoir pour mission : <ul style="list-style-type: none"> ➤ De prévoir la chronologie du déroulement des différentes tâches ; ➤ D'analyser les écarts entre prévisions et réalisation ; ➤ De contrôler l'état d'avancement des travaux ; ➤ D'enregistrer toutes les opérations de maintenance ; ➤ De contrôler le personnel; ➤ De lancer les travaux aux moments choisis, en rendant tous les moyens nécessaire disponible (humains, matériels); ➤ D'avoir un historique servant à faire des analyses des défaillances.
Gains escomptés	<ul style="list-style-type: none"> • Une bonne planification des tâches permet de : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Eliminer le déroulement des interventions en plusieurs étapes ; ➤ Minimiser et contrôler les coûts de la maintenance surtout le coûts de la main d'œuvre. ➤ Avoir une meilleure qualité des interventions grâce à une meilleure prévision des moyens de réalisation.

A cet effet, nous proposons une procédure de réalisation des interventions, qui consistant à ordonnancer et à suivre la réalisation de chaque intervention

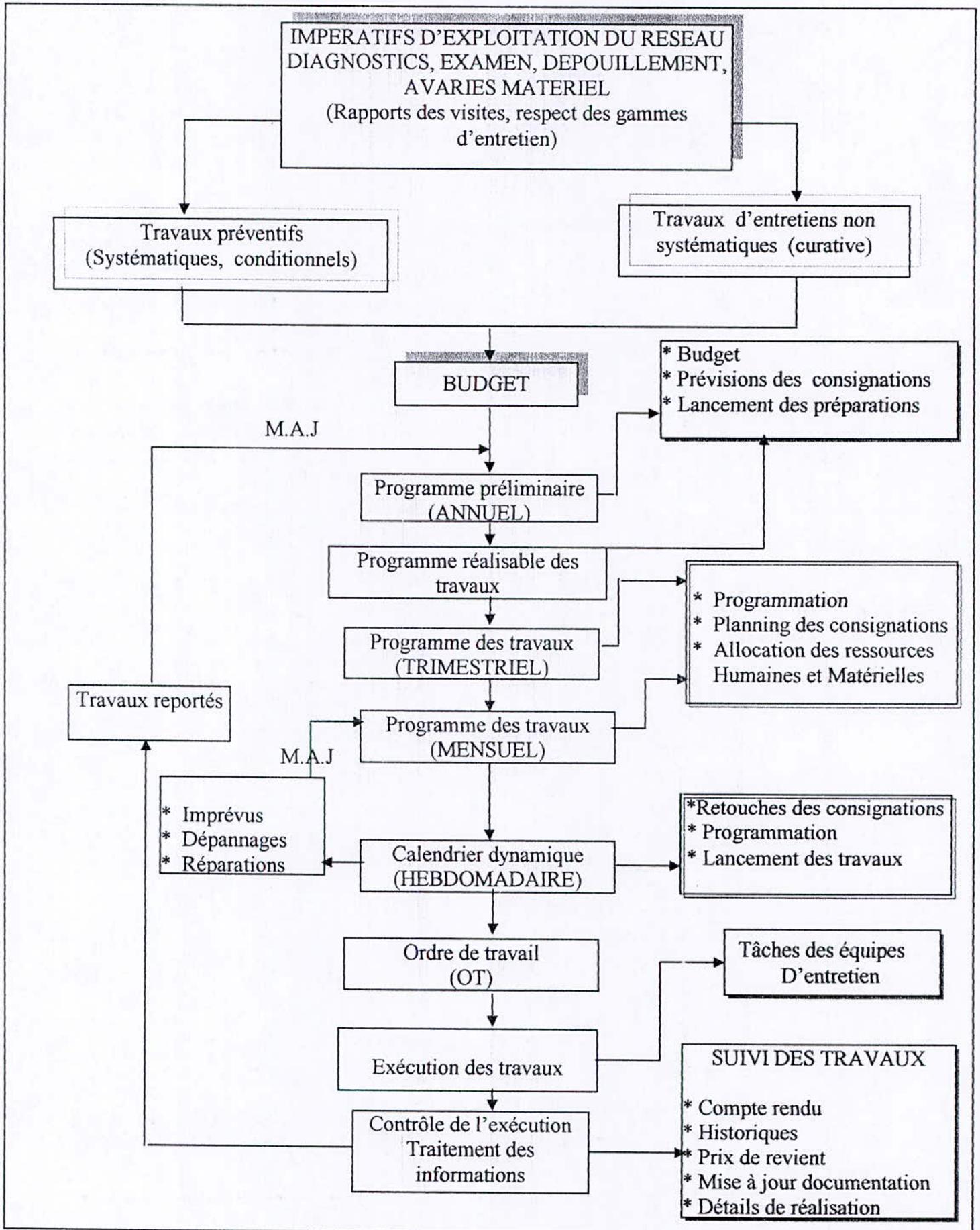


Figure.30 : Le processus de déroulement de la planification, de lancement et de suivi des travaux

➤ **Processus d'exécution des travaux**

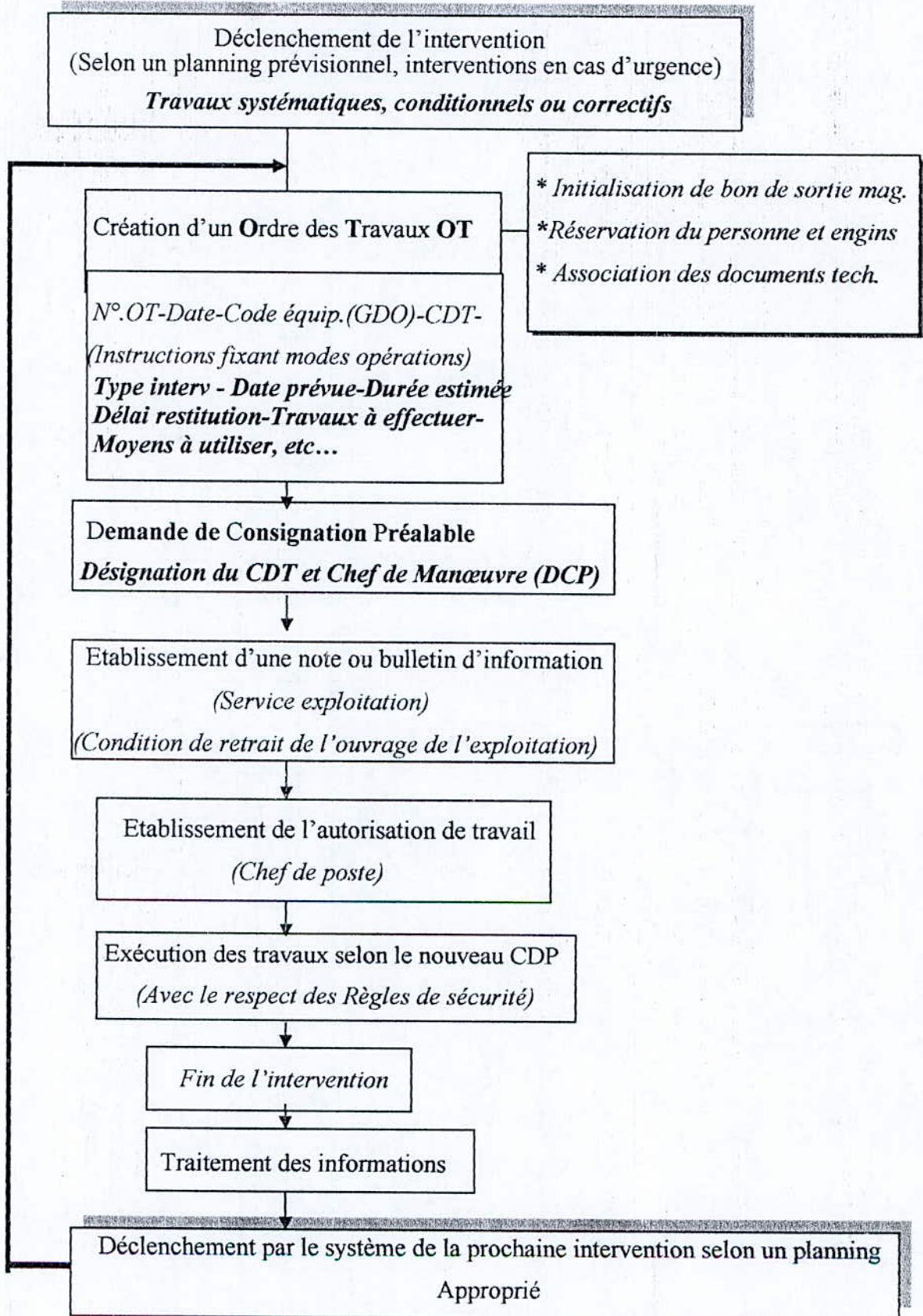


Figure31: Processus d'exécution des travaux

➤ **Processus régissant le traitement des informations**

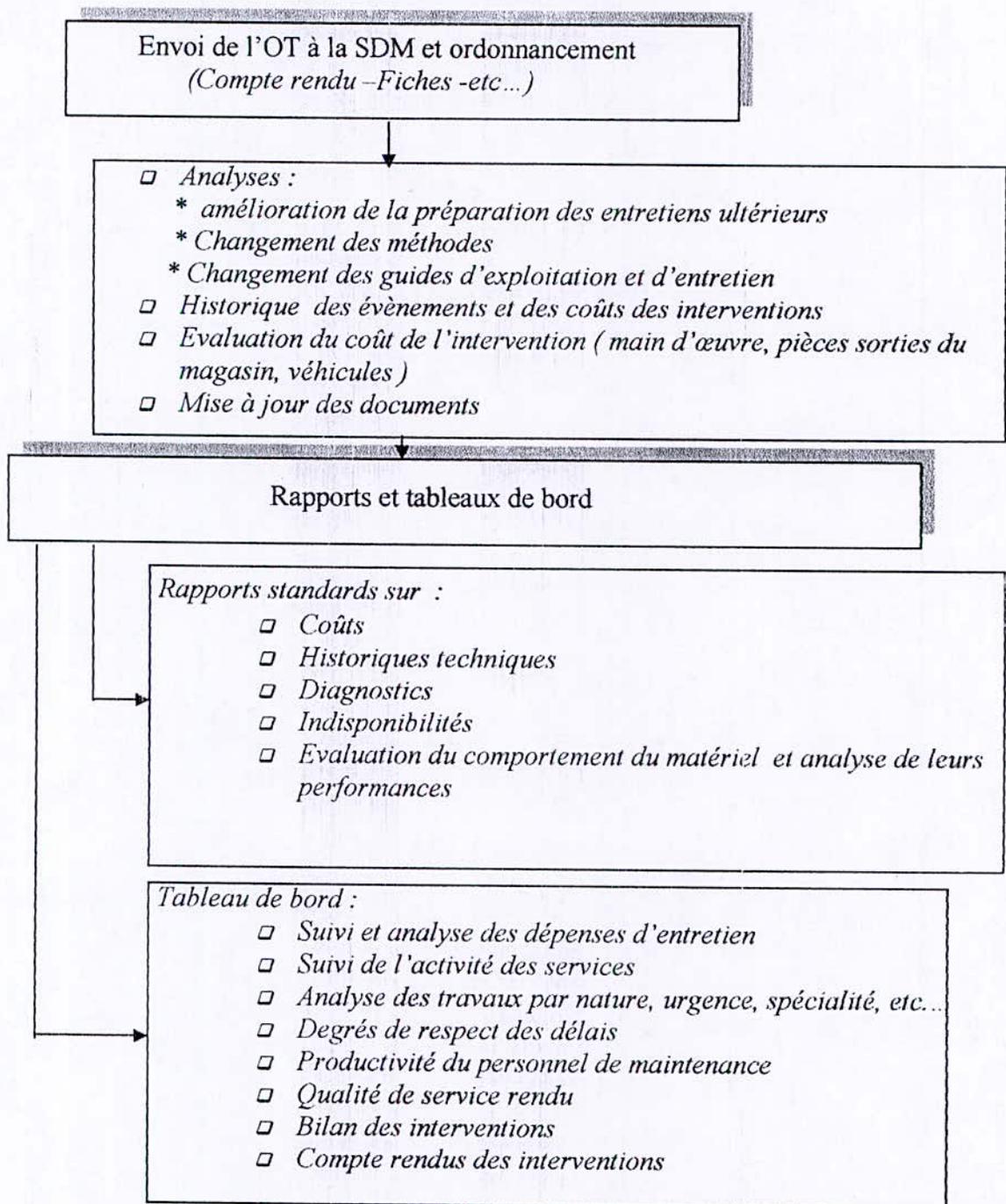


Figure 32 : Processus régissant le traitement des informations

Conclusion générale

SONELGAZ GRTE a dû entrer dans une démarche participative en mettant en place une politique d'optimisation de la maintenance par la fiabilité, elle permet de cibler les actions à mettre en place.

Il s'agit d'une méthode qui a prouvée son efficacité au niveau des meilleures pratiques (Hydro Québec, Siemens, ABB, EDF-RTE, Japon, USA, etc..), elle a permis de réduire les coûts de maintenance de 5 à 30% [17], et les actions de maintenance de 25% sans compromettre la fiabilité du réseau [18]. Elle a comme bénéfice d'avoir :

- Une meilleure connaissance des défaillances et de leurs causes ;
- Une amélioration du fonctionnement des équipements ;
- Une durée de vie allongée pour les équipements ;
- Une meilleure approche des coûts.

L'objectif de notre étude est de comprendre la démarche et d'évaluer son implantation à SONELGAZ-GRTE au niveau fonctionnel et opérationnel.

A cet effet, un audit d'implantation de la démarche a été effectué au niveau de la région d'Alger comme image représentative des autres régions et qui nous a permis de positionner et d'identifier plusieurs dysfonctionnements au sein des différents services maintenance de la région dont les plus marquants sont :

- Absence d'une base de gestion d'actifs ;
- Absence d'un support documentaire correct et efficace ;
- Absence d'une politique de rationalisation de la pièce de rechange ;
- Absence d'une politique de formation des agents de maintenance adaptée à la démarche MBF ;
- Inexistence d'une stratégie efficace pour l'utilisation des prestataires.

Nous avons proposé des suggestions d'amélioration tels que :

- Un système de gestion de maintenance d'avant garde et réfléchi permettant l'enregistrement du retour d'expérience dans l'objectif d'optimisation des plans de maintenance ;
- La vulgarisation et le développement des techniques nécessaires à l'acte de maintenance ;
- L'introduction des nouveaux indicateurs de suivi de matériel et de disponibilité pour l'approvisionnement de la PDR ;
- Développement d'une gestion des ressources humaines centrée sur le développement réseau et le besoin de cette nouvelle politique ;
- Etablissement d'une fiche historique pour le calcul de la criticité suivant MTBF, MTTR..
- Moderniser les régions qui manquent de moyens pour la réalisation de leur mission en moyens roulants, outils..

Cette nouvelle politique, malgré qu'elle a prouvé son efficacité, nécessite comme condition de réussite un système d'information pour gérer toutes les informations sur l'inventaire des actifs, la gestion des anomalies, la formation des gens pour changer

leurs comportements de résistance à l'innovation, et d'arriver à un management participative vers l'optimisation, c'est un long chemin...

Il est souvent difficile de savoir jusqu'où on peut améliorer les performances du processus de maintenance. Le benchmarking apporte en partie une réponse à cette question. Il permet de mettre en évidence des pistes de progrès et permet de quantifier grossièrement ces pistes. Mais il ne permet pas de les quantifier de façon précise et définitive.

Nous avons proposé une démarche à suivre et nous espérons que notre travail sera pris en compte par la filiale GRTE en vue de sa généralisation.

BIBLIOGRAPHIE**1. livres**

[1] : A. Villemeur, **Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels**, Édition EYROLLES, Paris, 1998.

[2] : F. BOUCLY, **Le management de la maintenance : « évolution et mutation »**, 2^{ème} édition AFNOR, Paris, 1998.

[3] : G. ZWINGELSTEIN, **La maintenance basée sur la fiabilité « guide pratique d'application de la RCM »**, Édition Hermès, Paris 1996.

[4] : F. MONCHY, **Maintenance : « Méthodes et organisation »** Éditions DUNOD, Paris, 2000.

[5] : Gestionnaire du Réseau de Transport de l'Électricité, **« Mémento de la sûreté électrique »** Édition RTEF, Paris, 2004.

[6] : S. BENZAADA, **La maintenance industrielle**, Édition OGPU, 2002.

[7] : D. BOITEL, C. HAZARD, **Guide de la maintenance**, Édition NATHAN, Paris, 1990.

[8] : REFERENTIELLE DUNOD, **Pratique de la maintenance industrielle : « méthode outils applications »**, Édition DUNOD, Paris, 1999.

[9] : M. FREDERIC, **Mettre en œuvre une GMAO**, Édition DUNOD, Paris, 2003.

[10] : MEMBRE DU PROJET, **La maintenance basée sur la fiabilité « Projet pilote GRTE »**, édition, GRTE, 2003.

[11] : R. CUIGNET, **Management de la maintenance : Améliorez les performances opérationnelles et financières de votre maintenance**, Édition DUNOD, Paris, 2002.

Projet fin d'étude :

[12] : B. CHERK, **Aide à la décision d'investissement pour la réalisation des ouvrages de transport électrique HT et THT du réseau national**, Département Génie Industriel, ENP, 1999.

[13] : A. BELAIDI, **Contribution à l'amélioration de la fonction maintenance application : Parc roulant ABC PEPSI**, Département Génie Industriel, ENP, 2004.

[14] : H. KAFFEL, **Fiabilités des systèmes : Collection mémoires et thèses Électronique**, université de LAVAL, 2001.

2. Revues

[15] : G.BALZER, A.STRNAD, **Planification de la maintenance, Revue ABB N°04/97, Paris, 1997.**

[16] : Y.FILION, ALDO BOLZA, « **ELECTRA** » **Conseil International Des Grands Réseaux Electriques CIGRE, Revue N° 216- Octobre, paris- France, 2004.**

3. Site Web:

[17] : J. Alligan, **“RCM for Substations and Overhead Transmission”, EPRI solutions, California 94304 • PO Box 10414, Palo Alto, California 94303 USA, January 2004 .**

Http// : [www.eprisolutions.com/ PDF /january2004](http://www.eprisolutions.com/PDF/january2004).

[18] : D. Boulanger, « **Reliability Centered Maintenance Transmission et Distribution d'Energie** », **PTD 12/04-12 Allemand, Juillet 2004.**

Http//: www.siemens.com/ppt/juillet 2004.

GLOSSAIRE

Autocommutateur

Équipement de télé conduite capable d'établir des connexions temporaires entre des lignes entrantes et sortantes pour acheminer des communications. Soit commutateur public appartenant à un opérateur, soit commutateur d'entreprise ou commutateur privé (en anglais PBX : Private Branch eXchange ou PABX : Private Automatic Branch eXchange).

BA : Boite d'Accord

Équipement de télé conduite permet l'adaptation de l'impédance entre l'équipement CPL et la ligne d'énergie et aussi la protection de la CPL contre la foudre et les fuites du condensateur de couplage.

CPL : Courant porteur sur ligne d'énergie

Équipement terminal à courant porteur pour la transmission analogique à haute fréquence et simultanée de parole et de données sur des lignes à haute tension.

Départ :

Ensemble des appareils et des connexions reliant électriquement une ligne, un câble, un transformateur aux jeux de barres.

Disjoncteur :

Le disjoncteur est un appareil capable de couper le courant en cas de nécessité (courts-circuits, arrêt ou mise hors tension des installations...). dont l'ouverture n'est pas considérée comme un appareil à coupure visible.

Dispatching :

Organisme technique qui a pour fonction de gérer l'ensemble d'un système électrique, de programmer et de coordonner la mise en œuvre des moyens de production, de transport, et de distribution de l'électricité dans les meilleures conditions de sécurité, d'économie, de qualité et de continuité de service.

Fournisseur :

Acteur qui alimente au moins un consommateur final en énergie produite par lui-même ou achetée sur le marché.

Installation électrique :

On appelle installation électrique l'ensemble des matériels qui transforment et distribuent au moyens de canalisation fixe de l'énergie électrique d'une façon globale et permanente au divers équipements qui l'utilisent localement.

Interconnexion :

Mise en relation physique de réseaux électriques entre eux, pour des échanges d'énergie ; par extension sont ainsi appelées les lignes électriques assurant cette liaison.

Interrupteur :

Appareil de sectionnement ayant un pouvoir de coupure réduit. Suivant sa conception, il peut être ou non considéré comme un appareil à coupure visible.

Pertes :

Déperdition physique d'électricité dans les lignes de transport par effet Joules.

Postes de transformation :

Le long des lignes, le courant est guidé, réparti, transformé en cascade dans des sortes d'échangeurs, les postes, avant d'être livré en quantité adaptée aux différents consommateurs.

Les postes de transformation sont des installations électriques situées sur un réseau, où le courant n'a pas la même tension quand il entre dans le poste et quand il en sort. Un poste 225 kV / 90 kV signifie, par exemple, que du courant 225 000 volts alimente le poste et qu'il en sort du courant à 90 000 volts. Véritables nœuds du réseau électrique, les postes de transformation sont des lieux clos, qui peuvent s'étendre sur plusieurs hectares. Chaque poste est commandé à partir d'un pupitre centralisé local ou à distance, ce qui permet une intervention rapide en cas d'incident.

Poste source :

Il abaisse la haute tension à la tension du réseau de distribution (20 000 volts). Ce sont les interfaces indispensables entre les réseaux de transport et de distribution.

Reporting :

Ensemble des documents permettant d'informer la hiérarchie de la situation et des résultats d'une entité. Actions permanente ou périodique fondée sur ces documents.

Réseau :

Ensemble d'ouvrages et de matériels destinés à produire, transporter et distribuer de l'énergie électrique.

Réseaux interconnectés :

Ensemble de réseaux établissant les liaisons électriques entre les moyens de production et les distribution, dont la conduite est assurée par le dispatching.

Sectionneur :

Appareil de sectionnement sans pouvoir de coupure en charge. Il permet de réaliser une coupure visible. (Il est interdit de manoeuvrer un sectionneur en charge).

Transformateur :

C'est un appareil destiné à modifier la tension électrique. Il peut l'élever à la sortie des centrales pour rendre l'électricité transportable sur de longues distances. Et il peut abaisser la tension par échelons successifs jusqu'aux niveaux de tension adaptés aux besoins des utilisateurs.

Travaux sous-tension : un travail de spécialistes :

Les contraintes d'exploitation du réseau électrique impliquent parfois d'intervenir sur des ouvrages sous tension, donc sans couper le courant. Cette technique très particulière permet de maintenir ou de réparer un ouvrage tout en laissant disponible le réseau. Les opérateurs de travaux sous tension (TST) possèdent une qualification spéciale et travaillent selon des méthodes convenues qui ne souffrent pas d'improvisation. Les TST sont d'ailleurs une spécialité française.

Travée :

Ensemble de sectionneur, disjoncteur, transformateur de puissance et transformateur de courant en distingue travée ligne et travée poste.

Liste des annexes :

- ANNEXE 1 : Tableaux des éléments redondants.**
- ANNEXE 2 : Etat technique de l'équipement.**
- ANNEXE 3 : Dictionnaire d'anomalie pour une ligne.**
- ANNEXE 4 : AMDEC ligne.**
- ANNEXE 5 : Exemple d'une fiche AMDEC poste(pour l'équipement transformateur).**
- ANNEXE 6 : Plan de maintenance d'une ligne.**
- ANNEXE 7 : Les étapes d'un projet pilote.**
- ANNEXE 8 : Fiche historique proposée.**
- ANNEXE 9 : Ordre de travail.**
- ANNEXE 10 : Compte rendu d'intervention.**
- ANNEXE 11 : Fiche d'évaluation du coût direct d'intervention.**
- ANNEXE 12 : Demande de consignation.**
- ANNEXE 13 :.Processus transmission BI.**
- ANNEXE 14 : Destination de chef de travaux.**
- ANNEXE 15 : Répartition des fonctions et des responsabilités.**
- ANNEXE 16 : Fiche d'intervention**
- ANNEXE 17 : Le reporting de projet de maintenance ligne**

	Disjoncteur THT Disjoncteur HT Sect. Barre SB1 Transf. Courant Transf. Tension Sect. D'isolement Sect. N.tre THT/HT Resist. Neutre RDN B.point neutre BPN Parafoudre	Sect. Br SB2	Protection Max THT Protection Max. HT Protection Max. MT P. Surcharge therm. P. différentielle TR. P. Bucholz P. Temp. Huile P. Temp. Enroulem. P. refus disj. THT P. refus disj. HT			
Travée couplage	Disjoncteur Sect. Br SB1	Sect. Br SB2	Protect. Refus disj.		Transducteur de mesure (UF)	

Poste	Auxiliaires TSA		Protection barre Redresseur 1 Batterie 1 Consignateur état Synoptique PCG	Redresseur 2 Batterie 2	Atelier d'énergie Autocommutateur Poste asservi PA Poste commandeur SDH FH Système de renvoi		
--------------	------------------------	--	--	--	---	--	--

ANNEXE 2 : Etat technique de l'équipement

Les résultats des outils de diagnostic (analyseur disjoncteur, SF6, monitoring, Critère)	Appréciation		Pondération	Résultat
	Etat	point		
Age	< 20 ans	1		
	20-25	2		
	26-30	3		
	31-35	4		
	36-40	5		
	> 40	6		
Expériences acquises avec ce type	Bonne	1		
	Moins bonne	2		
	Mauvaise	3		
Capacité de déclenchement maximale	< 80 %	1		
	80-90 %	2		
	91-99 %	3		
Nombre de manœuvre	Bas	1		
	Moyen	2		
	Elevé	3		
Nombre de déclenchement de court-circuit	Bas	1		
	Moyen	2		
	Elevé	3		
Type de disjoncteur	SF 6	1		
	FVH	2		
	Air comprimé	3		
Niveau de pollution	Faible	1		
	Moyen	2		
	Fort	3		
	Très fort	4		

ANNEXE 3 : Dictionnaire d'anomalie

Equipement	Composant	Anomalie	G	Cause	P	C	PDR
		Fusion	4	Electrique (Amorçage)	2	8	
		Usure	3	Viellissement	2	6	
				Balancement	2	6	
Pièces de chaînes	Etrier/Manille	Corrosion	1	Agents externe	2	2	Non
	Palier de fixation	Fusion	4	Electrique (Amorçage)	2	8	
		Usure	3	Fatigue	1	3	
	Chape tourillon	Fusion	4	Electrique (Amorçage)	2	8	
		Usure	3	Fatigue	1	3	
	Œillet	Fusion	4	Electrique (Amorçage)	1	4	
		Usure	3	Fatigue	1	3	
	Charnière	Usure	3	Fatigue	1	4	
	Ball-Socket	Usure	3	Fatigue	1	4	
	Palonnier	Usure	3	Fatigue	1	4	
	Connecteur (D,CT)	Usure	3	Fatigue	1	4	
	Rallonge	Usure	3	Fatigue	1	4	
Tendeur	Usure	3	Fatigue	1	4		
Isolateurs	Capot et tige	Fusion	4	Electrique (Amorçage)	2	8	Oui
		Corrosion	3	Vétuste	2	6	
	Isolant	Casse (Verre)	3	Vandalisme	1	3	
			4	Electrique	1	4	
		Perforation (Porcelaine)	1	Electrique	1	1	
1	Vétuste		1	1			

ANNEXE 4 :AMDEC ligne

Equipement : Ligne 220 kV EHASI – AOULM													
Ensemble	Sous-ensemble1	Composant	Desig.	Effet	Cause	Note GR	Note PR	Note CR	Actions Préventives	Mesures Conditionnel	Actions Corrective	Observ.	
Fondation	Massif enterré	Béton										Non apparent	
		Embase											
		Armement											
	Sur massif	Béton		Fissures Casse	Mauvais dosage	1	3	3	VAS	Contrôle lors de l'installation	Réfection		
MALT		câble										Non apparent	
		bloc											
pylône	Cornière	Membrure		RAS	-	1	1	1	VAS				
		Croisillon		RAS	-	1	1	1	VAS				
		Boulon		Manque	Vandalisme cisaillement		4	4	16	VAS	Sensibilisation	Rempl.	PDR Nb :
		Gousset Eclisse Joint		RAS		4	1	4	VAS				
		Plaq. ident		Manque	Vandalisme		1	4	4	VAS	Sensibilisation	Rempl. En acier	A vérifier
		Plaq. signal		Manque	Vandalisme		1	4	4	VAS	Sensibilisation	Rempl. En acier	(*)
		Plaq. hélico		manque	Non installée		1	4	4	VAS	Contrôle lors de la réception	Installation	(*)
Accessoires de chaînes conducteur	Pièces d'accrochage à la charpente	Etrier		RAS	-	4	1	4	VAS + VET				
		Chape		RAS		4	1	4	VAS + VET				
		Œillet		RAS	-	4	1	4	VAS + VET				
		Ball-socket		RAS		4	1	4	VAS + VET			A vérifier	
		Palonnier		RAS	-	4	1	4	VAS + VET				

		Connecteur droit		RAS	-	4	1	4	VAS + VET			
		Connecteur chantourné		RAS	-	4	1	4	VAS + VET			
		Tendeur		RAS	-	4	1	4	VAS + VET			Coté poste
	Pièces de protection électrique	Comes		Usure	Amorçage	2	3	6	VAS + VET			Supres. Corne supérieur
	Isolateurs	Verre trempé		Amorçage	Pollution	2	2	4				LST (1Fois/2an)
		Capot et tige										Inexistant
Accessoires conducteurs	Pièces de câble	bloc		RAS	-	3	1	3	VAS			
		Pince		RAS	-	3	1	3	VAS + VET			
		Manchon de jonction		RAS	-	3	1	3			Thermovision	
		Manchon d'ancrage		RAS	-	3	1	3			Thermovision	
Accessoires C.D.G	Classique	Manille		RAS	-	2	1	2	VAS + VET			
		Maillon ovale		RAS	-	2	1	2	VAS + VET			
		Bloc bifilaire										
		Manchon		RAS	-	2	1	2	VAS + VET			
		Pince		RAS	-	2	1	2	VAS + VET			
Conducteur ET C.D.G		Brins		RAS	-	2	1	2	VAS			
		Graisse		RAS	-	1	1	1	VAS			

ANNEXE N :5
Exemple d'une Fiche AMDEC poste :(pour l'équipement TRANSFORMATEUR)

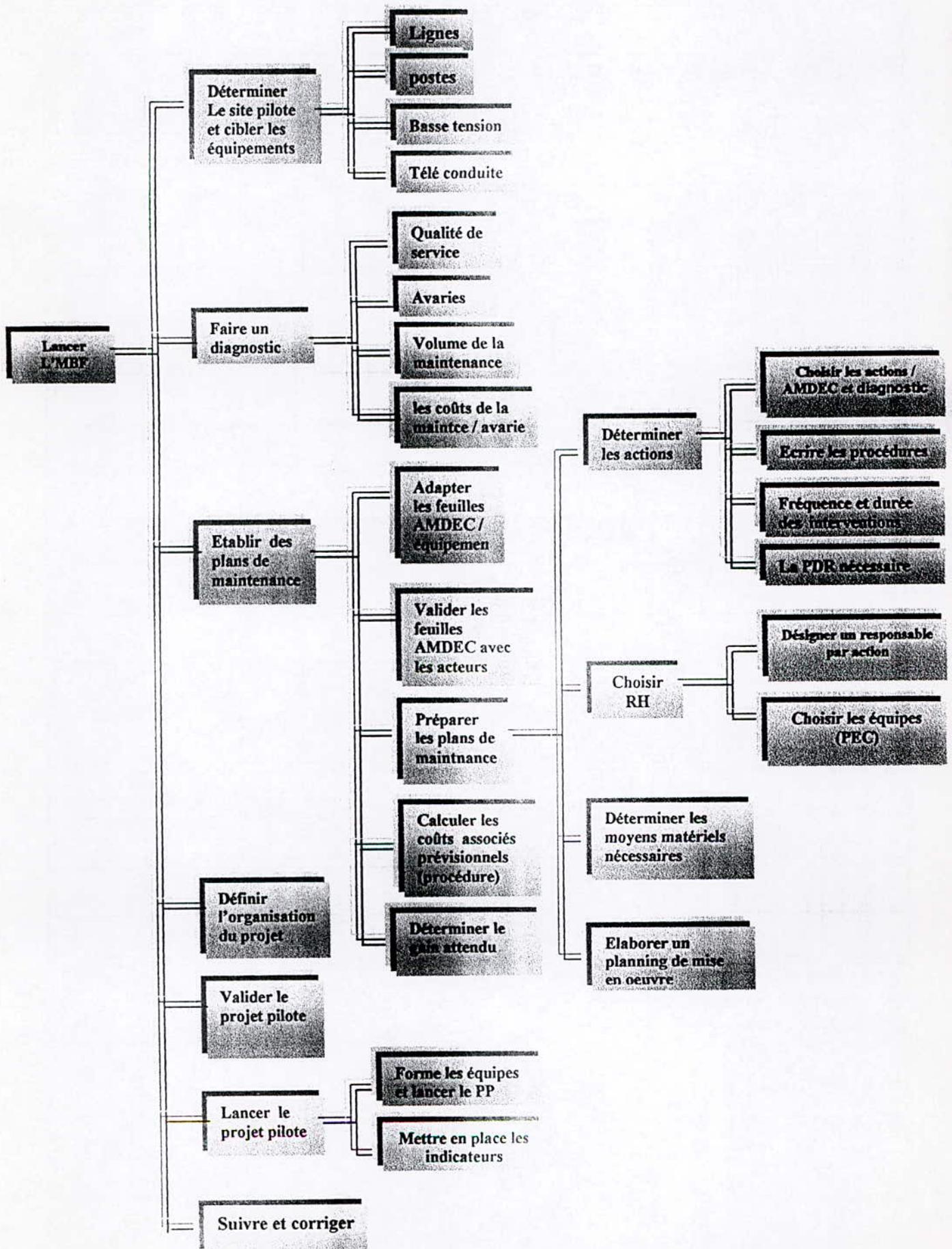
AMDEC												
Equipement : Transformateur											Date :	
Préparateur :											Fiche N° :	
Ensemble	Sous-ensemble1	Sous-ensemble2	Composant	Effet	Cause	GR	PR	CR	Actions systématique	Mesures Conditionnels	Actions d'amélioration	PDR
Conservateur	Tuyauterie			Fissure	Corrosion	2	1	2		Peinture anti-corrosion		
	Clapet anti-retour		Joints	Rupture de joint	Vieillessement.	4	2	8	Remplacement de joints			
			Clapet	Fuite d'huile	Dysfonct.	4	1	4		Remplacement		
	Indicateur de niveau		Verrine	Casse	Serrage excessif	1	1	1		Remplacement de verrine		
			Joints	Rupture de joint	Vieillessement.	2	2	4	Remplacement de joints			
			Flotteur	Fissure	Vieillessement.	2	1	2		Remplacement du flotteur		
	Assecheurs d'air		Silicagel	Périmé	Humidité	1	4	4		Remplacement ou régénération du silicagel		
	Vannes		Joints	Rupture de joint	Vieillessement.	2	2	4	Remplacement de joints			
Ballon ou poche caoutchouc			Déchirure	Erreur de la maintenance	1	2	2		Remplacement du ballon		S'il existe	
Radiateurs	Tuyauterie			Fissure ou rouille	Corrosion	2	1	2		Peinture anti-corrosion	Soudure	
	Vannes		Joints	Rupture de joint	Vieillessement.	4	2	8	Remplacement de joints			
	Elements du radiateur			Fissure	Corrosion ou contrainte mécanique	1	3	3	Peinture anti-corrosion		Soudure	

Aero- réfrigérant	Ventilateurs	Moteur	Bobinage	Augm. Temp. huile	Bobinage endommagé	2	4	8			Réparation du moteur	
			Roulement à bille	Vib. Echauf. Du moteur	Usure des roulements augm. Temp. Huile TR	2	4	8				
			Helice du moteur	Echauf. Du moteur	Cassée	1	1	1			Remplacement	
		Helice		Ventil. En panne, alarme temp. TR	Contrainte mécanique	1	2	2			Remplacement	
		Point de fixation aux radiateurs	Boulons	Risque de chute du ventil.	Vibration	1	2	2	vérification	Remplacement boulons		
		Joints isolants		Déclenche. Masse cuve	Usure des joints				vérification	Remplacement de joints		
	Boite à borne		Bornier	Coupure aliment. Du groupe aéros.	Mauvaise étanchéité ou mauvais serrage	1	1	1		Remplacement de joints		
	Ensemble thermo-métrique.	Thermostats		Alarme température. TR	Non démarrage Automatique Des groupes aéros	2	3	6	Vérification et entretien		Remplacement de l'appareil	
		Sonde		Température erronée	Usure	2	3	6	étalonnage		Remplacement de l'appareil	
			contacteurs		On démarrage automatique des groupes aéros	Augmentation Température d'huile TR	2	3	6	Vérification		Remplacement de l'appareil

ANNEXE N 6 : Plan de maintenance d'une ligne

Cause	Tronçon concer.	Type maint.		Action Maintenance	Proced. Ref.	Freq. /An	Periode	Moyens		Delai jour	Moyens		PDR			Cout (kDA)	Obs.				
		Syst.	Cond.					Humain			Hum.	Mat.	Type	Code	Qua.			Direct			
Vol-Vand.	31-25-127-128-130			Rempl. + Soudure		1 fois						1VLG									
	202-203-205-190			(Boulons-Corniere			Sept.			15	1 eq/5 ag	1 camion			10	194,8					
	167			Plaque Ident.)																	
	P. Identifications			Moyen propre			Sept.		1 eq/2ag						252	252	Comd.				
Manque	Toute la ligne	x		Inst. Plaque helico.		1 fois	4 eme trim.		10	1 eq/6 ag	1 VLTT	1 camion			51	146,71					
				51 plaques (5pyl/J)																	
Vand. (casse Isol.) (Week End)	102-187-236D		x	Inst. Chaines comp.	MO02	1 fois	Aout	1 eq/	2	2 eq/8ag	2 camions	fbx1à57			18	346,47	Transfert				
	31			sur alignements	MO03			1 eq/	WK		2	4 eq/8 ag						4 camions	U120AS	576	594
	153D-249D 151D			Inst. Isol. anti-poll. sur ancrages				1 eq/ 2 ag	WK		5	5 VL									
P. chaud (*)	Toute la ligne 93 km		x	Thermovision (5 km/J)		1 fois	Aout	1 eq/ 1 eq/	20	1 eq/2 ag	1 VLTT Camera				109,09						
Foudre	Tous les pylones (252 pylones) 2 mesures/sup.	x		Mesure de terre Inst. Parafoudre (Travées) (7 pyl/J)	MO16	1 f/5 an 1 fois	Ete		36	1 eq/2 ag	1 VLTT Ap. mesure terre				214,38		Veh. Inexis.				
Pollution	1-124	x		Lavage sous tension	MO15	1 f/2an	Ete	1 eq/	30	1 eq/6 ag	2 camions					768	3 pyl. Lavés				
	175-252					1 f/an		1 eq/	19	1 eq/6 ag	2 VL							12 pyl. Lavés			
S/isolement	Tous les pylones d'alignem.(190 p)			Renf. D'isolement	MO03	1 fois	Sept.-	1 eq/	8	5 eq/6 ag	5 camions	U 120			1200	2245,54	Possib. renf. Equipes				
				Ajout de 2 Isolateurs			Oct.	1 eq/	WK		5							5 VL			
Vent	Declenchement (171-190)			Verif. Conformité par echantillon		1 fois	Oct.	1 eq/ 1 eq/		1 eq/2 ag	1 VL 1 theod.				170		Apres etude				
Cigognes	102AD-103AS		x	Installation DAC et	(*)	1 fois	Aout ou		2	1 eq/6 ag	1VLTT	Ballées			23,84						
	106AS			denlchage			Sept				1 camion										
Zone boisée	82 hectares (300m)	x		Tranchée parfeu	(*)	1f/5an	4emetri.		90						5740		55 port.				
Inaccessibi- lité pylones	122 au 129 42 au 50			Ouverture pistes d'accés et sentier		1 fois	4eme tri.								1700		32 port. (*1)				
Cout global (kDA)														12504,83							

ANNEXE 7 : Les étapes d'un projet pilote



SONELGAZ S.P.A.

Date : / /

ORDRE DE TRAVAIL

Service Maintenance
Subdivision Méthodes

O.T. N° :

Base d'intervention :

Chef travaux : Habilitation :

Nature de l'intervention	Systematique	Conditionnel	Curatif	Autre
--------------------------	---------------------	--------------	---------	-------

Ouvrage :	Travée :
Liaison :	Marque :
Commande :	Equipement :
Coupure :	
Prévu du : / /	Délai de restitution : h

Nom des Agents	Cat.	Hab.	TRAVAUX A REALISER
2-			
3-			
4-			
5-			
6-			
7-			
8-			

Date et durée des travaux
 Début : / / de Fin : / / à Durée réelle : h

Moyens à utiliser

Réservé à l'intervenant	Nombre		Catégorie intervenant		
			Cadre		
			Maîtrise		
Observations :			Exécutant		
	Quantité	Moyens roulants (km en allée-retour)	Type (VS , LOC)	Nombre (Jour)	

Réservé à la Subdivision méthodes	Quantité	Pièces de rechange	Quantité	Matériels Consommables
Observations :	Quantité	Outillage ordinaire	Quantité	Outillage spécifique

Visa Chef Service	Visa SDM	Visa SDM Base	Visa Chef travaux
-------------------	----------	---------------	-------------------

Rapport transmis en date du :

Par M^r :

à M^r :

FI-CRI-000

SONELGAZ – S.P.A.

Date : / /

COMPTE RENDU D'INTERVENTION

Service Maintenance Poste

SUBDIVISION METHODES

N° OT :

Base d'intervention :

Nature de l'intervention	Systematique	Conditionnel	Curatif	Autre
--------------------------	--------------	--------------	---------	-------

Poste : Travée : Imputation : 9.....
 Ouvrage : Marque :
 Commande : Coupure :

DATE ET DUREE DES TRAVAUX

Début : / / du Fin : / / à Durée réelle : h

Nom des Agents	Cat.	Hab.	TRAVAUX EFFECTUES
1-
2-
3-
4-
5-
6-
7-
8-

OBSERVATIONS : (Préciser toutes anomalies ou travaux effectués en plus)

.....

PERSONNEL INTERVENANT

Cadre : Nbre repas : Nbre nuitée :
 Maîtrise : Nbre repas : Nbre nuitée :
 Exécution : Nbre repas : Nbre nuitée :

DUREE DES TRAVAUX EFFECTUES

Début travaux : h
 Fin travaux : h
 Trajet s et attentes : h
 Temps total de la mission :h

VEHICULE DE SERVICE

Kilométrage début : km
 Kilométrage fin : km
 Immobilisation : jours

VEHICULE DE LOCATION

Kilométrage début : km
 Kilométrage fin : km
 Immobilisation : jours
 Facture : (DA)

Visa Chef SERVICE	Visa SDM	Visa SDM Base	Visa Chef TRAVAUX
-------------------	----------	---------------	-------------------

Compte rendu transmis en date du : Par M^r : à M^r :

ANNEXE12 : DEMANDE DE CONSIGNATION

EPIC- SONELGAZ

Date :

DEMANDE DE CONSIGNATION N°

(Réf. : NOTE N° 131 DG du 13/03/1996 ou nouveau CDP)

OBJET :

SERVICE DEMANDEUR :

ETABLIE PAR M

FONCTION :

En aucun cas cette demande ne peut tenir lieu d'attestation de consignation

OUVRAGES CONCERNEES :

1^{er} INSTALLATION A TRANSFERER :

.....

Début :

Fin :

Délai :

Délai Restitution :

2^{ème} INSTALLATION A TRANSFERER :

.....

Début :

Fin :

Délai :

Délai Restitution :

MOTIF DE LA CONSIGNATION :

.....
.....
.....

Chef de travaux :

Titre d'habilitation :

Validité :

Domaine d'application :

Visa Du Responsable :

Indications éventuelles concernant les manœuvres et condamnations à effectuer par le chef de consignation à sa diligence et sous sa responsabilité :

.....
.....
.....

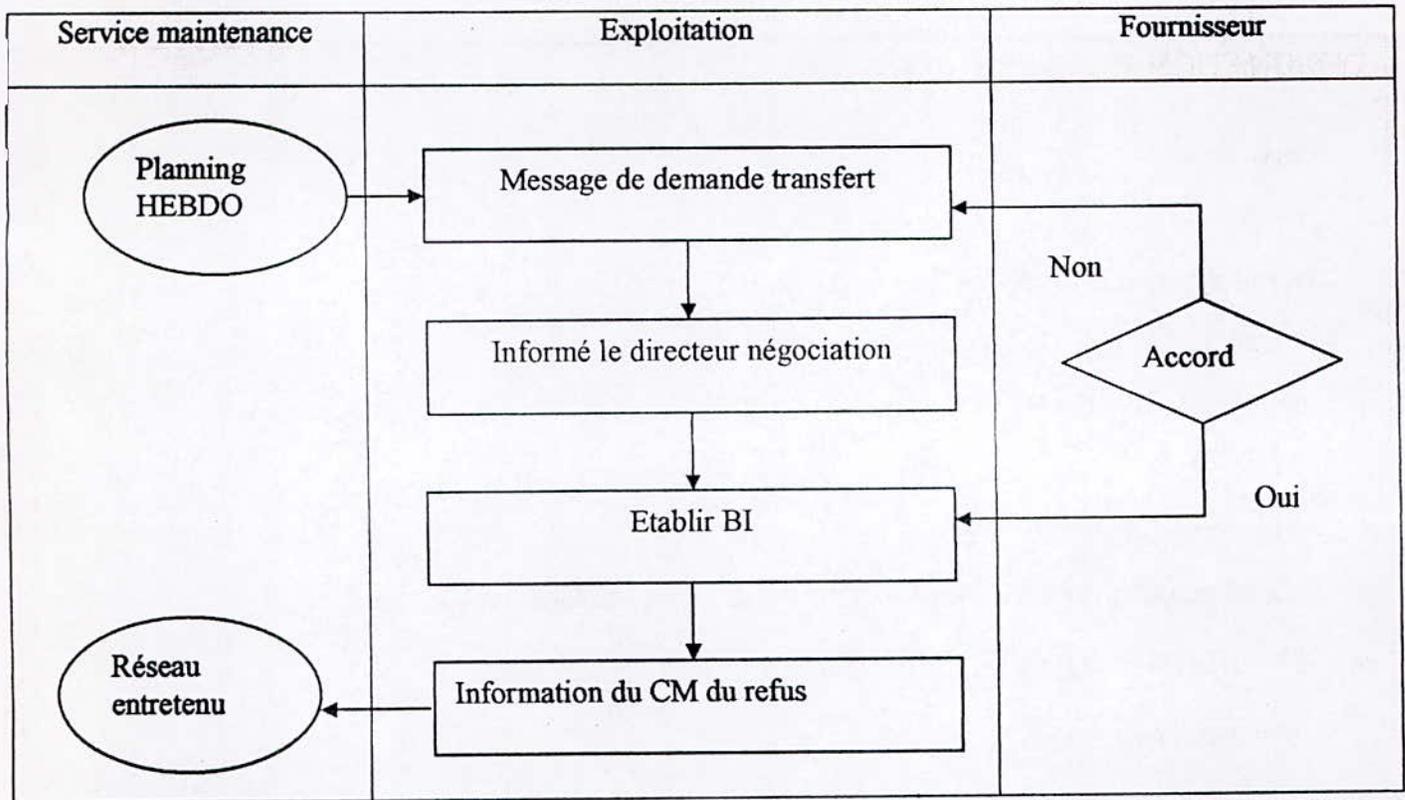
Indications éventuelles concernant les travaux :

.....
.....

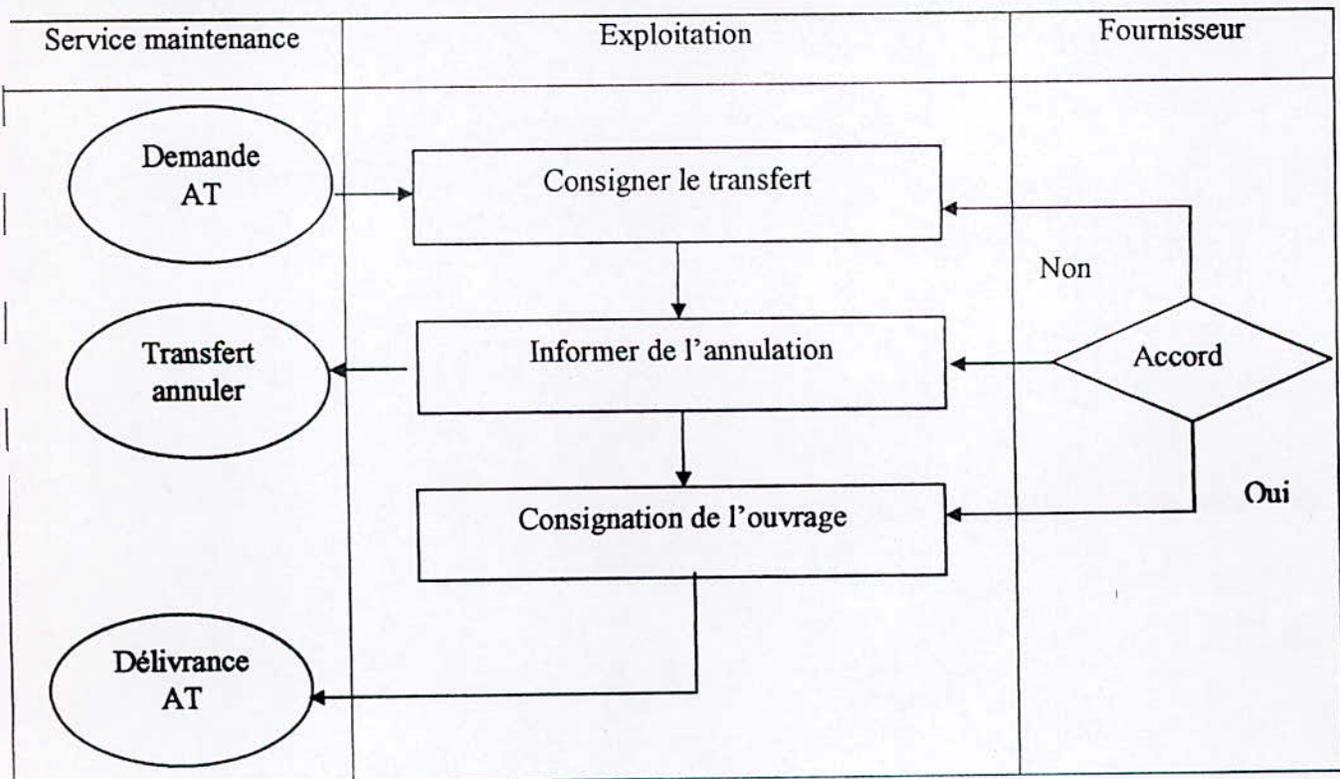
Chef de consignation désigné :

LE CHEF D'EXPLOITATION

ANNEXE 13 : Processus Transmission BI



Processus délivrance AT



ANNEXE14 : DESIGNATION DE CHEF DE TRAVAUX

DESIGNATION DE CHEF DE TRAVAUX

MONSIEUR :

FONCTION :

TITRE D'HABILITATION :

VALIDITE : DU AU

DOMAINE D'APPLICATION :

SERVICE :

OUVRAGE CONCERNE :

Est désigné chef de TRAVAUX sur les installations suivantes :

1^{er} INSTALLATION :

2^{eme} INSTALLATION :

MOTIF DE LA CONSIGNATION :

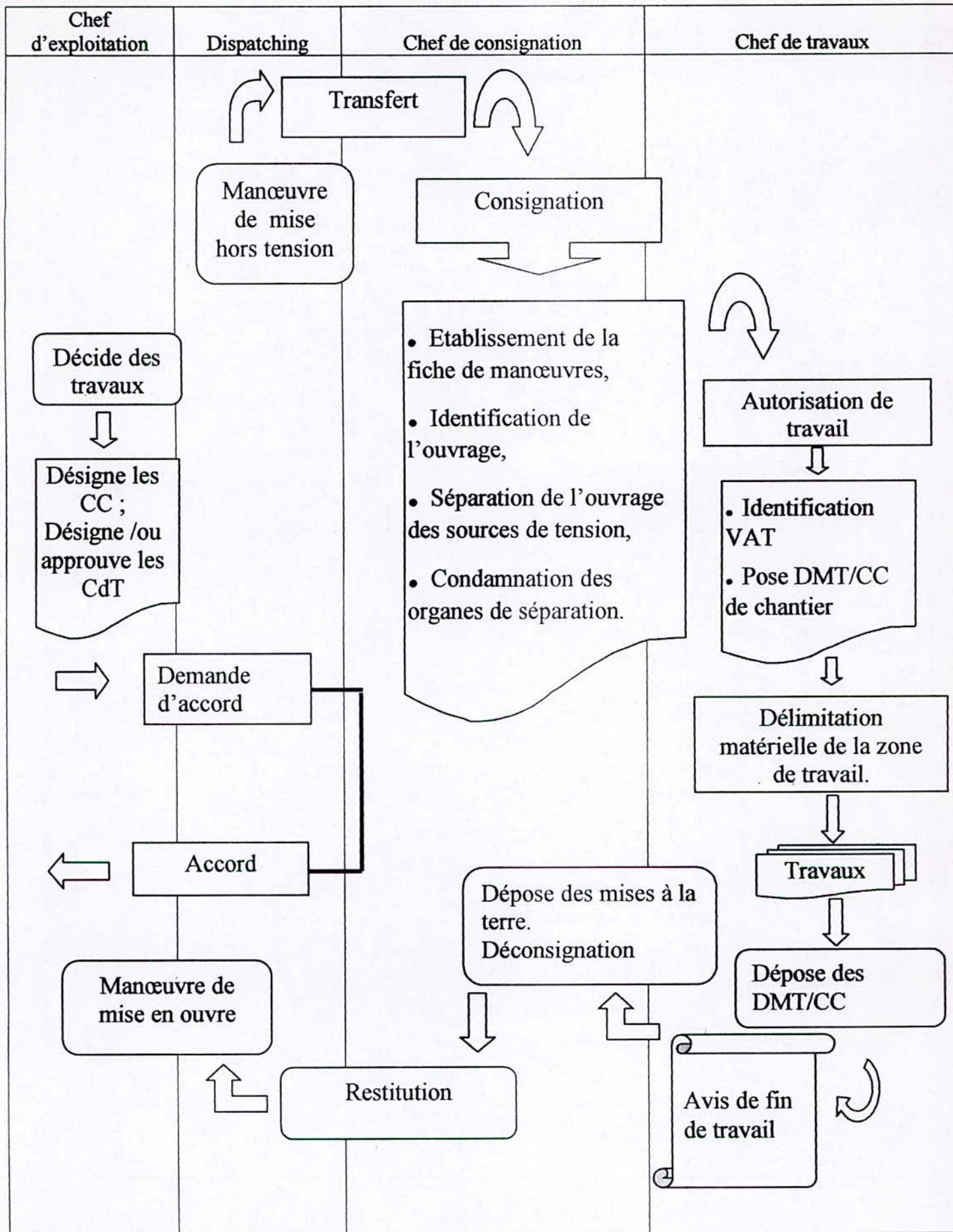
.....
.....
.....
.....

VISA DU RESPONSABLE :

VISA DU CHEF D'EXPLOITATION :

ETABLI LE :

ANNEXE 15 : Répartition des fonctions et des responsabilités.



ANNEXE 17 : Le reporting de projet maintenance ligne

Ligne 220 kV Ehasi - Jijep													
Actions	Unité	Obj.	Cumul	Taux	Delai P.	Delai R.	Taux	Cout P.	Cout R.	Taux	Moyens humain		Evaluation
					(jour)	(jour)		(kDA)	(kDA)		Prevus	Utilisé	
Lavage sous tension	Pyl.	129	120	93%	30	22	73%	768,00	697,13	91%	1eq/6ag	1eq/6ag	Respect de la proced.
Mesure de prise de terre	Pyl.	252	104	41%	36	10	28%	214,38	121,49	57%	1eq/2ag	1eq/2ag	Respect de la proced.
Inspection thermographique	km	94	47	50%	20	5	25%	109,09	26,81	25%	1eq/2ag	1eq/2ag	
Remplacement iso. cassés	Pyl.	6	13	217%	4	6	150%	594,00	131,98	22%	2eq/8ag	2eq/6ag	Eq. de 6 agents, depassement delai Sous-estimation de l'action
Rempl. Iso. Composite	Pyl.	3		0%	2		0%	346,47		0%	2eq/8ag		
Amenagement pistes acces								1700,00		0%			Operation GE
Renforcement isolement	Pyl.	190			16			2245,54		0%	5eq/6ag		
Installation des DAC	Pyl.	3	6	200%	2	2	100%	23,84	55,57	233%	1eq/6ag	1eq/4ag	Eq. de 4 agents, depassement Cout
Trancheé parfeu					90		0%	5740,00		0%			Operation GE
Installation plaque helicopt.	Pyl.	50		0%	10		0%	146,71		0%	1eq/5ag		
Rempl. + soud. Cornieres	Pyl.	10		0%	15		0%	446,80		0%	1eq/5ag		
Verification conformite	Port.	1	1	100%	2	2	100%	170,00	170,43	100%	2eq/12ag	2eq/12ag	