



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

Départements : **Génie Mécanique Productique et Génie Electrique**

Filière : **Génie Industriel**

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en Génie Industriel

N°d'ordre : 14 / 07

Soutenu le 22 Mars 2008

**ÉTUDE ET INFORMATISATION DE LA GESTION DE
MAINTENANCE D'UNE CENTRALE ÉLECTRIQUE
D'AVIATION**



Présenté par : RAHARISON Herivola Andry Sadi-Carnot

Directeurs de mémoire : Monsieur ANDRIANAHAHARISON Yvon

Monsieur RASATA HERY Rabeharivelos

PROMOTION GÉNIE INDUSTRIEL : 2007

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENTS GENIE ELECTRIQUE - GENIE MECANIQUE ET PRODUCTIQUE
FILIERE : GENIE INDUSTRIEL



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

D'INGENIEUR EN GENIE INDUSTRIEL

N° d'ordre : 14 / 2007

**ÉTUDE ET INFORMATISATION DE LA GESTION DE
MAINTENANCE D'UNE CENTRALE ÉLECTRIQUE
D'AVIATION**

Présenté par : RAHARISON Herivola Andry Sadi-Carnot

Devant les membres du Jury :

Président: Monsieur ANDRIAMITANJO Solofoomboahangy, Enseignant à l'ESPA

Directeurs de mémoire : Monsieur ANDRIANAHRISON Yvon, Enseignant à l'ESPA

Monsieur RASATA HERY Rabeharivelo, Chef de bureau ELB à l'ASECNA

Examinateurs : Monsieur RAVALOMANANA Olivier, Enseignant à l'ESPA

Monsieur RAKOTONDRAZOA Justin, Enseignant à l'ESPA



Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
Siège Social : 32-38 Av. Jean Jaurès DAKAR B.P. 3144 – Tél. : 23 10 40 / 23 93 30 / 23 95 70 – Fax : 23 46 54 – Téléx : 51 680 SG

Représentation auprès de la République de Madagascar
B.P. 46 IVATO – AEROPORT – ANTANANARIVO – Tél. 22.581.13 / 22 581 14 – Fax : 22 581 15 – e-mail : asecna @simicro.mg

REMERCIEMENTS

«On parvient rarement à ses fins par ses propres moyens ; il faut toujours compter sur quelqu'un d'autre »

Du diable au cœur, Marie-Claude Bussières-Tremblay.

Avant toute chose je tiens à adresser ma sincère gratitude à l'Eternel, de m'avoir donné la vie ainsi que la connaissance ; J'exprime également mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de mes études et à la réalisation de ce présent mémoire, en particulier :

- Monsieur RAMANANTSIZEHENA Pascal, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui m'a autorisé à soutenir ce mémoire.
- Monsieur ANDRIANAHAHARISON Yvon, Chef de département en Génie Electrique et aussi mon directeur de mémoire :
 - de m'avoir guidé à la concrétisation de ce travail.
 - de m'avoir procuré les précieux documents d'appui nécessaires.
 - de m'avoir encouragé et soutenu durant l'élaboration de ce mémoire.
- Monsieur RASATA HERY Rabeharivelo, Chef de bureau Electricité et Balisage à l'ASECNA qui malgré son énorme responsabilité a voulu partager ses expériences personnelles avec moi.
- Tous les membres de Jury, d'avoir accepté à juger ce mémoire.
- Tous les enseignants à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo notamment ceux de la filière Génie Industriel qui, par leur compétence, m'ont transmis leur connaissance durant ma formation.
- Tous les personnels de l'ASECNA qui m'ont gratifié d'un accueil convivial et chaleureux, qui m'ont toujours guidé durant mes trois mois de stage en me fournissant de documents et renseignements.
- Mes parents pour m'avoir apporté soutiens, tant psychologique que financier, pendant toute la durée de mes longues études.
- Toute ma famille et mes amis sans qui rien de ce que je n'ai accompli n'aurait été possible et sur qui on peut compter quelle que soit la situation. Nos années de collaboration font, et feront toujours, partie des meilleures que j'ai passé.

Mes remerciements les plus sincères à tous.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS
TABLE DES MATIERES
LISTE DES FIGURES
LISTE DES TABLEAUX
LISTE DES NOTATIONS ET SYMBOLES
LISTE DES ABREVIATIONS
INTRODUCTION

Partie I CADRE GENERAL

CHAPITRE I : Présentation de l'ASECNA.....	1
I.1 Historique.....	1
I.2 Implantations.....	1
I.3 Représentations.....	2
I.4 Missions.....	3
I.5 L'ASECNA à Madagascar.....	3
I.6 Situation actuelle.....	5
I.7 Le service IRE.....	5
CHAPITRE II : La centrale électrique et le système de distribution de l'énergie au sein de l'ASECNA.....	8
II.1 Schéma de l'installation.....	8
II.2 L'alimentation HTA.....	10
II.3 La distribution BTA.....	11
II.4 L'ASI sur le réseau.....	12
II.5 Principe de fonctionnement des groupes électrogènes.....	13
II.6 Conditions opérationnelles du groupe.....	13
CHAPITRE III : Les données techniques des éléments constitutifs de la centrale.....	15
III.1 Caractéristiques de chaque groupe.....	15
III.2 Transformateurs d'isolement basse tension.....	16
III.3 Balisage lumineux.....	17
III.4 Les différents types de feux.....	17
III.5 Evaluation des charges.....	18
III.6 Le système de commande de la centrale.....	19
CHAPITRE IV : Problématique et Nécessité de maintenance.....	23
IV.1 Problématique.....	23
IV.2 Action de la maintenance sur la performance et la défaillance.....	23
IV.3 Action de la maintenance sur la disponibilité et maintenabilité.....	23
IV.4 Bureau de maintenance Electricité et Balisage.....	23

Partie II METHODOLOGIE DE LA GESTION DE MAINTENANCE ASSISTEE PAR ORDINATEUR

CHAPITRE I : Méthodes de maintenance industrielle.....	26
I.1 Définition.....	26
I.2 Les différents types de maintenance.....	27
I.3 Paramètres de la maintenance industrielle.....	30
I.4 Etat su système.....	30

I.5 Courbe en baignoire.....	31
I.6 Fonction de répartition.....	32
CHAPITRE II : Méthodes de gestion de la maintenance.....	33
II.1 Coût de défaillance.....	33
II.2 Coût de maintenance.....	34
II.3 Evaluation du coût global engendré par la défaillance.....	35
II.4 Analyse fonctionnelle appliquée à la gestion de la maintenance.....	37
CHAPITRE III : Méthodes d'informatisation.....	39
III.1 Suivi des équipements industriels.....	39
III.2 La gestion du stock de pièces de rechange.....	42
III.3 La gestion de tâches de maintenance.....	43
III.4 Planification des interventions.....	44
III.5 La Gestion personnelle.....	44
III.6 Flux d'informations entre application.....	45
CHAPITRE IV: Méthodes de conception du logiciel.....	48
IV.1 Manipulation d'une base de données.....	48
IV.2 SGBD relationnelles Access.....	51
IV.3 Elaboration d'une application.....	52
IV.4 Application multiutilisateur.....	54

Partie III APPLICATION ET REALISATION

CHAPITRE I: Système de codification et planification de la maintenance.....	55
I.1 Système de codification.....	55
I.2 Planification de la maintenance préventive.....	59
I.3 Maintenance corrective.....	62
I.4 Maintenance conceptuelle.....	66
CHAPITRE II: Evaluation des performances et choix de décision.....	67
II.1 Evaluation des performances associées à la centrale.....	67
II.2 Type de maintenance à adopter.....	68
II.3 Echelon d'intervention et coût global de défaillance.....	69
II.4 Indicateur d'intervention.....	70
II.5 Flux d'information appliquée.....	71
II.6 Aperçu d'interface logicielle.....	72
CHAPITRE III: Description du cahier des charges.....	73
III.1 L'expression des fonctions et contraintes.....	73
III.2 Cahier des charges fonctionnel du logiciel.....	73
III.3 Diagramme fonctionnel.....	73
CHAPITRE IV: Présentation du logiciel.....	75

CONCLUSION

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

ABSTRACT

LISTE DES FIGURES

Partie I

Figure (1-1) : Carte des pays membres de l'ASECNA.....	2
Figure (1-2) : Organigramme du service infrastructure radioélectrique.....	6
Figure (2-1) : Schéma synoptique de l'installation.....	9
Figure (2-2) : Distribution HTA.....	10
Figure (2-3) : Distribution par transformateur.....	10
Figure (3-1) : Système d'excitation et régulation.....	16
Figure (3-2) : Puissance en fonction du temps.....	18
Figure (3-3) : Principe de fonctionnement du système.....	19
Figure (3-4) : Grafset.....	21
Figure (3-5) : Supervision réseau énergie.....	22
Figure (4-1) : Schéma d'approche informatique.....	25

Partie II

Figure (1-1) : Les différents types de maintenance.....	27
Figure (1-2) : Système réparable.....	31
Figure (1-3) : Système non réparable.....	31
Figure (1-4) : Courbe en Baignoire.....	31
Figure (2-1) : Marge-production et marge-maintenance.....	34
Figure (2-2) : Schéma de deux équipements redondants.....	36
Figure (2-3) : Analyse fonctionnelle appliquée à la maintenance.....	38
Figure (3-1) : Structure d'informatisation de document.....	39
Figure (3-2) : Méthode AMDEC.....	40
Figure (3-3) : Courbe de disponibilité d'une machine.....	42
Figure (3-4) : Schéma récapitulatif du suivi de maintenance.....	42
Figure (3-5) : Règles de représentation PERT.....	44
Figure (3-6) : Modèle informatique de la gestion de maintenance.....	45
Figure (3-7) : Circuit et flux d'information d'une GMAO.....	46
Figure (4-1) : Etape à la construction d'une base de données.....	48
Figure (4-2) : Conception d'un modèle de données.....	49
Figure (4-3) : Opération sur les bases de données.....	50
Figure (4-4) : Liaisons entre les objets d'une application.....	52
Figure (4-5) : Contrôle d'une application.....	53
Figure (4-6) : Evénement et réponse.....	53
Figure (4-7) : Distribution de l'application sur le réseau.....	54

Partie III

Figure (2-1) : Plan architectural de la centrale.....	67
Figure (2-2) : Chemin critique de production de la centrale.....	68
Figure (2-3) : Chemin critique de sécurité de la centrale.....	68
Figure (2-4) : Aperçu d'interface logicielle.....	72
Figure (3-1) : Diagramme fonctionnel.....	74
Figure (4-1) : Interface menu général de la GMAO.....	76
Figure (4-2) : Interface de la maintenance corrective.....	77
Figure (4-3) : Interface de la maintenance conceptuelle.....	78
Figure (4-4) : Interface de la maintenance préventive.....	79
Figure (4-5) : Interface planification de la maintenance préventive.....	80

Figure (4-6) : Interface commande matériels.....	81
Figure (4-7) : Interface personnels.....	82
Figure (4-8) : Interface consommation gasoil.....	83
Figure (4-9) : Fonctionnement groupe 1.....	84
Figure (4-10) : Fonctionnement groupe 2.....	85
Figure (4-11) : Historique.....	86
Figure (4-12) : Disponibilité.....	87
Figure (4-13) : Page d'accueil du logiciel.....	88

LISTE DES TABLEAUX

Partie I

Tableau (2-1) : Domaine de tension.....	10
Tableau (2-2) : Caractéristiques des transformateurs abaisseurs.....	11
Tableau (2-3) : Caractéristiques des transformateurs élévateurs.....	12
Tableau (2-4) : Taux global de distorsion harmonique des onduleurs à 100% de charge.....	12
Tableau (2-5) : Principe de fonctionnement des groupes avec automatismes.....	13
Tableau (2-6) : Principe de fonctionnement des groupes sans automatismes.....	13
Tableau (2-7) : Conditions opérationnelles du groupe.....	13
Tableau (3-1) : Données techniques du moteur d'entraînement.....	15
Tableau (3-2) : Caractéristiques alternateur.....	15
Tableau (3-3) : Evaluation des charges.....	18
Tableau (3-4) : Processeur de l'automate.....	20
Tableau (4-1) : Activités et tâches professionnelles.....	24

Partie II

Tableau (1-1) : Niveaux de maintenance.....	29
Tableau (1-2) : Paramètres de la maintenance.....	30
Tableau (2-1) : Formule de fiabilité et indisponibilité.....	37
Tableau (2-2) : Coût de défaillance associé à un composant.....	38
Tableau (3-1) : Indice de fréquence.....	40
Tableau (3-2) : Indice de gravité.....	41
Tableau (3-3) : Indice de non-détection.....	41
Tableau (3-4) : Informations sur les nomenclatures.....	43
Tableau (3-5) : Légende pour le flux d'information.....	46
Tableau (4-1) : Langage de création d'une base de données.....	48
Tableau (4-2) : Passage d'un schéma E/A au schéma relationnel.....	50
Tableau (4-3) : Produit de deux relations.....	51
Tableau (4-4) : Les trois principales fonctions d'un SGBDR.....	51

Partie III

Tableau (1-1) : Codification des machines.....	55
Tableau (1-2) : Codifications des sous-ensembles.....	55
Tableau (1-3) : Pièces sur le transformateur.....	56
Tableau (1-4) : Codification des pièces sur l'alternateur.....	57
Tableau (1-5) : Codification des pièces du moteur d'entraînement.....	57
Tableau (1-6) : Planification de la maintenance des transformateurs.....	59
Tableau (1-7) : Planification de la maintenance de l'ASI.....	60
Tableau (1-8) : Planification de la maintenance de l'alternateur.....	60
Tableau (1-9) : Planification de la maintenance du moteur.....	60
Tableau (1-10) : Défauts ayant une manifestation physique extérieure.....	63
Tableau (1-11) : Défauts de tension des alternateurs.....	64
Tableau (1-12) : Pannes et corrections sur le moteur.....	65
Tableau (2-1) : Indicateurs d'intervention groupe.....	71
Tableau (2-2) : Flux d'information appliqué à la centrale.....	71
Tableau (3-1) : Cahier de charge fonctionnel du logiciel.....	73

LISTE DES NOTATIONS ET SYMBOLES

Partie I

ΔP	Perte en ligne
R	Résistance
I	Courant
P	Puissance active
U	Tension entre phase
$\cos \varphi$	Facteur de puissance
ΔU	Chute de tension
Z	Impédance
S	Puissance apparente
F	Fréquence
U_p	Tension primaire
U_s	Tension secondaire
U_{cc}	Tension de court-circuit
P_v	Perte à vide
P_{ch}	Perte en charge
η	Rendement
V	Vitesse
I_{exc}	Courant d'excitation
U_{exc}	Tension d'excitation

Partie II

D	Disponibilité
N_i	Nombre d'éléments bons
n_i	Nombre d'éléments défaillants
D_o	Disponibilité opérationnelle
D_i	Disponibilité intrinsèque
$\lambda(t)$	Taux de défaillance
r	Nombre de classes
$f(t)$	Densité
$F(t)$	Fonction cumulée de défaillance
$R(t)$	Fiabilité
C_d	Coût de défaillance
q	Coût de maintenance
P	Pénalisation ou coût d'indisponibilité
I_d	Indisponibilité

Partie III

$E(t)$	Espérance mathématique
C_{dg}	Coût de défaillance global
C_{dg1}	Coût de défaillance global in situ
C_{dg2}	Coût de défaillance global en échange standard

LISTE DES ABREVIATIONS

ASECNA	Agence pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar
AEF	Afrique-Equatoriale Française
AMDEC	Analyse de mode de défaillances, de leurs effets et leur criticité
AOF	Afrique-Occidentale Française
API	Automate programmable industriel
ASI	Alimentation sans interruption
ATM	Air Traffic Management
CCP	Chemin critique de production
CCS	Chemin critique de sécurité
CNS	Communications, Navigation and Surveillance
CSCS	Chemin sous critique de production
E/A	Entité/Association
FIR	Flight information regional
GMAO	Gestion de maintenance assistée par ordinateur
MDT	Mean down time (temps d'arrêt de panne)
MTBF	Mean time between failure (moyenne des temps de bon fonctionnement)
MTTF	Mean time to failure (moyenne des temps jusqu'à panne)
MTTR	Mean time to repair (Moyenne des temps de réparation)
MUT	Mean up time (temps de bon fonctionnement moyen)
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
PAPI	Indicateur visuel de pente d'approche de précision
PERT	Program evaluation and review technic
RAM	Random Access Memory
SGBDR	Système de gestion de bases de données relationnelles
VOR	Very high frequency omnirange

INTRODUCTION

La maintenance industrielle tient une grande place dans chaque société qui utilise des équipements, installations ou machines de plus en plus sophistiqués. De nos jours, les entreprises optimisent leur maintenance par l'utilisation même d'un logiciel très coûteux. C'est ainsi qu'on a décidé de gérer la maintenance au sein de l'ASECNA en créant un logiciel plus adapté.

Pour une telle société la maintenance est inévitable afin de garder les performances, la fiabilité, la disponibilité et la maintenabilité de l'installation. La recherche des meilleures solutions, des meilleurs outils sont toujours nécessaires afin de limiter le coût d'indisponibilité.

La société ASECNA doit veiller au bon fonctionnement de ses systèmes dans le but d'assurer la sécurité de la navigation. A cet effet la fonction maintenance joue un rôle important dans les engagements et responsabilité de la société. Agir à court terme, minimiser le coût, prendre la bonne décision dans une situation donnée sont toujours la pression qui pèse sur les responsables de la maintenance.

La présence de nombreuses machines, des armoires électriques, des commandes automatiques entraînent la multiplication des incidents et des documents. L'utilisation des paperasses volumineuses et encombrantes, devient presque impraticable et inexploitable pour les responsables.

Pourtant la connaissance et la maîtrise des paramètres de la gestion de maintenance d'une part et l'informatisation des activités habituelles de la maintenance d'autre part sont envisageables. C'est la raison pour laquelle, nous avons orienté notre étude sur le thème intitulé : « **Etude et informatisation de la gestion de maintenance d'une centrale électrique d'aviation** ».

Le but de ce travail est d'améliorer la gestion de la maintenance de l'ASECNA en approfondissant certains paramètres de la maintenance industrielle et d'y installer un logiciel de GMAO.

Ce mémoire se divise donc en trois parties :

- La première partie expose le cadre général concernant l'ASECNA et la centrale
- La deuxième partie traite la méthodologie de la gestion de maintenance assistée par ordinateur
- La troisième partie nous conduit à l'application et la réalisation du logiciel

PARTIE I

CADRE GENERAL

CHAPITRE

1

PRÉSENTATION DE L'ASECNA

I.1 Historique

Le 12 décembre 1959 à Saint-Louis au Sénégal, les Chefs d'Etat et de Gouvernement des Etats autonomes issus des ex-Fédérations de l'AEF, de l'AOF et de Madagascar signent la Convention qui va donner naissance à l'ASECNA, laquelle comprend aujourd'hui [17 Etats membres africains](#) et la France et ayant son siège à Dakar.

a. Motif de la création

Eviter de morceler l'espace aérien à l'heure où les avions commençaient à aller de plus en plus vite, de plus en plus haut et de plus en plus loin. Dans le cadre d'une activité coûteuse, celle qui consiste à assurer la sécurité de la navigation aérienne, il s'agit également d'unir les moyens financiers, les capacités matérielles et humaines afin de parvenir au meilleur coût ; enfin, pour les jeunes Etats, de réaliser ensemble quelque chose de grand, d'œuvrer en commun au même but.

b. Résultat

Au fil d'une africanisation nécessaire et souhaitable du personnel, et avec la signature d'une nouvelle convention à Dakar redéfinissant la vocation de l'Agence, ses statuts et son organisation (1974), l'ASECNA s'est transformée pour s'adapter au nouveau contexte politique et économique, devenant ainsi un modèle en matière de coopération Inter-états africains et l'un des leaders du développement en Afrique des technologies de navigation par satellites et de gestion du trafic - CNS/ATM.

Aujourd'hui, à l'heure de la formation des agents aux technologies innovantes, l'esprit qui a présidé à la création de l'ASECNA en 1959 reste le même : placé sous le signe de **l'efficacité, de la solidarité africaine et de la coopération**, il ne vise qu'à l'entente cordiale avec les usagers et à leur sécurité optimale.

Forte d'une expérience profondément enracinée dans l'histoire, l'ASECNA a donc tous les atouts en main pour aborder dans les meilleures conditions l'aviation civile du XXIème siècle avec toujours une exigence constante de qualité au service de la sécurité aérienne.

I.2 Implantations

L'ASECNA a en charge un espace aérien d'une superficie de 16 100 000 km² (1,5 fois l'Europe) couverte par 6 régions d'information en vol (F.I.R) définies par



l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI).

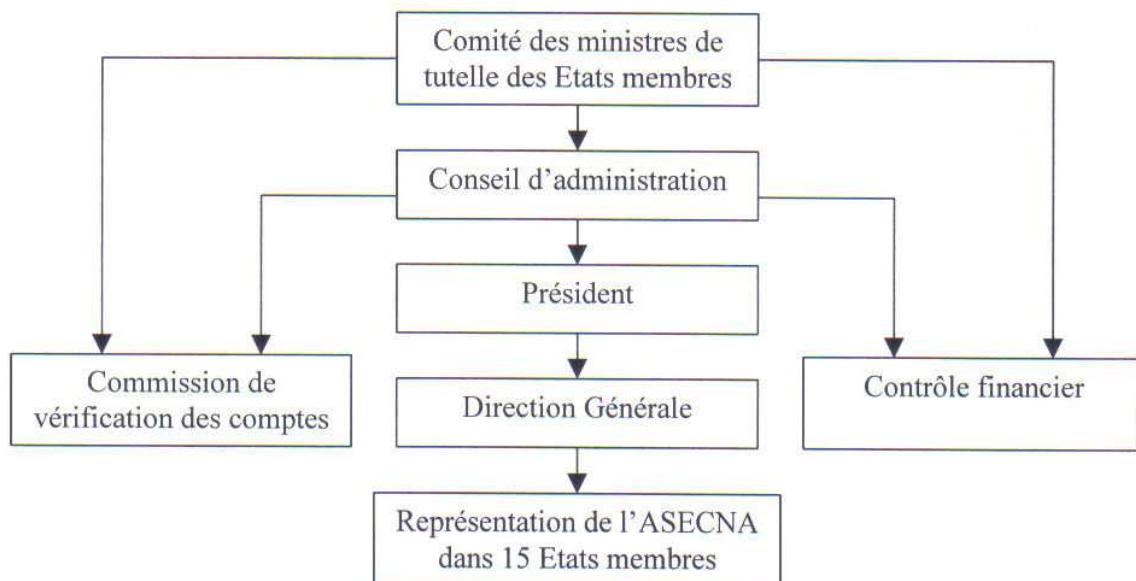


Elle supervise à ce titre :

- 10 centres de contrôle régionaux
- 57 tours de contrôle
- 25 aéroports internationaux
- 76 aéroports nationaux et régionaux

Figure (1-1) : Carte des pays membres de l'ASECNA

Organigramme de la direction générale :



I.3 Représentations

Dans chaque État membre, les missions de l'Agence sont assurées par une Représentation ayant à sa tête un Représentant nommé par le Directeur Général en accord avec le Ministre de tutelle concerné; cet agent est responsable des activités de l'Agence dans son Etat d'affectation.

Toutes les Représentations sont organisées selon un schéma identique. L'effectif des Représentations constitue 85% des effectifs totaux de l'Agence, avec 4532 agents présents en 2002. Une Représentation emploie 300 personnes en moyenne, un chiffre variant notamment selon l'importance de l'activité aérienne. En 2004, les dotations



budgétaires des 16 Représentations s'élevaient au total à 49,9 Milliards F CFA.

- | | | | |
|--|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> <u>BENIN</u> | <input type="checkbox"/> <u>CONGO</u> | <input type="checkbox"/> <u>MADAGASCAR</u> | <input type="checkbox"/> <u>TCHAD</u> |
| <input type="checkbox"/> <u>BURKINA FASO</u> | <input type="checkbox"/> <u>CÔTE D'IVOIRE</u> | <input type="checkbox"/> <u>MALI</u> | <input type="checkbox"/> <u>TOGO</u> |
| <input type="checkbox"/> <u>CAMEROUN</u> | <input type="checkbox"/> <u>GABON</u> | <input type="checkbox"/> <u>MAURITANIE</u> | |
| <input type="checkbox"/> <u>CENTRAFRIQUE</u> | <input type="checkbox"/> <u>GUINEE BISSAU</u> | <input type="checkbox"/> <u>NIGER</u> | |
| <input type="checkbox"/> <u>COMORES</u> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> <u>SENEGAL</u> | |
| <u>GUINEE EQUATORIALE</u> | | | |

I.4 Missions

Régie par la Convention de Dakar du 25 octobre 1974, l'ASECNA exerce à titre principal les activités communautaires prévues en son Article 2 et, à titre subsidiaire, gère les activités nationales au bénéfice des Etats membres pris individuellement (Articles 10 et 12) ainsi que des Etats et organismes tiers (Articles 11 et 12).

Conformément à l'article 2 de la Convention de Dakar, l'Agence est chargée de la conception, de la réalisation et de la gestion des installations et services ayant pour objet :

- la transmission des messages techniques et des trafics,
- le guidage des aéronefs,
- le contrôle de la circulation aérienne et l'information en vol,
- la prévision et la transmission des informations dans le domaine météorologique, aussi bien pour la circulation en route que pour l'approche et l'atterrissement sur les aérodromes communautaires.

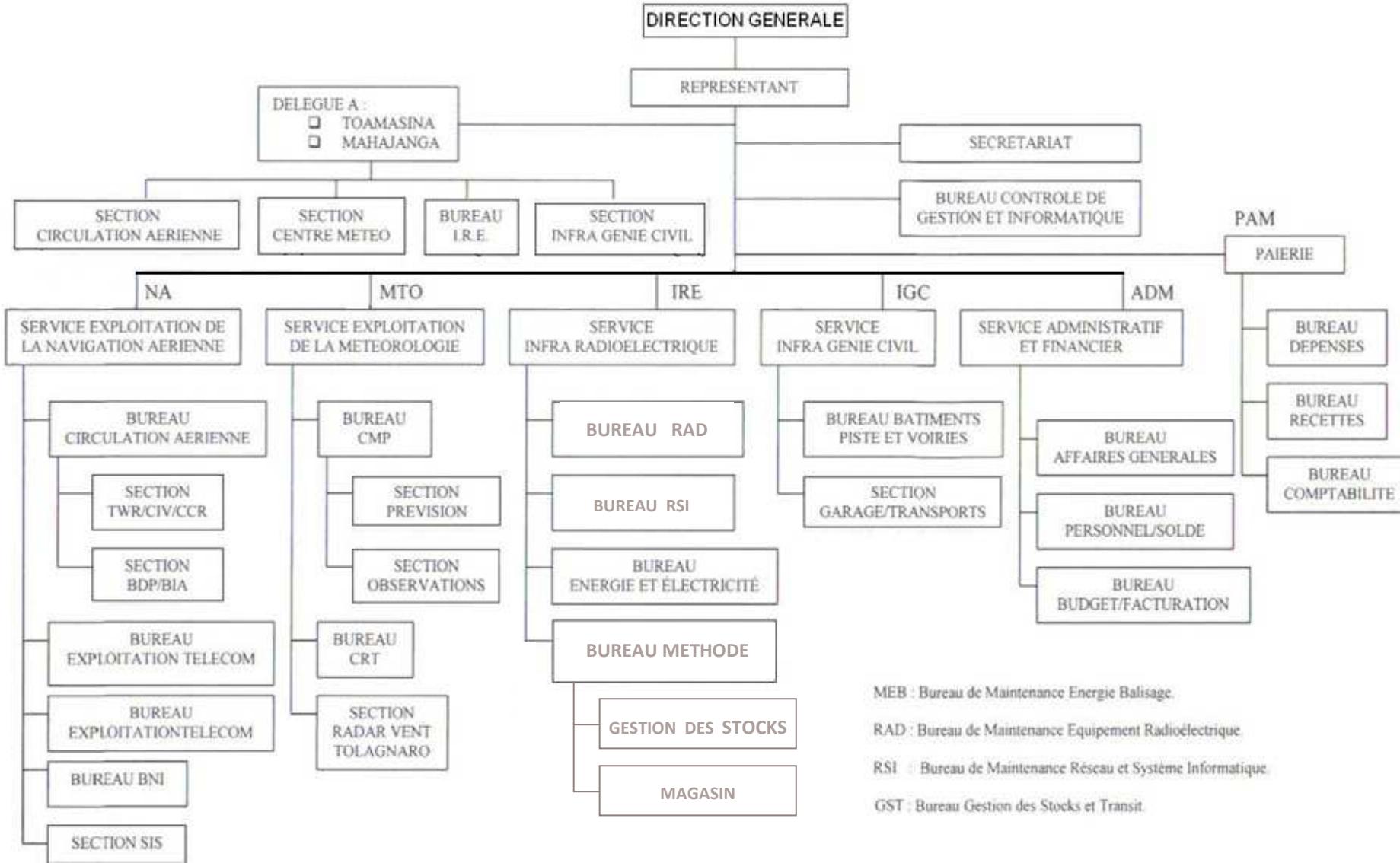
I.5 L'ASECNA à Madagascar

a. Activités et objectifs

L'activité principale de l'ASECNA consiste à assurer les services destinés à garantir la sécurité afin de satisfaire les clients et la régularité des vols des aéronefs. Dans Madagascar, la société gère totalement les aéroports : IVATO, TOAMASINA et MAHAJANGA. Les objectifs ne se diffèrent pas aux missions de l'ASECNA en général.

b Organigramme de l'ASECNA





MEB : Bureau de Maintenance Energie Balisage

RAD : Bureau de Maintenance Equipement Radioélectrique

RSI : Bureau de Maintenance Réseau et Système Informatique

GST : Bureau Gestion des Stocks et Transit.

a. Les différents services et leurs fonctions

- **Représentation** : elle assure les missions de l'ASECNA en tant qu'agence du terrain, c'est le premier responsable de l'agence à Madagascar. Elle représente l'Etat malgache à la direction Générale. Elle est aussi chargée de diriger les travaux ci-dessous :
- **Service Navigation Aérienne (NA)** : il assure la sécurité et la régularité des vols dans les espaces aériens de la représentation à gérer. L'intérieur du service comprend : le centre d'information en vol (CIV), le tour de contrôle (TWR), le bureau d'information aéronautique.
- **Service Météorologie (MTO)** : il assure les informations météorologiques (direction du vent) pour l'atterrissement et le décollage, il élabore le plan de vols chaque jour et chaque nuit.
- **Service Infrastructure du Génie Civil (IGC)** : le service est chargé de superviser et coordonner la conception, la réalisation et l'entretien de l'ensemble des infrastructures de la représentation (pistes, voiries, bâtiments et installations, réseaux, climatisations, champs d'antennes,...), la logistique de transport.
- **Service Administratif et financier (SAF)** : il gère le budget annuel de l'agence (dépenses, affaires générales d'administration, la gestion et l'administration du personnel,...), le déplacement des agents et les affaires sociales.
- **Service Paierie (PAM)** : il est chargé du paiement et la caisse de l'agence à Madagascar : la comptabilité générale, la tenue des journaux comptables avec l'édition et l'analyse justificative de tous les soldes comptables. L'encaissement et le décaissement.
- **Service de Sécurité Lutte contre l'incendie (SLI)** : il assure la sécurité de l'avion sur la plate-forme, les installations de sécurité (sauvetage, incendie,...).
- **Service Infrastructure Radio Electrique (IRE)** : il assure l'électricité, le dépannage et l'entretien de toutes les installations d'utilité aéronautique (ordinateur, tous appareils électriques,...).

I.6 Situation actuelle

a. Sur le plan technique

A Madagascar, l'ASECNA contrôle et surveille encore la circulation aérienne dans une superficie de 2000x1500 km² appelée FIR d'Antananarivo (Flight Information Régional) limitée au nord le FIR de Seychelles, au sud, à l'Est le FIR Mauritius et à l'Ouest le FIR Beira.

b. Organisation et mode de fonctionnement

Depuis la signature conventionnelle de DAKAR, l'agence est placée sous tutelle d'un comité ministériel, chargé de l'aviation civile des Etats signataires. Ce comité se réunit une fois par an en session ordinaire, il est chargé :

- De définir la politique générale de l'agence ;
- De définir sa politique tarifaire ;
- D'examiner et d'approuver ses plans d'investissement à moyens termes.



En outre l'ASECNA entretient des relations privilégiées avec les Organisations internationales telles que : l'OACI ; l'OMM (Organisation météorologique mondiale). Elle participe à des programmes tels que l'Union Internationale de Télécommunication (UIT), Programme de Recherches sur l'Atmosphère Global (GARP); membres à l'Institut de Transport Aérien (ITA) et l'aéroport Concile Internationale (ACI)...

a. Sur le plan des ressources humaines

Environ 200 employés sont au service de l'agence sise à Antananarivo dont 21 cadres.

La direction générale assistée par quatre directeurs et un agent comptable, assure la gestion en exécution des décisions prises par les deux instances statutaires (CA et CMT) cette direction nomme les directeurs, les représentants de chaque Etat, recrute tout le personnel et en est responsable de la gestion administrative.

I.7 Le service Infrastructure Radioélectrique

Etant donné que ce service est l'objet de notre sujet de mémoire il est important de détailler son organigramme et ses fonctions

➤ Organigramme

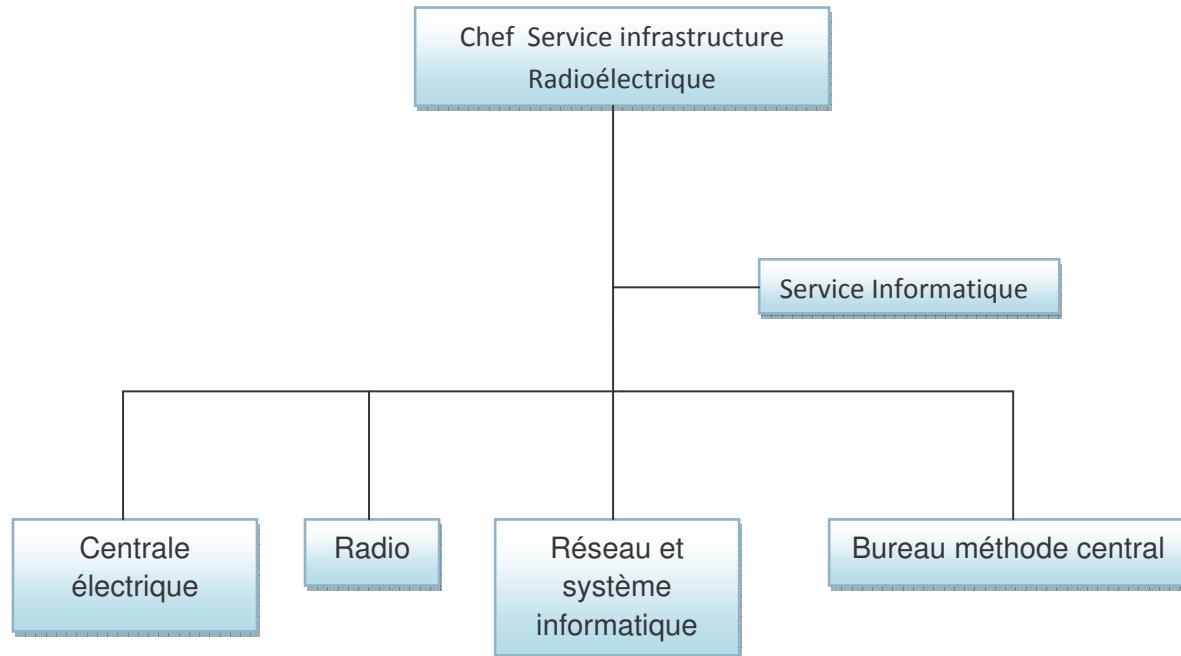


Figure (1-2) : Organigramme service infrastructure radioélectrique

Bureau des méthodes central : Sa principale activité est d'établir un planning préventif pour toutes sections maintenance, en vue de préparer et d'arranger chaque travail susceptible d'être maintenu ainsi que leur contrôle. Ce bureau assure aussi la gestion des stocks et transit.



Gestion des stocks et transit : La gestion de stocks se crée tout d'abord, par l'approvisionnement des matériels et outillages spécifiques nécessaires à l'achèvement des travaux. Ensuite ces approvisionnements se transforment en entrées qui feront l'objet de stockage. Par rapport aux besoins des sections, les matériels sont à leur tour sortis dans un but global : De satisfaire l'achèvement des travaux.

➤ Fonction : Il assure :

- La distribution électrique ;
- Le dépannage et la maintenance des installations aéronautiques ;
- Les liaisons entre les pays membres ;
- La transmission des informations météorologiques ;
- Les aides terminales sur les 24 aéroports principaux des 15 Etats africains ;
- Le contrôle des aérodromes : l'approche et le guidage du roulement des aéronefs ;
- L'aide radio visuel.

CHAPITRE 2

LA CENTRALE ÉLECTRIQUE ET LE SYSTÈME DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE AU SEIN DE L'ASECNA

L'alimentation en énergie des feux sur le bord et l'approche de la piste d'aviation est assurée par une centrale thermique située auprès de l'aéroport d'Ivato. La centrale comprend : le poste de livraison de la JIRAMA, les deux groupes électrogènes de secours, sept transformateurs d'énergie, les équipements de commande et de distribution.

II.1 Schéma de l'installation

L'installation a deux sources d'énergie : L'une est fournie par la JIRAMA sous forme MT (moyenne tension) 35kV et l'autre fournie par l'ASECNA sous forme BT (basse tension) 400V. Les transformateurs TR01 et TR02 abaissent la tension 35kV en 410V. La sélection du transformateur en marche se fait à l'aide du verrouillage mécanique. Les transformateurs TR03 et TR04 élèvent la tension 400V en 5,5kV et ce dernier est abaissé en 400V par les transformateurs TR11, TR21 et TR31 pour passer à l'utilisation finale. La couleur bleue sur la figure (2-1) représente la moyenne tension 35kV et le rouge correspond également à la moyenne tension plus basse 5,5kV. La couleur noire représente la basse tension non secourue en régime isolé par rapport à la terre et le vert correspond aussi à la basse tension mais secouru par les groupes électrogènes. Les feux de bord du piste se branchent sur les postes P1, P2 et P3 de la même figure.

Perte en ligne et chute de tension : On sait que

$$\Delta P = 3RI^2 = \frac{RP}{U^2 \cos^2 \varphi} \quad (2-1)$$

$$\Delta U = 3ZI = \frac{\sqrt{3}ZP}{U \cos \varphi} \quad (2-2)$$

Ces deux valeurs sont réduites par la mise en place de batterie de condensateurs 3×10KVAR sur la distribution non secourue et l'élévation de tension en 5,5kV sur la distribution secourue.

Le schéma synoptique de l'installation électrique à l'ASECNA se présente comme suit :



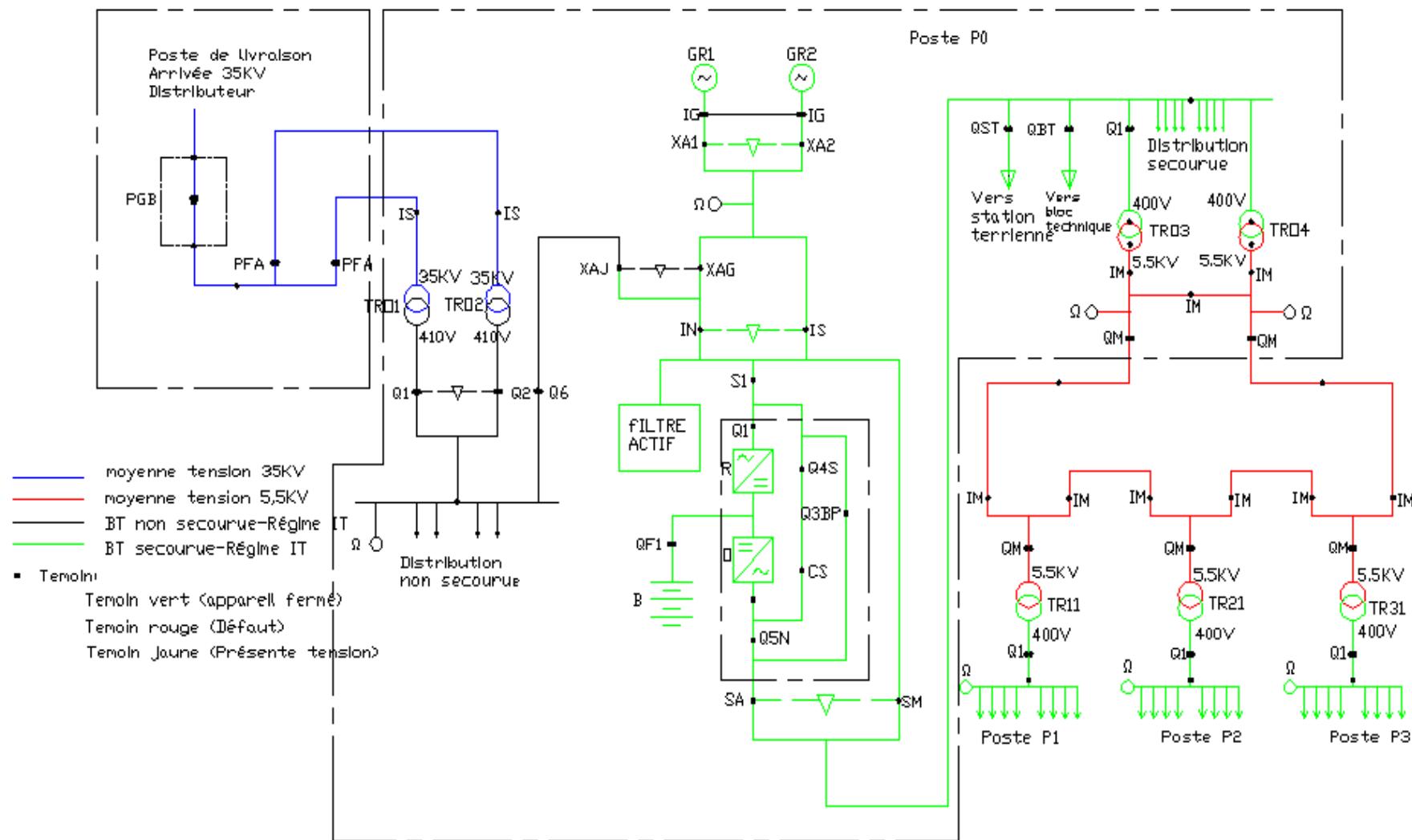


Figure (2-1) : Schéma synoptique

II.2 L'alimentation HTA

Les caractéristiques et mode d'installations des appareillages et convertisseurs sont données ci-dessous

a. Désignations normalisées des domaines de tension

La centrale utilise en général le domaine de tension HTA et BTA suivant la publication C 18-510 on a le tableau suivant en courant alternatif :

Domaine de tension	TBT	BTA	BTB	HTA	HTB
Niveaux de tension	0 - 50 V	50 - 500 V	500-1 000 V	1 kV – 50 kV	> 50 kV

Tableau (2-1) : Domaine de tension

b. Tableau de distribution HTA

Les tableaux de distribution HTA sont organisés en cellules : les cellules 1, 2, 3, sont réservées au distributeur JIRAMA, les cellules 4, 5, 6, 7 sont utilisables par l'ASECNA. La cellule n°7 joue le rôle de compensation.

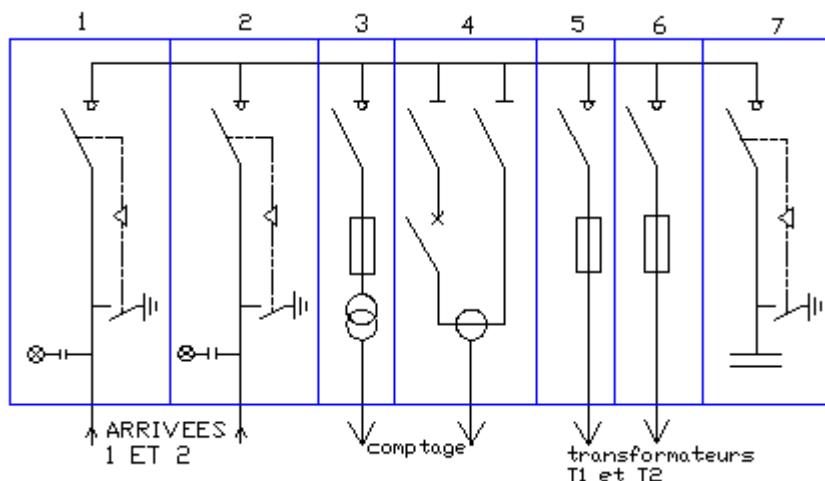


Figure (2-2) : Distribution HTA

c. Distribution par transformateurs

Les postes clients (ASECNA) nécessitent souvent plusieurs transformateurs, pour assurer la continuité de service et disposer d'un dispositif de secours

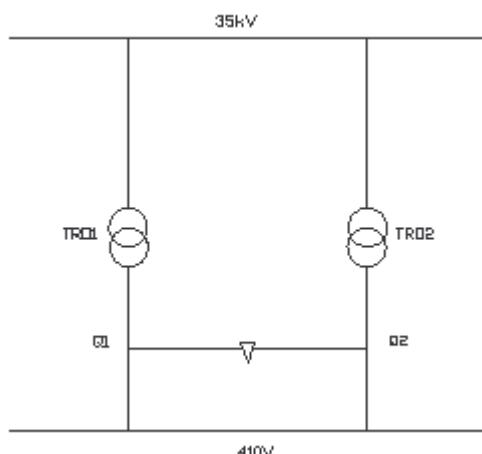


Figure (2-3) : Distribution par transformateurs



d. Caractéristiques des transformateurs

Le schéma a deux réseaux HTA dont les tensions sont 35kV et 5,5kV. La centrale emploie 5 transformateurs triphasés abaisseurs sur ces réseaux.

Transformateurs	S[kVA]	F[Hz]	Up[kV]	Us[V]	Couplage	CT	Ucc[%]	Pv[%]	Pch[%]	PR[%]
TR01, TR02	500	50	35	410	DY11	F	7	0.524	6,52	±2,5
TR11, TR21, TR31	100	50	5,5	400	DY11	F	6	2,175	6,16	±2,5

Tableau (2-2) : Caractéristiques des transformateurs abaisseurs

S : puissance apparente

F : fréquence

Up : tension primaire

Us : tension secondaire

CT : Classe thermique (isolement)

Ucc : tension de court-circuit

Pv : perte à vide

Pch : perte en charge

PR : prise de réglage

II.3 La distribution BTA

a. Caractéristiques du schéma SLT utilisé

Le schéma des liaisons à la terre utilisé est le schéma IT (neutre isolé ou isolation de toutes les parties actives par rapport à la terre et masse reliée à la terre). La signalisation du premier défaut d'isolation est obligatoire mais le déclenchement n'est pas exigé. Le déclenchement devient obligatoire au deuxième défaut, par les dispositifs de protection. Un contrôleur permanent d'isolation (CPI) est installé entre neutre et terre. Cet appareil mesure en permanence la résistance d'isolation du réseau (équipements, récepteurs, etc.). La signalisation d'un défaut d'isolation est assurée par un témoin lumineux et une alarme sonore. Ce schéma IT assure une meilleure continuité de service en exploitation mais nécessite un personnel d'entretien qualifié pour la surveillance de l'installation en exploitation et la recherche du premier défaut. Sa mise en œuvre nécessite un limiteur de surtension.

b. Distribution non secourue

Ce premier jeu de barre fonctionne uniquement de l'alimentation électrique de la JIRAMA, il s'agit de bureau administratif, des garages, ... En cas de coupure du secteur, les charges ne fonctionnent pas.

c. Distribution secourue

En cas de coupure du secteur JIRAMA, le deuxième jeu de barre fonctionnent encore après quelques secondes. Ce petit retard est dû au démarrage du groupe électrogène. Sur ce distribution secourue contient le plus grand nombre des installations telles que : la station terrienne, le bloc technique, Les feux de piste...



d. Caractéristiques des transformateurs

Les transformateurs élévateurs qui se trouvent sur le réseau basse tension ont pour caractéristiques :

Transformateurs	S[kVA]	F[Hz]	Up[V]	Us[V]	Couplage	CT	Ucc[%]	Pv[%]	Pch[%]	PR
TR03, TR04	250	50	400	5500	YnD11	F	6	0,58	5,97	±2,5

Tableau (2-3) : Caractéristiques des transformateurs élévateurs

II.4 L'ASI sur le réseau

Sur la distribution secourue se branche les équipements sensibles (équipement de la station terrienne, du bloc technique...) qui est également raccordée sur **une alimentation sans interruption** (ASI) 160kVA. Cette ASI assure la continuité de service, sur la boucle secours, pendant le démarrage des groupes électrogènes, son autonomie est de 30 mn.

Le rôle des principaux sous ensembles fonctionnels sur l'ASI sont :

- Q1 : Sectionneur d'isolement de l'ASI
- R : Redresseur de la tension du réseau en tension continue pour alimenter la batterie de l'onduleur
- B : Batterie d'accumulateurs qui stocke l'énergie électrique pour alimenter l'onduleur en cas de perturbations ou de coupures du réseau (67 batteries de 6V et 162Ah)
- O : Onduleur qui transforme la tension continue en tension alternative triphasée
- CS : Contacteur statique ou interrupteur de transfert qui alimente la charge instantanément en cas de surcharge ou d'arrêt de l'onduleur

Q3BP : Sectionneur de by-pass manœuvré manuellement qui permet d'isoler l'ASI pour sa Maintenance

Filtre actif d'harmoniques : L'ASI est équipée d'un filtre actif THM qui permet d'obtenir la meilleure performance de dépollution comparée à toutes les autres technologies existantes. Le THDI est le taux global de distorsion harmonique en courant qui représente le niveau du courant harmonique en amont des onduleurs.

	Sans filtre	Double pont	Filtre LC	THM
THDI	35%	10%	6%	4%

Tableau (2-4) : Taux global de distorsion harmonique des onduleurs à 100% de charge

Les alternateurs installés en amont des onduleurs sont souvent les premiers perturbés par la pollution harmonique. Grâce à sa capacité de dépollution même à très faible charge, THM assure un fonctionnement optimal de l'alternateur. Le choix du filtre actif est basé sur :

- la compensation de toutes les harmoniques de courant jusqu'au 50^{ème} rang
- temps de réponse inférieur à 1ms et sans influence sur le réseau
- protection de surcharge et dimensionnement aisés
- modularité élevée et utilisable en réseaux 3 ou 4 fils



- ses fonctions qui sont indépendantes : du courant à compenser, de la variation de ce courant, de la forme et de la direction (actif, réactif, absorbé, généré), du type de charge, de la qualité de la tension et de l'impédance du réseau.

II.5 Principe de fonctionnement des groupes électrogènes

Le principe de fonctionnement se divise en deux parties : avec ou sans automatisme

a. Avec automatismes groupes 1 et 2

	Mode de fonctionnement	Commande au niveau du pupitre
Commande commune aux 2 automatismes groupes	Choix du groupe prioritaire	
Commandes spécifiques à chaque automatisme groupe	Choix du système de démarrage prioritaire	
	Arrêt	.Groupes inopérants
	Automatique	.Mise en route des groupes par l'automatisme (voir fonctionnement centrale)
	Manuel	.Commande M/A diésel .Commande M/A débit
	Essai	.Commande M/A diésel

Tableau (2-5) : Principe de fonctionnement des groupes avec automatismes

b. Sans automatismes

	Mode de fonctionnement	Action de l'opérateur
Commandes spécifiques à chaque groupe	Secours ultime	1 .Au niveau du pupitre .Commande local/distance (Désolidarisation des groupes par rapport à leur automatisme) 2 .Au niveau des tableaux de bord des groupes 1 et 2 .Commande M/A diésel .Commande M/A débit .Contrôle des sécurités essentielles des groupes

Tableau (2-6) : Principe de fonctionnement des groupes sans automatismes

Il est à noter que la fermeture d'un contacteur groupe prend en compte la qualité du courant délivré par celui-ci, ainsi que la commande débit de l'automatisme ou du tableau de bord.

II.6 Conditions opérationnelles du groupe

CAS DE FIGURES	COMMANDÉ GROUPE ACTIONNÉE PAR	CONFIGURATION DE LA DISTRIBUTION			GROUPES SECOURS	
		CENTRALE		BLOC TECHNIQUE		
		Jeu de barre non secouru	Jeu de barre secouru			
Secteur présent Conditions opérationnelles favorables	-	Secteur	Secteur	Secteur	Groupe prioritaire	



Secteur présent Conditions opérationnelles défavorables	Tour de contrôle (commande secours inverse)	Secteur	Groupe prioritaire	Secteur	Secteur
Secteur absent ou Hors tolérances	Relais surveillance Secteur	-	Groupe prioritaire	Groupe prioritaire	Groupe non prioritaire
Secteur absent et 1 groupe en maintenance ou en défaut	Relais surveillance Secteur	-	Groupe prioritaire	Groupe prioritaire	-

Tableau (2-7) : Conditions opérationnelles du groupe
Ces conditions sont posées avant d'actionner le groupe.



CHAPITRE 3

LES DONNÉES TECHNIQUES DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DE LA CENTRALE

III.1 Caractéristiques de chaque groupe

Le démarrage du groupe est assuré par des batteries de 24V et également un démarrage pneumatique à air comprimé est disponible en fonction du choix. La commande du groupe peut se faire automatiquement et manuellement.

a. Moteur d'entraînement

L'alternateur est entraîné par un moteur diesel à 6 cylindres en ligne debout, à plat ; 4 temps avec injection directe et refroidissement circulaire à eau. Ses caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Série de moteurs	183	Pression minimum d'huile moteur	0,6bar à 600tr/mn
Mercedes-Benz	OM420		2,5bar à 2200tr/mn
Alésage	128mm	Soupape d'admission réglage	0,25mm
Course	155mm	Soupape d'échappement réglage	0,35mm
Cylindrée totale	11,967cm ³	Valeur de réglage vilebrequin	15±1°
Rapport volumétrique	16,5-0,5	Filtre à huile	3,5l
Ordre d'injection	1-5-3-6-2-4	Fluide de refroidissement	13,5l
Vitesse piston	2200tr/mn	Huile dans Carter d'huile	min 21l
	11,4m/sec		max 24,5l
Poids du moteur	780Kg	Surpression au refroidissement	0,7bar

Tableau (3-1) : Données techniques du moteur d'entraînement

b. Alternateur

Ce sont des alternateurs autorégulés sans bagues, ni balais, à excitation compound, et régulateur « dériveur » dont les caractéristiques sont :

Alternateur	C.I	D[%]	U[V]	N(phase)	F[Hz]	cosφ	V[tr/mn]	T _{am} °C	Altitude[m]
Données	H	91,8	230/400	3	50	0.8	1500	<40	<1000

Tableau (3-2) : Caractéristiques alternateur

Puissance de base :

Service continu : 160KW, 200KVA, 303A

Excitation

Service continu :

U_{exc}=28V, I_{exc}=3,7A, à vide 1,1A

c. Système d'excitation et régulation (cf Figure : 3-1)

L'excitatrice est un courant alternatif redressé par des diodes tournantes (1). L'excitation de l'excitatrice (2) se fait par la combinaison de la tension délivrée par un bobinage auxiliaire (3) et de celle produite par le courant débité par l'alternateur dans le secondaire d'un



transformateur de courant (5) en série avec le bobinage principal (4). Cette combinaison assure une régulation de tension quelque soit l'intensité et le cos ϕ .

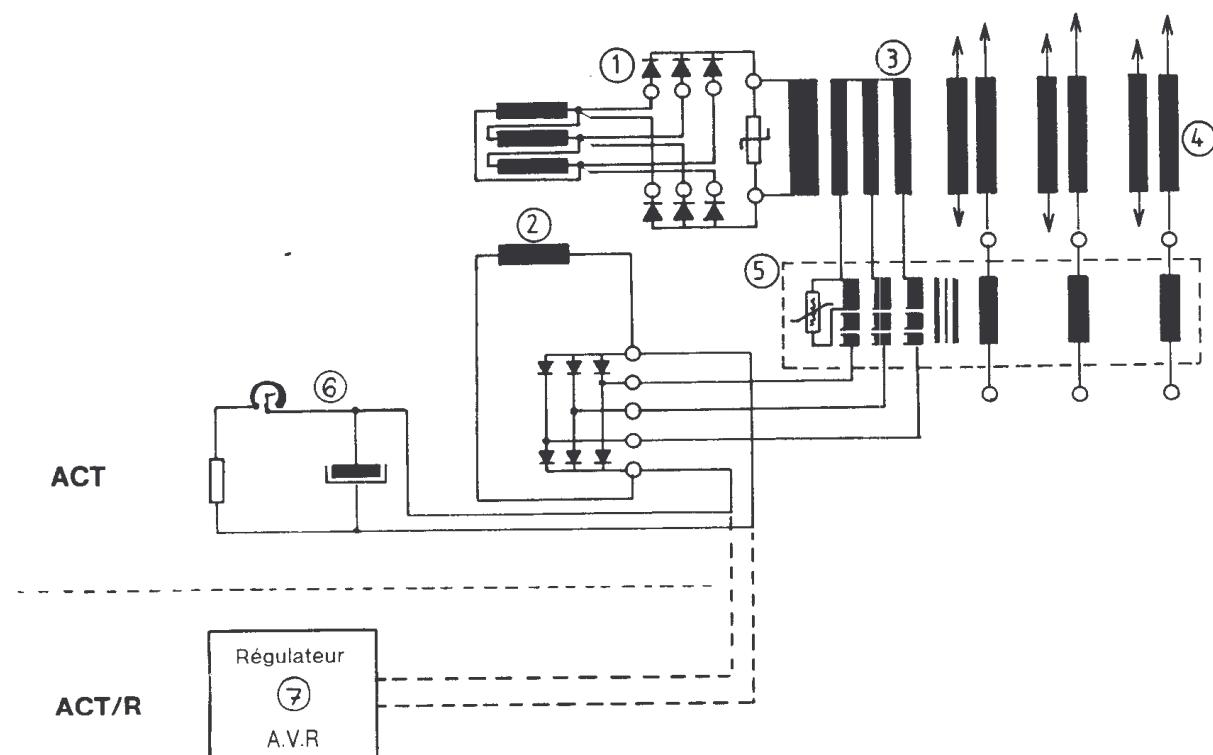


Figure (3-1) : Système d'excitation et régulation

L'ensemble du circuit magnétique de l'excitatrice est réalisé en tôle feuillettée afin d'obtenir la meilleure rapidité de réponse tout en assurant une tension rémanente suffisant pour avoir dans tous les cas un amorçage automatique rapide grâce à la thermistance. Le régulateur RS 128A agit sur la tension de sortie de l'alternateur en dérivant le courant d'excitation (fourni par le système compound) nécessaire pour ramener la tension à la valeur de consigne fixée par le potentiomètre « tension » du régulateur.

A partir d'une certaine surcharge, la tension de l'alternateur devient inférieure à sa valeur de consigne. En surcharge, le régulateur n'a plus rien à dériver et le compound seul fournit l'excitation nécessaire. Quand la surcharge augmente encore on se trouve dans les conditions voisines du court-circuit et le régulateur entre de nouveau en action pour limiter le courant d'excitation.

III.2 Transformateurs d'isolement basse tension

Il existe deux types de transformateur d'isolement dans l'installation :

- Type RC 8126
- Type RCE 8126

Types RCE8126 : constituée d'une seule pièce car les câbles primaire (230/400V) et secondaire (230V) sont moulés avec le corps du transformateur et comporte une borne de mise à la terre connectée à l'isolement secondaire. Ils sont conçus pour être encastré.



a. Utilisation et fonctionnement

Chaque lampe (feux de bord de la piste) doit comporter un transformateur d'isolement. Si une lampe est défaillante, l'enroulement primaire du transformateur assure la continuité du circuit primaire et toutes les autres continuent à être alimentées. Si la lampe est défaillante, il y a un bruit au niveau du transformateur d'isolement.

b. Avantages de l'installation

- Connexions restent propres
- Dépannage plus rapide et plus faible
- Accès aisément et rapidement au transformateur sans avoir à creuser le sol
- Pas ou peu de dégâts dûs à un défaut d'isolement accidentel au niveau des connexions

III.3 Balisage lumineux

Le balisage lumineux permet de reconstituer artificiellement les références visuelles minimales nécessaires aux manœuvres d'approche de l'atterrissement, de circulation au sol et de décollage. Il comporte différents dispositifs :

a. Basse intensité (BI) : C'est le balisage pour opérations de nuit par conditions de bonne visibilité.

b. Haute intensité (HI) : le balisage pour des approches classiques aux instruments qui permet d'effectuer les atterrissages

III.4 Les différents types de feux (sur la carte en annexe)

○ **Piste 11 et ligne d'approche 900 m**

- 15 feux BI omnidirectionnels (Brillance)
- 29 rangées de 4 feux HI directionnels (Brillance variable balle traçante)
- 20 feux HI directionnels
- 6 feux rouges directionnels
- 16 feux BI (Brillance Variable)
- 18 projecteurs de seuil verts HI/BI directionnels encastrés
- 8 feux rouges directionnels
- Feux de visée (verts et rouges)
- Feux de début de virage (verts et rouges)
- 2 feux à éclat d'identification de seuil
- 8 feux de fin de piste rouges directionnels
- 11 feux bleus omnidirectionnels encastrés

○ **Piste 29**

- 8 feux de délimitation PA rouges
- 8 feux de seuil verts BI directionnels encastrés



- 8 feux de fin de piste rouges directionnels
- Feux de visée (verts et rouges)
- Feux de début de virage (verts et rouges)
- 11 feux bleus omnidirectionnels encastrés
- PAPI (4 feux espacés de 9m)
- 106 feux HI bidirectionnels de couleurs blanche et jaune clair en bout de piste sur les 600 derniers mètres (espacement 60m)
- Ligne d'approche HI cat. 1 directionnelle (136 feux espacés de 30m complétée d'une « balle tranchante » (29 feux). Approche simplifiée BI (30 feux espacés de 60m)

III.5 Evaluation des charges (Distribution secourue)

DESIGNATION		PUISSSANCE UNITAIRE [W]	QUANTITE	PUISSSANCE CONSOMMEE [W]
BALISAGE	Feux de bord de piste	150	106	15 900
	PAPI	200	4	800
	Feux de raquette	45	32	1 440
	V.O.R	100	16	1 600
	Feux d'extrémité	200	16	3 200
	Feux de seuil	175	26	4 550
	Feux de retournement	45	8	360
	Approche BI	45	35	1 575
	Approche HI	150	136	20400
	Balle traçante	200	29	200
BLOC TECHNIQUE (secourue)		-	-	14 000
TERRIENNE		-	-	16 000
REPRESENTATION		-	-	10 000
METEO + SSLI		-	-	10 000
CENTRALE		-	-	33 000
PUISSSANCE TOTALE CONSOMMEE				P _t = 133 025

Tableau (3-3) : Evaluation des charges

La distribution non secourue consomme une puissance de 50kW. Le graphique journalier de charge du réseau est (ce graphe varie en fonction du trafic) :

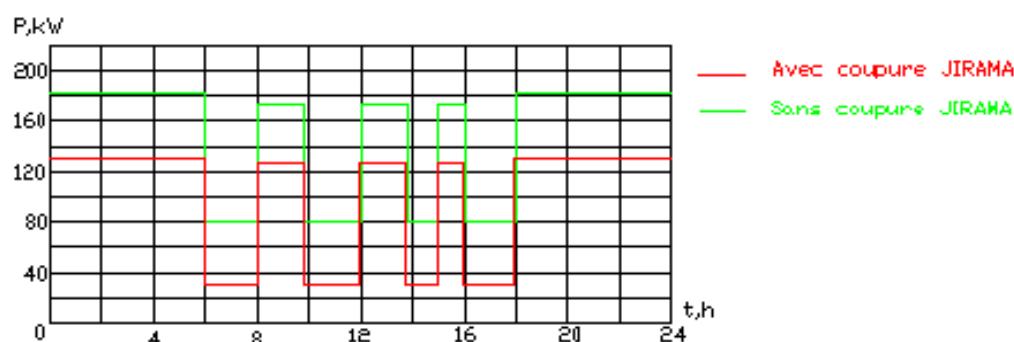


Figure (3-2) : Puissance en fonction du temps



III.6 Le système de commande de la centrale

a. Schéma du principe de fonctionnement du système

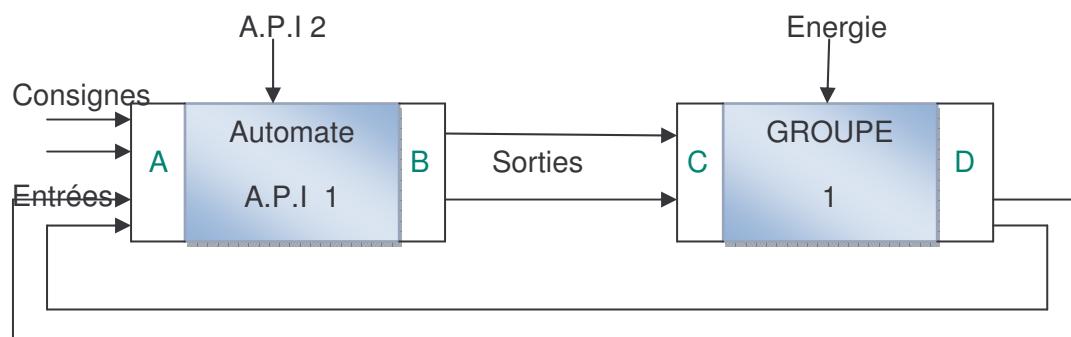


Figure (3-3) : Principe de fonctionnement du système

Figure 3.3.11 : Principe de fonctionnement du système

Chaque groupe est commandé par un API. Les API se communiquent entre eux pour assurer le bon fonctionnement du système en cas de défaillance. Chaque automate est composé de 4 entrées de 18 ports et 4 sorties de 18 ports pour commander et superviser l'installation.

L'automate prend les mesures automatiquement et les commandes (informations) venant de l'extérieur (utilisateur), dans le cas où il y a insuffisance de tension ou délestage il actionne le groupe. Une fois le groupe est actionné il mesure à l'aide des capteurs : les pressions (huile et eau), les températures (alternateur, huile et eau), survitesse, phase alternateur, fréquence et surcharge alternateur, les niveaux fioul et vase expansion. Dans le cas où il existe une anomalie sur ces mesures l'automate arrête le groupe.

b. Liste et classe par fonction des informations d'entrées

Les informations captées par l'automate sont : Les positions et disjonction des disjoncteurs sur la distribution secourue, Positions des contacteurs, Présence tension, Surintensité, Fusible transfo, Défaut d'isolement, Commutateur auto/manu, Défaut chargeur, Manque tension.

c. Caractéristiques de l'automate

Il s'agit d'un automate APRIL 2000 qui se présente sous deux configurations :

-Configuration 5 emplacements d'une capacité de 0 à 128 entrées/Sorties (utilisée dans l'installation)

- Configuration 9 emplacements d'une capacité de 0 à 256 entrées/Sorties

Il est programmable à partir du logiciel ORPHEE (Langage Ladder diagram et SFC venant de la Grafset). Deux versions du logiciel ORPHEE sont proposées :

Une version utilisable par l'April 2000/5000/7000

Une version spécifique APRIL 2000

L'APRIL 2000 est compatible aux normes : CEI65A, NEC63850



La communication avec les automates APRIL est réalisable par le protocole JBUS et Les caractéristiques du CPU sont :

	Mémoire programme	Mémoire de données	Coupleur	Liaison console
CPU 2000/1	64Kmots de 16bits RAM	16Kmots de 16bits RAM	Non	Oui
CPU 2120/1	64Kmots de 16bits REPROM	16Kmots de 16bits RAM	2 coupleurs JBUS-maître esclave/PSP	Oui

Tableau (3-4) : Processeur de l'automate

Nous considérerons comme automate programmable un « Système électronique fonctionnant de manière numérique, destiné à être utilisé dans un environnement industriel, qui utilise une mémoire programmable pour le stockage interne des instructions orientées utilisateur aux fins de mise en œuvre de fonctions spécifiques, telles que des fonctions de logique, de mise en séquence, de temporisation, de comptage et de calcul arithmétique, pour commander au moyen d'entrées et de sorties Tout-ou-Rien ou analogiques divers types de machines ou de processus. L'automate programmable et ses périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel et être facilement utilisés dans toutes leurs fonctions prévues. »

L'automate doit remplir :

- un rôle de **commande** où il est un composant d'automatisme, élaborant des actions, suivant une algorithme appropriée, à partir des informations que lui fournissent des détecteurs (Tout ou Rien) ou des capteurs (analogiques ou numériques) ;
- un rôle de **communication** dans le cadre de la production :
 - avec des opérateurs humains : c'est le dialogue d'exploitation,
 - avec d'autres processeurs, hiérarchiquement supérieurs (calculateur de gestion de production), égaux (autres automates intervenant dans la même chaîne) ou inférieurs (instrumentation intelligente).

d. Les conditions de programmation du système

- Lors de la disparition du réseau JARAMA, il est procédé au délestage total de l'installation
- Les groupes électrogènes de la centrale électrique démarrent et délivrent la puissance sur la boucle secours
- Lorsque cette puissance est disponible (Pdispo), le relestage par réenclenchement des disjoncteurs secours s'effectue selon la priorité.
- On vérifie que la puissance effectivement absorbée (Pabs) < Pdispo sur les groupes pour effectuer un réenclenchement.



- Un réenclenchement à lieu toutes les 1s, tant que la Pdispo > à la puissance nominale de départs.
- Les réenclenchement se poursuivent dans ces conditions jusqu'aux nombres des disjoncteurs de la table de réenclenchement prioritaire.

e. GRAFCET de la centrale

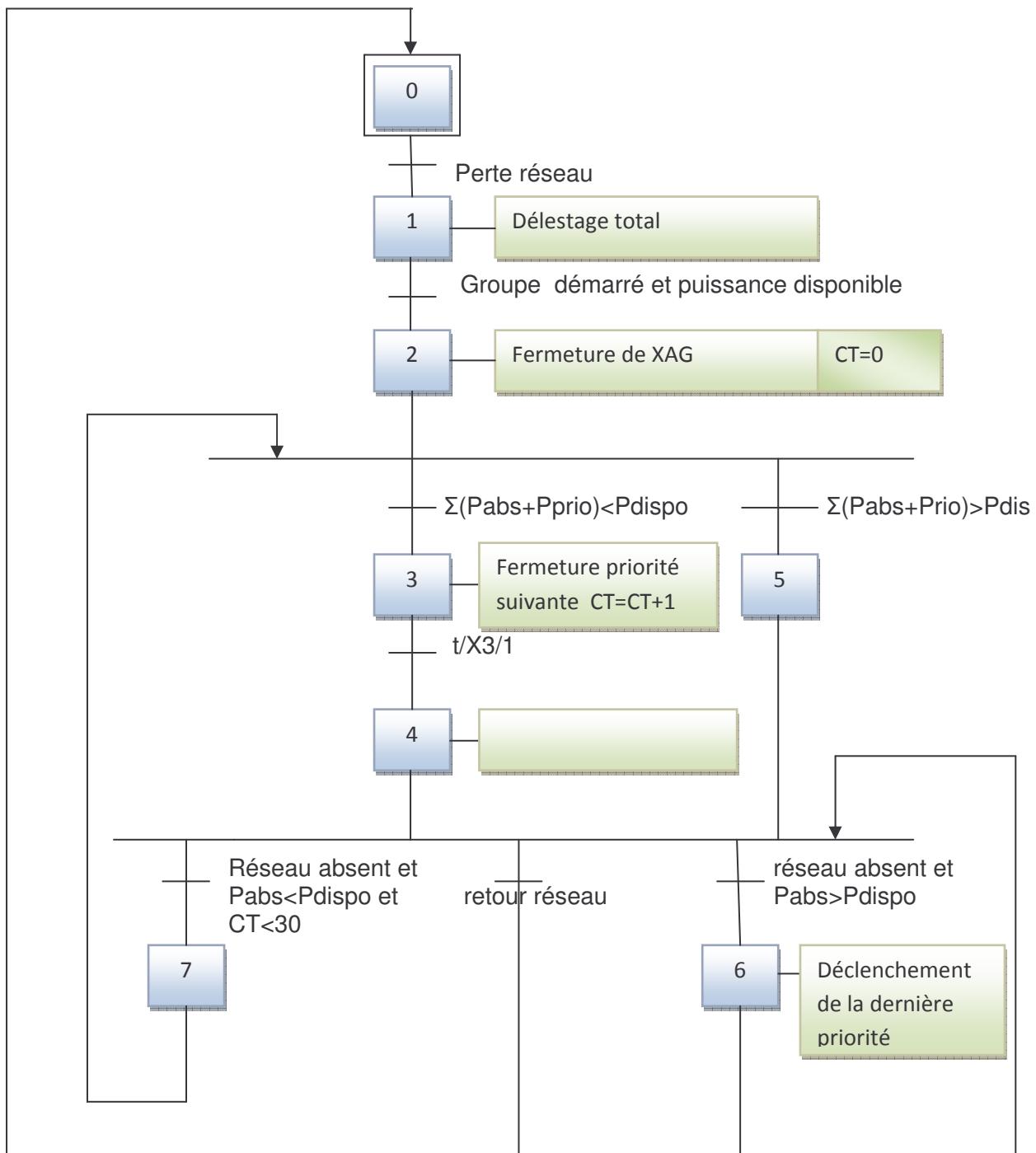


Figure (3-4) : Grafcet

Enfin nous résumons dans un schéma plus simple le synoptique des liaisons qui se trouve au niveau de l'installation de l'ASECNA :



Supervision réseau énergie, Synoptique des liaisons

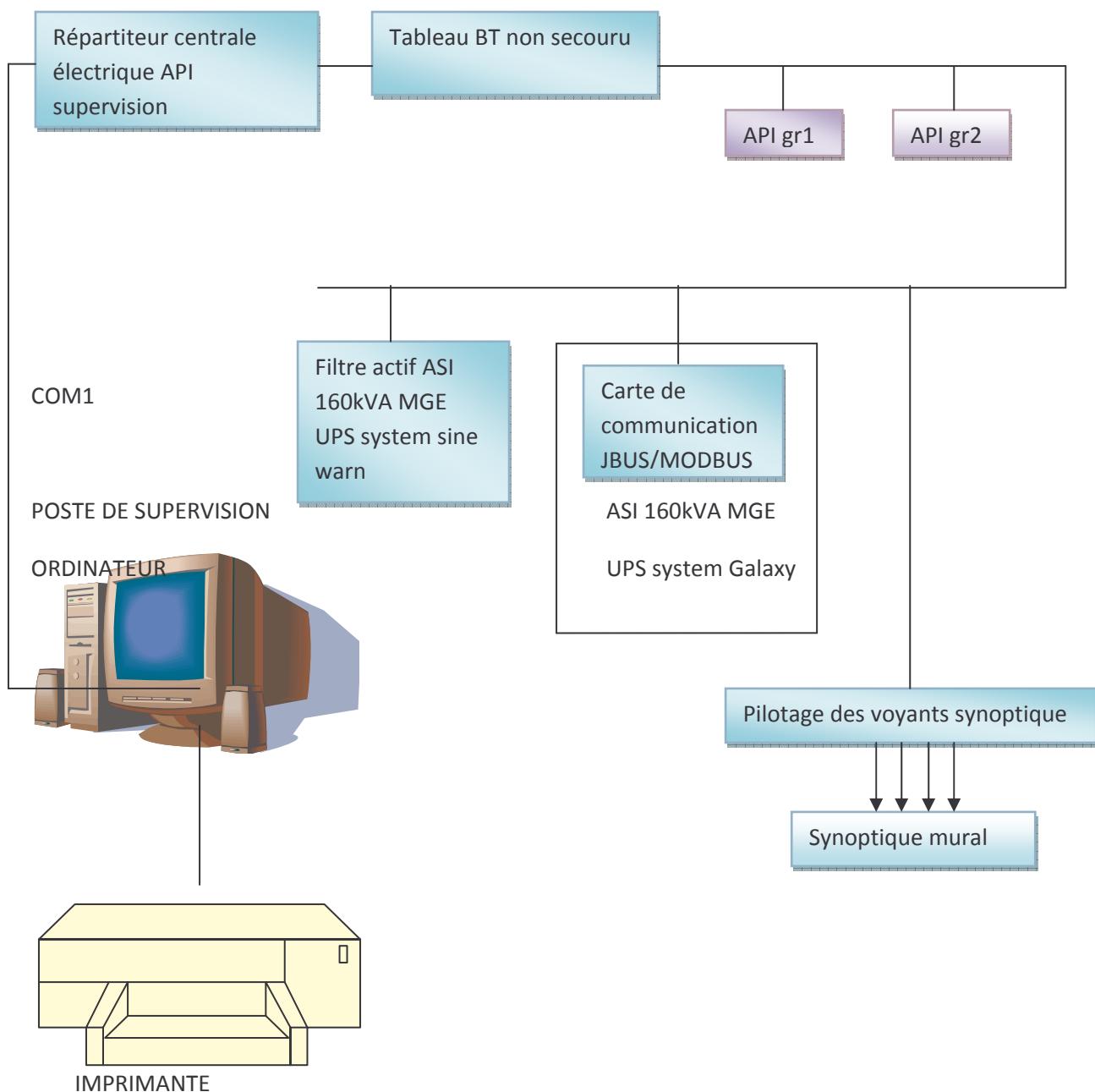


Figure (3-5) : Supervision réseau énergie

CHAPITRE

4

PROBLÉMATIQUE ET NÉCESSITÉ DE MAINTENANCE

IV.1 Problématique

Assurer la fonction principale de la centrale (fournir de l'énergie à haute disponibilité) n'est pas toujours une tâche facile car il faut faire face aux quatre problèmes majeurs tels que :

- La diminution des performances de l'installation
- L'augmentation du nombre de défaillance des composants
- Le maintien de la disponibilité de l'installation
- La recherche des meilleures solutions, des meilleurs outils afin de limiter la pénalisation.

IV.2 Action de la maintenance sur la performance et la défaillance

En général le maintien des performances et de la non-défaillance de l'installation est amélioré par des actions préventives car il n'est pas rare qu'une défaillance en entraîne une ou plusieurs autres (défaillances secondes) provoquant une détérioration importante du système. Quant au coût global, il devrait diminuer avec une maintenance préventive, si l'on inclut la pénalisation. Les actions de la maintenance préventive sont l'inspection (déttection des fuites...), le contrôle (vibration), la visite et le test.

IV.3 Action de la maintenance sur la disponibilité et maintenabilité

Le maintien de la disponibilité et la recherche des solutions sont assurés par la maintenance conceptuelle et corrective. Le but est de diminuer les temps d'arrêts programmés pour les réparations et révisions.

IV.4 Bureau de maintenance Energie et Balisagea. Rôles

Le bureau a pour rôle d'assurer le bon fonctionnement des :

- Equipements de la centrale depuis les sources, aux appareillages, à la distribution jusqu'à l'utilisation
- Groupes électrogènes repartis localement auprès des émetteurs
- Appareils électriques et électroniques de l'ASECNA

b Multidisciplinarité du système

La complexité du système réside sur sa multidisciplinarité : **mécanique, électricité, pneumatique, hydraulique et automatisme**. Ce qui demande les qualités principales de polyvalence et de créativité pour les techniciens de maintenance. Cependant, d'autres aptitudes sont aussi exigées :



- D'ordre relationnel : permet à l'agent de maintenance d'échanger des informations avec le reste du personnel.
- D'ordre organisationnel : respect des procédures, suivi des méthodes, ...
- D'ordre personnel : autonomie, résistance physique, diplomatie, rigueur, sens des responsabilités...

c Activités et tâches professionnelles

Les techniciens interviennent sur les parties opératives et sur les parties commandes des installations. En général les activités exercées varient selon la taille des entreprises, leur organisation, la nature et la complexité des équipements dont ils ont la charge. Le technicien doit être capable :

- de réparer, de dépanner dans les domaines de la mécanique, de l'électricité, du pneumatique et de l'hydraulique ;
- d'analyser le fonctionnement du bien ;
- d'utiliser les technologies d'aide au diagnostic et les technologies d'intervention ;
- de réaliser des opérations de surveillance et/ou des opérations planifiées ;
- d'alerter si une anomalie est constatée ;
- de communiquer avec le ou les utilisateurs des biens sur lesquels il intervient ainsi qu'avec les membres du service auquel il appartient ;
- d'organiser efficacement son activité ;

Nous résumons dans un tableau toutes les activités et tâches professionnelles de la maintenance industrielle :

ACTIVITES	TACHES ASSOCIEES
1 : MAINTENANCE CORRECTIVE Mettre en œuvre et optimiser la maintenance corrective	1.1. Diagnostiquer les pannes ; 1.2. Préparer les interventions ; 1.3 .Effectuer les actions correctives liées aux technologies : mécanique, électrique, pneumatique et hydraulique ; 1.4 Mettre à jour et enrichir les ressources concernées par l'intervention.
2 : MAINTENANCE PREVENTIVE Définir, mettre en œuvre et optimiser la maintenance préventive	2.1. Définir le plan de maintenance préventive systématique, conditionnelle et prévisionnelle ; 2.2. Définir et intégrer les moyens de surveillance ; 2.3. Planifier et mettre en œuvre le plan de maintenance préventive ; 2.4. Exploiter les informations recueillies ; 2.5. Mettre à jour et optimiser le plan de maintenance préventive.
3 : AMELIORATION Améliorer la sécurité, la disponibilité, et optimiser les coûts liés à la maintenance	3.1. Définir des priorités d'action et des axes d'amélioration ; 3.2. Concevoir et argumenter des solutions d'amélioration ; 3.3. Mettre en œuvre les solutions d'amélioration et/ou les modifications, assurer le suivi des travaux.



4 : INTEGRATION Intégrer des nouveaux biens	4.1. Contribuer à l'intégration des contraintes liées à la maintenance lors de la conception d'un nouveau bien ; 4.2. Préparer l'installation et participer à la réception et à la mise en service des nouveaux biens.
5 : ORGANISATION Définir ou optimiser l'organisation de la fonction maintenance	5.1. Définir et justifier la stratégie de maintenance ; 5.2. Mettre en place et/ou optimiser l'organisation des activités de maintenance.
6 : ANIMATION ET ENCADREMENT Assurer l'animation et l'encadrement d'une équipe de maintenance	6.1. Animer et encadrer une équipe de maintenance.

Tableau (4-1) : Activités et tâches professionnelles

d Besoin d'informatisation sur la gestion de maintenance

Pour assurer le bon fonctionnement des machines et des installations, il est impératif d'améliorer la gestion de la maintenance par l'intermédiaire d'un système informatique de management, organisé autour d'une base de données, permettant de : programmer et suivre toutes les activités du service maintenance, diminuer les paperasses volumineuses et les fichiers nombreux. Ce sont les fondements de la création du GMAO.

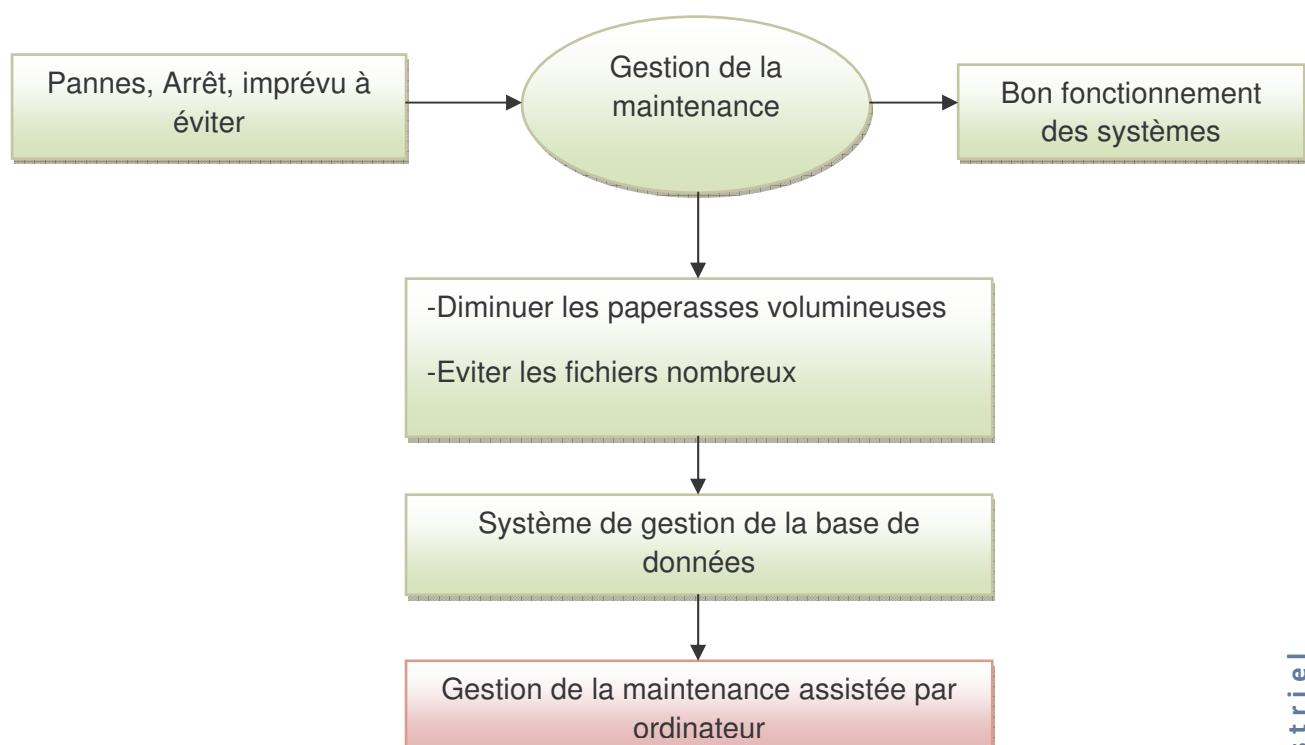


Figure (4-1) : Schéma d'approche informatique



PARTIE II

MÉTHODOLOGIE DE LA GESTION DE MAINTENANCE ASSISTÉE PAR ORDINATEUR

CHAPITRE

1

MÉTHODES DE MAINTENANCE INDUSTRIELLE

I.1 Définition : (Définition extraite de la norme NF X 60-010 AFNOR, Association Française de Normalisation)

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de retenir et de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service bien déterminé c'est-à-dire que la maintenance est l'ensemble d'actions, de suivis, de contrôles. Des actions de diagnostiques, de réparation, d'activités d'organisation, de gestion des magasins de stocks et la gestion du personnel pour la maintenance sont les activités rattachées à la Maintenance Industrielle.

Les actions qui consistent à prévenir les pannes sont :

- La maintenabilité
- La durabilité
- La disponibilité
- La fiabilité
- La défaillance.

Brièvement, on va définir ces éléments un à un :

- a. La maintenabilité : (norme NF X 60-010 AFNOR)

Dans les conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise. Chaque matériel a ses fiches de suivis, de contrôles, la maintenabilité se rapporte plus sur la réparation dans les meilleurs délais donc corrective.

- b. La durabilité :

Durée de vie ou durée de fonctionnement potentiel d'un bien pour la fonction qui lui a été assignée dans les conditions d'utilisation et de maintenance donnée c'est-à-dire si les conditions sont respectées. Durée de vie écoulée : il faut remplacer le matériel ou le système. Il arrive à un certains moment que le matériel consomme plus ce qui implique que le coût de fonctionnement est supérieur à la normale.

- c. La disponibilité :

C'est l'aptitude du matériel à être en fonctionnement ou en service.

- d. La fiabilité :

Probabilité de fonctionnement sans défaillance d'un dispositif dans des conditions spécifiées et pendant une période de temps déterminée.

- e. La défaillance :

C'est l'absence de fonctionnement normal, cessation de l'aptitude d'un dispositif d'accomplir une fonction requise, cette fonction doit être définie avec ses tolérances associées (limites)



I.2 Les différents types de maintenance

En fonction des objectifs, la maintenance industrielle peut prendre des formes différentes :

- ✓ La maintenance conceptuelle
- ✓ La maintenance préventive : systématique ou conditionnelle
- ✓ La maintenance corrective

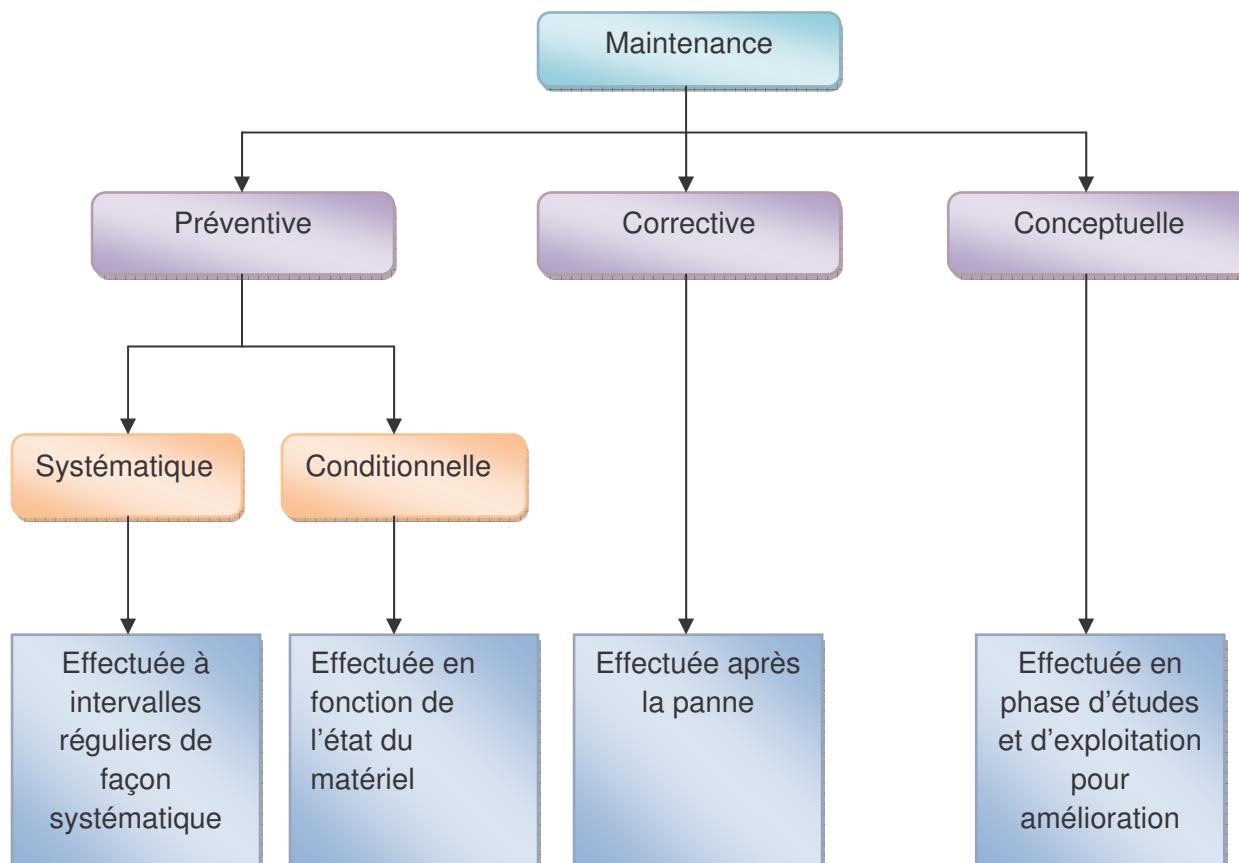


Figure (1-1) : Les différents types de maintenance

a. La maintenance conceptuelle

C'est un type de maintenance qui pourrait généralement avoir lieu, soit pendant les phases d'études (conception et fabrication), soit pendant les phases d'exploitation (fonctionnement). Cette maintenance concerne les bureau d'études et l'atelier de fabrication du constructeur.

On l'appelle aussi maintenance améliorative ou adaptive concernant les phases d'exploitation, dans ce cas elle a pour but d'améliorer la maintenabilité, la fiabilité, la capacité de production et la sécurité par :

- ☞ Des travaux destinés à faciliter les opérations de maintenance
- ☞ Des travaux d'amélioration de leurs conduites
- ☞ Des travaux d'extension ou de modification destinés à améliorer la capacité de production (la quantité et la qualité des travaux ou des services donnés).



- Des travaux destinés à diminuer les risques de pannes (fiabilité)
- Des travaux d'amélioration de la sécurité contribuant à limiter les risques d'accidents.

b La maintenance préventive

Le principe est basé sur l'anticipation (intervenir avant) et se pratique sous deux formes :

- ❖ Systématique
- ❖ Conditionnelle

Systématique : consiste à intervenir sur le matériel à des périodes fixées selon un échéancier ou sur base d'unités d'utilisation déterminées à l'avance (Heures de marche, litres de carburant consommés, kilomètres parcourus,...).

Elle consiste à intervenir sur deux actions :

- Remplacement systématique
- Visite et contrôle systématique

Elle a pour but :

- d'inspecter et d'améliorer des matériels avant qu'ils entraînent les qualités et les coûts de réparation ;
- d'intervenir avant que les coûts de réparation soient trop élevés ;
- d'éliminer ou de limiter au maximum les risques de pannes des matériels à fort coût de défaillance ;
- de permettre l'exécution des réparations dans les meilleures conditions ;
- de supprimer les accidents graves ;
- d'agir sur l'état d'esprit du personnel et de réduire la charge totale de maintenance par une meilleure préparation des travaux et une diminution des arrêts imprévus.

Conditionnelle : est basée sur l'établissement préalable d'un diagnostic, réalisée à partir des études quantitatives de l'évolution d'un certain nombre de paramètres, caractéristiques du fonctionnement de l'organe de la machine ou de l'entité que l'on veut suivre. Le choix de la maintenance conditionnelle signifie que l'on décide d'intervenir lorsque ces paramètres évolueront de façon significative, c'est-à-dire qu'on n'intervient que si les éléments des sous-ensembles ou les organes présentent des signes de vieillesse ou d'usure mettant en cause leurs performances. On s'appuie sur des mesures physiques qui sont :

- La mesure des vibrations
- La mesure des températures
- L'analyse des huiles

Un montage et démontage des pièces à chaque fin d'échéance coûtent chers, ceux-ci constituent une perte de temps productif, un coût d'intervention du personnel, un coût de pièces et sous-ensembles et un risque de mauvais montage. Cette maintenance conditionnelle vise ainsi à réduire au maximum la fréquence de ces opérations.



a. La maintenance corrective

Ce type de maintenance est appelé parfois curatif ou palliatif. Il s'agit d'une maintenance effectuée après défaillance et qui consiste à :

- des dépannages des machines dont le mauvais état entraîne un arrêt total ou partiel des équipements, soit des conditions de fonctionnement intolérables.
- des réparations des machines pour lesquelles il faut disposer des moyens et du temps, du personnel pour les effectuer.

d. Niveaux de maintenance

Ils sont au nombre de 5 et leur utilisation pratique n'est concevable qu'entre des parties qui sont convenues de leur définition précise, selon le type de bien à maintenir.

Niveau	Maintenance
1	<p>Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement</p> <ul style="list-style-type: none"> -Echanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants, huiles, filtre,... -Type d'intervention effectué par l'exploitant sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation.
2	<p>Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet</p> <ul style="list-style-type: none"> -Opérations mineures de maintenance préventive, -Type d'intervention effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, -Outillage portable défini par les instructions de maintenance, -Pièces de rechange transportables sans délai et à proximité du lieu d'exploitation.
3	<p>Identification et diagnostic des pannes</p> <ul style="list-style-type: none"> -Echanges de constituants, -Réparations mécaniques mineures, -Réglage et réétalonnage des mesureurs.
4	<p>Travaux importants de maintenance corrective ou préventive</p> <ul style="list-style-type: none"> -Démontage, réparation, remontage, réglage d'un système, -Révision générale d'un équipement -Remplacement d'un coffret d'équipement électrique.
5	<p>Travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante</p> <ul style="list-style-type: none"> -Révision générale d'un équipement, -Rénovation d'une ligne de production en vue d'un amélioration, -Réparation d'un équipement suite à accident grave.

Tableau (1-1) : Niveaux de maintenance



I.3 Paramètres de la maintenance industrielle

Actuellement l'existence de nouvelles techniques et de nouveaux systèmes de traitement de données a contribué à l'analyse de plus en plus fréquente de comportement d'organes, d'ensemble, de machine, ou d'installation.

Pour ce faire, certains paramètres ou concepts peu connus ou très peu utilisés ont acquis une importante évolution dans la gestion de la maintenance. Les principaux sont :

MTTR	Mean Time To Repair (Moyenne des temps des tâches de réparation)
MTBF	Mean Time Between Failure (Moyenne des temps de bon fonctionnement)
MUT	Mean Up Time (Temps de bon fonctionnement moyen)
MDT	Mean Down Time (Temps d'arrêt de panne)
MTTF	Mean Time To Failure (Moyenne des temps jusqu'à panne)

Tableau (1-2) : Paramètres de la maintenance

$$\text{La disponibilité se mesure par : } D = \frac{MTBF}{MTTR+MTBF} \quad (1-1)$$

Soit tbf : temps de bon fonctionnement

tr : temps de réparation

Ni : nombre d'éléments bons

n_i : nombre d'éléments défaillants

Les paramètres MTBF et MTTR se calculent avec les relations suivantes :

$$MTBF = \frac{\sum tbf}{Ni} \quad (1-2)$$

$$MTTR = \frac{\sum tr}{ni} \quad (1-3)$$

L'expression de la disponibilité se diversifie (opérationnelle ou intrinsèque) par la distinction entre MDT ou MTTR:

$$\text{Opérationnelle : } D_o = \frac{MUT}{MDT+MUT} \quad (1-4)$$

$$\text{Intrinsèque : } D_i = \frac{MUT}{MTTR+MUT} \quad (1-5)$$

La disponibilité opérationnelle tient compte tous les temps d'arrêt jusqu'à la remise en état du matériel tandis que la disponibilité intrinsèque se mesure sur le total de temps exact de réparation.

I.4 Etat du système

L'état du système (fonctionnement et arrêt) se mesure en fonction du temps et se divise en deux :

- Le système réparable
- Le système non réparable



a. Matériels réparables

Etat du système

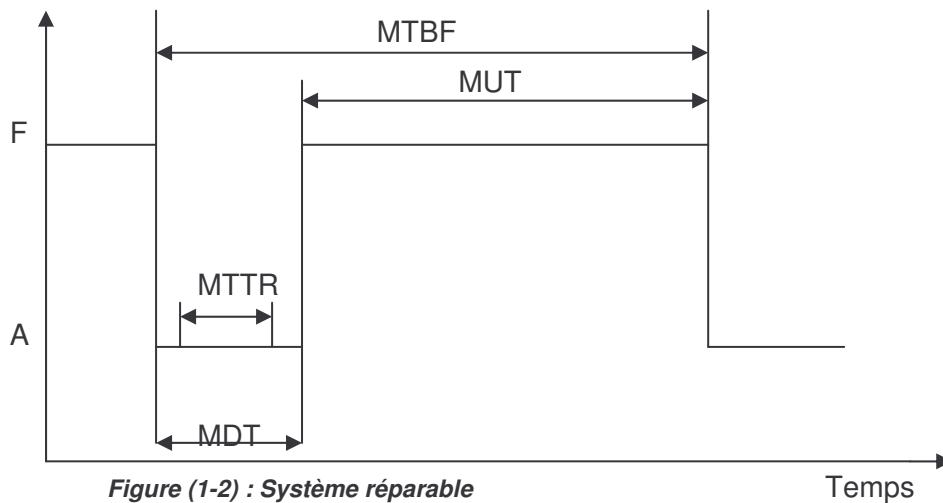


Figure (1-2) : Système réparable

A : arrêt

F : fonctionnement

b. Matériels non réparables

Etat du système

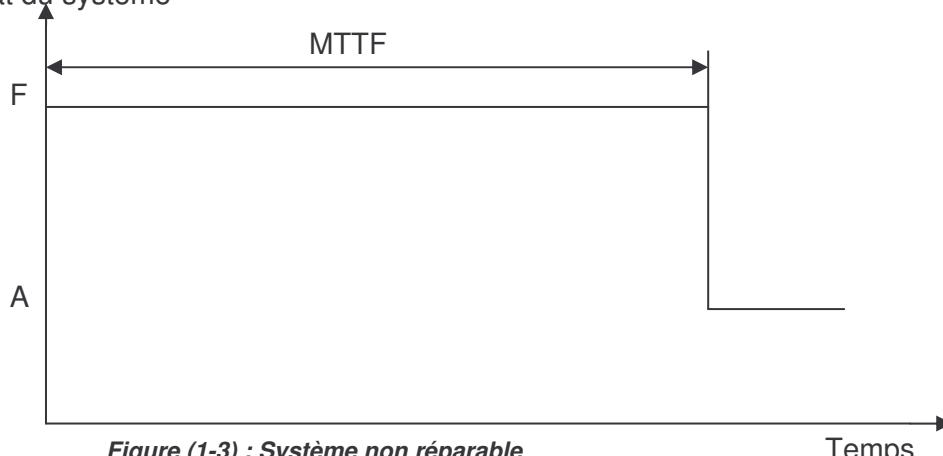


Figure (1-3) : Système non réparable

I.5 Courbe en baignoire

Soit $\lambda(t)$ = probabilité d'avoir une défaillance du système ou de l'élément entre les instants t et $(t+dt)$ à condition que le système ait vécu jusqu'à t . La courbe de vie d'un matériel est :

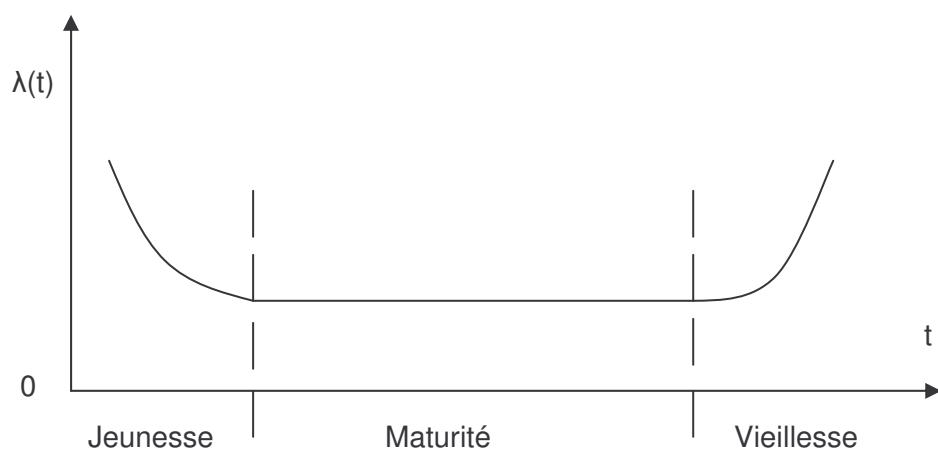


Figure (1-4) : Courbe en baignoire



a. Interprétations

- Jeunesse : décroissance de la défaillance à cause de certains composants qui sont mis en fonctionnement alors qu'ils sont viciés au départ ;
- Maturité : Taux de défaillance constant, pas d'usure ;
- Vieillesse : Présence des phénomènes importants de dégradation, période où il faut surveiller le matériel.

b. Utilisation de la courbe en baignoire

N_i : nombre de survivant au début de la tranche de temps t_i

n_i : nombre de défaillant entre t_i et t_{i+1}

$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$: intervalle de temps observé

A l'aide des données s'étalant sur une période couvrant la plage de vie du matériel, on détermine méthodiquement la courbe en Baignoire par la méthode d'actuariat et la formule :

$$\lambda(t_i) = \frac{n_i}{N_i \times \Delta t_i} \quad (1 - 6)$$

La détermination du nombre de classes r doit être telle que la courbe ne soit pas trop déformée, il dépend du nombre total de défaillants (Règle de Sturges) :

$$r = \sqrt{\sum n_i} \quad \text{ou} \quad r = 1 + 3,3 \log \sum n_i \quad (1 - 7)$$

c. Les relations entre les diverses fonctions

$$f(t) : \text{densité ou fonction de défaillance} \quad f(t) = \lambda(t) e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (1 - 8)$$

$$F(t) : \text{fonction cumulée de défaillance} \quad F(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (1 - 9)$$

$$R(t) : \text{fonction de fiabilité} \quad R(t) = 1 - F(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (1 - 10)$$

I.6 Fonction de répartition

L'estimation de $F(t)$ s'effectue par un ordonnancement des durées de vie des échantillons dans l'ordre croissant. On propose deux méthodes couramment utilisées :

➤ Méthode des rangs moyens (plus couramment utilisée) :

n : nombre de populations à étudier i : ordre de rang

$$F(i, n) = \frac{i}{n + i} \quad (1 - 11)$$

Et d'après Johnson la fonction de répartition correspondant est :

$$F(i, n) = \frac{\sum_{j=1}^i n_j}{n + 1} \quad (1 - 12)$$

n_j = le nombre d'apparition de t_i

➤ Méthode des rangs médians (Echantillon de faible taille) :

$$F(i, n) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} \quad (1 - 13)$$

La fonction de répartition est :

$$F(i, n) = \frac{\sum_{j=1}^i n_j - 0.3}{n + 0.4} \quad (1 - 14)$$



CHAPITRE

2

MÉTHODES DE GESTION DE LA MAINTENANCE

II.1 Coût de défaillancea. Coût de défaillance entraînant l'arrêt de production

Le coût de défaillance est formé de la somme des coûts :

- de maintenance corrective (q) de l'équipement en cause, représentant le frais de main d'œuvre, des pièces de rechange, d'ingrédients, de location d'outillages, d'engins spéciaux, etc....
- d'indisponibilité de l'unité de production (P) correspondant au manque à gagner, à la perte éventuelle de matières premières, aux coûts des pénalités de retard, etc.....

Le coût de défaillance est donc égal à :

$$C_d = q + P \quad (2 - 1)$$

➤ **Coût de défaillance rapporté au nombre d'heures d'usage (C_{do}) :**

Ce coût est le rapport entre le coût de la défaillance et le nombre d'heures d'usage entre 2 défaillances

$$C_{do} = \frac{q+P}{MTBF+MTTR} \quad (2 - 2)$$

La valeur de q dépend du niveau de maintenance corrective réalisé sur l'équipement. Ce niveau est défini par la norme NF X 60-010 AFNOR.

➤ **Coût cumulé de défaillance de l'équipement incriminé pour un temps d'exploitation t :** il est donné par la formule

$$C_{dc} = \frac{q+P}{MTBF+MTTR} \times t \quad (2 - 3)$$

b. Coût d'indisponibilité d'une unité de production

Considérons le profit ou marge brute d'une entreprise. (marge bénéficiaire)

Mb=Prix de vente-Coût de revient (de façon simplifiée)

Le prix de vente est fixé par la concurrence mais pour augmenter la marge bénéficiaire on diminue le coût de revient, c'est-à-dire améliorer la maintenance et diminuer le coût d'indisponibilité.

❖ Coûts d'indisponibilité : on distingue 3 groupes

- Les coûts immédiats : Perte de produits non fabriqués ou déclassés, pénalité pour retard, coût de non-qualité.
- Les frais fixes et frais financiers : Marge bénéficiaire perdue, Coût d'amortissement et intérêt d'un emprunt.



-Les coûts pour conséquence grave : Coût induit par un accident et pour cause de défaillance critique.

- ❖ Evaluation des coûts d'indisponibilité d'un outil de production, imputable aux équipements :

La figure suivante donne, en fonction de la disponibilité D d'un outil de production, l'évolution :

-de la valeur du service rendu S (volume d'affaire)

-des coûts d'exploitation Ch,

-de la marge $M_b = S_i - Ch_i$,

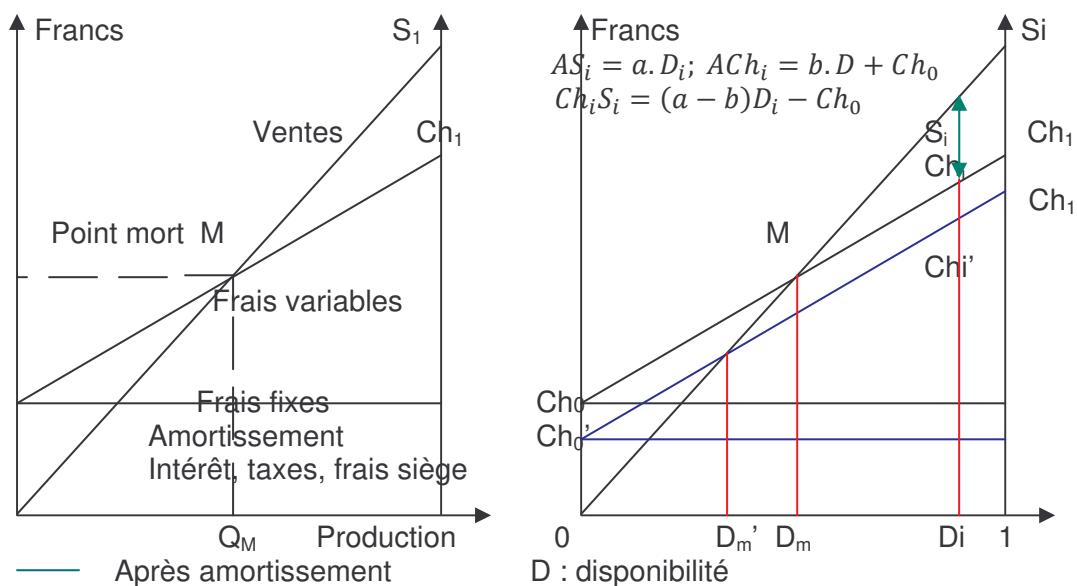


Figure (2-1) : Marge-production et marge-maintenance

$$\text{Perte de marge : } P = Ch_i S_i - Ch_i S_i \quad (2-4)$$

Au point mort M : la marge est nulle, la valeur du service rendu S=coûts d'exploitation Ch et Dm est la disponibilité minimale requise en dessous de laquelle on perd de l'argent.

La variation de marge en fonction de la disponibilité est :

$$\frac{dCh_i S_i}{dD_i} = a - b \quad (2-5)$$

Avec a : pente de la droite de production (S)

b : pente de la droite des dépenses d'exploitation (Ch)

II.2 Coût de maintenance

a - Calcul du coût prévisionnel de maintenance

Cette étude porte uniquement sur les éléments à risques ou éléments critiques. Nous examinons successivement les actions de maintenance préventive et corrective :

- **Coût horaire de maintenance préventive** : comprenant des actions de contrôle, visite, réglage et remplacement préventif.

$$q(\text{mpo}) = \frac{\text{Coût de maintenance préventive (MP)}}{\theta} \quad (2-6)$$



Avec \square : temps de fonctionnement entre deux opérations de MP

➤ **Coût horaire de maintenance corrective**

Deux cas sont envisagés : la réparation « in situ (IS) » et « l'échange standard (ES) »

$$q(iso) = \frac{\text{Coût maintenance corrective in situ}}{MTBF} \quad (2-7)$$

$$q(eso) = \frac{\text{Coût maintenance corrective avec échange standard}}{MTBF} \quad (2-8)$$

➤ **Coût de maintenance par unité de temps et par organe**

$$q_{oi} = \sum q_{oj} \quad (2-9) \quad j = 1 \text{ à } n \quad n : \text{nombre de composants}$$

$$\text{Avec MP et ES : } q_{oi} = q_{(mpoj)} + q_{(esoj)} \quad (2-10)$$

$$\text{Avec MP et IS : } q_{oj} = q_{(mpoj)} + q_{(isoj)} \quad (2-11)$$

➤ **Coût prévisionnel de maintenance d'une unité de production**

$$\text{C'est le coût de maintenance annuel : } Q = \sum q_{oi} \times T \quad i = 1 \text{ à } m \quad (2-12)$$

T : nombre d'heures de production annuelle m : nombre d'organes

$$\text{Si on pose } q_i = q_{oi} \times T, \quad \text{on obtient } Q = \sum q_i \quad (2-13)$$

b - Calcul du coût d'indisponibilité

En principe, l'option échange standard (ES) élimine l'option in situ (IS), donc :

$$P = [TAP_{(MP)} + TAP_{(ES)} \text{ ou } TAP_{(IS)}] \times P_o \quad (2-14)$$

Avec TAP : temps d'arrêt de production

Po : pénalisation horaire ou coût horaire d'indisponibilité.

✓ **Coût d'indisponibilité par organe rapporté à l'unité de temps de marche**

$$\text{Avec MP et échange standard : } Po_i = \frac{P_o \times TAP_{(MP)}}{\theta} + \frac{P_o \times TAP_{(ES)}}{MTBF} \quad (2-15)$$

$$\text{Avec MP et réparation in situ : } Po_i = \frac{P_o \times TAP_{(MP)}}{\theta} + \frac{P_o \times TAP_{(IS)}}{MTBF} \quad (2-16)$$

✓ **Coût d'indisponibilité d'une unité de production**

$$P = \sum Po_i \times T \quad (2-17)$$

Avec T : temps d'exploitation annuel en heures et i = 1 à m où m : nombre d'organes.

$$\text{Si on pose } P_i = Po_i \times T, \quad \text{on obtient } P = \sum P_i \quad (2-18)$$

c - Calcul du coût total des arrêts

Le coût des arrêts rapporté à l'unité de marche et comprenant des actions de maintenance préventive et corrective, s'exprime par la formule générale suivante :

$$C_{dao} = \sum q_{(oi)} + \sum P_{oi} \quad (2-19)$$

II.3 Evaluation du coût global engendrée par la défaillance

Si l'indisponibilité peut coûter cher, la maintenance n'est pas gratuite. Elle consomme des heures de travail de spécialistes, des matières premières, de l'énergie et des pièces de rechange. Elle est également à l'origine d'investissements spécifiques, tels qu'outillages spéciaux, atelier et machines-outils.



La maintenance peut nécessiter également l'acquisition de composants déjà installés, destinée à des échanges standards, afin de diminuer les coûts d'indisponibilité de l'outil de production.

a - Choix entre deux appareils de coûts différents (En échange standard)
Soit le coût global de l'appareil n°1 pour un temps d'exploitation t :

$$C_{dg1} = \frac{(q_1 + P_1)}{MTBF_1} \times t + I_1 \quad (2-20)$$

Et le coût global de l'appareil n°2 :

$$C_{dg2} = \frac{(q_2 + P_2)}{MTBF_2} \times t + I_2 \quad (2-21)$$

I : prix de l'appareil.

Avec $I_2 > I_1$, le choix pourra se porter sur l'appareil n°2 si : $C_{dg2} < C_{dg1}$ (avec temps de retour sur capital acceptable).

b - Choix de l'échelon d'intervention

La tendance sera de pratiquer l'échange standard dans le cas où :

- La MTBF est faible (défaillances fréquentes) ;
- L'opération de rénovation est longue (P_1 élevée) ;
- La durée d'exploitation t est élevée.

Si l'inéquation $\frac{P_1 - P_2}{MTBF} \times t > I$ n'est pas vérifiée, il faut faire le choix d'un autre échelon, si cela est possible.

c - Cas particulier de la redondance

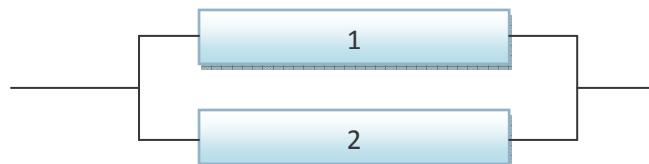


Figure (2-2) : Schéma de deux équipements redondants

L'appareil 2 est sur le circuit de fonctionnement ; il est mis en marche dès l'arrêt de 1. On dit qu'il s'agit d'une redondance passive ou « stand by ». L'investissement I_2 comprend le complément d'installation (génie civil, tuyauteries, câblage, automatismes de démarrage, etc.)

d - Coût de défaillance d'une installation de production

☞ **Le coût de défaillance rapporté à un arrêt s'écrit :** $C_a = \frac{\sum q_i + \sum P_i}{N}$ (2-22)

Avec $\sum q_i$: (main-d'œuvre, pièces, etc.) sur une année,

$\sum P_i$: Pénalisation annuelle, N : nombre d'arrêts sur une année

☞ **Coût moyen horaire de défaillance :** $C_o = \frac{C_a}{MTBF + MTTR}$ (2-23)



☞ **Coût de la maintenance pendant la vie industrielle d'une unité de production :**

$$C = C_o \times t \quad (2-24)$$

Avec le taux d'actualisation i , le nombre d'heures annuel d'exploitation T et le nombre d'années d'exploitation on a finalement :

$$C = \frac{C_o T |(1+i)^n - 1|}{i(1+i)^n} \quad (2-25)$$

II.4 Analyse fonctionnelle appliquée à la gestion de la maintenance

Une fonction est une composante de l'utilité d'une unité de production. On en distingue deux types :

- Les fonctions principales : celles pour lesquelles l'installation a été conçue
- Les fonctions de service : nécessaires aux satisfactions des fonctions principales.

Le processus de l'analyse fonctionnelle comprend trois étapes :

- L'énoncé du service rendu
- Les performances associées à la fonction
- Les coûts de la maintenance

a - L'énoncé du service rendu

Verbe d'action + complément (fournir de l'électricité, Automatiser la centrale, convertir l'énergie, etc.)

b - Les performances associées à la fonction

-Premier niveau : l'interruption de la fonction arrête la production ou (et) met en cause la sécurité des personnes ou des biens. On étudie le chemin critique de production (CCP), de sécurité (CCS) et le chemin sous-critique de production (CSCP).

-Deuxième niveau : fiabilité, maintenabilité, disponibilité des éléments composants et sûreté.

La fiabilité et l'indisponibilité d'une chaîne de composants sont données par les formules :



Montage	Fiabilité	Indisponibilité
En série	$R_e = R_1 \cdot R_2 \dots R_n$	$I_d = \frac{MTTR}{MTBF + MTTR}$ $I_{de} = I_{d1} + I_{d2} + \dots + I_{dn} - I_{d1} \cdot I_{d2} \dots I_{dn}$ <p>Le produit est en général négligé:</p> $I_{de} = I_{d1} + I_{d2} + \dots + I_{dn}$
En redondance	$R_e = 1 - (1 - R_1) \dots (1 - R_n)$ $R_e = 1 - (1 - R)^n$	$I_{dr} = I_{d1} \cdot I_{d2}$ $Pour R_1 = R_2 = \dots = R_n = R \quad I_{dr} = I_d^2$ $R_e = 1 - \prod(1 - R_n)$

Tableau (2-1) : Formule de fiabilité et indisponibilité



L'analyse fonctionnelle sera appliquée à tout équipement, service ou procédé pris dans son ensemble, puis de proche en proche, à tous les éléments qui le composent. Le schéma global de cette analyse est :

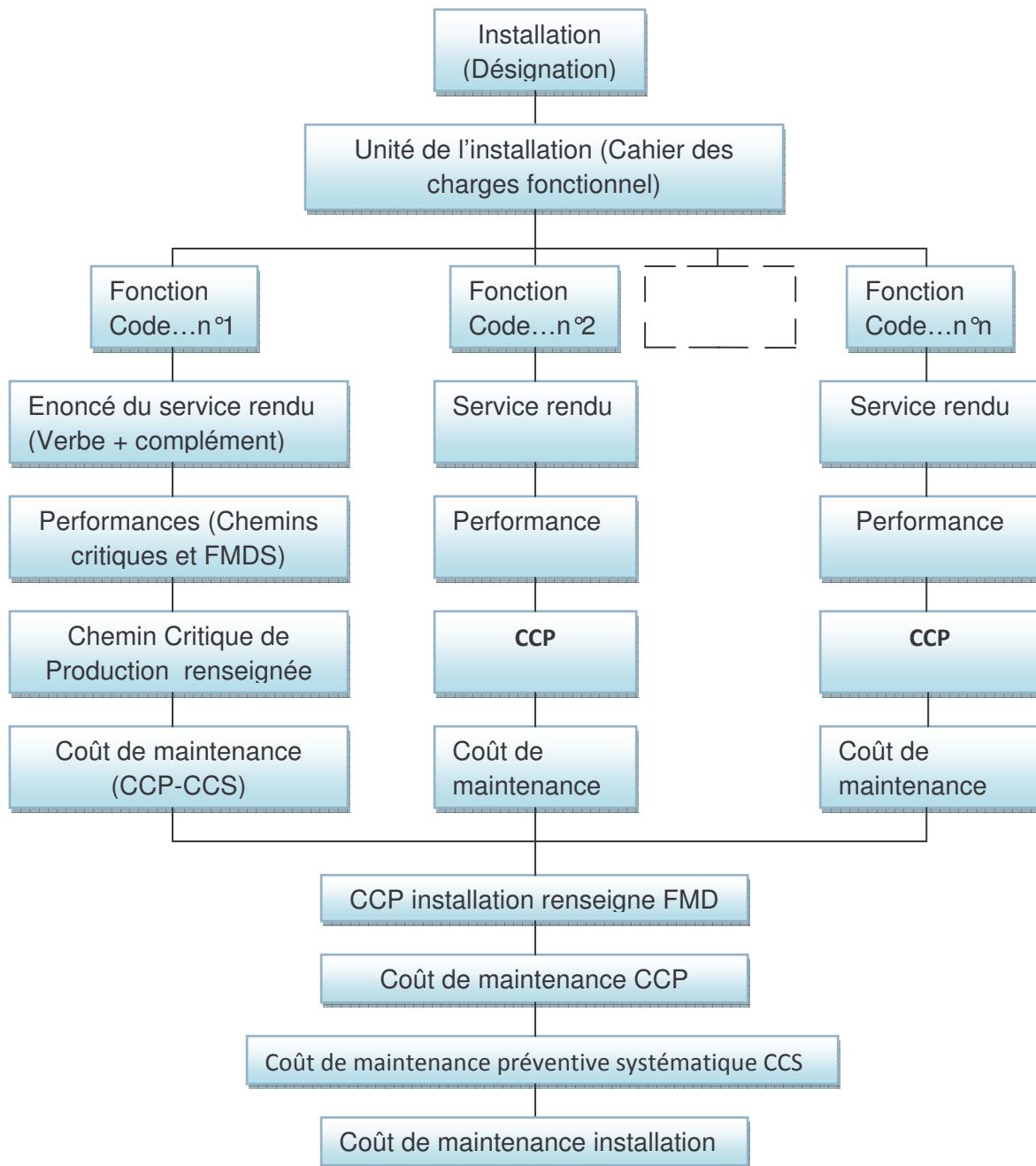


Figure (2-3) : Analyse fonctionnelle appliquée à la maintenance

Coût de défaillance associé à un composant : Avec t : temps d'amortissement comptable et $q_{eso} = q_{iso} + q_{dro}$ où q_{dro} est le coût de remontage et démontage, le tableau donne les coûts :

Action avec échange standard	$C_{do1} = q_{mpo} + q_{eso} + P_{eso} + \frac{I}{t}$
Action corrective in situ	$C_{do2} = q_{mpo} + q_{iso}$

Tableau (2-2) : Coût de défaillance associé à un composant



CHAPITRE

3

MÉTHODES D'INFORMATISATION

III.1 Suivi des équipements industrielsa - Problématiques et suivi de documentation

Problématiques : Dans le but d'informatiser le suivi des équipements industriels, on doit résoudre le problème d'identification qui est la recherche de techniques d'établissement d'une arborescence allant de la centrale jusqu'à ses pièces élémentaires. Trois éléments doivent être identifiés successivement à chaque niveau d'un processus de production :

- L'emplacement fonctionnel
- Le type d'équipement qui s'y trouve (type de machine, numéro de pièce...)
- Le numéro de l'équipement lui-même (numéro de série)

Suivi de documentation : C'est le domaine où l'informatique devrait pouvoir apporter le plus dans les années qui viennent. La documentation actuelle que l'entreprise détient peut être détaillée mais n'est pas tenue à jour. La documentation est constituée de trois types :

- ☞ Tableau de composition illustrée
- ☞ Schémas
- ☞ Nomenclature

Plusieurs techniques permettent efficacement de gérer (enregistrer, mettre à jour...) ces documents de façon normative :

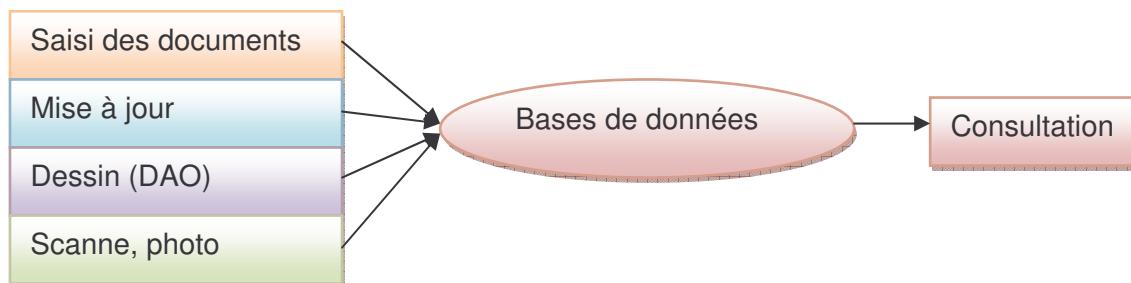


Figure (3-1) : Structure d'informatisation de documents

b - Suivi budgétaire des équipements et historiques

Suivi budgétaire des équipements : c'est une des tâches effectuées par l'informaticien au niveau de la maintenance. Plus souvent on donne ce travail aux comptables de l'entreprise et on aboutit toujours à des listes inexploitables à chaque fin du mois. La nécessité d'ajouter à chaque ordre de travail ou bon de sortie du magasin un code analytique en rapport avec l'organisation concrète de la maintenance est un concept technique, donc ce suivi appartient aux services maintenance.

Historiques : ce sont les enregistrements machine par machine des incidents et des travaux effectués. Ils contiennent les informations suivantes : nature de tâche ou incident, total de



temps passés, pièces de rechange consommées, référence de bon de travaux et l'intervenant.

c - Suivi des incidents et AMDEC

Suivi des incidents : c'est une tâche qui présente des difficultés pour son informatisation, il peut être écrit en clair et également codifié (codification des natures d'incident et codification d'origine d'incident). Il convient ainsi d'enregistrer les minimums d'information tels que :

- ❖ Le numéro de la machine concernée, date et heure de l'incident.
- ❖ La durée de réparation et le résumé sommaire de l'incident.

AMDEC : Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et leur criticité. C'est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production. L'AMDEC facilite le problème d'enregistrement et codification des pannes. Voici l'établissement du méthode

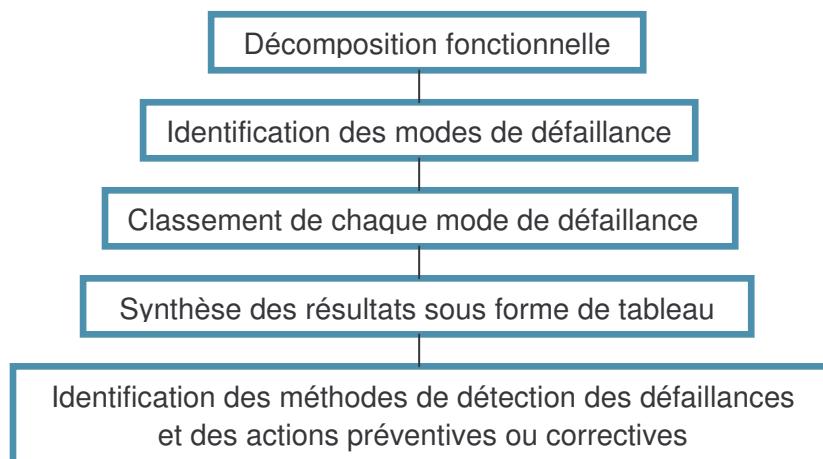


Figure (3-2) : Méthode AMDEC

L'esprit d'analyse afin de qualifier les résultats doit rechercher les causes de défaillance et recenser les défaillances potentielles. Les responsables de maintenance porteront son attention sur :

- La gravité (G)
- La fréquence (F)
- La détection (D)

De la défaillance, et qui peuvent être exprimer par le grandeur de la criticité : $C=G.F.D$ où les grandeurs G, F et D se définissent dans les tableaux ci-dessous :

Indice de fréquence F

F Fréquence d'apparition de la défaillance	
1	Défaillance pratiquement inexistante sur des installations similaires en exploitation, au plus un défaut sur la durée de vie de l'installation



2 Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple : un défaut par an) ou Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions sont théoriquement réunies pour prévenir la défaillance, mais il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire.
3 Défaillance occasionnellement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation (ex : un défaut par trimestre)
4 Défaillance fréquemment apparue sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant en exploitation (ex : un défaut par mois) ou Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions ne sont pas réunies pour prévenir la défaillance, et il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire

Tableau (3-1) : Indice de fréquence F

Indice de gravité G : avec TI est le temps d'interruption

G Gravité de la défaillance
1 Défaillance mineure aucune dégradation notable du matériel (ex : $TI \leq 10\text{min}$)
2 Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée (ex : $10\text{min} < TI \leq 30\text{min}$)
3 Défaillance majeure nécessitant une intervention de longue durée (ex : $30\text{min} < TI \leq 90\text{min}$) ou Non-conformité du produit, constatée et corrigée par l'utilisateur du moyen de production
4 Défaillance catastrophique très critique nécessitant une grande intervention (ex : $TI > 90\text{min}$) ou Non-conformité du produit, constaté par un client aval (interne à l'entreprise) ou Dommage matériel important (sécurité des biens)
5 Sécurité/Qualité accident pouvant provoquer des problèmes de sécurité des personnes lors du dysfonctionnement ou de l'intervention ou Non-conformité du produit envoyé en clientèle

Tableau (3-2) : Indice de gravité G

Indice de non-détection D

D Non-détection de la défaillance
1 Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production
2 Il existe un signe avant-coureur de la défaillance mais il y a risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur. La détection est exploitable
3 La cause et/ou le mode de défaillance sont difficilement décelables où les éléments de



détection sont peu exploitables. La **détection est faible**

- 4 Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise : il s'agit du cas **sans détection**

Tableau (3-3) : Indice de non-détection

d - Suivi de la disponibilité et maintenance

Suivi de disponibilité : Le suivi de l'utilisation d'une machine est la compensation naturelle du suivi des interventions : c'est l'efficacité opposé au coût. La disponibilité d'un équipement est un engagement du service maintenance vis-à-vis du service production.

On enregistre tous les événements avec des codes : détection des pannes, arrêt, appel du service entretien, arrivée du dépanneur, interruption (reprise et fin) de l'intervention, remise en route pour réglage et production. A partir de ces informations, on peut obtenir un tableau par équipement analysant les différentes valeurs classiques : MTBF, MTTR...

Le graphe associé au tableau donne l'évolution du taux de disponibilité par rapport à celui qui était prévu :

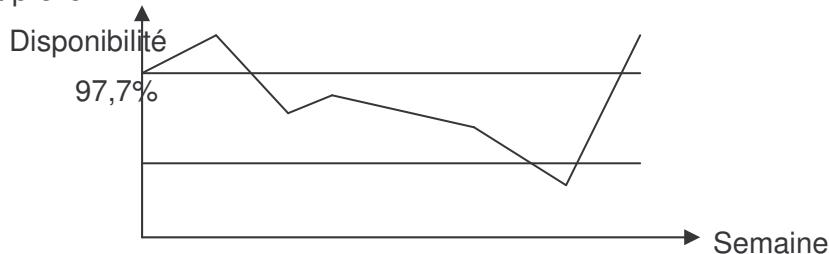


Figure (3-3) : Courbe de disponibilité d'une machine

Suivi de maintenance : le schéma récapitulatif après une abstraction fonctionnelle du système est :

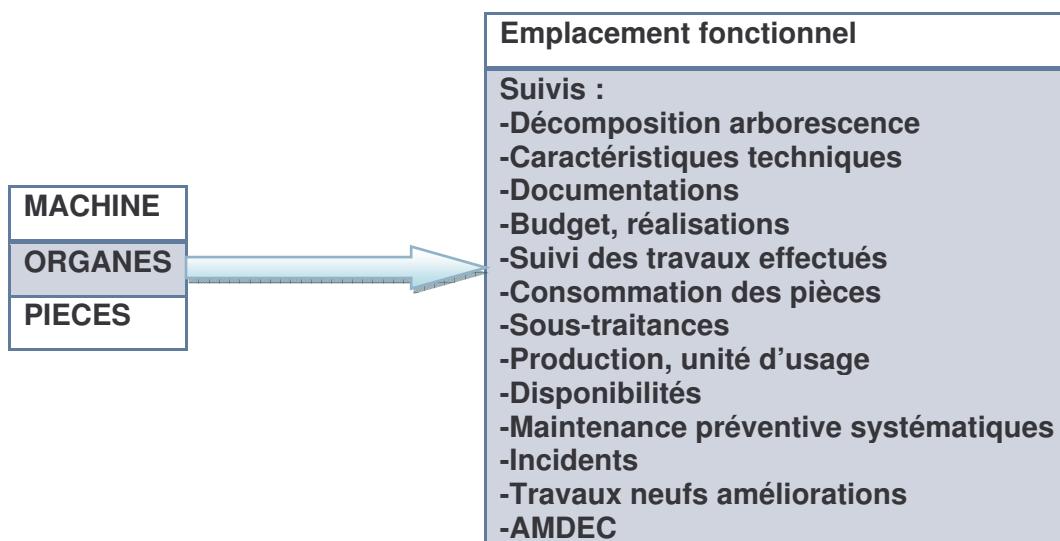


Figure (3-4) : Schéma récapitulatif du suivi de maintenance

III.2 La gestion du stock de pièces de rechange

La gestion du stock de pièces de rechange informatisée est souvent dédiée aux services comptables et approvisionnement mais pour donner une amélioration plus technique on peut



la confier au service maintenance. La gestion doit s'appuyer sur un fichier de nomenclature véritable et fichier d'identification des pièces qu'elles soient ou non approvisionnées en magasin.

a - Technique d'identification

La norme AFNOR (association française de normalisation) consiste à identifier chaque type de pièce de rechange par :

- L'association d'un numéro (ou sigle) de fabricant avec une nomenclature interne d'entreprise pour des pièces banales.
- Ou en remplaçant alors le code fabricant par codifications normalisées lorsqu'elles existent (normes AFNOR, DIN, etc.)

b - Informations sur les nomenclatures

Les informations de nomenclature se résument sur le tableau suivant :

Famille et sous famille d'articles selon une classification fonctionnelle	
Descriptif de la pièce	
Caractéristiques d'approvisionnement (type d'approvisionnement, unité de facturation, etc.)	
Caractéristiques comptables (immobilisation ou non)	
Caractéristiques consommation (pièces de sécurité, réparable ou non, unité de compte, etc.)	
Caractéristiques de transport (emballage, poids, etc.)	
Applicabilité de la pièce aux machines	
Les sous-ensembles de cette pièce	
Les interchangeabilités avec d'autres pièces	
Les fournisseurs de cette pièce	

Tableau (3-4) : Informations sur les nomenclatures

III.3 La gestion de tâches de maintenance

C'est une des premières préoccupations d'un chef de service d'entretien. Dans tout système informatique se trouve la gamme théorique des travaux. Un fichier analyse chacune des tâches du service de maintenance en précisant pour chaque tâche : les machines concernées, la partie de la machine concernée (sous-ensemble), les spécialités professionnelles intéressées par cette tâche, le temps standard dans les conditions réelles de l'entreprise, la nécessité ou non d'un arrêt de la machine, le niveau d'intervention, les pièces de rechange nécessaires et leur quantité (obligatoirement ou éventuellement), l'outillage nécessaire et sa quantité, les matériels de servitude nécessaire, les références de documentations techniques, les consignes les plus importantes (sécurité, risque, etc.).

En outre, ce fichier doit être décomposé en plusieurs niveaux de tâches de façon à permettre



au préparateur d'appeler automatiquement tout un ensemble de tâches liées les unes aux autres. La gamme des opérations de la maintenance se compose de 4 niveaux d'organisation : la planification, l'ordonnancement, le lancement et l'exécution.

III.4 Planification des interventions

C'est une technique dite réseaux (Diagramme de PERT) permettant de mettre en évidence les relations entre les tâches successives ainsi que les chemins critiques de réalisation des tâches. Avant de construire le diagramme des tâches, il doit :

- Identifier les principales tâches à réaliser
- Calculer la durée nécessaire à la réalisation de chaque tâche
- Lister les données obtenues
- Regrouper les tâches en l'attribuant : une responsabilité, un coût, un temps et une technologie
- Déterminer les activités préalables à chacune des activités

Représentation et règles : Toute tâche a une étape de début et une tâche de fin. Une tâche suivante ne peut démarrer que si la tâche précédente est terminée

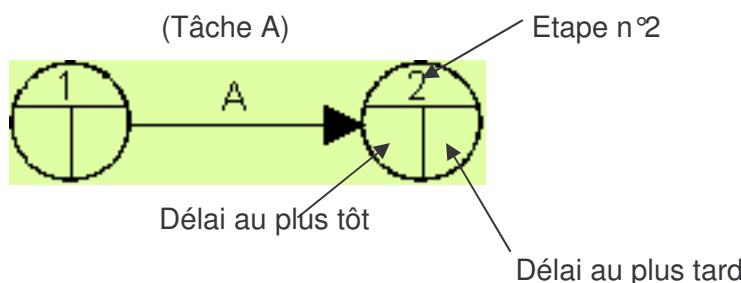


Figure (3-5) : Règles de représentation PERT

- Tâche (activité) : Opération qui utilise des ressources (temps, efforts, coût)
- Tâche fictive : Opération qui ne consomme pas de ressources.

Date au plus tôt de la tâche $j = \text{Max}(\text{date au plus tôt de } i + \text{Durée } Ti,j)$ pour tous les prédécesseurs i de j .

Date au plus tard $i = \text{Min}(\text{Date au plus tard de } j - \text{durée } Ti,j)$ pour tous les successeurs j de i . Un chemin est une série de tâches connectées. Dans la gestion de projet, un chemin critique est une séquence de tâches élémentaires du projet, avec la plus longue durée globale, déterminant ainsi la durée la plus courte possible du projet. Pour toutes les tâches du chemin critique, les dates au plus tôt et au plus tard coïncident.

III.5 La Gestion personnelle

a - Suivi informatique

C'est l'affectation du personnel à des tâches comme on a dans la gestion des tâches de maintenance : cela pourra être de façon autonome. Ce qui suppose qu'on doit avoir un fichier du personnel par équipe, enregistrant les informations minimums suivantes :



Identification (numéro d'identification), spécialité, équipe, les prévisions de congés, les absences et la compétence.

b - Gestion autonome

C'est une technique basée sur le développement des compétences de l'équipe, Il vise à leur donner de l'autonomie pour prendre en charge l'entretien courant et les petites interventions de la maintenance.

La montée en compétence des opérateurs s'est vite fait sentir, à mesure que les équipements qui leur ont été confiés sont sophistiqués. La prise en compte des motivations et les aptitudes des équipes sont également un facteur favorisant le développement de l'autonomie. Les activités consistent à maintenir les équipements en bon état de propreté et de fonctionnement en assurant :

- les inspections nécessaires à la détection d'anomalies et de dysfonctionnements
- la réparation et/ou facilitation des interventions du service maintenance
- mesure et suivi des travaux
- optimisation des procédures, modes opératoire et gammes
- entretien journalier

III.6 Flux d'informations entre application

a - Système informatique

C'est un progiciel, organisé autour d'une base de données, permettant de programmer et de suivre sous trois aspects techniques les informations : budgétaire et organisationnel, des activités du service maintenance et des objets de ces activités.

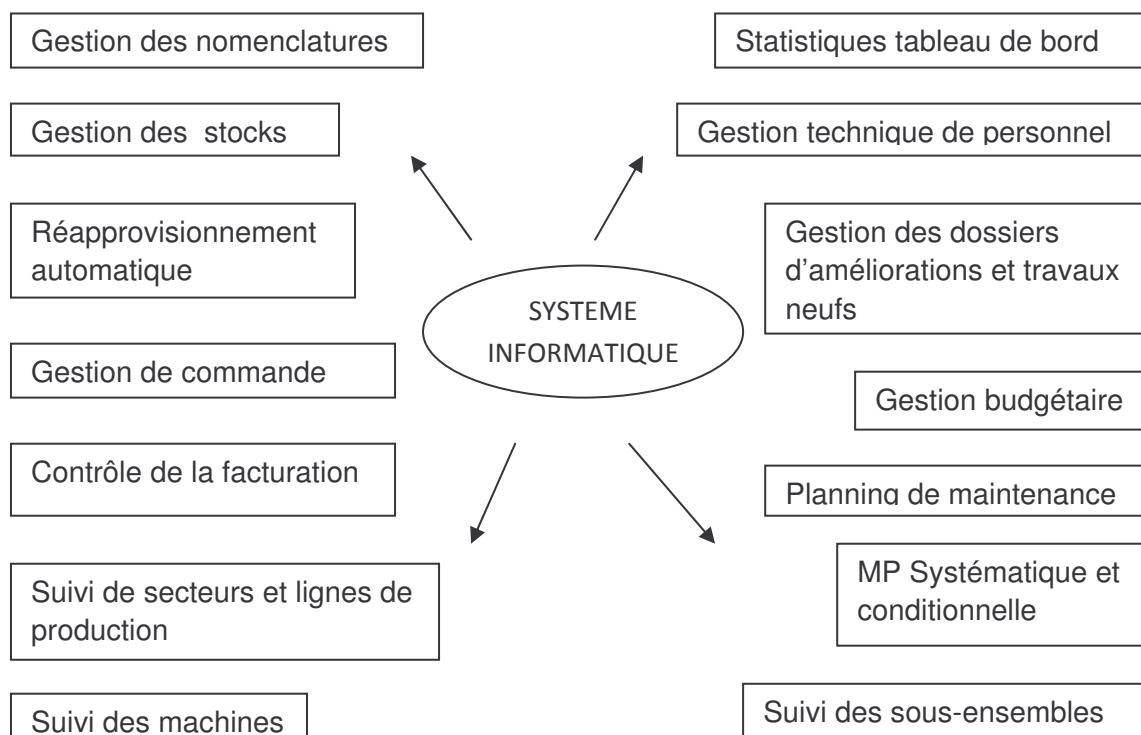


Figure (3-6) : Modèle informatique de la gestion de maintenance



b - Liens entre applications

Des analyses ont montré qu'aucune de ces applications n'était vraiment indépendante et que tout problème de maintenance fait appel, pour être résolu, à des informations de toutes natures. Le tableau ci-dessous représente ces liens entre les diverses applications informatiques d'un service de maintenance :

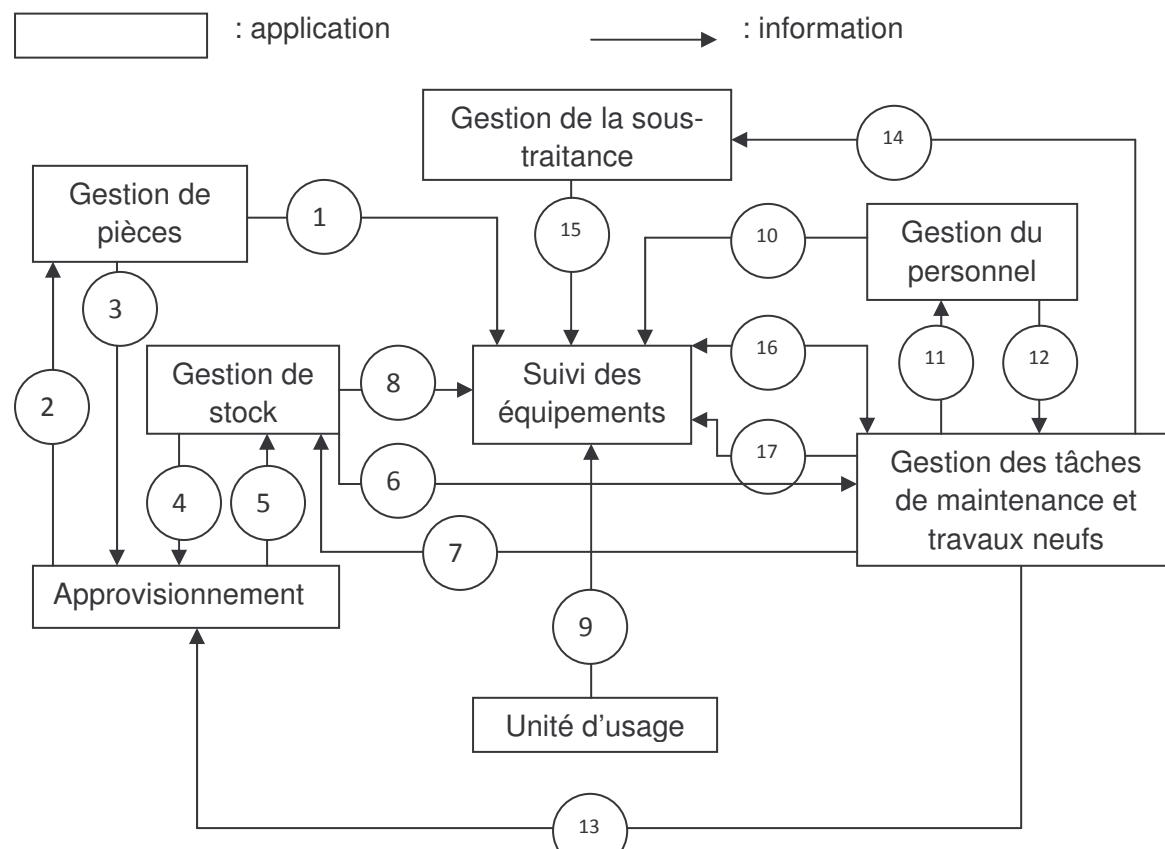


Figure (3-7) : Circuit et flux d'information d'une GMAO

1	Applicabilité des pièces à la machine
2	<ul style="list-style-type: none"> -Interchangeabilité -Catalogue des fournisseurs -Commande effectuée
3	Description des pièces, prix, fournisseurs
4	<ul style="list-style-type: none"> -Demande d'approvisionnement -Franchissement de seuils -Réception en magasin
5	<ul style="list-style-type: none"> -Commandes effectuées -Réception au magasin
6	<ul style="list-style-type: none"> -Existence d'articles en stock -Equipements concernés par une tâche

7	<ul style="list-style-type: none"> -Réservations -Sorties à préparer -Envoi de pièces en magasin suite à une tâche -Transfert à effectuer entre magasins -Fabrication de pièces
8	<ul style="list-style-type: none"> -Imputation des sorties aux équipements -Affectation de sous-ensembles à des équipements -Imputation des sorties aux sous-ensembles -Réintégration de pièces
9	Imputation des unités d'œuvre de production ou des unités d'usage aux équipements
10	Enregistrement du travail par individu et équipe sur un équipement
11	Affectation des tâches aux équipes
12	Prévision de disponibilité du personnel
13	Commande à effectuer pour des tâches particulières
14	<ul style="list-style-type: none"> -Commande de sous-traitance -Suivi des tâches effectuées
15	Affectation des tâches de sous-traitance aux équipements
16	Maintenances préventives à effectuer
17	<ul style="list-style-type: none"> -Affectation des tâches aux équipements -Suivi des incidents par équipement

Tableau (3-5) : légende pour le flux d'information



CHAPITRE 4

MÉTHODES DE CONCEPTION DU LOGICIEL

IV.1 Manipulation d'une base de données

a. Conception d'une base de données

Un modèle de données possède un mode de représentation de l'information selon les composants, ainsi le tableau résumant les composants et ses langages est :

Composants	Langages
Des structures de données	Langage de définition de données
Des contraintes	Langage de définition de données
Les opérations	Langage de manipulation de données

Tableau (4-1) : Langage de création d'une base de données

Les contraintes permettent de spécifier les règles que doivent respecter une base de données. Les opérations sont conçues afin de manipuler les données, interrogation et mise à jour.

La méthode de conception d'une base de données est conçue par le modèle entité et relation. Un schéma est simplement la description des données contenues dans la base. Cette description est conforme à un modèle de données qui propose des outils de description (structures, contraintes et opérations). En fait, dans un SGBD, il existe plusieurs modèles plus ou moins abstraits des mêmes objets :

- Le modèle conceptuel : la description du système d'information
- Le modèle logique : interface avec le SGBD
- Le modèle physique : fichiers.

L'analyse du phénomène réel jusqu'à la construction d'une base de données qualifiée et fiable nécessite une certaine étape :

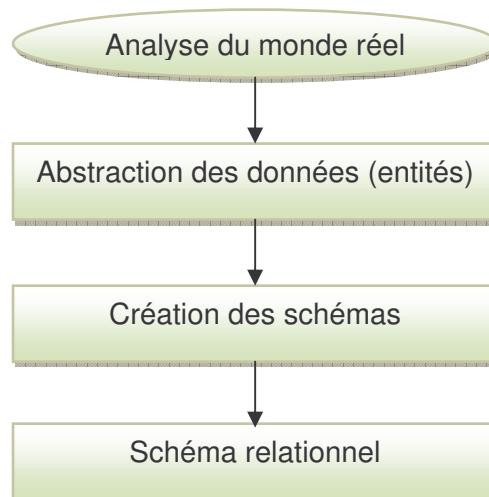


Figure (4-1) : Etape à la construction d'une base de données



La première étape d'une conception consiste à identifier les entités utiles. On peut souvent le faire en considérant quelques cas particuliers. La deuxième est de regrouper les entités en ensembles : en général on ne s'intéresse pas à un individu particulier mais à des groupes. Un schéma E/A (Entité Association) décrit l'application visée, c'est-à-dire une abstraction d'un domaine d'étude. La conception d'un modèle est donc représentée par :

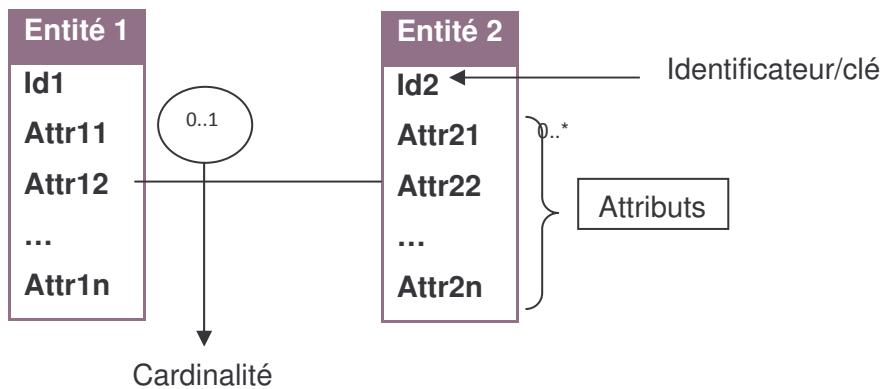


Figure (4-2) : Conception d'un modèle de données

Donnons une définition courte de chaque élément du modèle :

Entité : On désigne par entité tout objet identifiable et pertinent pour l'application, elle contient : son nom, ses attributs (avec domaines) et la clé.

Identifiant/clé : C'est l'élément qui permet de distinguer les entités les unes des autres.

Soit E un type d'entité et A l'ensemble des attributs de E . Une clé de E est un sous-ensemble minimal de A permettant d'identifier une entité sur n'importe quelle extension de E .

Attributs : Ce sont des composantes d'une entité afin de la caractériser. Le choix des attributs relève de la même démarche d'abstraction qui a dicté la sélection des entités. On note alors par $A(e)$ la valeur de l'attribut A pour une entité e appartenant à E .

Cardinalité : C'est la caractéristique de l'association entre les entités. Soit une association $[E_1, E_2]$ entre deux types d'entités. La cardinalité de l'association E_i est une paire $[min, max]$ avec :

-min = nombre minimal de fois où une entité e_i de E_i peut intervenir dans l'association, en général ce nombre est 1 (au moins une fois) ou 0.

-max = nombre maximal de fois où une entité e_i de E_i peut intervenir dans l'association, en général ce nombre est 1 (au plus une fois) ou n noté par le symbole « * ».

Schéma relationnel : Il est un nom suivi de la liste des attributs, chaque attribut étant associé à son domaine. La syntaxe sera : $R (A_1 :D_1, A_2 :D_2, A_3 :D_3\dots)$.

Domaine : c'est un ensemble d'instance d'un type élémentaire comme : réels, chaînes de caractères, binaire...



Relation : C'est un sous-ensemble fini du produit cartésien des domaines des attributs de R.

Le produit cartésien $D_1 \times \dots \times D_{n-1} \times D_n$ est l'ensemble de tous les tuples (v_1, \dots, v_n) où $v_i \in D_i$.

Clé d'une relation : C'est un sous-ensemble des attributs qui permet d'identifier chaque ligne de manière unique.

Tuples : C'est la liste des valeurs (v_1, \dots, v_n) d'un attribut A_i de domaine D_i où $v_i \in D_i$.

Le schéma relationnel est semblable à celui du langage de définition de données, c'est ainsi qu'on doit convertir le schéma entité/association en vue de le pouvoir stocker et manipuler. Le passage d'un schéma E/A au schéma relationnel est résumé dans le tableau suivant :

Méthode	
Entité	<ul style="list-style-type: none"> -Création d'une relation de même nom que l'entité -Chaque propriété de l'entité, y compris l'identifiant, devient un attribut de la relation. -Les attributs de l'identifiant constituent la clé de la relation.
Cardinale 1 à plusieurs (binaire)	<ul style="list-style-type: none"> -Création des relations R_A et R_B correspondant aux entités A et B -L'identifiant de B devient un attribut de R_A
Cardinale de plusieurs à plusieurs (binaire)	<ul style="list-style-type: none"> -Création des relations R_A et R_B correspondant aux entités A et B -On crée une relation R_{A-B} pour l'association -La clé de cette relation est la concaténation des clés des relations R_A et R_B -Les propriétés de l'association deviennent des attributs de R_{A-B}
Association ternaire	<p>Dans le cas d'association impliquant plus de deux entités, on atteint par des limites du modèle E/A en matière de spécification de contraintes. En première approche, on peut appliquer la règle énoncée précédemment pour les associations binaires et la généraliser.</p>

Tableau (4-2) : Passage d'un schéma E/A au schéma relationnel

b. Opération sur les bases de données

L'algèbre relationnelle est la base d'une opération de la base de données. Il consiste en un ensemble d'opérations qui permettent de manipuler des relations. Ainsi on peut faire l'union, la différence, le produit cartésien et la projection de deux relations.



Figure (4-3) : Opération sur les bases de données

L'algèbre se compose d'un ensemble d'opérateurs, parmi lesquels 5 sont nécessaires et suffisants et permettent de définir les autres par composition. On classifie les opérateurs en :



➤ Opérateur unaire :

-La sélection : Son expression est $\sigma_F(R)$ avec R est la relation à laquelle on applique la sélection et F le critère de sélection dans lequel les tuples extraits doivent satisfaire à la base.

-La projection : Son expression est $\pi_{A_1, A_2, \dots, A_k}(R)$ avec A_1, A_2, \dots, A_k sont les attributs à garder après l'opération. Contrairement à la sélection, on ne supprime pas des lignes mais des colonnes.

➤ Opérateur binaire :

-Le produit cartésien : C'est le premier opérateur binaire le plus important noté X. Prenons deux relations R1 et R2.

R1	A1	A2	R2	B1	B2	R1×R2	A1	A2	B1	B2
a	b		c	d		a	b	c	d	
x	y		x	Y		a	b	u	v	

Tableau (4-3) : Produit de deux relations

-L'union : L'expression $R \cup S$ crée une relation comprenant tous les tuples existant dans l'une ou l'autre des relations R et S.

-La différence : Elle s'applique à deux relations qui ont le même schéma. L'expression $R-S$ a pour résultat tous les tuples de R qui ne sont pas dans S.

IV.2 SGBD relationnelles Access

Un système de gestion de BD relationnelles (SGBDR) est un logiciel standard qui repose sur les principes du modèle relationnel. Un SGBDR propose les trois principales fonctions suivantes :

Composants	Langages	Caractéristiques
Des structures de données	Langage de définition de données	Sous forme de relations
Des contraintes	Langage de définition de données	Sous forme de relations
Les opérations	Langage de manipulation de données	Langage déclaratif

Tableau (4-4) : Les trois principales fonctions d'un SGBDR

Définition des données : Un SGBDR offre à l'utilisateur un langage permettant de décrire un schéma de BD. Ce schéma comportant un ensemble de relations, l'utilisateur spécifie les propriétés de chacune d'elles, notamment les attributs et leur type, la clé primaire et, le cas échéant, les clés étrangères et les contraintes d'intégrité.

Manipulation des données : Quel que soit le type de langage offert (graphique ou formel), un SGBD doit permettre de consulter et mettre à jour les tables de la BD. Il s'agit de



langages déclaratifs avec lesquels on « déclare » ce que l'on veut obtenir dans la BD sans spécifier d'algorithme. Au-delà du standard SQL, on rencontre depuis quelques années des langages de requêtes graphiques, notamment dans des logiciels pour micro-ordinateurs. Chaque fois que l'intégrité des données peut être altérée par des requêtes de mise à jour, le SGBDR garantit que les opérations s'exécutent en préservant la cohérence des données, conformément au schéma de la base.

Administration des données : Cette fonction permet à un administrateur des données de faire évoluer la description des données pendant l'exploitation de la BD. Bien entendu, le SGBDR veille à ce que toute évolution du schéma soit compatible avec les données contenues dans la base.

Le logiciel Access : Il offre un environnement complet de développement sous Windows. Pour créer une BD, l'utilisateur saisit les schémas des différentes relations au travers d'une interface graphique « ad-hoc ». Les contraintes d'intégrité référentielles sont spécifiées sous forme de liens entre les relations. La saisie des n-uplets dans les relations s'effectue soit directement par des grilles de saisie standard, soit grâce à des formulaires que l'utilisateur doit spécifier à partir des schémas des relations. Pour manipuler les relations, le logiciel propose une interface.

IV.3 Elaboration d'une application

En Access, on appelle application les liaisons entre les objets pour créer un système cohérent dans le but de faciliter l'utilisation d'une base de données. Les objets sont des fichiers d'une base de données (.MDB) tels que : Tables, requêtes, formulaires, états, macros, modules. Les objets en bleu sont des objets auxiliaires et les rouges sont les objets contrôlés.

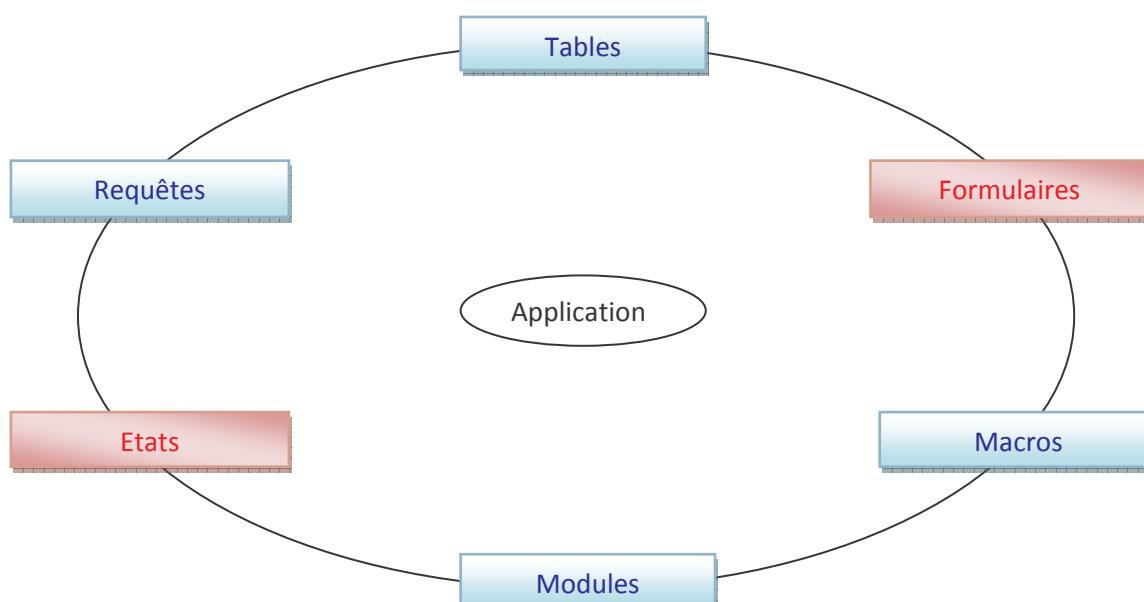


Figure (4-4) : Liaisons entre les objets d'une application



Plus précisément, les objets auxiliaires contrôlent les formulaires et les états selon la figure suivante :

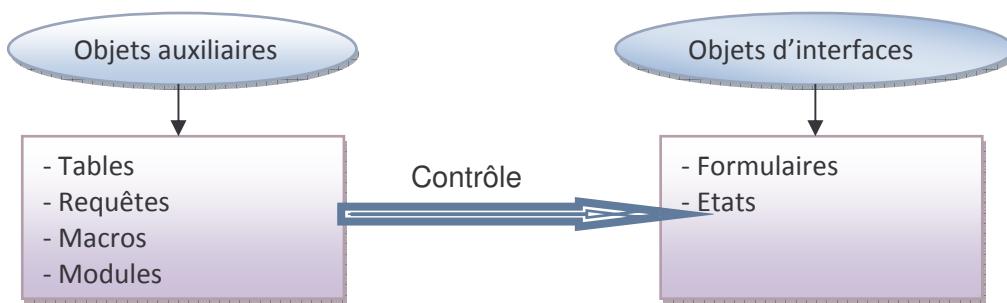


Figure (4-5) : Contrôle d'une application

Pour mettre plus de clarté, nous allons définir un à un les différents types d'objets :

Table : C'est un fichier qui contient des informations rangées en enregistrements (lignes).

Requête : C'est un petit programme que l'utilisateur crée sans s'en rendre compte et qui permet d'extraire ou de traiter, par le biais de paramètres, un ensemble d'enregistrements appartenant à une table spécifiée.

Formulaire : C'est un écran de saisie créé par l'utilisateur. Il permet d'avoir des écrans de saisie personnalisés et de charger la mise à jour des données.

Etat : Il permet de faire une impression personnalisée d'une table.

Macro : Une macro est utilisée pour effectuer une série d'actions ou un groupe de macros pour réaliser des séries d'actions associées. Les macros peuvent être contenues dans :

- Des objets macro (macro autonome)
- Les propriétés d'événement de formulaires, d'états ou de contrôles

Une macro incorporée fait partie de l'objet ou du contrôle dans lequel elle est incorporée.

Module : C'est le lieu de stockage des codes Access Basic. Il permet d'organiser les procédures et comporte une seule section de déclarations avec les procédures qu'on insère.

La réponse à un événement se résume comme suit :

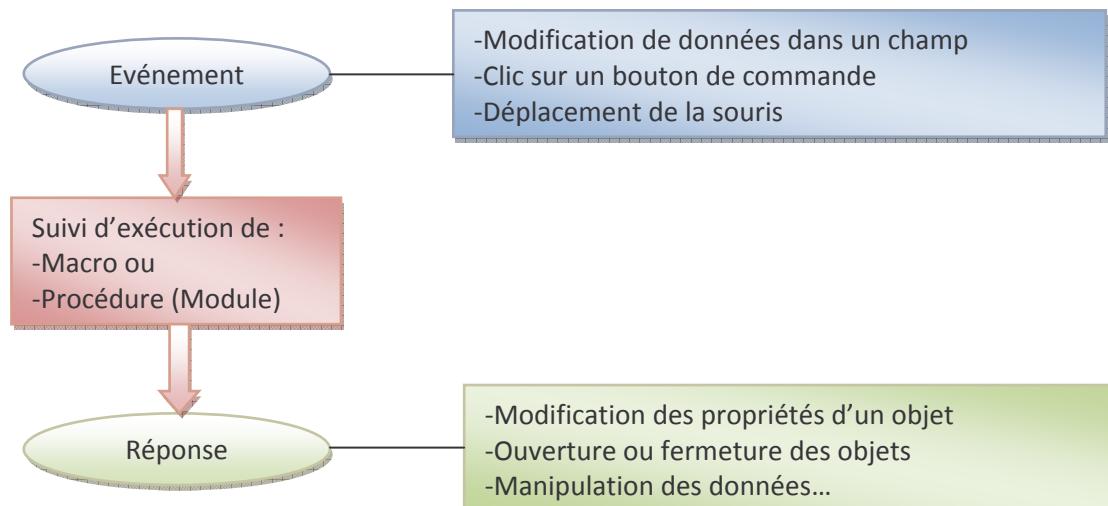


Figure (4-6) : Evénement et réponse



IV.4 Application multiutilisateur

La distribution de l'application sur le réseau consiste à diviser la base de données en deux :

- Une base de données (DATA.MDB) qui contient uniquement les tables sur le serveur. Toutes les données de l'utilisateur sont enregistrées dans les tables de la base de données.
- Une base de données application (APP.MDB) contenant tous les formulaires, requêtes, états, macros et modules de l'application. La base de données application contient des tables attachées aux tables de la base de données. On distribue des copies de la base de données application aux utilisateurs.

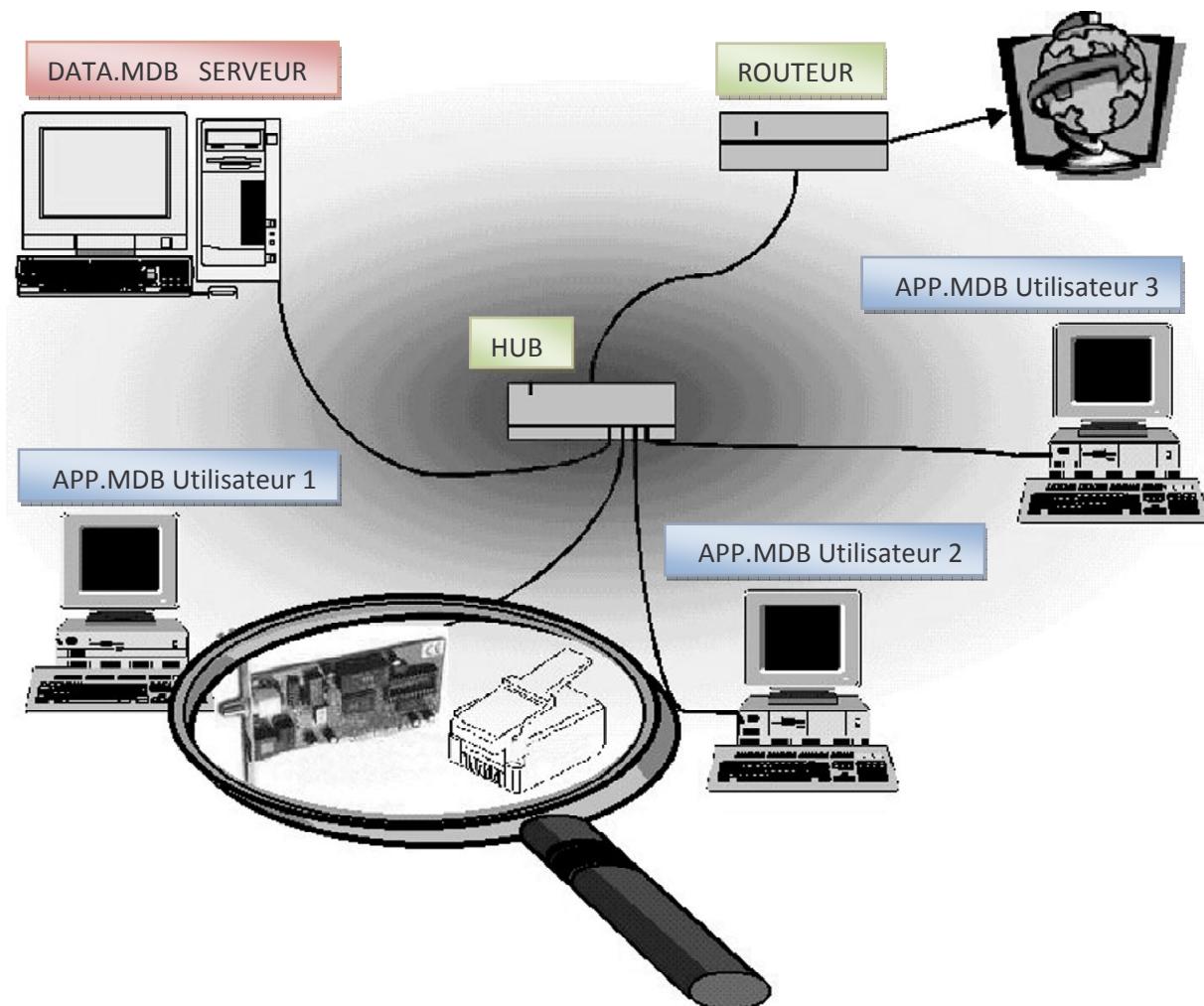


Figure (4-7) : Distribution de l'application sur un réseau

Puisque nous savons dès le début que nous allons scinder notre application en deux fichiers de base de données, nous pouvons la développer de cette manière. Nous pouvons aussi conserver les tables et les objets dans le même fichier et n'effectuer la séparation que lorsque nous avons terminé et prêt à distribuer l'application.



PARTIE III

APPLICATION ET RÉALISATION

CHAPITRE
1

**SYSTÈME DE CODIFICATION
ET PLANIFICATION DE LA MAINTENANCE**

I.1 Système de codification

a) Machine :

La codification des machines et des équipements sur l'installation est basée sur l'abréviation plus parlante de chaque machine en deux ou trois lettres. Ces lettres sont codées ensuite en fonction de leur rang dans l'installation. Par exemple, le premier transformateur sur l'installation aura pour code TR01. Le rang peut être significatif pour un équipement qui se trouve sur piste. Par exemple, le code TR21 signifie que c'est le transformateur qui se trouve dans la poste n°2 à l'extérieur du bâtiment de la centrale. Voici les codes des équipements vitaux de l'installation :

Transformateurs centrale	TR01, TR02, TR03, TR04
Transformateurs au bord de la piste (poste1, 2, 3)	TR11, TR21, TR31
Groupes électrogènes	GR1, GR2
Automates programmables industriels	API1, API2, APIS
Alimentation sans interruption	ASI
Armoires électriques moyenne tension	AMT
Armoires électriques basse tension	ABT
Filtre actif	FA
Synoptique mural	SM
Pilotage des voyants synoptiques	PVS
Ordinateur de supervision	ORS

Tableau (1-1) : Codification des machines

b) Sous-ensemble :

On codifie les sous-ensembles de la manière suivante :

« Abréviation de nom du sous-ensemble en trois ou quatre lettres / Code machine »

Voici quelques sous-ensembles des équipements de l'installation :

Organes de sécurité électrique du transformateur	OSE/TR01
Dispositifs de protection mécanique du transformateur	DPM/TR03
Traversée MT/BT	TRV/TR01
Alternateur du groupe	ALT/GR1
Moteur du groupe	MOT/GR2
Commande du groupe	COM/GR2
Redresseur de l'ASI	RED/ASI
Onduleur de l'ASI	OND/ASI
Batterie de l'ASI	BAT/ASI



Unité centrale d'ordinateur	UCO/ORS
Ecran	ECR/ORS
Disjoncteurs	DIS/ABT
Câbles MT	CAB/AMT
Contacteurs	CON/ABT

Tableau (1-2) : Codification des sous-ensemblesc) Pièce :

La codification des pièces est :

« Abréviation du nom de la pièce / Code sous-ensemble / Code machine »

Transformateur :

Thermostat	THE/OSE/TR01
Fusible	FUS/OSE/TR01
Capot	CAP/DPM/TR01
Verrouillage	VER/DPM/TR01
Rétention	RET/DPM/TR01
Accessoires divers	ACD/TRV/TR01

Tableau (1-3) : pièces sur le transformateur

Alternateur :

Ensemble stator	STA/ALT/GR1
Ensemble rotor (arbre et masse polaire bobinée)	ROT/ALT/GR1
Turbine	TUR/ALT/GR1
Disque d'équilibrage	DQE/ALT/GR1
Clavette de bout d'arbre principal	CBA/ALT/GR1
Borne de masse	BDM/ALT/GR1
Flasque côté accouplement	FCA/ALT/GR1
Vis de fixation du flasque	VFF/ALT/GR1
Rondelle frein	RFR/ALT/GR1
Grille de protection de sortie d'air	GPS/ALT/GR1
Vis de fixation de la grille de sortie d'air	VFG/ALT/GR1
Flasque côté excitatrice	FCE/ALT/GR1
Partie avant du capotage	PAC/ALT/GR1
Partie supérieure du capotage	PSC/ALT/GR1
Vis d'assemblage du capotage	VAC/ALT/GR1
Roulement avant	RLA/ALT/GR1
Vis de fixation de chapeau intérieur	VFC/ALT/GR1
Chapeau intérieur	CHI/ALT/GR1
Roulement arrière	RAR/ALT/GR1
Rondelle Borrelly	RBO/ALT/GR1
Carcasse d'excitatrice	CAE/ALT/GR1
Induit d'excitatrice	IEX/ALT/GR1
Disque porte-diode équipé	DPD/ALT/GR1
Platine de compoundage	PDC/ALT/GR1
Transformateur de compoundage	TDC/ALT/GR1



Isolateur	ISO/ALT/GR1
Régulateur	REG/ALT/GR1
Potentiomètre	POT/ALT/GR1
Pont d'alimentation triphasé	PAT/ALT/GR1
Circlips du roulement avant	CRA/ALT/GR1
Croissant avec diodes directes	CDD/ALT/GR1
Croissant avec diodes inverses	CDI/ALT/GR1
Joint torique du palier arrière	JTP/ALT/GR1
Partie arrière du capotage	PAC/ALT/GR1
Panneau latéral du capotage	PLC/ALT/GR1
Porte de visite	PDV/ALT/GR1

Tableau (1-4) : Codification des pièces sur l'alternateurMoteur diesel :

Cylindre de frein moteur	CFM/MOT/GR1
Tubulure entre turbocompresseur et refroidisseur	TTR/MOT/GR1
Jauge d'huile	JDH/MOT/GR1
Tubulure d'admission d'air	TAA/MOT/GR1
Tubulure d'échappement du liquide de refroidissement	TEL/MOT/GR1
Ventilateur à visco-coupleur	VVC/MOT/GR1
Conduite d'arrivée du liquide de refroidissement	CAL/MOT/GR1
Carter d'huile	CDH/MOT/GR1
Démarreur	DEM/MOT/GR1
Turbine de turbocompresseur	TDT/MOT/GR1
Œillet AV de suspension	OAV/MOT/GR1
Conduite d'aspiration d'air	CAA/MOT/GR1
Double filtre à carburant	DFC/MOT/GR1
Œillet AR de suspension	OAR/MOT/GR1
Pompe manuelle à carburant	PMC/MOT/GR1
Conduite d'écoulement du liquide de refroidissement	CEL/MOT/GR1
Cylindre de la tringlerie de régulation	CTR/MOT/GR1
Préfiltre à carburant	PAC/MOT/GR1
Pompe d'injection	PDI/MOT/GR1
Séparateur d'huile	SDH/MOT/GR1
Tubulure de versement d'huile	TVH/MOT/GR1
Galet tendeur avec rattrapage de la courroie	GTR/MOT/GR1
Filtre à huile	FAH/MOT/GR1
Vis de purge du filtre à huile	VPF/MOT/GR1
Collecteur AV d'échappement	CAV/MOT/GR1
Collecteur AR d'échappement	CAR/MOT/GR1
Compression d'air	CDA/MOT/GR1
Couvre-culasse	CCU/MOT/GR1
Clapet de frein-moteur	CDF/MOT/GR1
Volant	VOL/MOT/GR1
Volute de compresseur	VDC/MOT/GR1



Volute de turbine	VDT/MOT/GR1
Collecteur d'échappement	CDE/MOT/GR1
Culasse	CUL/MOT/GR1
Dispositif de rattrapage de courroie d'alternateur	DRC/MOT/GR1
Conduite de retour d'huile	CRH/MOT/GR1
Conduite d'arrivée d'huile du turbocompresseur	CAH/MOT/GR1
Tubulure d'échappement du carter de pompe du liquide	TEC/MOT/GR1
Tube pour aspiration d'huile	TAH/MOT/GR1
Alternateur	ALT/MOT/GR1
Poulie de pompe de liquide de refroidissement	PPL/MOT/GR1
Entrée d'air dans le turbocompresseur	EAT/MOT/GR1
Piston	PIS/MOT/GR1
Conduite de fuite de carburant	CFC/MOT/GR1
Conduite de refoulement de carburant	CRC/MOT/GR1
Soupe d'admission	SDA/MOT/GR1
Soupe d'échappement	SDE/MOT/GR1
Support de culbuteur	SDC/MOT/GR1
Clapet d'étranglement de frein moteur	CEF/MOT/GR1
Poussoir	POU/MOT/GR1
Carter de distribution	CDD/MOT/GR1
Pignons de régulateur d'injection	PRI/MOT/GR1
Pignons d'arbre à cames	PAC/MOT/GR1
Pignon de vilebrequin	PDV/MOT/GR1
Roue d'entraînement de pompe à huile	TEP/MOT/GR1
Volant avec couronne dentée de démarrage	VCD/MOT/GR1
Pompe à huile	PAH/MOT/GR1
Injecteur d'huile	IDH/MOT/GR1
Tube de guidage de jauge	TGJ/MOT/GR1
Bielle	BIE/MOT/GR1
Tube d'aspiration d'huile	TAH/MOT/GR1
Contrepoids de vilebrequin	CDV/MOT/GR1
Couvre-palier de vilebrequin	CPV/MOT/GR1
Damper	DAM/MOT/GR1
Vilebrequin	VIL/MOT/GR1
Carter-cylindres	CAC/MOT/GR1
Pompe de liquide de refroidissement	PLR/MOT/GR1
Thermostat de liquide de refroidissement	TLR/MOT/GR1
tubulure d'admission d'air	TAA/MOT/GR1
Conduite de liquide de refroidissement	CLR/MOT/GR1
Conduite d'aération (Carter-cylindres)	CDA/MOT/GR1
Contacteur de niveau d'huile	CNH/MOT/GR1
Crépine d'huile	CDH/MOT/GR1
Refroidisseur d'huile	RDH/MOT/GR1
Cylindre (frein-moteur)	CFM/MOT/GR1
Injecteur	INJ/MOT/GR1



suite

Culbuteur	CUL/MOT/GR1
-----------	-------------

Tableau (1-5) : Codification des pièces du moteur d'entraînement de l'alternateur

Le système de codification s'applique à tous les machines et équipements de la centrale.

I.2 Planification de la maintenance préventive

➤ Transformateur

Maintenance	Période	Dernière date	Prochaine date
Contrôle, réparation, modernisation des : - Organes de sécurité électrique (thermostats, buccholz, fusibles, etc.). - Dispositifs de protection mécanique (capots, verrouillages, rétention, etc.). - Traversées MT/BT et accessoires divers.	3mois	02/01/2008	02/04/2008
Réfection de l'étanchéité par remplacement de joints ou soudures.	6mois	03/01/2008	03/07/2008
Nettoyage, reprises de peinture, complément de diélectrique.	12mois	04/01/2008	04/01/2009
Tests de mesures électriques sur transformateur débranché.	6mois	05/01/2008	05/07/2008
Essais d'étanchéité.	3mois	06/01/2008	06/04/2008
Expertise des appareils accidentés et fourniture d'un rapport.	3mois	07/01/2008	07/04/2008

Tableau (1-6) : Planification de la maintenance des transformateurs

➤ Armoires électriques

Toute installation électrique doit être vérifiée périodiquement. Pour la sécurité, par des personnels de maintenance agréés.

Pour la maintenance il est recommandé de **resserrer les câbles périodiquement** pour éviter toute surchauffe des contacteurs électriques, **car les câbles se tassent avec le temps.**

Défaut souvent constaté : les bornes du disjoncteur subissent un échauffement anormal.

La cause a pour origine le raccordement du câble alu dans la borne, avec pour hypothèse : une perte du couple de serrage initial dans le temps par "fluage"

La mauvaise qualité résultante du contact entre la borne et le câble de raccordement peut provoquer une augmentation de la résistance électrique et entraîner un emballement thermique.

Des traces d'arcs électriques et de brûlures seront visibles sur les brins constituant le câble.

Le fluage d'un matériau est un phénomène de déformation irréversible qui augmente avec le temps sous l'effet d'une contrainte constante : c'est le cas des câbles de raccordement électriques serrés dans une borne.

De plus, le passage du courant échauffe le bornage et l'aluminium est un matériau qui a tendance à s'oxyder avec pour conséquence une résistance de contact qui augmente et une température qui s'emballe.

Il est recommandé de vérifier le serrage des bornes périodiquement tous les ans, notamment dans le cas des câbles alu.



➤ Alimentation sans interruption

Le redresseur et l'onduleur ne posent aucun problème mais au niveau des batteries que la maintenance s'accentue :

Maintenance	Période	Dernière date	Prochaine date
Vérification de l'état des bornes de raccordement	1mois	22/02/2008	22/03/2008
Vérification du niveau d'électrolyte	2mois	25/02/2008	25/04/2008
Contrôle de la tension de chaque élément	3mois	26/02/2008	26/05/2008
Nettoyage et vérification des grilles d'entrée et de sortie d'air	1mois	27/02/2008	27/03/2008
Contrôle du fonctionnement de tous les ventilateurs	1mois	28/02/2008	28/03/2008

Tableau (1-7) : Planification de la maintenance de l'ASI

➤ Alternateur

Maintenance	Période	Dernière date	Prochaine date
Vérification de la circulation d'air (Circuit de ventilation)	2mois	21/02/2008	21/04/2008
Contrôle de la température des roulements	2mois	20/02/2008	20/04/2008
Contrôle de bruits et de vibrations	1mois	25/02/2008	25/03/2008
Graissage des roulements	24mois	02/01/2008	02/01/2010

Tableau (1-8) : Planification de la maintenance de l'alternateur

➤ Moteur d'entraînement

Ce sont des moteurs industriels fonctionnant essentiellement en charge et sans longues périodes de marche à vide donc nous choisissons la maintenance suivant les heures de service ou les unités du compteur d'entretien. Tous les travaux de maintenance sont récapitulés sur les plans de travail

Inspection : P =Service d'entretien

W =Service de maintenance

W+Z =Service de maintenance avec travaux supplémentaires

La Planification se résume sur le tableau suivant :

(1 E = 1000 tours du vilebrequin)

Services n°	Inspection	Heures de service (h)	Kilométrage (km)	Compteur (E)	Combustible (L)
1	P	100	5000	10000	2500
2	w	200	10000	20000	5000
3	P	300	15000	30000	7500
4	W+Z	400	20000	40000	10000
5	P	500	25000	50000	12500
6	W+Z	600	30000	60000	15000
7	P	700	35000	70000	17500
8	W+Z	800	40000	80000	20000
9	P	900	45000	90000	22500
10	W	1000	50000	100000	25000
11	P	1100	55000	110000	27500
12	W+Z	1200	60000	120000	30000
13	P	1300	65000	130000	32500



14	W	1400	70000	140000	35000
15	P	1500	75000	150000	37500
16	W+Z	1600	80000	160000	40000
17	P	1700	85000	170000	42500
18	W+Z	1800	90000	180000	45000
19	P	1900	95000	190000	47500
20	W+Z	2000	100000	200000	50000
etc.	P/W/W+Z	Toutes les 100h	Tous les 5000km	Toutes les 1000E	Tous les 2500L

Tableau (1-9) : Planification de la maintenance du moteur

Service entretien P :

1. Vidanger l'huile moteur, remplacer la cartouche de filtre à huile
2. Contrôle et correction du niveau du fluide de refroidissement ; contrôle et correction de l'antigel
3. Courroie trapézoïdale : contrôler l'état, retendre
4. Contrôler, nettoyer le filtre à air (la périodicité peut changer en fonction des conditions de service et du type de filtre)
5. Contrôle de l'étanchéité et de l'état (En tenant compte des points de friction et de pose)
6. Contrôle des batteries et des branchements

Service maintenance W :

1. Vidanger l'huile moteur, remplacer la cartouche de filtre à huile
2. Contrôler, corriger le niveau du fluide de refroidissement ; contrôle et correction de l'antigel
3. Réglage du jeu des soupapes
4. Courroie trapézoïdale : contrôle de l'état, serrage-remplacement
5. Contrôler, nettoyer le filtre à air
6. Contrôle de l'étanchéité et de l'état
7. Contrôler le serrage des vis et écrous. Resserrer si nécessaire (porte-injecteur, vis de pression collecteur et bride d'échappement)
8. Contrôle des batteries et des branchements
9. Régulation du moteur et frein moteur : contrôle de l'état et du réglage
10. Préfiltre à combustible : nettoyage de l'élément filtrant

Travaux supplémentaires Z :

- I. Travaux supplémentaires dépendant des heures et du kilométrage
- A chaque 2^{ème} service entretien**
11. Remplacer les cartouches de filtre à combustible (capacité 0.5L par filtre ou 1L par filtre à huile)



12. Contrôler les supports du moteur (régler les supports réglables)

13. Graissage de l'alternateur

A chaque 3^{ème} service entretien

11. Remplacer les cartouches de filtre à combustible (capacité 1L par filtre)

A chaque 6^{ème} service entretien

14. Graisser la couronne de démarreur sur volant

II. Travaux supplémentaires périodiques :

Tous les deux ans

i. Filtre à air : remplacer la cartouche papier après trois nettoyages, au plus tard tous les 2 ans.

ii. Remplacer le liquide de refroidissement

Tous les quatre ans

Remplacer les durites du système de refroidissement et de chauffage

I.3 Maintenance corrective

On ne planifie pas une maintenance corrective, l'intervention se fait en cas de présence des pannes ou anomalies sur l'installation. Du point de vue électrique ces pannes sont souvent : le défaut d'isolement, le court-circuit, la foudre et la surcharge en intensité ; les remèdes sont les remplacements des câbles ainsi que la mise en place des cartes parafoudres et d'autres appareils de sécurité (fusible, disjoncteur, contacteur, etc.). En ce qui concerne l'électronique et l'informatique, on résout les problèmes en échange standard donc ce n'est pas le grand souci de la société.

Le problème majeur de la société réside sur les groupes électrogènes en cas de pannes car il faut faire un dépannage sur place. Nous présentons quelques pannes et remèdes susceptibles d'arriver sur le groupe :

Alternateur :

Les défauts ayant une manifestation physique extérieure (échauffement, bruit, vibrations...) sont donnés sur le tableau (1-10). Les défauts de tension possibles sont offerts sur le tableau (1-11), Toutes fois il faut s'assurer d'abord ici que les réglages du régulateur ou du système compound n'ont pas été touchés ; car le régulateur ne peut agir que si le système compound donne suffisamment d'excitation et il n'agit que s'il dérive du courant. Dans le cas d'utilisation en monophasé de l'alternateur, il faut toujours vérifier que les fils de détection de la charge venant du régulateur soient bien branchés aux bornes d'utilisation avant la Constatation du défaut.



Les défauts ayant une manifestation physique extérieure

Défaut constaté	Opération à réaliser	Origine du défaut Opération complémentaire
Echauffement excessif du ou des paliers (température supérieure à 80°C sur les chapeaux de roulement, avec ou sans bruit anormal)	Démonter les paliers	<ul style="list-style-type: none"> . Si le roulement a bleui ou si la graisse est carbonisée, changer le roulement . Cage de roulement mal bloquée (tournant dans son emboîtement) . Mauvais alignement des paliers (flasques mal emboîtés)
Echauffement excessif de la carcasse de l'alternateur (plus de 30°C au dessus de la température ambiante)	Regarder: <ul style="list-style-type: none"> . Les entrées et sorties d'air de l'alternateur . Les appareils de contrôle (voltmètre-ampèremètre) 	<ul style="list-style-type: none"> . Circuit d'air (entrée-sortie) partiellement obstrué ou recyclage de l'air chaud de l'alternateur ou du moteur thermique . Fonctionnement de l'alternateur à une tension trop élevée (supérieure à 105% de Un en charge) . Fonctionnement de l'alternateur en surcharge
Vibrations excessives	Vérifier l'accouplement et les fixations des machines	<ul style="list-style-type: none"> . Mauvais alignement (accouplement) . Amortissement défectueux ou jeux dans l'accouplement . Défaut d'équilibrage d'un des éléments de la ligne d'arbre (moteur-alternateur)
Vibrations excessives plus bruit (grognement) provenant de l'alternateur	Arrêter immédiatement le groupe Vérifier l'installation	<ul style="list-style-type: none"> . Marche en monophasé de l'alternateur (charge monophasée ou contacteur défectueux ou défaut de l'installation)
Choc violent, éventuellement suivi d'un grognement et de Vibrations	Remettre en marche à vide; si le grognement persiste: Arrêter immédiatement le groupe électrogène	<ul style="list-style-type: none"> . Court-circuit dans le stator de l'alternateur . Court-circuit sur l'installation . Faux couplage (couplage en parallèle non en phase) <p>Conséquences possibles suivant l'importance du défaut:</p> <ul style="list-style-type: none"> -rupture ou détérioration de l'accouplement -rupture ou torsion des bouts d'arbre -déplacement et mise en court-circuit du bobinage de la roue polaire -éclatement ou déblocage du ventilateur -destruction des diodes tournantes, du régulateur, des ponts redresseurs
Fumée, étincelles ou flammes sortant de l'alternateur + grognement et vibrations	Arrêter immédiatement le groupe électrogène	<ul style="list-style-type: none"> . Court-circuit sur l'installation (y compris entre alternateur et disjoncteur) . Objet tombé dans la machine . Court-circuit ou flash au stator.

Tableau (1-10) : Défauts ayant une manifestation physique extérieure



Défauts de tension sur l'alternateur 1

Défaut constaté	Action	Résultat	Cause / Remède
Absence de tension à vide du démarrage ou tension trop basse à vide	Débrancher le régulateur (bornes 1-, 2+)	La tension monte > Un	1) Mauvais contact liaison pot. Extérieur 2) ou défaut régulateur Changer le régulateur ou brancher le rhéostat
		La tension reste basse	Défaut d'excitation
Tension trop élevée à vide et non réglable pour pot. "Tension" ou potentiomètre ext.	Vérifier s'il n'y a pas de coupure ou mauvais contact dans le circuit de mesure tension	coupure ou mauvais contact	Réparer
		Si pas de coupure : vérifier si le régulateur dérive du courant	Ur ou $i_{rég}=0$ défaut régulateur Ur ou $i_{rég}$ trop élevés : . Court-circuit dans transformateur de compoundage ou mauvais branchement.
Tension bonne à vide mais trop basse en charge	Vérifier si le régulateur dérive du courant à vide et en charge	Le régulateur ne fonctionne pas Ur ou $i_{rég}=0$	Défaut d'excitation
		le régulateur fonctionne Ur=1 à 3V $i_{rég}=0,2$ à 0,5A	si l'alternateur est équipé d'un T.I . Mauvais calibre T.I . Défaut régulateur
Tension bonne à vide mais trop élevée en charge	Vérifier si un câble de puissance ne passe trop près du régulateur	le régulateur fonctionne Ur=1 à 3V $i_{rég}=0,2$ à 0,5A	Eloigner le câble de puissance du régulateur
	Vérifier si le régulateur dérive du courant à vide et en charge	le régulateur fonctionne Ur=1 à 3V $i_{rég}=0,2$ à 0,5A	si l'alternateur est équipé d'un T.I . T.I branché à l'envers
		Le régulateur ne fonctionne pas Ur ou $i_{rég}=0$. Coupure ou mauvais contact dans les liaisons . Ou défaut régulateur
La tension oscille ou n'est pas stable. Le potentiomètre "stabilité" n'a pas d'action	vérifier le régime de rotation du moteur	. Injecteur bouché . Pompage de vitesse . Irrégularité cyclique	Réparer ou modifier le moteur ou la régulation de vitesse
	Vérifier les contacts dans le circuit d'excitation compound et les liaisons au régulateur	Si les vérifications précédentes ne donnent pas de résultat	Défaut régulateur

Tableau (1-11) : Défauts de tension des alternateurs



Moteur d'entraînement :

Anomalie	Cause	Remède
Pignon de démarreur ne tourne pas ou trop lentement	Batterie déchargée	Recharger la batterie
moteur ne démarre pas ou s'arrête de suite	Réservoir de carburant presque ou complètement vide	Faire le plein et purger le système d'alimentation
Marche irrégulière du moteur, ratée ou manque de puissance	Soupapes de décharge dans le filtre à carburant ou dans la pompe d'injection ne tiennent pas la pression	Vérifier, remplacer si nécessaire
Fumées noires	Injecteurs défectueux ou calamités	Remplacer les injecteurs
Fumées bleuâtres	Niveau d'huile trop élevé dans le moteur ou dans le filtre à air à bain d'huile	Corriger le niveau d'huile
Fumées blanches	Manque d'étanchéité de la culasse ou du joint de culasse. Le liquide de refroidissement pénètre dans la chambre de combustion	En mesurant la pression de compression, rechercher le cylindre défectueux. Supprimer l'anomalie ou s'adresser à une station de service
Cognement à chaud	manque d'étanchéité du porte injecteur ou pulvérisation incomplète par les injecteurs	Remplacer les injecteurs, Resserrer l'écrou-pression des porte-injecteurs
Cognement mécanique	Palier de vilebrequin ou pistons endommagés	Arrêter le moteur. S'adresser à une station service
Température du liquide de refroidissement trop élevée	Manque de liquide de refroidissement ou présence d'air dans le circuit de refroidissement	Faire l'appoint, purger
Baisse de la pression d'huile	Niveau d'huile insuffisant dans le carter d'huile	Faire l'appoint d'huile jusqu'au repère de la jauge
Le témoin de charge ne s'allume pas à l'arrêt du moteur	Lampe défectueuse ou câble coupé	Remplacer ou réparer la coupure
Le témoin de charge s'allume en marche	Tension insuffisante des courroies	Vérifier, retendre les courroies
Turbidité anormale des gaz d'échappement et perte de puissance	Fuite aux raccords et brides des conduites d'air des gaz	Vérifications des raccords et brides, Resserrage ou remplacement des joints
Bruits anormaux	Turbine ou roue frotte sur la volute	Remplacement du turbocompresseur

Tableau (1-12) : Pannes et corrections sur le moteur



Les corrections en cas des pannes sont nombreuses mais on se limitera ici pour la maintenance corrective.

I.4 Maintenance conceptuelle

Ce type de maintenance ne s'applique pas souvent, elle s'applique lorsqu'il y a besoin d'amélioration et d'adaptation en phase d'exploitation. Elle a pour but de faciliter la maintenance avec des concepts. Par exemples : le concept de la GMAO pour organiser la gestion de maintenance, la mise en place des ventilateurs au niveau des transformateurs pour une bonne aération et la mise en place de l'ASI pour diminuer le taux de défaillance au niveau des composants électroniques fragiles.



CHAPITRE 2

EVALUATION DES PERFORMANCES ET CHOIX DE DÉCISION

II.1 Evaluation des performances associées à la centrale

L'évaluation consiste à tracer le chemin critique de production (CCP) et le chemin critique de sécurité (CCS) de la centrale, ensuite donner la disponibilité de chaque composant en fonction de la MTBF et enfin trouver la formule de la disponibilité totale de l'installation.

CCP : C'est l'inventaire des composants dont la défaillance arrête la production ou l'utilité de l'installation.

CCS : C'est l'inventaire des composants dont la défaillance met en cause la sécurité des personnes ou (et) des biens.

Avant l'évaluation, nous donnons le plan architectural simplifié de l'installation :

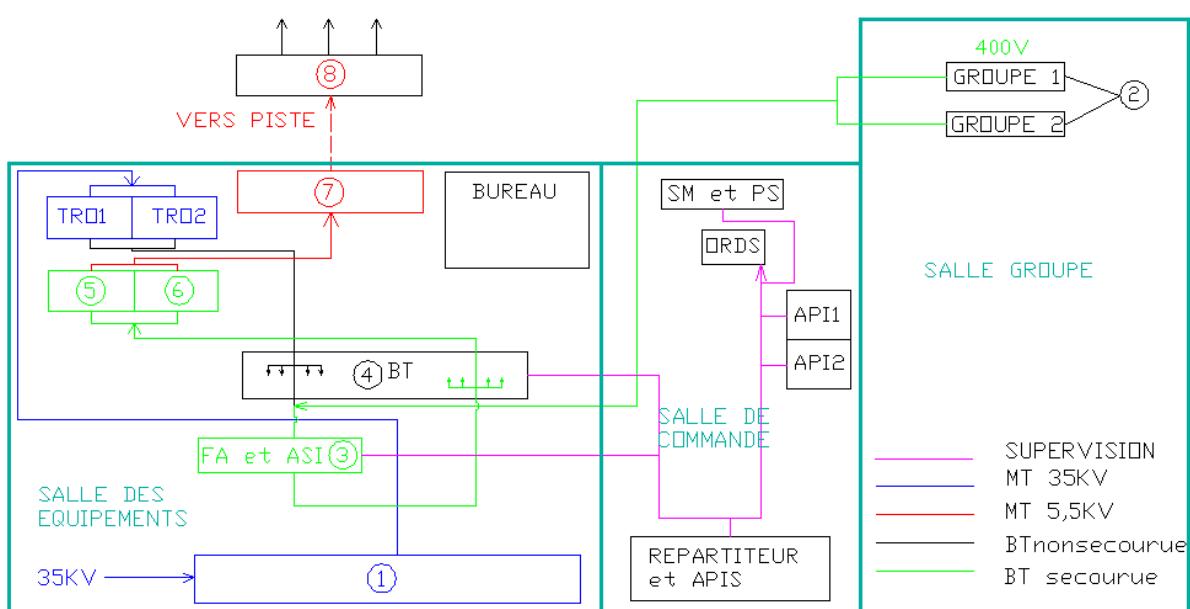


Figure (2-1) : Plan architectural de la centrale

Légende :

1 : Poste de distribution JIRAMA, Equipement et câble MT 35KV, les 2 transformateurs abaisseurs (TR01 et TR02), Armoire électrique BT non secourue

2 : Source d'énergie ASECNA (2 groupes électrogènes)

3 : Alimentation sans interruption

4 : Armoire électrique Basse tension (BT)

5, 6 : Transformateurs élévateurs (TR03 et TR04)

7 : Equipement et Câble MT 5,5KV

8 : Trois transformateurs abaisseurs (TR11, TR21 et TR31)

FA : filtre actif

ASI : alimentation sans interruption

SM : synoptique mural

PS : pilotage des voyants synoptiques



API1-2 : automates groupes BT : équipements basse tension

APIS : automate de supervision ORDS : ordinateur de supervision.

Compte tenu du plan architectural, le CCP de la centrale est sur le schéma ci-dessous :

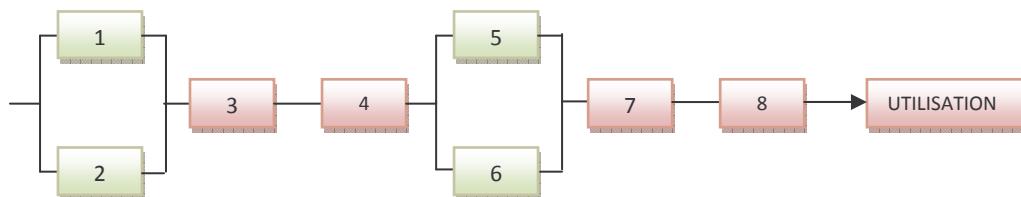


Figure (2-2) : Chemin critique de production de la centrale

Le CCS de la centrale est :

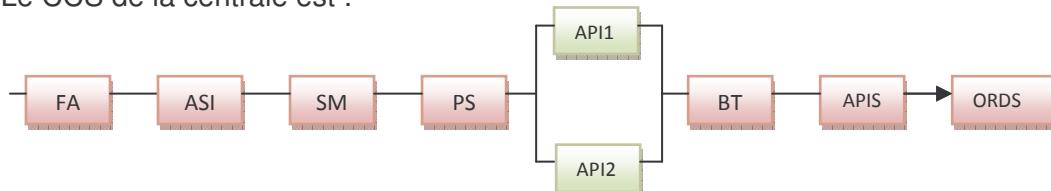


Figure (2-3) : Chemin critique de sécurité de la centrale

Le calcul de la disponibilité se base sur le CCP. Chaque composant a son MTBF (moyenne de temps de bon fonctionnement) et MTTR₀ (moyenne de temps de tâche de réparation opérationnelle).

L'attribution de ces valeurs (MTBF et MTTR₀) est confiée au service maintenance car la recherche du taux de défaillance $\lambda(t)$ demande la prise en note du nombre de défaillances et du survivants pendant un intervalle de temps.

Connaissant la MTBF de chaque composant, on a l'indisponibilité de chaque composant :

A l'aide des :

-tableau (2-1) de la partie II : formule fiabilité et indisponibilité

-figure (2-2) de la partie III : chemin critique de production

Et sous l'hypothèse de la redondance qui annule l'indisponibilité, on a les équations finales de la centrale :

$$\text{Indisponibilité totale : } Id_c = Id_3 + Id_4 + Id_7 + Id_8 \quad (2-1)$$

$$\text{Disponibilité totale : } D = 1 - Id_c \quad (2-2)$$

L'évaluation de la valeur numérique est incorporée dans la GMAO, en entrant la MTBF et la MTTR₀ de chaque composant on obtient la disponibilité totale.

Notons bien que le but de la maintenance est d'augmenter la disponibilité totale de l'installation en diminuant les temps d'arrêts de production d'où l'intérêt de ce calcul.

En bref, l'objectif est d'avoir : $Id_c=0$ et $D=1$.

II.2 Type de maintenance à adopter

- Choix de la maintenance corrective



On choisit la maintenance corrective pour une **pénalisation nulle (coût d'indisponibilité P=0)**. La défaillance n'arrête pas la production. Le coût horaire de service sera :

$$- \text{Pour un équipement non redondant : } Cd_{01} = \frac{q}{MTBF} \quad (2-3)$$

$$- \text{Pour un équipement redondant : } Cd_{01} = \frac{q}{MTBF} + \frac{I}{t} \quad (2-4)$$

Strictement ce sont des composants :

- ✓ qui ne sont pas situés sur le CCP
- ✓ redondant (Transformateur, automate, groupe)
- ✓ ou bien une intervention masquée.
- Choix de la maintenance préventive systématique (MPS)

On choisit la MPS si les deux conditions suivantes sont respectées :

- ☞ La pénalisation induite par la MPS est nulle ($P_i=0$), c'est-à-dire on fait la maintenance en dehors des heures de production ou en temps masqué.
- ☞ Le coût de défaillance en MPS < coût de défaillance en corrective .

Mathématiquement cela se traduit par :

$$Cd_{01}(\text{corrective}) > Cd_{02}(\text{MPS}) \text{ ou } \frac{q + P}{MTBF} > \frac{q + P[1 - R(ti)]}{\theta_i} \quad (2-5)$$

Dans ce condition on choisit le Cd_{02} minimum possible car Cd_{01} est fixe (constant).

II.3 Echelon d'intervention et coût global de défaillance

a. Echelon d'intervention

Doit-on effectuer la maintenance corrective sur l'installation (in situ) ou bien procéder à l'échange standard du composant défaillant et pratiquer la rénovation en dehors de l'unité ?

L'échange standard pourra être préféré afin de limiter le temps d'arrêt de production, seulement si l'investissement à consentir est acceptable, puisqu'il faut posséder un composant complet. D'où deux types d'interventions :

- ❖ **Réparation in situ** : le composant est réparé, l'unité étant à l'arrêt pendant tout le temps de la réparation.
- ❖ **Echange standard** : Le composant défaillant est déposé et remplacé par un équipement neuf ou rénové.

b. Justification économique de l'échange standard (ES)

Si on réserve : - indice 1 : maintenance corrective sur le sous-ensemble (in situ)

- indice 2 : échange standard à l'aide d'un sous-ensemble neuf ou réparé.

t : durée d'exploitation prévue

I : Investissement pour acquérir l'échange standard.

Le coût global de défaillance est égal à :

$$C_{dg1} = \frac{q_1 + P_1}{MTBF_1 + MTTR_1} \times t \quad C_{dg2} = \frac{q_2 + P_2}{MTBF_2 + MTTR_2} \times t + I \quad (2-6)$$

Par définition $MTBF_1=MTBF_2$. En général $MTTR_1 \ll MTBF$ et $MTTR_2 \ll MTBF$.



Dans ces conditions :

$$C_{dg1} = \frac{q_1 + P_1}{MTBF} \times t \quad (1-12) \quad C_{dg2} = \frac{q_2 + P_2}{MTBF} \times t + I \quad (2-7)$$

On pratiquera l'échange standard si $C_{dg1} > C_{dg2}$.

c. Choix de décision sur le remplacement de l'automate

Sur l'installation, on a 6 automates travaillants toutes 24h/24h. Les données techniques et financières de l'automate sont :

- Loi de comportement exponentielle $\lambda=1,6 \cdot 10^{-4}$ déf/h
- Prix unitaire : $12 \cdot 10^6$ Ar
- Deux automates d'échange standard pour les six installés
- Temps annuel $t=8760h$
- Coût pièce $=7 \cdot 10^6$ Ar
- Durée d'intervention des agents de maintenance
 - 1-durée de réparation : 12h
 - 2-durée d'échange standard (ES) : 2h
- Main d'œuvre (MO)
 - 1-MO de réparation $= 2 \times 12$ hommes.heure
 - 2-MO d'échange standard (ES) $= 2 \times 2$ hommes.heure
- Coût horaire de MO $= 50000$ Ar/h
- Pénalisation horaire $P_0=5 \cdot 10^6$ Ar/h.

Faisons une comparaison entre la maintenance corrective in situ (IS) et l'échange standard (ES) :

La MTBF de l'ensemble se calcule par $MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt$ avec $R(t) = e^{-\lambda t}$

On trouve $MTBF=1/\lambda=6250h$.

➤ IN SITU : en utilisant la formule (4-10) avec :

q_1 =coût pièce+coût MO

$P_1=12h \times P_0$ $t=n \times 8760h$

Nous aurons $C_{dg1} = \frac{8200000+60000000}{6250} \times 87600 = 955.891.200$ Ar

➤ ECHANGE STANDARD : la formule (4-11) avec

$q_2=q_1+coût MO$ en ES

$P_2=2h \times P_0$

$I=2 \times$ prix unitaire automate

On aura $C_{dg2} = \frac{8400000+10000000}{6250} \times 87600+24000000=281.894.400$ Ar

Conclusion : $C_{dg1} > C_{dg2}$ donc on applique l'échange standard pour l'automate.

II.4 Indicateur d'intervention

En général, on intervient sur l'installation quand l'ordinateur de supervision signale une



anomalie sur les installations ou quand la maintenance doit être réalisée. Mais des indicateurs d'interventions plus importants sont à noter tous les jours au niveau de chaque groupe avec ses consommations :

GROUPE	-Tension par phase
	-Intensité par phase
	-Pression huile
	-Température huile
	-Température eau
	-Compteur
	-Date et durée de fonctionnement
CONSOMMATION	-Contenu citerne 1 et 2 à l'arrivée
	-Entrée et sortie en cours
	-Total citerne 1 et 2 au départ
	-Compteur groupe 1 et 2 au départ
	-Heure journalière au départ
	-Heure de fonctionnement mensuelle
	-Consommation mensuelle gasoil

Tableau (2-1) : Indicateurs d'intervention groupe

En cas d'anomalie de ces paramètres, une intervention doit être faite au niveau du groupe. On trouvera dans notre GMAO ces paramètres.

II.5 Flux d'information appliquée

Etape N°	Traitement d'une panne		Logistique lors d'une intervention	
	Intervenants	Actions	Intervenants	Actions
1	Contrôleur du tour	Signale la panne	Bureau méthode central	Préparation travaux et demande pièces
2	Technicien maintenance	Diagnostic rapport	Responsable maintenance	Validation
3	Bureau méthode central	Organisation de l'intervention	Magasinier	Réservations Demandes achats
4	Magasinier	Fourniture de pièces de rechange	Acheteur	Recherche fournisseur Commande
5	Technicien maintenance	Remise en marche Essais et Compte rendu	Magasinier	Réceptionne, contrôle et prévient de la disponibilité
6	Contrôleur du tour	Notification du temps d'arrêt de la production	Technicien maintenance	Exécute le travail et utilise les pièces
7	Bureau méthode central	Analyse des causes et Amélioration	Responsable maintenance	Contrôle des factures
8			Comptable	Règlement des fournisseurs

Tableau (2-2) : Flux d'information appliquée à la centrale



II.6 Aperçu d'interface logicielle

Afin d'optimiser la maintenance dans la centrale, on a mis dans le logiciel à construire tous les paramètres de l'intervention, panne, entretien, matériels, personnels, groupes et consommation, historique et disponibilité.

L'analyse des pannes contient : la machine spécifique, son implantation, la partie de la machine, les symptômes, date et heure de la défaillance (cause) et le numéro de la pièce.

Le rapport d'intervention comporte : l'agent ayant intervenu, durée et coût d'intervention (temps de détection et saisie de la défaillance, temps effectif sur la machine, temps d'attente de la pièce de rechange et contrôle pour la remise en production).

Brièvement, voici une vision globale des informations sur le logiciel de GMAO :

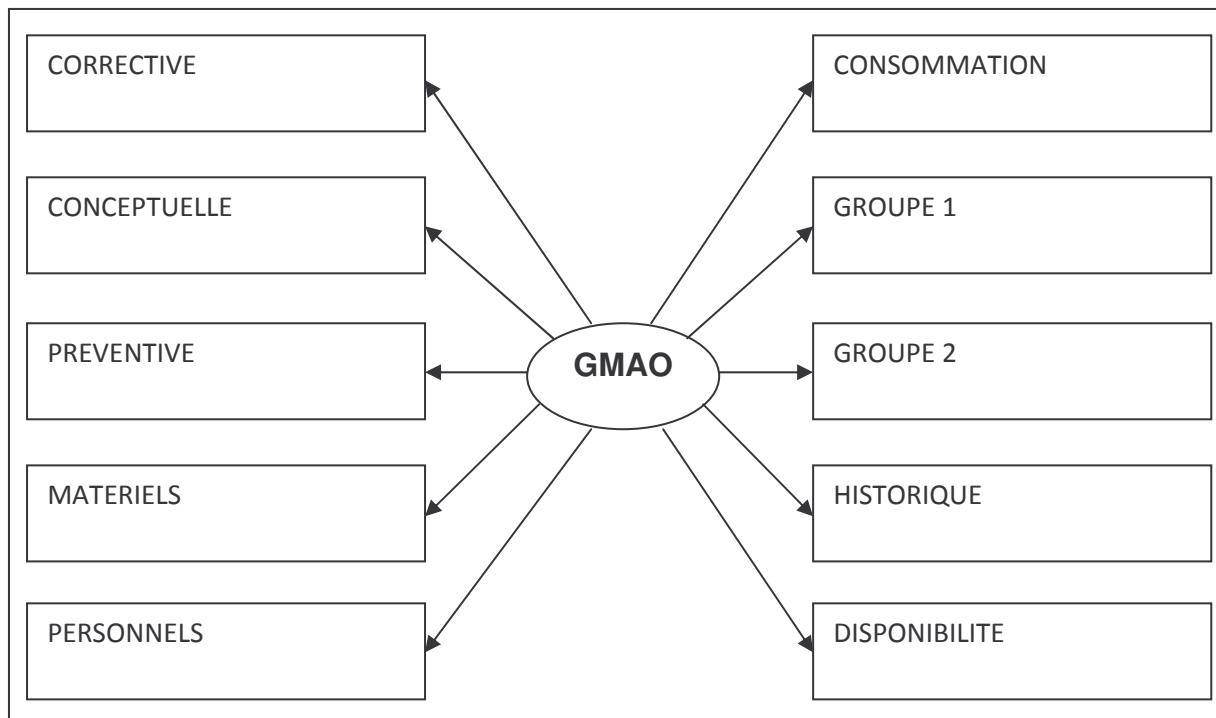


Figure (2-4) : Aperçu d'interface logicielle



CHAPITRE

3

DESCRIPTION DU CAHIER DES CHARGES

III.1 L'expression des fonctions et contraintes

Produit : Logiciel de la gestion de maintenance assistée par ordinateur

F1 : Faire apparaître la panne sur l'écran

F2 : Entretien

F3 : Matériel

F4 : Personnels

F5 : Assurer la plus grande facilité d'exploitation du système par un responsable maintenance

F6 : Consommation citerne

F7 : Fonctionnement groupe 1

F8 : Fonctionnement groupe 2

F9 : Historique des travaux effectués

III.2 Cahier des charges fonctionnels du logiciel

FONCTIONS (Liens)	CRITERE DE CHAMP
Corrective	Date et heure, machine, implantation, partie de la machine ou ensemble, pièce, symptôme, diagnostic, cause, Rapport d'intervention (échelon ES, IS, début, fin, intervenants, type panne, coût)
Préventive	Machine, ensemble, pièce, opération, période, Date début
Matériels	Code, désignation, coût, référence
Personnels	Téléphone, nom, prénom, qualité, service
Consommation (C1 :citerne1) (C2 :citerne2)	Date, C1 à l'arrivée, C2 à l'arrivée, entrée en cours, sortie en cours, total C1 et C2 au départ, compteur GR1 au départ, heure journalière au départ, compteur GR2 au départ, Heure journalière au départ, Surveillant, observation
Groupe 1	Date, début (heure/minute), fin (heure/minute), compteur, tensions (PH1, PH2, PH3), intensités (I1, I2, I3), Paramètres (Pression huile, Température huile et eau), Motif
Groupe 2	Date, début (heure/minute), fin (heure/minute), compteur, tensions (PH1, PH2, PH3), intensités (I1, I2, I3), Paramètres pression et température (P. huile, T.huile, T.eau), Motif
Historique	Date, heure, événements, observations, techniciens de permanence

Tableau (3-1) : Cahier de charge fonctionnel du logiciel

III.3 Diagramme fonctionnel

1. Le sens du lien (flèche) montre sur quel élément « agit » le produit pour « satisfaire » l'autre élément.



2. Il peut y avoir sur un même lien, deux flèches montrant l'existence de deux fonctions qu'il y aura lieu d'exprimer.

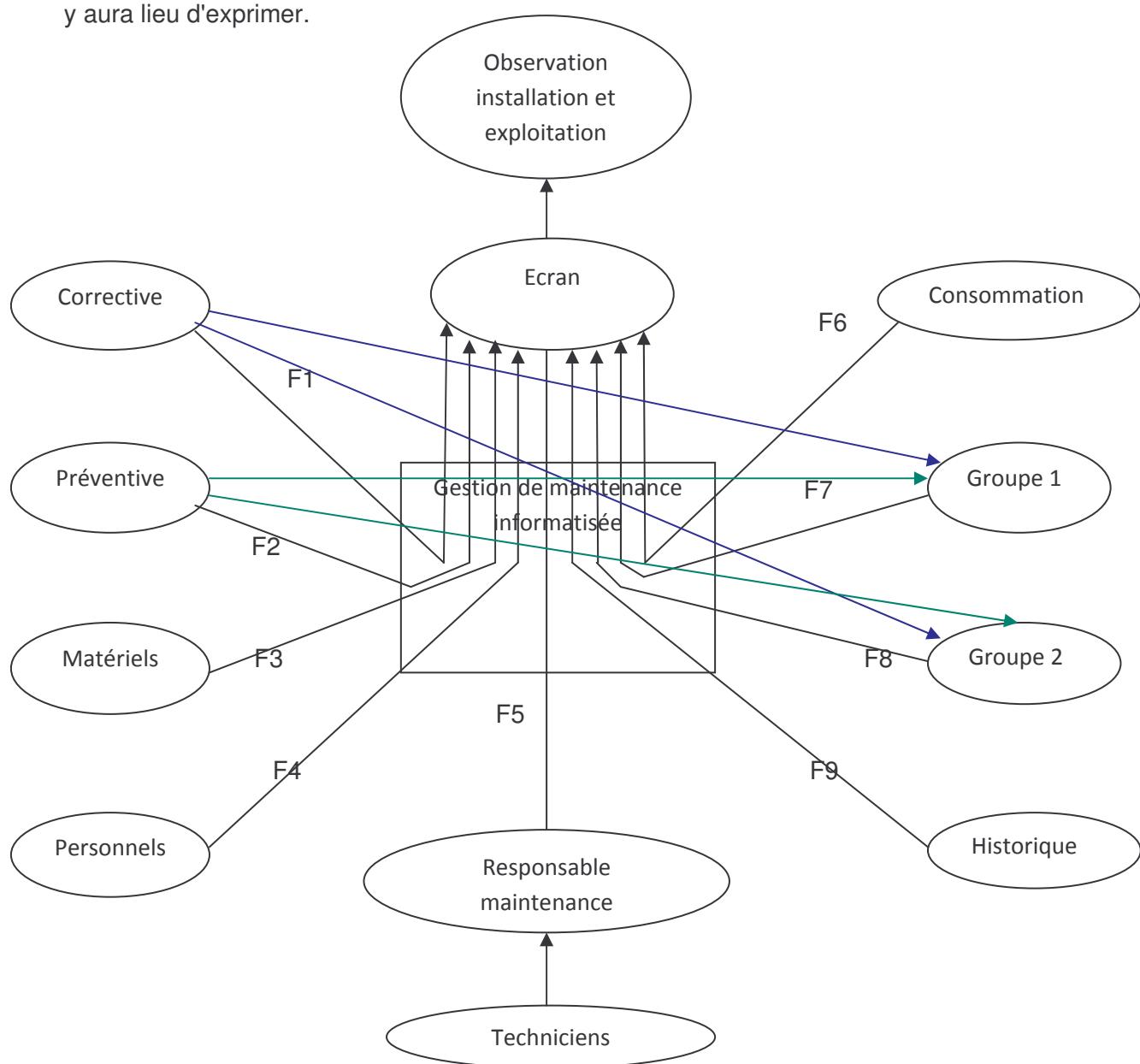


Figure (3-1) : Diagramme fonctionnel

CHAPITRE

4

PRÉSENTATION DU LOGICIEL

En appuyant sur le bouton check-list de la page d'accueil on a le menu général du logiciel qui se présente comme la figure (4-1).

Il contient dix liens (boutons) qui possèdent chacun son objet d'interfaces et de données. Le programme a été fait en s'attachant vivement au cahier de charge fonctionnel du logiciel. Toutes les fonctions et critères de champs sont là. Bien que ce menu ait beaucoup d'illustration, il garde toujours l'objectif principal en plus de clarté. Les photos de la centrale électrique et le logo de l'ASECNA illustre l'interface.

Tous les environnements concernant : la maintenance corrective, conceptuelle et préventive, les matériels à commander, les personnels de la centrale, la consommation en gasoil, le fonctionnement des groupes et les historiques sont là.

Dans le dernier lien nommé « disponibilité » se trouve l'évaluation des performances de l'installation. On calcule la disponibilité totale de la centrale en fonction des MTBF et MTTR de chaque partie de l'installation. Si cette valeur tend vers un, alors la performance augmente. Ce lien est attaché à un tableur Excel pour optimiser le calcul. Nous terminons le commentaire en donnant les interfaces de chaque élément et la page d'accueil :



-Interface check-list



Figure (4-1) : Interface menu général de la GMAO

-Interface de la maintenance corrective

Microsoft Access - GMAO ASECNA MEMOIRE++ : Base de données (Access 2007) – Microsoft Access

Accueil Créer Données externes Outils de base de données

« » MENU PRINCIPAL Panne

Maintenance corrective

RESULTATS DE L'OBSERVATION

lundi 10 mars 2008
22:20:08

N° 1

Actualiser Accueil Enregistrer Imprimer

Machine: Groupe 1 Date de la panne: 22-janv-08 Heure de la panne: 12:25:00

Implantation: Centrale Symptôme: Diagnostic: Cause:

Partie: Moteur Vibration et son trop élevés Vilebrequin Usure

Pièce: Vilebrequin

RAPPORT D'INTERVENTION

Mesure: Date: Type panne:

Echange standard Date début: 22-janv-08 Heure début: 08:00 Électrique Mécanique

In situ Date fin: 24-janv-08 Heure fin: 10:36 Electronique Informatique

Rémede: Remplacement noe Intervenants: 3 mécaniciens Coût global: 6.000.000 Ar

Détection: 1 Gravité: 4 Fréquence: 2

Précédent Rechercher Ajouter

Suivant Supprimer Annuler

Volet de navigation

Microsoft Access - ... FR Encarta

Figure (4-2) : Interface de la maintenance corrective

-Interface de la maintenance conceptuelle

Microsoft Access - GMAO ASECNA MEMOIRE++ : Base de données (Access 2007) – Microsoft Access

Accueil Créer Données externes Outils de base de données

MENU PRINCIPAL Demande d'intervention

Demande d'intervention

1 CONCEPT 10/03/2008
22:21:12

Demandeur: La centrale Service: Tour de contrôle Machine: GR1 et GR2

Date d'émission: 24-janv-08 Date de réception: 24/01/2008 Implantation: Centrale

Heure émission: 08:30:00 Heure (réception): 08:40:00 Partie: Sécurité

Référence: vide Désignation travaux: Maintenance conceptuelle Arrêt machine:

Fait Début travaux: 24-janv-08 Heure début: 10:00:00 Fiche historique

Durée travaux: 4h Fin travaux: 24-janv-08 Heure fin: 14:00:00 Contrôleur: Chef

Outils: Tournevis testeur, Clé, Pince, Multimètre... Description travaux effectués: Mise en place d'une ASI Pièce de rechange: Aucune

Exécutants: 2 électriens Renseignements sur les exécutants

Précédent Rechercher Ajouter Enregistrer Actualiser

Suivant Supprimer Annuler Imprimer Accueil

FORMULAIRE DE CONCEPTION

Téléphone Nom Prénom Qualité Service N°DI

340825362	RAMANAMAHEFA	Haja	Electricien	Maintenance électrique	1
340503702	RASATA HERY	Rabeharivelo	Informaticien et Electronicien	Ordonnancement de la maintenance	1

Enr: 1 sur 2 Aucun filtre Rechercher

Figure (4-3) : Interface de la maintenance conceptuelle

-Interface de la maintenance préventive

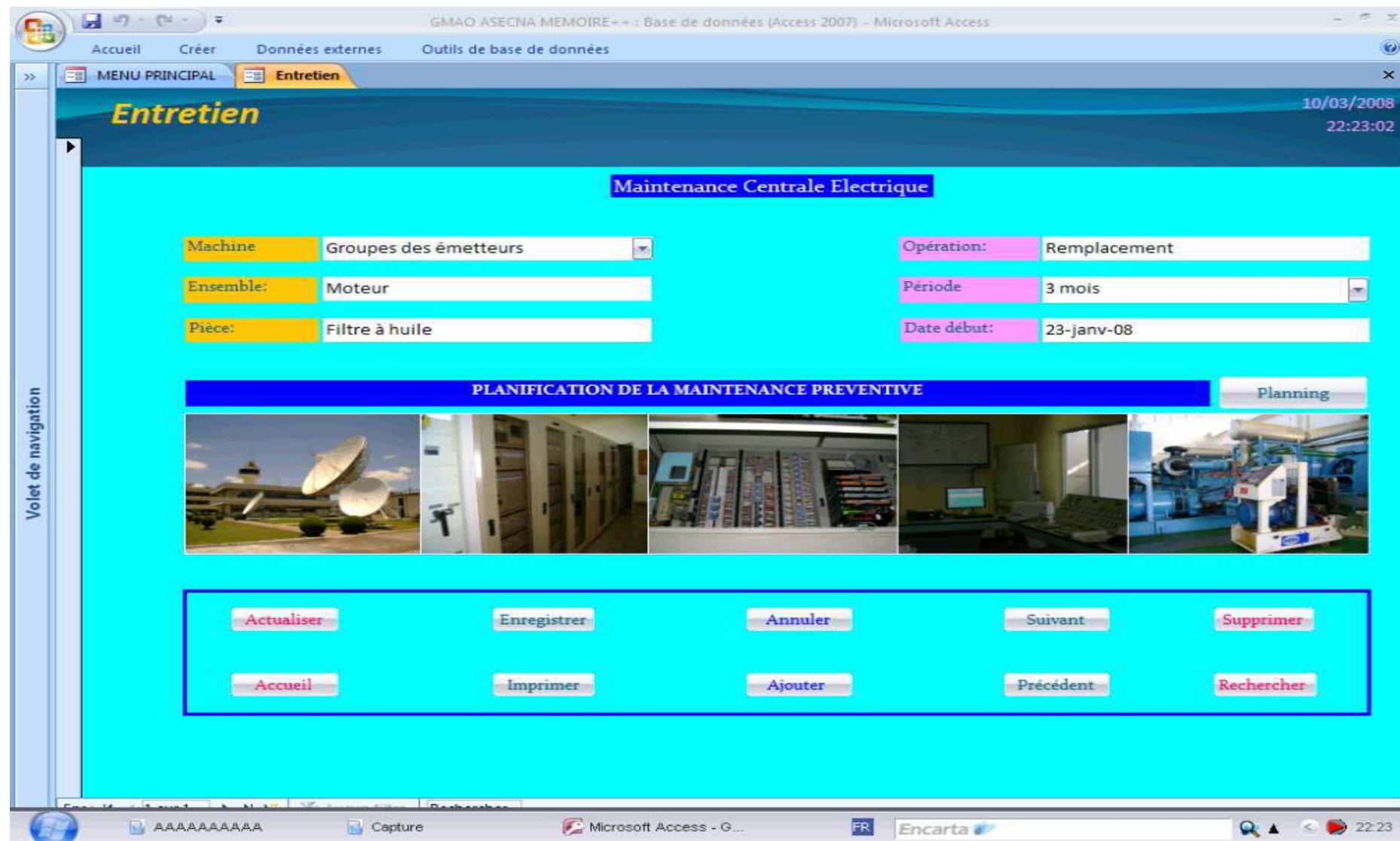


Figure (4-4) : Interface de la maintenance préventive

-Interface planification de la maintenance préventive

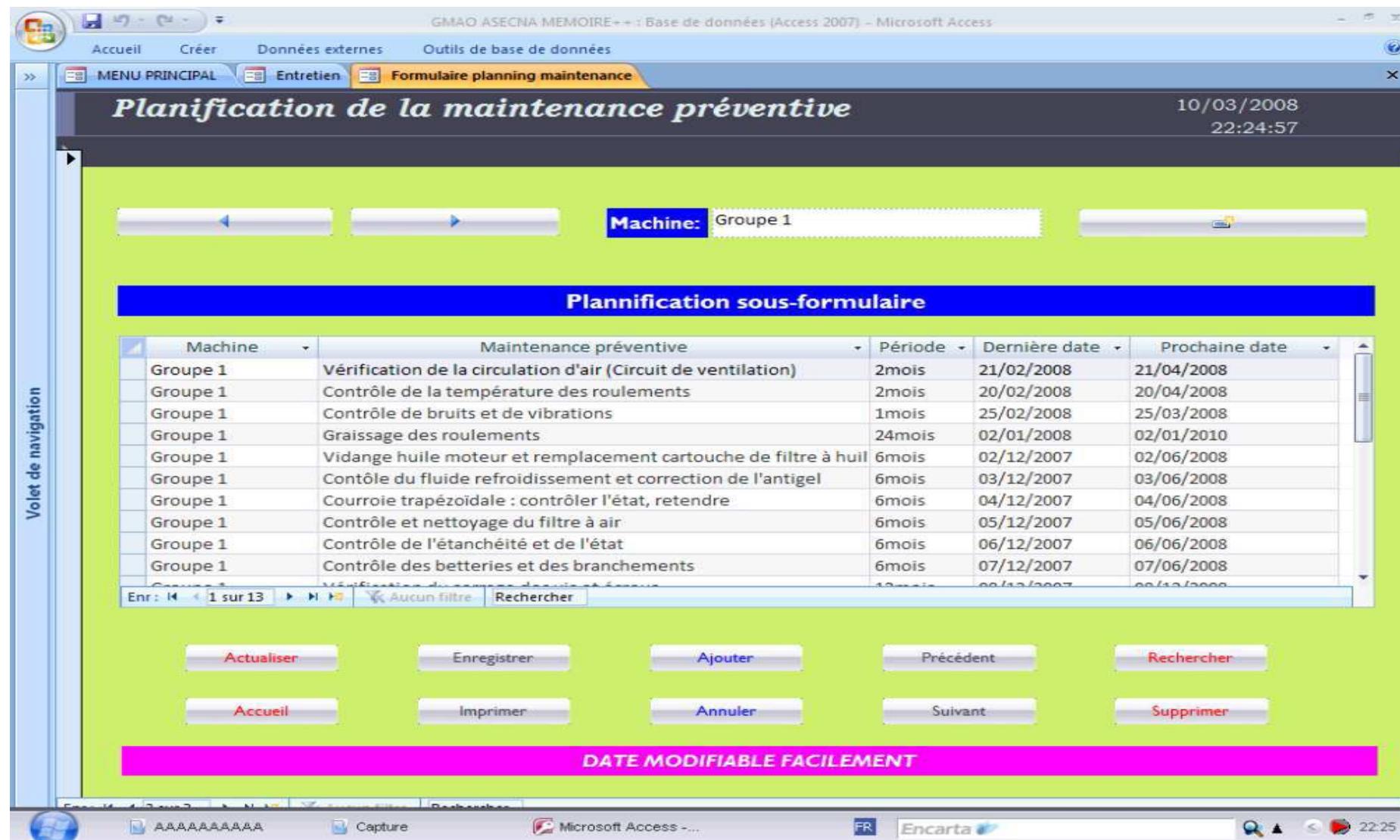


Figure (4-5) : Interface planification de la maintenance préventive

-Interface matériels

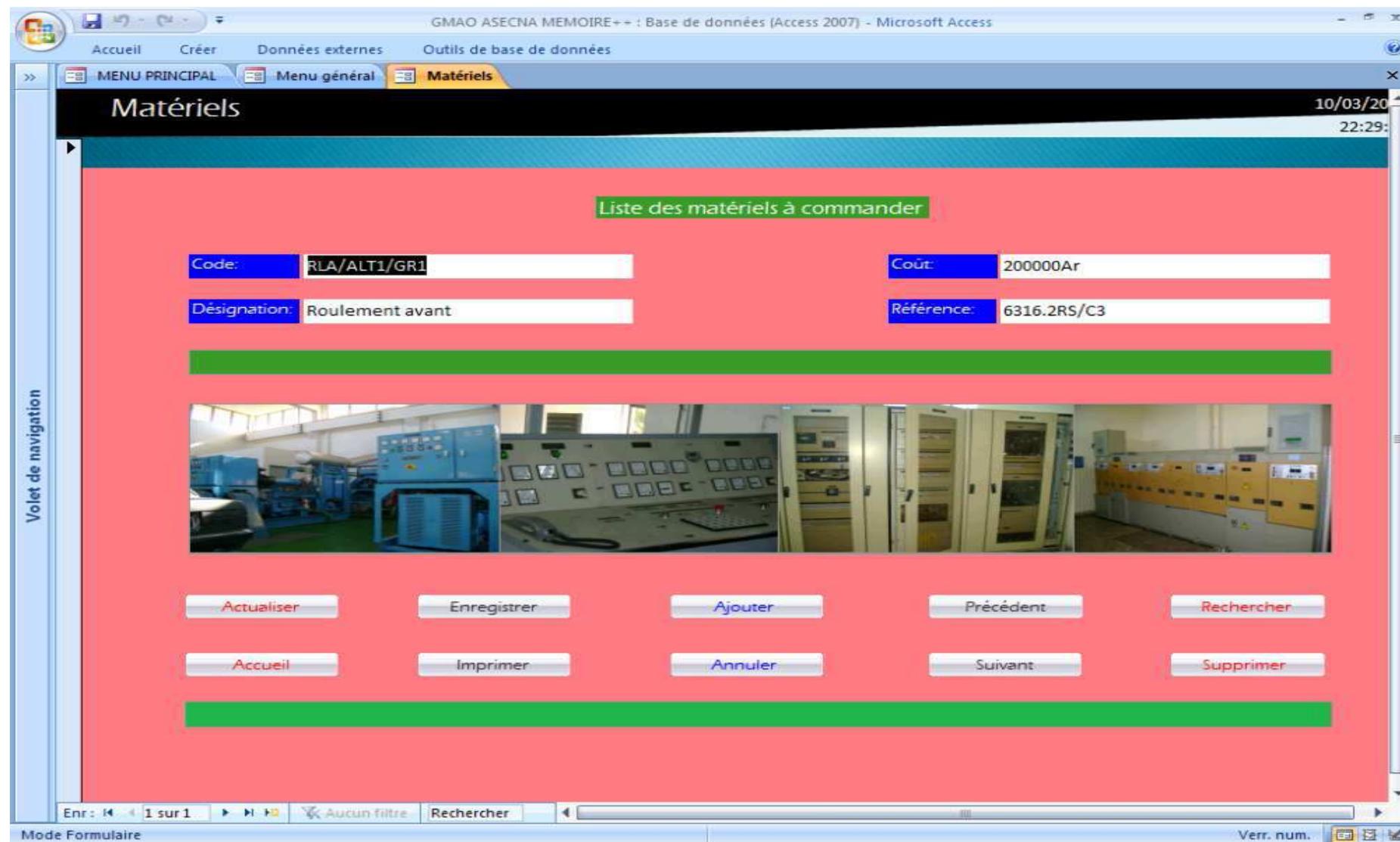


Figure (4-6) : Interface commande matériels

-Personnels

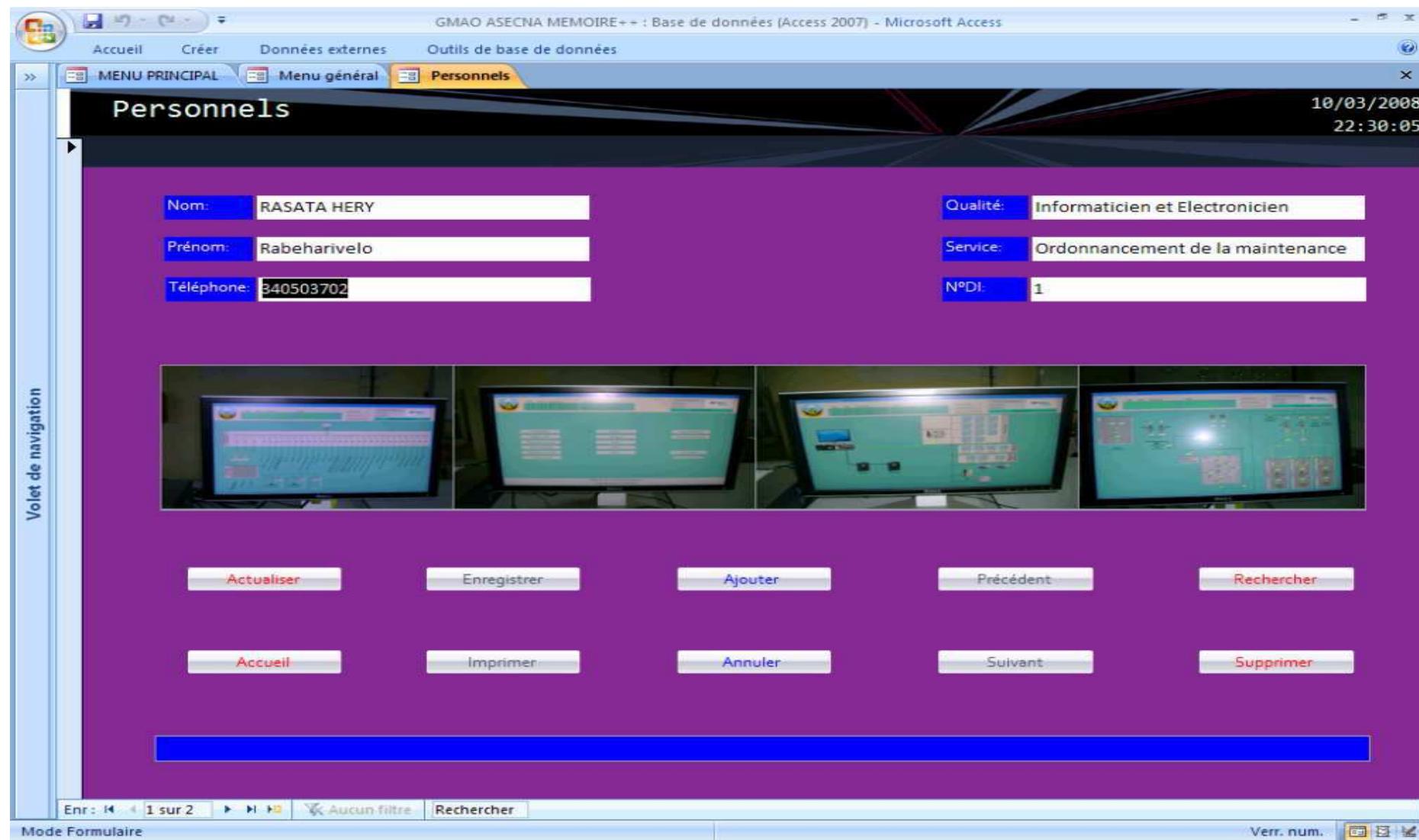


Figure (4-7) : Interface personnels

-Consommation gasoil

Volet de navigation

GMAO ASECNA MEMOIRE++ : Base de données (Access 2007) - Microsoft Access

Accueil Créer Données externes Outils de base de données

» MENU PRINCIPAL » Menu général » Consommation gasoil

Lundi 10 mars 2008
22:30:42

Consommation

Date consommation: 01-02/01/2008

A l'arrivée

Citerne n°1 à l'arrivée: 7000

Citerne n°2 à l'arrivée: 9200

En cours

Entrée en cours: 0

Sortie en cours: 30

Au départ

Total citerne 1 et 2 au départ: 16200

Compteur GR1 au départ: 6648,28

Heure journalière au départ GR1: 0,08

Compteur GR2 au départ: 6647,79

Heure journalière au départ GR2: 0,8

surveillant: Bruce

observation: Non

MANIPULATION DES DONNEES

Actualiser Enregistrer Ajouter Précédent Rechercher

Accueil Imprimer Annuler Suivant Supprimer

Enr: 1 sur 1 Aucun filtre Rechercher

Mode Formulaire

Verr. num.

Figure (4-8) : Interface consommation gasoil

-Fonctionnement groupe 1

Microsoft Access window showing the 'Fonctionnement groupe 1' form.

Form Fields (values shown):

- Temps**
 - Heure début: 10
 - Heure fin: 10
 - Minute début: 5
 - Minute fin: 50
 - Compteur: 6648,24
- Tensions**
 - Tension PH1: 230
 - Tension PH2: 230
 - Tension PH3: 230
- Intensités**
 - Intensité I1: 95
 - Intensité I2: 95
 - Intensité I3: 95
- Paramètres**
 - Pression huile: 2,5
 - Température huile: 80
 - Température eau: 75
- Motif:** B
- Action Buttons:** Actualiser, Enregistrer, Ajouter, Précédent, Rechercher, Accueil, Imprimer, Annuler, Suivant, Supprimer

Form Footer:

- Enr: 1 sur 1
- Aucun filtre
- Rechercher
- Mode Formulaire
- Verr. num.

Figure (4-9) : Fonctionnement groupe 1



-Fonctionnement groupe 2

GMAO ASECNA MEMOIRE++ : Base de données (Access 2007) - Microsoft Access

Accueil Créer Données externes Outils de base de données

MENU PRINCIPAL Menu général Fonctionnement groupe n°2

10/03/2000
22:32:00

Groupe n°2

Date fonctionnement: 24-janv-08

Temps

Heure début:	10	Minute début:	50	Compteur:	6647,79
Heure fin:	11	Minute fin:	50		

Tensions

Tension PH1:	230	Tension PH2:	230	Tension PH3:	230
--------------	-----	--------------	-----	--------------	-----

Intensités

Intensité I1:	95	Intensité I2:	95	Intensité I3:	95
---------------	----	---------------	----	---------------	----

Paramètres

Pression huile:	2,5	Température Huile:	80	Température eau:	74
				Motif:	B

Actions

Actualiser	Enregistrer	Ajouter	Précédent	Rechercher
Accueil	Imprimer	Annuler	Suivant	Supprimer

Enr: 1 sur 1 Aucun filtre Rechercher Verr. num.

Mode Formulaire

Figure (4-10) : Fonctionnement groupe 2

-Historique

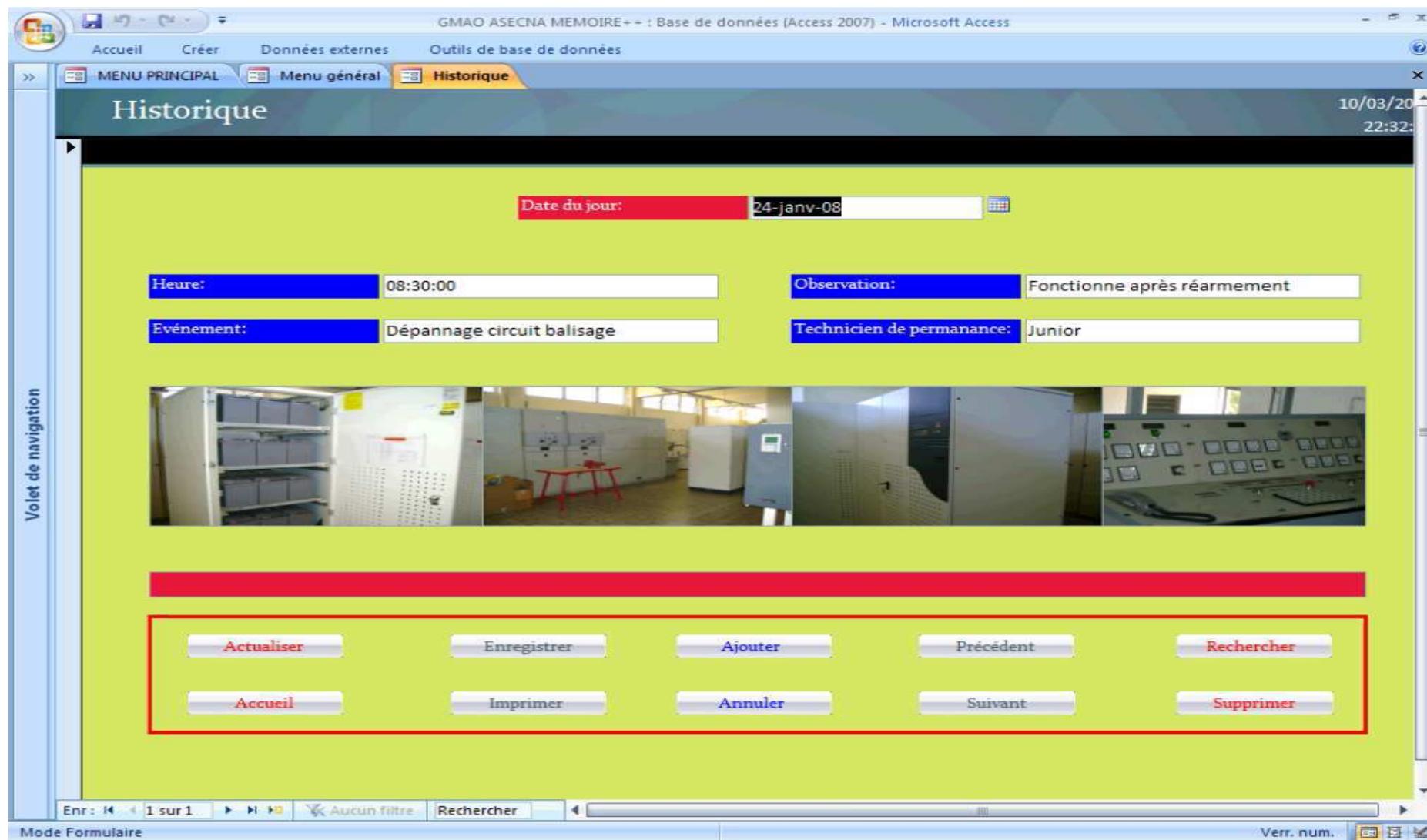


Figure (4-11) : Historique

Optimisation disponibilité

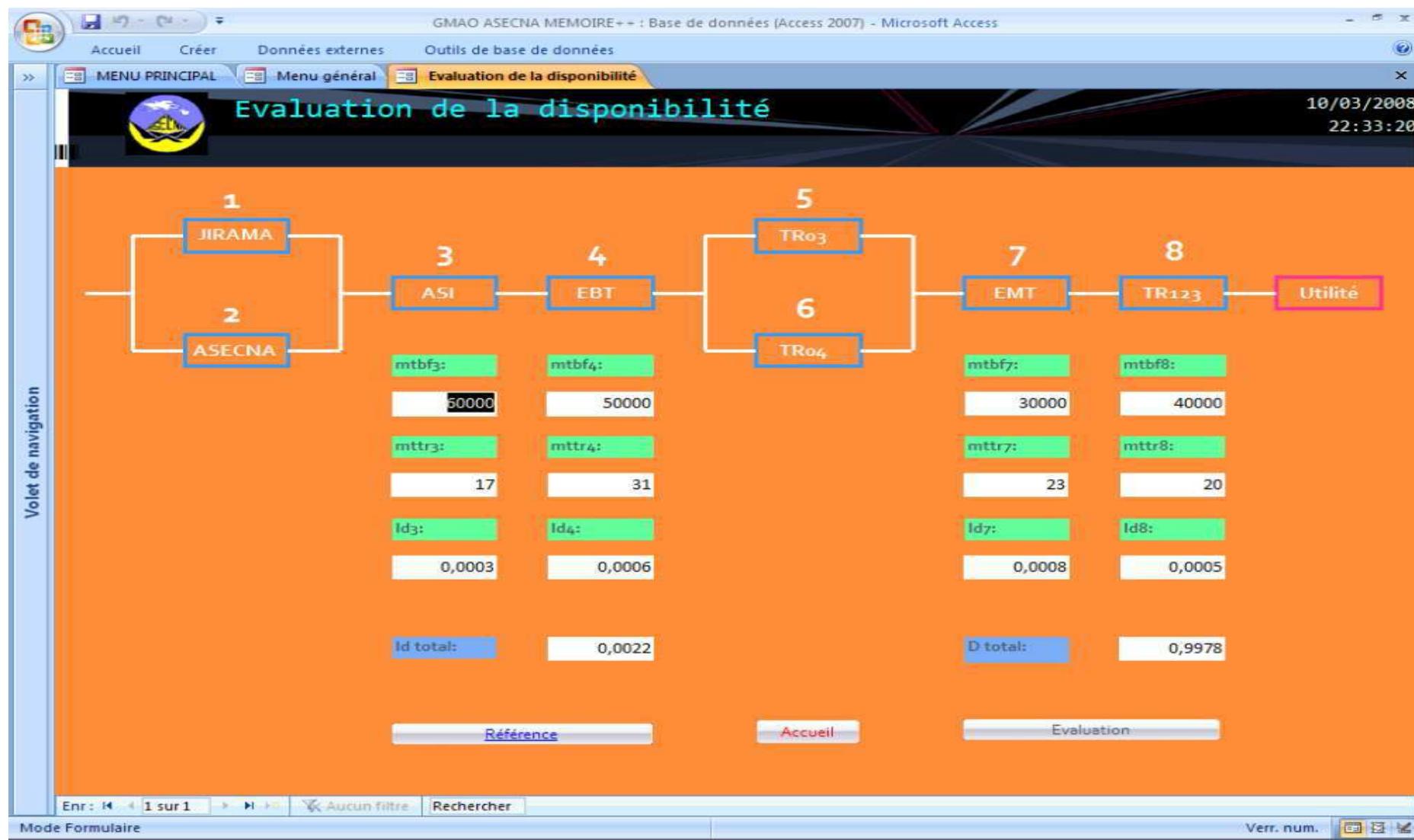


Figure (4-12) : Disponibilité

-Page d'accueil



Figure (4-13) : Page d'accueil du logiciel

CONCLUSION

Ce présent travail nous a permis d'optimiser la gestion de maintenance afin de garder les performances meilleures de l'installation et d'assurer sa disponibilité. Le GMAO fonctionne correctement et on peut même l'injecter facilement dans l'intranet ou réseau local de l'ASECNA. Nous pouvons dire que le but est atteint et vraiment satisfaisant.

Pourtant, des possibilités peuvent toujours être envisagée avec réalisme comme l'ordre de travail, le rapport de visite, la consultation et saisie des rapports incidents... Bien qu'ils soient nombreux, l'extension est constamment possible.

ANNEXES

ANNEXE 1

Fiches de récapitulation maintenance :

Coût de maintenance

Composants	Période θ	q_{mp}	q_{mpo}	q_{es}	MTBF	q_{eso}	q_{is}	MTBF	q_{iso}	observation
		$\sum q_{mpoi}$			$\sum q_{esoi}$			$\sum q_{iso}$		

Coût d'indisponibilité

Composants	$P_{mp}=P_o \cdot TAP_{(mp)}$	P_{mpo}	$P_{(es)}=P_o \cdot TAP_{(es)}$		$P_{(iso)}$	$P_{(is)}=P_o \cdot TAP_{(is)}$	P_{iso}
			$TAP_{(es)}$	$P_{(es)}$			
	$\sum P_{mpoi}$			$\sum P_{esoi}$		$\sum P_{iso}$	

Choix correctif et préventif

t_i	$1-R_{(ti)}$	θ_i	$C_{do1}=(q+P)/MTBF$	$C_{do2}=(q+P[1-R_{(ti)}])/ \theta_i$
t_1				
t_2				
...				
t_n				

ANNEXE 2

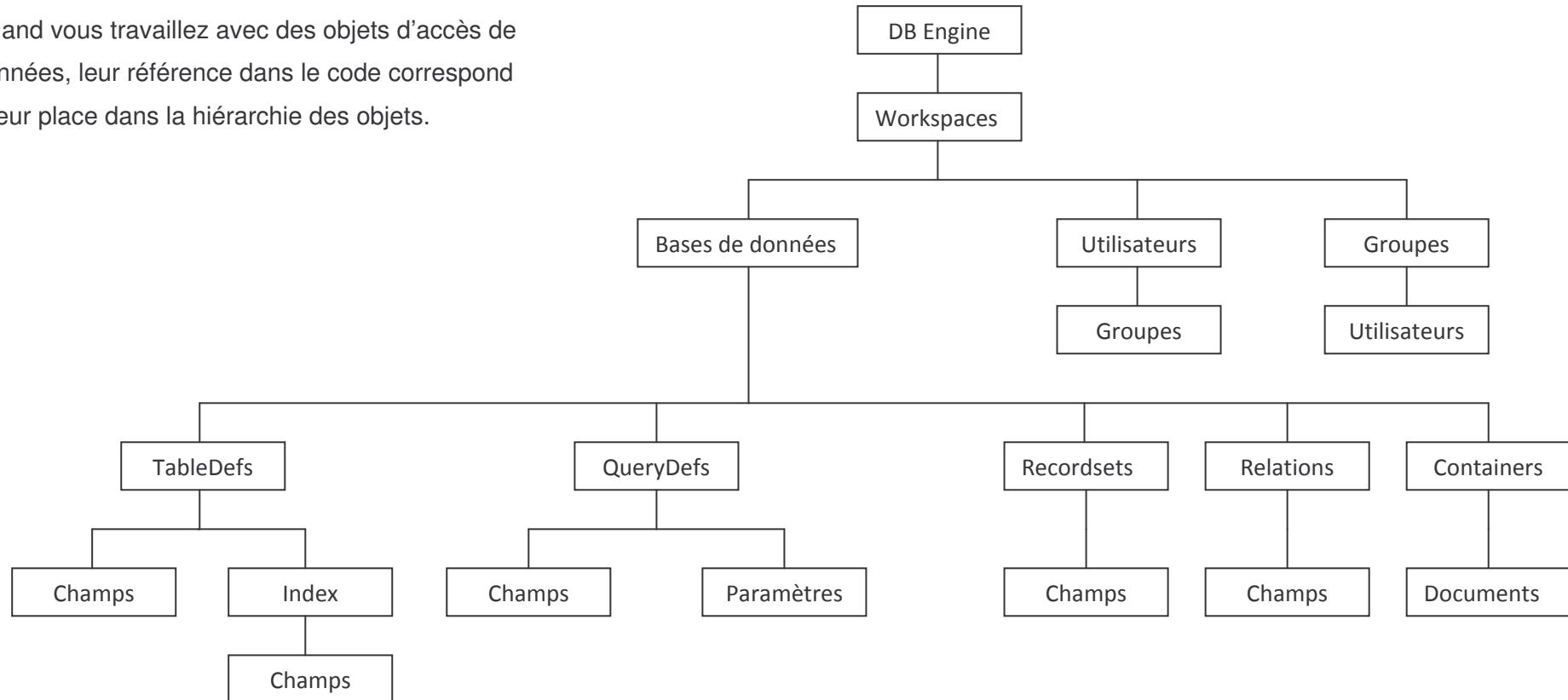
Feuille d'analyse AMDEC

Diagramme de Gantt

ANNEXE 3

Hiérarchie (DAO, Data Access Object)

Quand vous travaillez avec des objets d'accès de données, leur référence dans le code correspond à leur place dans la hiérarchie des objets.



ANNEXE 4

Codes sources sur module

```
Option Compare Database
'déclaration du type Rect
Public Type RECT
Left As Long
Top As Long
Right As Long
Bottom As Long
End Type
'déclaration des constantes
Private Const SW_SHOWMAXIMIZED = 3
Private Const GWL_STYLE = (-16)
Private Const WS_CAPTION = &HC00000
Private Const SWP_FRAMECHANGED = &H20
Private Const SWP_HIDEWINDOW As Long = &H80
Private Const SWP_SHOWWINDOW As Long = &H40
'déclarations des API utiles
Private Declare Function SetWindowLong Lib "user32" Alias _
"SetWindowLongA" (ByVal hwnd As Long, ByVal nIndex As Long, _
ByVal dwNewLong As Long) As Long
Private Declare Function SetWindowPos Lib "user32" _
(ByVal hwnd As Long, ByVal hWndInsertAfter As Long, ByVal x As Long, _
ByVal y As Long, ByVal cx As Long, ByVal cy As Long, _
ByVal wFlags As Long) As Long
Private Declare Function GetWindowRect Lib "user32" _
(ByVal hwnd As Long, lpRect As RECT) As Long
Private Declare Function GetWindowLong Lib "user32" Alias _
"GetWindowLongA" (ByVal hwnd As Long, ByVal nIndex As Long) As Long
Private Declare Function ShowWindow Lib "user32" _
(ByVal hwnd As Long, ByVal nCmdShow As Long) As Long
Private Declare Function FindWindow Lib "user32" Alias "FindWindowA" ( _
ByVal lpClassName As String, _
ByVal lpWindowName As String) As Long
Private Declare Function GetDeviceCaps Lib "gdi32" _
(ByVal hdc As Long, ByVal nIndex As Long) As Long
Private Declare Function GetDC Lib "user32" (ByVal hwnd As Long) As Long
Private Sub AfficherMenu(bolVisible As Boolean)
On Error Resume Next
Dim oBar As CommandBar
Dim Db As DAO.Database
Dim oRst As DAO.Recordset
'Instancie la BD
Set Db = CurrentDb
'Vide la table de sauvegarde si bolVisible=False
If Not bolVisible Then
Db.Execute "DELETE FROM TblBarre"
If Not bolVisible Then
'Parcours chaque barre d'outils
For Each oBar In Application.CommandBars
'Stocke les barres visible dans la table
If oBar.Visible Then
Db.Execute "INSERT INTO TblBarre VALUES (" & Chr(34) & oBar.Name & Chr(34) & ")"
'Masque la barre
oBar.Visible = bolVisible
End If
Next
Else
'Ouvre un recordset sur la table de sauvegarde
```

```

Set oRst = Db.OpenRecordset("TblBarre")
'Parcours le recordset
While Not oRst.EOF
'Restaure la barre concernée
Application.CommandBars(oRst.Fields(0).Value).Visible = bolVisible
'Passe au suivant
oRst.MoveNext
Wend 'Ferme le curseur
oRst.Close
End If
'Traite la barre de menu principale
DoCmd.ShowToolbar "Menu bar", IIf(bolVisible, acToolbarYes, acToolbarNo)
'Traite la barre d'état
Application.SetOption "Show Status Bar", bolVisible
End Sub
Private Sub AfficherBarreTitre(bolVisible As Boolean)
Dim vrWin As RECT
Dim style As Long
'Récupère le rectangle de la fenêtre
GetWindowRect Application.hWndAccessApp, vrWin
'Récupère le style de la fenêtre
style = GetWindowLong(Application.hWndAccessApp, GWL_STYLE)
If bolVisible Then
SetWindowLong Application.hWndAccessApp, GWL_STYLE, style Or WS_CAPTION
Else
SetWindowLong Application.hWndAccessApp, GWL_STYLE, style And Not
WS_CAPTION
End If
SetWindowPos Application.hWndAccessApp, 0, vrWin.Left, vrWin.Top,
vrWin.Right - vrWin.Left, _
vrWin.Bottom - vrWin.Top, SWP_FRAMECHANGED
End Sub
Private Sub AfficherBarreTache(bolVisible As Boolean)
Dim hwnd As Long
Dim rctTemp As RECT
Dim inthauteur As Integer
Dim intResolutionX As Integer, intResolutionY As Integer
'Récupère le handle de la barre des taches
hwnd = FindWindow("Shell_traywnd", "")
'Récupère le rectangle de la barre des taches
GetWindowRect hwnd, rctTemp
'Calcule les dimensions
inhauteur = rctTemp.Bottom - rctTemp.Top
'Récupère les dimensions de l'écran
intResolutionX = GetDeviceCaps(GetDC(0), 8)
intResolutionY = GetDeviceCaps(GetDC(0), 10)
If bolVisible Then
'Affiche la barre des taches
SetWindowPos hwnd, 0, 0, 0, 0, SWP_SHOWWINDOW
'Redimensionne la fenêtre Access
SetWindowPos Application.hWndAccessApp, 0, 0, 0, intResolutionX,
intResolutionY - inthauteur,
&H20
Else
'Masque la barre des taches
SetWindowPos hwnd, 0, 0, 0, 0, SWP_HIDEWINDOW
'Redimensionne la fenêtre sur la totalité de l'écran
SetWindowPos Application.hWndAccessApp, 0, 0, 0, intResolutionX,
intResolutionY, &H20
End If
End Sub

```

```

Public Sub PleinEcran(bolEtat As Boolean)
'On Error GoTo err
'Si bolEtat=Vrai alors PleinEcran
'Sinon, retour à l'origine
'fige l'affichage
DoCmd.Echo False
AfficherMenu bolEtat
AfficherBarreTitre bolEtat
AfficherBarreTache bolEtat
'agrandit le formulaire en cours
DoCmd.Maximize
'Retablit l'affichage
err:
DoCmd.Echo True
'Change l'état
bolEtat = Not bolEtat
End Sub

```

Evaluation de la disponibilité

```

Option Compare Database
Option Explicit
Public Sub Disponibilité()
Dim mtbf3 As Long 'Déclaration de la variable
'Moyenne de temps de bon fonctionnement de l'Alimentation sans interruption
'Déclaration en entier à quatre octets
Dim mtbf4 As Long
'Mtbf de l'armoire électrique (équipement) basse tension (BT)
Dim mtbf7 As Long
'Mean time between failure
'Equipement et câble MT 5.5KV
Dim mtbf8 As Long 'Trois transformateurs abaisseurs
'Avec les cartes électroniques sur les poste P1, P2, P3
Dim mttr3 As Long
'Mean time to repair
'Déclaration de la variable mttr de l'ASI
Dim mttr4 As Long 'Mttr de l'armoire BT
Dim mttr7 As Long 'Mttr des équipements MT
Dim mttr8 As Long 'Mttr des postes P1, P2, P3
Dim id3 As Currency 'Déclaration de variable à huit octets
'Avec séparateur décimal fixe
'Indisponibilité de l'ASI
Dim id4 As Currency 'Indisponibilité de l'armoire BT
Dim id7 As Currency 'Indisponibilité des équipements MT
Dim id8 As Currency 'Indisponibilité des postes P1, P2, P3
Dim idt As Currency '*****Indisponibilité total de l'installation*****
'A partir d'ici la disponibilité total de l'installation
Dim dt As Currency
'Demande des valeurs mtbf à l'exécuteur
mtbf3 = InputBox("Donnez la valeur de mtbf de l'ASI :")
mtbf4 = InputBox("Donnez la valeur de mtbf des équipements BT :")
mtbf7 = InputBox("Donnez la valeur de mtbf des équipements MT :")
mtbf8 = InputBox("Donnez la valeur de mtbf des postes de transformation P1, P2, P3:")
'Demande des valeurs mttr à l'exécuteur
mttr3 = InputBox("Donnez la valeur de mttr3 :")
mttr4 = InputBox("Donnez la valeur de mttr4 :")
mttr7 = InputBox("Donnez la valeur de mttr7 :")
mttr8 = InputBox("Donnez la valeur de mttr8 :")
'Evaluation de l'indisponibilité de chaque composant
id3 = mttr3 / (mtbf3 + mttr3)
id4 = mttr4 / (mtbf4 + mttr4)

```

```

id7 = mttr7 / (mtbf7 + mttr7)
id8 = mttr8 / (mtbf8 + mttr8)
'Evaluation de l'indisponibilité total
idt = id3 + id4 + id7 + id8
'Evaluation de la disponibilité total
dt = 1 - idt
'Affichage dans une boîte de dialogue
MsgBox ("le résultat de la disponibilité est :") & dt
End Sub

Option Compare Database
Private Sub bt_calcul_Click()
'Recupération des valeurs saisies par l'utilisateur
'Affichage des résultats sur un formulaire
Dim mtbf3 As Long 'Déclaration de la variable
'Moyenne de temps de bon fonctionnement de l'Alimentation sans interruption
'Déclaration en entier à quatre octets
Dim mtbf4 As Long
'Mtbf de l'armoire électrique (équipement) basse tension (BT)
Dim mtbf7 As Long
'Mean time between failure
'Equipement et câble MT 5.5KV
Dim mtbf8 As Long 'Trois transformateurs abaisseurs
'Avec les cartes électroniques sur les poste P1, P2, P3
Dim mttr3 As Long
'Mean time to repair
'Déclaration de la variable mttr de l'ASI
Dim mttr4 As Long 'Mttr de l'armoire BT
Dim mttr7 As Long 'Mttr des équipements MT
Dim mttr8 As Long 'Mttr des postes P1, P2, P3
Dim Id3 As Currency 'Déclaration de variable à huit octets
'Avec séparateur décimal fixe
'Indisponibilité de l'ASI
Dim Id4 As Currency 'Indisponibilité de l'armoire BT
Dim Id7 As Currency 'Indisponibilité des équipements MT
Dim Id8 As Currency 'Indisponibilité des postes P1, P2, P3
Dim idt As Currency '*****Indisponibilité total de l'installation*****
'A partir d'ici la disponibilité totale de l'installation
Dim dt As Currency
'Initialisation des valeurs
mtbf3 = zt_mtbf3.Value
mtbf4 = zt_mtbf4.Value
mtbf7 = zt_mtbf7.Value
mtbf8 = zt_mtbf8.Value
'Demande des valeurs mttr à l'exécuteur
mttr3 = zt_mttr3.Value
mttr4 = zt_mttr4.Value
mttr7 = zt_mttr7.Value
mttr8 = zt_mttr8.Value
'Evaluation de l'indisponibilité de chaque composant
Id3 = mttr3 / (mtbf3 + mttr3)
Id4 = mttr4 / (mtbf4 + mttr4)
Id7 = mttr7 / (mtbf7 + mttr7)
Id8 = mttr8 / (mtbf8 + mttr8)
'Evaluation de l'indisponibilité totale
idt = Id3 + Id4 + Id7 + Id8
'Evaluation de la disponibilité totale
dt = 1 - idt
'Affichage dans une boîte de dialogue
eti_resu.Caption = dt
End Sub

```


BIBLIOGRAPHIE

- [1] INEO Engineering Systems – Manuel d'installation ASECNA - 2007
- [2] Mr RAMAHAROBANDRO Germain – Cours de gestion de la maintenance – cinquième année (2006-2007) – Ecole supérieure polytechnique d'Antananarivo
- [3] Mr Elysée – Cours de gestion de projet – cinquième année (2006-2007) – Ecole supérieure polytechnique d'Antananarivo
- [4] M. Gabriel et Y.Pimor – Maintenance assistée par ordinateur – 167p – 2^{ème} édition 1987
- [5] Maxime Wack – Méthode de description des communications dans un atelier de production – 196p - 1990
- [6] Maintenance 2003 – Catalogue officiel (France) – 17^{ème} édition
- [7] Cursus GMAO New Maint
- [8] Claude Chrisment – Bases de données relationnelles – 16p – Edition Techniques de l'ingénieur référence H2038 - 1996
- [9] Microsoft office – Comment créer des applications – 480p – Microsoft édition - 1994
- [10] Jean-Paul FIGER – Intranet – 9p – Edition Techniques de l'ingénieur référence H3508
- [11] http://vb.developpez.com/Concevoir des formulaires exotiques déformés ou géométriques avec Visual Basic 6_0 - Club d'entraide des développeurs francophones.htm
- [12] <http://Access.developpez.com/tutoriel>

Résumé

L'utilisation du logiciel de gestion de maintenance assisté par ordinateur assure une bonne organisation de données afin de : conserver en état de marche le plus longtemps possible au moindre coût, de permettre une production ou une exploitation maximales dans le temps requis et de contrôler que le coût de la maintenance ne dépasse pas le remplacement.

Les objectifs visés dans ce mémoire sont la contribution à l'amélioration de la gestion de maintenance par l'intermédiaire de l'informatique (GMI) et la clarification du schéma de l'installation avec l'alimentation sans interruption (ASI) ainsi que l'explication des systèmes de distribution intervenant dans la centrale thermique.

A part les points importants qu'on a déjà cité, on a pu constater que toute décision en maintenance telle que sur le type de maintenance à adopter (correctif ou préventif) et sur l'échelon d'intervention (in situ ou échange standard) proviennent des résultats de calcul. Un exemple de calcul de remplacement d'automate est illustré dans ce mémoire.

En bref, l'analyse des pannes à travers les indicateurs d'intervention n'est pas autant négligeable, c'est la raison pour laquelle nous avons mis d'intérêt : panne, intervention, groupes etc. dans le logiciel. Un flux d'information bien ordonné ont été établi dans le but de maîtriser les pannes.

Mots clés

Centrale thermique, système de distribution, ASI, GMAO, interface, SGBDR Access, API, automatisme.

Abstract

The use of the software of computer-assisted maintenance management assures a good organization of data in order to: keep in working order as a long time as possible to the least cost, to permit a production or an exploitation maximal in the time required and to control that the cost of the maintenance doesn't pass the replacement.

The objectives aimed in this memory are the contribution to the improvement of the maintenance management through the intermediary of the data processing and the clarification of the diagram of the installation with the alimentation without interruption (ASI) as well as the explanation of the distribution systems intervening in the power station.

To part the important points that one already mentioned, one could note that all decision in maintenance as on the type of maintenance to adopt (corrective or preventive) and on the echelon of intervention (in situ or standard exchange) comes of the calculation results. An example of replacement calculation of automaton is illustrated in this study.

In brief, the analysis of the breakdowns through the indicators of intervention is not as much negligible; it is the reason for which we put interest: breakdown, intervention, groups etc. in the software. A very neat information flux has been established in the goal to master the breakdowns.

Key words

Power station, system of distribution, ASI, GMAO, interface, SGBDR Access, API, automatic device.