

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF DE M'SILA
FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE

OPTION : ELECTROMECHANIQUE

Thème

*Gestion de la maintenance intégrée
de la machine à tubes RM 6 B au niveau de
l'entreprise « IRRAGRIS » BBA*

Proposé et dirigé par :

Mr. DEFDAF Mabrouk

Présenté par :

**MERROUCHE Nacereddine
BOUSBA Farid Abdel Mouemine**

Année Universitaire : 2007 / 2008



REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout premièrement Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.

Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur M^{ieur} DEFDAF Mabrouk, pour avoir d'abord proposé ce thème, pour suivi continuel tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessé de nous donner ses conseils.

Et tous les fonctionnaires de Anabib pour le bon accueil ainsi leur aide durant la période de notre stage pratique

Nous tenons à remercier vivement toutes personnes qui nous ont aidé à élaborer et réaliser ce mémoire, ainsi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants et le chef de département d'Electrotechnique qui a contribué à notre formation par ailleurs, Nos remerciements à tous les membres du jury qui a accepté de juger notre travail.

En fin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis et collègues pour le soutien moral et matériel...

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents pour leurs suivis de tous le long de mes études.

Je dédie ce travail

A mon frère.

A Mes sœurs.

A Mes grands parents.

A toute la famille. Merrouche.

A mon encadreur Mr. Deldaf Mabrouk.

A mes amis (es), surtout mon binôme,

A tous mes enseignants.

A tous mes collègues de la promotion 2008.

Merrouche Nacereddine

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes très chers parents pour leurs soutient morale et financier dans les moments les plus ardu.

Je dédie ce travail

A mes frères.

Mes sœurs.

Mes grands parents.

Et a toute la famille, BousBa.

A mon encadreur Mr. Djedj Mabrouk.

A mes amis (es), surtout belabes Abdelatif, Samir, Abdel hamid et mon binôme.

A tous mes enseignants.

A tous mes collègues la promotion 2008 de l'Electromécanique.

Bousba

Farid Abdel Mouemine

Sommaire

LISTE DES FIGURES

LISTE DES SYMBOLES

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I: DESCRIPTION DE L'ENTREPRISE

I.1 Introduction	3
I.2 Description générale de l'entreprise	3
I.3 Gamme de production IRRAGRIS	4
I.4 HISTORIQUE DE L'ENTREPRISE «ANABIB ».....	6
I.5 l'unité T.M.I.A de BBA	6
I.5.1 structuration générale de la filiale « IRRAGRIS » (BBA).....	6
I.5.1.1 direction technique	6
I.5.1.2 direction des ressources humaines et administration	6
I.5.1.3 Direction commerciale	6
I.5.1.4 Direction finances et comptabilité	7
I.5.1.5 Direction d'usine	7
I.6 Conclusion.....	7

CHAPITRE II: LA SURETE DE FONCTIONNEMENT ET LA MAINTENANCE INTEGREE

II.1 Introduction	8
II.2 Généralité sur la maintenance	8
II.2.1 Définition de la maintenance	8
II.2.2 objectifs de la maintenance	8
II.2.3 Les différents types de la maintenance	9
II.2.3.1 Maintenance préventive.....	9
II.2.3.2 Maintenance corrective	9
II.2.4 Différents niveaux de maintenance	11
II.2.5 Les opérations de maintenance	13
II.2.6 Position de la structure de la maintenance au sein de l'entreprise	13
II.2.7 Position de la division maintenance par apport aux autres structures	14
II.3 La maintenance intégrée.....	14
II.3.1 Principe de la MI.....	14
II.3.2 Objectif de la procédure de la MI	17
II.3.3 Les axes étudiés dans la MI	17
II.3.4 Données du retour d'expérience	18
II.3.5 Documentation du matériel	19
II.3.5.1 Le dossier machine ou dossier technique	19
II.3.5.2 Le dossier vie ou dossier historique.....	19
II.3.3 Exploitation de l'historique	20

II.3.6 L'analyse par arbre de défaillance (AdD)	20
II.4 Etude de processus de la MI	23
II.4.1 La sûreté de fonctionnement	23
II.4.2 Le paramètre de la FMD	24
II.4.2.1. La fiabilité	24
II.4.2.2 La maintenabilité	24
II.4.2.3 La disponibilité	25
II.4.2.4 La Sécurité	25
II.4.3 La loi de WEIBULL	25
II.4.3.1 Densité de probabilité $f(t)$	25
II.4.3.2 La fonction de répartition $F(t)$	25
II.4.3.3 La fonction de fiabilité $R(t)$	25
II.4.3.4 Le taux de défaillance $\lambda(t)$	26
II.4.3.5 Signification des paramètres du modèle de weibull	26
II.4.4 Test d'adéquation	27
II.4.5 La maintenabilité.....	28
II.4.6 La disponibilité	30
II.4.6.1 Disponibilité intrinsèque	30
II.4.6.2 Disponibilité instantanée	30
II.4.6.3 Disponibilité asymptotique	30
II.4.6.4 Disponibilité moyenne	31
II.5.La courbe ABC	31
II.5.1 Objectif	31
II.5.2 Graphique sous forme d'histogramme	31
II.5.3 Intérêt	31
II.5.4 Méthodologie	32
II.6 Analyse des modes de défaillance leurs effets et leurs criticités (AMDEC)	32
II.6.1 But de l'AMDEC	33
II.6.2 Les différentes familles d'AMDEC	33
II.6.2.1 L'AMDEC produit	33
II.6.2.2 L'AMDEC processus	33
II.6.2.3 L'AMDEC moyen de production	34
II.6.3 Principe De La Méthode	35
II.6.3.1 Analyse fonctionnelle	35
II.6.3.2 Analyse des défaillances	36
II.6.3.2.1 Recensement des modes de défaillance	36
II.6.3.2.2 Recherche des causes de défaillance	37
II.6.3.3 Hiérarchisation des défaillances	37
II.6.3.3.1 Estimation des facteurs de fréquence, gravité et non	
détection.....	38
II.6.3.3.2 Détermination de la criticité	39
II.6.3.4 Détection des actions correctives menées	39
II.6.3.5 Tableau d'AMDEC	42
II.7 Conclusion	42

CHAPITRE III : ANALYSE DES DEFFAILLANCES DE LA MACHINE A TUBES

RM 6 B

III.1 Introduction	43
III.2 La machine à tubes RM 6 B	43
III.3 Données techniques de la machine à tubes	45
III.4 Les équipements de la machine à tubes	46
III.4.1 Dévidoir (dérouleur simple)	46
III.4.2 Cisaille d'éboutage	47
III.4.3 Dévidoir double (dérouleur double)	47
III.4.4 Cisaille pour rives	47
III.4.5 Ligne de profilage	47
III.4.6 Le générateur HF	48
III.4.7 Unité de soudage	51
III.4.8 Ligne de refroidissement	51
III.4.9 Ligne de calibrage	51
III.4.10 Tronçonneuse	51
III.4.11 Banc d'évacuation	52
III.5 Arbre de défaillance de la machine à tubes RM 6 B	53
III.6 Historique des pannes	54
III.7 Diagramme de PARETO	56
III.8 Conclusion	57

CHAPITRE IV: ETUDE DE FMD ET APPLICATION DE L'AMDEC SUR LA MACHINE A TUBES RM 6 B

IV.1 Introduction	58
IV.2 Analyse de la fiabilité	58
IV.2.1 Détermination des paramètres de WEIBULL.....	60
IV.2.2 Le test de KOLMOGOROV SMIRNOV...	60
IV.2.3 Calcul de R (t), F (t), f (t), λ (t)	61
IV.3 Analyse de la maintenabilité	67
IV.4 Analyse de la disponibilité	69
IV.5 La courbe ABC	71
VI.6 Interface MATLAB	73
VI.7 Politique de maintenance	77
VI.8 Conclusion	78
CONCLUSION GENERALE	79
Bibliographie	80

Liste des figures

- Fig I.1 plan de l'usine
- Fig II.1 tableau systématique des méthodes de maintenance
- Fig II.2 Organigramme des niveaux de la maintenance
- Fig-II-3 Procédure globale d'intégration de la maintenance à La conception
- Fig-II-4 Schéma provisoire du système d'aide à la décision de choix des plans de maintenance pour les équipements
- Fig-II-5 Retour d'expérience intégrée
- Fig-II.6 Arbres de Défaillance (AdD)
- Fig II.7 Les éléments constitutifs de la sûreté de fonctionnement
- Fig II.9 formes de $\lambda(t)$ en fonction de β
- Fig II.10 Allure de la courbe de maintenabilité
- Fig-II.11 La Courbe ABC
- FigII.12 complémentarité des différents types de l'AMDEC
- FigII.13 Analyse fonctionnelle externe du système
- Fig II.14 Diagramme d'Ishikawa
- Fig II.15 indices F.G et N dans la chaîne fondamentale conduisant à une défaillance
- Fig II.16 Plan d'élaboration un dossier AMDEC
- Fig III.1 Vue de face de la machine à tubes RM 6 B
- Fig III.2 arbre de défaillance de la machine à tubes
- Fig.IV.1. la courbe de la densité de probabilité
- Fig. IV.2 la courbe de la onction de répartition
- Fig. IV.3 la courbe de la fonction fiabilité
- Fig. IV.4 courbe de taux de défaillance
- Fig. IV.5 courbe de la maintenabilité
- Fig. IV.6. La courbe de la disponibilité
- Fig.IV.7 la courbe ABC
- Fig. IV.8. Interface des paramètres FMD
- Fig IV.9. La courbe de la fonction Fiabilité dans l'interface MATLAB
- Fig IV.10. La courbe de la fonction de répartition dans l'interface MATLAB
- Fig IV.11. La courbe de la fonction de densité de probabilité dans l'interface MATLAB
- Fig IV.12. La courbe de la fonction de taux de défaillance dans l'interface MATLAB
- Fig IV.13. La courbe de la fonction de Maintenabilité dans l'interface MATLAB
- Fig IV.13 la courbe de la fonction de Disponibilité dans l'interface MATLAB
- Fig IV.14 la courbe ABC dans l'interface MATLAB

Liste des tableaux

- Tab-II.1 Portes logiques fondamentales (Add)
- Tab-II.2 Tableau des représentations des événements (Add)
- Tab.II.3 grille de criticité
- Tab II.4 Matrice de criticité
- Tab II.5 Tableau d'AMDEC
- Tab III.1 Données technique de la machine à tubes RM 6 B
- Tab III.2 les équipements de la machine à tubes RM 6 B
- Tab III.3 caractéristique technique de l'HF
- TabIII.4 L'historique des pannes de l'HF et le mécanisme de soudage
- Tab IV.1 l'historique mensuelle de la machine a tubes
- Tab.IV.2 les valeurs de $F(t)$
- Tab IV.3 les valeurs du test de KOLMOGOROV SMIRNOV
- Tab IV.4. Les valeurs de $F(t)$, $f(t)$, $u(t)$, $R(t)$
- Tab.IV.5 valeurs de $M(t)$
- Tab.IV.6 valeurs de $D(t)$
- Tab.IV.7 les cumules des coûts et des pannes

Liste des symboles

MTTF (Mean Time To [first] Failure) est l'estimation de la durée moyenne s'écoulant entre la mise en service du système et la survenance.

MDT (Mean Down Time) c'est la durée moyenne d'indisponibilité ou de défaillance. C'est le temps moyen séparant la survenance d'une panne et la remise en état opérationnel du système.

MUT (Mean Up Time) c'est la durée moyenne de fonctionnement après réparation.

MTBF (Mean Time Between Failures) n'a de sens que pour un système réparable. C'est la durée moyenne entre deux défaillances consécutives.

MTTR (Mean Time To Repair) c'est le temps moyen mis pour réparer le système.

T.M.I.A c'est l'unité tuberis et matériaux d'irrigation par aspersion

AdD arbre de Défaillance

CDM les coûts de maintenance

CDNM de non-maintenance

MI Maintenance Intégrée

λ (t) taux de défaillance

TBF : temps de bon fonctionnement entre deux défaillances

f (t) Densité de probabilité

F (t) La fonction de répartition

R (t) La fonction de fiabilité

λ (t) Le taux de défaillance

β Paramètres de forme

γ Paramètre de position

η Paramètre d'échelle

m - la moyenne :

var la variance :

D_n la différence de test de Kolmogorov Smirnov

n_i Cumuler les avaries

M(t) fonction maintenabilité

μ (t) Taux de réparation

g (t) Intensité de répartition

T.C.B.F : temps cumulé de bon fonctionnement.

T.C.R : temps cumulé de réparation.

N_C : nombre d'intervention de maintenance avec immobilisation.

D (t) fonction de maintenabilité

T.C.I : temps cumulé d'immobilisation

FP = Fonction produit.

FC = Fonction contrainte.

ME = Milieu extérieur.

(BDF) le bloc diagramme fonctionnel

F la fréquence d'apparition

ND le risque de non détection

G La Gravité

C la criticité

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Le souci de toute entreprise est d'assurer sa fonction continuellement avec une meilleure qualité, un coût minimal et un maximum de sécurité pour atteindre cette perspective, les sociétés possèdent des services de maintenance.

La maintenance est donc un champ d'action privilégié de la recherche d'amélioration des performances des équipements dans l'entreprise. Cependant, les méthodes et les techniques de maintenance ne possèdent pas un caractère unique et universel. En fonction du type des processus industriels à maintenir et de la nature des systèmes et sous-systèmes ou équipements, il faudra mettre en œuvre des méthodes spécifiques tenant compte des technologies déployées selon les cas:

- Systèmes mécaniques (moteurs, pompes, ...),
- Systèmes numériques programmés,
- Systèmes hydrauliques,
- Systèmes électriques ou électroniques (capteurs, automates programmables), etc.

Cependant, le déploiement des activités de maintenance nécessite l'arrêt total des équipements de production.

Le rôle de service de maintenance est de choisir une politique de maintenance adéquate en prenant en considération l'aspect technique, économique et financier, des différentes méthodes en vue d'optimiser la disponibilité des matériels. Pour cela l'ingénieur utilise des méthodes et des outils mathématiques afin de calculer et d'évaluer les critères de maintenance (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) qui permet de prendre des décisions.

Pour minimiser l'impact de ces arrêts sur la production et traiter rapidement les problèmes des arrêts accidentels de la machine de production qui sont considérés comme une source de perturbation et de perte de productivité, les activités de maintenance doivent être intégrées à la gestion de production.

Il s'agit d'une technique de maintenance applicable sur les équipements et les machines de production, cette technique s'appelle "*maintenance intégrée (MI)*", qu'est de planifier l'exécution des autres tâches de maintenance, en altérant le moins possible le

plan de production, et tout en respectant au mieux la périodicité de maintenance des équipements.

La présente étude s'intéresse à l'intégration une étude spécifique de maintenance, cette stratégies d'intégration réalisée par un outil d'informatique (programmation, logiciel,...), cette étude pour améliorer la gestion de production et de la maintenance des équipements afin d'optimiser les flux de production.

CHAPITRE I

Description de l'entreprise

INTRODUCTION

L'irrigation par aspersion est une technologie récente et indispensable tant que le pluviomètre est irrégulière qui rende la production agricole aléatoire.

Ce qui vient d'être dit est : pour pousser le développement d'une agriculture irriguée, il implique automatiquement de développer l'industrie du matériels d'irrigation, c'est dans ce contexte qui résulte la création de l'entreprise ANABIB, sa division IRRAGRIS donc ces filiales ou ces unités dont l'unité T.M.I.A est visée directement.

Sa mission major est concrétisée par la fabrication des matériels d'irrigation de toutes ces formes qui dépende aux méthodes de production et de gestion appliquées, parmi ces formes on cite :

- Irrigation par aspersion.
- Aspersion par gravité.
- Pivot

I.2 Description générale de l'entreprise

Le groupe anabib, par le biais de ses filiales, constitue un partenaire indispensable pour des alliances stratégiques en matières de savoir-faire technique et commerciale pour la conquête du marché national et l'expansion sur la scène internationale.

L'expérience de plusieurs décennies dans le secteur de la sidérurgie a fait du groupe anabib un leader national dans la transformation de l'acier.

Sa vocation première et principale est la fabrication de tubes en acier soudés longitudinalement et en spirale.

Au fil du temps et au gré des évolutions du marché, anabib a enrichi et diversifié ses champs d'activités en optant pour des technologies à la pointe du progrès.

Ainsi, des hydrocarbures à l'agriculture, en passant par l'hydraulique et le bâtiment, anabib est l'industriel incontournable de l'économie algérienne.

Depuis le 1er janvier 2001, anabib est structuré en quatre filiales spécialisées, possédant chacune les compétences et les outils qui en font des professionnels reconnus. [1]

IRRAGRIS spa Société par action au capital social de 565.000.000 DA

Effectifs (2007) 135 Agents

Chiffres d'affaires

2005:393 millions DA	2006: 445 millions DA	2007 : 528 millions DA
----------------------	-----------------------	------------------------

I.3 Gamme de production IRRAGRIS

L'usine fabrique les produits suivants :

1. Rampes d'irrigation avec tubes en acier soudés et galvanisés dans

➔ Une gamme comprenant les diamètres suivants :50-76-89-102-127-152 mm .

➔ Une longueur standard de 6m.

2. Rampes d'irrigation avec tubes en aluminium soudés dans

➔ une gamme comprenant les diamètres suivants : 50-76-89-102-127-152 mm .

➔ Des longueurs : 6 mètres et 9 mètres.

3. Asperseurs

➔ Trois (03) types d'asperseurs pour les différentes cultures A60, A90 et A140 ;

4. Accessoires

Une gamme complète de pièces façonnées telles que:

➔ Tés, Coudes, Vannes, Réductions, Extensions, Bouchons et Raccords de rallonge.

5. Centre - pivot

➔ Pour l'irrigation par aspersion de grande surface avec une capacité de 10 Ha à 70 Hectares par machine.

6. Mini pivot

➔ Pour l'irrigation par aspersion de surface de 10 Ha à 70 Hectares par machine.

L'usine assure aussi des prestations dans les domaines :

➔ Du refendage des bobines d'aciers.

➔ De la galvanisation.

IRRAGRIS dispose d'un système de maintenance de la qualité certifié ISO9001/2000.

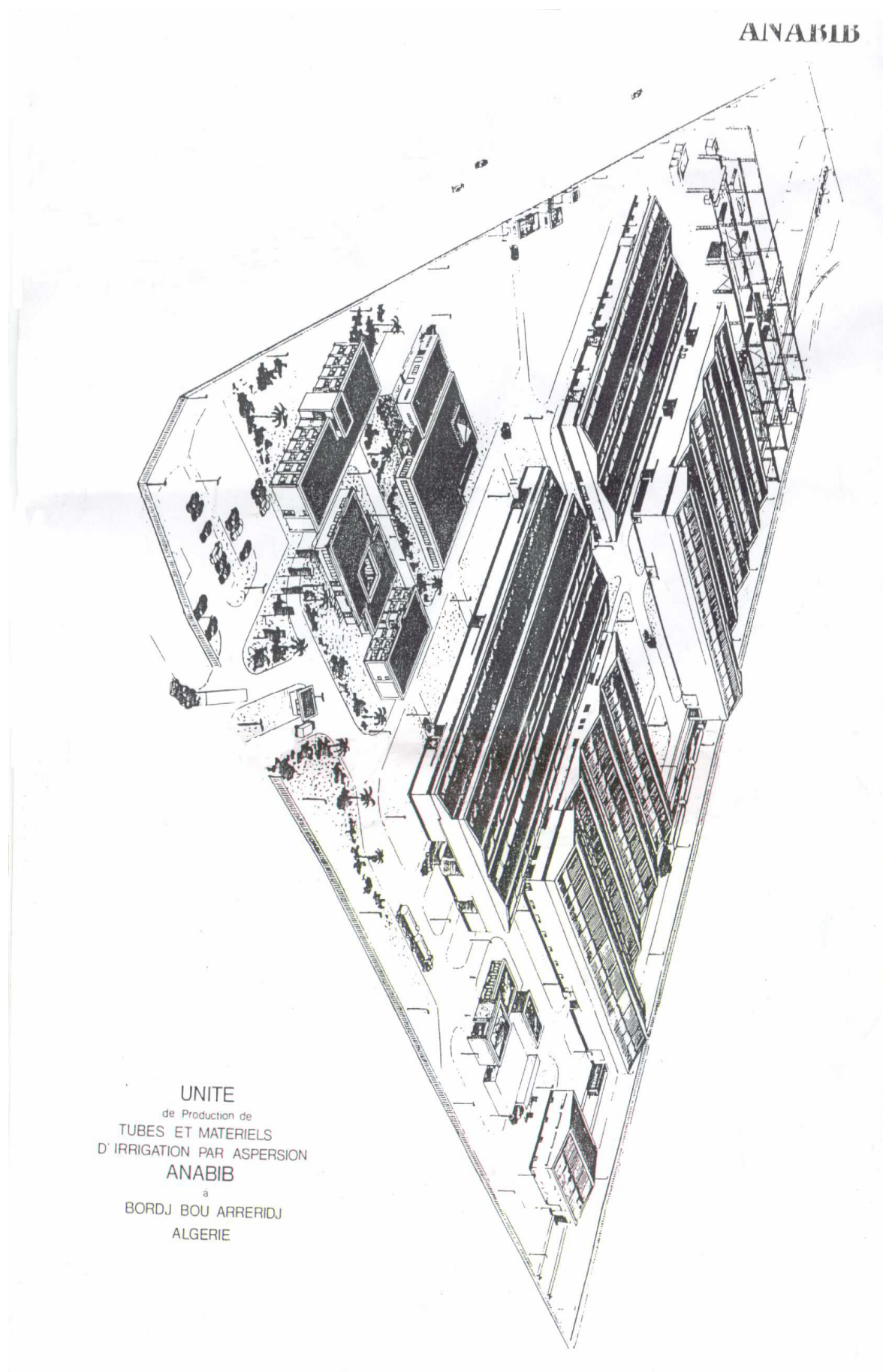


Fig I.1 plan de l'usine

I.4 HISTORIQUE DE L'ENTREPRISE «anabib »

La naissance de l'entreprise nationale de tubes et de transformation des produits ANABIB en 1983, résulte après la réalisation de plusieurs complexes notamment le complexe sidérurgique « SIDER » EL HADJAR.

I.5 l'unité T.M.I.A de BBA

L'unité tubes et matériels d'irrigation par aspersion de BBA se situant à 240km à l'est de la capitale ALGER, implantée sur une superficie de 09hectares au niveau de la zone industrielle sur la route de M'SILA à 2km de la ville.

En bref, la situation géographique et infrastructurelle de la wilaya de bba. Convient à l'implantation d'une unité industrielle de cette importance.

I.5.1 structuration générale de la filiale « irrigris » (bba)

Suivant la nouvelle organisation de cette filiale la structuration générale comprend 04 directions, cités en ce qui suit :

I.5.1.1 direction technique

Cette direction est également chargée de :

- Contrôler opérationnellement les produits et les matières.
- Des études agro-alimentaires et du suivi de la réalisation des projets. Elle comprend :
 - a- Département assurance et qualité.
 - b- Département agro technique.

I.5.1.2 direction des ressources humaines et administration

Cette direction remplit les missions suivantes :

- Définir les orientations et objectifs en matière ressources humaines.
- Gestion administrative des moyens humains et matériels nécessaire au bon fonctionnement de la filiale.
- Gestion du patrimoine, et prise en charge le développement du système informatique.
 - a- Département ressources humaines et réglementations.
 - b- Département administration et logistiques.

I.5.1.3 Direction commerciale

Cette direction est également chargée de :

- Réaliser les études des marchés et analyse les résultats au profit de l'entreprise.
- Elaborer et contrôler les programmes commerciaux en liaison avec les structures concernées.
- Développer la relation avec le client. Elle comprend 02 départements :

- a- Département marketing.
- b- Département ventes.

I.5.1.4 Direction finances et comptabilité

Cette direction est responsable de l'exercice et de développement des fonctions comptables, budgétaire, financière, fiscales et contrôle de la gestion. Elle comprend :

- a- Département budget et contrôle de gestion.
- b- Département comptabilité et finances.

I.5.1.5 Direction d'usine

Cette direction comprend 02 services et 05 départements :

- a- Département production.
- b- Département galvanisation.
- c- Département maintenance.
- d- Département approvisionnement.
- e- Service programmation et contrôle de production.
- f- Service étude et méthodes de production.
- g- Projet pivot.

I.6 Conclusion

L'entreprise **ANABIB** est réputée pour la bonne qualité de production, et elle peut être même rivaliser les entreprises internationales au marchés internationaux.

Une chose importante à signaler, est que l'unité IRRAGRIS de BBA, est dotée d'une technologie poussée et l'existence d'une maintenance qualifiée est une exigence, si on veut veiller au bon fonctionnement.

CHAPITRE II

La sûreté de fonctionnement et la maintenance intégrée

II.1 INTRODUCTION

Les préoccupations dites de sécurité sont très présentes dans le monde industriel et en particulier les industries dites de grand risque (pétrochimie, cimenteries, sidérurgies;...etc.). Dans d'autres industries, du type manufacturier, les préoccupations sont plutôt liées à la disponibilité. Dès lors que la sécurité ou la disponibilité d'un système est mise en cause, on incrimine la fiabilité. Finalement, en cas de dysfonctionnement, il convient de remettre le système en état fonctionnel et c'est là qu'intervient la maintenabilité. Ces quatre caractéristiques (fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité) constituent la sûreté de fonctionnement d'un système ou d'un dispositif.

II.2 Généralités sur la maintenance

II.2.1 Définition de la maintenance

La maintenance est << l'ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management>>. (AFNOR X60-010). [1]

II.2.2 objectifs de la maintenance

Les objectifs assignés à la maintenance sont :

- 1- Mettre à la disposition de la production un outil fiable.
- 2- Améliorer pour un équipement le profil cumulé durant le cycle de vie par :
 - a. Diminution des coûts de défaillances (au niveau des coûts propres de maintenance et au niveau fiabilité – maintenabilité).
 - b. L'accroissement de la durée de vie rentable des équipements.
 - c. Le maintien et / ou l'accroissement des performances du point de vue qualité / quantité.
 - d. La réduction des risques d'accident.
- 3- La réduction des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement.

Il est évident que l'atteinte de ces objectifs, passe par l'amélioration de la compétence technique et de l'efficacité du personnel chargé de la maintenance.

En général la maintenance doit assurer la rentabilité des investissements matériels de l'entreprise, en maintenant le potentiel d'activités et en tenant compte de la politique définie de l'entreprise.

La fonction maintenance sera donc amenée à considérer alors les :

- Prévision à long terme : liées à la politique de l'entreprise et permettant l'ordonnement des charges, des stocks, des investissements en matériel.

- Prévisions a moyen terme : la volonté de maintenir le potentiel d'activité de l'entreprise conduit veiller a l'immobilisation des matériels, qui perturbent le moins possible le programme de fabrication.
- Prévision a court terme : dans ce cas les services maintenance s'efforcera de réduire les durées d'immobilisation du matériel et les coûts de ces intervention.

Sachant que les réductions des coûts et d'immobilisations ne sont possibles que si le matériel et les interventions ont fait l'objet d'une étude préalable, in est donc nécessaire de préparer le travail et d'étudier les conditions de fonctionnement, les défaillances possibles et les conditions d'exécution des interventions. [2]

II.2.3 Les différents types de la maintenance

II.2.3.1 Maintenance préventive

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou dégradation d'un bien ou d'un service rendu.

Les activités correspondantes sont déclenchées selon :

- ❖ Un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unité d'usage;
- ❖ Et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service.

a- Maintenance systématique

Maintenance préventive effectuée selon un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unité d'usage.

b- Maintenance conditionnelle

Maintenance préventive subordonnée au franchissement d'un seuil prédéterminé significatif de l'état de dégradation du bien.

c- Maintenance prévisionnelle

Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution de paramètres significatifs de la dégradation du bien. Permettant de retarder et de planifier les interventions.

II.2.3.2 Maintenance corrective

Maintenance des activités réalisées après la défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

La maintenance corrective comprend en particulier :

- La localisation de la défaillance et son diagnostic;
- La remise en état avec ou sans modification;
- Le contrôle du bon fonctionnement.

a- Maintenance palliative

Activité de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou une partie d'une fonction requise.

b- Maintenance curative

Activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise.

Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent. Ces activités peuvent être :

- Des réparations.
- Des modifications ou améliorations ayant pour objet de supprimer la (ou les) défaillance(s). [3]

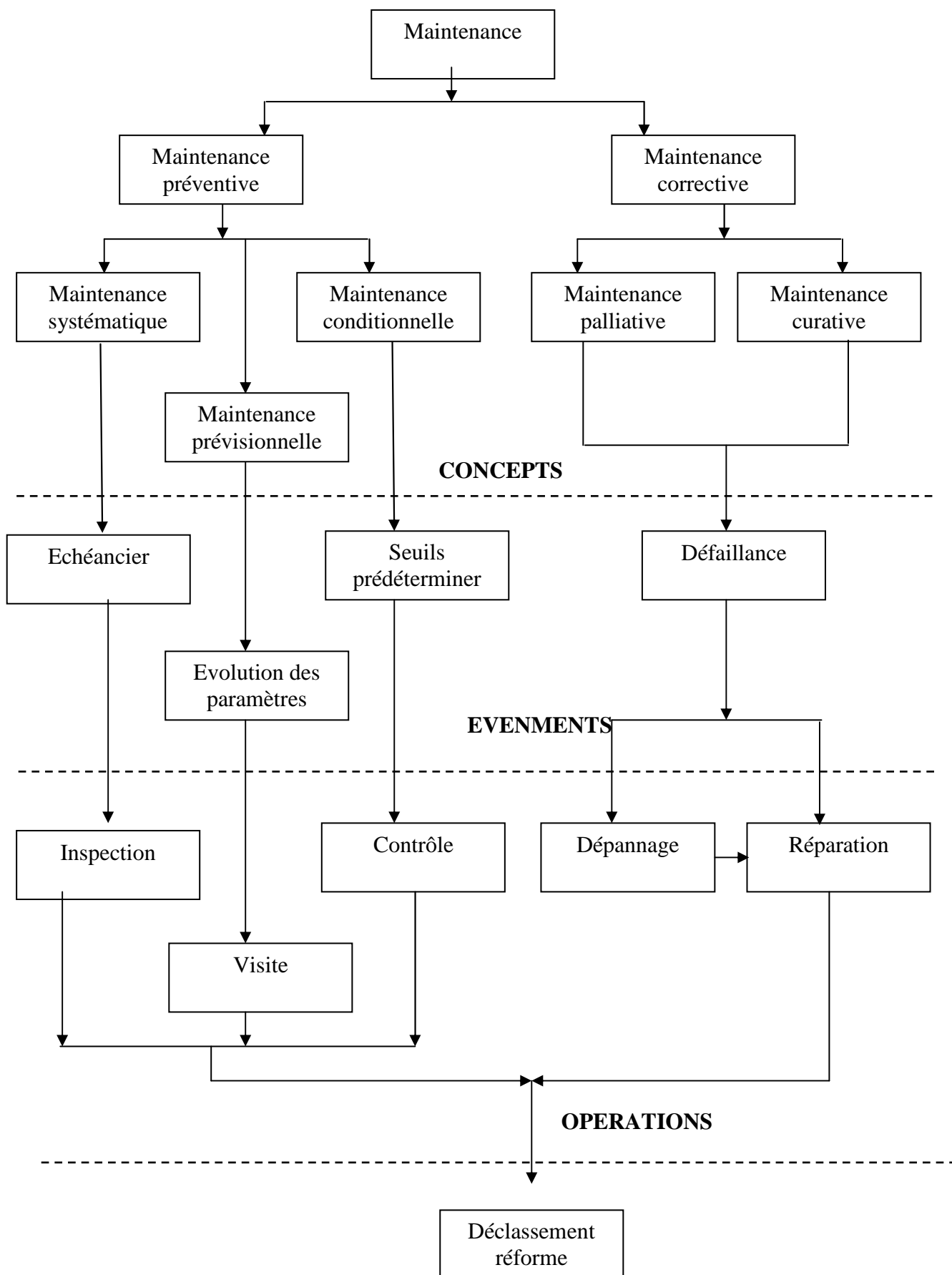
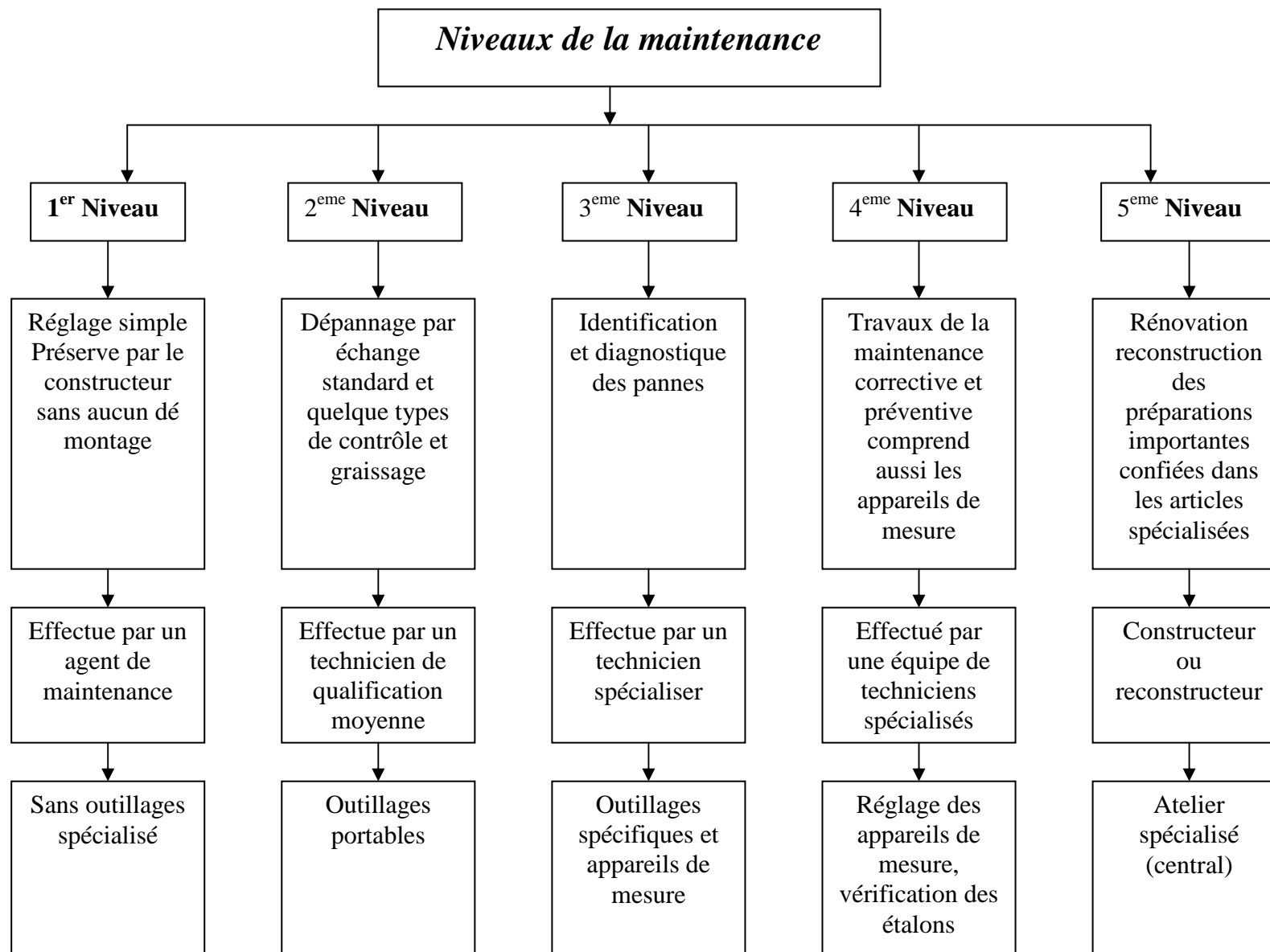


Fig II.1 tableau systématique des méthodes de maintenance

II.2.4 Différents niveaux de maintenance

Fig II.2 Organigramme des niveaux de la maintenance



II.2.5 Les opérations de maintenance

II.2.5.1 Les inspections

Ce sont des activités de surveillance qui consistent à relever périodiquement des anomalies et exécuter des règles simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ou d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

II.2.5.2 Les visites

C'est une opération de surveillance, se situant dans le cadre d'action de maintenance préventive, elle peut consister en un examen détaillé et approfondi d'une partie ou de l'ensemble du système suivi.

II.2.5.3 Les contrôles

Cette opération a pour objectif de vérifier des critères ou des données définis, elles ont pour base des références de vérification parfaitement établies.

II.2.5.4 Les révisions

Ensemble des actions et examens de contrôle et d'intervention effectuée en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour nombre d'unités d'usage donné.

II.2.5.5 Les échanges standards

Reprise d'une pièce d'un organe ou d'un sous ensemble usage et vente au même client une pièce d'un organe ou d'une sous ensemble identique, neuf ou remis en état conformément aux spécifications du constructeurs, moyennement le paiement d'une somme dont le montant est déterminé d'après le coût de remis en état.

II.2.6 Position de la structure de la maintenance au sein de l'entreprise

La fonction maintenance peut être assurée par une division indépendante appelée «division maintenance» ou par service technique intégrant les fonctions de fabrication et de maintenance, la division maintenance occupe déjà et continuera à occuper une place prépondérante dans l'entreprise du fait des objectifs qui lui assignés et qu'on peut formuler ainsi:

- * Augmenter la disponibilité et la durée de vie des équipements et des installations.
- * Diminuer leur coût de maintenance.

Il y a lieu de réfléchir à la structure maintenance pour apprécier la position de division

Maintenance et se poser la question de savoir, si cette position est bien meilleure? Il d'agit parfois d'une remis en cause qui est nécessaire pour l'évaluation de l'entreprise.

Si la division maintenance soit être toute pièce, une conservation de toutes les divisions de l'entreprise apparaît comme impérative.

La position choisie par la division de maintenance doit permettre:

- * D'obtenir la meilleure coopération possible avec les autres fonctions de l'entreprise.
- * D'obtenir la meilleure assistance technique possible.
- * De créer d'avantage d'intérêt de la direction. [2]

II.2.7 Position de la division maintenance par apport aux autres structures

Il existe deux tendances quant au positionnement de la maintenance dans l'entreprise :

La centralisation ou toute la maintenance est assurée par un service.

La décentralisation: ou le service de maintenance dépossédé de certaines responsabilités, c'est généralement la maintenance de fabrication qui passe sous contrôle de service de production et de fabrication.

L'objet de décentralisation est de mieux seriner les frais réels de maintenance par poste de travail, son inconvénient est de conduire à l'application de plusieurs politiques de maintenance éventuellement contradictoires. [4]

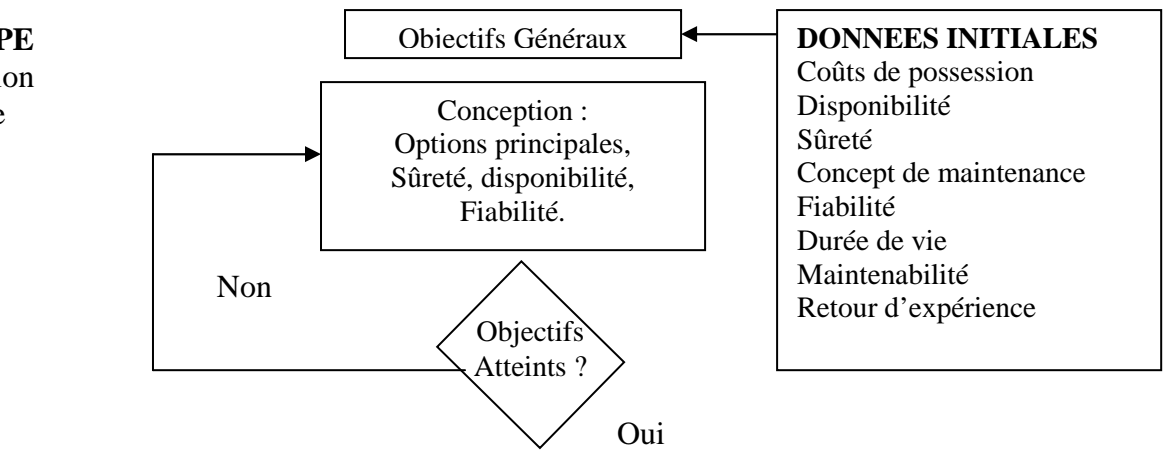
II.3 LA MAINTENANCE INTEGREE

II.3.1 Principe de la MI

L'efficacité économique d'un procédé de maintenance intégrée (*MI*) dépendant de leviers tels que la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité,... ; il est impératif de mettre en oeuvre globalement ou séparément des procédures itératives pendant les trois premières phases pour être sûr que les différents points du cahier des charges seront satisfaits.

La **fig II.3** représente une procédure globale et itérative d'un (*MI*) pour la définition d'un système où les objectifs de fiabilité, disponibilité, maintenance, maintenabilité,... et logistique ont été pris en compte. [5]

1ere ETAPE
Conception
initiale



2ieme ETAPE
Etablissement des
programmes initiaux de
maintenance

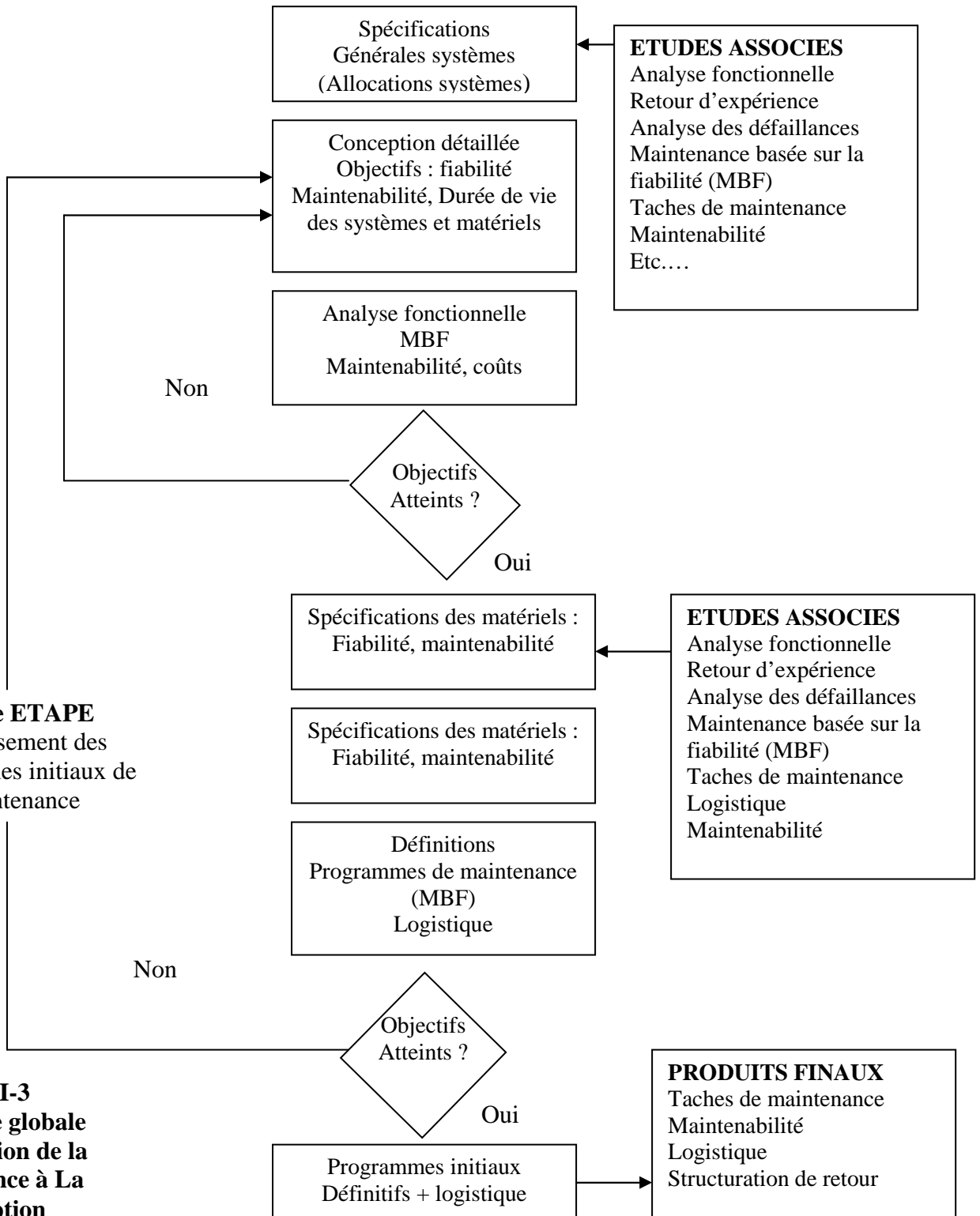


Fig-II-3
Procédure globale
d'intégration de la
maintenance à La
conception

Cette procédure utilise deux étapes:

- la première étape est consacrée aux spécifications générales, compte tenu des objectifs du cahier des charges et définit, de façon itérative, les diverses allocations au niveau des systèmes ;
- La seconde étape, également itérative, conduit aux programmes initiaux de maintenance et de soutien logistique.

On remarque qu'il est indispensable de disposer d'un retour d'expérience en provenances d'industries similaires pour parfaire les choix.

Le déroulement pratique de cette procédure très globale nécessite un travail d'équipe plus détaillé faisant appel à des méthodes structurées d'analyse et de documentation.

La simulation de procédure et la démarche de la Maintenance intégrée se complètent pour permettre de cibler efficacement les actions de maintenance à mettre en place.

La démarche conduite à évaluer l'étude et plans d'actions correspondant au plus grand gisement économique potentiel et à affiner cette évaluation par la prise en compte des variables de flux spécifiques à chaque équipement.

Le principal résultat du projet est la mise en place du système d'aide à la décision (fig II.4).

On présente le développement d'outils d'aide à la décision par la définition du *MI*. [6]

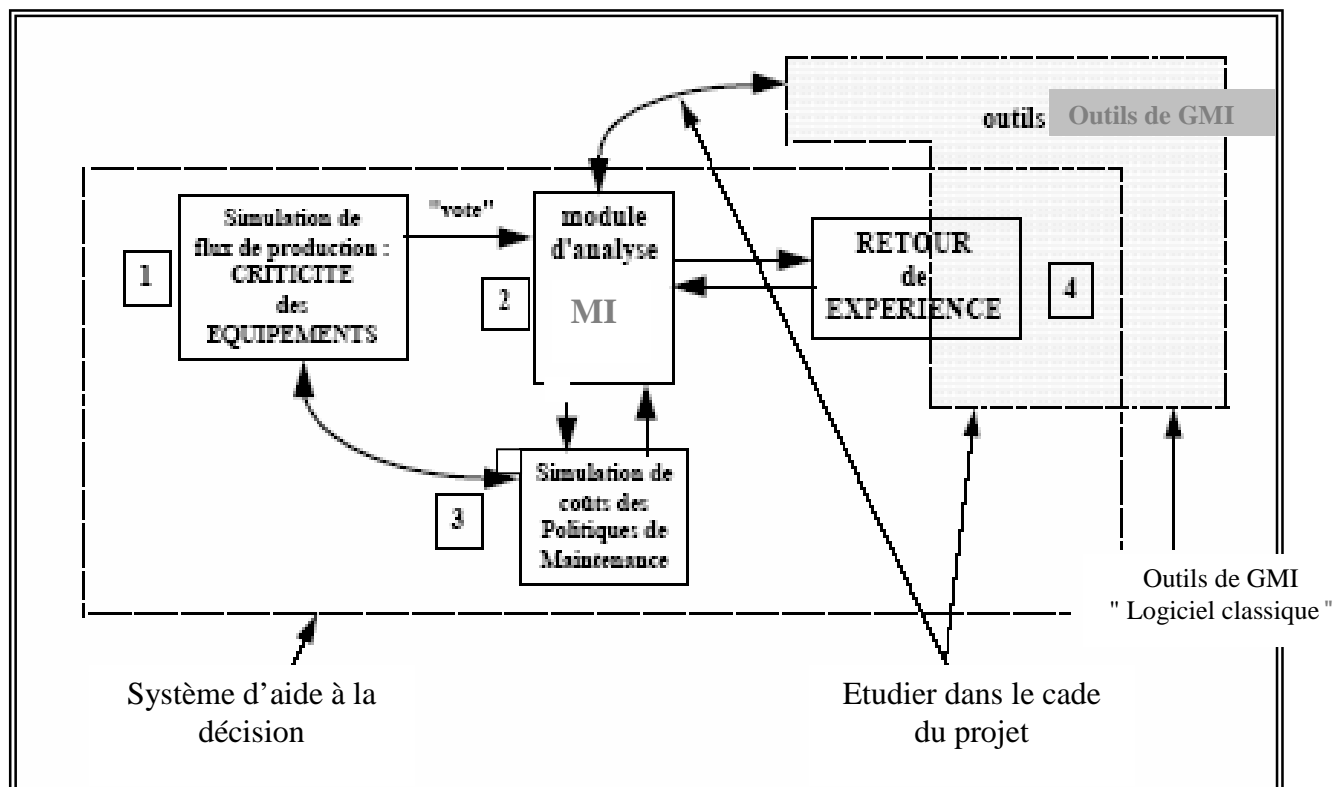


Fig-II-4 Schéma provisoire du système d'aide à la décision de choix des plans de maintenance pour les équipements

II.3.2 Objectif de la procédure de la MI

Le problème d'organisation de la maintenance est un concept complexe dans la mesure où les paramètres d'organisation font intervenir ceux de sûreté de fonctionnement (*SDF*) (fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité et logistique de maintenance).

Dans une procédure *MI* l'association des paramètres de sûreté de fonctionnement et économiques permettra d'obtenir une stratégie de maintenance.

Le but de cette procédure (*MI*) est, à partir des données contextuelles (des fournisseurs des équipements, de l'historique de pannes, du savoir-faire des exploitants et techniciens de maintenance, de l'histoire de l'équipement et son contexte de production) et à l'aide d'outils adaptés, d'élaborer une stratégie d'organisation de la maintenance afin de :

- Maintenir un niveau acceptable de *FMD* (*fiabilité, maintenabilité, disponibilité*) des équipements, au moment voulu, est une condition nécessaire au bon déroulement de la production et au respect des délais de livraison, est le moyen efficace.
- Garantir le niveau de rendement des équipements, ainsi que le suivi des performances grâce au retour d'expérience.
- Diminuer les coûts indirects induits par les arrêts dus à des défaillances tout en maîtrisant les coûts directs de la maintenance.
- Estimer le coût global de bénéfice
- La recherche des conditions d'existence et d'unicité d'une stratégie optimale.
- Facilite les opérations d'interventions des pannes
- Améliorer les performances de la maintenance par l'utilisation intensive de l'historique.
- Libérer les techniciens de certaines tâches offrant peu d'intérêt en particulier du domaine administratif.
- Réduire les temps de maintenance.
- Minimiser le coût total moyen des actions de maintenance sur un horizon infini. [5]

II.3.3 Les axes étudiés dans la MI

Comme il a été mentionné précédemment (En introduction), un *MI* assure une ou plusieurs fonction(s) ou méthode(s) grâce à ses analyses ou ses études spécifiques.

Ces fonctions possèdent une hiérarchie en termes d'importance et il convient toujours de s'interroger sur les aspects technico-économiques avant d'envisager la mise en oeuvre d'une étude (analyse) de **maintenance intégrée**. Pour effectuer cette analyse, il est nécessaire d'identifier les axes étudiés respectivement dans la *MI*:

- Données du retour d'expérience "historique de panne (HDP), Dossier Technique (DT).
 - Les analyses prévisionnelles des dysfonctionnements des systèmes:
 - Méthodes d'analyse prévisionnelle « **ABC** »
 - Les Concepts de base de la sûreté de fonctionnement (SDF) "FMD (loi de weibull et différents Caractéristiques).
 - Aide a la décision "arbre de Défaillance (**AdD**), diagramme causes-effets (diagramme d'**ishikawa**), analyse des modes de défaillance (**AMDEC**)".
 - Données économiques "les coût de maintenance (**CDM**), de non-maintenance (**CDNM**)
- [7]

II.3.4 Données du retour d'expérience

Le retour d'expérience vise une meilleure connaissance du comportement d'un équipement de production et ses différents composants, de leurs modes de dégradation, de dysfonctionnement ou d'endommagement. Il est basé sur la collecte et la gestion des faits Techniques, observés pendant toute la durée de vie de l'installation, de sa mise en service jusqu'à son démantèlement.

Dans ce contexte, la constitution d'un échantillon correct de données passe par la reconstitution de l'historique complet d'exploitation de ce matériel, pour une période d'observation déterminée.

L'obtention des données du retour d'expérience demande du temps, du bon sens et beaucoup d'abnégation et doit se faire à l'aide d'une méthodologie structurée progressive dans un cadre rigoureux telle que le prône la démarche **MI** (Maintenance Intégrée).

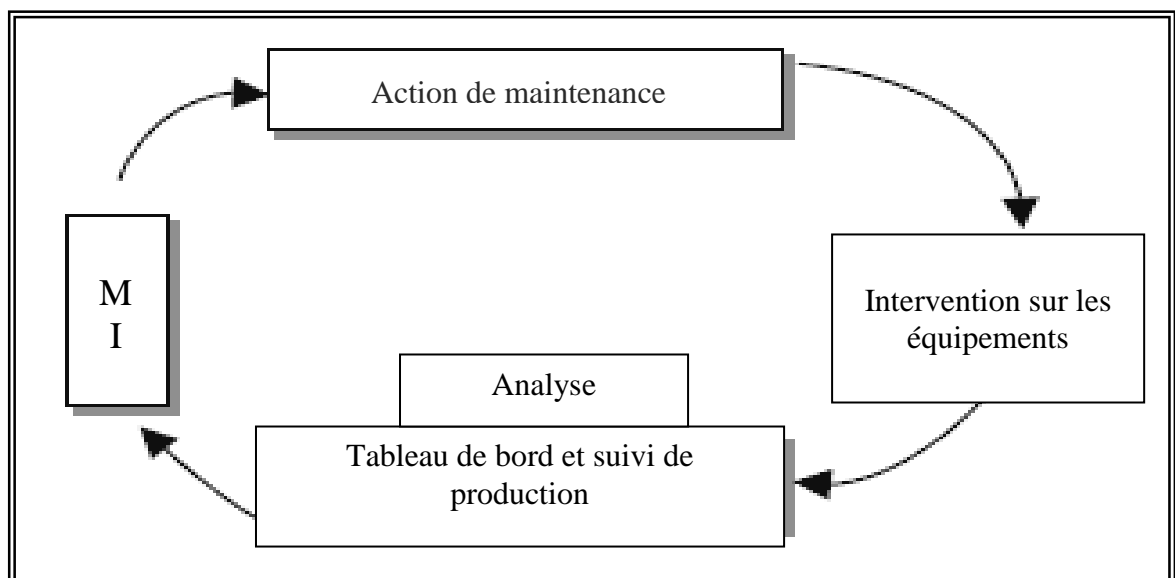


Fig-II-5 Retour d'expérience intégrée

Le retour d'expérience s'intègre naturellement dans le système de management d'une MI (un outil informatique, logiciel...), il nécessite un investissement important. [8]

II.3.5 Documentation du matériel

II.3.5.1 Le dossier machine ou dossier technique

Il contient tous les documents relatifs à un équipement depuis son installation. Il est en général constitué par 5 parties distinctes.

- Un descriptif de l'équipement avec désignation, constructeur, caractéristiques générales, liste des équipements similaires, photos et plans d'ensemble, plan d'installation.
- Un répertoire des documents associés à l'équipement.
- La liste des outillages spéciaux.
- La liste des principales modifications.
- L'ensemble des documents :
 - Nomenclature des plans
 - Nomenclature des schémas
 - Les aides au dépannage
 - Nomenclature des pièces de rechange
 - Documentation technique des principaux organes
 - Les consignes et instructions de maintenance
 - Les instructions de graissage
 - Les gammes de maintenance
 - Les documents constructeurs. [4]

II.3.5.2 Le dossier vie ou dossier historique

Ce dossier doit contenir tous les renseignements et documents concernant la vie de l'équipement et en particulier:

- Le répertoire des documents
- La liste des modifications et améliorations
- Les rapports d'expertise et d'incidents
- La fiche historique
- Les ordres de travaux et bons de travaux et leurs comptes rendu d'interventions. [4]

II.5.3 EXPLOITATION DE L'HISTORIQUE

L'exploitation de l'historique nécessite la mise en oeuvre de nombreuses données et des paramètres multiples, l'informatique apporte à ce niveau une aide précieuse comme outil de calcul. L'exemple suivant montre la mise en oeuvre de l'exploitation de l'historique par la méthode **ABC**, encore appelée loi de **PARETO**. [4]

II.3.6 L'analyse par arbre de défaillances (AdD)

II.3.6.1 Objectif

L'Analyse par Arbre de Défaillances (également appelée Arbre des Causes) est une analyse déductive : partant d'un événement indésirable unique et bien défini, il s'agit de rechercher les combinaisons possibles d'événements qui conduisent à la réalisation de cet événement indésirable.

II.3.6.2 Démarche

L'Analyse de la fiabilité d'un système peut être faite au moyen de la méthode des arbres de défaillances en quatre étapes principales :

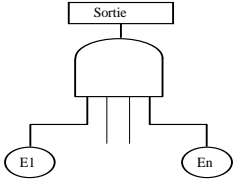
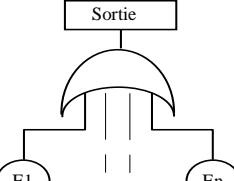
- Examen du système et définition des événements indésirables dont il peut être le foyer.

Cette recherche des événements indésirables peut être effectuée à l'aide d'une Analyse Préliminaire des Risques ou d'une **AMDE**.

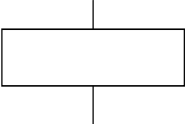

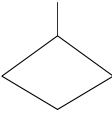
- Modélisation du système, recherche et description des événements qui peuvent intervenir au cours de sa vie. Il est nécessaire à cette étape de fixer les limites de l'analyse des causes des défaillances. Ceci peut se faire par une représentation simplifiée du système, des liens entre ses organes et de ses échanges avec l'extérieur.
- Etablissement des arbres de défaillances : On considère un événement indésirable, défini au préalable. On définit les événements intermédiaires qui paraissent engendrer cet événement final. Puis on représente graphiquement les combinaisons qui lient les événements intermédiaires à l'événement final en utilisant une symbolique et des opérateurs logiques (**Tab.II.1,II.2**) Chacun des événements indésirables est ainsi analysé jusqu'à ce que leurs causes puissent être expliquées par des combinaisons des événements de base. Ces causes peuvent être internes au système mais aussi externes.
- Appréciation de la fiabilité du système : quantification.

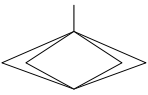



La méthode d'Analyse par Arbre de Défaillances peut être appliquée à l'évaluation de la sécurité ou de la fiabilité d'un système lorsqu'il n'est pas possible de la mesurer

statistiquement. Si la probabilité des événements de base est connue, la probabilité des « événements indésirables » peut être calculée. On en déduit la fiabilité du système complet. Sinon, des indications sur les voies à suivre pour l'amélioration de la fiabilité du système peuvent être obtenues à partir de la recherche des « coupes minimales ». Une coupe est un ensemble d'événements qui, s'ils se produisent ensemble, entraîne l'événement indésirable. Une coupe minimale est une coupe qui n'en contient aucune autre.

	<p>Porte ET</p>	<p>L'événement de sortie de la porte ET est généré si et seulement si toutes les entrées sont présentes</p>
	<p>Porte OU</p>	<p>L'événement de sortie de la porte OU est généré si une ou plusieurs entrées sont présentes</p>

Tab-II.1 Portes logiques fondamentales (AdD)

	<p>Rectangle</p>	<p>Représente un événement qui résulte de la combinaison événements plus élémentaires agissant à travers des portes logiques</p>
	<p>Cercle</p>	<p>Représente un événement élémentaire</p>
	<p>Losange</p>	<p>Représente un événement qui ne peut être considéré comme élémentaire, mais dont les causes ne seront pas développées</p>

	Double losange	Représente un événement dont les causes ne sont pas encore développées, mais le seront ultérieurement
	Triangle	La partie de l'arbre qui suit le symbole \triangleleft est transférée à l'endroit indiqué par le symbole \triangle
	Triangle inversé	La partie de l'arbre qui suit le symbole \triangleleft est transférée à l'endroit indiqué par le symbole \triangledown
	Maison	Représente un événement qui correspond à une utilisation normale du système

Tab-II.2 Tableau des représentations des événements (AdD)

Les Arbres de Défaillance (**AdD**) sont des représentations graphiques qui à partir d'un **événement redouté (noté F)** (fig.II.6) donné, ont pour but d'identifier séquentiellement l'ensemble de ses causes jusqu'aux plus élémentaires.

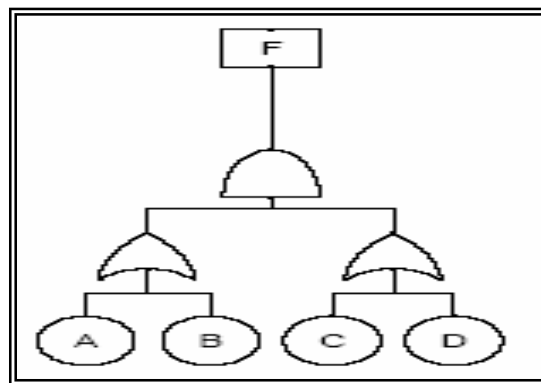


Fig-II.6 Arbres de Défaillance (AdD)

On considère un **système (noté S)** dont l'AdD est représenté ci-contre.

On distingue alors deux types d'éléments:

- Les **composants (A, B, C, D)** qui constituent le système.
- Les **portes (OU, ET, 2/3...)**.

L'Analyse quantitative d'un **AdD** consiste à calculer la probabilité de l'événement redouté connaissant les probabilités de défaillance des composants.

L'événement redouté **F** est la défaillance du système donne beaucoup plus de détail sur la méthode. [8]

II.4 Etude de processus de la MI

II.4.1 La sûreté de fonctionnement

- a- « la sûreté de fonctionnement est l'une des caractéristique de performance les plus importantes pour de nombrer produits. C'est une responsabilité qui doit être partagée entre le fournisseur et la le client ». cette notion doit être prise en compte tout long du cycle de vie d'un système ou d'un produit.
- b- « la sûreté de fonctionnement représente l'ensemble des propriétés qui décrivent la disponibilité et les facteurs qui la conditionnent : la fiabilité, maintenabilité et logistique de maintenance en intégrant la sécurité des biens et des personnes ». cette définition confirme parfaitement que la sûreté de fonctionnement est une notion générale sans aspect quantitatif, tout au plus qualitatif. Il n'est pas rare d'entendre dire que la sûreté de fonctionnement de telle ou telle machine n'est pas bonne, sous-entendu telle machine est peu sure par manque de disponibilité, voire dangereuse.
- c- Au sens large, la sûreté de fonctionnement set considérée comme la science des défaillances et des panne.

La sûreté de fonctionnement c'est : « l'aptitude d'une sociétés à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critique ou catastrophiques ». [5]

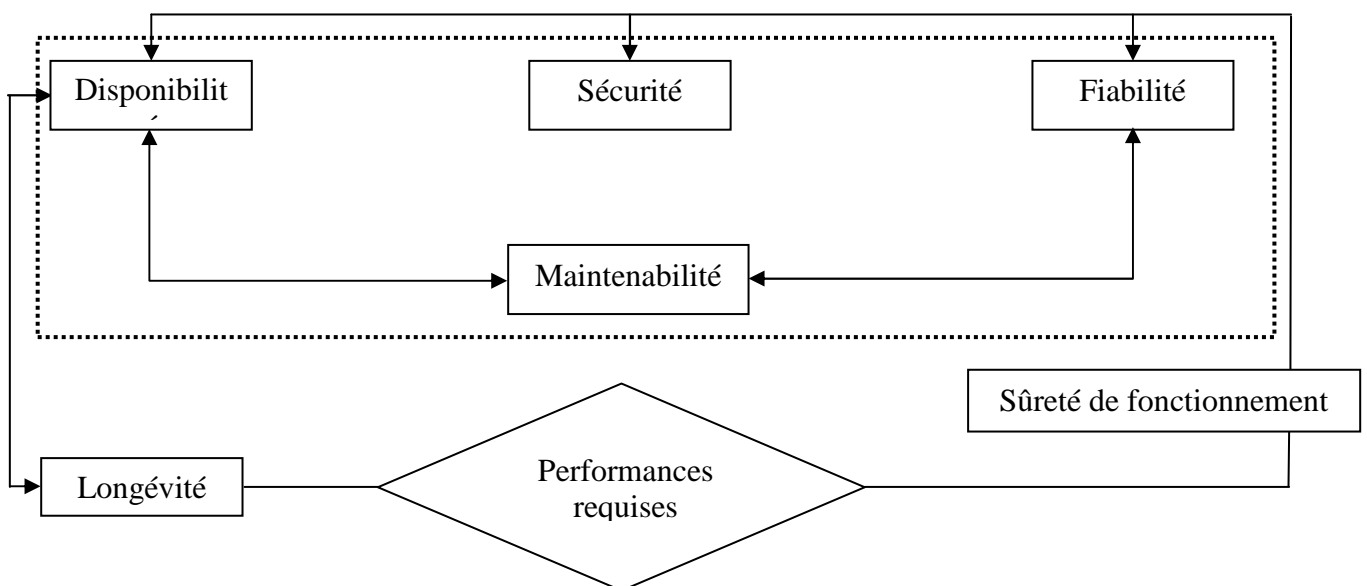


Fig II.7 Les éléments constitutifs de la sûreté de fonctionnement

II.4.2 Les paramètres de la FMD

II.4.2.1. La fiabilité

La norme **AFNOR X60-500** définit la fiabilité comme « l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné ».

Par extension, on appelle également fiabilité la probabilité associée $R(t)$ à cette notion, alors qu'elle n'en est qu'une mesure. Elle est définie par :

$R(t) = P(E \text{ non défaillante sur la durée } [0,t], \text{ en supposant qu'elle n'est pas défaillante à l'instant } t=0)$

En générale, on distingue :

- * **la fiabilité opérationnelle** : déduite de l'analyse d'entités identiques dans les mêmes conditions opérationnelles à partir de l'exploitation d'un retour d'expérience ;
- * **la fiabilité prévisionnelle** : correspondant à la fiabilité future d'un système en établie par son analyse, connaissant les fiabilité de ses composants ;
- * **la fiabilité extrapolée** : déduite de la fiabilité opérationnelle par extrapolation ou interpolation pour des conditions ou des durées différents ;
- * **la fiabilité intrinsèque** : qui découle directement des paramètres de conception sans modification de conception des entités, il n'est pas possible d'obtenir un niveau de fiabilité au plus égale à la fiabilité intrinsèque.

II.4.2.1.1 Lois discrètes

- loi binomiale
- loi de poisson
- loi hypergeometrique

II.4.2.1.2 Lois continues

- loi exponentielle
- loi normale
- loi de weibull
- loi log-normale

II.4.2.2 La maintenabilité

C'est l'aptitude d'un système à être rapidement dans un état opérationnel. Ainsi les systèmes dont les composants sont très facilement démontables peuvent bénéficier d'une meilleure maintenabilité que les autres.

II.4.2.3 La disponibilité

C'est l'aptitude d'un système à être opérationnel au moment où il est sollicité. La disponibilité des moyens de production est leur aptitude à être en état d'accomplir une mission déterminée dans des données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné.

II.4.2.4 La Sécurité

C'est la l'aptitude d'un système à ne pas connaître de panne considérées comme catastrophique pendant une durée donnée. [9]

II.4.3 La loi de WEIBULL

C'est un modèle statistique particulièrement bien adapté à l'étude statistique des défaillances. Cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentation.

WEIBULL : a donné au taux de défaillance $\lambda(t)$ une formule générale dépendant de trois (03) paramètres γ , η , β qui modélise avec une précision dans une gamme étendue l'application de ce modèle nécessite :

- **TBF** : temps de bon fonctionnement entre deux défaillances;
- La nombre de pannes correspondant au **TBF**.

Nous pouvons associer à chaque instant t , soit analytiquement soit graphiquement, les fonctions liées au comportement du matériel à savoir

II.4.3.1 Densité de probabilité $f(t)$

En fiabilité, elle représente la probabilité instantanée de défaillance (juste au temps t).

$$f(t) = \beta / \eta [(t-\gamma)^{\beta-1} / \eta] e^{-(t-\gamma)/\eta} \beta$$

II.4.3.2 La fonction de répartition $F(t)$

Elle représente la probabilité cumulée de défaillance entre 0 et t

$$F(t) = 1 - e^{-[t-\gamma / \eta]}$$

II.4.3.3 La fonction de fiabilité $R(t)$

C'est la probabilité de non défaillance au-delà du temps t .

$$R(t) = e^{-[t-\gamma / \eta]}$$

Où

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

II.4.3.4 Le taux de défaillance $\lambda(t)$

C'est la probabilité de défaillance à l'instant $(t + dt)$, sachant que le dispositif était bon à l'instant t .

$$\lambda(t) = \beta / \eta [t - \gamma / \eta]^{(\beta-1)} = f(t) / R(t)$$

II.4.3.5 Signification des paramètres du modèle de weibull

a. Paramètres de forme β

C'est un nombre sans dimensions, il définit l'allure de la distribution des durées.

Il permet d'adapter la forme de la courbe $f(t)$ aux différentes étapes de vie (figure II.8 et II.9)

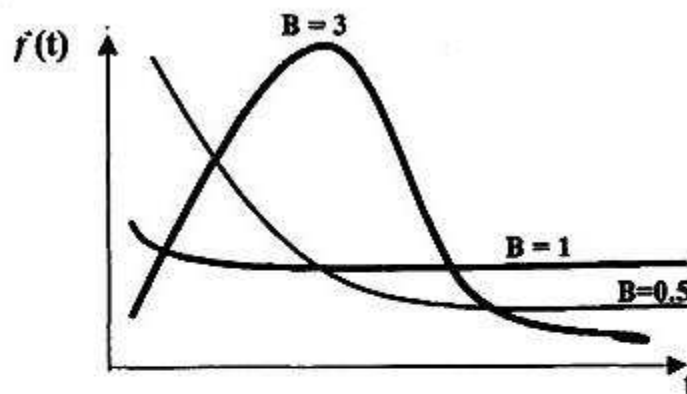


Fig II.8 formes de $f(t)$ en fonction de β

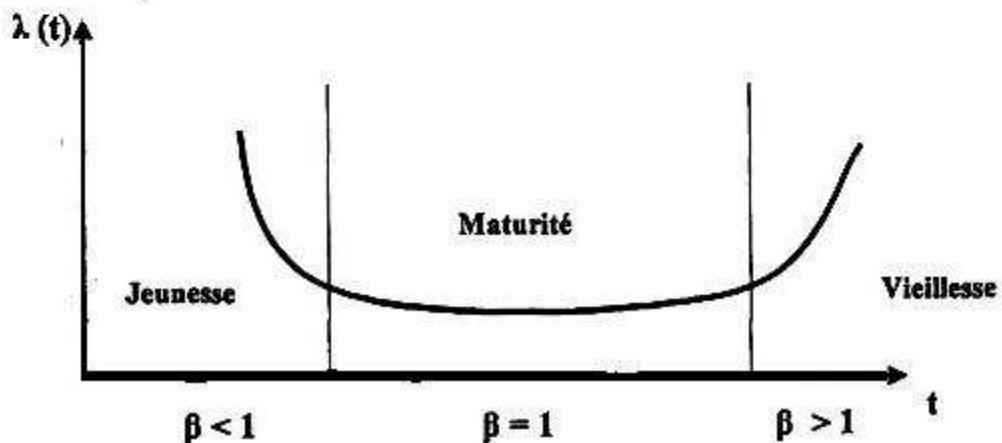


Fig II.9 formes de $\lambda(t)$ en fonction de β

$\beta < 1$

Correspond à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place de rodage de l'installation (période de jeunesse).

 $\beta = 1$

Corresponde à la zone où le taux de défaillance est pratiquement constant, c'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement avec un symptôme de dégradation préalable (vie utile). C'est la période la plus longue

 $\beta > 1$

Corresponde à la zone croissante rapide, c'est la période de vieillesse provoquée par l'usure mécanique.

b. Paramètre d'échelle

En unité qui est associée à l'échelle utilisée sur le graphe d'allions plait.

c. Paramètre de position

Il permet de déterminer la date du début des défaillances ; son unité est celle du temps :

Si :

- $\gamma < 0$: les défaillances ont débuté avant l'origine du temps ;
- $\gamma = 0$: les défaillances ont débuté dès l'origine du temps ;
- $\gamma > 0$: il y a une survie totale entre $t=0$ et $t=\gamma$.

La valeur moyenne et la variance : sont données par :

- la moyenne : $m = \gamma + \eta T (1 + 1/\beta)$
- la variance : $\text{var}(t) = \eta^2 [T (2/\beta + 1) - T^2 (1 + 1/\beta)]$

II.4.4 Test d'adéquation

Le modèle qu'on peut établir en fiabilité est issu d'un échantillon de population puis on fait l'hypothèse qu'ils suivent une loi particulière (loi de Weibull pour notre cas) ; Ainsi, il reste à vérifier la validité de cette loi ; la vérification est obtenue par un test d'adéquation. L'utilisation des statistiques a un risque d'erreur (α) petit, α est ce niveau de signification (est égal à la probabilité de tromper en utilisant ce test).

II.4.4.1 Test de KOLMOGOROV-SMIRNOV

Au une restriction n'est nécessaire, quel que soit la taille (n) on peut l'appliquer. L'idée du test est de comparer la fonction réelle de répartition des défaillances à la fonction de répartition théorique. Il consiste à mesurer l'écart point par point entre ces deux fonctions :

$$D_{n,\max} = |F(i) - F(t)|$$

Ou : $F(t)$ est la fonction de répartition réelle ; elle peut être obtenue par la méthode des range moyens :

$$F(t) = \frac{\sum n_i}{n+1}$$

$$F(t) = 1 - e^{-(t-\gamma/\eta)^\beta}$$

On montre que $D_n = \text{Max} |F(i) - F(t)|$ suit une loi ne dépendant que de η , et on écrit que :

$$P(\text{Max} |F(i) - F(t)| < D_{n,\alpha}) = 1 - \alpha$$

Si $D_n, \text{Max} > D_{n,\alpha}$, on refuse l'hypothèse du modèle théorique.

Si $D_n, \text{Max} < D_{n,\alpha}$, on accepte l'hypothèse du modèle théorique.

N.B : la valeur de $D_{n,\alpha}$ est donnée par la table de **Kolmogorov-smirnov**.

N.B : La démarche pour calculer MTBF et les paramètres γ , η , β par le modèle de Weibull :

- Cumuler les avaries n_i ;
- Recherche les fréquences cumulés $F(t)$:
 - si $n \leq 20$ méthode des rangs médians : $F(t) = \frac{\sum n_i - 0.3}{N + 0.4}$
 - si $n > 20$ méthode des rangs moyens : $F(t) = \frac{\sum n_i}{N + 1}$
- Reporters les valeurs sur le papier graphique de Weibull.

II.4.5 La maintenabilité

D'après la norme AFNOR c'est : « dans les condition données d'utilisation, l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans le quel elle peut accomplir une fonction requise lorsque la maintenance est accomplie, dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits ». [1]

La maintenabilité d'une entité réparable est caractérisée par une probabilité $M(t)$ que la maintenance d'une entité E est accomplie dans des conditions données, avec des

procédures et des moyens prescrits, soit achevée au temps t , sachant que E est défaillance au temps $t=0$.

Et on peut calculer la maintenabilité par la formule suivante :

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

La figure suivante représente l'allure de la courbe de maintenabilité :

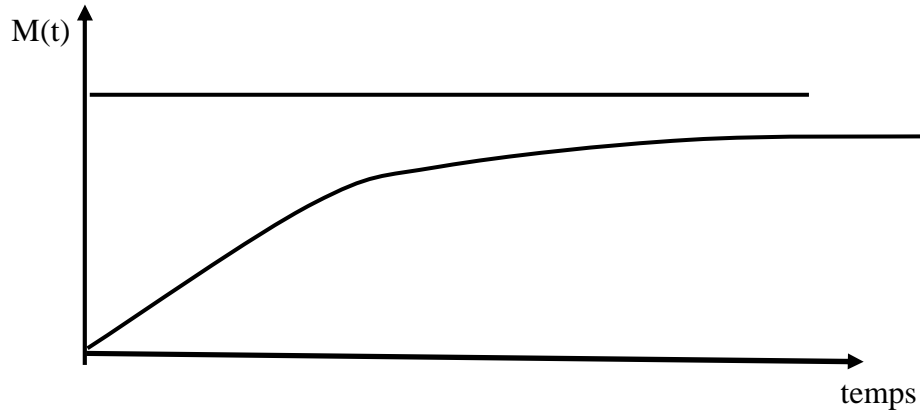


Fig II.10 Allure de la courbe de maintenabilité

II.4.5.1 Taux de réparation $\mu(t)$

On appelle taux de réparation $\mu(t)$ d'un système réparable au temps t la probabilité que l'entité soit réparée entre t et $t + dt$, sachant qu'elle n'était pas réparée sur l'intervalle $[0, t]$; avec $\mu(t)$ égal à :

$$\mu(t) = [1/(1-M(t))] dM(t)/dt = 1/MTTR$$

II.4.5.2 Intensité de répartition $g(t)$

A partir de la définition de la maintenabilité $M(t)$, on peut définir aussi l'intensité de réparation $g(t)$ représentant la densité de probabilité de la variable aléatoire correspondant au de réparation.

$$g(t) = dM(t) / dt.$$

MTTR (moyenne de temps de réparation)

Le MTTR est la durée moyenne jusqu'à la réparation d'une entité réparable. [9]

$$MTTR = \int_0^{+\infty} (1 - M(t)) dt$$

II.4.6 La disponibilité

La norme **AFNOR X60 – 500** définit la disponibilité comme « l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée » [1]

II.4.6.1 Disponibilité intrinsèque

Cette disponibilité est évaluée en prenant les moyennes des temps de bon fonctionnement et les moyennes des temps de réparation ce qui donne :

$$D_i = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

On a

$$\text{MTBF} = \text{T.C.B.F} / N_C$$

$$\text{MTTR} = \text{T.C.R} / N_C$$

Avec :

T.C.B.F : temps cumulé de bon fonctionnement.

T.C.R : temps cumulé de réparation.

N_C : nombre d'intervention de maintenance avec immobilisation.

II.4.6.2 Disponibilité instantanée

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constant et d'un taux de réparation μ constant, on montre que la disponibilité instantanée a pour expression :

$$D(t) = \mu / (\lambda + \mu) + (\lambda / (\lambda + \mu)) e^{-(\lambda + \mu)t}$$

Ou :

$$\lambda = 1 / \text{MTBF}$$

$$M = 1 / \text{MTTR}$$

II.4.6.3 Disponibilité asymptotique

Lorsque λ et μ sont indépendants des temps et quand (t) devient grand, on constate que $D(t)$ tend vers une valeur constante, cette valeur est souvent dénommée disponibilité asymptotique et se note $A_{+\infty}$, elle est égale :

$$A_{+\infty} = 1 / (1 + \lambda / \mu)$$

C'est à dire qu'à partir d'une valeur (t) , $D(t)$ pratiquement ne varie plus d'où l'on peut considérer comme une droite de valeur proche de :

$$A_{+\infty} = 1 / (1 + \lambda / \mu)$$

C'est la partie stationnaire de la disponibilité.

II.4.6.4 Disponibilité moyenne

La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut être évaluée par les rapports suivants :

$$D_0 = \frac{T.C.B.F}{T.C.B.F + T.C.I}$$

Avec :

T.C.B.F : temps cumulé de bon fonctionnement

T.C.I : temps cumulé d'immobilisation. [9]

II.5. La courbe ABC [3]

II.5.1 Objectif

Le but est d'analyser un phénomène, en le représentant par un graphique qui permet de déterminer l'existence d'une relation entre deux groupes de données. La courbe ABC permette de classer les événements selon l'enjeu qu'elles représentent. Elle permet de visualiser rapidement les priorités d'action, de faire un choix et de se concentrer sur les problèmes à traiter en priorité. C'est un moyen simple de classer les phénomènes par ordre d'importance.

II.5.2 Graphique sous forme d'histogramme

Les données chiffrées sont plus faciles à comprendre quand elles sont représentées sous forme de graphique que sous forme d'une suite de chiffres. Le graphique (synthèse visuelle) est un outil de choix pour l'établissement de tableaux de bord, d'illustrations de rapports, d'outils de contrôle et de prise de décision. L'histogramme est souvent utilisé car son format standardisé le rend compréhensible par tous.

II.5.3 Intérêt

L'intérêt de la courbe ABC est de montrer, dans un premier temps, qu'il est plus payant de s'attaquer à la résolution des causes principales de défauts que de perdre un temps précieux à traiter des causes qui n'apparaissent que rarement. Il permet ainsi de distinguer facilement l'essentiel du secondaire. Dans un environnement industriel, tout et n'importe quoi pourrait être amélioré indéfiniment. Mais l'amélioration a un coût. Elle doit

donc avoir une contrepartie : apporter une valeur ajoutée ou au minimum supprimer des pertes. Le diagramme de Pareto permet donc de justifier une action d'amélioration de la qualité.

II.5.4 Méthodologie

Elle consiste à classer les pannes par ordre décroissant de coûts, chaque panne se rapportant à une machine ou rubrique.

Puis à établir un graphe faisant correspondre le pourcentage de coûts, chaque panne se rapportant à une machine ou rubrique

Zone "A"

Dans la majorité des cas, on constat qu environ **20%** des pannes représente **80%** des coûts, ceci constitue la zone **A**, zone des priorités.

Zone "B"

Dans cette tranche, les **30%** des pannes suivantes ne coût **15%** supplémentaire.

Zone "C"

Dans cette zone les **50%** des pannes restantes ne représentent qu'a **5%** de coûts.

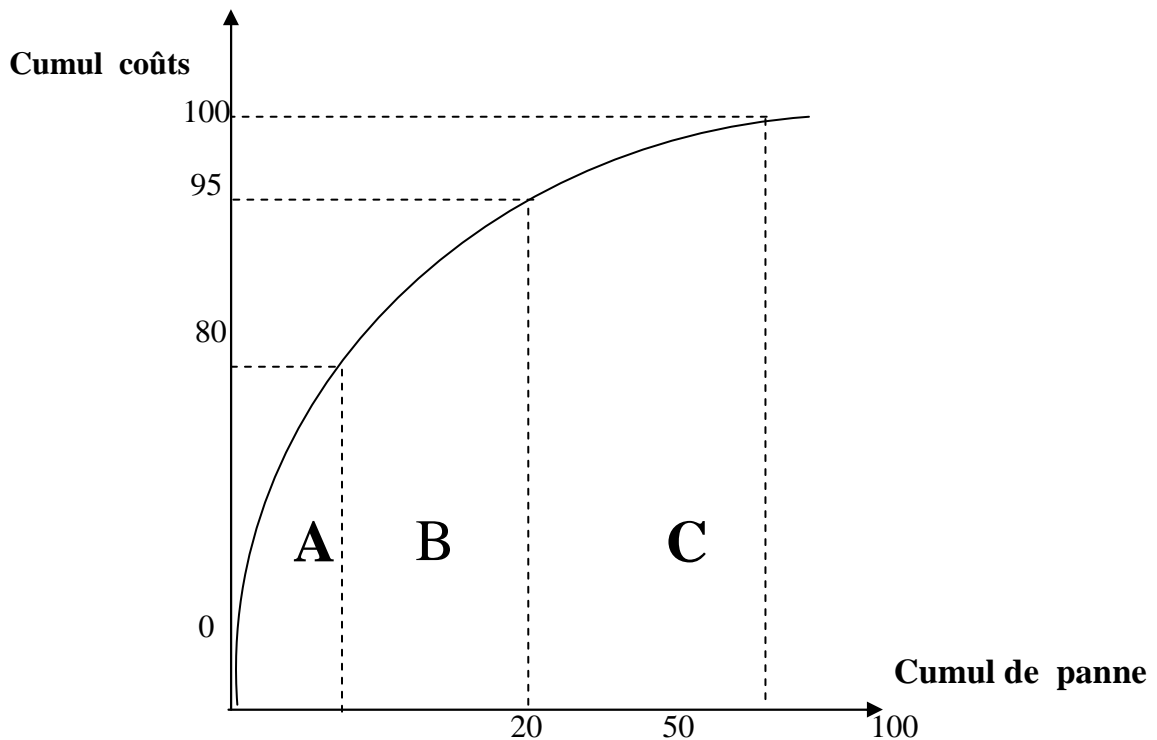


Fig-II.11 La Courbe ABC

II.6 Analyse des modes de défaillance leurs effets et leurs criticités (AMDEC) [10]

L'analyse des modes de défaillance leurs effets et leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse préventive qui recense et met en évidence les risques potentiels

applicables à un produit procédé, un projet , elle vise à optimiser la fiabilité en détectant les erreurs à un stade précoce et en les prévoyant.

L'AMDEC ajoute la quantification des risques et permet donc de les hiérarchiser, afin d'agir plus efficacement.

II.6.1 But de l'AMDEC

L'AMDEC peut être mise en œuvre dans de nombreux buts, en particulier :

- 1- Détermine les points faibles d'un système ou d'un produit
- 2- Recherche les causes mineures des défaillances des composants
- 3- Analyser les conséquences sur l'environnement, la sûreté de fonctionnement ;
- 4- Prévoir les actions correctives dès la conception.
- 5- Prévoir le plan de maintenance préventive et des pièces de rechange ;
- 6- Créer la documentation des systèmes d'aide au diagnostic

Faire dialoguer toutes les personnes concernées par le même projet.

II.6.2 Les différentes familles d'AMDEC

Au cours du temps, de nombreux types d'AMDEC ont vu le jour. En fait, il en existe trois principaux qui se réfèrent aux différentes fonctions du système de production d'une entreprise.

Dans le cas de la conception d'un produit complexe, ces différentes AMDEC seront mises en œuvre en parallèle ou successivement.

II.6.2.1 L'AMDEC produit

Permet de :

- une validation des objectifs du cahier des charges (fonctions, caractéristique) ;
- une assurance qualité de sûreté de fonctionnement du produit par rapport aux attentes du client ou/ et à des objectifs d'environnement ou de sécurité ;
- une aide à l'établissement des spécifications de capacité du processus et caractéristiques matières ;
- une aide à la définition du contrôle qualité produit.

Ce sont souvent les personnes du service qualité qui vont être responsables de ce type d'AMDEC.

II.6.2.2 L'AMDEC processus

Permet de :

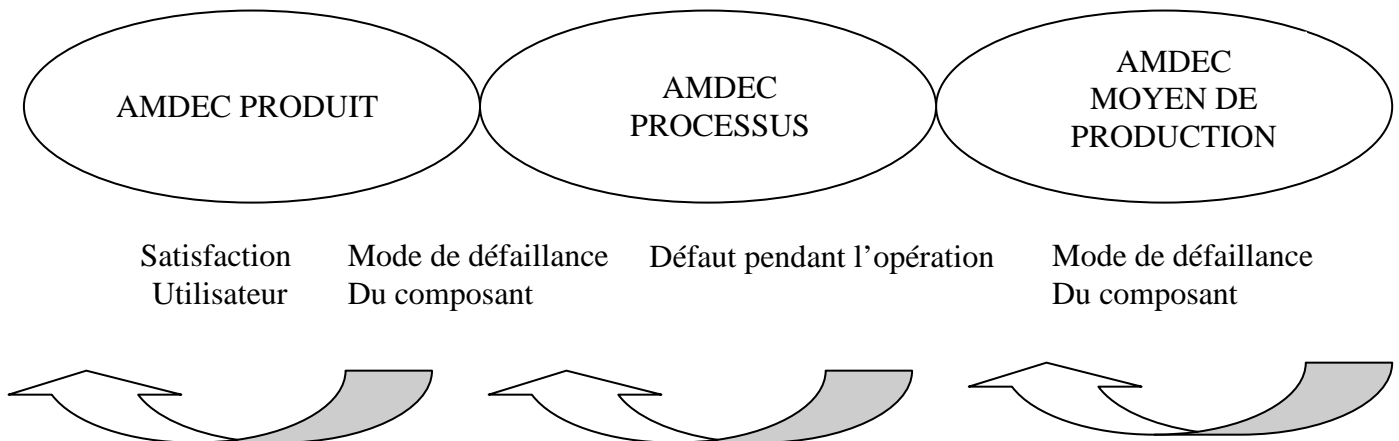
- une assurance qualité du processus (objectifs de qualité, de sécurité et de performance).

- une détermination des machines critiques (lien avec l'AMDEC moyen de production) et des goulots d'étranglement du système de production.
- une aide à la définition du contrôle de qualité produit.
- le personnel de production est responsable de cette AMDEC.

II.6.2.3 L'AMDEC moyen de production

Permet de:

- d'assurer la disponibilité du moyen de production.
- d'assurer la respect de l'environnement et de la sécurité des biens et des personnes
- de mettre en place politique de maintenance adaptée.
- de créer une documentation de maintenance et d'exploitation efficace.
- de fournir aide à la définition du contrôle qualité produit.
- Le service de maintenance est le principal animateur de ce type d'AMDEC. On retrouve ici l'importance de la prise en compte de la maintenance dès la conception.
- La mise en oeuvre des trois types d'AMDEC permet le rapprochement et le décloisonnement des fonctions production, maintenance et qualité au sein de groupes participatifs. [9]



FigII.12 complémentarité des différents types de l'AMDEC

Au cours de la conception ou de l'amélioration d'un nouveau produit ou système, de même que lors de la conception des équipements de production correspondant, ces trois AMDEC sont utilisées en synergie.

Cette même méthodologie est également de plus en plus utilisée pour les organisations.

II.6.3 Principe De La Méthode

La réalisation du dossier **AMDEC** doit passer par une phase amont qui consiste à la préparation de l'entité à l'analyse par décomposition fonctionnelle, en utilisant une des méthodes de l'analyse fonctionnelle.

Après la décomposition de l'entité en sous systèmes ou en pièces (cela dépend du niveau de décomposition adopté), chacun de ces modes doit passer par les étapes suivantes :

II.6.3.1 Analyse fonctionnelle

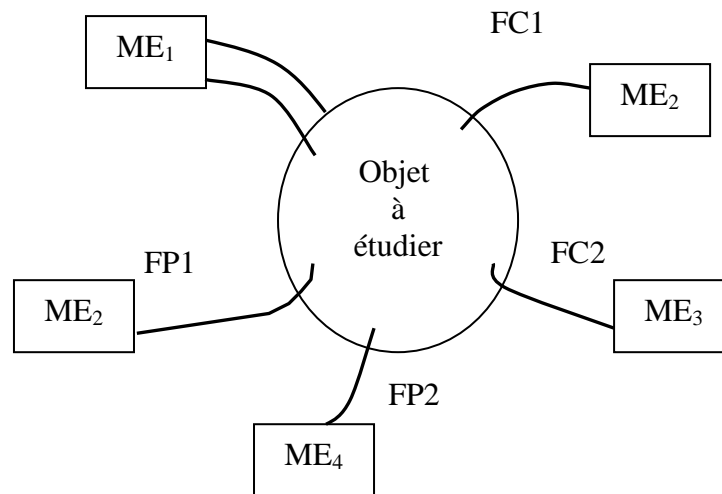
Les méthodes d'analyse fonctionnelle sont indispensables pour réaliser une décomposition fonctionnelle et matérielle d'une installation industrielle en cour de conception ou en fonctionnement.

L'utilisation de ces méthodes, par leurs caractères systématiques et exhaustifs, représente une garantie formelle pour décomposer une installation industrielle en niveaux fonctionnels et matériels nécessaires, pour identifier les modes de défaillances et leurs conséquences sur les objectifs opérationnels retenus pour l'installation ou équipement concerné.

L'analyse fonctionnelle permet d'identifier la totalité des fonctions d'un système à partir des relations de celui-ci avec son environnement. Les trois phases de la méthode sont :

- L'analyse du besoin du produit ou système.
- L'étude de l'environnement,
- La détermination des fonctions de l'équipement et des éléments qui sont nécessaires.

On effectue successivement une analyse fonctionnelle externe pendant laquelle, on considère l'équipement comme une boîte. On utilise une représentation graphique simplifiée.



Ou : **FP** = Fonction produit.
FC = Fonction contrainte.
ME = Milieu extérieur.

FigII.13 Analyse fonctionnelle externe du système

Cette analyse permet de faire exprimer le groupe sur fonction qui des milieux extérieure au système. On définit une (des) fonction (s) principale (s) et des fonctions contraintes rendues nécessaires pour que le système satisfasse à la sécurité, l'environnement à certaines contraintes d'utilisation par exemple.

Les résultats des analyses fonctionnelles sont matérialisés par le bloc diagramme fonctionnel (**BDF**). [10]

II.6.3.2 Analyse des défaillances

Pour tous les éléments de l'arborescence, on étudie successivement leur mode de défaillance, leurs effets et leur cause. Souvent, on regarde également le mode de détection, s'il existe.

II.6.3.2.1 Recensement des modes de défaillance

Le mode de défaillance est la caractéristique perceptible ou observation de la défaillance. Cette phase consiste à recenser de façon la plus complète possible tous les modes de défaillances plausibles et potentielles de l'entité analysée.

II.6.3.2.2 Recherche des causes de défaillance

Il est illusoire de viser l'exhaustivité dans cette phase, cependant une technique de recherche des causes fort efficace consiste à utiliser un outil de travail de groupe bien connu : l'analyse en arête de poisson ou diagramme d'ishikawa.

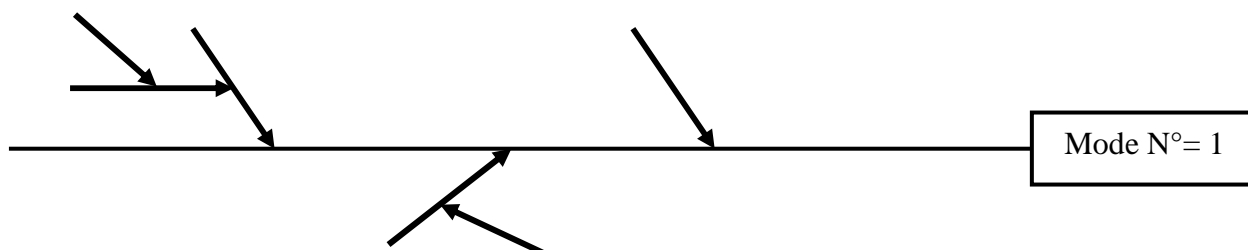


Fig II.14 Diagramme d'Ishikawa

On effectue un diagramme par mode de défaillance afin de rechercher à grouper sur le diagramme les causes interdépendantes de façon arborescente. [9]

II.6.3.2.2.1 Etude des effets

Chaque mode de défaillance provoque un effet ; c'est à dire a une conséquence sur la fonction, sur l'étape suivante ou sur les systèmes environnements. Le choix des niveaux d'étude et l'objectif aident à délimiter les effets à prendre en considération.

Certains fabricants définissent l'effet comme « ce que le client pourrait remarquer en supposant que la défaillance intervienne ». [10]

II.6.3.2.2.2 Recensement des moyens de détection existant

C'est l'ensemble des moyens prévus, soit pour prévenir l'apparition de la cause, soit pour détecter la défaillance (vérification, contrôles, points d'arrêt prévus dans les procédures ...).

Ces moyens devant être désigner soit dans la colonne des symptômes physiques qui apparaissent avant la défaillance ou dans la colonne des recommandations désignant les mesures à prendre (contrôle, mesuré ...) afin de détecter l'anomalie à une phase précoce.

[10]

II.6.3.3 Hiérarchisation des défaillances

Le grand nombre de défaillance répertoires et analysées lors de la phase précédente nécessite d'introduire une certaine hiérarchisation afin de pouvoir isoler les plus « critique », c'est-à-dire celles qu'il va falloir éliminer en revoyant la conception du système.

Pour réaliser cette hiérarchisation, on utilise des grilles de criticité. Une défaillance sera d'autant plus critique son apparition sera difficile. On définit donc un indice comprenant quatre niveaux (ou plus, si l'on possède des informations précises) pour la fréquence, la gravité et la non détection de défaillance. [10]

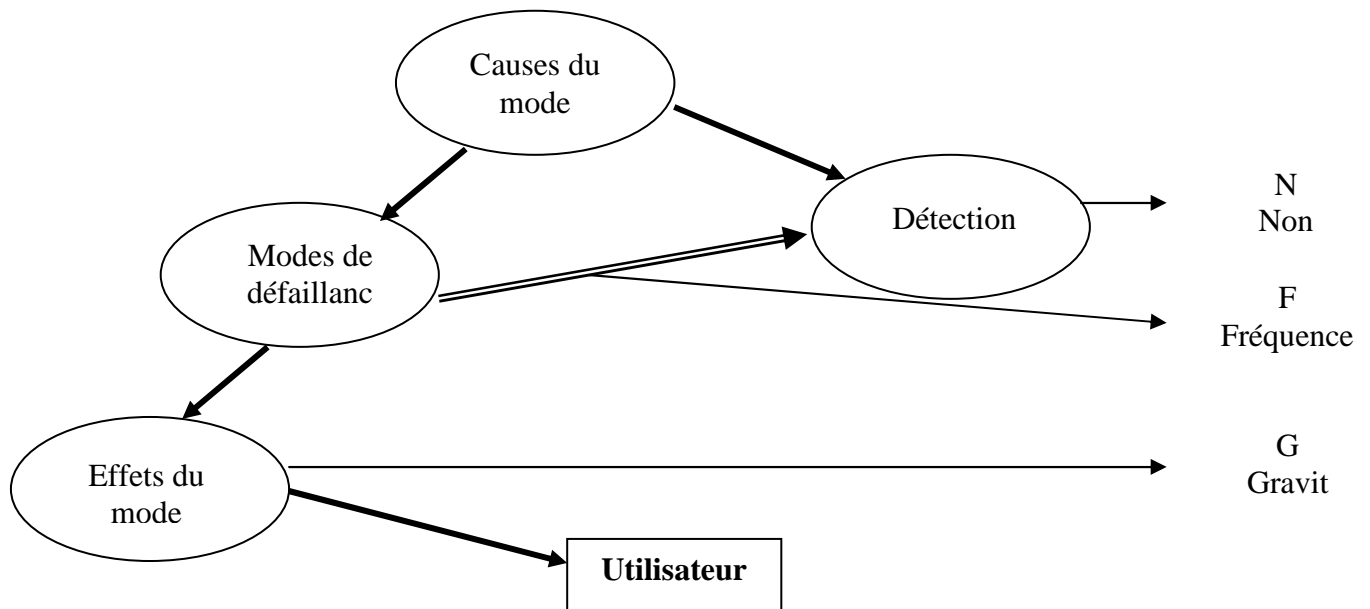


Fig II.15 indices F.G et N dans la chaîne fondamentale conduisant à une défaillance

II.6.3.3.1 Estimation des facteurs de fréquence, gravité et non détection [9]

Il s'agit ici d'outils de quantification, puis à attribuer une note à chacun de ces critères.

On utilise en général :

-la fréquence d'apparition F

C'est la probabilité pour la cause se produise et quelle entraîne le mode de défaillance concerné.

-le risque de non détection ND

Que l'on appelle souvent pour souci de synthèse détection. C'est la probabilité que la cause et la mode étant apparus, la défaillance atteigne l'utilisation plus le risque est grand de ne pas détecter la défaillance plus sera forte

-La Gravité G

Encore appelée sévérité ; on s'intéresse à la gravité par l'effet, s'il intervient à l'utilisation ; la cause en elle même n'a pas d'incidence sur la gravité.

Indice	Critère G	Critère fréquence
1	Temps d'arrêt inférieur à 12 heures	Défaillance pratiquement inexistant sur des installations similaires en exploitation, au plus un défaut sur la durée de vie de l'installation.
2	Temps d'arrêt inférieur à 24 heures	Défaillance rarement apparus sur du matériel similaire existant en exploitation (exemple : un défaut par an)
3	Temps d'arrêt inférieur à 1 semaine	Défaillance occasionnellement apparue sur un matériel similaire existant exploitation (exemple : un défaut par trimestre).
4	Temps d'arrêt supérieur à 1 semaine	Défaillance fréquemment apparue sur un composant connu ou matériel similaire existant en exploitation (exemple : un défaut par mois).

Tab.II.3 grille de criticité

II.6.3.3.2 Détermination de la criticité [9]

La criticité est la résultante des facteurs des risques étudiés ci dessus. On la détermine concrètement par le produit :

$$C=F.G.ND$$

- Cet indice est parfois dénommé (**IPR**) indice de priorités des risques.

Il permet d'établir une hiérarchie des risques. Plus l'indice de criticité est grand, plus le risque lié à la défaillance potentiel l'est élevé.

II.6.3.4 Détection des actions correctives menées

Les défaillances sont alors rassemblées sur une matrice de criticité qui permet de visualité les défaillances les plus critiques en fonction de leur indice de criticité

classe d'occurrence gravité	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				

Tab II.4 Matrice de criticité

En phase de conception d'un système, le cahier des charges fixe une valeur maximale tolérable de la criticité que l'on peut reporter. Les défaillances qui conduisent à une obligation de reprise de conception apparaissent ainsi très clairement.

Un responsable est chargé de chaque défaillance à éliminer, et ces données peuvent être inscrites dans de nouvelles colonnes de la grille **AMDEC**.

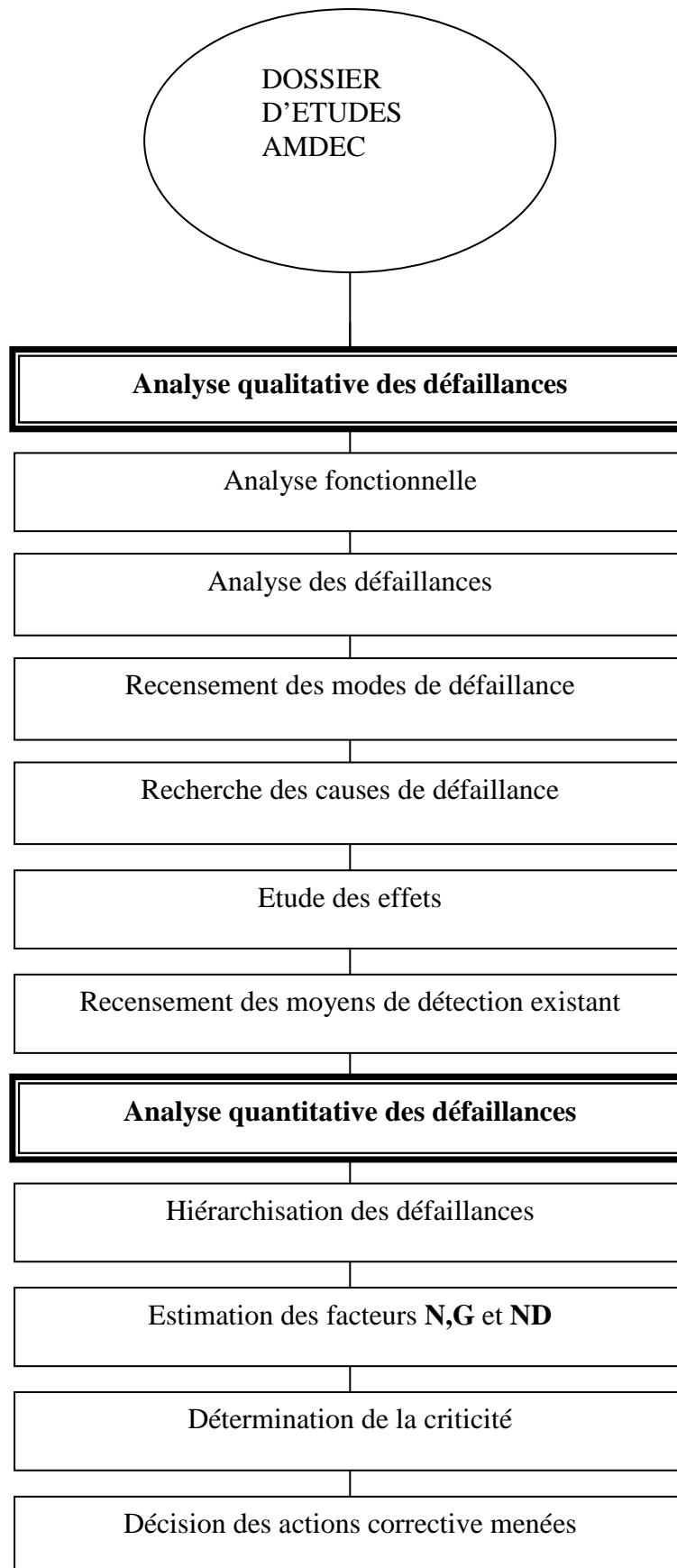


Fig II.16 Plan d'élaboration un dossier AMDEC

II.6.3.5 Tableau d'AMDEC [9]

Les résultats trouvés des deux analyses, qualitative et quantitative vont être récapitulés dans le tableau d'AMDEC. Le tableau que nous allons adopté pour la partie pratique comporte les suivantes :

1	Numéro
2	Machine
3	Sous ensembles
4	Fonction
5	Numéro
6	Mode de défaillance
7	Cause de défaillance
8	Effet
9	Classe d'occurrence (fréquence)
10	Symptôme
11	Moyen de détection
12	Gravité

Tab II.5 Tableau d'AMDEC**II.6 Conclusion**

La sûreté de fonctionnement est un paramètre exprimé par plusieurs caractéristiques propres à l'équipement et par sécurité des personnes.

A travers ce chapitre nous avons expliqué les différents aspects de ces paramètres que nous utiliserons dans le parti pratique de notre travail.

CHAPITRE III

Analyse des défaillances de la machine a tubes RM 6 B

III.1 Introduction

La machine à tubes **RM 6 B** est la plus grande machine, c'est un équipement stratégique, considéré comme le cœur de l'unité tuberie, son arrêt provoque l'arrêt total de l'unité.

Son rôle est la transformation des produits plats (feuillards) en tubes qui sont utilisé également dans l'agriculture.

Nous allons à travers ce chapitre, détaillé la conception et le fonctionnement de la machine à tubes, et donné l'historique des pannes de cette dernière.

III.2 LA MACHINE A TUBES RM 6 B [11]

La machine a tubes **RM 6 B** sert à la fabrication de tubes d'irrigation et de tubes de construction avec une gamme de diamètres de 50 a 152 mm et une épaisseur allant à 2 mm maximum. La matière brute pour la fabrication des tubes ressort des fiches techniques.

La condition préalable pour la production des tubes parfaits est l'utilisation des feuillards qui correspondent exactement à la qualité et aux dimensions imposées.

La machine consistent deux différents sous-ensembles

Le feuillard sortant du dérouleur, est dirigé vers la soudeuse. Les bouts de feuillard sont d'abord coupés et ensuite joints par soudage. Les feuillards soudés sont ensuite enroulés à l'un des cotés du dérouleur double (tampon).

Le feuillard se trouvant au deuxième coté du dérouleur double, cependant passe par la deuxième soudeuse, par la cisaille pour rives et par la ligne de profilage jusqu'à l'unité de soudage qui transforme le feuillard en tube. Après avoir passé la ligne de refroidissement, le tube est orienté vers la ligne de calibrage et ensuite vers la tronçonneuse ou il est coupé à la longueur désirée.

Les tubes tronçonnés sont ensuite évacués par le banc d'éjection, soit à droite au poste contrôle pour subir l'épreuve pression intérieur, soit à gauche dans un berceau.

La commande de l'ensemble de la machine se fait à partir pupitre de commande. Le rembobinage et le régime de commande manuelle de la tronçonneuse sont assurés par des pupitres de commande externes. Pour l'engagement du feuillard des cassettes de commande sont prévues en supplément.

III.3 Données techniques de la machine à tubes

Tab III.1 Données technique de la machine à tubes RM 6 B

Type	tube d'irrigation, norme similaire à DIN 19651
Gamme de diamètres	50 – 152 mm
Epaisseur	allant à 2.0 mm
Longueur de tube	6 m
Tolérance sur longueur de tube	+/- 10 mm
Vitesse de l'installation	50 m/min maximum
Vitesse de production	36 m/min maximum
L'entraînement des galets de profilage et de calibrage	à l'aide de moteur a courant continu à vitesse réglable
Matière brute pour tube	feuillard laminé à froid, UST 2 K 50 BKFM (max. 0.1% de C), selon DIN 1624. galvanisable à chaud. Env. 550 N/mm ² , huilé, DIN 1544.
Dimension de bobine	diam ext : max 1300 mm Diam int : max 500 mm Largeur : 150 – 510 mm Poids : max 4.2 t
Procédé de soudage	Pour soudage longitudinal : HF 100 KW/120 KVA Pour soudage transversal : TIG -2 x 13 KVA Electrique : 3 x 380 V. 50 Hz Tension de commande : 110 V. 24 V
Valeurs de branchement pour moteur	Moteurs triphasés : env. 40 KW Moteurs à courant continu : env. 120 KW
Besoin en eau de refroidissement	minime, car présence de refroidissement interne (refroidissement de retour par tour)
Air comprimé	6 bars
Oléo hydraulique	120 bars max

Temps pour changement de gamme en heures	env. 10- 12 h
Personnel d'exploitation	1 ouvrier professionnel 2 ouvriers spécialisés

III.4 Les équipements de la machine à tubes [9]

La machine à tubes se compose de plusieurs équipements, elle est enregistrer sous le code d'équipement **01 03 00**, les différents équipement de cette machine sont aussi enregistrer sous les codes d'équipements suivants :

Tab III.2 les équipements de la machine à tubes RM 6 B

01 03 01	Dévidoir (dérouleur)
01 03 02	Cisaille d'éboutage
01 03 03	Dévidoir double (dérouleur double)
01 03 04	Cisaille pour rives
01 03 05	Ligne de profilage
01 03 06	Unité HF
01 03 07	Unité de soudage
01 03 08	Ligne de refroidissement
01 03 08	Ligne de calibrage
01 03 09	Tronçonneuse
01 03 10	Banc d'évacuation

III.4.1 Dévidoir (dérouleur simple)

Le dévidoir est une construction robuste en acier, et fixée sur un cadre réglable de largeur, ceci étant nécessaire pour maintenir le milieu du feuillard pour chaque largeur de feuillard.

La largeur est ajustée à la main au moyen d'une broche munie d'un dispositif à cliquet.

La conception du logement de coil tient compte d'une mise en place aisée du coil au moyen de crochet de grue ou de chariot élévateur.

Un moteur à courant continu assure, à l'intermédiaire d'un entraînement à chaîne, l'entraînement de l'arbre logé en porte-à-faux du dévidoir ainsi que la traction exacte du feuillard.

Un mécanisme d'écartement actionné par un cylindre hydraulique fixe le coil sur son logement.

Le vérin hydraulique est activé par une soupape à main montée latéralement à l'appareil.

L'alimentation en huile se fait au moyen d'un groupe hydraulique central.

La commande du dévidoir est assurée à partir d'un pupitre de commande externe installé directement à coté de la machine à souder bouts de feuillard.

III.4.2 Cisaille d'éboutage

L'appareil sert à joindre les bouts de feuillard et les débits de la nouvelle bobine avec l'utilisation du soudage TIG.

La cisaille d'éboutage est conçue en tant que construction soudée robuste. Le cadre de base est doté au coté sortie de la cisaille de galets de guidage vulcanisés. En plus l'unité dispose d'une cisaille pour feuillards et de deux dispositifs de serrage qui fixent les bouts de feuillard lors du soudage. Les couteaux ainsi que les dispositifs de serrage sont commandés par des soupapes manuelles qui sont installées au front du cadre de base.

III.4.3 Dévidoir double (dérouleur double)

Le dévidoir double est une construction en acier soudé, ses éléments principaux sont deux dévidoirs à entraînement indépendant.

L'entraînement d'un dévidoir est assuré par une unité consistant en moteur à courant continu, en engrenage et en roue dentée. Chacun des deux dévidoirs est réglable de largeur. Les coils de feuillard et le bout du feuillard sont fixés à l'aide de bras de retenue actionnés hydrauliquement (commande par soupape à main monté sur le dévidoir).

Le pivotement du dévidoir se fait par un moteur hydraulique à l'intermédiaire d'un dispositif d'entraînement à chaîne (incorporés dans le châssis). In pivotement accidentel au cours du service est évité par deux vérins d'arrêt.

Un groupe hydraulique assure l'alimentation hydraulique centrale. Le dévidoir double est commandé à partir d'un pupitre de commande externe.

III.4.4 Cisaille pour rives

La cisaille pour rives sert à couper les rives du feuillard destiné à l'engagement dans la ligne de profilage, pour arriver à la largeur de feuillard nécessaire selon la dimension de tube.

La coupe des rives se fait à l'aide de lames circulaire durcies appliquées aux deux arbres en fonction de la largeur de feuillard demandée

III.4.5 Ligne de profilage

La ligne de profilage peut être divisée en deux sous-ensembles :

III.4.5.1 Lit de machine et table d'engagement

Afin d'assurer le centrage parfait du tube pour chaque dimension par rapport à l'unité de soudage, la hauteur du support de l'unité changement de gamme est réglée à l'aide d'éléments de levage disposés en paire sont reliés à un rouleau moteur et fixés au cadre de base du lit de machine.

III.4.5.2 Unité de changement de gamme

Pour faciliter et accélérer le changement de gamme de la machine, les cages de profilage et les tables intermédiaires sont montées sur des unités de changement de gamme (réarmement). Ces unités peuvent être manipulées à l'aide de chariots élévateurs ou de grues.

III.4.6 Le générateur HF

III.4.6.1 Généralités

Le générateur **HF IG 481 W100** fait partie de votre installation de soudage de tubes. Sa fonction est de produire la chaleur nécessaire à la soudure longitudinale de la tôle préformée, ceci sous forme d'énergie à haute fréquence, et de la transporter dans la zone à souder.

Le générateur haute fréquence est conçu et construit de manière à être utilisé dans n'importe quelle exploitation industrielle, et à être manœuvré comme n'importe quelle autre machine. L'emploi de cette installation, est simple et ne nécessite pas de connaissances spéciales.

De manière à obtenir cependant un rendement optimal de l'équipement, il est nécessaire, comme pour chaque machine, d'en connaître les caractéristiques et la manière de travail.

III.4.6.2 Caractéristiques techniques de l'HF

Tab III.3 caractéristique technique de l'HF

Puissance HF aux bornes de l'inducteur au point de fonctionnement normal en service continu (a tension normale du réseau)	100 W
Gamme de réglage de la puissance HF (a l'aide de déplacement de l'adaptateur de commutation du transfo HF)	25 – 100 KW
Fréquence à charge nominale	Env. 450 KHz
Inductance optimale de l'inducteur L_{iop}	0.08 – 0.1 μH
Facteur de qualité Q_i d'un inducteur chargé L_{iop} avec transmission de la charge HF optimum	Env. 6.5

Tension HF aux bornes de la sortie au point de fonctionnement optimal	180 veff (symétrique, c.à.d. que chaque borne de raccordement a la moitié de cette tension par rapport à la masse)
---	---

III.4.6.3 Structure du générateur HF

Le générateur HF est divisé. Fonctionnellement et constructivement, en éléments principaux qui sont :

III.4.6.3.1 sortie réseau

En font partie

- * Tension d'alimentation pour la partie puissance y compris protections et dispositifs de mise à terre.

- * Interrupteur de puissance.

- * Tension d'alimentation pour les circuits auxiliaires y compris les protections.

III.4.6.3.2 Transformateur haute fréquence

III.4.6.3.3 Armoire du redresseur et de commande

Elle contient

- * Le redresseur haute tension triphasé double alternance avec éléments de couplage et protection de surintensité.

- * Automates de surintensité, interrupteurs de protection, relais, transformateurs pour les circuits auxiliaires et commande du générateur.

- * Unité de blocage de l'oscillateur.

- * Refroidissement de l'air avec échange air-eau.

III.4.6.3.4 Armoire de l'oscillateur

Elle contient

- * Le tube oscillateur, le dispositif de réaction et le filtre anodique.

- * Résistance de grille.

- * Sortie haute fréquence (pour 2 câbles coaxiaux HF).

- * Distribution et surveillance de l'eau de refroidissement.

- * Transformateur de chauffage de tube oscillateur.

- * Ventilation.

- * Platine de commande avec les éléments pour commande locale et instruments de mesure.

III.4.6.3.5 Adaptateur réglable

Il contient

- * Entrée HF (pour 2 câbles coaxiaux HF).

- * Transformateur de sortie HF (avec bobines primaire et secondaire).

- * Condensateurs du circuit oscillant.
- * Raccordement pour l'inducteur.
- * Dispositif de dessiccation.

III.4.6.3.6 Commande à distance

S'effectue à partir pupitre de commande de la machine à souder les tubes.

III.4.6.3.7 Unité de refroidissement

En font partie :

- * Le circuit de refroidissement interne avec réservoir, pompe, réglage de température et échangeur de chaleur eau-eau.
- * Le circuit de refroidissement extérieur avec soupape de réglage.

III.4.6.4 Fonctionnement de générateur

III.4.6.4.1 Fonction principale du générateur

L'énergie provenant du réseau à basse tension est portée à l'aide du transformateur haute tension, à une tension suffisamment élevée pour l'oscillateur, puis redressée par un redresseur triphasé à double alternance, cette haute tension redressée alimente le tube oscillateur. Ce dernier, ainsi que le circuit oscillant, constituent l'oscillateur qui produit l'énergie haute fréquence. À l'aide de l'enroulement secondaire, qui avec la bobine du circuit oscillant constitue un transformateur à air, cette énergie haute fréquence est amenée aux bornes de l'inducteur. La bobine primaire peut être déplacée manuellement ou à l'aide d'un moteur par rapport à la bobine secondaire. De cette manière, il est possible de régler exactement l'énergie HF de façon continue. Un réglage grossier s'effectue en déplaçant le commutateur du transformateur haute tension, bien entendu seulement quand la haute tension n'est plus en service. L'arrêt de la haute fréquence s'effectue en appliquant une tension négative à la grille du tube oscillateur.

III.4.6.4.2 Interrupteur de puissance

L'interrupteur de puissance 2-9Q61 connecte le transformateur haute tension au réseau basse tension. À l'aide de ses protections thermiques et magnétiques, cet interrupteur protège l'installation des surcharges ou des courts-circuits. L'enclenchement s'effectue en alimentant une bobine. Le déclenchement a lieu soit en coupant la tension d'alimentation de la bobine à minimum de tension, par le fonctionnement des protections magnétiques, ou alors manuellement. L'interrupteur de puissance peut être actionné soit on commande locale ou en commande à distance (verrouillage à l'aide d'une clé). Un déclenchement provoqué par fonctionnement d'une protection magnétique nécessite une intervention manuelle (bouton rouge). Le ressort de manœuvre peut être tendu manuellement à l'aide d'un moteur.

III.4.6.4.3 Transformateur haute tension

Le transformateur 3-10T21 élève la tension du réseau à une tension de 3×10800 V

III.4.7 Unité de soudage

L'unité de soudage est la partie de la ligne à tubes ou le feuillard devenu tube à fente subit un soudage longitudinal selon procédé HF.

Cette partie de la ligne à tube comprend plusieurs sous-ensembles.

Tout d'abord il y a vue direction de production – une table intermédiaire (ST 11) et ensuite le guidage des rives de feuillard. Celui-ci comprend 4 chariots ajustables qui peuvent être ajustés tous de manière individuelle et sont dotés des logements de rouleaux. Ces logements reçoivent, en fonction de la dimension du tube, les rouleaux de guidage (désignation ST 12). L'ensemble du guidage peut faire sur le châssis de base un mouvement transversal par rapport à la direction de production, sa hauteur est également réglable.

III.4.8 Ligne de refroidissement

La ligne de refroidissement fait refroidir le tube venant de la ligne soudage à la température ambiante environ. Moyen réfrigérant est de l'émulsion refroidie de suite par un échangeur de chaleur, le tube ici passe au dessous de tube atomiseur et est arrosé d'en haut.

Le coffre étant exécuté en forme V, l'émulsion se rassemble au centre du fond du coffre et s'écoule dans un tube de 70 mm pour rentrer ensuite à l'installation de refroidissement.

III.4.9 Ligne de calibrage

Le châssis de base est réalisé en acier; il reçoit, comme c'est le cas pour la ligne de profilage. L'unité de changement de gamme comprend trois tables intermédiaire trois montants de profilage et deux têtes de turc. Les trois montants sont entraînés par le moteur d'entraînement moyennant des arbres cardan et des engrenages vis sans fin. Les montants sont conçus de sorte qu'il soit possible d'approcher tant les galets inférieurs. Ceci se fait à l'aide des deux têtes de turc, le tube est calibré exactement et laminé.

La ligne de calibrage possède en plus un dispositif de mesure de longueurs. Celui à transmet a la tronçonneuse, en fonction de la vitesse de tube, la commande pour la largeur de tube désirée. La roue mesureuse est approchée par voie hydraulique à l'aide d'une soupape manuelle se trouvant en base de la boîte de refroidissement.

III.4.10 Tronçonneuse

La tronçonneuse consiste essentiellement en une vue partie inférieur soudée avec le guidage pour le chariot mobile sur ce chariot sont installés le dispositif de tronçonnage et deux dispositifs de serrage.

La tronçonneuse des tubes se fait sans copeaux à l'aide de 4 lames rotatives (couteaux). L'avance de ces couteaux se fait par voie hydraulique moyennant un mécanisme d'enclenchement et le chariot porte-outil.

Le déplacement du chariot tronçonneuse est assuré par un moteur à courant continu moyennant une roue dentée motrice. Un engrenage cyclo est une crémaillère fixée au cadre de base.

La vitesse de déplacement du chariot est adaptée à la vitesse de production à l'aide d'une génératrice tachymétrique. Le réglage se fait par voie électrique, le démarrage est commandé par voie numérique, le positionnement du chariot dans la position de départ est automatique avant chaque coupe.

III.4.11 Banc d'évacuation

C'est la dernière étape dans le cycle de fabrication des tubes.

Elle sert à l'essai sous pression d'eau l'étanchéité de tube (en cas de mauvais soudage, le tube sera ressoudé par une autre machine).

III.5 Arbre de défaillance de la machine à tubes RM 6 B

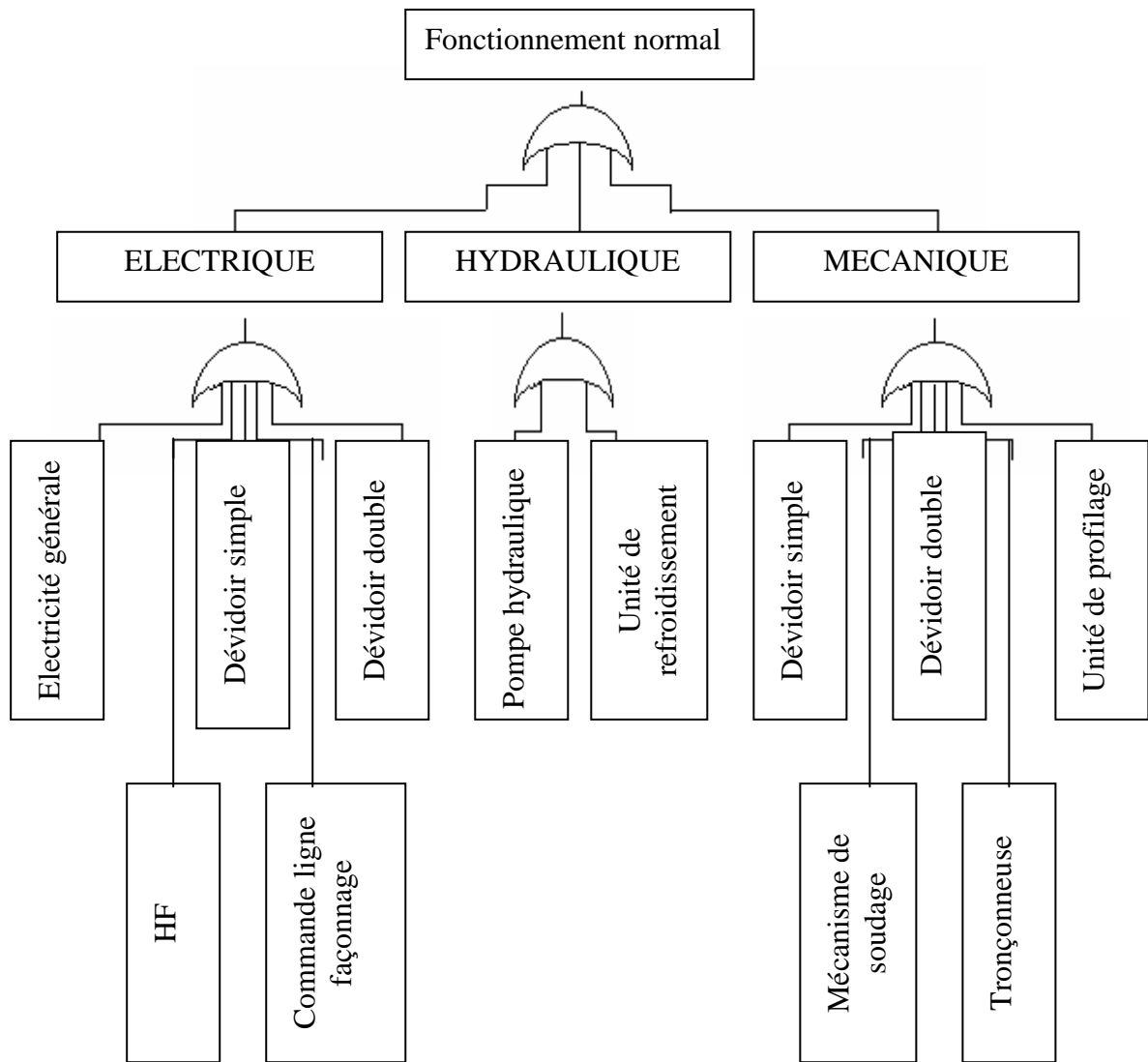


Fig III.2 arbre de défaillance de la machine à tubes

III.6 Historique des pannes

D'après l'historique et les interventions de la machine a tubes RM 6 B, (du janvier 2006 à mars 2008), on a les données de départ suivantes :

TabIII.4 L'historique des pannes de l'HF et le mécanisme de soudage

Date	Heures d'arrêt	Observation
Du 25/01/2006 a 26/01/2006	11:30	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
22/03/2006	00:30	Panne mécanique (fuite d'eau)
Du 12/04/2006 a 13/04/2006	02:45	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
Du 08/05/2006 a 09/05/2006	02:00	Panne mécanique (eau distillée)
17/05/2006	03:30	Panne mécanique (élimination de fuite)
16/05/2006	02:00	Panne électrique HF (court-circuit)
11/06/2006	00:30	Panne électrique HF (court-circuit)
Du 26/07/2006 a 29/07/2006	01:25	Panne mécanique (mécanisme de soudage)
03/10/2006	02:10	Panne électrique HF (disjoncteur)
28/11/2006	01:00	Panne électrique HF (court-circuit)
07/01/2007	01:00	Panne mécanique (mécanisme de soudage)
07/03/2007	04:40	Divers
Du 24/03/2007 a 25/03/2007	12:00	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
Du 27/03/2007 a 30/03/2007	09:45	Panne électrique HF (mise de transformateur)

07/04/2007	00:30	Divers
15/05/2007	02:00	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
16/05/2007	01:40	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
21/05/2007	00:30	Divers
21/05/2007	06:25	Panne électrique HF (Mise en place du disjoncteur principal)
27/05/2007	01:00	Panne mécanique (eau distillée)
Du 30/05/2007 a 03/06/2007	18:30	Panne électrique HF (échauffement)
04/06/2007	01:00	Panne électrique HF (échauffement)
19/06/2007	01:15	Panne mécanique (mécanisme de soudage)
26 25/06/2007	01:30	Panne mécanique (eau distillée)
09/07/2007	00:30	Panne mécanique (mécanisme de soudage)
Du 02/09/2007 a 03/09/2007	02:30	Panne électrique HF (court-circuit)
01/10/2007	02:30	Panne électrique HF (échauffement)
19/10/2007	03:30	Panne électrique HF (court-circuit)
23/10/2007	01:00	Divers
27/10/2007	05:00	Panne électrique HF (court-circuit)
28/10/2007	00:30	Panne électrique HF (court-circuit)
03/11/2007	01:30	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)

24/11/2007	01:00	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
05/01/2008	00:30	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
05/01/2008	01:00	Panne mécanique (eau distillée)
30/01/2008	01:00	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
17/02/2008	01:15	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
03/03/2008	00:40	Panne mécanique (eau distillée)
15/03/2008	01:30	Panne mécanique (Fuite d'eau)
10/03/2008	01:15	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
Du 27/02/2008 A 05/03/2008	34:00	Panne électrique HF (mauvais fonctionnement)
Du 30/03/2008 A 31/03/2008	09:20	Panne électrique HF (Poste de transformation)

III.7 Diagramme de PARETO

D'après les données de départ, nous avons obtenu les résultats suivants en posant le nombre de chaque type de panne

Nombre de pannes électriques	Nombre de pannes mécaniques	Divers pannes
27	12	04

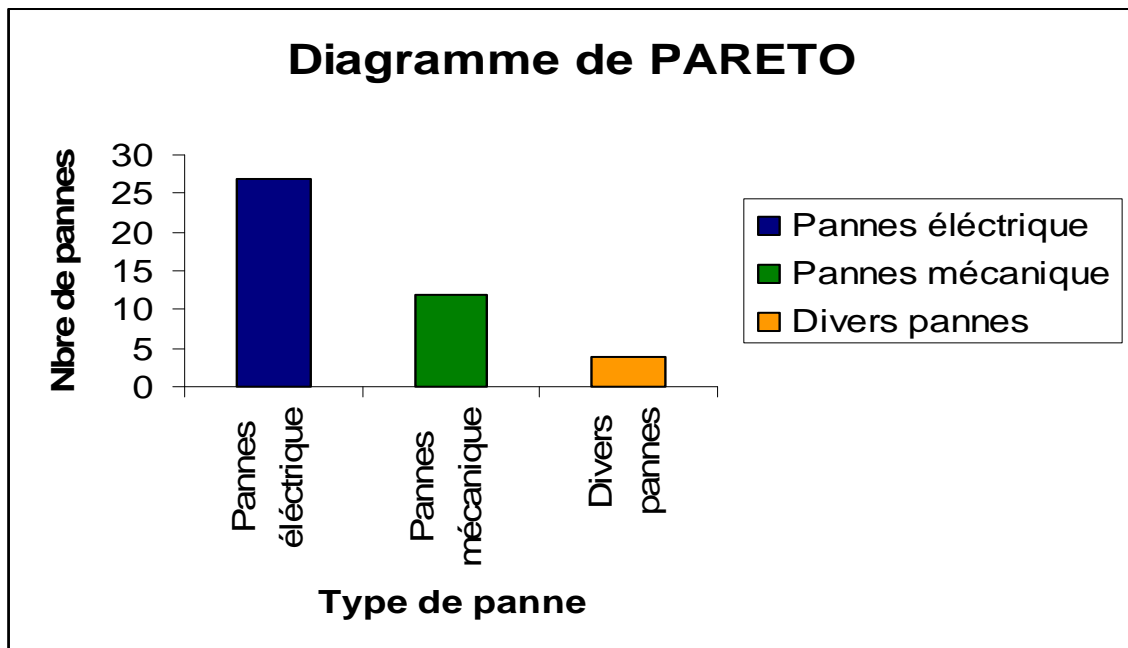


Fig III.3 Diagramme de Pareto

Interprétation

D'après le diagramme de Pareto on constate que la partie la plus touchée est la partie électrique, ce qui nous a poussé à étudier plus précisément la défaillance de nature électrique

III.8 Conclusion

La remarque que nous pouvant faire après ces explications de la machine à tubes, est que cette dernière est protégée par plusieurs sécurités qui déclenchent la machine si un paramètre de marche est modifiée de façon indésirable.

Les sécurités devront théoriquement protéger la machine contre tout endommagement, chose que nous allons vérifier dans le chapitre qui suit par l'analyse de défaillance leur effet et leur criticité (AMDEC). Afin de mettre en évidence les défaillances critiques et fréquentes

CHAPITRE IV

Etude de FMD et application
de l'AMDEC sur la machine à
tube RM 6 B

IV.1 Introduction

La machine à tubes considérée comme le cœur de l'usine, elle sert à la transformation des feuillards en tubes soudés.

Pour cette raison, la fiabilité et le bon fonctionnement de cette machine dépendent de tous les éléments constituant cette dernière.

Nous allons à travers ce chapitre étudier la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité de la machine à tubes, afin de connaître les points faibles liés à la conception ou son exploitation.

IV.2 Analyse de la fiabilité

Le calcul des temps de bon fonctionnement et les temps d'arrêts à raison de 08h de travail par jour, nous donnons les résultats suivants :

TAB IV.1 l'historique mensuelle de la machine a tubes

Mois	Temps d'arrêt (TR)	TBF
01/2006	11.5	164.5
02/2006	00	176
03/2006	0.5	175.5
04/2006	02	174
05/2006	06.40	169.6
06/2006	0.5	175.5
07/2006	0.5	175.5
08/2006	00	176
09/2006	00	176
10/2006	02.10	173.9
11/2006	01	175
12/2006	00	176
01/2007	01	175
02/2007	00	176
03/2007	25.5	150.5
04/2007	0.5	175.5
05/2007	15.5	160.5
06/2007	18	158
07/2007	0.5	175.5
08/2007	00	176

09/2007	02	174
10/2007	13	163
11/2007	02.5	173.5
12/2007	00	176
01/2008	02.5	173.5
02/2008	05	171
03/2008	49.5	126.5

On a $n_i < 20$

Pour pouvoir utiliser le papier d'**ALAIN PLAIT** (dit de **WEIBULL**), il faut calculer la fonction de répartition réelle $f(t)$ et comme nous avons points, donc on applique la méthode des rangs moyens :

$$f(t) = \frac{\sum ni - 0.3}{N + 0.4}$$

D'après les données de départ, on a obtenu le tableau suivant

Tab.IV.2 les valeurs de F (t)

TBF	ni	$\sum ni$	$f(t) = \frac{\sum ni - 0.3}{N + 0.4}$
126.5	1	1	0.0255
150.5	1	2	0.0616
158	1	3	0.0978
160.5	1	4	0.1350
163	1	5	0.1715
164.5	1	6	0.2065
169.6	1	7	0.2427
171	1	8	0.2790
173.5	2	10	0.3514
173.9	1	11	0.3890
174	2	13	0.4601
1175	2	15	0.5326
175.5	5	20	0.7137
176	7	27	0.9674

IV.2.1 Détermination des paramètres de WEIBULL

Nous avons trouvé les paramètres de WEIBULL :

$$\beta = 13.1928$$

$$\gamma = 0 \text{ (l'allure est une droite)}$$

$$\eta = 176.6754 \text{ h}$$

IV.2.2 Le test de KOLMOGOROV SMIRNOV

Le tableau ci-dessous donne la différence entre la fonction de répartition réel et théorique. On calcul avec les formules suivantes pour remplir le tableau :

$$f(t) = \frac{13.1928}{176.6754} \left[\frac{t}{176.6754} \right]^{12.1928} e^{-(t/176.6754)^{13.1928}}$$

$$F(t) = \frac{\sum ni - 0.3}{N + 0.4}$$

$$Dn = |f(i) - F(t)|$$

TAB IV.3 les valeurs du test de KOLMOGOROV SMIRNOV

n	TBF	F (t) réel	F (t) th	Dn
1	126.5	0.0121	0.0255	0.0134
2	150.5	0.1154	0.0616	0.0538
3	158	0.2047	0.0978	0.1069
4	160.5	0.2470	0.1350	0.112
5	163	0.2921	0.1715	0.1206
6	164.5	0.3250	0.2065	0.1185
7	169.6	0.4360	0.2427	0.1933
8	171	0.4580	0.2790	0.179
9	173.5	0.5413	0.3514	0.1899
10	173.9	0.5513	0.3890	0.1623
11	174	0.5585	0.4601	0.0984
12	1175	0.5880	0.5326	0.0554
13	175.5	0.6010	0.7137	0.1127
14	176	0.8135	0.9674	0.1539

D'après le test, nous avons trouvé que la loi de WEIBULL est acceptable, et $Dn < 0.20$

IV.2.3 Calcul de $R(t)$, $F(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$

Les résultats obtenus sont dans le tableau ci-dessous

Tab IV.4. Les valeurs de $F(t)$, $f(t)$, $u(t)$, $R(t)$

N	TBF	F(t)	f(t)	u(t)	R(t)
1	126.5	0.0121	12.43×10^{-4}	0.1267×10^{-4}	0.879
2	150.5	0.1154	95.432×10^{-4}	105.49×10^{-4}	0.8846
3	158	0.2047	152.094×10^{-4}	191.24×10^{-4}	0.7953
4	160.5	0.2470	176.324×10^{-4}	230.94×10^{-4}	0.753
5	163	0.2921	197.937×10^{-4}	279.61×10^{-4}	0.7079
6	164.5	0.3250	212.257×10^{-4}	310.26×10^{-4}	0.675
7	169.6	0.4360	253.320×10^{-4}	453.48×10^{-4}	0.542
8	171	0.4580	261.799×10^{-4}	501.5×10^{-4}	0.5487
9	173.5	0.5413	272.055×10^{-4}	553.08×10^{-4}	0.4587
10	173.9	0.5513	273.280×10^{-4}	589.73×10^{-4}	0.4487
11	174	0.5585	273.680×10^{-4}	619.96×10^{-4}	0.4415
12	1175	0.5880	275.241×10^{-4}	664.83×10^{-4}	0.412
13	175.5	0.6010	275.321×10^{-4}	680.90×10^{-4}	0.399
14	176	0.8135	275.413×10^{-4}	712.66×10^{-4}	0.1865

On a aussi :

$$R(t) = e^{-(t/176.6754)^{13} \cdot 1928}$$

$$f(t) = \frac{13 \cdot 1928}{176 \cdot 6754} \left[\frac{t}{176 \cdot 6754} \right]^{12 \cdot 1928} e^{-(t/176 \cdot 6754)^{13} \cdot 1928}$$

$$\lambda(t) = f(t) / R(t)$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{13 \cdot 1928}{176 \cdot 6754} \left[\frac{t}{176 \cdot 6754} \right]^{12 \cdot 1928}$$

On obtient d'après le logiciel **Log-laala** les allures suivantes

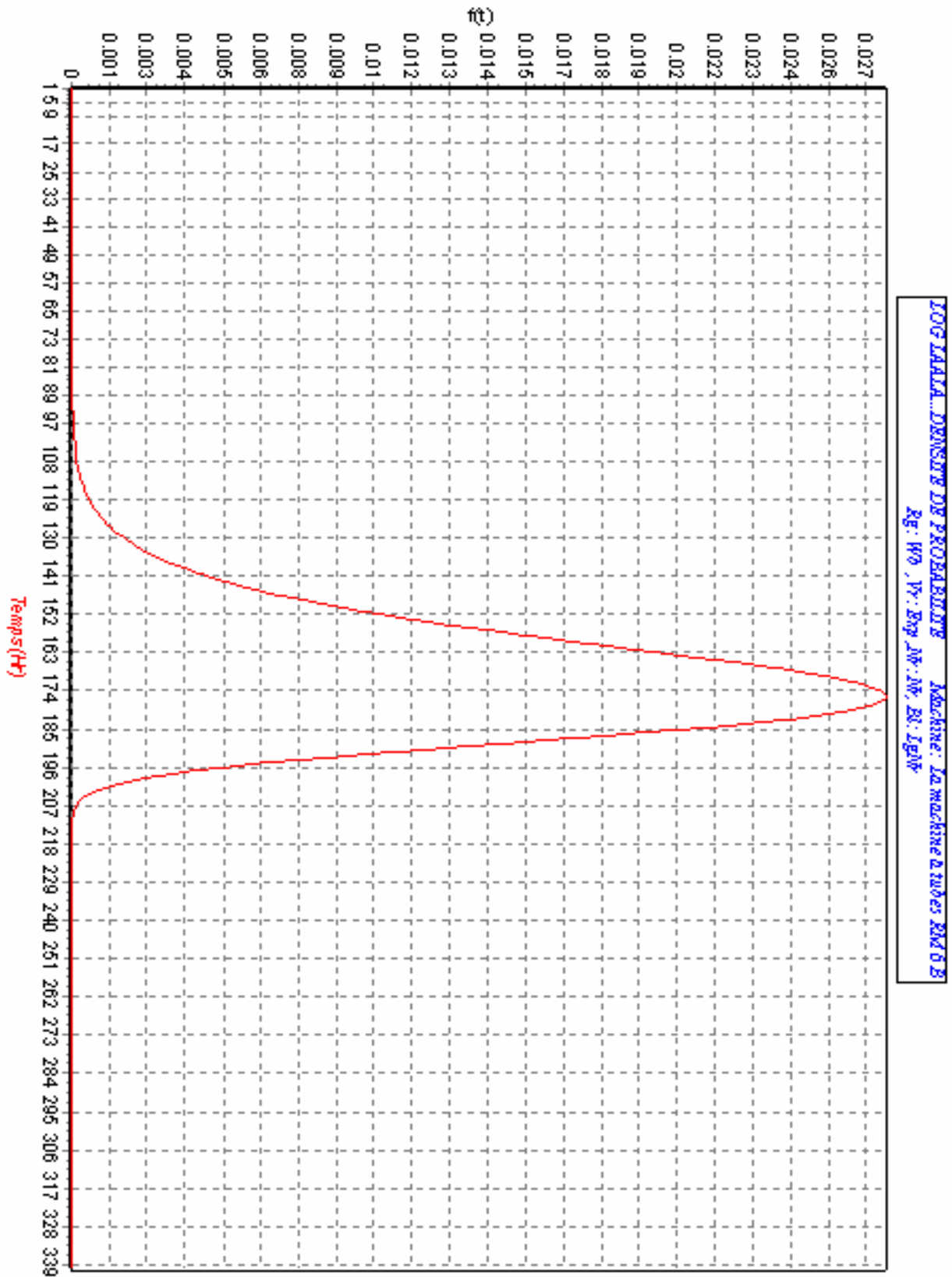


Fig.IV.1. la courbe de la densité de probabilité

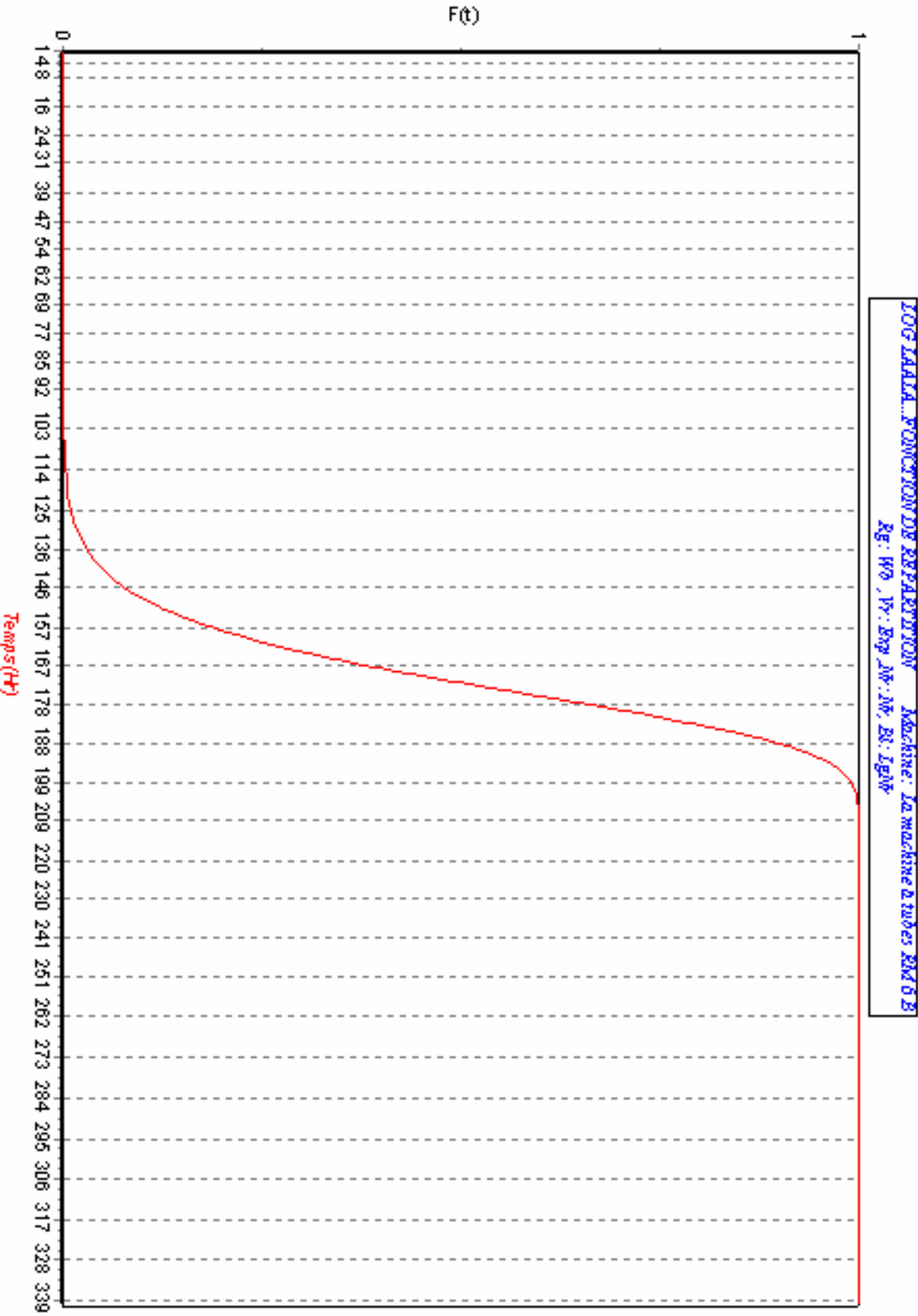


Fig. IV.2 la courbe de la onction de répartition

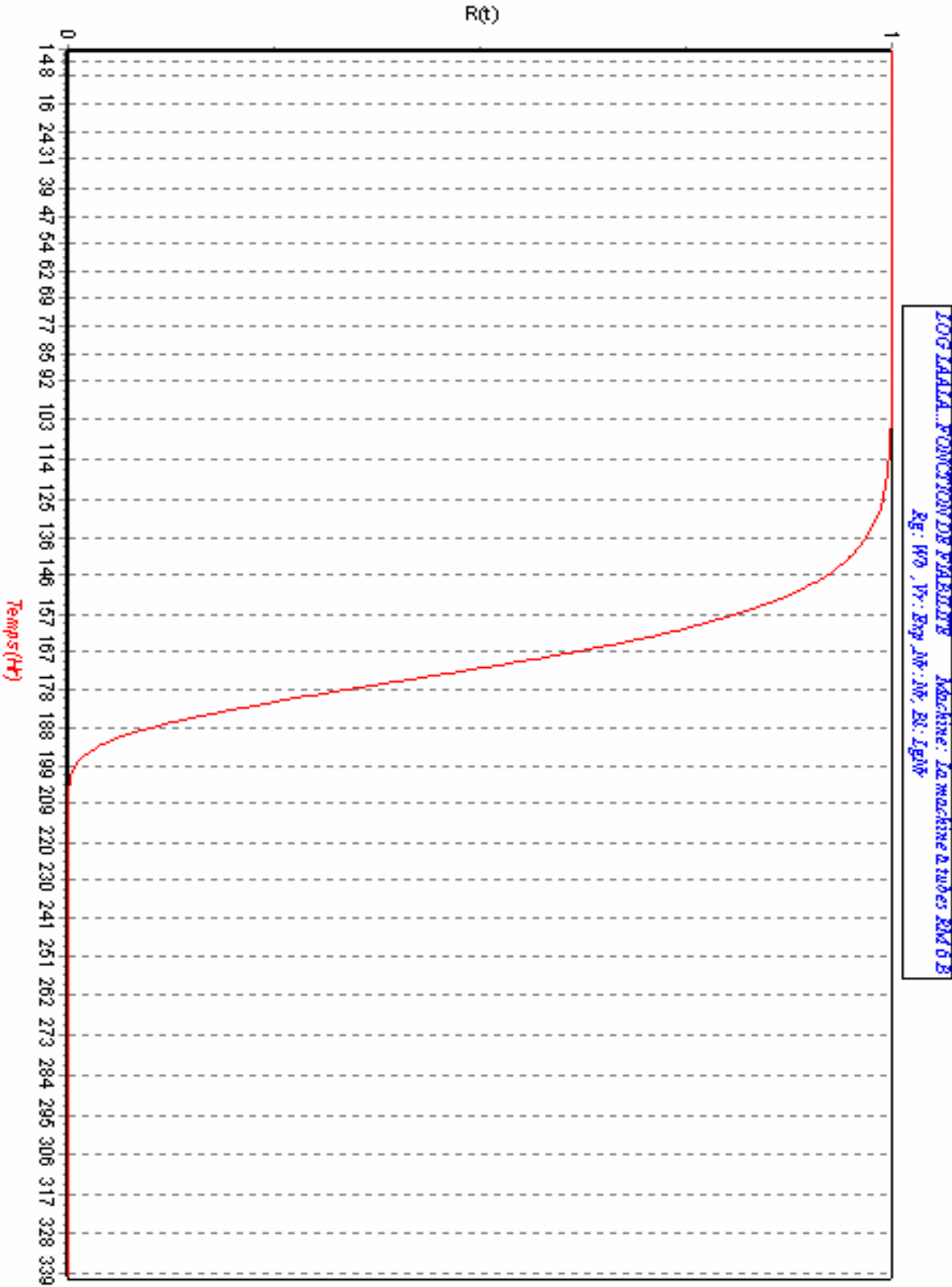


Fig. IV.3 la courbe de la fonction fiabilité

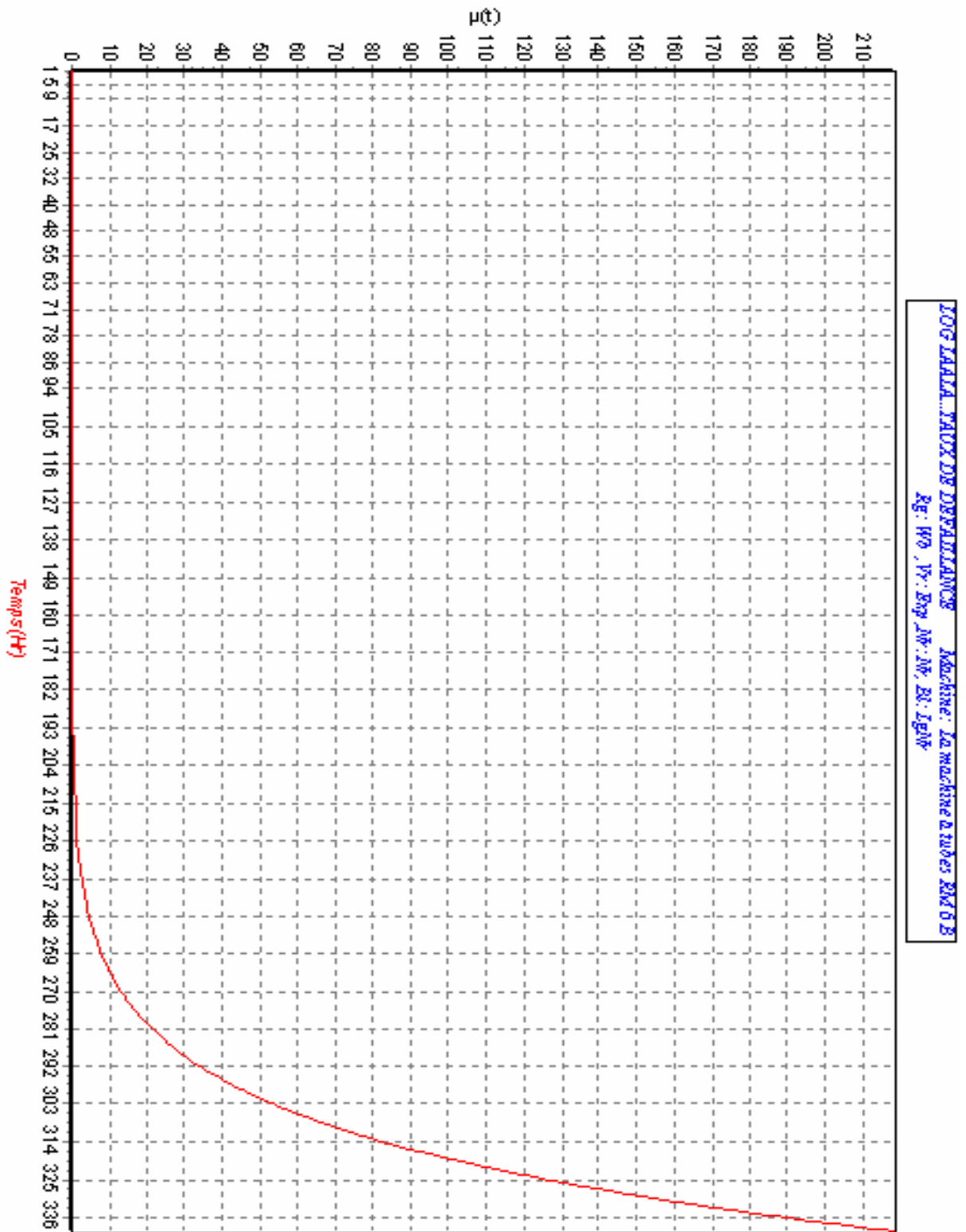


Fig. IV.4 courbe de taux de défaillance

INTERPRETATION DES COURBES

La courbe de fiabilité du mécanisme de soudage et l'HF de la machine à tubes est une courbe descendante, le moyen du temps de bon fonctionnement est 169.904 heures (environ 1 mois) et avec une probabilité de 57.14 % (presque 6 chances sur 10 d'atteindre 15 mois).

Donc on peut dire que la qualité de cette chaîne de production (machine à tubes) est de 57.14 %. La fiabilité de cette dernière est jugé comme étant acceptable.

Pour la courbe de la densité de probabilité, la courbe représente la probabilité instantanée de défaillance (juste au temps t), donc l'augmentation du TBF provoque une diminution de sa fiabilité et augmente la probabilité de présence d'un défaut ou de défaillance.

La courbe de la fonction de répartition est une courbe croissante, et qui représente la probabilité cumulée de défaillance, et ce qu'on peut voir dans cette courbe c'est que la probabilité de défaillance de la machine à tubes (en précisent l'unité de soudage et l'HF) augmente avec l'augmentation des temps de bons fonctionnements.

La courbe qui représente le taux de défaillance à un instant donné est une courbe croissant.

$\beta = 13.1928$ Ne correspond pas à la zone de décroissance rapide c'est la période de mise en place et de déverminage de l'installation. Les défaillances sont dues à des anomalies ou des imperfections de montage ou à la méconnaissance de la conduite du matériel de la part des opérateurs.

C.-à-d. que le taux de défaillance augmente aussi avec l'augmentation du temps de bon fonctionnement, cette augmentation qui provoque la diminution de fiabilité de la machine.

D'après les figures précédentes on trouve que le temps systématique de maintenance pour assurer la fiabilité de 70% de la machine est 163 heures

IV.3 ANAYSE DE LA MAINTENABILITE

La fonction de maintenabilité est :

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Où

$$\mu = 1/MTTR$$

Et $MTTR = TTR/n$

Où n : est le nombre des pannes

D'après l'historique on a:

Tab.4.5 valeurs de M (t)

Temps d'arrêt (TR)	M (t)
00	00
0.5	0.0752
01	0.1553
02	0.2864
02.1	0.3042
02.5	0.3472
05	0.5699
06.4	0.6667
11.5	0.8537
15.5	0.9260
18	0.9520
25.5	0.9880
49.5	0.9989

D'après les calculs on précédents on obtiens les résultats

$$MTTR = 5.93 \text{ h}$$

Le taux de réparation

$$\mu = 0.1686 \text{ h}^{-1}$$

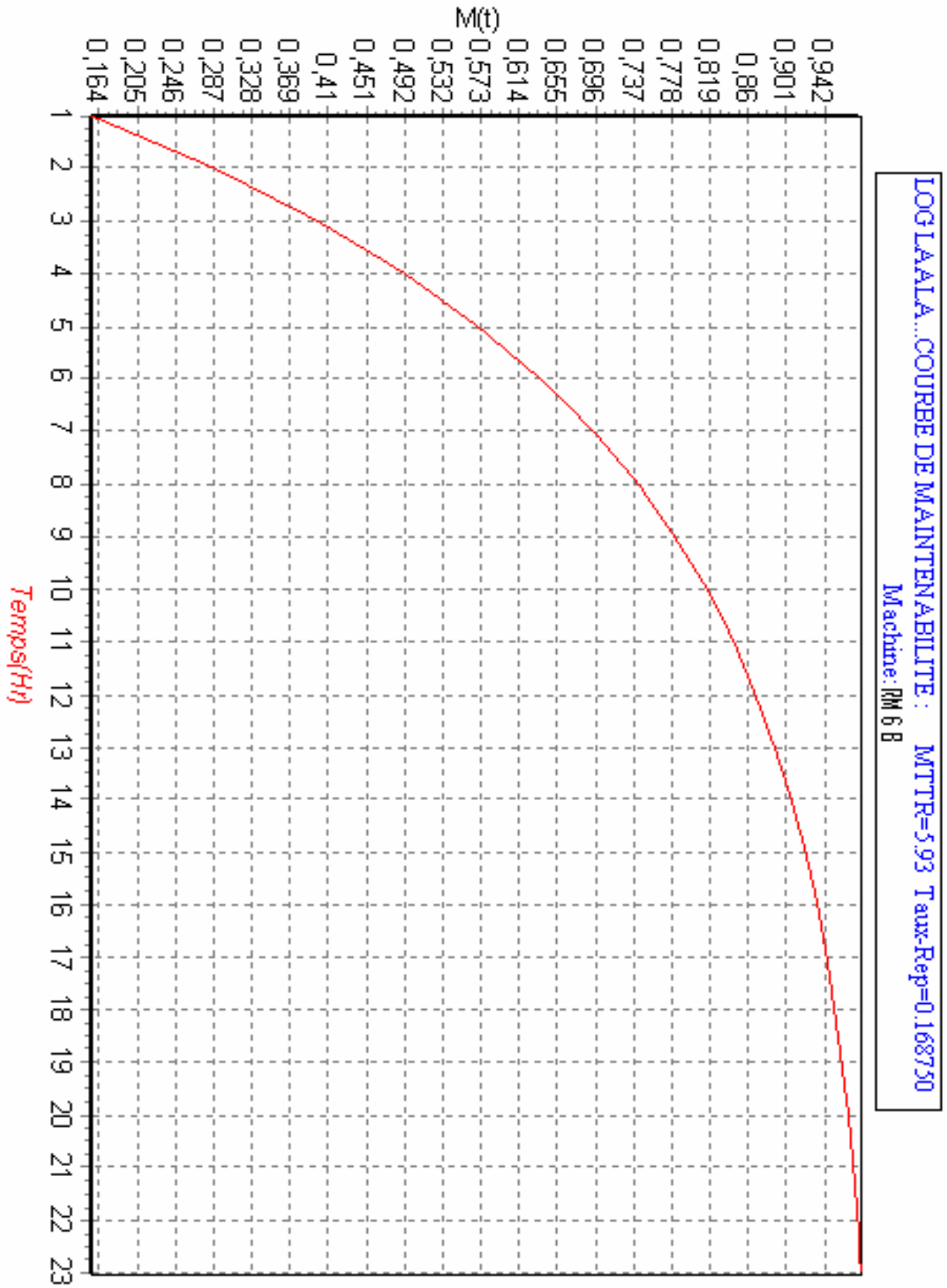


Fig. IV.5 courbe de la maintenabilité

Interprétation de la courbe de maintenabilité

On voit que la courbe de maintenabilité est une courbe croissante, qui est le complément à l'unité de la probabilité pour que le système ne soit pas réparé sur l'intervalle [0, t]. D'après la figure précédente on remarque que le système est maintenable à 50% à la 4^{ème} heures puis elle devient de plus en plus grande pour atteindre 94% à la 22^{ème} heures.

Vu les moyens matériels et humains de l'entreprise **IRRAGRIS ANABIB** toute politique dans ce sens pour l'améliorer ne va pas donner grande chose.

IV.4 ANALYSE DE LA DISPONIBILITE

La fonction de disponibilité asymptotique est :

$$A_{\infty} = 1 / (1 + \lambda / \mu)$$

Avec $\lambda = 1/MTBF = 0.0093248 \text{ h}^{-1}$

ET

$$D_0 = \frac{T.C.B.F}{T.C.B.F + T.C.I}$$

$D_0 = 0.967 \%$

Tab.IV.6 valeurs de D (t)

Temps d'arrêt (TR)	D (t)
00	01
0.5	0.997
01	0.9944
02	0.9898
02.1	0.9890
02.5	0.987
05	0.9803
06.4	0.9772
11.5	0.9714
15.5	0.9695
18	0.9688
25.5	0.9680
49.5	0.9678

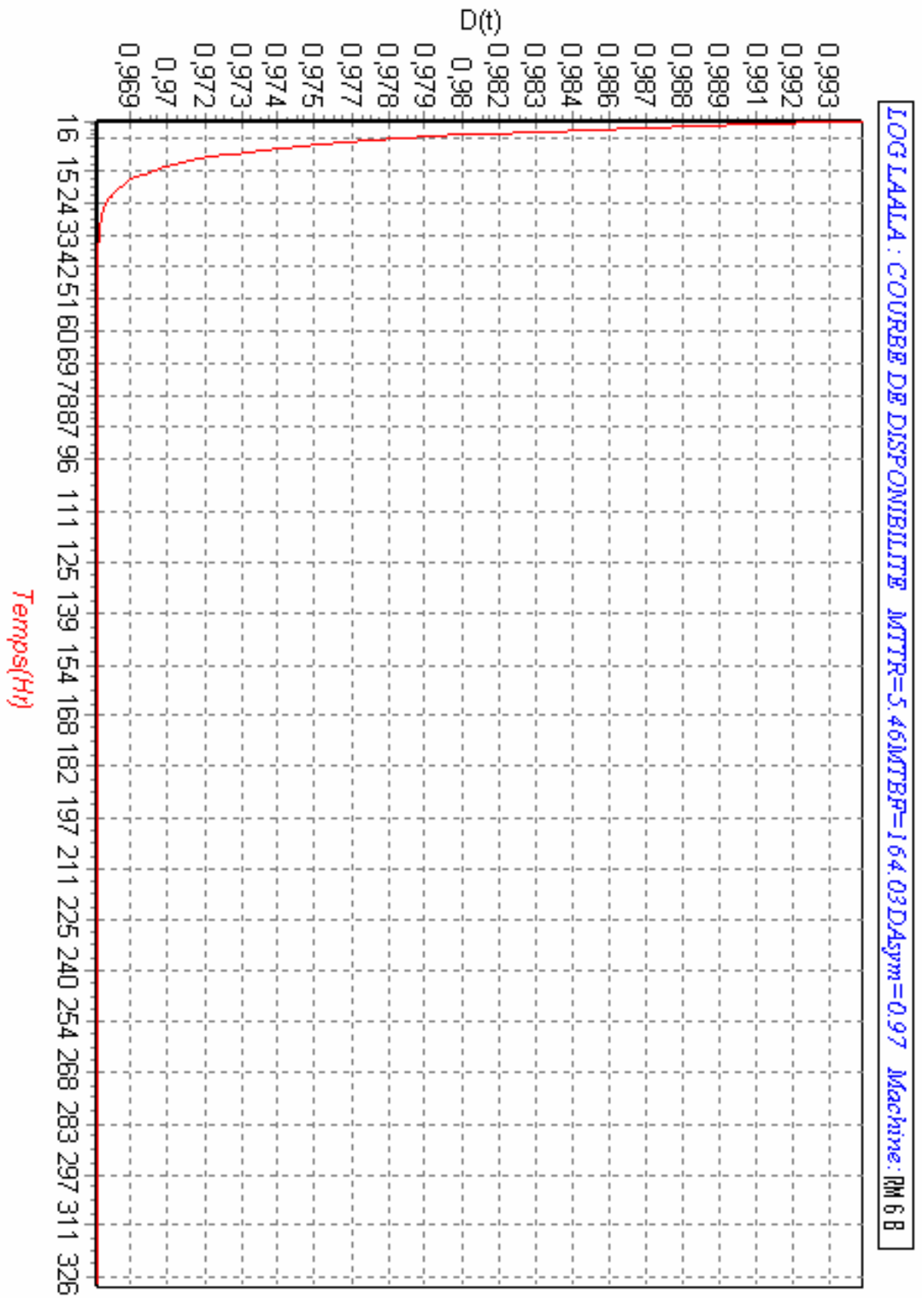


Fig. IV.6. la courbe de la disponibilité

Interprétation de la courbe de disponibilité

On voit que la courbe de disponibilité est une courbe descendante, et la disponibilité est le reflet de la fiabilité et de la maintenabilité, l'augmentation de cette caractéristique revient directement à augmenter ces deux paramètres et du moment de la machine à tubes on doit agir toujours sur la fiabilité.

IV.5 La courbe ABC

On a les données dans le tableau suivant :

Tab.IV.7 les cumules des coûts et des pannes

N°	Coût en h (TR)	Nbre de pannes	Cumule des coûts		Cumule des pannes	
			H	%	Nbre	%
01	00	0	00	00	00	00
02	49.5	5	49.5	30.937	5	11.627
03	25.5	5	75	46.875	10	23.25
04	15.5	4	90.5	56.562	14	32.558
05	18	4	108.5	67.812	18	41.860
06	13	3	121.5	75.937	21	48.837
07	6.40	3	127.9	79.937	24	55.814
08	5	2	132.9	82.75	26	60.465
09	2.5	2	135.4	84.625	28	65.116
10	2.5	2	137.9	86.187	30	69.767
11	01	2	138.9	86.712	32	74.418
12	01	2	139.9	87.437	34	79.069
13	11.5	1	151.4	94.625	35	81.385
14	2.10	1	153.5	95.937	36	83.71
15	02	1	155.5	97.187	37	86.035
16	02	1	157.5	98.437	38	88.36
17	0.5	1	158	98.75	39	90.685
18	0.5	1	158.5	99.0625	40	93.01
19	0.5	1	159	99.375	41	95.335
20	0.5	1	159.5	99.687	42	97.69
21	0.5	1	160	100	43	100

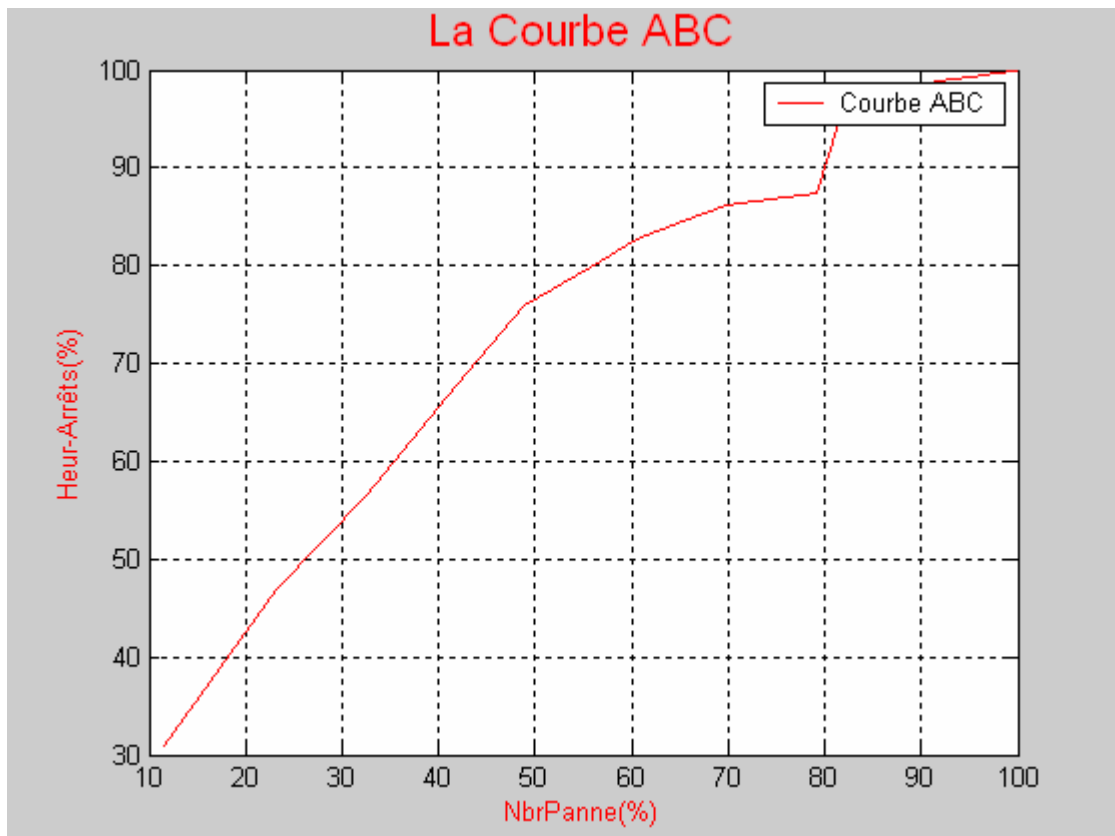


Fig.IV.7 la courbe ABC

Interprétation de la courbe ABC

La courbe ABC est une courbe croissante, donc le nombre des heures d'arrêt augmente avec l'augmentation du nombre de pannes, et d'après les résultats obtenus on voit que 80 % des pannes provoquent 89 % heures d'arrêts, et entre 80 % à 100 % cumules des pannes, l'augmentation des cumules des heures d'arrêts est considérable.

VI.6 Interface MATLAB

Pour garantir une meilleure gestion de cette technique (gestion de la maintenance intégrée), on a traduit le travail fait en plusieurs programmes MATLAB, et on a les posée dans une interface représenté dans la figure suivante :

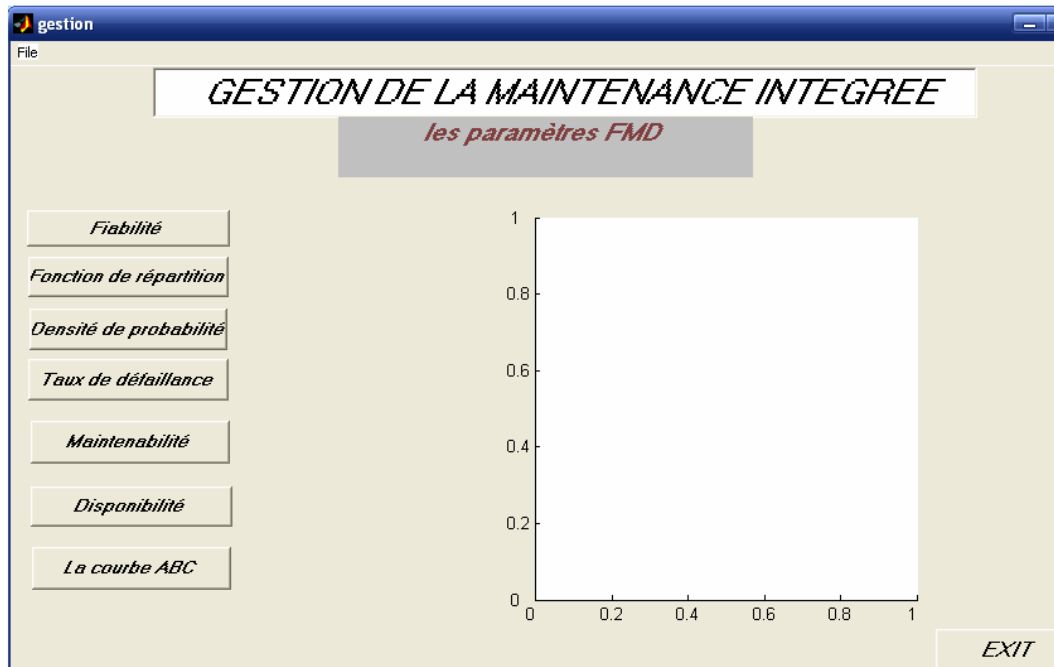


Fig. IV.8. Interface des paramètres FMD

On a alimenté l'interface faite avec MATLAB par plusieurs programmes pour donner les allures des courbes des paramètres FMD, ainsi que la courbe ABC, et qu'on a fait leurs calculs aux tableaux précédant.

L'exécution est ces programmes est très facile, il suffit juste de cliquer sur le bouton correspond a la courbe qu'on veut la voir et analyser.

VI.6.1 Les courbes réalisé avec MATLAB

L'interface Matlab nous donne les courbes suivantes :

VI.6.1.1. Courbe de la fonction fiabilité

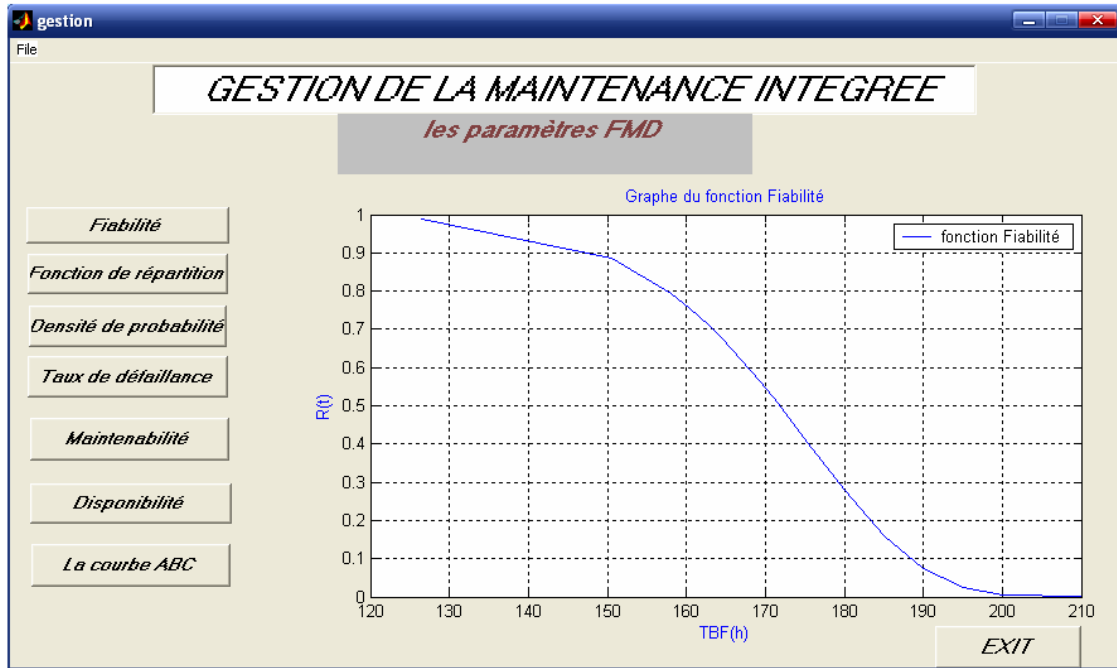


Fig IV.9. La courbe de la fonction Fiabilité dans l'interface MATLAB

VI.6.1.2. Courbe de la fonction de répartition

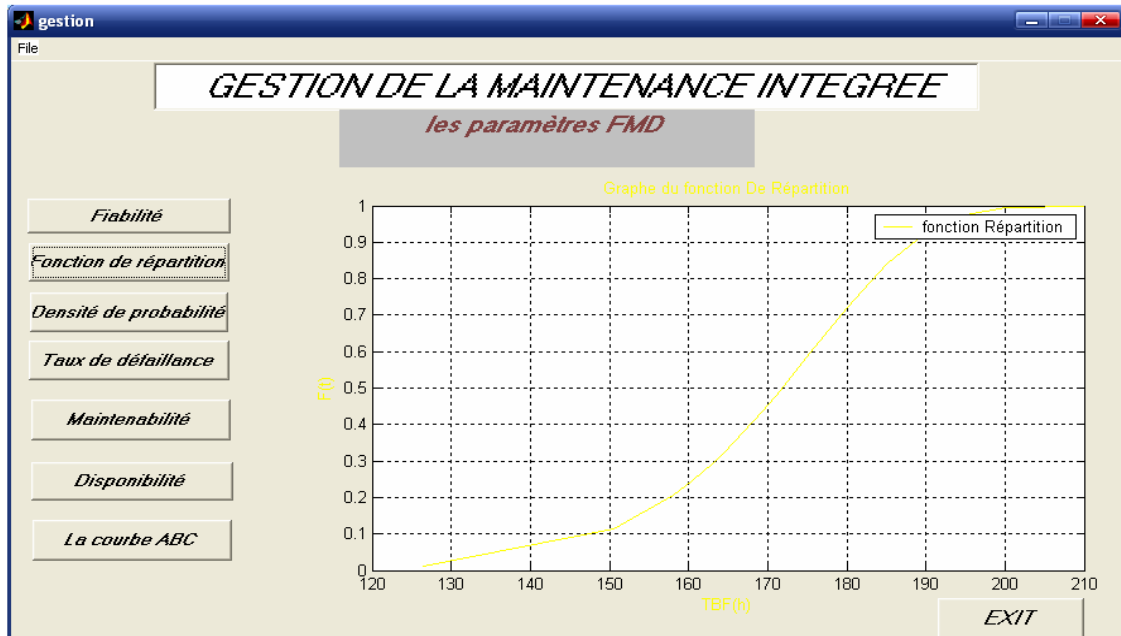


Fig IV.10. La courbe de la fonction de répartition dans l'interface MATLAB

VI.6.1.3. Courbe de la fonction de densité de probabilité

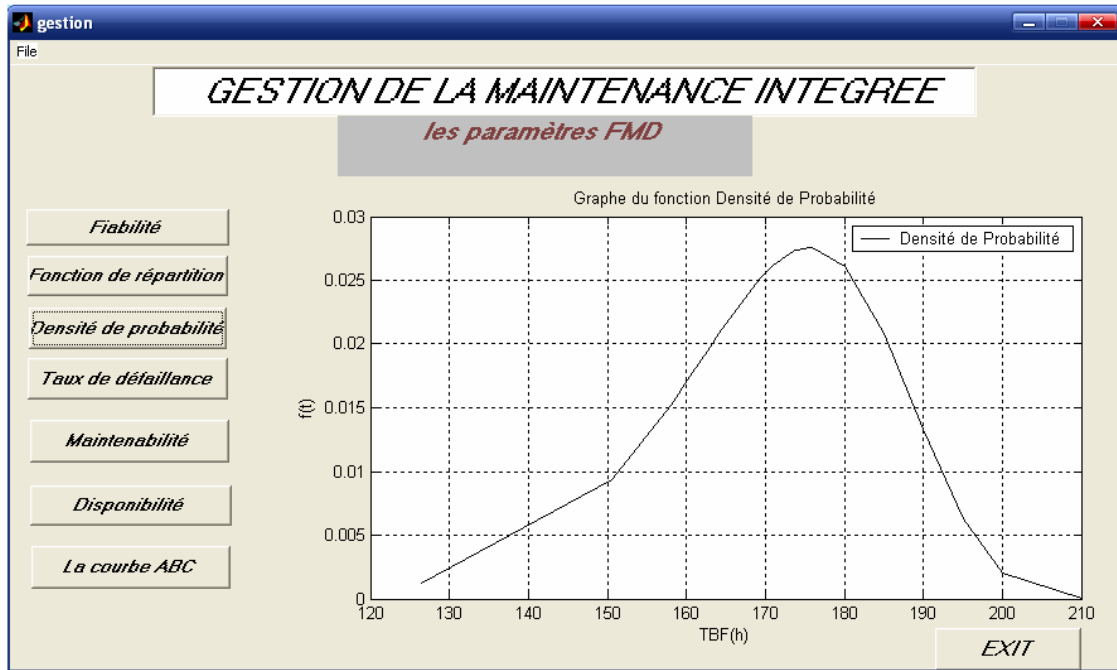


Fig IV.11. La courbe de la fonction de densité de probabilité dans l'interface MATLAB

VI.6.1.4. Courbe de la fonction de taux de défaillance

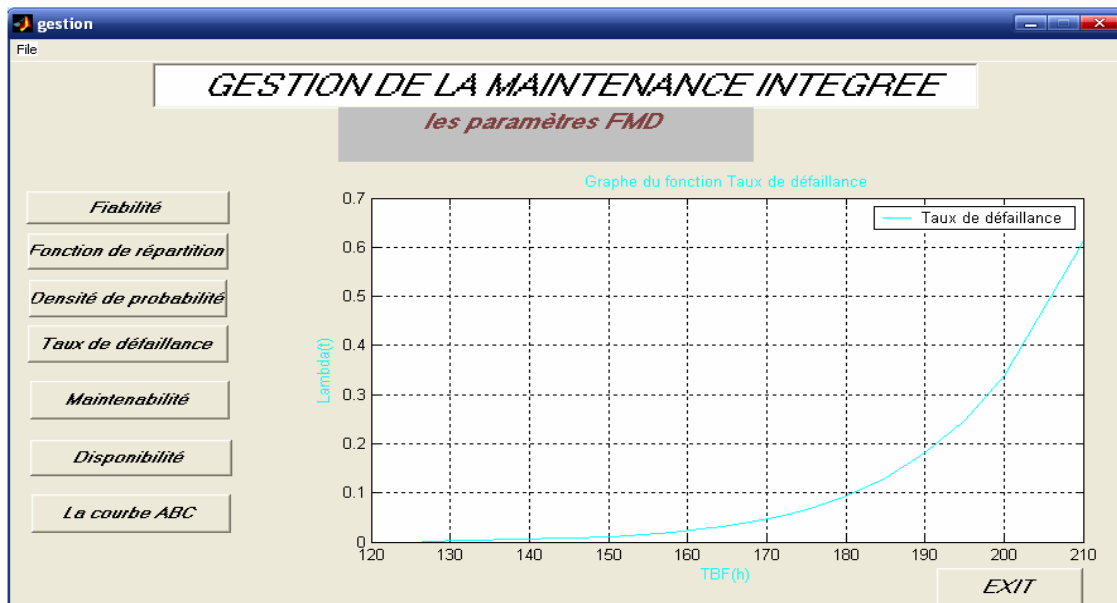


Fig IV.12. La courbe de la fonction de taux de défaillance dans l'interface MATLAB

VI.1.5 Courbe de la fonction Maintenabilité

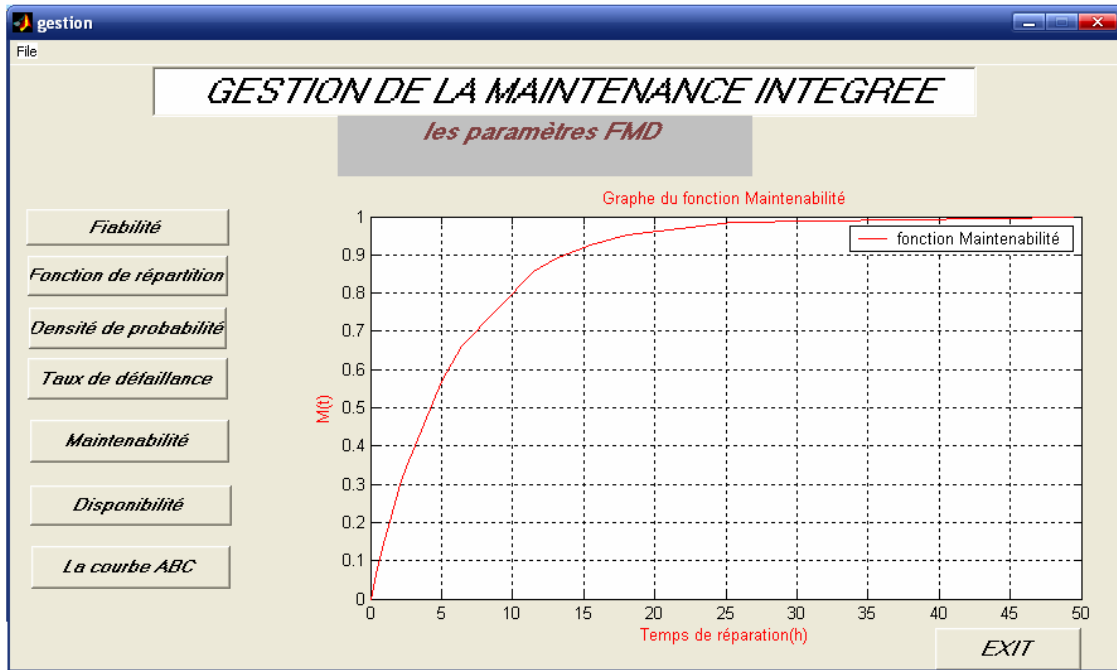


Fig IV.13. La courbe de la fonction de Maintenabilité dans l'interface MATLAB

VI.6.1.6 Courbe de la fonction Disponibilité

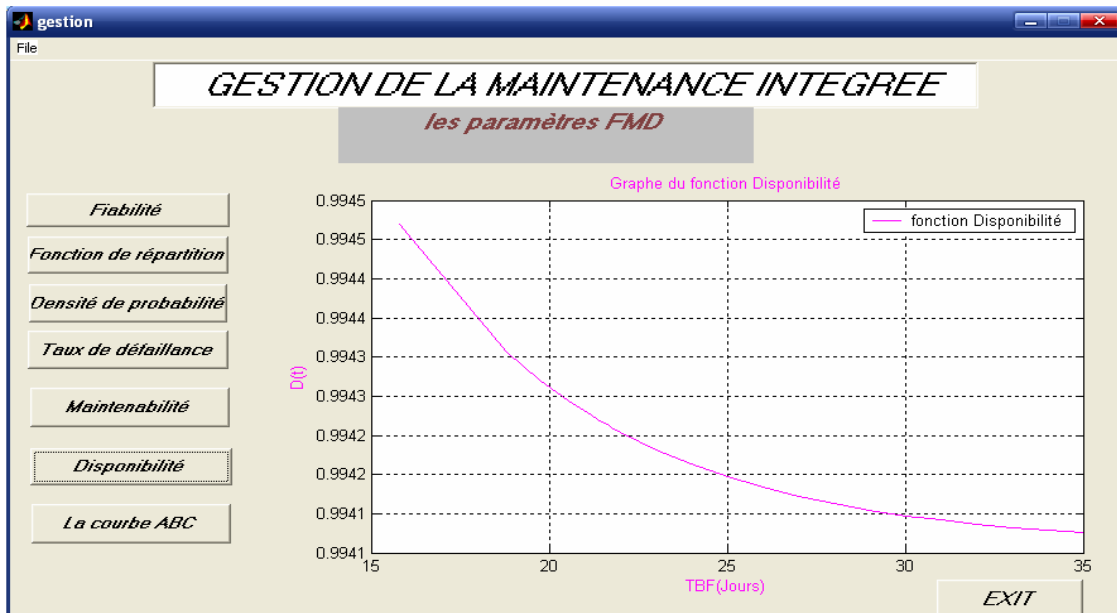


Fig IV.13 la courbe de la fonction de Disponibilité dans l'interface MATLAB

VI.1.7. Courbe de la courbe ABC

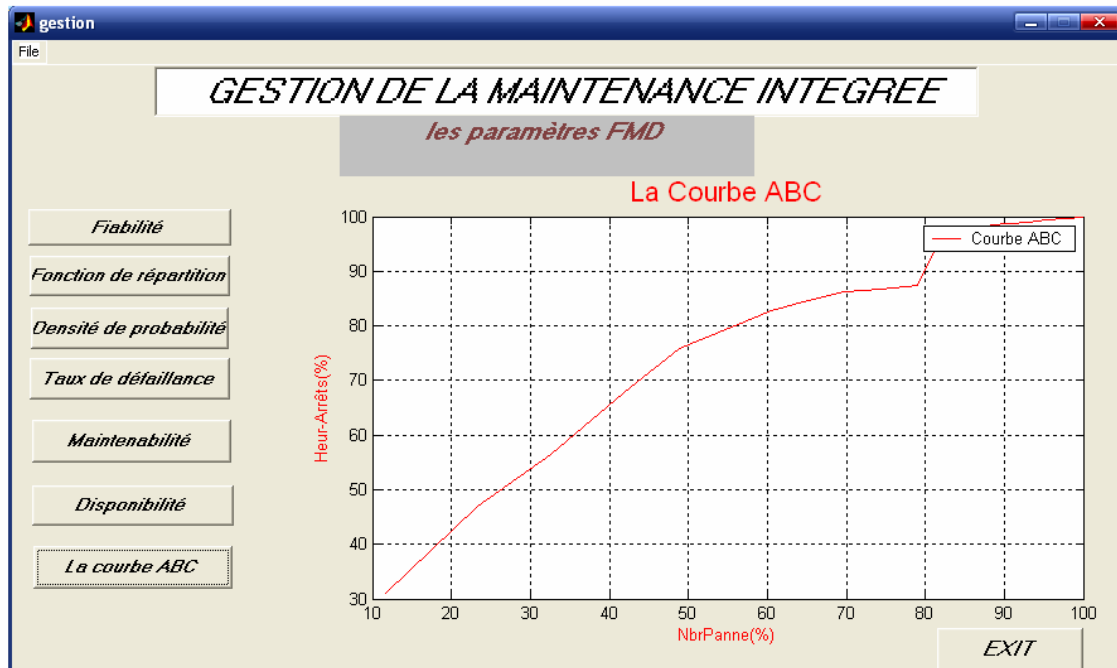


Fig IV.14 la courbe ABC dans l'interface MATLAB

VI.7 Politique de maintenance

La politique de maintenance est la définition au niveau de l'entreprise des objectifs technico-économique relatif à la prise en charge des équipements par le service maintenance. La gestion de la maintenance prend essentiellement en considération les aspects techniques, économiques, et financiers des différents méthodes utilisables (corrective, préventive systématique et préventive conditionnelle) en vue d'optimiser la disponibilité des matériels.

Donc pour garder la fiabilité de la machine à tubes a 70% on trouve que le temps systématique est de 163 heures, donc après 163 heures de bon fonctionnement de la machine on doit appliquer une maintenance préventive conditionnelle car ses éléments coûteux très chers en remplacement. Et propose la maintenance préventive systématique pour les pannes à la classe B de la courbe ABC.

Et par conséquence pour atteindre les objectifs voulus et pour augmenter la fiabilité de la machine à tubes, on doit faire une étude détaillé a fin de connaitre les points faible dans la conception et dans l'exploitation de cette dernière et qui influe sur la fiabilité et dans l'analyse d'AMDEC semble la mieux adapté pour ça.

VI.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié de façon exhaustive les paramètres de la maintenance intégrée (fiabilité, maintenabilité, disponibilité, la courbe ABC. Qui nous permettent de juger l'état de la machine et la qualité de production. Les choses qui nous permettent de proposer une nouvelle politique de maintenance pour la machine à tubes (l'unité de soudage et l'HF).

Conclusion générale

Conclusion générale

Bien que les méthodes d'évaluation des critères de sûreté de fonctionnement soient diverses, la méthode AMDEC nous apporte un avantage qui est la prise en compte des dépendances fonctionnelle, ce qui permet une optimisation chiffré de la maintenance (accroissement de la disponibilité comparé à celui des ressources humaines.

Vu la place prépondérante qu'occupe la machine à tubes **RM 6 B** qui représente un maillon essentiel de la chaîne de production de **IRRAGRIS ANABIB** « unité de BBA ».Par conséquent nous nous sommes engagés a étudier l'historique des pannes et déceler les problèmes qui ont tendance à empêcher cette dernière d'effectuer son rôle principale dans la chaîne de production.

La machine à tubes RM 6 B sert a la fabrication des tubes d'irrigation et de tubes de construction avec une gamme de diamètres de 50 a 152 mm. Et une épaisseur allant à 2 mm maximum.

Cette machine consiste de plusieurs sous ensembles (dérouleur simple. Dérouleur double, unité de profilage, unité de soudage, HF, unité de calibrage, tronçonneuse, banc d'évacuation).

Le travail s'est déroulé en deux étapes :

- nous avons fait une étude de l'historique des pannes de cette machine, et on a choisie et préciser l'étude sur le mécanisme de soudage et l'HF, et d'après l'historique on a déterminer les paramètres FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) de la technique AMDEC, et tracer leurs courbes ainsi que la courbe ABC « diagramme de Pareto ». ces résultats et graphes nous permettant de développer de nouvelle stratégie de maintenance visant à augmenter le rendement des moyens de production au moindre coût.
- On a réaliser une application de cette technique (AMDEC) sur ma machine à tubes RM 6 B, faite avec **Matlab**, et alimenter par plusieurs programmes pour nous donner les allures des courbes des paramètres FMD, ainsi que la courbe ABC, pour garantir une meilleure gestion de cette technique « gestion de la maintenance intégré ».

Comme perspective de ce travail, les résultats de l'analyse AMDEC peuvent être exploiter pour la réalisation d'un système expert de diagnostic pour la machine à tubes RM 6 B. Un système de grande importance pour le service maintenance.

- [1] Normes de maintenance **AFNOR**
« *Maintenance industrielle, recueil de normes Françaises* » Paris 3^{ème}.
Edition AFNOR 1988 X60-010 Maintenance –Vocabulaire et gestion
des biens durables.
- [2] Cours télécharger « www.commentçamarche.com »
- [3] Technique de l'ingénieur
- [4] «*Socotec maintenance services sensibilisation a la gestion de la
maintenance*», version 1.1
- [5] «*Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels complexes*», Doc
S 8250, Techniques de l'Ingénieur, traité Informatique industrielle, 2000.
- [6] **COTAINA N, GABRIEL M, RICHEL D, O'REILLY K.**
«*Utilisation de la Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF) pour
développer et optimiser les politiques de maintenance dans les scieries*»
,2^{ème} Congrès International Franco-québécois, le Génie Industriel dans
un monde sans frontières ,3 au 5 septembre 1997, Albi - France
- [7] **RAKOTO H**
«*Intégration du Retour d'Expérience dans les processus industriels
Application à Alstom Transport*», THESE *Doctoral*, l'Institut National
Polytechnique de Toulouse, école doctorale systèmes, Spécialité:
Systèmes Industriels, 15 octobre 2004.
- [8] **EUGÈNE D E.**
«*Analyse des données du retour d'expérience pour l'organisation de la
maintenance des équipements de production des PME/PMI dans le cadre
de la MBF*», ULP-UY I (Strasbourg), thèse doctoral, en co – tutelle, 1^{er}
Décembre 2004.

- [9] Contribution a l'amélioration de la sûreté de fonctionnement du compresseur 103j Unité NH3-ASMIDAL-Annaba « mémoire de fin d'étude année 2003 »
- [10] **HERROU B, ELGHORBA M.**
«L'AMDEC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à un motocompresseur d'une PME marocaine», CPI'2005 – Casablanca, Morocco.
- [11] Documentation technique de la machine à tubes RM 6 B « code d'équipement 01 03 00»

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE

OPTION : ELECTROMECHANIQUE

Thème :

***Gestion de la maintenance intégrée
de la machine à tubes RM 6 B au niveau de l'entreprise
« IRRAGRIS » BBA***

Proposé et dirigé par : Mr. DEFDAF Mabrouk

**Présenté par : MERROUCHE Nacereddine
BOUSBA Farid Abdel Mouemine**

Résumé:

La maintenance est un facteur de compétitivité puisqu'elle influe sur l'outil de production "les machines industrielles" dans l'entreprise, la qualité et le coût de revient.

Dans cette optique la maintenance intégrée "MI" permet de développer de nouvelles stratégies visant à augmenter le rendement des moyens de production au moindre coût.

Une nouvelle vision de la maintenance qui permet de contribuer à la compétitivité des entreprises indépendamment de leurs tailles. Le travail s'est déroulé en deux étapes:

- Effectuer une explication ou une présentation détaillée de la maintenance intégrée à l'aide de présenter leurs axes principales et tous leurs moyens et faire ressortir les points faibles.
- Proposer une réalisation pratique "application" de cette technique sur la machine, et introduit un langage informatique (Matlab) pour garantir une meilleure gestion de cette technique.

Mots clés:

Maintenance, AMDEC, maintenance intégrée, FMD, Matlab