

République Algérienne Démocratique et Populaire



Université Aboubekr Belkaid -Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie-Mécanique

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de *MASTER* en Génie-Mécanique

Option : Maintenance Industrielle

Thème :

**ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DES
SCENARIOS DE DEFAILLANCES DE LA POMPE
2000 D DE L'ENTREPRISE CERTAF**

Soutenu le : 01 octobre 2014

Réalisé par : Mr. HASSINI BRAHIM

Présenté devant le jury composé :

Président :	Mr. GHERNAOUT M.E.A	MCA	U.A.B. Tlemcen
Encadreur :	Mr. BELKAID S.M.	MAA	U.A.B. Tlemcen
Co-Encadreur:	Me. SAKKAL H.		U.A.B. Tlemcen
Examineurs :	Mr. BELALIA S.A	MCA	U.A.B. Tlemcen
	HAMZA-CHERIF S.M	MCA	U.A.B. Tlemcen

Année universitaire : 2013-2014

DEDICACE

J'ai le grand honneur de dédier ce travail :

- *a celui qui m'ont fait de moi un homme, me chère parentes HADJ et RACHIDA et qui m'ont toujours encouragé au cours de mon cursus d'étude*
- *A mes chères sœurs ;ZOUHRE, HAMIDA*
- *A MES FRÈRES MOUHAMED ET ISMAÏN*
- *A toute la famille HASSINI et KEDIB*
- *A mes collègues la 2ème année master maintenance industrielle.*
- *A tous ceux qui m'aiment beaucoup et mes amis qui ont connu .*
 - *et à tous ceux que j'aime.*

Résumé

Ce mémoire consiste à l'analyse quantitative et qualitative des scénarios de défaillances d'une pompe à membrane 2000D de l'entreprise CERTAF

Nous avons utilisé la méthode arbre de défaillance pour l'analyse quantitative qui nous a permis d'identifier tout les scénarios de défaillances de chaque sous système de la machine avec les fonctions logique correspondantes et les causes de défaillances.

Le calcul des défaillances est fait pour chaque élément et sous système de la machine un classement est effectué des organes et sous systèmes de la machine selon quatre catégories ainsi l'identification des organes dangereux de la machine

L'analyse qualitative est réalisée par la méthode APR (Analyse Préliminaire des Risques), où une étude par retour d'expérience est faite pour identifier les éléments dangereux de chaque sous système de la machine et de préconiser des mesures préventives

Des tableaux et des graphes sont fait pour illustrer les résultats et pour faciliter leurs l'interprétation

Mots clés : Analyse qualitative, Analyse quantitative, fiabilité, Arbre de défaillance, Analyse Préliminaire du Risque, taux de défaillance, pompe à membrane .

Abstract

This thesis consists of the quantitative and qualitative analysis of failure scenarios of a diaphragm pump 2000D of CERTAF.

We used the method of tree failure for quantitative analysis allowed us to identify all failure scenarios of each subsystem of the machine with the corresponding logic functions and causes of failures.

The calculation is done for failures of each element and system within the machine classification is performed in the organs and systems of the machine in four categories and identify dangerous parts of the machine.

The analysis is carried out by the RPA qualitative method (Preliminary Hazard Analysis), where a study by feedback is made to identify dangerous elements of each subsystem of the machine and recommend preventive measures.

Tables and graphs are made to illustrate the results and to ease their interpretation

Keywords: Qualitative Analysis, Quantitative Analysis, Reliability, Fault Tree, Preliminary Risk Analysis, failure rate, diaphragm pump.

ملخص

تتكون هذه الأطروحة التحليل الكمي والنوعي للسيناريوهات فشل شركة الخزف تافنة لحماية المضخة ذات الحجاب الحاجز D2000

كما يسمح أسلوب شجرة التحليل الكمي لنا لتحديد جميع سيناريوهات فشل كل نظام فرعي من الجهاز مع وظائف منطق المناظرة وأسباب الفشل.

ويتم حساب لإخفاقات كل عنصر والنظام ضمن تصنيف الجهاز تتم في أجهزة ونظم الجهاز في أربع فئات وتحديد الأجزاء الخطرة من الآلة

يتم إجراء التحليل النوعي من قبل بطريقة تحليل المخاطر الأولية، حيث يتم دراسة أجزائها ردود الفعل لتحديد العناصر الخطرة من كل نظام فرعي من الجهاز والتوصية باتخاذ تدابير وقائية

مصنوعة الجداول والرسوم البيانية لتوضيح النتائج وتفسيرها لتخفيف

كلمات البحث: التحليل النوعي والتحليل الكمي، الموثوقية شجرة الخطأ، تحليل أولي للمخاطر، ومعدل الفشل، مضخة الحجاب الحاجز

1-Présentation de l'entreprise :

L'entreprise de céramique de la Tafna " CERTAF " implantée à la zone industrielle route de SEBDOU à MAGHNIA dont la dénomination sociale a été modifiée en novembre 1998, a hérité les activités de l'ex. Entreprise de céramique vaisselle de l'ouest " ECVO " créée par décret n° 82-420 du 04 décembre 1982, elle-même issue de la restructuration de la SNIC. De son passage à l'autonomie en 1990 et après les mesures d'assainissement opérées en 1992 et 1993, son capital social est passé successivement de 30MDA, 120MDA à 420MDA, détenu consécutivement par :

- Fonds des industries diverses (en 1994)
- Holding des infrastructures manufacturières (année 1997)
- Banque extérieure d'Algérie (année 1997)

La vocation principale de CERTAF est la fabrication et la commercialisation des produits de vaisselle (faïence et porcelaine) et des réfractaires auxquels s'ajoutent depuis l'année 2002, les produits rouges de décoration....

Implantée sur une superficie de 11 ha 37 a 88 ça, l'usine comprend :

- Un département de production de vaisselle "porcelaine"
- Un département de production de "réfractaires"
- Un département de production "produits rouges"

Sur le plan administratif, CERTAF a connue un profond dégraissage en juillet 1997, soit la réduction de 769 postes de travail pour se stabiliser autour de 450 travailleurs.

2-L'organigramme de l'entreprise CERTAF

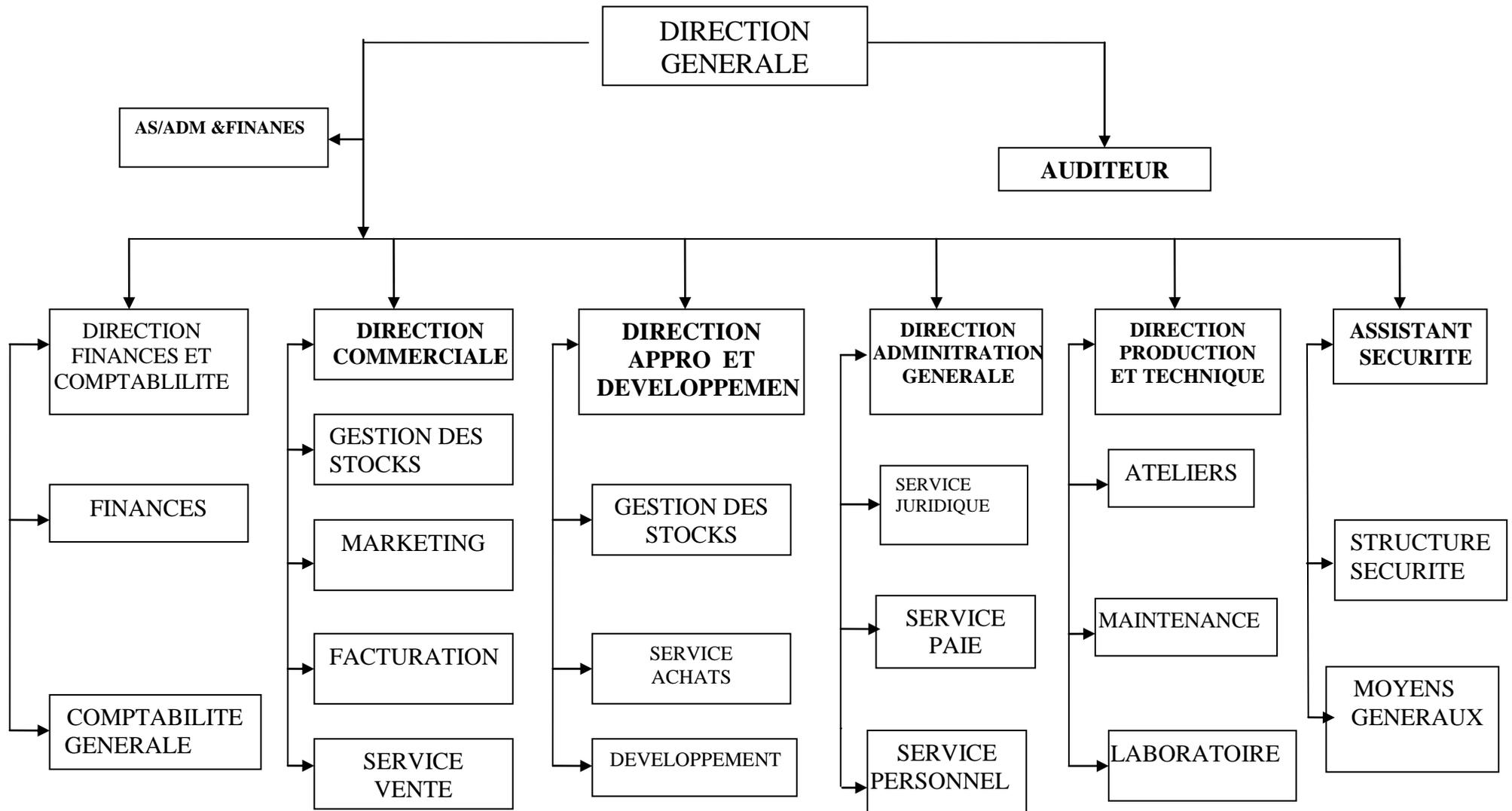


FIG.I.1-- L'organigramme de l'entreprise CERTAF

Pour mieux gérer les procédures du traitement dans l'entreprise, il est nécessaire d'étudier les directions, donc on traitera lors de cette étape les différentes responsabilités et taches attribuées à chacune de ces directions :

- **La direction générale :**

Est chargée de définir la politique de la gestion des moyens humaines et matériels de l'entreprise en vue d'atteindre les objectifs arrêtés, à savoir la réalisation des plans de production et de commercialisation des produits, en veillant à l'utilisation rationnelle et la préservation des équipements de production et du patrimoine de l'entreprise.

- **La direction de l'administration générale :**

A pour rôle l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique de ressources humaines et des programmes d'actions devant assurer à l'entreprise le potentiel humain dont elle a besoin et la conservation et le développement de ce potentiel.

Il doit veiller particulièrement à l'application de la réglementation en matière de travail et de l'emploi, et l'instauration d'un climat sain dans l'entreprise ; par le contrôle ; le suivi des effectifs, de l'emploi, des salaires et de la formation.

- **La direction finances et comptabilité :**

La finance est une fonction très importante au niveau de l'entreprise. Son rôle est l'enregistrement chronologique de toutes les mouvements et les opérations qui se font quotidiennement et annuellement (achat, ventes, stocks, paiement, crédit, caisse, relations avec les banques etc.....). Elle gère l'ensemble du patrimoine de l'entreprise, pour cela elle utilise la technique comptable (comptabilité générale) et établi le déroulement de la situation financière et comptable.

- **Audit :**

Le rôle de cette structure est l'audit de gestion de l'entreprise pour servir à améliorer le processus de planification, et les systèmes de contrôle d'organisation et d'impulsion des ressources humaines. Il passe en revue le passé, le présent et l'avenir de l'entreprise. Il examine les domaines couverts par l'entreprise avec l'idée de déterminer si l'organisme tire les meilleurs résultats de ses efforts.

- **La direction approvisionnement et développement :**

Sa mission principale est de gérer les stocks du magasin pièces de rechanges, étudier les commandes lancées par le producteur, assure l'approvisionnement des matières premières et étudier les nouveaux projets pour l'amélioration de l'outil de production.

- **La direction production et technique :**

Sa mission principale est la fabrication de la vaisselle porcelaine et produits rouges.

Cette structure est composée de neuf ateliers à savoir :

- Préparation pâte

- Façonnage et coulage
- Cuisson biscuit et inspection
- Emaillage
- Décoration
- Cuisson émail
- Emballage
- Atelier moule
- Réfractaire

Elle a aussi pour mission de veiller à la qualité et la quantité du produit.

- La direction commerciale :

Est chargé d'assurer une bonne stratégie de gestion de commercialisation des produits, l'accueil et le contact avec les clients, elle prend la décision concernant les gammes de produits, la détermination du prix, promotion et le service, ainsi que le marketing qui joue un très grand rôle et prend en charge la distribution physique des produits et la publicité et supervisant le flux rentable de biens de l'usine au lieu de stockage, elle est composée de :

- Gestion des stocks
- Marketing
- Facturation
- Service vente

3-Organigramme des ateliers de production

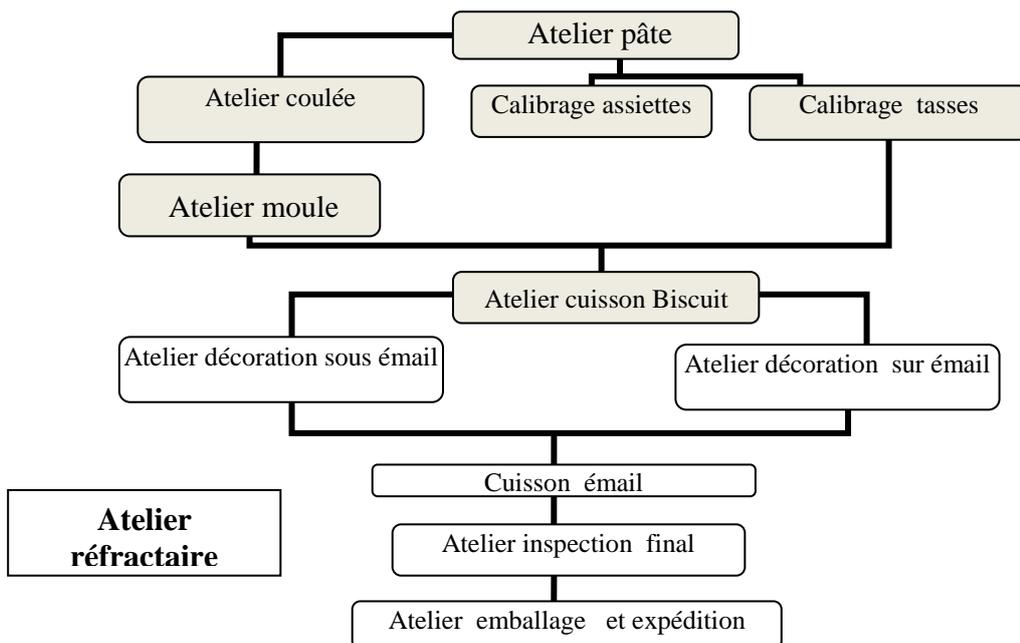


FIG.I.2- Organigramme des ateliers de production

Processus de fabrication gamme produits vaisselle :**1- Composition de la pâte :**

Les matières premières (kaolin, argile, sable, calcite) sont concassées, broyées, stockées, après dosage et pesage, elles sont acheminées vers les broyeurs à boulets ou elles subissent un broyage humide.

Après le broyage humide, la composition obtenus s'appelle la barbotine elle est ensuite déshydratée dans les filtres presses.

La pâte obtenue sous forme de galettes est séchée à l'air libre puis façonné par une machine (l'extrudeuse) sous forme de boudins de différents diamètres qui seront destinés au façonnage par calibrage en (assiette, tasses et autres produits).

2- Préparation de l'email :

Les matières premières (frites, feldspath, kaolin) sont broyées puis stockées ensuite, après dosage et pesage, elles sont dirigées vers des broyeurs à boulets ou elles subissent un broyage humide après addition d'eau.

3- Préparation delabarbotin decoulée :

Pour la fabrication d'article creux (cafetière, sucriers et soupières) on utilise de la barbotine de coulée obtenue à partir de la pâte avec addition d'eau, et de dé flocculent (silicate de soude, carbonate de soude).

4- Fabrication des moules :

Les articles sont façonnés dans des moules en plâtre. La réalisation de ces moules demande une attention particulière.

Il existe deux sortes de moules :

a) Moule mère ou matrice

Ce moule est réalisé à partir du moule d'exploitation (moule fils)

b) Moule d'exploitation où moule fils

Ce moule est réalisé à base de plâtre dilué dans l'eau puis versé dans le moule mère après séchage on procède au démoulage par cette opération on obtient le moule fils.

5- Façonnage par calibrage :

Dans cet atelier les articles sont façonnés par des machines automatiques (calibreuse) la pâte est introduite manuellement dans le moule fils, la machine façonne l'article ensuite on le sèche dans un séchoir thermique, puis on l'envoie vers l'atelier cuisson biscuit à l'aide d'un transporteur aérien.

6- Façonnage par coulée :

Il existe deux systèmes de coulée à savoir:

a) Coulée à l'état solide:

Destinée à la réalisation de plats ovales, ravier, anses pour tasses etc...

b) Coulée par évaporation :

Destinée au façonnage de produits creux de couvercles et de différentes petites pièces.

La barbotine est coulée dans le moule fils après un certain temps on procède au démoulage des articles séchés, puis on les envoie à l'atelier cuisson biscuit à l'aide d'un transporteur aérien.

7- Cuisson et inspection des articles façonnés :

Les articles façonnés (calibrés ou coulés) sont disposés sur des chariots pour l'enfournement. Après cuisson, les articles sont retirés du four, puis subissent une inspection manuelle pour détecter les articles présentant des défauts, le cas échéant on procède à des retouches.

8- Décoration sous email :

Deux types de décoration sont prévus :

a) Décoration par impression:

Une machine imprime un décor sur les produits biscuits par jet de couleur, les articles sont ensuite envoyés vers l'atelier émaillage.

9- Emaillage :

Les produits biscuits sont transportés manuellement vers l'atelier émaillage. Les assiettes et les soucoupes sont émaillées automatiquement, tandis que les tasses et les articles de coulés sont émaillés manuellement.

10- Cuisson et inspection des articles émaillés :

Les articles émaillés sont disposés sur des chariots puis enfournés dans le four. Après cuisson de l'email, les articles sont retirés du four, puis subissent une inspection et une rectification à la meule si c'est nécessaire. Les articles décorés par impression et par pulvérisation sont envoyés à l'atelier emballage et expédition pour la vente.

11- Décoration sur email :

Les articles de ce type de décoration sont envoyés à l'atelier cuisson email par chariots, sur chaque article on applique manuellement un motif décoré (Décalcomanie) et éventuellement une décoration au filet d'or (suivant le programme de production).

12- Cuissons et impression des articles décorés :

Les articles décorés par décalcomanie sont disposés sur des chariots et enfournés dans le four décoration. Après cuisson ils subissent une inspection, puis seront acheminés vers l'atelier emballage et expédition.

13- Atelier emballage et expédition :

Les produits finis sont plastifiés, mis dans des boîtes en cartons et stockés pour commercialisation.

1- Découpage en section :

Le processus de fabrication a été subdivisé en 16 sections principales :

1. section préparation pâte
2. section préparation email
3. section préparation barbotine pour articles de coulée
4. section façonnage assiettes
5. section façonnage tasses
6. section coulée état solide
7. section coulée par évaporation
8. section cuisson biscuit
9. section décoration par impression
10. section décoration par pulvérisation
11. section émaillage
12. section cuisson email
13. section décoration sur email et sous email
14. section cuisson décoration
15. section emballage expédition
16. section fabrication moule.

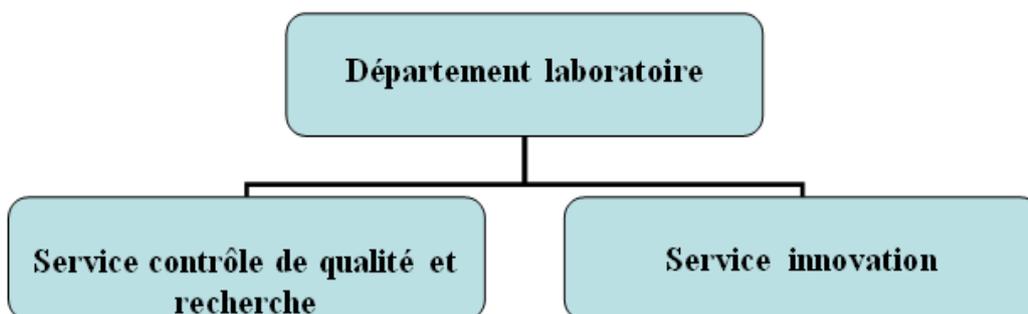
4-Organigramme du département laboratoire

FIG.I.3- Organigramme du département laboratoire.

Le département laboratoire est divisé en deux sections :

- ❖ Section contrôle de qualité et recherche.
- ❖ Section innovation

Elles ont pour taches :

- Section contrôle de qualité et recherche :
 - Suivi de la qualité du produit et son amélioration dans ce processus de fabrication.
 - Analyse physico-chimique de la matière première.
 - Recherche de nouvelle formule (réfractaire – porcelaine – produits rouges).
- Section innovation :
 - Elaboration de nouveaux moules
 - Rectification des moules mères usés
 - Fabrication des modèles

5- Organigramme du département maintenance

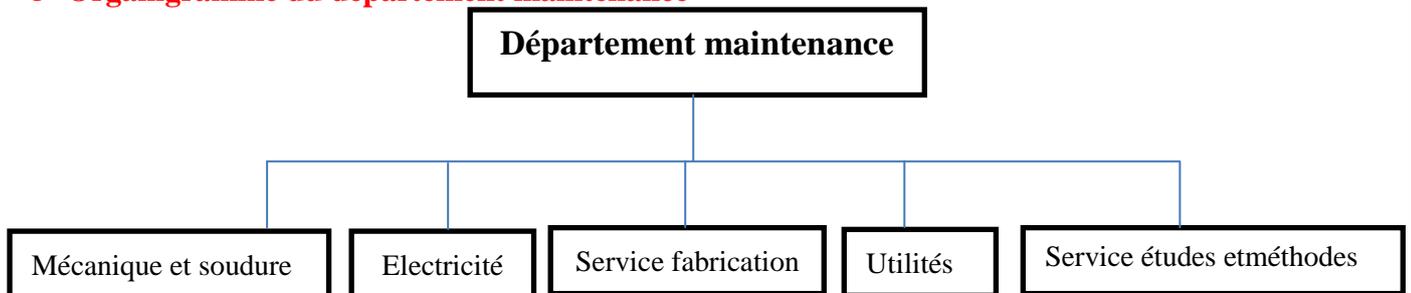


FIG.I.4- Organigramme du département maintenance

I-8-1-La maintenance industrielle de l'usine:

Les tâches de service maintenance :

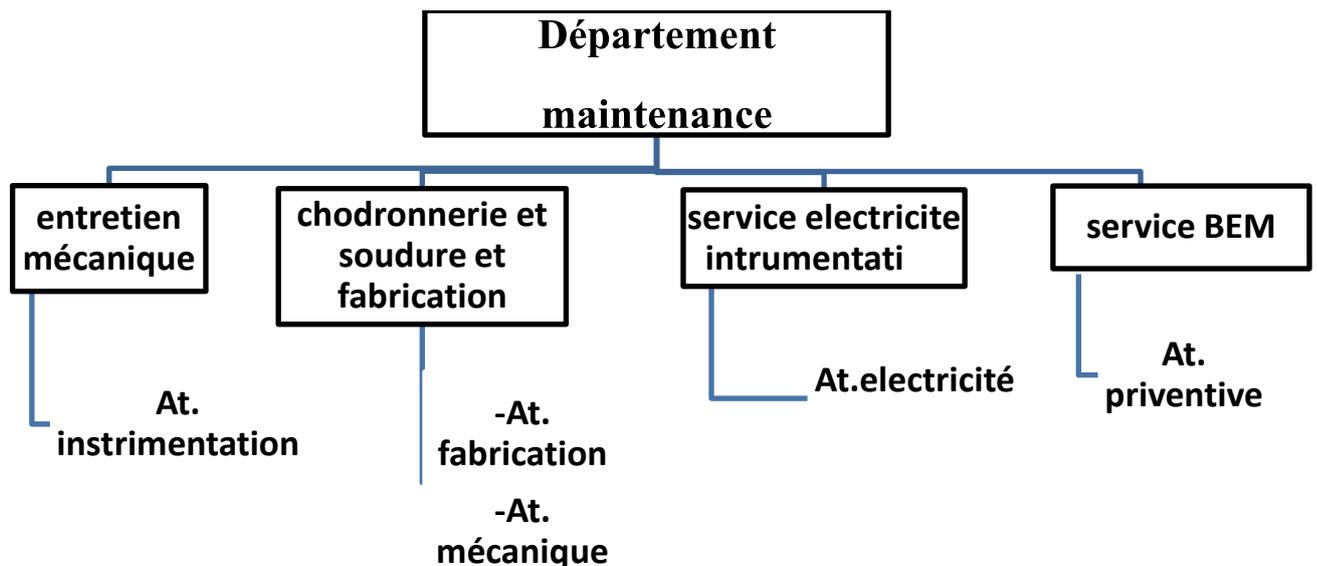


FIG.I.5- Les tâcher de service maintenance

Le chef de service maintenance :

La maintenance est appelée, en général, à résoudre les problèmes se rattachant aux diverses pannes ou anomalies constatées dans une machine. Pour ce faire, elle est dotée d'équipement spécialisée (mécaniciens, électriciens, régulateurs,...) qui agit chacun en ce qui le concerne dans un secteur donné de l'activité de l'unité.

Ce dernier veille à la bonne marche de son service, contrôle l'ensemble des travaux effectués par les deux sections (mécanique, électrique).

I- 8-2- la confirmation des responsabilités :

a) la fonction du métier en vers la fonction de maintenance :

1. lister les équipements névralgiques, approuver les modes de maintenance et le stockage des pièces de rechanges.
2. Approuver le budget annuel de maintenance préventive et des arrêts programmes.
3. Utiliser les équipements conformément aux exigences prescrites par le constructeur, en cas difficultés, demander l'accord des experts en maintenance.
4. Surveiller constamment la condition et la performance des équipements, anticiper les besoins et déclarer les anomalies.
5. Rendre disponible conformément aux plans maintenance préventive, les équipements qui devront faire l'objet d'interventions programmées.
6. En cas d'anomalies, établir les priorités de façon réaliste et informer la maintenance aussitôt que possible.
7. En cas de nécessité, décrire clairement les travaux demandes, autoriser les dépenses et éviter les travaux non indispensables.
8. Eviter l'amalgame entre les demandes d'études pour l'amélioration des performances ou les opérations et les demande de travaux maintenance.
9. Présider les comites de Manque à Produire MAPet le comite de mise en stock DMS.
10. Sécuriser le périmètre concerne par l'intervention maintenance et procéder au transfert de responsabilité.

b) la fonction de la maintenance envers la fonction du métier :

1. Améliorer la fiabilité des équipements et réduire les réparations par la maintenance préventive.
2. Exécuter les travaux en conformité avec les programmes approuvés de façon économique et efficiente.
3. Assurer la qualité du travail exécute.

4. Planifier et exécuter les travaux en interférant le moins possible avec le programme de production.
5. Maintenir le niveau de maintenance désire au moindre cout.
6. Informer et former les operateurs et contremaitre dans le cas de modifications des procédures de conduite des équipements.
7. Déterminer les pièces de rechanges de sécurité à mettre en stock pour réduire les risques d'arrêt prolonges de la production du aux avaries des équipements névralgiques.
8. Passer systématiquement en revue les pièces de rechanges en stock et recommander les modifications de la politique de stockage, en fonction du changement de la politique de maintenance.

I-8- 4-LE PLAN DE CHOIX D'UN MODE DE MAINTENANCE POUR UN EQUIPEMENT:

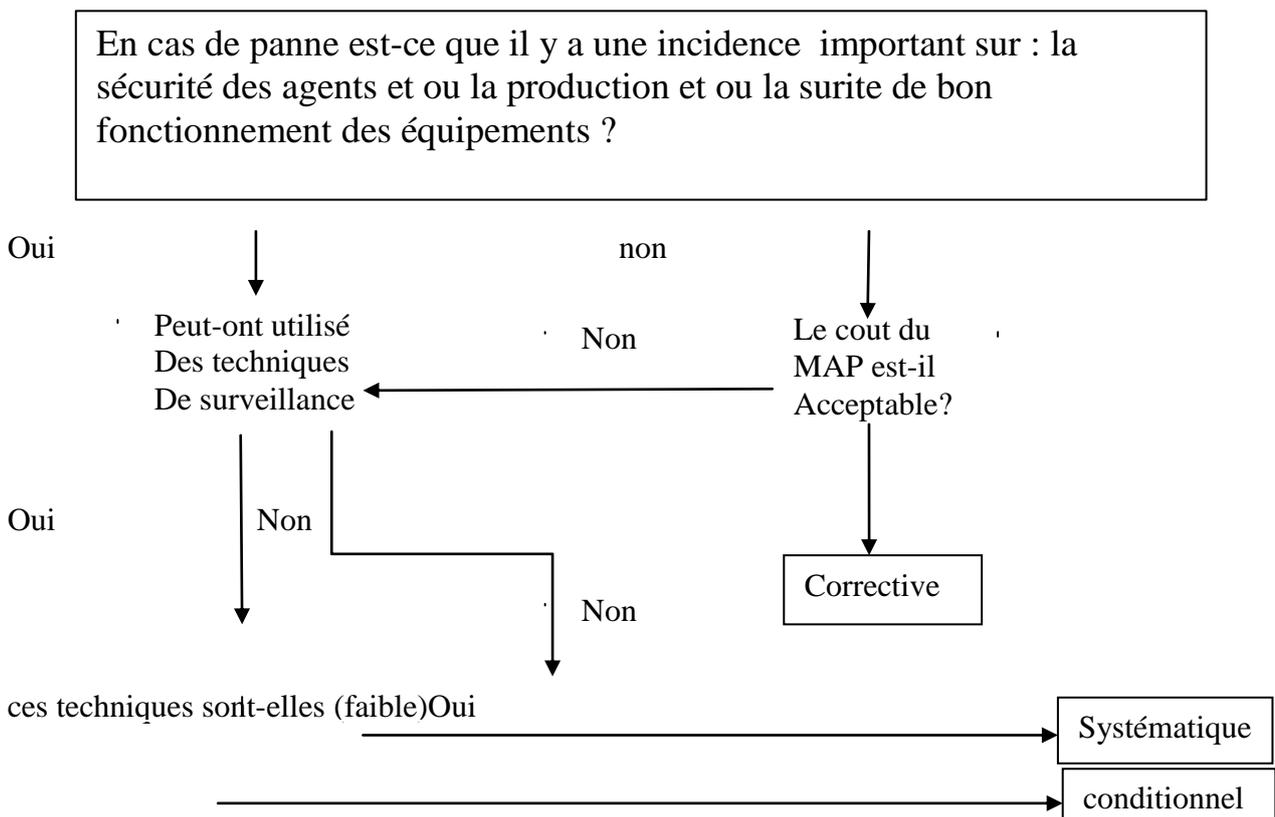


FIG.I.6- le plan de choix d'un mode de maintenance pour un équipement

✓ Maintenance corrective :

Exemples:

Démontage de la pompe : démontrer la pompe par l'équilibre d'intervention d'atelier.

Réparation de la pompe : réparer la pompe au niveau ATC (atelier technique centrale).

Travaille effectuée : -changement des roulements.

-change de l'écrou de blocage de la roue.

✓ Maintenance préventive :

5-la liste des instructions de maintenance préventive:

Les instructions planes de maintenance se divisent en quatre parties :

a) Les instructions :

- Instruction de transferts de responsabilités
- Instruction de mise en marche, de contrôle en marche et d'arrêt temporaire
- Instruction de mise hors service et de conservation

Ces instructions sont élaborées par le chef de service production.

Ils sont validés par un comité présidé par le chef de service production avec présence obligatoire des trois postes de contrôle : inspecteur technique, inspecteur sécurité et ingénieur processeur.

Le chef de service production veille personnellement à la formation des opérateurs à l'utilisation et au respect de ces instructions.

Ces instructions doivent être affichées en permanence au niveau du poste de travail de chaque opérateur.

a) La maintenance systématique pré établie :

- Plan de lubrification et graissage
- Plan de remplacement des accessoires
- Plan de renouvellement des consommables

La construction et ou le fournisseur de l'équipement informe l'utilisateur sur le contenu de ces trois plans de maintenance.

L'expert maintenance devra mettre à jour ces plans pour les rendre opérationnels.

Il doit notamment :

- Définir les périodes de l'intervention
- Définir les opérations à faire durant l'intervention
- Définir les consommations durant l'intervention

c) Les plan de contrôles systématiques :

- Plan de suivi par l'inspecteur équipement
- Plan de suivi par l'inspecteur sécurité prévention
- Plan de suivi par l'ingénieur processeur.

-L'inspecteur équipement étudiera, fera valider et mettra en œuvre un programme d'inspection systématique pour confirmer une utilisation des équipements conformes aux normes de construction et à la réglementation.

-L'inspecteur sécurité préventionétudiera, fera valider et mettra en œuvre un programme de contrôle systématique pour confirmer l'existence d'une relation homme-équipement conforme aux normes d'hygiène et de sécurité.

-L'ingénieur processeur étudiera, fera valider et mettra en œuvre un programme de contrôle systématique pour conformer une exploitation du procédé de production conforme au manuel opératoire, aux normes de rentabilité et règle généralement admises dans les domaines de l'environnement, l'hygiène et la sécurité.

d) Choix de politique de maintenance pour chaque équipement :

La politique de maintenance pour chaque équipement est déterminée en utilisant la méthode d'analyse (choix d'un mode de maintenance pour un équipement) ce choix peut aboutir empiriquement à l'utilisation d'un des modes définis : systématique, conditionnel ou correctif.

ON CONCLUE QUE :

Les différents types de maintenance :

Maintenance systématique :

Nettoyage, graissage, lubrification (vidange huile), selon un planning établi à l'avance pour matériel roulant et fixe.

Maintenance préventive :

Elle consiste en le contrôle périodique de l'équipement selon un planning de contrôle établi à l'avance. La période de l'inspection dépend de l'importance dans la chaîne de production.

Toute anomalie constatée lors de l'opération de contrôle est prise en charge selon son importance et le niveau de l'équipement ainsi que la disponibilité des moyens humains.

✓ Maintenance curative :

Elle consiste dans l'intervention sur un équipement en panne .la panne est déclarée par le service utilisateur qui établie et transmette une demande d'intervention (D- I) au service de maintenance qui va établir un bon travail et procède au diagnostic et à la réparation de l'équipement

en panne. A la fin des travaux la mise en marche est assurée par le service de maintenance et le service utilisateur (demandeur).

6- Conclusion :

Le stage effectué au niveau de l'unité CERTAF DE MAGHNIA à été très bénéfique. Il nous a permis de Nous approcher et de connaître le domaine de travail au niveau de l'industrie :

- Connaître la chaîne technologique de traitement.
- Connaître les différents types de maintenance appliqués.
- Connaître les équipements et leur fonctionnement.

1-1-FIABILITE :[4]

La fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir les fonctions requises dans des conditions données pendant une durée donnée. Elle est caractérisée par la probabilité $R(t)$ que l'entité E accomplisse ces fonctions, dans les conditions données pendant l'intervalle de temps $[0; t]$, sachant que l'entité n'est pas en panne à l'instant 0.

$$R(t) = \text{Prob}\{E \text{ non défaille sur } [0, t]\}$$

1-2-Maintenabilité :

La maintenabilité est l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est réalisée dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits. Elle est caractérisée par la probabilité $M(t)$ que l'entité E soit en état, à l'instant t , d'accomplir ses fonctions, sachant que l'entité était en panne à l'instant 0.

$$M(t) = \text{Prob}\{E \text{ est reparable sur } [0, t]\}$$

1-3-Disponibilité¹⁴

La disponibilité est l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir les fonctions requises dans les conditions données et à une instanc donnée. Elle est caractérisée par la probabilité $A(t)$ que l'entité E soit en état, à l'instant t , d'accomplir les fonctions requises, dans des conditions données.

$$A(t) = \text{Prob}\{E \text{ non défaille à l'instant } t\}$$

1-4-Sécurité :

La sécurité est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques. Elle est caractérisée par la probabilité $S(t)$ que l'entité E ne laisse pas apparaître dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

2-METRIQUES DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT :

Temps moyens de fiabilité :

Il existe aussi des grandeurs associées à la Sûreté de fonctionnement.

Contrairement aux précédentes citées dans la section II.2.1, qui sont en fonction du temps, les grandeurs présentées ci-après caractérisent des durées moyennes.

-MTTF (Mean Time To Failure) la durée moyenne de fonctionnement d'une entité avant la première d défaillance

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

-MTTR (Mean Time To Repair) la durée moyenne de réparation

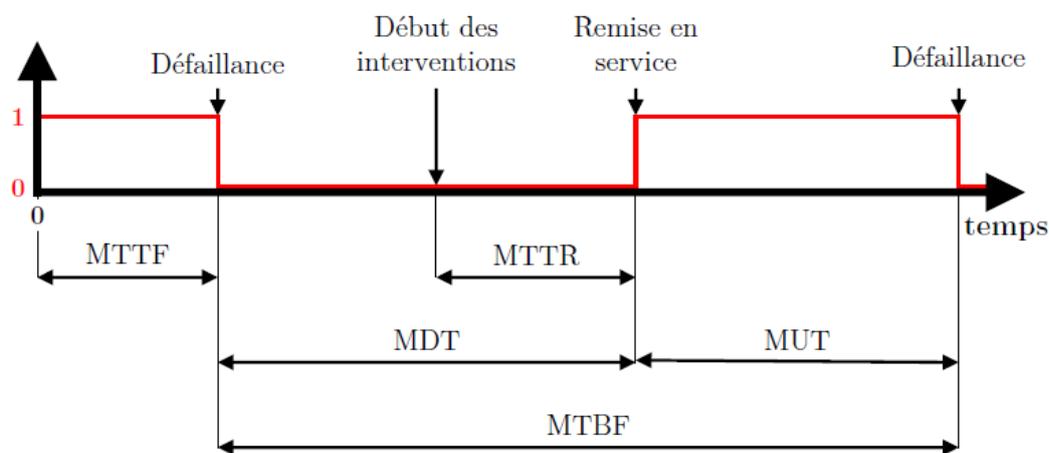
$$MTTR = \int_0^{\infty} (1 - M(t)) dt$$

-MUT (Mean Up Time) la durée moyenne de fonctionnement après réparation

-MDT (Mean Down Time) la durée moyenne d'indisponibilité aprèsdéfaillance

- MTBF (Mean Time BetweenFailure) la durée moyenne entre deux défaillances

$$MTBF = MDT + MUT$$



FigII.1 Durées moyennes associées a la Sûreté de fonctionnement

3-THEORIE DE LA FIABILITE :

On considère une entité pouvant se trouver dans divers états. Cet ensemble d'états, noté E, se décompose en deux sous ensembles formant une partition : le sous-ensemble M des états de marche (y compris le fonctionnement dégradé) et le sous-ensemble D des états de défaillance.

Considérons T la variable aléatoire qui représente le temps écoulé entre la mise en service d'une entité et la première défaillance observée. L'abélite à l'instant t est la probabilité qu'une entité E soit non défaillante sur la durée $[0; t]$.

On appelle également abélite, la probabilité associée $R(t)$ définie par

$$R(t) = \text{Prob}(f(t) < T)$$

La Figure II.2 présente une allure de la fonction d'abélite $R(t)$ en fonction du temps.

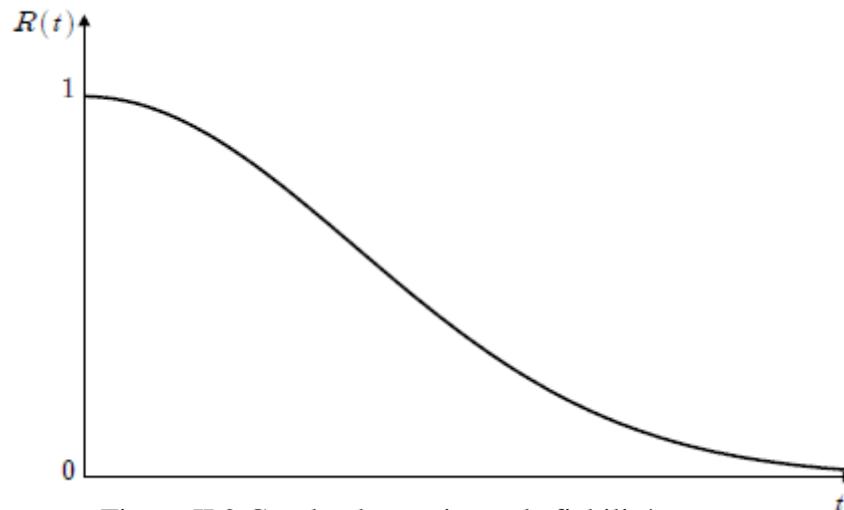


Figure II.2 Courbe de survie ou de fiabilité

Pour compléter l'approche théorique de la notion d'abélite, il est nécessaire de définir les notions suivantes

La fonction $F(t)$ représente la fonction de répartition de la variable aléatoire T . Elle est équivalente à la durabilité $\bar{R}(t)$ (la probabilité de défaillance du système) ou à la probabilité complémentaire à 1 de la abélite $R(t)$ définie par

La fonction $f(t)$ désigne la densité de probabilité de t et elle est donnée par

La fonction de répartition $F(t)$ et la fonction d'abélite $R(t)$ sont exprimées à partir de la fonction de densité $f(t)$ dans les relations suivantes

4-TAUX DE DEFAILLANCE ET DE REPARATION INSTANTANES

4-1 Taux de défaillance instantané :

Le taux instantané de défaillance, $\lambda(t)$, est une des caractéristiques de la fiabilité. La valeur $\lambda(t)$ représente la probabilité conditionnelle d'avoir une défaillance dans l'intervalle de temps $[t; t + dt]$, sachant qu'il n'y a pas eu de défaillance dans l'intervalle de temps $[0; t]$.

Ainsi, en appliquant le théorème des probabilités conditionnelles, puis le théorème des probabilités totales, $\lambda(t)$ s'écrit.

On en déduit que la fiabilité peut aussi s'écrire de la façon suivante.

4-2 Taux de réparation instantané :

La valeur $\mu(t)$ dt représente la probabilité pour qu'une entité n'étant pas réparée à t le soit à $t+dt$. Le taux de réparation $\mu(t)$ s'écrit alors :

4-3-L'analyse de la criticité

Permet de mettre en évidence :

La gravité qui s'évalue à partir des effets par une note estimée de 1 (mineur), à 4 (catastrophique). Suivant les systèmes, la gravité peut s'estimer sur plusieurs critères : sécurité des personnes, des biens, défauts de qualité, perte de disponibilité, pénalisation de la production, etc.

La Probabilité d'occurrence des causes de défaillance, estimée par consensus des experts du groupe de travail s'évalue par une note estimée 1 (improbable) à 4 très fréquent. Dans le cadre de notre modélisation, nous allons faire correspondre ces indices à des valeurs chiffrées en fonction du taux de défaillance λ exprimé en défaillance/heure suivant le tableau II-1.

Tableau II-1: Correspondance Indice d'occurrence et taux de défaillance

λ (déf/heure)	$\lambda < 10^{-7}$	$10^{-7} \leq \lambda \leq 10^{-6}$	$10^{-6} \leq \lambda \leq 10^{-3}$	$\lambda > 10^{-3}$
Indice	1	2	3	4
Appréciation	Improbable	Rare	fréquent	Très fréquent

5- Les mécanismes de défaillance :

Au début du développement d'un système, le concepteur doit choisir l'architecture satisfaisant à des critères de performance et de fiabilité exprimés dans les spécifications

Tous les systèmes contiennent inévitablement des défauts qui se manifestent potentiellement par l'apparition de défaillances au cours de la vie opérationnelle du système. Il est donc important de connaître les mécanismes de défaillance pour déterminer l'architecture optimale d'un système et pour évaluer sa fiabilité.

La fiabilité des systèmes, des sous-ensembles et des composants est généralement décrite par la courbe caractéristique dite en baignoire (figure II-3). Elle décrit l'évolution du taux de défaillance $\lambda(t)$ en fonction du temps t et permet de mettre en évidence, de manière empirique, trois phases de la vie d'un produit ou d'un système. Le taux de défaillance est élevé au début de la vie. Ensuite, le taux diminue assez rapidement avec le temps (taux de

défaillancedécroissant), cette phase de vie est appeléepériode de jeunesse. Après, il se stabilise a une valeur qu'on souhaite aussi basse que possible pendantune périodeappeléepériode de vie utile (taux de défaillance sensiblement constant). A la l'instant n, le tauxdedéfaillance remonte, ce qui correspondà la période de vieillissement (taux de défaillance croissant).

5-1 La période de jeunesse :

Concerne les défaillances précoces dues a des problèmes de conception (mauvais dimensionnement d'un composant, etc.) ou de production (dérive d'un processus de fabrication,...). Le taux de défaillance est décroissant dans cette période. Les défaillances de jeunesse peuvent être supprimées avant la livraison au client en pratiquant le déverminage. Cette pratique consiste à mettre en fonctionnement les produits à livrer sous des conditions révélant les modes de défaillances et il sut, ensuite, de ne livrer que les bons produits. Cette pratique est couteuse mais le taux de défaillances lors de la livraison est égal à celui du début de la période utile. De nombreux fabricantsne réalisent pas ce déverminage sur leurs produits pour des raisons de cout. Dans ce cas,une période de garantie est mise en place pendant laquelle le fabricant s'engage à changerou réparer le produit défaillant. Par exemple, pour des modules photovoltaïques, lesfabricants les garantissent pendant 5 ans en moyenne pour les défaillancesmécaniques (Sans rapport avec la puissance délivrée par les modules). Dans les études de fiabilité, les défaillances apparues lors de cette période de garantie ne sont pas prises en compte et ons'intéresse principalement à la période utile du produit

5-2 Le période utile :

Correspond à la majorité de la vie du produit. Pendant cette période, le taux de défaillances peut être

- croissant pour les éléments mécaniques : modes de défaillances mécaniques, usure, Fatigue, corrosion
- Constant pour les composants électroniques : pas de phénomènes de vieillissement, phénomène caractéristique des défaillances aléatoires
- Décroissant dans le cas des logiciels : la correction des erreurs permet d'améliorer la fiabilité.

5-3 Le période de vieillesse :

Correspond aux défaillances déliissant la n d'utilisation duproduit quelque soit le type de technologie. Le taux de défaillances dans cette période croit rapidement. Pendant cette période, les produits qui n'avaient pas été défaillants pendant la période utile le deviennent généralement sur une période très courte.

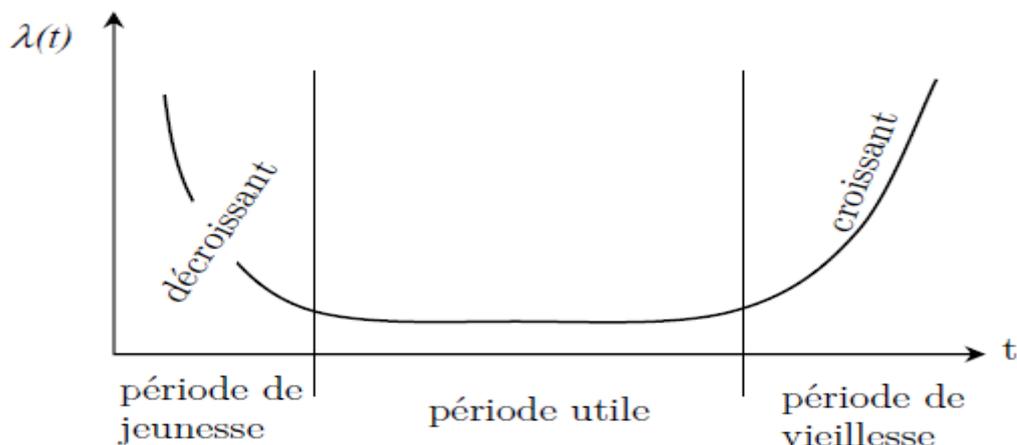


Figure II-3- Courbe en baignoire

6-Quelques lois usuelles de probabilité :

La fiabilité est une grandeur quantitative qui nécessite la connaissance des distributions de durée de vie afin de l'estimer. Dans le cadre d'un système complexe, ces distributions doivent absolument tenir compte de tous les mécanismes de défaillances associés aux différentes technologies.

Nous présentons dans cette section les lois et les modèles de fiabilité susceptibles, selon l'expérience, de représenter des distributions de durée de vie des composants qui interviennent le plus fréquemment dans l'analyse de leur fiabilité. Nous rappelons les principales propriétés de ces lois, les fonctions de fiabilité associées, les densités de probabilité, les taux de défaillances ainsi que les durées de vie moyennes.

6-1 Loi exponentielle :

La loi exponentielle est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillances des équipements (qui subissent des défaillances brutales) est considéré comme constant (défaillances aléatoires). Elle décrit le temps écoulé jusqu'à une défaillance, ou l'intervalle de temps entre deux défaillances. Elle est définie par un seul paramètre, le taux de défaillances.

Elle est caractérisée par :

-La densité de probabilité

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

- la fiabilité :

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

-le taux de défaillances :

$$\lambda(t) = \lambda$$

-la durée de vie moyenne ou MTTF :

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

6-2 Loi de Weibull :

Elle est souvent utilisée en mécanique, elle caractérise bien le comportement du produit dans les trois phases de vie selon la valeur du paramètre de forme β

$\beta < 1$ ($\lambda(t)$ décroît) : période de jeunesse

$\beta = 1$ ($\lambda(t)$ constant) : indépendance du temps,

$\beta > 1$ ($\lambda(t)$ croît) : période de vieillissement, d'usure ou de dégradation

La loi de Weibull est définie par trois paramètres : η (paramètre d'échelles) dont l'unité est homogène à l'unité de la sollicitation, β (paramètre de forme) qui traduit la naissance de la distribution et γ (paramètre de localisation)

-La densité de probabilité :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1} e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta}$$

-la fiabilité

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta}$$

-le taux de défaillances :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1}$$

-la durée de vie moyenne ou MTTF :

$$MTTF = \gamma + \eta \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right)$$

Avec la fonction Γ gamma définie par : $\Gamma(n) = \int_0^\infty e^{-x} x^{n-1} dx$

L'ANALYSE DES RISQUES : [5]

1-1- ANALYSE

Etude faite en vue de discerner les différentes parties d'un tout, de déterminer ou d'expliquer les rapports qu'elles entretiennent les unes avec les autres

Nous prendrons comme définition de l'analyse du risque celle donnée par Pierre Périlhon, la plus complète. Cependant il en existe d'autres (au bureau Veritas, dans la norme X 60 510, à l'INRS) qui sont surtout basées sur l'énumération des étapes de l'analyse.

1-2-Risque :

Le risque est une propriété intrinsèque à toute prise de décision. Il se mesure par une conjonction entre plusieurs facteurs (Gravité, Occurrence, Exposition, Possibilités d'évitement, etc.), quoique généralement on se limite aux deux facteurs : gravité et fréquence d'occurrence d'un accident potentiellement dommageable en intégrant dans certains cas le facteur d'exposition.

Cependant, il ne faut pas confondre le concept de risque avec sa mesure.

1-3-ANALYSE DES RISQUES :

L'analyse des risques consiste à les identifier et à comprendre les mécanismes conduisant à leur concrétisation dans le but de réduire leur probabilité d'occurrence et / ou leur gravité.

Cette étude doit aboutir à la mise en place de mesures permettant de réduire leur apparition ou leurs conséquences sur l'homme au travail, les matériels de production, les produits, les populations extérieures à notre domaine d'étude ainsi que les écosystèmes pour tendre le plus possible à une maîtrise des risques

Les critères :

La méthode d'analyse que nous recherchons doit remplir un certain nombre de conditions pour nous permettre d'étudier les blocages développés par les PME. On caractérise donc les méthodes par les critères principaux suivants :

-Le degré de formalisation des étapes de l'analyse des risques :

Sachant qu'une analyse classique comporte toujours les mêmes étapes types, ce degré de formalisation permet d'assurer une analyse plus complète et facilement reproductible, qualité indispensable pour mener une même expérimentation dans différentes entreprises

-L'utilisation et la formalisation d'un modèle d'accident :

Un modèle du processus de danger permet d'avoir la garantie d'une approche cohérente et complète du phénomène tenant compte aussi bien des mécanismes initiateurs et de leurs causes que des conséquences de l'accident

-La nature des "victimes" envisagées. La typologie retenue a fait l'objet d'une explication auparavant

Cependant chaque méthode comporte d'autres caractéristiques moins fondamentales pour notre étude mais qu'il faut néanmoins connaître comme :

-Le sens du raisonnement permettant d'appréhender les risques :

part-on des causes des risques pour en déduire les dangers résultants (démarche inductive), ou part-on des dangers que l'on redoute pour remonter vers les causes possibles de ces dangers (démarche déductive)?

1-4-La formalisation des étapes de l'analyse des risques :

A priori toutes les analyses des risques visent à identifier les risques présentés par un système en vue de pouvoir ensuite agir pour en réduire la gravité et la probabilité. Ces objectifs se traduisent dans les méthodes d'analyse de risques par des étapes plus ou moins formalisées visant

1- la définition du système auquel la méthode va être appliquée

2- l'identification des risques

3- l'identification des mécanismes générateurs de risques

4- l'évaluation des scénarios de réalisation de ces risques

5- la hiérarchisation de ces mêmes scénarios

6- l'identification des solutions

Toutes les méthodes d'analyse contiennent implicitement l'ensemble de ces étapes (exceptée pour certaines l'étape 5 de hiérarchisation). Notre choix de méthode sera tourné vers une méthode où, si possible, la plupart de ces étapes sont décrites précisément dans leurs buts et dans leur mise en œuvre.

1-5- CLASSIFICATION DU RISQUE :[6]

Nous proposons de garder les qualificatifs de la norme NF EN 50126, tout en les répartissant sur

3 classes distinctes : « risque maîtrisé » regroupant le risque négligeable et le risque acceptable, « risque maîtrisable » regroupant le risque indésirable non résiduel et enfin « risque non maîtrisable » regroupant le risque résiduel et le risque inacceptable. Toutefois nous définissons le risque indésirable comme une sous catégorie du risque tolérable et nous procédons de la même façon en ce qui concerne le risque inacceptable par rapport au risque résiduel

1-5-1- Risques maîtrisés :

Risque négligeable :

Le risque négligeable fait référence à un niveau de risque dont l'occurrence est de l'ordre de 1 par million et par année et au dessous, et dont la possibilité de réalisation n'affecte pas la vie courante.

Risque acceptable :

Un risque perçu comme insignifiant peut facilement être accepté. En d'autres termes, un accident potentiel caractérisé par une faible probabilité d'occurrence, peut facilement être accepté. En effet, nous continuons à prendre le train malgré les accidents possibles parce que la probabilité d'un déraillement ou d'une collision catastrophique est extrêmement faible.

1-5-2 Risques maîtrisables :

Risque tolérable (Tolerablerisk)

Le risque toléré traduit, à l'effet d'en retirer certains bienfaits, la volonté de vivre avec les risques que l'on saurait ni ignorer, ni considérer comme négligeables, mais avec la confiance qu'ils sont correctement maîtrisés

-Risque indésirable (Undesirablerisk) :

Un risque indésirable est un risque qui peut être toléré moyennant des mesures appropriées de contrôle et de suivi

Risques non maîtrisables

Risque résiduel (Residualrisk) :

Risque qui subsiste après avoir appliqué des mesures de réduction.

Risque qui subsiste après avoir appliqué toutes les mesures de réduction disponibles.

1-5-3- Risque inacceptable (non acceptable risk)

Proposition : Un risque inacceptable est un risque résiduel non

1-5-4 Acceptabilité du risque :

La mesure du risque peut rapprocher le degré de nuisance de deux situations dangereuses complètement dissemblables : l'une caractérisée par une pondération de fréquence et l'autre par une pondération de gravité.

L'acceptabilité concerne le risque et non la gravité du dommage ou la probabilité d'occurrence considérés séparément. En effet, la gestion des risques a pour objectif de consigner les aléas à l'intérieur de frontières jugées satisfaisantes. Un risque impossible à supprimer doit donc être réduit à un niveau acceptable fixé préalablement

Le choix des actions de maîtrise des risques se fait en fonction de la fréquence et de la gravité des dommages relatifs à un accident potentiel. Les actions de protection (sécurité primaire) sont prioritaires par rapport aux actions préventives (sécurité secondaire) ayant pour but de réduire les conséquences d'événements dommageables tandis que ces dernières ont pour but de limiter la possibilité de récurrence des événements redoutés.

1-6-Propriétés des méthodes d'analyse de r risque

1-6-1 -Avantages généraux des méthodes d'analyse de risques

Les différentes situations dangereuses, évènements redoutés, causes, conséquences, ou accidents potentiels ; tous ces éléments sont identifiés d'une manière méthodologique et présentés dans une forme tabulaire à l'image de l'APR et l'AMDEC, ou arborescente à l'image de l'Arbre de Défaillances ou d'Evénements

1-6-2 -Communication des risques

La communication des risques englobe l'échange et le partage d'informations concernant les risques entre le décideur et d'autres parties prenantes. Les informations peuvent concerner l'existence, la nature, la forme, la probabilité, la gravité, l'acceptabilité, le traitement, ou d'autres aspects du risque (ISO/CEI Guide 73,

2002). L'analyse de risque représente un support très efficace d'étude et de communication des risques

1-6-3 –Complémentarité

Les méthodes d'analyse de risque sont complémentaires. On peut même interconnecter les résultats (sorties) des unes aux données (entrées) des autres à l'image du nœud papillon. Par exemple, l'APR peut être complétée par une AMDEC ou une étude HAZOP, en faisant porter l'étude cette fois-ci sur les éléments importants pour la sécurité (parties critiques) du système. Ensuite on peut procéder à des études encore plus fines des évènements critiques par Arbre de Défaillances ou d'Evénement ou des deux à la fois à travers un modèle en nœud papillon

1-7 Lacunes des méthodes d'analyse de risque

1-7-1 Non prise en compte des facteurs externes au système

Les facteurs externes au système étudié (conditions climatiques, environnement, facteurs humains) sont rarement pris en compte ou alors pas suffisamment

1-7-2 Subjectivité dans l'estimation des risques

Il est plus raisonnable de considérer que cette phase vise simplement à donner des indications sur les risques les plus significatifs en vue d'envisager des mesures de prévention et de protection. L'estimation des probabilités d'occurrence d'un événement redouté est souvent subjective. L'approche par intervalle, qui consiste à répartir les gravités et les occurrences sur une matrice de criticité avant d'attribuer les niveaux de risque à chaque zone de criticité (Gravité, Occurrence), semble être une technique discriminatoire étant donné qu'il n'existe aucune règle permettant de définir les limites de ces zones précitées. A ceci s'ajoute aussi la subjectivité de l'analyste dans la désignation d'une zone plutôt qu'une autre. L.-A. Cox est revenu en détail sur les lacunes

des matrices de criticité dans un papier intitulé : « What's wrong with risk matrices » .

Cependant, il existe des approches d'évaluation de la subjectivité dans l'estimation des risques, telles que les approches par les théories des sous ensembles flous et la théorie des possibilités (Sallak, Simon, & Aubry, 2007).

Néanmoins, dans certaines méthodes, telles que l'analyse par Arbre de Défaillances, la propagation des probabilités de la base vers le sommet pour estimer la probabilité de l'évènement redouté est mathématiquement faisable. Cependant, la fiabilité des résultats dépend de l'estimation des probabilités affectées aux événements initiateurs (événements de base).

1-7-3-Non-exhaustivité

Il est quasiment impossible de tendre vers l'exhaustivité dans la phase d'investigation sur les causes et les conséquences des scénarios d'accident. Généralement, on se contente des causes et des conséquences les plus significatives.

La plupart des méthodes d'analyse de risque (HAZOP, AMDEC, What-if, etc.) visent l'exhaustivité par l'utilisation de mots clés qui évoquent les défaillances ou dérives à envisager. L'expérience montre qu'une utilisation rigoureuse de ces listes en groupe de travail, bien que nécessaire, peut s'avérer rapidement fastidieuse sans pour autant garantir la prise en compte de toutes les situations dangereuses : phases transitoires spécifiques, risque d'effet domino, perte d'utilités, etc. (INERIS-DRA ARAMIS, 2004).

1-7-4-Non considération du fonctionnement des systèmes non-cohérents :

Selon KAUFMANN (Kaufmann, Grouchko, & Cruon, 1975) : «un système est dit cohérent quand sa fonction de structure est monotone ». Autrement dit, une nouvelle défaillance d'un composant ne remet pas en marche un système en état de panne, de même la réparation d'un composant défaillant ne remet pas en panne un système en marche.

Par conséquent, pour pouvoir analyser un système non-cohérent, il est impératif de considérer non plus des ensembles d'événements, mais plutôt des séquences d'événements

1-7-5-Non considération des défaillances en mode commun

L'analyse causale d'un sous système ou d'un composant pris séparément n'est pas complète pour analyser le comportement de systèmes complexes caractérisés par des boucles fermées de rétroaction. Dans ce cas, le raisonnement causal linéaire devient circulaire (Rasmussen & Svedung, 2000).

La plupart des méthodes d'analyse de risque sont caractérisées par une causalité linéaire. Cependant, il existe tout de même un certain nombre de méthodes complémentaires telle que l'Analyse des Défaillances de Mode Commun qui comme son nom l'indique permet d'examiner les défaillances simultanées relatives à des systèmes interagissant.

1-8-EVALUATION DE LA QUALITE D'UNE ANALYSE DE R RISQUE :

La qualité d'une analyse de risque doit être réévaluée au fur et à mesure de l'avancement d'un projet. Pour ce faire

1-8-1-Cohérence :

La cohérence renvoie aux faits que :

- La démarche soit rationnelle et consensuelle.
- Les données et les résultats ne soient pas contradictoires, c.-à-d. Qu'ils ne s'opposent ni entre eux ni avec les hypothèses de départ

1-8-2 Complétude :

La complétude peut être formalisée par les hypothèses suivantes:

- S'il existe un chemin causal inductif entre la cause A et la conséquence B, la cause A doit être déduite à partir de la conséquence B d'une façon immédiate ou différée (effet domino) suivant un chemin inversé déductif.
- Par analogie, pour tout chemin déductif, il doit y avoir un chemin inductif équivalent

1-8-3-Exhaustivité :

C'est la contrainte la plus difficile à satisfaire ou à démontrer, car l'analyste dans sa représentation de la réalité fait intervenir son intuition et son savoir-faire dans les limites de sa

perception de cette réalité. Il peut donc porter un jugement disproportionné sur certains facteurs (cause, effet, probabilité, conséquence, etc.), comme il peut éventuellement manquer d'imagination par rapport à d'autres.

En effet, pour converger vers l'exhaustivité, il convient que l'analyse de risque soit :

- Elaborée au sein d'un groupe d'experts, idéalement en groupe pluridisciplinaire.
- Examinée par de tierces personnes externes.
- Assistée par des outils informatiques d'aide à la décision.

1-8-4-Intégrité :

Assurance fournie par une organisation que l'analyse de risque est correctement accomplie à moins que les analystes, experts, ingénieurs ou autres, ne préviennent du manque de rigueur dans une quelconque étape, d'un désaccord sur un jugement, de la subjectivité dans l'estimation de paramètres telle que la probabilité d'occurrence, etc.

1-8-5-Traçabilité :

L'analyse de risque n'est pas un but en soi, mais plutôt un moyen ayant pour but de démontrer le respect des exigences de sécurité. Chaque méthode est praticable dans un contexte particulier du cycle de vie d'un système. Chacune fait appel aux données disponibles et fournit un certain nombre de résultats qui devraient être repris, en tant que données d'entrée, par l'analyse suivante. Ainsi, de fil en aiguille, on se retrouve entraîné de concevoir la partie management des risques du plan général de démonstration et de maintien de la sécurité en l'occurrence le SMS pour Safety Management System traduit en français par Système de Management de la Sécurité.

2-ANALYSE QUANTITATIVES DU RISQUE :[6]

L'analyse quantitative a pour but d'évaluer la sûreté de fonctionnement et de sécurité. Cette évaluation peut se faire par des calculs de défaillance, ou de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté ou bien par recours aux modèles différentiels probabilistes tels que les Chaînes de Markov, les réseaux de Pétri, les automates d'états finis, etc.

L'analyse quantitative a de nombreux avantages :

- Evaluer la probabilité des composantes de la sûreté de fonctionnement.
- Fixer des objectifs de sécurité.
- Juger l'acceptabilité des risques en intégrant les notions de périodicité des contrôles, la durée des situations dangereuses, la nature d'exposition, etc.
- Apporter une aide précieuse pour mieux juger du besoin d'améliorer la sécurité.

- Hiérarchiser les risques.
- Comparer et ordonner les actions à entreprendre en engageant d'abord celles permettant de réduire significativement les risques.
- Chercher de meilleures coordination et concertation en matière de sécurité entre différents opérateurs (sous systèmes interagissant) ou équipes (exploitation, maintenance, etc.).

Cependant l'analyse quantitative a aussi des inconvénients :

- Elle présente un certain investissement en temps, en efforts et également en moyens (logiciels, matériels, financiers, etc.).
- Il peut s'avérer que cet investissement soit disproportionné par rapport à l'utilité des résultats attendus, le cas échéant l'analyse quantitative est court-circuitée pour laisser la place aux approximations qualitatives (statistiques, retour d'expérience, jugement d'expert, etc.).
- les résultats de l'analyse quantitative ne sont pas des mesures absolues, mais plutôt des moyens indispensables d'aide au choix des actions pour la maîtrise des risques.

2-1- ANALYSE QUANTITATIVES DU RISQUE ARBRES DE DÉFAILLANCES :[7]

Contrairement à l'analyse des modes de défaillances, l'arbre de défaillances est une méthode déductive (déductif : procédant d'un raisonnement logique rigoureux). Elle permet de savoir comment un système peut être indisponible. Il s'agit de représenter les différents événements et leurs liaisons par des portes de logique (fonction ET ou fonction OU selon que la défaillance du matériel se produit lorsque les événements se réalisent ensemble ou séparément).

2-2- PRINCIPE :

Cette méthode déductive (de l'effet vers ses causes) a pour objet la recherche de toutes les combinaisons de défaillances élémentaires pouvant aboutir à un événement redouté, parfois identifié par une AMDEC. A partir de cet « événement sommet », on construit une arborescence (schéma graphique en forme d'arbre inversé) représentant l'enchaînement logique des « événements intermédiaires » jusqu'à la mise en cause des « événements élémentaires » (défaillance d'un composant). Cela par utilisation du symbolisme logique de l'algèbre de Boole. Il est ainsi possible d'identifier toutes les défaillances

élémentaires pouvant conduire à l'évènement redouté, puis de quantifier celui-ci par son taux de défaillance λ obtenu à partir des taux de défaillances λ_i de chaque composant mis en cause.

Ce type d'analyse permet, dans le domaine de la maintenance :

- d'améliorer la conception ;
- de faire un diagnostic rapide ;
- de prévoir une meilleure logistique.

Pour établir cet arbre, il est souhaitable de s'aider de l'analyse des modes de pannes et de défaillances décrits précédemment en AMDEC.

2-3- DÉFINITION ET OBJECTIFS :

L'arbre de défaillances est une représentation graphique de type arbre généalogique (la filiation d'une famille). Il représente une démarche d'analyse d'évènement. L'arbre de défaillances est construit en recherchant l'ensemble des événements élémentaires, ou les combinaisons d'événements, qui conduisent à un évènement redouté (E.R.). L'objectif est de suivre une logique déductive en partant d'un évènement redouté pour déterminer de manière exhaustive (exhaustif : sujet traité à fond) l'ensemble de ses causes jusqu'aux plus élémentaires

Les objectifs sont résumés en quatre points :

- La recherche des événements élémentaires, ou leurs combinaisons qui conduisent à un E.R.
- La représentation graphique des liaisons entre les événements. Remarquons qu'il existe une représentation de la logique de défaillance du système pour chaque E.R. Ce qui implique qu'il y aura autant d'arbres de défaillances à construire que d'E.R. retenus.
- Analyse qualitative : cette analyse permet de déterminer les faiblesses du système. Elle est faite dans le but de proposer des modifications afin d'améliorer la fiabilité du système. La recherche des éléments les plus critiques est faite en déterminant les chemins qui conduisent à un E.R. Ces chemins critiques représentent des scénarios qui sont analysés en fonction de différentes modifications qu'il est possible d'apporter au système. L'analyse des scénarios qui conduisent à un E.R. est faite à partir des arbres de défaillances, il est alors possible de disposer des "barrières de sécurité" pour éviter les incidents.

• Enfin, il est possible d'évaluer la probabilité d'apparition de l'E.R. connaissant la probabilité des événements élémentaires. C'est l'analyse quantitative qui permet de déterminer d'une manière quantitative les caractéristiques de fiabilité du système étudié.

L'objectif est en particulier de définir la probabilité d'occurrence des divers événements analysés. Les calculs reposent sur : les équations logiques tirées de la structure de l'arbre de défaillances et des probabilités d'occurrence des événements élémentaires.

2-4-DÉFINITION DES ÉVÉNEMENTS :

2-4-1 Événement redouté :

L'événement redouté est l'événement indésirable pour lequel nous faisons l'étude de toutes les causes qui y conduisent. Cet événement est unique pour un arbre de défaillances et se trouve au "sommet" de l'arbre. Avant de commencer la décomposition qui permet d'explorer toutes les combinaisons d'événements conduisant à l'événement redouté, il faut définir avec précision cet événement ainsi que le contexte de son apparition. L'événement redouté est représenté par un rectangle au sommet de l'arbre comme par exemple l'explosion du réservoir de carburant d'un véhicule.

2-4-2- Événements intermédiaires :

Les événements intermédiaires sont des événements à définir comme l'événement redouté. La différence avec l'événement redouté est qu'ils sont des causes pour d'autres événements. Par exemple c'est la combinaison d'événements intermédiaires qui conduit à l'événement redouté.

Un événement intermédiaire est représenté par un rectangle comme l'événement redouté. Dans notre exemple la figure III-2 c'est la combinaison d'une fuite de carburant avec d'autres événements qui est susceptible de provoquer l'explosion du réservoir

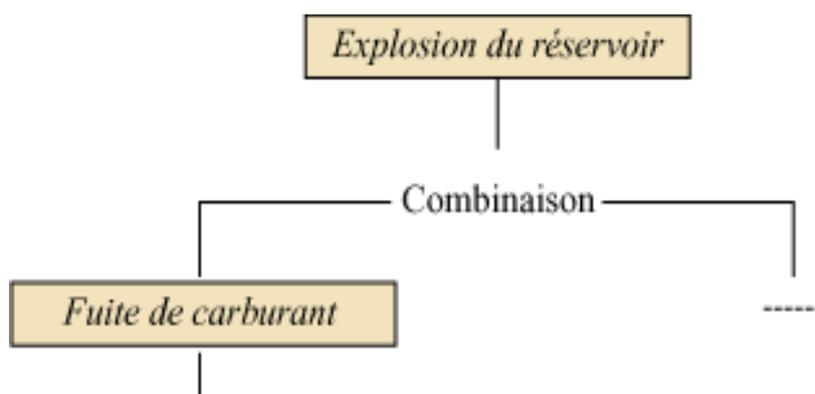


Figure III-1-Exemple d'évènement intermédiaire

2-4-3- Événements élémentaires :

Les événements élémentaires sont des événements correspondants au niveau le plus détaillé de l'analyse du système. Dans un arbre de défaillances, ils représentent les défaillances des composants qui constituent le système étudié. Pour fixer le niveau de détail de notre étude, nous considérons en général que les événements élémentaires coïncident avec la défaillance des composants qui sont réparables ou interchangeables. Les événements élémentaires sont représentés par des cercles. Dans notre exemple la figure III-3 c'est la combinaison de la défaillance Joint percé et Vanne bloquée ouverte qui provoque une fuite de carburant

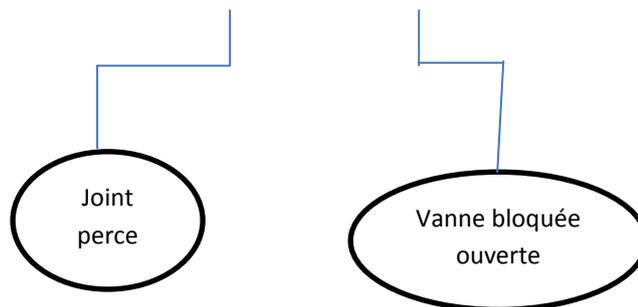
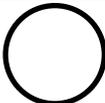


Figure III-2-Exemple d'évènement élémentaire

2-4-4- Résumé de la symbolique des événements :

Il existe d'autres types d'événements définis par la norme, leurs symboles ainsi que leurs significations sont répertoriés dans le tableau suivant (III-1)

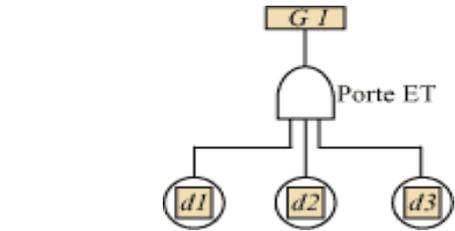
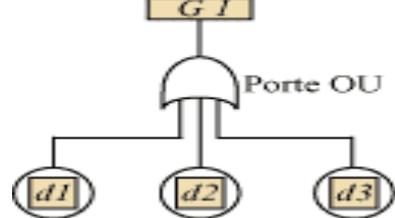
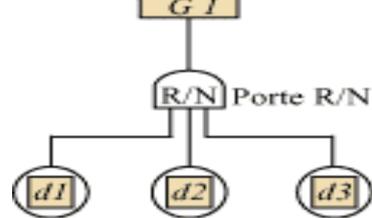
Tableau III-1-Symboles des événements

symbole	Nom	Signification
	Rectangle	Évènement redoute ou évènement intermédiaire
	Cercle	évènement intermédiaire
	Losange	évènement élémentaire non développe
	Double Losange	Évènement élémentaire dont développe est à faire ultérieurement
	Maison	Évènement de base survente normalement pour le fonctionnement du base

2-5-Portes logiques :

Les portes logiques permettent de représenter la combinaison logique des événements intermédiaires qui sont à l'origine de l'événement décomposé

Tableau III.2- Portes de logiques

<p>Porte OU L'événement G1 ne se produit que si les événements élémentaires d1, d2 et d3 existent simultanément.</p>	
<p>Porte ET L'événement G1 se produit de manière indépendante si l'un ou l'autre des événements élémentaires d1, d2 ou d3 existe.</p>	
<p>Porte R/N Si R=2 et N=3 alors il suffit que deux des événements élémentaires d1, d2, d3 soient présents pour que l'événement G1 se réalise.</p>	

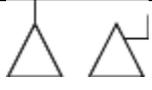
2-6-Transfert de sous arbres :

Il existe pour les arbres de défaillances une symbolisation normalisée qui permet de faire référence à des parties de l'arbre qui se répètent de manière *identique** ou de manière *semblable*+ pour éviter de les redéfinir. L'objectif est de réduire la taille du graphique. Le tableau suivant présente les symboles ainsi que les significations qui sont utilisés

* Identique : Même structure, mêmes événements.

*Semblable : Même structure mais avec des événements différents.

Tableau III-3-Transfert des sous arbres

Symbole	Nom	Signification
	Triangle	La partie de l'arbre qui suit le premier symbole se retrouve identique, sans être répétée, à l'endroit indiqué par le second symbole.
	Triangle inverses	La partie de l'arbre qui suit le premier symbole se retrouve semblable mais non identique à l'endroit indiqué par le second symbole.

2-7-CONSTRUCTION DE L'ARBRE DE DÉFAILLANCES :

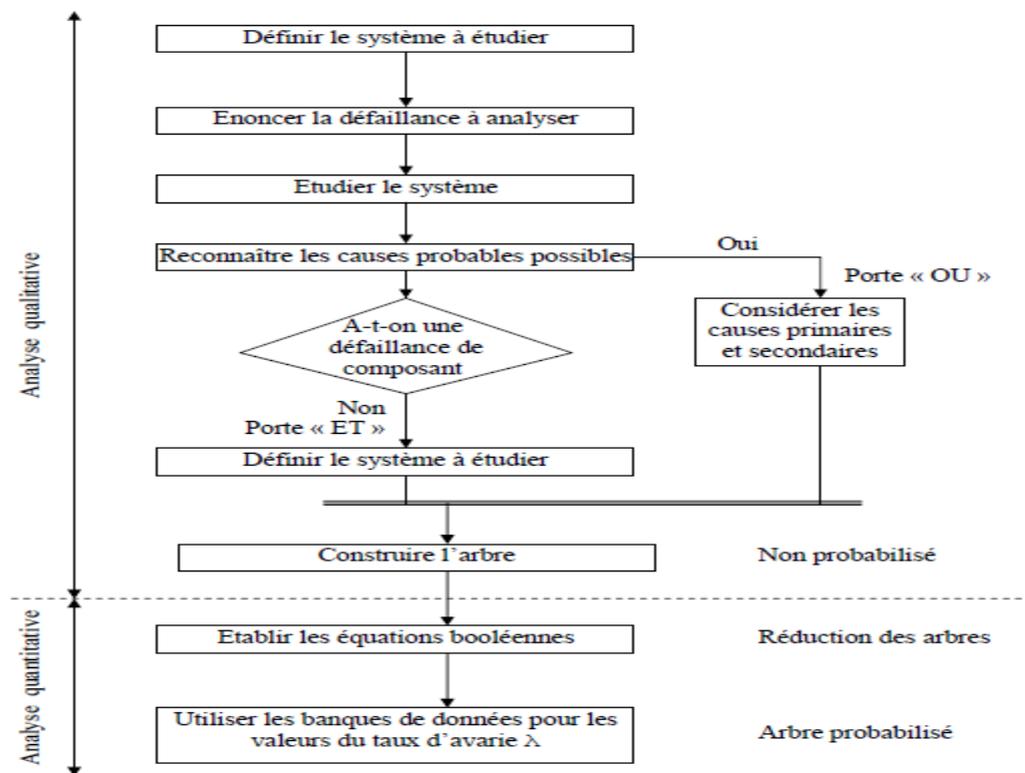


Figure III-3-Démarche à suivre pour construire un arbre de défaillances

2-8-METHODOLOGIE :

C'est une analyse déductive qui demande une grande connaissance des divers modes de dégradation des systèmes. On part de la défaillance présumée des systèmes et on recherche toutes les causes ou agencement (combinaison) de causes qui peuvent conduire à cette défaillance. Un certain nombre de symboles sont utilisés pour construire l'arbre ; ils sont décrits ci-dessus.

2-9-CONSTRUCTION D'UN ARBRE DE DEFAILLANCES :

La construction de l'arbre de défaillances repose sur l'étude des événements entraînant un événement redouté. Les deux étapes suivantes sont réalisées successivement en partant de l'E.R. et en allant vers les événements élémentaires.

- a- Dans un premier temps définir l'événement redouté (l'événement intermédiaire, ou l'événement élémentaire) analysé en spécifiant précisément ce qu'il représente et dans quel contexte il peut apparaître
- b- Puis dans un deuxième temps représenter graphiquement les relations de cause à effet par des portes logiques (ET, OU) qui permettent de spécifier le type de combinaison entre les événements intermédiaires qui conduisent à l'événement analysé.

Pour pouvoir appliquer cette méthode il est nécessaire de :

- Vérifier que le système a un fonctionnement cohérent.
- Connaître la décomposition fonctionnelle du système.
- Définir les limites du système (le degré de finesse de notre étude dépend des objectifs).
- Connaître la mission du système et son environnement pour déterminer le ou les événements redoutés qui est nécessaire à étudier.
- Connaître les modes de défaillance des composants c'est par exemple en s'appuyant sur une analyse de type AMDEC que les branches de l'arbre pourront être construites.

2-10-LES REGLE DE CONSTRUCTION :

- Expliciter les faits et noter comment et quand ils se produisent :
 - pour l'événement redouté,
 - pour les événements intermédiaires.
- Effectuer un classement des événements :
 - événement élémentaire représentant la défaillance d'un composant :
 - Défaillance première
 - Défaillance de commande.
 - événements intermédiaires provenant d'une défaillance de composant,
 - événements intermédiaires provenant du système indépendamment du composant
- Rechercher les " causes immédiates " de l'apparition de chaque événement intermédiaire afin d'éviter l'oubli d'une branche.

- Eviter les connexions directes entre portes car elles sont en général dues à une mauvaise compréhension du système ou une analyse trop superficielle.
- Supprimer les incohérences comme par exemple : un événement qui est à la fois cause et conséquence d'un autre événement

2-11- LES DIAGRAMMES DE FIABILITÉ :

Ils permettent de déterminer la probabilité de réussite d'une mission, en mettant en évidence les éléments dont le bon fonctionnement suffit pour assurer cette réussite. Exemple figure III-4.

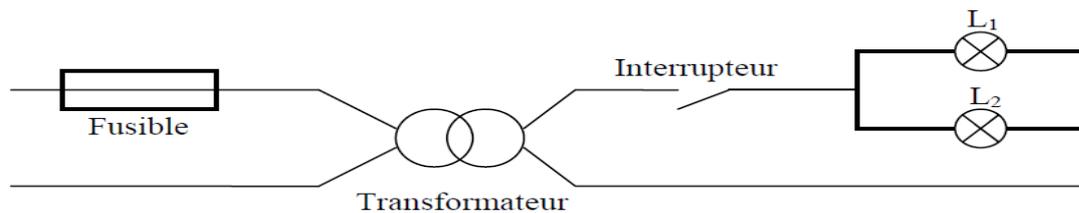


Figure III-4-Exemple.

Le diagramme de fiabilité correspondant est celui de la Figure III-5. Ce diagramme

Montre que tous les éléments doivent fonctionner pour que les lampes L1 et L2 s'allument

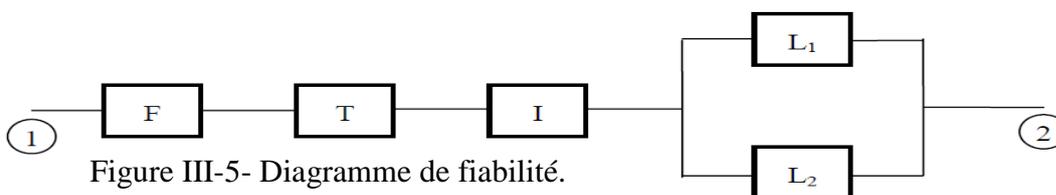


Figure III-5- Diagramme de fiabilité.

2-12-L'ARBRE DE DEFAILLANCES PROBABILISE

Il correspond à l'analyse quantitative. L'utilisation d'un arbre de causes de défaillance

Pour évaluer la probabilité d'apparition de l'évènement in désiré repose sur les règles classiques de calcul des probabilités composées à évènements indépendants.

- Porte « ET » : probabilité de « A » et « B » = $\Pr(A) \times \Pr(B)$.
- Porte « OU » : probabilité de « A » ou « B » = $\Pr(A) + \Pr(B) - [\Pr(A) \times \Pr(B)]$.

3- ANALYSE QUALITATIVES DU RISQUE : [6]

Elle utilise des grilles d'analyse du risque. Ces listes non exhaustives servent d'aide mémoire et aident le responsable à passer en revue les causes connues de dysfonctionnement.

Cette base de diagnostic peut bien sûr s'enrichir au fur et à mesure que l'expérience est capitalisée et/ou que des situations inconnues apparaissent. Il est important que les

responsables aient conscience des potentialités de risques qui demeurent actives. La grille permet de s'assurer d'une maîtrise suffisante des événements.

Elle distingue les risques encourus en phase d'élaboration du projet de ceux encourus en phase d'exécution. L'enjeu consiste à trouver un compromis entre l'augmentation du niveau d'information du responsable, l'externalisation des risques et l'organisation de la réactivité

Methodologie

1- recueillir les informations disponibles (listes des tâches, ébauche de planning, dates significatives)

2- construire un premier planning compatible avec l'objectif délai, mettant en évidence plusieurs chemins critiques. La principale difficulté consiste à amener les acteurs à raisonner début et fin au plus tôt/tard, durée probable.

3- validation par l'ensemble des acteurs des prestations de leur responsabilité et proposition de jalons permettant un pilotage plus précis des tâches sur le chemin critique et prise de contact sur les objectifs.

4- l'analyse qualitative permet des actions préventives pour éliminer les risques identifiés avec un suivi intégré dans le planning et des plans d'actions préparés pour mise en application immédiate dans le cas d'un risque potentiel qui se confirmerait (pontage dans le planning en attente...)

L'APR, l'AMDEC, l'Arbre de Défaillances ou l'Arbre d'Evénements sont les méthodes qualitatives les plus utilisées actuellement même si l'analyse par arbre de défaillance mène aussi à une estimation quantitative.

L'application des méthodes d'analyse fait systématiquement appel aux raisonnements par induction et par déduction.

La plupart des méthodes revêtent un caractère inductif allant des causes aux conséquences éventuelles. En contrepartie, il existe quelques méthodes déductives qui ont pour but de chercher les combinaisons de causes conduisant à des événements redoutés.

3-1-ANALYSE FONCTIONNELLE :[9]

D'après la norme AFNOR NF X 50-151, l'analyse fonctionnelle est une démarche qui a pour but de rechercher, ordonner, caractériser les fonctions selon des critères d'appréciation, des niveaux et de flexibilité, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions en attribuant un poids en valeur relative ou absolue.

A partir de l'analyse fonctionnelle, on pourra mener deux études d'aspects différents

Aspect économique ou (externe) l'analyse de la valeur qui a pour objectif, à partir de l'expression d'un besoin, de déterminer les solutions susceptibles de répondre à ce besoin et de parvenir à la meilleure optimisation technico-économique du couple besoin solution.

3-2-METHODOLOGIE :

L'analyse fonctionnelle s'effectue en quatre étapes :

- Recenser les fonctions ;
- Ordonner les fonctions ;
- Caractériser et quantifier les fonctions ;
- Hiérarchiser les fonctions ;

3-2-1-Recenser les fonctions :

La recherche des fonctions s'effectue en étudiant les relations du système avec son environnement. Chaque fonction devra être exprimée en termes de finalité et être formulée par un verbe à l'infinitif suivi d'un ou plusieurs compléments.

3-2-1-1 Définition la fonction :

Définition d'une fonction suivant la norme AFNOR X50-151 :

« Action d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimée exclusivement en termes de finalité ».

3-2-1-2-différents types de fonction :

En distingue deux catégories de fonctions

- Fonction service
- Fonction technique

3-2-1-2-1-Fonction service :

La fonction de service est l'action attendue d'un produit (ou réalisée par lui) pour répondre à un élément du besoin d'un utilisateur donné

Il existe deux types de fonctions de service

- Fonction principales
- Fonction contraintes

3-2-1-2-1-1-Fonction principales :

La FP est fonction de service qui met en relation deux éléments du milieu extérieur (ou plus), via le produit

La fonction principale traduit obligatoirement des réalisées par le produit, donc il s'agit d'une fonction attendue pour répondre à un besoin d'un utilisateur donné.

3-2-1-2-1-2- Fonction contraintes :

Les fonctions contraintes traduisent la plupart du temps une adaptation du produit à son milieu extérieur.

Une fonction est une limitation de la liberté concepteur (règlement, normes et impératifs d'interface matérielle ou immatérielle) lorsque elle exprime la fait que , dans une phase d'utilisation, le produit ne doit pas affecter un élément du milieu extérieur ou être affecter par lui.

3-2-1-2-2-Fonction technique :

L'Analyse Fonctionnelle Technique (A.F.T.) permet de faire la transition entre l'Analyse Fonctionnelle du Besoin (qui reste étrangère aux préoccupations d'ordre technologiques) et la conception détaillée, qui entre de plain pied dans les considérations technologiques. L'Analyse Fonctionnelle Technique est aussi appelée Analyse Fonctionnelle interne.

3-2-2-ordonner la fonction :

Il est important d'ordonner les fonctions identifiées précédemment par un arbre fonctionnel qui établit la décomposition logique du système.

3-2-3-caractériser quantitativement les fonctions :

Une fois les fonctions sont identifiées, il faut définir les critères qui nous permettront d'effectuer la caractérisation des fonctions, cela consiste à énoncer pour chaque fonction de service.

- les critères d'appréciation ;
- les niveaux de chaque critère ;
- la flexibilité de chaque niveau ;

3-2-3-1-Les critères d'appréciation :

Caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée ; le critère d'appréciation doit être accompagné d'une échelle qui permet de situer son niveau.

3-2-3-2-Les niveaux de chaque critère :

C'est la grandeur repérée dans l'échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction. Cette grandeur peut être celle recherchée en tant qu'objectif. Le niveau quantifie le critère et représente la performance attendue du service à rendre.

3-2-3-3-la flexibilité de chaque niveau :

Elle exprime les possibilités d'admettre un écart entre le niveau atteint par une solution proposée et le niveau recherché en tant qu'objectif.

3-3-hiérarchiser les fonctions :

Il faut pouvoir indiquer aux futurs prestataires, le service essentielle sur lesquels il faudra concentrer leurs savoir-faire ; pour cela, il est possible de hiérarchiser la fonction soit en associant directement un coefficient a chaque, soit en comparant chaque fonction a toutes les autres en jugeant si elle « plus importante ou « moins importante

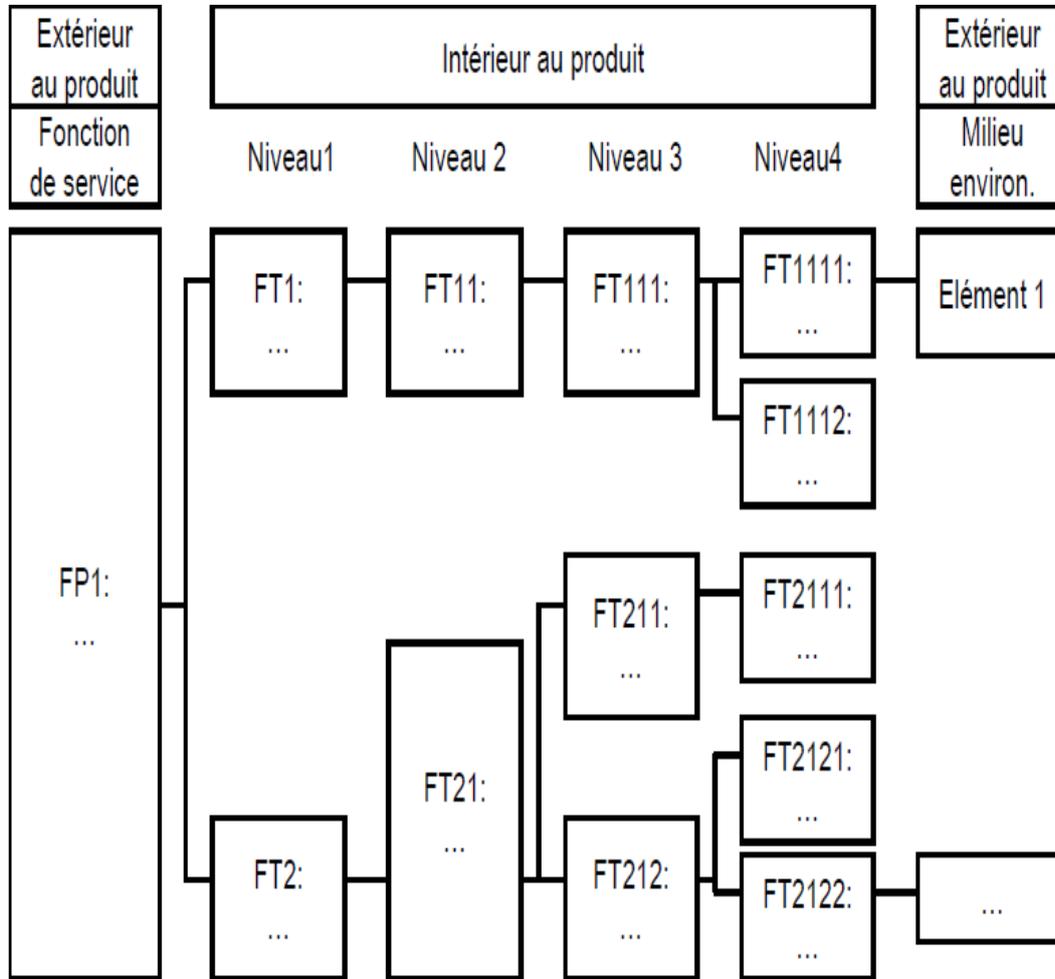


Figure III-6-Hiérarchisation des fonctions

3-4-outils d'analyse fonctionnelle :

En raison de la diversité des matériels rencontrés sur rencaissas industriel complexes (matériel mécanique et électrique, régulation analogique, régulation numérique...)

On trouve.

- ✓ L'analyse descendant
- ✓ Les diagrammes de flux
- ✓ L'arborescence

✓ Le diagramme processus

3-4-1-L'analyse descendant

Tout problème peut être décomposé en sous-problèmes plus simples : on résout plusieurs petits problèmes plutôt qu'un gros.

3-4-1-1-Définition :

La méthode appuyée par un modèle graphique, procède par approche descendante en ce sens que l'on va du plus général au détaillé, en s'intéressant aux activités du système.

3-4-1-2-Les principes de base :

Procéder par analyse descendante : le premier niveau du modèle est en général très abstrait, et progressivement les moyens nécessaires à leur réalisation sont détaillés.

Délimiter la cadre de analyse : afin d'aborder l'analyse et la description du système, il est fondamental de préciser le contexte (limite du système), le point de vue et l'objectif de l'analyse.

3-4-2- la méthode de la pieuvre :

Est une méthode d'analyse de la valeur, elle fait appel à une approche systématique de l'entreprise en prenant en compte les contraintes internes et externes, ou elle est utilisée principalement pour décrire la relation du système et le milieu extérieur on définit :

FP : fonction principale

FC : fonction complémentaire

ME : milieu extérieur

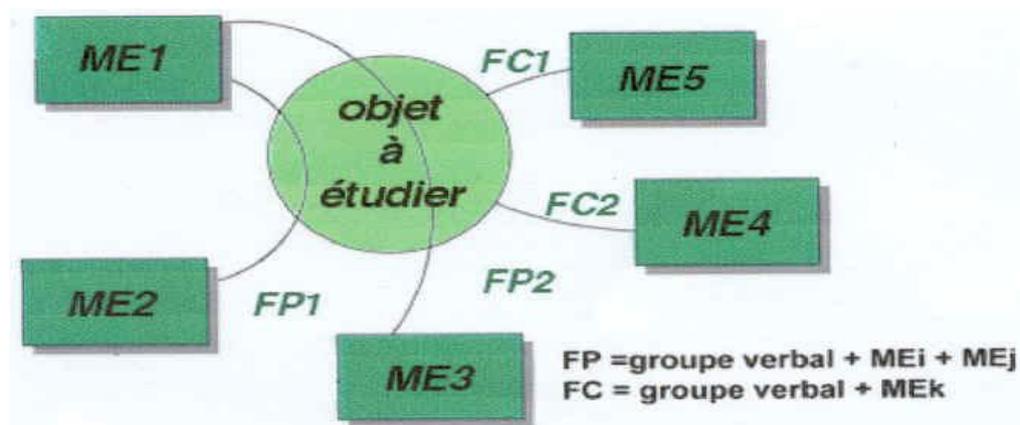


Figure III-7 la méthode de la pieuvre

3-4-3-Méthode diagrammes de flux :

Cette méthode est plus appropriée pour l'analyse interne

on a détaillé les différents éléments qui vont être analysés dans les AMDEC ainsi que leur participation dans les ou les fonctions principales.

On a représenté les flux principaux (transfert d'énergie au sein de l'équipement - trait orange)

Et le flux boucles (consommation d'énergie lors de l'assemblage des besoins de la conception choisie-trait bleu).

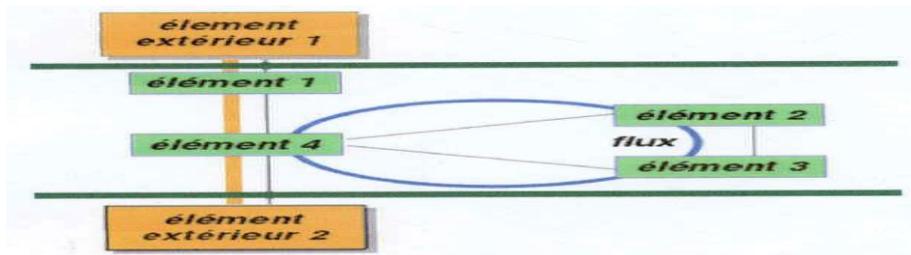


Figure III-9-Méthode diagrammes de flux

3-4-3-Méthode de l'Arborescence :

Cette méthode est utilisée pour décrire la structure matérielle d'une machine (analyse structurelle)

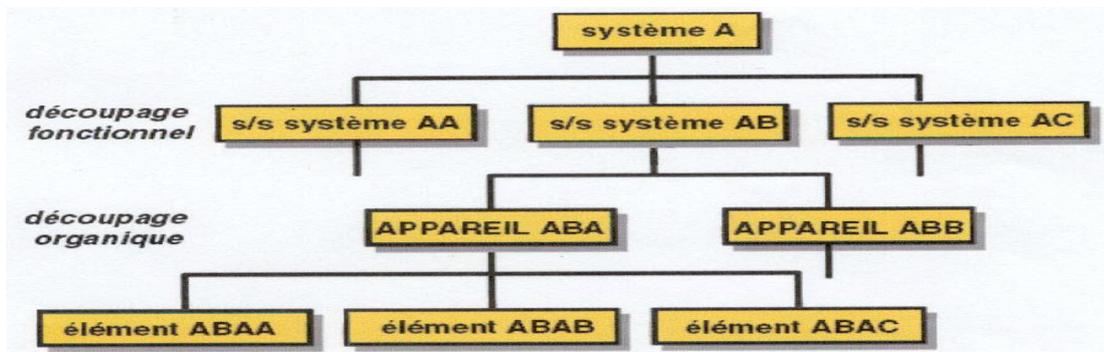


Figure III-11-Méthode de l'Arborescence

3-4-5-Diagramme processus :

La méthode est utilisée pour décrire la structure séquentielle d'un procédé

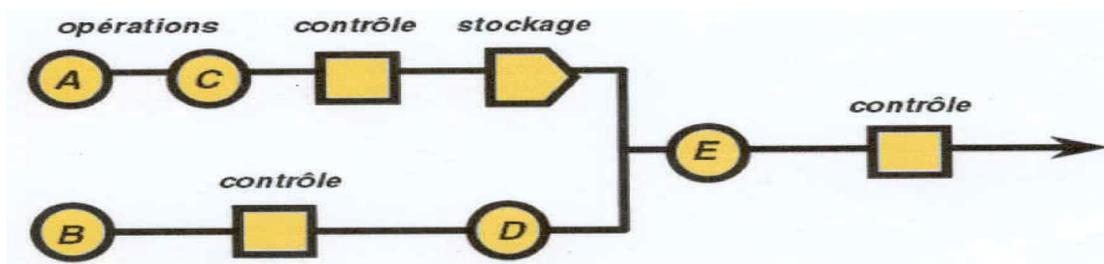
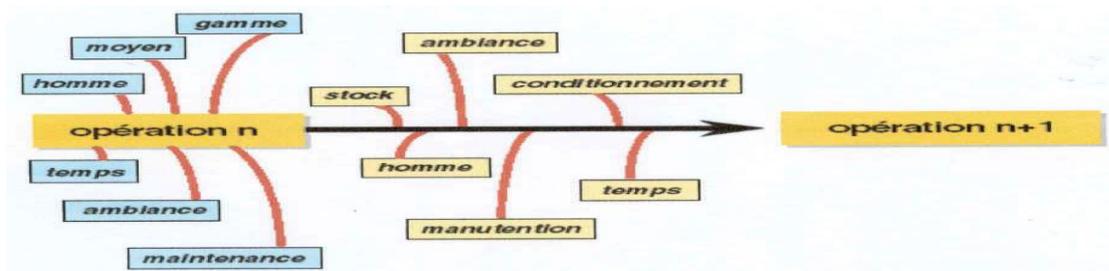


Figure III-12-Diagramme processus

3-4-6-influence de l'environnement sur le procédé :

Reprise détaillée du diagramme précédent, en indiquant entre 2 étapes l'influence du moyen de production, de l'homme, de l'ambiance, de la maintenance, des gammes de fabrication, ...



Figure

III-13-influence de l'environnement sur le procédé

4- Analyse qualitative du risque par la méthode APR « Analyse préliminaire des risques » : [5]

4-1-Définition :

L'APR a pour objet d'identifier les risques d'un système et par la suite de définir des règles de conception et des procédures afin de maîtriser les situations dangereuses. Elle intervient le plus efficacement au stade de la conception et doit être remise à jour dès qu'un nouveau matériel est ajouté mais aussi lors du développement et de l'exploitation.

Pour déceler les risques et leurs causes, on recherche

- les éléments pouvant être dangereux,
- ce qui transforme les éléments dangereux en situations dangereuses
- les situations dangereuses
- les éléments transformant ces situations en accidents potentiels
- les accidents potentiels et leurs conséquences en termes de gravité

Ensuite on cherche des mesures préventives comme des règles de conception ou des procédures afin d'éliminer ou de maîtriser les situations dangereuses et les accidents potentiels mis en évidence. On doit aussi vérifier que les mesures sont efficaces.

On peut schématiser l'APR par son modèle d'accident (voir Figure III-14). Pour la mettre en œuvre, et représenter les résultats, on se servira d'un tableau (voir Tableau III-4) ou d'un arbre logique.

CHAPITRE III ANALYSE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DU RISQUE

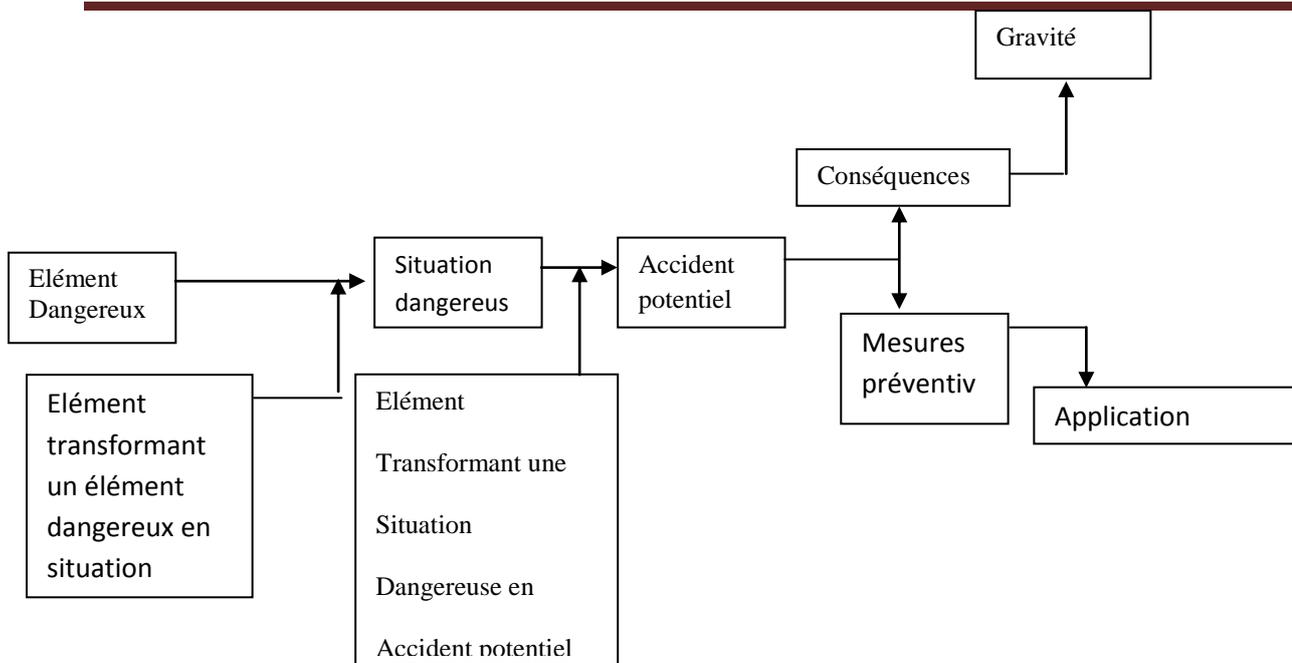


Figure III-14-Démarche de fonctionnement de l'APR contenant le modèle implicite de l'accident

Tableau III-4-Exemple de tableau utilisable pour l'APR

1	2	3	4	5	6
Sous-système ou Fonction	Phase	Elément dangereux	Elément transformant un élément dangereux en situation dangereuse	Situation Dangereuse	Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel

7	8	9	10	11
Accident	Conséquences	Classification par gravité	Mesures préventives	Application des mesures

La démarche d'APR se déroule suivant les étapes suivantes :

1. Spécification de l'élément à étudier.
2. Identification des phases durant lesquelles une situation dangereuse est possible.
3. Identification des entités dangereuses.
4. Identification des conditions, événements indésirables, pannes ou erreurs mettant l'élément étudié en danger.
5. Identification des situations dangereuses.

6. Identification des conditions, événements indésirables, pannes ou erreurs mettant l'élément étudié en situation d'accident.
7. Identification des accidents potentiels.
8. Estimation des dommages d'accident potentiel.
9. Estimation des gravités d'accident potentiel.
10. Proposition de mesures préventives.
11. Suivi de l'application de ces mesures.

Pour cette méthode, il peut être utile de construire et d'utiliser des check-lists d'éléments et de situations dangereuses, il en existe déjà pour certains domaines d'activité (industrie chimique, industrie aéronautique)

4-2-Analyse par arbre des défauts (ou des causes, des défaillances, des

Fautes)

Il s'agit d'un arbre logique représentant les combinaisons d'événements élémentaires qui conduisent à la réalisation d'un événement jugé indésirable. Il est formé de niveaux successifs tels que chaque événement intermédiaire soit généré par des événements du niveau inférieur.

L'arbre se développe grâce au processus déductif en partant de l'événement indésirable jusqu'aux événements de base (événements dits élémentaires). Ceux-ci doivent être indépendants entre eux, leur probabilité d'occurrence doit pouvoir être estimée. Par ailleurs on considère que l'on a atteint un événement de base lorsqu'il devient inutile de le décomposer.

Ce critère, relativement subjectif, nécessite de la part de l'utilisateur un certain niveau d'expertise. Contrairement à l'AMDE, on n'examine pas les pannes ou les dysfonctionnements qui n'auraient pas de conséquences significatives.

Pour la mise en œuvre de l'arbre des causes, on peut définir 5 étapes (Figure III-15):

- 1- la connaissance du système : la méthode n'explique pas les critères de définition du système mais préconise néanmoins que l'analyste en ait une bonne connaissance
- 2- la définition des événements indésirables : c'est une étape peu formalisée qui doit faire appel à d'autres outils tels que l'APR, l'AMDE
- 3- la construction des arbres de défaillances utilise un formalisme précis (portes ET, OU, rectangles pour les événements finaux et intermédiaires, ronds pour les événements élémentaires,.)
- 4- l'évaluation de la probabilité d'apparition de l'événement indésirable : C'est une évaluation quantitative qui est prévue. Pour l'exploitation quantitative, on cherche à

relier les événements de base avec celui de tête par le chemin le plus direct (notion de coupe minimale). D'autre part la structure logique permet d'utiliser l'algèbre de Boole pour simplifier l'arbre (par exemple, réduction des fausses redondances).

- 5- l'exploitation des résultats : à partir des événements de base, on calcule la probabilité de l'événement redouté et les chemins les plus probables

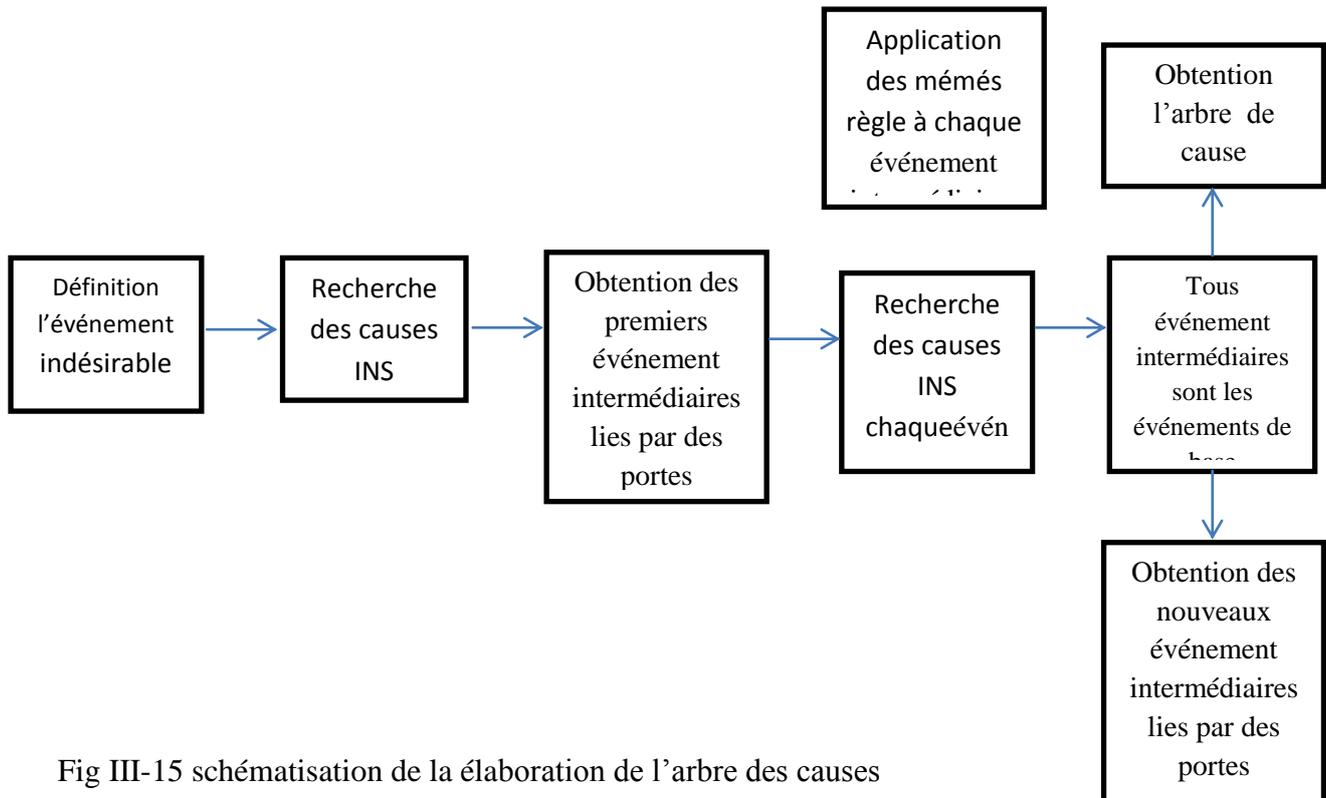


Fig III-15 schématisation de la élaboration de l'arbre des causes

4-3-Analyse par arbre d'événements ou arbre des conséquences (eventtree)

Il s'agit également d'une méthode probabiliste qui se prête à la quantification comme l'arbre des causes. C'est une forme dérivée de l'analyse de la décision que nous n'aborderons pas

Le principe consiste à partir d'un événement élémentaire susceptible d'être à l'origine d'une séquence accidentelle puis de déduire les conséquences possibles de cet événement. L'arbre se développe à partir d'un événement initiateur et progresse surtout dans le cas où des systèmes de sécurité sont mis en place pour enrayer le déroulement des événements menant à l'accident.

On part d'un événement initiateur considéré comme un événement conduisant à un événement indésirable. On élabore alors une séquence d'événements qui est une combinaison temporelle (fonctionnement ou panne de systèmes élémentaires) conduisant à des événements indésirables. On ne prend généralement en compte que les événements (pannes,...) de probabilités jugées suffisantes pour rendre le scénario plausible (voir Figure 9). Ce processus peut amener à un nombre considérable de séquences, son originalité réside donc dans les processus utilisés pour réduire ce nombre. Cependant pour que ces réduction n'amènent pas à

des représentations fausses des séquences accidentelles, cette méthode nécessite de connaître parfaitement et complètement le système. Ce n'est possible que pour des systèmes relativement réduits. Lorsqu'on connaît les fonctions dont les échecs mènent à l'accident, on emploie l'arbre des causes pour envisager les causes conduisant à l'échec de ces fonctions. Cet arbre se prête assez bien à l'analyse quantitative.

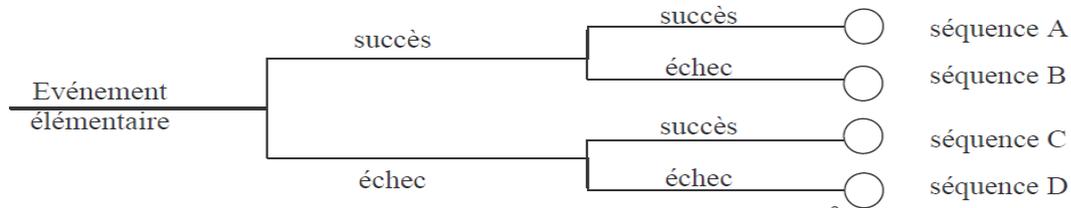


Figure III-16-Principe d'un arbre d'événements

On peut alors mener une analyse systématique des conséquences potentielles d'un événement ou d'une séquence d'événements. Si on prend n événements initiateurs, on a alors 2^n chemins possibles et autant d'événements finaux et ainsi de suite. Par exemple, en exploitation, on peut faire une analyse quantitative des probabilités de défaillance et / ou de bon fonctionnement pour chaque événement initiateur

Surtout utilisée de manière probabiliste (mais pas seulement), en particulier dans le domaine du nucléaire, elle est généralement employée avec l'arbre des causes. Son utilisation est donc de primes abords inductifs mais peut aussi conduire à une démarche déductive en l'associant à un arbre de défaillances

Il est difficile d'étudier une installation importante avec l'arbre des conséquences (pas seulement du fait de la taille importante mais surtout à cause du grand nombre d'arbres engendrés) - on peut limiter la taille en limitant le niveau de détail, comme pour l'arbre des causes - en revanche on ne peut pas représenter et être sûr d'avoir pris en compte les interactions entre chaque sous-système étudié.

4-4-TABLEAU RECAPITULATIF/

Le tableau III-5 suivant présente pour chacune des méthodes de sécurité des systèmes décrites, leur positionnement par rapport aux critères de comparaison énoncés antérieurement

Après cette description se pose alors le choix de la méthode que l'on va utiliser lors de notre expérimentation, c'est à dire la méthode que l'on va mettre en œuvre dans plusieurs PME pour être ensuite capable de décrire les blocages apparaissant lors de son application.

Ce choix consiste en premier lieu à vérifier l'adéquation de la méthode MOSAR proposée par les institutions aux besoins de notre expérimentation caractérisée par la présence nécessaire de quatre critères principaux :

CHAPITRE III ANALYSE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DU RISQUE

- la formalisation des étapes de l'analyse des risques.
- la considération simultanée de l'installation, de l'homme au travail et des écosystèmes comme victimes potentielles du risque.
- l'utilisation formelle d'un modèle d'accident.
- la prise en compte des facteurs de risque technologiques, humains et organisationnels

CHAPITRE III ANALYSE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DU RISQUE

Tableau III-5- comparatif des principales méthodes d'analyse de risques du courant "sûreté de fonctionnement"

CRITERES		METHODE					
		APR	AMDEC	ARBRE DE DEFAILLANCE	EVENT TREE	DIAG CAUSES-csq	MOSAR
ETAPES formalisations	Définition du system	Non	oui	Non	Non	Non	Oui
	Identification des risques	oui	oui	Non	Non	Non	oui
	Identification des mécanismes générateurs de risque	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Evaluation	non	Oui	Oui	non	non	Oui
	Hierarchisation	Non	Oui	non	non	non	Oui
	Identification des solutions	oui	Oui	non	non	non	Oui
Victimes prises en compte	installation	X	X	X	X	X	X
	Homme au travail	X	possible	X		X	X
	écosystèmes	X	possible	X		X	X
Types de facteur de risques envisagés	technologiques	X	X	X	X	X	X
	Humains	X	possible	X			X
	organisationnels	possible	possible				possible
Modelé d'accident		oui	Oui (faible)	Oui (faible)	non	Implicite	OUI
Sens d'investigation		Inductif	Inductif	déductif	Inductif	Inductif (et déductif)	Inductif (et déductif possible)

Les méthodes de sécurité des systèmes remplissant le mieux ces contraintes sont l'APR, l'AMDEC et MOSAR. Les méthodes MOSAR et AMDEC offrent l'avantage d'avoir une formalisation des étapes de hiérarchisation et d'évaluation pour lesquelles l'APR ne propose pas d'outils.

L'AMDEC quant à elle, regroupe un grand nombre des critères que l'on s'était fixés mais, même si a priori cette méthode est capable d'intégrer les facteurs humains et organisationnels de risques, elle ne définit pas les outils qui permettront cette intégration. Cela constitue une difficulté de mise en œuvre supplémentaire pour l'analyse des risques.

CHAPITRE III ANALYSE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DU RISQUE

Il semble donc que la méthode MOSAR soit la méthode la plus proche de nos attentes, c'est donc celle que nous emploierons au cours de cette étude

MOSAR est une démarche méthodologique qui met en œuvre les outils que l'on retrouve en grande partie dans l'approche systémique associée à l'APR ainsi que dans les méthodes AMDEC ou analyses par arbres logiques. En envisageant et en validant la mise en place de barrières dès lors que les risques ont été hiérarchisés et qu'un niveau d'acceptabilité a été fixé, la méthodologie MOSAR se présente bien comme une méthode apparemment complète et générale et son application dans le contexte des PME mérite d'être testée, ce que nous ferons dans les chapitres suivants

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

1-INTRODUCTION

Les pompes à membranes sont très répandues dans l'industrie et surtout dans le secteur moulage, dans notre cas cette machine est destinée à la fabrication de céramiques qui est un domaine très prometteur. L'importance de cette machine dans l'entreprise CERTA fait que le moindre arrêt de la machine signifie l'arrêt de production de toute l'entreprise, pour cela nous avons effectué une analyse pour éviter au maximum les pannes et les arrêts.

Cette analyse est basée sur deux méthodes : l'arbre de défaillance et la méthode APR

2-PRESENTATION DE LA MACHINE :

La pompe 2000D VICENTINI à membrane est type mécanique avec piston, avec l'imposition d'un système hydraulique agit sur une membrane élastique qui à son tour aspire et comprime, en phase alternée le liquide à travers un système de soupape à bille, la pompe est composée de (Fig. 4.1 et Fig. 4.2):

Groupe structure : en fusion de fonte qui contient le mécanisme bielle/manivelle avec piston et chemise relative

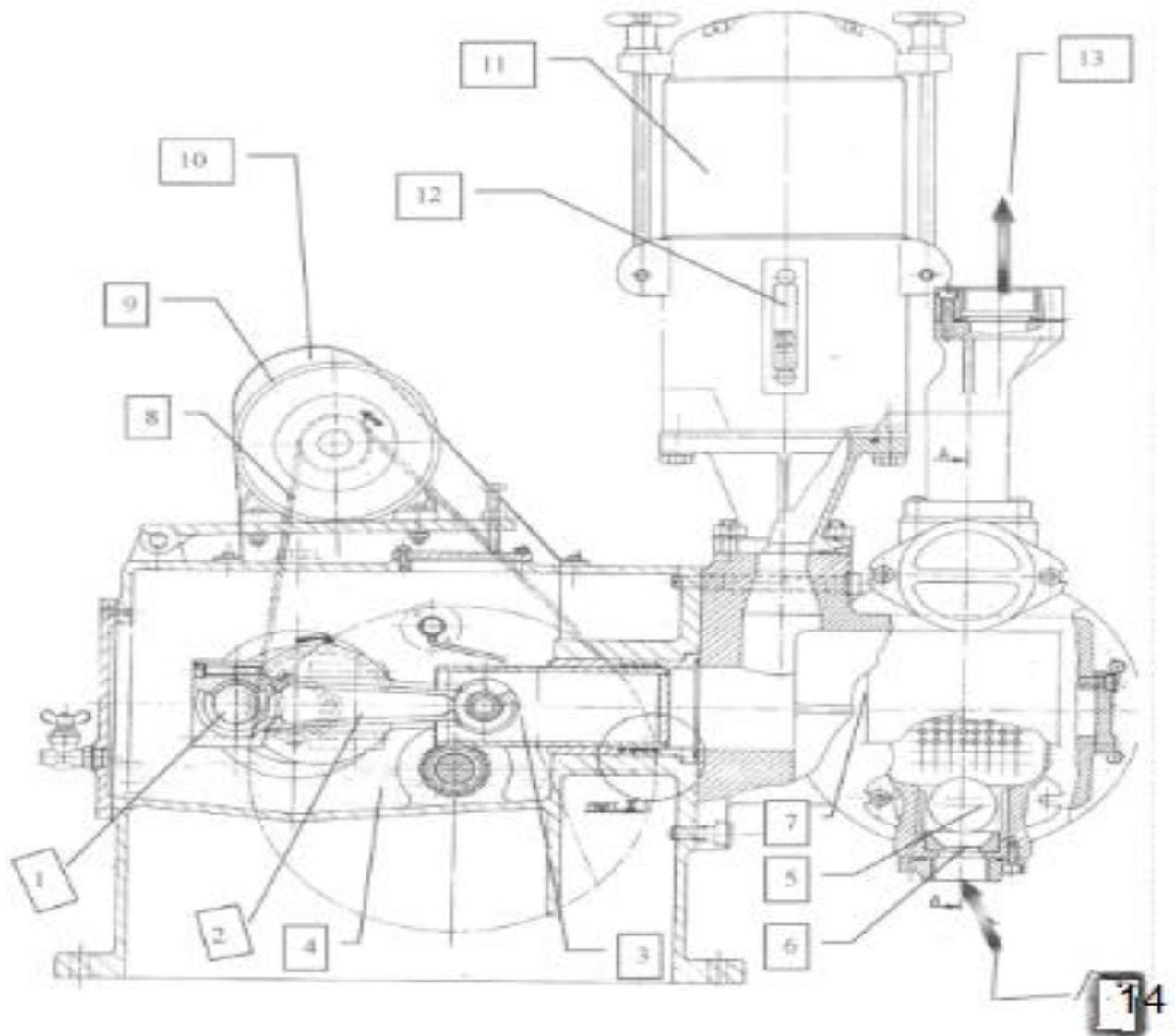
Groupe motorisation : placé à l'extérieur de la structure, composé de moteur, poulies, courroies et carter de protection.

Groupe soupapes : composé de tête, billes et membrane.

Groupe de pression : du type mécanique à double soupape, qui a la tâche de limiter la pression du liquide en refoulement de la pompe



Fig IV.1 pompe à membrane



- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1 Vilebrequin | 8 Courroie |
| 2 Bielle | 9 Poulie |
| 3 Piston | 10 Moteur électrique |
| 4 L'huile de graissage | 11 Régulateur de pression |
| 5 Bille | 12 Afficheur de pression |
| 6 Siégé a bille | 13 Refoulement |
| 7 Membrane | 14 Aspiration |

Fig IV-2 dessin d'ensemble de la pompe 2000D

CHAPITRE IV ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

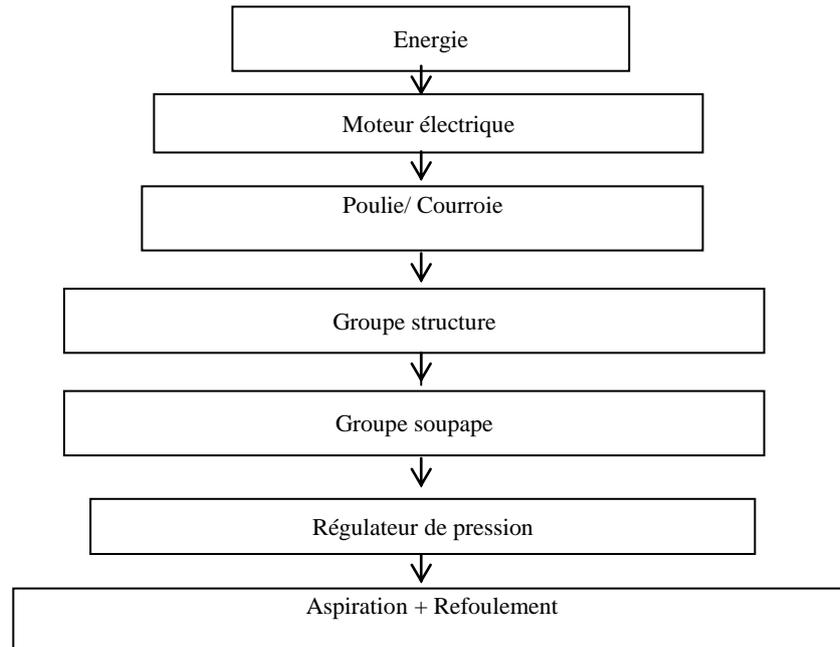


Fig. IV.3 Décomposition fonctionnelle du système

3- ANALYSE FONCTIONNELLE :

Décomposition fonctionnelle

La première étape essentielle est la décomposition fonctionnelle elle consiste à décomposer le système en élément simple jusqu'au niveau des composants élémentaires Fig.4.2 et Fig.4.3

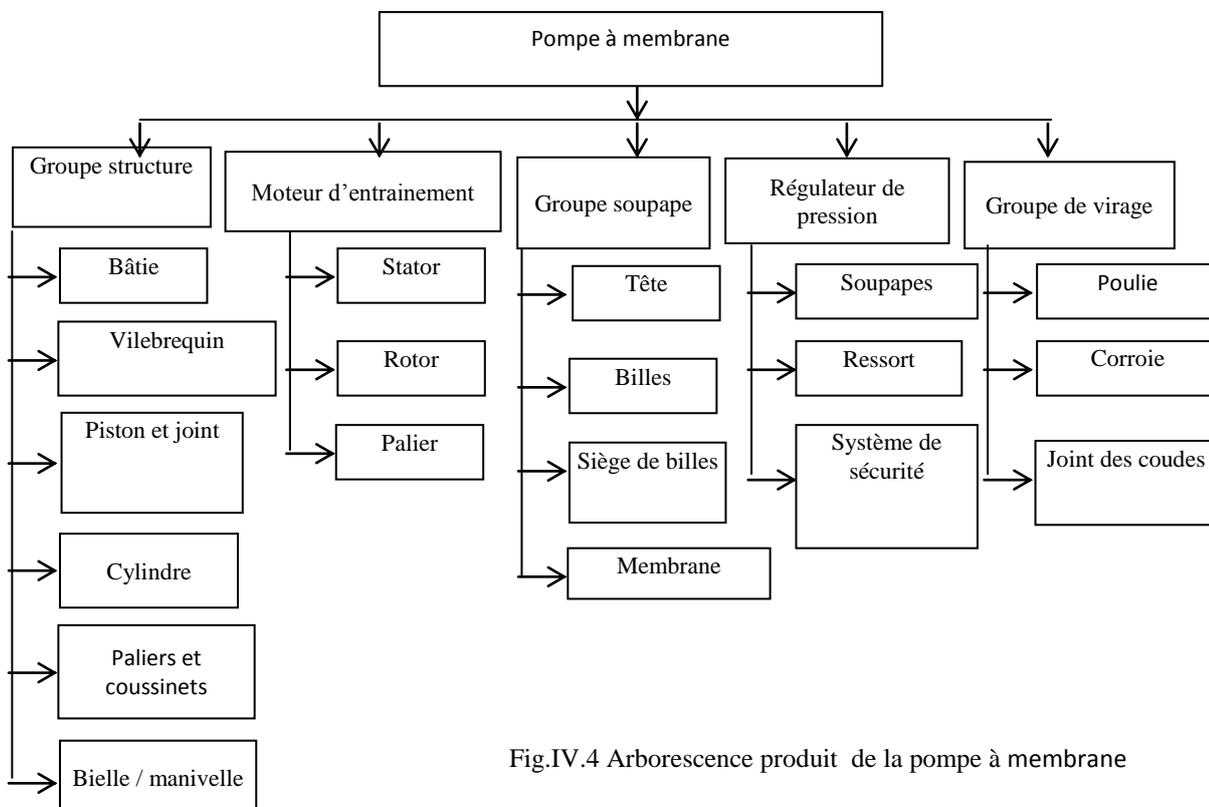


Fig.IV.4 Arborescence produit de la pompe à membrane

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Flux de fonctionnement

La deuxième étape est de représenter le flux de fonctionnement ainsi que les éléments utilisés représentés par la fig. IV.5

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

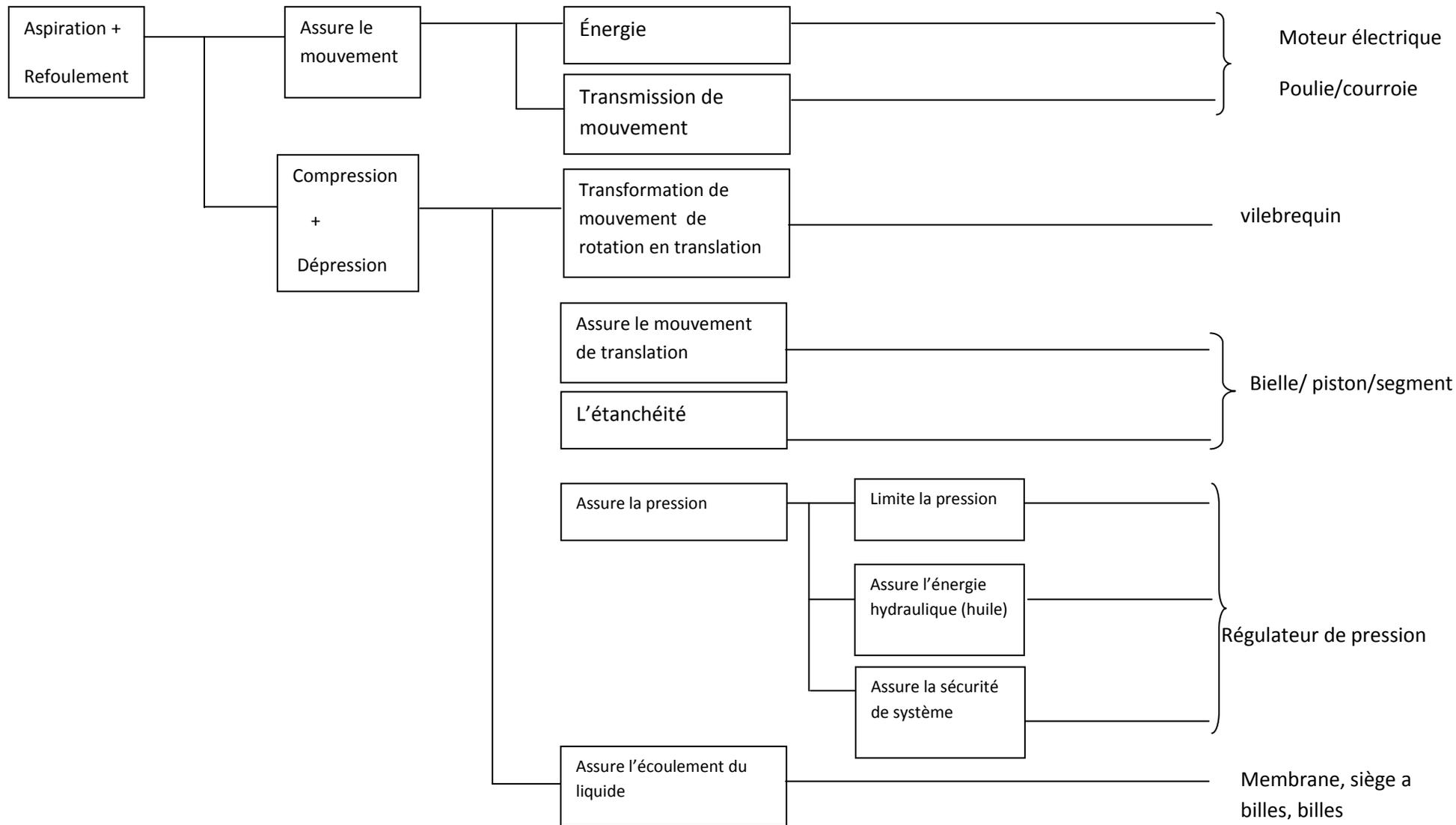


Fig.IV.5 flux de fonctionnement de la machine

CHAPITRE IV ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

4: ANALYSE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE PAR ARBRE DE DEFAILLANCE

L'analyse fonctionnelle nous a permis de diviser la machine en sous systèmes selon le flux de fonctionnement qui sont comme suite :

Sous système moteur électrique

Sous système transmission de mouvement

Sous système transformation du mouvement de rotation en translation

Sous système pression/dépression

Sous système écoulement du liquide

A chacun de ces sous systèmes nous allons lui établir un arbre de défaillance

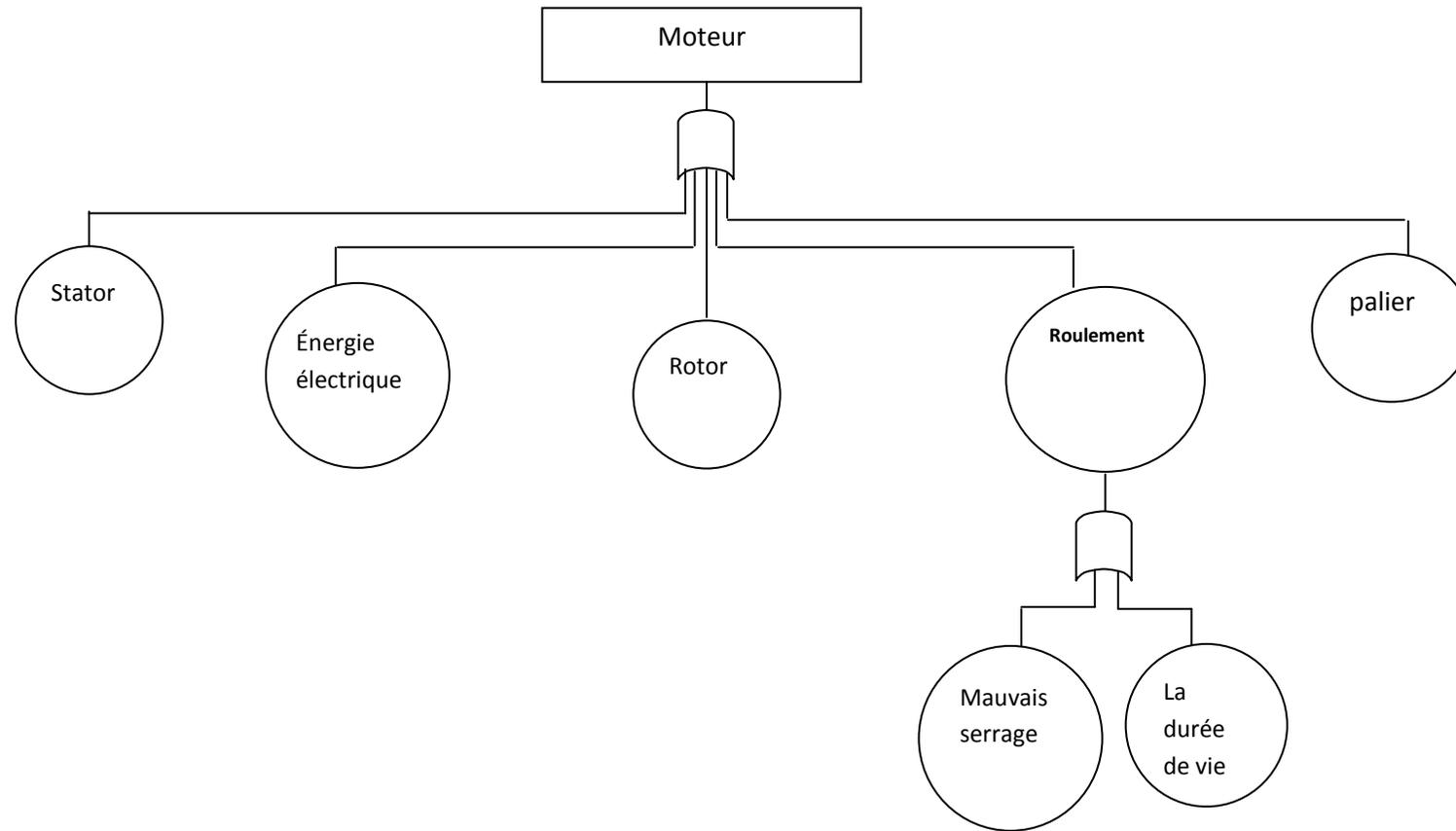


Figure IV-6- arrêt de machine

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

La figure IV-6 présent l'arbre de défaillance de moteur électrique il est compose par des évènements redouté (stator, rotor, palier, roulement), le port logique de se arbre OU.

Dans se arbre on remarque deux exemples des évènements intermédiaire par roulements le première évènement mauvais serrage des roulements par le main d'œuvre et le deuxième évènements la durée de vie des roulements.

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

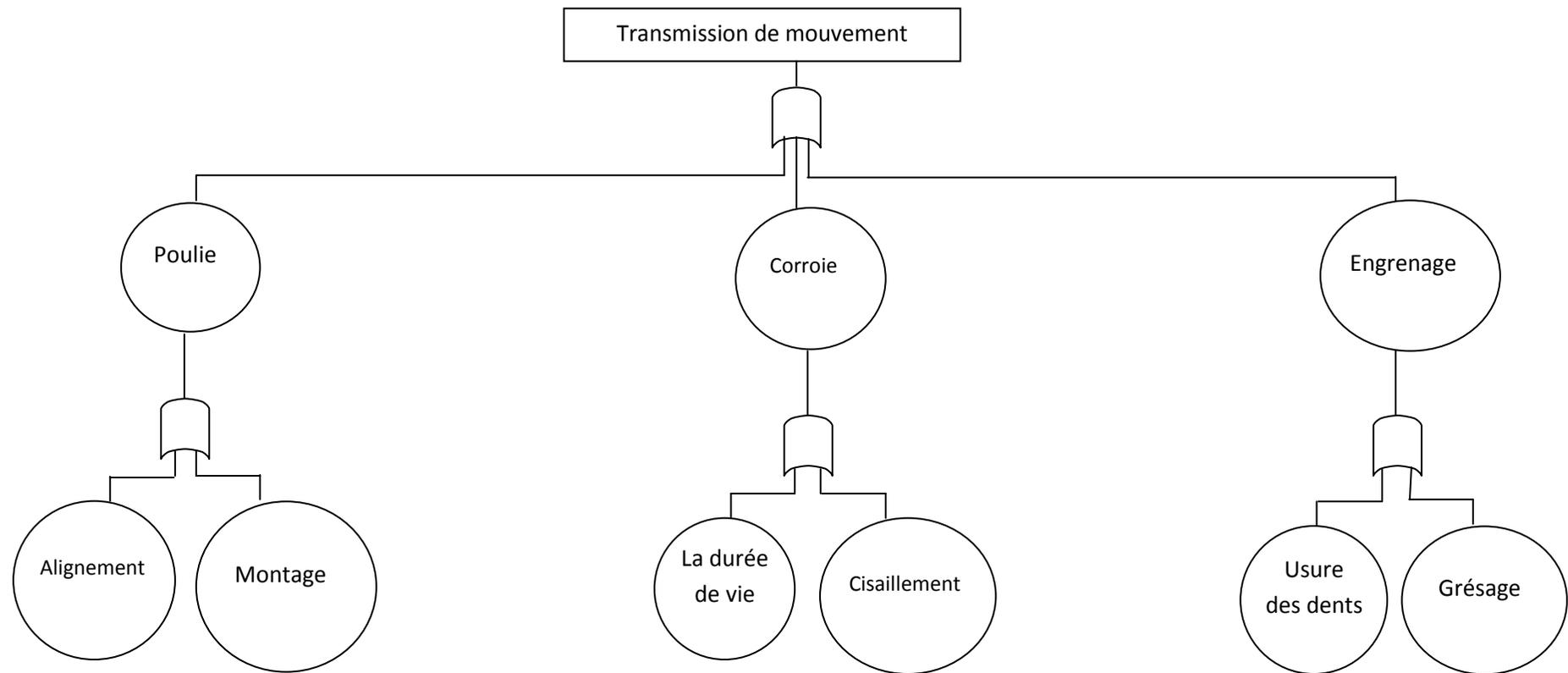


Fig VI-7 Transmission de mouvement

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

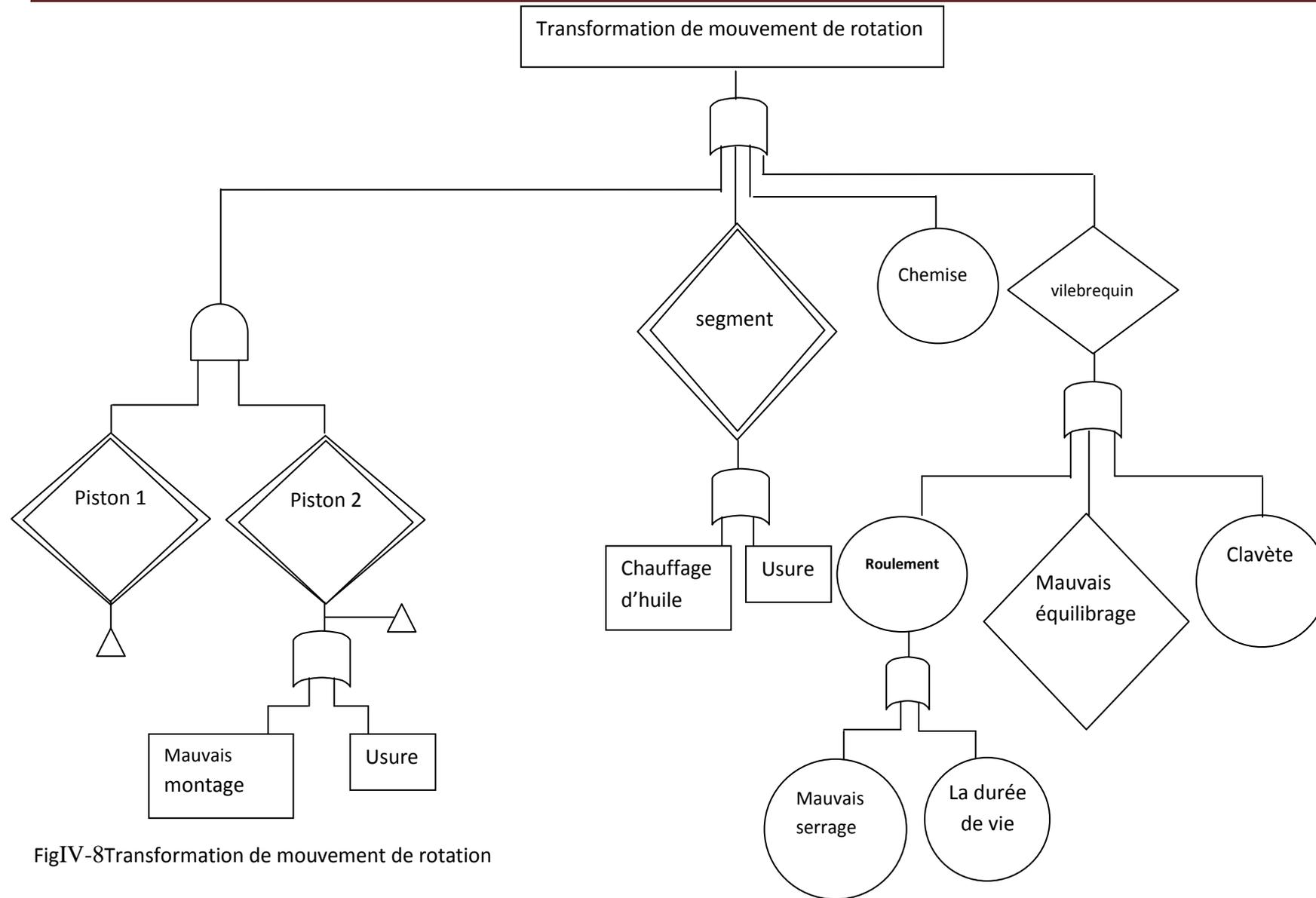
La figure IV-7 présent l'arbre de défaillance de transmission de mouvement les événements de se arbre événement redoute poulie, corroie, engrenage le port qui lie les événements le port OU les causes des évènements de chaque composent 2 exemple des évènements

1- Poulie : les évènements si mauvaise montage OU l'alignement des arbres ou les poulie un saule évènement la poulie

2- Corroie : ladurée de vie Ou le Cisaillement si les évènements de composent

3- Engrenage : Usure des dents OU grésage siles évènements de engrenage

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE



FigIV-8Transformation de mouvement de rotation

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

La figure IV -8 définit l'arbre de défaillance de sous système transformation de mouvement translation a rotation l'évènement redoute de se arbre pas de transformation de mouvement les composent de l'arbre et :

Les évènements intermédiaire si la chemise

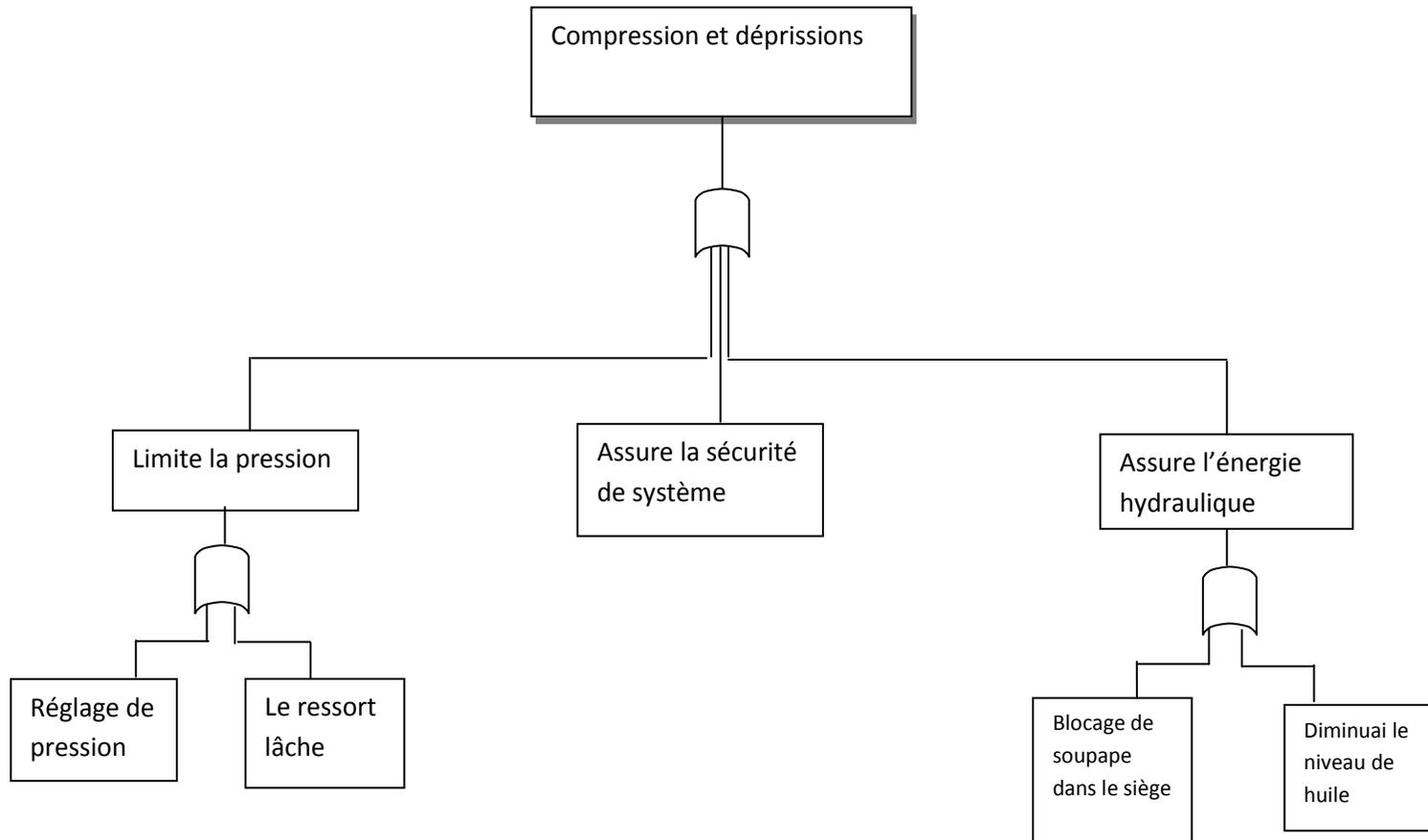
Les événements élémentaire si vilebrequin les cause de se événement les roulements ou mauvaise équilibrage de vilebrequin ou user de clavète

Les événements développement si :

-User de segment les cause de se événement chauffage de huile ou user

-le deuxième événement développement les pistons ils due piston on a prisent les cause de un piston le mauvais montage ou usure de piston la relation entre les deus piston le port logique ET

Dans se arbre liée les tout les événements par le porte logique OU un seule paramètre le sous system en arrêt.



FigIV.9 Compression et déprissions

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

La figure IV-9 présent l'arbre de défaillance de sous système compression et déprissions la compositions de se arbre porte logique principal OU les événements de arbre si événement redoute de l'arbre limite la pression les cause de se événement réglage de pression de fonctionnement ou le ressort de réglage lâche

L'événement assure l'énergie hydraulique provoque pare exemple blocage de soupape dans le siège ou diminuais le niveau de huile

Le troisième événement assure la sécurité de system

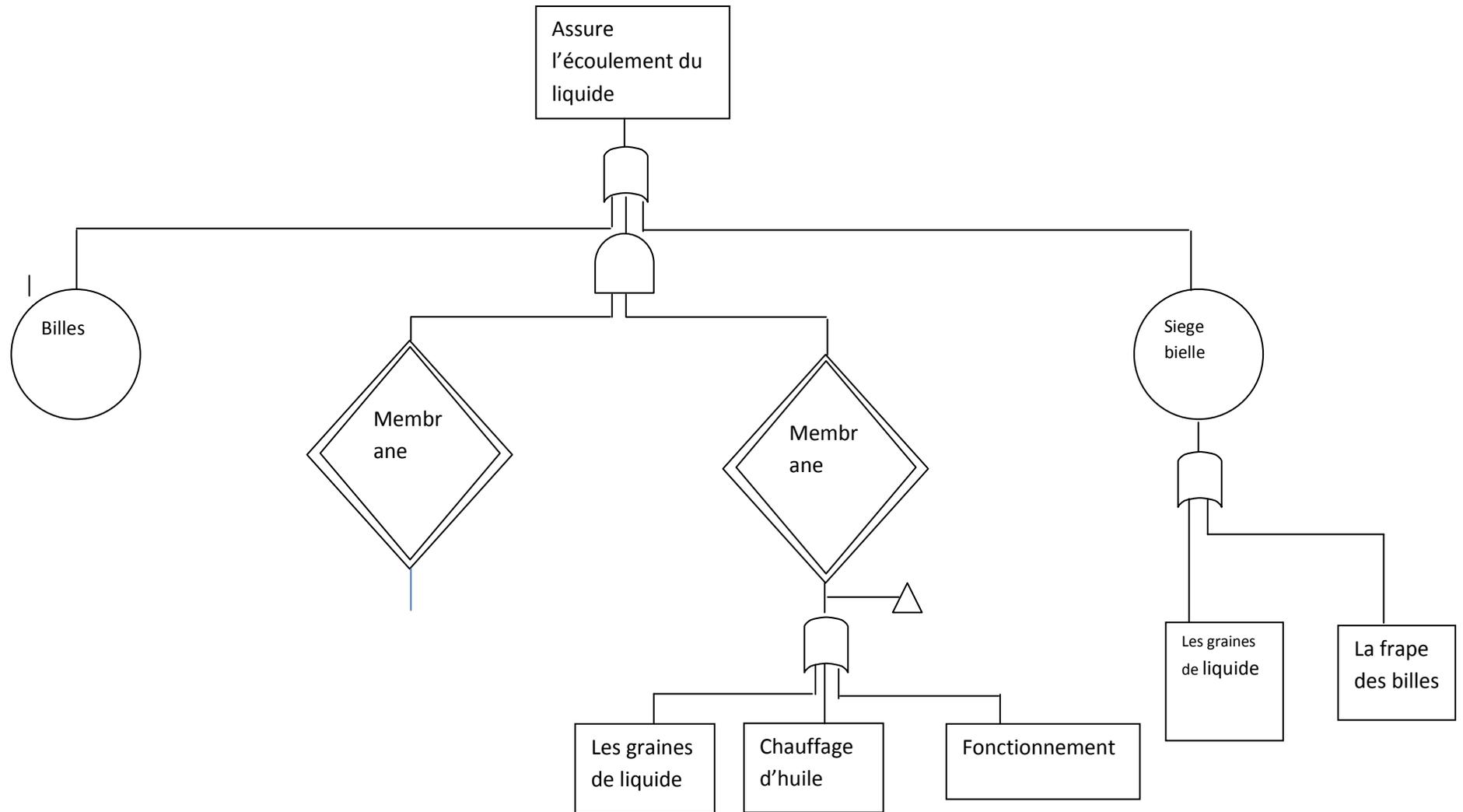


Fig IV.10 Assure l'écoulement du liquide



CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

La figure IV.10 présent l'arbre de défaillance de Assure l'écoulement du liquide se arbre compose pare trois évènement le porte logique qui lie les évènements OU les bille et siège des bille si évènement intermédiaire les cause de l'évènement Siege bielle si Les graines de liquide OU La frape des billes et Membrane on a présent les causes d'un membrane le porte logique ET par se que le système on a arrête de l'arrête des membranesensemble.

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

L

Recueils de données de la fiabilité des équipements mécaniques

Les recueils de données de fiabilité les plus connus pour des dispositifs mécaniques sont présentés dans le (tableau IV.1). Dans la majorité des recueils, les données de fiabilité sont fournies sous forme de taux de défaillance constants principalement pour les composants électroniques et sous forme de durées de vie moyennes, valeurs minimales et maximales ou de probabilité de bon fonctionnement, en particulier pour les composants mécaniques Ces recueils sont mis à jour régulièrement pour tenir compte des évolutions technologiques.

Les principales bases de données de fiabilité en mécanique sont présentées dans le tableau

suisant (tableau 4.1).

Tableau IV.1. Recueils de données de fiabilité en mécanique [10]

Source	Titre	Editeur	Dernière version
AVCO	Les taux d'échec	D.R.Earles&M.Eddins AVCO Corporation, USA	Avril1962
NPRD	Partiesnon électroniquesdes donnéesdefiabilité	FiabilitéCentre d'analyse, RAC, New York, USA	NPRD 2011 ,2011
NSWC	Manueldefiabilité prédiction pouurmécanique équipement	DivisionCarderock, guerrenaval de surface Centrede la marine américaine	NSWC- 98/LE1,1998
EIREDA	Manuelde donnéesde l'industriedela fiabilitéeuropéenne	Commission européenneetElectricité de FranceCRETEUNIVERSITÉ	PRESS 1998
FARADA	Données sur les tauxde défaillance	ProgrammeGIDEP- industrie-gouvernement Data Exchange(USA)	<i>Mil-STD-1556 B</i> 24 février1986

Pour notre étude nous avons utilisé le recueil de donnée « NPRD Nonelectronic parts reliability data » établi par ReliabilityAnalysis Center EN collaboration avec l'armée américaine et la NASA.

Le tableau 4.2 renferme les défaillances des pièces maitresse de la pompe à membrane prise du recueil NPRD

CHAPITRE IV ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

TABLEAU IV.2 : TABLEAU DE TAUX DE DEFAILLANCE [10]

organes	Nbr.	Nbr. défaillance	MTBF(10^6)	$\lambda(10^{-6})$ unitaire	fonction	$\lambda(10^{-6})$	$\sum\lambda(10^{-6})$ sous système	$\lambda(10^{-6})$ machine
Moteur	1	7	7.7920	0.8984	Ou	0.8984	0.8984	120.3445
Poulie	2	6	1.1349	5.286	Ou	5.286	9.4615	
Corroie	1			4.0070	Ou	4.0070		
Engrenage	2	14	83.0672	0.1685	Ou	0.1685		
Piston	2	2	0.2590	7.7220	Et	59.6292	107.1293	
Chemise	2	10	1.5076	6.6331	Ou	6.6331		
Joint	2	5	0.6347	7.8776	Ou	7.8776		
Vilebrequin	1	5	0.1502	33.2915	Ou	33.2915		
Billes	4	0	3.3738	0.2964	Ou	0.2964	2.8553	
Membrane	2			1.3840	Et	1.915456		
Siege bielle	4	9	13.9853	0.6435	Ou	0.6435		

Interprétation :

Dans le tableau IV.1 on retrouve les taux de défaillance des organes de la pompe à membrane déterminés par le centre d'analyse de fiabilité RAC de l'armée américaine[].

A partir des données recueillit de ce tableau on peut classer les éléments de la pompe à membrane en trois catégories [10]:

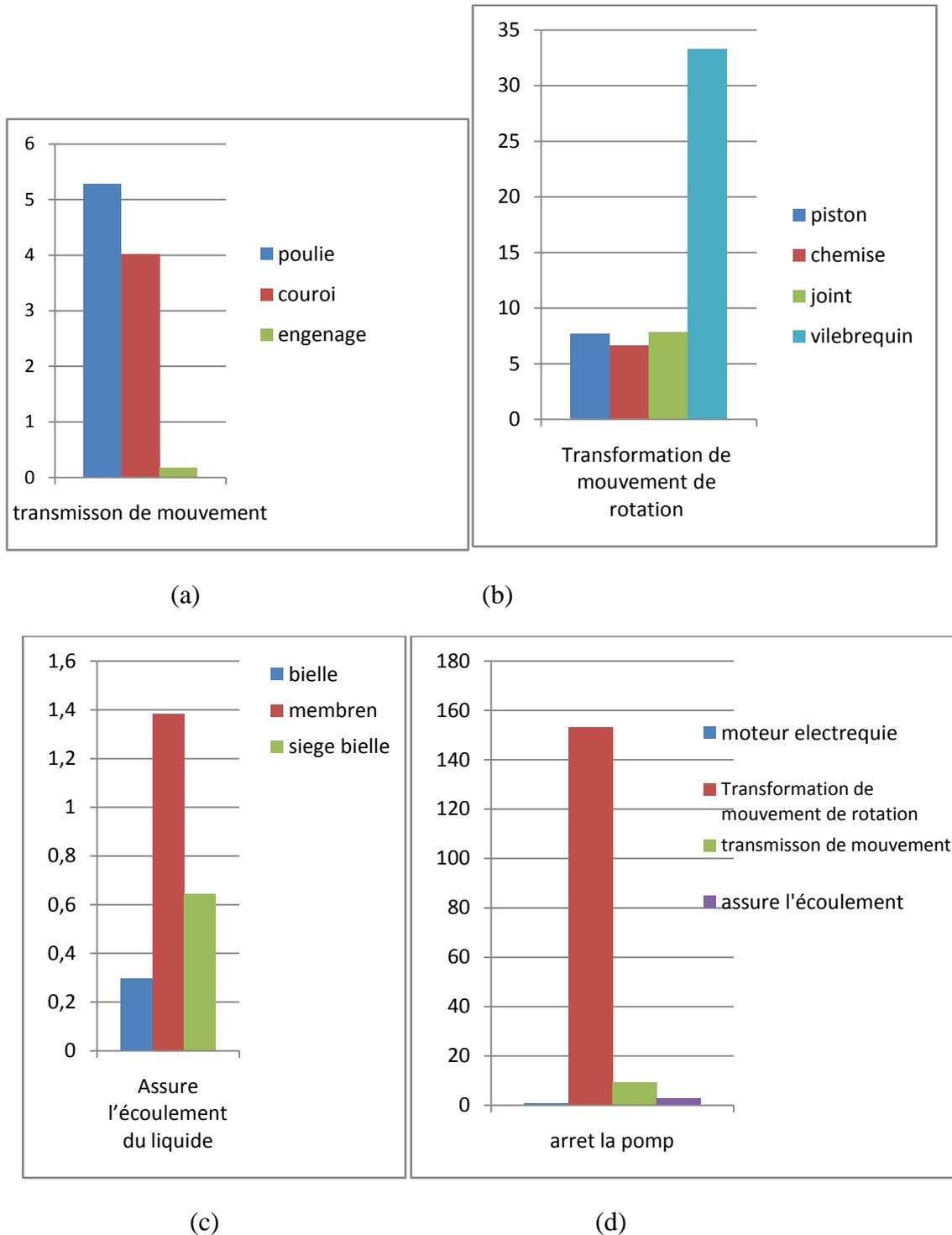
- classement par élément
 - Les éléments où $\lambda < 10^{-7}$
Dans cette catégorie on retrouve : billes, engrenage, siège des billes, moteur électrique, ces éléments sont considérés comme très fiable ou la panne est très improbable.
 - Les éléments où $10^{-7} \leq \lambda \leq 10^{-6}$
Dans cette catégorie on retrouve : membrane, courroie, la poulie, chemise, piston, joint, ces éléments sont considérés comme fiable ou la panne est rare.
 - Les éléments où $10^{-6} \leq \lambda \leq 10^{-3}$ Dans cette catégorie on retrouve : bielle, manivelle, vilebrequin. ces éléments ont une fiabilité acceptable ou la panne peut être fréquente. Ces éléments nécessitent un suivi particulier.
 - On ne retrouve aucun organe de la machine dans la catégorie où $\lambda > 10^{-3}$ cette catégorie renferment les éléments non fiables qui ont des pannes très fréquentes.

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

- Classement par sous-système
On remarque à partir du tableau IV-3
 - que le sous système le plus fiable de la machine est le sous-système « moteur électrique » où le taux de défaillance $\lambda < 10^{-7}$
 - Les Sous-systèmes « Ecoulement du liquide » et « Transmission de mouvement » ont un taux de défaillance $10^{-7} \leq \lambda \leq 10^{-6}$ ce taux est considéré comme fiable où les pannes sont rares
 - Le sous-système le moins fiable où $10^{-6} \leq \lambda \leq 10^{-3}$ est « Transformation de mouvement de rotation » néanmoins ce système reste dans les limites tolérées, cependant un suivi rigoureux de ce sous système est recommandé.
 - On ne retrouve aucun sous système de la machine dans la catégorie peu fiable où $\lambda > 10^{-3}$

Le taux de défaillance de la machine est $\lambda = 120.3445$ ce taux est classé dans la troisième catégorie où $10^{-6} \leq \lambda \leq 10^{-3}$ on peut conclure que la fiabilité de la machine est a la limite de l'acceptabilité, les pannes peuvent êtres fréquentes, pour cela un suivi rigoureux de la machine est indispensable et surtout des organes considéré dans les limites des taux tolérés

CHAPITRE IV ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE



FigIV-10 : Défaillances des sous systèmesde la machine

- (a) Sous système transmission de mouvement
 (b) Sous système transformation du mouvement de rotation en translation
 (c) Sous système écoulement du liquide
 (d) Sous systèmes de la machine

CHAPITRE IV ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Dans la figure fig.IV.10 on trouve les taux de défaillances des sous systèmes de la machine

La fig.IV.10 (a) représente les taux de défaillances du sous système transformation du mouvement où on remarque que les poulies et les courroies ont un taux de défaillance proche et largement supérieur à celui de l'engrenage

Les taux de défaillances du sous système transformation du mouvement de rotation en translation, est représenté par la fig.IV.10 (b), le vilebrequin et bielle/manivelle ont un taux de défaillance très élevé par rapport aux pitons, chemises et les joints.

La fig.IV.10 (c) illustre les taux de défaillances du sous système écoulement du liquide, on voit que les membranes ont un taux de défaillance très élevé par rapport aux billes et aux sièges des billes

La fig.IV.10 (d) représente les taux de défaillances de tous les sous systèmes de la machine, le sous système transformation du mouvement de rotation en translation a un taux de défaillance très supérieur par rapport aux autres sous systèmes moteur électrique, transformation de mouvement et écoulement du liquide.

5-ANALYSE QUALITATIVE PAR LA METHODE ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES APR :

L'analyse qualitative de la machine consiste à définir les éléments les plus défaillants de la machine pour identifier les situations de danger, les accidents, les conséquences et gravités et les mesures et l'application des mesures préventives.

La méthode APR « Analyse Préliminaire des Risques » est l'une des méthodes les plus adaptées surtout au niveau de la conception où l'acquisition.

Pour notre étude, un tableau APR est réalisé à chaque sous système de la machine.

La gravité G relative aux conséquences provoquées par l'apparition de la défaillance en termes de :

- Qualité de la pièce produite.
- Sécurité des hommes ou des biens.
- Temps d'intervention qui correspond au temps actif de maintenance corrective (diagnostic + réparation ou échange + remise en service). La gravité G est le plus souvent de 1 jusqu'à 5 (tableau 4.3)

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Tableau IV. 3 grilles de cotation de la gravité [8]

Niveau de gravité G		Définitions
Gravité mineure	1	Défaillance mineure -Arrêt de production a 1h -Aucune dégradation notable du matériel
Gravité significative	2	Défaillance significative -Arrêt de production de 1h à 4h repose d'intervention. -Remise en état de courte ou petite sur place nécessaire -Déclassement du produit
gravité moyenne	3	Défaillance moyenne -Arrêt de production de 4h à 8h -retouche du produit nécessaire ou rebat (non qualité détectée a la production).
Gravité majeure	4	Défaillance majeure : -Arrêt de production de 1jour -intervention importante sur sou système -production de pièce non-conforme, non détectées.
Gravité catastrophique	5	Défaillance catastrophique : -Arrêt de production plus 1 jour -intervention lourde nécessitant des moyens couteux -problème de sécurité du personnel ou environnement

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Tableau IV-4-APR de moteur électrique

Sous-système ou Fonction	Phase	Elément dangereux	Elément transformant un élément dangereux en situation dangereuse	Situation dangereuse	Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel	Accident	Conséquences	Classification par gravité	Mesures préventives	Application des mesures
Pompe 200D	Moteur	Stator	No	Mass électrique	Oui	Echauffement	Arrêt moteur	4	-Maintenance systématique -maintenance conditionnelle	-Régime du moteur -Contrôle et réglage des protections Electriques - Contrôle de l'isolement électrique -Contrôle des sécurités du moteur -Contrôle la source électrique -Contrôle d'alignement du moteur / Alternateur
		Énergie électrique	Oui	Mass électrique	Oui	-Blocage de rotor -Cree une vibration		2		
		Rotor	No	fléchissement	Oui			2		
		Roulement	Oui	usure	Oui			3		
		Palier	Oui	usure	oui			3		

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Dans le tableau IV.4 qui illustre la méthode APR pour le sous moteur électrique on ne trouve Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel. Les conséquences des pannes des éléments de ce sous système conduisent à un arrêt total de la machine.

Pour éviter ce genre de pannes les mesures préconisées sont :

- Régime du moteur
- Contrôle et réglage des protections Electriques
- Contrôle de l'isolement électrique
- Contrôle des sécurités du moteur
- Contrôle la source électrique
- Contrôle d'alignement du moteur /Alternateur

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Tableau IV.5.APR Transmission de mouvement

Sous-système ou Fonction	Phase	Elément dangereux	Elément transformant un élément dangereux en situation dangereuse	Situation dangereuse	Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel	Accident	Conséquences	Classification par gravité	Mesures préventives	Application des mesures
Pompe 200D	Transmission de mouvement	Poulie	no	usure	no	Pas de mouvement	-Mauvais fonctionnement -Pas de mouvement mécanique	1	Maintenance conditionnelle	-Contrôle Alignement de la poulie -Alignement des arbres - Contrôle le corroie -Contrôle le serrage de moteur
		Corroie								
		Engrenage								

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Dans le tableau IV.5 qui illustre la méthode APR pour le sous système transmission de mouvement on ne trouve aucun Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel. Les conséquences des pannes des éléments de ce sous système conduisent à un arrêt total de la machine ou un mauvais fonctionnement du à l'usure de l'un de ces éléments.



(a)

(b)

Fig IV.11 défaillance de la poulie et l'engrenage de la pompe

La figure IV.11 représente les défaillances d'une poulie et d'un engrenage de la pompe à membrane au niveau de l'entreprise CERTAF

L'usure des dents de l'engrenage est très visible fig. IV.11 (a)

Le mauvais montage (alignement) de la poulie a causé sa détérioration fig. IV.11 (a).

Pour éviter ce genre de pannes les mesures préconisées sont :

- Contrôler l'alignement des poulies
- Contrôler Alignement des arbres
- Contrôler l'état des courroies
- Contrôler le serrage du moteur

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Tableau IV-6- APR Transformation de mouvement de rotation

Sous-système ou Fonction	Phase	Elément dangereux	Elément transformant un élément dangereux en situation dangereuse	Situation Dangereuse	Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel	Accident	Conséquences	Classification par gravité	Mesures préventives	Application des mesures
Pompe 200D	Transformation de mouvement de rotation	Chemise	No	-Usure - fléchissement de vilebrequin	oui	-Pas de prison -arrêt machine	-Mauvais fonctionnement - Mauvaiscompression et dépression	3	-Maintenance conditionnelle -maintenance systématique	-Révision de la cylindrée -Graissage de tous les points en fonction -Contrôle d'alignement du vilebrequin -contrôle le jeu des coussinets
		Piston	Oui					3		
		joint	Oui					3		
		Bielle	No					3		
		vilebrequin	Oui					4		
		Manivelle	Oui					3		
		Coussinets	Oui					3		
		Roulements						2		

CHAPITRE IV ETUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Dans le tableau IV.6 qui illustre la méthode APR pour le sous système APR Transformation de mouvement de rotation on ne trouve des Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel comme Pas de prison et arrêt la machine Les conséquences des pannes des éléments de ce sous système conduisent Mauvais fonctionnement, Mauvais compression et dépression.



ig.IV.12 piston, vilebrequin et bielle manivelle.

La figure IV.12 représente les défaillances de piston, vilebrequin et bielle manivelle de la pompe à membrane au niveau de l'entreprise CERTAF

Usure de piston La figure IV.12 (a)

Un casseur de vilebrequin la figure IV.12 (b)

Une bielle/manivelle en pannela figure IV.12 (c)

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Pour éviter ce genre de pannes les mesures préconisées sont :

- Révision de la cylindrée
- Graissage de tous les points en fonction
- Contrôle d'alignement du vilebrequin
- contrôle le jeu des coussinets

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Tableau IV-7 APR Assure l'écoulement du liquide

Sous-système ou Fonction	Phase	Elément dangereux	Elément transformant un élément dangereux en situation dangereuse	Situation Dangereuse	Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel	Accident	Conséquences	Classification par gravité	Mesures préventives	Application des mesures
Pompe 200D	Assure l'écoulement du liquide	Membrane	Oui	Usure trous	oui		-Fuites -Mauvais compression	2	-Maintenance systématique -Maintenance conditionnelle	-Réglage des jeux des billes - Contrôle visuel de l'état des organes -contrôle le serrage de membrane
		Siege bielle	Oui	Usure	oui		2			
		Billes	No		no		2			

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Dans le tableau IV.7 qui illustre la méthode APR pour Assure l'écoulement du liquide on ne trouve des Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel ci la membrane et siège de bille. Les conséquences des pannes des éléments de ce sous système Fuites de barbotin et Mauvais compression



(f)

(g)

Figure IV.13 membrane et siégé de bille

Figure IV.13 représente les défaillances membrane et siégé de bille la pompe à membrane au niveau de l'entreprise CERTAF

Cisaillement de la membrane figure IV.13 (f)

La déformation de siège de bille avec la frappe de la bille IV.13 (g)

Pour éviter ce genre de pannes les mesures préconisées sont :

- Réglage des jeux des billes.
- Contrôle visuel de l'état des organes.
- Contrôle le serrage de membrane.

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Tableau IV.8 APR du système compression / déprissions

Sous-système ou Fonction	Phase	Elément dangereux	Elément transformant un élément dangereux en situation dangereuse	Situation dangereuse	Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel	Accident	Conséquences	Classification par gravité	Mesures préventives	Application des mesures
Pompe 200D	Compression et déprissions	ressort	No	Pert huile	no	Accident humain	Fuites - Mauvais de pression	2	Maintenance systématique	- Niveau d'huile - Indicateur de colmatage Prélèvement d'huile pour analyse - Contrôle et réglage de la régulation de Pression
		soupapes								
		huile								

CHAPITRE IV ETUDE QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DRISQUE

Dans le tableau IV.8 qui illustre la méthode APR pour APR du système compression / déprissions on ne trouve aucun Elément transformant une situation dangereuse en accident potentiel. Les conséquences des pannes des éléments de ce sous système conduisent à fuit de huile et Mauvais de pression du à l'usure de l'un de ces éléments

Pour éviter ce genre de pannes les mesures préconisées sont

- Contrôle Niveau d'huile
- Indicateur de colmatage
- Prélèvement d'huile pour analyse
- Contrôle et réglage de la régulation de Pression

CONCLUSION

Ce travail consiste à l'étude des mesures préventives par l'analyse quantitative et qualitative des scénarios de défaillances.

Uncas réel est étudié dans l'entreprise CERTA. Nous avons pris la pompe à membrane 2000D comme exemple.

Nous avons commencé par établir la décomposition fonctionnelle et le flux de fonctionnement de la machine, cela nous a permis de déduire les sous systèmes qui composent la machine.

Nous avons appliqué la méthode arbre de défaillance pour l'analyse quantitative où on a dressé des arbres de défaillances de chaque sous système de la machine cela nous a permis d'identifier tout les scénarios de défaillances de chaque sous système avec les fonctions logique correspondantes et les causes de défaillances.

Pour le calcul des défaillances nous avons utilisé le recueil de fiabilité « Nonelectronic parts reliability data NPRD » de Reliability Analysis Center, RAC ,New York,USA, cela nous a permis de classer les éléments de la machine en quatre catégories et d'identifier les éléments et les systèmes les plus dangereux, ainsi que les éléments et les sous systèmes les plus fiables. Nous avons aussi calculé le taux de défaillance de la machine ou on trouvé que la machine est classé dans la troisième catégorie où sont classés les machine a fréquence de défaillances fréquentes, un suivie rigoureux de la machine est recommandé.

L'analyse qualitative est réalisée par la méthode « Analyse Préliminaire des Risques APR ». Cette étape consiste a dressé des tableaux APR pour chaque sous système de la machine et d'identifier les Eléments dangereux, situations dangereuse, éléments transformant une situation dangereuse en accident potentiel, accidents, gravité et les mesures préconisées.

Et enfin comme perspective future nous recommandons que cette étude soit suivie par une analyse déterministe par les chaines de Markov

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cycle de développement d'un produit manufacturé, la phase de validation des solutions est une étape fondamentale. Il est indispensable de vérifier que les performances sont conformes aux spécifications du cahier des charges, au moyen de tests effectués durant la phase de conception. Selon le degré de satisfaction atteint, le produit est soit validé, soit amélioré ou complètement modifié. Actuellement, la validation est assurée essentiellement par des tests sur prototypes physiques après la conception.

Dans de nombreux systèmes industriels complexes, l'analyse et la modélisation des obstacles forment une étape indispensable venant en amont des projets de conceptions des systèmes de supervisions.

La méthode arbre des causes ou arbre de défaillances est une méthode permettant une analyse qualitative, par l'identification des coupes minimales, mais également une analyse quantitative, par l'évaluation des probabilités d'occurrence de l'événement redouté.

L'arbre de défaillance est formé de niveau successif d'événements tels que, chaque événement est généré à partir des événements du niveau inférieur par l'intermédiaire de divers opérateurs logiques. Ces événements sont généralement des défauts associés à des défaillances de matériels, des erreurs humaines, des défauts de logiciels...pouvant conduire à l'événement indésirable.

Le risque occupe une place importante dans la société. Le mot "risque" est quotidiennement employé par tout un chacun. Il est employé : dans le milieu économique, financier, social, juridique, moral, médical, militaire.

L'analyse des risques, quelle que soit la méthode, est très rarement mise en oeuvre dans les petites et moyennes entreprises. Notre objectif est de définir quels sont les blocages cette mise en oeuvre provenant des méthodes d'analyse des risques elles-mêmes afin de pouvoir ensuite proposer des améliorations.

L'analyse du risque constitue le cœur du processus d'analyse des risques. Dans la terminologie des normes, l'analyse du risque était même parfois considérée comme un processus entier. Bien que menée de diverses façons selon les domaines traités, elle repose toujours sur un processus séquentiel et itératif de même structure

-Le premier chapitre on a définie l'entrepris CERTAF et la maintenance dans cette entrepris

-le 2eme chapitre rappelgéniale sur la fiabilité

-Troisième chapitre on a fait une recherche bibliographe sur analyse quantitative et qualitative

-quatrième chapitre étude de cas sur la pompe a membrane.

LISTE DES ABREVIATIONS.

MTTR la durée moyenne de réparation

MTBF la durée moyenne d'indisponibilité après défaillance

CERTAF ENTRPRISE **CERAMIQUE DE LA TAFNA**

RAC **ReliabilityAnalysisCenter**

NPRD **NonelectronicParts ReliabilityData**

AF **Analyse Fonctionnelle**

FS **Fonction de Service**

FC **Fonction Contrainte**

FP **Fonction Principales**

FT **Fonction Technique**

ME **Milieu Extérieur**

AMDEC **Analyse des Mode de Défiance de leurs Effet de leur Criticité**

MOSAR **Méthode Organisationnelle Systémique et d'Analyse du Risque**

LISTE DES FIGURE

Chapitre I

FIGURE I.1-L'organigramme de l'entreprise CERTAF.....	4
FIGURE.I.2- Organigramme des ateliers de production.....	6
FIGURE.I.3- Organigramme du département laboratoire.....	9
FIGURE.I.4- Organigramme du département maintenance.....	11
FIGURE.I.5- Les tâches de service maintenance.....	11
FIGURE.I.6- le plan de choix d'un mode de maintenance pour un équipement.....	13

CHAPIRE II

FIGURE II.1 Durées moyennes associées a la Suredté de fonctionnement.....	17
FIGURE II.2 Courbe de survie ou de fiabilité.....	18
FIGURE II-3- Courbe en baignoire.....	21

CHAPITRE III

FIGURE III-1.Classification du risque.....	26
FIGURE III-2.Exemple d'évènement intermédiaire.....	33
FIGURE III-3.Exemple d'évènement élémentaire.....	35
FIGURE III-4.Démarche à suivre pour construire un arbre de défaillances.....	38
FIGURE III-5.Exemple.....	40
FIGURE III-6.Diagramme de fiabilité.....	40
FIGURE III-7.Hiérarchisation des fonctions.....	44
FIGURE III-8.la méthode de la pieuvre.....	45
FIGURE III-9.la méthode de la pieuvre.....	46
FIGURE III-10.Méthode diagrammes de flux.....	47

FIGURE III-11.Méthode de l'Arborescence.....	47
FIGURE III-12.Diagramme processus.....	48
FIGURE III-13.influence de l'environnement sur le procédé.....	48
FIGURE III-14.Démarche de fonctionnement de l'APR contenant le modèle implicite de l'accident.....	49
FIGURE III-15. Schématisation de l'élaboration de l'arbre des causes.....	52
FIGURE III-16.Principe d'un arbre d'événements.....	53
 CHAPITRE IV	
FIGURE IV.1pompe a membrane.....	56
FIGURE. IV.2 Décomposition fonctionnelle du système.....	57
FIGURE IV.3 Arborescence produit de la pompe à membrane.....	57
FIGURE IV.4 flux de fonctionnement de la machine.....	58
FIGURE IV-5- arrêt de machine.....	60
FIGURE IV.6 Transmission de mouvement.....	61
FIGURE IV-7Transformation de mouvement de rotation.....	61
FIGURE IV.8 Compression et déprissions.....	63
FIGURE IV.9 Assure l'écoulement du liquide.....	64
FIGURE IV.10-Défaillances des sous systèmes de la machine.....	68
FIGURE IV.11-défaillance de la poulie et l'engrenage de la pompe.....	74
FIGURE IV.12-piston, vilebrequin et bielle manivelle.....	76
FIGURE IV-13-membrane et siégé de bille.....	79

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II

TABLEAU -1. Correspondance Indice d'occurrence et taux de défaillance.....	19
--	----

CHAPITRE III

TABLEAU III-1. Symboles des événements.....	36
---	----

TABLEAU III.2. Portes de logiques.....	36
--	----

TABLEAU III-3. Transfert des sous arbres.....	37
---	----

TABLEAU III-4. Exemple de tableau utilisable pour l'APR.....	50
--	----

TABLEAU III-5. Comparatif des principales méthodes d'analyse de risques du courant "sûreté de fonctionnement.....	54
---	----

CHAPITRE IV

Tableau IV -1. Recueils de données de fiabilité en mécanique.....	65
---	----

TABLEAU IV-2. TABLEAU DE TAUX DE DEFAILLANCE.....	66
---	----

Tableau 4. 3 grilles de cotation de la gravité.....	70
---	----

Tableau IV-4-APR de moteur électrique.....	71
--	----

Tableau IV.5. APR Transmission de mouvement.....	73
--	----

Tableau IV-6- APR Transformation de mouvement de rotation.....	75
--	----

Tableau IV-7 APR Assure l'écoulement du liquide.....	76
--	----

Tableau 4.8 APR du système compression / déprissions.....	78
---	----

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURE.

LISTE DRS TABLEUX.

LISTE DES ABREVIATIONS.

INTRODUCTION GENERALE1

CHAPITRE I MAINTENANCE DANS ENTRPRISE CERTAF

1-Présentation de l'entrepris.....	3
2- L'organigramme de l'entreprise CERTAF.....	4
3- Organigramme des ateliers de production.....	7
4- Organigramme du département laboratoire.....	10
5- Organigramme du département maintenance.....	10
6- Conclusion.....	15

CHAPITRE II GENERALITE SUR LA FIABILITE

1-FIABILITE.....	17
1-2-Maintenabilité.....	17
1-3-Disponibilité.....	17
1-4-Sécurité.....	17
2-METRIQUES DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT.....	17
3-THEORIE DE LA FIABILITE.....	18
4-TAUX DE DEFAILLANCE ET DE REPARATION INSTANTANES.....	19
4-1Taux de défaillance instantanée.....	19

4-2Taux de réparation instantanée.....	20
4-3-L'analyse de la criticité.....	20
5- Les mécanismes de défaillance.....	21
5-1La période de jeunesse.....	21
5-2 Le période utile.....	21
5-3 Le période de vieillesse.....	21
6-Quelques lois usuelles de probabilité.....	22
6-1 Loi exponentielle.....	22
6-2 Loi de Weibull	23

CHAPITRE III ANALYSS QUALTATIVE ET QUANTITATIVE DU RISQUE

1.L 'ANALYSE DES RISQUES	25
1-1- ANALYSE.....	25
1-2-RISQUE.....	25
1-3-ANALYSE DES RISQUES.....	25
1-4-FORMALISATION DES ETAPES DE L'ANALYSE DES RISQUES.....	26
1-5- CLASSIFICATION DU RISQUE.....	27
1-5-1- RISQUES MAITRISES.....	27
1-5-2RISQUES MAITRISABLES.....	27
1-5-3- RISQUE INACCEPTABLE (NON ACCEPTABLE RISK).....	27
1-5-4ACCEPTABILITE DU RISQUE.....	28
1-6-PROPRIETES DES METHODES D'ANALYSE DE R RISQUE.....	28
1-6-1 -AVANTAGES GENERAUX DES METHODES D'ANALYSE DE RISQUE...28	
1-6-2 -COMMUNICATION DES RISQUES.....	28
1-6-3 –COMPLEMENTARITE.....	28
1-7 LACUNES DES METHODES D'ANALYSE DE RISQUE.....	29
1-7-1 NON PRISE EN COMPTE DES FACTEURS EXTERNES AU SYSTEME.....	29

1-7-2 SUBJECTIVITE DANS L'ESTIMATION DES RISQUES.....	29
1-7-3-NON-EXHAUSTIVITE.....	29
1-7-4-NON CONSIDERATION DU FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES NON-COHERENTS.....	30
1-7-5-NON CONSIDERATION DES DEFAILLANCES EN MODE COMMUN.....	30
1-8-EVALUATION DE LA QUALITE D'UNE ANALYSE DE R RISQUE.....	30
1-8-1-COHERENCE.....	30
1-8-2COMPLETUDE.....	30
1-8-EXHAUSTIVITE.....	30
1-8-4-INTEGRITE.....	31
1-8-5-TRAÇABILITE.....	31
2-ANALYSE QUANTITATIVES DU RISQUE.....	31
2-1- ANALYSE QUANTITATIVES DU RISQUE ARBRES DE DÉFAILLANCES.....	32
2-2- PRINCIPE.....	32
2-3- DÉFINITION ET OBJECTIFS.....	33
2-4-DÉFINITION DES ÉVÉNEMENTS.....	34
2-4-1 ÉVÉNEMENT REDOUTE.....	34
2-4-2- ÉVÉNEMENTS INTERMÉDIAIRES.....	34
2-4-3- ÉVÉNEMENTS ÉLÉMENTAIRES	35
2-4-4- RESUME DE LA SYMBOLIQUE DES EVENEMENTS.....	35
2-5-PORTES LOGIQUES.....	36
2-6-TRANSFERT DE SOUS ARBRES.....	36
2-7-CONSTRUCTION DE L'ARBRE DE DÉFAILLANCES.....	37
2-8-METHODOLOGIE.....	37
2-9-CONSTRUCTION D'UN ARBRE DE DEFAILLANCES.....	38
2-10-LES REGLE DE CONSTRUCTION.....	38
2-11- LES DIAGRAMMES DE FIABILITÉ.....	39
2-12-L'ARBRE DE DEFAILLANCES PROBABILISE.....	39
3- ANALYSE QUALITATIVES DU RISQUE.....	39
3-1-ANALYSE FONCTIONNELLE.....	40

3-2-METHDOLOGIE.....	41
3-2-1-RECENSER LES FONCTIONS.....	41
3-2-1-1 DEFINITION LA FONCTION.....	41
3-2-1-2-DIFFERENTS TYPES DE FONCTION.....	41
3-2-1-2-1-FONCTION SERVICE.....	41
3-2-1-2-1-1-FONCTION PRINCIPALES.....	41
3-2-1-2-1-2- FONCTION CONTRAINTES.....	42
3-2-1-2-2-FONCTION TECHNIQUE.....	42
3-2-2-ORDONNER LA FONCTION.....	42
3-2-3-CARACTERISER QUANTITATIVEMENT LES FONCTIONS.....	42
3-2-3-1-LES CRITERES D'APPRECIATION.....	42
3-2-3-2-LES NIVEAUX DE CHAQUE CRITERE	42
3-2-3-3-LA FLEXIBILITE DE CHAQUE NIVEAU.....	43
3-4 -OUTILS D'ANALYSE FONCTIONNELLE.....	43
3-4-1-L'ANALYSE DESCENDANT.....	43
3-4-1-1-DEFINITION.....	43
3-4-1-2-LES PRINCIPES DE BASE.....	43
3-4-2- LA METHODE DE LA PIEUVRE.....	44
3-4-3-METHODE DIAGRAMMES DE FLUX	45
3-4-3-METHODE DE L'ARBORESCENCE.....	48
3-4-5-DIAGRAMME PROCESSUS.....	48
3-4-6-INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LE PROCEDE.....	48
4- ANALYSE QUALITATIVES DU RISQUE PAR LA METHODE APR	
« ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES »	49
4-1-DEFINITION :	49
4-2-ANALYSE PAR ARBRE DES DEFAUTS (OU DES CAUSES, DES	
DEFAILLANCES, DESFAUTES).....	50

4-3-ANALYSE PAR ARBRE D'ÉVÉNEMENTS OU ARBRE DES CONSÉQUENCES (EVENT TREE).....	52
4-4-TABLEAU RÉCAPITULATIF.....	53

CHAPITRE IV ÉTUDE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DU RISQUE

1-INTRODUCTION.....	55
2-PRÉSENTATION DE LA MACHINE.....	56
3- ANALYSE FONCTIONNELLE.....	57
4: ANALYSE QUALITATIVE ET QUANTITATIVE PAR ARBRE DE DÉFAILLANCE.	59
5-ANALYSE QUALITATIVE PAR LA MÉTHODE ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES APR.....	60
CONCLUSION.....	83
RÉSUMÉ.....	84
BIBLIOGRAPHIE.....	87

BIBLIOGRAPHIE

1-THESE CONTRIBUTION A LA MISE AU POINT D'UNE APPROCHE INTEGREEANALYSE DIAGNOSTIQUE / ANALYSE DE RISQUES MATTHIEU DESINDE

LE 13 DECEMBRE 2006

2 www.previnfo.net/sections.php,hop.viewarticle&artid.40

3-www.unit.eu/cours/cyberisques/.../Module_Etage_3_synthese_47.html

4THESE :FIABILITE ET DURABILITE D'UN SYSTEME COMPLEXE DEDIE AUX ENERGIES RENOUVELABLES APPLICATION A UN SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

Le 30 septembre 2011

5-HTES LAURENCE GARDESMETHODOLOGIE D'ANALYSE DES DYSFONCTIONNEMENTS DES SYSTEMES POUR UNE MEILLEURE MAITRISE DES RISQUES INDUSTRIELS DANS LES PME : APPLICATION AU SECTEUR DU TRAITEMENT DE SURFACE 2001.

6-Thèse : POUR UNE MEILLEURE APPROCHE DU MANAGEMENT DES RESIQUÉ Mohamed-Habib MAZOUNI 13 novembre 2008.

7-COURS DE MAINTENANCE INDUSTRIELLE Smail BENISSAAD ANNÉE UNIVERSITAIRE 2007-2008

8-MEMOIRE : OPTIMISATION DE FONCTION MAINTENACE PAR LA METHODE AMDEC ABDI ADIL 2012/2013.

9-Mémoire : Recherche d'une solution optimale d'exploitation et de maintenance des gazoducs algériens tenant compte de la fiabilité des équipements des différentes lignes MEBARKIA Djalal 2012/2013

10- William Denson, Greg Chandler,William Crowell, & Rick WannerNONELECTRONIC PARTSRELIABILITY DATA1991