

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**Université M'Hamed BOUGARA de Boumerdes**



**Faculté de Technologie**

**Département de Génie Mécanique**

**Mémoire de fin d'étude En vue d'obtention du Diplôme**

**De Master en Maintenance industrielle**

**THEME**

**Application de L'AMDEC sur la pompe 670-151**

**Aux CP2K SKIKDA**

Présenté par :

BOUROUIS Abdelkader

Encadrant :

Dr BOUAMRENE Mohamed Said

**Promotion 2021-2022**

## **Dédicace**

Grace à Dieu ;

Je dédie ce Modeste travail :

À mon père et ma mère

Qui m'ont donné la vie, l'espoir, l'amour et m'ont soutenu durant mes études.

Que dieu m'aide à leur rendre un peu de tout ce qu'ils ont fait pour moi.

À mes sœurs

À mes ami(e)s

## **Remerciement**

Je remercie le bon Dieu qui m'a donné la force, la sagesse, le courage

D'achever ce modeste travail.

Je tiens à remercier vivement tous ceux qui m'ont apporté un soutien

Pour l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude, particulièrement ma famille

Je remercie mon promoteur Mr BOUAMERENE Mohamed Saïd

Je remercie également ; Mr BOUCHARREB Oussama ingénieur à la SKE Skikda

, Mr HDJAJI Nour technicien de la CP2K Skikda pour leurs aides,

Leurs disponibilités

Et leurs Conseils

Aux membres de jury qui ont bien accepté d'examiner mon travail

et de l'apprécier à sa juste valeur.

## **Résumé**

La maintenance industrielle est un maillon essentiel de la chaîne de production. Elle intervient à tous les stades du cycle de vie des équipements industriels. Elle garantit notamment le bon fonctionnement durable des outils de production, par des actions d'entretien ou de réparation.

Ce travail a été réalisé au sein du complexe pétrochimique 2 Sonatrach-Skikda spécialisé en production du Polyéthylène à haute densité par le biais d'un réacteur, notre étude de cas est l'application d'AMDEC sur la pompe réacteur 670-151 qui est d'une importance majeure, son rôle est l'assurance de la circulation du mélange biphasique (liquide-gaz) et triphasique (liquide-gaz-solide) d'une façon continue.

L'étude du bon fonctionnement de cette dernière dans des conditions normalisées d'où l'optimisation de sa maintenance était l'objectif final, afin d'améliorer les performances de la machine et minimiser le taux d'arrêt de la pompe et son coût de maintenance.

## **Abstract**

Industrial maintenance is an essential link in the production chain. It intervenes at all stages of the life cycle of industrial equipment. It ensures the proper functioning of production tools, through maintenance or repair actions.

This work was carried out within the petrochemical complex 2 Sonatrach-Skikda specialized in the production of high density polyethylene through a reactor, our case study is the application of FMECA on the reactor pump 670-151 which is of major importance, its role is to ensure the circulation of the mixture bi-phase (liquid-gas) and tri-phase (liquid-gas-solid) in a continuous way.

The study of the good functioning of the latter in standardized conditions from where the optimization of its maintenance was the final objective, in order to improve the performances of the machine and to minimize the rate of stop of the pump and its maintenance cost.

# Table des matières

Dédicace

Remerciement

Résumé

Introduction générale ..... 1

## Chapitre I : Généralité sur la maintenance industrielle

I.1 Introduction ..... 2

I.2 Définition de la maintenance ..... 2

I.3 Le rôle de la maintenance ..... 2

I.4 Objectif de la maintenance ..... 2

I.5 Type de la maintenance ..... 3

I.5.1 La maintenance corrective ..... 3

I.5.1.1 Maintenance curative ..... 4

I.5.1.2 Maintenance palliative ..... 4

I.5.2 Maintenance préventive ..... 4

I.5.2.1 But de la maintenance préventive ..... 4

I.5.2.2 Maintenance préventive systématique ..... 5

I.5.2.3 Maintenance préventive conditionnelle ..... 6

I.5.2.4 Maintenance préventive prévisionnelle ..... 6

I.6 Les actions de maintenance ..... 7

I.6.1 Les actions de maintenance corrective ..... 7

I.6.1.1 Le dépannage ..... 7

I.6.1.2 La réparation ..... 7

I.6.2 Les actions de maintenance préventive ..... 7

I.6.2.1 Les inspections ..... 7

I.6.2.2 Les visites ..... 8

I.6.2.3 Les contrôle ..... 8

I.6.2.4 Les opérations de surveillance ..... 8

I.6.2.5	Auteur actions .....	8
I.7	Les Niveaux de la maintenance .....	9
I.8	Optimisation de la maintenance .....	10

## Chapitre II : présentation de l'entreprise et la pompe réacteur

II.1	Introduction .....	11
II.2	Situation géographique de CP2K .....	11
II.3	Description de CP2K .....	11
II.4	Découpage du complexe .....	11
II.5	Les installations de procédé .....	12
II.6	Description du procédé de fabrication PEHD .....	14
II.7	PEHD utilisation .....	14
II.8	Organisation du complexe CP2K.....	15
II.8.1	Département Production .....	15
II.8.2	Département Technique .....	16
II.8.3	Département Maintenance .....	17
II.8.4	Département Sécurité .....	17
II.9	Les équipements critiques de CP2K .....	18
II.10	Description du réacteur.....	19
II.10.1	La pompe réacteur.....	20
II.10.2	Système de réfrigération .....	21
II.10.3	Patte de décantation .....	21
II.11	La pompe réacteur.....	21
II.11.1	Démarrage/Arrêt de la pompe.....	24
II.11.2	Indications sur DCS.....	24
II.11.3	Mise en marche de la pompe .....	25
II.11.4	Schéma bloc de la motopompe .....	25
II.11.5	Le multiplicateur et l'impulseur .....	25
II.11.5.1	Le multiplicateur .....	25
II.11.5.2	L'impulseur.....	27
II.11.5.3	Avantage des deux hélices.....	28
II.12	Conclusion .....	28

## Chapitre III : méthode d'analyse AMDEC

III.1	Introduction .....	29
III.2	Définition de l'AMDEC : AFNOR (Norme X-510) .....	29
III.3	Histoire .....	29
III.4	Objectifs de l'AMDEC .....	30
III.5	Les différents types d'AMDEC .....	30
III.6	La méthodologie de l'AMDEC .....	31
III.7	AMDEC Machine .....	31
III.7.1	Démarche de l'AMDEC Machine .....	32
III.7.1.1	Le groupe de travail .....	32
III.7.1.2	Analyse fonctionnelle.....	32
III.7.1.3	Analyse des défaillances potentielles.....	33
III.7.1.3.1	Modes de défaillance.....	33
III.7.1.3.2	Causes de défaillance .....	33
III.7.1.3.3	Effets .....	33
III.7.1.4	L'évaluation .....	34
III.7.1.4.1	La gravité.....	34
III.7.1.4.2	La fréquence.....	34
III.7.1.4.3	La non détection.....	35
III.7.1.4.4	La criticité.....	35
III.7.1.5	Hierarchisation des risques.....	36
III.8	Conclusion .....	36

## Chapitre IV : Application AMDEC sur la motopompe 670-151

IV.1	Introduction .....	37
IV.2	Analyse fonctionnelle.....	37
IV.2.1	Outils .....	37
IV.2.1.1	Diagramme bête a corne .....	37
IV.2.1.2	La méthode de la pieuvre .....	39
IV.2.1.3	L'arborescence .....	40

<b>IV.3</b>	<b>Analyse des systèmes .....</b>	<b>41</b>
<b>IV.3.1</b>	<b>Analyse du moteur électrique.....</b>	<b>42</b>
<b>IV.3.2</b>	<b>Analyse du multiplicateur .....</b>	<b>43</b>
<b>IV.3.3</b>	<b>Analyse du circuit de lubrification .....</b>	<b>44</b>
<b>IV.3.4</b>	<b>Analyse de la pompe.....</b>	<b>46</b>
<b>IV.3.5</b>	<b>Classification des éléments suivant leur indice de criticité.....</b>	<b>48</b>
<b>IV.4</b>	<b>Solution et recommandation.....</b>	<b>49</b>
	<b>Conclusion générale.....</b>	<b>52</b>
	<b>Référence bibliographique .....</b>	<b>53</b>

## Liste des tableaux

Tableau I. 1 : les cinq niveaux de maintenance.....	9
Tableau II.1 : Découpage du complexe CP2K.....	12
Tableau II.2 : Tableau des différentes utilisations du PEHD .....	14
Tableau II.3 : Tableau des équipements critiques de CP2K.....	18
Tableau II.4 : Description des pièces de la pompe.....	23
Tableau II.5 : Présentation de la différence entre les impulseurs à 4 ou 5 blade.....	27
Tableau III.1 : Tableau de l'historique .....	29
Tableau III.2 : Tableau de gravité.....	34
Tableau III.3: Tableau de fréquence .....	34
Tableau III.4 : Tableau de non-détection.....	35
Tableau III.4 : Tableau de criticité.....	36
Tableau IV.1 : AMDEC moteur.....	42
Tableau IV.2 : AMDEC Multiplicateur.....	43
Tableau IV.3 : AMDEC circuit de lubrification.....	44
Tableau IV4 : AMDEC Pompe.....	46
Tableau IV.5 : Classification des éléments suivant leur indice de criticité.....	48

## Liste des figures

Figure I.1 : Les différents types de maintenance.....	3
Figure II.1 : Photo représentative des principales installations de l'unité CP2K.....	13
Figure II.2 : Organigramme de description du procédé de fabrication PEHD.....	14
Figure II.3: Organigramme du complexe CP2K.....	15
Figure II.4 : Photo du réacteur 950-155.....	19
Figure II.5 : La pompe du réacteur.....	20
Figure II.6 : Photo de la motopompe réacteur (670-151) .....	22
Figure II.7: Schéma de la pompe réacteur (670-151) .....	23
Figure II.8: Schéma du bloc de la motopompe.....	25
Figure II.9 : Multiplicateur de la pompe réacteur.....	26
Figure II.10 : Différence entre les deux impulseurs 4 ou 5 blade.....	27
Figure IV.1 : Diagramme bête à cornes de la pompe de réacteur.....	38
Figure IV.2 : Diagramme pieuvre.....	39
Figure IV.3: L'arborescence de la motopompe 670-151.....	40

## Introduction Générale

La maintenance industrielle se définit par le maintien ou la réparation d'équipements et moyens afin d'assurer une activité de production

Au sein du complexe CP2K, la synthèse du polyéthylène à haute densité est faite selon le procédé Phillips, dans un tube connu dans la littérature par le réacteur. Cette version du procédé permet une production continue du PEHD.

La motopompe réacteur 670-151 est considérée comme notre cas d'étude. Cette motopompe est d'une importance capitale car elle assure le mélange et la circulation du mélange réactionnel donc cet équipement est sensible dans ce procédé et sa bonne marche conditionne la productivité de l'unité

Ce travail est une application de la méthode AMDEC sur cet équipement pour mieux comprendre les modes et les causes de défaillance majeurs et ses points critiques qui influencent son rendement

L'objectif que nous souhaitons atteindre est d'améliorer les performances de la machine pour minimiser le taux d'arrêt de la pompe et les coût de maintenance.

Ce mémoire comprend quatre chapitres :

**Le premier chapitre** comporte une généralité sur la maintenance industrielle, son rôle, ses objectifs, ses actions, ses niveaux et son optimisation.

**Le deuxième chapitre** est une présentation du complexe **CP2K Skikda** et comprend un descriptif du réacteur et la motopompe, cas de notre étude.

**Le troisième chapitre** aborde des notions et des méthodologies de l'analyse AMDEC

**Enfin Le quatrième chapitre** est consacré à l'application de l'AMDEC et la présentation des résultats obtenues par notre étude ainsi que la proposition de quelques solutions.

Nous finissons notre travail par une conclusion générale.

# Chapitre I

### **I.1 Introduction**

Le haut niveau de complexité des industries d'aujourd'hui oblige ces dernières à maintenir certains de leurs systèmes à des niveaux élevés de disponibilité et de fiabilité. La dégradation et la défaillance de certains systèmes peuvent entraîner des coûts importants dus à la perte de production, aux interventions non planifiées en plus d'entraîner des risques pour la sûreté des installations et la sécurité du personnel. Dans ce premier chapitre on va parler de la maintenance en générale en commençant par une définition de la maintenance, son rôle, son objectif, ses types et enfin les actions de la maintenance ainsi que l'optimisation de la maintenance

### **I.2 Définition de la maintenance**

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise [1]

### **I.3 Le rôle de la maintenance**

La maintenance industrielle est un maillon essentiel de la chaîne de production. Elle intervient à tous les stades du cycle de vie des équipements industriels [2]

La maintenance commence dès la conception d'un matériel, il faut qu'il soit apte à être maintenu à produire, son utilisation doit être aisée et sa sécurité maximale pendant toute sa vie de production (durée de vie), la maintenance surveille le matériel : suit ces dégradations et le remet à niveau avec un contrôle de performances. [3]

### **I.4 Objectif de la maintenance**

La définition des objectifs ne peut se faire qu'en concertation avec la direction technique et les services de production ou d'exploitation.

Parmi les objectifs de la fonction de maintenance on trouve :

- L'organisation ;
- Le choix des méthodes de maintenance à appliquer ;
- La préparation et la planification des travaux ;
- L'optimisation des critères technico-économiques.

Le responsable de maintenance doit obtenir de la direction Les moyens compatibles avec les objectifs fixés. [4]

### I.5 Type de la maintenance

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Pour choisir, il faut donc être informé des objectifs de la direction, des directions politiques de maintenance, mais il faut connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode, les coûts de maintenance et les coûts de perte de production. [5]

On peut résumer les types de maintenance en 2 grands axes : corrective et préventive (Figure I.1)

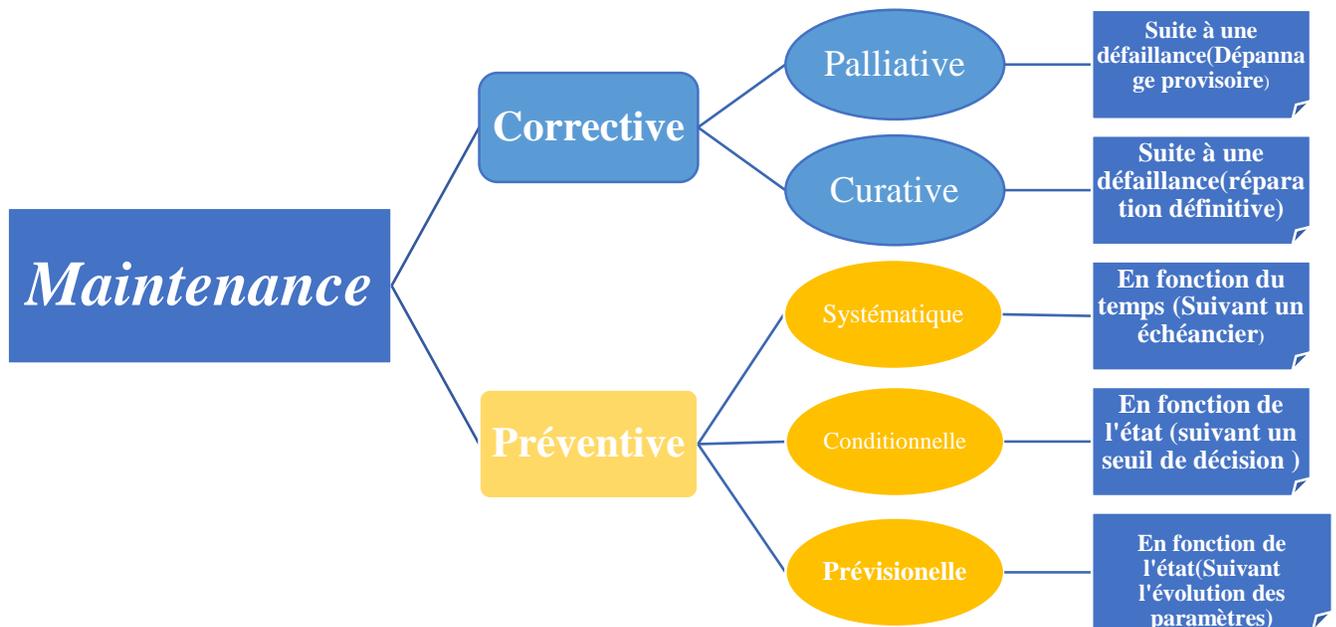


Figure I.1 : Les différents types de maintenance

#### I.5.1 La maintenance corrective

La maintenance corrective ou accidentelle est définie ainsi : « maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise »

- Elle peut être « différée » : si elle n'est pas exécutée immédiatement après la détection d'une panne, mais est retardée en accord avec des règles de maintenance données.

- Elle peut être « d'urgence » : si elle est exécutée sans délai après détection d'une panne afin d'éviter des conséquences inacceptables.

➤ **Définitions (extraits normes NF X 60-010) :**

La maintenance corrective appelée parfois curative (terme non normalisé) a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés et/ou une dépréciation en quantité et/ou qualité des services rendus.

### **I.5.1.1 Maintenance curative**

Ce type de maintenance permet de remettre définitivement en état le système après l'apparition d'une défaillance. Cette remise en état du système est une réparation durable. Les équipements réparés doivent assurer les fonctions pour lesquelles ils ont été conçus. Une réparation est une opération définitive de la maintenance curative qui peut être décidée soit immédiatement à la suite d'une défaillance, soit après un dépannage.

### **I.5.1.2 Maintenance palliative**

La maintenance palliative revêt un caractère temporaire, provisoire. Elle est principalement constituée d'opérations qui devront toutefois être suivies d'opérations curatives (réparations). Le dépannage est une opération de maintenance palliative qui est destinée à remettre le système en état provisoire de fonctionnement de manière à ce qu'il puisse assurer une partie des fonctions requises [6]

### **I.5.2 Maintenance préventive**

**Définition :** « Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. »

Elle doit permettre d'éviter des défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des Coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

#### **I.5.2.1 But de la maintenance préventive**

- Augmenter la durée de vie des matériels ;
- Diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;

- Prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;
  - Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions ;
  - Éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc. ;
  - Diminuer le budget de la maintenance ;
  - Supprimer les causes d'accidents graves.
- Il existe des différents types de maintenance préventive qui sont :

### **I.5.2.2 Maintenance préventive systématique**

#### **Visites systématiques :**

Les visites sont effectuées selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage. À chaque visite, on détermine l'état de l'organe qui sera exprimé soit par une valeur de mesure (épaisseur, température, intensité, etc.), soit par une appréciation visuelle. Et on pourra interpréter l'évolution de l'état d'un organe par les degrés d'appréciation : Rien à signaler, Début de dégradation, Dégradation avancée et Danger.

Par principe, la maintenance préventive systématique est effectuée en fonction de conditions qui reflètent l'état d'évolution d'une défaillance. L'intervention peut être programmée juste à temps avant l'apparition de la panne [7]

#### **Remplacements systématiques**

Selon un échéancier défini, on remplace systématiquement un composant, un organe ou un sous-ensemble complet (il s'agit d'un échange standard).

Dans la mise en place d'une maintenance préventive, il vaut toujours mieux commencer par des visites systématiques, plutôt que par des remplacements systématiques, sauf dans les cas suivants :

- lorsque des raisons de sécurité s'imposent ;
- lorsque le coût de l'arrêt de production est disproportionné par rapport au coût de remplacement ;
- lorsque le coût de la pièce concernée est si faible qu'il ne justifie pas de visites systématiques ;
- lorsque la durée de vie est connue avec exactitude par l'expérience.

Le risque de remplacement systématique est de changer des éléments encore capables d'assumer le bon fonctionnement pendant un temps non négligeable.

La visite systématique permet tout d'abord de capitaliser les expériences sur le comportement des organes soumis aux conditions d'utilisation réelle [7]

### **I.5.2.3 Maintenance préventive conditionnelle**

D'après la définition Afnor, il s'agit d'une forme de maintenance préventive basée sur une surveillance de fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent. La maintenance conditionnelle permet d'assurer le suivi continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a une évidence expérimentale de défaut imminent ou d'un seuil de dégradation prédéterminé. Cela concerne certains types de défaut, de pannes arrivant progressivement ou par dérive. L'étude des dérives dans le cadre des interventions de maintenance préventive permet de déceler les seuils d'alerte, tant dans les technologies relevant de la mécanique que celles de l'électronique. Au cours de la conception d'une installation, on définit des tolérances pour certains paramètres. La variation progressive d'un paramètre n'implique pas la défaillance d'un organe. Mais lorsqu'un paramètre sort de la tolérance, le fonctionnement peut être complètement perturbé. Le suivi de l'évolution des paramètres permet de préciser la nature et la date des interventions. Le paramètre suivi peut être :

- une mesure électrique (tension, intensité...);
- une mesure de température ;
- un pourcentage de particules dans l'huile ;
- un niveau de vibration...

On choisit comme paramètre à suivre celui qui caractérise le mieux la dégradation des composants ou la cause de la perturbation de fonctionnement [6]

### **I.5.2.4 Maintenance préventive prévisionnelle**

Une maintenance préventive conditionnelle permettant de réajuster les prévisions d'opérations de maintenance à effectuer, en estimant la tendance évolutive du dysfonctionnement éventuel détecté sur un équipement et le temps pendant lequel il est possible de continuer à l'utiliser avant la défaillance. Ces estimations se font à partir des analyses périodiques de l'état de

chaque équipement obtenu par les méthodes de la maintenance conditionnelle et l'utilisation de modèles d'usures [8]

### **I.6 Les actions de maintenance**

#### **I.6.1 Les actions de maintenance corrective**

##### **I.6.1.1 Le dépannage**

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires (maintenance palliative) avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation.

Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation sont la base d'un bon diagnostic et permettent souvent de gagner du temps.

Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses. De ce fait, les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépenses tentent d'organiser les actions de dépannage. Certains indicateurs de maintenance (pour en mesurer son efficacité) prennent en compte le problème du dépannage. Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt. [10]

##### **I.6.1.2 La réparation**

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

Remarque : la réparation correspond à une action définitive. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu.

Tous les équipements sont concernés.

#### **I.6.2 Les actions de maintenance préventive**

##### **I.6.2.1 Les inspections**

Activités de surveillance consistant à relever périodiquement des Anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

### I.6.2.2 Les visites

Opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance Préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

### I.6.2.3 Les contrôle

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :

- o Comporter une activité d'information
- o Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement
- o Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective

### I.6.2.4 Les opérations de surveillance

(Contrôles, visites, inspections) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

### I.6.2.5 Auteur actions

#### ➤ Révision :

Ensemble des actions d'examen, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné.

Il faut distinguer suivant l'étendue des opérations à effectuer les révisions partielles et les révisions générales. Dans les 2 cas, cette opération nécessite la dépose de différents sous-ensembles.

Le terme révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections.

Les 2 types d'opérations définis (révision générale ou partielle) relèvent du 4ème niveau de maintenance.

#### ➤ Les échanges standards :

Reprise d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé, et vente au même client d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble identique, neuf ou remis en état conformément aux spécifications du constructeur, moyennant le paiement d'une somme dont le

montant est déterminé d'après le coût de remise en état.

Soulte : somme d'argent qui, dans un échange ou dans un partage, compense l'inégalité de valeur des biens échangés.[9]

### **I.7 Les Niveaux de la maintenance**

La norme AFNOR X 60011, présente 5 niveaux de maintenance selon la complexité du travail à réaliser, la compétence des ressources humaines et les moyens matériels nécessaires à la réalisation du travail (tableau 1) [10] :

Tableau I. 1 : les cinq niveaux de maintenance

Niveaux	Types de travaux	Personnel d'intervention	Niveaux Moyens
1 <sup>er</sup> niveau	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement, ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	pilote ou conducteur (exploitant) du système sur place	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation.
2 <sup>ème</sup> niveau	dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes)	technicien habilité sur place (qualification moyenne)	outillage léger défini dans les instructions d'utilisation et pièces de rechanges disponibles sans délai
3 <sup>ème</sup> niveau	Identification et diagnostic de pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures...	technicien spécialisé sur place ou en local de maintenance	outillage prévu et appareils de mesure, banc d'essai, contrôle...
4 <sup>ème</sup> niveau	travaux importants de maintenance corrective ou préventive	équipe encadrée par un technicien	outillage général et spécialisé, matériels d'essais, de contrôle...

		spécialisé en atelier central.	
5 ème niveau	travaux de rénovation, de reconstruction ou réparation importantes confiées à un atelier central	équipe complète et polyvalente en atelier central	moyens proches de la fabrication

### **I.8 Optimisation de la maintenance**

Dans le contexte actuel d'ouverture des marchés, les entreprises doivent améliorer leur compétitivité et donc leur productivité. « Produire plus pour moins cher » c'est avoir une meilleure disponibilité des moyens de production et c'est dépenser moins. Or la maintenance influe sur les deux facteurs : une maintenance mieux ciblée, c'est moins d'indisponibilité ; une maintenance mieux maîtrisée, c'est moins de dépenses,

Au vu de l'importance du processus maintenance et de son impact sur les performances des installations, des méthodes d'optimisation ont été développées permettent d'aider les responsables de maintenance à construire ou à modifier les stratégies de maintenance telle que la méthode **AMDEC**, la méthode **Ishikawa** (ou le diagramme Causes Effets), Le diagramme de **Pareto**, méthode des **5S**, la méthode **KAIZEN**, la méthode d'**AUTOMAINTEANCE**...

# Chapitre II

## **II.1 Introduction**

Ce chapitre présente l'unité d'accueil (Complexe Pétrochimique 2 de SKIKDA « CP2K ») où s'est déroulé le stage pratique de mon projet de fin d'étude avec une description de la motopompe réacteur 670-151 le cas de notre étude

## **II.2 Situation géographique de CP2K :**

Le complexe CP2K est situé dans la zone industrielle de Skikda, avec une superficie de 16,68 hectares (166 800 m<sup>2</sup>) dont 10% ont été construits. Ses frontières sont au nord par la Méditerranée et au sud par SOMIK (société de Maintenance Industrielle Skikda), à l'est par FIR (Force d'Intervention et de Réserve) et à l'ouest par CP1K (Complexe Pétrochimique 1 de Skikda) L'unité de production de polyéthylène haute densité (PEHD) est située dans le complexe CP2K sur la côte à environ 6 km à l'est de la wilaya de Skikda et a une hauteur moyenne d'environ 6 mètres au-dessus du niveau de la mer

## **II.3 Description de CP2K :**

Le complexe CP2K a pour objectif de produire du polyéthylène à haute densité PEHD. L'unité est d'une capacité de 130.000 t/an au niveau de la zone industrielle de Skikda, elle comporte une seule ligne de production

Le complexe utilise comme matières premières principales :

- L'éthylène venant du CP1K situé à proximité ou bien l'éthylène importé
- Isobutane venant du GL1K situé également à proximité.
- l'hexène
- Le catalyseur
- l'hydrogène

La production de l'unité PEHD est destinée à l'approvisionnement de l'industrie nationale de transformation plastique et éventuellement à l'exportation.[11]

## **II.4 Découpage du complexe :**

**Zone off site :** C'est la zone qui comporte les utilités (chaudières, air, azote, eau distillée, eau anti-incendie, eau potable, ...) ainsi que les différentes installations auxiliaires de l'unité telles que la torche, le stockage de l'isobutane et de l'hexène, le traitement des eaux et l'activation du catalyseur

**Zone humide** : Elle s'appelle aussi zone de réaction, les matières premières avant d'entrer au réacteur passent par les traiteurs afin d'éliminer les impuretés. C'est celle qui comporte le réacteur, les différents traiteurs et les compresseurs...

**Zone sèche** : Elle est composée de l'extrudeuse, des soufflantes, des silos de stockage des produits finis ainsi que de la partie de l'ensachage.

**Zone bâtiment** : Comme son nom l'indique, c'est dans cette zone qu'on trouve : le bloc administratif, les finances, la cantine et les vestiaires, le bloc sécurité et infirmerie, le magasin des pièces de rechanges et l'atelier de maintenance, la sous station haute et basse tension ainsi que la salle de contrôle et le laboratoire. [12]

Tableau II.1 : Découpage du complexe CP2K

<b>Zone off site</b>	<b>Zone humide</b>	<b>Zone sèche</b>	<b>Zone bâtiment</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torche.</li> <li>• Stockage isobutane Ethexène.</li> <li>• Traitement des eaux usées.</li> <li>• Activation catalyseur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traiteurs.</li> <li>• Réacteurs.</li> <li>• Compresseur.</li> <li>• Capacités.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrudeuse.</li> <li>• Soufflantes.</li> <li>• Silos de stockage produits finis (poudre et granulé).</li> <li>• Ensachage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloc ADM et finance.</li> <li>• Cantine et vestiaires.</li> <li>• Bloc sécurité infirmerie.</li> <li>• Magasin pièces de rechange, ateliers et bloc technique.</li> <li>• Sous stations haute et basse tension.</li> <li>• Salle de contrôle processus et laboratoire.</li> </ul>

## **II.5 Les installations de procédé**

Les principales installations présentées dans la figure II.1 sont :

- Le réacteur : Tuyauterie en boucle fermée destinée pour la polymérisation ;
- L'extrudeuse : Système de finition de produit sous forme de granulés ;
- L'ensachage : Système automatique d'emballage du PEHD. [13]

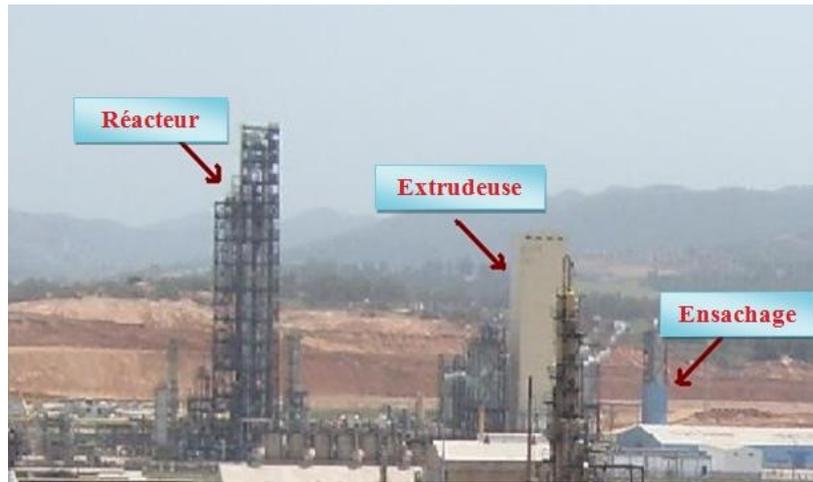


Figure II.1 : Photo représentatif des principales installations de l'unité CP2K.

Il existe d'autres installations auxiliaires nécessaires pour le procédé et qui sont :

- Production de vapeur, électricité, air etc.....
- Traitement des effluents.
- Stockage de la matière première et des additifs
- Magasin de stockage du produit fini.

## II.6 Description du procédé de fabrication PEHD

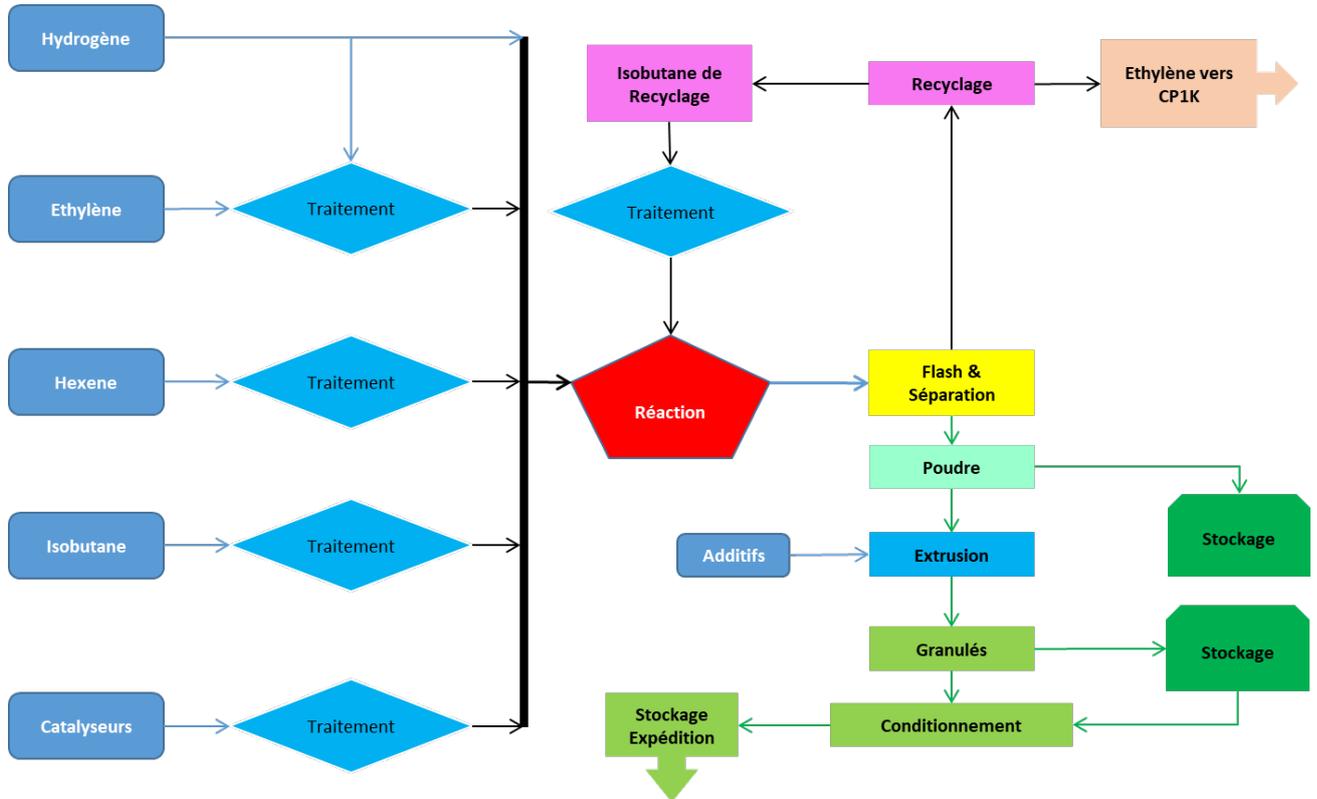


Figure II.2 : Organigramme de description du procédé de fabrication PEHD

## II.7 PEHD utilisation

Tableau II.2 : Tableau des différentes utilisations du PEHD [14]

produits	Grades	Applications
SOUFFLAGE	5502	Bouteilles de petites et moyennes capacités
	4903	Bouteilles de moyennes et grandes capacités
	6006 L	Petite bouteille pour lait, jus de fruits et boissons douces
INJECTION	6030	Bouchons de bouteille et de fut
	6040	Bouchons de bouteille et de fut
	6060	Caisses, bidons de peinture, jouet et articles divers

	6080	Caisses, chaises, bidons de peinture, jouet et articles divers
FILM	TR 140	Film agricole et sacherie
	TR 144	Film pour sacs, sacs poubelle, sachets tous usage
PIPE	TR 402	Tube eau
	TR 418	Tube gaz

## II.8 Organisation du complexe CP2K

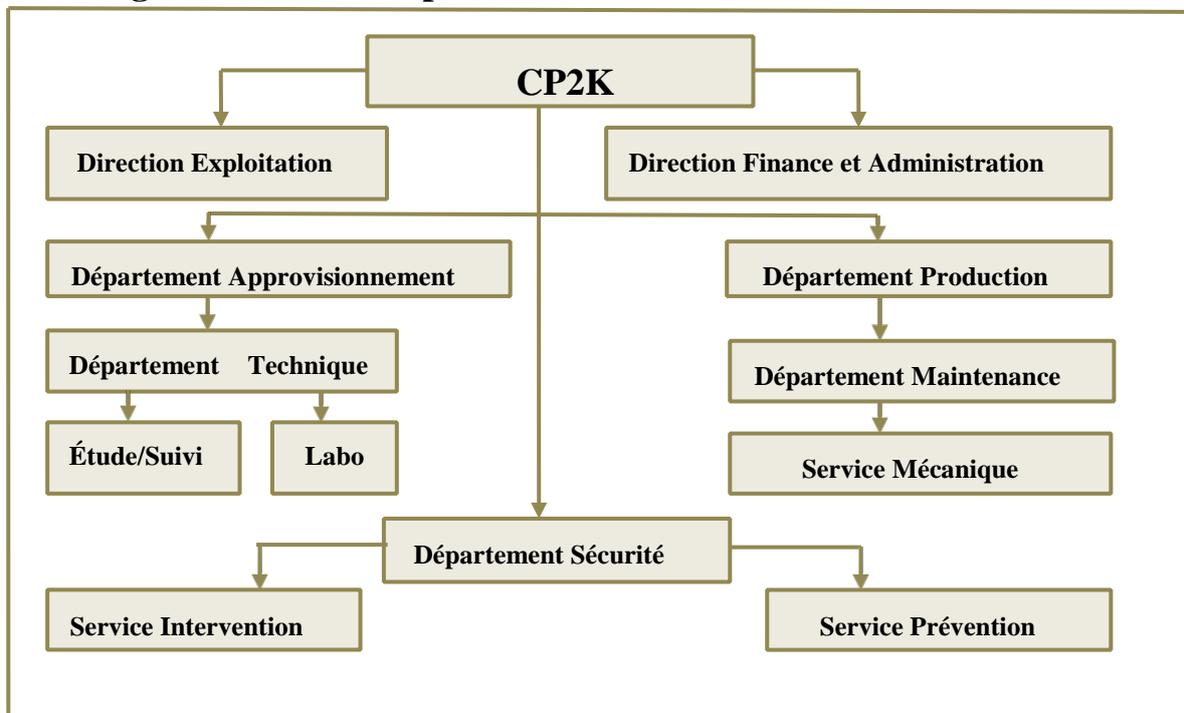


Figure II.3: Organigramme du complexe CP2K

### II.8.1 Département Production

Il comporte les trois zones du complexe citées précédemment (zone off site, zone humide et zone sèche), qui sont regroupées dans deux types d'installations.

➤ Installations principales de l'usine

- Unité de préparation et de traitement des matières premières.
- Réacteur où se déroulent la polymérisation et la récupération du PEHD en poudre.
- Extrudeuse qui transforme la poudre en granulés.

- Stockage intermédiaire (Capacité 3500 Tonnes).
- Unité de conditionnement.
  - Installations auxiliaires
- Production de la vapeur, électricité, air etc.... ;
- Traitement des effluents
- Stockage matières premières, utilités et additifs (Eau, Hydrogène, Héxène, Isobutane)
- Magasin de stockage de produit fini d'une superficie de 18 000 m<sup>2</sup> soit une capacité de 12000 tonnes.

### **II.8.2 Département Technique**

C'est un département très important, qui travaille en parallèle avec les autres départements, il est constitué de trois services :

- Service étude/suivi : dont le travail est concentré sur les études des problèmes pouvant être rencontrés dans les différents départements, et d'apporter des modifications nécessaires. L'étude des nouveaux projets se fait aussi au niveau de ce service.
- Service inspection : dont le rôle est de valider les équipements et des installations par des systèmes programmés.
- Service laboratoire : dont la tâche est d'analyser en continu la matière première, le catalyseur et le produit fini.
  - Les différents tests et analyses réalisés au laboratoire sont :
- L'analyse de la pureté de la matière première ;
- L'activation du catalyseur à l'échelle laboratoire ;
- La production des granulés et des films par une extrudeuse soufflante à l'échelle laboratoire et des plaques par une presse.

Les tests mécaniques et physiques tels que : le stress cracking (la résistance à la fissuration), la résistance à la torsion, la résistance à la rupture, la résistance des films au déchirement, l'opacité, temps nécessaire pour la dégradation (durée de vie), la densité, l'indice de fluidité.

### **II.8.3 Département Maintenance**

Ce département assure l'entretien et la maintenance des équipements, il est constitué de cinq services :

- Service Méthodes
- Service Réalisation
- Service Mécanique
- Service Électricité
- Service Instrumentation

Le travail de ce département est divisé en deux parties, un travail périodique programmé pour chaque équipement, et un travail fait suite aux demandes formulées par le département de production en cas de pannes. Dans ce deuxième cas, le travail est d'abord planifié, puis préparé et enfin envoyé au service concerné qui dépend toujours du département de maintenance.

### **II.8.4 Département Sécurité**

Le complexe CP2K comme toutes les usines comporte un département HSE (Hygiène, Sécurité et Environnement) qui, à son tour, contient deux services :

- Service prévention
- Service intervention [15]

## **II.9 Les équipements critiques de CP2K**

Les principaux équipements critiques qui existent au niveau CP2K, et leurs paramètres de fonctionnement, ainsi que leurs potentiels de danger sont repris dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : Tableau des équipements critiques de CP2K

<b>Équipement</b>	<b>Fluide</b>	<b>Pression Maximale de service</b>	<b>Température maximal Service</b>	<b>Risque de</b>
<b>Pompe Réacteur 670/151</b>	Éthylène Isobutane Hydrogène Hexène Les catalyseurs	60.8bar	150°C	inflammable
<b>Compresseur éthylène 160- 101A/B</b>	Éthylène	58bar	32°C	Inflammable
<b>Compresseur de propane 160-181</b>	Propane	15bar	100°C	Inflammable
<b>Chambre de flash</b>	PEHD	0,1bar	100°C	Inflammable
<b>Pompe d'isobutane frais 670-121A/B</b>	Isobutane frais	77bar	115°C	Inflammable
<b>Les Traiteurs 950-103A/B 950-104A/B 950-106A/B 950-107A/B</b>	L'éthylène	/	/	Inflammable
<b>Réacteur 950/155</b>	Éthylène Isobutane Hydrogène Hexène	44bar	105°C	Inflammable
<b>Colonne de purification</b>	Isobutane	1.5bar	150°C	Inflammable

## II.10 Description du réacteur

Le réacteur 950-155 est un tube de diamètre intérieur de 560 mm en forme de boucle, composé de quatre sections verticales, est relié par des sections horizontales. La partie verticale a une enveloppe isolante pour la réfrigération. Ceux-ci, en acier au carbone, ont un diamètre extérieur de 760 mm et une capacité de 78,3 m<sup>3</sup>, les conditions de conception pour la pression et la température étaient de 15 kg/cm<sup>2</sup> g et 142 °C, respectivement, et 50 % du volume du réacteur par volume est l'éthylène. Le réacteur peut être divisé en quatre parties :

- Enceinte du réacteur
- Pompe de réacteur
- Système de réfrigération
- Patte de décantation



Figure II.4 : Photo du réacteur 950-155

### II.10.1 La pompe réacteur

La pompe du réacteur 670-151 (figure 2) à flux axial horizontal, fonctionnant en continu à 1900 tr/min et entraînée par un moteur électrique. Le corps de la pompe est en acier au carbone, les composants internes sont en aluminium et les conditions de conception de pression et de température sont respectivement de 60,8 kg/cm<sup>2</sup> g et 150°C. Elle circule à un débit de 7308m<sup>3</sup>/h avec une pression de refoulement de 44,65 kg/cm<sup>2</sup> g

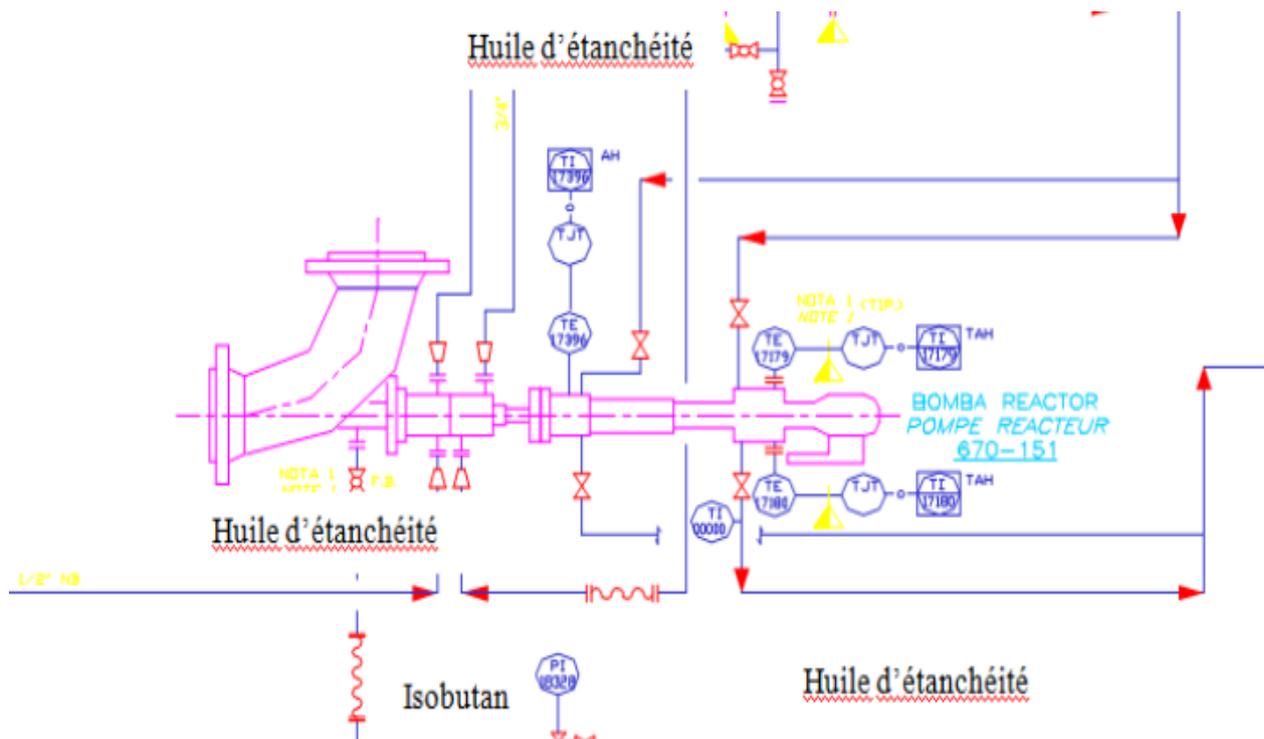


Figure II.5 : La pompe du réacteur

### II.10.2 Système de réfrigération

Le système de refroidissement du réacteur est une boucle fermée d'eau traitée, d'eau adoucie avec des additifs chimiques. L'eau traitée atteint la zone du réacteur par un tuyau de 30 cm de long. Ainsi, le flux de réfrigérant est divisé en deux flux avec approximativement la même vitesse d'écoulement. [16]

### II.10.3 Patte de décantation

La fonction de la patte de décantation est de concentrer le polymère solide contenu dans le mélange de polyéthylène isobutane moyennant décantation, avant que le produit soit déchargé à la Chambre de flash 950-161. [15]

### II.11 La pompe réacteur

Le mélange d'isobutane-éthylène-polyéthylène circule dans le réacteur à l'aide de la pompe du réacteur 670-151. La pompe du réacteur est horizontale à flux axial, fonctionne en continu à 1900 tr/mn et est actionnée par un moteur électrique. La pompe dont le corps est en acier au carbone et les internes sont en aluminium, a des conditions de design de 60,8 kg/cm<sup>2</sup> et 150°C respectivement pour la pression et la température. Elle dispose de même d'un système de "flushing" ou lavage moyennant de l'isobutane de recyclage et d'un système de réfrigération.

Le système de lavage alimente de l'isobutane frais ou de recyclage à la pompe. Le débit d'alimentation est contrôlé par le FIC-14103 avec indications sur DCS et alarme de faible débit. L'isobutane alimente aussi le système de pressurisation du type à piston de circuit primaire à huile d'étanchéité comme fluide moteur de celui-ci. [17]

L'unité est composée des principaux équipements suivants :

- Pompe réacteur (670-151)
- Pompes huile des paliers à pompe réacteur (670-153 A/B)
- Réservoir d'huile de paliers pompe réacteur (950-157)
- Refroidisseur huile de paliers pompe réacteur (410-152)
- Filtres huile de paliers pompe réacteur (350-153 A/B)
- Pompe manuelle de transvasement huile d'étanchéité (670-154)
- Système de pressurisation de type piston du circuit primaire (630-151)
- Refroidisseur d'huile d'étanchéité du circuit primaire pompe réacteur (410-151)
- Réservoir d'huile d'étanchéité du circuit auxiliaire pompe réacteur (950-156)
- Refroidisseur d'huile d'étanchéité du circuit auxiliaire pompe réacteur (410-155)



Figure II.6 : Photo de la motopompe réacteur (670-151)

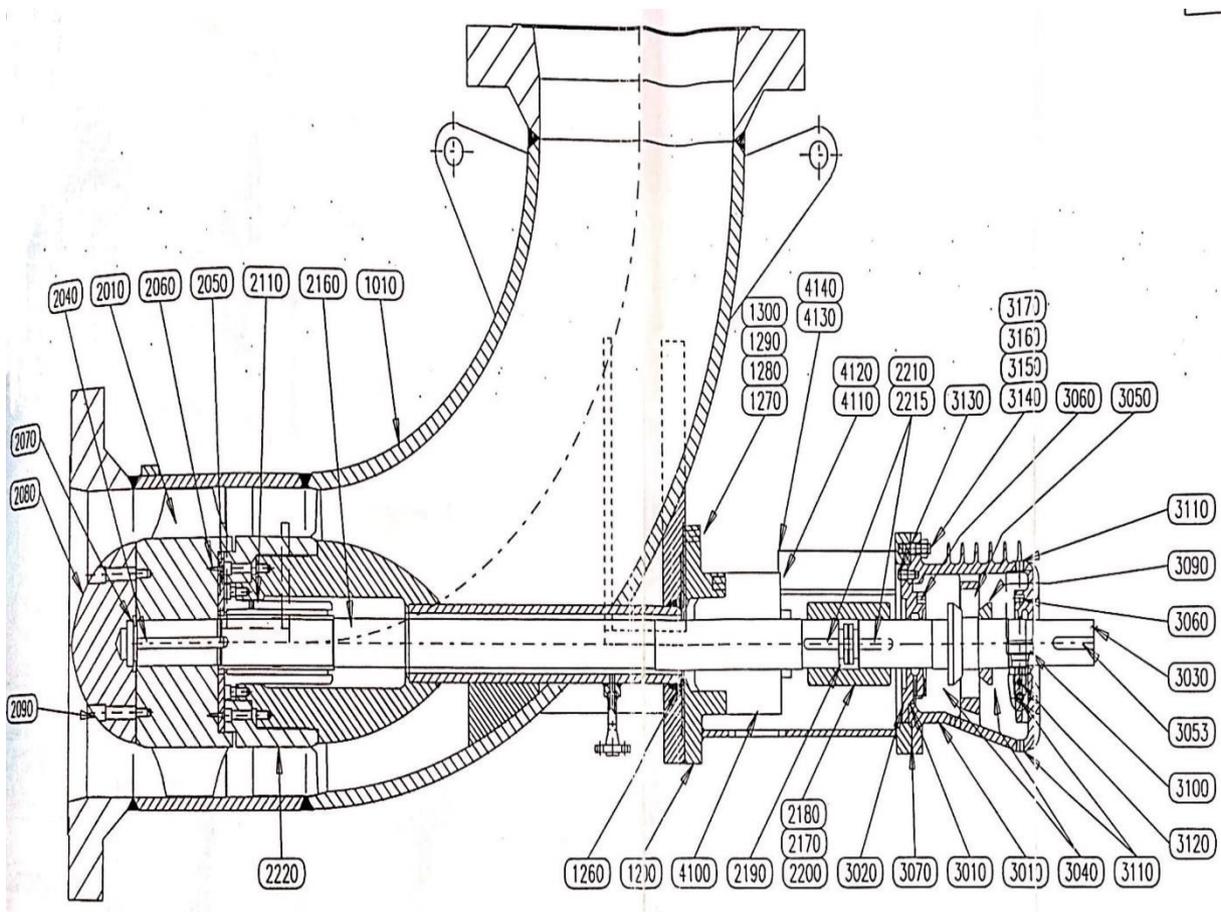


Figure II.7: Schéma de la pompe réacteur (670-151) [17]

Tableau II.4 : Description des pièces de la pompe [17]

<b>N°</b>	<b>Description</b>	<b>N°</b>	<b>Description</b>
1010	Coude	2250	Vis de bouchon
1200	Étoupe	3010	Logement de palier
1260	Joint torique	3020	Couvercle de palier
1270	Goujons	3030	Arbre : ensemble de plier
1280	Écrou hexagonal	3035	Clavette
1290	Goupille	3040	Roulement de butée
1300	Écrou hexagonal	3050	Roulement de butée
2010	Hélice	3060	Cale
2040	Clavette	3070	Bague
2050	Entretoise	3080	Cale
2060	Vis de blocage	3190	Entretoise
2070	Bague	3100	Hauteur constant huile denco séries
2080	Bouchon d'hélice	3110	Raccord de tuyau
2090	Vis de bouchon	3120	Raccord de tuyau
2110	Palier lisse (coussinet)	3130	Bouton
2150	Bouchon à vis	3140	Goujon
2160	Arbre hélice	3150	écrou hexagonal
2170	Bouchon à vis	3160	Goujon conique
2180	Rondelle	3170	Écrou hexagonal
2190	Anneau butée	4100	Garniture mécanique
2200	Accouplement	4110	Goujons
2210	Clavette d'accouplement	4120	Écrou hexagonal
2215	Clavette d'accouplement	4130	Glande Garde
2220	Stator	4140	Bouton

### II.11.1 Démarrage/Arrêt de la pompe

Le démarrage de la pompe du réacteur est assuré par le sélecteur local, lequel passe par le PLC pour obtenir le permis des verrouillages, la pompe s'arrête par l'actionnement des pressostats de haute pression dans le réacteur ou bien par le sélecteur de secours sur console. Chaque fois qu'un arrêt du moteur de la pompe se produit, le système inhibiteur du réacteur s'active. [18]

### II.11.2 Indications sur DCS

- ✓ État du moteur de la pompe, ML-11026.
  - ✓ Alarme du système ESD activé, YA-11026.
  - ✓ Temps de fonctionnement du moteur KQI-11026.
  - ✓ Déclenchement électrique, YA-12107.
  - ✓ Intensité II-13338 avec alarme de haute.
  - ✓ Chute de puissance JI-13148 avec alarme de très haute, haute et basse.
  - ✓ État du moteur de la pompe 670-153 A/B : ML-11053/ML-11054.
  - ✓ Alarmes de haute et très haute température sur les paliers extérieurs TAH-17183 A/B.
  - ✓ Alarmes de hautes températures sur les bobinages, TAH-17182 A'EF-Alarmes de haute et très haute température sur les paliers intérieurs, TAH-17181, TAHH-17181.
- [18]

### II.11.3 Mise en marche de la pompe

- Avant de mettre en marche la pompe axiale, il faut remplir complètement de liquide le corps de la pompe et la conduite d'aspiration.
- S'assurer que le réacteur est complètement mis à l'air libre et libéré de tout gaz dans le système qui compromet le fonctionnement de la pompe.
- S'assurer que le système d'étanchéité est sous pression.
- S'assurer de l'absence de fuite dans la conduite d'aspiration et de refoulement.
- Vérifier les Systèmes d'huile de lubrification et s'assurer que les paliers de la pompe et multiplicateur sont bien lubrifiés et surveiller la température des paliers. [18]

## II.11.4 Schéma bloc de la motopompe



Figure II.8: Schéma du bloc de la motopompe

## II.11.5 Le multiplicateur et l'impulseur

### II.11.5.1 Le multiplicateur

Le multiplicateur est du type hélicoïdal mono-étage dont les axes des arbres d'entrée et de sortie sont dans un plan horizontal. Le moteur électrique entraîne l'arbre de la roue d'entrée, tandis que la pompe est entraînée par l'arbre-pignon de sortie, par l'intermédiaire d'accouplement approprié.

Les vis d'engrenage et les paliers de multiplicateur sont disposés de façon à être lubrifiés sous pression avec de l'huile fournie par le système de lubrification à la bride d'entrée du carter d'engrenage (côté haute vitesse). L'huile est distribuée par des canalisations montées sur l'équipement, et pour le contrôle de la température, montre des thermo sondes dans la face active de chaque palier. [18]



Figure II.9 : Multiplicateur de la pompe réacteur

### ❖ Données techniques

- Vitesse d'arbre :
  - Arbre d'entrée 1480 tr/mn
  - Arbre de sortie 1802.9 tr/mn
- Description d'engrenage :
  - Nombre des dents pignon est 55
  - Nombre des dents roue et 67
- Lubrification :
  - Type d'huile de lubrification et Davide Brown type (ISOVG68)
  - Quantité d'huile 40 litre /mn
- Température d'alarme et de des enclenchements des paliers :
  - Température minimale de démarrage 10°C
  - Point d'alarme initial pignon et roue 65° [19]

### II.11.5.2L'impulseur

La pompe 670-151 est une pompe axiale à haute pression destinée pour circuler des débits importants (de polyoléfine polyéthylène PE, polypropylène PP) de l'industrie chimique. Elle est conçue pour deux type d'hélice 4 et 5 blade.



Figure II.10 : Différence entre les deux impulseur 4 ou 5 blade

La différence entre un impulseur de 4 blade ou 5 blade et l'impact sur la pompe et le mélange dans le réacteur sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau II.5 : Présentation de la différence entre les impulseurs à 4 ou 5 blade[19]

Classification	4 blade	5 blade
Débit de circulation	4000 T/heure	4600 T/heure
La vitesse	4.5 m/sec	5.2 m/sec
Puissance du moteur	361 KW	473 KW
Circulation pompe $\Delta P$	0.85 kg/cm <sup>2</sup>	1.02 kg/cm <sup>2</sup>
Température de réacteur	98.8 °C	98 °C

### **II.11.5.3 Avantage des deux hélices**

#### 4 Blades

- Économiser de l'énergie
- Stabilisation de la garniture mécanique
- Moins production de fine

#### 5 Blades

- Fort débit de production implique plus de production

### **Inconvénient des deux hélices**

#### 4 Blades

- Faible débit de circulation
- Baisse de la production

#### 5 Blades

- Plus de production de fine
- Plus consommation électrique [9]

### **II.12 Conclusion**

En service maintenance, la pompe nécessite que des inspections et des contrôles périodiques. Tout niveau anormal de bruit, de vibration, de chaleur ou toute augmentation soudaine de la puissance absorbée par le moteur est un indice de problème potentiel, qu'il faut examiner sans attendre (rapidement).

Pour assurer la maintenance d'une pompe il faut vérifier :

- Le lignage (alignement)
- La température des paliers
- La vibration, contrôle vibratoire à l'aide des données du constructeur
- Le graissage

Donc on a choisi la méthode AMDEC pour faire apparaître les différents problèmes de cette pompe réacteur.

# Chapitre III

### III.1 Introduction

La méthode AMDEC a été utilisée originellement dans le traitement des risques potentiels essentiels aux activités de production de l'armement nucléaire. Progressivement, elle a été adaptée à l'ensemble des activités à risques (nucléaire civil ; domaine aéronautique, spatial ; grands travaux), puis a été intégrée dans les projets industriels. De nos jours, son emploi est très répandu dans le monde industriel soit pour améliorer l'existant, soit pour traiter préventivement les causes potentielles de non-performance des nouveaux produits, procédés ou moyens de production. L'utilisation de l'AMDEC peut paraître pénible ; cependant, les gains qu'elle permet de réaliser sont très souvent bien plus importants que les efforts de mise en œuvre qu'elle suggère. La mise en œuvre de l'AMDEC offre une garantie supplémentaire pour l'entreprise industrielle de l'amélioration de ses performances. Son utilisation très tôt en phase de conception (du produit, du procédé ou de l'outil de production) révèle la volonté de l'entreprise d'anticiper les problèmes potentiels plutôt que d'en subir les conséquences à terme.

### III.2 Définition de l'AMDEC : AFNOR (Norme X-510)

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), définie par la norme NF X60-510 est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances et les conséquences affectant le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée. La méthode AMDEC fait ressortir les points faibles d'un équipement et permet de poser des actions correctives justifiées. On peut aussi voir quels sont les équipements critiques sur lesquelles on doit s'attarder de faire une bonne maintenance. [20]

### III.3 Histoire

Tableau III.1 : Tableau de l'historique [21]

1950's	la méthode FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) est introduite aux États-Unis dans le domaine des armes nucléaires.
1960's	cette méthode est mise en application en France sous le nom d'AMDEC pour les programmes spatiaux et aéronautiques.
1970's	son application est étendue aux domaines du nucléaire civil, des transports terrestres et des grands travaux.
1980's	L'AMDEC est appliquée aux industries de produits et de biens d'équipement de production.

### III.4 Objectifs de l'AMDEC

L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle qui permet d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production, et d'engager les actions correctives nécessaires.

L'objectif principal est l'obtention d'une disponibilité maximale.

Les objectifs intermédiaires sont les suivants :

- Analyser les conséquences des défaillances.
- Réduction du nombre des défaillances.
- Prévention des pannes.
- Amélioration de fabrication, du montage et de l'installation.
- Amélioration de la maintenance préventive.
- Identifier les modes de défaillances.
- Aide au diagnostic.
- Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection.
- Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance.
- Classer les modes de défaillance.
- Amélioration de la sécurité. [22]

### III.5 Les différents types d'AMDEC

Il existe plusieurs types d'AMDEC :

- **AMDEC Processus** On identifie les défaillances du procédé de fabrication dont les effets agissent directement sur la qualité du produit fabriqué (les pannes ne sont pas prises en compte).
- **AMDEC Moyen (machine)** On identifie les défaillances du moyen de production dont les effets agissent directement sur la productivité de l'entreprise. Il s'agit donc de l'analyse des pannes et de l'optimisation de la maintenance pour améliorer la disponibilité.
- **AMDEC Sécurité** Dont le but est de réduire les risques liés à l'utilisation d'un moyen de production.
- **AMDEC Produit** Qui analyse l'impact des défaillances d'un produit sur l'utilisation qu'en fait un client.

- **AMDEC Services** s'applique pour vérifier que le travail fait correspond aux attentes de production : [26]

### **III.6 La méthodologie de l'AMDEC**

La réalisation d'une AMDEC suppose le déroulement de la méthode comme suit :

- a) La constitution d'un groupe de travail.
- b) L'analyse fonctionnelle du procédé (ou de la machine).
- c) L'analyse des défaillances potentielles.
- d) L'évaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité.
- e) La définition et la planification des actions.

### **III.7 AMDEC Machine**

Dans notre étude, nous allons nous intéresser à la méthode AMDEC machine qui a pour but d'évaluer et de garantir la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité des machines par la maîtrise des défaillances. Elle a pour objectif final au meilleur coût, un rendement global maximum de la machine de la production et équipements industriels. Son rôle n'est pas de mettre en cause la fonction de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions peuvent ne plus être assurées correctement et préconiser des solutions pour en réduire les conséquences. L'étude AMDEC machine vise à :

- Réduire le nombre de défaillance :
  - Prévention des pannes
  - Fiabilisation de la conception
  - Amélioration de la surveillance et des tests
  - Amélioration de la maintenance préventive
  - Détection précoce des dégradations
- Réduire les temps d'indisponibilité :
  - Prise en compte de la maintenabilité de la conception
  - Amélioration de la maintenance corrective
  - Aide au diagnostic
- Améliorer la sécurité. [23]

### **III.7.1 Démarche de l'AMDEC Machine**

L'emploi des AMDEC crée une ossature qu'il convient de compléter et d'outiller. Pour cela une analyse plus fine de la pertinence des informations est nécessaire. L'AMDEC s'appuie sur le travail de groupe, la réflexion collective et l'expérience des participants. Il faut donc constituer un groupe de travail dont le choix des participants dépend de leur expérience, connaissance de la problématique, niveau de technicité et faculté à travailler en équipe.

#### **III.7.1.1 Le groupe de travail**

L'AMDEC étant une méthode prédictive, elle repose fortement sur l'expérience.

Il est donc nécessaire de faire appel à des expériences d'horizons divers afin de neutraliser l'aspect subjectif des analyses.

Un groupe de travail doit nécessairement être constitué. Ce groupe, est composé de 4 à 8 individus issus de divers services de l'entreprise :

- service production
- service maintenance
- service qualité
- service méthodes...Etc. [24]

#### **III.7.1.2 Analyse fonctionnelle**

Une panne est la disparition ou la dégradation d'une fonctionnalité. Par conséquent, pour trouver des pannes potentielles, vous devez comprendre ces fonctions.

Le but de l'analyse fonctionnelle est de déterminer les fonctions principales, contraintes d'un produit de manière assez complète.

La fonction principale est la fonction de la conception du système pour répondre aux besoins de l'utilisateur.

Interrelation des réponses fonctionnelles contraintes avec l'environnement extérieur.

Pour effectuer correctement l'analyse fonctionnelle, trois étapes principales doivent être effectuées :

- 1- Définir le besoin à satisfaire. Le principe consiste à décrire le besoin et la façon dont il est satisfait et comment il risque de ne pas être satisfait.
- 2- Définir les fonctions correspondant aux besoins. Chaque fonction répond à quoi sert-elle ? alors nous pouvons identifier les défaillances potentielles
- 3- Établir l'arbre fonctionnel afin de visualiser l'analyse fonctionnelle. Très souvent les fonctions comportent des sous-fonctions ou résultent d'un ensemble des fonctions élémentaires. D'où le besoin de l'arbre fonctionnelle. [28]

### **III.7.1.3 Analyse des défaillances potentielles**

L'AMDEC a pour but premier de déceler les défaillances probables ou les points faibles. Il est donc naturel que les événements soient davantage précisés. Ainsi considérerons qu'une défaillance se caractérise par son mode d'apparition, sa cause et ses effets sur le système ainsi que sur les autres composants. [25]

#### **III.7.1.3.1 Modes de défaillance**

La norme (NF X60-510), relative à la procédure d'analyse des modes de fonctionnement et de leurs effets (une AMDE diffère essentiellement d'une autre AMDEC par l'absence d'évaluation de la criticité). Les modes de défaillance sont étroitement liés à l'environnement et aux conditions de fonctionnement. Une analyse fine de la situation est indispensable.

#### **III.7.1.3.2 Causes de défaillance**

C'est l'anomalie qui conduit au mode de défaillance. La défaillance est un écart par rapport à la norme de fonctionnement.

#### **III.7.1.3.3 Effets**

Il est important pour la précision de l'AMDEC de répartir les effets d'une défaillance selon deux catégories :

- Les effets sur le système. Ils sont les conséquences directes du dysfonctionnement sur l'ensemble du dispositif. Contrairement aux moyens de détection, ils ne sont pas toujours imperceptibles mais néanmoins jamais sans conséquence à plus ou moins long terme.
- Les effets locaux. Logiquement et évidemment ces cas se rencontrent lorsque l'on n'a pas pu détecter les défaillances plus tôt. [27]

### III.7.1.4 L'évaluation

L'évaluation de la criticité de chaque combinaison cause, mode, effet se fait par des critères de cotation :

- La fréquence d'apparition de la défaillance.
- La gravité de la défaillance.
- La probabilité de non-détection de la défaillance.

#### III.7.1.4.1 La gravité

Elle exprime l'importance de l'effet sur la productivité (AMDEC machine) ou sur la sécurité.

Tableau III.2 : Tableau de gravité

VALEUR	GRAVITE : G
1	Pas d'arrêt de la production
2	Arrêt $\leq$ 1 heure
3	1 heure < arrêt $\leq$ 1 jour
4	Arrêt > 1 jour

#### III.7.1.4.2 La fréquence

Nombre d'apparition des défaillances caractérisée par un taux de défaillance

Tableau III.3: Tableau de fréquence

VALEUR	FREQUENCE : F
1	<b>Exceptionnelle</b> : la possibilité d'une défaillance est pratiquement inexistante
2	<b>Rare</b> : une défaillance occasionnelle s'est déjà produite ou pourrait se produire
3	<b>Certaine</b> : il y a eu traditionnellement des défaillances dans le passé

<b>4</b>	<b>Très fréquente</b> : il est presque certain que la défaillance se produira souvent
----------	---

### III.7.1.4.3 La non détection

Elle exprime l'efficacité du système permettant de détecter le problème

Tableau III.4 : Tableau de non-détection

VALEUR	DETECTION : D
<b>1</b>	<b>Signes avant-coureurs</b> : l'opérateur pourra détecter facilement la défaillance.
<b>2</b>	<b>Peu de signes</b> : la défaillance est décelable avec une certaine recherche (détection aisée par un agent de maintenance)
<b>3</b>	<b>Aucun signe</b> : la recherche de la défaillance n'est pas facile
<b>4</b>	<b>Expertise nécessaire</b> : la défaillance n'est pas décelable ou encore sa localisation nécessite une expertise approfondie.

### III.7.1.4.4 La criticité

La criticité est l'obtention des niveaux de risques les plus faibles possibles sur les plans probabilité et gravité pour réduire le nombre des sources de danger et d'engager des actions ciblées (plan de maintenance, action de surveillance, ...) afin de réduire les niveaux de probabilité et de gravité. Lorsque les 3 critères (la fréquence, la gravité, la non détection) ont été évalués dans une ligne de la synthèse AMDEC, on fait le produit des 3 notes obtenues pour calculer la criticité.

$$C = G * F * D$$

C : criticité

G : gravité

F : fréquence

D : non-détection

**Tableaux de criticité**

Tableau III.4 : Tableau de criticité

<b>LA CRITICITE</b>	<b>EXEMPLE D'ACTION CORRECTIVE A ENGAGER</b>
$1 \leq C < 12$ Criticité négligeable	Ne pas tenir en compte, maintenance corrective
$12 \leq C < 16$ Criticité moyenne	Mise sous préventif à fréquence faible
$16 \leq C \leq 36$ Criticité élevée	Mise sous préventif à fréquence élevée

**III.7.1.5 Hiérarchisation des risques**

À partir des indices de criticité, il est possible de hiérarchiser les défaillances et de recenser celles dont le niveau de criticité est supérieur à une limite constante et contractuellement imposée, par exemple par le cahier des charges. Le seuil de criticité varie selon les objectifs de fiabilité ou les techniques traitées.

Des actions correctives sont engagées pour toutes les causes de défaillance dont C atteint ce seuil.

**III.8 Conclusion**

D'après les arrêts de la pompe du réacteur il est nécessaire de faire une étude pour minimiser le taux de ces arrêts et améliorer la productivité. Dans prochain chapitre, le but est d'identifier les causes possibles des différents arrêts de la pompe 670- 151 du réacteur, et ce en utilisant l'AMDEC comme moyen d'analyse. L'application de l'AMDEC à notre machine est présentée dans les tableaux ci-après

- L'évaluation consiste à noter et hiérarchiser les chaînes cause / mode / effet.
- La détection explique comment on prend conscience du problème.
- L'action est la solution envisagée pour remédier au problème.

# Chapitre IV

## IV.1 Introduction

Comme il avait été mentionné, la pompe réacteur du complexe CP2K est un équipement hautement critique qui sert à acheminer les produits dans le réacteur, et pour cette raison l'adoption d'une stratégie de maintenance est nécessaire afin de réparer ou remplacer certains composants détériorés avant que leur dégradation atteigne la défaillance.

Notre objectif dans ce travail, est d'identifier les causes possibles des différentes défaillances de la pompe réacteur 670-151 par le biais de l'AMDEC comme moyen d'analyse.

## IV.2 Analyse fonctionnelle

Le système dont on étudie les défaillances doit d'abord être "décortiqué".

À quoi sert-il ? Quelles fonctions doit-il remplir ? Comment fonctionne-t-il ? L'analyse fonctionnelle doit répondre à ces questions, de façon rigoureuse.

Le système est analysé sous les aspects suivants :

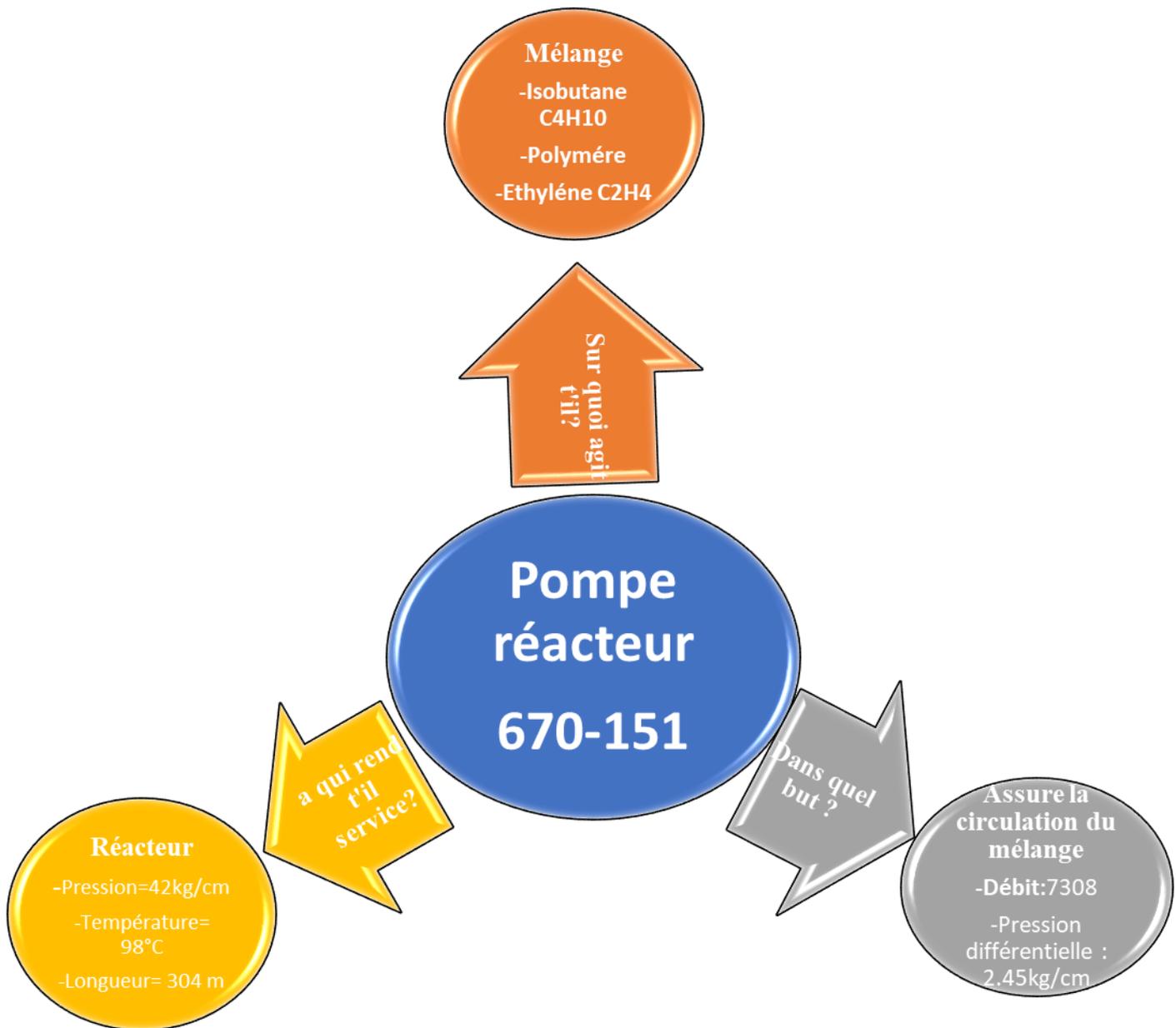
- Externes : relations avec le milieu extérieur (qu'est ce qui rentre, qu'est ce qui sort)
- Internes : analyse des flux et des activités au sein du procédé ou de la machine.

### IV.2.1 Outils

#### IV.2.1.1 Diagramme bête a corne

Pour décrire le besoin auquel répond notre circuit (besoin fonctionnel), on utilise le diagramme « Bête à cornes » qui répond à 3 questions :

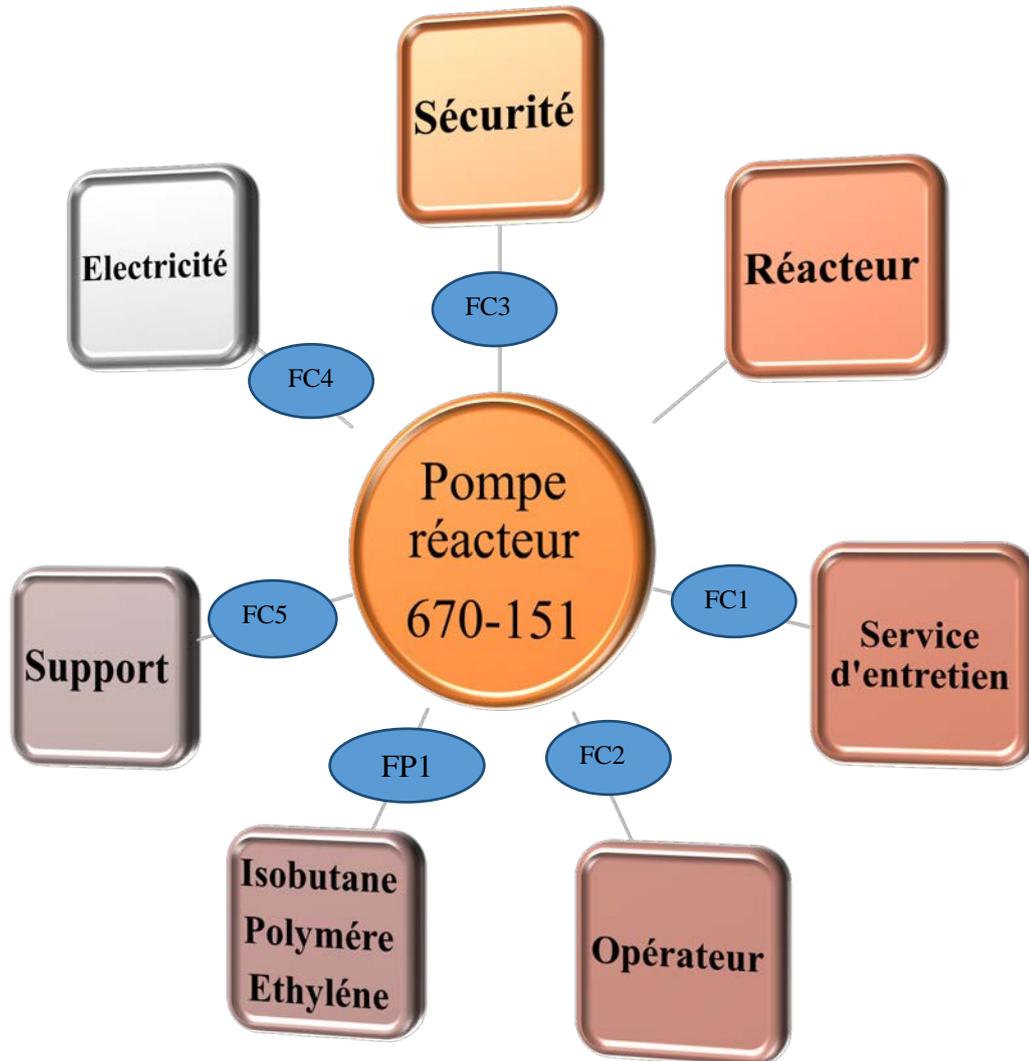
- A qui rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ?



FigureIV.1 : Diagramme tête à cornes de la pompe de réacteur

### IV.2.1.2 La méthode de la pieuvre

Elle est utilisée principalement pour décrire les relations du système avec le milieu extérieur :



FigureIV.2 : Diagramme pieuvre

Les fonctions sont :

**FP1** : La fonction principale est La circulation du mélange dans le réacteur.

**FC1** : Faciliter l'entretien pour assurer le bon fonctionnement de la pompe.

**FC2** : Être réglé par l'opérateur.

**FC3** : Assurer la sécurité du personnel.

**FC4** : La pompe être alimenté en électricité.

**FC5** : Être étanche et résister à l'ambiance extérieure avec un système d'étanchéités.

### IV.2.1.3 L'arborescence

C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour en analyser ensuite les risques de dysfonctionnement.

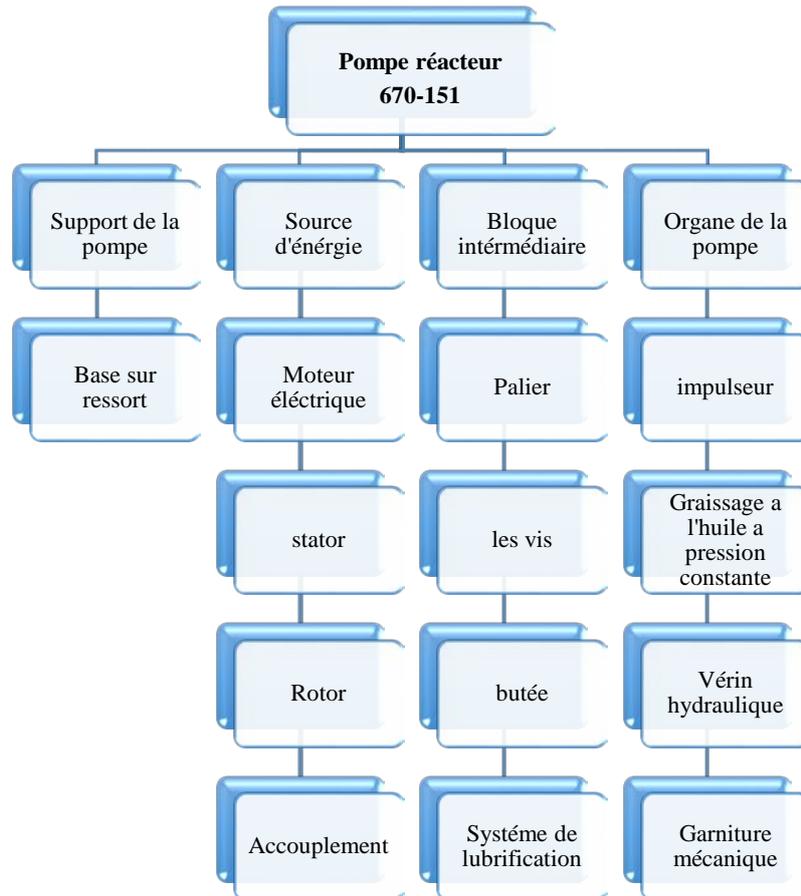


Figure IV.3: L'arborescence de la motopompe 670-151

### **IV.3 Analyse des systèmes**

Pour pouvoir connaître les pannes critiques et pénalisantes de notre système, nous avons mené une étude quantitative par la méthode AMDEC.

À la fin de cette analyse nous aurons une image sur l'ensemble des pannes et défauts ce qui nous permet de concentrer sur les pannes critiques. Les tableaux suivants résumés notre étude.

**IV.3.1 Analyse du moteur électrique**

Tableau IV.1 : AMDEC moteur

<b>AMDEC ANALYSE DES MODES DE DÉFAILL</b>					
	<b>Système :Moto pompe</b>				
	<b>Sous système :Moteur électrique</b>				
<b>Élément</b>	<b>Fonction</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Cause de défaillance</b>	<b>Effet de la défaillance</b>	<b>Détection</b>
<b>Stator</b>	Générer le champ magnétique tournant	Pas de fonction	Mauvaise étanchéité (Court-circuit)	Arrêt du moteur	Thermogra
<b>Rotor</b>	Assurer le mouvement de rotation	Défaillance dela cage	Surcharge (Rupture de la cage)	Arrêt du moteur	Bruit
<b>Paliers du moteur</b>	Guider en rotation et supporter le rotor	Usure Fuite interne Vibration	-Fatigue -Lubrification -Cassure	-Arrêt du moteur -Échauffement -Blocage de rotor	-Bruit -Thermosc -Indication DCS
<b>Ventilateur</b>	Refroidissement du moteur	Pas de fonction	Humidité (Corrosion)	Échauffement	-Visuelle -Bruit
<b>Sonde</b>	Mesurer les vibrations	Pas de fonction	Fatigue (Détérioration)	Perte de précision	Mesure err

IV.3.2 Analyse du multiplicateur

Tableau IV.2 : AMDEC Multiplicateur

AMDEC ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ										
	Système :Moto pompe									
	Sous système :Multiplicateur									
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	D	C	
<b>Accouplement moteur multiplicateur</b>	Transmettre la puissance du moteur au multiplicateur	Pas de fonction	Désalignement Fatigue	-Arrêt de la pompe -Mauvaise transmission	Mesure Sonore	2	3	2	12	MC : réalignement MC : vérification le système accouplement
<b>Butée</b>	Supporter les charges axial	Détérioration	Usure (déplacement axial)	-Fuite -Arrêt de la pompe	Mesure du déplacement à l'aide d'un comparateur	1	3	2	6	MC : changement de butée ou joints
<b>Les vis à engrenage</b>	Augmenter le nombre de tour de la pompe	Fatigue	Baisse niveau d'huile (Usure)	-Écaillage -Rupture de dents -Arrêt de la pompe	-Échauffement -Bruit	1	4	2	8	MC : graissage du multiplicateur
<b>Paliers Multiplicateur</b>	Supporter et guider l'arbre en rotation	-Dégradation -Vibration	Fatigue Lubrification dégradé	-Arrêt de la pompe -Échauffement du palier	Bruit Mesure sur DCS	2	3	2	12	MC : changement des pièces d'usure ou l'huile
<b>Thermosonde</b>	Mesurer la température	Indication erronée	Fatigue	Perte de précision	Mesure sur DCS	1	1	3	3	MC : vérification de la sonde

**IV.3.3 Analyse du circuit de lubrification**

Tableau IV.3 : AMDEC circuit de lubrification

<b>AMDEC ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ</b>										
	<b>Système :motopompe</b>									
	<b>Sous système : Circuit lubrification hydraulique</b>									
<b>Élément</b>	<b>Fonction</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Cause de défaillance</b>	<b>Effet de la défaillance</b>	<b>Détection</b>	<b>Criticité</b>				<b>Action corrective</b>
						<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	
<b>Réservoir</b>	Stocker le lubrifiant	-Usure Étanchéité	Oxydation	Fuite d'huile	Visuelle	2	3	1	6	MC : appoint du niveau d'huile  -Vérification fuites
			Fissure							
			Colmatage de capteur de niveau	Perte de contrôle	Mesure erronée DCS	2	1	1	2	MC : nettoyage
<b>Pompe à engrenage</b>	Assure l'aspiration et le refoulement à haute pression de l'huile pour le fonctionnement du système lubrification	Pas de fonction (pas de débit)	-Joints défectueux	-Échauffement pompe  -Mauvaise lubrification  -Arrêt de la pompe	-Visuelle (manomètre)  -Bruit anormale	1	3	2	6	MC : Changement de l'impulseur Équilibrage de l'impulseur
			-Roulements usés							
		Pas de fonction(débit insuffisant)	Lubrifiant non conforme			1	3	2	6	MC : Changement d'huile

Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC à notre système

<b>Filtre hydraulique</b>	Assure la propreté du fluide (obstacle pour les particules)	Pas de fonction (Mauvais filtrage)	Charge exagérée (Colmatage)	Endommagement Matériels	Détection du bouchage par pression différentielle	3	3	1	9	MC : Nettoyage du filtre ou Changement en cas de nécessité
<b>Vérin hydraulique</b>	Assure la pression constante de l'huile d'étanchéité	Pas de fonction	Usure de la garniture du vérin (Fuite)	Fuite	Visuelle	1	3	1	3	MC : changements des joints toriques Nettoyage du vérin
<b>Flexible</b>	Assure la canalisation entre l'installation et les récepteurs	Pas de fonction	Fatigue	Fuite Bouchage	Visuelle	1	2	2	4	MC : changement du flexible
<b>Manomètres</b>	Mesure la pression d'huile	Pas de fonction (Indication erronée)	Coincement Vieillessement	Mauvaise indication	Visuelle Mesure erronée DCS	2	1	1	2	MC : changement de manomètre
<b>Échangeur tubulaire</b>	Assure le refroidissement d'huile de lubrification par l'eau	Plus de fonction	Bouchage	Arrêt de la pompe Échauffement équipement	Ouverture de l'échangeur	1	3	3	9	MC : débouchage du tube
			Mauvaise qualité de tube	Arrêt de la pompe Fuite	Ouverture de l'échangeur	1	3	3	9	MC : changement du tube

IV.3.4 Analyse de la pompe

Tableau IV4 : AMDEC Pompe

AMDEC ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ										
	Système :Moto pompe									
	Sous système : Pompe									
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	D	C	
<b>Support de la pompe (Socle à ressort)</b>	-Fixer le corps de la pompe - Absorbe les chocs - Compenser Dilatation de la tuyauterie	-Vibration -Déformation	Surcharge (Déformation)	Désalignement de la chaine des accouplements Moteur Impulseur	-Visuelle -Bruit	1	4	1	4	MC : changement des ressorts
<b>Accouplement multiplicateur pompe</b>	Assurer la liaison entre le multiplicateur et la pompe	Défaillance de Système d'accouplement	Fatigue Désalignement	-Mauvaise transmission  -Arrêt de la pompe	-Bruit  -Mesure	2	3	2	12	MC : changement d'accouplement MC : réalignement
<b>Impulseur</b>	Transporter le mélange	-cassure -usure -vibration	-Mauvaise alignement (Vibration)  -Cavitation	Arrêt de la pompe	Indication Visuelle Bruit	2	3	3	18	MPC : prendre des mesures de vibration

Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC à notre système

<b>Palier de la pompe</b>	Guider et supporter l'arbre de la pompe	-défaillance du palier -vibration	Huile dégradée (Échauffement) -Roulement usée	Arrêt de la pompe Échauffement du palier	-Bruit -Échauffement Indication de la température -Usinage des du palier	2	4	3	24	-Former des agents de maintenance (formation montage des roulements) -MPC : analyse thermographie infrarouge
<b>Garniture mécanique</b>	Assure étanchéité	-Usure - Fissure - Fuite	Mauvaise lubrification (présence de particules solides)	-Fuite -Fuite d'huile d'étanchéité -Chute de pression au niveau de réacteur -Arrêt de la pompe	Visuelle Indication alarme	3	4	3	36	-MPSS : vérification système d'étanchéité -Former des agents de maintenance (formation montage des étanchéités dynamiques) -MPC : analyse d'huile -Changement garniture -remplacements des joints toriques -Rodage des parois en stellite et Carbone

MC : Maintenance corrective

MPSS : Maintenance préventive systématique (semestrielle)

MPC : Maintenance préventive conditionnelle

### IV.3.5 Classification des éléments suivant leur indice de criticité

D'après les tableaux IV.1, IV.2, IV.3 et IV.4, on a considéré 3 niveaux de criticité selon le tableau suivant : Les éléments dont la criticité dépasse 12 sont regroupés par ordre décroissant dans le tableau IV.5. C'est sur ces éléments qu'il faut agir en priorité en engageant des actions correctives appropriées.

Tableau IV.5 : Classification des éléments suivant leur indice de criticité

Niveau de criticité	Organes	Actions correctives à engager
<p style="text-align: center;"><b>1 &lt; C &lt; 12</b> <b>Criticité négligeable</b></p>	<p>Filtre d'huiles Échangeur Les vis d'engrenage Rotor Butée Sonde Pompe à engrenage Réservoir Support de la pompe Flexible Stator Vérin hydraulique Thermosonde Ventilateur Manomètre</p>	<p>Aucune modification de conception, maintenance corrective</p>
<p style="text-align: center;"><b>12 &lt; C &lt; 16</b> <b>Criticité moyenne</b></p>	<p>Arbre de la pompe Accouplement (multiplicateur pompe) Palier du moteur Accouplement (moteur multiplicateur) Palier de multiplicateur</p>	<p>Amélioration des performances de l'élément. Maintenance préventive systématique</p>
<p style="text-align: center;"><b>16 &lt; C &lt; 36</b> <b>Criticité élevée</b></p>	<p>Garniture mécanique Palier de la pompe Impulseur</p>	<p>L'analyse vibratoire plus l'amélioration des conditions d'opération du réacteur</p>

## IV.4 Solution et recommandation

### Problème d'exploitation :

Il est très difficile d'en faire une liste exhaustive, il faut penser cependant aux points suivants:

- Surveiller la concentration d'éthylène dans le réacteur car la haute concentration de celle-ci provoque la cavitation de la pompe, pour cela ;

- Il faut que l'analyseur d'éthylène soit bien étalonné.

- Assurer que le taux de solide (PE) est égale zéro avant chaque arrêt normal de la pompe.

- Assurer que le circuit de rinçage à l'isobutane délivre un débit nécessaire pour empêcher l'accumulation de boue de polymère derrière le joint et derrière l'hélice.

### Problème de Vibrations :

- Il faut assurer que l'opération de réparation de la pompe doit être faite d'une manière rigoureuse :

- L'alignement se fait à la température appropriée.

- L'équilibrage de l'arbre et l'impulser (s'il est nécessaire)

- Le bon montage avec précaution des paliers et roulements

- L'analyse vibratoire ; l'élaboration d'un plan systématique de mesure de vibration

- Localiser les points de mesure

- Préparer la périodicité de prélèvement

- Favoriser une direction et un personnel capable de

- a. Qualifier l'état général de la pompe en comparant la valeur mesurée avec des normes ou avec des mesures précédentes.

- b. Diagnostiquer l'origine des défauts et suivre l'évolution en fonction de temps par l'analyse spectral à l'aide d'un logiciel d'exploitation

- L'élaboration d'un plan d'analyse des huiles en service Le suivi de l'évolution de la dégradation des caractéristiques physico-chimique d'huile nous permettons de :

- Connaitre les conditions d'exploitation de la pompe

- Situer l'organe défectueux, d'apprécier l'évolution et le type d'usure dans le cas d'une pollution par des particules internes
- D'apprécier la nature et l'origine des agents extérieurs
- Optimiser les fréquences de vidange

## **Proposition**

### **Pour garniture**

- Le 1er stade consiste à une inspection préventive toutes les 4000 heures appliquées sur système d'étanchéité externe (garniture mécanique) et une réparation en cas d'anomalies.
- Le 2eme stade est appliqué toutes les 8000 heures comporte des actions de maintenance niveau I sur la partie inférieure de la pompe (vérification du jeu fonctionnel du palier inférieur et l'étanchéité, et faire une réparation s'il y a des anomalies).
- Le 3eme stade quant à lui s'agit-il d'une maintenance niveau II (révision générale) appliquée toutes les 16000 heures qui consiste à :
  - La révision du système d'étanchéité externe garniture mécanique.
  - La révision du système d'étanchéité interne ;
  - La révision du système mécanique (le guidage en rotation).

### **Pour les paliers**

La raison principale de cette défaillance étant l'usure excessive des paliers (les coussinets en bronze). À cet effet nous recommandons l'utilisation des coussinets en carbone, en raison de sa :

- Résistance aux chocs thermiques.
- Qualité tribologique et durée de vie.
- Résistance à la corrosion.
- Tenue en température.
- Faible dilatation thermique.

## **Organisation de l'entretien préventif**

### **Entretien journalier**

- Respecter le niveau d'huile dans les paliers.
- Relever les fuites, les vibrations et les bruits anormaux.
- Vérifier la température des paliers de la pompe, toutes les six semaines.
- Inspecter la pompe toutes les 15 semaines.
- Révision générale de la pompe et du moteur toutes les cinquante (50) semaines ou 8000heures de fonctionnement, outre cela à chaque fois qu'on doit intervenir. Pour toute pièce nécessitant un remplacement, il doit être fait immédiatement.

### **Entretien de la garniture mécanique**

La majorité des ennuis proviennent des garnitures trop ou inégalement serrées. Pour cela on doit conserver certaines consignes :

- Serrer progressivement et modérément le presse-étoupe.
- Changer la garniture lorsque le chapeau arrive en butée sur le boîtier.
- Si la garniture a un fonctionnement satisfaisant pendant une période prolongée et si elle présente dans le temps une fuite elle doit être vérifiée.
- Il faut s'assurer périodiquement que la dose d'huile est normale. L'huile doit être changée tous les mois, donc un bref entretien de l'accouplement consiste au contrôle du graissage.

### **Entretien de l'impulseur**

Lorsqu'il y a un déséquilibre dans l'assemblage de la pompe, il provoque des vibrations et la production de chaleur. L'équilibrage des hélices de la pompe prolonge la durée de vie des roulements, ce qui réduit les vibrations excessives. L'importance de l'équilibrage de l'impulseur :

- Surmonter les problèmes de roulement
- Joints de pompe dure plus longtemps
- Éviter les vibrations excessives
- Conservation d'arbre

Donc il faut former les ingénieurs en équilibrage de l'impulseur et alignement des arbres.

## Conclusion générale

Ce projet de fin d'étude a été pour moi une expérience très enrichissante, car il m'a permis d'enrichir mes connaissances et d'améliorer mon baguage technique dans le domaine de la maintenance industrielle.

J'ai pu découvrir le fonctionnement du système de la pompe réacteur du complexe CP2K SKIKDA. En outre, j'ai appris comment faire une étude AMDEC afin d'analyser les risques de défaillance de ce système

Dans ce travail nous avons traité un sujet de grande importance, car la motopompe 670-151 analysée est stratégique vu son rôle dans le processus de production. Nous avons apporté quelques solutions pour éviter les défaillances critiques et améliorer la disponibilité de cet équipement.

Après cette étude, j'ai pu connaître le principe de fonctionnement d'une pompe de circulation et connaître ses quatre sous-ensembles : moteur électrique, multiplicateur, la pompe et le circuit de lubrification. D'après l'expérience du personnel et l'historique limiter on a pu ressortir les modes et les causes des défaillances ainsi que leurs effets sur chaque élément

Aussi on a pu faire l'évaluation de la criticité à partir des indices de la gravité, la fréquence et la détectabilité. Ces calculs ont fait apparaître les éléments les plus critiques de la motopompe et qui sont : la garniture mécanique, le palier de pompe et l'impulseur. Donc il faut faire une attention particulière à ces éléments.

À la fin de cette étude, les solutions et les recommandations que nous avons proposées auparavant sont importantes pour résoudre les problèmes et pour assurer un bon fonctionnement de la motopompe

## Référence bibliographique

- [1] Normalisation française publié par AFNOR, Mai 2002), Site Google : [http://www.ehpadneuilly.com/cariboost\\_files/FDX\\_60-000.pdf](http://www.ehpadneuilly.com/cariboost_files/FDX_60-000.pdf)
- [2] AUBREVILLE Jean- Marie. Maintenance industrielle et l'entretien de base à l'opération de la sureté, Edition ellipse paris 2004
- [3] G. BERTRAND « Maintenance pratiqué des équipements industriels » Edition WEKA 2002.
- [4] Zaidi, Cours : « Organisation des méthodes de maintenance ». Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, faculté des sciences et sciences appliquées d'Ain Beida
- [5] « supportdecoursmaintenanceindustrielle.pdf ». Consulté le : avr. 24, 2020. [En ligne].  
Disponible sur:  
<https://elearn.univouargla.dz/20132014/courses/EL2017/document/supportdecoursmaintenanceindustrielle.pdf?cidReq=EL2017xmmm>
- [6] « supportdecoursmaintenanceindustrielle.pdf ». Consulté le : avr. 24, 2020. [En ligne].  
Disponible sur :  
<https://elearn.univouargla.dz/20132014/courses/EL2017/document/supportdecoursmaintenanceindustrielle.pdf?cid>
- [7] J. Heng, Pratique de la maintenance préventive : mécanique, pneumatique, hydraulique, électricité, froid, 4e éd. Malakoff : Dunod, 2017.
- [8] “Cours de Maintenance industrielle, Université de Sidi Mohamed Ben Abdellah - Fès -Maroc.”
- [9] « Les formes de Maintenance ». <http://tpmattitude.fr/methodes.html> (consulté le avr. 24, 2020).
- [10] normalisation française publié par AFNOR X60-011- juin 1981
- [11] Lyes BOUDIAF, Sontrach une compagnie pétrolier et gazière intégrée, Direction générale, page «8-10 ».
- [12] Mohamed KERIKEB, “ Restructuration, synthétisation et élaboration d'un correcteur RST polynomial numérique pour le Contrôleur HPM Honeywell TDC3000 pour la boucle chauffage-

refroidissement du réacteur PEHD de CP2K''. Projet professionnel de fin de formation Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur spécialisé en Instrumentation pétrolière

[13] : Asma BENACHOUR, Génie des Procédés « L'influence des paramètres opératoires sur les propriétés du PEHD et les performances du réacteur de polymérisation » juin 2015

[14] Dounia zed BOUROUIS et Hanane ALIDRA, Influence des Additifs (noir de carbone) sur la Qualité du Polyéthylène Haute densité Projet professionnel de fin de formation Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur spécialisé en Instrumentation pétrolière.2017

[15] Manuel opératoire du complexe CP2K.

[16] Elakram Mechhoud, Mounira Rouainia, Analyse de la sûreté de fonctionnement d'un réacteur de PEHD. Conférence Paper · Mai 2014

[17] INTEDRA/UTE INITEC/TEC.REUNIDAS/DYC. « Contrat co-201-03/201-06 Pompes du réacteur et pompes centrifuges/Tome 1 ».

[18] INTEDRA/UTE INITEC/TEC.REUNIDAS/DYC « Contrat co-201-03/201-06 Pompes du réacteur et pompes centrifuges/Tome 2 ».

[19] INTEDRA/UTE INITEC/TEC.REUNIDAS/DYC « Contrat co-201-03/201-06 Pompes du réacteur et pompes centrifuges/Tome 3 ».

[20] N. SERIDI, "Utilisation d'outils au service de la maintenance d'un Treuil de forage OILWELL 840E "

[21] A. ABDENOUR" Application de l'AMDEC pour le turbocompresseur GHH au niveau de l'unité d'acide nitrique FERTIAL-ANNABA "

[22] CH. ABDELAZIZ " Étude AMDEC de la Faiseuse HURON MU par les outils de la maintenance industrielle" au niveau de l'unité AMM Arcelor Mittal –Annaba

[23] B. Farid, M. W. BABAADOUN "Application de la méthode AMDEC pour le diagnostic et la maintenance du chauffage central à eau chaude de la faculté des sciences et sciences appliquées d'Ain Beida "

[24] JOSEF KELADA, cours de L'AMDEC, centre d'étude en qualité, école des hautes études commerciale ,1994.

[25] RABIA KHELIF, Cours de la Maintenance Basée sur la Fiabilité, Département Génie Mécanique, Université Mokhtar, Annaba, 2016

[26] Gérard Landy, AMDEC-Guide pratique.

[27] FRANCOIS MONCHY, CLAUDE KOJCHEN ; maintenance, outils, méthode et organisations pour une meilleure performance, 4e édition DUNOD Août 2015

[28] A. Messaoud, A. BOULECHEFAR "Optimisation et amélioration de la maintenance par la fiabilité-Cas d'une turbine d'une centrale électrique"