

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous avons identifié l'axe plus causant c'est le «**suivi technique des équipements**», alors maintenant nous étudierons quelques-unes des machines plus abordables et le plus défaillants dans la chaîne de production au niveau de l'unité d'extraction du *GPL* au sein de *SONATRACH* de *CP/ONR*, et parmi ces machines qui prise en compte la pompe «**40 P 06 ABC**», qui situé à côté de rebouilleur «**40 E 01/02**».

Pour ça nous avons adopté dans notre analyse sur une méthode appropriée pour tenter de trouver un dysfonctionnement éventuel différent dans la pompe et de proposer des solutions et pour faire une maintenance préventive ou bien corrective importante selon le type de défaillance dans les pompes. Puis, on appliquant analyser machine en question. *AMDEC* sur la pompe «**40 P 06 ABC**», dans le but de cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences des différents composants de cette machine. et on aura l'organe critique.

IV.2. Etude technique de la machine critique :

IV.2.1. Présentation de l'outil AMDEC :

a) Historique et domaines d'application : L'*AMDEC* a été créée aux Etats-Unis par la société Mc Donnell Douglas en 1966. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise en point par la *NASA* et le secteur de l'armement sous le nom *FMEA* pour évaluer l'efficacité d'un système. Dans un contexte spécifique. Cette méthode est un outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. A la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par *Toyota*, *Nissan*, *Ford*, *BMW*, *Peugeot*, *Volvo* et d'autres grands constructeurs d'automobiles. [18]

L'*AMDEC* est une méthode inductive qui s'applique à tous les systèmes risquant de ne pas tenir les objectifs de fiabilité, maintenabilité, qualité du produit fabriqué et sécurité.

b) Définition :

- **En français: AMDEC :** Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité.

- **En Anglais: FMECA :** Failure Mode and Effect Criticality Analysis.

L'AMDEC est une méthode participative qui se pratique en groupe de travail pluridisciplinaire. Elle est fondée sur la mise en commun des expériences diverses et des connaissances de chaque participant dont la réflexion en commun est source de créativité. Le succès d'une étude AMDEC dépend la composition du groupe de travail.

c) Les avantages généraux de la méthode AMDEC : La méthode AMDEC confronte les connaissances de tous les secteurs d'activité de l'organisation, pour obtenir, dans un ordre que nous avons cherché à rendre significatif, les résultats suivants : **[19]**

- ✓ La satisfaction du client.
- ✓ Le pilotage de l'amélioration continue.
- ✓ L'amélioration de la communication.
- ✓ L'amélioration de la stabilité des produits, procédés, services, machines...
- ✓ La réduction des coûts.
- ✓ L'optimisation des contrôles, des tests, des essais.
- ✓ L'élimination des causes de défaillances.

d) Types d'AMDEC : Il existe plusieurs types d'AMDEC, tels que:

- **Projet:** S'applique lors de l'élaboration d'un projet.
- **Produit:** S'applique à un produit afin d'en optimiser la conception et améliorer la qualité et la fiabilité de celui-ci
- **Procédé :** S'applique à un procédé afin d'optimiser son efficacité, son contrôle de qualité.
- **Machine:** S'applique sur un équipement ou une machine en exploitation. analyse de la conception et/ou de l'exploitation d'un moyen ou d'un équipement de production pour améliorer la sûreté de fonctionnement (sécurité, disponibilité, fiabilité, maintenabilité) de celui-ci
- **Sécurité:** S'applique pour assurer la sécurité des opérateurs.
- **Organisation:** S'applique aux systèmes de gestion; stock, production, personnel, marketing, finance.

IV.2.2. AMDEC machine :

a) **Définition** : L'*AMDEC machine* est une technique d'analyse des modes de défaillance des éléments matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques; électroniques...) qui constituent une machine.

b) **Principe de base de l'AMDEC machine** : Il s'agit d'une méthode préventive basée sur une analyse critique qui consiste à :

- ✓ Identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des machines.
- ✓ Rechercher les origines et les conséquences des dysfonctionnements des machines.
- ✓ Mettre en évidence les points critiques.
- ✓ Proposer des actions correctives adaptées qui peuvent concerner la conception, la fabrication, l'exploitation ou la maintenance des machines étudiées.

c) **Rôle** : Le rôle de l'*AMDEC machine* est d'analyser dans quelle mesure les fonctions de la machine ne peuvent plus être assurées correctement et cela sans les remettre en cause.

d) **Objectif** : L'*AMDEC machine* a pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements industriels.

L'étude de l'*AMDEC machine* vise à :

➤ **Réduire le nombre de défaillances**

- ✓ Prévention des pannes.
- ✓ Fiabilisation de la conception.
- ✓ Amélioration de la fabrication, du montage, de l'installation.
- ✓ Optimisation de l'utilisation et de la conduite.
- ✓ Amélioration de la surveillance et des tests.
- ✓ Amélioration de la maintenance préventive.
- ✓ Détection précoce des dégradations.

➤ **Réduire le temps d'indisponibilité après défaillance**

- ✓ Prise en compte de la maintenabilité dès la conception.
- ✓ Amélioration de la testabilité.

- ✓ Aide au diagnostic.
- ✓ Amélioration de la maintenance corrective.

➤ **Améliorer la sécurité**

e) **But :** L'*AMDEC machine* a pour but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement des machines par la maîtrise des défaillances.

f) **Démarche pratique de l'AMDEC machine :** La démarche pratique de l'*AMDEC machine* se décompose en 4 étapes suivantes : [20]

➤ **ETAPE I : Initialisation.**

- Description de l'équipement à étudier.

➤ **ETAPE II : Description fonctionnelle de la machine.**

- Découpage de la machine,

➤ **ETAPE III : Analyse AMDEC.**

- Analyse des mécanismes de défaillances,

- Evaluation de la criticité à travers :

- ✓ La probabilité d'occurrence F.
- ✓ La gravité des conséquences G.
- ✓ La probabilité de non détection D.

- Propositions d'actions correctives.

➤ **ETAPE IV : Synthèse de l'étude/décisions.**

- Bilan des travaux,

- Décision des actions à engager.

IV.3. L'analyse AMDEC de la machine critique :**➤ ETAPE I : Initialisation :****a) Description de la pompe « 40 P 06 ABC »:**

Cette unité « **unité 400** » (voir la page 15) est formée de deux colonnes de distillation **40-C-01** et **40-C-02**.

La **40-C-01** sert à purifier du méthane et de l'éthane les liquides condensés dans l'unité 20. La **40-C-02** sépare le GPL du condensât.

La colonne **40-C-01** est alimentée par les liquides provenant des récipients **20-B-08/20-B-07/20-B-06**.

La pompe **40-P-06 A/B/C** (l'une étant de réserve) alimente ce liquide «**GPL**» à la colonne **40-C-02** comme reflux.

Le débit du reflux est contrôlé par le **FRC4103** sous le contrôle de **LIC-4104** qui règle le niveau dans le **40-B-02** (récipient du reflux).

Dans ce récipient **40-B-02**, outre les alarmes normales de haut et bas niveau on a prévu un blocage pour niveau très bas (**LSLL-4105**) de la pompe du reflux (**40-P-05**) à l'aide de la logique (**I-4153**).

Les deux pompes (**40-P-05** et **40-P-06**) reliées à la colonne sont munies d'un système de protection contre le flux minimum (formé de **RO** et ligne retour dans le récipient d'aspiration) pour pouvoir fonctionner sans surchauffe quand le liquide a un débit inférieur au **40%** environ de la valeur de marche.

La mise en service du flux minimum est manuelle. La non-interception du flux minimum aux capacités élevées pourrait réduire les performances de la pompe elle-même.

b) Caractéristiques principales : [21]

Type de machine	NM063BT02S12B
Numéro de machine	374408-374409-374398-374398
Numéro de commande	63001223
Date d'édition	20/05/2006

b.1) construction :

Diamètre d'aspiration	8"
Diamètre refoulement	6"
Orientation aspiration	vers le haut
Orientation refoulement	vers le haut
Garniture mécanique	<i>NEMO</i>

b.2) conditions d'utilisations :

Liquide	brut non stabilisé
Flow Rate at. PT, m3/h	237 Rated 342 m3/h
P décharges	7.92 bars
P aspiration max	05 bars
P aspiration rated	2.38 bars
Differential press	5.54 bars
Differential head	82 mètre
PT.Nrm at PT	70°C Max 140°C
Rel.density at PT	0.69 bars
Vapor press	3.2 bars
Viscosity at PT	< 1cst
Hydro power	52 KWS

b.3) Détails moteur électrique d'entraînement

Puissance	75 kws @ 2975 rpm
Frame	092 KB
Volt/ phase /Hz	380/3/50
Manifant	HEEMAF
Type	Horizontal

b.4) Courbe caractéristique, rendement et puissance :

Tableau.IV. 1. rendement et puissance en fonction de débit

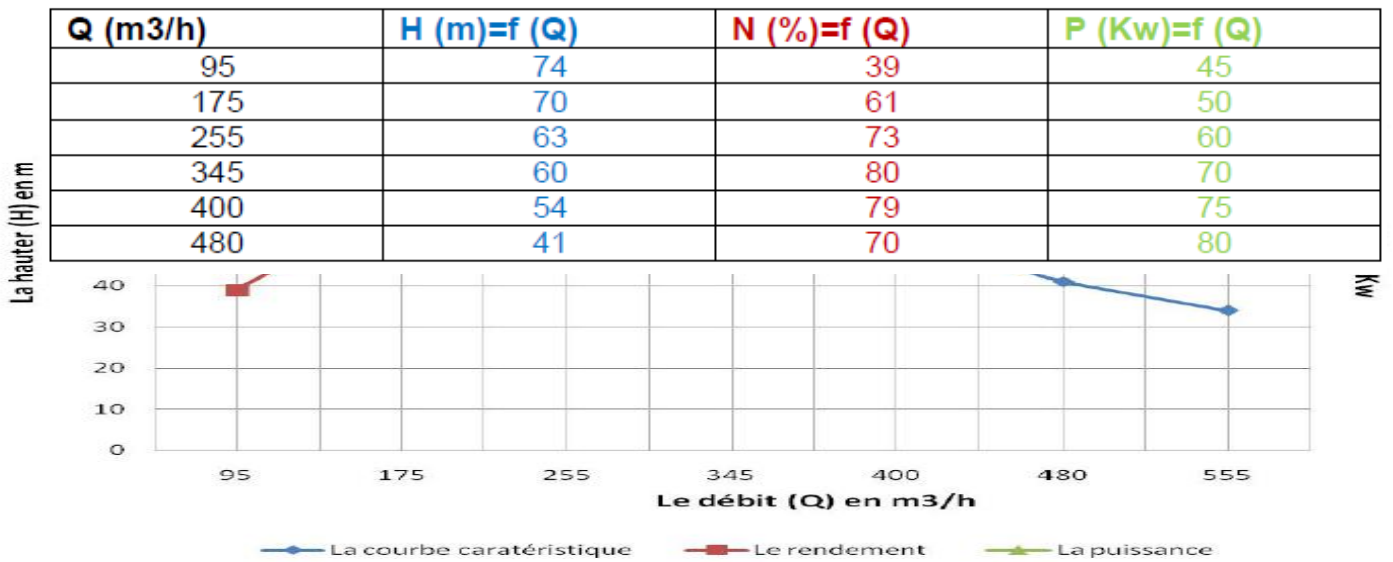


Fig.IV.1. courbe rendement et puissance en fonction de débit

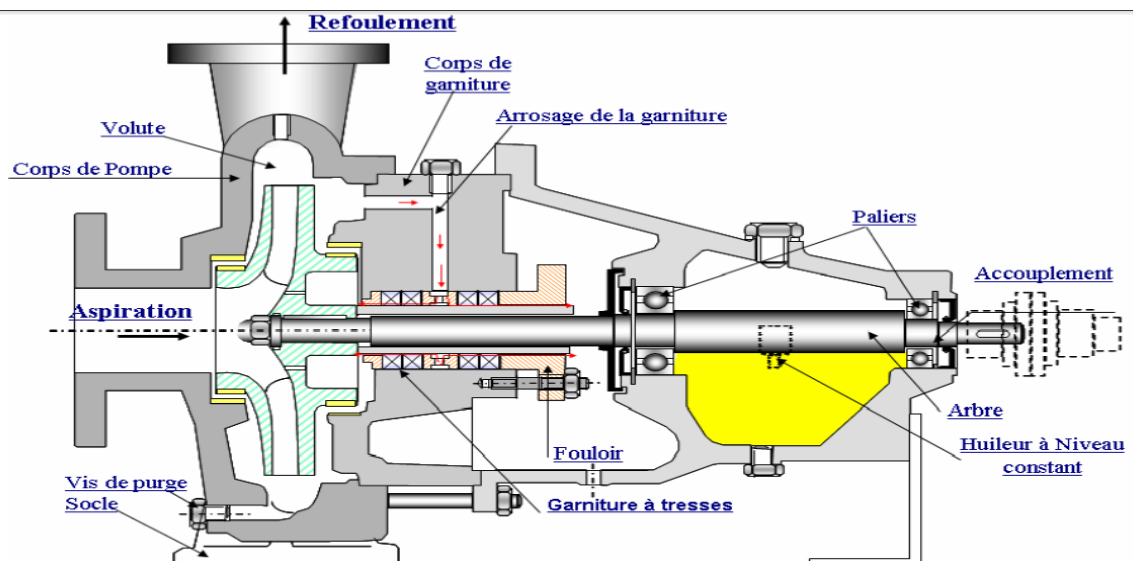


Fig. IV. 2 .Exemple de pompe centrifuge de type Aspiration Axiale

Le domaine d'utilisation des machines centrifuges est extrêmement vaste (Des débits de 0,001 à 60m3/s, Hauteurs de 1 à 5 000 m et des vitesses de rotation 1 000 à 30 000 tr/min).

Une pompe centrifuge doit être choisie selon les caractéristiques réelles de l'installation dans laquelle elle sera installée. Les données nécessaires pour un choix correct sont les suivantes:

- ✓ Débit Q en m^3/h
- ✓ Hauteur manométrique totale H en mètres

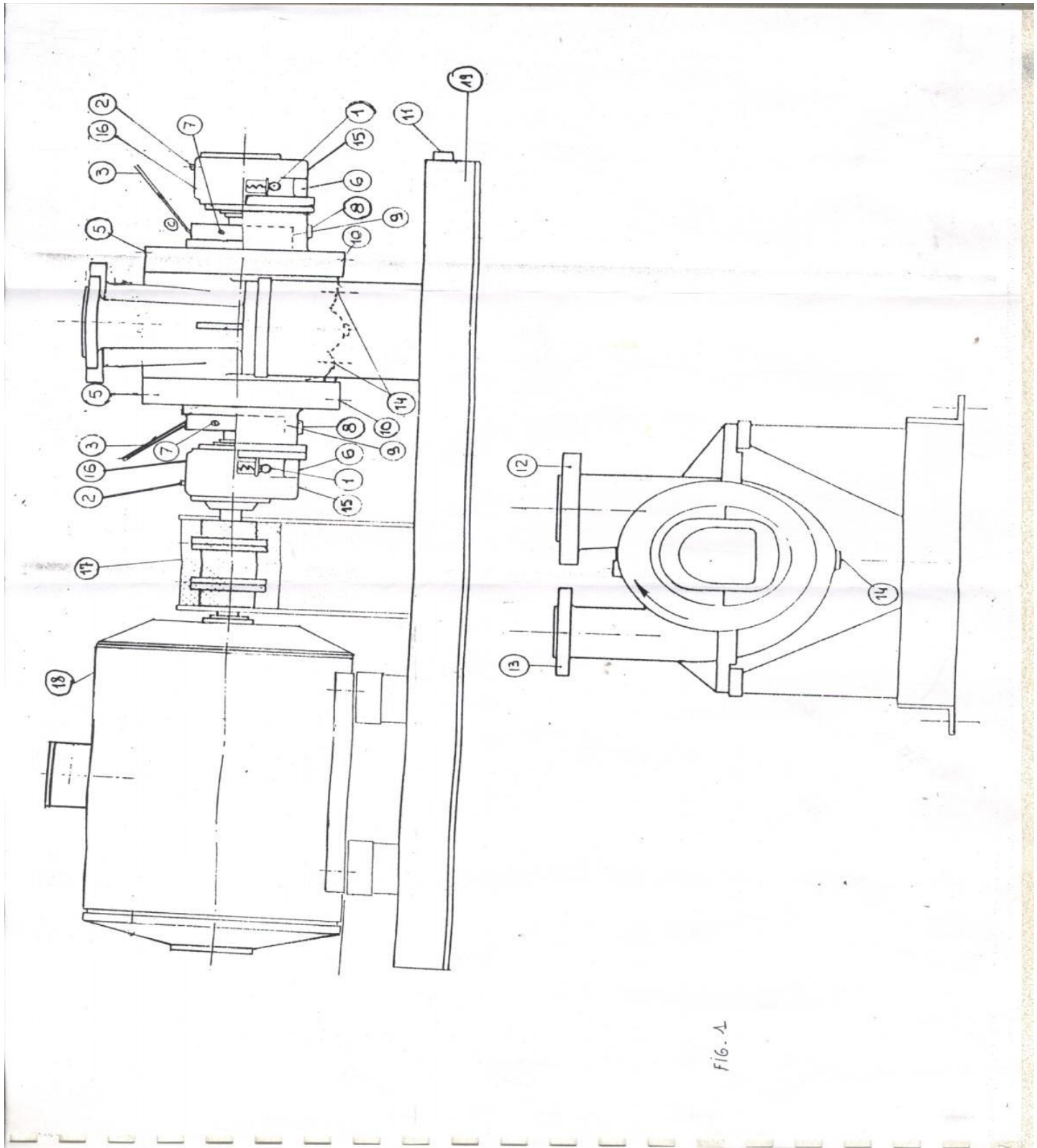


Fig. 4

*Figure IV.3 : Décomposition fonctionnelle de la machine**Tableau IV.2 : Nomenclature de la pompe*

Repère	Désignation
01	Régulateur du niveau d'huile
02	Remplissage d'huile
03	Tuyauterie de refroidissement de la garniture
04	Cône de la bague lanterne
05	Sortie refroidissement boîte à garniture
06	Vidange d'huile de paliers
07	Refroidissement de la garniture mécanique
08	Vidange de la boîte à garniture
09	Vidange de la garniture mécanique
10	Entrée refroidissement de la boîte à garniture
11	Vidange du socle
12	Bride d'aspiration
13	Bride de refoulement
14	Vidange de pompe
15	Entrée refroidissement carter des paliers
16	Sortie refroidissement carter des paliers
17	Accouplement flexible
18	Moteur électrique

➤ **ETAPE II : Décomposition fonctionnelle de la Pompe 40P-06-A/B/C.**

a) Découpage de la Pompe 40P-06-A/B/C : [21]

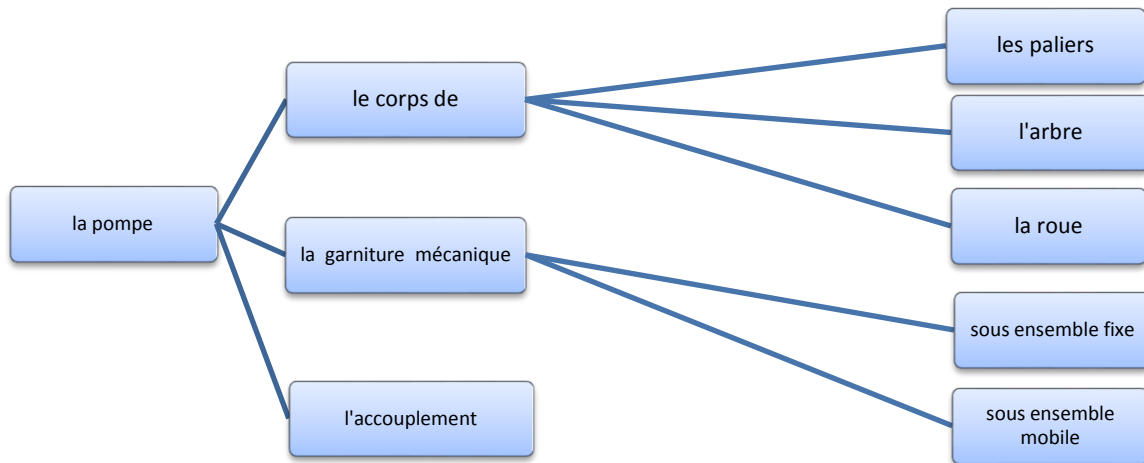


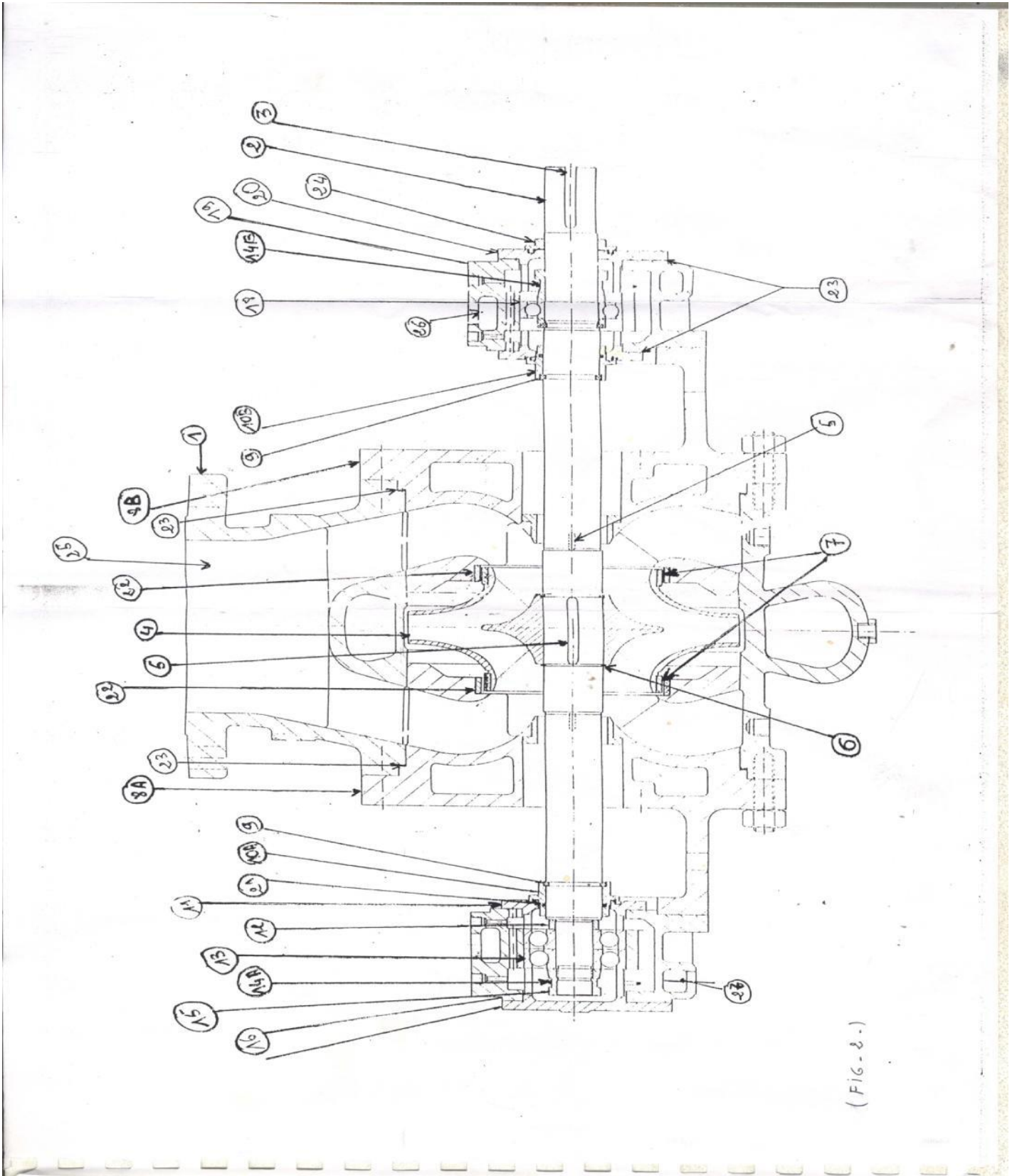
Fig.VI.4. Le découpage de la Pompe 40-P-06-A/B/C

La pompe *40P06 ABC* peut être décomposée comme la suite :

a.1) Le corps:

Le corps de la pompe est constitué de fonte à graphite sphéroïdal et comporte :

- ✓ Deux corps d'aspiration.
- ✓ Un corps de refoulement.
- ✓ Deux supports de palier, coté moteur (commande) et coté libre.
- ✓ La garniture mécanique goujonnée sur le corps.
- ✓ Bride d'aspiration et de refoulement.



(FIG - 3 .)

Figure IV.5 : Coupe verticale de la pompe

Tableau IV. 3: Nomenclature de la coupe verticale de la pompe

Repère	Désignation
01	Corps de la pompe
02	L'arbre d'entraînement
03	Clavette de l'accouplement
04	Impulseur
05	Clavette de l'accouplement
06	Clavette de blocage de l'impulseur
07	Bague d'usure impulseur
08A	Couvercle corps coté butée
8B	Couvercle corps coté moteur
09	Bague
10A	Déflexeur coté butée
10B	Déflexeur coté moteur
11	Couvercle corps palier butée
12	Bague de positionnement
13	Roulement de butée
14 A	Bague de graissage coté butée
14 B	Bague de graissage coté moteur
15	Ecrou blocage de butée
16	Corps palier butée
17	Corps palier radial
18	Roulement radial
19	Corps palier radial
20	Couvercle corps palier radial

21	Joint 'o' ring
22	Bague d'usure corps
23	Joint couvercle interne
24	Déflecteur interne
25	Corps d'aspiration
26	Bouchon de remplissage d'huile
27	Bouchon de vidange d'huile

a.1.2) Les paliers :

C'est un moyen pour le guidage et pour la rotation de l'arbre .Cette rotation est assurée à l'aide des roulements à billes.

- Pour le palier coté commande, il est composé d'un seul roulement à bille de type SKF et de dimension 7 4 0 9.
- Pour le palier coté libre ,il est composé de deux roulement à billes en montage X de type SKF et de dimension 6 2 1 3.

Le choix des paliers est conditionné par les facteurs principaux suivants :

- Vitesse de rotation.
- La charge.
- Durée de vie.
- Système de lubrification.
- Rigidité (vitesse critique de l'arbre).

L'arbre est supporté à chaque extrémité par deux paliers, ces deux paliers assure la bonne rotation de l'arbre, ils supportent des charge axiales et radiales. (Voir figure 3.3)

Pour assurer la fiabilité des deux paliers, il est nécessaire d'en assurer la lubrification.

La lubrification se fait en barbotage et elle se fait à l'aide d'une bague de bronze qui tourne librement sur l'arbre et faire barboter l'huile autour des organes du palier.

Caractéristiques du lubrifiant :

- Type d'huile : TORBA 100.
- Indice de viscosité : 29.
- Point d'éclair : 235°C.
- Point d'écoulement : - 9°C.
- La densité : 0,866

a.1.3) L'arbre :

L'arbre de pompe est accouplé avec le moteur d'entraînement par un accouplement flexible. L'arbre transmet le mouvement à l'impulseur par l'intermédiaire d'une clavette et de deux circlips pour le blocage, l'étanchéité de l'arbre par rapport au corps se fait par une garniture mécanique à double grain avec la fixation des chemises des deux garnitures sur l'arbre.

L'arbre doit être convenablement équilibré pour avoir une bonne rotation et maintien un bon rendement. La matière d'usinage de l'arbre est de l'acier au nickel chrome.

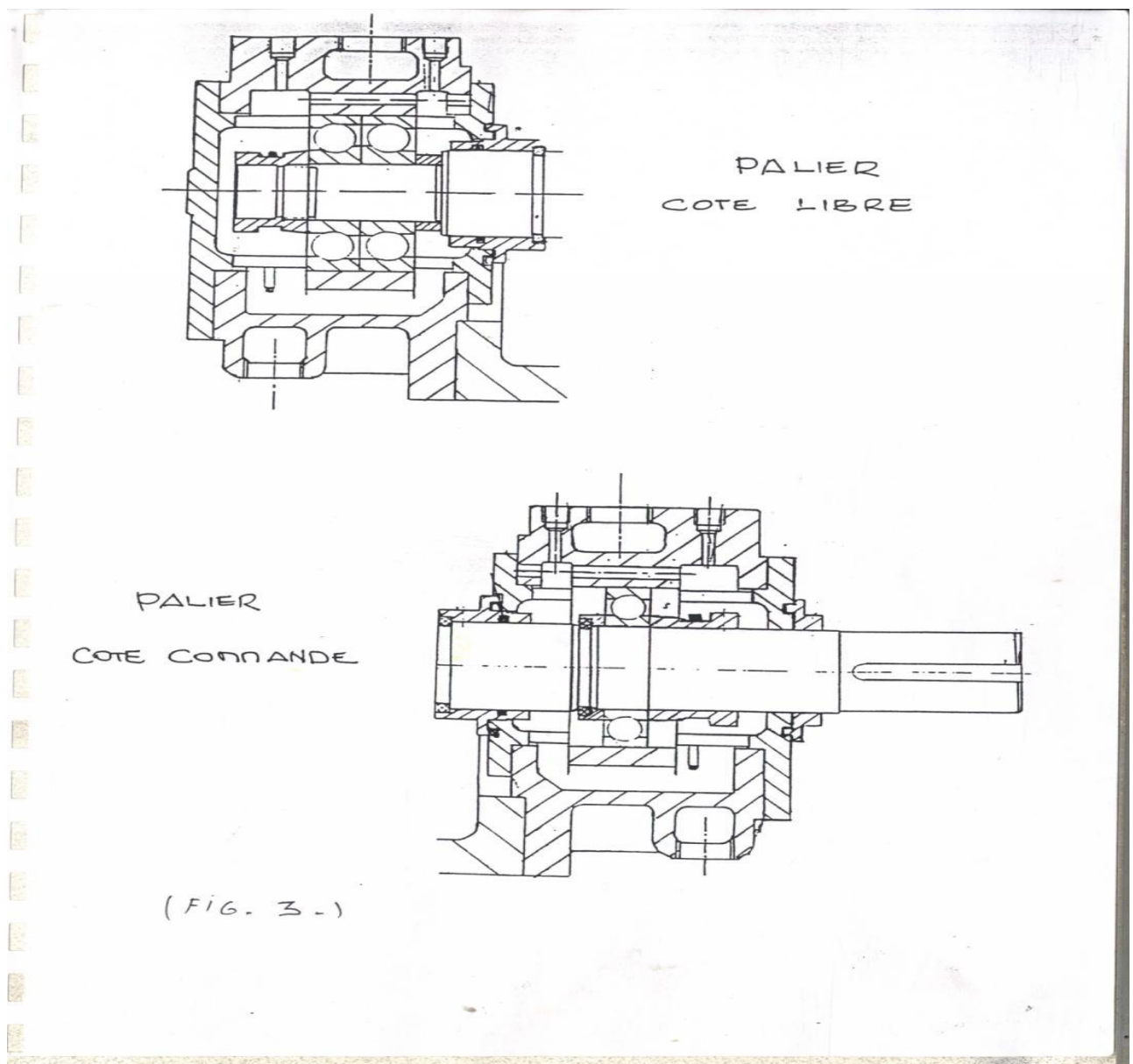


Figure IV.6: Coupes sur les deux paliers

L'arbre doit être convenablement équilibré pour avoir une bonne rotation et maintenir un bon rendement. La matière d'usinage de l'arbre est de l'acier au nickel chrome.

a.1.4) La roue (L'impulseur):

La roue est la pièce maîtresse de la pompe, elle est composée de deux lumières d'aspiration (côté gauche et côté droit), et des aubes de refoulement. Elle est fixée sur l'arbre à l'intermédiaire d'une clavette et deux circlips, leur rôle est d'aspirer le brut par les lumières et le refouler par les aubes à l'aide d'une vitesse de rotation de l'arbre et le débit d'aspiration. Cette pompe aspire de façon radiale ainsi elle refoule de façon radiale.

a.2) La garniture mécanique :

Dans les établissements chimiques ou pétrochimiques ou sont installés des machines rotatives (pompes, agitateurs, mélangeurs) qui traitent des liquides particulièrement dangereux, on a de plus en plus tendance à placer des garnitures mécaniques pour assurer l'étanchéité de l'arbre à son passage par la paroi du corps, côté commande et côté libre.

Le type de garniture mécanique utilisée dans cette pompe est la garniture mécanique à double tandem double jeux de grain (fixe et mobile) placées en série de même type et ayant les mêmes caractéristiques de type **6 5 2 0** et de marque **NEMO**.

a.2.1) Sous ensemble fixe :

Les deux grains (**3A**) (**3B**) sont montés flottant dans les deux chapeaux (**9A**) (**8B**) par l'intermédiaire d'une bague d'espacement (**5A**) (**5B**) et un joint 'o' ring (**4A**) (**4B**), il est retenu en rotation par un ergot positionné dans le chapeau, le joint de chapeau (**8A**) (**8B**) se présente sous la forme d'un joint torique.

Les ressorts (**7A**) (**7B**) sont placés à l'extrémité des deux fixes pour assurer le degré de liaison absolue avec les deux grains mobiles.

a.2.2) Sous ensemble mobile :

La graine mobile (**1A**) est fixée avec un ergot sur la chemise (**7**) qui est fixée sur l'arbre avec des vis alènes.

La chemise tourne librement avec l'arbre et le grain mobile (**1B**) qui est fixé sur un chapeau avec un ergot, ce chapeau est fixé sur la chemise avec un adaptateur de chemise et une bague de maintien.

a.3) L'accouplement :

La pompe est accouplée avec un moteur électrique par un accouplement flexible, cet accouplement résiste une vitesse de **3600 tr/mn** et la puissance de **02 Kw** par **1000 tr/mn** à **2500 Kw** par **1000 tr/mn**.

Caractéristiques :

- ✓ Type : MS avec spacer
- ✓ Marque : NEMO

➤ **ETAPE III : Analyse AMDEC de la machine.**

a) Définitions d'un mode de défaillance, d'une cause de défaillance, et de l'effet de défaillance :

Par **défaillance** on entend simplement qu'un produit, un composant ou un ensemble :

- ✓ Ne fonctionne pas.
- ✓ Ne fonctionne pas au moment prévu.
- ✓ Ne d'arrêt pas au moment prévu.
- ✓ Fonctionne à un instant non désiré.
- ✓ Fonctionne, mais les performances requises ne sont pas obtenues.

Le **mode de défaillance** est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Voici quelques exemples pour illustrer cette définition : **Déformation ; vibration ; desserrage ; fuite ; court-circuit.**

Une **cause de défaillance** est évidemment ce qui conduit à une défaillance. on définit et on décrit les causes de chaque mode de défaillance considérée comme possible pour pouvoir en estimer la probabilité, en déceler les effets secondaires et prévoir des actions correctives pour la corriger.

Les *effets d'une défaillance* sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisateur final du produit ou de service.

b) Les grilles de cotation :

Pour avoir un tableau qui présente l'historique de la pompe « **40 P 06 ABC** » durant une période comprise entre **le 24 décembre 2014 et 17 janvier 2015**. (Voir annexe "B") « A l'aide d'un historique disponible (*MAXIMO*) au niveau du service méthode ».

Pour évaluer la criticité des défaillances de la pompe « **40 P06 ABC** », il nous a fallu estimer les trois critères indépendants : **la fréquence d'apparition (F) (voir tableau VI.4), la gravité (G) (voir tableau IV.5) et la probabilité de non détection (D) (voir tableau IV.6)**. A chaque critère, on associe une grille de cotation définie selon quatre niveaux en s'appuyant sur : l'historique des arrêts et l'expérience du personnel.

En effet, les grilles de cotation sont basées principalement sur le temps d'indisponibilité ainsi que le nombre de défaillances de la pompe « **40 P 06 ABC** ».

Elles sont aussi le fruit de nombreuses discussions menées avec le personnel du service maintenance. Ainsi nous avons pu dresser les tableaux suivants :

Tableau IV.4 : Grille de cotation de la fréquence d'apparition.

Niveau de F	Valeur de F	Définition
Fréquence faible	1	Moins d'une défaillance par 02 années
Fréquence moyenne	2	Moins d'une défaillance par année
Fréquence fort	3	Plus d'une défaillance par année

Tableau IV.5 : Grille de cotation de la gravité.

Niveau de G	Valeur de G	Définition
Gravité mineure	1	Arrêt de la machine moins d'une journée
Gravité moyenne	2	Arrêt de la machine moins de 03 journée
Gravité majeure	3	Arrêt de la machine plus d'une semaine

Tableau IV.6 : Grille de cotation de la probabilité de non détection.

Niveau de D	Valeur de D	Définition
Détection évidente	1	DéTECTABLE par l'opérateur.
Détection possible	2	DéTECTABLE par le technicien maintenance.
Détection impossible	3	DéTECTION difficile

La valeur de la criticité: la valeur de la criticité « C » est calculée par le produit des niveaux atteints par les critères de cotation, la relation utilisée est sous la forme suivante :

$$C = F \times G \times D$$

b).1. Synthèse et recommandations

C < 6

Criticité négligeable

- ✓ Aucune modification de conception
- ✓ Maintenance corrective

6 < C < 18

Criticité moyenne

- ✓ Amélioration des performances de l'élément
- ✓ Maintenance préventive systématique

C => 18

Criticité interdite

- ✓ Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments
- ✓ Remise en cause complète de la conception

Après avoir étudié ses modes de défaillances, leurs causes et effets, nous avons pu constater que la majorité des pannes au niveau de la pompe se concentrent dans la garniture mécanique et d'après le personnel du service maintenance, la cause majeure de ces défaillances est le pourcentage élevé du clore (sel) dans le brut ainsi la garniture mécanique n'est pas conçue pour un milieu Corrosif.

c). Les tableaux d'analyse : (Voir dans l'annexe "A".)

➤ **ETAPE IV : Synthèse de l'étude/décisions.**

On a constaté, à partir des résultats obtenus, que la majorité des dysfonctionnements de la pompe « **40 P06 ABC** » est dus à l'ignorance des travaux quotidiens de contrôle et de surveillance et le non-respect des opérations de maintenance préventive.

Dans le but d'améliorer la disponibilité de la pompe « **40 P06 ABC** », on propose le plan d'entretien suivant :

➤ **Arbre de défaillance et recommandations :**

L'arbre de défaillance détaillée en « *annexe D* » nous a permis d'avoir une vue globale sur le mode de dysfonctionnement de la pompe « **40 P06 ABC** ». Nous présentons dans le tableau suivant les principales recommandations pour la bonne tenue de cet équipement :

Tableau. IV. 7 : Tableau de recommandation de la pompe « 40 P06 ABC ».

Défaillance	Recommandation
- La membrane est percée - Détérioration de la membrane	- Remplacer la membrane et vesser la nouvelle membrane jusqu'à la butée. - prévoir le rinçage du doseur si le fluide dépose des sédiments dans le doseur. - Nettoyer le point d'injection bouché qui évoque la contre pression élevée au point de refoulement et vérifier le fonctionnement de soupape de sécurité
Pression au refoulement excessive	Une vérification de la ligne de refoulement si elle est fermée
Prise d'air sur les boites à clapet	Une vérification de serrage de la boite à clapet
Boites à clapet bouchées	- Nettoyage de la boite à clapet - Envisager un filtre au point d'aspiration
Pression côté aspiration est élevée	Monter une soupape de sécurité ou un régulateur de pression d'aspiration.
présence de corps étrangers (impuretés) dans la boite à clapets	- Inspection et nettoyage de la boite à clapet - Envisager un filtre au point d'aspiration - Une vérification de la métallurgie des composants de la pompe si les impuretés se résultent des réactions chimiques entre le liquide et les composants.
Entrée d'aire à l'aspiration	Correction de la tuyauterie
la longueur de course est trop courte ou bien n'est pas suffisante	Réajustement de la longueur de course à la bonne longueur

IV.4. Conclusion :

Ce chapitre présente un outil d'analyses *AMDEC machine*. Après le choix de la machine la plus critiques et déterminer la machine causant le plus taux d'arrêt par rapport à la capacité de production dans la période comprise entre 24/12/2014 et 17/01/2015, la machine qu'on a sélectionnée est la pompe «**40 P 06 ABC** ».

Alors, l'outil *AMDEC machine* a pour objectif de déterminer les modes de défaillances qui peuvent l'équipement à les subir pendant leurs fonctionnement et de préciser ses causes et ses effets et donner des solutions correctives pour les éviter. On a appliqué cet outil sur la pompe «**40 P 06 ABC** ». C'est-à-dire la pompe «**40 P 06 ABC** », le tableau d'analyse *AMDEC* qu'on a réalisé nous montre que presque la majorité des dysfonctionnements sont dus à l'ignorance des opérations de la maintenance préventive.

Dans la synthèse de l'étude d'*AMDEC*, on a donné quelques opérations dans le but d'améliorer la disponibilité de la pompe «**40 P 06 ABC** ».