



MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

**Diplôme de Licence Sciences et Techniques
Spécialité : Conception et Analyse Mécanique**

Etude de la fiabilité de la pompe centrifuge 105 de l'unité d'hydrocraquage 34

Présentée par :

ZARRIK AMAL

Encadrée par :

**-Mr.MOHAMMED EL MAJDOUBI, département Génie Mécanique, FST Fès
- Mr. MOUSTAPHA MOJAHID, Encadrant de la société LA SAMIR**

Effectué à : LA SAMIR Mohammedia

Soutenue : 13 Juin 2013

Le jury :

- **Mr. M. EL MAJDOUBI, FSTF**
- **Mr. J. ABOUCHITA, FSTF**

Année Universitaire : 2012-2013



Remerciement

*C'est avec enthousiasme que j'ai effectué ce stage de fin d'études au sein de **LASAMIR** à Mohammedia. C'est alors avec reconnaissance que je présente mes remerciements à la direction du site, pour m'avoir offert cette occasion de stage.*

J'exprime mon immense respect à mon encadrant à LA SAMIR, Mr. MOJAHID, pour m'avoir encadré le long de toute la durée de mon stage, pour sa disponibilité et son soutien, aussi Mr. FARAJI, pour son effort avec moi et son aide.

Je tiens également à exprimer mon ample reconnaissance et ma considération envers mon encadrant à la FSTF, Mr. EL MAJDOUBI, pour l'intérêt qu'il a porté à mon sujet et pour ses conseils efficaces

Je témoigne mes remerciements à toute l'équipe du service maintenance pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle

Enfin, que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail, trouvent dans ce modeste rapport l'expression de ma gratitude et mes remerciements les plus sincères.

Dédicaces

Je dédie mon rapport à :

Mes chers parents, pour leur soutien matériel et moral.

Mr. JAMAL BA-AMER, le directeur général de la société SAMIR.

Mon profond respect au service maintenance de LA SAMIR et surtout à Mr. MOJAHID et Mr. FARRAJI qui ont veillé au bon déroulement de mon stage.

Mes professeurs, pour les efforts, et les conseils qui m'ont assurée durant ma formation.

Mes amies, stagiaires de LA SAMIR pour leur aide durant la période de mon stage.

Sommaire

Remerciement.....	1
Dédicaces.....	2
Introduction.....	7
Chapitre I : Présentation de l'organigramme d'accueil.....	8
Présentation de LA SAMIR.....	9
1. Introduction.....	10
2. Fiche signalétique.....	10
3. Structure et organigramme de LA SAMIR.....	12
4. Raffinage du pétrole.....	14
5. Principales opérations de traitement du pétrole brut.....	14
6. Dérivés pétroliers.....	15
7. Projet Upgrade.....	16
8. Présentation de l'unité d'hydrocraquage.....	18
9. Conclusion.....	21
Chapitre II : Pompe centrifuge.....	22
1. Introduction.....	23
2. Pompe centrifuge.....	23
3. Présentation de la motopompe 105 de l'unité 34.....	25
4. Conclusion.....	26
Chapitre III : Généralité sur la maintenance.....	27
1. Introduction.....	28
2. Définition.....	28
3. Objectifs de la maintenance.....	28
4. Les catégories de la maintenance.....	28
5. L'analyse fonctionnelle.....	31
6. AMDEC.....	33
7. Conclusion.....	35



Chapitre IV : Etude de cas	36
1. Introduction.....	37
2. Analyse fonctionnelle de la motopompe 105-P-34.....	37
3. Décomposition interne de la motopompe 105-P-34.....	38
4. AMDEC la motopompe 105-P-34.....	38
5. Application de la méthode Pareto sur la motopompe 105-P-34.....	43
6. Conclusion.....	45
Chapitre V : Plan de maintenance	46
1. Introduction.....	47
2. Maintenance préventive.....	47
3. But de la maintenance préventive.....	47
4. Différents services de la maintenance à LA SAMIR.....	47
5. Plan de maintenance préventive.....	49
6. Conclusion.....	50
Chapitre VI : Etude RCA	51
1. Introduction.....	52
2. Définition.....	52
3. But de la RCA.....	52
4. Application de la RCA sur les coussinets.....	52
5. Solutions amélioratives.....	57
Conclusion	59
Bibliographie	60
Annexe	61

Liste des figures

Figure 1 : LA SAMIR.....	9
Figure 2 : Organigramme de LA SAMIR.....	13
Figure 3 : Principe du raffinage du pétrole brut.....	14
Figure 4 : Procédure de traitement du pétrole brut.....	15
Figure 5 : Procédé du retraitage du gaz acide.....	18
Figure 6 : pompe centrifuge Type de la maintenance.....	23
Figure 7 : Type de la maintenance.....	29
Figure 8 : La bête à corne.....	31
Figure 9 : Diagramme de pieuvre.....	32
Figure 10 : La bête à corne de la 34-p-105.....	37
Figure 11 : Diagramme de pieuvre de la 34-p-105.....	37
Figure 12 : Diagramme de Pareto.....	44
Figure 13 : Les services de la maintenance à LA SAMIR.....	47
Figure 14 : Schéma d'ensemble de la pompe Sundyne.....	53
Figure 15 : Diagramme d'ISHIKAWA.....	54
Figure 16 : Nouvelle conception du coussinet.....	57

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche signalétique.....	10
Tableau 2 : Fiche technique de la pompe 105.....	25
Tableau 3 : Barème de la valeur de gravité.....	34
Tableau 4 : Barème de la valeur de la détectabilité.....	34
Tableau 5 : Barème de la valeur de fréquence.....	35
Tableau 6 : Décomposition interne de la 34-P-105.....	38
Tableau 7 : Etude Pareto sur la criticité.....	43
Tableau 8 : Les classes ABC.....	45
Tableau 9 : Les actions préventives.....	50
Tableau 10 : Amélioration.....	54
Tableau 11 : Solutions amélioratives.....	58
Tableau 12 : Solutions choisies.....	58



Introduction

Le stage permet de se préparer à une future adaptation dans la vie professionnelle.

Dans le cadre de ma formation à la FSTF, je suis amenée à effectuer un stage de 2 mois pour l'obtention de la licence et aussi pour consolider mes acquis théoriques et établir un premier contact avec le domaine de travail.

J'ai choisi de passer mon stage de fin d'étude au sein de LA SAMIR car elle offre un terrain favorable à la compréhension du fonctionnement des divers mécanismes qui orchestrent la vie d'une société.

Le sujet de mon stage est « l'étude de fiabilité de la pompe centrifuge 105 de l'unité d'hydrocraquage 34 », c'est une pompe monocellulaire à grande vitesse du constructeur « Sundyne ».

A travers mon rapport, j'ai essayé de faire une étude sur les défaillances que subit cette pompe en utilisant des outils méthodologiques comme AMDEC, diagramme de Pareto afin de proposer à la fin des actions préventives.



Chapitre I

Présentation de l'organigramme d'accueil

LA S.A.M.I.R



Figure 1 : LA SAMIR

La société anonyme marocaine de l'industrie du raffinage, la SAMIR, véritable pôle industriel et acteur déterminant du secteur pétrolier marocain, exerce ses activités en entreprise responsable, respectueuse des lois et règlements, soucieuse du bien public et des causes d'intérêt général.

Depuis son démarrage en 1962 la SAMIR prouve sa capacité à participer au développement économique du Maroc.

1. Historique :

Le MAROC pays non producteur du pétrole, a décidé d'assurer la maîtrise de ses besoins en énergie et de prouver son indépendance énergétique en créant, à la suite d'une convention signée entre l'état représenté par le bureau des études et des participations industrielles BEPI et l'Office Italienne des Hydrocarbures représentée par sa filiale ANIC ; une raffinerie proche du port de Mohammedia dénommée « Société Anonyme Marocaine De l'industrie et de Raffinage »

La société anonyme marocaine de l'industrie du raffinage « *SAMIR* » a connu depuis sa création un grand développement concernant la création de nouvelles unités.

2. Fiche signalétique :

Dénomination	SAMIR (Société Anonyme Marocaine de l'Industrie du Raffinage)
Forme juridique	société anonyme
Capital	1.189.966.500 DHs
Date de constitution	1^{er} janvier 1959
Identification fiscale	03100228
PATENTE	39404860
Adresse	Route coutière, BP89&101 Mohammedia Tél. 05.23.32.42.01 Fax. 05.23.31.69.56
Date de création	1959
Capacité de Raffinage	7,75 millions tonnes
Capacité de Stockage	1 million de m³ de pétrole brut
Capacité de production	6.500.000 t/ AN
Certifications	Certification ISO 9001 V 2000 Certification ISO 14001 V 2004 Certification ISO 17025
Activité principale	Raffinage du pétrole & Exploration pétrolière

Tableau 1 : Fiche signalétique

La société anonyme marocaine de l'industrie de raffinage SAMIR a connu depuis sa création un grand développement concernant la création de nouvelles unités.



La SAMIR a été créée cinq ans après l'indépendance de Maroc, et voici les faits les plus marquants :

1959 : feu sa majesté le roi Mohammed 5 pose la première pierre de la nouvelle raffinerie. Exprimant ainsi l'intérêt accordé par l'état à la maîtrise de ses besoins énergétiques.

1962 : la SAMIR fut inaugurée le 10 janvier par feu sa majesté Hassan2, l'activité de la raffinerie démarre ainsi dans un contexte très favorable.

1972 : une 2^{ème} extension de la raffinerie ramène la capacité de 1.250.000T/An à 2.250.000T/An.

1974 : à la suite de la crise pétrolière de 1973 et pour éviter les répercussions sur le Maroc, il décida de procéder à la nationalisation de son capital et sa raison sociale est devenue « Société Anonyme Marocaine de l'Industrie du Raffinage »

1975 : face à la demande de plus en plus forte des produits pétroliers, la SAMIR décide d'investir et d'augmenter sa capacité de raffinage en créant une « 3^{ème} extension de la raffinerie » portant la capacité totale de 2 250 000T/An à 6 500 000T/An.

1980 : à l'achèvement de cette réalisation, un nouveau projet d'égale envergure est lancé. La SAMIR construit un complexe des huiles lubrifiantes de 100 000T/An qui a été inauguré le 9 mars par feu sa majesté Hassan 2.

1984 : démarrage du complexe des huiles, bitumes et para raffinage.

1991 : la SAMIR entreprend le réarrangement de l'ensemble des installations existantes en vue d'améliorer la qualité de ses produits.

1996 : dans le cadre de la première phase du processus de privatisation de la société, la SAMIR est introduite en bourse de Casablanca de 30% du capital social.

1997 : dans le cadre de la seconde phase de privatisation de la SAMIR, le groupe Corral acquiert 67% du capital de cette dernière.

1999 : la fusion absorption de la Société Chérifienne des Pétroles <<SCP>> par la SAMIR lui permet l'augmentation de son capital.

2001 : la nomination de M.ABDERRAHMAN SAAIDI au poste de Directeur Général après le départ en retraite de l'ancien DG Monsieur A.MENJOUR.



2003 : création de la fondation SAMIR.

2005 :(septembre 2005 jusqu'à 2008) ingénierie de détail de l'unité upgrade en Italie (Milan).

2006 :construction par parties des différentes unités de l'upgrade.

2008:signature d'un contrat de 17 millions d'euros avec la société Espagnole Técnicas Reunidas portant sur les études d'ingénierie et de conception du projet de remplacement des anciennes unités de distillation (Topping 1et 2) de la raffinerie de Mohammedia, par une nouvelle unité (Topping4) d'une capacité annuelle de 4 millions de Tonnes.

2009 :démarrage prévu des installations du projet de modernisation de la raffinerie.

Démarrage du projet de la Cogénération. Démarrage de l'upgrade.

2010 :Signature du contrat de financement de l'unité d'extension de production du bitume.

2011 :Obtention de la norme internationale de sécurité OHSAS 18001-2007

NM 00.5.801-2009

3. Structure et organigramme de LA SAMIR :

La SAMIR domine complètement le secteur du raffinage au Maroc, c'est pourquoi, et dans le but d'une bonne coordination du travail, l'entreprise a opté pour une structure fonctionnelle. En effet, la répartition des responsabilités y est très importante afin de respecter les compétences spécifiques relatives au flux interne.

Ceci a engendré une division très importante du travail, ainsi, chaque employé à une tâche bien définie qu'il respecte scrupuleusement.

Par ailleurs, la hiérarchie est bien respectée à la SAMIR. Chaque employé ne travaille qu'en relation avec son supérieur direct et la coordination est assurée par la direction qui de ce fait, a une vue sur l'ensemble des activités.

Organigramme général de la SAMIR :

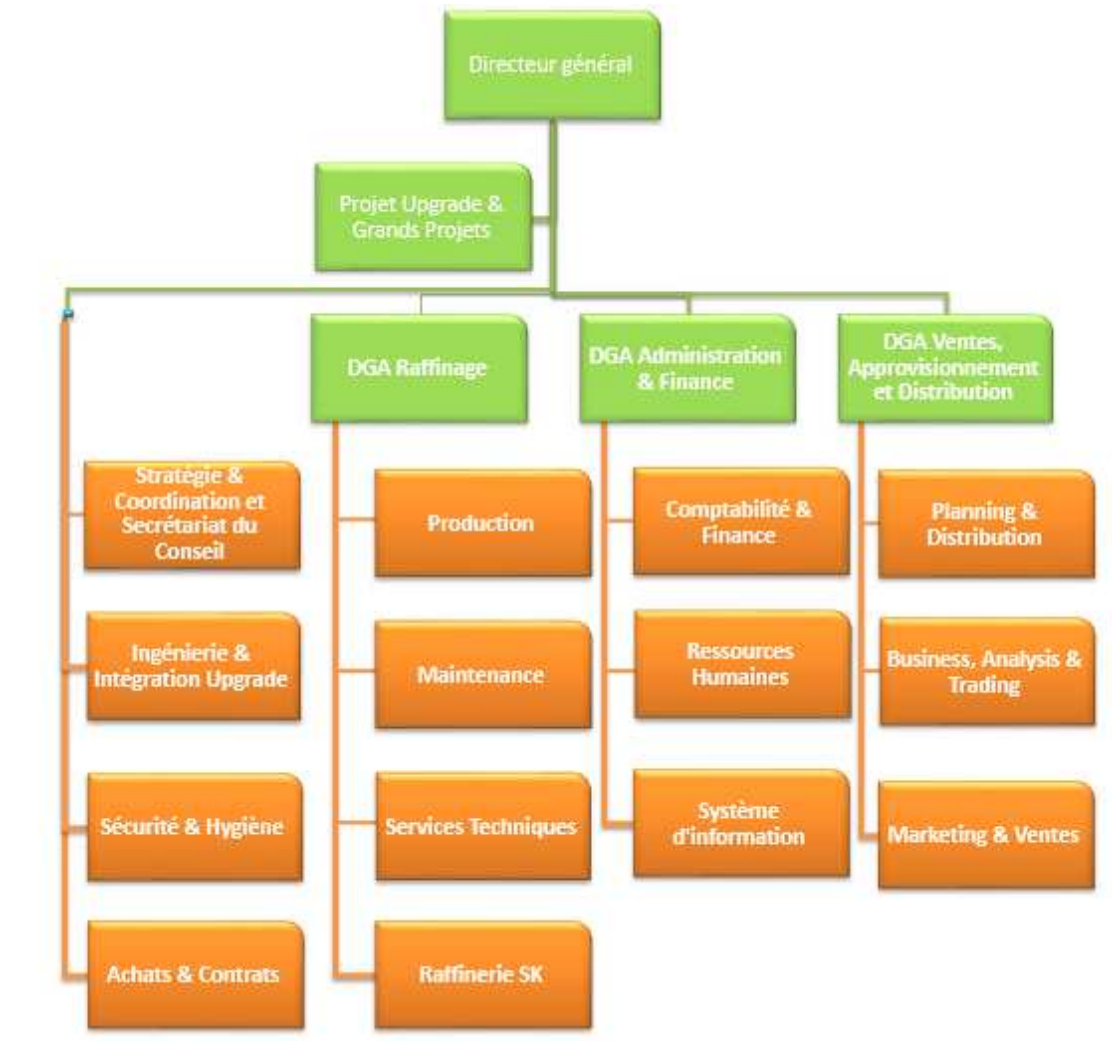


Figure 2 : Organigramme de LA SAMIR

4. Raffinage du pétrole :

Le raffinage du pétrole désigne l'ensemble des traitements et transformations visant à tirer du pétrole le maximum de produits à haute valeur commerciale. Selon l'objectif visé, en général, ces procédés sont réunis dans une raffinerie. La raffinerie « SAMIR » est l'endroit où l'on traite le pétrole pour extraire les fractions commercialisables.

Le pétrole, qui est un mélange de différents produits hydrocarbonés, pour être utilisable dans les différentes branches de l'industrie et des moteurs à combustion, doit subir une série de traitements divers. Très souvent, la qualité d'un brut dépend largement de son origine. Selon son origine, sa couleur, sa viscosité, sa teneur en soufre, son point d'écoulement, sa teneur en minéraux varient. Aussi, la structure de chaque raffinerie doit tenir compte de tous ces facteurs.

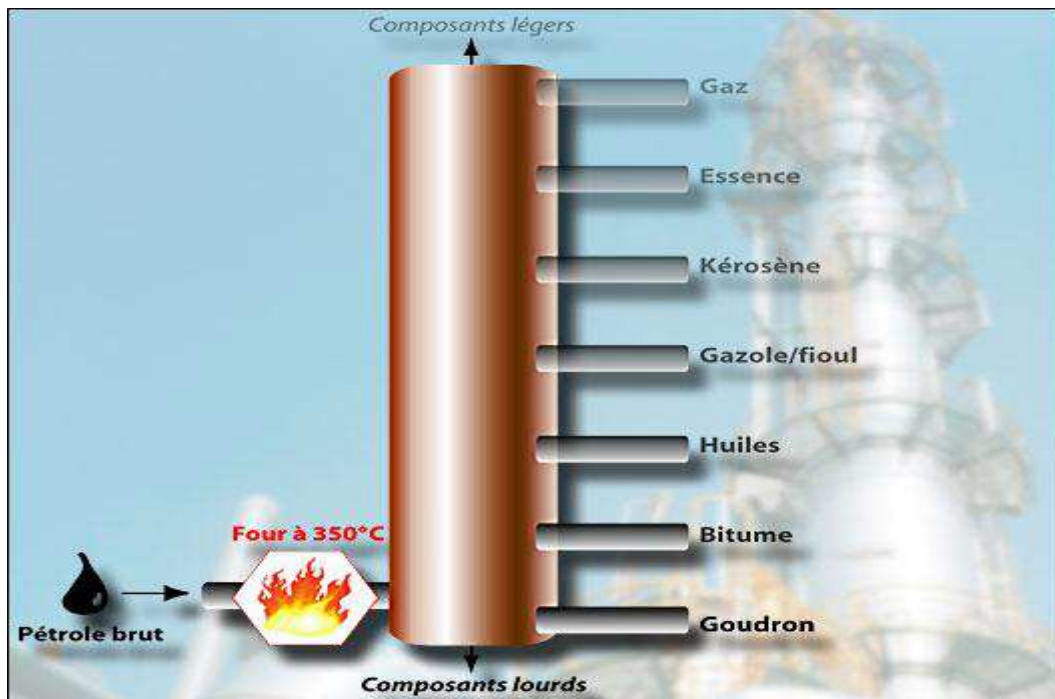


Figure 3 : Principe du raffinage du pétrole brut

5. Principales opérations de traitement du pétrole brut :

- **Le préchauffage :** Le brut aspiré des bacs de stockage est préchauffé à une température variant entre 240-260°C.

- **Le dessalage** : Cette opération permet de réduire la teneur en eau, sédiments et sel contenus dans le pétrole brut.
- **Le chauffage** : Le brut issu du train de préchauffage est chauffé davantage dans le four de charge pour atteindre la température de transfert de 365-370°C.
- **La distillation atmosphérique** : La distillation du pétrole brut est faite dans une unité de Topping. Le brut est fractionné en différentes composantes d'hydrocarbures dans une colonne de distillation atmosphérique. Les composés légers montent tandis que les composés lourds descendent dans la colonne.
- **Le soutirage des produits** : Les produits soutirés sont, les essences + GPL, le naphta, le kérosène, le gasoil 1, le gasoil 2, le résidu atmosphérique. Les essences + le GPL sont par la suite séparés en GPL, essence légère et essence lourde.

6. Dérivés pétroliers :

Le traitement du pétrole brut permet de dégager certains composants à caractère chimique différent à savoir :

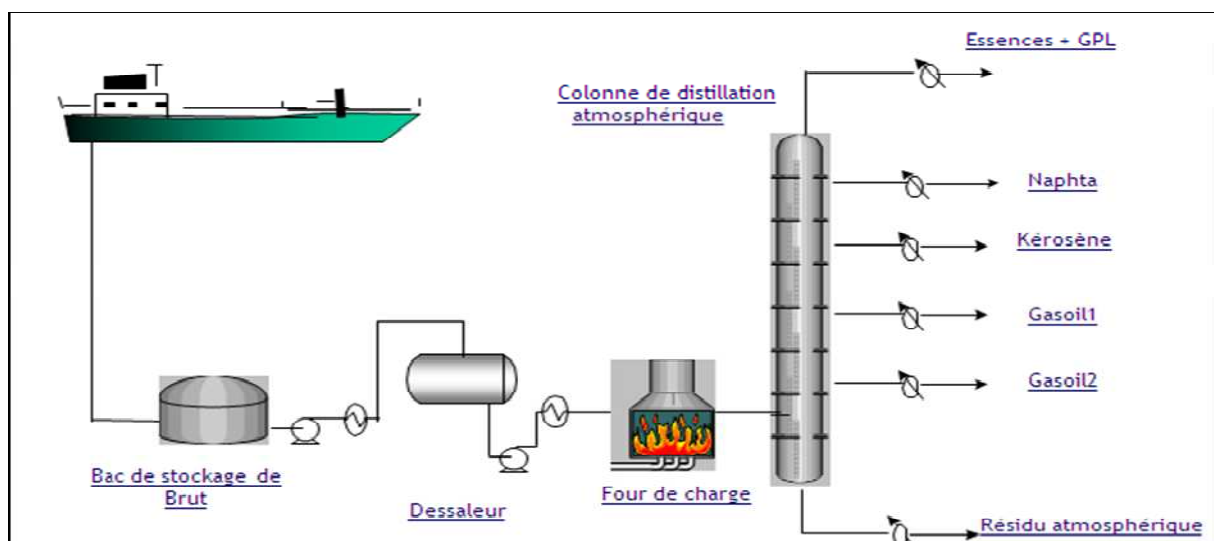


Figure 4 : Procédure de traitement du pétrole brut

- **Les GPL** :« Gaz Pétroliers Liquéfiés » ; ils se composent de deux sortes de combustibles (Le propane et le butane). Le premier est destiné aux centres hospitaliers et hôteliers, le second aux besoins ménagers ou domestiques.
- **Les essences** :on distingue le light Straight Run (L.S.R) et le Heavy Straight Run (H.S. R), on en tire :
 - **L'essence "ordinaire"** :combustible des moteurs à essence à bas rapport de compression.
 - **L'essence " super"** :combustible des moteurs à essence à haut rapport de compression
 - **L'essence "sans plomb"** :sert à l'alimentation des moteurs à allumage commandé.
- **Le jet AI turboréacteur ou kérosène** :c'est un carburant pour les avions.
- **Le gasoil** :carburant des moteurs diesels utilisé notamment dans le transport en commun, transport de marchandises ainsi que pour les machines agricoles.
- **Le fuel-oil** :combustible consommé dans les fours et les chaudières

7. Projet UPGRADE :

Le projet Upgrade s'inscrit dans le cadre de la modernisation de la raffinerie de Mohammedia. Ce projet intègre tous les éléments de la stratégie pétrolière nationale et englobe les technologies les plus modernes et les procédés les plus performants dans le domaine du raffinage.

Ce projet a démarré en septembre 2005 et il vise les points suivants :

- 1**-Mieux répondre aux besoins du marché national en produits raffinés.
- 2**-Améliorer la qualité des produits pétroliers grâce à la réduction de leur teneur en soufre.
- 3**-protéger l'environnement par la réduction des émissions nocives.



4-Renforcer la sécurité d’approvisionnement du pays.

5-Améliorer la sécurité des installations de raffinage.

Les unités d’Upgrade :

U31 : distillation sous vide VDU

U33 : hydrotraitement HDT

U34 : hydrocraquage

U36 : production hydrogène HPU

U38 : stripage des eaux

U39 : récupération soufre SRU

- **Unité de distillation sous vide 31 :**

L’objectif de l’unité de distillation sous vide est de fractionner le résidu atmosphérique pour en produire la charge de l’unité d’hydrocraquage. Cette unité permet de réaliser la séparation du résidu atmosphérique en quatre coupes nommées LVGO, MVGO, HVGO et résidu sous vide. Capacité design 360 m³/h (2.78 millions tonnes/an)

Le but de l’unité d’hydrotraitement est d’éliminer des impuretés nuisibles dans le Gasoil, telles

que le soufre, l’azote, l’oxygène et les métaux, par un traitement catalytique en présence d’hydrogène

- **Unité d’hydrocraquage 34 :**

Le procédé d’hydrocraquage consiste à craquer des charges (généralement du VGO) à température d’ébullition élevées en produits à températures d’ébullition basses

Le procédé est mis en œuvre par l’action de catalyseurs très actifs et sous une pression élevée d’Hydrogène ce qui permet de travailler à des températures relativement basses par rapport aux autres formes de craquage

Produits :

Le Diesel 5 PPM représente 55% des produits

Le Kérosène représente 20% des produits

- **Unité de production d'hydrogène U36**

L'unité 36, a pour but la production d'hydrogène nécessaire pour les unités d'hydrotraitement de Diesel U33 et d'hydrocracking U34.

- **Unité de régénération d'amine U37**

L'objectif de cette unité consiste à retirer du gaz acide (H₂S) de l'amine riche

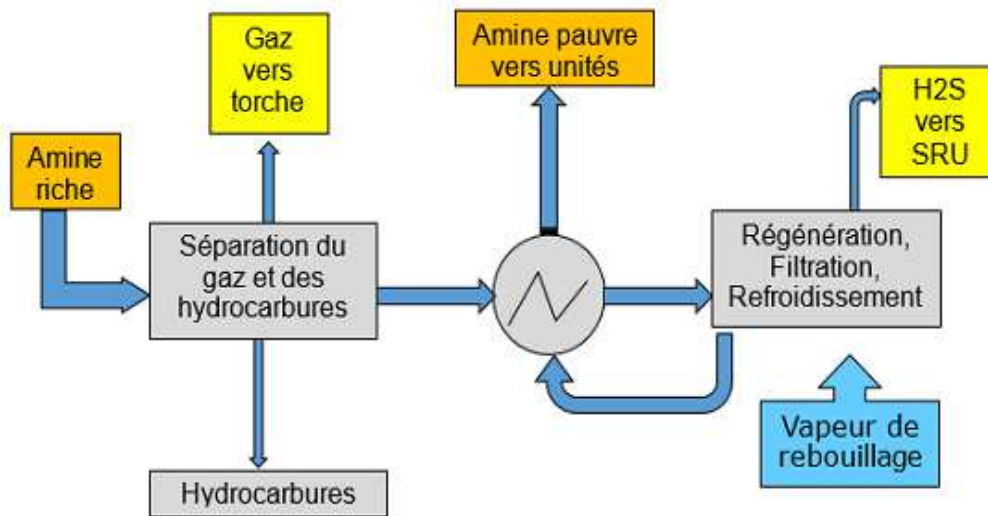


Figure 5 : Procédé du retraitage du gaz acide

- **Unité de Stripping des Eaux Acides U38**

L'objectif de l'unité est de :

- traiter et éliminer par stripage les gaz H₂S et NH₃ présents dans les eaux acides
- Préparer la solution ammoniacale absorbante pour traitement gaz VDU

- **Unité de Récupération du Soufre U39**

Le but de l'unité (SRU) est de convertir les gaz acides riches en sulfure d'hydrogène et en ammoniacale, générés dans les unités de Régénération d'Amine (ARU) et de Stripping des Eaux Acides (SWS), et de produire du soufre élémentaire.

8. Présentation de l'unité d'hydrocraquage U34 :



L'unité d'hydrocraquage de Samir est conçue pour une capacité de 36 000 BPOD et licenciée par Chevron Lummus Global (CLG). L'unité est conçue pour une conversion de 99% vol d'un mélange de Distillats sous vide (VGO) et des extraits des huiles.

L'unité d'hydrocraquage de Samir est conçue pour une capacité de 36 000 BPOD et licenciée par Chevron Lummus Global (CLG). L'unité est conçue pour une conversion de 99% vol d'un mélange de Distillats sous vide (VGO) et des extraits des huiles

L'objectif de l'unité est de maximiser la production des distillats moyens (Diesel et Kérosène).

Le schéma de procédé de l'unité d'hydrocraquage est composé de 4 sections séparées :

- Section Réactionnelle
- Section Fractionnement
- Section Séparation et Récupération des Gaz
- Section de Compression d'Hydrogène d'Appoint

Les produits issus de l'Hydrocraqueur sont le Fuel Gaz adouci, propane, butane, essence légère, essence lourde, kérosène, diesel et hydrocarbures non convertis

- **Section réactionnelle:**

La section réactionnelle consiste en deux étages de réacteurs dans une seule boucle haute pression qui convertit 99% de la charge fraîche en produits. Le Premier Réacteur 34R101 du Premier Etage effectue la démétallation, l'Hydrotraitement et un Hydrocraquage partiel de la charge fraîche dans 5 lits catalytiques successifs. Les conditions opératoires dans le premier réacteur sont fixées pour convertir environ 60% de la charge. Le premier réacteur convertit la charge fraîche en distillats moyens et produits légers en plus de l'élimination des métaux, soufre et azote ainsi que la réduction de la teneur en composés aromatiques. Ceci assure des conditions favorables pour le second réacteur 34R102 contenant 3 lits de catalyseur sélectif en Gazole. Le Second Réacteur fonctionne en mode recyclage avec 60% comme Conversion Par Passage des hydrocarbures non convertis (UCO) provenant du fond de la colonne de fractionnement.



Les produits craqués sont récupérés dans la section de fractionnement et acheminés en dehors de l'unité. Le produit de fond de la colonne de fractionnement est retourné au second réacteur pour plus de conversion. Une fraction, équivalente à 1% de la charge totale, est soutirée du fond de la colonne de fractionnement et envoyée au stockage comme Fuel-Oil.

La section réactionnelle engendre aussi des équipements pour séparer du gaz riche en hydrogène des effluents des réacteurs. Ce gaz est comprimé et recyclé dans la boucle

réactionnelle haute pression où il est combiné avec l'Hydrogène d'Appoint provenant de la section de compression.

- **Section fractionnement:**

Cette section consiste essentiellement en une colonne de stripage d'H₂S et produits légers 34C201 et une colonne de fractionnement 34C202.

L'objectif principal de cette section est de séparer les produits des réactions en gaz, essence légère non stabilisée, essence lourde, kérosène, diesel, diesel lourd (future) et les hydrocarbures non convertis (UCO). Le produit de tête de la colonne de fractionnement est envoyé à la Section Séparation et Récupération des Gaz pour produire le Fuel Gaz, le propane, le butane, et l'essence légère stabilisée

- **Section de séparation et récupération des gaz:**

Cette section est conçue principalement pour séparer le produit de tête de la colonne de stripage et celui de la colonne de fractionnement en gaz, GPL et essence légère. Les Gaz acides sont traités dans l'absorbeur 34C305 et les GPL sont adoucis dans un contacteur à l'amine et un système de lavage à la soude. Les GPL sont séparés en propane et butane.

- **Section de compression d'hydrogène d'appoint:**

La section de compression d'hydrogène d'appoint est conçue pour comprimer l'hydrogène d'appoint à la pression 181 kg/cm²eff nécessaire à la section réactionnelle. Cette station de compression est aussi utilisée pour comprimer l'Azote durant le démarrage de l'unité. Elle consiste en trois compresseurs identiques en parallèle, chacun avec 3 étages de compression.

L'Hydrogène d'Appoint provenant de l'unité de production d'hydrogène, est mélangé avec l'Hydrogène provenant de l'unité PSA (34A301) et le gaz de recyclage des compresseurs eux-mêmes (Spill back) avant d'entrer au ballon tampon d'aspiration commun 34V501 où tout



liquide entraîné est séparé du gaz. Le gaz alimente ensuite les deux compresseurs normalement en service. En marche normale, deux trains seront utilisés pour fournir l'hydrogène nécessaire à la section réactionnelle, le troisième train est de secours.

Dans chaque train, le gaz est comprimé dans les premiers étages à une pression d'environ 42 kg/cm²eff. Le liquide condensé (s'il y'en a) est séparé dans les ballons tampons des deuxième étages 34V502 A/B/C. Ensuite le gaz est comprimé d'avantage dans un mode similaire dans les deuxième étages à une pression d'environ 87 kg/cm²eff et dans les troisième étages à une

pression d'environ 181 kg/cm²eff. L'excès d'hydrogène, dont la section réactionnelle n'a pas besoin, retourne à l'aspiration via la ligne de recyclage et l'aéroréfrigérant 34E503.

9. Conclusion :

On pourra dire maintenant qu'on a une vision générale sur la société SAMIR et son secteur d'activité, on a défini aussi l'unité 34 du projet Upgrade où fonctionne la pompe centrifuge 105.



Chapitre II :

Pompe centrifuge

1. Introduction :

La pompe centrifuge est l'objet de mon rapport, à travers ce chapitre, j'essaierai de donner une vision générale sur la pompe centrifuge et en particulier la pompe centrifuge Sundyne de l'unité d'hydrocraquage 34.

2. Pompe centrifuge :

a) Définition et principe de fonctionnement :

Une pompe centrifuge est une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue à aube ou d'une hélice appelée impulseur. C'est le type de pompe industrielle le plus commun. Par l'effet de la rotation de l'impulseur, le fluide pompé est aspiré axialement dans la pompe, puis accéléré radialement, et enfin refoulé tangentiellement.

Le principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge repose sur l'effet de la force centrifuge grâce aux aubes de la roue. Celle-ci est placée dans le corps de la pompe qui possède généralement deux orifices, le premier pour l'aspiration dans l'axe de rotation et le second pour le refoulement perpendiculaire à l'axe de rotation. Le fluide pris entre deux aubes se trouve contraint de tourner avec la roue, la force centrifuge repousse alors la masse du liquide vers l'extérieur de la roue où la seule sortie possible sera l'orifice de refoulement. L'énergie fluide provient donc de la force centrifuge.

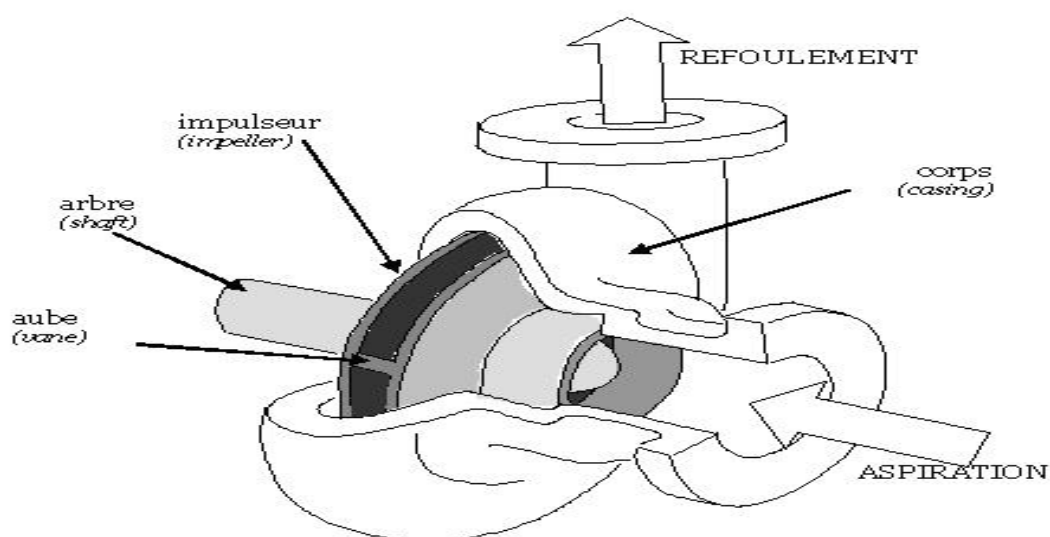


Figure 6 : pompe centrifuge



On appelle « corps de pompe » l'enveloppe extérieure de la machine. C'est la partie fixe de la machine ou stator.

Le corps est constitué principalement de la « tubulure d'aspiration », de la « volute », et de la « tubulure de refoulement ». La partie mobile ou rotor est formée de l'impulseur (roue à aubes), monté sur un arbre.

Le rotor est actionné par une machine d'entraînement qui est le plus souvent un moteur électrique.

On appelle aubes les lamelles grossièrement radiales qui, à l'intérieur de l'impulseur, canalisent le fluide de l'intérieur vers l'extérieur de la volute.

b) Les principaux composants d'une pompe centrifuge sont :

- Un impulseur : c'est l'organe qui transmet au fluide l'énergie fournie par le moteur. C'est une roue munie d'aubes qui animée par un mouvement de rotation entraine dans son mouvement le fluide. Celui-ci arrive axialement jusqu'à la roue et il est rejeté radialement sous l'effet de la force centrifuge.
- Un diffuseur : son rôle est de diminuer la vitesse du fluide en transformant une partie de l'énergie cinétique en énergie potentielle. Son utilisation à la périphérie de la roue mobile permet une diminution de la perte d'énergie.

c) Caractéristiques d'une pompe centrifuge :

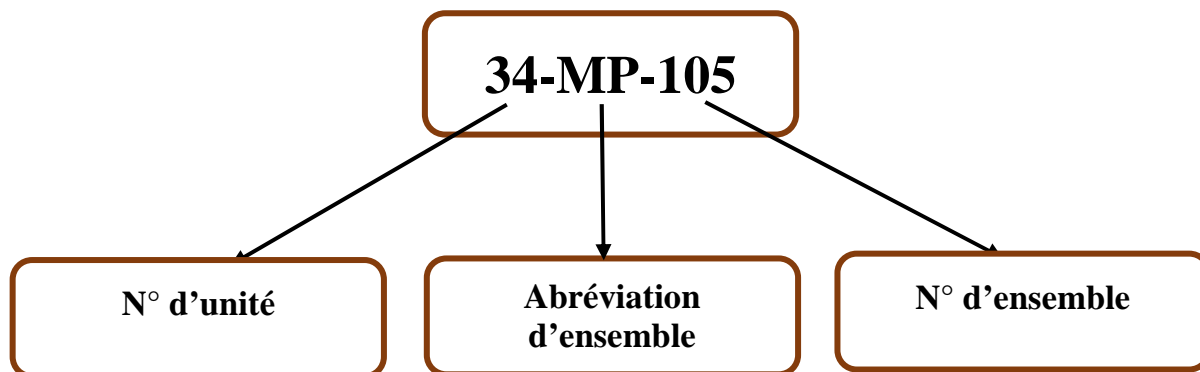
Les principaux paramètres qui caractérisent une pompe centrifuges sont :

- Le débit refoulé Q : est le volume utile débité au refoulement de la pompe par unité de temps, en m^3/s (unités également utilisées : l/s et m^3/h). Il est proportionnel à la vitesse de rotation de la pompe. Le débit de fuite ainsi que les écoulements dans les jeux ne sont pas compris dans le débit refoulé.
- Hauteur manométrique H : c'est l'énergie fournie par la pompe à l'unité de poids du liquide qui la traverse. Si H_{TA} est la charge totale du fluide à l'orifice d'aspiration et H_{TR} la charge totale du fluide à l'orifice de refoulement, la hauteur manométrique de la pompe est : $H = H_{TA} - H_{TR}$

- Le rendement η : Le rendement d'une pompe est le rapport de la puissance utile P (puissance hydraulique) communiquée au liquide pompé à la puissance absorbée Pa par la pompe, généralement il est de l'ordre de 60 à 70%.

3. Présentation de la Motopompe 34-MP-105:

a) Désignation :



b) Fonction :

La pompe « Sundyne » est une pompe centrifuge monocellulaire, avec un multiplicateur de vitesse intégré, elle aspire de l'eau chaude (BWF) du ballon 34V110 et la refoule vers l'entrée Aero 34E110 pour alimenter le ballon 34V103

Les Pompes LMV sont les plus couramment utilisées dans les applications d'alimentation de chaudière. Elles sont également utilisées dans les raffineries, usines pétrochimiques et des usines de production d'énergie.

c) Fiche technique de la pompe :

-Fournisseur	Sundyne
-Débit	19 m ³ /h
-Température	48°C
-Pression	-d'aspiration : 3,7 bars -de refoulement : 161,6 bars

Tableau 2 : Fiche technique de la pompe 105



4. Conclusion :

Après avoir défini la pompe centrifuge 105 de l'unité 34 et caractéristique, on peut maintenant entamer les chapitres suivants

Chapitre III :

Généralités sur la maintenance :

1. Introduction :

Ce chapitre va être consacré pour la définition de la maintenance ainsi que l'AMDEC qui est un outil méthodologique permettant l'analyse systématique des dysfonctionnements potentiels d'un produit ou d'une installation

2. définition :

L'entretien ou la maintenance est défini comme étant « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé » (norme AFNOR X 60-010).

Entretenir ou maintenir consiste donc à effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, changement, amélioration, vérification, contrôle) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production ainsi que la sécurité d'opération.

3. Objectifs de la maintenance :

Les objectifs de la fonction maintenance sont répartis sur plusieurs niveaux :

- quantité : Assurer la production prévue
- Qualité : maintenir la qualité du produit final tout en respectant les besoins du client
- Temps : Respecter les délais prévus
- Sécurité : Eliminer les défaillances et assurer la sécurité du personnel
- Rentabilité : Rechercher les couts optimums et l'amélioration continue de la disponibilité des outils de production
- Environnement : Préserver l'environnement

4. Les catégories de la maintenance :

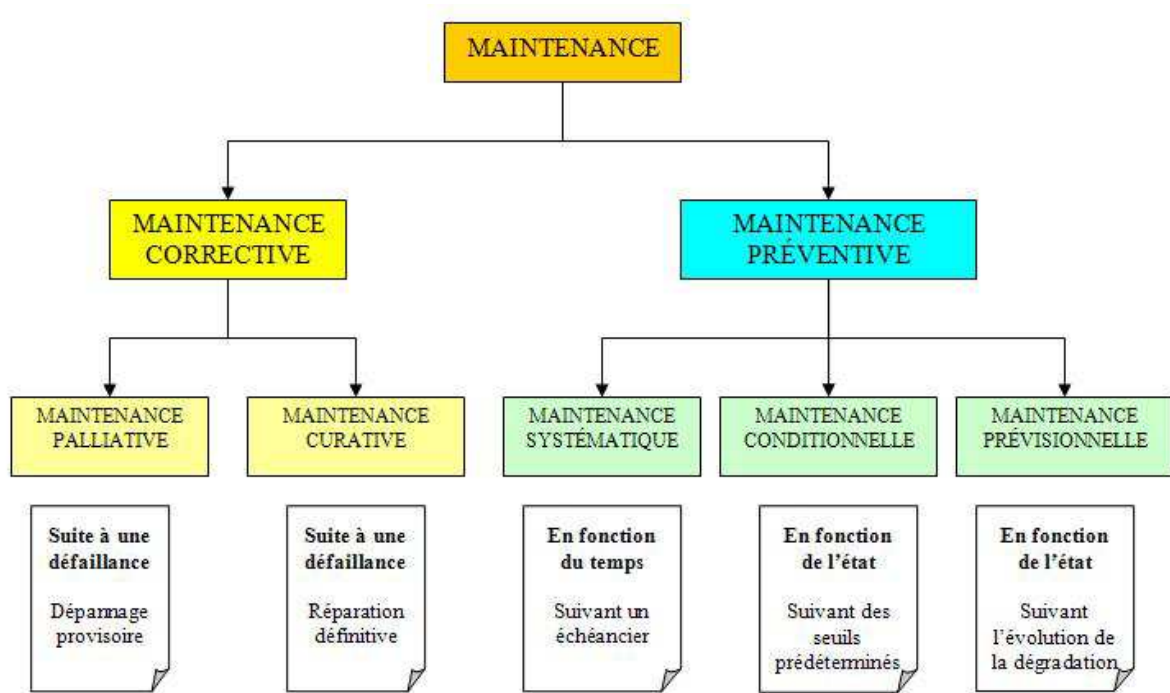


Figure 7 : Type de la maintenance

a) La maintenance corrective :

Il s'agit de la maintenance effectuée après la détection d'une panne, elle a pour objectif de remettre une entité d'un état défaillant à un état lui permettant d'accomplir une fonction requise Le fonctionnement de la maintenance corrective est divisé en deux parties :

-Maintenance palliative :

La maintenance palliative est une maintenance qui s'attache à la correction de tout incident identifié en production, et empêchant la poursuite de celle-ci.

C'est une intervention rapide pour pallier au plus urgent en attendant de trouver une solution ou une correction définitive plus rassurante.

La maintenance palliative permet de :

- Localiser l'incident
- Mettre en place une solution provisoire permettant de poursuivre l'exploitation



- Maintenance curative :

La maintenance curative est une maintenance qui s'attache à corriger tout incident identifié en production mais n'empêchant pas la poursuite de celle-ci, il s'agit d'une intervention en profondeur et définitive pour réparer un équipement de façon définitive.

La maintenance curative permet de :

- Localiser l'incident
- Développer une solution permettant de rendre la machine conforme à sa destination
- Mettre en place cette solution

b) La maintenance préventive :

Activités périodiques effectuée sur l'équipement afin d'éliminer ou déceler des conditions menant à la détérioration de cet équipement.

La maintenance préventive est divisée en 3 parties :

- **La maintenance préventive systématique :** elle désigne des opérations effectuées systématiquement, soit selon un calendrier (à périodicité temporelle fixe), soit selon une périodicité d'usage (nombre d'heures de fonctionnement, nombre d'unités produites, nombre de mouvements effectués, etc.). Aucune intervention n'a lieu avant l'échéance déterminée à l'avance.
- **La maintenance préventive conditionnelle :** Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent.
- **La maintenance prédictive (ou prévisionnelle) :** est une maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions.

5. L'analyse fonctionnelle :

L'analyse fonctionnelle est une méthode qui a pour objet :

- L'identification des fonctions attendues ou réalisées du produit
- L'expression de ces fonctions (verbe d'action, complément)
- La caractérisation de ces fonctions (critères, niveaux, flexibilités)
- La hiérarchisation de ces fonctions

L'objectif est de proposer un modèle de l'usage du produit qui permette la simulation de la satisfaction du client.

L'analyse fonctionnelle se fait selon deux niveaux principaux :

- **L'analyse fonctionnelle externe:** qui détermine les fonctions principales et les fonctions contraintes.
- **L'analyse fonctionnelle interne :** qui détaille les différents éléments qui vont être analysés dans l'AMDEC ainsi que leur participation dans la ou les fonctions principales.

L'analyse fonctionnelle externe est possible grâce à des outils comme :

-La bête à corne :

La "bête à cornes" pose trois questions essentielles pour justifier la conception d'un produit:

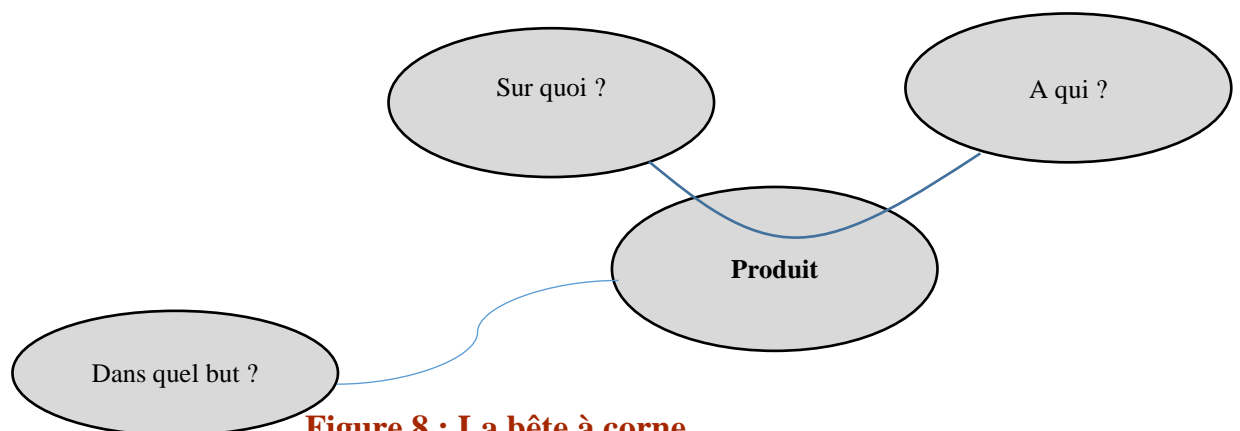


Figure 8 : La bête à corne

↳ VERBALISATION :

« Le produit rend service au client, en agissant sur la matière d’œuvre, pour satisfaire le besoin »

-Diagramme pieuvre :

L’outil "diagramme pieuvre" est utilisé pour analyser les besoins et identifier les fonctions de service d’un produit.

Le diagramme "pieuvre " met en évidence les relations entre les différents éléments du milieu environnant et le produit et détermine les fonctions principales et les fonctions contraintes

- **Fonctions Principales Fp** : C’est la fonction qui satisfait le besoin. Elle assure la prestation du service rendu. C'est la raison pour laquelle le produit a été créé
- **Fonctions contraintes Fc** :C’est une fonction de service qui limite la liberté du concepteur.

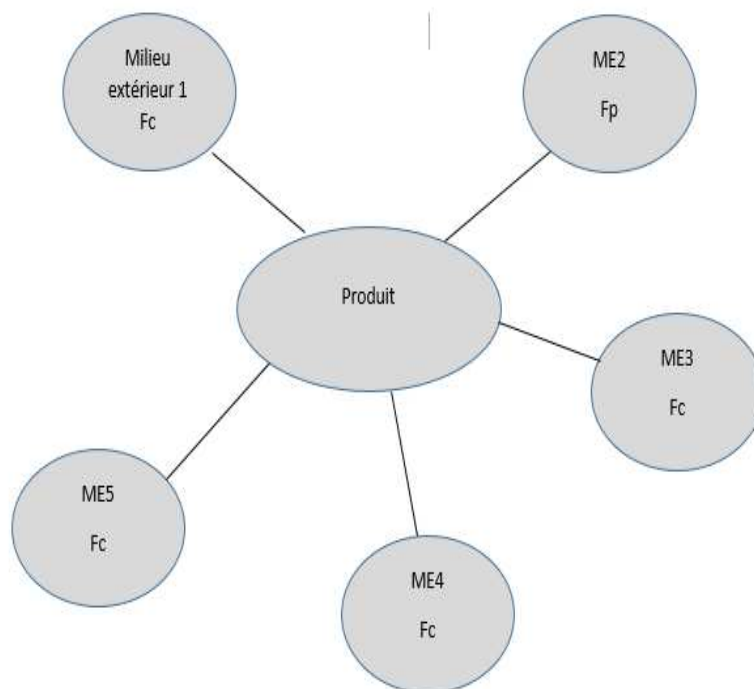


Figure 9 : Diagramme pieuvre

6. ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCES DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITES (AMDEC) :

L'**AMDEC** est une Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité. C'est une technique d'analyse qui part de l'examen des causes possibles de défaillance des éléments d'un système pour aboutir aux effets de ce système. Cette méthode peut s'appliquer à un produit, mais aussi à un procédé ou à un moyen de production.

La démarche de l'AMDEC se décompose en 4 étapes suivantes :

Etape 1 : Initialisation de l'étude qui consiste :

- La définition de la machine à analyser
- La définition des objectifs à atteindre
- La mise au point des supports de travail

Etape 2 : Description fonctionnelle de la machine qui consiste :

- Découpage de la machine
- inventaire des fonctions de service
- inventaire des fonctions techniques

Etape 3 : Analyse AMDEC qui consiste :

- 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

La formule de calcul de criticité est :

$$\text{Criticité} = \text{Fréquence} * \text{Gravité} * \text{Défectabilité}$$

Étape 4 : Synthèse de l'étude/décisions qui consiste :

- Bilan des travaux
- Décision des actions à engager

↳ **Les valeurs de G, F, D**

Valeur de G	Critères
1	Sans risque mineur au niveau de production et sécurité
2	Influence sur le fonctionnement des autres éléments (impact sécurité mineur)
3	Réduction du rendement de la machine (sans impact sécurité)
4	Arrêt de la machine sans impact
5	Arrêt de la machine avec impact
6	Arrêt de la pompe sans impact
7	Arrêt de la pompe avec impact

Tableau 3 : Barème de la valeur de gravité

Valeur de D	Critères
1	L'opérateur pourra éviter la défaillance par une action préventive. La détection est totale
2	Il y a risque que la défaillance ne soit pas perçue par l'opérateur. La détection est exploitable
3	La défaillance n'est pas facilement détectable. La détection est faible
4	Cas sans détection

Tableau 4 : Barème de la valeur de la détectabilité

Valeur de F	Critères
1	Défaillance très faible
2	Défaillance faible
3	Défaillance possible
4	Défaillance fréquente
5	Défaillance très fréquente

Tableau 5 : Barème de la valeur de fréquence

Seuil de la criticité :

C ≥ 18 : Défaillance critique à traiter en priorité

7. Conclusion :

Après avoir défini la maintenance préventive et corrective ainsi que l'AMDEC, on peut maintenant appliquer ces outils pour déterminer les éléments les plus critiques de la pompe 105 de l'unité34.



Chapitre IV :

Etude de cas

1. Introduction :

Dans ce chapitre, on va appliquer une analyse fonctionnelle et une étude AMDEC sur la motopompe 105 de l'unité d'hydrocraquage 34

2. Analyse fonctionnelle de la 34-p-105 :

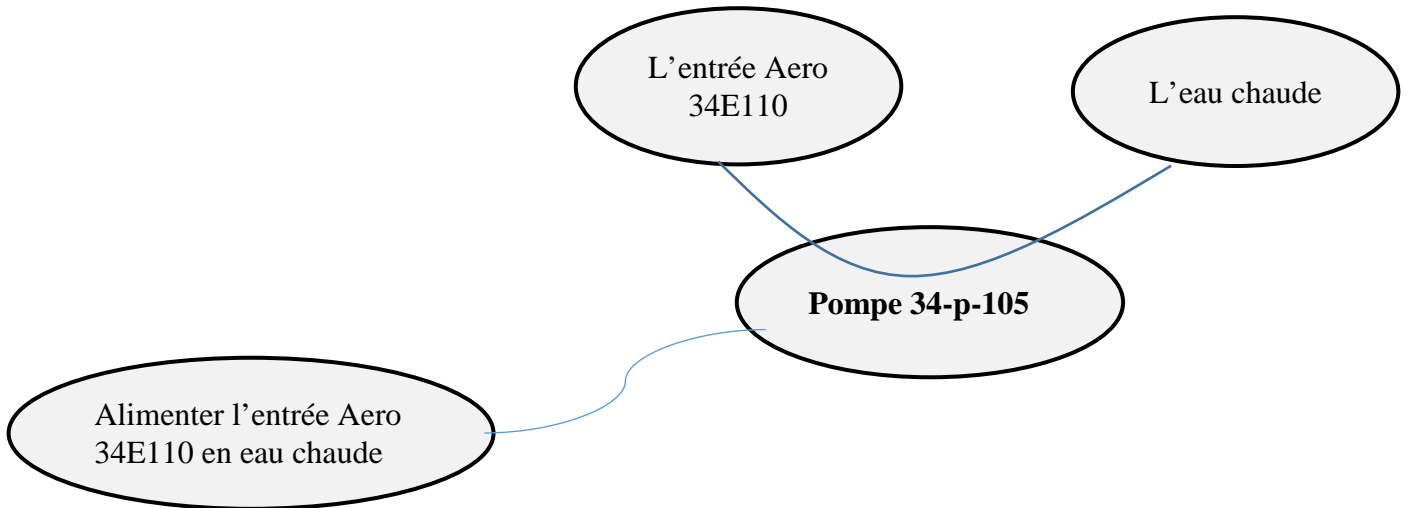


Figure 10 : La Bête à corne de la 34-P-105

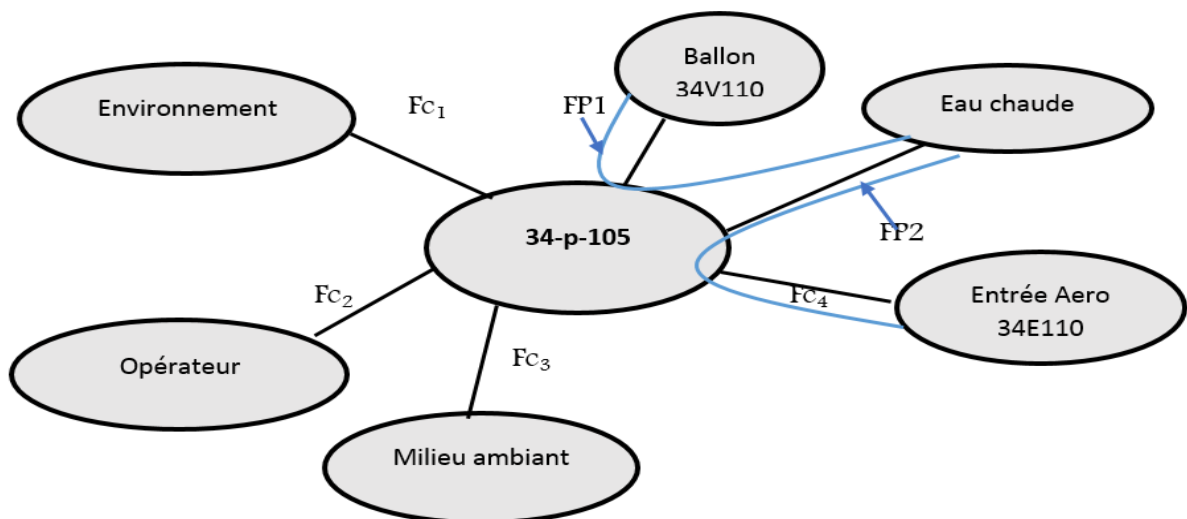


Figure 11 : Diagramme de pieuvre de la 34-P-105

FP1 : la pompe aspire de l'eau chaude du ballon 34V110

FP1 :la pompe refoule vers l'entrée aero 34E110

Fc₁ :ne pas polluer l'environnement

Fc₂ :contrôler et utiliser la pompe Sundyne par l'opérateur dans les bonnes conditions de fonctionnement

Fc₃ :résister aux conditions climatiques

Fc₄ : caractéristiques du produit qui circule à l'intérieur de la pompe

3. Décomposition interne de la 34-p-105 :

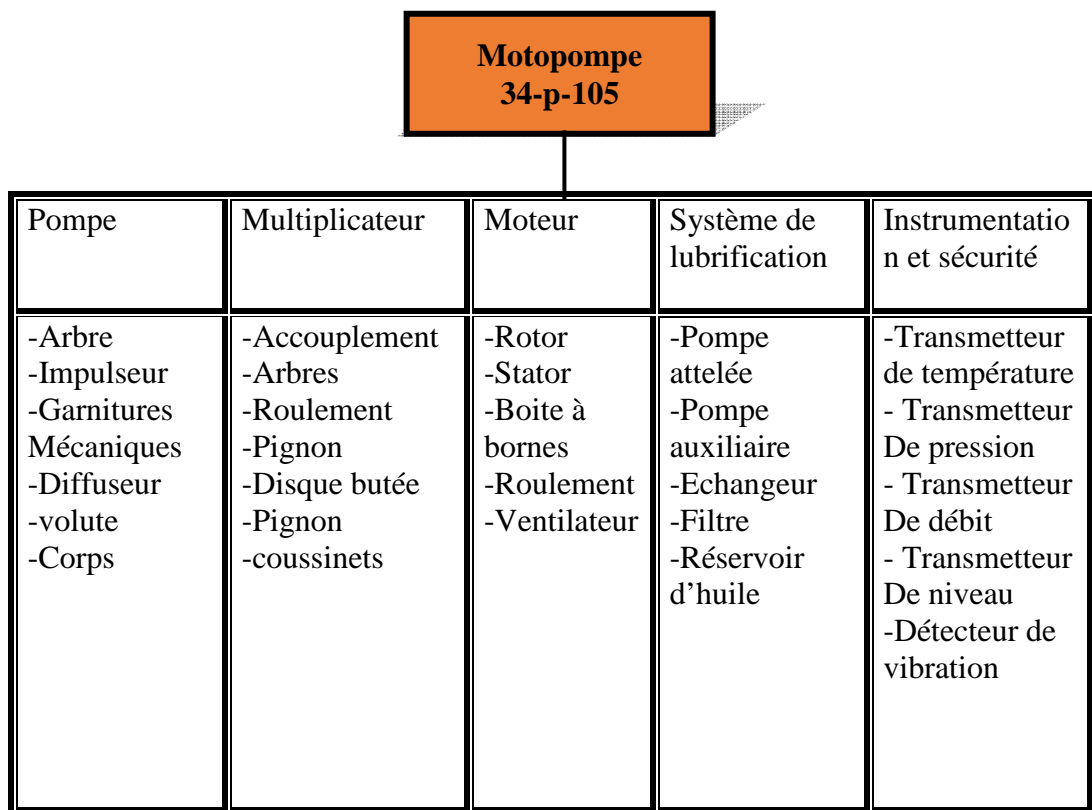


Tableau 6 : Décomposition interne de la 34-P-105

4. AMDEC de la motopompe 34-P-105 :

AMDEC machine

Système : Motopompe 34-P105

Sous-système : Pompe

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité			
						G	D	F	C
-Impulseur	-Transmettre l'énergie de l'arbre au produit	-Usure -Rupture	-Effort très élevés -cavitation	-Arrêt de la pompe et arrêt de l'unité si le problème n'est pas réparé dans une journée	-Bruit -vibration	4	1	5	20
-Arbres	-Transmettre une puissance sous forme d'un couple et d'un mouvement de rotation	-Vibration -Usure	-Mauvaise lubrification -Surcharge	-Arrêt de la pompe et arrêt de l'unité si le problème n'est pas réparé dans une journée	-Analyse vibratoire	4	1	2	8
-Garnitures Mécaniques côté eau et côté huile	-Assure l'étanchéité de la pompe, éviter les fuites du liquide à l'extérieur	-Usure des faces -Usure des joints	-Cavitation -Mauvaise qualité d'eau et d'huile	-Arrêt de la pompe et arrêt de l'unité si le problème n'est pas réparé dans une journée	-Fuite d'eau et d'huile	4	1	5	20
-Diffuseur	-Guide le mouvement de produit	-Usure	-Cavitation -Eau chargée	-Fonction dégradé	-Bruit -Cavitation	3	1	1	3
-Volute	-prolonger l'effet hydraulique de la roue	-Usure	-Cavitation -Eau chargée	-Fonction dégradé	-Bruit -Cavitation	3	1	1	3

AMDEC machine

Système : Motopompe 34-P105						Sous-système : Multiplicateur			
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité			
						G	D	F	C
-Accouplement	-Transmettre le mouvement de rotation	-Rupture des lamelles	-Vibration -Cavitation	-Arrêt de la pompe et arrêt de l'unité si le problème n'est pas réparé	-Vibration -Bruit	4	1	2	8
-Roulements	-Transmettre de puissance	-Usure -Rupture -Grippage	-Problème d'huile de lubrification -Vibration -Cavitation	-Arrêt de la pompe et arrêt de l'unité si le problème n'est pas réparé	-Vibration -Bruit	4	1	2	8
-Pignon	-Transmission de puissance	-Usure -Rupture	-Problème d'huile de lubrification -Efforts élevés	-Arrêt de la pompe et arrêt de l'unité si le problème n'est pas réparé	-Vibration -Bruit -Température élevée	4	1	2	8
-Coussinets	-Support et guidage en rotation	-Usure	-Mauvaise lubrification -Surcharge	-Perte de performance	-Bruit Température > 90°C	4	1	5	20

AMDEC MACHINE

Système : MOTOPOMPE 34-P-105

Sous-système : Moteur

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité			
						G	D	F	C
-Rotor	-Transforme l'énergie électrique en énergie magnétique	-Perte d'isolement (Court-circuit) -Echauffement	-Défaut d'isolement -Humidité	-Arrêt du moteur et par suite arrêt de la pompe	-Température -Ampérage -Contrôle d'isolement	4	3	1	12
-Stator	-Transforme l'énergie Magnétique en puissance	-Perte d'isolement (Court-circuit) -Echauffement	-Défaut de masse	-Arrêt du moteur et par suite arrêt de la pompe	-Température -Ampérage -Contrôle d'isolement	4	3	1	12
-Ventilateur	-Refroidir le moteur	-Usure -Casse	-Balourd	-Pas d'arrêt	-Bruit	2	1	1	2
-Roulements	-Transmettre de puissance	-Usure -Rupture	-Manque de graissage -Cavitation	- Arrêt de la pompe	-Température -Bruit -Vibration	4	1	1	4
-boite à bornes	-Assure l'alimentation du moteur	-Etanchéité (court-circuit)	-Défaut d'isolement	-Arrêt de la pompe	-Contrôle d'isolement	4	3	1	12

AMDEC MACHINE

Système : MOTOPOMPE 34-P-105

Sous-système : Système de lubrification

Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité			
						G	D	F	C
-Pompe attelée	-Injection d'huile sous pression	-Usure -Blocage	-Huile contaminée -Vibration -Cavitation	-Pas d'arrêt de la pompe, la pompe auxiliaire démarre	-Analyse d'huile -Contrôle vibratoire	4	1	1	4
-Pompe auxiliaire	-Injection d'huile sous pression	-Usure -Blocage -Fuite d'huile	-Détérioration des joints - Huile contaminée	-Arrêt de la pompe	-Contrôle de pression -Vibration	4	1	1	4
-Echangeur	-Refroidir l'huile	-Fuite -Encrassement	-Détérioration des joints -Eau impropre	-Perte de performance	-Visuelle -Température	3	1	2	6
-Filtre	-Filtrer l'huile	-Encrassement	-impureté	-Echauffement -Perte de pression	-Contrôle de pression	3	1	3	9

5. Application de la méthode Pareto sur la motopompe 34-P-105

➤ Nous allons maintenant classer les éléments selon leur criticité dans un tableau Pareto

	Criticité	Pourcentage (%)	Pourcentage accumulé (%)
-Impulseur	20	12,3	12,3
-Garnitures Mécaniques côté eau et côté huile	20	12,3	24,6
-Coussinets	20	12,3	36,9
-Rotor	12	7,4	44,3
-Stator	12	7,4	51,7
-boite à bornes	12	7,4	59,1
-Filtre	9	5,5	64,6
-Pignon	8	4,9	69,5
-Arbres	8	4,9	74,4
-Accouplement	8	4,9	79,3
-Roulements de multiplicateur	8	4,9	84,2
-Echangeur	6	3,7	87,9
-Pompe attelée	4	2,4	90,3
-Pompe auxiliaire	4	2,4	92,7
-Roulements du moteur	4	2,4	95,1
-Diffuseur	3	1,8	96,9
-Volute	3	1,8	98,7
-Ventilateur	2	1,2	99,9

Tableau 7 : Etude Pareto sur la criticité

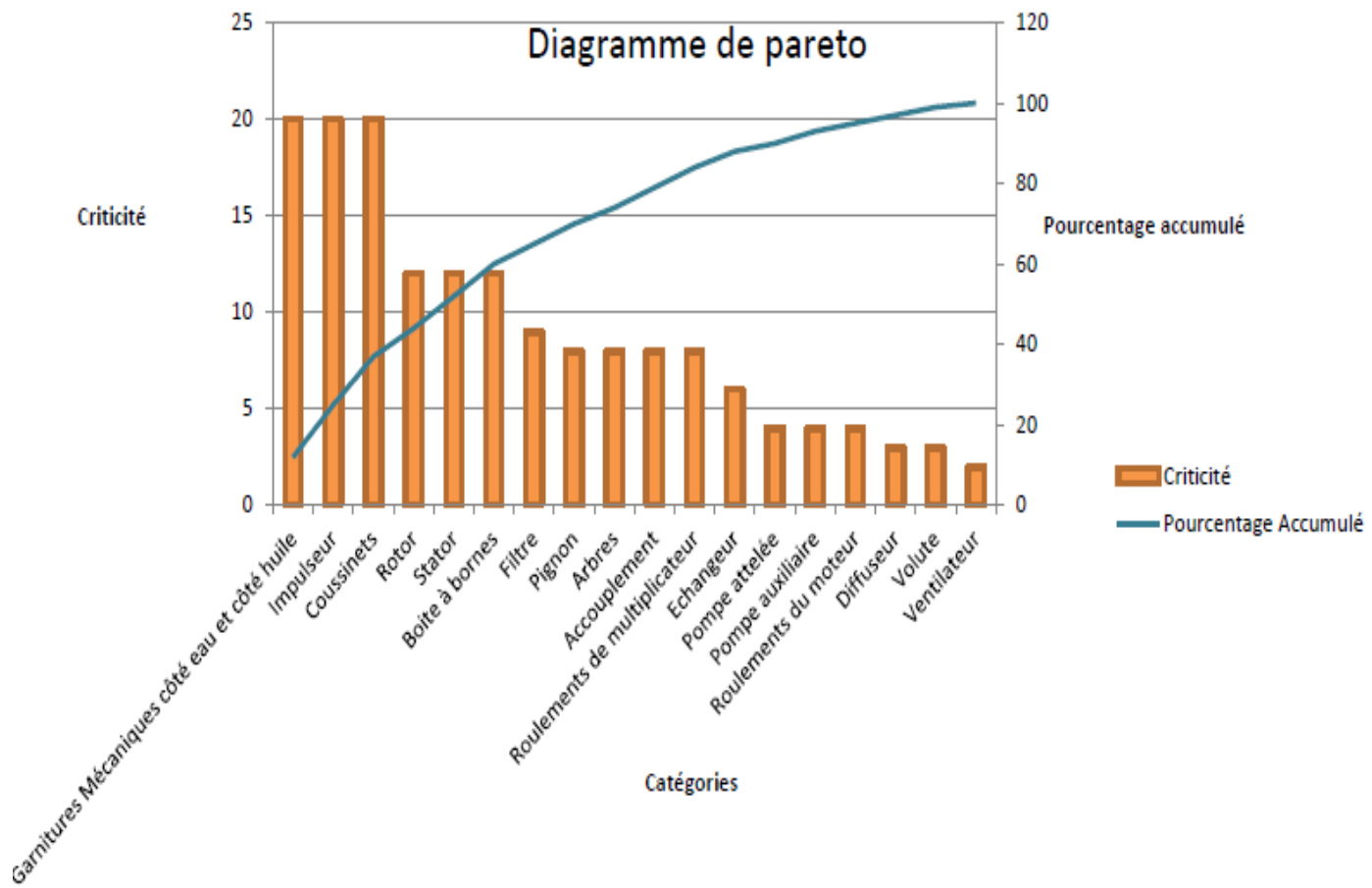


Figure 12 : Diagramme de Pareto

↪ Analyse ABC :

Classe A	Classe B	Classe C
-Impulseur	-Roulement du multiplicateur	-Roulement du moteur
-Garnitures mécaniques	-Echangeur	-Diffuseur
-Coussinet	-Pompe attelée	-Volute
-Rotor	-Pompe auxiliaire	-Ventilateur
-Stator		
-Boite à bornes		
-Filtre		
-Pignon		
-Arbres		
-Accouplement		

Tableau 8 : Les classes ABC

6. CONCLUSION

D'après l'étude AMDEC et le diagramme de Pareto, on a pu déduire les éléments les plus critiques de la 34-P-105.

Chapitre V

Plan de maintenance

1. Introduction :

A l'aide de l'outil AMDEC, on a pu déterminer les composants les plus critiques de la Motopompe 105 de l'unité 34, et on va leurs élaborer un plan de maintenance préventive dans ce chapitre.

2. Maintenance Préventive :

La Maintenance Préventive est l'ensemble des opérations exécutées à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

3. But de la maintenance préventive :

Le but premier de la maintenance préventive est de réduire a priori la probabilité de certaines défaillances supposées de l'équipement, et d'améliorer in fine sa disponibilité et de réduire ses coûts de défaillance (en termes de pertes de production et coûts de réparation).

4. Les différents services de la maintenance à LASAMIR :

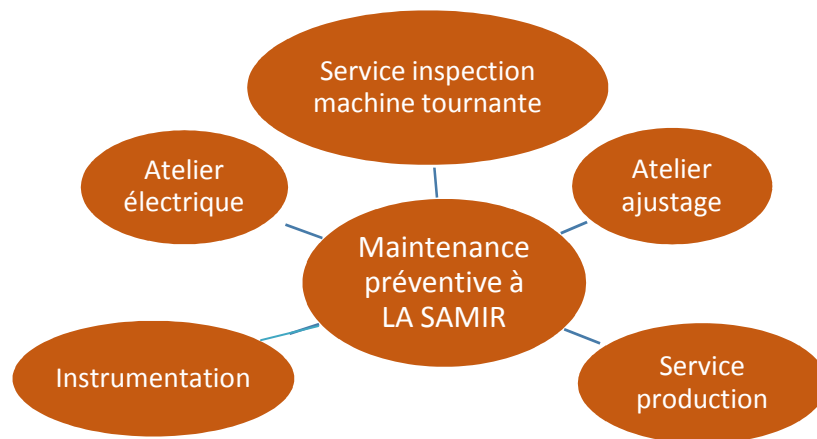


Figure 13 : Les services de la maintenance à LA SAMIR

a) Service inspection machine tournante :

Ce service réalise des rondes d'inspections, il est chargé de faire des diagnostics de l'état des machines tournantes en se basant sur des suivis des vibrations et des analyses spectrales. Le résultat de ces analyses constitue le BRI (bon de recommandations inspection) sur lequel se base le personnel de la maintenance afin de faire ses interventions au moment convenable.

b. Atelier ajustage :

Les personnes affectées à ce service sont des techniciens mécaniciens qui effectuent des tâches précises selon un planning déjà établi et inséré dans la base de données SAP. Cette base de données contient les informations sur la vidange, La lubrification et le graissage ainsi que sur le type d'huile ou graisse utilisée, sa quantité et la durée de temps consacré pour chaque tâche et sa période de réalisation.

c. Service production :

Le service de production est chargé d'effectuer des rondes de production. Les équipes de production travaillent chaque 8 heures et elles sont chargées de suivre les paramètres de marche de la machine et de détecter les anomalies apparentes à savoir : fuites, échauffements, bruit, mauvaises fixations, lames d'accouplement cassés...etc.

d. Atelier électrique :

Cet atelier effectue le contrôle de réglementation pour les systèmes de commande et de puissance, on peut citer les tâches suivantes :

- Mesure d'isolement
- Contrôle des seuils de protection des moteurs
- Contrôle des câbles de puissance et de commande
- Nettoyage des constituants électriques
- Graissage

e. Instrumentation :

Vu que LA SAMIR est dotée des dernières technologies, la mise en place d'un service d'instrumentation est d'une grande nécessité. Ce service suit la maintenance de différentes instrumentations utilisées dans les équipements.

A ne pas oublier que la sous-traitance est présente dans ces différents services :

- CEGELEC dans l'atelier électrique
- CIM dans le service instrumentation
- MAINTENANCE PARTNER dans l'atelier ajustage

5. Le plan de maintenance préventive :

Le tableau suivant va regrouper les actions préventives engagées pour diminuer les défaillances qui subissent les éléments de la classe A et B

Eléments	Actions préventives
Impulseur	-Contrôle vibratoire
Garnitures mécaniques	-Surveillance pour détection de fuite -Changement de garniture
Coussinet	-Suivi de température et vibration
Rotor	-Vérifier l'isolement -Suivi de température
Stator	-Vérifier l'isolement -Suivi de température
Boite à bornes	-Vérifier l'isolement
Filtre	- Contrôle de température
Pignon	-Contrôle périodique
Arbres	-Graissage des éléments en contact avec l'arbre -Analyse vibratoire

Accouplement	-Changement d'accouplement -Analyse vibratoire
Roulement du multiplicateur	-Contrôle vibratoire -Analyse des propriétés d'huile
Echangeur	-Nettoyage de canalisation -Contrôle de température
Pompe attelée	-Contrôle et vérification du débit et de la pression d'huile
Pompe auxiliaire	-Contrôle et vérification du débit et de la pression d'huile

Tableau 9 : Les actions préventives

6. Conclusion :

Après avoir déterminé les actions préventives, on va appliquer une étude RCA sur un des éléments les plus critiques

Chapitre VI

Etude RCA

1. Introduction :

Dans ce chapitre, on va essayer d'appliquer une étude RCA sur les coussinets qui est un parmi les éléments les plus critiques de la 34-P-105.

2. Définition :

RCA part du constat qu'il est plus judicieux de traiter les causes d'un problème que d'en traiter les symptômes immédiats. Puis qu'analyser les causes d'un problème permet d'en déterminer une solution définitive, et donc, empêcher qu'il ne se reproduise de nouveau.

3. But de la RCA :

-Réduction des couts de maintenance, main d'œuvre et pièce de rechange résultant des réparations à la suite des dommages, défauts ou pannes.

-Réduction des pertes de production importante telles que les temps d'arrêt provoqués par les pannes et les interruptions, ainsi que le gaspillage de produits à cause du mauvais état des machines.

4. Application de la RCA sur les coussinets :

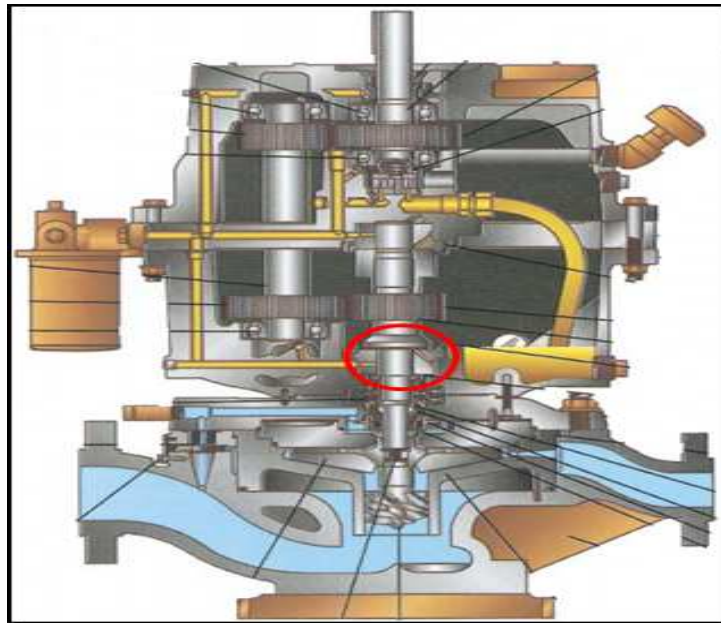


Figure 14 : Schéma d'ensemble de la pompe sundyne

Notre pompe Sundyne est équipée d'un multiplicateur de vitesse intégré afin d'augmenter la vitesse de rotation qui atteint dans notre cas 22900 tr/min dans l'arbre de sortie, c'est pour cette raison que l'utilisation d'un palier lisse est nécessaire pour son guidage en rotation, au lieu des roulements dans le but de résister et de supporter les charges radiales élevées au niveau de l'arbre mené. Le coussinet interposé entre la partie inférieure de l'arbre et son logement, est soumis à des contraintes sévères, c'est pour cette raison majeur qu'on adoptera la lubrification forcée qui se fait par injection d'huile sous pression et cela à l'aide d'une pompe attelée à notre pompe Sundyne.

a) Anomalies relevées au niveau du multiplicateur (partie inférieure) :



L'huile de lubrification est polluée



-Usure anormale des coussinets
-Surchauffage du coussinet

Pour identifier les causes possibles de ces anomalies, on va opter pour le diagramme d'Ishikawa

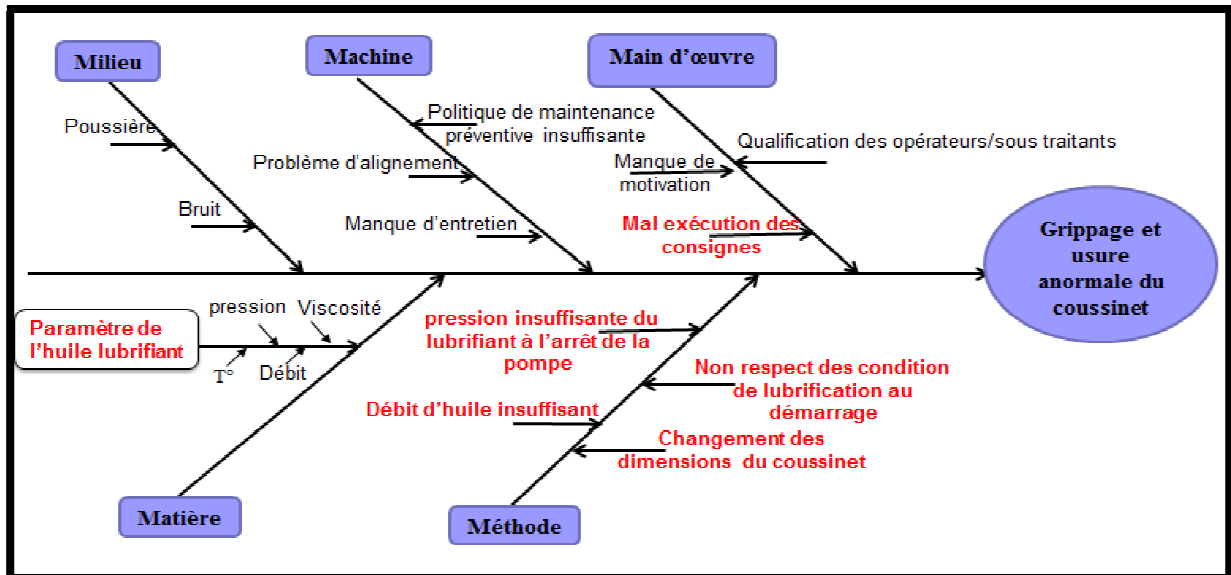


Figure 15 : Diagramme d'ISHIKAWA

Les causes représentées en rouge semblent être majeures et doivent être vérifiées en priorité.

b) Amélioration faite par le constructeur :

Amélioration	Commentaire
Equipé les paliers par les thermocouples	Surveiller la température du coussinet pour qu'il devienne possible de détecter les troubles de fonctionnement du palier (en cas d'augmentation brusque de la température à 110°C)

Tableau 10 : Amélioration

c) Etude critique de la solution suggérée par le constructeur :

- **Amélioration : équiper le palier lisse par un thermocouple :**

On a équipé le coussinet par un thermocouple afin de pouvoir contrôler sa température. En cas d'augmentation brusque de la température à 110°C on arrête la pompe.

Cette augmentation de température peut être due à une insuffisance du film lubrifiant à l'intérieur du coussinet.

↳ **Vérification de l'épaisseur du film lubrifiant :**

On calcul l'épaisseur relative du film lubrifiant par la formule suivante :

$$h_r = \frac{2h_0}{(D-d)}$$

Avec :

- h_r : épaisseur relative du film lubrifiant
- h_0 : épaisseur la plus faible du film lubrifiant
- D : diamètre du palier
- d : diamètre de l'arbre
- B : Longueur du coussinet

Donc en connaissant le nombre de sommerfeld S , on peut déterminer l'épaisseur h_0 du film lubrifiant.

Le nombre de sommerfeld S se calcule comme suit :

$$S = \frac{2\mu NRB \left(\frac{R}{C_R}\right)^2}{W_{rad}}$$

Avec :

- μ : Viscosité dynamique

- N : Vitesse en tr/s
- R : Rayon du palier
- C_R : Jeu au rayon
- W : Charge supportée par le palier
- **E**: Longueur du palier

D'après le calcul qui sera détaillé dans le tableau de l'annexe:

$$S = 0,14 \quad \text{et} \quad \frac{B}{D} = 0,75$$

En projetant ces deux valeurs sur la courbe précédente on trouve la valeur de h_r :

$$h_r = 0,8$$

Alors en déduit la valeur de h_0 :

$$h_0 = \frac{(D-d)}{2} h_r = 60,8 \mu m$$

↪ **Interprétation :**

60,8 μm est très supérieure à 4,8 μm , ce qui signifie que l'épaisseur minimal du film lubrifiant est assez suffisante. Cependant ce calcul est valable pour la conception initiale du coussinet avant les changements qu'il a subit

↪ **Remarque :**

Pour faire rentrer le thermocouple, le constructeur a réalisé une rainure au niveau du coussinet, le problème comme le montre la photo ci-dessous, c'est que le diamètre de la rainure est plus grand que celui de la sonde, ce qui crée une dépression au niveau de la rainure. Par conséquent, une grande partie de l'huile de lubrification sera absorbée par cette dernière, donc on aura une insuffisance du film lubrifiant entre l'arbre et le coussinet

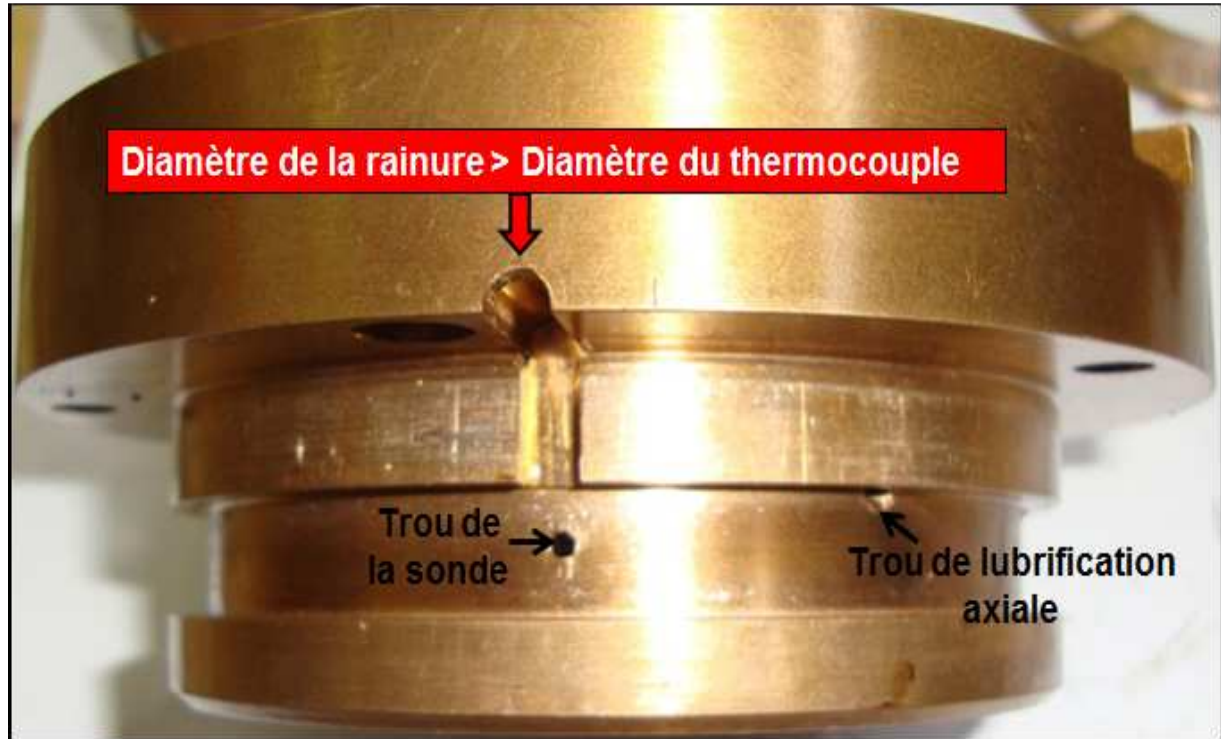


Figure 16 : Nouvelle conception du coussinet

Avant la modification, Le débit fourni par la pompe attelée est divisé en trois parties : Une pour la lubrification radiale et les deux autres pour la lubrification axiale. Mais après la modification de la même quantité d'huile sera partagé par les trois trous de lubrification et la rainure qui absorbera une grande quantité vu son diamètre qui est plus grand que celui de la lubrification axiale.

Avec la nouvelle conception la quantité d'huile fournie sera insuffisante, alors on doit alimenter le coussinet par une quantité plus grande, sinon on aura une augmentation des frottements entre l'arbre et le palier lisse, augmentation de la température du coussinet et par conséquent grippage et usure anormale du coussinet.

5. Solutions amélioratives :

Solutions	Raisons
-Améliorer le fonctionnement du réfrigérant (nettoyage)	-Augmenter son rendement -Augmenter la température du lubrifiant en amont du coussinet
-Changer le type d'huile lubrifiante avec un autre plus visqueux	-Viscosité plus stable sur une vaste plage de température -Bon rendement à température élevée -Mieux protéger le coussinet contre l'usure
-Changer le réfrigérant avec un autre plus performant	-Avoir une ΔT plus grande -Augmenter la température du lubrifiant en amont du coussinet
-Boucher la rainure par un matériau adéquat	-Diminuer le flux absorbé par la rainure
-Utiliser une sonde plus épaisse	-Diminuer le flux absorbé par la rainure

Tableau 11 : Solutions amélioratives

👉 Ce tableau regroupe les améliorations choisies avec leurs coûts

Situations actuelles	Amélioration	Spécification	Coût (DH)
-Lubrification par une huile ISO VG 46	-Lubrification par une huile ISO VG 68	—	0 (Fourni par la SAMIR)
-Sonde de diamètre 1,5 mm	-Sonde de diamètre 4,5 mm	-Sonde joint transition résistante, type K, jonction isolée, dia. 3 mm, longueur 300 mm Gaine acier inox	12000
-Réfrigérant avec un rendement faible	-Réfrigérant avec un rendement supérieur	—	37000

Tableau 12 : Solutions choisies

CONCLUSION

Ce stage m'a permis de renforcer mes connaissances techniques, c'était une expérience enrichissante pour moi dont j'avais l'occasion d'approfondir et de compléter mes connaissances acquises durant mes études.

J'ai pu relever les différentes défaillances de la motopompe 105 de l'unité 34 et de proposer des actions préventives afin de diminuer le nombre de défaillances de cette pompe.

J'espère que ce modeste travail soit apprécié par la FSTF ainsi que LA SAMIR.

Bibliographie

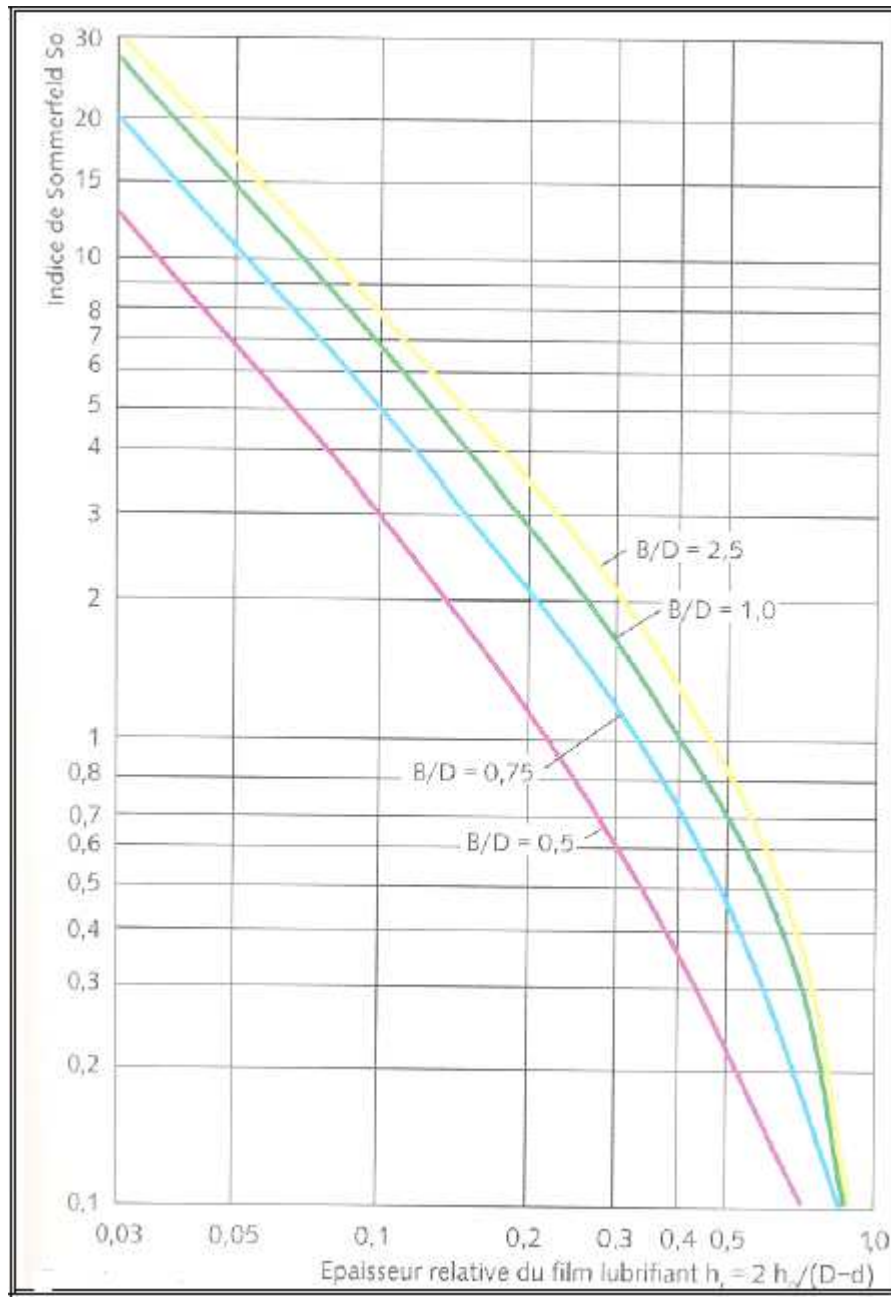
Documents :

- Document sur la pompe Sundyne
- Document sur les défaillances de la 34-P-105
- Document sur les unités de LA SAMIR

Sites web :

- www.samir.ma
- www.machinetounante.com
- www.wikipédia.fr

Annexe



Variation du nombre de sommerfeld en fonction de l'épaisseur du film lubrifiant pour différents rapports B/D

Ø	La charge	19 t/h	
P	La Puissance	KW	245
R	Rayon du palier	mm	18
D	Diamètre du palier	mm	36
d	Diamètre min de l'arbre	mm	35,848
L	Longueur du palier	mm	27
L2	Longueur du palier (-33%)		18,09
e	Excentricité	mm	0,076
N	Vitesse rotation	tr/min	24 000
Y	Viscosité cinématique	cst/40°C	46
μ	μ dynamique = Y cinématique * densité	Pa.s/90°C	0,007551
ρ	masse volumique	kg/m ³	839
C	Le couple moment supporté par l'engrenage	N.m	97,53184713
D engr	Diamètre de l'engrenage	mm	58,8
F engr	Charge supportée par l'engrenage	N	3 317
F	Charge supportée par le palier	N	1 659
CR	Jeu max	mm	0,152
$S0 = 2 * \mu * N * R * L * (R/CR)^2 / W_{radiale}$		0,155875939	
L/D		0,75	
$hr = 2 * h0 / (D - d)$		0,8	
$h0 = hr * (D - d) / 2$ (μm)		60,8	
Rugosité (μm)		0,2 à 0,8	
6* Rugosité (μm)		4,8	
Comparaison		h0 >>> 6* Rugosité	

Calcul de l'épaisseur du film lubrifiant

Sundyne



SISA - Office & Plant of Dijon
 13-15, Boulevard EIFFEL - 21604 Longvic Cedex
 Téléphone : + 33 380 383 300 / Fax: +33 380 383 366

CUSTOMER: SAMIR SA
USER: SAMIR
P.O. N°: UPGMA124
SERIAL N°: D-D870673-4-A/B
ITEM N°: 34-P-105_A/B
MODEL: LMV 346

GENERAL DATA											
1											
2	ITEM	34-P-105A/B			No. OF MAIN / STAND-BY UNITS		1	/	1		
3	SERVICE	INJECTION WATER PUMPS			INSTALLATION: indoor - outdoor - other			outdoor			
4	OPERATION: (continuous-discontinuous-other)	continuous			(parallel-single-other)			single			
5	TYPE OF DRIVER	electric motor	FOR UNITS	main	DATA SHEET No.			34-EA-E-40578			
6	TYPE OF DRIVER	electric motor	FOR UNITS	stand-by	DATA SHEET No.			34-EA-E-40578			
7	ELECTRICAL SUPPLY:	VOLTAGE	V	6000	FREQUENCY	Hz	50	PHASES No.	3		
8	CHARACTERISTICS OF HANDLED LIQUID										
9	TYPE OF HANDLED LIQUID								WATER		
10	PUMPING TEMPERATURE:	MIN / NORM / MAX			°C	/	48	/			
11	DENSITY AT TEMPERATURE	MIN / NORM / MAX			kg/m ³	/	988	/			
12	VISCOSITY AT TEMPERATURE	MIN / NORM / MAX			cP	/	0.544	/			
13	VAPOUR PRESSURE AT MAX PUMPING TEMPERATURE				kgf/cm ²	0.13					
14	FREEZING POINT / POUR POINT				°C	/					
15	DISSOLVED GAS				(yes-no)	no					
16	CORROSIVE / EROSIVE / HAZARDOUS AGENTS	3)			(yes-no)	yes	/	no	/	no	
17	SUSPENDED SOLIDS:	TYPE / DIMENSIONS / VOLUME %			mm	no	/	/			
18	OPERATING CONDITIONS										
19	SUCTION PRESSURE:	MIN / NORM / MAX			kgf/cm ² (g)	/	3.7	/	6.1		
20	DISCHARGE PRESSURE AT RATED CAPACITY				kgf/cm ² (g)	161.6					
21	DIFFERENTIAL PRESSURE AT RATED CAPACITY				kgf/cm ²	158					
22	CAPACITY:	MIN / NORM / RATED			9)	m ³ /h	11.4	/	19	/	20.9
23	HEAD AT RATED CAPACITY				m	1599					
24	NPSH AVAILABLE				m	45.9					
25	MAX ALLOWABLE PRESSURE AT SHUT-OFF	11)			kgf/cm ² (g)	195.7					
26	ESTIMATED ABSORBED POWER AT PUMP SHAFT				kW	195.4					
27	FLOW CONTROLLED BY (pressure controller-level controller-flow controller-other)								flow controller		
28	REACCELERATION / AUTOMATIC START-UP				(yes-no)	no	/	no			
29	START-UP WITH DELIVERY VALVE	(open - closed)			open						