

REPUBLIQUE DU SENEGAL

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



Ecole Supérieure Polytechnique

Centre de THIES

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

**Titre : DYSFONCTIONNEMENT DES POMPES ; PLANNING DE MAINTENANCE
PREVENTIVE ; STANDARDISATION DES GARNITURES MECANIQUES**

Auteur : Sokhna Ami DIOP

Directeurs internes :

Dr Paul DEMBA

Professeur Alassane DIENE

Directeur externe :

Mr Sory BADJI, Chef du Service de la

mécanique et de la chaudronnerie

Année Universitaire : 2008/2009

DEDICACES

A

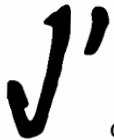
ma mère, je ne saurais te payer tout ce que tu as fais pour moi,

Mon père qui m'a assuré un avenir,

Mon mari qui m'a soutenu,

Mes sœurs et mes frères.

REMERCIEMENTS



aimerais exprimer toute ma gratitude à :

- ✚ Le Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique ainsi que l'ensemble du Personnel administratif d'avoir mis à notre disposition les moyens pour notre formation
- ✚ Le Directeur de la Société Africaine de raffinage et son Personnel pour nous avoir permis de faire de stage qui est très important pour notre formation
- ✚ L'ensemble du corps enseignant pour leur disponibilité tout au long de notre formation
- ✚ Mr Sory BADJI, Chef de Service de la mécanique et de la chaudronnerie à la Société Africaine de Raffinage pour l'élaboration du sujet et la mise à notre disposition de documents de base et de moyens techniques.
- ✚ Dr Paul DEMBA, Professeur au Département Génie Electromécanique pour son encadrement.
- ✚ Mr Alassane DIENE, Ingénieur chef atelier mécanique, pour l'intérêt qu'il porte au sujet, son encadrement et son soutien continu et la mise à notre disposition de documents de base , ainsi que sa grande disponibilité.
- ✚ Mr NDIAYE, Mr LY et Mr François de la Société Africaine de Raffinage pour leur soutien technique à la mise en œuvre du document.
- ✚ Mes camarades de classe pour leur générosité

SOMMAIRE

Ce projet entre dans le cadre de l'amélioration de la gestion de la maintenance des pompes à la Société Africaine de Raffinage.

Cette étude a pour but d'identifier les diverses défaillances retrouvées au niveau des pompes pour établir un planning de maintenance et enfin traiter un problème majeur qui est le choix des garnitures mécaniques.

Ainsi l'étude est scindée en trois grandes phases.

La première porte sur le recensement de l'ensemble des dysfonctionnements rencontrés au niveau des pompes dans un intervalle de temps.

La deuxième phase consiste à l'élaboration d'un planning de maintenance préventive pour réduire les pannes.

La troisième phase traite la standardisation des garnitures mécaniques.

Mots-clés : pompes, garnitures mécaniques

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX	i
LISTE DES FIGURES	ii
LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS	iii
LISTE DES ANNEXES	vi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA S.A.R.....	3
1.1. Présentation	3
1.1.1. Historique	3
1.1.2. Vocation.....	4
1.1.3. Statut Juridique.....	5
1.1.4. Etudes de différentes directions	6
1.2. Politique de surveillance des machines tournantes à la section mécanique.....	8
1.2.1 Organigramme du département Maintenance.....	8
1.2.2 Organisation de la section mécanique.....	8
1.2.3 Activités de la section mécanique.....	9
1.2.4 Parc Machines.....	9
1.2.5 Politique de Maintenance de la Raffinerie	9
1.2.6 Les perspectives.....	10
CHAPITRE 2 : CLASSIFICATION DES PANNES RENCONTREES AU NIVEAU DES POMPES DE JANVIER 2007 à MAI 2009	12
2.1. Pannes rencontrées dans les unités (voir Annexe1).....	12
2.1.1 Unités 100 =Distillation	12
2.1.2 Unités 200=Reforming.....	12
2.1.3 Unités 300=Utilités	13
2.1.4. Unités 400=Stockage Pétrole brute.....	13

2.1.5	Unités 500= Stockage Produit fini.....	13
2.1.6.	Unités 800= Mérox	13
2.2.	Diagrammes montrant les pièces critiques et leurs pannes.	14
CHAPITRE 3 : PLANNING DE MAINTENANCE PREVENTIVE		18
3.1.	Définition.....	18
3.2.	Différents types de maintenance préventive.....	18
3.2.1.	Maintenances préventives systématiques.....	18
3.2.2.	Maintenance préventive conditionnelle	19
3.2.3.	Télémaintenance	19
3.3.	Plan de maintenance.....	20
3.3.1.	Différents niveaux de maintenance.....	20
3.3.2.	Recueil des opérations de maintenance.....	22
3.3.3.	Planning de maintenance :	24
3.3.3.1.	Planning d'Analyse Vibratoire.....	25
3.3.3.2.	Planning de Remplacement des filtres.....	32
3.3.3.3.	Planning de Vidange ou Graissage des paliers et des accouplements.....	34
CHAPITRE 4 : STANDARDISATION DES GARNITURES MECANQUES.....		44
4.1.	Dimensionnement de la garniture mécanique	44
4.2.	Sélection du type de garniture	54
4.2.1	Principaux paramètres influant sur la sélection.....	54
4.2.2	Type de garniture	57
4.3.	Sélection du type de montage et d'exploitation des garnitures :	58
4.3.1.	Montage tandem	60
4.3.2.	Montage double (dos à dos).....	61
4.3.3.	Dispositions constructives particulières : Ensemble cartouche.....	62
4.4.	Facteurs agissant sur l'étanchéité :	63
4.4.1.	Faces de frottement	63

4.4.2. Géométrie des faces de frottement.....	63
4.4.3. Matériaux.....	64
4.4.4. Etanchéité secondaire.....	65
4.5. Garniture proposée.....	65
4.6. Impact de la standardisation.....	66
4.6.1. Plan Economique.....	66
4.6.2. Plan Sécuritaire.....	67
4.6.3. Plan Environnemental.....	67
CONCLUSION.....	69
BIBLIOGRAPHIE.....	70
WEBLIOGRAPHIE.....	71
RECOMMANDATIONS.....	72
ANNEXES.....	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2- 1: Listes des pannes rencontrées au niveau des pompes de janvier 2007 à mai 2009	14
Tableau 3-1 : Recueil des opérations de maintenance	24
Tableau 3-2 : Planning d'Analyse Vibratoire de janvier à juin	28
Tableau 3-3 : Planning d'Analyse Vibratoire de juillet à décembre	31
Tableau 3-4 : Planning de remplacement des filtres	34
Tableau 3-5 : Recensement des périodicités de vidange ou graissage des paliers et accouplements ...	37
Tableau 3-6 : Planning de Vidange ou Graissage des paliers	40
Tableau 3-7 : Planning de Graissage des accouplements	42
Tableau 4- 1 : Notations et symboles	46
Tableau 4- 2 : Dimensionnement de la Garniture mécanique	53
Tableau 4- 3 : Cahier des Charges	57
Tableau 4- 4 : Couple de friction les plus utilisés.....	65
Tableau 4- 5 : Prix des Garnitures présentes sur les pompes	67

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1: Types de pannes rencontrées de janvier 2007 à mai 200	15
Figure 2-2 : Coupe d'une pompe centrifuge	16
Figure 4 -1 : Les deux grandes familles de garnitures : constitution	45
Figure 4-2 : Garniture non compensée	48
Figure 4-3 : Garniture compensée.....	48
Figure 4-4 : Schéma de la Garniture de la G102	49
Figure 4-5 : Schéma de la Garniture de la G103N.....	50
Figure 4-6 : Schéma de la Garniture de la G143	51
Figure 4-7 : Schéma de la Garniture de la G146A et G146B	51
Figure 4-8 : Cheminement suivi pour la sélection d'un montage	59
Figure 4-9 : Cheminement suivi pour la sélection du type de montage	60
Figure 4-10 : Montage Tandem.....	61
Figure 4-11 : Montage double dos à dos	62
Figure 4-12 : Garniture proposée.....	66
Figure 4-13 : Indicateur de colmatage.....	73

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

Chapitre 4

Dimensionnement

D : diamètre moyen des faces de frottement en m

b : largeur des faces en m

d_e : diamètre extérieur des faces de frottement en m

FF : force de fermeture totale en N

dh : diamètre hydraulique en m

FH : force hydraulique de fermeture en N

d_i : diamètre intérieur des faces de frottement en m

FO : force d'ouverture en N

f ou $\tan j$: nombre coefficient de frottement

FR : force de l'élément ressort en N

h : m hauteur d'interface ou épaisseur du film lubrifiant

FRF : N forces résiduelles de fermeture

k : nombre coefficient de compensation

FT : forces de frottement tangentiel en N

I : diamètre intérieur du soufflet métallique en m

p_1 : pression du fluide à étancher en Pa

N : vitesse de rotation en tr/min

p_2 : pression atmosphérique en Pa

Pa : puissance absorbée totale en W

P_m : pression moyenne de contact en Pa

P_f : puissance de frottement en W

q : débit d'écoulement ou consommation en cm³/h

v : vitesse linéaire aux diamètres moyens des faces de frottement en m/s

R : force de réaction en N

x : nombre coefficient du gradient de pression à l'interface

R_p : limite d'élasticité des matériaux en Pa

Δp : différence de pression en Pa

S : surface réelle de contact en m²

viscosité dynamique en Pa · s

SF : surface de frottement en m²

ΔT : différence entre la température de vaporisation du fluide et sa température de service en °C ou K

SH : surface soumise à la pression du fluide en m²

T : température en K

cSt : centistock

Normalisations

NF X 60-010: MAINTENANCE CONCEPTS ET DEFINITIONS DES ACTIVITES DE MAINTENANCE

EN 12756 2001 : Garnitures mécaniques d'étanchéité – Dimensions principales, désignation et codes matériaux

API 610: Centrifugal pumps for general refinery service.

ISO 5199 1986 : Spécifications techniques pour pompes centrifuges Classe II.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Pannes rencontrées dans les unités de janvier 2007 à mai 2009.....	α
Annexe 2 : Gamme d'intervention sur une pompe.....	†
Annexe 3 : Détection de l'encrassement d'un filtre	w
Annexe 4 : Fiches de données des pompes	y
Annexe 5 : Caractéristiques du type 609.....	αα

INTRODUCTION

Le pétrole est une ressource stratégique extrêmement lucrative qui attise toutes les convoitises.

La S.A.R effectue le raffinage du pétrole. Le raffinage désigne l'ensemble des traitements et transformations visant à tirer du pétrole le maximum de produits à haute valeur commerciale. Dans un contexte de crise de l'or noir « terme utilisé pour le pétrole brut », réussir à faire face et continuer à assurer la production des dérivés du pétrole constitue un véritable défi.

Un arrêt de quelques minutes a comme conséquence une perte importante de production. C'est pourquoi la maîtrise des systèmes de production constitue un des soucis majeurs des industriels.

L'industrie est souvent confrontée à des problèmes au niveau des vecteurs de la production que sont les pompes, les compresseurs, les ventilateurs, les colonnes, les fours etc.... Les pompes qui représentent des installations essentielles du raffinage sont confrontées à plusieurs pannes qui se répercutent sur la productivité. Un des problèmes majeurs des pompes de la S.A.R est l'étanchéité au niveau des pompes qui est assurée par des garnitures mécaniques. On note des fuites alors que la durée de vie des garnitures mécaniques n'est pas épuisée.

Notre objectif étant d'assurer une production en continue, une étude des différents dysfonctionnements observés s'est faite sur les pompes. Elle permettra d'avoir une liste des pièces critiques et de proposer un plan de maintenance.

Étant un composant vital de la pompe qui est sujette à de nombreuses pannes, nous allons effectuer le dimensionnement pour pouvoir faire un bon choix de garniture mécanique.

Chapitre 1: Présentation de la S.A.R.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA S.A.R.

1.1. Présentation

1.1.1. Historique

1961 : Création de la Société Africaine de Raffinage sur l'initiative du Gouvernement sénégalais et de la Société Africaine de Pétrole (SAP)

1962 : En Juin, début des travaux de construction de la S.A.R.

1963 : Fin des travaux en Novembre et démarrage du premier traitement le 31 octobre.

Les installations comprenaient une distillation atmosphérique, un reformeur catalytique pour une capacité totale de traitement de 600 000 tonnes.

1964 : Inauguration de la S.A.R. par son Excellence Léopold Sédar Senghor le 27 janvier.

1975 : Augmentation de la capacité qui passe de 600 000 à 750 000 tonnes. Remodelage de la distillation atmosphérique. La capacité passe à 900 000 tonnes.

1983 : Extension de la raffinerie

- la construction d'une distillation sous vide
 - l'augmentation de la capacité du dessaleur
 - la construction d'une unité de Mérox pour le traitement du kérosène.
 - l'augmentation de la capacité du reformeur
 - l'extension de la centrale électrique par adjonction de 2 groupes électrogènes de 1800 kW
- Cette extension porte la capacité de traitement à 1 200 000 tonnes.

1987 : Amélioration de la production de butane par l'installation d'une unité de récupération avec conduite numérique TDC 2000.

1996-1997 : Extension du réseau incendie

- construction d'une nouvelle pomperie
- construction d'un réservoir d'eau de 12 000 m³
- installation d'une bouche d'incendie 20" (pouces)

Mise en place d'une logistique butane : cisternes de 2 000m³ pour stockage du butane, réalisation d'un sea-line et d'un pipe-line de 5 pouces de diamètre pour réception de butaniers de 5 000 tonnes.

Construction et équipement d'un Poste de Contrôle sécurisé avec système de commande des pompes à distance.

1998-2002 : Gros investissements axés sur l'amélioration de l'outil de production et la prise en compte du volet environnemental du barrage antipollution et écrémeur pour la lutte contre la pollution marine par les hydrocarbures).

2003 : Installation d'un bassin moderne de traitement des eaux résiduaires pour une meilleure protection de l'environnement

2004 : Certification ISO 9001 version 2000 de toute l'activité industrielle de l'entreprise

2005 : Reconnaissance de l'entreprise niveau 6 du Système International d'Evaluation de la Sécurité (SIES).

Construction d'une salle de contrôle anti-explosion « blast proof » conforme aux normes internationales de sécurité.

1.1.2. Vocation

L'activité de la S.A.R depuis sa convention d'établissement consiste au raffinage du pétrole brut et à l'approvisionnement du marché local et Ouest africain en produits pétroliers. Pour cela, elle se voit obliger d'importer différents types de pétrole notamment :

- Le BONNY-LIGHT du Nigeria
- Le MANDJI du Gabon

- Le PALACON de l'Angola

L'approvisionnement de la société en pétrole brut et en fuel s'effectue par des tankers d'une capacité de 110.000 à 130.000 tonnes. Le pétrole brut est déchargé dans la baie de Mbao à travers un sea-line de 5,6 km de long. Une fois le déchargement effectué, le pétrole brut est stocké dans un parc de 7 bacs d'une capacité de contenance de 25.000m³. Les produits finis sont stockés dans 25 bacs d'une capacité variant entre 1.000 et 4.500m³.

Après transformation des produits de base les produits finis obtenus sont les suivants :

- ✚ Le Gaz Butane
- ✚ L'Essence Légère
- ✚ Le Kérosène
- ✚ Le Gas-oil
- ✚ Le Diesel -oïl
- ✚ Le Fuel -oïl
- ✚ Le Pétrole lampant

La séparation de l'essence en divers produits finis se fait dans le distillateur qui est un instrument de séparation, c'est à dire que le brut se stabilise en fonction de sa masse. Le reforming catalytique permet de transformer le Nafta qui est un produit intermédiaire en reformât qui, mélangé à de l'essence légère, devient de l'essence super ou ordinaire.

1.1.3. Statut Juridique

La S.A.R est une société anonyme au capital de un milliard de francs (1.000.000.000) réparti en 100.000 actions de 10.000 francs C.F.A. Elle a son siège social au 15 boulevard de la République et son usine au km 18 route de Rufisque.

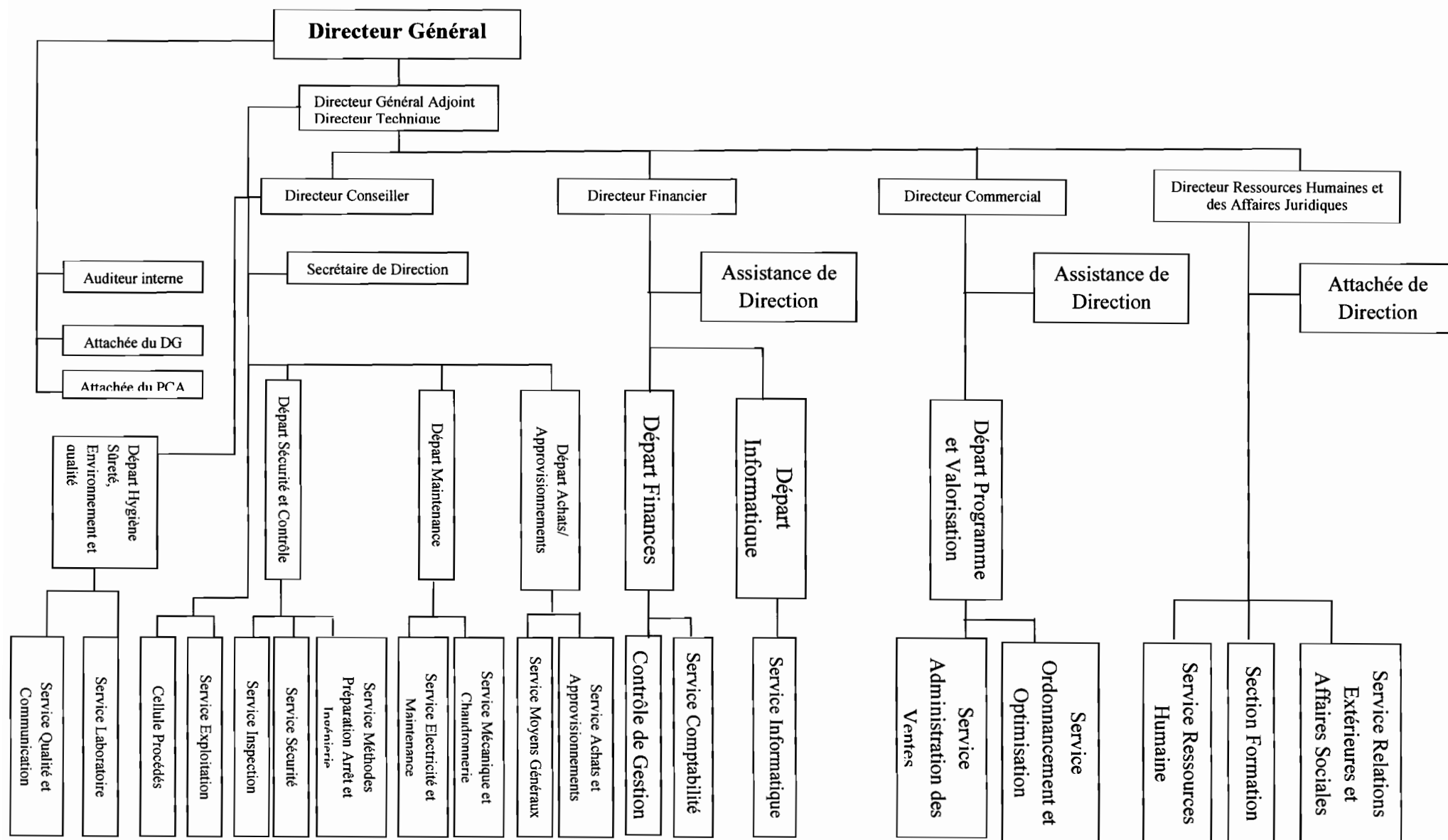
Lors de sa création, la société était composée de 8 actionnaires puis avec la fusion de certains groupes pétroliers, le nombre d'actionnaires se limita à quatre : PETROSEN, Mobil Oil, TOTAL FINA ELF, SHELL Sénégal.

Mais actuellement nous ne retrouvons que deux actionnaires au niveau de la S.A.R : TOTAL avec 35,8% et l'état du Sénégal 64,2%.

1.1.4. Etudes de différentes directions

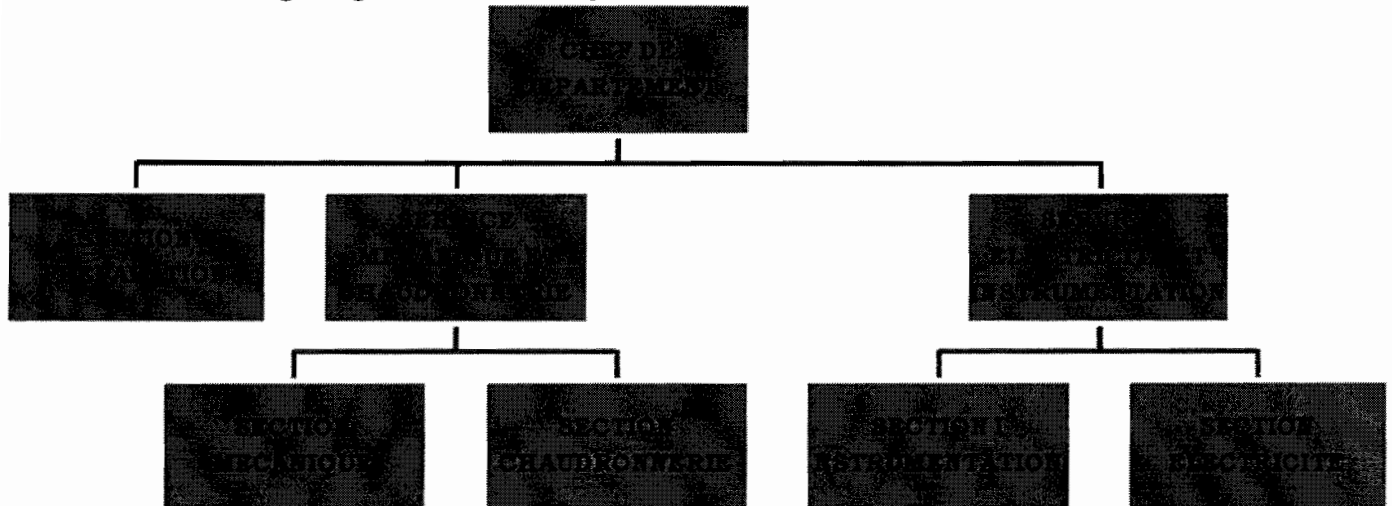
La S.A.R comprend cinq directions subdivisées en services et sections :

- La Direction générale qui a sous sa responsabilité : le département audit et contrôle de gestion, l'attachée de direction, le secrétariat, le conseiller en organisation, le service informatique, le service des relations extérieures, le département d'études
- La Direction financière se compose d'un service Comptabilité divisé en deux sections : une section Trésorerie et une section Comptabilité
- La Direction Ressources humaines qui comprend : le téléxiste, le service relations humaines, le service Moyens généraux
- La Direction commerciale a sous sa responsabilité le service Ressource et Débouché
- La Direction technique a la responsabilité de toutes les opérations industrielles et techniques de la raffinerie. Elle est responsable des services suivants : la Fabrications, la sécurité et le contrôle, le développement, le laboratoire, l'électricité et l'instrumentation, la mécanique, le service achats et approvisionnement (voir organigramme).



1.2. Politique de surveillance des machines tournantes à la section mécanique

1.2.1 Organigramme du département Maintenance



1.2.2 Organisation de la section mécanique

La section est composée de :

- ✓ Quatre (04) mécaniciens
- ✓ Un (01) mécanicien auto
- ✓ Un tourneur/mécanicien
- ✓ Un(01) cariste
- ✓ Quatre(04) aides mécaniciens

Le parc machine est réparti en quatre zones :

- Zone1 : U100-U800 (Direction Administratif-DSV-Merox)
- Zone2 : U200-U500 (Reformeur-Stockage produits finis)
- Zone3 : U300-U400 (Utilités-Stockage pétrole brut)
- Zone4 : U600-U700 (Pomperies incendie-Garage mécanique)

Le chef de section mécanique assure les rondes dans toutes les zones.

Les mécaniciens chefs de zone effectuent les rondes journalières dans leurs zones d'affectations respectives.

Toute anomalie, tout dysfonctionnement constaté lors d'une ronde est consigné dans le cahier des rondes et débouche sur une action :

- Intervention urgente (curatif)
- Intervention planifiée (entretien préventif)

1.2.3 Activités de la section mécanique

La politique de maintenance des machines tournantes est mise en œuvre par la section mécanique autour de quatre (04) missions principales:

1. la maintenance préventive systématique
2. la maintenance prédictive (intervention planifiée : grand arrêt)
3. la maintenance conditionnelle (suivi vibratoire)
4. la maintenance curative

1.2.4 Parc Machines

La base SAR concernée par le suivi vibratoire comporte :

- ✓ Soixante dix-huit équipements (pompes centrifuges, sundyne, moteurs thermiques et compresseurs alternatifs).

Vingt deux (22) parmi ces équipements sont en double.

1.2.5 Politique de Maintenance de la Raffinerie

Orientée à ses débuts vers la maintenance préventive (entretien préventif systématique et intervention planifiée), la politique de maintenance des machines tournantes de la SAR a évolué lentement vers la maintenance conditionnelle:

En 2002, acquisition d'un collecteur de vibrations (Movilog)

En 2005, acquisition du logiciel OneProD pour l'analyse spectrale

En 2008, remplacement du Movilog par le Movipack

Cette évolution a permis :

- ✓ une meilleure fiabilité des unités
- ✓ d'éviter certains incidents et de grosses avaries sur les machines critiques.

1.2.6 Les perspectives

La thermographie infrarouge, l'analyse des huiles devront compléter les outils de la maintenance conditionnelle.

La politique de maintenance devra adopter l'option: pompe principale, pompe de secours [1].

Chapitre 2 : Classification des pannes rencontrées au niveau des pompes de janvier 2007 à mai 2009

CHAPITRE 2 : CLASSIFICATION DES PANNES RENCONTREES AU NIVEAU DES POMPES DE JANVIER 2007 à MAI 2009

2.1. Pannes rencontrées dans les unités (voir Annexe1)

Les pannes constituent des indicateurs essentiels pour déterminer les divers points où orienter la maintenance d'où la nécessité d'en avoir une valeur estimative.

2.1.1 Unités 100 (Distillation)

On a la distillation atmosphérique et la distillation sous vide.

La distillation atmosphérique est un procédé qui consiste à séparer les fractions d'hydrocarbures contenues dans le pétrole, les unes des autres. C'est la première étape du raffinage, et les toutes premières raffineries de pétrole se résumaient à peu près à une colonne de distillation. Elle est basée sur la différence des températures d'ébullition de chacun des produits purs contenus dans le pétrole. En effet chaque hydrocarbure pur possède des caractéristiques chimiques et physiques spécifiques.

La distillation est dite «**atmosphérique**» car elle se fait à la pression ambiante dans une colonne munie d'un certain nombre de plateaux perforés et munis de clapets, en général de 30 à 50 plateaux. Après cette première distillation, la partie résiduelle est envoyée dans une autre colonne, moins haute et comportant moins de plateaux qu'on appelle la colonne de **distillation sous vide**.

Cette unité compte 34 pompes elle présente le plus grand nombre de pannes, on note 31 pannes en 2007 ; 11 pannes en 2008 et 5 pannes en 2009.

2.1.2 Unités 200 (Reforming)

Le reformage catalytique a pour objectif de transformer les constituants naphthéniques en constituants aromatiques à haut indice d'octane servant de base au mélange des essences. L'unité de reformage est constituée essentiellement d'une série de trois réacteurs contenant du

catalyseur et un fractionnateur servant à séparer les différents produits à la sortie des réacteurs. Ce catalyseur est très sensible à la présence de produits sulfurés et azotés, aussi la charge de reformage doit être exempte de soufre, d'azote et de leurs dérivés.

Il compte 12 pompes et dans cette unité on note 7 pannes en 2007 et 1 panne en 2008.

2.1.3 Unités 300 (Utilités)

Cette unités comporte l'ensemble des équipements dont on a besoin pour effectuer le raffinage .Il compte 22 pompes et dans cette unité on note 4 pannes en 2007 ; 3 pannes en 2008 et 3 pannes en 2009.

2.1.4. Unités 400 (Stockage Pétrole brute)

Il compte 5 pompes et dans cette unité on note 5 pannes en 2007 ; 2 pannes en 2008 et 5 pannes en 2009.

2.1.5 Unités 500 (Stockage Produit fini)

Il compte 14 pompes et dans cette unité on note 4 pannes en 2007 ; 11 pannes en 2008 et 3 pannes en 2009.

2.1.6. Unités 800 (Mérox)

Il compte 7 pompes et dans cette unité on note 2 pannes en 2007 et 1 panne en 2009.

En résumé de janvier 2007 à mai 2009, 98 pannes ont été rencontrées et nous pouvons à partir du tableau en déduire un diagramme montrant les diverses pièces critiques et leurs pannes.

2.2. Diagrammes montrant les pièces critiques et leurs pannes.

D'après la classification des pannes rencontrées, nous pouvons en tirer les pièces critiques ainsi que leur nombre de pannes.

Année	2007	2008	2009	Total
Fuite sur Garniture mécanique	22	13	10	45
Autres pannes	14	9	2	25
Roulements	7	3	3	13
Vibrations anormales	10	3	2	15

Tableau 2- 1: Listes des pannes rencontrées au niveau des pompes de janvier 2007 à mai 2009

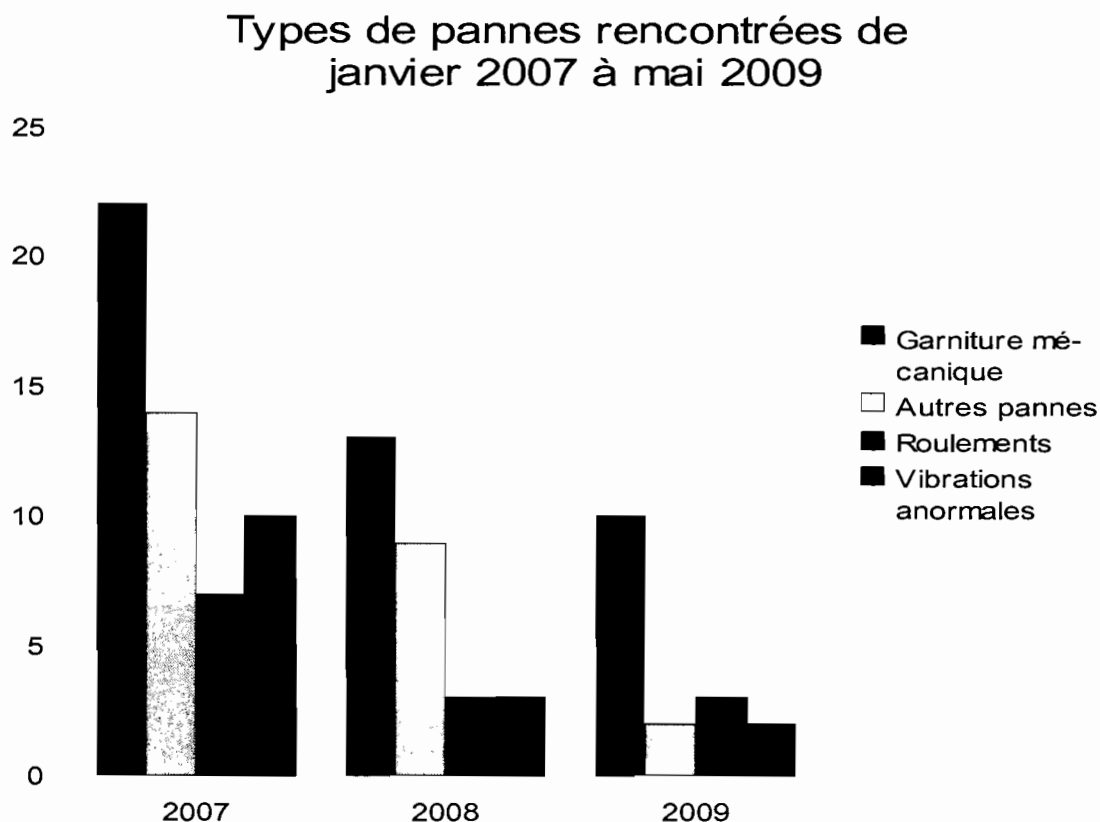


Figure 2-1: Types de pannes rencontrées de janvier 2007 à mai 2009

Ce diagramme nous montre les différents types de pannes rencontrées en 2007, 2008 et 2009. Ainsi nous constatons que les pannes rencontrées vont en décroissant donc on peut dire que la politique de maintenance adoptée par le département mécanique est fiable. De plus nous rencontrons des défaillances répétitives comme celui de la fuite des garnitures mécaniques ; les défauts de roulements et des défaillances accidentelles.

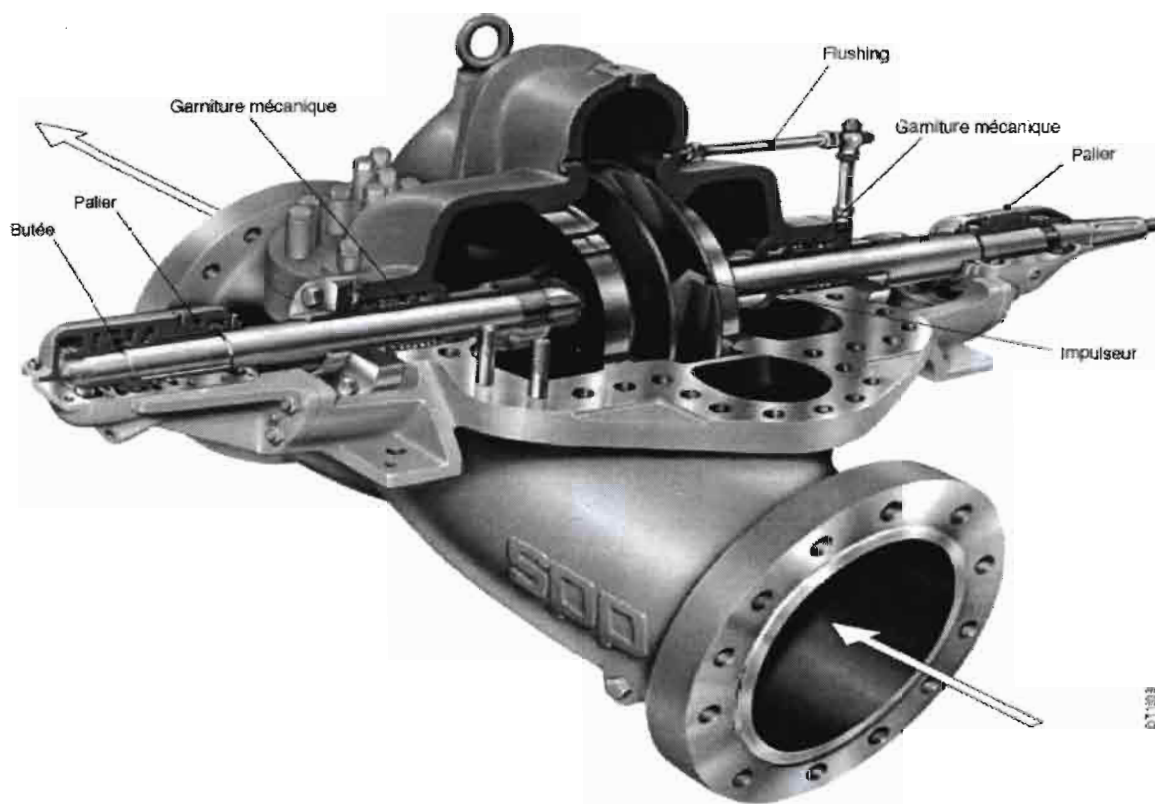


Figure 2-2 : Coupe d'une pompe centrifuge

Face à cette multitude de pannes rencontrées, nous nous devons de proposer un planning de maintenance pour palier à ce problème.

Chapitre 3 : Planning de maintenance Préventive

CHAPITRE 3 : PLANNING DE MAINTENANCE PREVENTIVE

3.1. Définition

D'après l'Afnor (NF X 60-010) : « La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».

Dans une entreprise, maintenir c'est donc effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité.

Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons l'ensemble des contrôles, visites et interventions de la maintenance effectuées préventivement.

La maintenance préventive s'oppose en cela à la maintenance corrective déclenchée par des perturbations ou par les événements, donc subie par la maintenance.

La maintenance préventive comprend :

- les contrôles ou visites systématiques,
- les expertises, les actions et les remplacements effectués à la suite de contrôles ou visites,
- les remplacements systématiques,
- la maintenance conditionnelle ou contrôle non destructifs.

3.2. Différents types de maintenance préventive

3.2.1. Maintenances préventives systématiques

Elles comprennent :

- les visites systématiques : les visites sont effectuées selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage. A 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.
- les remplacements systématiques : selon un échéancier défini, on remplace systématiquement un composant, un organe ou un sous-ensemble complet.
- les rondes ou visites en marche : la visite systématique effectuée pendant le fonctionnement d'optimiser l'arrêt machine.

Pour ce type de maintenance, on suit l'effet de la dégradation ou de l'usure pour éviter le démontage indésirable. Les contrôles sont simples à réaliser : lecture des valeurs des paramètres, examens sensoriels ... Les valeurs des paramètres pour un fonctionnement normal sont connues à l'avance.

Par exemple une fuite plus ou moins importante traduit le degré d'usure de la garniture mécanique d'une pompe.

3.2.2. Maintenance préventive conditionnelle

D'après la définition Afnor, il s'agit de la « maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure...) »

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.

3.2.3. Télémaintenance

Le système de supervision permet tout à la fois la conduite d'une installation et la détection d'aléas de fonctionnement. Les informations sont reçues à travers les capteurs et transmises à une centrale de surveillance qui enregistre les alarmes et les paramètres. Grâce au tableau synoptique qui visualise la localisation de ces informations, l'agent de

surveillance réagit en conséquence dès l'apparition d'un défaut ou d'une variation anormale d'un paramètre.

Ce système équivalent à une ronde, est utilisé pour surveiller un ensemble d'équipement dont la localisation est dispersée d'une part, et dont l'accès est difficile et parfois dangereux d'autre part.

Le système de télémaintenance peut être entièrement automatisé. La gestion des actions, de type conditionnel, est réalisée à l'aide de modules de progiciel.

3.3. Plan de maintenance

La S.A.R. dispose de plusieurs appareils permettant d'effectuer la maintenance préventive tel que :

- **Le LASE-A-LIGN EX valise:** Le but d'un lignage est de limiter ou diminuer les forces sur les roulements, et sur les axes et donc de prolonger au maximum la durée de vie des machines. Ceci s'inscrit pleinement dans le cadre de la maintenance préventive et prédictive. Un alignement correct aura pour résultats moins de perte de production, moins de défaillances des roulements et des étanchéités, moins de défaillance des accouplements et une diminution des coûts de maintenance.
- **L'Analyse vibratoire :** les vibrations d'une machine peuvent être considérées comme une manifestation extérieure des forces internes. En effet l'analyse de leurs signaux donne des informations sur les processus de dégradations internes.

Nous allons effectuer le plan de maintenance globale des pompes selon les relevés effectués à l'annexe1.

3.3.1. Différents niveaux de maintenance

Les opérations à réaliser sont classés, selon leur complexité, en cinq niveaux. Les niveaux pris en considération sont ceux de la norme NF 60-010.

Pour chaque niveau, la liste des opérations précisées est donnée à titre d'illustration.

✚ 1er niveau de maintenance : il s'agit essentiellement de contrôle et de relevés des paramètres de fonctionnement des machines tel que les niveaux d'eau et d'huile, température d'eau de refroidissement, contrôle visuel de l'état des organes et contrôle auditif des bruits de marche etc...

Ces contrôles peuvent donner suite à des opérations simples de maintenance ne nécessitant pas de réalisation d'un diagnostic de pannes et de démontage. Ils peuvent aussi déclencher, notamment sur des anomalies constatées, des opérations de maintenance de niveaux supérieurs.

✚ 2e niveau de maintenance : il s'agit des opérations de maintenance préventive qui sont régulièrement effectuées sur les équipements tel que le remplacement des filtres ; vidange de l'huile de moteur ; analyse de liquide de refroidissement ; contrôle des points signalés pour le 1er niveau ; graissage de tous les points en fonction de la périodicité ; contrôle des batteries etc...

Ces opérations sont réalisées par un technicien ayant une formation spécifique.

✚ 3e niveau de maintenance : il s'agit des opérations de maintenance préventive, curative, de réglages et de réparations mécaniques ou électriques mineurs. Les opérations réalisées peuvent nécessiter un diagnostic de pannes tel que le contrôle et révision de la pompe ; contrôle de l'isolement électrique ; remplacement d'une résistance etc...

Ces opérations sont réalisées par un technicien spécialisé. Toutes les opérations se font à l'aide d'instructions de maintenance et d'outils spécifiques tels que les appareils de mesure ou de calibrage. Elles peuvent conduire à des opérations de 4^e niveau.

✚ 4^e niveau de maintenance : il s'agit d'opérations importantes ou complexes à l'exception de la reconstruction de l'équipement tel que le contrôle d'alignement du moteur /pompe ; l'analyse vibratoire etc....

Ces opérations sont réalisées par des techniciens bénéficiant d'un encadrement technique très spécialisé, d'un outillage général complet et d'un outillage spécifique. Elles font aussi appel à des ateliers spécialisés (rectification, réusinage).

✚ 5e niveau de maintenance : il s'agit d'opérations lourdes de rénovation ou de reconstruction d'un équipement. Ces opérations entraînent le démontage de l'équipement et son transport dans un atelier spécialisé (fuite sur garniture mécanique, roulement usé etc...) [4]

3.3.2. Recueil des opérations de maintenance

Le recueil des opérations de maintenance est un document de travail des méthodes qui permet de lister les opérations en passant en revue systématique tous les organes. Ce document comporte les éléments suivants :

✚ Opérations : cette partie comporte la description succincte des opérations appliquées sur des organes. On met une croix dans les deux colonnes suivantes :

- Marche : pour l'opération qui pourrait se faire pendant que la machine est en production ;
- Arrêt : pour l'opération qui doit être faite pendant un arrêt de la production.

✚ Intervenants :

- MEC : mécanicien
- CHA : chaudronnier
- ELC : électricien
- EXP : exploitant (utilités)
- FAB : opérateurs (production)
- CHI : chimiste

✚ Durée : il s'agit du temps élémentaire de l'opération, dont l'estimation est basée sur l'expérience, hors temps de déplacement. Ce temps est exprimé en heure et on notera 0,50 pour une demi-heure.

✚ Périodicité

- J : journalier
- H : hebdomadaire
- M : mensuel
- T : trimestriel

- S : semestriel

- A : annuel

✚ Observations : on notera tous les renseignements utiles pour réaliser correctement l'opération demandée. [4]

Quand les opérations sont peu nombreuses, l'établissement du plan de maintenance n'est pas très complexe. Celui ci se présente sous la forme simplifiée d'un récapitulatif des gammes de maintenance correspondant à la machine concernée.

Gamme Opératoire	niveau	Spécialité Responsable
Description		
Ronde quotidienne	1	1 MEC 1ELC
Analyse vibratoire	4	1 MEC
contrôle de l'état des câbles, du couvercle de protection, des fixations, du circuit de refroidissement	1	1 MEC
Remplacement de la roue (de la turbine et des pales)	5	2 MEC
Remplacement de l'accouplement	3	2 MEC
Remplacement des boulons d'assemblage	3	1 MEC
Suivi de l'intensité des moteurs	3	1ELC
Vérification de l'absence de bruit, de vibrations, d'odeur, et d'échauffement anormaux	1	1 MEC
Remplacement de la garniture mécanique	5	1 CHA ; 2MEC
Graissage des paliers	2	1 MEC

Gamme Opérateur	niveau	Spécialité Responsable
Description		
Remise en état du moteur	4	1ELC
vérification de l'absence de fuite: sur garnitures mécanique, sur bride corps de pompe ou d'huile	1	1 MEC
contrôle d'alignement du moteur /pompe	5	1MEC
Remplacement des filtres	2	1 CHA
vidange de l'huile de moteur	2	1 MEC
analyse de liquide de refroidissement	2	1 CHI

Tableau 3-1 : Recueil des opérations de maintenance

3.3.3. Planning de maintenance :

Le planning de maintenance que nous allons établir consiste essentiellement au planning de graissage, de remplacement des filtres et d'analyse vibratoire.

Les besoins en termes de maintenance sont très liés à la nature et l'utilisation de chaque machine. Afin de mieux formuler les attentes de chacun des utilisateurs de ces machines, il convient d'évaluer leur criticité.

La criticité constitue l'indicateur qui permet de mesurer l'impact de l'indisponibilité d'une installation sur le fonctionnement général de l'entreprise. On classe ainsi les pompes en trois catégories :

- Vitales dont leurs pannes entraînent l'arrêt de la production : G 108 et G142
- Importantes
- Secondaires

3.3.3.1. Planning d'Analyse Vibratoire

La périodicité de contrôle sera fonction du taux d'engagement de la machine. Elle est trimestrielle pour un fonctionnement normal.

Etant donné que les pompes sont vétustes et présentent de nombreuses pannes la fréquence de contrôle doit être augmentée.

Ainsi on prendra des mesures toutes les deux semaines pour les pompes vitales en rouge ; tous les mois pour celles importantes en jaune et chaque deux mois pour celles secondaires en vert.

PLANNING D'ANALYSE VIBRATOIRE																											
POMPES				PERIODICITE (en semaines)																							
				janvier			février			mars			avril			mai			juin								
U.100																											
G101A/B																											
G102A/B																											
G103N																											
G105																											
G106																											
G107A/B																											
G107C																											
G108																											
G110A/B																											
G112																											
G113																											
G114																											
G120A/B																											

PLANNING D'ANALYSE VIBRATOIRE						
POMPES	PERIODICITE (en semaines)					
	janvier	février	mars	avril	mai	juin
G122						
G124						
G125						
G126						
G127						
G128						
G141A/B						
G142						
G143A/B						
G145						
G146A/B						
G147						
U.200						
G201A/B						
G202A/B						
G204B						
G205N						
G241A/B						
G261A/B						
U.300						
G301/N						
G304/N						
G305A/B						
G305C						
G341A/B						
G342A/B						

PLANNING D'ANALYSE VIBRATOIRE						
POMPES	PERIODICITE (en semaines)					
	janvier	février	mars	avril	mai	juin
G342C	■	■	■	■	■	■
G343A/B	■	■	■	■	■	■
G343C/D	■	■	■	■	■	■
G344A/B	■	■	■	■	■	■
U.400						
G401N	■		■		■	
G402	■		■		■	
G403	■		■		■	
G404	■		■		■	
G405	■		■		■	
G406	■		■		■	
U.500						
G501NA/B	■		■		■	
G502	■		■		■	
G503A/B	■		■		■	
G503C	■		■		■	
G504A/B	■		■		■	
G504C	■		■		■	
G506NA/B	■		■		■	
G507N	■		■		■	
G508	■		■		■	
G509	■		■		■	
G510	■		■		■	
U.800						
G804		■	■	■	■	■

PLANNING D'ANALYSE VIBRATOIRE																											
POMPES				PERIODICITE (en semaines)																							
				juillet			Aout			Septembr e			Octobr e			Novembr e			Décembr e								
U.100																											
G101A/B																											
G102A/B																											
G103N																											
G105																											
G106																											
G107A/B																											
G107C																											
G108																											
G110A/B																											
G112																											
G113																											
G114																											
G120A/B																											
G122																											
G124																											
G125																											
G126																											
G127																											
G128																											
G141A/B																											
G142																											
G143A/B																											
G145																											
G146A/B																											

PLANNING D'ANALYSE VIBRATOIRE																											
POMPES				PERIODICITE (en semaines)																							
				janvier	février				mars	avril				mai	juin												
G805																											
G806																											
G807																											

Tableau 3-2 : Planning d'Analyse Vibratoire de janvier à juin

PLANNING D'ANALYSE VIBRATOIRE						
POMPES	PERIODICITE (en semaines)					
	juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
U.200						
G201A/B	■	■	■	■	■	■
G202A/B		■	■	■	■	■
G204B	■		■		■	
G205N	■	■	■	■	■	■
G241A/B	■		■		■	
G261A/B	■	■	■	■	■	■
U.300						
G301/N	■	■	■	■	■	■
G304/N	■	■	■	■	■	■
G305A/B	■	■	■	■	■	■
G305C	■	■	■	■	■	■
G308A/B	■	■	■	■	■	■
G341A/B	■	■	■	■	■	■
G342A/B	■	■	■	■	■	■
G342C	■	■	■	■	■	■
G343A/B	■	■	■	■	■	■
G343C/D	■	■	■	■	■	■
G344A	■	■	■	■	■	■
U.400						
G401N	■		■		■	
G402	■		■		■	
G403	■		■		■	
G404	■		■		■	
G405	■		■		■	
G406	■		■		■	

PLANNING D'ANALYSE VIBRATOIRE																											
POMPES				PERIODICITE (en semaines)																							
				juillet				Aout				Septembre				Octobre				Novembre				Décembre			
U.500																											
G501NA/B																											
G502																											
G503A/B																											
G503C																											
G504A/B																											
G504C																											
G506NA/B																											
G507N																											
G508																											
G509																											
G510																											
U.800																											
G804																											
G805																											
G806																											
G807																											

Tableau 3-3 : Planning d'Analyse Vibratoire de juillet à décembre

3.3.3.2. Planning de Remplacement des filtres

Le contrôle de l'état de filtre se fera tous les 1000 à 1500 heures. On procédera à un remplacement systématique tous les 6 mois. Pour les pompes doublées le remplacement des filtres peut se faire inconditionnellement mais pour les autres pompes le planning ne peut être respecté que s'il ya un arrêt pour éviter les pertes de production.

PLANNING DE REMPLACEMENT DES FILTRES												
Emplacement filtre	PERIODICITE (en mois)											
	janv.	fév.	mar.	avril	mai	juin	juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Filtres d'aspiration												
U.100												
G101A/B												
G102A/B												
G103N												
G105												
G106												
G107A/B												
G107C												
G108												
G110A												
G113												
G127												
G142												
G143A												
G143B												
G145												

PLANNING DE REMPLACEMENT DES FILTRES												
Emplacement filtre	PERIODICITE (en mois)											
	janv.	fév.	mar.	avril	mai	juin	juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
G146A												
G146B												
G147												
U.200												
G201												
G202A												
G202B												
G204B												
G241A												
G241B												
G261A												
G261B												
U.300												
G305												
G341A												
G341B												
G342A												
G342B												
G342C												
G343A												
G343B												
G343C												
G344A												
U.400												
G402												
G404												
U.500												

PLANNING DE REMPLACEMENT DES FILTRES												
Emplacement filtre	PERIODICITE (en mois)											
	janv.	fév.	mar.	avril	mai	juin	juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
G501NA/B												
G502												
G503A/B												
G504A/B												
U.800												
G804												
G806												
G807												

Tableau 3-4 : Planning de remplacement des filtres

Cependant au lieu de procéder en un remplacement systématique nous recommandons d'installer des dispositifs tels que l'indicateur de colmatage ou le manomètre différentiel pour pouvoir suivre l'encrassement du filtre. Ainsi la vérification de l'encrassement des filtres par la lecture de l'indicateur de colmatage ou du manomètre différentiel se fera tous les 500 heures de fonctionnement de l'installation.

3.3.3.3. Planning de Vidange ou Graissage des paliers et des accouplements

Suivant le type de pompes, la périodicité de vidange ou de graissage des paliers et des accouplements varie. Il est recommandé de vidanger l'huile toutes les 4000 h ou au moins une fois par an.

ORGANES	PALIER	ACCOUPLEMENT	
POMPES	PERIODICITE Vidange ou Graissage	TYPE Accouplement	PERIODICITE Graissage
U.100			
G101A/B	6 mois	Flexident.JE	3 mois
G102A/B	6 mois	Flexident.JE	3 mois
G103N	6 mois	METASTREAM	sans
G105	6 mois	Flexident.JE	3 mois
G106	6 mois	METASTREAM	sans
G107A/B	6 mois	+	sans
G107C	6 mois	+	sans
G108	6 mois	THOMAS	sans
G110A/B	12 mois	+	sans
G112	12 mois	+	sans
G113	12 mois	+	sans
G114	12 mois	+	sans
G120A/B	6 mois	Flexident.JE	3 mois
G122	6 mois	THOMAS	sans
G124	6 mois	+	sans
G125	6 mois	+	sans
G126	6 mois	+	sans
G127	6 mois	THOMAS	sans
G128	6 mois	+	sans
G141A/B	3 semaines	CITROEN	3 mois
G142	6 mois	THOMAS	sans
G143A/B	6 mois	Flexident.JE	3 mois
G145	6 mois	Flexident.JE	3 mois
G146A/B	6 mois	METASTREAM	sans

POMPES	PERIODICITE Vidange ou Graissage	TYPE Accouplement	PERIODICITE Graissage
G147	6 mois	THOMAS	sans
U.200			
G201A/B	6 mois	THOMAS	sans
G202A/B	6 mois	THOMAS	sans
G204B	6 mois	+	sans
G205N	6 mois	METASTREAM	sans
G241A/B	6 mois	METASTREAM	sans
U.300			
G301/N	6 mois	METASTREAM	sans
G304/N	6 mois	CITROEN	3 mois
G305A	sans	CARDAN	6 mois
G305B/C	6 mois	CITROEN	3 mois
G341A/B	6 mois	THOMAS	sans
G342A/B/C	6 mois	CITROEN	3 mois
G343A/B	12 mois	+	sans
G343C/D	12 mois	+	sans
U.400			
G401A	sans	CITROEN	3 mois
G401NB	sans	METASTREAM	sans
G402	12 mois	+	3 mois
G403	12 mois	+	3 mois
G404	6 mois	+	sans
G405	12 mois	+	sans
G406	6 mois	+	sans
U.500			
G501NA/B	6 mois	CITROEN	3 mois
G502	6 mois	METASTREAM	sans

G503A/B	6 mois	CITROEN	3 mois
G504A/B	6 mois	CITROEN	3 mois
G504C	sans	CITROEN	3 mois
G506NA/B	sans	+	sans
G507N	6 mois	CITROEN	3 mois
G510	6 mois	METASTREAM	sans
U.800			
G804	6 mois	+	sans
G806	6 mois	+	3 mois
G807	6 mois	+	3 mois

Tableau 3-5 : Recensement des périodicités de vidange ou graissage des paliers et accouplements

Il est recommandé de vidanger l'huile ou d'effectuer le graissage des paliers toutes les 4000 h ou au moins une fois par an. Pour les pompes doublées le vidange peut se faire inconditionnellement mais pour les autres pompes le planning ne peut être respecté que s'il ya un arrêt pour éviter les pertes de production.

PLANNING DE VIDANGE OU GRAISSAGE PALIERS												
	PERIODICITE (en mois)											
U.100	janv.	fév.	mar.	avril	mai	juin	juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
G101A/B												
G102A/B												
G103N												
G105												
G106												
G107A/B												

PLANNING DE VIDANGE OU GRAISSAGE PALIERS												
	PERIODICITE (en mois)											
U.100	janv.	fév.	mar.	avril	mai	juin	juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
G107C												
G108												
G110A/B												
G112												
G113												
G114												
G120A/B												
G122												
G124												
G125												
G126												
G127												
G128												
G141A/B												
G142												
G143A/B												

PLANNING DE VIDANGE OU GRAISSAGE PALIERS

PERIODICITE (en mois)

	janv.	fév.	mar.	avril	mai	juin	juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
U.100												
G145												
G146A/B												
G147												
U.200												
G201A/B												
G202A/B												
G204B												
G205N												
G241A/B												
G261A/B												
U.300												
G301/N												
G304/N												
G305B/C												
G341A/B												
G342A/B/C												
G343A/B												
G343C/D												
U.400												
G402												
G403												
G404												
G405												

PLANNING DE VIDANGE OU GRAISSAGE PALIERS												
	PERIODICITE (en mois)											
U.100	janv.	fév.	mar.	avril	mai	juin	juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
G406												
U.500												
G501NA/B												
G502												
G503A/B												
G504A/B												
G507N												
G510												
U.800												
G804												
G806												
G807												

Tableau 3-6 : Planning de Vidange ou Graissage des paliers

Le graissage des accouplements doit s'effectuer tous les 3000 h environ 3 mois de marche continue ou six mois discontinus.

PLANNING DE GRAISSAGE DES ACCOUPLEMENTS												
	PERIODICITE (en mois)											
U.100	janv.	fév.	mar.	avril	mai	juin	juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
G101A/B												
G102A/B												
G105												
G120A/B												
G141A/B												
G143A/B												
G145												
U.200												
G261A/B												
U.300												
G304/N												
G305A												
G305B/C												
G342A/B/C												
U.400												
G401A												
G402												
G403												
U.500												
G501NA/B												
G503A/B												
G504A/B												

PLANNING DE GRAISSAGE DES ACCOUPLEMENTS												
	PERIODICITE (en mois)											
G504C												
G507N												
U.800												
G806												
G807												

Tableau 3-7 : Planning de Graissage des accouplements

L'élaboration de ces plannings de maintenance a comme but une diminution des défaillances rencontrées. En plus des appareils de lignage laser et d'analyse vibratoire, on recommande la thermographie infrarouge dans le but d'améliorer la maintenance préventive.

Chapitre 4 : Standardisation des garnitures mécaniques

CHAPITRE 4 : STANDARDISATION DES GARNITURES MECANIQUES

4.1. Dimensionnement de la garniture mécanique

Notre étude s'est portée sur une gamme de 5 pompes chaudes afin de dégager un canevas qu'on pourra exploiter d'autres de pompes. Le choix s'est effectué en partant des pompes de diamètres de portées de garnitures proches pour pouvoir trouver une garniture standard qui pourra s'adapter sur les 5 pompes en ne changeant que la chemise.

Le principe de base de la Garniture mécanique avec contact lubrifiée par un liquide consiste à assurer l'étanchéité entre deux faces en mouvement relatif (rotation) lubrifiées par un film liquide. Ce film entretenu par la rotation provient du fluide véhiculé par la machine ou d'un fluide auxiliaire. Une infime partie du film peut s'écouler hors des faces de frottement. Ce débit est appelé fuite ou consommation de la garniture. Le frottement, au niveau du film, produit de la chaleur qui chauffe les faces de frottement, le film lui-même, et le fluide environnant.

Pour assurer une durée de vie optimale des faces de la garniture, le film doit être stable et liquide. Pour éviter sa vaporisation, le fluide à étancher doit avoir une pression suffisante au droit de la garniture (Voir tension de vapeur des fluides considérés). [2]

Les deux grandes familles de garnitures mécaniques sont :

- Les garnitures mécaniques à joint glissant ;
- Les garnitures mécaniques à soufflet ou membrane.

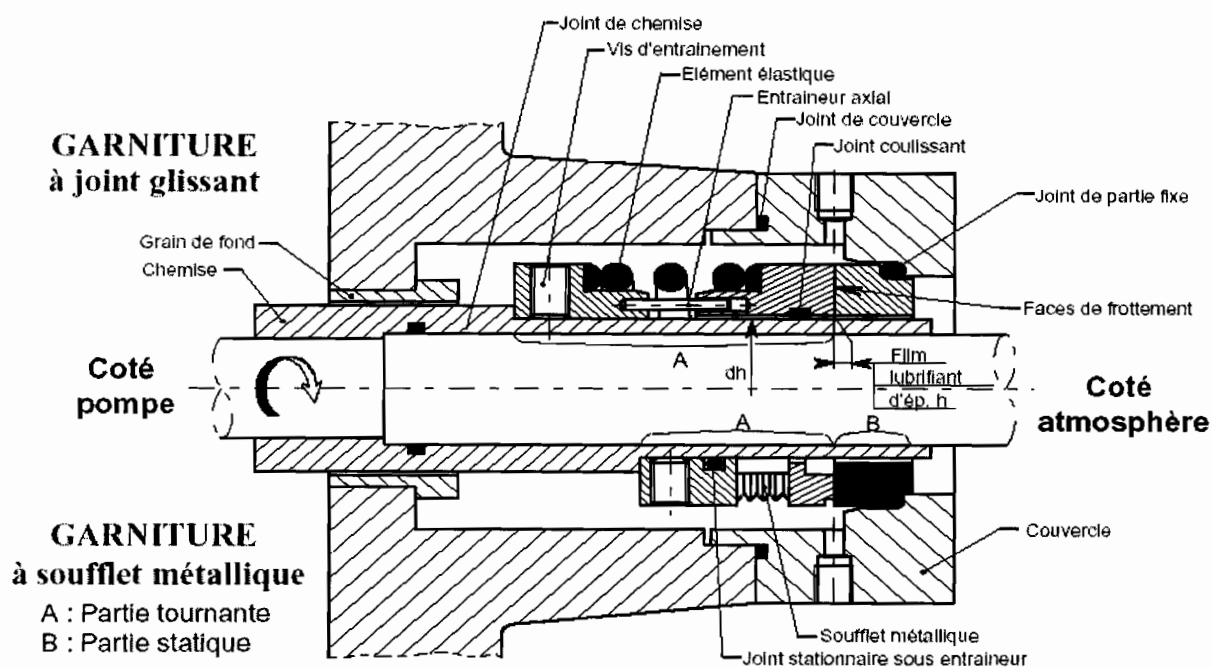


Figure 4 -1 : Les deux grandes familles de garnitures : constitution

Ce tableau nous donne les diverses notations utilisées lors du dimensionnement et leurs symboles.

Symbole	Unité	Définition	Symbole	Unité	Définition
D	m	diamètre moyen des faces de frottement	b	m	largeur des faces
E	m	diamètre extérieur du soufflet métallique	de	m	diamètre extérieur des faces de frottement
FF	N	force de fermeture totale	dh	m	diamètre hydraulique
FH	N	force hydraulique de fermeture	di	m	diamètre intérieur des faces de frottement
FO	N	force d'ouverture	f ou tan ϕ	nombre	coefficient de frottement
FR	N	force de l'élément ressort	h	m	hauteur d'interface ou épaisseur du film lubrifiant

Symbole	Unité	Définition	Symbole	Unité	Définition
FRF	N	force résiduelle de fermeture	k	nombre	coefficient de compensation
I	m	diamètre intérieur du soufflet métallique	P1	Pa	pression du fluide à étancher
Pa	W	puissance absorbée totale	pm	Pa	pression moyenne de contact
Pf	W	puissance de frottement	q	cm ³ /h	débit d'écoulement ou consommation
SF	m ²	surface de frottement	v	m/s	vitesse linéaire aux diamètres moyens des faces de frottement
SH	m ²	surface soumise à la pression du fluide	x	nombre	coefficient du gradient de pression à l'interface
T	K	température	Δp	Pa	différence de pression
N	tr/min	vitesse de rotation	η	Pa · s	viscosité dynamique

Tableau 4- 1 : Notations et symboles

Pour le dimensionnement de la garniture mécanique nous avons besoin des forces agissant sur les faces : les forces ont deux origines :

- l'une mécanique, transmise par l'élément élastique ;
- l'autre hydraulique, communiquée par la pression du fluide appliquée sur les surfaces annulaires normales à l'axe.

L'élément à considérer dans l'analyse est le sous-ensemble semi-dynamique car lui seul possède la liberté axiale de déplacement pouvant rapprocher ou écarter les faces de frottement.

Les forces sont au nombre de trois :

- l'**élément élastique développe un effort** FR car il rapproche les faces ;
- la pression du fluide agissant sur la face de frottement semi dynamique développe une **force hydraulique de fermeture** : $FH = SH \Delta p$

— le gradient du champ de pression du film dans l'interface agissant sur la surface de frottement SF développe une **force d'ouverture** : $FO = x \Delta p SF$ (avec $\Delta p = p_1 - p_2$) ; x dépend de nombreux paramètres tels que la géométrie des faces, l'état de surface, la pression, la température, les caractéristiques physiques du fluide à étancher. Dans la pratique, on utilise $x = 0,5$.

SF désigne la surface de frottement (comprise entre di et de)

Les forces conduisent aux résultantes suivantes :

- force de fermeture totale : $FF = FR + FH$
- force résiduelle de fermeture : $FRF = FF - FO$

En plus nous devons savoir si la garniture est compensée ou non compensée.

Lorsque la pression du fluide à étancher augmente, la force FH maintenant les deux faces en contact augmente également, d'où une étanchéité supposée meilleure. Cependant, plus de pression sur les faces de frottement signifie aussi plus grande friction, couple plus élevé et usure plus rapide, voire même destruction des faces de frottement en cas d'une pression à étancher p_1 importante.

En faisant varier le diamètre hydraulique dh (qui agit directement sur FH), on peut atténuer (ou au contraire accentuer) l'influence de la pression sur la valeur de la résultante FF qui s'applique aux faces de frottement. On définit ainsi un coefficient k , appelé **coefficient de compensation**, tel que :

Si $k \geq 1$, la garniture est dite non compensée. Elle est désignée par la lettre U – norme EN 12756 (NF EN12756 et DIN EN 12756).

Si $k < 1$, la garniture est dite compensée. Elle est désignée par la lettre B – norme EN 12756 (NF EN 12756 et DIN EN 12756).

Grâce à l'utilisation d'une garniture compensée, on limitera l'influence de la pression sur les faces de frottement. [2]

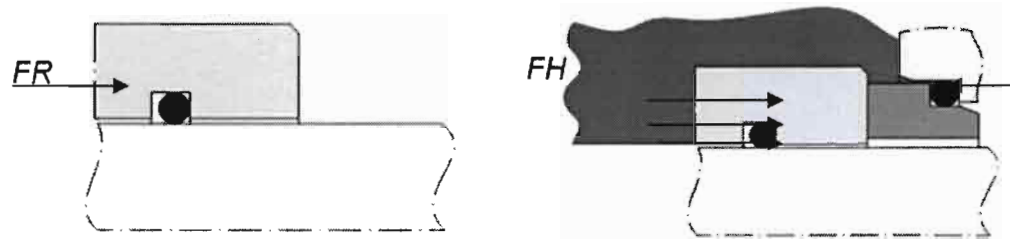


Figure 4-2 : Garniture non compensée

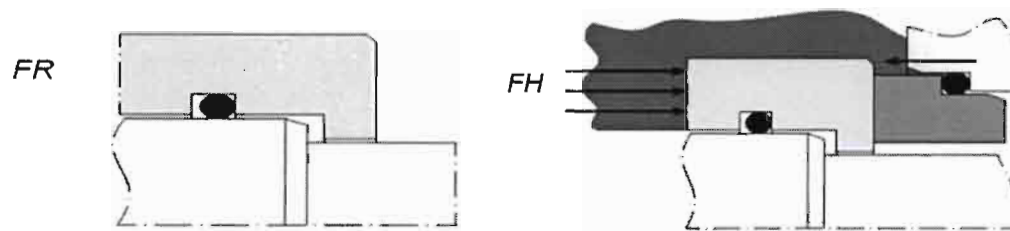


Figure 4-3 : Garniture compensée

Parmi les 5 pompes on rencontre les deux familles de garnitures :

- la G143 possède une garniture à joint coulissant le diamètre hydraulique se lie à partir de la chemise
- la G102, G103N et G146A la possèdent une garniture à soufflet métallique le diamètre hydraulique se lie à partir du milieu du soufflet.

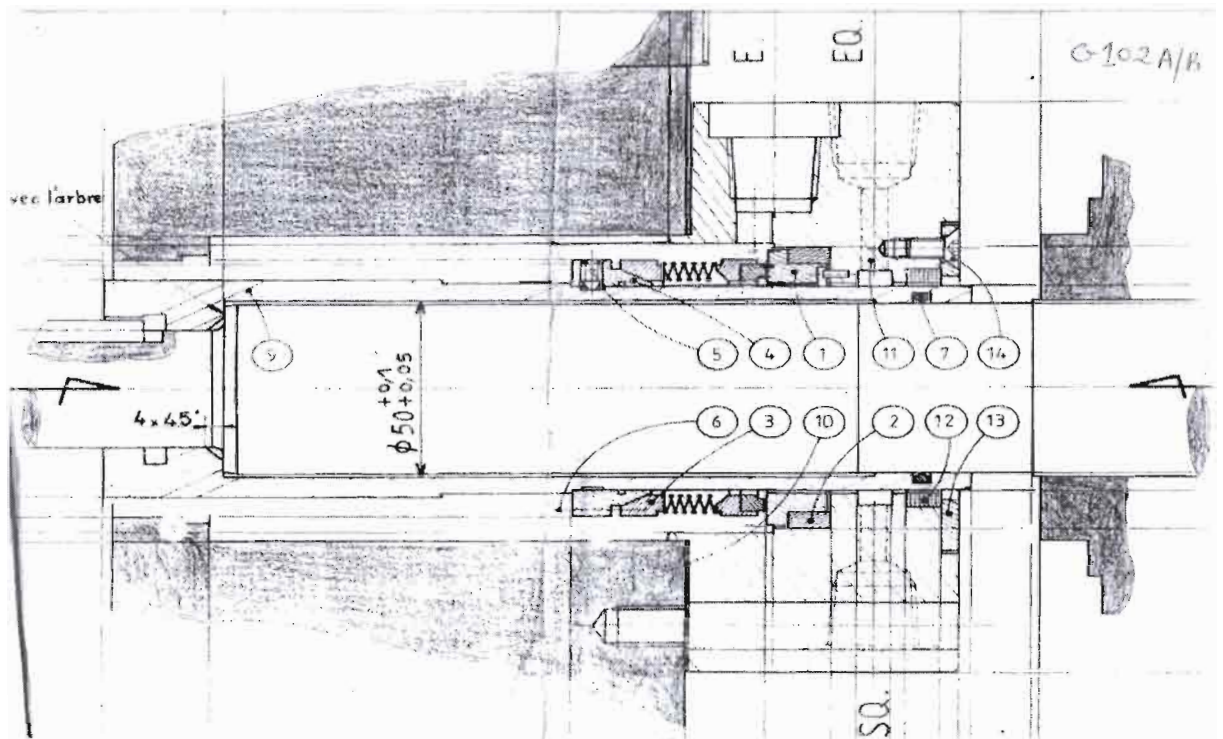


Figure 4-4 : Schéma de la Garniture de la G102

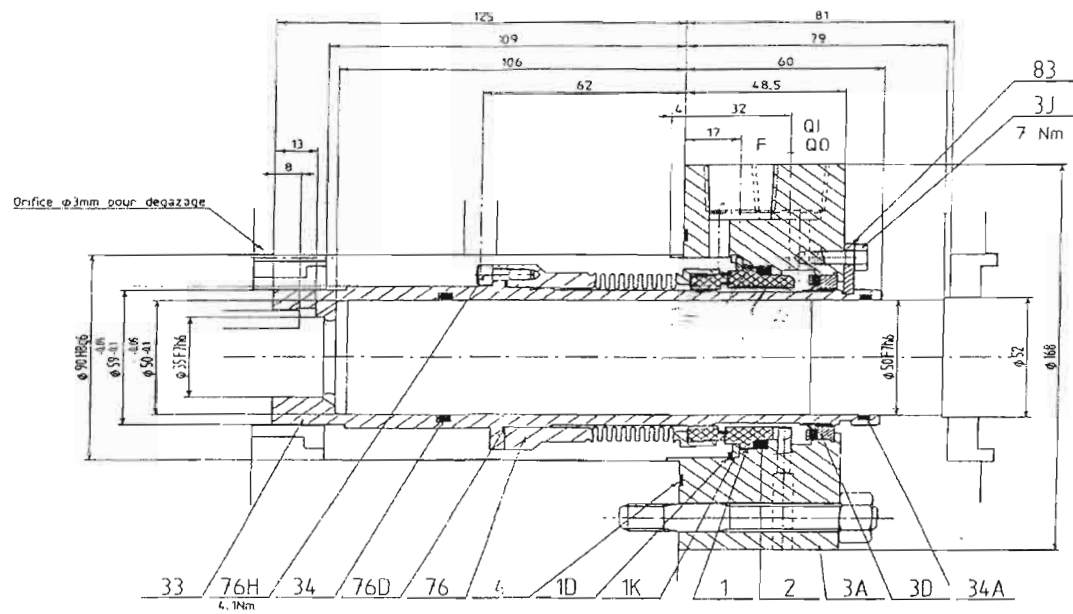


Figure 4-5 : Schéma de la Garniture de la G103N

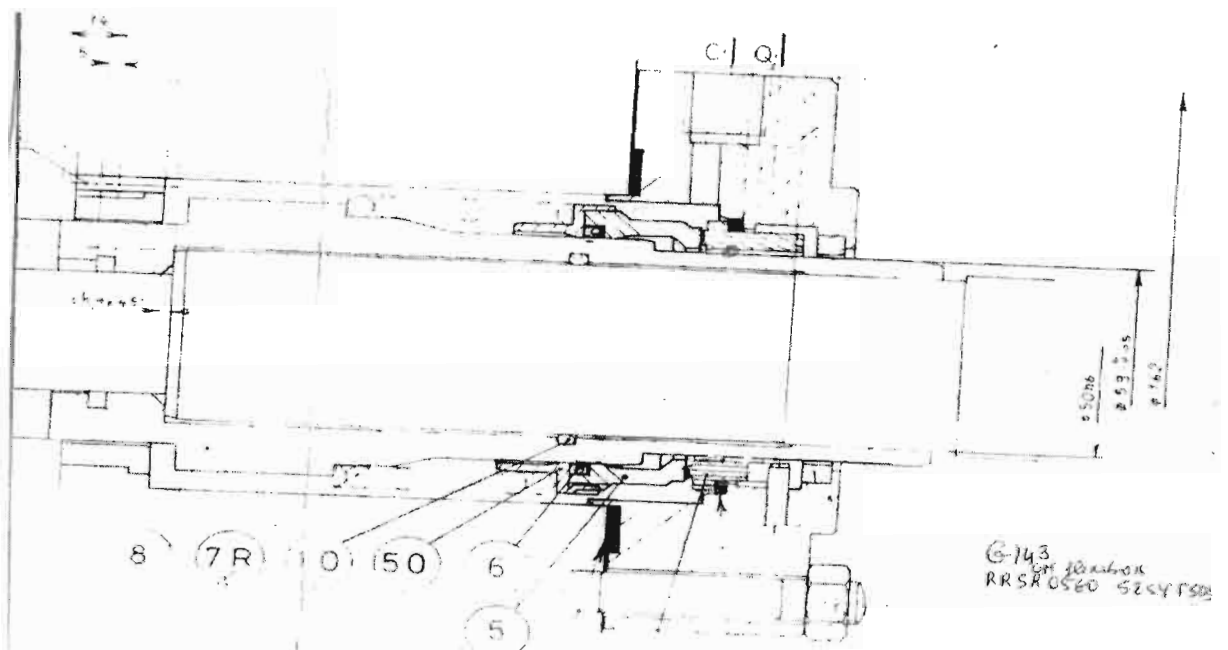


Figure 4-6 : Schéma de la Garniture de la G143

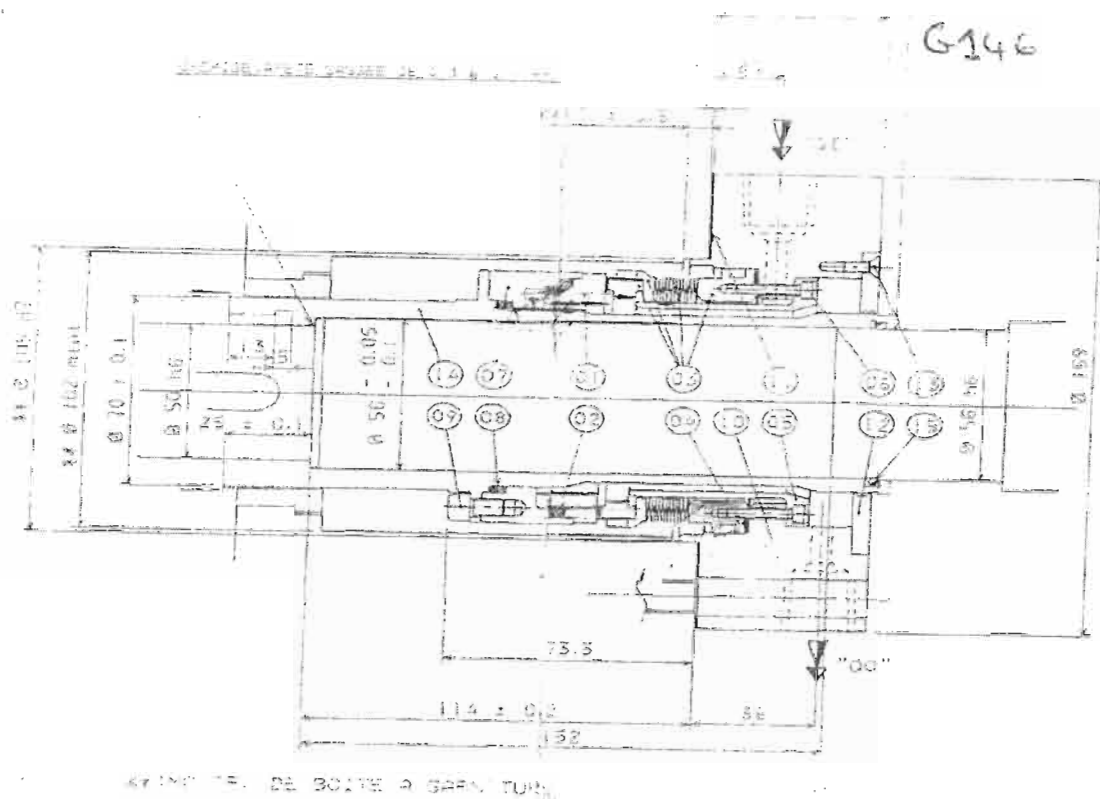


Figure 4-7 : Schéma de la Garniture de la G146A et G146B

Ce tableau nous montre l'expression des résultats du dimensionnement proprement dit.

- La différence de pression (Δp) est obtenue en faisant la différence entre la pression du fluide à étancher p_1 et la pression atmosphérique p_2 . La pression du fluide à étancher est obtenue en prenant la pression obtenue au refoulement plus(+) une majoration de 20%.
- Le d_i et le d_e représentent respectivement le diamètre intérieur et extérieur des faces de frottement
- Le diamètre hydraulique est le diamètre moyen du soufflet pour les garnitures à soufflet métallique et celui de la chemise pour les garnitures à joint coulissant.
- Le débit d'écoulement ou de consommation théorique (q) : l'ordre de grandeur de ce débit théorique a été vérifié sur banc d'essai dans des conditions idéales de fonctionnement. Cependant, des aménagements conceptuels de la garniture (forme particulière des faces,

réfrigération des faces, etc.) peuvent augmenter ou diminuer sensiblement ce débit (de moins de 0,1 à quelques cm³/h).

Paramètres		Formules	Résultats			
			G102A/B	G103N	G143	G146A et G146B
Paramètres	N (tr/min)		2940	2935	2950	2970
liés au process, au matériel et au fluide véhiculé	Δp (Pa)	$p_1 - p_2$	1152000	1009200	1034400	1530000
			101325	101325	101325	101325
			1050675	907875	933075	1428675
	T (°C)		321	235	268	367
Paramètres dimensionnels fournis par le fabricant de garnitures	di (m)		0,0655	0,064	0,064	0,08
	de (m)		0,073	0,072	0,072	0,089
	D (m)	$\frac{de + di}{2}$	0,06875	0,068	0,068	0,0845
	b (m)	$\frac{de - di}{2}$	0,004	0,004	0,004	0,0045
	dh (m)		0,069	0,066	0,0655	0,082
	k	$\frac{SH}{SF} = \frac{de^2 - dh^2}{de^2 - di^2}$	0,5144928	0,7610294	0,7610294	0,894148586
	SH (m ²)	$\frac{\pi}{4} (de^2 - dh^2)$	0,0004459	0,00065	0,00065	0,0010676

	SF (m ²)	$\frac{\pi}{4} (de^2 - di^2)$				
			0,0008666	0,0008541	0,0008541	0,001193985
	FR (N)	$p_1 SH$	513,65376	655,95982	672,33931	1633,428
	f		0,08	0,08	0,08	0,08
Paramètres recherchés par les calculs	v (m/s)	$\pi \frac{DN}{60}$	10,61634	10,444687	10,498067	13,133835
	FH (N)	$SH \Delta p$	468,47497	590,10059	606,48009	1525,25343
	FF (N)	$FR + FH$	982,12873	1246,0604	1278,8194	3158,68143
	FO (N)	$X \Delta p SF$	455,27849	387,69894	398,46035	852,9082599
	FRF (N)	$FF - FO$	526,85024	858,36147	880,35905	2305,77317
	Pa (w)	$Pa = Pf = \pi D \frac{N}{60} f FRF$	447,4577	717,22533	739,36544	2422,691549
	q (cm ³ /h)		0,5	0,5	0,5	0,5

Tableau 4- 2 : Dimensionnement de la Garniture mécanique

4.2. Sélection du type de garniture

4.2.1 Principaux paramètres influant sur la sélection

Donnés d'ordre administratif :

- constructeur des machines : Ensival France.
- utilisateur : Société Africaine de Raffinage
- domaine d'activités : pétrole (raffinage)
- site : Dakar, Sénégal
- repères des machines : G102, G103N, G143, G146AetB.

Cahier des charges :

Conception de la machine : ce paragraphe définit le type et la construction de la machine et permet de connaître l'architecture hydraulique et géométrique de celle-ci et, par conséquent, l'état des pressions à étancher au niveau de la garniture, l'encombrement disponible et la disposition dans l'environnement de la machine.

Caractéristiques du produit véhiculé et de la machine : la connaissance des caractéristiques physico-chimiques du produit combinées aux caractéristiques de la machine permet de définir la sélection du type de garniture et du type de montage. De plus, la connaissance des utilités, c'est-à-dire les fluides disponibles autres que celui à étancher, est indispensable pour définir le type de montage. [3]

Cahier de charge				
Conception de la machine	G102A	G103	G143	G146A et G146B
• Marque et type de la machine	Pompe centrifuge	Pompe centrifuge	Pompe centrifuge	Pompe centrifuge
• Arbre : – horizontal – vertical	X 	x 	x 	x
• Montage: – sur arbre – chemise	X 	x 	x 	x
• Nombre de garnitures par machine	1	1	1	1
• Sens de rotation du moteur	Antihoraire vu du moteur	Antihorair e vu du moteur	Antihoraire vu du moteur	Antihoraire vu du moteur
Caractéristiques de la machine				
• Diamètre: – d'arbre – de chemise	50mm 64mm	50mm 62mm	50mm 79mm	56mm 70mm
• Vitesse de rotation : minimale maximale	 2940 tr/mn	 2935tr/mn	 2950 tr/mn	 2970 tr/mn
• Pression : – d'aspiration – de refoulement – statique (différentiel)	4,4 bars 9,6 bars 5,2 bars	4,96 bars 8,41 bars 3,45 bars	2,01 bars 8,62 bars 6,61 bars	1,18 bar 12,75 bars

Cahier de charge				
Conception de la machine	G102A	G103	G143	G146A et G146B
• Risque de vide	Non	Non	Non	Non
• Fonctionnement à sec	Non	Non	Non	Non
• Fonctionnement : – intermittent – continu	X	x	x	x
Caractéristiques du produit à étancher				
• Nom	Résidu atmosphérique	Gasoil	Gasoil sous vide	Résidus sous vide
• pH				
• Température	321°C	235°C	268°C	367°C
• Viscosité cinématique à température ambiante	0,98 cSt	0,34 cSt	0,44 cSt	1,25 cSt
• Masse volumique	758 kg/m ³	612 kg/m ³	706 kg/m ³	790 kg/m ³
• Pression de vaporisation à la température de fonctionnement	1,58 bar	4,18 bars	0,70 bar	0,192 bar
• Risques de nocivité, de toxicité	OUI	OUI	OUI	OUI
• Risques d'inflammabilité, d'explosion	OUI	OUI	OUI	OUI

Cahier de charge				
Conception de la machine	G102A	G103	G143	G146A et G146B
• Autres risques	OUI	OUI	OUI	OUI
• Natures et caractéristiques du (ou des) fluide(s) compatible(s)	Produits pétroliers	Produits pétroliers	Produits pétroliers	Produits pétroliers

Tableau 4- 3 : Cahier des Charges

Parmi les nombreux paramètres listés dans le cahier des charges qui influent sur la sélection et le dimensionnement, certains d'entre eux présentent un caractère primordial et sont nécessairement pris en compte.

- Pression à étancher : 10,344 bars à 15,344 bars
- Vitesse de rotation : 2935 tr /mn à 2970 tr/mn
- Température : 235°C à 367°C
- Fluide à étancher : Résidu atmosphérique, Gasoil, Résidus sous vide, Gasoil sous vide
- Viscosité : 0,34 cSt à 1,25 cSt

4.2.2 Type de garniture

En analysant tous les paramètres précédents affectant les performances d'une garniture mécanique, le choix du type peut être effectué.

La solution préconisée est la suivante :

- une **garniture interne**, qui présente un meilleur refroidissement et des fuites plus faibles ;
- une **garniture tournante**, du fait de la vitesse périphérique aux faces inférieure à 20 m/s ;
- une **garniture compensée** pour limiter l'influence de la pression sur les faces ;
- un **soufflet** pourra être sélectionné ; il assure en général trois fonctions : la force mécanique (élément ressort), l'entraînement en rotation de la face tournante et l'étanchéité secondaire.

En fonction des matériaux de construction, ces garnitures peuvent être utilisées à des températures élevées (**jusqu'à 500 °C**) et leur limite de pression se situe aux environs de **50 bars**.

4.3. Sélection du type de montage et d'exploitation des garnitures :

Le ΔT disponible dans la boîte à garniture, est la différence entre la température de vaporisation du liquide à la pression à étancher et sa température dans la boîte à garniture.

La pratique habituelle est de choisir un ΔT minimal de 5 à 10 °C.

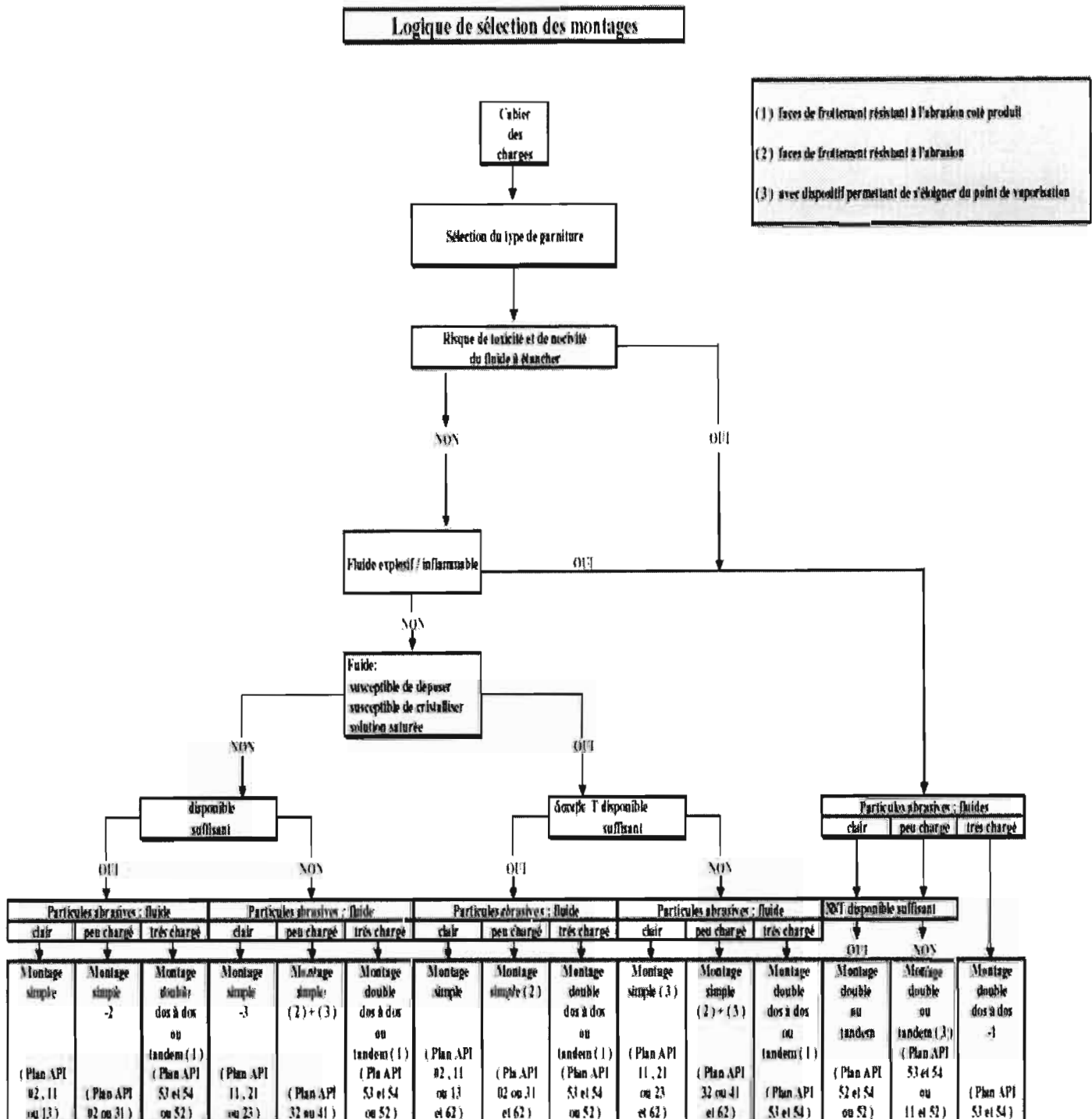


Figure 4-8 : Cheminement suivi pour la sélection d'un montage

En résumé nous pouvons donner un chemin suivi pour la sélection du type de montage

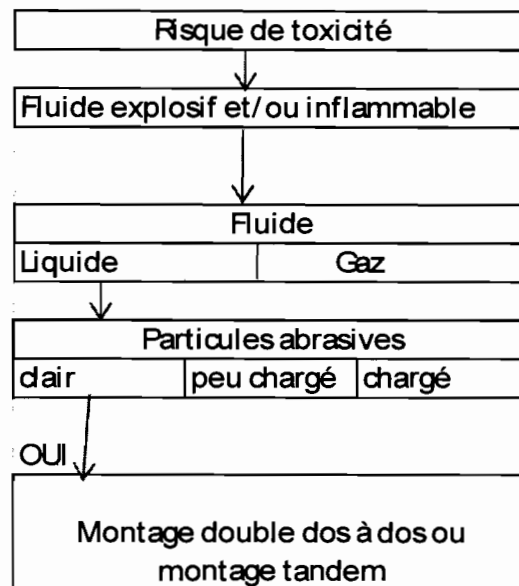


Figure 4-9 : Cheminement suivi pour la sélection du type de montage

Le cheminement suivi pour la sélection du type de montage nous conduit à un montage double dos à dos ou tandem.

4.3.1. Montage tandem

Il s'agit de deux garnitures mécaniques simples, montées l'une derrière l'autre. La garniture primaire étanche le produit à étancher, la garniture secondaire étanche un fluide auxiliaire (contenu dans un réservoir ou venant d'une source extérieure). La pression p_2 du fluide auxiliaire ne doit jamais être supérieure à la pression p_1 du produit au niveau de la garniture primaire (sauf dans certains cas particuliers d'applications).

L'un des buts est de limiter la pollution de l'atmosphère par le produit. En cas de défaillance de la garniture primaire, la garniture secondaire doit pouvoir la suppléer le temps d'intervenir sur le process.

API 610 : Plans 11 et 52

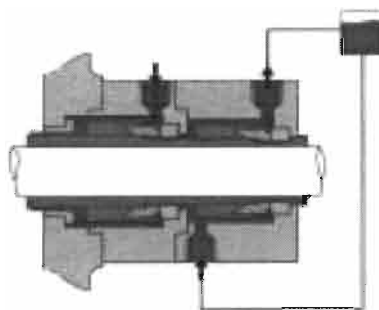


Figure 4-10 : Montage Tandem

Principe : ce montage permet :

- d'isoler le fluide à étancher de l'atmosphère, par un fluide auxiliaire de pression inférieure (généralement à la pression atmosphérique) ;
- d'avoir un liquide de barrage clair, propre, compatible avec le fluide à étancher et sans danger.

La circulation est adaptée aux conditions de fonctionnement (thermosiphon ou dispositif de pompage intégré).

Propriétés du fluide à étancher :

- dangereux au contact de l'atmosphère ;
- nécessitant une récupération des fuites ;
- ne tolérant pas de mélange avec un fluide extérieur. [3]

4.3.2. Montage double (dos à dos)

Montage double

Le produit à étancher est isolé de l'atmosphère par un liquide auxiliaire compatible avec celui-ci confiné entre deux garnitures mécaniques. La pression de ce liquide doit toujours être supérieure à la pression du produit à étancher aux conditions maximales éventuelles d'exploitation. Les garnitures étanchent alors le liquide auxiliaire. Il est évident que ce type de garniture mécanique est particulièrement recommandé pour étancher les produits dont aucune fuite n'est tolérée à l'atmosphère : produits nocifs polluants, radioactifs, corrosifs.

API 610 : Plans 53 ou 54 ; ISO 5199 : Codes 11 et 12

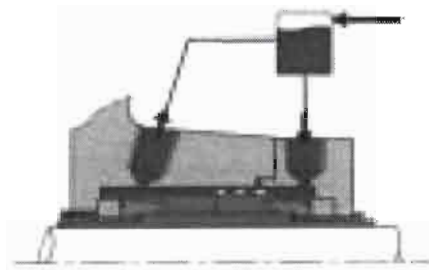


Figure 4-11 : Montage double dos à dos

Principe : ce montage permet d'isoler le fluide à étancher de l'atmosphère par un fluide auxiliaire compatible avec celui-ci et de pression supérieure (généralement 2 à 5 bar).

Ce fluide de barrage doit être propre, clair, compatible avec le fluide à étancher et sans danger.

La pressurisation est assurée par un dispositif extérieur (accumulateur, gaz comprimé).

La circulation est adaptée aux conditions de fonctionnement (circulation naturelle par thermosiphon, pompes extérieures, dispositif intégré, etc.).

Propriétés du fluide à étancher :

- dangereux au contact de l'atmosphère (corrosif, toxique ou explosif) ;
- proche de sa tension de vapeur ou gazeux ;
- fortement chargé. [3]

4.3.3. Dispositions constructives particulières : Ensemble cartouche

Ce dispositif est fréquemment utilisé pour faciliter l'installation des garnitures. Les parties rotatives et statiques de la garniture sont rendues solidaires par l'intermédiaire d'un dispositif liant la chemise et le chapeau spécialement prévu.

Lors du montage, l'utilisateur n'a pas à se soucier de la longueur de montage et des faces de frottement, cela a déjà été contrôlé par le fabricant.

Le montage se trouve ainsi facilité, plus rapide, avec moins de contrôles et par conséquent, plus fiable. Les montages cartouches existent en montages simples, doubles ou tandem. [2]

4.4. Facteurs agissant sur l'étanchéité :

4.4.1. Faces de frottement

En pratique, et dans de nombreux cas, les garnitures mécaniques peuvent fonctionner en frottement dit mixte c'est-à-dire que, malgré la présence d'un film lubrifiant, il peut y avoir ponctuellement et partiellement contact entre les matériaux des deux faces de frottement. Cette défaillance occasionnelle du film lubrifiant pouvant provoquer un fonctionnement à sec, partiel ou complet, il est primordial que les caractéristiques des matériaux utilisés offrent :

- une grande capacité à limiter les déformations issues des sollicitations mécaniques ou thermiques ;
- une aptitude à favoriser la formation et le maintien du film lubrifiant ;
- de bonnes caractéristiques tribologiques permettant de fonctionner sans usure excessive ou détérioration. [2]

4.4.2. Géométrie des faces de frottement

Entre autres paramètres, deux facteurs influent sur la qualité de l'étanchéité : la planéité des faces et la rugosité ; ces facteurs peuvent être modifiés en fonctionnement par des distorsions d'ordres mécanique et thermique.

Planéité : les faces de frottement doivent être planes afin d'assurer la stabilité du film interface, ce qui réduit les fuites du fluide à étancher.

Cette planéité est obtenue lors de la fabrication sur une machine à roder.

Distorsion d'ordre mécanique : les faces de frottement sont soumises à des pressions et vitesses engendrant des forces résultantes, pouvant créer des distorsions d'ordre mécanique et entraînant une perte de planéité. Il est donc important de concevoir des montages dans lesquels les efforts sur les faces de frottement s'équilibrent le mieux possible.

Il faut noter qu'une pression à étancher variable peut engendrer d'importants défauts d'étanchéité sur une face de frottement en service.

Distorsion d'ordre thermique : comme dans tout système mécanique avec frottement, la puissance mécanique consommée est transformée en chaleur. Cette chaleur est transférée au

milieu ambiant (faces, fluide à étancher, etc.), en fonction des caractéristiques thermiques et des surfaces d'échange des constituants. Par conséquent, le gradient de température engendré au niveau de l'interface est variable ; il en résulte une dilatation différentielle des faces de frottement entraînant une perte de planéité.

Le choix des matériaux (conductivité thermique, coefficient de dilatation, etc.) et l'efficacité des échanges thermiques revêtent donc une importance capitale afin de limiter ce gradient de température, donc la distorsion. [2]

4.4.3. Matériaux

Les matériaux constitutifs des faces de frottement sont choisis en fonction de leurs propriétés intrinsèques (résistance chimique, caractéristiques mécaniques et thermiques) et de leur aptitude à être appariés (lubrification et propriétés tribologiques).

La figure 4.8 ne nous ayant pas conduit à sélectionner des faces de frottement particulières, le choix se portera en utilisant le tableau 4-4, sur un couple de frottement type **carbure de silicium** ou **carbure de tungstène** présentant de très bonnes qualités de frottement et une bonne conductivité thermique.

COUPLES DE FRICTION LES PLUS UTILISES	
POUR PRODUITS A ETANCHER CLAIRS OU PEU CHARGES :	
1.	Carbure de silicium (U3) / carbone liant résine (B) ou métallique (A)
2.	Carbure de tungstène (U2) / carbone liant résine (B) ou métallique (A)
3.	Oxyde d'alumine (V) / carbone liant résine (B) ou métallique (A)
4.	Oxyde d'alumine (V) / PTFE chargé (Y1)
5.	Fonte (S2) / carbone liant résine (B)
6.	Bronze (N) / carbone liant résine (B)
7.	Bronze (N) / acier traité (E5)
POUR PRODUITS A ETANCHER CHARGES, CRISTALLISANTS OU VISQUEUX :	
1.	Carbure de silicium (U3) / carbure de silicium (U3)
2.	Carbure de silicium (U3) / carbure de tungstène (U1 ou U2)
3.	Carbure de tungstène (U1 ou U2) / carbure de tungstène (U1 ou U2)

Tableau 4- 4 : Couple de friction les plus utilisés**4.4.4. Etanchéité secondaire**

Dans la garniture mécanique, l'étanchéité secondaire est réalisée par soufflet métallique. Il assure en général trois fonctions : la force mécanique (élément ressort), l'entraînement en rotation de la face tournante et l'étanchéité secondaire.

En fonction des matériaux de construction, ces garnitures peuvent être utilisées à des températures élevées (**jusqu'à 500 °C**) et leur limite de pression se situe aux environs de **50 bars**.

4.5. Garniture proposée

D'après les résultats du dimensionnement et les plages de valeurs obtenues notre choix se porte sur le catalogue de John Crane des garnitures mécaniques pour le raffinage du pétrole :

Le Type 609 incorpore toutes les caractéristiques robustes mais est destiné pour des applications exigeantes où un sérieux, une haute force, en faisant tourner le soufflet est préféré.

Un design de coupe transversale étroit permet au Type 609 d'aller dans les pompes les plus populaires sans modifications.

Cela le fait le soufflet idéal pour le transfert de chaleur, l'hydrocarbure et d'autres applications qu'utilisent communément des pompes avec les déblayages de chambre de sceau limités.

Le Design Présente l'ÉPAISSEUR DOUBLE pour les Applications de Haute pression les sceaux de Série de Haute température de John Crane viennent aussi avec le soufflet d'ÉPAISSEUR DOUBLE pour les applications de haute pression.

L'API 682 Autorisé la Série De-température-basse et De-température-haute les Sceaux de Soufflet de Sealol sont complètement autorisés et se plient à toute l'API 682 exigences de design techniques.

Caractéristiques de Conception

température -75°C à +425°C / -100°F à +800°F avec le Graphite Flexible
l'emballage statique

Le Vide de pression à 25 bar / 360 Vide psi à 69 bar / 1,000 psi avec le soufflet
d'ÉPAISSEUR DOUBLE (voir la courbe d'Estimations de Pression
Fondamentale sur le drap de Spécification de Produit)

Vitesse jusqu'à 25 m/s / 5,000 fpm pour les Types 609



Figure 4-12 : Garniture proposée

4.6. Impact de la standardisation

4.6.1. Plan Economique

La standardisation des garnitures mécaniques offre de nombreux avantages dont :

- Réduire les couts de maintenance
- Rester en conformité avec les nouvelles spécifications (ATEX, API 610, API 682 ...)
- Réduire les couts de stockage

- Disposer d'un même fournisseur
- Promouvoir l'interchangeabilité des garnitures de pompes différentes

Pompe	Type de garniture	Prix moyen pondéré garniture (FCFA)
G102A/B	Garniture à soufflet métallique	1.746.557
G103N	Garniture à soufflet métallique	1.495.073
G143	Garniture à joint coulissant	1.495.073
G146A et G146B	Garniture à soufflet métallique	
	Faces de friction	2.549.138
	Soufflet	1.867.975

Tableau 4- 5 : Prix des Garnitures présentes sur les pompes

4.6.2. Plan Sécuritaire

La standardisation nous offre des avantages sur le plan sécuritaire au niveau de la

- Production : on dispose d'une même garniture pour un ensemble de pompe donc en cas de panne on est à l'abri d'une rupture de stock.
- Sécurité-incendie : le type de montage proposé anéanti les risques de fuite de produit au niveau de la garniture en fonctionnement normal. Etant donné que les pompes de la S.A.R. véhiculent des produits pétroliers donc souvent explosifs ; la standardisation offre des avantages.

4.6.3. Plan Environnemental

De nos jours, l'aspect environnemental est un point très important qui est pris en compte par toutes les entreprises. Etant donné que toutes les dispositions ont été prises lors du choix du type de montage, on peut assurer que la standardisation offre un meilleur respect de l'environnement en empêchant la prolifération de produit toxique au sein de la raffinerie.

CONCLUSION

Mon travail a porté sur : « Le dysfonctionnement des pompes, Planning de maintenance préventive et la standardisation des garnitures mécaniques »

Ainsi j'ai pu faire la classification des pannes rencontrées au niveau des pompes dans les diverses unités de janvier 2007 à mai 2009 afin de constituer la liste des pièces critiques et d'élaborer un diagramme des pannes.

Ensuite j'ai proposé un planning de maintenance préventive concernant l'entretien, l'analyse vibratoire, le graissage des paliers et des accouplements et le changement des filtres.

Pour la standardisation des garnitures mécaniques j'ai pu dimensionner une garniture standard pour une gamme de pompes et proposer à partir des spécifications obtenues un type de garniture mécanique répondant aux caractéristiques techniques, sécuritaires et environnementales.

Cette étude nous a menés à des résultats satisfaisants car il nous a permis de dimensionner et de choisir une même garniture pour 5 pompes différentes. L'application de cette standardisation sera d'un apport très important sur la gestion des pièces de rechange car elle permet de réduire les coûts d'immobilisation. Cependant sa mise en œuvre demandera des modifications importantes.

L'étude faite pourra être affinée pour déterminer les coûts de standardisation de la garniture comparés aux coûts d'immobilisation des garnitures pour mieux apprécier le gain réalisé et l'amélioration de la productivité.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Politique de surveillance des machines tournantes à la S.A.R.

[2] BM 5 425 – Garnitures mécaniques. Technologie ; par *l'Association française de la Mécanique de haute précision (AFMHP)*

Commission technique « Garnitures mécaniques » composée des sociétés :

Burgmann France, Chesterton, Cyclam, John Crane France, Latty International

[3] BM 5 426 – Garnitures mécaniques. Montage et maintenance ; par *l'Association française de la Mécanique de haute précision (AFMHP)*

Commission technique « Garnitures mécaniques » composée des sociétés :

Burgmann France, Chesterton, Cyclam, John Crane France, Latty International

[4] Pratique de la maintenance préventive. Jean Hég, Édition DUNOD

[5] Garniture 1, formation sur les garnitures mécaniques

WEBLIOGRAPHIE

<http://site.voila.fr/etrofreelance/produits.htm>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Raffinage_du_p%C3%A9trole

http://www.johncrane.co.uk/Prod_ProdPage_Layout.asp?r=fr&l=fr&objectItemID=59&element=Prod_ProdPage_Seals_1#

<http://www.waterconcept.fr/indicateur-colmatage-3-couleurs-carter-3g-sl-p-217.html>

<http://www.chevrierinstruments.com/Francais/Pdf/Cat-res/7.pdf>

<http://www.johncrane.co.uk/productfinder.asp?r=fr&l=fr>

<http://www.set-ets.com/thermoexp.htm>

RECOMMANDATIONS

Etant donné la vétusté des pompes ; cette étude ne pourrait être rentable à 100% que si on rénoverait le parc matériel. Cela ne sert à rien d'installer des garnitures mécaniques doubles surdimensionnées sur des pompes qui ont perdu leur capacité originelle. De même l'analyse vibratoire ainsi que beaucoup d'opérations de maintenance préventive ne seront pas totalement réussies.

Le département de mécanique devrait disposer d'une base de données permettant de disposer d'un fichier informatisé de toutes les pompes du process ainsi que de leurs caractéristiques. Ceci permettrait d'avoir un accès rapide à la documentation des pompes lors des pannes.

La logique de sélection du type de montage nous conduit à un montage double dos à dos ou d'un montage tandem. Etant donné la présence en grande partie de garnitures mécaniques avec un montage simple à la S.A.R. nous proposons de les changer car cela peut poser des problèmes d'exploitations et de sécurité.

Le nombre de mécaniciens étant très limité pour la maintenance de ce très grand nombre d'équipements, nous recommandons de les augmenter.

L'analyse vibratoire étant maîtrisée par un nombre restreint de mécaniciens, il est nécessaire de faire des formations pour assurer la faisabilité en continu.

On recommande pour l'entretien préventif des filtres au lieu de procéder à un remplacement systématique des filtres tous les 6 mois, l'installation d'appareils pour la détection de l'encrassement d'un filtre tel que l'indicateur de colmatage ou le manomètre différentiel (voir leur fonctionnement en annexe). Ainsi toutes les 500 heures (environ tous les 20 jours) de fonctionnement la vérification de l'encrassement des filtres se fera par la lecture et dès qu'il y a un encrassement on procède au changement.



Figure 4-13 : Indicateur de colmatage

(3 couleurs Réf. : 000005 **79.00EUR**)

En plus des appareils de lignage laser et d'analyse vibratoire, on recommande la thermographie infrarouge dans le but d'améliorer la maintenance préventive. Pour estimer l'état de santé d'une installation, et prévenir les risques (incendie, arrêt de production, etc...), il y a nécessité de voir et de mesurer : la thermographie (caméra thermique et thermographe) permet d'assurer cette analyse quand l'état de santé est corrélé avec les températures, c'est à dire très souvent, en électricité, en électromécanique, en thermique, en mécanique.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1: Pannes rencontrées dans les unités de janvier 2007 à mai 2009
Unités 100 =Distillation
2007

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
25 janvier	G141A	Point dur sur la pompe	-Roulements grippés -Changement des roulements avant et arrière
20 février	G106N	Circuit de refroidissement du plateau de la pompe usé	-Dépose pompe pour débouchage
23 février	G106N	Plateau bouché (Circuit de refroidissement)	-Dépose pompe pour débouchage du plateau et changement de la garniture mécanique -Lignage au laser
09 mars	G143A	Fuite sur garniture mécanique	Changement garniture et lignage au laser
12 mars	G101NA	Fuite sur garniture mécanique coté arrière	-Dépose du palier puis du chapeau de la chemise et de la garniture. -Vérification des rayures sur la chemise -Changement de la chemise et de la garniture complète -Remontage de l'ensemble puis essai.
25 mars	G102A	Fuite sur garniture	

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
		mécanique	
25 mars	G146A	Fuite sur garniture mécanique	/
26 mars	G102A	Fuite sur garniture mécanique	/
28 mars	G143A	Non-conformité de la garniture	-Dépose pompe pour changement de la garniture
30 mars	G143B	Fuite sur garniture mécanique	-Dépose pompe pour changement de la garniture suivi du lignage au laser
02 avril	G120A	Mesures vibratoires sur paliers moteur et pompe (en alarme)	-Changement de l'accouplement dont usure denture -Mesures vibratoires refaites et Ok
17 avril	G145	Blocage pompe	-Démontage pour vérification : roulements usés -Remplacement des roulements ainsi que de la garniture mécanique
17 avril	G102B	Bruit anormal sur le palier arrière du moteur électrique	/
24 avril	G146A	Fuite sur garniture mécanique	/
10 à 11 mai	G102NA	Fuite sur garniture mécanique	/
11 au 21 mai	G141A	Ne débite pas	-Dépose pompe, démontage et constat : rotor coté accouplement complètement libre dans l'arbre, arbre usé, distributeurs usés -Remplacement de l'arbre d'entraînement ; des rotors qui sont

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
			un peu rectifiés ainsi que des distributeurs -Remplacement des 2 garnitures principales -Assemblage et essai : Ok
11 mai	G143A	Vibration excessif du moteur électrique	/
15 mai	G125	Pompe désaccouplée	Remplacement du flector d'accouplement
18 juin	G122	Manomètre de pression d'huile défectueux	Changer le manomètre
22 juin	G102NA	Blocage à l'entraînement	-Vérification : beaucoup d'huile dans le carter d'huile soit 1,5l d'où le blocage. -Dépose pompe pour remplacement des roulements avant et arrière -Pose et alignement ; essai : Ok
22 juin	G141NA	Vibrations anormales avec fuite sur garniture à tresses	-Changement de bagues en bronze de guidage en rotation de l'arbre -Changement d'un palier -Changement des tresses -Essai et Ok
26 juin	G107A	Légère fuite sur garniture mécanique	Changer la garniture
26 juin	G105	Début de fuite sur garniture mécanique	Changer la garniture

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
04 juillet	G107A	Début de fuite sur garniture mécanique	/
04 juillet	G105	Début de fuite sur garniture mécanique	/
01 aout	G145	Pompe désaccouplée	- Vérification et remplacement accouplement coté moteur usé
16 aout	G145	-Balourd constaté	-Reprise de l'accouplement avec rainure de clavette -Reprise du lignage
31 aout	G145	Mélange eau-huile	Vidange et vérification
08 octobre	G125	Pompe désaccouplée	Remplacement du flector d'accouplement
03 novembre	G107B	Moteur électrique bloqué Fuite sur garniture mécanique	-Remise en état du moteur -Remplacement de la garniture mécanique -Mise en route et Mesures vibratoires sur palier moteur.
22 novembre	G145	Fuite sur garniture mécanique	/

2008

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
02 janvier	G102B	Mélange eau-huile	/
5 mai	G141B	Blocage pompe	-Dépose pompe ; à l'ouverture on constate que c'est un écrou qui a

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
			coincé un des rotors en causant une déformation sur une aube. -Changement du rotor endommagé et des garnitures mécaniques. -Assemblages ; pose ; lignage -Essai : ok
10 mai	G141 A	Bruit anormal coté pompe	-Démontage palier coté nord (roulements endommagés) -changement des roulements ; réglages et redémarrage (ok)
14 mai	G120B	Bruit anormal	-Dépose pompe, démontage et vérification (roulement coté commande complètement usé ; tôle de protection cage cassée, billes tombées) -Remplacement des roulements de paliers -Remontage de l'ensemble -Repose, lignage -Essai (ok)
25 juin	G146A	Vibrations anormales	-Lames d'accouplements cassées ; démontage puis changement accouplements
22 juillet	G143A	Légère fuite sur garniture mécanique	/
04 aout	G145	Fuite sur bride corps de pompe	/
05 septembre	G141B	Blocage pompe	-Dépose pompe ; roulement abimés ; portées roulements sur

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
			arbre usées ; usure portée garniture sur les bols et les rotors. -Changement bols ; rotors ; remplissage et ré usinage des portées de roulements sur l'arbre .Changement des roulements et garnitures mécaniques. -Pose ; lignage et démarrage : ok.
08 octobre	G143A	Fuite sur garnitures mécaniques	-Dépose pompe et changement pièces suivantes : jeu de joints ; friction (jeu de) garnitures ; joint de grain. -Lignage
18 octobre	G101NA	Moteur électrique grillé	-Confection de nouveaux supports et remplacement avec celui de la G503C -Lignage -Changement garnitures et roulements coté sud
19 octobre	G108N	Fuite sur Garnitures Doubles	changement des pièces suivantes : Garnitures Mécaniques ; jeu de joints ; Inducteur ; Filtre à huile.

2009

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
16 janvier	G105	Fuite sur garniture mécanique	/

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
19 janvier	G105	Fuite sur Garniture Mécanique	-Dépose pompe et changement des pièces suivantes : joint de chapeau ; joint de grain fixe ; joint de chemise ; joint de coupelle ; joint de corps ; coupelle et grain fixe. -Assemblage ; pose ; lignage et essai.
14 mars	G102NB	Ligne de refroidissement bouché	Débouchage de la ligne de refroidissement de la vapeur au niveau de la garniture.
20 avril	G102	Fuite sur Garniture Mécanique Refroidissement bouché	/
18 mai	G141B	Bruit anormal	Dépose palier avant de la pompe Remplacement du roulement et graissage Lignage Moteur et Pompe.

Unités 200=Reforming

2007

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
02 avril	G201B	-Bruit anormal -Vibration anormal	-Dépose pompe et changement des pignons d'entrée et intermédiaire -Changement des garnitures

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
			mécaniques
04 avril	G261B	-Fuite sur Garniture Mécanique	/
05 avril	G201NB	Echauffement et vibrations anormales de la pompe	-Dépose pompe pour révision : pignon d'entrée et intermédiaire cassé au niveau des dents -Changement des pignons ; des garnitures mécaniques ; de la pompe à huile ; des bagues en bronze et de l'accouplement
13 avril	G201NB	Roulements cassés	-Dépose pompe -Changement roulements (arbre intermédiaire) et pignons et joints toriques -Assemblage, pose et démarrage
10 mai	G241B	-Bruit sur moteur électrique	-Dépose pompe pour changement de la garniture mécanique ; de la douille de laminage et des joints. -Remplacement du grain tournant.
17 mai	G201B	-Fuite sur Garniture Mécanique	/
10 décembre	G205	Mélange eau-huile	/

2008

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
25 septembre	G241A	Fuite sur	-Dépose pompe ; démontage et

		Garniture Mécanique	remplacement ensemble du jeu de garnitures. -Remontage ; pose ; lignage et essai.
--	--	------------------------	--

Unités 300=Utilités

2007

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
03 janvier	G341B	-Fuite sur garniture mécanique -Baisse pression huile -Température huile élevée	Révision générale
16 au 18 juillet	G343CD	-Fuite d'huile ; moteur très chaud	-Dépose ; remplacement de la vis sans fin usée ; du roulement cassé et de la bague d'étanchéité -Mise en place et essai
27 au 30 juillet	G305B	-Echauffement corps de pompe -Mesures vibratoires élevées	-Vérification : Echauffement et fil d'alimentation moteur cramé d'où la transmission de la chaleur aux paliers de la pompe -Remplacement de la garniture mécanique
27 décembre	G342A	-Bruit anormal	Changement des ressorts

		-Léger point dur du coté moteur électrique	graissage du palier avant du moteur électrique
--	--	--	--

2008

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
08 avril	G343CD	Pompe ne débite pas	-Démontage de tous les clapets anti retour pompes C et D (aspiration et refoulement) -Nettoyage ; soufflage à l'air comprimé -Vérification membrane ou diaphragme ainsi que les plaques coté huile et eau -Remontage de l'ensemble après essai étanchéité clapets -Essai de mise en marche : ok
08 avril	G343AB	Pompe ne débite pas	-Démontage de tous les clapets anti retour des 2 cotés -Vérification de l'arbre : saleté -Nettoyage, soufflage à l'air comprimé -Essai épreuve étanchéité -Remontage et essai : Ok
22 décembre	G305B	Fuite sur garniture mécanique	-Dépose pompe ; diminution du diamètre extérieur de l'impulseur -Rodage des grains de la

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
			garniture mécanique -assemblage ; montage et lignage -essai : ok

2009

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
19 janvier	G305B	Fuite sur Garniture Mécanique	/
05 février	G305B	Fuite sur Garniture Mécanique	Remplacement de la garniture complète sauf la chemise et des roulements avant-arrière
11 mai	G 201A	Vibrations anormales	/

Unités 400=Stockage Pétrole brute**2007**

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
25 avril	G401NB	Bruit palier coté pompe Vibration en marche	Remplacement roulement palier coté pompe
03 mai	G401N	Fuite sur Garniture Mécanique Usure des paliers	/
01 juin	G402	Roulements de guidage arbre pompe	-Changement des roulements

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
		endommagés	-Changement impulseur ; tresses ; rondelles frein ; -Assemblage ; pose ; accouplage et lignage -Essai : ok
29 au 31 aout	G401N	Vibrations très importantes sur la pompe -Paliers croisillons usés et cassés ; des bagues ou coussinets usés Toutes les chemises d'arbres usés	-Dépose pompe, démontage pour vérification -Remplacement du coussinet de fond -Confection des bagues en bronze et frettage sur les paliers croisillons en fonction des chemises d'arbre dressées -Changement des 2 arbres intermédiaires -Remontage de l'ensemble et Essai : Ok
18 décembre	G401N	Fuite sur Garniture Mécanique	-Dépose pompe, puis changement de tous les paliers en bronze -Remplacement des garnitures mécaniques -Assemblage et remontage

2008

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
29 septembre	G401NA	Un arbre intermédiaire cassé	-Dépose pompe et changement des pièces défectueuses : un jeu de cercle male, un jeu de cercle femelle ,4 chemises d'arbre, 4 coussinets en céleron, confection d'un coussinet en bronze, d'un arbre intermédiaire et d'un arbre supérieur.
09 octobre	G401N	Fuite sur Garniture Mécanique	-Dépose pompe et démontage boîte à garniture mécanique -Remplacement des composants : coupelle, grain fixe, joint de coupelle, joint de chemise. -Remontage de la boîte à garniture mécanique puis nettoyage de la crépine.

2009

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
05 janvier	G401N	Fuite sur Garniture Mécanique	-Dépose pompe après désaccouplement puis du spacer puis la boîte à garniture mécanique. -Remplacement des composants : coupelle, grain fixe, joint de grain

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
			fixe, joint de chemise par contre le ressort, la chemise et le joint de coupelle ont été conservés par manque de pièces de rechange. -Nettoyage puis remontage de l'ensemble et essai
9 février	G401NA	Chemise de tête usé 2 manchons détériorés Arbre impulseur détérioré	Remplacement des chemises, des arbres intermédiaires et des deux manchons.
16 février	G401N	Fuite sur Garniture Mécanique	/
19 février	G404	Bruit anormal au niveau des roulements	/
24 mars	G404	Bruit anormal sur palier du au roulement usé	Changement roulements

Unités 500= Stockage Produit fini

2007

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
12 au 13 avril	G501NB	Moteur désaccouplé de la pompe	-Vérification arbre de sortie : multiplicateur cassé

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
			-Roulement coté sortie mouvement usé et complètement noirci donc échauffement par manque d'huile -Démontage du pignon de sortie : confection d'un autre arbre ; remplacement des roulements et du joint à lèvres -Remontage de l'ensemble -Reprise du lignage -Essai de mise en marche : Ok
07 mai	G510	Fuite sur Garniture mécanique	/
27 septembre au 03 octobre	G504A	Fuite sur Garniture mécanique	/
03 octobre	G501NA	Moteur grillé	Remplacement du moteur Changement des accouplements Lignage

2008

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
16 mai	G501A	Moteur bloqué (désaccouplés)	Remplacement par un autre moteur ; accouplement et lignage
21 mai	G501NB Poyaud	Pompe à injection avance dérégulée	-reprise du réglage de l'avance de l'injection
18 juin	G510	Fuite sur Garniture	-Dépose pompe, puis démontage

○

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
		Mécanique	des garnitures mécaniques : on constate une usure très prononcée de la coupelle et du grain fixe et un jeu radiale sur les paliers de corps de pompe. -Remplacement du joint de corps, joint de chemise, ressort, coupelle, joint de coupelle, grain, joint de grain, joint de chapeau -Remontage de l'ensemble -Pose, lignage -Essai (ok)
07 au 09 juillet	G503A	Fuite sur Garniture Mécanique	-Dépose pompe, nettoyage puis démontage des garnitures mécaniques -Remplacement des garnitures complètes -Remontage de l'ensemble -Repose, lignage -Essai (ok)
18 au 19 juillet	G503A	Fuite sur Garniture Mécanique	-Dépose pompe : on constate que l'écrou de blocage du roulement coté accouplement était desserré -Remplacement de l'écrou et sa rondelle frein -Repose -Essai (ok)
10 septembre	G503A	Fuite sur Garniture	-Dépose pompe : on constate

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
		Mécanique	que l'arbre de la pompe est usé sur les portées de roulements ; -Changement de cet arbre et assemblage -Essai (ok)
09 au 12 septembre	G504B	Fuite sur Garniture Mécanique	-Dépose pompe et démontage -Remplacement des roulements coté pompe -Remplacement de la garniture complète -Remontage de l'ensemble ; remplissage huile ; pose ; lignage et essai.
23 septembre	G503B	Fuite sur Garniture Mécanique	-Dépose pompe : on constate que l'arbre de la pompe est usé sur les portées de roulements ; filetage abimé coté écrou de blocage roulement coté accouplement -Changement arbre pompe et des roulements -Essai (ok)
21 novembre	G501NB	Multiplicateur : arbre de sortie cassé	-Dépose et démontage des pièces ; arbre de sortie cassé a été confectionné
15 décembre	G501NB	L'huile du multiplicateur très noir avec des limailles	Vidange total de l'huile

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
		de fer : usure des roulements ou de l'engrenage	
18 décembre	G510	Fuite sur Garniture Mécanique	-Dépose pompe et changement des pièces : joint de corps, joint de chemise, ressort, coupelle, joint de coupelle, grain, joint de grain, joint de chapeau -Assemblage ; pose ; lignage et essai.

2009

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
27 mars	G501A	Fuite sur Garniture Mécanique des 2 cotés	-Dépose des paliers des deux cotés -Dépose des chapeaux et garnitures complètes -Nettoyage de l'ensemble de la pompe -Remplacement des pièces usées et remontage de l'ensemble -Accouplement moteur-pompe -Remplissage d'huile des deux cotés
21 au 23 avril	G504A	Fuite sur Garniture Mécanique	/
27 au 28 avril	G503A	Fuite sur Garniture Mécanique	/

Unités 800= Mérox**2007**

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
27 juin	G807	Vibration et déflecteur desserré	/
14 aout	G807	Vibrations importantes	Remplacement des brides d'accouplement

2009

Date	Pompes	Anomalies constatés	Actions
20 avril	G806	Déflecteur desserré	/

Annexe 2 : Gamme d'intervention sur une pompe

Travaux préliminaires

Consignation électrique.

Pose de joints pleins de sécurité.

Déposer les tuyauteries d'arrosage de la garniture ou PE.

Désaccoupler et déposer la manchette. (Prendre la D.E.B.A.=Distance Entre Bouts d'Arbres)

Nettoyer l'accouplement.

Relever les valeurs de lignage.

Déposer l'ensemble corps de palier ; couvercle ; mobile.

Transport en atelier.

Travaux sur site

Nettoyer le corps de pompe.

Inspecter le corps.

Contrôler les cotes de la bague d'usure.

Remplacer la bague d'usure si nécessaire.

Travaux d'Atelier

Déposer l'impulseur.

Démonter l'ensemble couvercle ; mobile.

Déposer la garniture.

Déposer la chemise.

Déposer l'arbre.

Déposer les roulements.

Nettoyer les pièces.

Contrôler les jeux aux bagues, le faux rond de l'arbre et les cotes d'ajustement des roulements.

Contrôle de la garniture d'étanchéité.

Remettre en état ou remplacer les pièces défectueuses.

Remonter le mobile avec chemise et tourteau d'accouplement.

Transport du mobile équipé pour un équilibrage.

Equilibrage du mobile.

Remonter l'ensemble avec joints et roulements neufs.

Travaux sur site

Transport sur le site.

Remonter l'ensemble corps de palier ; couvercle ; mobile ; garniture mécanique dans le corps de pompe avec un joint neuf.

Effectuer un lignage laser.

Contrôle avant mise en service

Circuit d'eau

Rechercher les fuites.

S'assurer de la bonne circulation.

Huile

Contrôler les niveaux.

Refaire le niveau.

Rechercher les fuites éventuelles.

Mise en service

Déposer les joints pleins de sécurité.

Déconsigner le moteur.

Assister aux essais.

Faire une prise de mesure de vibration.

Compte rendu d'intervention

Remettre un C.R.I. au responsable de la préparation.

Le C.R.I. devra indiquer les jeux, les détériorations, les anomalies.

Annexe 3 : Détection de l'encrassement d'un filtre

Indicateur de colmatage

La pression nécessaire pour traverser un filtre augmente au fur et à mesure de l'encrassement de celui-ci. Un clapet est placé en dérivation de la circulation de l'huile à travers l'élément filtrant. Le déplacement du clapet, fonction de l'augmentation de pression, entraîne la rotation de l'aiguille indicatrice. Lorsque l'encrassement est important, le filtre est court-circuité et le plein débit passe au travers du clapet (figure 6.9)

Le cadran d'indication se présente en trois zones :

- vert : bon
- orange : alerte
- rouge : à remplacer

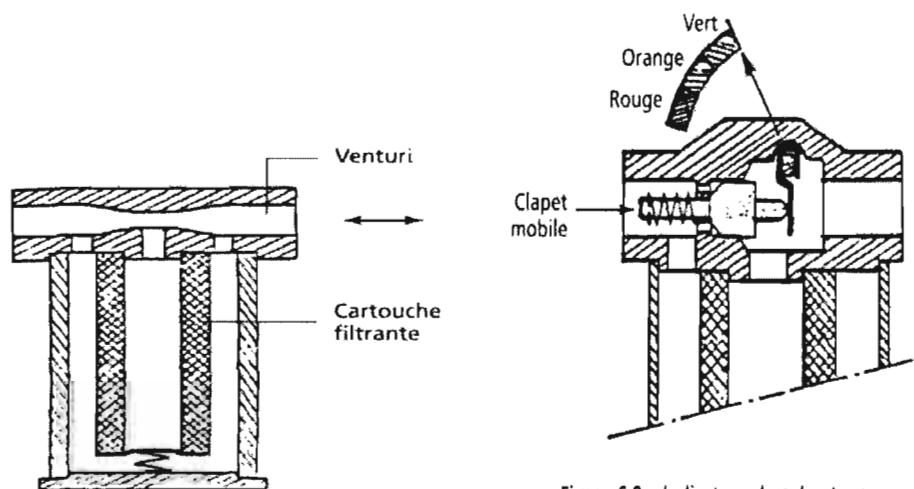


Figure 6.9 - Indicateur de colmatage.

Manomètre différentiel

Il indique la différence entre les pressions d'entrée et de sortie du filtre (figure 6.10)

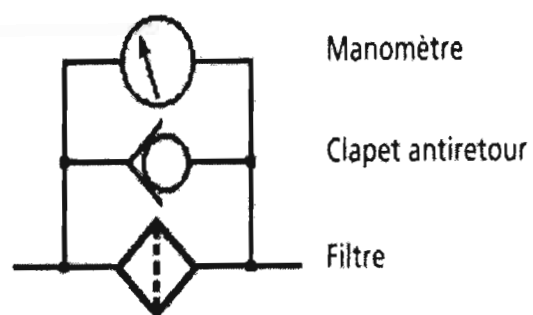


Figure 6.10 – Manomètre différentiel.

Pompe G103

THIS DATA IS THE PROPERTY OF HEURTEY INDUSTRIES AND SHALL NOT BE REPRODUCED IN ANY MANNER, OR USED FOR ANY PURPOSE WHATSOEVER, EXCEPT BY OUR WRITTEN PERMISSION.

EST LA PROPRIÉTÉ DE HEURTEY INDUSTRIES. NE COMMUNIQUEZ, COPIÉ OU DÉ, QUE SANS NOTRE AUTORISATION ÉCRITE.

CE DOCUMENT N'EST À TITRE CONFIDENTIEL. IL NE DOIT ÊTRE DONNÉ À PERSONNE, NI COMMUNIQUÉ, COPIÉ OU DÉ, QUE SANS NOTRE AUTORISATION ÉCRITE.

REV. 04/73

1 FOURNISSEUR: **ENSIVAL France**

2 TYPE ET MODÈLE: **PRL-100-28**

3 SERVICE: **Reflex circulant super. de distillat. alu.**

4 ENTRAÎNEMENT: **Pompe principale: Moteur électrique.**

REPERE: **G103N** N° **1**

INSTALLATION: INT ☐ EXT. ☐

INTERMITTENT: ☐ **TINU** ☒

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT				PERFORMANCES			
6	Liquide pompé: Gas-oil	Debit norm. à T. On = 106,6 m ³ /h	Courbe proposée N°: 144.23.1410				
7	Temp. norm. T: 235 °C max	Debit calc. à T. Oc = 133,6 m ³ /h	NPSH requis (eau) 0,3 m liq.				
8	Masse volumique à T: 612 kg/m ³	Pression Refl à Qc: 8,41 bar abs	Nb de stages: 1 vit. 2935 U/min				
9	Tension de vapeur à T: 4,18 bar abs	Pression d'aspiration: 4,96 bar abs	Rend. 92 % Puis. Abs. Qc: 18,5 kW				
10	Viscosité à T: 0,34 cSt	Pr. diff. à Qc: 3,45 bar 57,5 m liq.	Puis. max imp. choisi: 25 kW				
11	Corrosion, érosion due à:	NPSH disponible >8 m liq.	H diff max: 64 m liq.				
12			Debit min en service continu 25 m ³ /h				

CONSTRUCTION				CIRCUITS AUX. PAR CONSTRUCTEUR			
14	Corps genre: Patte dans l'axe ☒ Pieds sous volute ☐ Console ☐ Vertical ☐	Sens de rot. (vu de l'acc.) CW ☐ CCW ☐					
15	Joint de corps: longitudinal ☐ radial ☐	PD: 0,3 kg/m ²					
16	Type de volute: simple ☐ double ☐ diffuseur ☐	Debit total eau relit. 0,3 m ³ /h					
17	Orifices taraudés: event ☒ purge ☒ prise mano ☐	Debit total vapeur 5 kg/h					
18	BRIDES	DIAMETRES	SERIE	SURFAÇAGE	ORIENTATION	EAU	VAPEUR
19	ASPIRATION (a)	63-68 (u)	ASR. 300 #	RF. Stock finish	Horizontale		
20	REFOUL. (b)	63-68 (u)	ASR. 300 #	RF. Stock finish	Verticale		
21	Impulseur	Diam. mini 208 choix 223 maxi 218	Type: Ferme				
22	Montage: en porte à faux ☒ entre paliers ☐ Jeux entre bagues d'usure (3) mm						
23	Type de paliers: billes porteur 63-11	de bytes: 2x7311-86					
24	Poussée sur l'arbre: vers moteur Non kg sens oppose Non kg						
25	Graissage: Par barbotage ☒ Palier adapté pour brouillard d'huile avec emplacement de l'accéléromètre						
26	Accoupl. Flexident JT21 avec accouplement protecteur ☒ anti-éclaboussure						
27	Orni accoupl. moteur monte par châssis pompe const. moteur turb ☐ autres ☐						
28							
29	Garniture mécanique: "FLEXIBOX" ARCB.56 Code API (1): BSTGJ (10)						
30	Socle fourni par constr.: oui ☐ non ☒ commun ☐ à récupération d'égoutures						
31	avec vis verins pour dégoussage						

MATÉRIAUX		Moteur électrique par fourniture: HF	
32	Corps ext. couvercle: A. 216. W.C.B	Reperé: GM. 103. N monte par: pompe	
33	Lanterne paliers	kW: 22 U/min: 2935	
34	Parties internes fixes	Fixation: à pattes ☒ à brides ☐	
35	Impulseur	Entraînement: direct ☒ autres ☐	
36	Bag. d'usure de corps: Z. 20. C. 13. M	Voir fiche moteur: 10. PS. 315. Folie 6	
37	Bag. d'usure de corps: Z. 12. C. 13. M		
38	Bag. d'usure d'impulseur: Z. 30. C. 13. M		
39	Arbre: 9151-431	Repère: ☒ monte par ☐	
40	Chemise: 9151-316	kW: ☐	
41	Pignon d'entraînement: F20.565	Entraînement: direct ☐ autres ☐	
42	Matériaux suivant code API (1): S6	Voir fiche turbine	

FLUIDES D'UTILITÉ: Spéc. n°: 00. AS. 102			
43	Eau de refroidissement:	Vapeur: saturée ☐ surchauffée ☐	
44	Pression: bar disp. bar abs.		
45	Température: °C AT °C 20m.		
46	Température: °C AT °C 20m.		
47	Énumération des dérogations à la spec. générale: voir spécification complémentaire pour pompes centrifuges		
48	n° 00. AS. 102.		
49	(2): Puis. abs. pour poids spécifique de 1: 30,16 kW.		
50	(3): NPSH requis au point de rendement maximum (eau): 3,20 m liq.		
51	(4): avec tuyauteries et vannes: Tuyauteries en schedule 160 Vannes suivant schéma 8.03		
52	(5): classe de tuyauteries: 8.03 (6): Tuyauteries de refroidissement: 8.06		
53	(7): Tuyauteries vapeur de quench: 8.01 (8): débit minimum: 57,7 m³/h.		
54	(9): Selon règle E.F. de la R.G. 15.01 - 64.4, soit: 0,5 mm (partie tournante + 155 mm)		
55	(10): Même disposition en exploitation plus circulation d'eau par le quench.		
56	Contraintes de montage: à respecter sur tube API classe 8.03 - 6" sur 860 et 4" sur 861 (norme)		

CLASSE			
4	100 g pour 100 g	2.05.22	24123
3	Mise à jour	14.12.84	66506
2	Mise à jour suivant constructeur relance	11.84	66506
1	Modification: -ΔH-	9.81	94123
0	Etablissement		

HEURTEY INDUSTRIES		FICHE DE DONNÉES POUR POMPE CENTRIFUGE	
N° AFFAIRE/	JOB NUMBER	12 P666Z	
USINE/ PLANT		Extension Raffinerie Dakar	
ENSIVAL		N° CDE. C. 3646.F	
		N° FRB. 81. 80501	
10 GS103		1/4	

Annexe 5 : Caractéristiques du type 609



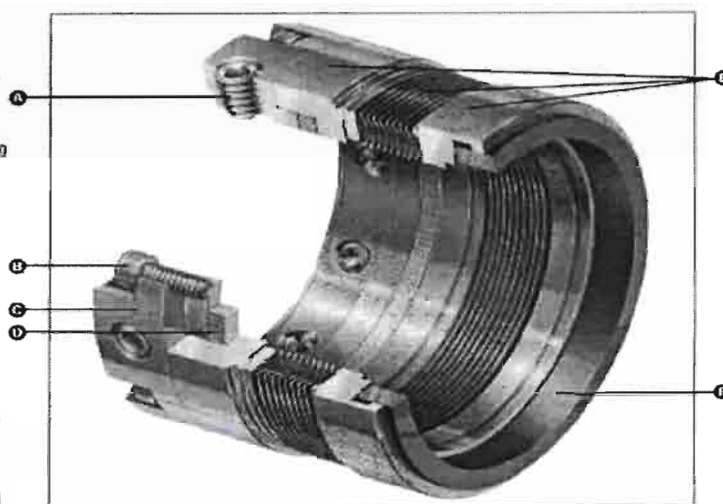
TYPE 604/606/609

High-Temperature Sealol® Metal Bellows Seals

- A – Set Screws
B – Socket Head Cap Screws
C – Compression Ring
D – Flexible Graphite Packing
E – Bellows Assembly
F – Insert/Primary Ring



Sealol® Welded Metal Bellows



Type 609

604/606/609

Product Description

- **Type 604:**
High-temperature general-purpose stationary bellows assembly capable of handling high shaft speed applications and high shaft-to-seal chamber misalignment.
- **Type 606:**
High-temperature rotary bellows assembly with drive lugs under the bellows for additional rotational drive in viscous or thermosetting applications.
- **Type 609:**
High-temperature rotary bellows assembly with narrow cross-section design for easy fit.

Design Features

- Sealol® Edge-welded Metal Bellows
- Elastomer-free Design
- Standard Components
- Available in Single or Dual Cartridge Arrangements
- Available with a Secondary Containment Seal
- The Type 604 and Type 609 meet API 682 Requirements
- Available with DOUBLE-PLY Bellows

Sealol is a registered trademark of John Crane.

Performance Capabilities

- **Temperature:**
-75°C to + 425°C/-100°F to + 800°F
(with flexible graphite static packing)
- **Pressure:**
Vacuum to 25 bar/360 psi
Vacuum to 69 bar/1,000 psi (with DOUBLE-PLY bellows)
(see Basic Pressure Ratings curve)
- **Speed:**
up to 25m/s/5,000 fpm for Types 606 and 609
up to 50m/s/10,000 fpm for Type 604

Typical Applications

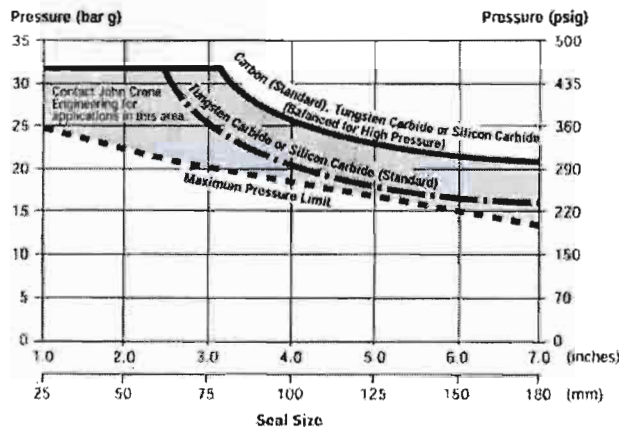
- Aqueous Solutions
- Aromatic Fractionation Products
(Benzene, Toluene, Solvents, etc.)
- Crude Oil Fractionation Products
(Fuel Oil, Lubricating Oil, Gasoline, etc.)
- Heat Transfer Fluids
- Caustics
- Chemicals
- Hydrocarbons
- Lubricating Fluids
- Some Acids



TYPE 604/606/609

High-Temperature Sealol® Metal Bellows Seals

Basic Pressure Rating



The Basic Pressure Rating is for a standard seal, as shown in the typical arrangement, when installed according to the criteria given in this data sheet and generally accepted industrial practices.

The Basic Pressure Rating assumes stable operation at 3600 rpm in a clean, cool, lubricating, non-volatile liquid with an adequate flush rate. When used with the Multiplier Factors, the Basic Pressure Rating can be adjusted to provide a conservative estimate of the dynamic pressure rating.

Contact John Crane Engineering for process services outside this range for a more specific assessment of the dynamic pressure rating, or DOUBLE-PLY bellows pressure rating.

- NOTES:
1. Basic Pressure Rating Curve based on Single-Ply Bellows.
 2. Basic Pressure Rating Curve is differential pressure applied to seal outside diameter.
 3. Inside Diameter Differential Pressure vs. Temperature Limits. If the inside diameter differential pressure is greater than 5 bar/75 psi or the operating temperature is greater than 315 °C/600 °F, consult John Crane Engineering.

Multiplier Factors

	Selection Consideration	Multiplier Factors	
		Carbon vs. SIC	SIC vs. SIC T/C vs. SIC
Speed	Up to 3600 rpm	x 1.00	x 1.00
	Above 3600 rpm	x (3600/speed)	x (3600/speed)
Sealed Fluid Lubricity	Petroleum/Gasoline, Kerosene, Lube Oil, etc...	x 1.00	x 1.00
	Water and Aqueous Solutions (< 80°C/176°F)	x 0.75	x 0.75
	Light Hydrocarbons (see Note 1)	x 0.60	(see Note 2)
Sealed Fluid Temperature (see Note 3)	Up to 80°C/176°F	x 1.00	x 1.00
	Up to 120°C/250°F	x 0.90	x 1.00
	Up to 205°C/400°F	x 0.80	x 1.00
	Up to 315°C/600°F	x 0.65	x 1.00
	Above 315°C/600°F	x 0.65	(see Note 4)

- NOTES:
1. Specific gravity ≥ 0.6 and ratio of sealed pressure to vapor pressure > 1.5.
 2. More details regarding the fluid and the operating conditions are required.
 3. Temperature at the seal faces includes effects of flush, quench and cooling.
 4. Contact John Crane Engineering for more information.

Example for Determining Pressure Rating Limits:

Seal: Type 604
Size: 3.5" (89mm)
Product: High Viscosity Gas Oil
Face Material: Carbon vs. Silicon Carbide
Operating Temperature: 375 °C/620 °F
Operating Speed: 3600 rpm

Example for Determining Dynamic Pressure Rating:

The maximum pressure for a particular application is the lesser of the maximum pressure limit curve or the pressure calculated when the multiplier factors are applied to the specific seal face material curve.

Maximum Pressure Limit Curve:
19.5 bar g/283 psig max pressure

Carbon Limit Curve: 29.3 bar g/425 psig

Calculated Limits: 29.3 bar g/425 psig x 1.00 x 1.00 x 0.65 = 19 bar g/276 psig

At 3600 rpm with the service conditions noted, an 3.5" (89mm) (Seal Size) Type 604 has a maximum operating pressure limit of 19 bar g/276 psig.

CUT LINE FOR SHORT PAGE

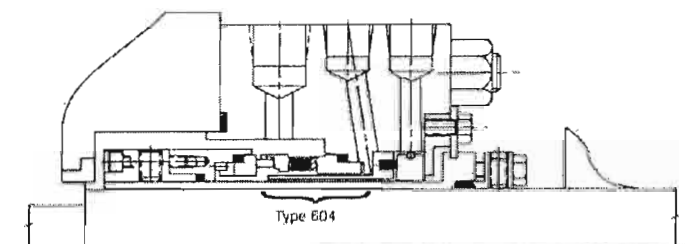
bb



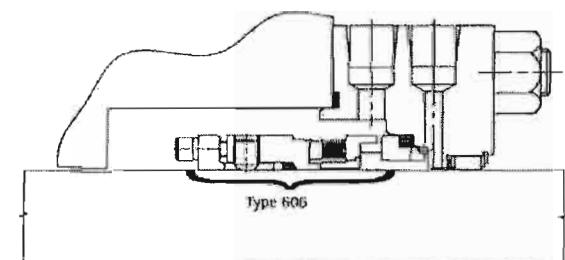
TYPE 604/606/609

High-Temperature Sealol® Metal Bellows Seals

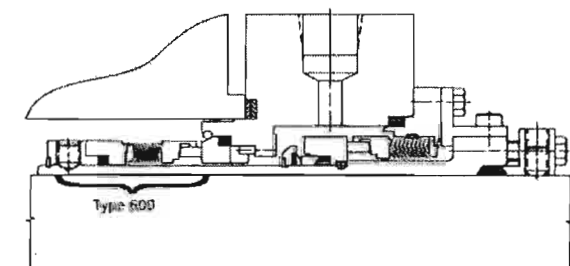
Typical 604 Single Arrangement (API 682)



Typical 606 Single Arrangement



Typical 609/ECS Arrangement



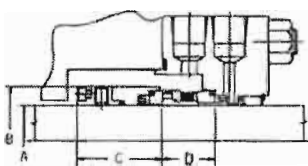
CUT LINE FOR SHORT PAGE



TYPE 604/606/609

High-Temperature Sealol® Metal Bellows Seals

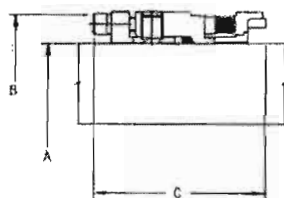
Typical 604 Dimensional Data



Seal Dash Number (size code)	Inch				mm			
	A +0.000 -0.002	B Ref.	C Ref.	D Ref.	A +0.000 -0.05	B Ref.	C Ref.	D Ref.
-16	1.000	1.937	1.969	1.138	25.40	49.20	50.01	28.91
-20	1.125	2.062	1.969	1.138	28.58	52.37	50.01	28.91
-22	1.250	2.187	1.969	1.138	31.75	55.55	50.01	28.91
-24	1.375	2.312	1.938	1.188	34.93	58.72	49.23	28.91
-26	1.500	2.562	2.063	1.191	38.10	65.07	52.40	30.25
-28	1.625	2.562	2.060	1.222	41.28	65.07	52.32	31.04
-30	1.750	2.687	2.060	1.254	44.45	68.25	52.32	31.05
-32	1.875	2.812	2.062	1.254	47.63	71.42	52.32	31.05
-34	2.000	2.937	2.060	1.285	50.80	74.60	52.22	32.04
-36	2.125	3.187	2.182	1.316	53.98	80.95	55.42	33.43
-38	2.250	3.312	2.218	1.348	57.15	84.12	56.34	34.24
-40	2.375	3.437	2.186	1.379	60.33	87.30	55.52	35.03
-42	2.500	3.562	2.184	1.410	63.50	90.47	55.47	35.81
-44	2.625	3.687	2.250	1.443	66.68	93.65	57.15	36.65
-46	2.750	3.837	2.250	1.608	69.85	100.00	57.15	40.84
-48	2.875	4.062	2.281	1.608	73.03	103.17	57.94	40.84
-50	3.000	4.187	2.250	1.608	76.20	106.35	57.15	40.84
-52	3.125	4.312	2.250	1.608	79.38	109.52	57.15	40.84
-54	3.250	4.437	2.219	1.608	82.55	112.70	56.35	40.84
-56	3.375	4.562	2.282	1.608	85.73	115.87	57.06	40.84
-58	3.500	4.687	2.373	1.650	88.90	119.05	60.27	41.91
-60	3.625	4.812	2.375	1.850	92.08	122.22	60.33	41.91
-62	3.750	4.937	2.375	1.850	95.25	125.40	60.33	41.91
-64	3.875	5.062	2.375	1.850	98.43	128.57	60.33	41.91

Note: "A" is the maximum shaft or sleeve diameter in arrangements excluding a steam guide sleeve.

Typical 606 Dimensional Data



Seal Dash Number (size code)	Inch			mm		
	A +0.000 -0.002	B Ref.	C Ref.	A +0.000 -0.05	B Ref.	C Ref.
-16	.750	1.625	2.312	19.05	41.28	58.72
-18	.875	1.750	2.343	22.23	44.45	59.51
-20	1.000	1.875	2.343	25.40	47.63	59.51
-22	1.125	2.000	2.375	28.58	50.80	60.33
-24	1.250	2.125	2.375	31.75	53.98	60.33
-26	1.375	2.250	2.458	34.93	57.15	62.60
-28	1.500	2.375	2.500	38.10	60.33	63.50
-30	1.625	2.500	2.500	41.28	63.50	63.50
-32	1.750	2.625	2.531	44.45	66.68	64.29
-34	1.875	2.750	2.531	47.63	69.85	64.29
-36	2.000	2.875	2.562	50.80	73.03	65.07
-38	2.125	3.000	2.562	53.98	76.20	65.07
-40	2.250	3.250	2.750	57.15	82.55	69.85
-42	2.375	3.375	2.781	60.33	85.73	70.64
-44	2.500	3.500	2.781	63.50	88.90	70.64
-46	2.625	3.687	2.875	66.68	93.65	73.03
-48	2.750	3.812	3.000	69.85	96.82	76.20
-50	2.875	4.000	3.000	73.03	101.60	76.20
-52	3.000	4.125	3.000	76.20	104.78	76.20
-54	3.125	4.250	3.000	79.38	107.95	76.20
-56	3.250	4.375	3.000	82.55	111.13	76.20
-58	3.375	4.500	3.000	85.73	114.30	76.20
-60	3.500	4.625	3.000	88.90	117.48	76.20
-62	3.625	4.750	3.000	92.08	120.65	76.20
-64	3.750	4.875	3.000	95.25	123.83	76.20

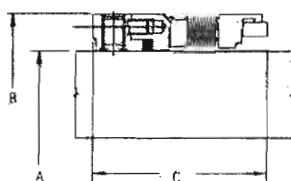
dd



TYPE 604/606/609

High-Temperature Sealol® Metal Bellows Seals

Typical 609 Dimensional Data



Seal Dash Number (size code)	Inch			mm		
	A + .000 - .002	B Ref.	C Ref.	A + .000 - .005	B Ref.	C Ref.
-16	1.000	1.625	1.531	25.40	41.28	38.89
-18	1.125	1.750	1.562	28.58	44.45	39.67
-20	1.250	1.875	1.593	31.75	47.63	40.46
-22	1.375	2.000	1.593	34.93	50.80	40.46
-24	1.500	2.125	1.593	38.10	53.98	40.46
-26	1.625	2.250	1.593	41.28	57.15	40.46
-28	1.750	2.375	1.625	44.45	60.33	41.28
-30	1.875	2.500	1.625	47.63	63.50	41.28
-32	2.000	2.625	1.656	50.80	66.68	42.09
-34	2.125	2.750	1.656	53.98	69.85	42.09
-36	2.250	2.875	1.719	57.15	73.03	43.66
-38	2.375	3.000	1.719	60.33	76.20	43.66
-40	2.500	3.250	1.750	63.50	82.55	44.45
-42	2.625	3.375	1.781	66.68	85.73	45.24
-44	2.750	3.500	1.781	69.85	88.90	45.24
-46	2.875	3.687	1.875	73.03	93.65	47.63
-48	3.000	3.812	1.875	76.20	96.82	47.63
-50	3.125	4.000	1.875	79.38	101.60	47.63
-52	3.250	4.125	1.875	82.55	104.78	47.63
-54	3.375	4.250	1.875	85.73	107.95	47.63
-56	3.500	4.375	1.875	88.90	111.13	47.63
-58	3.625	4.500	1.875	92.08	114.30	47.63
-60	3.750	4.625	1.875	95.25	117.48	47.63
-62	3.875	4.750	1.875	98.43	120.65	47.63
-64	4.000	4.875	1.875	101.60	123.82	47.63

Recommendations for Viscous Fluids

- 0 - 1,000 cSt: Standard Seal
- 1,000 - 3,500 cSt: Hard Face Material
- 3,500 - 7,500 cSt: Drive Lugs
- 7,500 - 10,500 cSt: Consult John Crane Engineering

NOTE: SSU (Saybolt Universal Seconds) approximately equals cSt (centistoke) $\times 4.634/cP$ (centipoise) = cSt (centistoke) $\times$ specific gravity



TYPE 604/606/609

High-Temperature Sealol® Metal Bellows Seals

Materials of Construction

DESCRIPTION	MATERIALS	
Seal Components	Standard	Options
Bellows	Alloy 718 (UNS N07718)	Heat Treated AM350 (UNS S35000)
Insert/Primary Ring	Premium Carbon Grade Silicon Carbide Tungsten Carbide	—
Static Seals	Flexible Graphite	—
Shell/Primary Ring Adaptor	Alloy 42 (UNS K94100)	—
Adaptor	Alloy 625 (UNS N06625)	347 Stainless Steel (UNS S34700)

Sealol Welded Metal Bellows

Sealol Bellows Design Features

- Optimum 45° Tilt Angle
- Three-Sweep Radius
- Nesting Ripple Plate Design
- Static Secondary Seal
- Light Spring Loads

Sealol Bellows Benefits

- Uniform Plate Rigidity and Stress Distribution
- Enhanced Fatigue Strength
- Pressure-Balanced by Design
- Less Heat Generated
- Lower Power Consumption

CUT LINE FOR SHORT PAGE

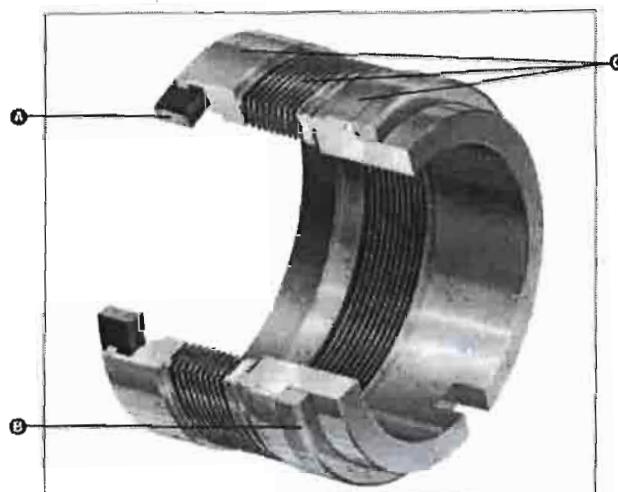


TYPE 604/606/609

High Temperature Sealol® Metal Bellows Seals

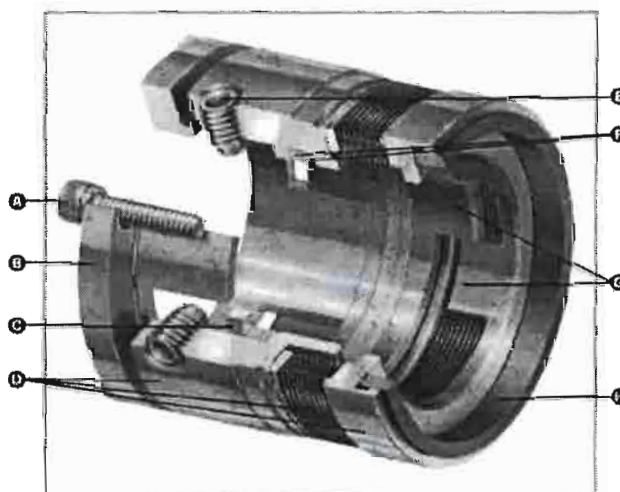
Type 604 High-Temperature Metal Bellows

- A - Insert/Primary Ring
- B - Flexible Graphite Packing
- C - Bellows Assembly



Type 606 High-Temperature Metal Bellows

- A - Socket Head Cap Screws
- B - Compression Ring
- C - Spacer Ring
- D - Bellows Assembly
- E - Set Screws
- F - Flexible Graphite Packing
- G - Drive Lugs
- H - Insert/Primary Ring



CUT LINE FOR SHORT PAGE



TYPE 604/606/609

High Temperature Sealol® Metal Bellows Seals



Europe

Strough, UK
Tel: 44-1753-224200
Fax: 44-1753-224224

Latin America

São Paulo, Brazil
Tel: 55-11-3271-2500
Fax: 55-11-3271-2399

Middle East, Africa, Asia

Dubai, United Arab Emirates
Tel: 971-4-3458940
Fax: 971-4-3436970

North America

Morton Grove, Illinois USA
1-800-SEALING
Tel: 1-847-567-2400
Fax: 1-847-567-3816

smiths

A part of Smiths Group plc

For your nearest John Crane factory, please contact one of the locations above.

If the products featured will be used in a potentially dangerous or high pressure process, your John Crane representative should be consulted prior to final selection and use as the interest of continuous development, John Crane Corporation reserves the right to alter design and specifications without prior notice. It is dangerous to smoke while handling products made from PTFE. GDS and new PTFE products could not be incinerated.

©2007 John Crane. Print 1207

www.johncrane.com

ISO Certified QMS 9001

S.604/606/609

hh

Sokhna Ami DIOP
2009
S.A.R

Projet de fin d'études 2008-