



UNIVERSITÉ SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH - FÈS

FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES

DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE



PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du :

Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : **Conception Mécanique et Innovation**

**Fiabilisation des pompes centrifuges de l'unité attaque
filtration et amélioration de la performance des ateliers
centraux**

Effectué au sein du Groupe OCP (MAROC PHOSPHORE JORF-LASFAR)

Service (INJ/GM/M)

Soutenu le 04 Juillet 2015

Par :

Mr. Zakaria CHENANI

Mr. Achraf JTITE

Jury:

- Pr. Mr. A. EL BARKANY (FSTF)
- Pr. Mr. A. EL KHALFI (FSTF)
- Pr. Mr. A. JABRI (FSTF)

Encadré par :

- Pr. Mr. A. EL BARKANY (FSTF)
- M. N. SOULHI (OCP)

Année Universitaire : 2014

Dédicace

Nous dédions ce travail

A nos chers parents : Aucune dédicace ne saurait exprimer le dévouement, le respect et l'amour que nous portons à vous. Vous pouvez être fiers d'avoir réussi votre mission dans la vie.

A nos sœurs.

A nos frères.

A nos encadrants pour leur serviabilité, leur soutien, leurs orientations et leurs encouragements.

A tous nos collègues, les élèves ingénieurs en Conception Mécanique et Innovation de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès ainsi qu'à tous nos enseignants durant les années d'études.

Achraf JTITE et Zakaria CHENANI



Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous remercions ALLAH qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage durant ces longues années d'études.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leurs aides et qui ont contribué à l'élaboration de ce rapport ainsi qu'à la réussite de cette formidable année d'études.

Nous exprimons notre profonde gratitude à nos encadrants le **Professeur Abdellah EL BARKANY** et l'assistante générale des ateliers centraux Monsieur **Abdelhafid BENZIDANE** pour leurs encouragements, leurs directives et leurs précieux conseils tout au long de notre stage.

Nous tenons également à exprimer nos respects et remerciements à nos professeurs du département Génie Mécanique de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès subséquentement qu'aux membres du jury pour avoir accepté de juger notre travail.

Enfin, que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail trouvent l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.

Résumé

Les ateliers centraux ont pour vocation la réalisation des prestations mécaniques afin de satisfaire les besoins de toutes les entités de la direction des industries chimiques de Jorf Lasfar, principalement en matière de révision des équipements mécaniques, de chaudronnerie, et usinage. La diminution de la performance de ces derniers a comme conséquence une perte importante au niveau de la production. C'est pourquoi l'objectif de notre projet était d'assurer une production en continue en fiabilisant les pompes centrifuges de l'atelier phosphorique et en améliorant la performance des ateliers centraux.

Dans un premier temps, une étude des différents dysfonctionnements observés est faite sur les pompes centrifuges de l'atelier phosphorique. Elle permettra d'avoir une liste des pièces critiques et de proposer des solutions convenables aux problèmes existants.

Dans un deuxième temps, nous avons procédé à l'amélioration de la performance des ateliers centraux en proposant des solutions de gestion des opérations de la maintenance au sein de ces derniers. Ainsi, le travail effectué a permis la résolution d'un certain nombre de défauts et de problèmes, d'une manière provisoire ou définitive.

Abstract

The mission of central workshops is to realize mechanical services in order to satisfy needs of the global entities in the direction of chemical industry Jorf Lasfar .the decrease in performance of central workshop has a negative impact on the production rate. This is why the aim of our project was to ensure a continuous production by increasing the reliability of centrifugal pumps in the phosphoric workshop and improving the performance of central workshops.

First, a study of the different dysfunctions observed made on centrifugal pumps in the phosphoric workshop. This study permit us to have a list of critical parts and to propose adequate solutions to existing problems.

Secondly, we have improving the performance of central workshops by offering solutions for managing maintenance operations. As a result of this project a large number of defects and problems were, permanently or provisory, solved

Sommaire

| | |
|--|----|
| Dédicace..... | 1 |
| Remerciements | 2 |
| Résumé | 3 |
| Abstract..... | 4 |
| Liste des figures..... | 8 |
| Liste des tableaux | 10 |
| Liste des abréviations..... | 11 |
| Introduction Générale..... | 12 |
| Chapitre 1..... | 13 |
| Présentation de l'organisme et du cahier des charges | 13 |
| 1. Présentation de groupe Office Chérifien des Phosphates (OCP) jarf lasfar | 13 |
| 2. Cahier des charges | 19 |
| 3. Conclusion..... | 20 |
| Chapitre 2..... | 21 |
| Analyse de l'existant et présentations des équipements névralgiques | 21 |
| 1. Introduction :..... | 21 |
| 2. <i>Étude Statistique des prestations au sein de la section Ajustage Montage Mécanique.</i> | 21 |
| 3. <i>Étude Statistique portant sur les équipements de l'atelier phosphorique.</i> | 23 |
| 4. <i>Évaluation des pertes économiques dues aux dysfonctionnements des pompes centrifuges</i> | 25 |
| 5. Conclusion..... | 26 |
| Chapitre 3..... | 27 |
| Analyse des causes et présentation des solutions | 27 |
| 1. Présentation des pompes centrifuges de l'atelier phosphorique | 27 |
| 1.1. Analyse fonctionnelle externe : | 27 |
| 1.2. Analyse fonctionnelle interne :..... | 28 |
| 1.3. Conclusion..... | 29 |
| 2. Détermination et analyse des causes d'indisponibilité des pompes centrifuges..... | 29 |
| 2.1. Détermination de la cause d'indisponibilité des pompes de l'AP | 29 |
| 2.2. Analyse des causes | 31 |
| 2.2.1. Milieu | 33 |
| 2.2.2. Matière..... | 37 |
| 2.2.3. Méthode..... | 39 |
| 2.2.4. Main d'œuvre | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.5. Matériel | 43 |
| 3. Conclusion..... | 50 |
| Chapitre 4..... | 51 |
| Amélioration de la performance des ateliers centraux | 51 |
| 1. Stratégie et méthode de la maintenance actuelle | 51 |
| 2. Analyse, problématique et démarche de résolution | 53 |
| 2.1. Évaluation des causes racines..... | 53 |
| 2.2. Démarche de résolution | 57 |
| 3. Solution de gestion proposé | 58 |
| 3.1. Conception d'une presse hydraulique | 58 |
| 3.1.1. Analyse des besoins..... | 58 |
| 3.1.2. Analyse fonctionnelle..... | 61 |
| 3.2. Présentation de la conception du presses..... | 68 |
| 3.2.1. Dimensionnement de la presse | 69 |
| 4. Proposition et Élaboration des standards de la maintenance pour les pompes d'acide LC 72 | |
| 4.1. Modèles des standards préparés | 72 |
| 4.2. Standards de révision..... | 75 |
| 5. Généralité sur les méthodes et les mesures d'entretien d'une pompe LC..... | 83 |
| 5.1. Généralités sur les méthodes d'entretien..... | 83 |
| 5.2. Les mesures à respecter lors de l'entretien d'une pompe LC..... | 84 |
| 5.2.1. Couples de serrage vis et écrous..... | 84 |
| 5.2.2. Palier à roulements | 84 |
| 5.2.3. Réglage du jeu axial des roulements butés..... | 85 |
| 5.2.4. Réglage axial des roues | 86 |
| 6. Suivi de la performance en maintenance..... | 87 |
| 7. Conclusion..... | 87 |
| Chapitre 5..... | 88 |
| Evaluation des gains..... | 88 |
| 1. Evaluation des gains de la solution 'thermosiphon' | 88 |
| 1.1. Gain direct au niveau de la consommation de l'eau..... | 89 |
| 2. Evaluation des gains de la solution 'refroidissement avec débitmètre intelligent | 90 |
| 3. Evaluation des gains de la solution 'standardisation des opérations de la maintenance'. 91 | |
| 3.1. Temps optimisé par équipement..... | 91 |

| | |
|--|-----|
| 3.2. Evaluation du gain à gagner | 92 |
| 4. Conclusion | 92 |
| Conclusion générale | 93 |
| BIBLIOGRAPHIE | 94 |
| WEBOGRAPHIE | 94 |
| ANNEXES | 95 |
| ANNEXE I : Ensemble de coupe des pompes LC 65/310, LC 200/410, LC 125/450 | 95 |
| ANNEXE II : Ensemble de coupe de la pompe LC 125/540 | 96 |
| ANNEXE III : Repères et désignations des pompes LC..... | 97 |
| ANNEXE IV : Quelques photos d'outillages spécifiques..... | 98 |
| ANNEXE V : Quelques photos d'EPI..... | 100 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Organigramme de l'OCP jarf-lasfar | 14 |
| Figure 2 : Interactions entre les différents ateliers de MP III et IV | 17 |
| Figure 3 : Structure d'organisation du service | 18 |
| Figure 4 : Triangle d'Or..... | 20 |
| Figure 5 : Démarche générale de l'analyse de l'existant..... | 21 |
| Figure 6 : Pareto des équipements entrants | 22 |
| Figure 7 : Statistique des équipements de pompage installés..... | 23 |
| Figure 8 : Consommation des pompes centrifuges | 24 |
| Figure 9 : Pareto des pompes | 24 |
| Figure 10 : Proportion de manque à produire en tonnes lié à la nature de panne..... | 26 |
| Figure 11 : Pourcentage de la nature des pannes d'arrêt..... | 26 |
| Figure 12 : Diagramme Bête à cornes des Pompes | 27 |
| Figure 13 : Photo et caractéristiques de la pompe folwserve LC | 28 |
| Figure 14 : Organigrammes techniques des pompes..... | 28 |
| Figure 15 : Consommation des GM et impact des fuites d'acide..... | 29 |
| Figure 16 : Garniture mécanique..... | 30 |
| Figure 17 : Dégradation des fondations | 33 |
| Figure 18 : Encombrement de la pompe | 34 |
| Figure 19 : Désalignement de l'arbre moteur-récepteur..... | 34 |
| Figure 20 : Contrôle de parallélisme et concentricité..... | 35 |
| Figure 21 : Conduites en SVR..... | 37 |
| Figure 22 : Bague de fond dans chambre à garniture..... | 37 |
| Figure 23 : Les grains..... | 37 |
| Figure 24 : Ressorts corrodés | 38 |
| Figure 25 : Débistat bouché | 38 |
| Figure 26 : Filtre bypass..... | 39 |
| Figure 27 : Flexion rotation de l'arbre | 40 |
| Figure 28 : Détermination du coefficient k' en fonction de la vitesse spécifique et du débit..... | 40 |
| Figure 29 : Produit solidifié | 41 |
| Figure 30 : Pareto des lignes de production | 42 |
| Figure 31 : Pompes (P05, P06)..... | 43 |
| Figure 32 : Circuit de refroidissement..... | 47 |
| Figure 33 : Coupe d'une garniture et circulation de l'eau..... | 48 |
| Figure 34 : Thermosiphon | 48 |
| Figure 35 : Impulseur ouvert..... | 49 |
| Figure 36 : Impulseur fermé..... | 49 |
| Figure 37 : Débitmètre intelligent | 50 |
| Figure 38 : Logigramme de la maintenance..... | 52 |
| Figure 39 : Diagramme Ishikawa trait le problème de diminution de la fiabilité des équipements mécaniques | 55 |
| Figure 40 : Examen de l'environnement | 62 |
| Figure 41 : Arbre fonctionnel de la presse | 65 |

| | |
|--|----|
| Figure 42 : Diagramme pieuvre de la presse | 67 |
| Figure 43 : Vue globale de la presse | 68 |
| Figure 44 : Modèle du standard proposé | 72 |
| Figure 45 : Coupe du roulement..... | 85 |
| Figure 46 : Thermosiphon au magazine des PDR..... | 88 |
| Figure 47 : Circuit de refroidissement fermé | 89 |
| Figure 48 : Circuit de refroidissement ouvert | 89 |
| Figure 49 : Débitmètre intelligent | 90 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Filiales de l'OCP jarf-lasfar..... | 13 |
| Tableau 2 : Organisme du personnel de l'OCP..... | 15 |
| Tableau 3 : Équipements rentrants dans les 3 dernières années..... | 22 |
| Tableau 4 : Consommation des pompes de l'atelier phosphorique..... | 23 |
| Tableau 5 : Montant des pièces de rechange | 25 |
| Tableau 6 : Coût d'intervention (Main d'œuvre & consommables) | 25 |
| Tableau 7 : Manque à produire en tonnes | 25 |
| Tableau 8 : Tableau des plans API..... | 45 |
| Tableau 9 : Tableau de comparaison entre les deux principes de refroidissements..... | 47 |
| Tableau 10 : Matrice des contraintes-opérateurs | 56 |
| Tableau 11 : Analyse de support..... | 70 |
| Tableau 12 : Analyse de la table | 71 |
| Tableau 13 : Couples de serrage (roue-corps)..... | 84 |
| Tableau 14 : Renouvellement de la graisse des paliers..... | 84 |
| Tableau 15 : Boitier et du couvercle de palier | 85 |
| Tableau 16 : Affichage pour suivie de performance | 87 |
| Tableau 17 : Réduction de la consommation de l'eau | 89 |
| Tableau 18 : Calcul des gains | 91 |

Liste des abréviations

| | |
|-----------------|--|
| OCP | : Office Chérifien De Phosphates |
| ACP | : Acide Phosphorique |
| AP | : Atelier phosphorique |
| AF | : Attaque filtration |
| GM | : Garniture mécanique |
| MTBF | : Mean time between failures |
| DAP | : Di Ammonium Phosphates |
| TSP | : Triple Super Phosphates |
| MAP | : Mono Ammonium Phosphates |
| IDJ/GM/M | : Direction Industrielle Jorf Lasfar / Moyens Généraux / Maintenance |
| MO | : Main d'œuvre |
| AMM | : Ajustage Montage Mécanique |
| ACX | : Ateliers Centraux |
| DI | : Demande d'Intervention |
| OT | : Ordre de Travail |
| EMAPHOS | : Euro Maroc Phosphore |
| IMACID | : Indo Maroc Acide |
| PMP | : Pakistan Maroc Phosphore |
| PDR | : Pièces de Rechange |
| CEM | : chef d'équipe mécanique |
| EPI | : équipements de protection individuels |
| CIJ | : Chimie Infrastructure Jorf-Lasfar |
| UO | : Unité d'œuvre |

Introduction Générale

Au cours de ces dernières années, les entreprises industrielles ont été confrontées à une concurrence de plus en plus féroce. Et par conséquent la maîtrise des coûts et de procédés, est devenue un enjeu primordial.

Dans ce contexte, la maintenance des équipements contre la dégradation et l'amélioration de leurs cycles d'exploitation est devenue une réponse déterminante pour la performance de cette entreprise. En effet, la qualité et l'utilisation optimale des équipements, pour des raisons économiques et de sécurité, sont aujourd'hui une nécessité incontournable et le seront encore plus pour faire face à la compétitivité internationale.

Le présent projet, qui nous a été proposé par l'entreprise, s'inscrit dans le cadre de la fiabilisation et l'optimisation de la production. Il vise à améliorer la performance de la maintenance dans les ateliers centraux et à fiabiliser le fonctionnement des pompes d'acide dans l'atelier phosphorique de l'usine MAROC PHOSPHORE JORF LASFAR.

Pour inscrire ce projet dans cette vision nous avons commencé par le recueillement des données, puis l'identification et l'analyse du problème afin de Chercher et de proposer des solutions techniques et organisationnelles efficaces et réalisables pour éliminer les causes racines qui provoquent les problèmes existants.

Ainsi, ce mémoire est le résultat du travail effectué au sein de Maroc Phosphore, nous commencerons tout d'abord dans le premier chapitre par une présentation générale du groupe OCP, de l'organisme d'accueil Maroc Phosphore et du département de la maintenance centralisée (ACX). Cette étape sera suivie par une présentation détaillée du projet et de la problématique.

Le deuxième chapitre de ce rapport sera consacré à l'analyse de l'existant et de l'état du lieu, que nous avons effectué grâce aux méthodes et techniques d'analyse statistiques, ceci nous a permis de déterminer les unités, les équipements et les organes les plus névralgiques aussi bien que les pertes économiques engendrés par le dysfonctionnement de ces derniers.

Quant au troisième chapitre nous présenterons des solutions pour remédier problèmes critiques rencontrés, dans ce cadre nous avons fait une analyse Ishikawa pour cibler les différentes causes possibles. Puis on a traité ces derniers sous forme de solutions techniques et /ou de recommandations d'usage générales.

Dans le quatrième chapitre nous allons rénover les méthodes de maintenance des équipements les plus névralgiques de la section *Ajustage Montage Mécanique* en élaborant des standards qui visent l'optimisation des temps de maintenance.

Le cinquième et dernier chapitre est consacré à une évaluation des gains des solutions proposées dans le 3^{ème} et 4^{ème} chapitre.

Finalement, une conclusion générale achèvera le travail fait dans ce présent rapport.

Chapitre 1

Présentation de l'organisme et du cahier des charges

Ce premier chapitre contient, dans un premier lieu, une présentation détaillée sur l'organisme

d'accueil de l'office chérifien des phosphates et du service d'accueil, ses départements et son organigramme, dans un second lieu, la problématique du sujet avec la situation actuelle, la situation souhaitée, les contraintes et les exigences

1. Présentation de groupe Office Chérifien des Phosphates (OCP) jarf lasfar

➤ Activité

L'OCP occupe une place importante tant à l'échelle nationale qu'à l'échelle internationale. En effet, Le Maroc est le **3^{ème}** producteur et le **1^{er}** exportateur de phosphate à l'échelle mondiale.

La mission du groupe OCP peut être résumée dans deux points :

- ✓ Extraire le phosphate brut et le traiter pour le commercialiser.
- ✓ Valoriser une partie à la production dans les usines chimiques, soit sous forme d'acide phosphorique, soit sous forme d'engrais

➤ Organisation

L'OCP est une entreprise semi-publique qui fonctionne comme une société privée, dont le seul actionnaire est l'État marocain. Le directeur générale du groupe est nommé par DAHIR, et le conseil d'administration est présidé par le premier Ministre. Cependant, il bénéficie d'une autonomie dans sa gestion financière entièrement séparé de celle de l'état.

L'Office est inscrit au registre de commerce, et a les mêmes obligations fiscales (**patente, droit de douane, taxes, impôts sur les bénéfices, etc.**) que n'importe qu'elle entreprise privée. Chaque année il établit ses prix de revient, son compte d'exploitation, son bilan et participe au budget de l'état moyennant un versement de dividendes.

• Filiales :

Tableau 1 : Filiales de l'OCP_jarf-lasfar

| Filiales | Activités |
|--|--|
| Maroc Phosphore | La production de l'acide phosphorique et d'engrais à Safi et Jorf Lasfar et leur exploitation. |
| Phosboucraâ | L'extraction, le traitement, le transport et la commercialisation du minerai de phosphate. |
| Marphocéan (Société de Transport Maritime Des Produits Chimiques) | Le transport maritime et les affrètements. |
| SOTREG (Société des Transports Régionaux) | Le transport du personnel du groupe OCP. |
| CERPHOS (Centre d'Etudes et de Recherches des Phosphates Minéraux) | Recherche spécialisée dans les phosphates et ses produits dérivés. |

• Organigramme de l'OCP jarf-lasfar

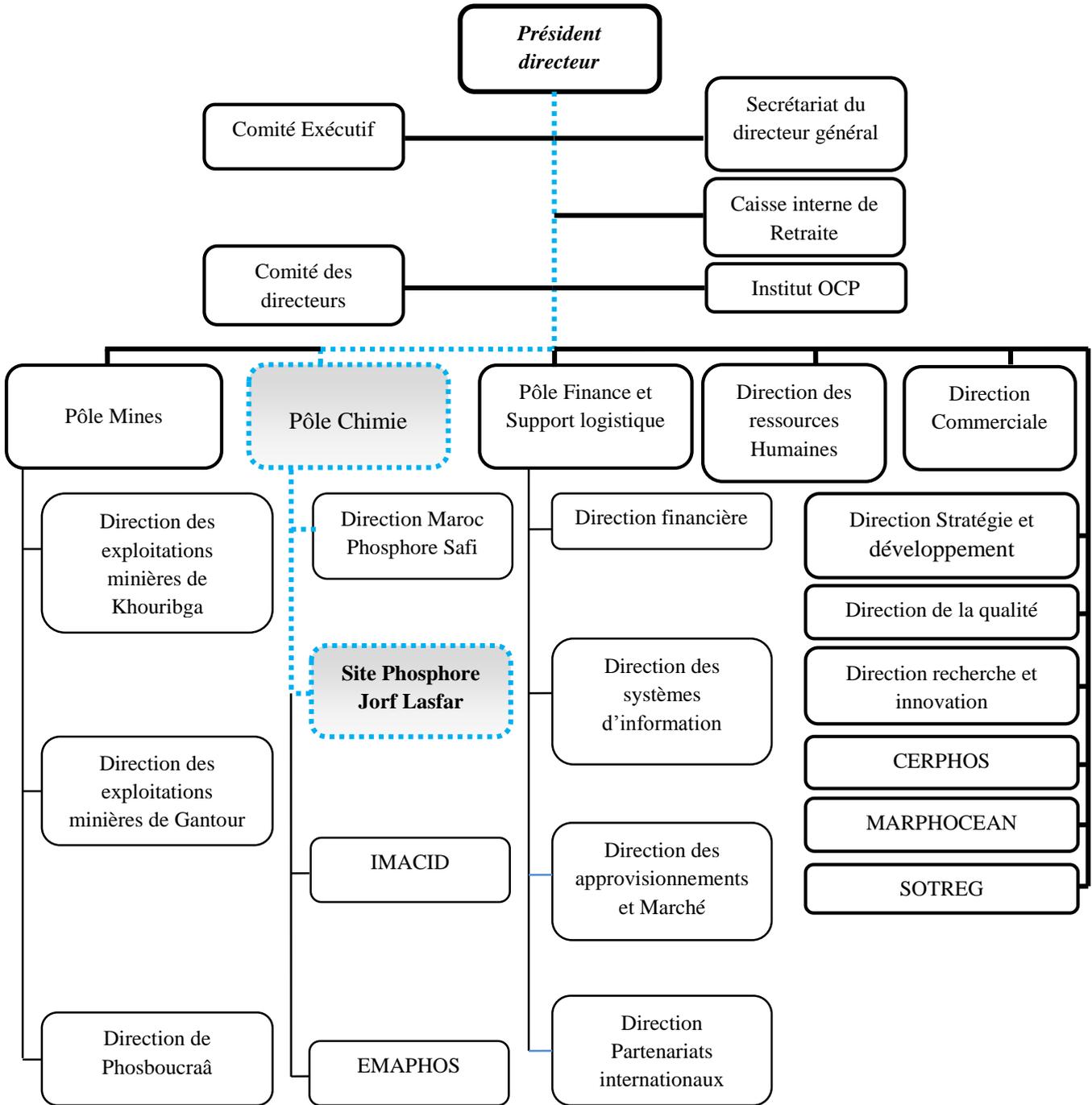


Figure 1 : Organigramme de l'OCP jarf-lasfar

• **Statue juridique du personnel de l'OCP jarf-lasfar**

La Statue juridique est classée selon les fonctions illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 2: Organisme du personnel de l'OCP

| Hors Cadre | | Ingénieurs-Médecins-Chefs de service |
|--|---------------|---|
| TAMCA (Technicien Agents de Maîtrise et Cadres Administratifs) | X6 | Chef d'atelier |
| | X5 | Sous-chef d'atelier |
| | X4 | Contre maître |
| | X3 | Chef d'équipe |
| OE (Ouvriers et Employés) | Catégorie 7 | Ouvrier professionnel 1 ^{ère} classe |
| | Catégorie 6 | Ouvrier professionnel 2 ^{ème} classe |
| | Catégorie 5 | Ouvrier professionnel |
| | Catégorie 4 | Ouvrier qualifié |
| | Catégorie 3-2 | Ouvrier spécialisé |

➤ **Entreprise d'accueil Maroc Phosphore III et IV**

Après le Complexe Industriel MAROC PHOSPHORE I et II à Safi, le Groupe OCP a décidé de réaliser le Complexe Industriel MAROC PHOSPHORE III-IV à Jorf Lasfar (CIJ) pour doubler sa capacité de valorisation des phosphates. Ce complexe, qui a démarré en **1986**, dont le nombre d'effectifs atteint aujourd'hui **3000** agent et qui s'étend sur **1700** Hectares, a permis de produire en 2014 :

- ✓ 3 millions de tonnes par an d'acide phosphorique P₂O₅ 54%.
- ✓ 1,2 millions de tonnes par an d'acide phosphorique P₂O₅ purifié.
- ✓ 2,4 millions de tonnes par an des engrais sous forme de Mono Ammonium Phosphate (MAP), Di Ammonium Phosphate (DAP) et Triple Super Phosphate (TSP).

Nécessitant la transformation de :

- ✓ 8,2 millions de tonnes de phosphate extrait des gisements de Khouribga.
- ✓ 2,6 millions de tonnes de soufre.
- ✓ 0,8 millions de tonnes d'ammoniac.

Maroc Phosphore dispose de 5 principaux ateliers de production :

a) Atelier Sulfurique

L'atelier de production d'acide sulfurique de *Maroc Phosphore III – IV* Jorf Lasfar est composé de **six unités** de production identiques, de **deux bacs** de stockage de soufre liquide, de **six bacs** de stockage d'acide sulfurique, de **trois stations** de chargement de camions citernes.

L'acide sulfurique produit est destiné aux clients internes, Pôle Industriel Jorf / Production Acide phosphorique (IDJ/PA) pour la production de l'acide phosphorique, Pôle Industriel Jorf

/Production Engrais (IDJ/PE) pour la production des engrais, Euro Maroc phosphore (EMAPHOS), Indo Maroc Acide (IMACID) et aux clients externes au pôle industriel Jorf Lasfar.

L'alimentation des clients internes (IDJ/PA, IDJ/PE, EMAPHOS, IMACID) se fait par des tuyauteries. Les clients externes sont desservis par des camions citernes.

b) Atelier des utilités

Cet atelier alimente les unités de production précitées en **énergie électrique, vapeur, air comprimé, eau alimentaire, eau de mer et air comprimé**. Il comprend :

- ✓ Un centrale thermoélectrique avec trois groupes turboalternateurs de **37MW chacun**.
- ✓ Un réservoir d'eau douce et une station de traitement de **2000 m³/h**.
- ✓ Une station de filtration et de pompage d'eau de mer.
- ✓ Une station de reprise d'eau de mer **60000 m³/h**.
- ✓ Une station de compression d'air.

c) Atelier Phosphorique

Il comprend :

- ✓ Huit lignes de broyage de phosphate.
- ✓ Huit lignes d'acide phosphorique
- ✓ 20 échelons de concentration.

d) Atelier des Engrais

Il se compose de quatre unités de production de Di Ammonium Phosphate (DAP) dont deux peuvent produire du Triple Super Phosphate (TSP), Mono Ammonium Phosphate (MAP).

- ✓ Capacité pour chaque unité en MAP **1700 tonnes / jour / unité**.
- ✓ Capacité pour chaque unité en DAP **1600 tonnes / jour / unité**.
- ✓ Capacité pour chaque unité en TSP **1500 tonnes / jour / unité**.

e) Atelier de Fertilisants

Il comprend 4 unités de production de MAP et DAP dont deux peuvent produire du TSP.

- ✓ Capacité en MAP : **1200 tonnes / jour / unité**.
- ✓ Capacité en DAP : **1400 tonnes / jour / unité**.
- ✓ Capacité en TSP : **1200 tonnes / jour / unité**.

(Cf. *Figure 2*)

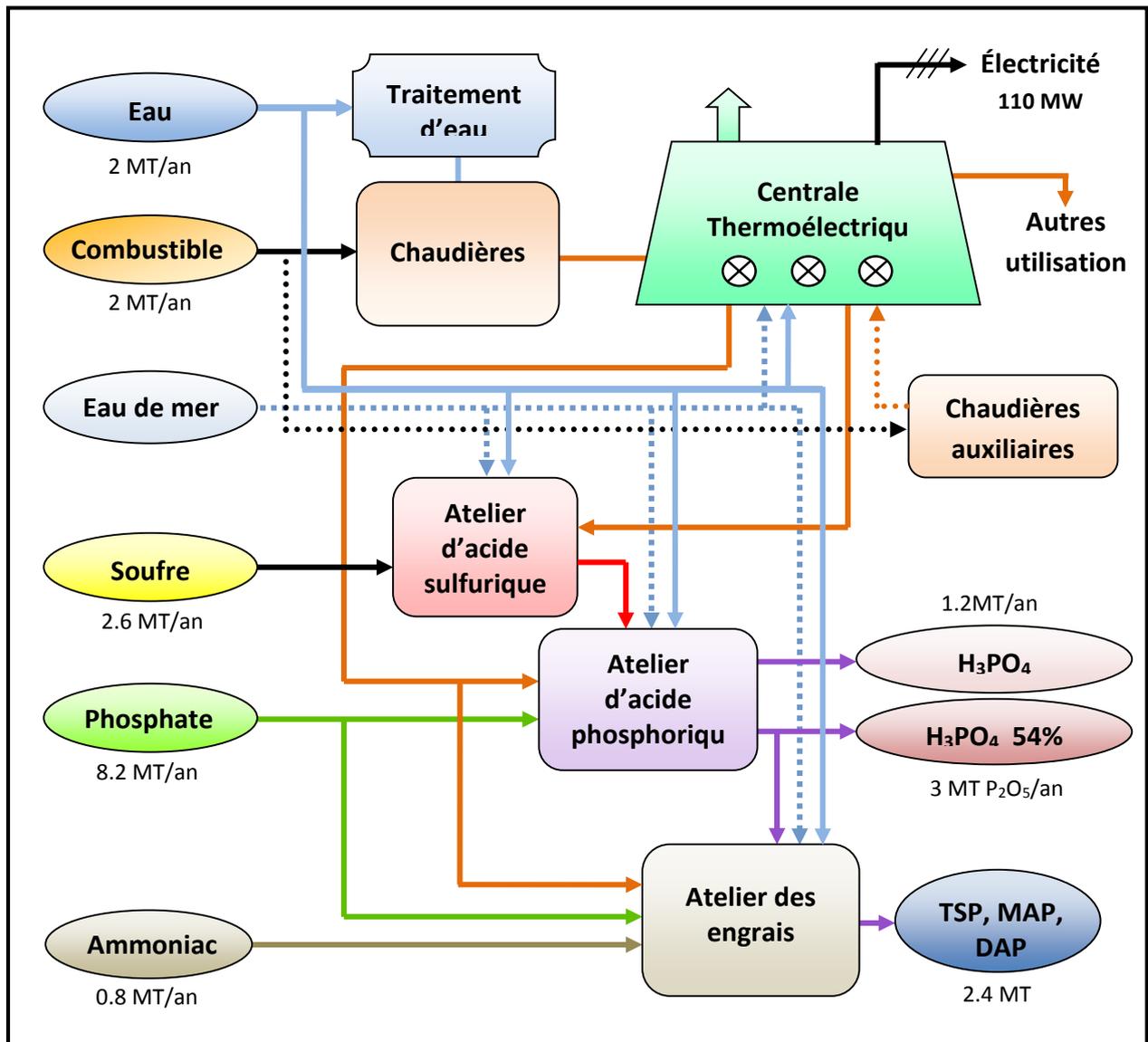


Figure 2 : Interactions entre les différents ateliers de MP III et IV

➤ Service entretiens centralisés

a). Mission

Les ateliers centraux sont des ateliers prestataires de service. Ils ont pour vocation principale de répondre aux besoins de toutes les entités du pôle chimique Jorf Lasfar, en matière de révision, d'usinage et de confection.

L'activité des ateliers centraux, dans sa globalité, peut être décomposée en trois rubriques :

- ✓ Travaux de dépannage ou de réparation, quand il s'agit de remettre en état provisoire (**dépannage**), ou définitif (**réparation**), un équipement.

- ✓ Travaux d'amélioration, lorsqu'un équipement présente des défauts de conception par rapport aux contraintes d'exploitation, ou d'intervention lors des opérations de maintenance ou révision.
- ✓ De plus, un autre type d'activité concernant l'aspect préventif et systématique de la maintenance. En effet, pour certains équipements (pompes, réducteurs...), et en particulier pour certains secteurs, les ateliers mécaniques prennent en charge la révision générale de ces équipements et ce pour différents raisons telles que le manque de moyens de manutention ou d'outillages spéciaux ainsi que les surcharges des équipes des secteurs.

b). Organisation des ateliers centraux

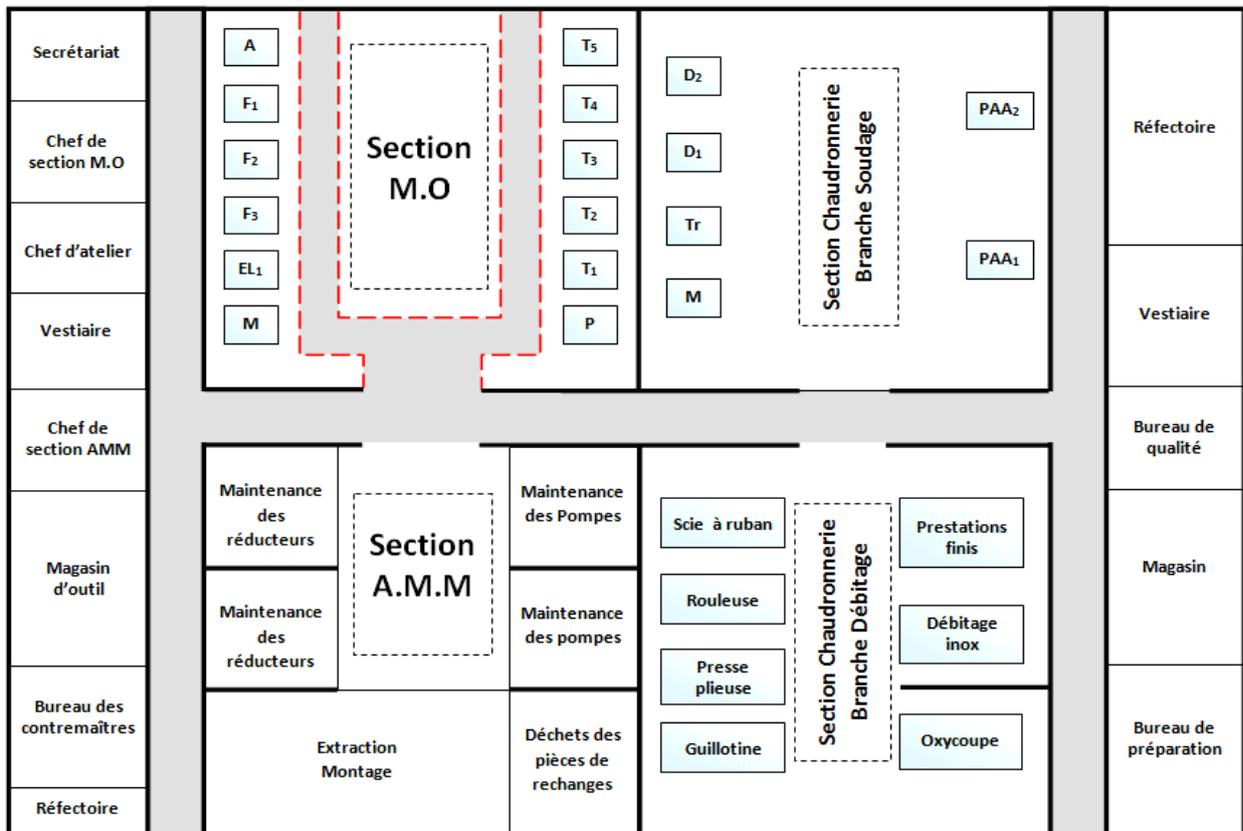


Figure 3: Structure d'organisation du service

Ces ateliers sont répartis en trois sections :

- **Section Ajustage Montage Mécanique (AMM)** : La vocation principale de cette section est la révision des équipements de production, demandée par les secteurs d'entretien. Les prestations réalisées aux ateliers centraux sont aussi importantes que variées, puisque tous les équipements peuvent y être admis, en fonction des besoins quotidiens des secteurs et des exigences de la production. Les opérateurs de la section AMM disposent d'un éventail d'outillage qui leur permet de réaliser leurs prestations dans des délais raisonnables

- **Section Machine-outil** : Les équipes de cette section assurent tous les travaux d'usinage de pièces, soit directement demandées par les secteurs, soit sous forme de bons de travaux internes dans le cas de confection de pièces de rechange.
- **Section Chaudronnerie et Soudage** : Cette section prend en charge tous les travaux de chaudronnerie que ce soit des travaux de remises en état ou de travaux neufs. On peut en distinguer :
 - ❖ Les travaux de réparation par les moyens de soudage.
 - ❖ Les travaux de rechargement par soudure.
 - ❖ Les travaux de confection de matériel neuf.
 - ❖ Les travaux de coupe et de préparation pour les autres secteurs.

Le suivi et l'organisation des travaux se fait par l'intermédiaire de plusieurs bureaux, Chacun de ces bureaux accomplit des tâches bien déterminées grâce à un personnel compétant :

- ✓ **Bureau de secrétariat** : ce bureau a comme occupation l'assurance de la liaison des ACX avec les autres services et de contrôler le pointage du personnel ainsi que leur gestion.
- ✓ **Le magasin du matériel** : Il est chargé de livrer l'outillage aux agents chargés de l'exécution d'un travail ainsi que l'appareillage de contrôle et la gestion des matériels consommables.
- ✓ **Bureau de méthode ou de préparation** : ce bureau est le moyen de liaison entre le service demandeur et les ateliers centraux. Il reçoit **une demande d'intervention DI** du service client pour l'étudier et déterminer la ou les sections qui vont se charger du travail ainsi que le cumul du temps d'exécution de ce travail et le débitage de la matière demandée.

2. Cahier des charges

➤ Problématique

Le τ_s (Taux de satisfaction) est choisi par les ACX comme indicateur clé de performance des opérations de la maintenance et calculé par la relation suivante :

$$\tau_s = \frac{\text{Bons de travaux réalisées dans le délai négocié}}{\text{Bons de travaux reçues}} \quad (1)$$

Ce taux reste inférieur aux objectifs souhaités, cela est dû principalement à l'augmentation des bons de travaux reçus (taux de défaillance élevé des équipements) et à la mauvaise gestion des opérations de la maintenance au sein de l'atelier de la maintenance centralisée. Dans la perspective de l'amélioration du taux de satisfaction des ACX le département de la maintenance nous a accordé le sujet « Fiabilisation des pompes centrifuges de l'unité attaques filtrations et amélioration de la performance des ateliers centraux », comme sujet de projet de fin d'études.

➤ Situation actuelle

- Défaillance et consommation rapide des pompes centrifuges de l'atelier phosphorique.
- Mauvaise gestion des travaux de la maintenance au niveau des ACX.

➤ **Situation cible**

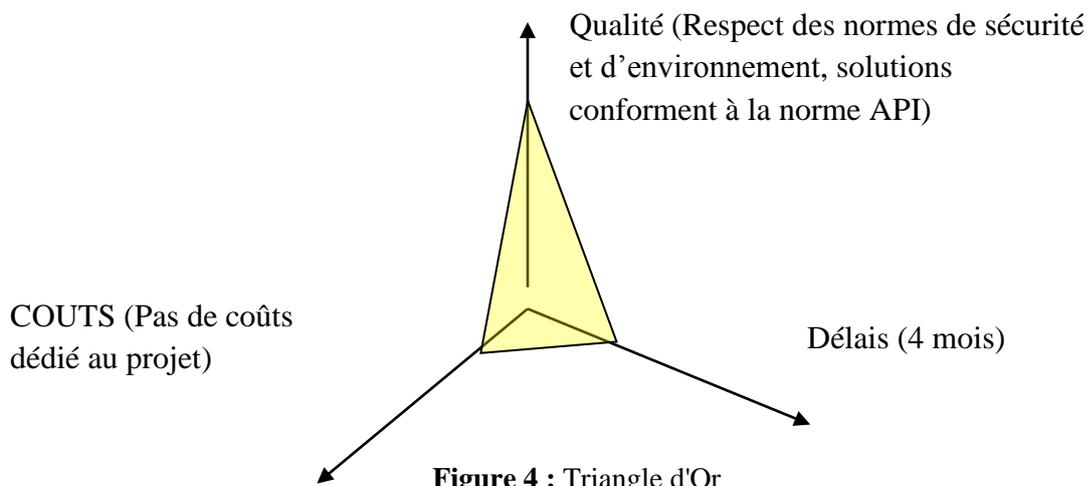
- Optimisation des temps de maintenance au sein de la section AMM.
- Minimisation de nombres des équipements en instance.
- Élévation du taux de satisfaction des clients.
- Augmentation du niveau des performances de la section AMM.
- Amélioration de la fiabilité des équipements installés dans les ateliers de production d'acide phosphorique.
- Renforcement du taux de disponibilité des lignes de production.

➤ **Contraintes et exigences**

Dans ce paragraphe on va utiliser le triangle d'or (ou triangle coût-délai-qualité) pour décrire les exigences de notre projet, ce triangle matérialise les objectifs en termes d'objectif de coût, de délai et de qualité.

Les solutions de notre projet doivent respecter les exigences et les contraintes suivantes

- ✓ Qualité : On doit mettre en considération le respect des normes de sécurité et d'environnement (ISO 14001)
- ✓ Coûts : Pas de coûts dédié au projet dans notre cas
- ✓ Délais : Un projet doit être limité dans le temps, le délai de notre projet est fixé à 4 mois.



3. Conclusion

Après avoir connu l'entreprise en détail, l'objectif du stage et les contraintes sous lesquelles on va travailler, nous allons procéder dans la suite une analyse de l'état actuel afin de bien cibler les causes racines de la problématique existante.

Chapitre 2

Analyse de l'existant et présentations des équipements névralgiques

1. Introduction :

La connaissance parfaite du patrimoine à maintenir est une étape incontournable, le but de ce chapitre est d'avoir toutes les informations qualitatives et quantitatives nécessaires à la définition d'une stratégie sélective adaptée aux objectifs de l'entreprise. Afin de procéder à une analyse exhaustive de l'existant, nous avons suivi la chronologie présentée dans la figure suivante :

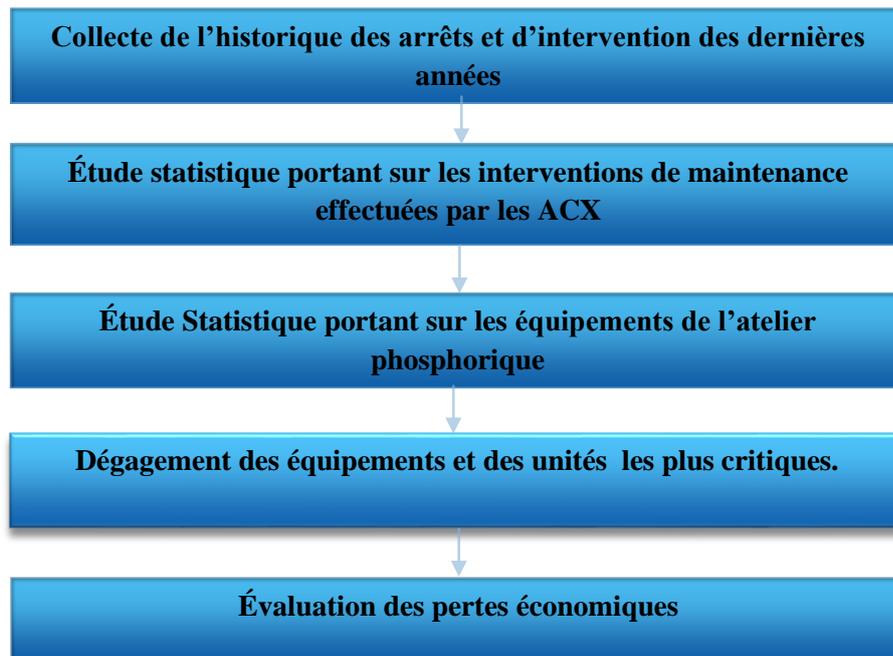


Figure 5 : Démarche générale de l'analyse de l'existant

2. Étude Statistique des prestations au sein de la section Ajustage Montage Mécanique.

L'objectif de cette partie est l'établissement d'une étude statistique portant sur les interventions de maintenance effectuées par les ACX (Ateliers centraux). Les résultats de cette analyse nous aideront à déduire les principaux équipements révisés. A cet effet, nous sommes basés sur l'historique des demandes d'Interventions des trois dernières années.

Le tableau et le graphique suivants montrent les proportions des différents équipements entrant au sein de l'atelier. Ceci nous donnera une idée claire sur les principaux équipements maintenus. Il existe une grande diversité d'équipements maintenus au sein de la section AMM, dont on distingue les groupes suivants : Pompes, réducteurs, coupleurs, ventilateurs, agitateurs et autres.

Tableau 3 : Équipements rentrants dans les 3 dernières années

| Répartition des équipements | | | | |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| Type d'équipement | Nombre d'interventions | (%) des interventions | Cumulé | (%) Cumulé |
| Pompes | 1315 | 37,36% | 1315 | 37,36% |
| Réducteurs | 660 | 18,75% | 1975 | 56,11% |
| Coupleurs | 650 | 18,47% | 2625 | 74,57% |
| Moteurs | 610 | 17,33% | 3235 | 91,90% |
| Agitateurs | 166 | 4,72% | 3401 | 96,62% |
| Ventilateurs | 67 | 1,90% | 3468 | 98,52% |
| Vérins | 23 | 0,65% | 3491 | 99,18% |
| M.outils | 29 | 0,82% | 3520 | 100,00% |
| Total | 3520 | 100,00% | 3520 | 100,00% |

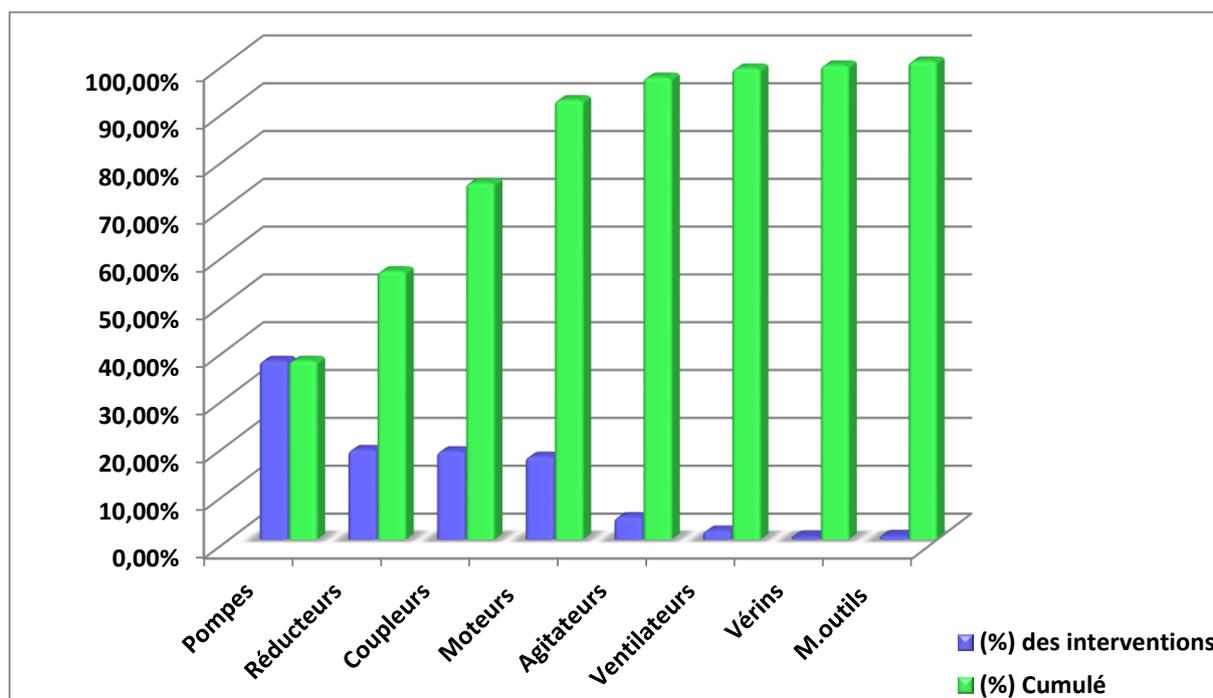


Figure 6 : Pareto des équipements entrants

On remarque que les principaux équipements qui représentent **80%** des équipements entrants dans la section Ajustage Montage Mécanique sont :

- ✓ Les Pompes
- ✓ Les Réducteurs
- ✓ Les Coupleurs

Dans notre étude, nous allons nous focaliser sur les pompes car elles représentent **37,36%** des interventions.

3. Étude Statistique portant sur les équipements de l'atelier phosphorique.

Le but de cette partie est l'établissement d'une étude statistique portant sur les unités de l'AP dont l'état est critique et sur les pompes installées dans celles-ci. Les résultats de cette analyse nous aiderons à déduire :

- ✓ L'unité dans laquelle notre étude sera faite.
- ✓ La MTBF des pompes étudié.
- ✓ Le Type des pompes étudié.

A cet effet, nous nous sommes basés sur l'historique de la consommation des pompes au sein de l'atelier phosphorique, le type des pompes consommées, leurs repères et leurs nombres installés. Le tableau et les graphique suivants nous montrent que

- 47% des équipements de pompage sont installés dans l'unité 03.

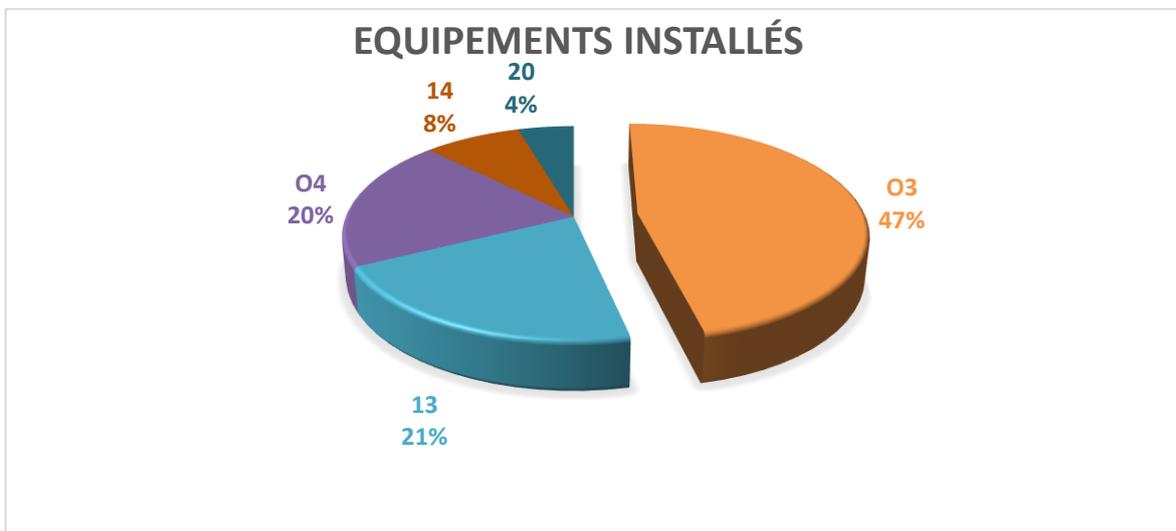


Figure 7 : Statistique des équipements de pompage installés

- 43% des pompes de l'atelier phosphorique sont consommées au niveau de l'unité attaque filtration (unité 03) (figure 6).

Tableau 4 : Consommation des pompes de l'atelier phosphorique

| unités | Pompes consommés | pourcentage |
|--------|------------------|-------------|
| U03 | 82 | 41,837 |
| U04 | 50 | 25,510 |
| U14 | 28 | 14,286 |
| U13 | 16 | 8,163 |
| U20 | 13 | 6,633 |
| U05 | 1 | 0,510 |
| Totale | 196 | 100% |

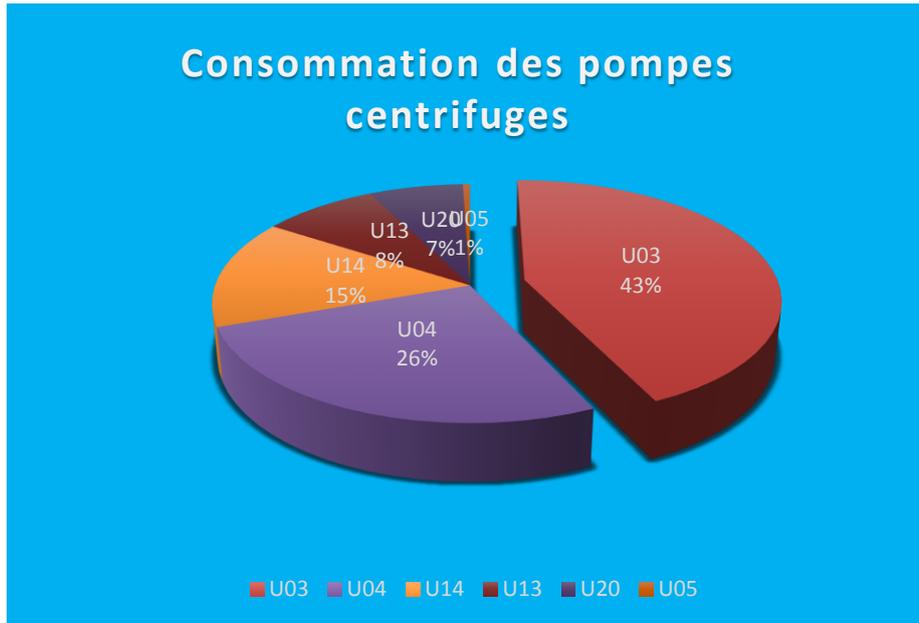


Figure 8 : Consommation des pompes centrifuges

- Pour un raisonnement sur la MTBF d'une pompe, on trouve que 80% des pompes qui tombent en panne et qui ont une MTBF inférieure à 12 mois sont des pompes centrifuges

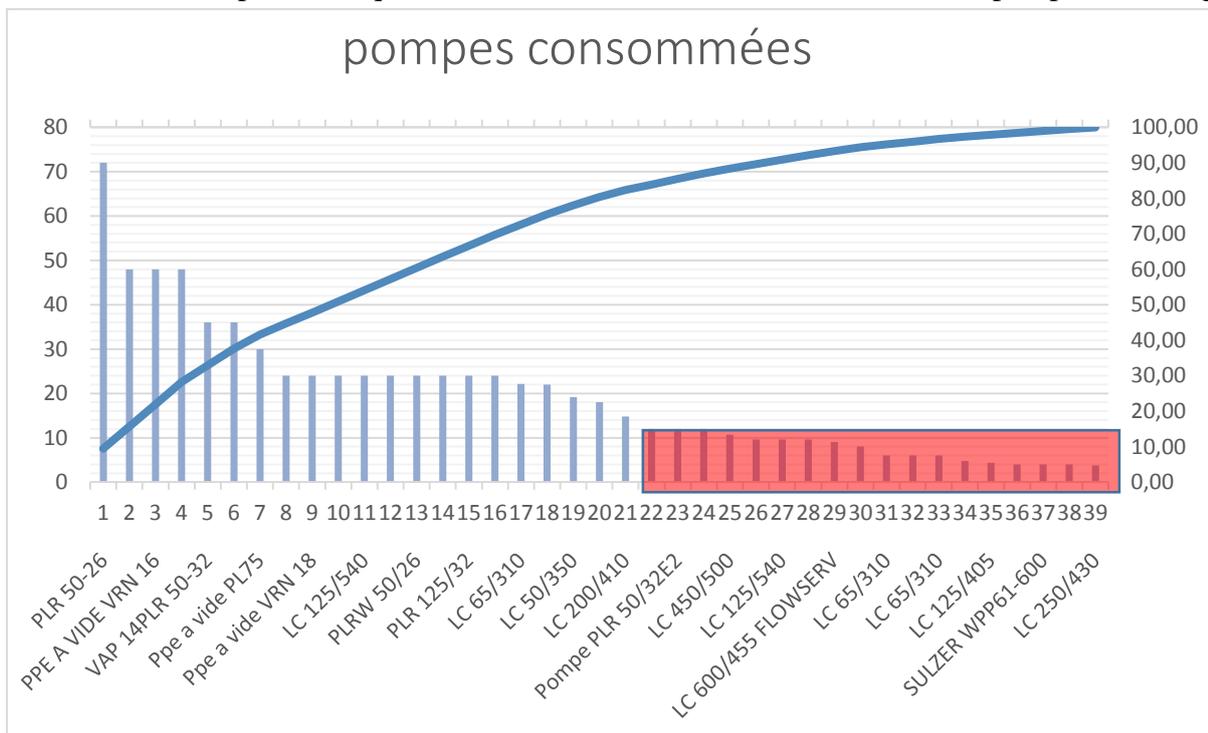


Figure 9 : Pareto des pompes

Les résultats ci-dessus montrent clairement que nous allons consacrer notre étude à l'unité attaque filtration (AF), et aux pompes centrifuges.

4. Évaluation des pertes économiques dues aux dysfonctionnements des pompes centrifuges

Le problème de dysfonctionnement des équipements mécaniques du chantier production de l'acide phosphorique est à l'origine de pertes économiques très importantes. Cette affirmation sera mise en évidence dans ce qui suit. Ces pertes sont dues principalement aux arrêts des lignes de production suite aux défaillances des pompes centrifuges.

Nous allons évaluer les pertes économiques causées par les calculs suivants :

Tableau 5 : Montant des pièces de rechange

| 2013 | 2014 |
|---------|---------|
| 5,6 MDH | 6,7 MDH |

Tableau 6 : Coût d'intervention (Main d'œuvre & consommables)

| années | 2012 | 2013 | 2014 |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| pompes révisés de l'unité 03 | 136 | 97 | 82 |
| couts de la main d'œuvre | 342 KDH | 244 KDH | 206 KDH |

N.B : 1KDH = 10³ DH

Le manque à produire dues aux arrêts des lignes de production à cause des équipements névralgiques au niveau d'atelier Acide Phosphorique.

Nous nous somme basés sur les fichiers historiques des arrêts de l'atelier Phosphorique de l'année 2014. Cela a pour objet de calculer les manques à gagner engendrés par les indisponibilités des lignes de production suite à des arrêts de nature mécanique et électriques des pompes centrifuges.

Tableau 7 : Manque à produire en tonnes

| | Durée d'arrêt en H | Manque à produire en tonnes | % |
|--------------------|--------------------|-----------------------------|------------|
| Pannes mécaniques | 182,42 | 6252 | 76,4583588 |
| Pannes électriques | 56 | 1891 | 23,1258408 |
| autres pannes | 1,08 | 34 | 0,41580042 |
| Totale | 239,5 | 8177 | |

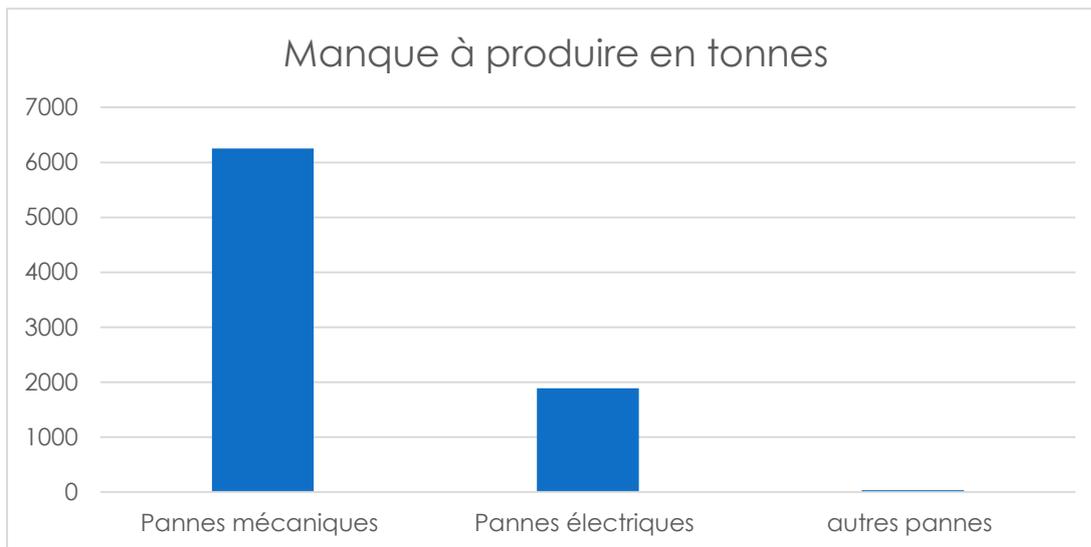


Figure 10 : Proportion de manque à produire en tonnes lié à la nature de panne

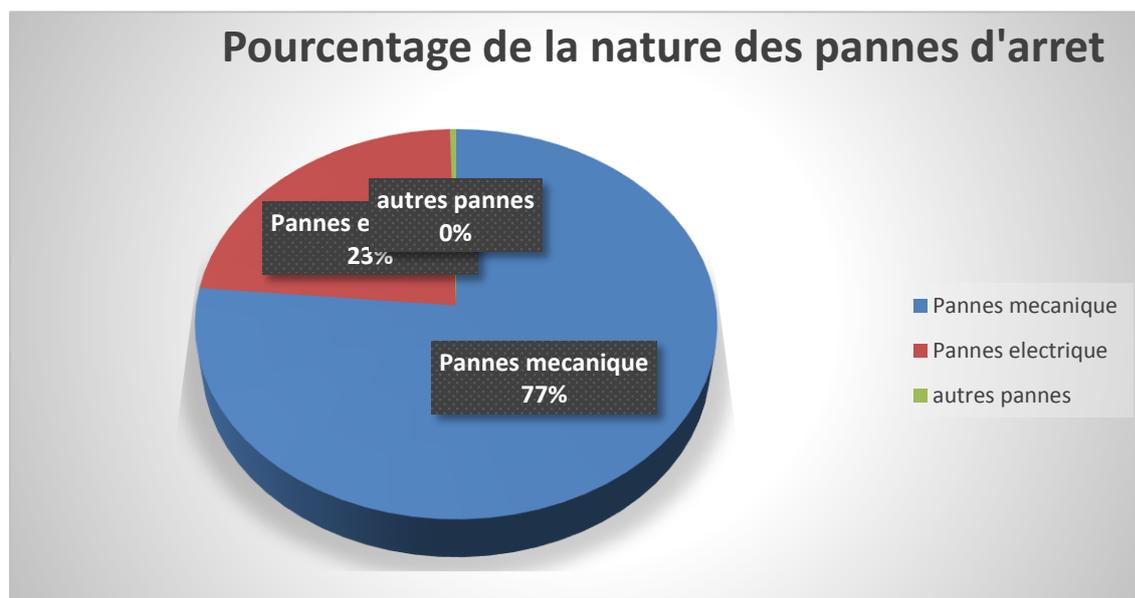


Figure 11 : Pourcentage de la nature des pannes d'arrêt

Ainsi on remarque que la majorité des pannes rencontrées sont dues à des problèmes mécaniques avec un manque à produire de 6252 tonnes pour l'année 2014.

5. Conclusion

Cette étude nous a permis de montrer que les pompes centrifuges de type LC de l'atelier phosphorique, plus précisément de l'unité attaque filtration, présentent la majorité des équipements révisés dans la section AMM des ACX, Avec un montant de pièces de rechange et un manque à gagner très importants.

Chapitre 3

Analyse des causes et présentation des solutions

Dans la suite de ce chapitre nous allons essayer de déterminer et éliminer les causes racines de la défaillance des pompes centrifuges de l'AP à fin de minimiser le nombre d'instance reçues dans les ACX d'une part et d'améliorer et la disponibilité des lignes de production d'autre part

1. Présentation des pompes centrifuges de l'atelier phosphorique

Pour analyser les défaillances d'un système, il est nécessaire auparavant de bien identifier à quoi doit servir ce système : c'est à dire de bien identifier toutes les fonctions que ce système doit remplir durant sa vie de fonctionnement.

L'analyse fonctionnelle constitue une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions du système pour en analyser ensuite les risques de dysfonctionnement. Elle permet également au groupe de travail d'utiliser un vocabulaire commun. Elle peut être menée de manière plus ou moins détaillée selon les objectifs.

1.1. Analyse fonctionnelle externe :

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide, c'est une machine destinée à accroître l'énergie des fluides pompés en vue de provoquer leur déplacement dans des circuits comportant généralement une élévation de niveau (hauteur géométrique), une augmentation de pression (hauteur de charge), et des pertes de charge.

Le diagramme bête à corne qui suit va nous aider à définir le besoin défini par l'utilisateur concernant les pompes centrifuge de l'AP.

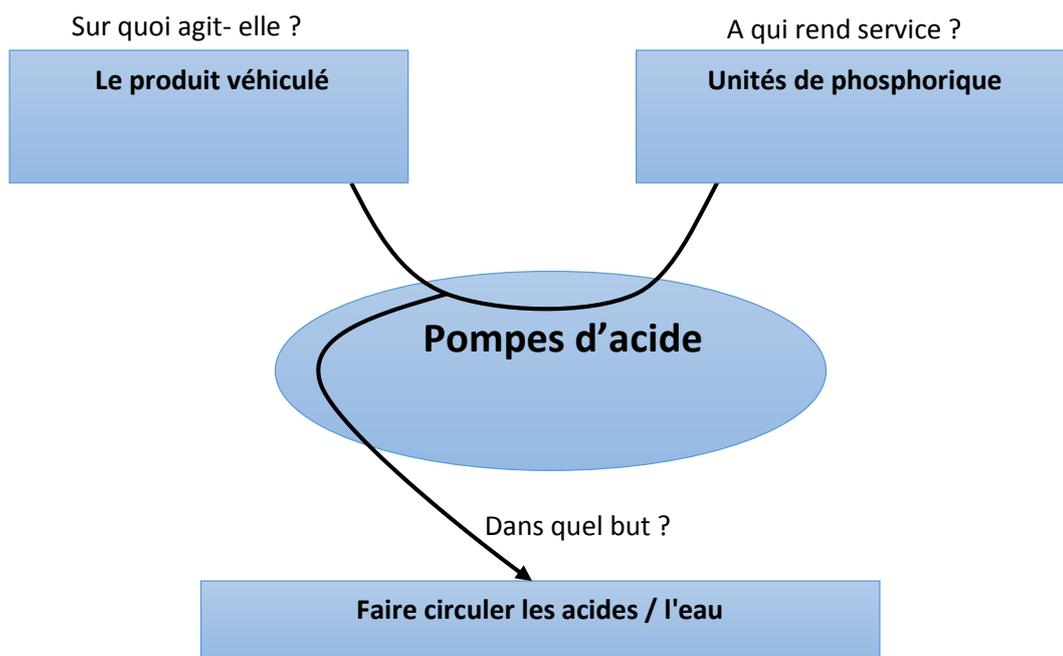


Figure 12 : Diagramme Bête à cornes des Pompes

1.2. Analyse fonctionnelle interne :

Caractéristiques techniques :

Constructeur : **flowserve**

- ✓ Aspiration : Axial de diamètre **360 mm**
- ✓ Diamètre turbine : **405 mm**
- ✓ Refoulement : Latérale orientable de diamètre **125 mm**
- ✓ Pression de refoulement : dépend la taille (Ex : LC **125/405 = 10 bars**)
- ✓ Vitesse de rotation : **1400 tr/min**
- ✓ Hauteur manométrique : Jusqu'à **250 m**
- ✓ Densité du liquide pompé : Jusqu'à **1,9**
- ✓ Masse : dépend de la taille de la pompe (Ex : LC **125/405 = 390 Kg**)
- ✓ Refroidissement : Eau



Figure 13 : Photo et caractéristiques de la pompe folwserve LC

- ✓ Organigrammes techniques des pompes

L'organigramme technique est un outil qui permet de passer à des niveaux plus inférieurs en précisant la décomposition des différents organes de la pompe. Il met en évidence les composants d'interaction en se basant sur un raisonnement en termes de flux d'énergie, ce qui va nous permettre par la suite de déduire les effets induits.

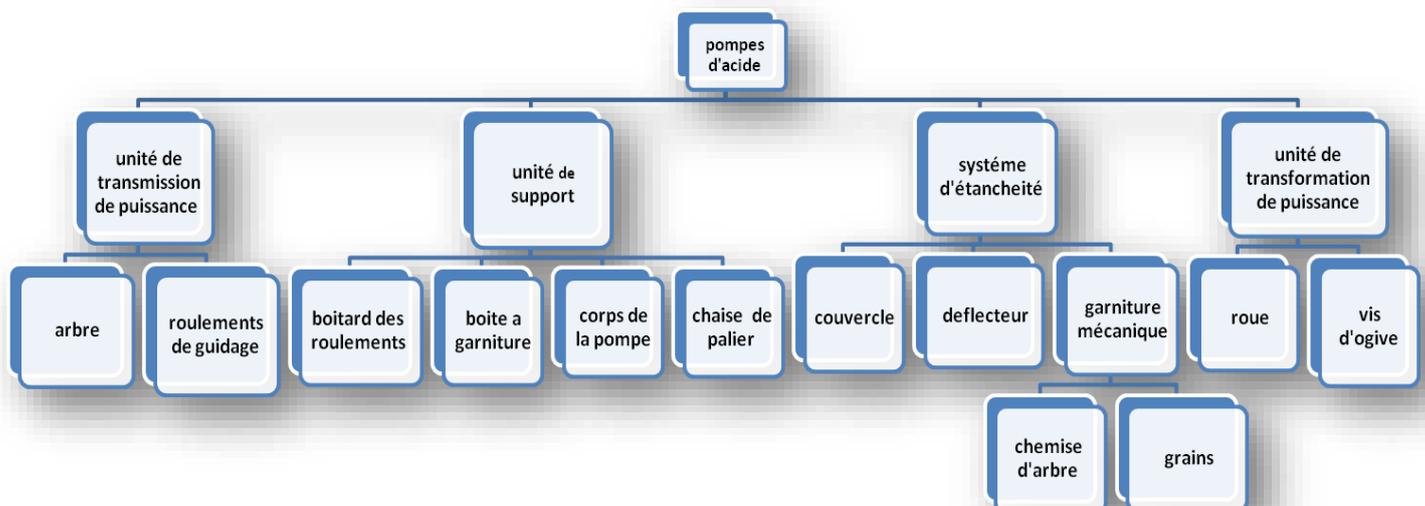


Figure 14 : Organigrammes techniques des pompes

1.3. Conclusion

Dans cette première partie du chapitre III nous avons analysé et décortiqué les fonctions de service et les organes principales d'une pompe d'acide afin de bien analyser et identifier les risques de dysfonctionnement de notre système.

2. Détermination et analyse des causes d'indisponibilité des pompes centrifuges

2.1. Détermination de la cause d'indisponibilité des pompes de l'AP

Pour déterminer la cause d'indisponibilité d'une pompe nous nous sommes basés sur l'analyse de la consommation des pièces de rechange, cette analyse a montré que plus que 89% du montant des pièces de rechanges est représenté par la consommation des garnitures mécaniques avec un montant de 5 MDH et plus (**figure 15**). Chose qui montre clairement que la cause racine de défaillances des pompes centrifuges au sein de l'AP est due à une défaillance des garnitures mécaniques, cette défaillance est traduite par une fuite externe qui engendre non seulement la défaillance de la garniture mais aussi la détérioration des autres organes de l'équipement et une perte économique importante.

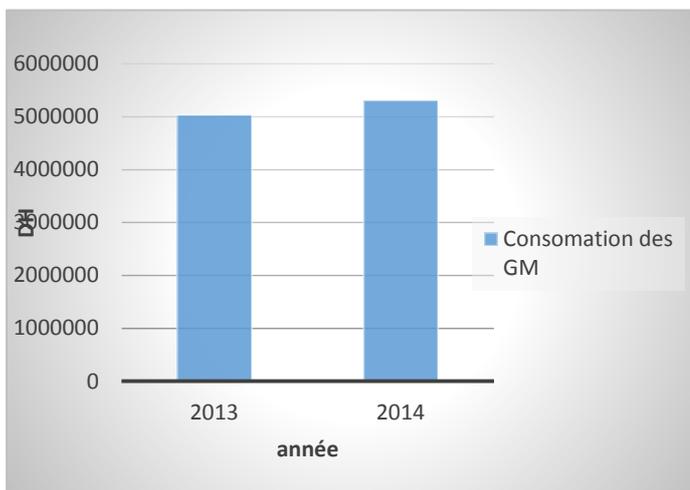


Figure 15 : Consommation des GM et impact des fuites d'acide

➤ Rôle d'une garniture d'étanchéité

Dans le cas général, le liquide pompé se trouve dans le corps de la pompe à une pression supérieure à la pression atmosphérique et risque donc de fuir le long de l'arbre vers l'atmosphère ou les corps de palier. Donc il est nécessaire de réduire cette fuite à une valeur nulle ou quasi nulle pour les raisons évidentes de sécurité et d'environnement.

L'organe qui assure l'étanchéité autour de l'arbre est appelé **garniture d'étanchéité**. La figure ci-dessous montre la position d'une garniture d'étanchéité dans une pompe centrifuge.

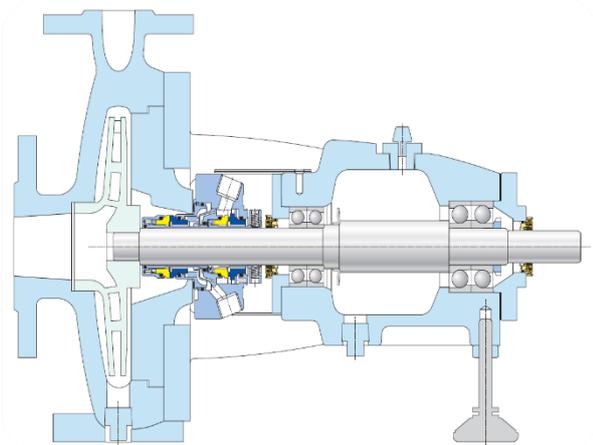


Figure 16 : Garniture mécanique

➤ **Principaux types de garnitures d'étanchéité**

Il existe deux familles de garnitures d'étanchéité, le tableau suivant illustre d'une manière plus profonde les spécifications des deux types de ces garnitures :

| Garniture d'étanchéité | |
|---|--|
| garniture presse-étoupe | garnitures mécaniques |
| | |
| Principe de fonctionnement | |
| <p>Le fouloir exerce sur les anneaux, ou tresses, une force de compression parallèle à l'axe de la pompe.</p> <p>Les anneaux, bloqués en translation par la forme du corps de garniture, subissent par conséquent une expansion radiale perpendiculaire à l'action du fouloir. Ils sont donc appliqués à la fois sur l'arbre (ou sa chemise) et sur le corps de garniture, comme figuré ci-après.</p> | <p>Le liquide sous-pression de la pompe est arrêté par la surface de contact entre les deux pièces essentielles constituant une garniture, le grain (fixe) et la coupelle (mobile), le montage des deux pièces principales sur des joints toriques leur confère la souplesse suffisante pour s'auto-aligner en fonctionnement.</p> <p>Le contact entre grain et coupelle doit être lubrifié par un film de liquide. Ce film est renouvelé très lentement, ce qui correspond à un débit de fuite très faible de l'ordre de quelques cm³/jour par exemple.</p> |

| Domaine d'utilisation | |
|---|--|
| utilisés pour des produits peu coûteux et non polluants comme l'eau froide, ou temporairement pour des usages où la mise au point d'une garniture mécanique est difficile ou encore pour des services bien spéciaux comme les pompes d'eau incendie (pas de risque de panne brutale). | Utilisés pour des produits coûteux, polluants, dangereux pour l'environnement et le personnel, et dans des températures plus élevées, elles ont une longue durée de vie par rapport à la presse étoupe surtout lors d'un refroidissement convenable. |

2.2. Analyse des causes

➤ Définition de la méthode :

Le diagramme d'Ishikawa est un outil qui permet d'identifier les causes possibles d'un effet constaté et donc de déterminer les moyens pour y remédier. Cet outil se présente sous la forme d'arêtes de poisson classant les catégories de causes inventoriées selon la loi des 5 M (matière, main d'œuvre, matériel, méthode, milieu). Il faut dans un premier temps définir clairement l'effet sur lequel on souhaite directement agir. Il est très important de bien identifier les caractéristiques de la question traitée. Pour cela il faut :

- ✓ Lister à l'aide de la méthode de « brainstorming » par exemple, toutes les causes susceptibles de concerner le problème considéré.
- ✓ Il faut bien approfondir et explorer toutes les dimensions d'une situation donnée.
- ✓ Classer par famille toutes les causes d'un problème déterminé.

✚ Remarque :

- La hiérarchisation des causes a été réalisée avec une équipe constituée des agents et des techniciens de l'atelier phosphorique et de l'atelier de la maintenance mécanique centralisée.
- Dans toute la suite de ce chapitre nous allons traiter les causes jugées, par l'équipe, comme causes racines de la défaillance d'une garniture mécanique.
- Les causes marquées par un NON ne sont pas des causes racines
- Les autres causes seront traitées soit sous forme de proposition des recommandations générales pour les pompes centrifuges de type LC ou sous forme de solutions techniques, selon la criticité et la fréquence de répétition de chaque anomalie.



Matière

Matériel

Méthode

Fluide abrasif

Vieillessement de l'équipement

NON

Procédure de Démarrage de la pompe

NON

Mauvaise qualité de l'eau de refroidissement et bouchage des conduites de refroidissement

Mauvais refroidissement de la garniture

Mauvaise préparation de la pompe

Non rinçage de la pompe lors de la mise hors service.

Non fiabilité du matériau des grains

Garniture mécanique n'est pas adaptée à un type de fonctionnement

Fonctionnement avec débit inférieur /supérieur du débit nominal

Défaillance de la garniture mécanique

Absence de communication entre le personnel

Encombrement de la pompe

Température élevée des paliers

NON

Personnel non qualifié

NON

Dégradation des fondations

Etat de la tuyauterie

Absence de contrôle de la pression du liquide de refroidissement

NON

Main d'œuvre

Milieu

Mesure

2.2.1. Milieu

a- Dégradation des fondations – Encombrement de la pompe

Généralement, la pompe et le moteur sont montés sur un socle commun. Sinon, des socles séparés sont montés sous chaque machine. Les socles doivent être scellés. Nous avons remarqué qu'il existe des cas où les critères d'emplacement des pompes centrifuges et les caractéristiques de fondation de ces dernières ne sont pas vérifiées.



Figure 17 : Dégradation des fondations

Il existe différentes méthodes pour installer un groupe motopompe sur son massif. Le choix dépendra de la taille du groupe, du type d'installation et du niveau de bruit/vibration admissible. Le non-respect des règles de l'art relatives à une fondation correcte et à une bonne assise conduit à la création des niveaux vibratoires importants et la défaillance immédiate de tous les organes de la pompe.

Recommandation constructeur :

Le socle devra être installé sur une assise rigide, en béton de qualité et d'épaisseur convenable ou sur une assise en acier rigide. Le socle ne sera pas déformé sur sa fondation, mais posé sur celle-ci, afin de maintenir l'alignement d'origine du groupe moteur et pompe. Les boulons de scellement doivent être de dimensions adaptées aux trous de fixation, conformes aux standards, et de longueur suffisante pour assurer une fixation en toute sécurité dans les fondations.

La pompe sera installée en prévoyant un accès aisé et de l'espace pour la ventilation (A), l'exploitation, la maintenance et le contrôle, et assez de hauteur (H) pour tous travaux de manutention. L'emplacement sera aussi proche que possible de la prise d'aspiration.

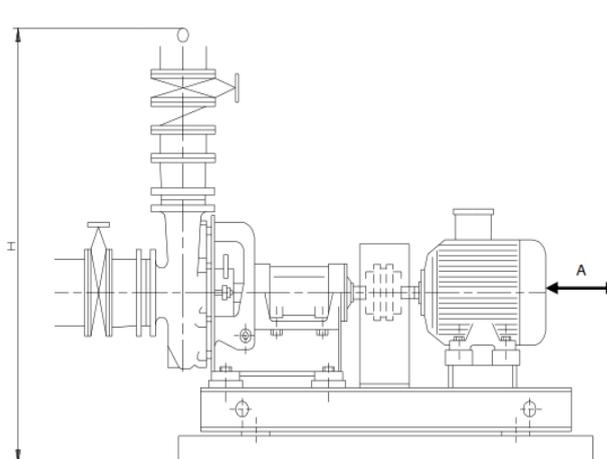


Figure 18 : Encombrement de la pompe

b- Désalignement de l'arbre moteur-récepteur.

L'alignement de l'arbre moteur récepteur est vérifié à l'usine du constructeur. Mais l'état de la fondation de la pompe sur site nécessite de refaire un autre contrôle et réglage de l'alignement, si non, un fonctionnement de la pompe avec une anomalie de délignage entraîne l'usure des grains de la garniture et la défaillance d'autres organes.



Figure 19 : Désalignement de l'arbre moteur-récepteur

La figure ci-dessus montre qu'il ne faut pas se contenter de l'alignement du constructeur car il se peut que la fondation de la pompe à l'usine n'est pas la même que dans le site.

Recommandation :

Pour vérifier l'alignement de l'arbre moteur-récepteur, il faut vérifier en premier lieu le sens de rotation du moteur avant de connecter les accouplements. Normalement l'alignement doit être fait à la température ambiante, donc pour les groupes pompant des liquides à haute température, on devra les faire fonctionner à la température réelle ; les arrêter, et immédiatement vérifier leur alignement, il faut aussi s'assurer que la pompe et le moteur sont bien isolés électriquement.

➤ Contrôle de parallélisme et concentricité

Mesurer en 3 ou 4 positions avant branchement de tuyauteries

Tolérances admissibles pour moteur monté sur roulements :

= 0.15 mm en parallélisme

= 0.1 mm angulaire

➤ Contrôle angulaire

Le contrôle angulaire consiste à vérifier les défauts d'angle.

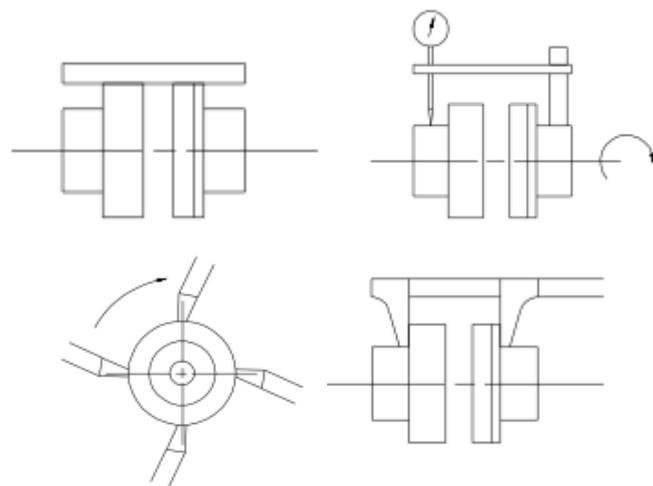


Figure 20 : Contrôle de parallélisme et concentricité

Remarque

Un alignement définitif aura lieu après branchement de la tuyauterie.

c- Etat de la Tuyauterie

La mauvaise implantation de la tuyauterie engendre des phénomènes de cavitation de la pompe, nous avons remarqué aussi que parfois elle est utilisée comme support de tuyauterie ceci peut causer un dysfonctionnement grave, en effet les forces et les moments admissibles sur les brides de la pompe dépendent du type et de la taille de celle-ci. Les efforts extérieurs peuvent conduire au désalignement de l'ensemble pompe et moteur, à l'échauffement des roulements, à l'usure et à la destruction de l'accouplement, à des vibrations ou à la rupture du corps de pompe.

Recommandations

- Il ne faut jamais utiliser la pompe comme support de tuyauterie.
- Recommandation pour la conception de la tuyauterie d'aspiration

| pompe en charge | pompe en aspiration |
|--|--|
| <p>La conduite d'aspiration doit être la plus courte et la plus directe possible, ne jamais monter un coude directement sur la bride d'aspiration de la pompe.</p> | <p>La conduite d'aspiration doit être la plus courte et la plus directe possible, ne jamais monter un coude directement sur la bride d'aspiration de la pompe.</p> |
| | |
| Recommandation | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Eviter des coudes brusques ou des rétrécissements abrupts. Utiliser des convergents 20° (angle total). - Effectuer un traçage des tuyauteries évitant la formation de poches d'air (pas de dos d'âne). - Si des points hauts sont inévitables dans la conduite d'aspiration, les munir de purgeurs d'air. - Si une crépine est nécessaire, prévoir sa section libre de passage à 3 ou 4 fois la section de la tuyauterie d'aspiration. - Si une vanne d'aspiration est nécessaire, choisir un modèle à passage direct. | <ul style="list-style-type: none"> - Eviter des coudes brusques ou des rétrécissements abrupts. Utiliser des convergents 20° (angle total) à génératrice supérieure horizontale. - Effectuer un traçage des tuyauteries en pente montante vers la pompe évitant impérativement des points hauts. - Si un clapet de pied est nécessaire, ne pas le surdimensionner car il engendrerait des pulsations de pression (battement du clapet). |

- Recommandation pour la conception de la tuyauterie de refoulement

| Conception de la conduite de refoulement | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Si la conduite de refoulement possède un divergent, l'angle total de celui-ci sera compris entre 7° et 12°. - Monter la vanne de refoulement après le clapet de non-retour dans le sens de l'écoulement. - Le clapet de non-retour sera installé dans la tuyauterie de refoulement pour protéger la pompe des surpressions éventuelles et éviter le dévirage de celle-ci lors de l'arrêt. <p>Si nécessaire, un manomètre de contrôle peut être raccordé sur la tuyauterie.</p> | |

2.2.2. Matière

a- Fluide abrasif

Les produits pompés sont des produits peu chargés, l'infiltration des particules du produit dans la chambre à garniture, plus précisément dans les faces entre les grains, engendre la destruction de ces derniers, Aussi la présence des corps étrangers dans les conduites (aspiration refoulement) en SVR augmente la probabilité que ces derniers se trouvent dans l'interface grain coupelle, et donc, dégradation de la garniture.

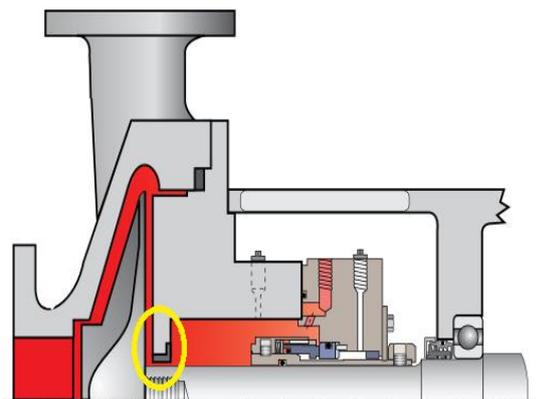


Figure 22: Bague de fond dans chambre à garniture



Figure 21 : Conduites en SVR

Solution

Utilisation d'une bague de fond (**figure 21**) pour diminuer le taux d'introduction des particules dans la chambre de garniture et planification d'un contrôle périodique pour contrôler l'état des conduites en SVR.

b- Non fiabilité du matériau des grains

Dans la plupart des cas, les éléments les plus sollicités à la défaillance dans une garniture mécanique sont les grains (fixe et mobile).



Figure 23 : Les grains

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

Le tableau ci-dessous montre une méthode pour le choix des matériaux des grains les plus utilisés pour différent type de produit.

| Couples de frictions les plus Utilisées | |
|--|---|
| Produits clairs ou peu chargés | Produit chargé, cristallisants ou visqueux |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Carbure de silicium /carbone liant résine ou métallique 2. Carbure de tungstène /carbone liant résine ou métallique 3. Oxyde d'alumine / carbone liant résine ou métallique 4. Fonte/ carbone liant résine 5. Bronze / carbone liant résine 6. Bronze / acier traité | <ol style="list-style-type: none"> 1. Carbure de silicium / Carbure de silicium 2. Carbure de silicium / Carbure de tungstène 3. Carbure de tungstène / Carbure de tungstène |

c- Mauvaise qualité de l'eau de refroidissement

la mauvaise qualité de l'eau de refroidissement (présence de solides suspendus, mauvaise conductivité , neutralité et agressivité) à un impact très négative sur les équipement de contrôle comme les débistat et les filtres aussi bien que les canalisation et les organes de la garniture mécanique notons qu'une canalisation bouchée ne permet pas de faire passer l'eau comme il faut ,chose qui donne naissance à un mauvais refroidissement de la garniture mécanique.



Figure 24 : Ressorts corrodés



Figure 25 : Débistat bouché

Solution

Pour remédier au problème du bouchage de la canalisation de refroidissement, il faut monter un filtre bypass en amont du circuit de refroidissement de la pompe.

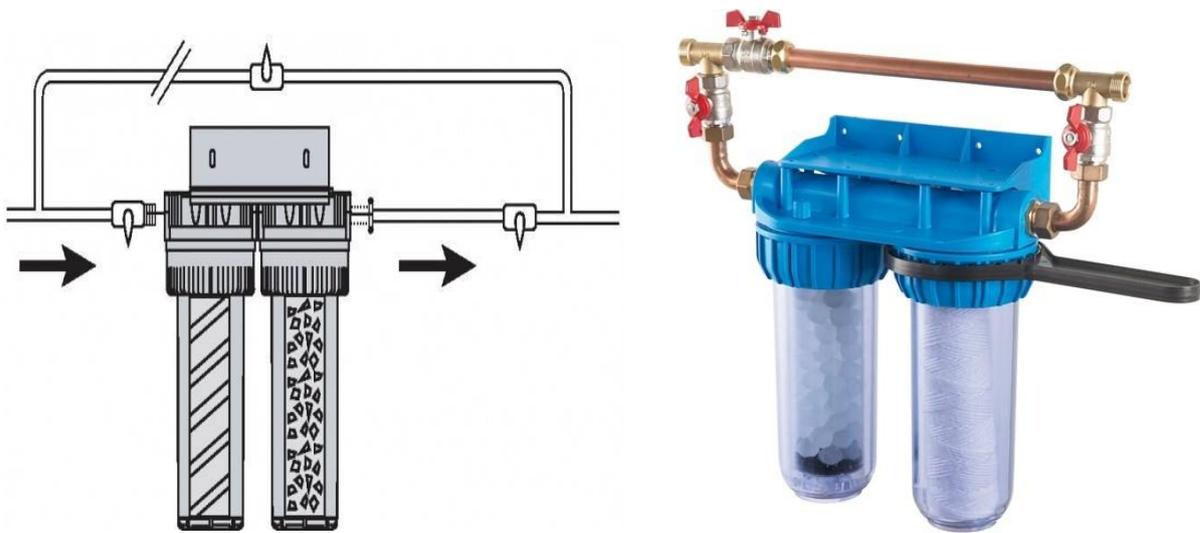


Figure 26 : Filtre bypass

2.2.3. Méthode

a- Vérifications et préparation

Avant chaque premier démarrage d'une pompe et après chaque intervention il faut nécessairement vérifier les points suivants :

- Vérifier le serrage des différents bouchons.
- Ouvrir le circuit de refroidissement de la garniture mécanique. Pour une pompe équipée d'une presse étoupe, vérifier que le fouloir ne serre que très légèrement les tresses. (Risque d'échauffement des tresses).
- Vérifier le sens de rotation du moteur. Se référer à la flèche de rotation de la pompe.
- Installer tous les dispositifs de protection et notamment le protège-accouplement et la grille de protection (repère [9331] annexe) du palier.
- Ouvrir toutes les vannes à l'aspiration (si existantes).
- Fermer la vanne au refoulement et le by-pass du clapet.
- Vérifier que toute la tuyauterie d'aspiration ainsi que la pompe elle-même soient bien remplies.
- Aérez la pompe pour laisser s'échapper tout l'air emprisonné, en prenant des précautions dans le cas de liquides chauds ou dangereux.

b- Fonctionnement avec débit inférieur/supérieur du débit normal

La pompe ne doit pas fonctionner à un débit inférieur à 40 % ou supérieur à 120% du débit nominal sans limitation de durée. En effet un fonctionnement avec un débit loin du point de fonctionnement nominal engendre une poussée radiale qui entraîne un fléchissement de l'arbre et le sommet à une flexion rotative souvent à l'origine de rupture catastrophique par phénomène de fatigue.

Les constructeurs de pompes fixent, en conséquence, une valeur limite du débit en-dessous duquel la durée de vie de la pompe est réduite. Des vibrations et des difficultés d'entretien des systèmes d'étanchéité peuvent également apparaître pour un fonctionnement à débit réduit.

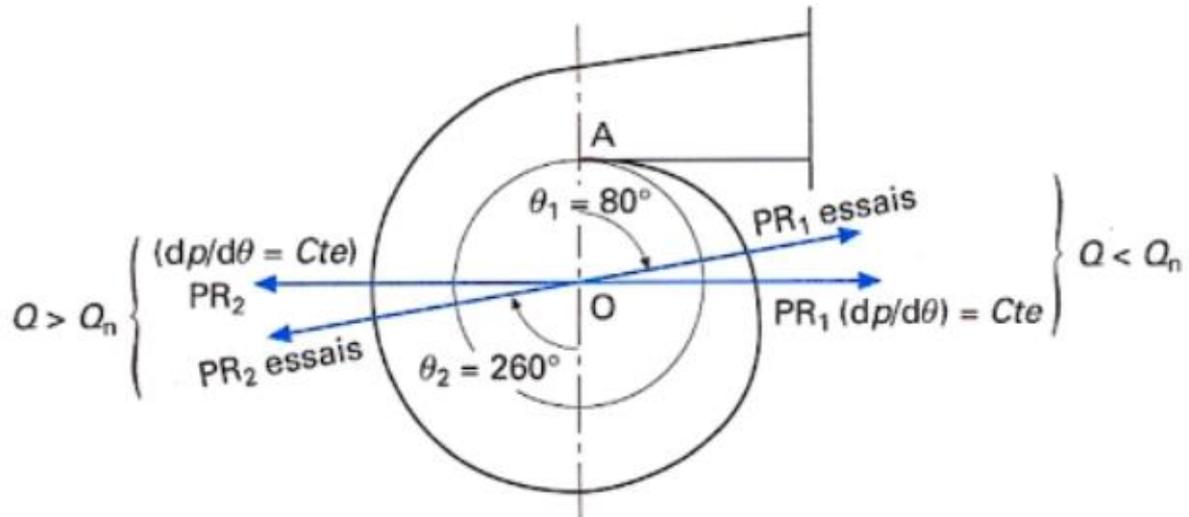


Figure 27 : Flexion rotation de l'arbre

La poussée radiale PR est proportionnelle à la surface sur laquelle s'applique le champ de pression, à $\Delta p (= \rho g H)$ fourni par la pompe au point nominal et à coefficient expérimental k' :

$$PR = k' \Delta p [2r(b + 2s)]$$

Avec

r : \varnothing roue

b : longueur roue

s : épaisseur des flasques

On détermine le facteur k' à l'aide des courbes expérimentales, à la base de la vitesse spécifique et du débit de fonctionnement.

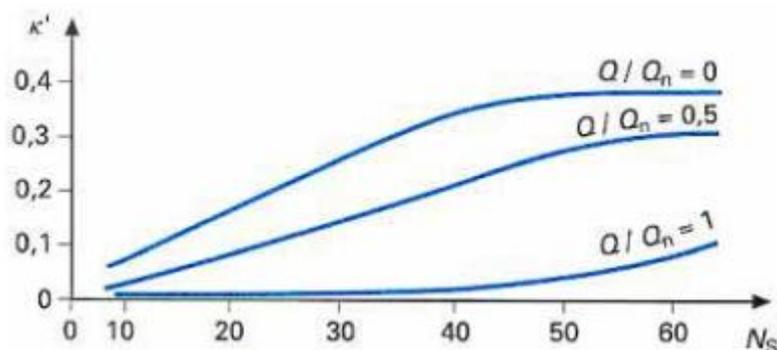


Figure 28 : Détermination du coefficient k' en fonction de la vitesse spécifique et du débit

c- Non rinçage de la pompe lors de la mise hors service

La méthode d'arrêt des pompes centrifuge dans l'unité 03 de la pompe est critique. En effet l'arrêt d'une pompe d'acide est conditionné par le niveau de remplissage des bacs de stockage dans l'unité de concentration. Chose qui donne naissance à plusieurs actions de mise hors service des pompes centrifuges. Dans ce cas (arrêt immédiate de la pompe) on aura une apparition du phénomène de la solidification du produit pompé.

Cette solidification a un impact très négatif sur la pompe lors du redémarrage car il peut laisser des portions de produit solidifié à masse et volume importants, ces portions entre dans la chambre a garniture et engendre la destruction immédiate des grains de la garniture.



Figure 29 : Produit solidifié

Recommandations :

Suivant les conditions hydrauliques de l'installation et son degré d'automatisation, les procédures d'arrêt et de démarrage peuvent avoir différentes formes. Toutes doivent néanmoins respecter impérativement les règles suivantes :

➤ Redémarrage :

- a. Garantir un remplissage complet de la pompe.
- b. Garantir une alimentation continue avec un NPSH disponible suffisant.
- c. Garantir une contre-pression de sorte que la puissance du moteur ne soit pas dépassée.
- d. Respecter la fréquence de démarrage imposée par le constructeur du moteur.
- e. Protéger la pompe contre les coups de bélier lors des séquences d'arrêt/démarrage.

➤ Mise hors service :

- a. Fermer la vanne de refoulement et arrêter le moteur. Fermer éventuellement la vanne à l'aspiration.
- b. En cas d'arrêt prolongé, il faut ouvrir le circuit de rinçage de la pompe pour protéger celle-ci contre le gel (solidification du produit).

2.2.4. Main d'œuvre

a- Absence de communication entre le personnel

La communication est le processus de transmission d'information dont le dialogue est la forme la plus courante et la plus utilisée entre les individus soit directement soit à travers les moyens technologiques. Elle est l'art de développer et de réaliser une bonne compréhension entre personnes. Elle est le processus d'échange d'informations et de sentiments entre deux personnes ou plus, et elle est essentielle pour que la gestion soit efficace au sein de l'entreprise.

Nous avons remarqué un manque de communication entre les différents services de production, maintenance etc..., ceci a un impact négatif sur la rentabilité et la productivité de l'entité, ci-dessous le diagramme Pareto nous montre que les lignes A, B et D consomment 80% des pompes dans l'unité 03.

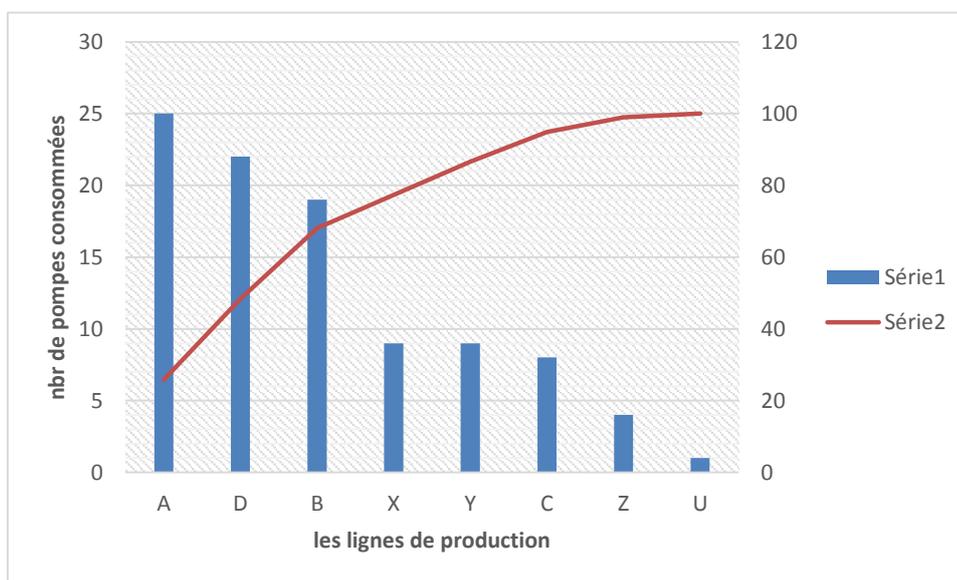


Figure 30 : Pareto des lignes de production

Nous avons remarqués que la consommation des pompes aux lignes du nord est plus élevée qu'au sud, cette différence de consommation d'équipements n'est pas à la cause de l'état des lignes, mais c'est à cause d'un manque de communication entre les zones nord et sud.

En effet nous avons trouvés que lors d'une fuite au niveau de la garniture d'une pompe dans la zone sud, les techniciens continuent à travailler avec la garniture en bouchant la sortie du liquide pour que la fuite devienne interne, et ceci n'affecte pas la qualité du produit pompé.

Par contre dans la zone nord, lors d'une fuite sur garniture la seule action faite c'est l'arrêt de la pompe et le demande d'intervention.

On peut voir clairement que s'il y avait une communication entres ces zones combien la consommation des garnitures dans la zone nord sera réduite.

Solution

Organisation des réunions hebdomadaires pour discuter les différents problèmes dans les différents services.

2.2.5. Matériel

a- Garniture mécanique n'est pas adaptée à un type de fonctionnement-Mauvais refroidissement

L'un des moyens les plus efficaces pour obtenir une longue durée de vie d'une garniture mécanique est de créer un environnement sain autour des faces (grains) de celle-ci. Dans ce paragraphe nous allons choisir un concept complet qui permet d'assurer un fonctionnement idéal d'une GM.

❖ *Situation actuelle*

Après avoir collecter les informations concernant l'unité attaque filtration ,nous avons remarqué que pour le cas des pompes (P04,P05) (figure 23), qui ont pour rôle le pompage du produit avec faible et moyen concentration vers le filtre, la fuite interne de l'eau de refroidissement (dilution du produit avec l'eau) est très tolérable .en effet le produit pompé n'est pas un produit fini et il sera traité une autre fois pour qu'il aura une concentration convenable.

Les pompes (P05) sont destinées au pompage de l'acide phosphorique (29%) vers le stockage, dans cette opération, aucune dilution de produit (fuite interne) n'est tolérée car la dilution du produit affecte sa concentration et sa qualité.

Les pompes sont équipées des garnitures mécaniques doubles avec utilisation d'un liquide séparé (l'eau brute) pour le refroidissement, chose qui n'est pas utile, car l'utilisation d'un seul type de garniture pour plusieurs mode de fonctionnement n'est pas pratique voir illogique.



Figure 31 : Pompes (P05, P06)

❖ *Choix de garniture adapté au type de fonctionnement*

Le choix de la GM est important voir nécessaire, donc nous allons se référer aux plans API pour un choix judicieux de la GM, Les plans API aident aussi les garnitures mécaniques à fonctionner dans des conditions idéales, permettent des manipulations sécurisées pour les fluides dangereux et augmentent la disponibilité des équipements tournants.

❖ *Présentation de l'API*

L'American Petroleum Institute (API) est une organisation nationale américaine couvrant tous les aspects liés à l'industrie du pétrole et du gaz naturel. Fondé en 1919, l'API compte plus de 400 membres, allant des grands groupes industriels aux compagnies plus petites, rassemblant autant les producteurs, raffineurs, fournisseurs, opérateurs de canalisation et transporteurs maritimes que les compagnies de service. L'API qui a publié ses premiers standards en 1924, maintient aujourd'hui ses 500 standards et fiches pratiques couvrant tous les champs de l'industrie du pétrole et du gaz naturel : construction, inspection, sécurité, protection contre l'incendie ou encore environnement.

L'API publie également des spécifications, codes et publications techniques établis sur la base de bonnes pratiques industrielles. Pour cela, il existe plus de 700 groupes de travail et comités couvrant ces divers domaines et sujets techniques. Ils ont pour objectif de rédiger, d'améliorer et de mettre à jour ces standards et codes.

❖ *Choix de la GM*

Après avoir étudié les plans API les plus essentiels et qui sont actuellement utilisés avec succès dans les sites industriels. Nous avons abouti à cette logique pour le choix d'une GM pour les trois natures de fluide à étancher existants

- **Fluide claire :**
 - Pompes de rinçage
 - Pompe d'acide concentré à 54%
 - Pompe d'acide concentré à 29%
- **Peu chargé :** Pompe d'acide concentré à 29%
- **Très chargé :** pompe de la bouillie

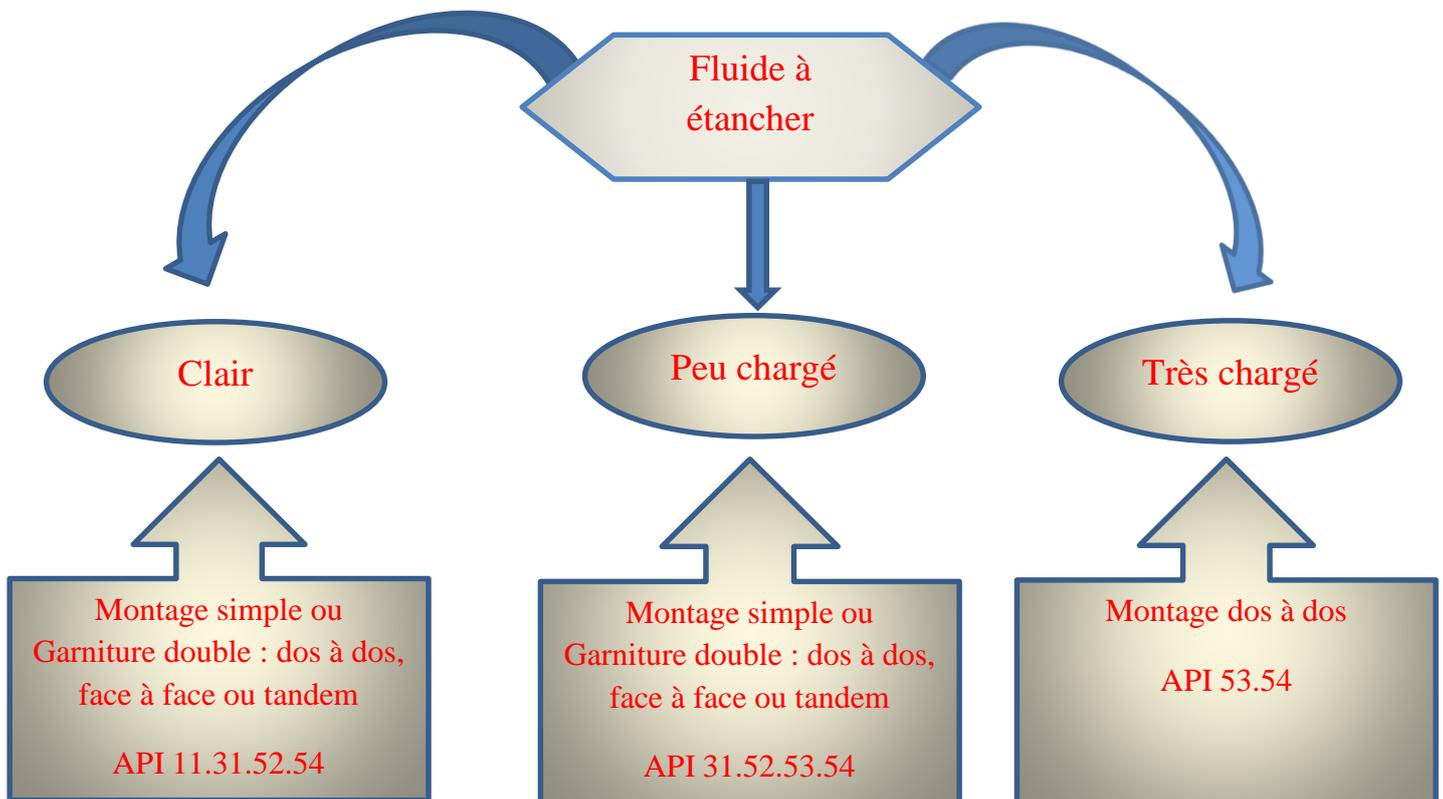
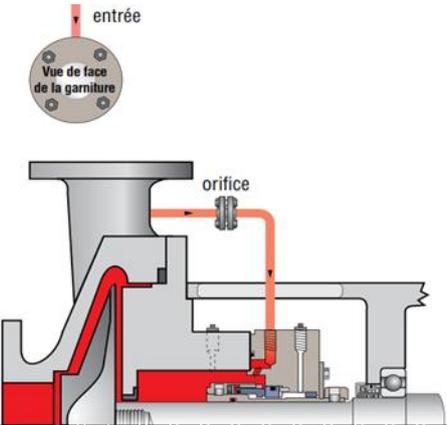
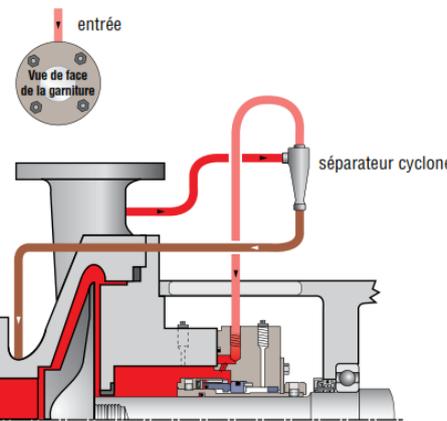
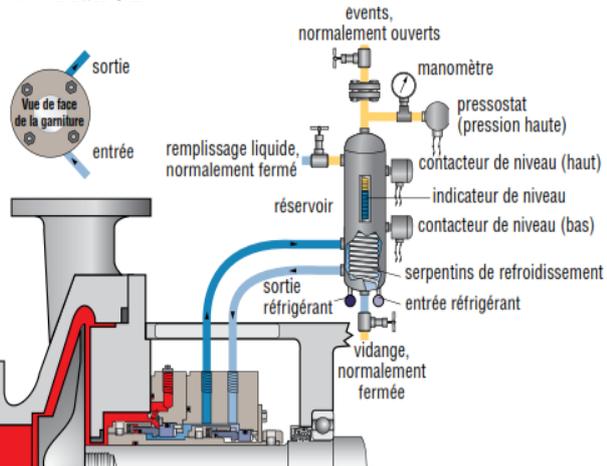


Tableau 8 : Tableau des plans API

| Plan de refroidissement | Le Quoi, le pourquoi et Où ? |
|---|--|
| <p>Plan 11</p>  | <p>Quoi Injection venant du refoulement de la pompe via un orifice. Plan API par défaut pour garniture simple.</p> <p>Pourquoi Evacuation de chaleur de la boîte à garniture. Dégazage de la boîte à garniture pour les pompes horizontales. Augmente la pression de boîte à garniture et la marge par rapport à la tension vapeur.</p> <p>Où Applications courantes avec des fluides propres. Produits propres et non polymérisant.</p> |
| <p>Plan 31</p>  | <p>Quoi ? Circulation du refoulement de la pompe via un séparateur cyclone. Les particules solides sont centrifugées et retournées vers l'aspiration de la pompe.</p> <p>Pourquoi ? Evacue la chaleur de la boîte à garniture. Evacuation des solides du circuit d'arrosage et de la chambre à garniture.</p> <p>Où ? Fluides sales ou pollués, eau contenant du sable ou des scories de tuyauterie. Fluides non polymérisant.</p> |
| <p>Plan 52</p>  | <p>Quoi ? Circulation d'un liquide tampon non pressurisé via un réservoir. La circulation est assurée par un anneau de pompage intégré à une garniture duale.</p> <p>Pourquoi ? La garniture externe agit en secours de la garniture primaire. Emission de fluide véhiculé très faible voire nulle. La contamination du liquide véhiculé n'est pas permise.</p> <p>Où ? Utilisé avec les garnitures duales non pressurisées ("Tandem"). Fluides à haute tension de vapeur, hydrocarbures légers. Fluides dangereux, toxiques. Fluides caloporteurs.</p> |

| | |
|-----------------------|--|
| <p>Plan 53</p> | <p>Quoi ? Circulation d'un liquide de barrage pressurisé via un réservoir. La circulation est assurée par un anneau de pompage intégré à une garniture duale.</p> <p>Pourquoi ? Isoler le liquide véhiculé. Emission nulle du liquide véhiculé.</p> <p>Où ? Utilisé avec les garnitures duales pressurisées ("Doubles"). Fluides à haute tension de vapeur, hydrocarbures légers. Fluides dangereux, toxiques. Fluides caloporteurs. Fluides souillés/abrasifs ou sujets à polymérisation. Mélangeurs/agitateurs et applications sous vide.</p> |
| <p>Plan 54</p> | <p>Quoi ? Circulation d'un liquide de barrage pressurisé par un système externe.</p> <p>Pourquoi ? Isoler le liquide véhiculé. Emission nulle du liquide véhiculé. La garniture ne peut pas générer de circulation.</p> <p>Où ? Utilisé avec les garnitures duales ("Doubles") pressurisées. Fluides à haute tension de vapeur, hydrocarbures légers. Fluides dangereux, toxiques. Fluides caloporteurs. Fluides souillés/abrasifs ou sujets à polymérisation. Mélangeurs/agitateurs.</p> |

Solution

Dans le cas des pompes où la dilution du produit n'est pas tolérée nous avons pris l'utilisation d'une garniture mécanique double comme choix. Pour les pompes (P04, P05) on opte le choix pour l'utilisation d'une GM simple.

❖ Refroidissement d'une garniture mécanique double

Nous avons remarqué que le circuit de refroidissement est un circuit ouvert, chose qui donne résultat d'une consommation énorme d'eau brute. Aussi le principe de refroidissement utilisé dans l'atelier phosphorique est un principe non fonctionnel voire incomplet.



Figure 32 : Circuit de refroidissement

➤ **1^{er} concept : refroidissement pour GM double**

L'eau, ressource clé pour l'industrie du phosphate, est prise en compte de manière responsable dans la stratégie de développement du Groupe OCP. Afin de ne pas augmenter les prélèvements en eaux et de garantir un bon refroidissement des GM nous avons opté le choix pour le refroidissement par thermosiphon pour plusieurs raisons citées ci-dessous :

Tableau 9 : Tableau de comparaison entre les deux principes de refroidissements

| Principe de refroidissement utilisé | Refroidissement par thermosiphon |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pression assuré juste par le réseau ➤ Pas de contrôle ou régulation de débit ➤ Pas de contrôle de pression ➤ Beaucoup d'entretien ➤ Mauvaise lubrification des surfaces d'étanchéité ➤ Fuite à l'atmosphère ➤ Nécessite un contrôle horaire ➤ Alimenté par le réseau ➤ Enorme consommation d'eau | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pression réglable ➤ Contrôleur de débit ➤ Manomètre de pression ➤ Peu d'entretien ➤ Lubrification idéale de la surface d'étanchéité ➤ Aucune fuite à l'atmosphère ➤ L'auto surveillance ➤ Alimentation indépendante ➤ Consommation très réduite |

• **Principe de thermosiphon :**

Le thermosiphon est le phénomène de circulation naturelle d'un liquide dans une installation du fait de la variation de sa masse volumique en fonction de la température. Dans un circuit de refroidissement en thermosiphon, le liquide réchauffé dans le générateur thermique, plus léger, monte vers un échangeur situé en partie haute de l'installation pour céder ses calories à l'air ambiant. Le fluide caloporteur refroidi redescend naturellement vers le bas de l'installation pour être réchauffé par le générateur et recommencer le cycle en continu.

- **Principe de fonctionnement**

Lors du fonctionnement, les faces de la GM génèrent de la température chaude à l'eau, ce dernier devient avec une densité faible et remonte vers le haut pour laisser la place à l'eau froide (densité plus grande) et le cycle se répète continument grâce au principe du thermosiphon.

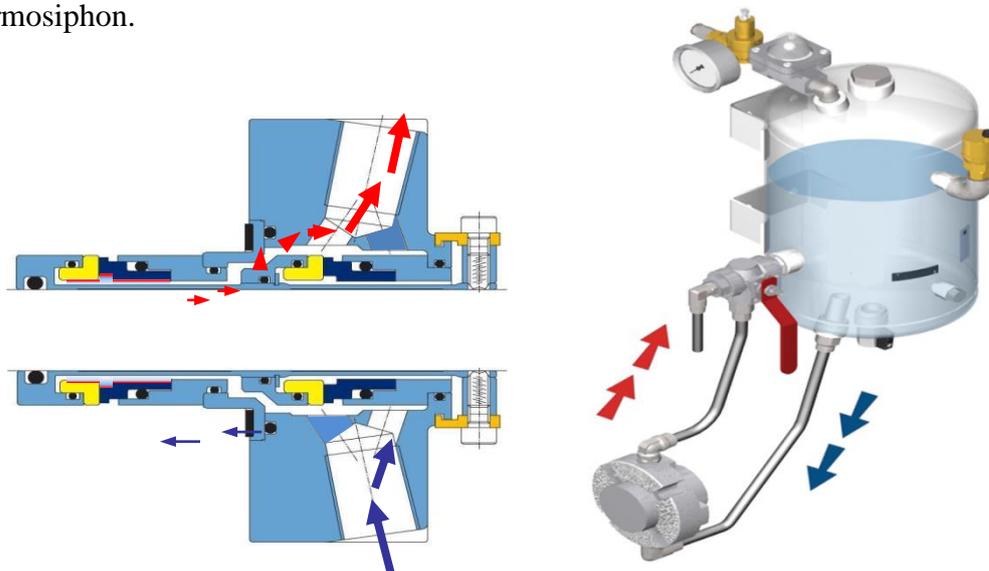


Figure 33 : Coupe d'une garniture et circulation de l'eau

Pour le montage et le démarrage il faut suivre les étapes suivantes :

- Connecter le réservoir 1 avec la garniture 2 à l'aide des flexibles 3 et 4, ne pas connecter le flexible 4 au réservoir
- Connecter la source de l'eau (réseau) avec le clapet anti retour 5
- Remplir le réservoir jusqu'à que le flexible 4 sera remplie puis le connecter au réservoir
- Régler la pression à l'aide du régulateur de pression 6 et du manomètre 7
- Contrôler le débit à l'aide du débit mètre 8, chaque augmentation au niveau du débit montre une fuite au niveau de la garniture

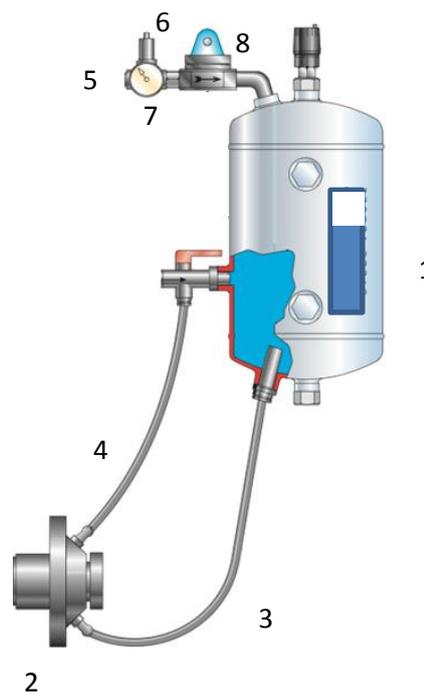


Figure 34: Thermosiphon

Remarque

La valeur de la pression à régler dans le régulateur de pression est calculée en fonction de la pression à l'entrée et la sortie de la pompe et selon le type d'impulseur.

| | |
|--|--|
|  <p style="text-align: center;">Figure 35 : Impulseur ouvert</p> |  <p style="text-align: center;">Figure 36 : Impulseur fermé</p> |
| $P_g(\text{bar}) = (\Delta P/4) + P_a$ | $P_g(\text{bar}) = (\Delta P/10) + P_a$ |

Avec :

P_g : Pression dans la chambre à garniture.

P_r : Pression de refoulement

P_a : Pression d'aspiration

ΔP : $P_r - P_a$

Pour les produits chargés la pression du liquide de refroidissement P_{BAR} doit être supérieure à la pression dans la chambre de la boîte à garniture de 1 bar et plus.

$$P_{bar} = P_g + 1$$

❖ Refroidissement d'une garniture mécanique simple avec un débitmètre intelligent.

Pour nous et dans le cas d'utilisation d'une GM simple, la fuite interne (dilution du produit) est tolérée, donc il suffit d'assurer la pression et le débit convenable dans la chambre à garniture, Pour cela on propose d'utiliser un débitmètre intelligent équipé d'un contrôleur de débit et de pression avec un indicateur d'alarme qui se déclenche lorsque la pression ou le débit entrant dans la chambre à garniture ne sont pas convenable.

Le fonctionnement du système est basé sur l'ouverture et la fermeture automatique du canal de refroidissement, en effet la température agit sur l'alliage du matériau constituant le ressort et ce dernier se met en action. Le système s'adapte automatiquement aux nouvelles conditions de fonctionnement, à savoir la pression et la température alternée. Ceci permet de contrôler régulièrement le besoin d'eau de la garniture et donc une fiabilisation de la consommation d'eau et de refroidissement.

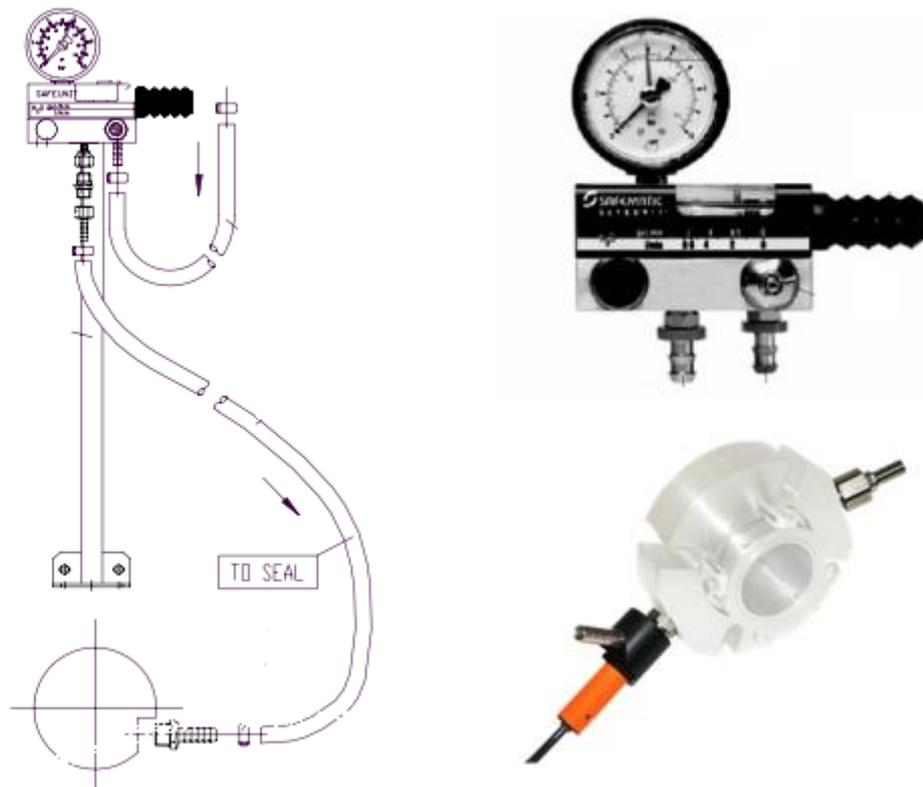


Figure 37 : Débitmètre intelligent

3. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé d'analyser la majorité des facteurs qui peuvent être considérées comme cause de défaillance d'une garniture mécanique, et donc d'une pompe centrifuge, en donnant des recommandations à respecter durant tout le cycle de vie d'une pompe d'acide et en proposant des solutions qui visent à fiabiliser le fonctionnement de celles-ci afin de garantir la disponibilité des lignes de production et d'optimiser la production de l'acide phosphorique.

Chapitre 4

Amélioration de la performance des ateliers centraux

1. Stratégie et méthode de la maintenance actuelle

En général, la maintenance des équipements (Réducteurs, pompes, coupleurs...etc.), consiste à garantir la disponibilité des lignes de production, optimiser les coûts de maintenance directs et indirects, améliorer la qualité du produit, protéger l'environnement et assurer la sécurité. Durant ce chapitre on va présenter la stratégie de la maintenance dans les ACX, puis on va analyser les causes de la non performance de ces derniers pour proposer en fin des méthodes de gestion des opérations de la maintenance, et des solutions technique afin de remédier aux problèmes existants.

➤ La centralisation de la maintenance

La maintenance des équipements mécaniques au sein de l'usine Maroc Phosphore est centralisée dans les ateliers centraux. Cette centralisation a pour but de réaliser les objectifs généraux, ces avantages sont comme suite :

- Gestion plus facile et plus souple des moyens en personnels.
- Normalisation des méthodes, des procédures et des moyens de communication.
- Standardisation des méthodes de maintenance.

➤ Stratégie de maintenance

La stratégie de maintenance de l'usine Maroc Phosphore est utilisée pour atteindre les objectifs souhaités.

Étapes d'approbation de la demande d'intervention

- Envoie de la Demande d'Intervention (DI) sur un Système de Gestion de Bases de Données (ici ORACLE) par le service demandeur (Client).
- Réception de l'équipement au parc : chaque partie de parc est réservée pour un type d'équipement, révisé ou on attende de révision.
- Lavage de l'équipement : cette étape se fait à l'air comprimé, permet d'éliminer les impuretés et les poussières collés sur l'équipement.
- Contrôle à la réception : le responsable dans le bureau de préparation fait le contrôle à la réception du mécanisme, ce contrôle concerne globalement : le niveau d'huile, la Visserie, les Cassures, le Vidange et la Peinture...etc.
- Bureau de préparation : Le rôle de ce bureau est de recevoir la DI du client est la convertir en Ordre de Travail(OT) comme suit :
 - Réception de la Demande d'Intervention (DI).
 - Étude de dossier (élaboration de : fiche technique, plan, documentation, manuel d'exploitation, catalogue...etc.).
 - Préparation d'un ordre de travail (OT) sur ORACLE.
 - Enregistrement de l'OT sur la base AMM (fichier historique).
 - Après une étude de l'OT, le chef d'atelier précise le type de maintenance (planifié ou urgente). Les prestations urgentes ont la priorité de réalisation

- Logigramme de maintenance

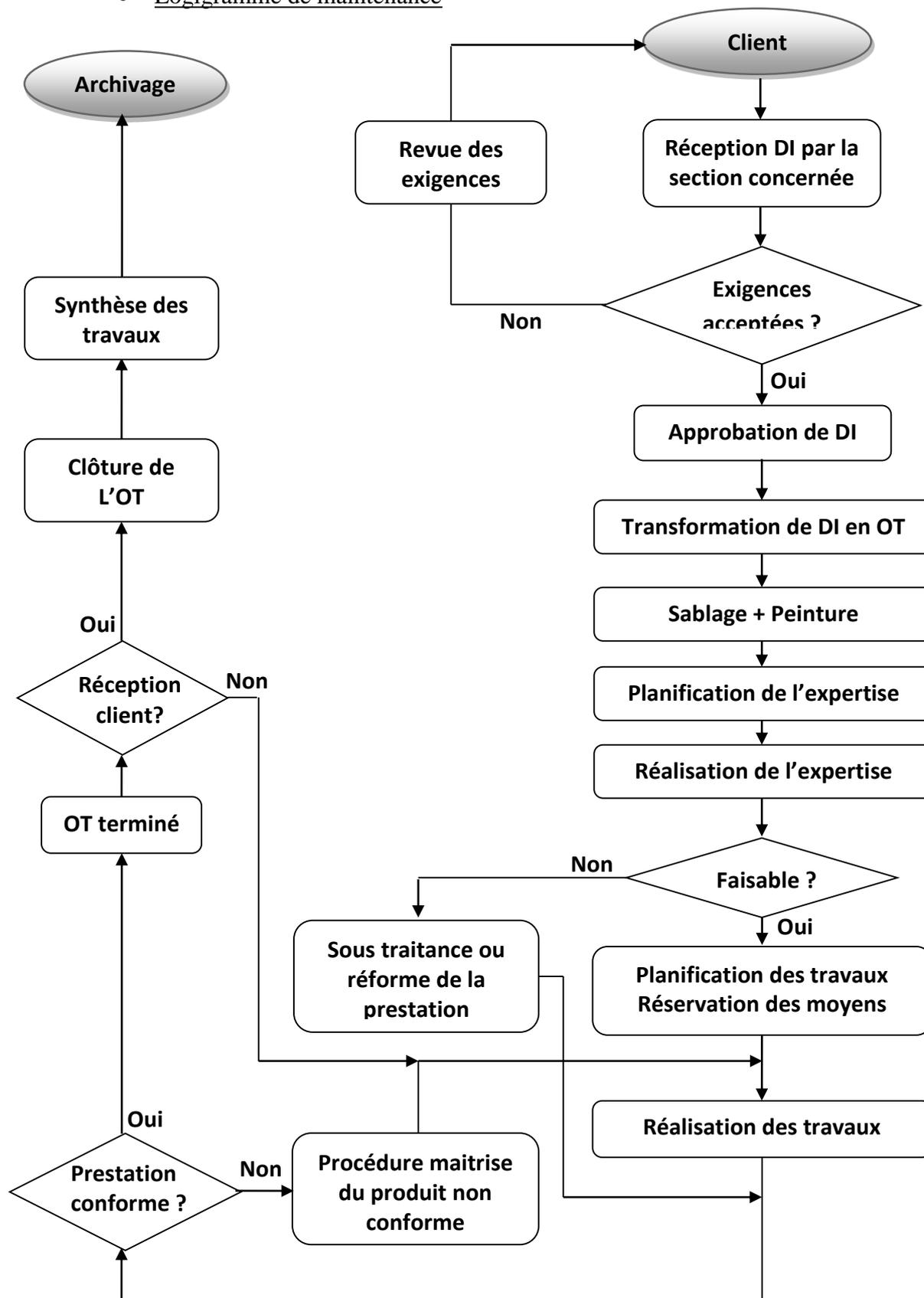


Figure 38 : Logigramme de la maintenance

Toute prestation de maintenance, après sa rentrée dans les Ateliers Centraux (ACX), suit la même stratégie et les mêmes étapes. Dans ce qui suit nous allons détailler le cycle de la maintenance actuelle des équipements dès la réception jusqu'au remontage et retour au client.

➤ **Méthodes de maintenance**

L'équipe de la section AMM a pour mission de faire toutes les étapes de maintenance qui restent (extraction ou révision).

Révision

Ensemble des actions d'exams, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant le temps.

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

- **Démontage** : Démonter tous les composants constituant le mécanisme.
- **Expertise** : Examiner tous les composants de l'équipement (vis, arrêt d'huile, roulement, boîtier de roulement, turbine, roue...), déclarer tous les composants défaillants et les remplacer avec leur pièces de rechange.
- **Remontage** : Remonter à nouveau l'équipement avec l'outillage et la méthode convenable.

Extraction

Tout équipement dans la section doit être extrait des autres équipements reliés avec lui, exemple d'extraction d'un moteur avec un coupleur.

➤ **Contrôle qualité**

Après la révision des équipements dans la section ajustage montage mécanique, il vient le rôle de la section qualité, le responsable de la section fait un contrôle final de produit fini (équipement), et surtout le point indiqué sur l'OT.

Finalement le responsable du bureau de préparation ferme le dossier de l'équipement sur ORACLE, ce dossier va être imprimé et placé dans l'archive avec les dossiers antécédents.

2. Analyse, problématique et démarche de résolution

2.1. Évaluation des causes racines

Encadrement du problème

On déduira les causes majeures de la diminution de la qualité des opérations de la maintenance de la section AMM, ce qui affecte directement la disponibilité des lignes de productions.

- **Effet recherché** : Diminution de la fiabilité des équipements mécaniques
- **Mode opératoire** : Regrouper et lister les différents causes majeurs par famille.

- Matériel
- Méthode
- Matière première
- Milieu
- Main d'œuvre

Diagramme Ishikawa :

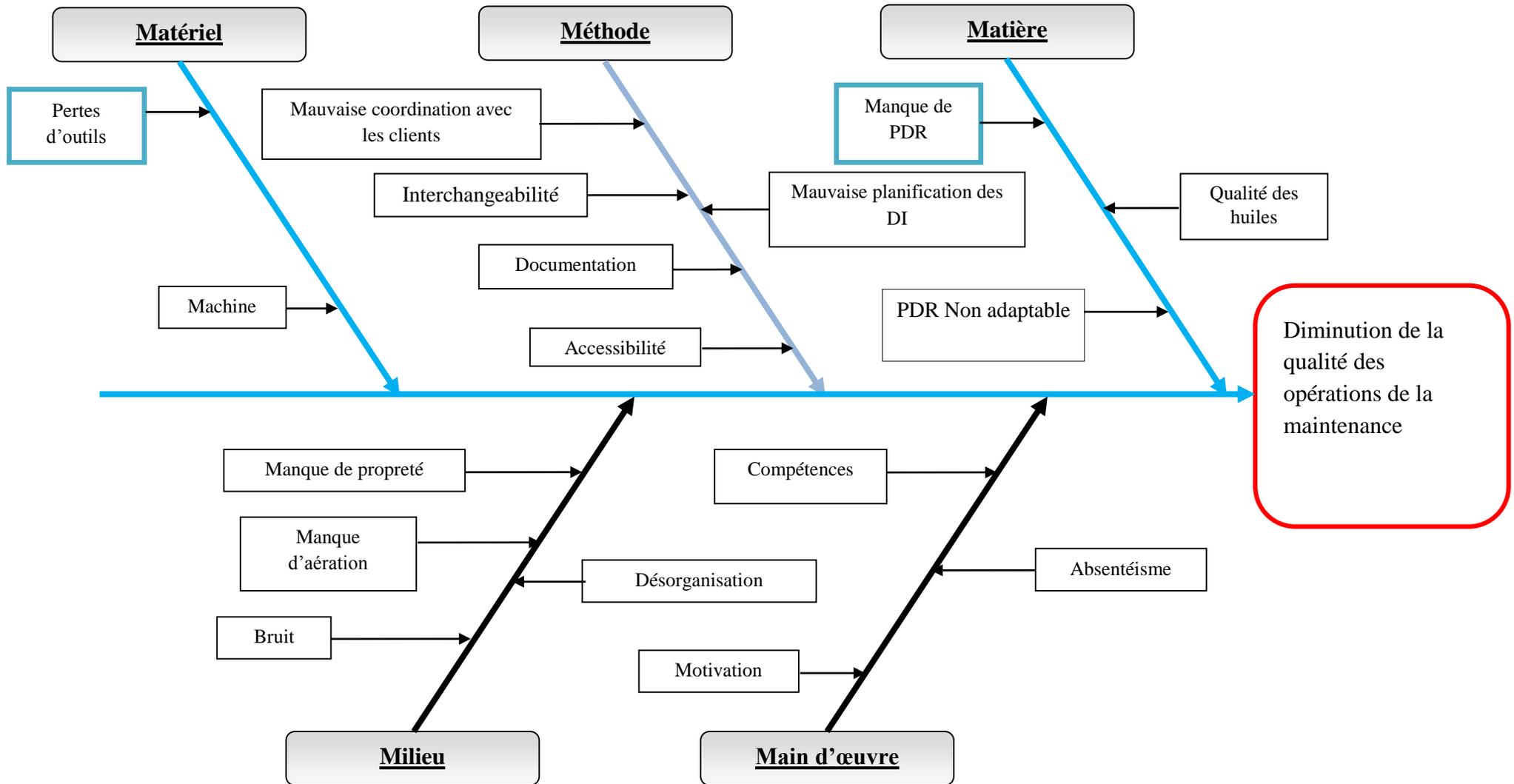


Figure 39 : Diagramme Ishikawa trait le problème de diminution de la fiabilité des équipements mécaniques

La détermination des causes principaux d'augmentation des instances nécessite de faire un modèle de collection de nombre des suggestions pour différentes contraintes.

Tableau 10 : Matrice des contraintes-opérateurs

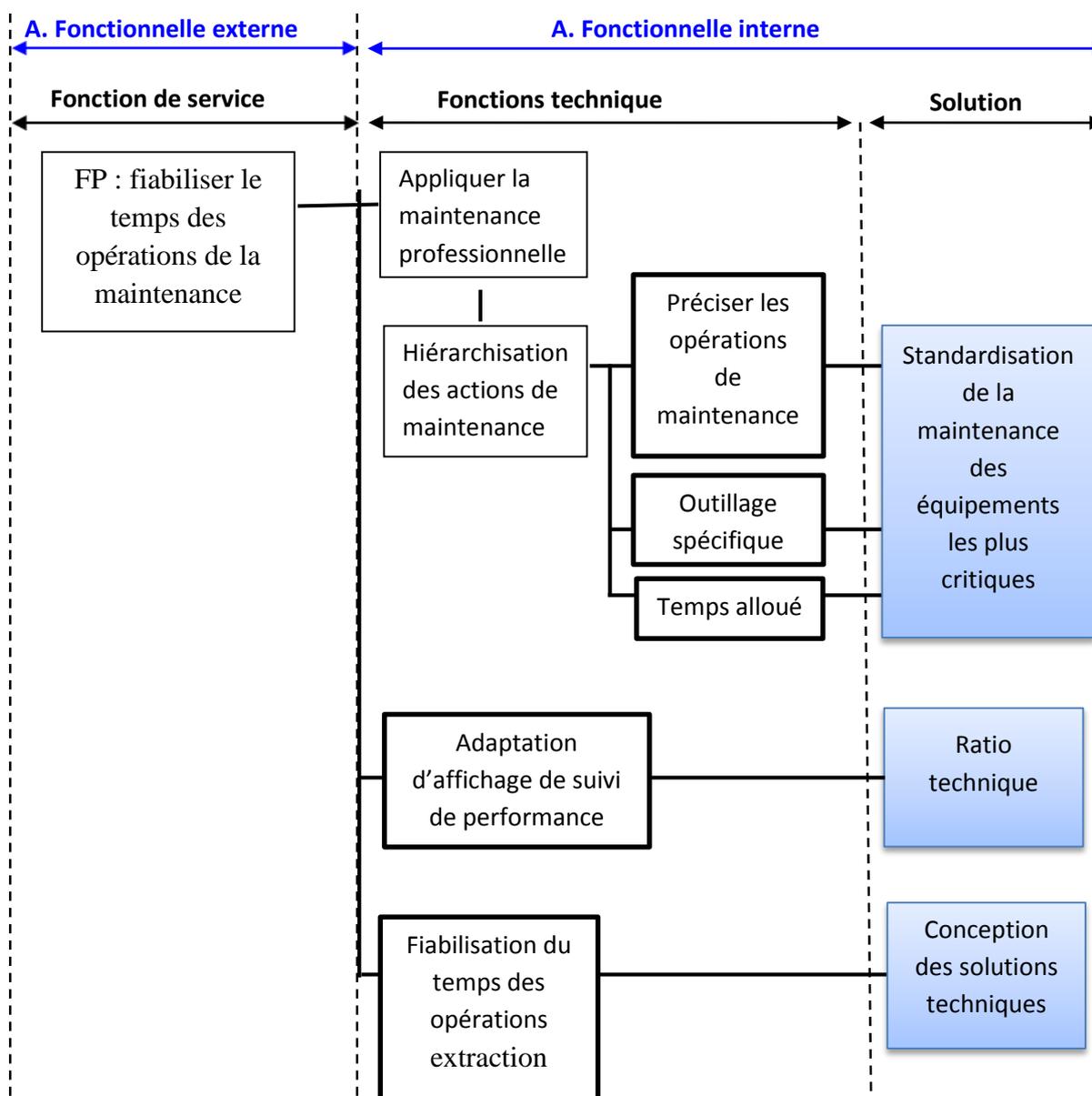
| Les Contraintes | OP1 | OP2 | OP3 | OP4 | OP5 | OP6 | OP7 | OP8 | OP9 | OP10 | OP11 | TOTAL |
|---|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| Motivation | x | | | | | | | | | | | 1 |
| Interchangeabilité des operateurs | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | 10 |
| Bruit | | | | x | x | | | | | | | 2 |
| Désorganisation | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | | 9 |
| Manque de propreté | | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | 9 |
| Mauvaise coordinations avec les clients | | x | x | x | | x | x | x | | | x | 7 |
| Mauvaise planification des DI | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | 8 |
| Documentation | | | x | | x | | | x | | | | 3 |
| Qualités des huiles | x | | | | | | | x | | x | | 3 |
| Machine | | | | | | | | | | x | | 1 |
| Accessibilité | x | x | | | | | | | | | | 2 |
| PDR non adaptables | x | x | x | | x | x | x | | x | x | | 8 |
| Perte d'outils | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | 10 |
| Manque des PDR | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 11 |
| Compétences | | | | | | | x | | | | | 1 |
| Absentéisme | | | x | | | | | | | | | 1 |
| Manque d'aération | | | x | x | | x | | x | x | x | x | 7 |
| Contraintes/operateur | 8 | 10 | 10 | 8 | 9 | 9 | 10 | 7 | 7 | 9 | 6 | 93 |

On remarque que la mauvaise gestion des opérations de maintenance (Interchangeabilité des opérateurs, Perte d'outils, PDR non adaptables, etc...) reste le problème majeur qui diminue la performance de la section AMM. Cela s'explique par l'absence d'une méthode standard de maintenance. L'existence de cette dernière augmentera certainement la performance de la section ACX et de la fiabilité des équipements mécaniques révisés.

2.2.Démarche de résolution

Pour fiabiliser le taux de satisfaction il est nécessaire d'augmenter le taux de DI réaliser dans les délais négociée, il faut donc fiabiliser le temps des opérations de la maintenance dans la section AMM, c'est ce qui est traité dans cette partie.

L'outil FAST (Fonctionnel Analyse système technique) permet, à partir d'une fonction de service (but), par un questionnement, d'aboutir aux fonctions techniques et aux solutions constructives associées. A travers cet outil, on va suggérer des solutions et des améliorations afin d'aboutir aux prestations souhaitées comme suit :



Durant cette partie, nous avons effectué une analyse des performances de la section AMM, les résultats obtenus sont traduits sous forme de contraintes problématiques, ainsi que la démarche à suivre pour la résolution.

3. Solution de gestion proposé

3.1. Conception d'une presse hydraulique

Nous avons remarqué une durée de temps très importante lors des opérations d'extraction des roulements. En fait, cette opération nécessite la contribution de 3 opérateurs et un déplacement (aller- retour) vers le poste de l'extraction où il existe une seule presse verticale (200 Tonnes) destinée à plusieurs travaux d'extraction, l'opération prend en moyenne 25 min. Dans cette partie nous allons faire une conception d'une presse hydraulique afin de réduire le temps de l'opération d'extraction et de satisfaire, plus ou moins, le besoin des équipements de l'atelier de la maintenance centralisée.

3.1.1. Analyse des besoins

Identification du client

Avant de passer à la phase de conception, il faut identifier notre client interne pour faire intégrer sa voix pendant notre étude. Nos clients sur lesquels nous nous baserons pour savoir les besoins attendus sont les suivants :

- Les Opérateurs.
- Les Agents de maintenance.
- Les superviseurs

Remarque :

La voix de nos clients externes est exprimée sous forme d'un cahier des charges (satisfaction des clients : le temps de révision et qualité d'expertise) et vu l'expertise du client interne concernant le respect des paramètres, il suffira de se focaliser sur son besoin exprimé, car sa satisfaction implique la satisfaction du client externe.

Brainstorming

Le brainstorming est une technique de résolution créative de problème sous la direction d'un animateur.

L'idée générale de la méthode est la récolte d'idées nombreuses et originales. Deux principes de base définissent le brainstorming : la suspension du jugement et la recherche la plus étendue possible. Ces deux principes de base se traduisent par quatre règles :

- Ne pas critiquer.
- Se laisser aller.
- Rebondir sur les idées exprimées.
- Chercher à obtenir le plus grand nombre d'idées possibles sans imposer ses idées.

Ainsi, les suggestions absurdes et fantaisistes sont admises durant la phase de production et de stimulation mutuelles. En effet, les participants ayant une certaine réserve peuvent alors être incités à s'exprimer, par la dynamique de la formule et les interventions de l'animateur

On a appliqué cette méthode pour déterminer les besoins des clients pour diminuer le temps d'arrêt (besoin principale) et amélioré la productivité (besoin secondaire)

- Perte de temps.
- Difficulté d'extraction des roulements.
- Manque de sécurité.
- Diminution de la production.
- Absence de maintenance préventive.
- Main d'œuvre (contribution de plusieurs operateurs).
- Consommation d'énergie.
- Occupe un grand espace (espace insuffisant).
- Paramètre de la presse (la puissance, temps).
- Encombrement.
- Besoin d'une autre presse.

Focus groupe

Un focus group est un type d'entretien de groupe composé par des personnes concernées par une politique de développement ou d'intervention. Il a pour fin d'obtenir des informations relatives à leurs opinions, attitudes et expériences ou encore à expliciter leurs attentes vis-à-vis de cette politique ou intervention

Application de la méthode Focus Groupe :

- ✓ Permet d'obtenir un produit qui respecte le cahier des charges.
- ✓ Elimine les problèmes majeurs tels que (perte de temps, difficulté de démontage des arbres et Manque de sécurité).
- ✓ Ayant une commande facile pour l'utilisateur.
- ✓ Augmente la productivité.
- ✓ S'adapte à l'environnement du travail.
- ✓ Facilite le mode opératoire (automatisé les tâches).
- ✓ Facile à régler.
- ✓ Ayant un système de protection.
- ✓ Facile à maintenir et à manipuler.
- ✓ Moins d'encombrement.
- ✓ Ayant une longue durée de vie.
- ✓ Rigidité.
- ✓ Moins coûteux.

Diagramme des affinités

Cette opération est faite suite à la session du brainstorming et focus groupe pour bien organiser et regrouper toutes les idées en catégories selon les points communs.

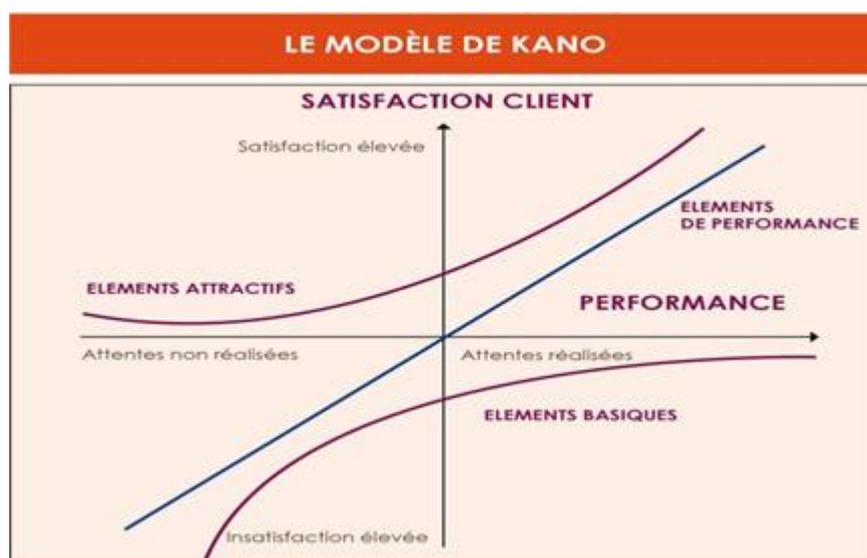
1. Eliminer la perte de temps
 - Perte de temps

2. Faciliter l'utilisation
 - Main d'œuvre (contribution de plusieurs opérateurs).
 - Difficulté d'extraction des roulements.
3. Standardiser les paramètres
 - Paramètre de la presse (la puissance, temps)
 - Consommation d'énergie
4. Faciliter la mise en état du système et programmer sa maintenance
 - Absence de maintenance préventive.
 - Diminution de la production.

Diagramme KANO

C'est une approche « multidimensionnelle » qui repose sur le postulat que la satisfaction et l'insatisfaction ne reposent pas sur les mêmes types de critère. Le modèle de Kano définit trois types d'attentes clients :

- ❖ **Les attentes de base («must be»)** : Celles-ci ne sont pas nécessairement énoncées mais causent de l'insatisfaction si ces besoins latents ne sont pas remplis (un mauvais accueil dans un point de vente, la faible autonomie du téléphone mobile, etc.).
- ❖ **Les attentes proportionnelles («more is better»)** : également dénommées attentes de performance. Le temps d'attente au service client peut s'analyser ainsi : «moins j'attends, plus je suis satisfait».
- ❖ **Les attentes attractives** : Généralement non exprimées, ces attentes apportent un petit plus pour le client et procurent une grande satisfaction. La récompense spontanée de la fidélité d'un client en est un parfait exemple.



Attentes de base :

- ☞ Extraction des roulements.
- ☞ Rigidité.
- ☞ Adaptation à l'environnement.
- ☞ Protection de l'utilisateur.

Attentes de performance :

- ☞ Facile à maintenir.
- ☞ Facile à régler.
- ☞ Facile à manipuler.
- ☞ Moins d'encombrement.
- ☞ Esthétique.
- ☞ Moins coûteuse.
- ☞ Facilité du mode opératoire (automatisation des tâches).
- ☞ Silence et moins vibrante.

Attentes d'excitation :

- ☞ Facilité du mode opératoire.
- ☞ Diminuer le temps d'opérations.
- ☞ Augmenter de la productivité

3.1.2. Analyse fonctionnelle

➤ Méthode RESEAU

C'est la première étape de l'analyse fonctionnelle a pour objectif de formuler toutes les fonctions d'un produit.

R - Recherche intuitive.

E - Examen de l'environnement.

S - Sequential Analysis of functional Element (SAFE).

E - Examen des efforts.

A - Analyse d'un produit de référence.

U - Utilisation des normes et des règlements.

Recherche intuitive

Afin de cibler les attentes de nos clients vis-à-vis de notre produit, On utilisera la méthode du Brainstorming :

Attentes des clients :

- Permet l'extraction des roulements aux niveaux des arbres des pompes centrifuges.
- Etre déplaçable.
- Démunie le nombre des opérations.
- Facilite les tâches pour les opérateurs.
- Fiabiliser le temps des opérations.
- Sécurité exigée.
- Long durée de vie.
- Facile à maintenir.

Examen de l'environnement

On l'appelle aussi la méthode des inters acteurs :

Au cours de sa vie, un produit franchira plusieurs étapes. Il se trouvera alors en interaction avec des lieux, des systèmes et des gens différents. Il devra alors s'adapter à ces contextes, de manière à continuer à rendre les services attendus. Il faudra alors de :

- 1) considérer plusieurs situations dans lesquelles le produit, le système ou le service pourraient évoluer.
- 2) formuler les fonctions que devra réaliser ou respecter le produit pour évoluer dans ces situations.

➤ La méthode se réalise en cinq points :

1. Définir le cycle de vie.
2. Identifier tous les inters acteurs d'un produit.
3. Caractériser tous les inters acteurs.
4. Chercher les fonctions d'adaptation.
5. Chercher les fonctions d'interaction.

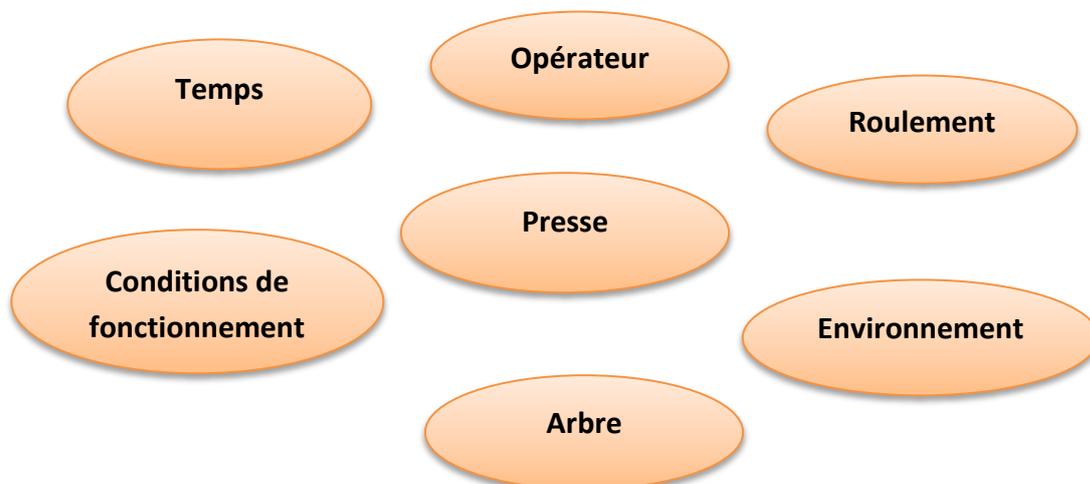


Figure 40 : Examen de l'environnement

Les fonctions d'adaptation :

- **Opérateur** : la presse doit être facile à utiliser et protège l'opérateur.
- **Roulement** : extraction des roulements sans endommagement des arbres.
- **Environnement** : le matériau de la presse doit résister à la corrosion et la température.
- **Temps** : la presse doit effectuer l'opération en un temps minimale.
- **Arbre** : la presse doit disposer d'un moyen de mise en position.

Les fonctions interactions :

- **L'opérateur + arbre** : notre système doit disposer d'un moyen facile à utiliser pour la mise en position de l'arbre.
- **Opérateur + temps** : le système doit faciliter la tâche de l'opérateur par la minimisation des tâches et de leur temps d'exécution.
- **Roulement + conditions de fonctionnement** : la presse doit être dans des conditions qui nous permettent une bonne extraction des roulements.
- **Roulement + arbre** : le système doit disposer d'un moyen d'extraction des roulements sans endommager l'arbre.

La méthode de SAFE (Sequential Analysis of functional Element)

1. Il faut imaginer des scénarios d'utilisation du produit.
2. Chaque action d'utilisation donne lieu à une fonction.

| Opérations ayant rapport à l'utilisation | fonctions relevées |
|--|---|
| Besoin d'extraction des roulements au niveau des arbres des pompes centrifuges | Aucune fonction à relever |
| Il faut tout d'abord mettre la presse dans un endroit judicieux | Déplacer la presse |
| Il faut contrôler la stabilité de la presse | Garantir la stabilité de la presse sur le sol |
| Ensuite il faut positionner l'arbre | Supporter l'arbre |
| Il faut mettre les équipements de sécurité | Protéger l'utilisateur |
| Puis démarrer la presse en butant sur l'arbre | Pousser l'arbre |
| Il faut alimenter le vérin | Alimenter le vérin |
| Il ne faut pas que l'arbre tombe au-delà de la presse | Détecter la position de l'arbre |
| Enfin il faut remettre la presse à sa place | Déplacer la presse |

Diagramme des affinités

- Extraction des roulements :
 - Pousser l'arbre.
 - Alimenter le vérin.
 - Supporter l'effort de buté de roulement.
- Mise en position :
 - Supporter l'ensemble arbre + pompe-vérin.
 - Supporter l'arbre du côté de guidage.
 - Garantir la stabilité de la presse sur sol.
- Réglage :
 - Contrôler la distance pour le maintien de l'arbre.
- Sécurité :
 - Protéger l'utilisateur.
 - Détecter la position de l'arbre.
- Fiabiliser le temps :
 - Déplacement sa file de la presse.

Examen des efforts et des mouvements

Divers chargements et contraintes : Choix de matériaux et le dimensionnement des pièces.

Analyse d'un produit de référence

Cette méthode consiste à décortiquer un produit de référence et à analyser chacune de ces composantes en vue à quoi celles-servent. Se prête mieux à l'optimisation de produit qu'à l'innovation, car elle nécessite un produit similaire pour l'étude.

Utilisation des normes et des règlements

C'est une méthode qui permettra de définir les fonctions de contrainte :

1. Trouver les normes ou règlements applicables.
2. Identifier les fonctions à accomplir.

➤ Arbre fonctionnel

La méthode de l'arbre fonctionnel est une approche simple et plutôt intuitive. Elle consiste à regrouper les fonctions par famille ou par système en vue de leur donner une structure logique. Selon cette méthode, il faut partir de la fonction la plus générale du produit pour aller vers les fonctions les plus spécifiques. Pour construire l'arbre fonctionnel, on doit suivre les étapes suivantes :

- Trouver la fonction principale qui indique le plus précisément et le plus simplement ce que le produit devra réaliser.
- Trouver les fonctions secondaires qui répondent à la question « comment » le produit sera en mesure de réaliser la fonction principale.

Ces fonctions secondaires sont très importantes puisqu'elles définissent les sous-systèmes du produit :

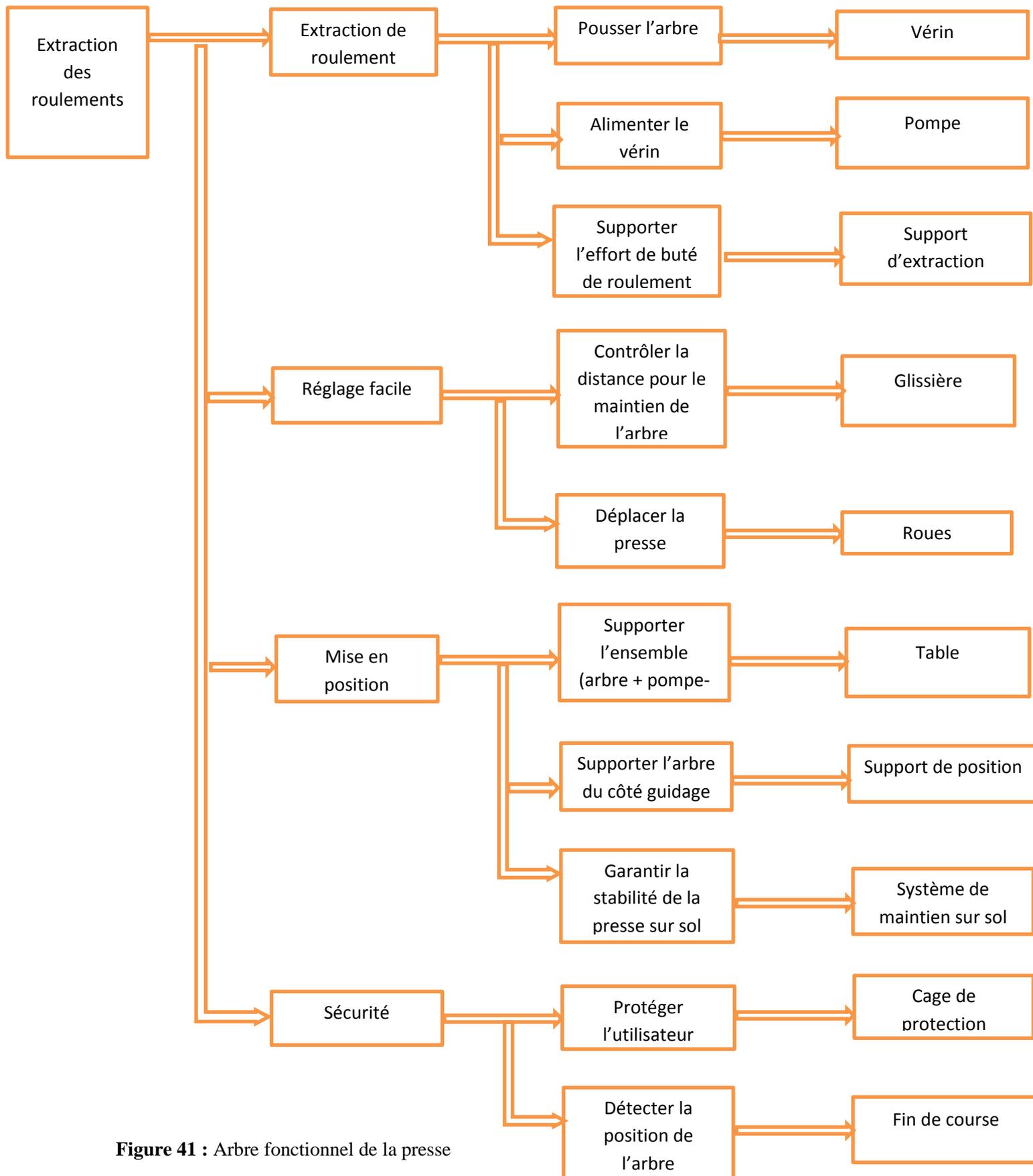
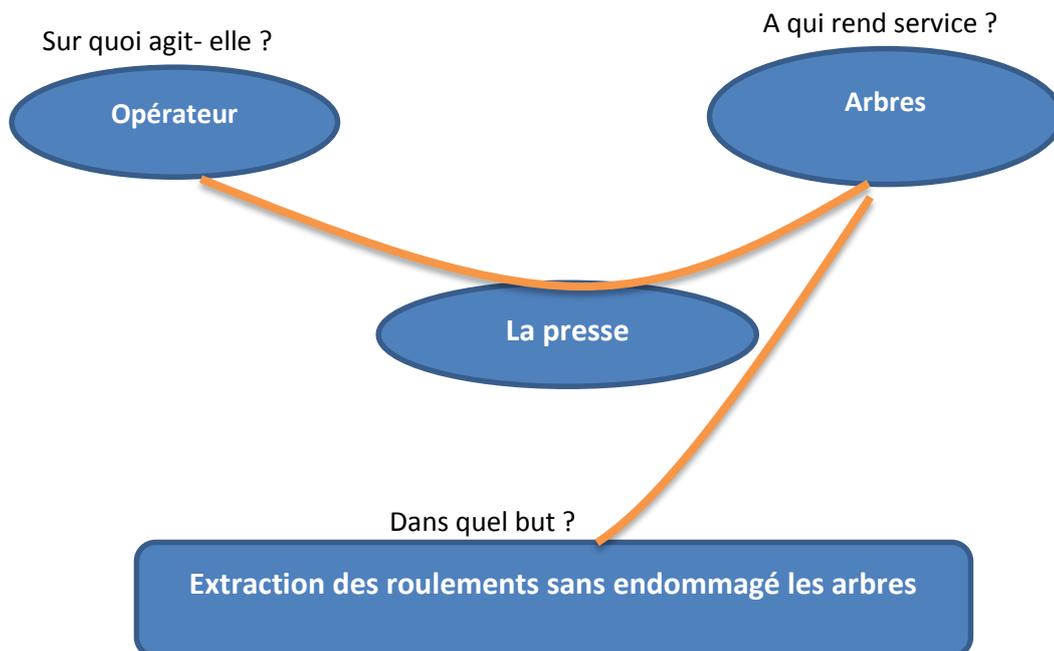


Figure 41 : Arbre fonctionnel de la presse

Outils bête à cornes



Le milieu environnant

Il s'agit de préciser l'ensemble des éléments extérieurs au produit qui vont agir sur lui ou sur lesquels il agit.

- La presse.
- Opérateur.
- Temps de démontage.
- Maintenance.
- Sécurité.
- Energie.
- Roulements.
- Arbres.

Le diagramme PIEUVRE

Dans le but de définir les liens entre la presse et son environnement, le diagramme Pieuvre permet de recenser la plupart des fonctions de la presse.

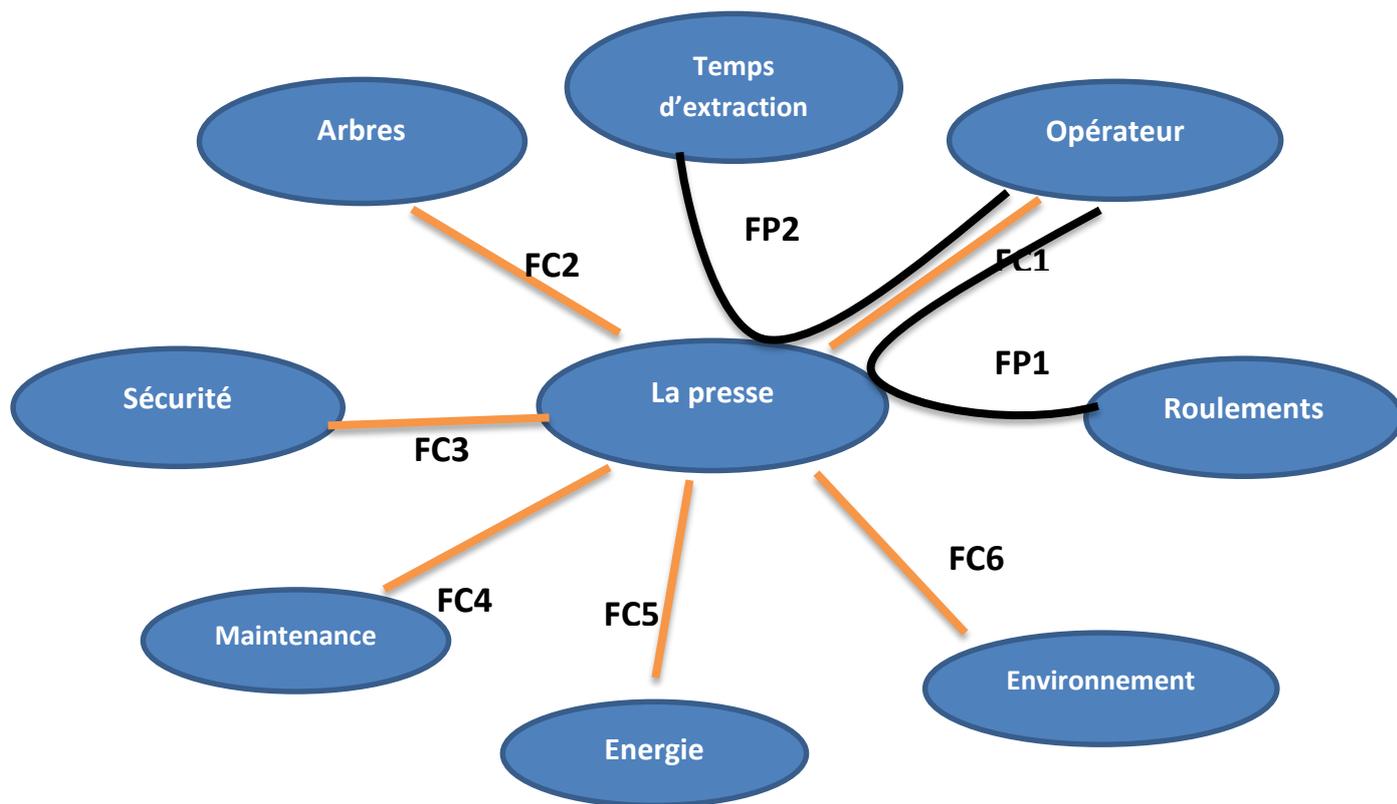


Figure 42 : Diagramme pieuvre de la presse

Toutes les fonctions (fonction principale et fonctions de service) sont caractérisées ci-dessous.

- ❖ **FP1** : Permettre l'extraction des roulements aux niveaux des arbres des pompes centrifuges.
- ❖ **FP2** : Fiabiliser le temps de l'opération (extraction des roulements).
- ❖ **FC1** : Réglage facile pour l'opérateur.
- ❖ **FC2** : Mise en position des arbres.
- ❖ **FC3** : Assurer la sécurité de l'opérateur lors de l'opération.
- ❖ **FC4** : Facile à maintenir.
- ❖ **FC5** : Demander une énergie raisonnable pour un bon fonctionnement.
- ❖ **FC6** : S'adapter à l'environnement.

Caractérisation des fonctions de service

| FCT | Formulation | Critères | Niveau | Flexibilité |
|-----|--|--|-------------|--------------------|
| FP1 | Extraction des roulements aux niveaux des arbres | Charge appliqué pour le démontage. Masse de l'arbre | 15 T 120 | ± 1 ± 3 |
| FP2 | Fiabiliser le temps de l'opération | Temps d'extraction | 10 min | ± 3 min |
| FC1 | Réglage facile | Distance (vérin-arbre) | ± 5 mm | |
| FC2 | Mise en position des arbres | Concentricité (arbres-tige) | | |
| FC3 | Energie d'alimentation | Energie hydraulique | 800 bar | ± 4 bar |
| FC4 | Assurer la sécurité de l'opérateur | Cage de sécurité | | |
| FC5 | S'adapter à l'environnement | Matériaux Dimension | | |
| FC6 | Facile à maintenir | | | |

3.2.Présentation de la conception du presses

Dans cette partie, on va s'intéresser aux détails de la conception, la figure donne une perspective générale sur la conception.

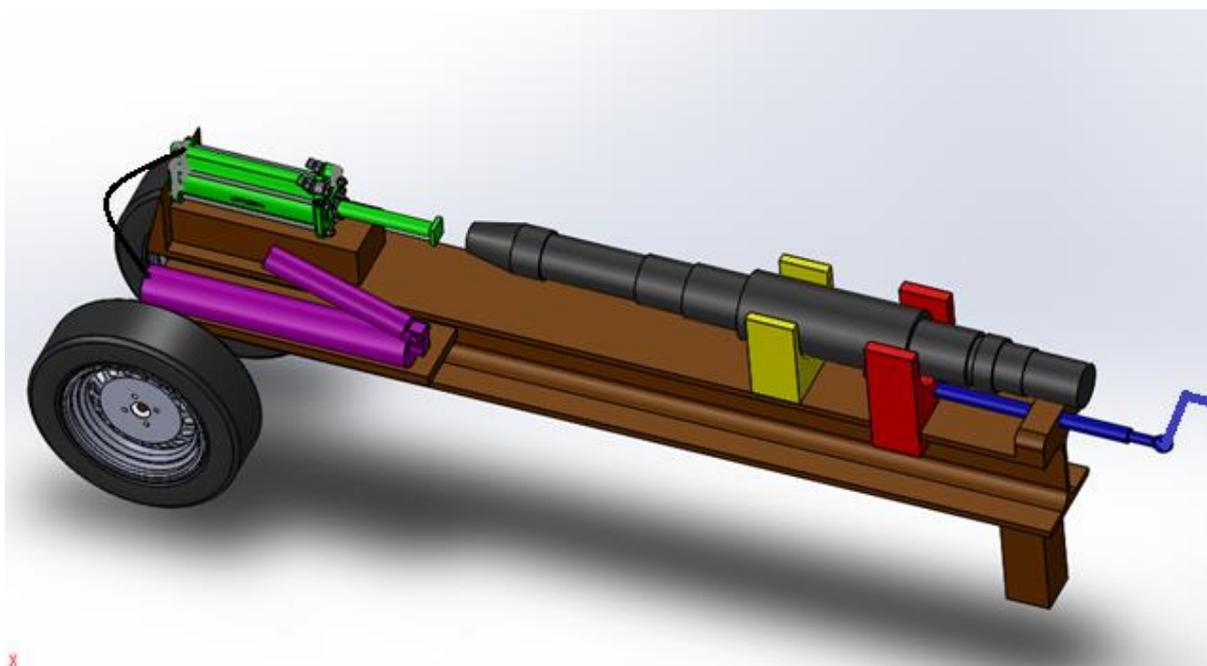


Figure 43 : Vue globale de la presse

La presse est constituée en quatre parties :

- La table.
- Le vérin.
- La pompe manuelle.
- Les supports.

3.2.1. Dimensionnement de la presse

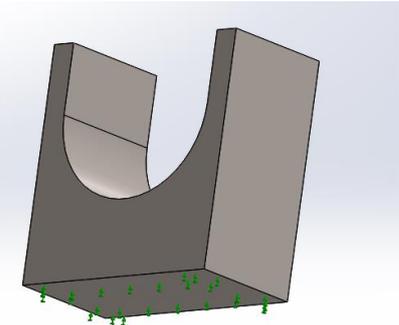
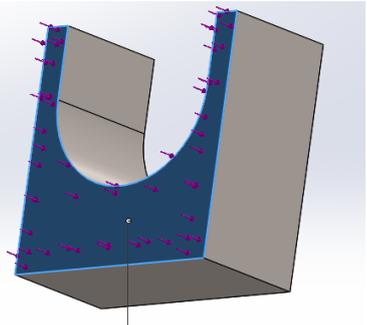
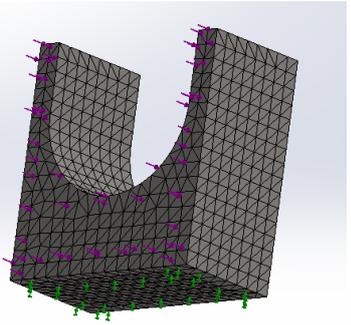
Données d'analyse :

Dans toute la structure conçue, on va utiliser l'acier E24 qui a les caractéristiques suivantes :

- Limite d'élasticité : 205 MPa.
- Module de Young : 205 MPa.
- Module de cisaillement : 80 MPa.
- Coefficient de poisson : 0.28.
- Densité : 7850 Kg/m³.

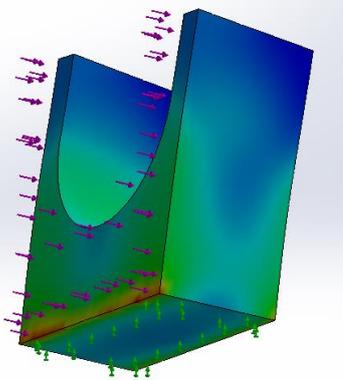
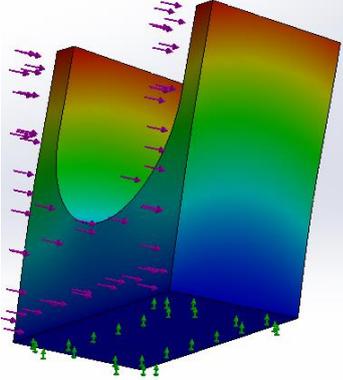
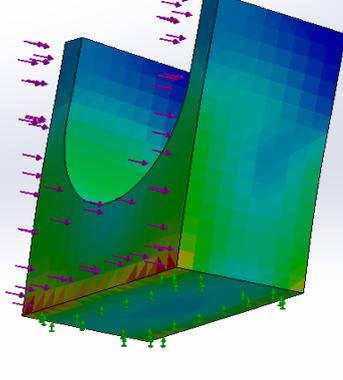
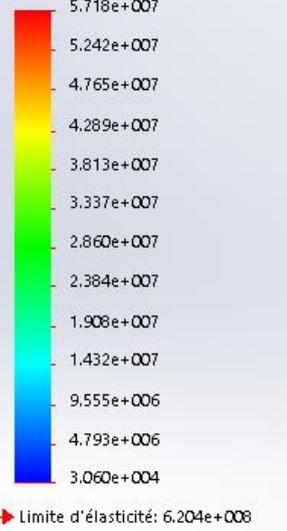
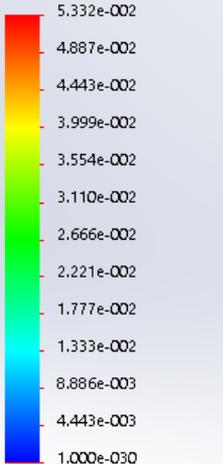
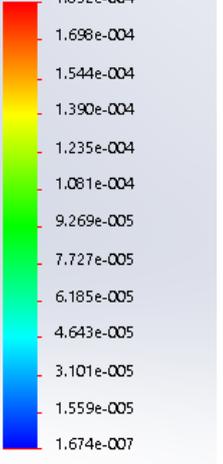
Analyse des supports :

Dans cette partie, on va appliquer la méthode des éléments finis pour déterminer la contrainte maximale et la déformation maximale lorsqu'on applique une charge de 15 tonne.

| Conditions aux limites | Définition de la charge appliquée | Modélisation par élément fini de support |
|---|--|---|
| Le support est soudé sur la table | La charge appliquée est de 15 tonnes | Maillage |
|  |  <p>Valeur de la force (N): 147000</p> |  |

Après le lancement des calculs, on identifie les zones critiques. Le tableau suivant montre où il y a concentration de contrainte, le déplacement de chaque point et la déformation.

Tableau 11 : Analyse de support

| Concentration de contrainte | Déplacement | Déformation |
|---|---|---|
|  |  |  |
| <p>von Mises [N/m²]</p>  <p>→ Limite d'élasticité: 6.204e+008</p> | <p>URES (mm)</p>  | <p>ESTRN</p>  |
| <p>On remarque que la contrainte maximale ne dépasse pas la limite d'élasticité, donc notre système opère en sécurité.</p> | <p>D'après l'échelle on constate que la partie supérieure (en rouge) a subi un grand déplacement.</p> | <p>Les nœuds en rouge ont subi une grande déformation.</p> |

Analyse de la table :

On va appliquer la méthode des éléments finis pour étudier le comportement de la table lorsqu'on place l'arbre dans les supports.

| Conditions aux limites | Définition de la charge appliquée |
|------------------------|-----------------------------------|
| | |

Après le lancement des calculs :

Tableau 12 : Analyse de la table

| Concentration de contrainte | Déplacement | Déformation |
|--|---|---|
| | | |
| <p>von Mises (N/m²)</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.387e+006 4.938e+006 4.489e+006 4.040e+006 3.591e+006 3.142e+006 2.693e+006 2.244e+006 1.796e+006 1.347e+006 8.978e+005 4.489e+005 3.945e-001 <p>→ Limite d'élasticité: 6.204e+006</p> | <p>URES (mm)</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.786e-001 5.521e-001 5.256e-001 4.991e-001 4.726e-001 4.461e-001 4.196e-001 3.931e-001 3.666e-001 3.401e-001 3.137e-001 2.872e-001 2.607e-001 | <p>ESTRN</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.743e-005 1.597e-005 1.452e-005 1.307e-005 1.162e-005 1.016e-005 8.713e-006 7.261e-006 5.808e-006 4.356e-006 2.904e-006 1.452e-006 1.570e-012 |
| <p>de même on remarque la contrainte maximale ne dépasse pas la limite d'élasticité</p> | <p>Le déplacement et maximale dans la partie en rouge</p> | <p>On remarque que la déformation est maximale dans les nœuds en rouge</p> |

4. Proposition et Élaboration des standards de la maintenance pour les pompes d'acide LC

Un standard est une description détaillée des actions de maintenance nécessaires à l'obtention d'un résultat, il décrit généralement le déroulement détaillé des opérations effectuées. Dans notre cas le résultat est la révision des pompes centrifuges.

Le but de ces standards c'est de normaliser les opérations de révision de façon à ce que n'importe quel ouvrier de la section AMM quel que soit son niveau d'expérience pourra accomplir la tâche souhaité dans un temps prédéterminer, et sans difficulté, car il aura dans ses mains toutes les informations concernant l'enchaînement des opérations ainsi que l'outillage approprié à chaque phase.

4.1. Modèles des standards préparés

Chaque révision se décompose en 3 étapes :

- ✓ Démontage.
- ✓ Expertise.
- ✓ Remontage.

Afin d'élaborer les standards des pompes révisés, nous avons assisté aux révisions pour :

- ✓ Assembler les phases par ordre chronologique.
- ✓ Estimer les durées moyennes de chaque phase.
- ✓ Minimiser les durées de chaque phase en retranchant les temps morts (conception de la presse).
- ✓ Définir l'outillage utilisé.

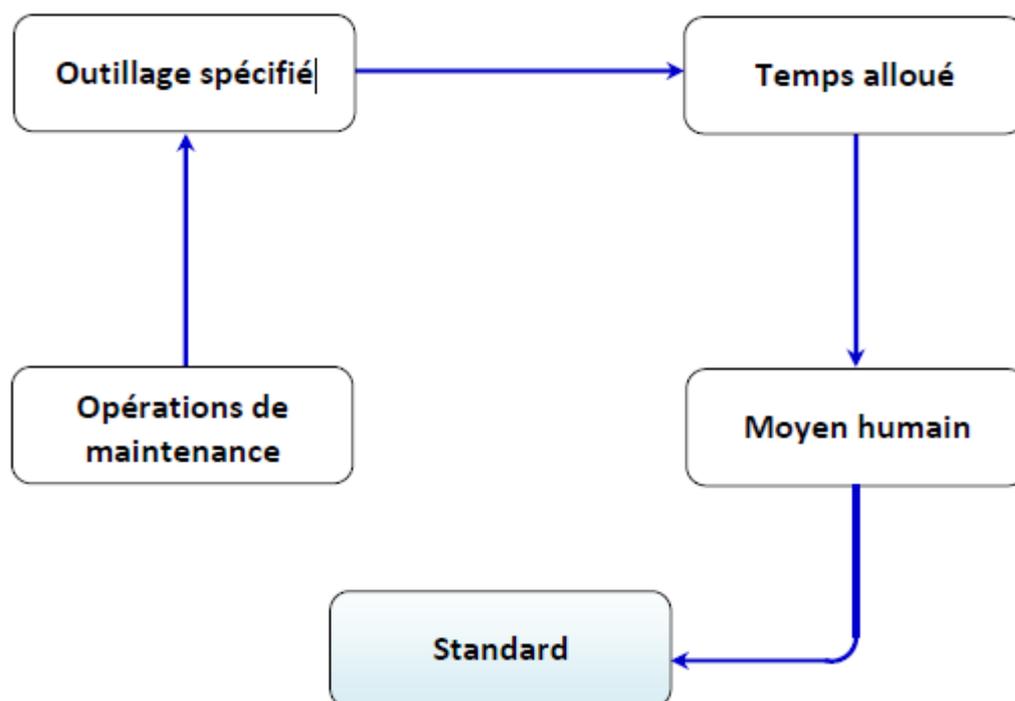


Figure 44 : Modèle du standard proposé

- Modèle du Standard de démontage

|  GAMME DE DÉMONTAGE D'UN ÉQUIPEMENT | | | | | | Photo de l'équipement | |
|---|------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------------|-----------------------|-------------|
| SCHEMATISATION DE L'ÉQUIPEMENT | | | | | | | |
| ETAT DE MAINTENANCE RECOMMANDE | | | COMPETENCES | | | TEMPS MO (Mn) | Outillage X |
| N° phase | Désignation des phases | Durée (min) | Mécanique | Chaudronnerie | Contrôle de Qualité | | |
| 1 | | | | | | | |
| 1.1 | | | | | | | |
| 1.2 | | | | | | | |
| 1.3 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 2.1 | | | | | | | |
| 2.2 | | | | | | | |
| 2.3 | | | | | | | |
| TOTAUX | | | | | | | |

Modèle du standard de remontage

| | | | | | | | | |
|---|--|---------------------------------|--|-------------------------------------|---|---|--|---|
|  | | | | | | <p align="center">GAMME DE REMONTAGE D'UN ÉQUIPEMENT</p> | | <p align="center">Photo de l'équipement</p> |
| <p>SCHEMATISATION DE L'EQUIPEMENT</p> | | | | | | | | |
| <p align="center">ETAT DE MAINTENANCE RECOMMANDE</p> | | | <p align="center">COMPETENCES</p> | | | <p align="center">TEMPS MO (Mn)</p> | <p align="center">Outillage X</p> | |
| <p align="center">N° phase</p> | <p align="center">Désignation des phases</p> | <p align="center">Durée(Mn)</p> | <p align="center">Mécanique</p> | <p align="center">Chaudronnerie</p> | <p align="center">Contrôle de Qualité</p> | | | |
| 1 | | | | | | | | |
| 1.1 | | | | | | | | |
| 1.2 | | | | | | | | |
| 1.3 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 2.1 | | | | | | | | |
| 2.2 | | | | | | | | |
| 2.3 | | | | | | | | |
| TOTAUX | | | | | | | | |

Model du Standard d'expertise

| Gamme d'Expertise de <u>l'équipement</u> | |
|--|------------------------|
| N° phase | Désignation des phases |
| 1 | |
| 1.1 | |
| 1.2 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |

Les standards que nous allons installer dans ce qui suit viseront les équipements suivants :

- ✓ Pompe LC 125 /405
- ✓ Pompe LC 200/410
- ✓ Pompe LC 125/540
- ✓ Pompe LC 65/310

4.2. Standards de révision

- Pompe LC 125/405

| | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|
| | <h2 style="margin: 0;">GAMME DE DÉMONTAGE DE LA POMPE LC 125/405</h2> | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|-------------|---|---|------|---|-------------------------------------|---------------|
| DOC N°01 | Section : AMM | <u>Chantier de la Maintenance Professionnelle</u> | Nom | Réalisé par : Z.CHENANI & A.JTITE | Validé par : Mr. N.SOULHI | Modifié par : |
| | Équipement : Pompe LC 125/405 | | Visa | Le 09/05/2015 | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | <p style="text-align: center;">EPI</p> |
| | | | |

| ETAT DE MAINTENANCE RECOMMANDE | | | COMPETENCES | | | TEMPS MO (Mn) | Outillage <u>LC 125/405</u> |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------------------------|
| N° phase | Désignation des phases | Durée(Mn) | Mécanique | Chaudronnerie | Ctrl Qualité | | |
| 1 | <i>Démontage de la volute</i> | 10 | 2 | 0 | 0 | 20 | Ø |



| | | | | | | | |
|----------|---|-----------|----------|----------|----------|------------|----------------|
| 1.1 | Installer l'anneau de levage dans le trou taraudé prévu à cet effet | 3 | 2 | | | 6 | M14 |
| 1.2 | Entretenir la volute en élinguant à partir de l'anneau | 1 | 2 | | | 2 | Elingue |
| 1.3 | Dévisser les écrous qui fixent la volute sur la chaise | 4 | 2 | | | 8 | Clé30 |
| 1.4 | Dégager l'escargot vers l'avant pour accéder à la turbine | 2 | 2 | | | 4 | Palan |
| 2 | <i>Démontage de la turbine</i> | 5 | 2 | 0 | 0 | 10 | ⤵ |
| 2.1 | Desserrer et dévisser légèrement la vis de blocage de la roue | 2 | 2 | | | 4 | Clé 22 pipe |
| 2.2 | Décapiter la roue de son cône moyennant deux cônes placés entre le fond et l'arrière de la roue | 1 | 2 | | | 2 | Chasse turbine |
| 2.3 | Dévisser complètement la vis de blocage | 1 | 2 | | | 2 | Clé 22pipe |
| 2.4 | Entreposer l'ogive et la roue | 1 | 2 | | | 2 | Palan |
| 3 | <i>Démontage du fond avec garniture mécanique</i> | 15 | 2 | 0 | 0 | 30 | ⤵ |
| 3.1 | Dévisser les écrous qui fixent le fond sur la chaise | 4 | 2 | | | 8 | Clé 24 mixte |
| 3.2 | Démonter le fond avec garniture mécanique de la chaise | 4 | 2 | | | 8 | Vérin |
| 3.3 | Entreposer le fond équipé de garniture mécanique | 4 | 2 | | | 8 | Palan |
| 3.4 | Démonter la garniture du fond | 3 | 2 | | | 6 | Clé 19 |
| 4 | <i>Démontage du boitard</i> | 80 | 2 | 0 | 0 | 160 | ⤵ |
| 4.1 | Démonter les vis de fixation du boitard | 5 | 2 | | | 10 | Clé 30 mixte |
| 4.2 | Démonter les vis de réglage | 5 | 2 | | | 10 | Clé 24 mixte |
| 4.3 | Enlever l'ensemble boitard du support palier | 4 | 2 | | | 8 | Palan |



| | | | | | | |
|---------------|---|------------|----------|--|------------|--------------------------|
| 4.4 | Entreposer le déflecteur | 3 | 2 | | 6 | Manuellement |
| 4.5 | Démonter le flasque côté fond | 6 | 2 | | 12 | Manuellement |
| 4.6 | Démonter le flasque côté boitard | 6 | 2 | | 12 | Manuellement |
| 4.7 | Enlever l'arbre équipé des roulements | 4 | 2 | | 8 | Palan |
| 4.8 | Déshabiller l'arbre des roulements à rouleaux coniques et des roulements à contact obliques | 15 | 2 | | 30 | Presse |
| 4.9 | Assaisonner la languette de la rondelle frein | 5 | 2 | | 10 | Marteau, Chasse goupille |
| 4.10 | Libérer et dévisser l'écrou à encoches | 5 | 2 | | 10 | Clé à ergot |
| 4.11 | Oter la rondelle frein | 5 | 2 | | 10 | Manuellement |
| 4.12 | Entreposer les deux roulements à billes à contact oblique | 4 | 2 | | 8 | Manuellement |
| 4.13 | Examiner la présence de la rondelle intercalaire entre les deux roulements | 6 | 2 | | 12 | Visuellement |
| 4.14 | Déraciner la bague extérieure du roulement à rouleaux cylindriques du boitard | 7 | 2 | | 14 | Jet +Marteau |
| TOTAUX | | 110 | 2 | | 220 | |

- Expertise

| Gamme d'Expertise de Pompe LC 125/405 | |
|--|---|
| N° phase | Désignation des phases |
| 1 | <i>Nettoyage de l'ensemble des pièces constituant la pompe</i> |
| 1.1 | Nettoyer soigneusement toutes les surfaces |
| 1.2 | Mettre les pièces nettoyées de côté pour l'inspection et la réutilisation. |
| 2 | <i>Changer tous les roulements et les joints d'étanchéité.</i> |
| 3 | <i>Contrôle visuel des tous les composants de la pompe.</i> |
| 4 | <i>Changer les pièces où se présentent des fissures ou des usures.</i> |
| 5 | <i>Contrôle de l'arbre</i> |
| 5.1 | Examiner la coaxialité |
| 5.2 | Apercevoir les déformations de l'arbre visuellement. |
| 6 | <i>Contrôler des portées roulements, chemise et accouplement à l'aide d'un micromètre</i> |
| 7 | <i>Contrôler de la partie intérieure du boîtier pour vérifier l'ajustement à l'aide d'un micromètre.</i> |

- Remontage

|  | | GAMME DE REMONTAGE DE LA POMPE LC 125/405 | | | |  | |
|---|---|---|-------------|---|-------------------------------------|---|---|
| DOC N° 03 | Section : AMM | <u>Chantier de la Maintenance</u> <u>Professionnelle</u> | Nom Visa | Réalisé par : Z.CHENANI & A.JTITE | Validé par : Mr. N.SOULHI | Modifié par : | |
| | Équipement : Pompe LC 125/405 | | | Le 20/05/2015 | | | |
|  | | | |  <p style="text-align: center;">EPI</p>  <p style="text-align: center;">Matériel</p> | | | |
| ETAT DE MAINTENANCE RECOMMANDE | | | COMPETENCES | | | TEMPS MO (Mn) | Outillage LC 125/405 |
| N° phase | Désignation des phases | Durée(Mn) | Mécanique | Chaudronnerie | Ctrl Qualité | | |
| 1 | <i>Remontage des roulements du boitard</i> | 27 | 2 | 1 | 0 | 81 |  |



| | | | | | | | |
|-------------|--|----------|----------|----------|--|----------|--------------------------|
| 1.1 | Glisser sur l'arbre les soupapes à graisses | 2 | 2 | 1 | | 6 | Manuellement |
| 1.2 | Réchauffer les roulements à 100° C | 3 | 2 | 1 | | 9 | App à induction |
| 1.3 | Hausser les roulements à billes à contact oblique en intercalant la rondelle intermédiaire | 2 | 2 | 1 | | 6 | Manuellement |
| 1.4 | Tenir compte du sens de montage (montage en x) | 1 | 2 | 1 | | 3 | Visuellement |
| 1.5 | Serrer l'écrou à encoches | 1 | 2 | 1 | | 3 | Clé à ergot |
| 1.6 | Investir et abaisser la languette | 1 | 2 | 1 | | 3 | Marteau, Chasse Goupille |
| 1.7 | Monter la bague intérieure des roulements. à rouleaux cylindriques et, s'assurer qu'elle est en butée sur la soupape à graisse | 2 | 2 | 1 | | 6 | Manuellement |
| 1.8 | Examiner que la soupape ne peut pas tourner | 1 | 2 | 1 | | 3 | Manuellement |
| 1.9 | Saisir l'arbre équipé de ses roulements et introduire le tout dans le boitard | 2 | 2 | 1 | | 6 | Pont roulant |
| 1.10 | Hausser le roulement (cage extérieure et rouleaux) dans le boitard | 2 | 2 | 1 | | 6 | Manuellement |
| 1.11 | Remplir les roulements de la graisse | 1 | 2 | 1 | | 3 | Manuellement |
| 1.12 | Élever et fixer le flasque côté fond | 1 | 2 | 1 | | 3 | Clé 6 pans 8 |
| 1.13 | Élever et fixer le flasque côté boitard | 1 | 2 | 1 | | 3 | Clé mixte 17 |
| 1.14 | Glisser sur l'arbre le déflecteur | 1 | 2 | 1 | | 3 | Manuellement |
| 1.15 | Installer la clavette, graisser l'arbre | 1 | 2 | 1 | | 3 | Manuellement |
| 1.16 | Exposer le boitard complet sur, le support-palier | 2 | 2 | 1 | | 6 | Pont roulant |
| 1.17 | Monter les vis de fixation du boitard et serrer légèrement | 1 | 2 | 1 | | 3 | Clé 30 mixte |
| 1.18 | Monter les vis de réglage | 2 | 2 | 1 | | 6 | Clé 24 mixte |



| | | | | | | | |
|---------------|--|-----------|----------|----------|----------|------------|--------------|
| 2 | <i>Pré montage du fond et de la turbine</i> | 20 | 2 | 0 | 0 | 40 | ⬇ |
| 2.1 | Montage du fond sur la chaise de palier | 4 | 2 | | | 8 | Clé 24 mixte |
| 2.2 | Montage de la turbine sur l'arbre | 5 | 2 | | | 10 | Pont roulant |
| 2.3 | Visser complètement la vis de blocage de la roue | 5 | 2 | | | 10 | Clé 22pipe |
| 2.4 | Serrage des vis de fixation du boitard après réglage | 5 | 2 | | | 10 | Clé 30 mixte |
| 3 | <i>Remontage du fond avec garniture mécanique</i> | 10 | 2 | 0 | 0 | 20 | ⬇ |
| 3.1 | Montage de la garniture mécanique sur le fond | 4 | 2 | | | 8 | Clé 19 |
| 3.2 | Monter le fond équipé de la garniture mécanique sur l'arbre et la chaise (s'assurer que la clavette soit dans le logement) | 5 | 2 | | | 10 | Vérin |
| 4 | <i>Remontage de la turbine</i> | 5 | 2 | 0 | 0 | 10 | ⬇ |
| 4.1 | Remonter la roue sur son cône avec sa clavette | 2 | 2 | | | 4 | Pont roulant |
| 4.2 | Patiner la vis d'ogive munie de son joint | 2 | 2 | | | 4 | Manuellement |
| 4.3 | Visser et cerner | 1 | 2 | | | 2 | Clé 22pipe |
| 5 | <i>Remontage de l'escargot</i> | 20 | 2 | 0 | 0 | 40 | ⬇ |
| 5.1 | Montage du joint de corps | 3 | 2 | | | 6 | Manuellement |
| 5.2 | Exposer le corps de pompe équipé des goujons | 5 | 2 | | | 10 | Pont roulant |
| 5.3 | Engager les goujons dans les trous de la chaise | 7 | 2 | | | 14 | Manuellement |
| 5.4 | Monter les rondelles et serrer les écrous | 5 | 2 | | | 10 | Clé30 |
| TOTAUX | | 82 | 2 | 1 | 0 | 191 | |

5. Généralité sur les méthodes et les mesures d'entretien d'une pompe LC.

5.1. Généralités sur les méthodes d'entretien

Avant de procéder à toute intervention sur la pompe, des mesures doivent être prises pour éviter une mise en marche involontaire. Il est nécessaire de fixer, sur le dispositif de mise en marche, une pancarte d'avertissement portant une inscription du type "Travaux en cours : ne pas mettre en marche". En ce qui concerne les équipements à commande électrique, l'interrupteur d'alimentation doit être verrouillé en position ouverte et les fusibles doivent être retirés. Une pancarte d'avertissement portant une inscription du type "Travaux en cours : ne pas mettre sous tension" doit être fixée sur la boîte de fusibles ou sur l'interrupteur d'alimentation.

Il est très préférable, lors d'une adaptation d'un programme de maintenance, de prendre en considération les points suivants :

- ✓ La pompe doit être complètement aérée et purgée, et rendue inerte avant toute opération de démontage.
- ✓ Tous les systèmes auxiliaires installés doivent être contrôlés, si nécessaire, pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement
- ✓ Pendant le nettoyage de la pompe il faut s'assurer de la compatibilité entre les produits de nettoyage et les joints.
- ✓ Vérifier l'état des joints.
- ✓ Les garnitures de presse-étoupe doivent être réglées correctement pour que les fuites soient visibles et pour obtenir un alignement concentrique du suiveur de presse-étoupe afin d'éviter les températures excessives de la garniture ou du suiveur. Il ne doit pas y avoir de fuite au niveau des garnitures mécaniques.
- ✓ Inspecter pour détecter les fuites des joints et des garnitures. On doit vérifier régulièrement le bon fonctionnement de la garniture d'étanchéité de l'arbre.
- ✓ Vérifier le niveau de lubrifiant du palier, et vérifier si le nombre d'heures de fonctionnement indique qu'il est temps de remplacer le lubrifiant.
- ✓ Vérifier que les conditions d'utilisation correspondent à l'intervalle de sécurité de fonctionnement pour la pompe.
- ✓ Mesurer les vibrations, le niveau sonore et la température de surface des paliers pour confirmer le bon fonctionnement.
- ✓ Vérifier le serrage des connexions.
- ✓ Enlever la poussière et la saleté dans les zones autour des pièces à jeux réduits, des corps de paliers et des moteurs.
- ✓ Vérifier l'alignement de l'accouplement et le réaligner si nécessaire.
- ✓ Vérifier le bon fonctionnement du système.

5.2. Les mesures à respecter lors de l'entretien d'une pompe LC

5.2.1. Couples de serrage vis et écrous

Lors du remontage de la roue et du corps, veiller à respecter les couples de serrage de la vis de blocage de roue [2913] indiqués dans le tableau suivant.

5.2.2. Palier à roulements

Les paliers sont pourvus de graisse en usine. On procédera à un renouvellement de la graisse selon la périodicité indiquée dans le tableau suivant. On éliminera autant que possible la graisse usagée à l'aide d'un chiffon propre non pelucheux, et on garnira le palier de graisse fraîche. En aucun cas le graissage ne doit être fait exagérément (danger d'échauffement). Prévoir une vérification complète de la pompe au moins une fois par an (démontage et nettoyage complet des paliers).

Tableau 13 : Couples de serrage (roue-corps)

| TYPE DE POMPE | | | ROUE | | CORPS | |
|---------------|-------------|-------------|------|-------|-------|-------|
| | | | m.kg | m.daN | m.kg | m.daN |
| LC 50-210 | LCT 50-210 | | 4 | 3.9 | 2.8 | 2.7 |
| LC 80-210 | LCT 80-210 | | 4 | 3.9 | 2.8 | 2.7 |
| LC 50-350 | | LCH 50-350 | 5.5 | 5.4 | 6.8 | 6.6 |
| LC 65-310 | LCT 65-310 | LCH 65-310 | 5.5 | 5.4 | 6.8 | 6.6 |
| LC 100-300 | LCT 100-300 | LCH 100-300 | 5.5 | 5.4 | 6.8 | 6.6 |
| LC 100-320 | | LCH 100-320 | 5.5 | 5.4 | 6.8 | 6.6 |
| LC 125-405 | LCT 125-405 | LCH 125-405 | 8.7 | 8.5 | 13 | 12.7 |
| LC 150-400 | | | 17 | 16.6 | 18 | 17.6 |
| LC 200-410 | LCT 200-410 | LCH 200-410 | 17 | 16.6 | 18 | 17.6 |
| LC 250-430 | LCT 250-430 | | 17 | 16.6 | 18 | 17.6 |
| LC 125-540 | | | 43 | 42.1 | 33.5 | 32.8 |
| LC 200-560 | | | 43 | 42.1 | 33.5 | 32.8 |
| LC 250-580 | | | 43 | 42.1 | 33.5 | 32.8 |
| LC 300-635 | | LCH 300-635 | 43 | 42.1 | 33.5 | 32.8 |
| LC 450-500 | | LCH 450-500 | 43 | 42.1 | 33.5 | 32.8 |

Tableau 14 : Renouvellement de la graisse des paliers

| TYPE DE POMPE | | | Côté accouplement et côté opposé Premier intervalle et suivants | Quantité de graisse cm ³ |
|----------------------|-------------|---------------------|---|-------------------------------------|
| LC 50-210 | LCT 50-210 | | 2500 h | 17 |
| LC 80-210 | LCT 80-210 | | 2500 h | 17 |
| LC 50-350 | LCT 100-300 | LCH 50-350 LCH 100- | 3500 h | 17 |
| LC 65-310 ; LC 100- | LCT 65-310 | LCH 65-310 LCH 100- | 3500 h | 17 |
| LC 65-430 ; LC 125- | LCT 125-405 | LCH 65-430 ; LCH | 3500 h | 26 |
| LC 150-400 | LCT 250-430 | LCH 200-410 | 3500 h | 33 |
| LC 200-410 ; LC 250- | LCT 200-410 | | 3500 h | 33 |
| LC 125-540 ; LC 250- | | LCH 300-635 ; LCH | 3500 h | 60 |

5.2.3. Réglage du jeu axial des roulements butés

Pour régler le jeu axial des roulements butés il faut mesurer le jeu (a) entre le roulement en appui [3011] et la face du boîtier [3122], la hauteur d'emboîtement (b) du couvercle de palier [3261] et déterminer l'épaisseur (c) de la rondelle [2905] pour obtenir un jeu de 0.05 à 0.15

$$C = a - (b + 0.05 \text{ à } 0.15)$$

- Réglage du jeu de l'arbre et de la boîte à garniture

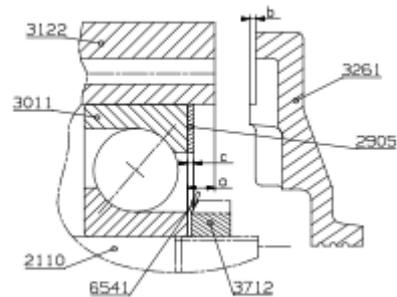
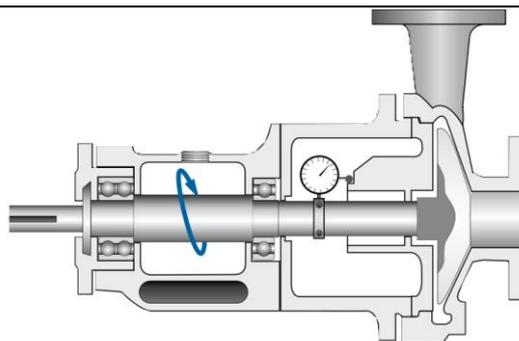


Figure 45 : Coupe du roulement

Tableau 15 : Boîtier et du couvercle de palier

| | |
|---|--|
| <p>Le voile de l'arbre ne doit pas excéder 0,05 mm (.002") TIR (Amplitude totale) sur tout point le long d'un arbre monté sur roulements à billes ou à rouleaux</p> | |
| <p>Le jeu axial à l'extrémité de l'arbre ne doit pas excéder 0,25 mm (.010") TIR (Amplitude totale) sur les paliers équipés d'une butée à billes</p> | |
| <p>Les mouvements radiaux de l'arbre doivent être contrôlés par rapport aux spécifications du fabricant. Généralement, 0,05 - 0,10 mm (.002" - .004") seront applicables aux paliers à billes ou à rouleaux. Pour les paliers lisses, les valeurs sont généralement de l'ordre de 0,10 - 0,15 mm (.004" - .006").</p> | |
| <p>La perpendicularité de la face d'appui de la boîte à garniture par rapport à l'axe de l'arbre ne doit pas dépasser 0,016 mm par 25 mm de diamètre d'arbre (.0005" par 1" de diamètre d'arbre).</p> | |

La concentricité de l'arbre par rapport à l'alésage de la boîte à garniture doit être comprise entre 0,025 mm par 25 mm de diamètre d'arbre (.001" par 1" de diamètre d'arbre) avec un maximum de 0,125 mm (.005") TIR (Amplitude totale).



5.2.4. Réglage axial des roues

Pour un bon réglage axial des roues, il faut essayer de respecter le jeu axial par rapport à l'avant (J) ou à l'arrière (X) selon le type de garniture utilisée.

| Option presse-étoupe | | | Option garniture mécanique | | |
|----------------------|----------|----------|----------------------------|-------------|--------|
| | | | | | |
| TYPE DE POMPE | | X | TYPE DE POMPE | | J (mm) |
| LC 50-210 | LCT 50- | 2 | LC 50-210 | LCT 50-210 | 1.5 |
| LC 80-210 | LCT 80- | 2 | LC 80-210 | LCT 80-210 | 1.5 |
| LC 50-350 | | LCH 50- | LC 50-350 | | 1.5 |
| LC 65-310 | LCT 65- | LCH 65- | LC 65-310 | LCT 65-310 | 1.5 |
| LC 100- | LCT 100- | LCH 100- | LC 100-300 | LCT 100-300 | 1.5 |
| LC 100- | | LCH 100- | LC 100-320 | | 1.5 |
| LC 125- | LCT 125- | LCH 125- | LC 125-405 | LCT 125-405 | 1.5 |
| LC 150- | | | LC 150-400 | | 1.5 |
| LC 200- | LCT 200- | LCH 200- | LC 200-410 | LCT 200-410 | 1.5 |
| LC 250- | LCT 250- | | LC 250-430 | LCT 250-430 | 1.5 |
| LC 125- | | | LC 125-540 | | 1.5 |
| LC 200- | | 2.5 | LC 200-560 | | 4 |
| LC 250- | | 3 | LC 250-580 | | 2 |
| LC 300- | | LCH 300- | LC 300-635 | | 2 |
| LC 450- | | LCH 450- | LC 450-500 | | 2 |
| 500 | | 500 | | | |

6. Suivi de la performance en maintenance

Dans le cadre de l'amélioration des prestations de maintenance dans la section AMM nous proposons l'indicateur suivant :

Indicateur de performance AMM

- **Ratio technique**

$$Rt = \frac{\text{Temps actif alloué}}{\text{Temps actif standard}}$$

Ce ratio permet de contrôler les écarts entre le temps effectué dans la révision de *chaque équipement* et le temps élaboré par les standards. La réduction du ratio se traduit par l'efficacité de l'opération de la maintenance.

Tableau 16 : Affichage pour suivie de performance

| EQUIPEMENT | | | Temps alloué | Temps standard | Rt |
|------------|------|---------|--------------|----------------|----|
| FAMILLE | TYPE | TAILLE | | | |
| Pompes | LC | 123/405 | | | |
| | | 200/410 | | | |
| | | 65/310 | | | |
| | | 250/540 | | | |
| | | 450/500 | | | |

7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé d'augmenter le taux des travaux réalisés dans les délais négociés en minimisant le temps des opérations de la maintenance, a ce fait nous avons fiabiliser les opérations de l'extraction des roulements au niveau des arbres des pompes centrifuges par la conception d'une presse hydraulique horizontale. Puis nous avons amélioré la fonction maintenance au sein des ACX en proposant un mode opératoire sous forme d'un standard de maintenance des pompes centrifuges de type LC et finalement nous avons proposé un ratio technique et un tableau d'affichage pour garantir un suivi de la performance des opérations de démontage, d'expertise et de remontage.

Chapitre 5

Evaluation des gains

Ce dernier chapitre représente les résultats du projet et ses effets positifs sur l'entreprise. Il est composé de deux parties, la première s'intéresse aux gains des solutions présentées dans le chapitre 3 et la deuxième présente les gains de solution de la standardisation des opérations de la maintenance au sein des ACX

1. Evaluation des gains de la solution 'thermosiphon'

L'entité 'direction des moyens généraux /maintenance' a décidée d'essayer le concept proposé dans le 3^{ème} chapitre en commandant un thermosiphon du constructeur AESSEAL, la solution n'est pas encore implantée à cause des travaux d'adaptation des lignes de production du chantier phosphorique.



Figure 46 : Thermosiphon au magazine des PDR

1.1. Gain direct au niveau de la consommation de l'eau

Plus que le bon refroidissement et l'auto surveillance, le refroidissement par thermosiphon réduit la consommation de l'eau brute d'une façon très significative, en effet le circuit de refroidissement utilisé dans les ateliers phosphoriques est un circuit ouvert alors que le circuit de refroidissement par thermosiphon est un circuit fermé.

Le refroidissement par thermosiphon assure un gain de consommation d'eau brute de 99% grâce à la fermeture du circuit de refroidissement

Le tableau et les figures ci-dessous montrent la réduction de la consommation de l'eau avec l'utilisation du thermosiphon :

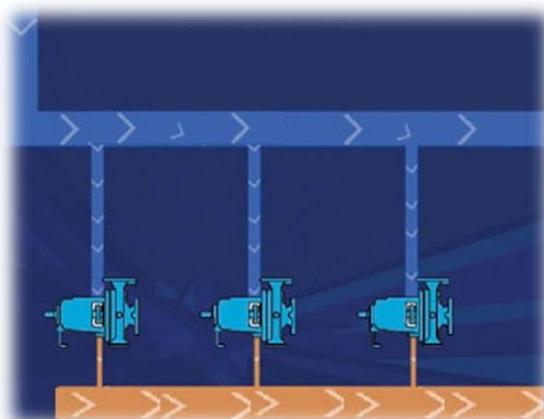


Figure 48 : Circuit de refroidissement ouvert

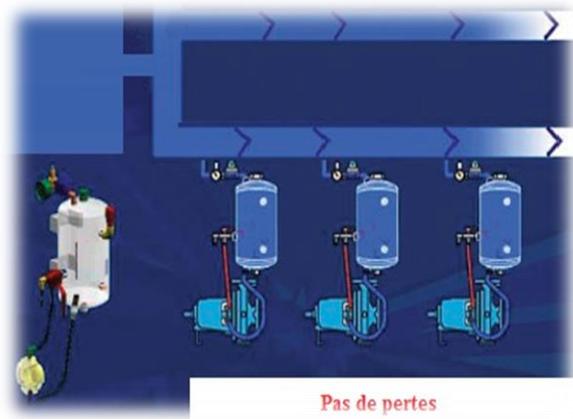


Figure 47 : Circuit de refroidissement fermé

Tableau 17 : Réduction de la consommation de l'eau

| Unité | Pompes installées | Eau consommé/année : méthode actuelle En m ³ | Eau consommé /année : thermosiphon En m ³ |
|--------------------|-----------------------|--|---|
| Attaque filtration | 82 dont 50 vers égout | 315 360 m ³ soit 1,5MDH | 0.18 m ³ soit 0.8766 DH |

Nota : le cout d'un mètre cube d'eau est 4,87DH

Analogie de la consommation de l'eau dans l'unité attaque filtration

Consommation annuelle :
méthode actuelle

Consommation
annuelle : Famille de 5
personnes

Satisfaction annuelle
de :



315 360
 m^3



96 m^3



3 285
familles



2. Evaluation des gains de la solution 'refroidissement avec débitmètre intelligent

La solution refroidissement avec **débitmètre intelligent** a été mise en marche dans la pompe P04 de l'unité attaque filtration. Sans branchement totale du circuit d'asservissement du débitmètre (consigne exploitant).



Figure 49 : Débitmètre intelligent

Calcul du gain :

Tableau 18 : Calcul des gains

| semaine | consommation solution débitmètre (litres) | consommation actuelle (litres) | Gain en (litres) |
|---------------|---|--------------------------------|------------------|
| 11 | 960 | 17280 | 16320 |
| 12 | 883 | 17280 | 16397 |
| 13 | 950 | 17280 | 16330 |
| 14 | 914 | 17280 | 16366 |
| 15 | 940 | 17280 | 16340 |
| 16 | 922 | 17280 | 16358 |
| 17 | 942 | 17280 | 16338 |
| 18 | 947 | 17280 | 16333 |
| 19 | 911 | 17280 | 16369 |
| Total du gain | | | 147151 |

Nb : En plus des gains direct mentionnés d'autre gain indirect peuvent s'ajouter comme les gains au niveau des pièces de rechange, du manque à produire et de la main d'œuvre.

3. Evaluation des gains de la solution 'standardisation des opérations de la maintenance'

3.1. Temps optimisé par équipement

| Équipements | Durée actuelle (min) | Durée Améliorée (min) | Écart (min) |
|------------------|----------------------|-----------------------|-------------|
| Pompe LC 125/405 | 930 | 910 | 20 |
| Pompe LC 200/410 | | | |
| Pompe LC 65/310 | | | |
| Pompe LC 250/430 | | | |
| Pompe LC 125/540 | | | |
| Pompe LC 450/500 | | | |

3.2. Evaluation du gain à gagner

Gain à gagner total du temps durant les trois dernières années

| Équipements | Nombre de DI | Temps optimisé (min) | Total (min) |
|------------------|--------------|----------------------|-------------|
| Pompe LC 125/405 | 336 | 20 | 26300 |
| Pompe LC 200/410 | 295 | | |
| Pompe LC 65/310 | 241 | | |
| Pompe LC 250/430 | 111 | | |
| Pompe LC 125/540 | 155 | | |
| Pompe LC 450/500 | 177 | | |

Le gain à gagner au niveau de la section AMM.

$$GAG = U.O \times Temps = 160 \frac{DH}{h} \times \frac{26300}{60} = 70133.33 DH$$

4. Conclusion

Grâce à cette nouvelle solution de gestion qui est assurée par l'exécution des standards de maintenance et par les solutions techniques présentées ci-avant, nous allons diminuer le temps de maintenance et soulager la capacité de travail dans la section AMM. Cela a pour rôle d'optimiser les coûts de maintenance et augmenter le taux de disponibilité des lignes de production du chantier phosphorique.

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce rapport a pour but de fiabiliser les pompes centrifuges de l'atelier phosphorique et d'améliorer la performance des ateliers centraux.

Le premier volet était l'analyse de l'existant et de l'état actuelle, que nous avons effectué grâce aux méthodes d'analyse statistiques, ceci nous a permis de déterminer les unités, les équipements et les organes les plus névralgiques aussi bien que les pertes économiques engendrés par le dysfonctionnement de ces équipements.

Le second volet consiste à la proposition des solutions pour remédier aux problèmes existant, dans ce cadre nous avons fait deux analyses Ishikawa pour cibler les différentes causes possibles. Puis on a traité ces derniers sous forme de solutions techniques, de recommandations générales ou de solutions d'organisation et de gestion dont le gain estimé était à l'ordre de deux millions de dirhams et plus comme gain direct.

En terme de perspective, et vu que l'optimisation de la consommation d'eau est prise en compte de manière responsable dans la stratégie de développement du groupe OCP, j'espère bien que le procédé de refroidissement proposé dans ce présent rapport sera mis en œuvre tout en créant des cellules de réflexion et de formation pour le personnel afin de servir le bien de ce pays et de ce respectable établissement.

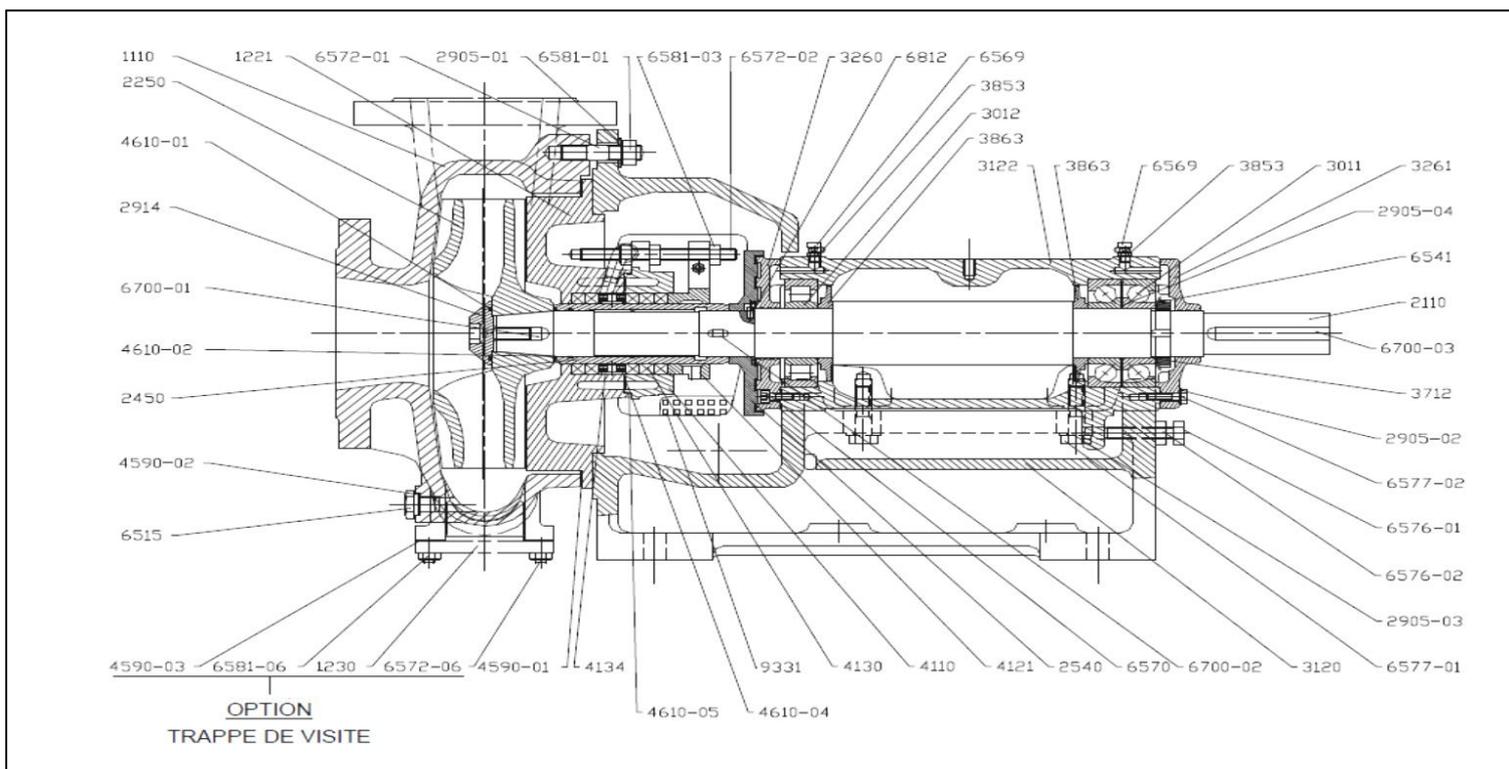
BIBLIOGRAPHIE

- ✓ Document interne de l'office chérifien de phosphates
- ✓ Données de bureau de préparation
- ✓ Calcul établie par service contrôle gestion
- ✓ Manuelle d'exploitation du complexe Maroc phosphore Jorf Lasfar
- ✓ Documentation des Usines Maroc phosphore (IMACID, EMAPHOS, ACX) de l'office chérifien de phosphates.
- ✓ Documents constructeurs des pompes d'acides (Schéma et dessins des équipements mécaniques, recommandations). Bureau ACX / Bloc logistiques
- ✓ Base des données et fichiers historiques des demandes d'interventions
- ✓ Cours de gestion de Maintenance et qualité de la FST Fès de l'Université sidi Mohamed ben Abdellah
- ✓ POULAIN, Jean. Pompes rotodynamiques : Problèmes mécaniques particuliers **In** : Techniques de l'ingénieur : Traité Mécanique, vol. BM4 306. Paris : Techniques de l'ingénieur, 2008, BM4306-1 à BM4306-6

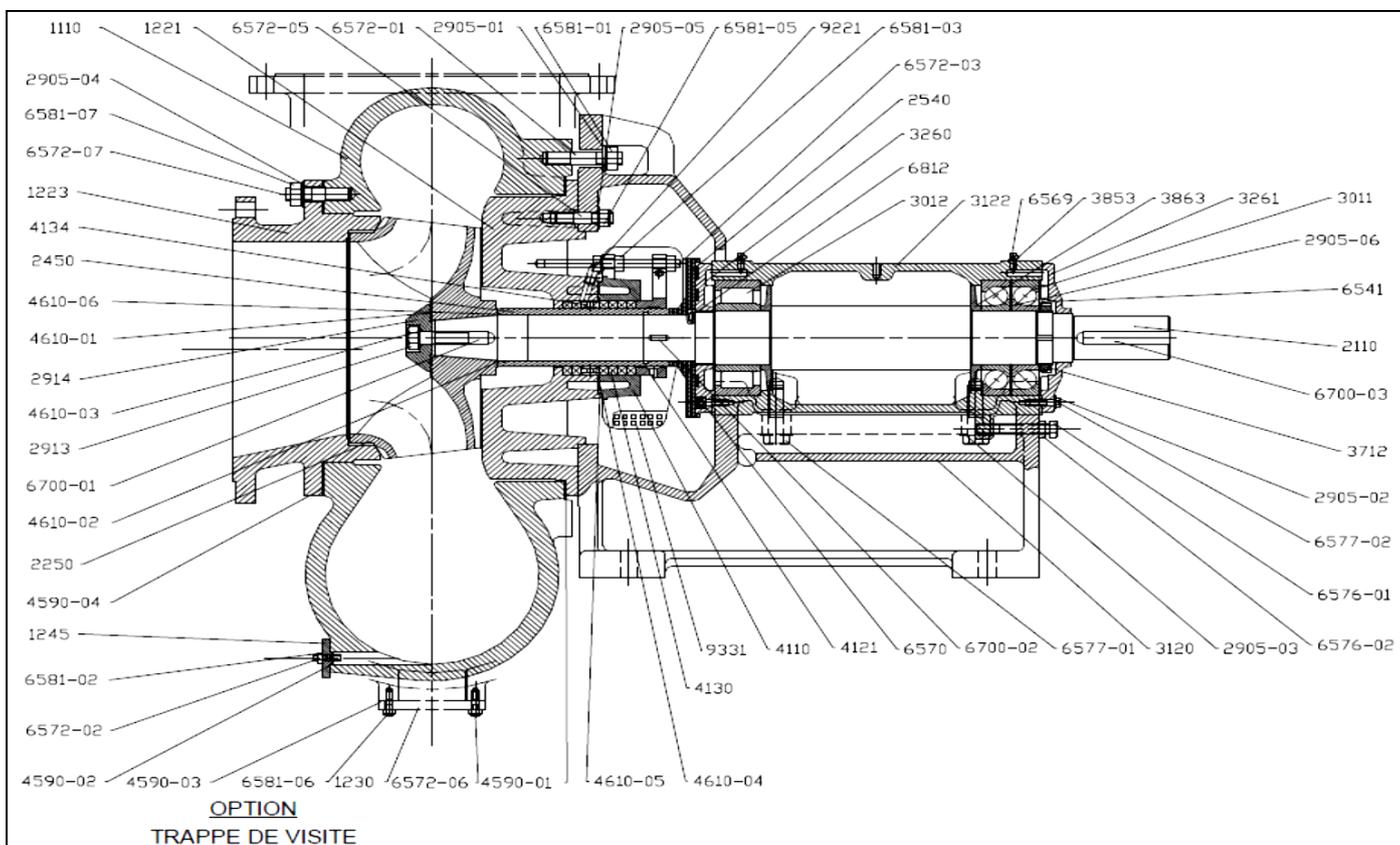
WEBOGRAPHIE

- ✓ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Thermosiphon>
- ✓ <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/transmission-de-puissance-hydraulique-42187210/>
- ✓ <http://french.alibaba.com/goods/John-Crane-mechanical-seal.html>
- ✓ <http://www.ocpgroup.m>
- ✓

ANNEXES



ANNEXE I: Ensemble de coupe des pompes LC 65/310, LC 200/410, LC 125/450



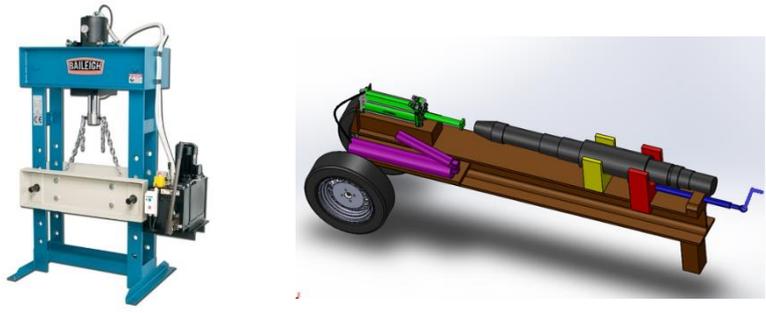
ANNEXE II : Ensemble de coupe de la pompe LC 125/540

ANNEXE III : Repères et désignations des pompes LC

| Repères | Désignations |
|---------|------------------------------------|
| 1110 | Corps de pompe |
| 1221 | Fond |
| 1223 | Fond d'aspiration |
| 1230 | Tampon de visite |
| 1245 | Bride |
| 2110 | Arbre pompe |
| 2250 | Roue radiale |
| 2450 | Chemise d'arbre |
| 2540 | Défecteur |
| 2905 | Rondelle |
| 2913 | Vis de blocage de roue |
| 2914 | Ogive de roue |
| 2914 | Ogive de roue |
| 3011 | Roulement à billes |
| 3012 | Roulement à rouleaux |
| 3120 | Chaise de palier |
| 3122 | Boitier de roulement |
| 3260 | Couvercle de palier |
| 3260 | Couvercle de palier |
| 3261 | Couvercle de palier, coté commande |
| 3712 | Ecrou de roulement |
| 3853 | Graisser |
| 3863 | Régulateur à graisse |
| 4110 | Boitier de roulements |
| 4121 | Fouloir en 2 parties |
| 4130 | Garniture de presse étoupe |
| 4134 | Lanterne d'arrosage |
| 4590 | Joint plat |
| 4610 | Joint torique |
| 6515 | Bouchon de vidange |
| 6541 | Frein écrou |
| 6569 | Bouchon |
| 6570 | Vis Chc |
| 6572 | Goujon fileté |
| 6576 | Vis de réglage |
| 6577 | Vis à tête hexagonal |
| 6581 | Ecrou Hexagonal |
| 6581 | Ecrou hexagonal |
| 6700 | Clavette |
| 6812 | Goupille cannelée |
| 9221 | Coude |
| 9331 | Tôle de recouvrement |

ANNEXE IV : Quelques photos d'outillages spécifiques

| Outillages | Photos |
|------------------|--|
| Clé Plate |  |
| Clé à Chaîne |  |
| Clé à Six Pans |  |
| Clé Pipe |  |
| Clé Mixte |  |
| Clé à Ergot |  |
| Chasse goupille |  |
| Tige Fileté |  |
| Anneau de levage |  |
| Marteau |  |
| Élingue |  |
| Arrache Moilleu |  |

| | |
|--|--|
| <p>Marteau – Goupille</p> |  |
| <p>Chalumeau« Application à induction »</p> |  |
| <p>Pont Roulant</p> |  |
| <p>Palan</p> |  |
| <p>Presse hydraulique</p> |  |

| | |
|----------------------|--|
| <p>Girafe</p> |  |
|----------------------|--|

ANNEXE V : Quelques photos d'EPI

