Université Sidi Mohammed Ben Abdellah - Fès
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme de Master Sciences et Techniques
Spécialité : Génie Mécanique et Productique

Thème :

Amélioration de la disponibilité des équipements de l'atelier phosphorique d'IMACID

Présenté par :

Mlle. JTITE SAFAE

Encadré par :

- PR. Mme. I. MOUTAOUAKKIL, FST Fès

- Mr. A. RAYYAD, OCP

Effectué à : OCP EL Jadida

Soutenu le : 13/06/2017

Devant le jury :

• Pr. Mme. I. MOUTAOUAKKIL	Faculté des Sciences et Technique de Fès
• Pr. Mr. J. ABOUCHITA	Faculté des Sciences et Technique de Fès
• Pr. Mr. A. ABOUTAJEDDINE	Faculté des Sciences et Technique de Fès

Année Universitaire : 2016-2017

Université Sidi Mohammed Ben Abdellah - Fès
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme de Master Sciences et Techniques
Spécialité : Génie Mécanique et Productique

Thème :

Amélioration de la disponibilité des équipements de l'atelier phosphorique d'IMACID

Présenté par :

Mlle. JTITE SAFAE

Encadré par :

- PR. Mme. I. MOUTAOUAKKIL, FST Fès

- Mr. A. RAYYAD, OCP

Effectué à : OCP EL Jadida

Soutenu le : 13/06/2017

Devant le jury :

• Pr. Mme. I. MOUTAOUAKKIL	Faculté des Sciences et Technique de Fès
• Pr. Mr. J. ABOUCHITA	Faculté des Sciences et Technique de Fès
• Pr. Mr. A. ABOUTAJEDDINE	Faculté des Sciences et Technique de Fès

Année Universitaire : 2016-2017

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

سورة التوبة الآية 105

صدق الله العظيم

DÉDICACE

À la mémoire de mon cher père,

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous, je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.

A ma très chère et adorable mère,

A celle qui a sacrifié sa vie pour moi et pour sa famille, Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

A mon très cher frère Achraf,

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Mon ange gardien et mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A toutes les personnes qui m'ont toujours aimée, supportée, conseillée, poussée à m'améliorer, dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines, on fait de moi ce que je suis aujourd'hui et m'ont permis de vivre ce jour, merci pour vous tous.

JTITE Safae

Remerciements

Il m'est agréable d'exprimer mes sentiments de reconnaissance envers toutes les personnes, dont l'intervention au cours de ce projet, a favorisé son aboutissement.

Ainsi, j'exprime ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon encadrante académique Pr. I. MOUTAOUAKKIL, pour ses orientations, ses recommandations judicieuses et pour tout le temps qu'elle m'a consacré.

Je tiens aussi à exprimer mon profond respect et ma reconnaissance envers mon parrain extérieur M. A. RAYYAD, pour son apport dans la réalisation de ce projet et qui m'a fait l'honneur de bien vouloir guider mes pas tout au long de ce travail.

Je tiens également à présenter mes sincères remerciements à tout le personnel de la direction maintenance pour l'appui qu'ils m'ont apporté, pour leur soutien moral et technique ainsi que leur générosité et leur disponibilité permanente.

Mes remerciements vont également aux membres du jury Pr. J. Abouchita et Pr. A. Aboutajeddine pour avoir accepté d'évaluer mon travail et me donner l'occasion de faire part de leurs remarques et points de vue précieux

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour accomplir ce projet.

Résumé

Mon projet de fin d'études a pour objectif l'amélioration de la disponibilité des équipements de l'atelier phosphorique à IMACID Jorf Lasfer.

Pour ce faire, j'ai commencé dans un premier temps par une étude des différents dysfonctionnements observés sur les équipements de l'atelier phosphorique. Elle permettra d'avoir une liste des équipements critiques.

Dans un deuxième temps, j'ai déterminé les modes de défaillances les plus critiques au niveau des équipements névralgiques en se basant sur le tableau AMDEC.

Ensuite, j'ai procédé à l'amélioration de la performance des équations critiques en proposant des solutions d'amélioration et des plans de maintenance préventive pour remédier aux problèmes dégagés.

Enfin, dans l'objectif de « zéro incident » fixé dans le cadre du système de management « OCP PRODUCTION SYSTEM », j'ai fait une analyse des risques aux postes de travail de l'activité graissage et de lubrification, pour améliorer la sécurité et les conditions du travail des opérateurs.

Abstract

The aim of my final year project is improving to the availability of the equipment of the phosphoric workshop at IMACID Jorf Lasfer.

To do this, I started with a study of the various malfunctions observed on the equipment of the phosphoric workshop. It will provide a list of critical equipment.

In a second step, I determined the most critical failure modes for critical equipment based on the FMEA table.

Then, I improved the performance of critical equations by proposing improvement solutions and preventive maintenance plans to remedy the problems emerging.

Finally, for the “zero accident” objective underlined in the management system “OCP PRODUCTION SYSTEM”, I made a risk analysis in the workstations for the greasing and lubricating activities in order to improve safety and working conditions for operators.

Table des matières

Remerciements 3
Résumé 4
Abstract 5
Liste des figures : 9
Liste des tableaux : 10
Liste des abréviations : 11
Liste des notations : 11
Introduction générale : 12
CHAPITRE 1: « présentation de l'organisme d'accueil » 13
Introduction : 14
1. Généralités sur l'office chérifien des phosphates 14
1.1. Présentation du groupe office chérifien des phosphates 14
1.2. Emplacement géographique du groupe OCP 14
1.3. Présentation du site OCP de Jorf Lasfar 15
1.3.1. Situation géographique. 15
1.3.2. Présentation organisationnelle 15
1.3.3. Potentiel installé 16
1.4. Présentation de l'organisme d'accueil : Indo Maroc Phosphore 16
1.4.1. Organigramme d'IMACID 17
1.4.2. Ateliers D'IMACID 17
1.5. Présentation d'atelier phosphorique : 19
1.5.1. La Section de Réception 20
1.5.2. Section de l'épaississement 20
1.5.3. Section d'attaque 21
1.5.4. Section filtration 23
1.5.5. Unité de stockage d'acide 29% P2O5 24
1.5.6. Unité de concentration dans une boucle sous vide 25
1.5.7. Unité de stockage d'acide 54% P2O5 25
2. Présentation du projet : 26
2.1. Problématique et mission 26
2.2. Planning prévisionnel : 26
Conclusion : 27
CHAPITRE 2 : «Analyse des données statistiques » 28
Introduction : 29

1. Classification des équipements 29
1.1. Classification par la méthode TDPC : 29
1.1.1. Présentation de la méthode : 29
1.1.2. Application de la TDPC 30
1.2. Classification par la méthode PARETO : 32
1.3. Liste des équipements critiques 40
Conclusion : 40
CHAPITRE 3: «Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et leurs criticités» 41
Introduction : 42
1. Présentation de la méthode : 42
1.1. Qu'est-ce que l'AMDEC ? 42
1.2. Elaboration des tableaux d'AMDEC : 42
1.3. Les actions : 44
2. Application de l'AMDEC sur les équipements : 45
2.1. Analyse fonctionnelle : 45
2.2. Tableau AMDEC : 48
2.3. Résultats de l'étude : 52
Conclusion : 52
CHAPITRE 4: «Actions améliorives» 53
Introduction : 54
1. Les garnitures mécaniques : 54
1.1. Introduction 54
1.2. Principe de fonctionnement : 54
1.3. Analyse des causes de défaillance des garnitures mécaniques : 55
1.3.1. Fluide abrasif : 55
1.3.2. Garniture mécanique n'est pas adaptée à un type de fonctionnement 56
2. Les roulements : 60
3. Les cellules du filtre AS51 : 63
4. Evaluation technico-économique : 68
Conclusion : 68
CHAPITRE 5: « Politique de maintenance préventive proposée » 69
Introduction : 70
1. Généralités sur la maintenance préventive : 70
2. Différents types de maintenance préventive : 70
2.1. Maintenance préventive systématique : 70

2.1.1. Visites systématiques : ... 70
2.1.2. Remplacements systématiques : ... 71
2.1.3. Ronde ou visite en marche ... 71
2.2. Maintenance préventive conditionnelle : ... 72
3. Les sources aidant à définir les opérations de maintenance préventive : ... 72
4. Les plans de maintenance préventive pour les équipements critiques : ... 73
Conclusion : ... 74
CHAPITRE 6: « Analyse des risques aux postes de travail de l'activité graissage et lubrification» ... 75
Introduction : ... 76
1. Standard ADRPT ... 76
1.1. Objectif de l'ADRPT ... 76
1.2. Avantages du standard ADPRT ... 77
1.3. Les étapes du déploiement du standard ADPRT ... 77
1.4. Déploiement du standard au sein de la section Attaque Filtration ... 77
2. Déploiement de l'analyse des risques ... 78
2.1. Identification des activités et des postes de travail ... 78
2.2. Identification des tâches liées aux postes de travail ... 78
2.3. Identification et évaluation des risques ... 79
2.4. Phase d'action ... 82
2.4.1. Elaboration des modes opératoires ... 82
2.4.2. Plan d'action ... 83
Conclusion : ... 85
Conclusion et perspectives ... 86
Bibliographie : ... 88
ANNEXES : ... 89
ANNEXE A : critères de classification des équipements par la méthode TDPC ... 90
ANNEXE B : grille TDPC pour chaque équipement et classification finale ... 91
ANNEXE C : Etude AMDEC ... 92
ANNEXE D : Les plans de maintenance ... 124
ANNEXE E : Liste des dangers pour les sites de l'OCP : ... 130
ANNEXE F : Grilles d'évaluation de l'exposition, gravité, probabilité et le score selon le standard ADRPT ... 132
ANNEXE G: Fiches d'évaluation des risques liés aux différentes taches de chaque poste de travail 133
ANNEXE H: Modes opératoires des taches effectuées sur le filtre PRAYON ... 147

Liste des figures :

Figure 1- 1: vue satellitaire du site 15
Figure 1- 2: Organigramme IMACID 17
Figure 1- 3: les étapes de fabrication de l'acide phosphorique 20
Figure 1- 4: Schéma de l'épaississeur 20
Figure 1- 5: Station du floculant 21
Figure 1- 6: La section d'attaque 22
Figure 1- 7: Section de digestion 23
Figure 1- 8: Ligne de concentration de l'acide 29% 25
Figure 1- 9 : liste des taches effectuées 27
Figure 2- 1: Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon les heures d'arrêts 33
Figure 2- 2: Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon la fréquence d'arrêts 34
Figure 2- 3: Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon leur non disponibilité 35
Figure 2- 4 : Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon leur non disponibilité 35
Figure 2- 5: Pareto donnant les pompes critiques selon les heures d'arrêts 37
Figure 2- 6: Pareto donnant les pompes critiques selon la fréquence de panne 38
Figure 2- 7: Pareto donnant les pompes critiques selon les heures d'arrêts 39
Figure 2- 8 : Les pompes critiques selon leur fréquence d'arrêts 39
Figure 3- 1: Filtre PRAYON 46
Figure 3- 2: diagramme bête à cornes du filtre AS01 47
Figure 3- 3 : diagramme pieuvre du filtre AS01 47
Figure 3- 4: décomposition technique du filtre AS01 48
Figure 4- 1: garniture mécanique 54
Figure 4- 2: principales composantes d'une garniture mécanique 54
Figure 4- 3 : Bague de fond dans chambre à garniture 55
Figure 4- 4: Appareil d'alignement EASY-LASER 61
Figure 4- 5 : usure au niveau de soudage des cellules 64
Figure 4- 6: Les zones observées lors du soudage 66
Figure 6- 1: Organigramme de la démarche d'évaluation des risques 80
Figure 6- 2: Agitateur 84
Figure 6- 3: Modèle d'une passerelle permanente 84
Figure 6- 4: Modèle d'une plateforme individuelle roulante 84

Liste des tableaux :

Tableau 2- 1: description des indices de classification..... 30
Tableau 2- 2: Les familles d'équipements critiques selon les heures d'arrêts 33
Tableau 2- 3: Les familles d'équipements critiques selon la fréquence d'arrêts..... 33
Tableau 2- 4: Les familles d'équipements critiques selon les heures d'arrêts 34
Tableau 2- 5 : Les familles d'équipements critiques selon la fréquence d'arrêts..... 35
Tableau 2- 6: Les pompes critiques selon les heures d'arrêts 36
Tableau 2- 7: Les pompes critiques selon la fréquence de panne 37
Tableau 2- 8: Les pompes critiques selon les heures d'arrêts 38
Tableau 2- 9 : Les pompes critiques selon leur fréquence d'arrêts 39
Tableau 2- 10: Liste des équipements critiques..... 40
Tableau 3- 1: Grille d'AMDEC à remplir 43
Tableau 3- 2: Les échelles de cotation de ces trois indices de l'AMDEC..... 44
Tableau 3- 3: Grille des criticités de défaillances pour AMDEC 45
Tableau 3- 4: grille AMDEC du filtre AS01 51
Tableau 4- 1: tableau des plans API 60
Tableau 4- 2: Désignations normalisées..... 64
Tableau 4- 3: Composition chimique d'UB6 64
Tableau 4- 4: les propriétés mécaniques d'UB6 65
Tableau 4- 5: Effets du traitement de détensionnement des contraintes résiduelles 68
Tableau 5- 1: plan de maintenance préventive systématique 73
Tableau 5- 2: plan de maintenance préventive conditionnelle 74
Tableau 6- 1: les activités et les différents postes d'attaque filtration..... 78
Tableau 6- 2: les différentes tâches liées aux postes de travail 79
Tableau 6- 3: fiche d'évaluation pour les risques liés à la tâche «**Graissage de la couronne du pignon d'attaque »** 81
Tableau 6-4: Mode opératoire pour la tâche «Appoints hebdomadaires des paliers de cellules» 83
Tableau 6- 5: Actions d'amélioration proposées..... 83

Liste des abréviations :

PAP : Les équipements de l'atelier phosphorique
OCP : Office Chérifien de Phosphates
IMACID : Indo Maroc Phosphore
AMDEC : Analyse des modes de défaillance, leurs effets, et leur criticité
CAP : unité de concentration dans l'atelier phosphorique
BAF : unité d'attaque filtration dans l'atelier phosphorique
PAP : les équipements de l'atelier phosphorique
ADPRT : Analyse Des Risques aux Postes de Travail
HSE : Hygiène sécurité environnement
GM : garniture mécanique
MM : Maintenance Mécanique
SVR : Stratifié Verre – Résine

Liste des notations :

G : Gravité
C : Criticité
D : La non-détection de la panne
E : Exposition
F : Fréquence de la panne
P : Probabilité
P2O5 : Acide phosphorique
H2SO4 : Acide sulfurique

Introduction générale :

En industrie, les performances durables des équipements sont indispensables pour demeurer apte à produire et répondre aux exigences concurrentielles du marché et réaliser des économies rentables. Alors afin de garder sa position en tant que leader sur le marché qui est en évolution permanente, l'OCP doit garantir une disponibilité de ses moyens de production.

C'est dans ce contexte que s'inscrit mon sujet de stage qui vise la maintenance basée sur l'amélioration de la disponibilité des équipements de l'atelier phosphorique pour assurer un entretien minimum et donc un bon rendement et une durée de vie meilleure au sein de IMACID de Jorf Lasfer filiale d'office chérifien de phosphate.

Pour aborder ce projet, j'ai commencé dans le premier chapitre par une présentation générale du groupe OCP, de l'organisme d'accueil IMACID. Cette étape sera suivie par une présentation détaillée du projet.

Le deuxième chapitre de ce rapport sera consacré à faire une classification des équipements de l'atelier phosphorique afin de dégager les équipements les plus critiques de l'installation par un outil d'aide à la décision à savoir la méthode TDPC et le diagramme Pareto.

Le troisième chapitre contient une étude AMDEC (analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité) permettant de déterminer les modes de défaillances les plus critiques au niveau de ces équipements névralgiques.

Ensuite dans le quatrième chapitre en se basant sur les résultats de l'étude AMDEC nous allons proposer des solutions d'amélioration des performances visant à éradiquer les causes des pannes.

Le cinquième chapitre sera consacré à établir un plan de maintenance préventive systématique & conditionnelle dans le but d'améliorer la disponibilité des équipements de l'atelier phosphorique.

Le dernier chapitre contient une analyse des risques aux postes de travail pour l'activité graissage et lubrification comme étant une activité journalière.

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

CHAPITRE 1 :

« présentation de l'organisme d'accueil »

Introduction :

Ce chapitre présente dans un premier lieu et d'une manière brève, les unités de l'atelier phosphorique du complexe industriel Jorf Lasfer en tant qu'établissement d'accueil, dans un second lieu la présentation du sujet ainsi que la planification de la mise en marche.

1. Généralités sur l'office chérifien des phosphates

1.1. Présentation du groupe office chérifien des phosphates

L'Office Chérifien des Phosphates (OCP) a été créé le 7 août 1920, sous la forme d'un Organisme d'Etat, mais étant donné le caractère de ses activités commerciales et industrielles, le législateur a tenu à le doter, dès sa création, d'une organisation lui permettant d'agir avec le même dynamisme et une compétitivité comparable à celles des entreprises privées internationales. Par la suite, l'évolution des activités de l'Office et l'ampleur de ses projets de valorisation ont conduit à la mise en place en 1974-1975, d'une structure de Groupe permettant l'intégration de différentes entités filiales complémentaires au sein d'un même ensemble : le Groupe OCP (crée en : 1975).

Chaque année, plus de 23 millions de tonnes de minerais sont extraites du sous-sol marocain. Le Maroc dispose des trois-quarts des réserves mondiales.

Premier exportateur mondial de phosphate sous toutes ses formes, le Groupe OCP écoule 95 % de sa production en dehors des frontières nationales. Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète où il réalise un chiffre d'affaires annuel de 2 milliards de dollars.

Moteur de l'économie nationale, le Groupe OCP joue pleinement son rôle d'entreprise citoyenne. Cette volonté se traduit par la promotion de nombreuses initiatives, notamment en faveur du développement régional et de la création d'entreprises.

Dans un contexte de concurrence accrue, le Groupe OCP poursuit la politique de consolidation de ses positions traditionnelles et développe de nouveaux débouchés. Avec une exigence sans cesse réaffirmée : améliorer la qualité de ses produits tout en maintenant un niveau élevé en matière de sécurité de qualité et de protection de l'environnement.

1.2. Emplacement géographique du groupe OCP

Les principales mines d'extraction du phosphate sont : Khouribga (Oulad-Abdoun), Benguérir, Youssoufia (Gantour) et Boucraa-laayoune qui est principalement utilisé dans la fabrication des engrais. Il subit Selon les cas une ou plusieurs opérations de traitement. Une fois

traité, il est exporté tel quel ou bien livré aux industries chimiques du Groupe, à Jorf Lasfar ou à Safi, pour être transformé en produits dérivés commercialisables : acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solides.

En outre, le groupe O.C.P dispose de quatre ports d'embarquement :

- ✓ Casablanca : pour les produits d'Oulad Abdoun.
- ✓ Jorf Lasfar : pour les produits locaux.
- ✓ Laâyoune : pour les produits de Boucraâ.
- ✓ Safi : pour les produits de Gantour.

1.3. Présentation du site OCP de Jorf Lasfar

1.3.1. Situation géographique.

Le site OCP de Jorf Lasfar est situé à 33° 07' latitude Nord et à 8°38' longitude ouest, à 17 km au sud de la ville d'El Jadida et de 110 km de la ville de Casablanca.

Figure 1- 1: vue satellitaire du site

1.3.2. Présentation organisationnelle

Le site de Jorf Lasfar a été retenu pour l'implantation de cet ensemble industriel, compte tenu des avantages suivants :

- ✓ Proximité des zones minières permettant son alimentation en phosphate,
- ✓ Existence d'un port à tirant d'eau important,
- ✓ Disponibilité de l'eau de mer et d'eau douce,
- ✓ Disponibilité de terrains pour les extensions futures.

Cet ensemble qui se situe dans une enceinte s'étendant sur 1800 ha environ permet de produire annuellement 2 millions de tonnes de P2O5 sous forme d'acide phosphorique, qui nécessitent la transformation d'environ :

- ✓ 10 millions de tonnes de phosphates extraits des gisements de Khouribga,

- ✓ 3 millions de tonnes de soufre,

Une partie de cette production est transformée localement en engrais DAP, MAP, NPK et TSP, soit environ 1,8 millions de tonnes équivalent DAP, et en acide phosphorique purifié soit 0,12 million de tonnes P2O5 par an. L'autre partie est exportée en tant qu'acide phosphorique marchand.

1.3.3. Potentiel installé

Le site de Jorf Lasfar comporte 5 entités :

- ✓ **Maroc Phosphore III et IV (MP III et IV)** (100% OCP) créé en 1986.
- ✓ **Euro Maroc Phosphore** (1/3 OCP, 1/3 Prayon, 1/3 Chemische Fabrik Budenheim) : Ce projet a été mené en coopération avec des partenaires belges et allemands (CFB) en 1998 à JORF LASFAR ;
- ✓ **Inde Maroc Acid** (1/3 OCP, 1/3 Chambal Fertiliser Inde, 1/3 Tata Chemicals Ltd-Inde) : Ce projet a démarré en 1999 à JORF LASFAR ;
- ✓ **Pakistan Maroc Phosphore** (1/2 OCP, 1/4 FFBL, 1/8 Fauji Foundation, 1/8 FFCL) : Démarrage en 2008 à JORF LASFAR ;
- ✓ **Bunge Maroc Phosphore** (100% OCP): Démarrage en 2009 à JORF LASFAR.

1.4. Présentation de l'organisme d'accueil : Indo Maroc Phosphore

IMACID est un complexe industriel moderne à proximité de Maroc Phosphore à Jorf Lasfar. C'est une société maroco-indienne (1/3 pour le Groupe OCP, 1/3 pour le Groupe BIRLA et le derniers 1/3 pour le nouveau associé le groupe TATA Chimical) constituée en 1997. Son capital est de 620 millions de dirhams.

Le coût du projet est de 2 milliards de DH. La surface occupée par l'ensemble des ateliers est de 112 500 m2. La commercialisation du produit est répartie 100% pour les partenaires.

Ce complexe industriel a démarré en octobre 1999 à proximité du complexe Maroc Phosphore III et IV à Jorf Lasfar, dont la construction du projet a augmenté la capacité de la production d'acide phosphorique à la plate forme de Jorf Lasfar de 25%.

Le coût du projet est de 2 milliards de DH. La surface occupée par l'ensemble des ateliers est de 112.500 m2. La commercialisation du produit est répartie comme suit :

- ✓ 2/3 pour les partenaires
- ✓ 1/3 pour les autres marchés

IMACID bénéficie les avantages du site de Jorf Lasfer :

- ✓ La proximité du gisement minier de Khouribga.
- ✓ La proximité du port avec un grand tirant d'eau.
- ✓ L'alimentation en eau de mer et eau douce sur de faibles distances.
- ✓ La dotation du site de grandes facilités industrielles.
- ✓ La possibilité d'utilisation de l'infrastructure de MAROC PHOSPHORE.

Ce complexe a permis de produire annuellement 500 000 tonnes P2O5, et 1.300.000 tonnes d'H2SO4.

1.4.1. Organigramme d'IMACID

Le schéma ci-dessous constitue l'organigramme nominatif d'IMACID.

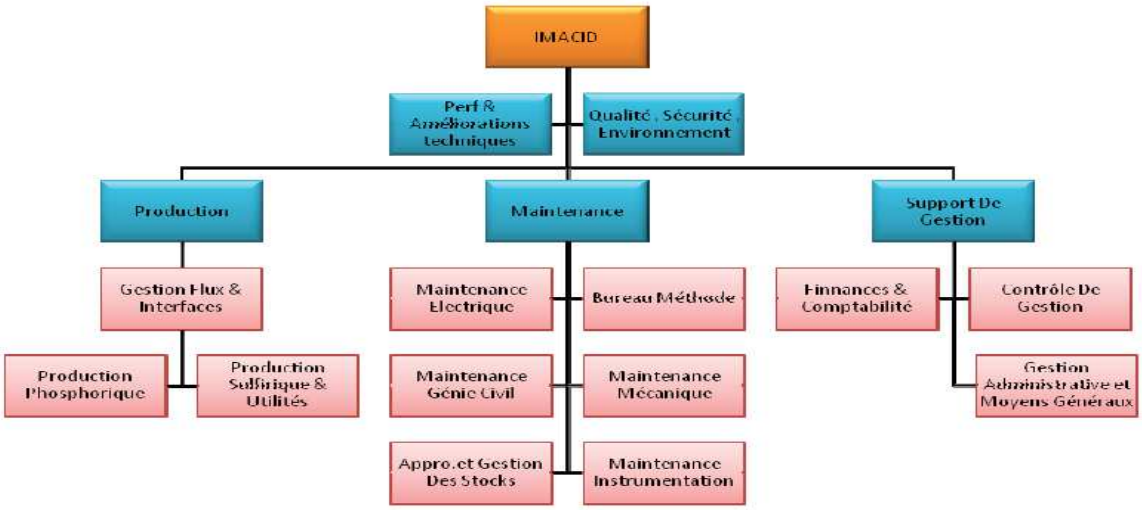


Figure 1- 2: Organigramme IMACID

1.4.2. Ateliers D'IMACID

Pour assurer sa production annuelle d'environ 500 000 tonnes P2O5 (qui nécessite 372 000 tonnes de soufre, 3 millions m³ d'eau de procédé, 120 millions m³ d'eau de mer, 1,37 million de tonnes des phosphates de Khouribga, et 1,12 Million de tonnes d'acide sulfurique).

IMACID dispose d'un ensemble d'ateliers qui rassemblent leurs biens et services.

- ➢ **Atelier sulfurique :**

Le procédé de fabrication d'acide phosphorique par voie humide consiste à attaquer la pulpe de phosphate par un acide fort. L'acide d'attaque utilisé à IMACID est l'acide sulfurique, qu'on produit dans l'atelier sulfurique dont les caractéristiques sont :

- ✓ Capacité : 3800 tonnes monohydrate par jour ;

- ✓ Procédé : MONSANTO à double absorption.

➢ **Atelier phosphorique :**

L'atelier phosphorique d'IMACID a pour activité de produire l'acide phosphorique 29 % et 54 % de P2O5 par voie humide. Ce procède de fabrication se révèle être relativement simple, en mettant en Jeu la réaction du phosphate broyé avec l'acide sulfurique concentre, pour donner une suspension d'acide phosphorique (29% P2O5) et de sulfate de calcium ; l'opération est suivie d'une filtration puis d'une concentration et enfin d'une clarification de l'acide phosphorique ».

- ✓ Capacité nominale : 1000T P2O5 par jour d'acide, qualité marchande 54%
- ✓ Constructeur du procédé : PRAYON MARK IV

➢ **Atelier d'Utilités :**

Centrale thermoélectrique CTE avec :

- ✓ Un groupe turbo alternateur de 27 MW ;
- ✓ Une liaison avec le réseau vapeur HP de Maroc Phosphore III-IV afin de fournir la vapeur pour les démarrages et augmenter la flexibilité de marché de l'ensemble du complexe Jorf Lasfar.

Station de traitement des eaux TED composé de :

- ✓ Chaînes de traitement des eaux douces ;
- ✓ Une station de compression d'air.

➢ **Atelier Maintenance :**

IMACID dispose de ses propres ateliers de maintenance avec un personnel hautement qualifié et compétent spécialisés en : mécanique, électrique, régulation et génie civil.

Pour le service maintenance mécanique IDI/MA/M, les missions assignés à la fonction maintenance consiste à :

- ✓ Assurer la maintenance des installations (unités sulfuriques et utilités) ;
- ✓ Réaliser les objectifs fixés par la procédure de la maintenance des infrastructures ;
- ✓ Les travaux de révision générale, d'amélioration des équipements, en tenant compte des coûts des interventions et principalement de la sécurité du personnel tout en préservant l'environnement ;
- ✓ Former le personnel pour une meilleure utilisation des équipements ;
- ✓ Piloter les actions pour améliorer les performances (taux de disponibilité des machines, coût de la maintenance…) du service maintenance ;

- ✓ Assurer le classement de la documentation technique et les historiques d'entretien machine ;
- ✓ Veiller à minimiser les temps d'arrêts- machine occasionnés par l'entretien préventif et curatif.

1.5. Présentation d'atelier phosphorique :

L'acide phosphorique, de formule chimique H3PO4, est un acide minéral obtenu par traitement du minerai de phosphate ou par combustion du phosphore. Il tire son importance du fait qu'il est employé comme ingrédient de boissons non alcoolisées principalement dans les sodas au cola (Coca-Cola, Pepsi Cola), dans les ciments dentaires, comme catalyseur, dans les métaux inoxydables, et dans la production des phosphates utilisés dans les adoucisseurs d'eau, les engrais (à 90%), dans les détergents, dans les industries cosmétologique et pharmaceutique textile et papetière.

En résumé, l'acide phosphorique est un liquide, incolore, de température d'ébullition : environ 160°C, de masse moléculaire : 100,46 g/mol, de masse volumique : (20°C) 1,53 g/cm.

Une unité de production d'acide phosphorique de capacité 500.000 tonnes d'acide phosphorique (P2O5) par an. L'atelier phosphorique d'IMACID utilise comme procédé de base le procédé par voie humide et le procédé PRAYON MARK IV comme outil de production, qui utilise l'acide sulfurique comme agent d'attaque du phosphate. Cet atelier est composé des sections suivantes :

- ✓ Unité d'épaississement
- ✓ Unité attaque-filtration
- ✓ Unité de stockage d'acide 29% P2O5
- ✓ Unité de concentration dans une boucle sous vide
- ✓ Unité de stockage d'acide 54% P2O5

La fabrication de l'acide phosphorique passe par plusieurs étapes qui sont montrées dans la figure suivante :

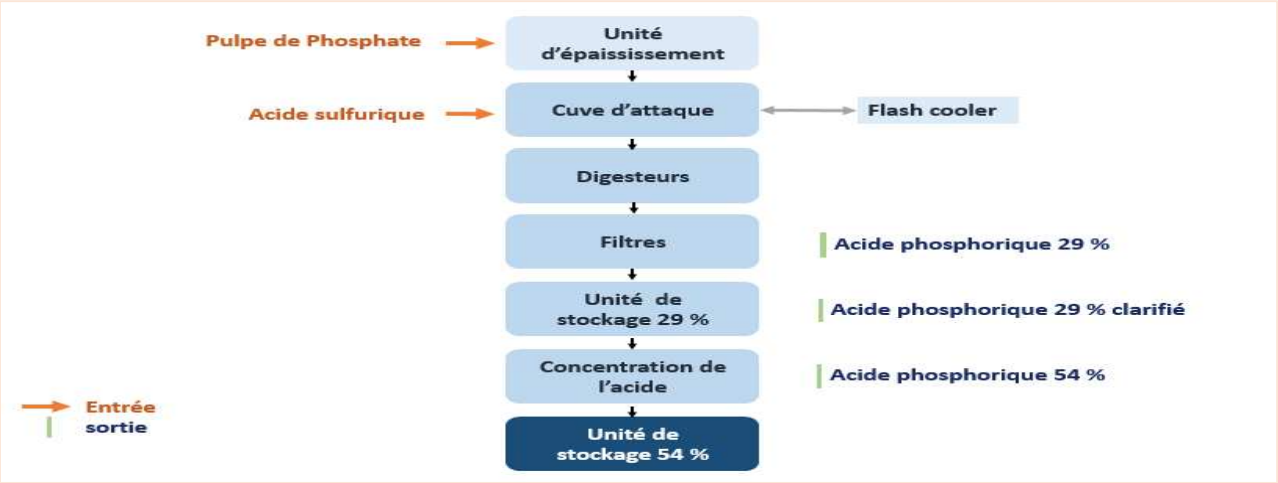


Figure 1- 3: les étapes de fabrication de l'acide phosphorique

1.5.1. La Section de Réception

Cette zone est la première à recevoir la pulpe à 53% de taux de solide. Prévenant du terminal avec un débit nominal de 247 m3 /h et un débit de design (théorique) de 284 m3 /h. La pulpe est réceptionnée au niveau de bac a pulpe 02ER01 d'une capacité de 2278 m3 /h qui est constamment agité. Le but de ce bac est de réduire les variations au niveau de l'alimentation en pulpe et d'assurer un stock tampon en cas de besoin.

1.5.2. Section de l'épaississement

L'épaississement permet d'accroître la concentration en solides de pulpe de phosphate de 53% à 65% avant son alimentation à l'étape de l'attaque et de filtration.

L'épaississeur est une large cuve cylindrique d'un diamètre de 20 m avec un fond en entonnoir incliné à 30°. Sa capacité de traitement est de 310t/h de pulpe diluée. Le principe de fonctionnement de l'épaississeur est semblable à celui d'un décanteur. Il utilise la gravité afin de séparer les phases solide et liquide.

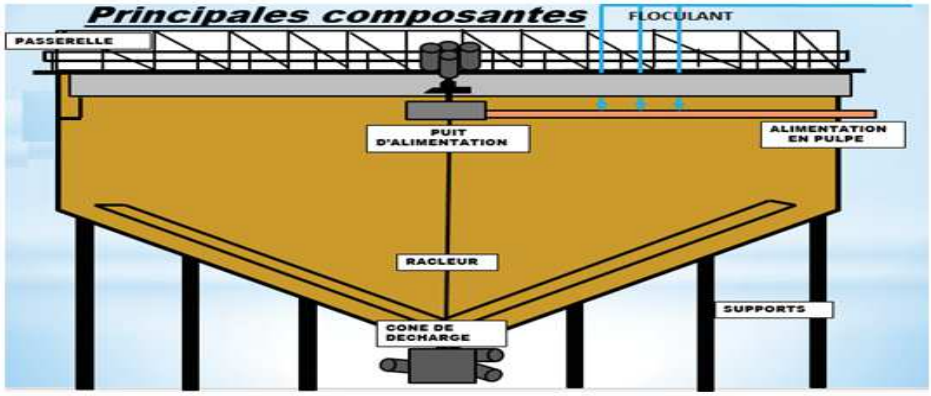


Figure 1- 4: Schéma de l'épaississeur

Dans un équipement comme l'épaississeur conçu pour la décantation continue de particules solide, la gravité ne suffit pas pour obtenir un lit de boue concentré puisque les particules restent en suspension trop longtemps à cause de leur faible taille. Pour accélérer le processus, on utilise un additif floculant qui regroupe les particules en amas appelés flocs. Leur taille moyenne est alors augmentée. Ce qui confère un poids supplémentaire facilitant ainsi la sédimentation.

L'ajout de floculant se fait pour contrôler la vitesse de sédimentation ou la clarté du surnageant ; une floculation excessive peut rendre difficile l'extraction de la pulpe épaissie.

Figure 1- 5: Station du floculant

1.5.3. Section d'attaque

La section attaque-filtration est composée de deux cuves d'attaque, une cuve de digestion, un système de refroidissement, un système d'extraction et lavage des gaz, deux filtres de séparation solide-liquide et deux systèmes de création de vide.

- **Cuve d'attaque :**

La section d'attaque est constituée de deux réacteurs A et B où s'effectue la réaction du phosphate avec l'acide sulfurique pour obtenir une bouillie d'acide phosphorique. Les cuves d'attaque A et B sont construites en béton armé monolithique et sont composées respectivement de six et quatre compartiments, munis chacun d'un agitateur à trois rangs de pales de modèle PRAYON.

Lors de l'attaque, l'acide sulfurique est mélangé à l'acide recyclé dans un mélangeur puis injecté dans un compartiment choisi par l'ingénieur process, tandis que la pulpe est introduite au niveau d'un autre compartiment avec les boues extraites du décanteur et les effluents liquides.

L'ensemble de la bouillie traverse les compartiments de la cuve d'attaque où a lieu une agitation pour l'homogénéisation et le maintien des cristaux formés en suspension.

Figure 1- 6: La section d'attaque

- **Système de refroidissement sous vide**

Les réactions chimiques se produisant dans la cuve d'attaque ainsi que la dilution de l'acide sulfurique étant exothermiques, donc il est nécessaire de refroidir la bouillie afin de maintenir le réacteur à une température de l'ordre de 82°C. Ce refroidissement est réalisé dans un système composé principalement des unités suivantes :

- ✓ Un évaporateur à bas niveau ;
- ✓ Un Pré condenseur ;
- ✓ Un Condenseur ;
- ✓ Une pompe à vide ;
- ✓ Deux pompes de circulation.

L'évaporation d'une certaine quantité d'eau hors de la bouillie, sous un vide de 275 mm Hg, provoque l'effet de refroidissement souhaité.

Les vapeurs quittant l'évaporateur sont condensées au moyen de l'eau de mer dans le condenseur à contact direct. Avant d'être condensées, ces vapeurs passent dans le pré condenseur où elles réchauffent l'eau destinées au lavage des toiles du filtre ; cette eau étant de l'eau industrielle ayant servi au préalable au lavage des gaz de la réaction dans le système de lavage des gaz.

- **Section de digestion**

Le but de la digestion est d'augmenter le temps de séjour et d'améliorer la cristallisation du gypse pour faciliter l'opération de filtration. Dans ce sens, l'usine dispose d'un

digesteur cubique cloisonné en quatre compartiments, l'un est attaché au refroidisseur, le deuxième est un compartiment d'ajustement où l'on peut ajouter du phosphate ou de l'acide sulfurique pour ajuster la concentration du calcium dans l'alimentation du filtre sans toucher le niveau de sulfate, et le quatrième compartiment sert à alimenter le filtre.

Figure 1- 7: Section de digestion

- **Système de lavage des gaz**

Afin d'éviter au minimum les émissions de fluorure dans l'atmosphère, l'atelier phosphorique dispose d'un système de lavage des gaz Fume Scrabber caractérisé par sa forme parallélépipédique horizontal avec une ouverture des gaz non condensés.

Les gaz fluorés issus du réacteur et de la cuve de digestion sont lavés à travers plusieurs lits filtrants organises horizontalement en 4 lignes parallèles. Chaque ligne compte 4 lits arrosés par des pulvérisateurs. Les nappes d'eau alimentant les pulvérisateurs sont au nombre de 5. L'intérêt derrière la pulvérisation de l'eau contre les lits filtrants est d'augmenter la surface et le temps de contact entre le gaz et le liquide de lavage.

1.5.4. Section filtration

Cette section comporte deux filtres de modèle PRAYON : chacun est constitué de deux principaux dispositifs. Un châssis tournant et une boîte à vide qui sert à créer le vide nécessaire pour faciliter la filtration et les lavages.

Le filtre est divisé en six secteurs : pré secteur, secteur fort, secteur moyen, secteur faible, secteur très faible et secteur du lavage des toiles.

- ✓ **Pré secteur**

La bouillie tombe sur la toile filtrante, le gâteau n'est pas encore formé, elle comporte un taux important de solide.

- ✓ **Secteur acide fort**

A ce niveau le filtrat a une teneur de 28% en P2O5, il est appelé acide fort, il est aspiré vers le stockage d'acide 28%.

- ✓ **Secteur acide moyen**

Le gâteau formé à ce stade contient encore des quantités non négligeables de P2O5, d'où un lavage du gâteau est indispensable, ce lavage se fait à contre-courant par l'acide faible ce qui donne un acide moyen d'une teneur de 18 à 20% en P2O5.

- ✓ **Secteur acide faible :**

Le gâteau subit un autre lavage, cette fois à l'eau. Le filtrat obtenu contient quelques % en P2O5 et il est réutilisé au premier lavage.

- ✓ **Secteur acide très faible**

Dans l'étage final, le gâteau de gypse est lavé avec l'eau gypseuse provenant du secteur lavage de toile.

- ✓ **Extraction du gypse**

Le gâteau de gypse est lavé à contre-courant en 2 étapes. Le lavage final avant sa décharge est réalisé au moyen de l'eau chaude produite au pré condenseur. L'eau à la sortie du pré condenseur est collectée dans un bac, puis pompée au moyen d'une pompe, une partie vers le lavage des toiles du filtre et l'autre vers le bac d'eau chaude.

Le gypse est finalement déchargé, par rotation de la cellule basculante en position inverse, dans une trémie arrosée de l'eau de mer devant servir à son évacuation vers la mer. Le décollement du gâteau de la toile est facilité par la force de gravitation.

- ✓ **Lavage de toile**

Malgré l'extraction du gypse, il en reste encore sur la toile, qu'est lavé par l'eau filtré (gypseuse). Après décharge du gypse et lavage de la toile, celle-ci est séchée au moyen du ventilateur de séchage.

- ✓ **Séchage des toiles**

L'eau qui reste dans les toiles pendant le lavage doit être séchée pour ne pas influencer les caractéristiques de l'acide produit pendant la filtration.

1.5.5. Unité de stockage d'acide 29% P2O5

L'acide sortant de la filtration contient des solides (gypse, sel fluoré et de silice) venant de :

- ✓ Cristaux qui sont passés au travers des toiles de filtration

✓ Désursaturation de l'acide

Pour leur aspect abrasif sur les concentrations et pour ne pas surcharger les concentrations, ils sont enlevés à l'aide d'un désursaturateur et un décanteur.

Les solides récupérés le sont dans une matrice liquide d'acide faible. Afin d'éviter de perdre ce P2O5, les boues sont recyclées en cuve d'attaque à débit constant et à titre en solides constant.

1.5.6. Unité de concentration dans une boucle sous vide

La concentration de l'acide consiste en un chauffage indirect de l'acide suivi d'une évaporation sous vide. Ceci est réalisé dans une boucle à circulation forcée contient principalement une pompe de circulation un bouilleur où règne une dépression de 60 à 70 torrs (mm Hg) et où l'acide sortant de l'échangeur à 80-86°C subit une évaporation. Cette évaporation provoque le refroidissement de l'acide qu'il faut réchauffer par la suite dans l'échangeur, et les gouttelettes d'acide existant dans les matières évaporées sont séparé par un séparateur centrifuge praysep, les collecte et les renvoie à l'aspiration de la pompe de circulation. Et par conséquent l'acide produit, à une concentration de 54% en P2O5, est envoyé vers le stockage 54%.

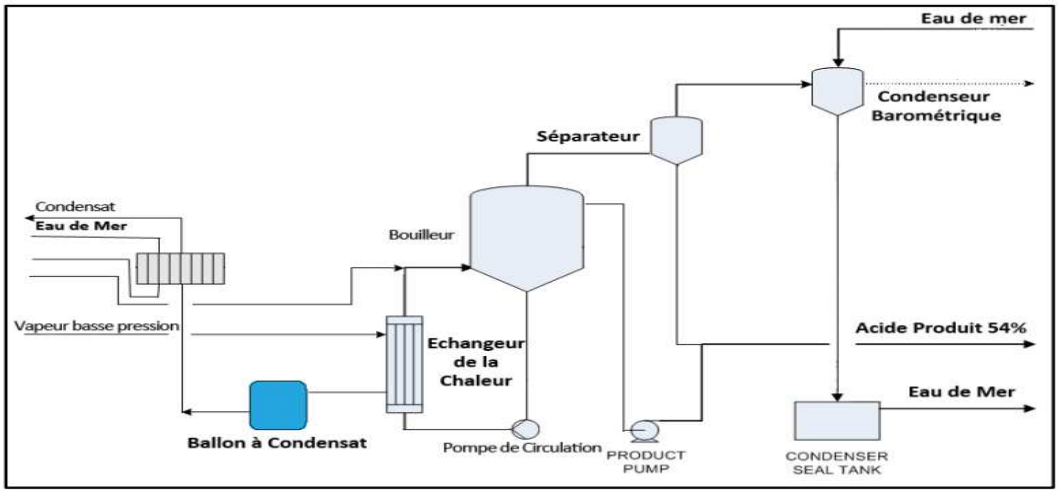


Figure 1- 8: Ligne de concentration de l'acide 29%

1.5.7. Unité de stockage d'acide 54% P2O5

Lors de la concentration, la teneur en P2O5 de l'acide augmente. Cela a pour conséquence de diminuer les constantes de solubilité d'une série de composés (CaSO4.1/2 H2O, Na2SiF6, K2SiF6...). D'où formation de solides.

La présence de ces solides dans un acide n'est pas envisageable. Il faut donc les enlever du liquide avant d'envoyer l'acide vers les stockages.

Cette opération s'effectue dans des décanteurs. Les boues de ces décanteurs sont envoyées vers les décanteurs de l'acide faible.

2. Présentation du projet :

2.1. Problématique et mission

Ce projet industriel de fin d'études a été réalisé au sein du service maintenance mécanique d'IMACID Jorf Lasfer. Cette entreprise dispose de plusieurs équipements qui contribuent de façon complémentaire à la fabrication de l'acide phosphorique.

La défaillance de ces équipements a une conséquence directe sur la production. C'est pour cette raison qu'il est primordial pour le service maintenance d'établir une politique de maintenance efficace: l'orientation vers la maintenance préventive.

La faiblesse de cette politique de maintenance efficace a réduit la fonction maintenance à des tâches de dépannage fréquentes, et par le fait même, à une fonction dont les coûts ne cessent d'augmenter et dont la contribution à la performance de l'entreprise n'est pas évidente.

La figure ci-dessous explique d'une manière brève la problématique :

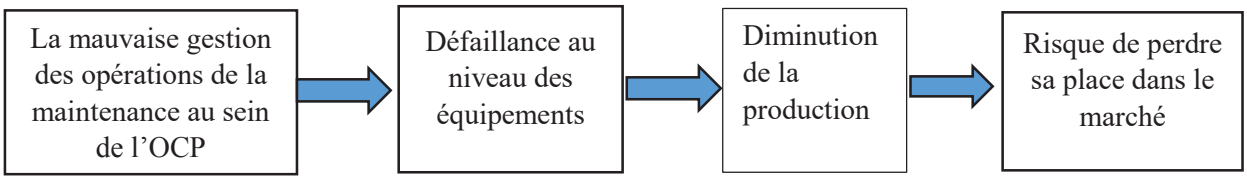


Figure 1- 9 : Schéma explicatif de la problématique

Pour répondre à ces défis, et afin d'améliorer la disponibilité des équipements de l'atelier phosphorique de IMACID, il m'a été demandé de :

- Analyser et évaluer la criticité des équipements PAP ;
- Améliorer le processus de la maintenance préventive pour une meilleure optimisation (Etat de lieux et plan de remédiation) ;
- Faire une analyse des risques aux postes de travail pour l'activité graissage et lubrification.

2.2. Planning prévisionnel :

Afin de réaliser le projet dans les délais établis par la convention de stage, il a fallu définir les étapes essentielles et estimer le temps à consacrer pour chacune. Pour cela, j'ai utilisé

le logiciel Ms Project afin de représenter les différentes tâches et visualiser le planning à prévoir.

Voici donc le détail du travail à effectuer ainsi que son organisation :

Task Name	Duration	Start	Finish
Tournée d'information	8 days	Wed 15/02/1	Fri 24/02/17
Documentation	8 days	Mon 27/02/1	Wed 08/03/1
remplissage de la grille TDPC pour BAF	20 days	Thu 09/03/17	Wed 05/04/17
remplissage de la grille TDPC pour CAP	10 days	Mon 20/03/17	Fri 31/03/17
pareto BAF	4 days	Wed 15/03/1	Mon 20/03/1
pareto CAP	3 days	Fri 07/04/17	Tue 11/04/17
Etude AMDEC	15 days	Thu 06/04/17	Wed 26/04/1
les actions améliorative s	18 days	Sun 16/04/17	Tue 09/05/17
plan de maintenance	15 days	Thu 04/05/17	Wed 24/05/1
identification et évaluation des risques	7 days	Mon 22/05/17	Tue 30/05/17
élaboration des modes opératoires	4 days	Thu 25/05/17	Tue 30/05/17
Actions d'amélioration proposées	5 days	Mon 29/05/17	Fri 02/06/17

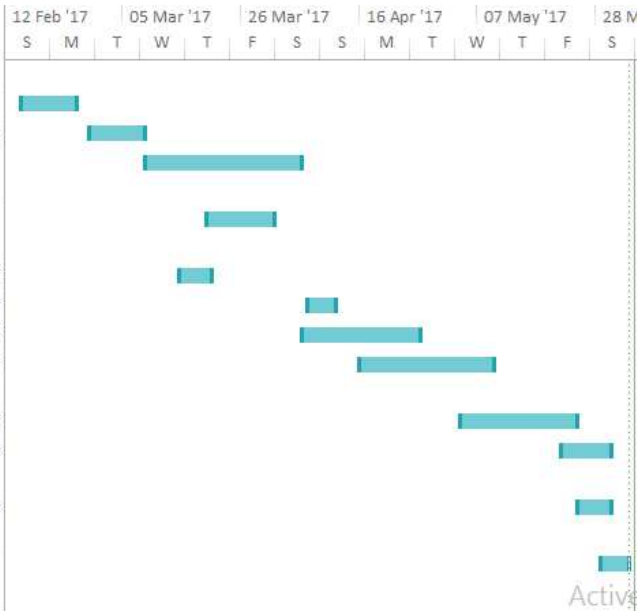


Figure 1- 10 : liste des taches effectuées

Conclusion :

Après avoir connu l'établissement d'accueil, l'objectif du stage ainsi que le planning du travail, nous allons procéder dans la suite à une analyse des données statistiques afin de bien cibler les équipements sur quoi on va agir.

CHAPITRE 2 :

«Analyse des données statistiques »

Introduction :

Pour le bon fonctionnement d'un service maintenance, il est nécessaire de définir les équipements critiques. La notion de criticité revêt un caractère fondamental en maintenance. En effet puisqu'une attention particulière sera accordée aux équipements critiques en vue d'améliorer leur fiabilité, leur disponibilité et le rendement global de l'entreprise.

Une classification des équipements a été faite pour en tirer les plus névralgiques. Ces équipements vont constituer l'objet de l'étude technique de la mise en place.

1. Classification des équipements

1.1. Classification par la méthode TDPC :

1.1.1. Présentation de la méthode :

La méthode TDPC repose sur une approche multicritère, permettant la classification des équipements selon des facteurs préétablis, dont l'objectif est la détermination des équipements les plus critiques qui peuvent faire face contre la continuité de la production. Elle permet de hiérarchiser les équipements par rapport au niveau de criticité de chacun d'eux en tenant compte des conséquences d'une défaillance ainsi que de la probabilité d'occurrence de cette défaillance pour chaque équipement.

La méthode de classification se résume dans les étapes suivantes :

1. Lister tous les équipements
2. Evaluer tous les équipements selon la méthode TDPC:
   - ✓ T : Temps de réparation
   - ✓ D : Degré d'influence
   - ✓ P : Probabilité de panne
   - ✓ C : Criticité de l'équipement

Le tableau suivant illustre les descriptions pour chaque indice de classification :

Indices	Abréviation	Description
Temps de réparation	**T**	Temps moyen pris dans l'historique MTTR (mean time to repair)
Degré d'influence	**D**	Effet sur la sécurité, l'environnement, la qualité produit, les coûts
Probabilité de panne	**P**	Basé sur l'historique (si disponible) MTBF (mean time between failure)

Criticité de l'équipement	**C**	Basé sur la durée d'arrêt de production
Score de classification = T+D+P+C		

Tableau 2- 1: description des indices de classification

3. Après la détermination du score de chaque composant, on les classifié d'une manière décroissante. Le résultat sera une classification avec les critères suivants :

- ✓ 5% des composants : Classe AA (les composants qui ont une criticité très élevée)
- ✓ 15% des composants : Classe A (les composants qui ont une criticité élevée)
- ✓ 60% des composants : Classe B (les composants qui ont une criticité moyen)
- ✓ 20% des composants : Classe C (les composants qui ont une criticité faible)

1.1.2. Application de la TDPC

- ✓ **Les définitions des critères utilisés dans la méthode :**

a) Temps moyen de réparation MTTR :

C'est le rapport du temps total des arrêts sur le nombre des arrêts. Il mesure le temps moyen nécessaire à la réparation en se basant sur des données historiques.

b) Fréquence des pannes MTBF :

C'est le nombre de fois que l'équipement tombe en panne durant une période donnée.

c) Utilisation de l'équipement :

Avec stand-by ou sans stand-by (s'il y a un équipement de réserve ou pas)

d) Impact sur le rendement :

C'est l'effet d'un équipement sur le rendement de l'atelier phosphorique.

e) Aspect sur l'environnement :

C'est l'ensemble des impacts environnementaux engendrés par la défaillance d'un équipement.

f) Aspect sur la sécurité

C'est le risque pour le personnel ou le matériel lorsqu'une défaillance survient sur un équipement.

g) Criticité de l'équipement

C'est l'impact d'arrêt d'un équipement sur le fonctionnement des autres unités de production.

- ✓ **Présentation de la grille de notation :**

La grille de la méthode TDPC est présentée dans **l'ANNEXE A**

- ✓ **La classification AA, A, B et C**

La classification s'effectue selon la règle déjà mentionnée telle que : 5% des équipements pour la classe AA, 15% pour A, 60% pour B, 20% pour la classe C. Les résultats doivent être enregistrés sur la feuille de synthèse usine. Cette synthèse est la dernière étape de classification, elle regroupe tous les résultats. Et à partir de cette feuille l'atelier MM peut finalement établir les planifications convenables pour attaquer toutes les pannes possibles et maintenir le procédé dans son travail normal. Ainsi garantir la qualité des produits de la société qui est sa devise.

- ✓ **Application de la TDPC**

Vous trouverez dans **l'ANNEXE B** la classification des équipements ainsi que la grille de la méthode TDPC pour chaque équipement de l'atelier phosphorique.

Les données sont regroupées dans un fichier Excel contenant les différents équipements.

- ✓ **Résultats obtenus :**
  - Pour l'unité attaque filtration (BAF) :

Le tableau ci-dessous présente un extrait des résultats obtenu par application de la méthode TDPC sur l'unité d'attaque filtration :

Classification des équipements - Synthèse	Atelier: Ligne de production:	Maintenance Professionnelle	Equipe: Date:	Page sur	
Nom et N° de l'équipement	**Heures d'arret**	**Fréquence**	**Évaluation**	**Classification de l'équipement AA,A,B ou C**	**MTBF(j)**
Filtre à gypse 103AS01	150,11	73	136	AA	5,05
Filtre à gypse 103AS52	161,89	65	131		5,69
Ventilateur du lavage des gaz 103AC56	1,5	2	131		182,47
mélangeur 102 A A22P	0	0	107		365

Dans **l'ANNEXE B** vous trouverez Le reste de la classification.

  - Pour l'unité de concentration :

Le tableau ci-dessous présente un extrait des résultats obtenu par application de la méthode TDPC sur l'unité de concentration :

Classification des équipements - Synthèse	Atelier: Ligne de production:	Maintenance Professionnelle	Équipe: Date:	Page sur	
Nom et N° de l'équipement	**Heures d'arret**	**Fréquence**	**Évaluation**	**Classification de l'équipement AA,A,B ou C**	**MTBF(j)**
Galaxy	59,82	9	93	AA	45,31
Condenser	0	0	87	A	365
Evaporator	52,98	6	83		60,46
Evaporator downcomer	0	0	83		365

Dans **l'annexe B** vous trouverez Le reste de la classification.

Alors la méthode TDPC m'a permis de déterminer cinq équipements critiques (classe AA) dont la panne d'un seul équipement parmi ces derniers implique l'arrêt de la production dans l'atelier phosphorique.

Par la suite on va procéder à une étude Pareto pour déterminé les équipements critiques selon les heures et les fréquences d'arrêts en 2016.

1.2. Classification par la méthode PARETO :

Le diagramme de Pareto permet de positionner les équipements critiques (selon le critère défini) d'après une répartition de type 80/20 : 20% des équipements produisent 80% des pannes. Les équipements sont classés selon un ordre décroissant par rapport au critère. Un graphique affiche les fréquences cumulées et les compare au seuil paramétré (ex : 80%). Le point de la courbe ou le cumul croise le seuil délimite les équipements critiques.

Puisqu'il y a plusieurs lignes de production qui comportent quasiment les mêmes équipements, dans un premier temps, nous avons groupé les équipements par famille. Et nous les avons classifiées par la méthode de Pareto suivant leurs non disponibilité afin de dégager les 20 % de famille d'équipements qui cause les 80 % de pannes.

A l'aide de l'Excel, on obtient le tableau et les diagrammes de Pareto suivants :

- ✓ **Pour l'unité BAF :**

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissent des équipements de l'unité BAF selon le nombre d'heures de panne de l'année 2016

Réf	H.A	%H.A	cumule%
Filtre B	161,89	29,05	29,05
Filtre A	150,11	26,93	55,98
Les Pompes	107,35	19,26	75,24
SVR Loop	100,75	18,08	93,32
Agitateurs	16,65	2,98	96,3
Joints caoutchouc	5,58	1	97,3
Robinnetrie	4,58	0,82	98,12
Ventilateurs	4,16	0,75	98,87
Courroies	3,67	0,66	99,53
Evaporateurs sous vide	2,58	0,46	100

Tableau 2- 2: Les familles d'équipements critiques selon les heures d'arrêts

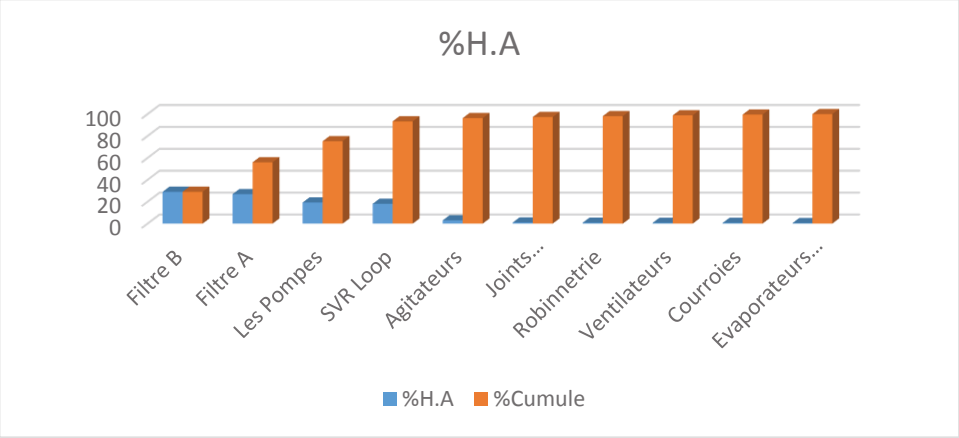


Figure 2- 1: Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon les heures d'arrêts

Selon les heures d'arrêts, les familles d'équipement les plus critiques sont :

- Filtre B
- Filtre A
- Les pompes

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissent des équipements de l'unité BAF selon le nombre la fréquence de panne de l'année 2016

Réf	Fréq	%Fréq	cumule%
Filtre A	73	34,93	34,93
Filtre B	65	31,1	66,03
Les pompes	32	15,31	81,34
SVR Loop	19	9,09	90,43
Agitateurs	6	2,87	93,3
Courroies	4	1,91	95,21
Ventilateurs	3	1,43	96,62
Joints caoutchouc	3	1,43	98,07
Robinnetrie	3	1,43	99,5
Evaporateur sous vide	1	0,48	100

Tableau 2- 3: Les familles d'équipements critiques selon la fréquence d'arrêts

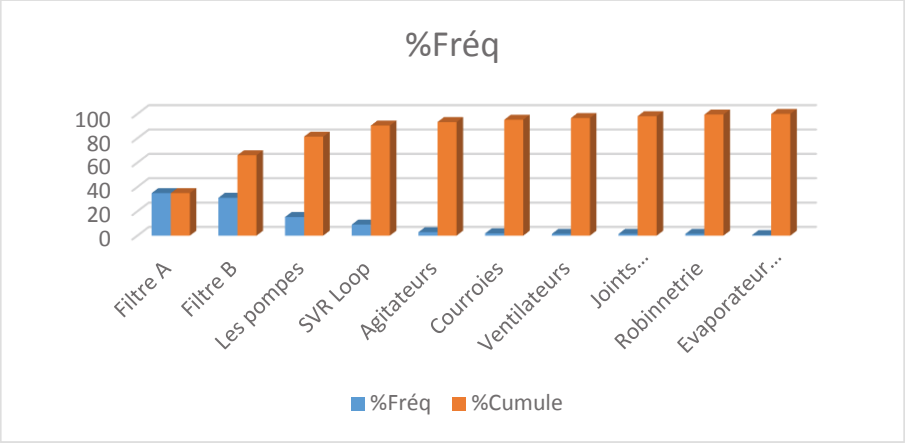


Figure 2- 2: Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon la fréquence d'arrêts

Selon la fréquence d'arrêts, les familles d'équipement les plus critiques sont :

- Filtre A
- Filtre B
- Les pompes

➢ **Résultats obtenus :**

Pour l'unité attaque filtration les équipements les plus critique selon les heures et les fréquences d'arrêts sont :

- Filtre A
- Filtre B
- Les pompes

✓ **Pour la CAP :**

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissent des équipements de l'unité de concentration de l'atelier phosphorique selon le nombre d'heures de panne :

Réf	H.A	%H.A	%Cumule
Galaxy	59,82	24,53	24,53
Pompes	55,2	22,63	47,16
Evaporator	52,98	21,72	68,88
SVR Loop	45,96	18,84	87,72
Graphite tube exchanger	13	5,33	93,05
Compensators	8,92	3,66	96,71
GHE outlet Elbow	8	3,28	100

Tableau 2- 4: Les familles d'équipements critiques selon les heures d'arrêts

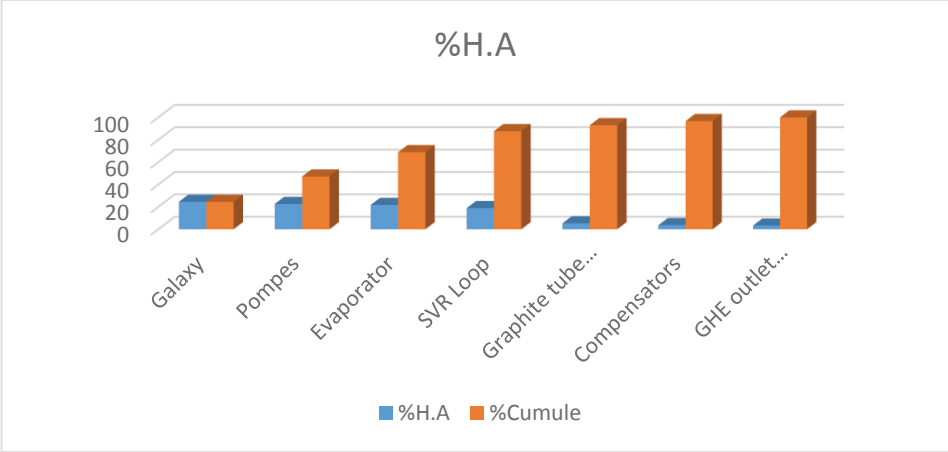


Figure 2- 3: Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon les heures d'arrêts

Selon les heures d'arrêts, les familles d'équipement les plus critiques sont :

- Galaxy
- Pompes

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissent des équipements de l'unité CAP selon la fréquence de panne de l'année 2016 :

Réf	Fréq	%Fréq	%Cumule
Pompes	16	37,21	37,21
Galaxy	9	20,93	58,14
SVR Loop	8	18,6	76,74
Evaporator	6	13,95	90,69
Compensators	2	4,65	95,34
GHE outlet Elbow	1	2,32	97,66
Graphite tube exchanger	1	2,32	100

Tableau 2- 5 : Les familles d'équipements critiques selon la fréquence d'arrêts

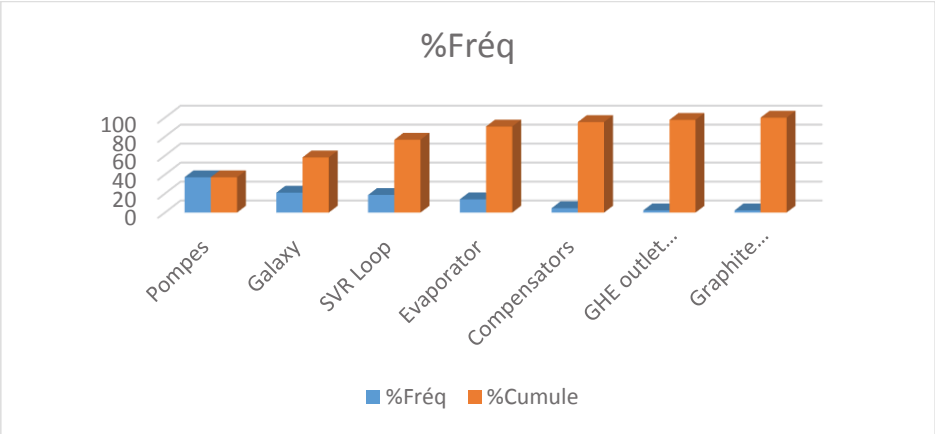


Figure 2- 4 : Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon la fréquence d'arrêts

Selon la fréquence d'arrêts, les familles d'équipement les plus critiques sont :

- Galaxy
- Pompes

➢ **Résultats obtenus :**

Pour l'unité de concentration les équipements les plus critiques selon les heures et les fréquences d'arrêts sont :

- Galaxy
- Les pompes

A ce stade, pour chacune de ces familles on a établi un Pareto pour prioriser les équipements névralgiques.

✓ **Pour la BAF**

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissent des pompes critiques du BAF selon le nombre d'heures de panne :

Réf	H.A	%H.A	Cumule%
Pompe de transfert d'eau de mer 103AP60	15,05	14,02	14,02
Pompe à acide recyclé/103AP04	14,17	13,2	27,22
Pompe d'alimentation du filtre 103AP/RP02	13,49	12,56	39,78
Pompe de lavage des toiles 103AP07	12,08	11,25	51,03
Pompe à vide /103AC01	10,83	10,08	61,11
Pompe acide de production 103AP55	7,59	7,07	68,18
Pompe acide de production 103AP03	6,41	5,97	74,15
Pompe de circulation vers évaporateur 103ÄP51	6,33	5,89	80,04
Pompe à acide recyclé/103AP56	5,5	5,12	85,16
Pompe de lavage faible 103AP05	5,25	4,89	90,05
Pompe à vide 103AC 51	4,32	4,02	94,07
Pompe de transfert d'eau de mer /103AP08	3,83	3,57	97,64
Pompe à vide du filtre 103AC04	2,5	2,33	100

Tableau 2- 6: Les pompes critiques selon les heures d'arrêts

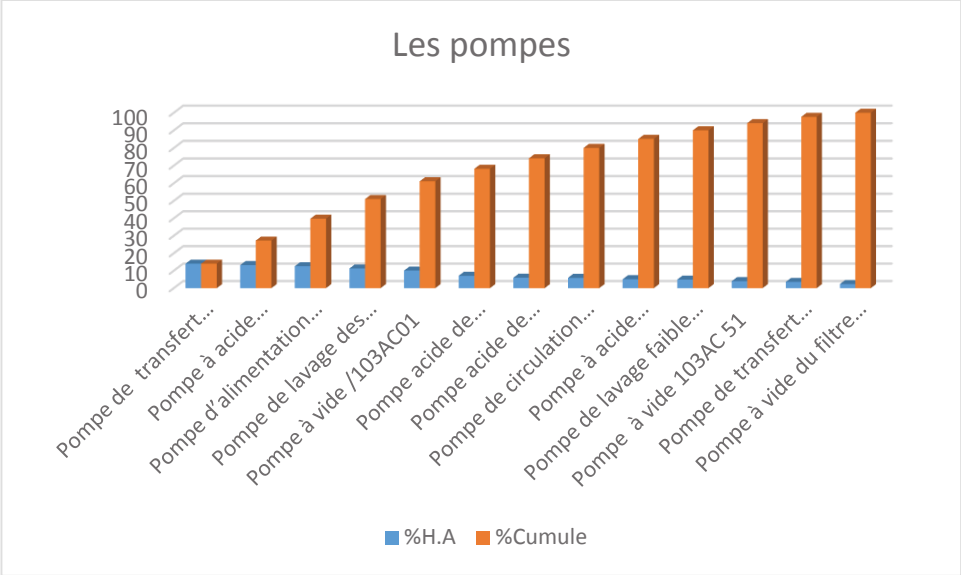


Figure 2- 5: Pareto donnant les pompes critiques selon les heures d'arrêts

Selon les heures d'arrêts, les pompes les plus critiques sont :

- Pompe de transfert d'eau de mer 103AP60
- Pompe à acide recyclé 103AP04
- Pompe d'alimentation du filtre 103AP/RP02

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissent des pompes de l'unité BAF selon la fréquence de panne :

Réf	Fréq	%Fréq	%Cumule
Pompe d'alimentation du filtre 103AP/RP02	5	15,62	15,62
Pompe à acide recyclé/103AP04	5	15,62	31,24
Pompe de transfert d'eau de mer 103AP60	4	12,5	43,74
Pompe acide de production 103AP03	3	9,37	53,11
Pompe à vide 103AC 51	3	9,37	62,48
Pompe à vide du filtre 103AC04	2	6,25	68,73
Pompe acide de production 103AP55	2	6,25	74,98
Pompe de lavage faible 103AP05	2	6,25	81,23
Pompe de lavage des toiles 103AP07	2	6,25	87,48
Pompe de transfert d'eau de mer /103AP08	1	3,125	90,6
Pompe de circulation vers évaporateur 103ÄP51	1	3,125	93,73
Pompe à vide /103AC01	1	3,125	96,85
Pompe à acide recyclé/103AP04/103AP56	1	3,125	100

Tableau 2- 7: Les pompes critiques selon la fréquence de panne

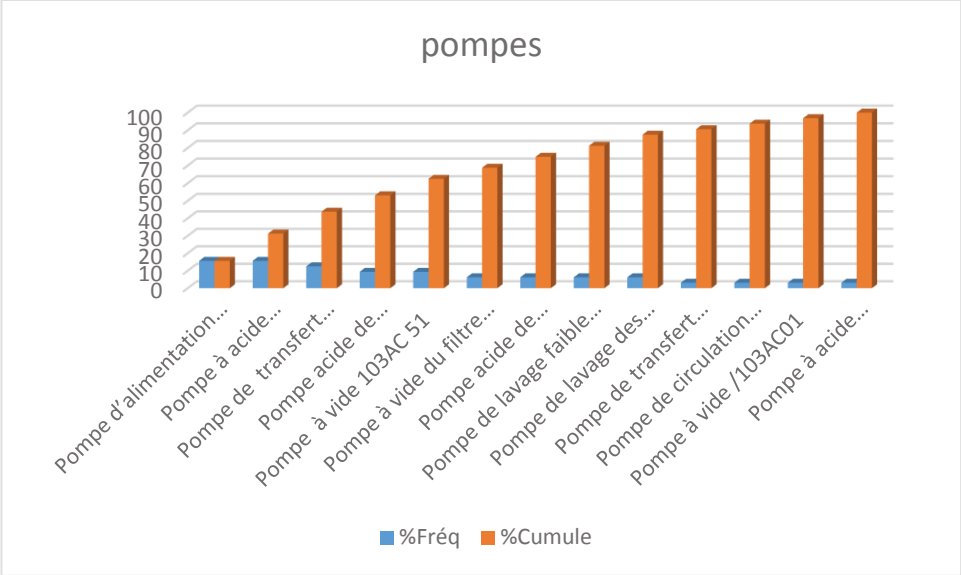


Figure 2- 6: Pareto donnant les pompes critiques selon la fréquence de panne

Selon leur fréquence de panne, les pompes les plus critiques sont :

- Pompe d'alimentation du filtre 103AP/RP02
- Pompe à acide recyclé/103AP04
- Pompe de transfert d'eau de mer 103AP60

➢ **Résultats obtenus :**

Pour l'unité d'attaque filtration les pompes les plus critiques selon les heures et les fréquences d'arrêts sont :

- Pompe d'alimentation du filtre 103AP/RP02
- Pompe à acide recyclé/103AP04
- Pompe de transfert d'eau de mer 103AP60

✓ **Pour la CAP :**

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissent des pompes critiques de l'unité de concentration de l'atelier phosphorique selon le nombre d'heures de panne :

Réf		H.A	%H.A	%Cumule
pompe de circulation 104		50,29	91,1	91,1
Pompe à condansat		4,16	7,53	98,63
Pompe à vide		0,75	1,36	100

Tableau 2- 8: Les pompes critiques selon les heures d'arrêts

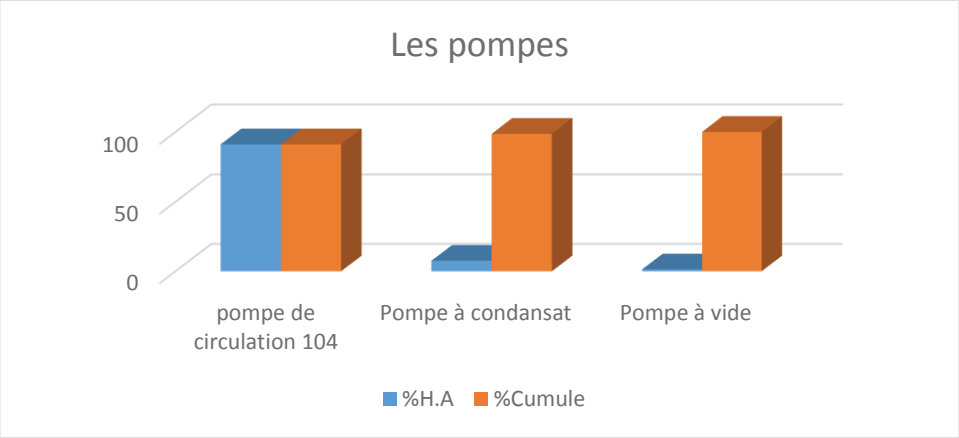


Figure 2- 7: Pareto donnant les pompes critiques selon les heures d'arrêts

Selon les heures d'arrêts, les pompes les plus critiques sont :

- Pompe de circulation 104

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissent des pompes de la CAP selon la fréquence de panne **:**

Réf	Fréq	%Fréq	%Cumule
pompe de circulation 104	13	81,25	81,25
Pompe à condansat	2	12,5	93,75
pompe à vide	1	6,25	100

Tableau 2- 9 : Les pompes critiques selon leur fréquence d'arrêts

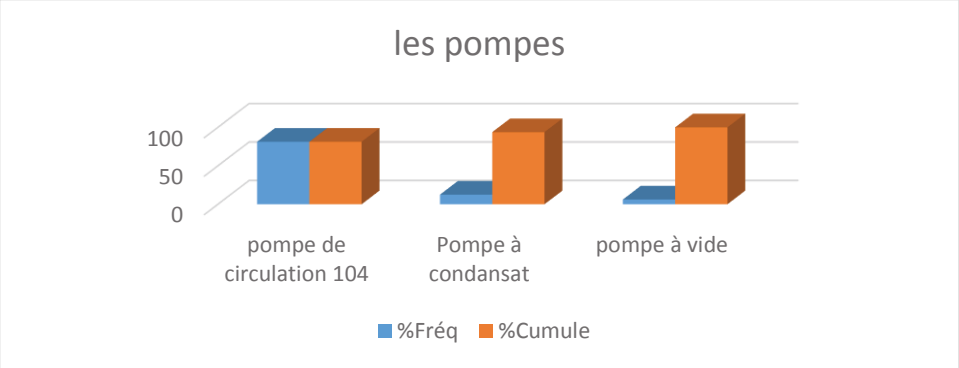


Figure 2- 8 : Les pompes critiques selon leur fréquence d'arrêts

Selon la fréquence, les pompes les plus critiques sont :

- Pompe de circulation 104

➢ **Résultats obtenus :**

Pour l'unité de concentration les pompes les plus critiques selon les heures et les fréquences d'arrêts sont :

- Pompe de circulation 104

Remarque :

Pour les familles d'équipements suivants :

- ✓ Filtre A
- ✓ Filtre B
- ✓ Galaxy

Ne contiennent qu'un seul sous ensemble chacune.

1.3.Liste des équipements critiques

On résume les résultats obtenus par application de la méthode TDPC et par le diagramme Pareto dans le tableau suivant :

BAF	Filtre 103AS01	ROTARY EQUIPEMENT
	Filtre 103AS 51	ROTARY EQUIPEMENT
	Ventilateur du lavage des gaz 103AC56	ROTARY EQUIPEMENT
	Mélangeur 102 A A22P	ROTARY EQUIPEMENT
	Pompe d'alimentation du filtre 103AP/RP02	ROTARY EQUIPEMENT
	Pompe à acide recyclé 103AP04	ROTARY EQUIPEMENT
	Pompe de transfert d'eau de mer 103AP60	ROTARY EQUIPEMENT
CAP	Galaxy	STATIC EQUIPEMENT
	Pompe de circulation 104	ROTARY EQUIPEMENT

Tableau 2- 10: Liste des équipements critiques.

Conclusion :

Afin d'éviter cet influence indésirable de la panne sur la production, il est donc indispensable de la déterminer et localiser son emplacement, son effet, sa cause et sa criticité.

Après avoir connu les équipements les plus critiques dans l'atelier phosphorique, on va procéder dans la suite à une analyse qualitative des défaillances pour chaque équipement sous forme d'une fiche AMDEC afin de bien cibler les causes racines de la problématique existante.

CHAPITRE 3:

«Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et leurs criticités»

Introduction :

Ce chapitre illustre d'une manière détaillée une analyse qualitative des défaillances des équipements critiques sous forme d'une fiche AMDEC dans laquelle on a déterminé la criticité de chaque mode en se basant sur les critères suivant fréquence, gravité et le non détection.

1. Présentation de la méthode :

1.1. Qu'est-ce que l'AMDEC ?

L'analyse des modes de défaillance de leurs effets et leurs criticités (AMDEC) est une approche qualitative pour les études de sûreté dans différents domaines. En effet cette technique apporte une connaissance approfondie du fonctionnement et des interactions d'un système, par l'analyse systématique des relations causes-effets. Les informations obtenues sont utilisées dans le cadre de la maîtrise des risques, avec préoccupation principale l'obtention d'un bon niveau de sûreté de fonctionnement du système opérationnel. Elle permet de:

- ✓ Connaître les éléments (fonctions et constituants) les plus importants;
- ✓ Découvrir, évaluer et classer les faiblesses, les anomalies et les dysfonctionnements de système;
- ✓ Gérer les points critiques et remettre en cause même la conception de système;
- ✓ Préconiser les mesures correctives;
- ✓ Evaluer les effets de ces mesures pour s'assurer de leurs efficacités, et pour les comparer et décider.

Dans cette optique et à la lumière de ces points, l'AMDEC occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. En effet elle rend le système:

- ✓ **fiable** tout en faisant diminuer le nombre de pannes;
- ✓ **facilement maintenable** car elle permet la maîtrise des éléments et leurs fonctions;
- ✓ **disponible** parce qu'elle permet d'agir sur les éléments critiques;
- ✓ **sécurisant** car elle permet de dominer les défaillances et en particulier les défaillances critiques et catastrophiques.

1.2. Elaboration des tableaux d'AMDEC :

Pour ce chapitre, on s'intéresse à analyser les défaillances de chaque fonction technique pour chaque équipement névralgique en prévoyant des actions préventives pour

l'élimination de ces défaillances. Pour cela on va proposer la grille d'AMDEC présentée dans le tableau ci-dessous :

Date de mise en œuvre:		AMDEC Moyen			Type: Equipement:				
Fonction technique	Modes de défaillances	Causes de défaillance	Effet de défaillance	Détection prévue	G	F	D	C	Actions envisagées

Tableau 3- 1: Grille d'AMDEC à remplir

- **Les modes de défaillances**: Ils sont relatifs à une fonction et caractérisent la manière dont l'objet de l'AMDEC manifeste la défaillance.
- **Les causes de défaillances**: la cause de la défaillance est une anomalie initiale susceptible de conduire au mode de défaillance.
- **Les effets de défaillances**: l'effet de la défaillance concrétise la conséquence et ils sont relatifs à un mode de défaillance.
- **La détection prévue:** indique les contrôles prévus pour empêcher le mode de défaillance ou la cause de l'anomalie.
- **La criticité :** Il s'agit d'une cotation des défaillances qui permet leur hiérarchisation. Elle est évaluée à partir de trois paramètres, qui sont: la fréquence F, la gravité G et la détection D.

La formule établie pour coter la criticité est la suivante : $C = F \times G \times D$.

Les échelles de cotation de ces trois indices sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	Fréquence : F	Non détection : D	Gravité: G
1	Le défaut n'est jamais survenu auparavant	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production	Défaillance mineurs, aucune dégradation notable du matériel, n'engendre pas d'arrêt de production. Temps d'intervention inférieur à 1h.
2	La fréquence du défaut est supérieure à un an	Il existe un signe avant-coureur de la défaillance mais il y a risque que ce signe ne soit pas perçu par	Défaillance moyenne qui n'engendre pas un arrêt de la production, mais qui a une incidence sur la cadence. Temps

		l'opérateur. La détection est exploitable	d'intervention compris entre 1h et 4h.
3	La fréquence du défaut est comprise entre cinq mois et un an	La cause et/ou le mode de défaillance sont difficilement décelables ou les éléments de détection sont peu exploitables. La détection est faible	Défaillance majeure qui n'engendre pas un arrêt de production mais qui a une incidence significative sur l'état de la machine ou sur la cadence de production. Temps d'intervention compris entre 4h et 8h.
4	La fréquence du défaut est comprise entre un mois et cinq mois.	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise : il s'agit du cas sans détection.	Défaillance grave nécessitent une grande intervention. Temps d'intervention compris entre 8h et 12h.
5	La fréquence du défaut est inférieure à un mois		Défaillance pouvant provoquer des problèmes de sécurité des personnes. Temps d'intervention supérieur à 12h.

Tableau 3- 2: Les échelles de cotation de ces trois indices de l'AMDEC.

1.3. Les actions :

La finalité de l'analyse AMDEC, après la mise en évidence des défaillances critiques, est de définir des actions de nature à traiter le problème identifié.

Les actions sont de 3 types :

Actions préventives : on agit pour prévenir la défaillance avant qu'elle ne se produise, pour l'empêcher de se produire. Ces actions sont planifiées. La période d'application d'une action résulte de l'évaluation de la fréquence.

Actions correctives : lorsque le problème n'est pas considéré comme critique, on agit au moment où il se présente. L'action doit alors être la plus courte possible pour une remise aux normes rapide.

Actions améliorative s : il s'agit en général de modifications de procédé ou de modifications technologiques du moyen de production destinées à faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement.

Le tableau ci-dessous présente la nature de l'action à prendre selon la valeur obtenue de la criticité :

Valeur de criticité	Action
$C < 6$	Ne pas tenir en compte
$6 \leq C < 16$	Mise sous préventif à fréquence faible
$16 \leq C < 24$	Mise sous préventif à fréquence élevée
$24 \leq C < 36$	Recherche d'amélioration
$36 \leq C$	Reprendre la conception

Tableau 3- 3: Grille des criticités de défaillances pour AMDEC

2. Application de l'AMDEC sur les équipements :

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.

2.1. Analyse fonctionnelle :

- **pour le filtre AS01 :**

Le filtre PRAYON est principalement constitué d'une série de cellules individuelles de filtration fixées sur un châssis circulaire et horizontal tournant autour d'un distributeur central.

Les cellules reçoivent une bouillie à filtrer et des liqueurs de lavage à l'aide de nacelles d'alimentation. Des tuyaux en caoutchouc armé reliant les cellules au distributeur central sous vide permettent le drainage des filtrats et, après retournement de la cellule, le déchargement du gâteau à l'aide d'une contre pression d'air.

La cellule, toujours en position retournée, se déplace au-dessus d'un jet d'eau assurant le lavage de la toile à faible débit et à faible pression. Elle retrouve ensuite une position normale et est prête à recommencer un cycle de filtration.

Figure 3- 1: Filtre PRAYON

Rôle dans l'installation : L'attaque du phosphate par l'acide sulfurique forme une bouillie qui contient en plus de l'acide phosphorique et des particules solides : le gypse. A l'aide d'une pompe, cette bouillie est ramenée au-dessus du filtre. Une nacelle l'étale sur la surface pour former une couche uniforme de bouillie appelée gâteau. A l'issue de cette première nacelle, une dépression est créé sous la table pour faciliter la filtration, on est en secteur fort et les filtrats obtenus sont de l'acide à 29% de concentration qui sera acheminé vers les bacs de stockage en attente de concentration. Ce secteur est délimité par une deuxième nacelle qui à son tour étale un acide dilué pour effectuer un premier lavage du gâteau.

L'acide obtenu à l'issue de ce lavage est appelé acide moyen et il est renvoyé à la cuve d'attaque pour faciliter la réaction entre le phosphate et l'acide sulfurique. Le gâteau est lavé pour une deuxième et dernière fois par l'eau gypseuse obtenue lors du lavage des toiles filtrantes. Cette eau gypseuse est étalée sur le filtre par l'intermédiaire d'une troisième nacelle. Les filtrats obtenus sont de l'acide dilué. C'est cet acide qu'on a utilisé précédemment pour le premier lavage. Après ce secteur, il ne reste que le gypse sur la table qui sera évacué à l'aide des galets de guidages. Les toiles filtrantes subissent ensuite un lavage par l'eau pulvérisé à l'aide d'une rampe et de buses. Le cycle peut ensuite recommencer.

- **Expression du besoin (bête à cornes)**

Le diagramme bête à corne qui suit va nous aider à mieux comprendre le besoin défini par l'utilisateur concernant les filtres de l'AP.

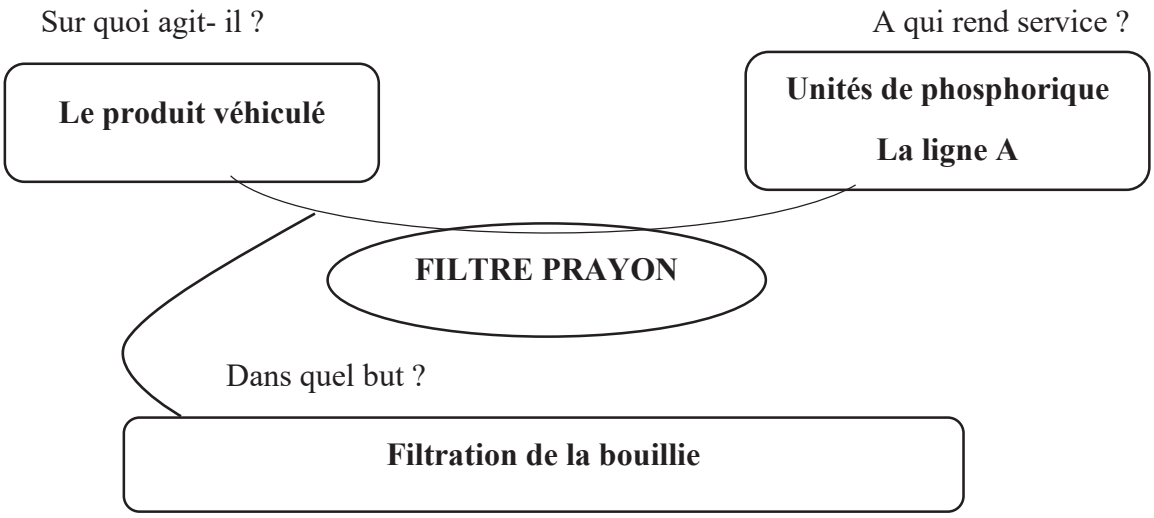


Figure 3- 2: diagramme bête à cornes du filtre AS01

- **Diagramme pieuvre:**

Le diagramme des interactions permet d'inventorier tous les milieux extérieurs du système à étudier et de déterminer les fonctions principales du système et les fonctions contraintes.

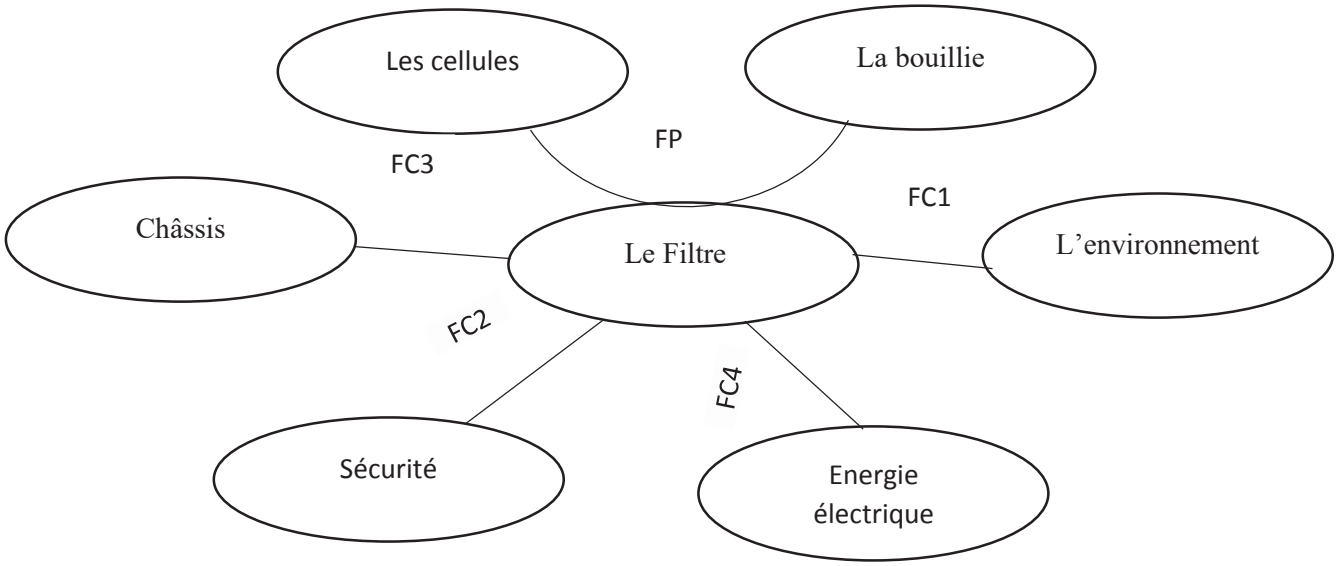


Figure 3- 3 : diagramme pieuvre du filtre AS01

FP : assurer la filtration de la bouillie

FC1 : s'adapter à l'environnement

FC2 : assurer la sécurité des utilisateurs

FC3 : le châssis doit supporter le filtre

FC4 : s'adapter à l'énergie disponible

- **Décomposition technique :**

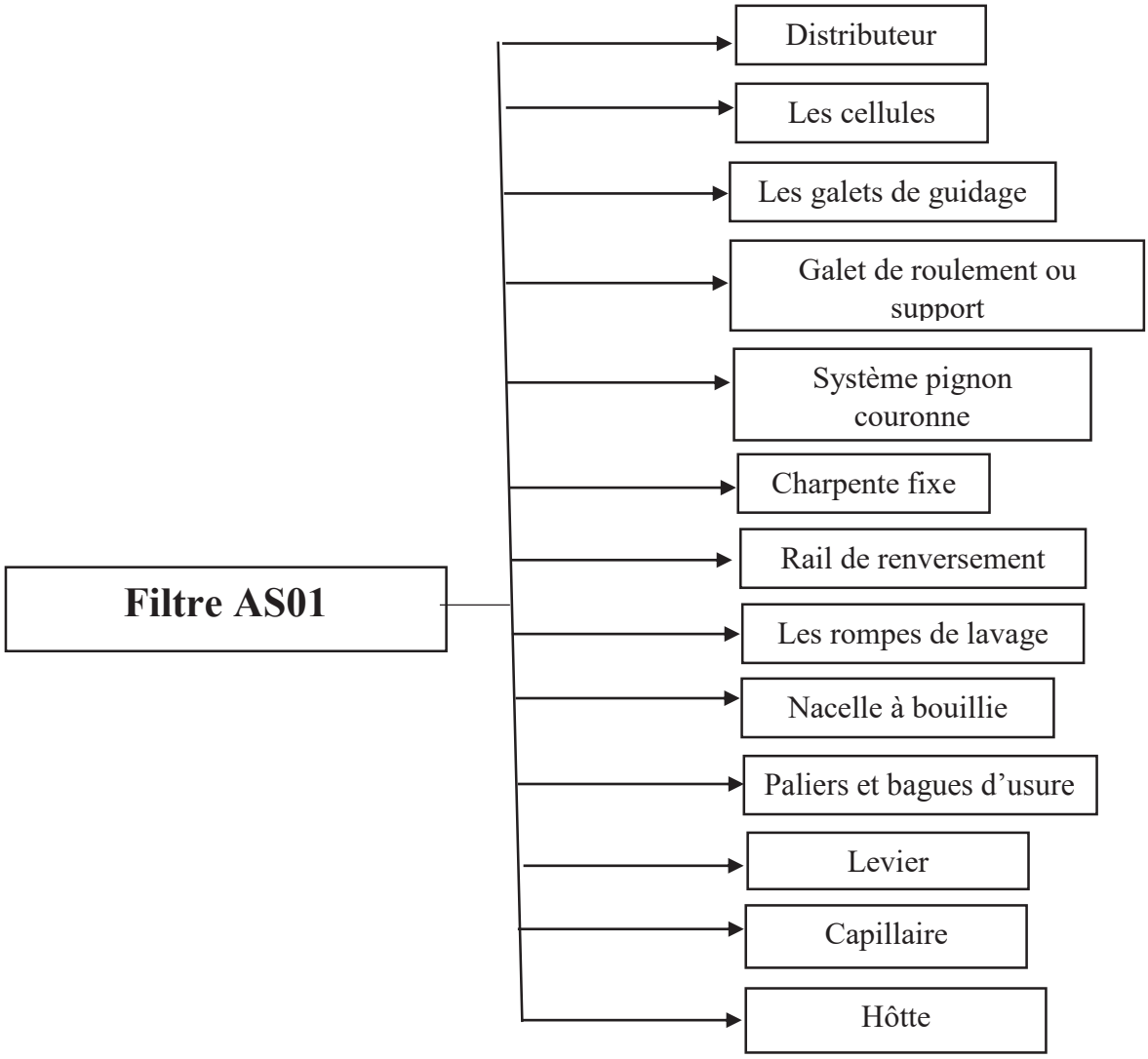


Figure 3- 4: décomposition technique du filtre AS01

2.2.Tableau AMDEC :

Les tableaux AMDEC réalisés sont résumés dans l'***Annexe C***. Nous présentons ci-après un exemple de tableau AMDEC qu'on a élaboré pour le filtre AS01:

Fiche AMDEC

Equipement : Filtre 103 AS01			Réalisé par : JTITE Safae Service :			Criticité Indices nominaux				Actions correctives
Composant	**Fonction**	**Mode de défaillance**	**Cause**	**Effets**	**Détection**	**F**	**G**	**D**	**C**	**Actions**
distributeur	assure la distribution des filtrats et la mise en communication entre les cellules avec les circuits de vide et de ventilateurs.	Bouchage	Solidification de la bouillie	blocage	Visuel	2	3	2	12	démonter le distributeur et déboucher les conduites
		Usure des anneaux	Durée de vie	Mauvaise filtration	Visuel	2	3	2	12	changement des anneaux
Les cellules	Filtrer la bouillie	Déformation	Durée de vie	diminution de la qualité de lavage	Visuel	1	3	2	6	Changement des cellules
		Non planéité des cellules	surcharge	épaisseur de gâteau non uniforme	Visuel	2	3	2	12	Vérifier l'horizontalité des cellules
Les galets de guidage (renversement)	Renversement de la cellule	Usure	-cisaillement de l'axe	Arrêt du filtre	Visuel	3	3	2	18	Changement de l'axe
			-Décollement de la gomme		Visuel	3	3	2	18	Changement du galet

		Détérioration du roulement	-mauvais graissage			3	3	2	18	Contrôle de graissage
Galet de roulement ou support	Permet de supporter le poids du filtre, facilite la rotation du filtre	Mauvais support	Usure de l'axe du galet	Arrêt du filtre	Visuel	2	2	3	12	Contrôle de la hauteur des galets
			Détérioration des roulements		Visuel	2	2	3	12	Changement des galets
Système pignon couronne	Permet la rotation du filtre	Usure de la denture	-jeu d'engrainement non respecté	Arrêt du filtre	visuel	2	4	1	8	Contrôler le jeu d'engrainement
			-mauvais graissage			2	3	2	12	Graissage
Charpente fixe	Maintien du filtre	-Désalignement	Mauvaise centrage de filtre	Bruit	Visuel	2	4	1	8	Vérification annuel des niveaux
		-Bruit	déformation		Visuel	1	4	2	8	Changement de la charpente
Rail de renversement	Permet le renversement des bacs et des cellules	-Déformation	-durée de vie	Mauvais filtration	Visuel	2	4	1	8	Remplacement ou réglage des rails
		-Fissure	-mauvais réglage des niveaux		Visuel	2	4	1	8	
Les rompes de lavage	Permet le lavage des toiles des cellules après déchargement du gâteau de gypse	-Bouchage	-Etat de l'eau	Perte de performance	Visuel	3	1	3	9	Nettoyage
		-Déformation des buses	-durée de vie		Visuel	2	3	2	12	Remplacement des buses
Nacelle à bouillie	Conçue pour permettre une alimentation uniforme de la cellule afin d'obtenir un gâteau de même épaisseur	-Détachement ou usure du déflecteur	Mauvaise horizontalité des auges	panne	Visuel	1	2	2	4	-Réglage de l'horizontalité -Changement du déflecteur en cas d'usure
	assurer l'horizontalité des	-Coincement du filtre	Mauvais graissage		Visuel	2	4	2	16	Graissage

Paliers et bagues d'usure	cellules et aide pour la rotation	-Mauvaise répartition de la bouillie	Usure	Mauvais filtration	Visuel	2	4	2	16	Vérifier l'état des bagues d'usure et les remplacer
Levier	Maintien des galets de guidage et les galets de maintien	-mauvais répartition de la bouillie	Mauvais état du ressort	Mauvais filtration	Visuel	2	3	2	12	Changement de levier
		-Bruit	Desserrage des boulons de fixation		Visuel	2	3	2	12	Changement du ressort
Capillaire	Tuyaux de liaison entre cellules et distributeur	-Fissure	Durée de vie	Fuite d'acide	Visuel	3	3	2	18	Remplacement des capillaires
Hôtte	Extraction des gaz	Fissure	Durée de vie	Présence des gaz	visuel	2	2	2	8	Changement des panneaux et des supportages

Tableau 3- 4: grille AMDEC du filtre AS01

Le tableau AMDEC du galaxy n'a pas été établi car c'est un équipement statique composé d'un seul élément.

2.3. Résultats de l'étude :

Ainsi l'AMDEC nous a permis de dénombrer les causes des défaillances et de les hiérarchiser suivant leur criticité.

L'exploitation des résultats de cette étude se fera dans la réalisation des plans de la maintenance préventive systématique et conditionnelle et dans la proposition des actions améliorives.

Conclusion :

Les résultats obtenus à partir de l'analyse AMDEC nous donnent les sous-ensembles critiques selon un ordre de priorité qui nécessitent plus d'intervention afin de garder la disponibilité des équipements, et ça ne veut pas dire que les autres sous-ensembles ne sont pas assez importants.

Dans le chapitre qui suit on va proposer des améliorations pour les éléments dont la criticité dépasse 24. On parle plus précisément des garnitures mécaniques des pompes, des roulements et des cellules de filtre 103AS51.

CHAPITRE 4:

«Actions améliorativeS»

Introduction :

Dans ce chapitre, on va proposer des solutions d'améliorations, des méthodes et outils de suivi, visant à éradiquer les causes racines du problème.

1. Les garnitures mécaniques :

1.1. Introduction :

Les joints ou garnitures mécaniques sont des éléments d'étanchéité situés entre l'arbre tournant et la partie fixe des dispositifs rotatifs qui travaillent avec des fluides. Les pompes constituent l'une de leurs applications les plus courantes. Les garnitures mécaniques ont été conçues pour remplacer les joints chevrons ou les tresses. Elles apportent d'importants avantages compétitifs comme la réduction des frictions évitant l'usure de l'axe et donc la perte de puissance, la diminution des temps et coûts de maintenance et la possibilité de travailler avec des pressions élevées.

Figure 4- 1: garniture mécanique

1.2. Principe de fonctionnement :

Les principales composantes d'une garniture mécanique sont les suivantes :
Grain fixe ; Grain mobile ou coupelle ; Un ressort.

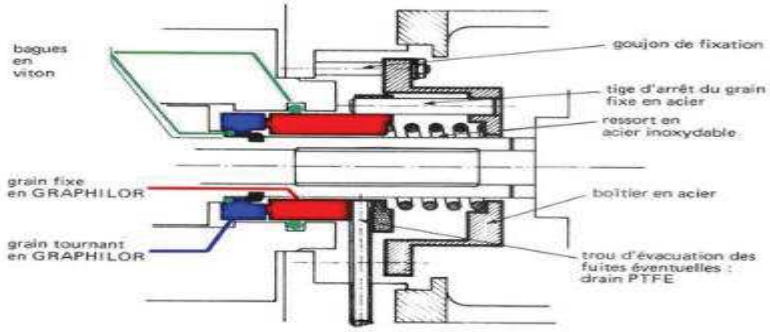


Figure 4- 2: principales composantes d'une garniture mécanique

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.

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.

1.3. Analyse des causes de défaillance des garnitures mécaniques :

1.3.1. Fluide abrasif :

Les produits pompés sont des produits peu chargés, l'infiltration des particules du produit dans la chambre a 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.

- ✓ **Amélioration proposé :**

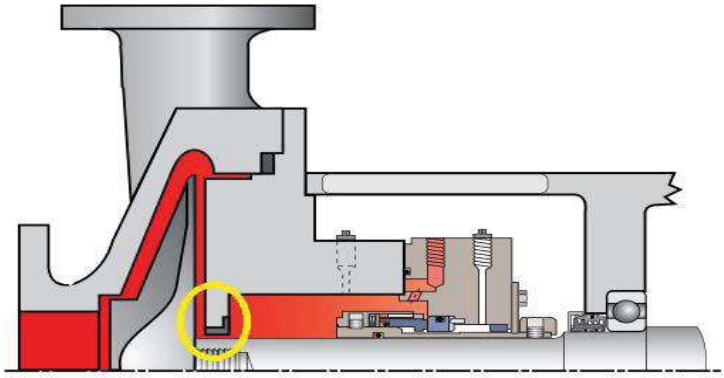


Figure 4- 3 : Bague de fond dans chambre à garniture

Utilisation d'une bague de fond (figure 4-3) 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.

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

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 on va choisir un concept complet qui permet d'assurer un fonctionnement idéal d'une GM.

- ✓ **Situation actuelle :**

Apres avoir collecter les informations concernant l'unité attaque filtration et concentration , on a remarqué que pour le cas des pompes (P02,P04), 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 (P03, Pompe U104) sont destinées au pompage de l'acide phosphorique (29%) vers le stockage et la circulation de l'acide 54% dans l'unité de concentration, 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.

- ✓ **Choix de garniture adapté au type de fonctionnement :**

Le choix de la GM est important voir nécessaire, donc on va 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. 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**

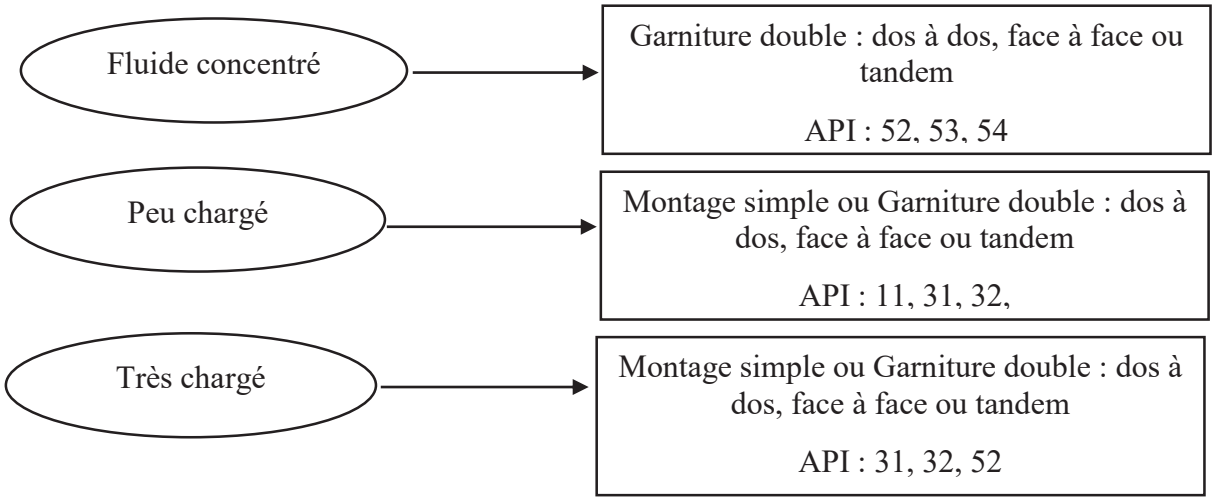
Après avoir étudié les plans API les plus essentiels et qui sont actuellement utilisés avec succès dans les sites industriels. On a abouti à cette logique pour le choix d'une GM pour les trois natures de fluide à étancher existants.

1. Fluide concentré :

- Pompe d'acide concentré à 54%

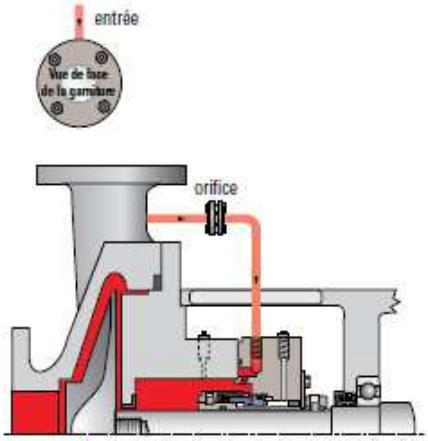
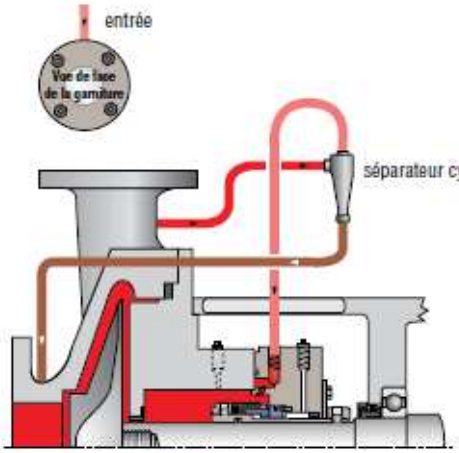
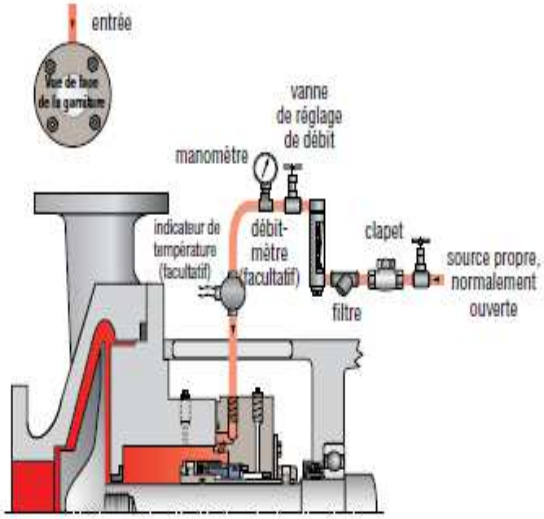
2. Peu chargé : pompe d'acide recyclé**,** pompe de l'eau de mer

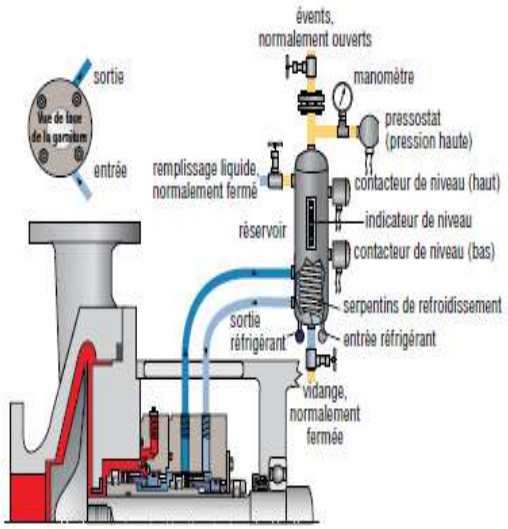
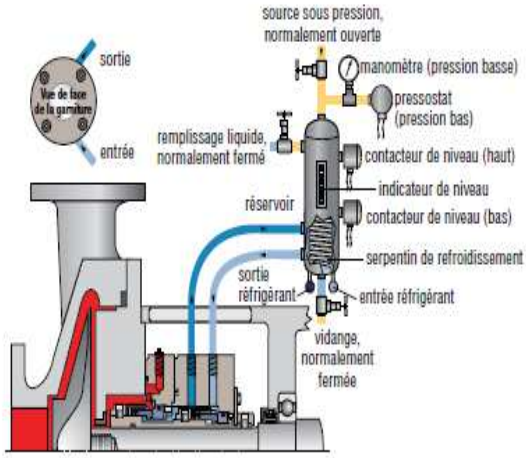
3. Très chargé : pompe de la bouillie



- **Tableau des plans API :**

Plan de refroidissement	Le Quoi, le pourquoi et Où ?
Plan 11 :	**Quoi** Injection venant du refoulement de la pompe via un orifice. Plan API par défaut pour garniture simple. **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. **Où** Applications courantes avec des fluides propres. Produits propres et non polymérisants. **Maintenance Préventive** Calculer le débit pour dimensionner l'orifice pour une circulation adéquate dans la boîte à garniture. Augmenter la marge par rapport à la tension vapeur avec un orifice approprié et une bague de fond bien dimensionnée. L'injection doit être faite au niveau des garnitures en point haut. Une panne typique est l'obstruction de l'orifice – vérifié donc la température sur la connection de la garniture.
Plan 31 : 	**Quoi** Circulation du refoulement de la pompe via un séparateur cyclone. Les particules solides sont centrifugées et retournées vers l'aspiration de la pompe. **Pourquoi** Evacue la chaleur de la boîte à garniture. Evacuation des solides du circuit d'arrosage et de la chambre à garniture. **Où** Fluides sales ou pollués, eau contenant du sable ou des scories de tuyauterie. Fluides non polymérisants. **Maintenance Préventive** Pour assurer un débit correct la pression dans la chambre à garniture doit être sensiblement égale à la pression d'aspiration. La tuyauterie ne devrait pas comporter d'orifice et le dégazage de la chambre à garniture n'est pas exigé. L'obstruction du séparateur cyclone ou des tuyauteries est une cause de panne classique – vérifier les températures aux extrémités des tuyauteries.
Plan 32 : 	**Quoi** Arrosage avec fluide propre de source externe. **Pourquoi** Evacuation de la chaleur de la boîte à garniture. Evacuer les solides contenus dans le fluide véhiculé hors de la chambre à garniture. Augmenter la pression de la chambre à garniture et la marge par rapport à la tension de vapeur du fluide. **Où** Fluides sales ou pollués, pâte à papier. Applications à hautes températures. Fluides sujets à polymérisation et/ou oxydation. **Maintenance Préventive** Utiliser une bague d'étranglement dimensionnée pour tenir la pression ou maintenir la vitesse d'écoulement. Régler le débit d'injection afin de limiter la pénétration de liquide sale. Régler la pression d'injection afin d'augmenter la marge par rapport à la tension de vapeur. Le fluide d'injection doit être compatible avec le liquide véhiculé.
Plan 52 :	**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. **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. **Où** Utilisé avec les garnitures duales non pressurisées ("Tandem"). Fluides à haute tension de vapeur, hydrocarbures légers. Fluides dangereux, toxiques. Fluides caloporteurs. **Maintenance Préventive** L'ensemble du système doit pouvoir se dégazer vers un dispositif de récupération de gaz ou vers un réseau de torche à une pression proche de la pression atmosphérique. La tension de vapeur du liquide véhiculé est généralement supérieure à la pression régnant dans le réservoir. Le fluide tampon doit être compatible avec les fuites du liquide véhiculé.
Plan 53 : 	**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. **Pourquoi** Isoler le liquide véhiculé. Emission nulle du liquide véhiculé. **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. **Maintenance Préventive** L'ensemble du système doit pouvoir s'auto dégazer vers le point le plus haut du réservoir. Pressuriser le réservoir en permanence, pression de gaz maximum 10 à 14 bar. Le fluide de barrage doit être compatible avec le liquide véhiculé. L'indicateur de niveau du réservoir permet d'observer à la fois les fuites de la garniture interne et externe.
Plan 54 :	**Quoi** Circulation d'un liquide de barrage pressurisé par un système externe. **Pourquoi** Isoler le liquide véhiculé. Emission nulle du liquide véhiculé. La garniture ne peut pas générer de circulation. **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. **Maintenance Préventive**

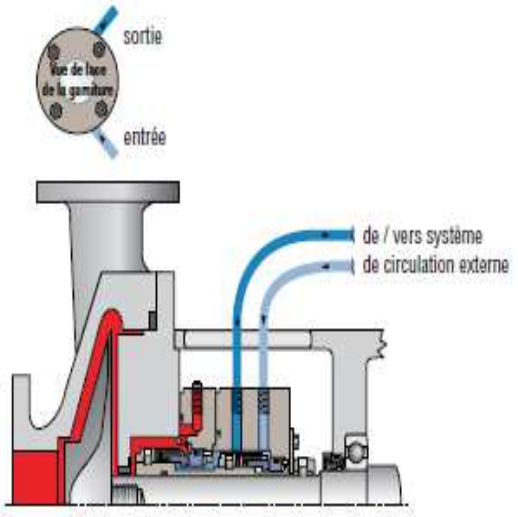
	La boucle de tuyauteries doit être entièrement dégazée avant démarrage. Le fluide de barrage doit être compatible avec le liquide véhiculé. L'indicateur de niveau du système permet d'observer les fuites des deux garnitures interne et externe.

Tableau 4- 1: tableau des plans API

Solution :

Dans le cas des pompes où la dilution du produit n'est pas tolérée on a pris l'utilisation d'une garniture mécanique double comme choix (pompe U104). Pour les pompes (P04, P02, P60) on opte le choix pour l'utilisation d'une GM simple.

2. Les roulements :

- **Mauvais alignement :**

A peu près 40% des problèmes sur les machines rotatives viennent du mauvais alignement. Les arbres désalignés peuvent provoquer la rupture de roulements, la rupture d'arbre, la rupture de joint, le bruit d'accouplement, la surchauffe, les vibrations…L'alignement correct des machines apporte une augmentation du temps de production, moins de bruits de roulement et de joint, moins de vibrations et moins de coûts de maintenance.

La méthode utilisée pour aligner les machines de l'atelier phosphorique est l'alignement par règle ou bien par comparateurs. Le principal inconvénient de ces deux méthodes est le manque de précision. Certains fabricants recommandent un défaut d'alignement angulaire horizontal d'un maximum de 0,25°. De ce fait plusieurs problèmes peuvent arriver à savoir la rupture de roulements, la rupture d'arbre, la rupture de joint, le bruit d'accouplement, la surchauffe, les vibrations…

Solution proposé :

Alignement par laser :

L'utilisation du laser pour l'alignement des arbres est de grand avantage. Avec le laser, le travail est rapide, de haute précision et documenté. De plus, contrairement aux méthodes traditionnelles, les résultats des mesures ne dépendent pas de l'opérateur.

On va appliquer la technique d'alignement des arbres par laser en utilisant l'appareil d'alignement Easy-Laser.

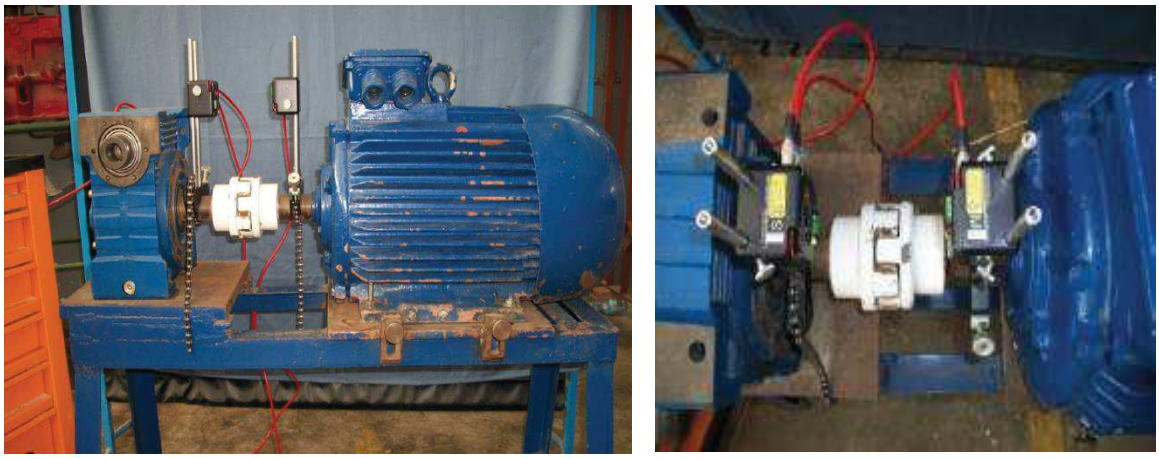
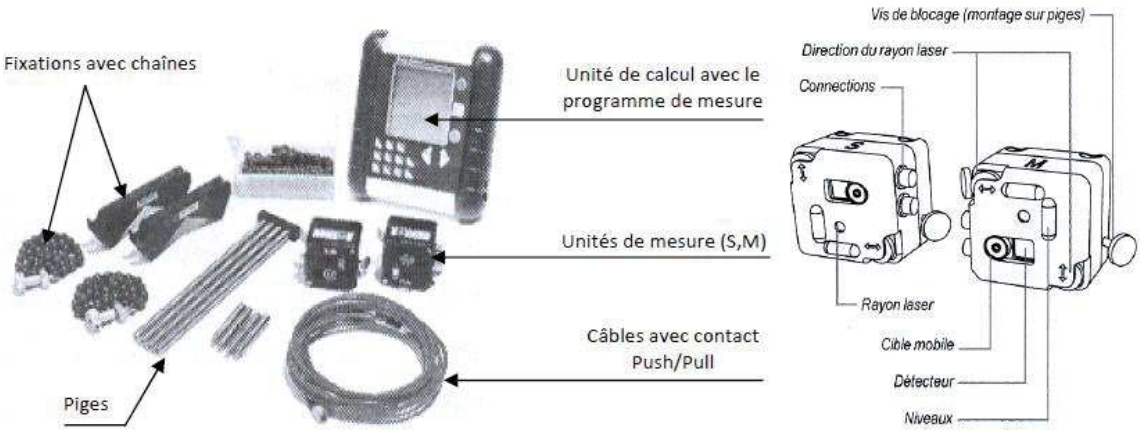
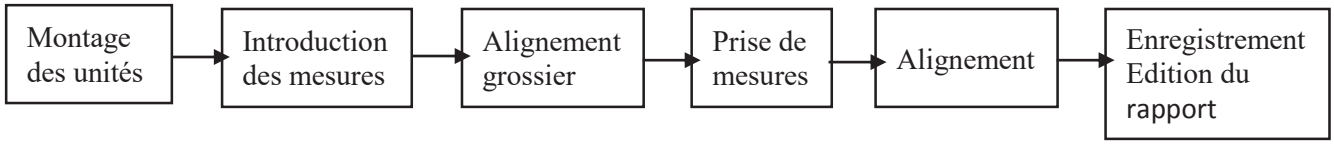


Figure 4- 4: Appareil d'alignement EASY-LASER

- **Présentation de l'appareil**

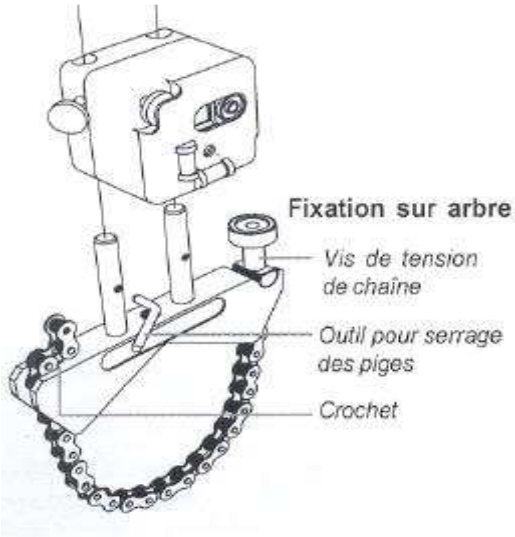


- **Procédure d'alignement :**



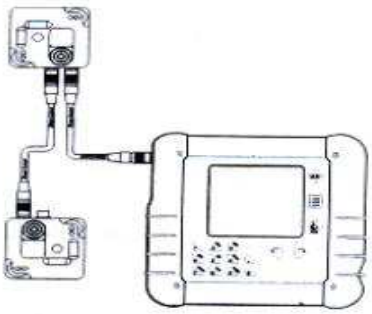
- **Montage des unités :**

Les câbles se connectent sur n'importe quel connecteur des unités de mesure et sur l'unité de calcul

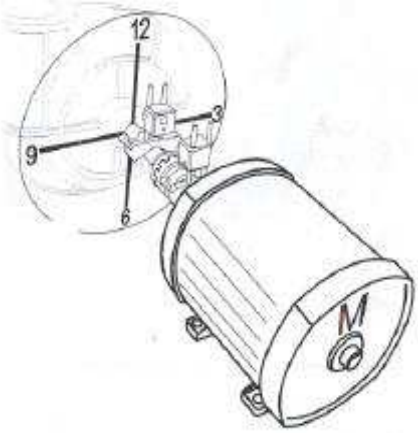


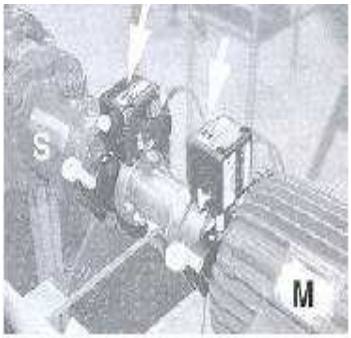
L'unité S sur la machine stationnaire (fixe).

L'unité M sur la machine mobile



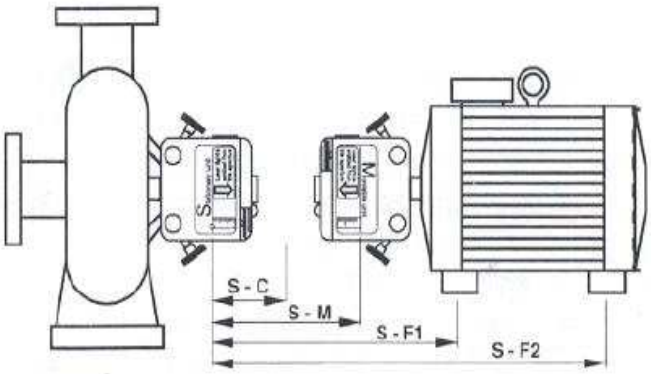
Placez-vous face à la machine stationnaire, dos à la machine mobile. 9 heures est à votre gauche, comme indiqué sur l'image.





- **Introduction des mesures :**

Système demande les distances entre les unités de mesure, l'accouplement et les pieds de machine. Entrez les distances suivant les indications ci-dessous.



S-M = distance entre les unités de mesure.

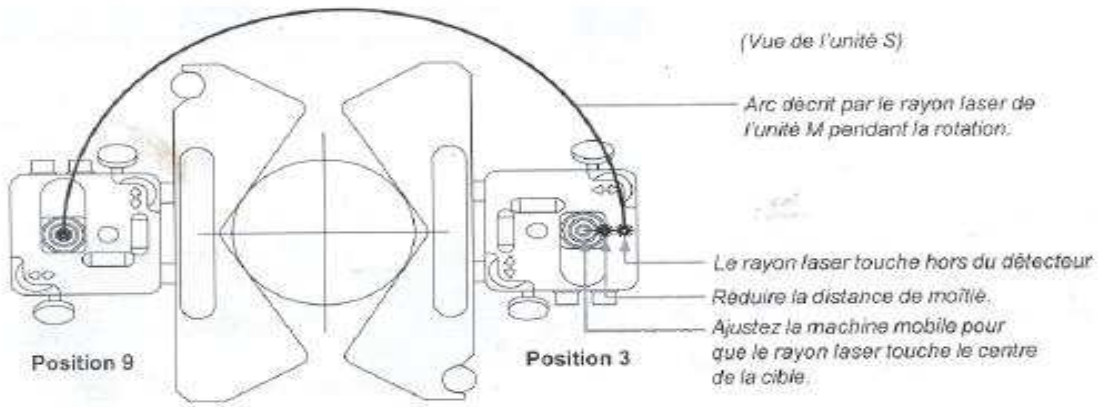
S-C = distance entre et le centre de l'accouplement.

S-F1 = distance entre l'unité S et les pieds avant F1.

S-F2=distance entre S et les pieds arrière F2 (doit être supérieur à S

- **Alignement grossier :**

- Tournez les arbres avec les unités de mesure à 9 heures.
- Ajustez les rayons laser aux centres des cibles.
- Tournez les arbres avec les unités de mesure à 3 heures.
- Pour chaque unité, contrôlez la position du point d'impact et ajustez le rayon pour réduire de moitié l'écart avec le centre de la cible (Voir l'image ci-dessous).
- Ajustez la machine mobile pour amener les rayons au centre de chaque cible.
- Revenez à 9 heures, ouvrez les cibles et continuez les mesures.



3. **Les cellules du filtre AS51 :**

➢ **Problème du Soudage**

Après l'usure des cellules du filtre, les agents de maintenance mécanique optent pour le soudage comme étant la solution de ce mode de défaillance, mais comme le soudage durcit le métal, cette partie devient très sollicitée, par conséquent le risque et la probabilité de l'usure à tout moment devient considérable. Alors cette solution n'a pas résolu le problème. D'où la nécessité d'effectuer un traitement thermique pour adoucir la surface dit traitement thermique après soudage (TTAS).

Figure 4- 5 : usure au niveau de soudage des cellules

- **TTAS après soudage :**

L'application de TTAS consiste à étudier certains paramètres :

- ✓ Matériau de construction
- ✓ Les zones du soudage
- ✓ L'hypertrempe
- ✓ Le revenu
- ✓ Les contraintes résiduelles

1. **Matériau de construction**

Le matériau utilisé dans l'installation est un inox UB6, l'un des types des aciers super austénitiques.

L'**Acier** inoxydable super austénitique a pour structure de base l'alliage bien connu 18% chrome et 24% nickel. Dont les désignations normalisées et la composition chimique sont présentées dans les tableaux suivants :

AFNOR	AISI	NF EN 10088-3
Z2CNDU25.20	904L	X1CrNiMoCu 25.20.5 (1.4539)

Tableau 4- 2: Désignations normalisées

C	Cu	Mn	Ni	Cr	S
0.02 Maxi	1.00/2.00	2.00 Maxi	24.00/26.00	19.00/21.00	≈0.010 Maxi

Tableau 4- 3: Composition chimique d'UB6

Ce type d'acier inoxydable n'est pas le plus efficace mais plus largement utilisé, résiste à la corrosion dans de nombreuses circonstances, et comme ces caractéristiques mécaniques sont acceptables, il est principalement utilisé dans le domaine des industries de

transformation, ainsi que dans quelques types d'industries chimiques. Dont les caractéristiques mécaniques à l'état adouci sont présentées dans le tableau suivant :

Rp Mpa N/mm²	Re Mpa N/mm²	A %	Dureté HB
530 / 730 maxi	230	35 mini	230 maxi

Tableau 4- 4: les propriétés mécaniques d'UB6

Après le soudage les caractéristiques mécaniques du matériau changent dans la partie soudée. On peut donner au soudage la définition suivante :

Le soudage est un moyen d'assemblage permanent destiné à créer une continuité de la nature des matériaux assemblés : métaux et matières plastiques notamment. Le soudage autorise l'assemblage permanent par fusion des bords des pièces à réunir.

Il existe trois types de soudure, dans notre cas il s'agit d'une soudure homogène dans laquelle les métaux de base et le métal d'apport sont de même nature, mais ça nécessite de suivre une procédure pour les souder pour avoir une bonne soudure.

1.1. Soudage de l'UB6 :

Le soudage des aciers super austénitiques subissent une transformation **Austénite==>Ferrite** à haute température provoque une fissuration à chaud. C'est pourquoi il est conseillé de souder ces aciers à l'électrode enrobée ou par le procédé **TIG** et **MIG** ne présente pas de difficultés particulières. Dans la majorité des cas, réaliser un joint soudé permet d'obtenir une bonne résistance à la corrosion et on évite ainsi la fissuration à chaud après le soudage.

Ci-dessous les règles à adopter pour garantir une meilleure soudure :

a- Adopter un **métal d'apport de composition chimique analogue à celle du métal de base.** Les fabricants de produits d'apports proposent pour chaque nuance d'acier un vaste choix d'électrodes, de fils d'apports dont la composition chimique est en principe équilibrée de façon à obtenir une structure après soudage qui comporte **moins de 5% de ferrite**.

b- **Eviter toute pollution des bords à souder** qui pourrait être préjudiciable à la tenue à la corrosion de l'assemblage ou encore provoquer une fissuration à chaud de la soudure.

c- Effectuer si nécessaire une **passivation de la soudure** qui reconstitue la pellicule d'oxydes de chrome réduite par l'opération de soudage.

En générale il faut signaler deux problèmes liés au soudage des aciers austénitiques :

d- le premier, lié à la résistance du métal d'apport, peut être résolu en employant comme métal d'apport des nuances au manganèse et l'azote, possédant une limite d'élasticité comparable à celle du métal de base.

e- le second est lié à l'adoucissement du métal de base en zone affectée thermiquement, il peut être minimisé par l'emploi de traitement de revenu.

1.2. Les zones de soudage :

Comme le soudage du matériau entraine des modifications de la microstructure et des propriétés mécaniques. On observe deux zones peuvent être distinguées, une première zone entièrement fondue pendant le soudage (ZF) : Cette zone a une microstructure différente de celle du matériau de base. Et une zone dite affectée thermiquement (ZAT) : de part et d'autre du cordon cette zone reste à l'état solide au moment du soudage mais subit de fortes variations de température.

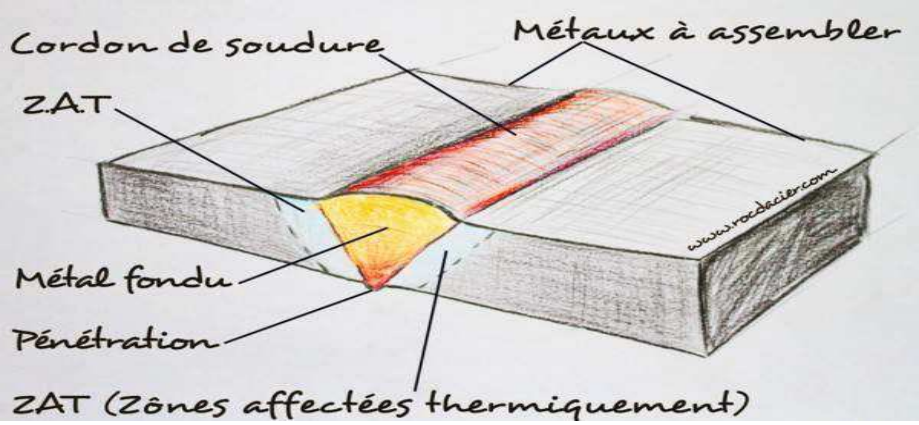


Figure 4- 6: Les zones observées lors du soudage

D'après les travaux effectués par J. A. Brooks et al. [1] sur trois aciers inoxydables, la limite d'élasticité du matériau soudé est supérieure à celle du matériau non soudé. En ce qui concerne le comportement en résilience, les énergies de rupture du matériau soudé sont plus faibles que celles du matériau de base.

Concernant les essais de dureté, la zone fondue est plus dure que le reste du matériau, dans l'état brut de soudage ou après traitement thermique de revenu [4], [3]. La différence de taille de grains, expliquerait cet écart de dureté. Les essais de duretés effectuées par J. M. Wright . [2] dans la zone affectée thermiquement montrent une forte variation dépendant de la distance au cordon. Ces résultats confirment bien l'important gradient de microstructure dans cette zone.

Après traitement de revenu, les variations de dureté de la **ZAT** s'atténuent. Les résultats obtenus par K. Ozbaysal et al. [4] montrent que le mécanisme de durcissement pendant

le traitement de revenu du matériau soudé est le même dans le matériau de base. D'où la nécessité de mettre un traitement de revenu.

1.3. Traitement de revenu :

Le revenu est un traitement thermique qui est souvent associé à l'hypertrempe pour les aciers austénitiques il permet d'atténuer ses effets en rendant la pièce plus ductile et plus tenace et ainsi adoucir le matériau en éliminant en partie la dislocation générée par l'hypertrempe et obtenir meilleur compromis entre résistance et ténacité après le soudage. Il a la particularité de produire deux effets :

- Abaissement de la limite d'élasticité.
- Détensionnement des contraintes résiduelles sur la partie du soudage.

Les aciers austénitiques peuvent être sensibilisés à la corrosion intergranulaire en ZAT. Si cette sensibilisation ne peut être acceptée, seul un traitement d'hypertrempe de l'ensemble de la pièce pourra la retirer.

1.4. L'hypertrempe :

Il s'agit du traitement thermique de qualité typiquement appliqué aux aciers inoxydables austénitiques. Il consiste en un maintien à haute température (de 1 000 à 1 150 °C) suivi d'un refroidissement rapide et quelconque (air-huile-eau) ce qui permet de retirée toute corrosion intergranulaire en ZAT.

- ✓ **Durée de maintien**

Lors du chauffage des pièces massives, il faut limiter les vitesses de montée en température, l'austénite ayant une conductivité thermique faible ce qui augmente les gradients thermiques, et donc les contraintes d'origine thermique.

En pratique, on peut préconiser des durées de chauffage de 0,7 à 2,5 minutes par millimètre d'épaisseur. On choisira le haut de fourchette pour une élimination complète des contraintes. D'une manière générale pour limiter les contraintes résiduelles dues au soudage, et cela pour toutes les nuances, on pourra être amené à pratiquer des traitements de détensionnement des contraintes.

1.5. Détensionnement des contraintes :

Les aciers inoxydables austénitiques sont particulièrement sensibles à cette seconde source de contraintes résiduelles après soudage pour deux raisons :

Leur faible conductivité thermique, et leur fort coefficient de dilatation thermique. Dans bien des cas, les contraintes résiduelles sont voisines de la limite d'élasticité du métal.

L'élimination des contraintes est réalisée lors d'un maintien à chaud par deux phénomènes complémentaires :

- la diminution de la limite d'élasticité du métal
- le phénomène de fluage

Effets du traitement de détensionnement des aciers inoxydables austénitiques		
Température de maintien (°C)	Contraintes résiduelles éliminées (%)	Remarques
950 à 1 050	95 à 100	Le traitement s'apparente à une hypertrempe, sauf en ce qui concerne le refroidissement
850 à 950	80 à 85	Permet la coalescence des carbures et une réhomogénéisation de la teneur en chrome
550 à 650	=35	Améliore la stabilité dimensionnelle
200 à 400	5	Élimine essentiellement les pics de contrainte résiduelle

Tableau 4- 5: Effets du traitement de détensionnement des contraintes résiduelles

Le revenu permet de traiter la surface après soudage afin de limiter les contrainte résiduelles dans la partie soudée et ça reste une solution parmi d'autre.

4. Evaluation technico-économique :

La vérification de la rentabilité des améliorations proposées est une phase primordiale afin de les valider et évaluer le gain apporté, c'est pour ça qu'on a mené une étude technico-économique qui traitera le calcul du coût de ces améliorations

✓ **Gain apporté par les solutions proposées :**

- Le prix de l'appareil EASY LASER est de 3280 DH.

L'arrêt des pompes à cause de mauvais alignement engendre une perte de 193600 DH par an.

L'application de la méthode de laser permet de diminuer le temps d'arrêts des pompes à 69% le gain apporté sera donc de 133584 DH par an et si en prend en considération le prix de l'appareil qui est de 3280 DH donc on a un gain de 130304 DH par an.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté un ensemble d'améliorations à mettre en œuvre afin de minimiser l'impact des pannes les plus prédominantes et les plus critiques retrouvées.

CHAPITRE 5:

« Politique de maintenance préventive proposée »

Introduction :

Après avoir déterminé les différents modes de défaillance des différents équipements critiques à l'aide d'une étude AMDEC. On va maintenant s'intéresser à l'ensemble des actions préventives nécessaires pour remédier à ces modes.

Le chapitre suivant illustre l'élaboration des plans de maintenance préventifs systématiques & conditionnels des équipements critiques.

1. Généralités sur la maintenance préventive :

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

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

La maintenance préventive comprend :

– les contrôles ou visites systématiques,

– les expertises, les actions et les remplacements effectués à la suite de contrôles ou de visites,

– les remplacements systématiques,

– la maintenance conditionnelle ou les contrôles non destructifs.

La maintenance préventive ne doit pas consister à dire à un agent de maintenance : « allez voir si l'état de tel organe est bon » au moyen d'une liste des points à examiner. Dans ce cas, si l'état est bon, on ne dit rien ; s'il n'est pas bon, il faut intervenir de suite, ce qui nécessite forcément une disponibilité en pièces de rechange. Il s'agit d'une *détection d'anomalie* et non de maintenance préventive.

Au contraire, la maintenance préventive doit consister à suivre l'évolution de l'état d'un organe, de manière *à prévoir* une intervention dans un délai raisonnable (1 mois, par exemple) et l'achat de la pièce de remplacement nécessaire (donc on n'a pas besoin de la tenir en stock, si le délai normal le permet).

2. Différents types de maintenance préventive :

2.1. Maintenance préventive systématique :

2.1.1. Visites systématiques :

Les visites sont effectuées selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage. À chaque visite, on détermine l'état de l'organe qui sera exprimé soit par une valeur de mesure (épaisseur, température, intensité, etc.), soit par une appréciation visuelle. Et

on pourra interpréter l'évolution de l'état d'un organe par les degrés d'appréciation : Rien à signaler, Début de dégradation, Dégradation avancée et Danger.

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

2.1.2. Remplacements systématiques :

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

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

– lorsque des raisons de sécurité s'imposent ;

– lorsque le coût de l'arrêt de production est disproportionné par rapport au coût de remplacement;

– lorsque le coût de la pièce concernée est si faible qu'il ne justifie pas de visites systématiques;

– lorsque la durée de vie est connue avec exactitude par l'expérience.

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

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

2.1.3. Ronde ou visite en marche

La visite systématique effectuée pendant le fonctionnement permet d'optimiser l'arrêt machine. Pour ce type de maintenance, on suit l'effet de la dégradation ou de l'usure pour éviter le démontage indésirable. Les contrôles sont simples à réaliser : lecture des valeurs des paramètres, examens sensoriels… Les valeurs des paramètres pour un fonctionnement normal sont connues à l'avance.

Tout en respectant les règles de sécurité, une surveillance quotidienne en marche permet de détecter rapidement le début d'une dégradation. La durée et la fréquence de ces opérations sont courtes.

Dans la mesure du possible, cette maintenance de premier niveau est confiée aux opérateurs pour les machines de production et aux exploitants pour les utilités.

Ce sont eux qui sont les mieux placés pour constater les conditions de l'apparition des pannes.

2.2. Maintenance préventive conditionnelle :

D'après la définition Afnor, il s'agit d'une forme de maintenance préventive basée sur une surveillance de fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent.

La maintenance conditionnelle permet d'assurer le suivi continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a une évidence expérimentale de défaut imminent ou d'un seuil de dégradation prédéterminé.

Cela concerne certains types de défaut, de pannes arrivant progressivement ou par dérive. L'étude des dérives dans le cadre des interventions de maintenance préventive permet de déceler les seuils d'alerte, tant dans les technologies relevant de la mécanique que celles de l'électronique.

Au cours de la conception d'une installation, on définit des tolérances pour certains paramètres. La variation progressive d'un paramètre n'implique pas la défaillance d'un organe. Mais lorsqu'un paramètre sort de la tolérance, le fonctionnement peut être complètement perturbé.

Le suivi de l'évolution des paramètres permet de préciser la nature et la date des interventions. Le paramètre suivi peut être :

– une mesure électrique (tension, intensité…) ;

– une mesure de température ;

– un pourcentage de particules dans l'huile ;

– un niveau de vibration…

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

3. Les sources aidant à définir les opérations de maintenance préventive :

✓ **Les documents techniques constructeurs :**

Les documents constructeurs permettent de connaitre d'une manière approfondie la machine à étudier. En général, on peut trouver les renseignements suivants :

- Pièces d'usure, pièces de rechange ;
- Types et références des articles ;
- Types des lubrifiants, produits consommables ;

- Paramètres de surveillance, de réglage ;
- Modes opératoires de maintenance ;
- Précautions particulaires et consignes de sécurité.

Les recommandations du constructeur sont souvent à caractère général. Il faut les adapter aux conditions réelles d'utilisation. Les données proposées, très importantes, doivent servir de base de référence particulière pour la machine concernée.

4. Les plans de maintenance préventive pour les équipements critiques :

➢ Pour le filtre AS01 :

- Plan de maintenance préventive systématique :

Repère Equipement : 103-A-P3-004 ***Plan N° : 001***

Désignation équipement : Filtre

Eléments (Composants et tâches)	Période	Observations
Changements des galets de guidages	1 mois	
Changements des axes des galets de roulements ou supports	1 an	
Changement de la couronne	1 an	
Changements des buses	1 an	
Changement des paliers	1 an	
Changement des bagues d'usure	1 an	
Changements des capillaires	1 an	
Changements des galets de centrage de la couronne	2 ans	
Changement des anneaux	2 ans	
Changement des galets de roulement	2 ans	
Changement des galets de centrage	2 ans	
Changement des galets de support	2 ans	
Changement du levier	2 ans	
Changements des cellules	4 ans	
Changements des rails de renversement	4 ans	
Changements des boulons de fixation	4 ans	
Changement de la hôtte	8 ans	
Changement du pignon	8 ans	
Changement du déflecteur	10 ans	
Changement du distributeur	10 ans	

Tableau 5- 1: plan de maintenance préventive systématique

- ***Maintenance conditionnelle mécanique :***

Désignation du matériel : filtre 103AS01			Responsable réalisation : MAINTENANCE		
			Temps annuel exécution :		
			Coût annuel main d'œuvre :		
			Coût pièces :		
			Coût total :		
N° phase	**Désignation opération**	**Fréquence**	**Temps Exécution (h)**	**Temps Arrêt (h)**	**Observations**
10	Contrôle de l'état des galets de guidage	4 jours			
20	Contrôle de la couronne	4 jours			
30	Contrôle bruit des galets supports et de centrages	1 semaine			
40	Contrôle état des capillaires	1 semaine			
50	Contrôle de l'état des bagues d'usures	1 semaine			
60	Contrôle jeu et portées des axes des galets support et centrage de la couronne	1 mois			
70	Contrôle du centrage de la couronne	1 mois			
80	Contrôle de la hauteur des galets	1 mois			
90	Contrôle du serrage des boulons de levier	1 mois			
100	Contrôle de l'état du distributeur	2 mois			
110	Contrôle de l'horizontalité des cellules	2 mois			
120	Contrôle du jeu d'engrènement de la couronne	3 mois			
130	Contrôle de la planéité de la couronne	6 mois			
140	Contrôle du pignon d'attaque de la couronne	6 mois			
150	Contrôle usure de la nacelle	6 mois			
160	Contrôle de l'état de charpente fixe	1 an			
170	Contrôle des rails de renversement	1 an			
180	Contrôle de l'état de hôtte	1 an			
Date et visa Technicien Méthodes :	**Date et visa intervention Maintenance :**		**Date et visa Production :**		

Tableau 5- 2: plan de maintenance préventive conditionnelle

Le plan a été réalisé pour chaque équipement critique. Les autres plans de maintenance sont présentés en ***Annexe D***.

Conclusion :

Le plan de maintenance regroupe les intentions d'intervention de maintenance préventive. Il est très utile dans la mesure où il permet la planification de l'ensemble des travaux qui doivent être exécutés afin de diminuer la criticité et d'éliminer les causes potentielles des modes de défaillances susceptibles d'apparaître sur l'équipement concerné.

CHAPITRE 6:

« Analyse des risques aux postes de travail de l'activité graissage et lubrification»

Introduction :

Au sein de l'unité attaque filtration, les opérateurs qui interviennent d'une façon journalière à fin d'assurer le bon fonctionnement des équipements mécanique sont ceux de graissage et lubrification. Au cours de cette activité ces derniers sont confrontés à des situations qui peuvent présenter des risques de degré et criticité variables.

Dans ce cadre, le groupe a opté pour l'utilisation du standard « ADRPT » (Analyse Des Risques aux Postes de Travail). Ce standard permet de définir la méthodologie à suivre afin de maîtriser les risques liés aux postes de travail à travers l'identification des risques, leur évaluation et leur mitigation. Il constitue par ailleurs une donnée d'entrée pour l'établissement et/ou la mise à jour des instructions de travail et des modes opératoires.

1. Standard ADRPT

1.1. Objectif de l'ADRPT

Inspiré des meilleurs pratiques WCM (World Class Manufacturing), le standard ADRPT présente les différentes actions à suivre pour mettre en application un système de sécurité fiable.

Il commence par cet effet à identifier et à définir tous les postes du travail liés à une activité donnée pour traiter par la suite les tâches liées à chaque poste de travail en identifiant les dangers et les risques relatifs à chacune d'entre elles. Il est important de différencier la notion du danger et du risque, nous définissons ces deux notions comme suit :

- ✓ le danger est une propriété intrinsèque d'une substance, d'un équipement, d'une situation, d'un système à causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement ;
- ✓ le risque est la probabilité d'occurrence d'un dommage résultant d'une exposition à un danger. C'est la composante de trois paramètres : exposition, probabilité et gravité. Plus la probabilité et la gravité sont élevées, plus le risque est élevé. Donc le risque n'est pas un danger, il en est la conséquence s'il y a exposition au danger

L'ADRPT a pour objectif de :

- Définir la méthodologie à suivre pour analyser efficacement les risques aux postes de travail.

- Identifier et évaluer les risques afin de les prioriser.
- Les maitriser au travers de plans d'actions définis et suivis.
- Constituer une donnée d'entrée pour l'établissement et/ou la mise à jour des instructions de travail et des modes opératoires.

1.2. Avantages du standard ADPRT

- Prévenir les accidents et dommages matériels ainsi que les risques sur l'environnement
- Aligner toutes les directions, entités et organisations au niveau de tout le groupe avec un standard commun et une efficacité dans l'analyse des risques au poste de travail
- Démontrer son engagement et son exemplarité par une implication constante et visible de toute la ligne hiérarchique d'OCP
- Accroitre la prise de conscience en matière HSE concernant la prévention des risques aux postes de travail de tous les employés et personnel OCP.

1.3. Les étapes du déploiement du standard ADPRT

- Constitution du groupe de travail.
- Identification et définition de tous les postes de travail propres à une activité donnée.
- Définition des tâches liées à chaque poste de travail.
- Identification des dangers et les risques liés à chaque tâche.
- Evaluation des risques aux postes de travail en fonction de la durée d'exposition, de la gravité et de la probabilité.
- Mise en place d'un plan d'action d'amélioration pour la prévention des risques non acceptables.
- Suivi et verrouillage du plan d'action.

1.4. Déploiement du standard au sein de la section Attaque Filtration

Au sein de la section d'attaque filtration, les opérateurs de graissage interviennent d'une façon journalière pour assurer le graissage des différentes équipements mécaniques. Au cours de cette activité ces derniers sont confrontés à des situations qui peuvent présenter des risques de degré et criticité variables. A cet effet une analyse des risques se voit nécessaire et pour ce faire une étude a été menée des standards des postes ainsi qu'une analyse détaillée des activités de chaque poste.

2. Déploiement de l'analyse des risques

2.1. Identification des activités et des postes de travail

La section attaque filtration est divisé en différentes postes de travail, le tableau suivant illustre l'activité et les différents postes de la ligne.

Activité	Postes de travail
Graissage et lubrification de la Section Attaque Filtration	Agitateurs : 102AA22P, 103AA01/02/03/04/05/06/07/08/09/A/B/C/D
	Pompes de circulation 103A/B P01
	Pompe à vide du Flash cooler 103 AC01
	Pompe de premier lavage du filtre 103A/B P07
	Pompe à vide pour de filtre 103 A/B C04
	Pompe d'alimentation du filtre 103A/B P02
	les pompes d'acides 103 A/B P03/P04/P05
	Filtre PRAYON 103 A/B S01

Tableau 6- 1: les activités et les différents postes d'attaque filtration

2.2. Identification des tâches liées aux postes de travail

La deuxième étape consiste à identifier l'ensemble des tâches liées aux postes de travail définis précédemment. Dans le tableau ci-dessous, nous avons listés l'ensemble des interventions qui s'effectue par les agents de l'OCP chargé de la lubrification.

Postes de travail	Tâches
Agitateurs 03AA01/02/03/04/05/06/07/08/09/A/B/C/D	Graissage des moteurs
	Contrôle de niveau d'huile et vidange des réducteurs
	Graissage des paliers de la tourelle
Pompes de circulation 103A/B P01	Graissage du moteur
	Graissage des paliers
	Contrôle de niveau d'huile et vidange des réducteurs
Pompe à vide du Flash cooler 103 AC01	Graissage moteur
	Contrôle de niveau d'huile et vidange du réducteur
Pompe de premier lavage du filtre 103A/B P07	Graissage du moteur
Pompe à vide pour de filtre 103 A/B C04	Graissage du moteur
	Contrôle de niveau d'huile et vidange du réducteur
Pompe d'alimentation du filtre 103A/B P02	Graissage des paliers
les pompes d'acides 103 A/B P03/P04/P05	Graissage du moteur
	Graissage des paliers
Filtre PRAYON 103 A/B S01	Graissage du moteur
	Contrôle de niveau d'huile et vidange du réducteur
	Graissage de la couronne

	Appoints hebdomadaires des paliers de cellule
	Graissage du ressort de levier
	Remplissage du réservoir de la centrale de graissage des galets 103AS01
	Remplissage du réservoir de la centrale de lubrification du distributeur 103AS51

Tableau 6- 2: les différentes tâches liées aux postes de travail

2.3. Identification et évaluation des risques

Dans cette étape on a mis au point chaque danger relatif à chaque tâche identifiée en prenant comme référence la liste des dangers proposé par le standard (**voir Annexe E**) et on a identifié en outre les risques associés.

Après, on a évalué ces risques identifiés sur la base de la durée d'exposition aux risques (E), de la gravité (G) du dommage prévisible et de la probabilité d'occurrence (P) prévisible du dommage. Les critères E, G, P sont évalué par des grilles de cotation proposé par le standard (***Voir Annexe F***).

Ensuite on a calculé le score du risque (R) par la formule $R= E*G*P$ pour classifier les risques identifiés.

L'évaluation du risque se fait dans un premier temps sans tenir compte des moyens de prévention des risques en particulier les équipements de protection individuelle, les modes opératoires et les protections techniques.

Dans le cas où le score du risque est inférieur ou égal à 20, il est considéré acceptable et doit être surveillé. Dans le cas contraire, le risque est considéré critique et une autre évaluation doit être faite en tenant compte des moyens de maitrise existants. Si le score de l'évaluation reste toujours supérieur à 20 d'autres mesures doivent être planifiées selon la logique suivante :

- Si le score est inférieur à 70 : des mesures de prévention planifiées dans le temps avec un plan d'action de réalisation afin de diminuer le score.
- Si le score est entre 70 et 200 : des mesures doivent être engagées immédiatement pour diminuer le score.
- Si le score est supérieur à 200 : le travail doit être arrêté immédiatement jusqu'à la mise en place des mesures de prévention qui ramène le score en dessous de 20.

(Voir Annexe F)

L'organigramme suivant résume la démarche d'évaluation des risques suivant le standard ADRPT :

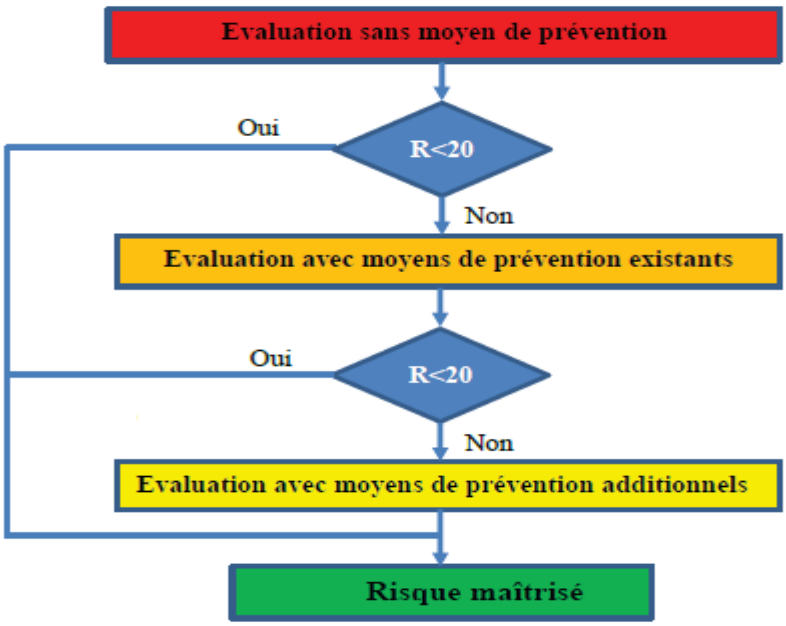


Figure 6- 1: Organigramme de la démarche d'évaluation des risques

A titre d'exemple on présente ici la fiche d'évaluation pour les risques liés à la tâche «**Graissage de la couronne du pignon d'attaque**» :

	Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques	Edition : 1.0
		Date d'émission
		Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	**Filtre PRAYON A/B**
Description de la tâche :	**Graissage de la couronne du pignon d'attaque**

Référence Danger	**Description du risque**	**Evaluation du risque sans Moyens de prévention**				**Priorité**	**Moyens de prévention Existants**	**Evaluation du risque sans Moyens de prévention**				**Priorité**	**Moyens de préventions additionnelles**	**Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels**				**Priorité**
		E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
(7) Déplacement à pied	Glissade	2	7	6	84	2	Les EPI	2	4	6	48	3	Nettoyage du poste de travail après chaque opération de graissage	2	4	3	24	3
Travail répétitif	Mal au dos	2	4	6	48	3	Utilisation des EPI (casque, chaussure de sécurité antidérapante, tenue de travail, lunette et gants)	2	4	6	48	3	Sensibilisation des agents sur les bons gestes de travail	1	1	3	3	4
Machine tournante (4)	Risque de blessure due à un démarrage intempestif du filtre	2	25	3	150	2	Les EPI conventionnelle	2	4	3	24	3	Consignation/Déconsignation/ cadenessage	2	1	1	2	4

Tableau 6- 3: fiche d'évaluation pour les risques liés à la tâche «**Graissage de la couronne du pignon d'attaque** »

La fiche a été réalisée pour chaque tâche et pour l'ensemble des postes du travail. Les autres fiches d'évaluation des risques sont présentées en ***Annexe G***.

2.4. Phase d'action

2.4.1. Elaboration des modes opératoires

Après l'identification et l'évaluation des risques, nous avons élaboré des modes opératoires pour plusieurs tâches. Ces modes opératoires décrivent les étapes à suivre durant une intervention pour une tâche donnée. Le respect de ces modes opératoires par l'intervenant éliminera le risque auquel il sera exposé. Des illustrations sont utilisées pour faciliter la lecture des modes opératoires.

Les modes opératoires réalisés sont résumés dans l'***Annexe H***. Nous présentons ci-après un exemple de mode opératoire que nous avons élaboré pour la tâche «Appoints hebdomadaire des paliers de cellules » :

MODE OPERATOIRE		
Service		
Description du poste de travail	Filtre PRAYON	
Description de la tâche :	**Appoints hebdomadaire des paliers de cellules + Ressort du levier**	
Illustration	**Etapes**	**Instructions de sécurité**
	AVANT	
	Port des EPI obligatoire Préparation et Validation du permis de pénétration Inspection de la zone de travail Autorisation de travail	Signaler toute anomalie avant d'intervenir
	PENDANT	
	Enlèvement de la tôle de protection du filtre Outillage: Pompe manuelle, Chargement de la pompe manuelle Graissage de chaque palier Respect des consignes de sécurité Signaler toute anomalie durant le travail	Port des gants et des lunettes est obligatoire
	APRES	
	Déchargement de la pompe Remise en état de la tôle de protection Communication de fin de tâche	
	DANGERS	
	Déplacement à pied, Equipement, Travail répétitif	
	Risques	
	Glissade, blessures au niveau des mains, mal au dos	

Consignes permanentes	*Ne jamais travailler sans autorisation de travail et permis de pénétration * Ne jamais travailler seul * Prévoir un moyen de communication adéquat (numéro d'urgence 000 / 2424 ou 0523389233)	

Tableau 6-4: Mode opératoire pour la tâche «Appoints hebdomadaires des paliers de cellules»

2.4.2. Plan d'action

Après avoir effectué une analyse de risques, nous pouvons dès lors élaborer un plan d'action. Cette étape consiste à rassembler les résultats des analyses et des évaluations des risques pour construire un plan d'action. Ce plan d'action contient principalement les actions, les responsables de leur déploiement ainsi que l'état d'avancement.

Le Tableau ci-après présente les actions que nous avons proposées :

Poste de travail	Actions	Responsable
Agitateurs de réaction	Installation d'une passerelle pour l'accès aux moteurs des agitateurs	Maintenance mécanique
	Achat d'une plateforme individuelle roulante pour l'accès aux points hauts	Maintenance mécanique
Filtres PRAYON	Achat d'une pompe manuelle à commande électrique pour la tâche des Appoints hebdomadaires pour les paliers de cellules	Maintenance mécanique
	Mise en place des plaques signalétiques des dangers liés aux déplacements et produits chimiques	HSE
	Formation des opérateurs sur les risques au sein de la section attaque filtration	Stagiaire : Safae JTITE

Tableau 6- 5: Actions d'amélioration proposées

- ***Action 1 :***

L'accès aux moteurs des agitateurs présente un risque de chute d'hauteur.

Figure 6- 2: Agitateur

Une passerelle permanente est nécessaire pour assurer un travail sans risque pour les opérateurs. Le modèle de la passerelle proposé est présenté dans la figure suivante :

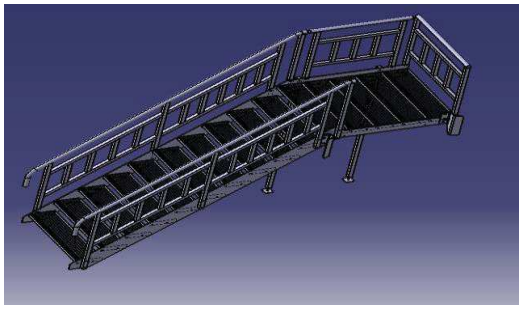


Figure 6- 3: Modèle d'une passerelle permanente

- ***Action 2 :***

On a aussi proposé un autre modèle pour des plateformes individuelles roulantes pour les tâches qui s'effectuent au niveau des agitateurs de la cuve d'attaque.

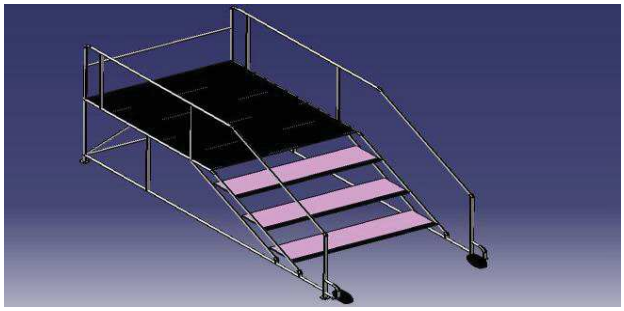


Figure 6- 4: Modèle d'une plateforme individuelle roulante

- ***Action 3 :***

Dans le cadre de l'amélioration des conditions de travail des opérateurs de graissage d'afin de diminuer la fatigue et les risques liés aux travaux répétitif, on propose l'achat d'une pompe manuelle à commande électrique.

- ***Action 4 :***

Afin de prévenir les risques d'accident on suggère d'utiliser des pictogrammes de sécurité dans les zones qui présentent des risques potentielles.

Ci-dessous un pictogramme de prévention contre les glissades :

- ***Action 5:***

Dans le but de sensibiliser les opérateurs de maintenance contre les différents risques, on a proposé de faire des formations destinées aux agents de maintenance mécanique et spécialement pour les graisseurs et d'élaborer des guides pour les bonnes pratiques face aux risques professionnelles.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté la démarche du déploiement du standard pour l'activité graissage et lubrification.

On a présenté l'ensemble des postes de travail ainsi que les tâches effectuées pour dans chaque poste de travail. Par la suite on a effectué une évaluation des risques de chaque tâche. Enfin on a élaboré les modes opératoires ainsi qu'un plan d'action afin d'atteindre un niveau de risque acceptable.

Conclusion et perspectives

L'intérêt de maintenance est de veiller à ce que le processus de production fonctionne en bon état dans les bonnes conditions et à moindre coût, afin de permettre à l'entreprise d'être compétitive et de répondre aux besoins des clients. Pour répondre à ces exigences, une bonne gestion de la maintenance est indispensable.

Le travail présenté dans ce rapport a pour but d'améliorer la disponibilité des équipements de l'atelier phosphorique.

D'abord on a commencé par une classification des équipements de l'atelier phosphorique grâce à la méthode TDPC et diagramme Pareto. Le résultat de cette classification m'a permet d'établir une étude AMDEC uniquement sur les équipements critiques.

Cette démarche m'a conduit à proposer des actions d'amélioration pour remédier aux problèmes dégagés.

Prévenir mieux que guérir est un principe impliquant le développement de contrôle et planification, pour cela le chapitre sur la politique de maintenance préventive propose des plans de maintenance préventifs afin de déceler les pannes en leurs débuts et d'éviter leur déflagration.

Suite à l'objectif « zéro incident » fixé par le système de management « OCP production system », une analyse de risque a été élaborée aux postes de travail et proposer des actions d'amélioration afin d'assurer la sécurité des intervenants.

Dans le cadre de l'amélioration de la disponibilité des équipements de l'atelier phosphorique d'IMACID. Comme perspectives, je propose d'aborder les problèmes suivants :

- ✓ Penser à la planification préalable des interventions et des tâches avant le commencement des travaux de maintenance.
- ✓ Faire des formations de personnel de maintenance concernant les méthodes de travail, d'analyse et de la maitrise des données machines.
- ✓ La sous-traitance doit être revue en termes d'exigences de qualification des agents et des méthodes de travail,
- ✓ Il est souhaitable de penser à une étude d'investissement dans les moyens de contrôle et d'avoir un service de contrôle propre à l'atelier attaché au service de maintenance.

- ✓ Se procurer les instruments nécessaires pour réaliser les contrôles qui permettent de prévoir l'état de marche de chaque équipement.
- ✓ Se doter d'une salle de documentation bien équipée et bien structurée, ainsi qu'elle offre les conditions nécessaires pour se référencier au patrimoine du service.

Bibliographie :

[1] : Dossier technique filtre AS01.

[2] : Dossier technique pompe à vide ALSTOM

[3] : Dossier technique bouilleur

[4] : Standard Analyse Des Risques aux Postes de Travail (ADRPT) OCP SA

[5] : « Pratique De La Maintenance Preventive », Jean Héng ; Dunod 2002.

[6] : https://www.flowserve.com/sites/default/files/2016-07/FTA160fra_PipingPlan.pdf

[7] : http://www.technologuepro.com/Mecanique/Technique-de-reparation/CH4-ALIGNEMENT-DES-ARBRES.pdf

[8] : Cours de traitement thermique d'inox.pdf

[9] : Cours des aciers austénitiques. PDF

[10] : Cours des Métaux Détail Services 904L. PDF

[11] : information-technique-sur-acier-inoxydable-pdf-49-ko-serie_e-lser1

[12] : http://poste-a-souder.comprendrechoisir.com/comprendre/soudure-zinc

[13] : http://www.soloswiss.fr/traitement_thermique_solo/la-trempe-et-le-revenu/index.html: la trempe et le revenu

ANNEXES :

ANNEXE A : critères de classification des équipements par la méthode TDPC

classification	NO	Item	Critères
Temps de Réparation (T)	**1**	Temps Moyen de réparation (MTTR)	Supérieur à 3 jour = 40 1 jour < ... < 2 jour =30 24 h < ... < 12H =20 12h < ... < 8H =10 8H <…. < 4H = 5
Facteur d'influence (D)	**2**	Utilisation de l'équipement	Avec Stand by = 1; sans Stand by = 5
	3	Impact sur le rendement AT Phosphorique Impact sur la conversion AT Sulfurique	Impact sur le rendement <0.1% ou sans effet = 1 0,1%<Impact sur le rendement <1% = 5 Impact sur le rendement >1% =10 Impact sur la conversion <0.1% ou sans effet = 1 0,1%<Impact sur la conversion <1% = 5 Impact sur la conversion >1% =10
	4	Impact sur la consommation spécifique Phosphate AT Phosphorique Impact sur la consommation spécifique Souffre AT Sulfurique	Impact sur Sp Phosphate <0.1% ou sans effet = 1 0,1%<Impact sur Sp Phosphate <1% = 5 Impact sur Sp Phosphate >1% =10 Impact sur Sp Souffre <0.1% ou sans effet = 1 0,1%<Impact sur Sp Souffre <1% = 5 Impact sur Sp Souffre >1% =10
	5	Aspect sur la sécurité	Très fort risque pour le personnel = 5, sans risque = 1 Obligation de contrôle légal =10
	6	Aspect sur l'environnement	Fort impact = 5, faible impact = 1
Probabilité de Panne (P)	**7**	Fréquence des pannes (MTBF)	Supérieur à 4 par mois = 35, 1 par mois <...<4 par mois =15 Inférieur à 1 par mois = 5
Criticité de l'équipement (C)	**8**	Criticité de l'équipement en fonction des arrêts de production	00 pas d'impact sur la production 10 Réduction de la cadence de l'atelier PAP/B 20 Arrêt d'un échelon /CAP 30 Réduction de la cadence de l'atelier PAP/A 40 Réduction de la cadence SAP 50 Arrêt de l'unité PAP/B 55 Arrêt de l'unité PAP/A 60 Arrêt de l'atelier PAP 60 Arrêt de l'atelier CAP 80 Arrêt de l'unité SAP 100 Arrêt IMACID

ANNEXE B : grille TDPC pour chaque équipement et classification finale

Vous trouverez la grille et la classification par la méthode TDPC dans un CD déposer avec le rapport

ANNEXE C : Etude AMDEC

1. **Les pompes d'acide :**

✓ **Toutes les pompes d'acide critiques sont des pompes centrifuges**

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

➢ **Pompe d'alimentation du filtre 103AP/RP02**

Rôle dans l'installation : dans l'unité attaque filtration, cette pompe permet de pomper la bouillie à partir de la cuve de digestion vers le filtre.

Figure : illustration de la pompe 103AP02

➢ **Pompe à acide recyclé 103AP04**

Rôle dans l'installation : dans l'unité attaque-filtration, la pompe P04 récupère l'acide moyen et le pompé vers la table filtrante.

Figure : illustration de la pompe 103AP04

➢ **Pompe de l'eau de mer 103AP60**

Rôle dans l'installation : cette pompe assure le pompage de l'eau de mer pour le lavage du toiles de filtre.

Figure : illustration de la pompe 103AP60

- **Bête à corne :**

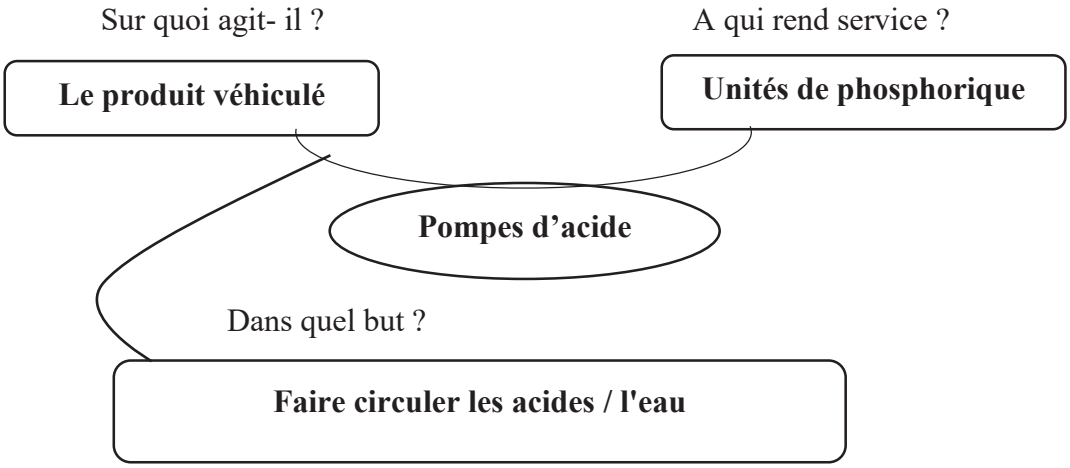


Figure : Diagramme Bête à cornes des pompes d'acide

- **Diagramme pieuvre :**

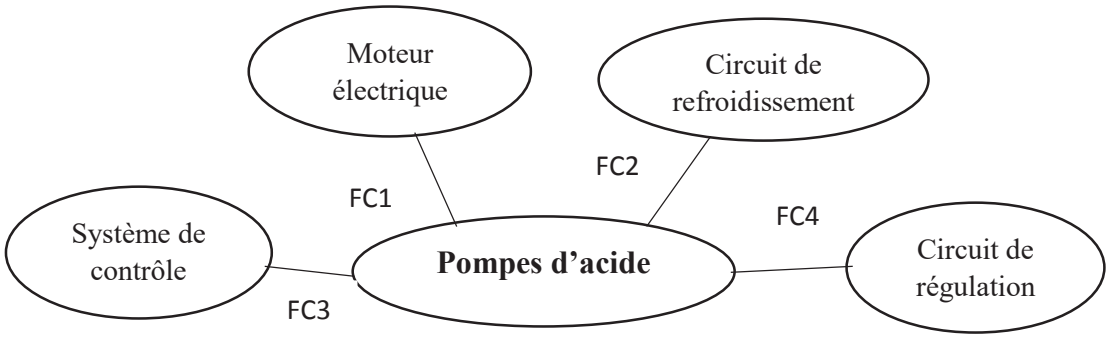


Figure : pieuvre des pompes d'acide.

FC1 : Assurer l'entrainement de la pompe par un accouplement.

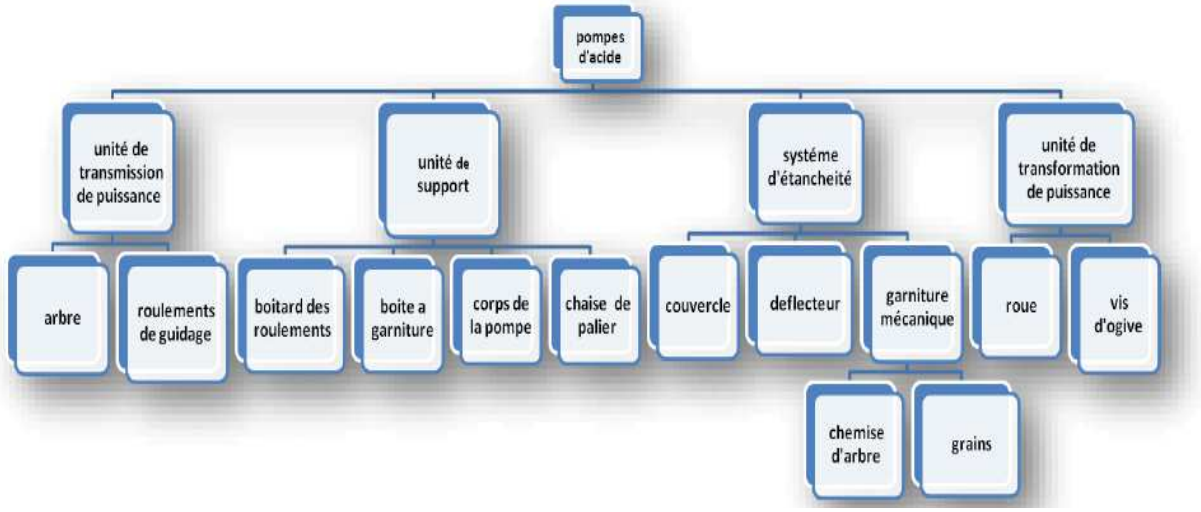
FC2 : Assurer le refroidissement de la garniture mécanique

FC3 : Contrôler la pression et le débit d'aspiration et de refoulement

FC4 : - Régler le débit d'eau d'alimentation.

-Protéger la pompe contre le courant inverse d'acide. Éliminer les impuretés du fluide.

- **Décomposition technique :**



- **Tableau AMDEC :**

Fiche AMDEC

Equipement : Pompe acide de production 103AP02			Réalisé par : JTITE Safae			Criticité				Actions correctives
			Service :			Indices nominaux				
composant	**fonction**	**Mode de défaillance**	**cause**	**effets**	**Détection**	**F**	**G**	**D**	**C**	**Actions**
Turbine	Communique au liquide une partie de l'énergie mécanique par l'arbre par l'intermédiaire de ses aubes (ailettes).	Fissuration des Aubages	Cavitation	Bruit anormal Balourd Vibration	Visuel	2	4	2	8	-Contrôle périodique de la turbine. -Changement du matériau de la turbine par un autre plus résistant.
		Déséquilibrage	Détérioration des roulements non détectable.	Bruit grave. Vibration	Visuel	2	4	1	8	Contrôle périodique du bruit des roulements.
Roulement	Guide l'arbre en rotation.	Grippage	Manque de graisse.	Bruit anormal.	Visuel	4	4	1	16	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. Contrôle périodique du niveau de la graisse.
			Mauvais montage.	Bruit.		4	4	1	16	Respecter les tolérances de montage des roulements.

			Infiltration de liquide.	Bruit.		2	4	1	8	Contrôle périodique de l'état de la garniture mécanique.
			Mauvais alignement entre la pompe et le moteur.	Réduction de la durée de vie des roulements. Vibration + bruit anormal Echauffement	Visuel	2	3	2	12	-Respecter les tolérances de l'alignement des arbres. -Contrôle régulier de l'alignement des arbres.
		Echauffement.	Excès de graisse. + manque de graisse.	Grippage.		2	3	2	12	Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. Contrôle périodique du niveau de la graisse
			Pertes des caractéristiques physiques du lubrifiant.	Réduction de la durée de vie des roulements.		2	4	1	8	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle régulier de l'état de la graisse
		Fatigue.	Fin de la durée de vie	Bruit. Vibration et échauffement		2	4	2	16	Changement systématique des roulements.
		Détérioration du roulement	Mauvais alignement de l'arbre	Vibration		3	4	2	24	Contrôle d'alignement
Garniture mécanique	Assure l'étanchéité entre la partie	Endommagement des grains	Fluide abrasif	Fuite interne. Fuite externe.		3	3	2	18	

	mécanique et la partie hydraulique…		Non fiabilité de matériaux des grains	Cassure des grains.		3	3	2	18	
			GM n'est pas adaptée au type de fonctionnement	vibration	Visuel	4	3	2	24	
Manchette d'aspiration	Assure la collecte du liquide pompé.	Fissuration.	Mauvais choix du matériau.	Fuite d'acide.	Visuel	2	4	1	8	Changement du matériau du manchette par un autre plus résistant.
Arbre	Transmet l'énergie cinétique communiquée au liquide par l'intermédiaire de la roue.	Rupture.	Surcharge.	Fatigue	Visuel	2	4	1	8	-Contrôle de la vibration de la pompe. -Respect des conditions de Fonctionnements de l'arbre.
		Déflection.	Vibration	Problème au niveau des portées des roulements et de la turbine. Problème au niveau de la conicité de l'arbre.	Visuel	2	4	2	16	-Contrôle de la vibration de la pompe. -Contrôle fréquent de l'état de l'arbre.
		Usure.	Panne indétectable partout dans la pompe sans arrêt immédiat.			1	4	4	16	Contrôle fréquent de l'état de l'arbre.
Escargot	Collecte le fluide sur la périphérie de la turbine et l'amène jusqu'à la conduite de refoulement.	Fissuration. & usure	Mauvais choix du matériau. Desserrage turbine	Fuite. Débit faible.	Visuel	2	4	2	8	-Contrôle de l'état de l'escargot. -Changement du matériau par un autre plus résistant.

Boulons de fixation	Assure la fixation des différents composants de la pompe.	Desserrage.	Vibration.	Bruit	Visuel	2	3	1	6	Contrôle du serrage des boulons.
Fond	Abrite la turbine.	Usure	Cavitation. Débit faible	Fuite. Rendement faible	Visuel	2	2	1	4	-Contrôle périodique de l'état de fond. -Changement du matériau du fond par un autre plus résistant.
Déflecteur	Assure la protection du boitard.	Fissure ou cassure du déflecteur	Connexion entre la partie mécanique et hydraulique.	Dégradation du boitard.	Visuel	3	4	1	12	Contrôle de l'état de la bague.
Vis d'Ogive	Fixe la turbine sur l'arbre.	-Rupture	Bruit et usure de l'escargot ou cassure de la turbine +coincement.	Bruit + vibration Inclinaison de la pompe.	Visuel	3	4	1	12	Contrôle périodique de la vis d'ogive.
		- Desserrage.	Bruit et usure de l'escargot ou cassure de la turbine+coincement.	Bruit + vibration	Visuel	3	4	1	12	Contrôle du serrage de la vis d'ogive après chaque vidange de l'échelon.
Chaise	Assure le maintien de l'ensemble des éléments de la pompe.	Fissuration.	Vibration	Risque de désalignement de l'ensemble.	Visuel	1	4	1	4	Contrôle de l'état de la chaise
		Dégradation.	Intempéries ou fatigue.	Inclinaison de la pompe.	Visuel	2	4	1	8	Contrôle de l'état de la chaise.
Système poulie	Transmet la puissance de	Coupure.	Défaut d'alignement des poulies.	Arrêt de la pompe.	Visuel	1	4	1	4	-Respecter les tolérances de l'alignement des poulies. -Contrôle régulier de l'alignement des poulies.

courroies.	l'arbre moteur à l'arbre récepteur.		Corps étranger.	Arrêt de la pompe.	Visuel	1	4	1	4	Contrôle périodique des courroies.
		Patinage.	Surtension.	Mauvais fonctionnement de la pompe.	Visuel	2	3	1	6	Contrôle périodique de l'état des courroies.

Fiche AMDEC

Equipement : Pompe à acide recyclé 103AP04			Réalisé par : JTITE Safae			Criticité				Actions correctives
			Service :			Indices nominaux				
Composant	**Fonction**	**Mode de défaillance**	**Cause**	**Effets**	**Détection**	**F**	**G**	**D**	**C**	**Actions**
Turbine	Communique au liquide une partie de l'énergie mécanique par l'arbre par l'intermédiaire de ses aubes (ailettes).	Fissuration des Aubages	Cavitation	Bruit anormal Balourd Vibration	Visuel	1	4	1	4	-Contrôle périodique de la turbine. -Changement du matériau de la turbine par un autre plus résistant.
		Déséquilibrage	Détérioration des roulements non détectable.	Bruit grave. Vibration	Visuel	2	4	1	8	Contrôle périodique du bruit des roulements.
Roulement	Guide l'arbre en rotation.	Grippage	Manque de graisse.	Echauffement Bruit anormal.		1	4	1	4	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de

					Visuel					la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle périodique du niveau de la graisse.
			Mauvais montage.	Bruit.		1	4	1	4	Respecter les tolérances de montage des roulements.
			Infiltration de liquide.	Bruit.		1	4	1	4	Contrôle périodique de l'état de la garniture mécanique.
			Mauvais alignement entre la pompe et le moteur.	Réduction de la durée de vie des roulements. Vibration + bruit anormal Echauffement	Visuel	2	3	1	6	-Respecter les tolérances de l'alignement des arbres. -Contrôle régulier de l'alignement des arbres.
		Echauffement.	Excès de graisse. + manque de graisse.	Grippage.	Visuel	2	3	1	6	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle périodique du niveau de la graisse.
			Pertes des caractéristiques physiques du lubrifiant.	Réduction de la durée de vie des roulements.		2	4	1	8	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle régulier de l'état de la graisse.

		Fatigue.	Fin de la durée de vie	Bruit. Vibration et échauffement		2	4	1	8	Changement systématique des roulements.
		Détérioration des roulements	Mauvais alignement de l'arbre	vibration	Visuel	3	3	2	18	
Garniture mécanique	Assure l'étanchéité entre la partie mécanique et la partie hydraulique…	Endommagement des grains	Fluide abrasif	Fuite interne. Fuite externe.		4	3	2	24	Contrôle périodique de l'état de la garniture mécanique.
			Non fiabilité de matériaux des grains	Cassure des grains.		4	3	2	18	
			GM n'est pas adaptée au type de fonctionnemen4	vibration	Visuel	3	3	2	24	
Manchette d'aspiration	Assure la collecte du liquide pompé.	Fissuration.	Mauvais choix du matériau.	Fuite d'acide.	Visuel	2	4	1	8	Changement du matériau du manchette par un autre plus résistant.
Arbre	Transmet l'énergie cinétique communiquée au liquide par l'intermédiaire de la roue.	Rupture.	Surcharge.	Fatigue	Visuel	1	4	1	4	-Contrôle de la vibration de la pompe. -Respect des conditions de Fonctionnements de l'arbre.
		Déflection.	Vibration	Problème au niveau des portées des roulements et	Visuel	1	4	1	4	-Contrôle de la vibration de la pompe. -Contrôle fréquent de l'état de l'arbre.

		Usure.	Panne indétectable partout dans la pompe sans arrêt immédiat.	de la turbine. Problème au niveau de la conicité de l'arbre.	Visuel	1	4	4	16	Contrôle fréquent de l'état de l'arbre.
Escargot	Collecte le fluide sur la périphérie de la turbine et l'amène jusqu'à la conduite de refoulement.	Fissuration. & usure	Mauvais choix du matériau. Desserrage turbine	Fuite. Débit faible.	Visuel	2	4	2	8	-Contrôle de l'état de l'escargot. -Changement du matériau par un autre plus résistant.
Boulons de fixation	Assure la fixation des Différents composants de la pompe.	Desserrage.	Vibration.	Bruit		2	3	1	6	Contrôle du serrage des boulons.
Fond	Abrite la turbine.	Usure	Cavitation. Débit faible	Fuite. Rendement faible	Visuel	2	2	1	4	-Contrôle périodique de l'état de fond. -Changement du matériau du fond par un autre plus résistant.
Déflecteur	Assure la protection du boitard.	Fissure ou cassure du déflecteur	Connexion entre la partie mécanique et hydraulique.	Dégradation du boitard.	Visuel	3	4	1	12	Contrôle de l'état de la bague.
Vis d'Ogive	Fixe la turbine sur l'arbre.	-Rupture	Bruit et usure de l'escargot ou cassure de la turbine +coincement.	Bruit + vibration Inclinaison de la pompe.	Visuel	3	4	1	12	Contrôle périodique de la vis d'ogive.

		- Desserrage.	Bruit et usure de l'escargot ou cassure de la turbine +coincement.	Bruit + vibration	Visuel	3	4	1	12	Contrôle du serrage de la vis d'ogive après chaque vidange de l'échelon.
Chaise	Assure le maintien de l'ensemble des éléments de la pompe.	Fissuration.	Vibration	Risque de désalignement de l'ensemble.	Visuel	1	4	1	4	Contrôle de l'état de la chaise.
		Dégradation.	Intempéries ou fatigue.	Inclinaison de la pompe.	Visuel	2	4	1	8	Contrôle de l'état de la chaise.
Système poulie courroies.	Transmet la puissance de l'arbre moteur à l'arbre récepteur.	Coupure.	Défaut d'alignement des poulies.	Arrêt de la pompe.	Visuel	1	4	1	4	-Respecter les tolérances de l'alignement des poulies. -Contrôle régulier de l'alignement des poulies.
			Corps étranger.	Arrêt de la pompe.	Visuel	1	4	1	4	Contrôle périodique des courroies.
		Patinage.	Surtension.	Mauvais fonctionnement de la pompe.		2	3	1	6	Contrôle périodique de l'état des courroies.

مجموعة م ش ف Groupe OCP	Fiche AMDEC		
	Réalisé par : JTITE Safae	Criticité	Actions correctives

Equipement : Pompe de l'eau de mer 103AP60			Service :			Indices nominaux				
Composant	**Fonction**	**Mode de défaillance**	**causes**	**effets**	**Détection**	**F**	**G**	**D**	**C**	**Actions**
Turbine	Communique au liquide une partie de l'énergie mécanique par l'arbre par l'intermédiaire de ses aubes (ailettes).	Fissuration des Aubages	Cavitation	Bruit anormal Balourd Vibration	Visuel	1	4	1	4	-Contrôle périodique de la turbine. -Changement du matériau de la turbine par un autre plus résistant.
		Déséquilibrage	Détérioration des roulements non détectable.	Bruit grave. Vibration	Visuel	2	4	1	8	Contrôle périodique du bruit des roulements.
Roulement	Guide l'arbre en rotation.	Grippage	Manque de graisse.	Echauffement Bruit anormal.	Visuel	3	4	1	12	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle périodique du niveau de la graisse.
			Mauvais montage	Bruit.	Visuel	2	4	1	8	Respecter les tolérances de montage des roulements.
			Infiltration de liquide.	Bruit.	Visuel	1	4	1	4	Contrôle périodique de l'état de la garniture mécanique.
			Mauvais alignement entre	Réduction de la durée de vie des roulements.	Visuel	3	3	1	9	Respecter les tolérances de l'alignement des

			la pompe et le moteur	Vibration + bruit anormal						arbres. Contrôle régulier de l'alignement des arbres.
		Echauffement.	Excès de graisse. + manque de graisse.	Grippage.	Visuel	2	3	1	6	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle périodique du niveau de la graisse.
			Pertes des caractéristiques physiques du lubrifiant.	Réduction de la durée de vie des roulements.	Visuel	2	4	1	8	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle régulier de l'état de la graisse.
		Fatigue	Fin de la durée de vie	Bruit. Vibration et échauffement		2	4	1	8	Changement systématique des roulements.
		Détérioration des roulements	Mauvais alignement	vibration		3	4	1	12	Contrôle périodique d'alignement
Garniture mécanique	Assure l'étanchéité entre la partie mécanique et la partie	Endommagement des grains	Fluide abrasif	Bruit		2	3	2	12	Contrôle périodique de l'état de la garniture mécanique.
			Non fiabilité de matériaux des grains	Dégradation au niveau des surfaces des grains	Visuel	3	3	2	18	.

	hydraulique…		GM n'est pas adaptée au type de fonctionnement	Bruit grave vibration		3	4	1	12	
Manchette d'aspiration	Assure la collecte du liquide pompé.	Fissuration.	Mauvais choix du matériau.	Fuite d'acide.	Visuel	1	2	1	2	Changement du matériau du manchette par un autre plus résistant.
		Dégradation des joints entre les brides.	Fatigue	Fuite entre joint.	Visuel	3	4	1	12	-Contrôle de l'état des joints. -Changement systématique des joints.
Arbre	Transmet l'énergie cinétique communiquée au liquide par l'intermédiaire de la roue.	Rupture.	Surcharge.	Fatigue	Visuel	1	4	1	4	-Contrôle de la vibration de la pompe. -Respect des conditions de fonctionnements de l'arbre.
		Déflection.	Vibration	Problème au niveau des portées des roulements et de la turbine. Problème au niveau de la conicité de l'arbre.	Visuel	1	4	1	4	-Contrôle de la vibration de la pompe. -Contrôle fréquent de l'état de l'arbre.
		Usure.	Panne indétectable partout dans la pompe sans arrêt immédiat.			1	4	4	16	Contrôle fréquent de l'état de l'arbre.
Escargot	Collecte le fluide sur la périphérie de la turbine et	Fissuration.	Mauvais choix du matériau.	Fuite.	Visuel	1	4	1	4	Contrôle de l'état de l'escargot. Changement du

	l'amène jusqu'à la conduite de refoulement.									matériau par un autre plus résistant.
Boulons de fixation	Assure la fixation des différents composants de la pompe.	Desserrage.	Vibration.	Bruit		2	3	1	6	Contrôle du serrage des boulons.
Fond	Abrite la turbine.	Usure	Cavitation.	Fuite. Rendement faible	Visuel	2	2	1	4	-Contrôle périodique de l'état de fond. -Changement du matériau du fond par un autre plus résistant.
			Fatigue	Fuite. Rendement faible		2	2	1	4	Contrôle périodique de l'état de fond changement systématique du fond à la fin de sa durée de vie
Déflecteur	Assure la protection du boitard.	Fissure ou cassure du déflecteur	Connexion entre la partie mécanique et hydraulique.	Dégradation du boitard.		3	3	1	9	Contrôle de l'état de la bague.
Vis d'Ogive	Fixe la turbine sur l'arbre.	-Rupture	Bruit et usure de l'escargot ou cassure de la turbine +coincement.	Bruit + vibration		2	4	1	8	Contrôle périodique de la vis d'ogive.

		- Desserrage.	Bruit et usure de l'escargot ou cassure de la turbine +coincement.	Bruit + vibration		2	4	1	8	Contrôle du serrage de la vis d'ogive après chaque vidange de l'échelon.
Chaise	Assure le maintien de l'ensemble des éléments de la pompe.	Fissuration.	Vibration	Risque de désalignement de l'ensemble.	VIsuel	1	4	1	4	Contrôle de l'état de la chaise.
		Dégradation.	Intempéries ou fatigue.	Inclinaison de la pompe.	Visuel	2	4	2	16	Contrôle de l'état de la chaise.
Accouplement	Transmet la puissance du moteur à la pompe en autorisant un certain désalignement.	Dégradation des tampons.	-Fatigue.	Taches noires au niveau des tampons.	Visuel	2	3	1	6	Contrôle de l'état des tampons.
			-Mauvais alignement.	Taches noires au niveau des tampons. + vibration	visuel	3	3	1	9	-Respecter les tolérances de l'alignement des arbres. -Contrôle régulier de l'alignement des arbres.
		Cisaillement des doigts.	-Détérioration des tampons non détectables.	Bruit.		1	3	1	3	Contrôle de l'état des tampons.
			-Défauts d'alignement.	Bruit	Visuel	1	3	2	6	-Respecter les tolérances de l'alignement des arbres. -Contrôle régulier de l'alignement des arbres.

Fiche AMDEC

Equipement : Pompe de circulation 104			Réalisé par : JTITE Safae Service :			Criticité Indices nominaux				Actions correctives
composant	**fonction**	**Mode de défaillance**	**cause**	**effets**	**Détection**	**F**	**G**	**D**	**C**	**Actions**
Turbine	Communique au liquide une partie de l'énergie mécanique par l'arbre par l'intermédiaire de ses aubes (ailettes).	Usure	Cavitation	Bruit anormal Balourd Vibration	Visuel	2	4	1	8	-Contrôle périodique de la turbine. -Changement du matériau de la turbine par un autre plus résistant.
		Abrasion	Corps étranger	Cassure turbine	Visuel	1	4	2	8	Respecter les teneurs en solides et en produit chimiques.
Roulement	Guide l'arbre en rotation.	Grippage	Mauvais graissage.	Bruit anormal.	Visuel	4	4	1	16	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle périodique du niveau de la graisse.
			Mauvais montage.	Bruit.	Visuel	4	4	1	16	Respecter les tolérances de montage des roulements.
			Infiltration de liquide.	Bruit.	Visuel	4	4	1	16	Contrôle périodique de l'état de la garniture mécanique.

			Mauvais alignement entre la pompe et le moteur.	Réduction de la durée de vie des roulements. Vibration.	Visuel	4	4	1	16	-Respecter les tolérances de l'alignement des arbres. -Contrôle régulier de l'alignement des arbres.
		Echauffement.	Excès de graisse.	Echauffement	Visuel	1	3	4	12	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle périodique du niveau de la graisse
			Pertes des caractéristiques physiques du lubrifiant.	Réduction de la durée de vie des roulements.	Visuel	1	3	4	12	-Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. -Contrôle régulier de l'état de la graisse.
		Fatigue	Fin de la durée de vie	Bruit	Visuel	2	2	4	16	Changement systématique des roulements.
		Détérioration des roulements	Mauvais alignement de l'arbre	vibration		3	4	2	24	
Garniture mécanique	Assure l'étanchéité entre la partie mécanique et la partie hydraulique…	Endommagement des grains	Fluide abrasif	Fuite interne. Fuite externe.	Visuel	4	3	2	24	Contrôle périodique de l'état de la garniture mécanique.
			Non fiabilité de matériaux des grains	Cassure des grains.		3	3	2	18	
			GM n'est pas adaptée au type de fonctionnement.	vibration	Visuel	4	3	2	24	

Manchette d'aspiration	Assure la collecte du liquide pompé.	Fissuration.	Mauvais choix du matériau.	Fuite d'acide.	Visuel	2	2	1	4	Changement du matériau de la manchette par un autre plus résistant.
		Dégradation des joints entre les brides	Fatigue	Fuite entre joints	Visuel	2	2	1	4	Contrôle de l'état des joints Changement systématique des joints.
Arbre	Transmet l'énergie cinétique communiquée au liquide par l'intermédiaire de la roue.	Rupture.	Surcharge.	Fatigue	Visuel	1	4	1	4	-Contrôle de la vibration de la pompe. -Respect des conditions de Fonctionnements de l'arbre.
		Déflection.	Vibration	Problème au niveau des portées des roulements et de la turbine. Problème au niveau de la conicité de l'arbre.	Visuel	1	4	1	4	-Contrôle de la vibration de la pompe. -Contrôle fréquent de l'état de l'arbre.
		Usure.	Panne indétectable partout dans la pompe sans arrêt immédiat.		Visuel	1	4	2	8	Contrôle fréquent de l'état de l'arbre.
Escargot	Collecte le fluide sur la périphérie de la turbine et l'amène jusqu'à la conduite de refoulement.	Fissuration. & usure	Mauvais choix du matériau. Desserrage turbine	Fuite. Débit faible.	Visuel	1	4	1	4	-Contrôle de l'état de l'escargot. -Changement du matériau par un autre plus résistant.
Boulons de fixation	Assure la fixation des différents composants de la pompe.	Desserrage.	Vibration.	Bruit		3	4	1	12	Contrôle du serrage des boulons.

Fond	Abrite la turbine.	Usure	Cavitation. Débit faible	Fuite. Rendement faible		2	3	3	18	-Contrôle périodique de l'état de fond. -Changement du matériau du fond par un autre plus résistant.
Déflecteur	Assure la protection du boitard.	Fissure ou cassure du déflecteur	Connexion entre la partie mécanique et hydraulique.	Dégradation du boitard.		3	4	1	12	Contrôle de l'état de la bague.
Vis d'Ogive	Fixe la turbine sur l'arbre.	-Cisaillement	Cavitation	Non refoulement		1	4	2	6	Contrôle périodique de la vis d'ogive.
		- Desserrage.	Bruit et usure de l'escargot ou cassure de la turbine +coincement.	Bruit + vibration		3	4	1	12	Contrôle du serrage de la vis d'ogive après chaque vidange de l'échelon.
Chaise	Assure le maintien de l'ensemble des éléments de la pompe.	Fissuration.	Vibration	Risque de désalignement de l'ensemble.		1	4	1	4	Contrôle de l'état de la chaise.
		Dégradation.	Intempéries ou fatigue.	Inclinaison de la pompe.		2	4	1	8	Contrôle de l'état de la chaise.
Système poulie courroies.	Transmet la puissance de l'arbre moteur à l'arbre récepteur.	Coupure.	Défaut d'alignement des poulies.	Arrêt de la pompe.		1	4	1	4	Respecter les tolérances de l'alignement des poulies. Contrôle régulier de l'alignement des poulies.
			Corps étranger.	Arrêt de la pompe.		1	4	1	4	Contrôle périodique des courroies.
		Patinage.	Surtension.	Mauvais fonctionnement de la pompe.		2	3	1	6	Contrôle périodique de l'état des courroies.

2. Ventilateur d'assainissement :

Un ventilateur est une turbomachine réceptrice, comportant une ou plusieurs roues autour d'un axe, entrainée par une puissance mécanique primaire qui lui est transmise. Il entretient l'écoulement d'un fluide gazeux qui reçoit ainsi, en le traversant une puissance mécanique utilisable correspondant à un travail réel.

Figure : illustration du ventilateur AC56

Rôle dans l'installation : Assurer le dégagement des gaz qui travers le laveur des gaz vers le cheminée.

- **Bête à corne :**

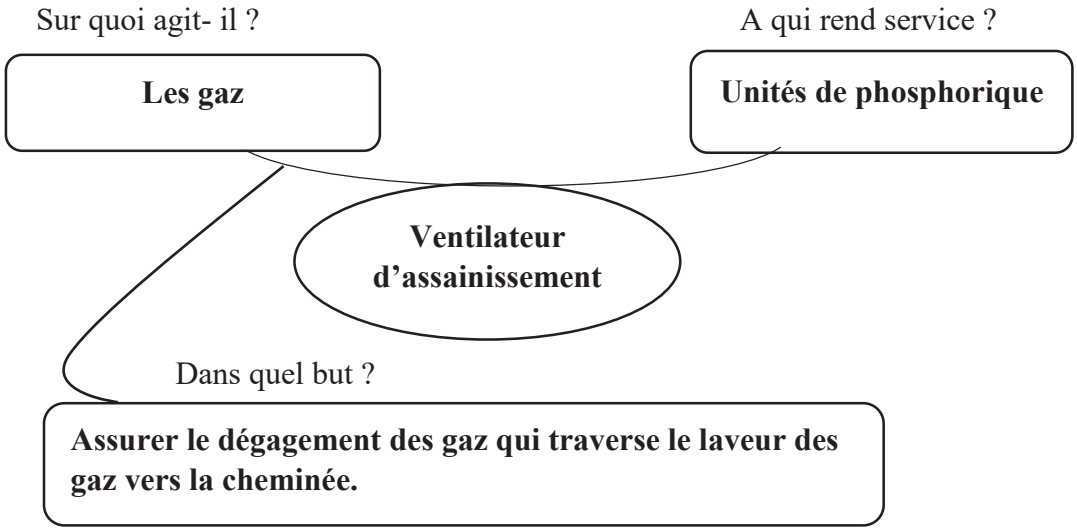
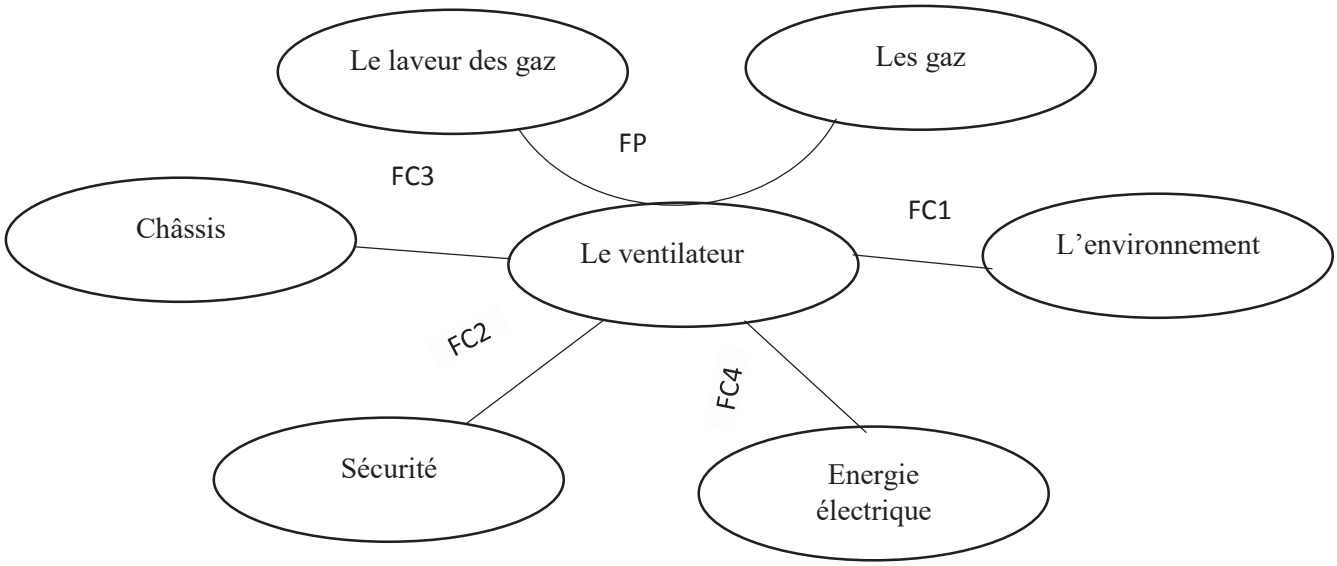


Figure : Diagramme Bête à cornes du ventilateur.

- **Diagramme de pieuvre :**



FP : assurer le dégagement des gaz qui traverse le laveur des gaz vers la cheminée

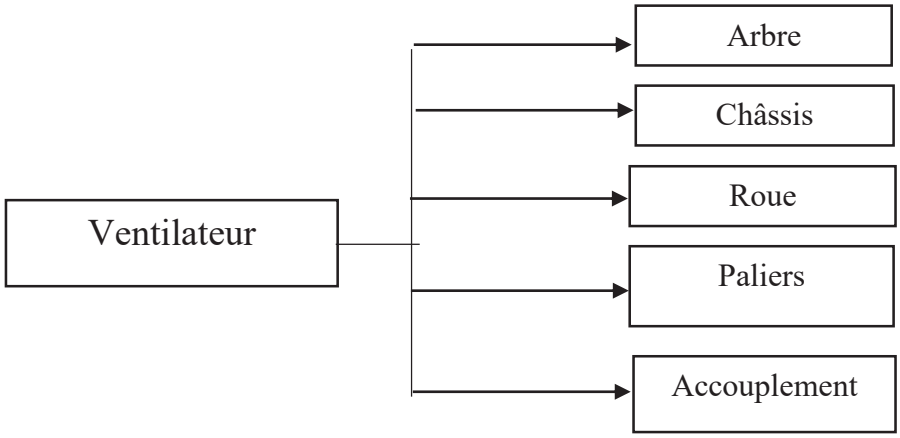
FC1 : s'adapter à l'environnement

FC2 : assurer la sécurité des utilisateurs

FC3 : le châssis doit supporter le ventilateur

FC4 : s'adapter à l'énergie disponible

- **Décomposition technique :**



- **Tableau AMDEC :**

Fiche AMDEC

Equipement : Ventilateur AC 56			Réalisé par : JTITE Safae Service :			Criticité Indices nominaux				Actions correctives
Elément	**Fonction**	**Mode de défaillance**	**Cause**	**Effets**	**Détection**	**F**	**G**	**D**	**C**	**Actions**
Arbre	Transmettre le mouvement de rotation	-Déformation	-Usure répétitif du roulement	Perte de performance	Visuel	1	2	2	4	Changements périodique des roulements
			-Vibration	Panne		1	2	2	4	Changements périodique des roulements
		-Fissure	-Fatigue	Endommagement du ventilateur	Visuel	2	2	2	8	Contrôle de l'état du ventilateur
		-Usure des portées de roulements	-Mauvais serrage	Endommagement des paliers et des roulements	Visuel	1	3	2	6	
			-Serrage et freinage des roulements		Visuel	2	2	2	8	
		-Desserrage	-Mauvais montage	Endommagement du ventilateur	Visuel	1	2	2	4	Contrôle de serrage
Châssis	Supporter le ventilateur	-Fissure	-Vibration	Arrêt du ventilateur	Visuel	1	2	2	4	Changement du châssis
		-Desserrage des tiges d'ancrage	-Mauvais serrage		Visuel	1	2	2	4	
			-Vibration		Visuel	1	2	2	4	
Roue		-déséquilibrage	- Abrasion des aubes			2	3	2	12	

	Aspiration des gaz		-Abrasion des disques du rotor	vibration	Visuel	1	2	3	6	Contrôle périodique de l'état de la roue
			-colmatage			2	2	3	12	
		Usure	Débit des gaz non approprié	Déformation de la roue	Visuel	2	3	3	18	Changement de la roue
Paliers	Guider l'arbre en rotation	Echauffement	-Trop de graisse ou peu de graisse	-Perte de lubrification	visuel	2	3	2	12	Respecter les recommandations du constructeur à propos de la quantité de la graisse et de sa qualité. Contrôle périodique du niveau de la graisse
			-Coincement	-Usure des composants	Bruit	1	3	3	9	
			-Trop de serrage de roulements	Endommagement des roulements	visuel	1	3	3	9	Changements des roulements
			-Mauvais montage	-Usure des composantes		2	3	3	18	
		Desserrage et cisaillement	Vibration	Endommagement des paliers	Bruit	3	2	3	18	Contrôle de l'état des paliers
			Mauvais serrage		Bruit	2	2	3	12	
Accouplement	Transmettre le mouvement de rotation	Vibration	-Défaut d'alignement	Risque d'inflammation par surchauffe	Bruit	3	2	2	12	Contrôle de l'alignement
			-Vis mal serrée			2	2	2	8	Contrôle de serrage des vis
		Cassure de jeu de membrane	-Surcharge importante	Formation d'étincelles avec risque d'inflammation	Visuel	2	3	3	18	
			-Inadéquation des paramètres d'utilisation avec la capacité d'accouplement			2	2	2	8	Contrôle de fonctionnement des accouplements
		Fissure/cassure	Entrainement avec vibration	Arrêt du ventilateur	bruit	2	2	3	12	Changement d'accouplement

3. Mélangeur 102AA22P:

Les agitateurs sont des machines rotatives, équipées de grandes pales pour assurer la circulation du liquide avec un résultat d'agitation efficace.

Rôle dans l'installation : l'augmentation du temps de séjour de la pulpe.

- **Bête à corne :**

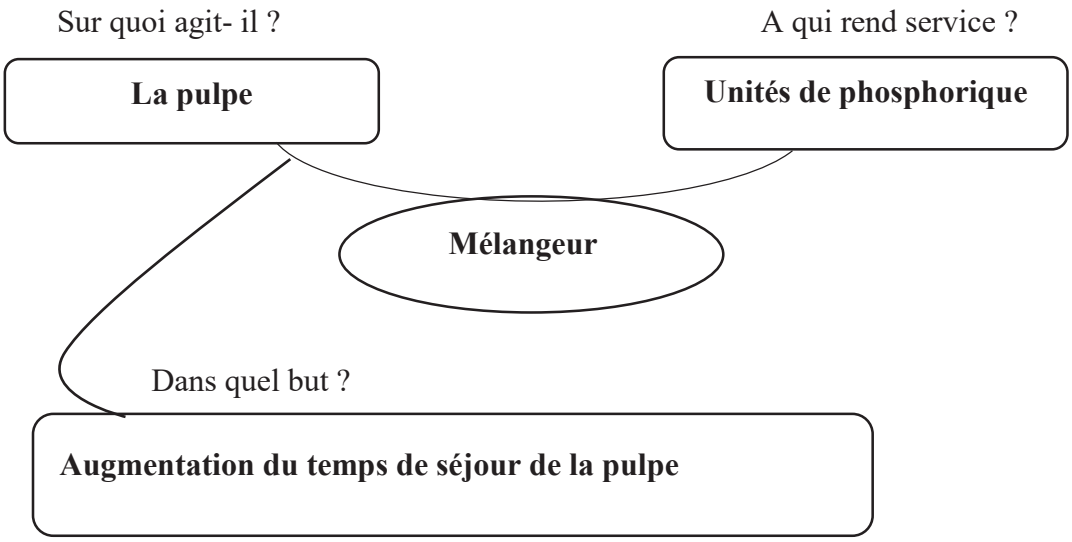
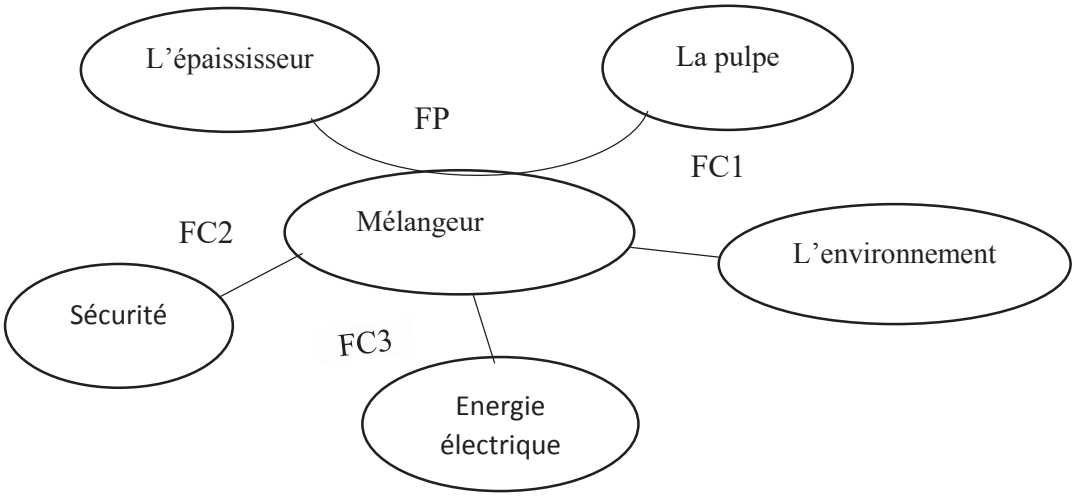


Figure : Diagramme Bête à cornes du mélangeur.

- **Diagramme pieuvre :**



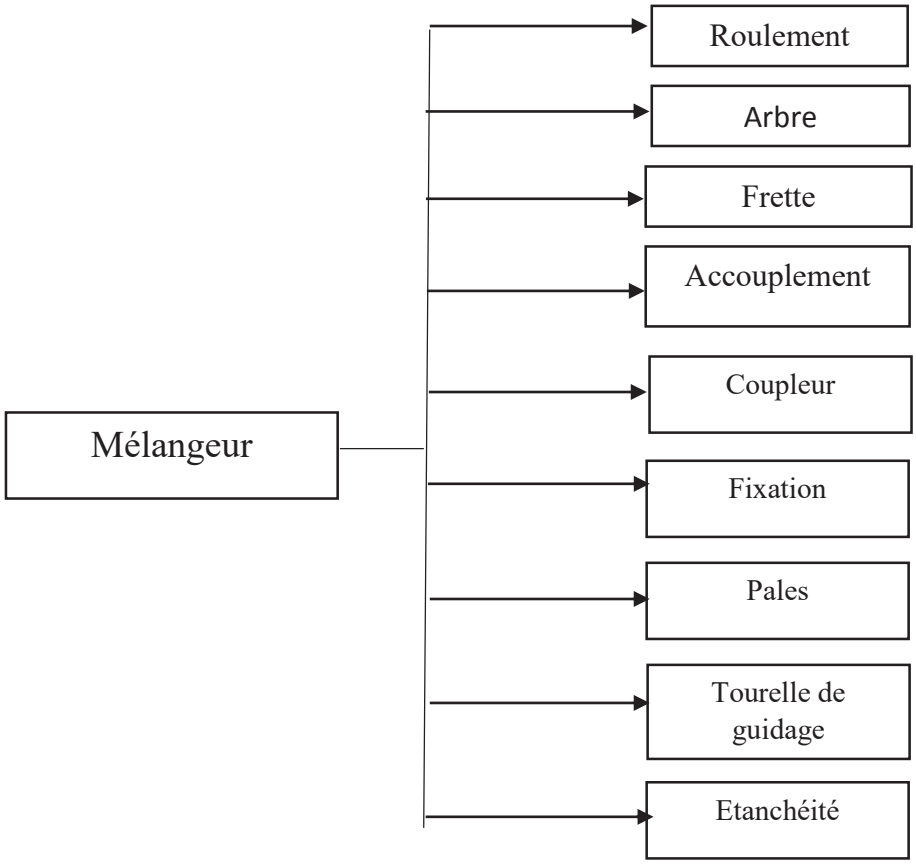
FP : augmentation du temps de séjour de la pulpe dans l'épaississeur

FC1 : s'adapter à l'environnement

FC2 : assurer la sécurité des utilisateurs

FC3 : s'adapter à l'énergie disponible

- **Décomposition technique :**



- **Tableau AMDEC :**

Fiche AMDEC

Equipement : Mélangeur 102AA22P			Réalisé par : JTITE Safae Service :			Criticité Indices nominaux				Actions correctives
Composant	**Fonction**	**Mode de défaillance**	**Cause**	**Effets**	**Détection**	**F**	**G**	**D**	**C**	**Actions**
Roulement	Guidage en rotation de l'arbre	Coincement	-Mauvaise Etanchéité	Bruit vibration	Auditive /visuelle/ mesurable	2	3	2	12	-Monter joint
			Mauvais Assainissement	Bruit vibration		2	3	2	12	-Remise en marche système d'assainissement -Graisser
		Grippage	-Manque Lubrifiant	Bruit Vibration		2	2	3	12	-Changement Roulements -Remplir ou enlever graisse
			-Utilisation	Vibration		3	3	2	18	-Aligner
			-Excès Lubrifiant	Vibration		1	1	3	3	-Monter Roulements conforme
		Jeu	-Mauvais alignement	Bruit Vibration		1	3	2	6	-Contrôler roulements +joints -Changer type de joint

		Echauffement	-Type de roulement	Vibration		2	1	1	2	-Contrôler graisse
Arbre	Transmettre la puissance aux pales	Usure	Mauvais montage	Bruit	Visuelle	2	3	2	12	Contrôle d'alignement
		Déflection	Mauvaise concentricité Utilisation	vibration	Visuelle	1	4	1	4	
Frette	Assurer la liaison entre l'accouplement et l'arbre	Usure	Utilisation	Vibration	Visuelle	4	1	2	8	Changement de la frette
Accouplement	Transmission de la puissance de l'arbre moteur vers l'arbre récepteur	délignage	Utilisation	Vibration	Visuelle	1	2	2	4	Contrôle d'alignement Aligner l'accouplement.
Coupleur	Protéger le moteur en cas d'incidents	Usure	Durée de vie	Vibration	Mesurable	1	4	2	8	Changement du coupleur.
Fixation	Fixer l'agitateur sur la tourelle	Usure	Desserrage	Vibration bruit	Visuelle Auditive	2	3	1	6	Serrer la fixation
Pales	Agiter le liquide	Usure	Abrasion Frottement	Vibration	Détectable sur site	2	3	3	18	Changement systématique
Tourelle de guidage	Supporter l'agitateur	Usure	Utilisation	Vibration	Visuelle	2	3	3	18	Contrôle de l'état de la tourelle
Etanchéité	Assurer l'isolement	Détérioration	Utilisation Produit chimique	Bruit	Visuelle	2	3	2	12	Changement systématique

4. **Filtre 103AS51 :**

Analyse fonctionnelle du filtre 103AS51 est similaire à celle du filtre 103AS01

- **Tableau AMDEC :**

Fiche AMDEC

Equipement : Filtre 103 AS51			Réalisé par : JTITE Safae Service :			Criticité Indices nominaux				Actions correctives
Composant	**Fonction**	**Mode de défaillance**	**Cause**	**Effets**	**Détection**	**F**	**G**	**D**	**C**	**Actions**
distributeur	assure la distribution des filtrats et la mise en communication entre les cellules avec les circuits de vide et de ventilateurs.	Bouchage	Solidification de la bouillie	blocage	Visuel	2	3	2	12	démonter le distributeur et déboucher les conduites
		Usure des anneaux	Durée de vie	Mauvaise filtration	Visuel	2	3	2	12	changement des anneaux
Les cellules	Filtrer la bouillie	Déformation	Durée de vie	diminution de la qualité de lavage	Visuel	1	3	2	6	Changement des cellules
		Non planéité des cellules	surcharge	épaisseur de gâteau non uniforme	Visuel	2	3	2	12	Vérifier l'horizontalité des cellules

		Usure	-problème de soudage		Visuel	4	3	2	24	-changement de la cellule
Les galets de guidage (renversement)	Renversement de la cellule	Usure du galet	-chocs lors du passage de la cellule dans le chemin de renversement		Visuel	1	2	2	4	Changements des galets
Galet de roulement ou support	Permet de supporter le poids du filtre, facilite la rotation du filtre	Mauvais support	Usure de l'axe du galet	Arrêt du filtre	Visuel	3	2	3	18	Contrôle de la hauteur des galets
			Détérioration des roulements		Visuel	3	2	3	18	Changement des galets
Système pignon couronne	Permet la rotation du filtre	Usure de la denture	-jeu d'engrainement non respecté	Arrêt du filtre	visuel	2	4	1	8	Contrôler le jeu d'engrainement
			-mauvais graissage			2	3	2	12	Graissage
Charpente fixe	Maintien du filtre	-Désalignement	Mauvaise centrage de filtre	Bruit	Visuel	2	4	1	8	Vérification annuel des niveaux
		-Bruit	déformation		Visuel	1	4	2	8	Changement de la charpente
Rail de renversement	Permet le renversement des bacs et des cellules	-Déformation	-durée de vie	Mauvais filtration	Visuel	2	4	1	8	Remplacement ou réglage des rails
		-Fissure	-mauvais réglage des niveaux		Visuel	2	4	1	8	
Les rompes de lavage	Permet le lavage des toiles des cellules après déchargement du gâteau de gypse	-Bouchage	-Etat de l'eau	Perte de performance	Visuel	3	1	3	9	Nettoyage
		-Déformation des buses	-durée de vie		Visuel	2	3	2	12	Remplacement des buses

Nacelle à bouillie	Conçue pour permettre une alimentation uniforme de la cellule afin d'obtenir un gâteau de même épaisseur	-Détachement ou usure du déflecteur	Mauvaise horizontalité des auges	panne	Visuel	1	2	2	4	Réglage de l'horizontalité Changement du déflecteur en cas d'usure
Paliers et bagues d'usure	assurer l'horizontalité des cellules et aide pour la rotation	-Coincement du filtre	Mauvais graissage	Mauvais filtration	Visuel	2	4	2	16	Graissage
		-Mauvaise répartition de la bouillie	Usure		Visuel	2	4	2	16	Vérifier l'état des bagues d'usure et les remplacer
Levier	Maintien des galets de guidage et les galets de maintien	-mauvais répartition de la bouillie	Mauvais état du ressort	Mauvais filtration	Visuel	2	3	2	12	Changement de levier
		-Bruit	Desserrage des boulons de fixation		Visuel	2	3	2	12	Changement du ressort
Capillaire	Tuyaux de liaison entre cellules et distributeur	-Fissure	Durée de vie	Fuite d'acide	Visuel	3	3	2	18	Remplacement des capillaires
Hôtte	Extraction des gaz	Fissure	Durée de vie	Présence des gaz	visuel	2	2	2	8	Changement des panneaux et des supportages

ANNEXE D : Les plans de maintenance

1. Pompe 103AP02 :

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE :

Repère Equipement : 103-A-P3-002 ***Plan N° : 002***

Désignation équipement : pompe d'alimentation du filtre

Eléments (Composants et tâches)	Période	Observations
Changements des roulements	6 mois	
Changer le système d'étanchéité	6 mois	
Changement de la pompe	2 ans	
Changement de la vis d'ogive	2 ans	
Changement du déflecteur	2 ans	
Changement de la manchette d'aspiration	4 ans	
Changement d'escargot	4 ans	
Changement de la poulie moteur	4 ans	
Changement de la poulie réceptrice	4 ans	
Changement du boitard intermédiaire	4 ans	
Changement des courroies	8 ans	
Changement de la chaise	8 ans	

MAINTENANCE CONDITIONNELLE MECANIQUE

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVEVTIF			**N° matériel :** ***103-A-P3-002***		
Etabli le : 18/05/17 par : JTITE Safae version : 0			**Modifié le : par : version :**		
Désignation du matériel : Pompe d'alimentation du filtre			**Responsable réalisation : MAINTENANCE**		
			Temps annuel exécution :		
			Coût annuel main d'œuvre :		
			Coût pièces :		
			Coût total :		
N° phase	**Désignation opération**	**Fréquence**	**Temps Exécution (h)**	**Temps Arrêt (h)**	**Observations**
10	Contrôle de la vibration de la pompe	2 jours	0,5	0,5	
20	Contrôle de la vibration du moteur	2 jours	0,5	0,5	
30	Contrôle de vibration de l'arbre	1 mois	0,5	0,5	
40	Contrôle de l'état des roulements	1 mois	0,5	0,5	
50	Contrôle de l'état de la garniture mécanique	1 mois	1	0,5	
60	Contrôle de l'alignement de l'arbre	2 mois	1	0,5	
70	Contrôle de vibration de la turbine	2 mois	0,5	0,25	
80	Contrôle de l'état de l'escargot	4 mois	0,5	0,25	
90	Contrôle du serrage des boulons de fixation	4 mois	0,5	0,25	
100	Contrôle de l'alignement des poulies	4 mois	1	0,25	
110	Contrôle de l'état des courroies	4 mois	1	0,25	
Date et visa	**Date et visa intervention**		**Date et visa Production :**		

Technicien Méthodes :	Maintenance :	

2. Pompe 103AP04

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE :

Repère Equipement : 103-A-P3-004 ***Plan N° : 003***

Désignation équipement : pompe d'acide recyclé

Eléments (Composants et tâches)	Période	Observations
Changer le système d'étanchéité	6 mois	
Changement de la pompe	2 ans	
Changement de la vis d'ogive	2 ans	
Changement du déflecteur	2 ans	
Changement Escargot	4 ans	

MAINTENANCE CONDITIONNELLE MECANIQUE

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVEVTIF					N° matériel : *103-A-P3-004*
Etabli le : 18/05/17 par : JTITE Safae version : 0					Modifié le : par : version :
Désignation du matériel : Pompe d'acide recyclé 103 AP04					Responsable réalisation : MAINTENANCE
					Temps annuel exécution :
					Coût annuel main d'œuvre :
					Coût pièces :
					Coût total :
N° phase	Désignation opération	Fréquence	Temps Exécution (h)	Temps Arrêt (h)	Observations
10	Contrôle de la fixation de la pompe	2 jours	0,5	0,5	
20	Contrôle de la fixation du moteur	2 jours	0,5	0,5	
30	Contrôle de l'état de l'arbre	1 mois	0,5	0,5	
40	Contrôle de l'état de la garniture mécanique	1 mois	1	0,5	
50	Contrôle du serrage de la vis d'ogive	Chaque vidange			
60	Contrôle de l'alignement de l'arbre	4 mois	0,5	0,25	
70	Contrôle de l'état des courroies	4 mois	1	0,25	
80	Contrôle de serrage de la turbine	6 mois	1	0,25	
Date et visa Technicien Méthodes :	Date et visa intervention Maintenance :		Date et visa Production :		

3. Pompe 103AP60 :

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE :

Repère Equipement : 103-A-P3-005 ***Plan N° : 004***

Désignation équipement : pompe d'eau de mer

Eléments (Composants et tâches)	Période	Observations
Changement de manchon d'accouplement	1 an	
Changement de chaise	1 an	
Changement de la pompe	2 ans	
Changement du système d'étanchéité	2 ans	
Changement de la manchette d'aspiration	2 ans	
Changement du déflecteur	4 ans	

MAINTENANCE CONDITIONNELLE MECANIQUE

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVEVTIF				**N° matériel : *103-A-P3-005***	
Etabli le : 18/05/17 par : JTITE Safae version : 0				**Modifié le : par : version :**	
Désignation du matériel : Pompe de l'eau de mer103AP60				**Responsable réalisation : MAINTENANCE**	
				Temps annuel exécution :	
				Coût annuel main d'œuvre :	
				Coût pièces :	
				Coût total :	
N° phase	**Désignation opération**	**Fréquence**	**Temps Exécution (h)**	**Temps Arrêt (h)**	**Observations**
10	Contrôle de la vibration de la pompe	2 jours	0,5	0,5	
20	Contrôle de la vibration du moteur	2 jours	0,5	0,5	
30	Contrôle de vibration de la turbine	2 mois	0,5	0,25	
40	Contrôle de l'alignement de l'arbre	2 mois	1	0,5	
50	Contrôle de l'état des joints	2 mois	0,5	0,25	
60	Contrôle de serrage de la turbine	6 mois	1	0,25	
70	Contrôle de Ø d'alésage de la poulie pompe	6 mois	1	0,25	
Date et visa Technicien Méthodes :	**Date et visa intervention Maintenance :**		**Date et visa Production :**		

4. Pompe de circulation 104:

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE :

Repère Equipement : JL-MP-PA-03-J-P03-P ***Plan N° : 005***

Désignation équipement : pompe de circulation

Eléments (Composants et tâches)	Période	Observations
Changement des roulements	6 mois	
Changement du système d'étanchéité	6 mois	
Changement du fond	1 an	
Changement de la pompe	2 ans	
Changement du déflecteur	2 ans	
Changement de la turbine	4 ans	
Changement de la chaise	8 ans	
Changement de la courroie	8 ans	

MAINTENANCE CONDITIONNELLE MECANIQUE

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVEVTIF					N° matériel : *JL-MP-PA-03-J-P20-P*
Etabli le : 18/05/17	par : JTITE Safae		version : 0		Modifié le : par : version :
Désignation du matériel : Pompe de circulation					Responsable réalisation : MAINTENANCE
					Temps annuel exécution :
					Coût annuel main d'œuvre :
					Coût pièces :
					Coût total :
N° phase	Désignation opération	Fréquence	Temps Exécution (h)	Temps Arrêt (h)	Observations
10	Contrôle de la fixation de la pompe	2 jours	0,5	0,5	
20	Contrôle de la fixation du moteur	2 jours	0,5	0,5	
30	Contrôle de l'état de fond	1 mois	1	0,5	
40	Contrôle de la vibration de la turbine	2 mois	0,5	0,5	
50	Contrôle du serrage des boulons	2 mois	0,25	0,25	
70	Contrôle de Ø d'alésage de la poulie moteur	6 mois	1	0,25	
80	Contrôle de Ø d'alésage de la poulie pompe	6 mois	1	0,25	
Date et visa Technicien Méthodes :	Date et visa intervention Maintenance :		Date et visa Production :		

5. Ventilateur 103AC56 :

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE :

Repère Equipement : 103-A-P3-006 ***Plan N° : 006***

Désignation équipement : ventilateur d'assainissement

Eléments (Composants et tâches)	Période	Observations
Changement de la roue	1 an	
Changement de l'arbre de la roue	1 an	
Changement des roulements de l'arbre de la roue	1 an	
Changement des roulements de l'arbre intermédiaire	1 an	
Changement d'accouplement	2 ans	
Changement de l'arbre	4 ans	
Changement des poulies	4 ans	

MAINTENANCE CONDITIONNELLE MECANIQUE

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVEVTIF					N° matériel : *103-A-P3-006*
Etabli le : 18/05/17	par : JTITE Safae		version : 0		Modifié le : par : version :
Désignation du matériel : ventilateur d'assainissement 103AC56					Responsable réalisation : MAINTENANCE
					Temps annuel exécution :
					Coût annuel main d'œuvre :
					Coût pièces :
					Coût total :
N° phase	Désignation opération	Fréquence	Temps Exécution (h)	Temps Arrêt (h)	Observations
10	Contrôle d'alignement des paliers	1 semaine			

20	Contrôle de vibration de la roue	1 mois			
30	Contrôle d'alignement de l'accouplement	1 mois			
40	Contrôle du serrage des roulements	2 mois			
50	Contrôle de l'état des courroies	4 mois			
60	Contrôle du serrage des boulons	6 mois			
Date et visa Technicien Méthodes :	**Date et visa intervention Maintenance :**		**Date et visa Production :**		

6. Mélangeur 102AA22P :

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE :

Repère Equipement : 102-A-P3-002 ***Plan N° : 007***

Désignation équipement : mélangeur

Eléments (Composants et tâches)	Période	Observations
Changement des courroies	6 mois	
Changement des pales	1 an	
Changement tourelle de guidage	1 an	
Changement du système d'étanchéité	2 ans	
Changement de l'agitateur	4 ans	
Changement Frette	4 ans	
Changement du coupleur	4 ans	

MAINTENANCE CONDITIONNELLE MECANIQUE

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVEVTIF			**N° matériel : *102-A-P3-002***		
Etabli le : 18/05/17 par : JTITE Safae version : 0			**Modifié le : par : version :**		
Désignation du matériel : Mélangeur			**Responsable réalisation : MAINTENANCE**		
			Temps annuel exécution :		
			Coût annuel main d'œuvre :		
			Coût pièces :		
			Coût total :		
N° phase	**Désignation opération**	**Fréquence**	**Temps Exécution (h)**	**Temps Arrêt (h)**	**Observations**
10	Contrôle du bruit au niveau du palier	2 jours			
20	Contrôle de vibration du palier	2 jours			
30	Contrôle de vibration de la tourelle	3 jours			
40	Contrôle de fixation de l'agitateur	1 mois			
50	Contrôle de fixation du moteur	1 mois			
60	Contrôle d'alignement de l'arbre	2 mois			
70	Contrôle de l'état des courroies	6 mois			
Date et visa Technicien Méthodes :	**Date et visa intervention Maintenance :**		**Date et visa Production :**		

7. Filtre 103AS51 :

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE :

Repère Equipement : 103-A-P3-004 *Plan N° : 009*

Désignation équipement : Filtre

Eléments (Composants et tâches)	Période	Observations
Changements des galets de roulements ou support	1 mois	
Changements des axes des galets de roulements ou supports	1 mois	
Changement de la couronne	1 an	
Changements des buses	1 an	
Changement des paliers	1 an	
Changement des bagues d'usure	1 an	
Changements des capillaires	1 an	
Changements des galets de centrage de la couronne	2 ans	
Changements des galets de guidages	2 ans	
Changement des anneaux	2 ans	
Changement des galets de roulement	2 ans	
Changement des galets de centrage	2 ans	
Changement des galets de support	2 ans	
Changement du levier	2 ans	
Changements des cellules	4 ans	
Changements des rails de renversement	4 ans	
Changements des boulons de fixation	4 ans	
Changement de la hôtte	8 ans	
Changement du pignon	8 ans	
Changement du déflecteur	10 ans	
Changement du distributeur	10 ans	

MAINTENANCE CONDITIONNELLE MECANIQUE

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVEVTIF			**N° matériel : *103-A-P3-004***		
Etabli le : 18/05/17 par : JTITE Safae version : 0			**Modifié le : par : version :**		
Désignation du matériel : filtre 103AS51			**Responsable réalisation : MAINTENANCE**		
			Temps annuel exécution :		
			Coût annuel main d'œuvre :		
			Coût pièces :		
			Coût total :		
N° phase	**Désignation opération**	**Fréquence**	**Temps Exécution (h)**	**Temps Arrêt (h)**	**Observations**
10	Contrôle de l'état des galets de support	4 jours			
20	Contrôle de la couronne	4 jours			
30	Contrôle bruit des galets supports et de centrages	1 semaine			
40	Contrôle état des capillaires	1 semaine			
50	Contrôle de l'état des bagues d'usures	1 semaine			
60	Contrôle jeu et portées des axes des galets support et centrage de la couronne	1 mois			
70	Contrôle du centrage de la couronne	1 mois			
80	Contrôle de la hauteur des galets	1 mois			
90	Contrôle du serrage des boulons de levier	1 mois			

100	Contrôle de l'état du distributeur	2 mois			
110	Contrôle de l'horizontalité des cellules	2 mois			
120	Contrôle du jeu d'engrènement de la couronne	3 mois			
130	Contrôle de la planéité de la couronne	6 mois			
140	Contrôle du pignon d'attaque de la couronne	6 mois			
150	Contrôle usure de la nacelle	6 mois			
160	Contrôle de l'état de charpente fixe	1 an			
	Contrôle des galets de guidage	1 an			
170	Contrôle des rails de renversement	1 an			
180	Contrôle de l'état de hôtte	1 an			
Date et visa Technicien Méthodes :	**Date et visa intervention Maintenance :**		**Date et visa Production :**		

8. Galaxy :

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE :

Repère Equipement : ***Plan N° : 010***

Désignation équipement : Galaxy

Eléments (Composants et tâches)	Période	Observations
Changement galaxy	1 an	
Changement du disque de galaxy	4 ans	

MAINTENANCE CONDITIONNELLE MECANIQUE

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVEVTIF			**N° matériel :**		
Etabli le : 18/05/17 par : JTITE Safae version : 0			**Modifié le : par : version :**		
Désignation du matériel : Galaxy			**Responsable réalisation : MAINTENANCE**		
			Temps annuel exécution :		
			Coût annuel main d'œuvre :		
			Coût pièces :		
			Coût total :		
N° phase	**Désignation opération**	**Fréquence**	**Temps Exécution (h)**	**Temps Arrêt (h)**	**Observations**
10	Contrôle de fixation du galaxy	semaine	5		
20	Contrôle de l'état du galaxy	1 mois	4		
Date et visa Technicien Méthodes :	**Date et visa intervention Maintenance :**		**Date et visa Production :**		

ANNEXE E : Liste des dangers pour les sites de l'OCP :

Famille des dangers	Référence	Dangers
Danger physique	1	Electricité (par contact direct ou indirect)
	2	Manutention manuelle: Nature de la charge: volume, forme, poids Mouvement excessif

	3	Manutention mécanique
	4	Machines tournantes
	5	Equipements et matériels (machines-outils et matériels de laboratoire)
	6	Equipements sous pression (autoclaves, réacteurs chimique)
	7	Déplacement à pied
	8	Circulation
	9	Travaux en hauteur (chute de hauteur et chute d'objets)
	10	Travail par point chaud
	11	Bruit
	12	Ambiance thermique
	13	Vibration
	14	Ambiance poussiéreuse
	15	Aération et assainissement
	16	Matériaux ou produit combustibles (stockage papiers, cartons, produits chimique inflammables et explosifs
	17	Présence de rayonnement ionisant
	18	Présence de rayonnement non ionisant (sources de rayonnement électromagnétiques: transformateurs, équipements électriques, équipement de soudage et de contrôle de soudage (ultrason)
Danger chimique	19	Circulation
	20	Travaux en hauteur (chute de hauteur et chute d'objets)
	21	Travail par point chaud
	22	Bruit
	23	Ambiance thermique
	24	Vibration
	25	Ambiance poussiéreuse
	26	Aération et assainissement
	27	Matériaux ou produit combustibles (stockage papiers, cartons, produits chimique inflammables et explosifs
	28	Présence de rayonnement ionisant
	29	Présence de rayonnement non ionisant (sources de rayonnement électromagnétiques: transformateurs, équipements électriques, équipement de soudage et de contrôle de soudage (ultrason)
Danger ergonomique	30	Travail sur écran (travail de bureau)
	31	Travaux répétitifs
Danger Biologique	32	Dissémination des poussières des produits nocif (sacs et big bag exemple: Ba2CO3, Ba Cl2;NaHS Hydrazine…)
	33	Insénination des produits (sacs en plastique, big bag : avec traces de produits toxique contenu initialement dans ces sacs)
	34	Manque hygiène
	35	eau stagnante
	36	Contamination des aliments
Danger environnement	37	Emissions des gaz et poussières
	38	Rejet solides (ménager)
	39	Rejet solides (industriel)
	40	Eclairage
	41	Bruit et vibration
	42	Rejet liquide
	43	Co-activité (flux abondant des intervenants)

facteurs d'environnement	44	Sous-traitante
	45	Conditions climatique (froid, chaud, courant d'air)
	46	réflexion
	47	Intempérie (pluie, vent, tonné, foudroiement)
facteurs sociales	48	Stress excessif
	49	Conflits

ANNEXE F : Grilles d'évaluation de l'exposition, gravité, probabilité et le score selon le standard ADRPT

- **L'exposition E** :

La fréquence d'exposition indique combien de fois une situation dangereuse peut survenir.

Exposition	Durée d'exposition moyenne par jour d'exposition		
	> 4 heures	1 à 4 heures	< 1 heure
Très rarement (<1/An)	1	0,5	0,5
Rarement (1 fois/An)	2	1	0,5
Quelquefois (1 fois/mois)	6	2	1
De temps en temps (1 fois/semaine)	6	3	2
Fréquemment (1 fois/jour)	10	6	3
Continuellement (>2/jour)	10	10	6

- **La gravité G** :

L'effet apparent indique la gravité de la situation pouvant survenir.

Gravité	Facteur
Mineur (Blessure sans arrêt de travail)	1
Majeur (Blessure avec arrêt de travail)	4
Grave (Effet irréversible, handicap)	7
Critique (Un décès, sur le moment ou ensuite)	25
Catastrophique (Plus d'un décès, sur le moment ou après)	40

- **La probabilité P :**

La probabilité indique de combien sont les chances pour que cet effet puisse effectivement arriver.

Probabilité	Facteur
Virtuellement impossible	0,2
Concevable mais improbable	0,5
Improbable/cas limite	1
Inhabituel	3
Possible	6
Très probable	10

✓ Le tableau suivant résume les interprétations correspondent aux scores des risques :

Score du risque R	Interprétation	Priorité pour les mesures à prendre
$R \leq 20$	Risque très limité-acceptable	4
$20<R\leq70$	Mesures exigées à court terme (6 à 12 mois)	3
$70<R\leq200$	Mesures exigées immédiatement	2
$R > 200$	Arrêt du travail jusqu'à la mise en place des mesures	1

ANNEXE G: Fiches d'évaluation des risques liés aux différentes taches de chaque poste de travail

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Agitateurs 103A/B, 102AA22P
Description de la tâche :	Graissage des moteurs

Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
		E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
(7) Déplacement à pied	Glissade (passage huileux)	1	25	10	250	1	Utilisation des EPI (casque, chaussure de sécurité antidérapante, tenue de travail, lunette et gants)	1	7	3	21	3	aménagement systématique du poste de travail + installation de la passerelle ou un PIR	1	1	1	1	4
	Trébuchement (passage inégale)	1	4	6	24	3	EPI y compris les Chaussures de sécurité anti-dérapent,	1	1	3	3	4						4
(9)Travail en hauteur	chute en hauteur	3	25	10	750	1	EPI (casque+chaussures+tenue de ravail+gants) +échafaudage	1	7	3	21	3	installation d'une passerelle	1	1	1	1	4

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Agitateurs 103A/B, 102AA22P
Description de la tâche :	Contrôle de niveau d'huile et vidange des réducteurs+Graissage des paliers de la tourelle

Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
		E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
(9)Travaux en hauteur	Chute de personne	1	25	10	120	2	Utilisation des EPI+échafaudage	1	4	10	20	3	Installation d'une passerelle mobile	1	1	1	1	4
	Chute d'objet	1	4	10	40	3	EPI	1	1	3	2	4						
(7) Déplacement à pied	Glissade	1	25	10	120	2	EPI	1	7	6	42	3	mise en place d'une passerelle + formation des opérateurs	1	1	1	1	4
(48) intempérie	Risques de maladies liés à l'exposition à la chaleur, froid et humidité	1	4	10	40	2	Les EPI (casque, chaussure de sécurité antidérapante, tenue de travail, lunette et gants)	1	4	6	24	3	Tenir compte des événements météorologiques et adapter le travail en fonction des éléments climatiques (orage, chaleur, pluie)	1	1	1	1	4
Travail répitif (32)	Glissade	1	25	10	250	1	EPI	2	4	3	24	3	Nettoyage systématique du lieu de travail + installation d'une passerelle mobile	1	1	1	1	4

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Pompe
Description de la tâche :	Pompe de circulation 103A/B01

Tâches	Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
			E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Graissage du moteur	Déplacement à pied	Risque d'entorse	2	4	6	48	3	EPI y compris les chaussures de sécurité antidérapantes	2	4	3	24	3	Aménagement systématique du lien de travail	1	1	1	1	4
Graissage des paliers	Travail en hauteur	Chute en hauteur	2	7	6	42	3	Les EPI	1	4	3	12	4						
	Déplacement à pied	Trébuchement	2	4	6	48	3	EPI	2	1	3	6	4						
Contrôle de niveau d'huile et vidange du réducteur	Equipement et matériel	Brûlure thermique due à l'huile chaude	2	4	6	42	3	Utilisation des EPI (casque, chaussure de sécurité antidérapante, tenue de travail, lunette et gants)	2	4	3	24	3	Utilisation d'un matériel adéquate pour la vidange	1	1	1	1	4
		Blessures au niveau des mains	2	4	4	32	3	Utilisation des EPI y compris les gants	2	1	4	8	4						

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Pompe
Description de la tâche :	Pompe à vide du flash coolar 103A/B C01

Tâches	Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
			E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Graissage du moteur	Circulation(8)	Chute plain-pied	2	4	10	80	2	Les EPI	2	4	3	24	3	Nettoyage systématique du sol+ Mise en plaque d'une plaque signalétique adéquate (affiches, autocollants, panneaux …).	1	1	1	1	4
	Equipement et matériel(5)	Blessures au niveau des mains	2	4	6	48	3	Porte des EPI (les gants)	2	1	3	6	4						
Contrôle du réducteur	Déplacement à pied(7)	Glissade	2	4	6	48	3	EPI (chaussure de sécurité antidérapante)	1	1	1	1	4						

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Pompe
Description de la tâche :	Pompe de premier lavage du filtre 103A/B P07

Tâches	Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
			E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Graissage du moteur	Déplacement à pied(7)	Glissade	1	4	6	24	3	Utilisation des EPI (casque, chaussure de sécurité antidérapante, tenue de travail, lunette et gants)	1	4	1	1	4						
	Equipement et matériel(5)	Blessures due à l'eau chaude	2	4	6	48	3	Les EPI	2	4	3	24	3	Rendre le sol antidérapant et Sensibilisation des opérateurs	1	1	1	1	4

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Pompe à vide pour le filtre 103 A/B AC04
Description de la tâche :	Graissage du moteur+Contrôle de niveau d'huile et vidange du réducteur

Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
		E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Déplacement à pied(7)	Glissade	2	4	6	48	3	Nettoyage avec de l'eau chaque début de poste+EPI	2	4	1	8	4						4
	Trébuchement	2	4	6	48	3	EPI Aménagement du poste après chaque intervention et chaque début de poste	2	3	1	6	4						4

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Pompe d'alimentation du filtre 103 A/B P02
Description de la tâche :	Graissage des paliers

Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
		E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Déplacement à pied(7)	Glissade	1	4	6	24	3	Utilisation des EPI (casque, chaussure de sécurité antidérapante, tenue de travail, lunette et gants)	1	4	1	1	4						4
Danger chimique(21)	Brûlure chimique due à une fuite de la bouillie	1	25	3	75	2	EPI	1	4	3	12	4	sensibilisation des nouveaux opérateurs sur les risques chimiques					4

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Pompe d'acides 103 A/B P03/04/05
Description de la tâche :	Graissage du moteur +Graissage des paliers

Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
		E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Déplacement à pied(7)	Glissade	2	4	6	48	3	Nettoyage avec de l'eau chaque début de poste+EPI	2	4	1	8	4						4
	Trébuchement	2	4	6	48	3	EPI +Aménagement du poste après chaque intervention et chaque début de poste	2	3	1	6	4						4
	Heurte par poutre	1	7	6	42	3	EPI	1	4	6	24	3	Signalisation (pictogrammes du danger de heurte par poutre)	1	4	3	12	4

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Filtre PRAYON A/B
Description de la tâche :	Graissage du moteur + Contrôle de niveau d'huile et vidange du réducteur

Tâches	Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
			E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Graissage du moteur	Déplacement à pied(7)	Glissade	2	4	6	48	3	Nettoyage du sol + EPI	2	4	1	8	4						4
Contrôle de niveau d'huile et vidange du réducteur	Bruit(11)	risque lies à l'exposition au bruit	10	7	6	420	1	EPI	3	7	6	126	2	Bouchons d'oreilles/casque anti bruit	6	1	3	18	4
	Déplacement à pied(7)	Glissade	2	4	6	48	3	Nettoyage périodique chaque début de poste+ EPI	2	4	1	8	4						4

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Filtre PRAYON A/B
Description de la tâche :	Graissage de la couronne du pignon d'attaque

Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
		E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
(7) Déplacement à pied	Glissade	2	7	6	84	2	Les EPI	2	4	6	48	3	Nettoyage du poste de travail après chaque opération de graissage	2	4	3	24	3
Posture inapproprié	Mal au dos	2	4	6	48	3	Utilisation des EPI (casque, chaussure de sécurité antidérapante, tenue de travail, lunette et gants)	2	4	6	48	3	Sensibilisation des agents sur les bons gestes de travail	1	1	3	3	4
Machine tournante (4)	Risque de blessure due à un démarrage intempestif du filtre	2	25	3	150	2	Les EPI conventionnelle	2	4	3	24	3	Consignation/Déconsignation/ cadenessage	2	1	1	2	4

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Filtre PRAYON
Description de la tâche :	Appoints hebdomadaires des paliers de cellules

Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
		E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Déplacement à pied (7)	Glissade	3	4	6	72	2	Utilisation des EPI (casque, chaussure de sécurité antidérapante, tenue de travail, lunette et gants)	2	4	3	24	3	Signaler les revêtements de sol endommagés ou souillés	1	4	3	12	4
Equipements et matériels(5)	blessures au niveau des mains	3	4	10	120	2	Port des EPI adéquats	3	1	6	18	4	Les gants doivent être compatibles avec la nature de l'activité					4
Chimique	Risques de projection de l'acide au niveau des yeux	2	7	3	42	3	port obligatoire des lunettes de protection	1	4	3	2	4	Eviter l'exposition devant le secteur fort pour une longue durée					4
Travail répitif (32)	Mal au dos	2	4	6	48	3	Port des EPI	2	4	6	48	3	Achat d'une pompe manuelle à commande électrique	1	1	3	3	4

Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques

Edition : 1.0

Date d'émission

Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Filtre PRAYON A/B
Description de la tâche :	Changement des graisseurs automatiques + Graissage des paliers de centrage et du ressort de levier de commande

Tâches	Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
			E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Changement des graisseurs automatiques	Matériel	rayures au niveau des mains	2	2	6	24	3	les EPI y compris les gants de protection	2	2	1	4	4	Respect des instructions de changement					4
Graissage du ressort de levier	Equipement	blessures au niveau des mains	2	4	6	24	3	Les gants de protection des mains	2	4	1	8	4						
Graissage des patins de centrage	Déplacement à pied(7)	glissade	2	7	6	84	2	Les EPI	2	4	6	48	3	Nettoyage du poste de travail après chaque opération de graissage	2	4	1	8	4
		heurte par poutre	3	4	6	72	3	Port des EPI+ Sensibilisation des opérateurs	2	1	3	6	4						

	Formulaire Fiche d'identification et d'évaluation des risques	Edition : 1.0 Date d'émission Page 1/1

Service	
Description du poste de travail	Filtre PRAYON A/B
Description de la tâche :	Remplissage du réservoir de la centrale de graissage des galets/lubrification du distributeur 103A S01/51

Référence Danger	Description du risque	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de prévention Existants	Evaluation du risque sans Moyens de prévention				Priorité	Moyens de préventions additionnelles	Evaluation du risque avec Moyens de prévention additionnels				Priorité
		E	G	P	R			E	G	P	R			E	G	P	R	
Risque chimique	projection de H3PO4 suite à une fuite	3	7	3	54	3	Utilisation des EPI (casque, chaussure de sécurité antidérapante, tenue de travail, lunette et gants)	3	4	3	36	3	Port d'un vêtement de protection + sensibilisation	2	4	1	8	4
	Fuite d'acide sulfurique	3	7	3	54	3	Port des EPI	3	4	3	36	3	Signalisation (pictogrammes du danger de H2SO4)	1	4	3	12	4

ANNEXE H: Modes opératoires des taches effectuées sur le filtre PRAYON

MODE OPERATOIRE		
Service		
Description du poste de travail	Filtre PRAYON	
Description de la tâche :	Graissage de la couronne, pignon d'attaque et patins de centrage	
Illustration	Etapes	Instructions de sécurité
	AVANT	
	Arrêt du filtre Port des EPI obligatoire Inspection de la zone de travail Autorisation de travail	Signaler toute anomalie avant d'intervenir
	PENDANT	
	Vérification de l'état de la couronne et du pignon Outillage : Bidon de Graisse Graissage des dents (ne pas dépasser 500 cm3) Graissage des patins de centrage Respect des consignes de sécurité Signaler toute anomalie durant le travail	Port des gants obligatoire
	APRES	
	Communication de fin de tâche	
	DANGERS	
	Déplacement à pied, Machine tournante, Travail répétitif,	
	Risques	
	Glissade, mal au dos, heurte par poutre	
Consignes permanentes	*Ne jamais travailler sans autorisation de travail et permis de pénétration	

MODE OPERATOIRE		
Service		
Description du poste de travail	Filtre PRAYON	
Description de la tâche :	Graissage du moteur/Vidange du réducteur	
Illustration	Etapes	Instructions de sécurité
	AVANT	
	Arrêt du filtre Autorisation de travail	Signaler toute anomalie avant d'intervenir
	PENDANT	
	Préparation du matériel de graissage/Vidange Outillage : Pompe manuelleuile Approvisionnement de la graisse/Graissage du moteur/Vidange du réducteur Remise en état du matériel	Port des gants obligatoire
	APRES	
	Nettoyage du poste de travail Communication de fin de tâche	
	DANGERS	
	Déplacement à pied	
	Risques	
	Glissade	
Consignes permanentes	*Ne jamais travailler sans autorisation de travail et permis de pénétration	

MODE OPERATOIRE		
Service		
Description du poste de travail	Filtre PRAYON	
Description de la tâche :	Remplissage du réservoir de la centrale de graissage des galets/lubrification du distributeur 03AS01/S51	
Illustration	Etapes	Instructions de sécurité
	AVANT	
	Préparation et validation du permis de pénétration Inspection de la zone de travail Autorisation de travail.	Signaler toute anomalie avant d'intervenir
	PENDANT	
	Ouverture du réservoir Contrôle de niveau de lubrifiant Inspection de l'état de lubrifiant Rechargement du réservoir si nécessaire Eviter la contamination du lubrifiant Fermeture du réservoir	
	APRES	
	Communication de fin de tâche	
	DANGERS	
	Déplacement à pied, chimique	
	Risques	
	Glissade, Projection d'acide	
Consignes permanentes	*Ne jamais travailler sans autorisation de travail.	