

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

**Diplôme de Mater Sciences et Techniques
Spécialité : Génie Mécanique et Productique**

Amélioration de la maintenance au sein de JFC V

Présenté par :

BenBahaka Maria

Encadré par :

**-Mr A. El BIYAALI, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès
-Mr S. El KHOMSSI, Encadrant de la société**

Effectué à : JFC V à OCP El jadida

Soutenu le : 20/06/2019

Le jury :

- Mr. A El Biyaali, FST fès
- Mr. J Abouchita, FST fès
- Mr. O Bourihane, FST fès

Année Universitaire : 2018-2019

Dédicace

Ce mémoire marque la fin d'un long travail qui n'aurait sans doute pas vu le jour sans l'aide et le soutien de plusieurs personnes. Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

À mes chers parents :

Qui ont su m'inculquer le sens de la responsabilité, aucune dédicace ne saurait exprimer ma considération pour les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction. Je vous remercie pour le soutien que vous avez toujours su m'apporter depuis mon enfance. Vos conseils m'ont toujours guidée vers la réussite. Je ferai de mon mieux pour garder votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que dieu vous préserve, vous accorde bonheur et santé et vous protège de tout mal.

À mes adorables sœurs :

Je vous remercie d'être toujours là pour moi et à mes côtés par amour. Ce travail est l'aboutissement de votre soutien. Merci d'avoir donné un sens à ma vie. Je prie Dieu, le tout puissant, pour qu'il vous donne bonheur et prospérité.

À toute ma famille :

Je vous remercie pour votre soutien et vos encouragements. Puisse ce travail témoigner de ma profonde affection et de ma sincère estime.

À mes chers amis :

Je vous remercie pour votre soutien amical et vos encouragements qui ont été une source d'inspiration pour moi.

Remerciement

Avant tout, toute ma profonde gratitude à Dieu Tout Puissant de m'avoir donné la patience d'aller jusqu'au bout de ces études d'ingénierie, l'aboutissement à ce travail est grâce à Lui ;

D'abord je profite de cette occasion pour adresser mes sincères remerciements au corps administratif de la faculté des sciences et techniques à Fès, à **M. ABOUCHITA Jalal**, responsable de la filière Génie mécanique et productique, et tout le corps professoral de notre filière, pour leur gestion sage et les bonnes conditions d'études qu'ils nous ont procurées.

Je tiens également à remercier vivement **M. BIYAALI**, l'encadrant pédagogique du stage. Il m'a fait bénéficier de ses conseils et ses compétences, soulignant ainsi l'intérêt qu'il porte à mes travaux. Je le remercie pour m'avoir encadré tout au long de mon projet.

Je remercie également le directeur général de l'OCP Jorf Lasfar et le directeur Ressources Humaines de m'avoir donné l'opportunité d'intégrer l'entreprise et qui ont veillé à assurer de très bonnes conditions de stage à tous les stagiaires.

J'exprime ma profonde reconnaissance à Mr **EL KHOMSSI Soufiane**, mon parrain de stage, d'être chaque jour présent durant tous ces mois de stage, de toujours savoir m'orienter vers une meilleure façon de faire et d'être.

Mes vifs remerciements à Mr **BOURGA**, Mr **EI MAHJOUBI**, Mr **EL ADAMI**, Mr **WAHBOUN** qui m'ont aidé tout au long de ma période de stage, Je suis reconnaissante à leurs disponibilités dans le besoin et leurs conseils toujours très utiles et instructifs.

J'exprime également mes remerciements à tout le personnel du bureau de méthodes qui m'a soutenu et s'est tenu à ma disposition tout au long de mon stage.

Mes sincères remerciements vont également au jury présent durant ma soutenance d'avoir accepté de prendre le temps de juger objectivement mon travail.

Enfin, je ne saurais trouver les bons mots pour exprimer ma gratitude à mes parents, mes sœurs et tous mes amis pour leur soutien permanent.

Résumé

L'objectif ultime de la maintenance professionnelle est de faire le minimum de travail nécessaire pour éliminer les pannes et pour bénéficier au maximum des équipements.

Dans le cadre d'augmentation de la production, le groupe OCP a lancé des nouveaux projets avec une conception améliorée, et pour adopter une culture 0 défaillance, assurer la disponibilité des équipements. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de fin d'études qui vise l'amélioration de la fonction maintenance au sein de la société JFC V.

Afin d'aboutir à cela, une analyse de l'état actuel s'avère nécessaire, d'où le diagnostic effectué sur la fonction maintenance de la société. C'est un diagnostic d'Yves Lavina qui permet de positionner les performances actuelles de la maintenance (les coûts totaux, les activités, la qualité de service, le personnel) et recenser les points de faiblesse de la maintenance pour savoir où je dois concentrer les efforts.

Une analyse de l'état actuel et une étude préalable approfondie des activités de chaque axe ont été réalisées pour arriver ensuite aux actions correctives et à leur mise en œuvre.

Pour cela, nous avons adopté notre sujet suivant une démarche professionnelle accordée à un projet dans le but d'atteindre des objectifs visés par les responsables de la maintenance de JFC V en terme de qualité, de délai, et du respect des différentes exigences du cahier de charge.

Mots-clés

Maintenance professionnelle- Diagnostic par Lavina- Amélioration de la performance- Classification- AMDEC- Standard Kaizen

Abstract

The fundamental purpose of professional maintenance is to do the minimum work to eliminate breakdowns and to maximize the benefits of the equipments.

In the context of increased production, the group OCP has launched the new project with an improved design, for Adopting a culture of zero failure, maximizing reliability of the critical equipment, optimizing the sequencing of work and know how to exploit the skills of the employees and develop them. Those are the goals of my project that will improve the maintenance function of the JFC V Company.

In order to do this, I have done an analysis of the current state and the existent, it is the diagnosis of Yves Lavina that will allow to situate the current performances of the maintenance (the total costs, the activities, the quality of service, the staff) and to list the weaknesses of the maintenance to know where I should concentrate the efforts.

An analysis of the current state and a preliminary study of the activities of every axis were realized to arrive then to corrective actions and their implementation.

For that purpose, we adopted an approach of a professional project with the aim of reaching the goals aimed by the persons in charge of the JFCV in terms of quality, of deadline and the respect for the various requirements of the exercise book of loads.

Keywords

Professional maintenance -Lavina diagnosis- Improving the performance- TDPC classification- AMDEC- Standard KAIZEN

Liste d'abréviation

OCP: Office Chérifien des Phosphates.

JFC V: Jorf Fertilizers Company V.

MAP: Mono Ammonium Phosphate.

DAP: Di Ammonium Phosphate.

TSP : Triple Super Phosphate

PAP : Production d'Acide Phosphorique.

TED : Traitement d'Eau Douce.

PE : Production des Engrais.

SAP : Production d'Acide Sulfurique.

OPS : OCP Production System.

TRG : Taux de Rendement Global.

TD : Taux de Disponibilité.

TA : Taux d'Allure.

TQ : Taux de Qualité.

ME : Maintenance Électrique.

MM : Maintenance Mécanique.

MR : Maintenance Régulation.

MTTR: Mean Time To Repair.

MTBF: Mean Time Between Failure.

TDPC : Temps de réparation/ Degré d'influence/ Probabilité de panne/ Criticité

SADT: Structured Analysis and Design Technics

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités.

PMP : Plan de Maintenance Préventive.

Liste des figures

Figure 1: OCP JORF LASFAR	13
Figure 2: Les activités principales de l'ocp	14
Figure 3: Organigramme de JFC V	15
Figure 4: Département d'accueil.....	15
Figure 5:Architecture globale de JFC V.....	16
Figure 6:Processus de production de l'acide sulfurique.	16
Figure 7:Processus de production de l'acide phosphorique.....	17
Figure 8:Processus de production des engrais.....	17
Figure 9: Les blocs de l'OPS.....	18
Figure 10:Greaphe de radar de la performance de la fonction maintenance	26
Figure 11:Calcul du taux de rendement global.....	30
Figure 12: Extraits des données historiques.....	31
Figure 13:L'allure du TRG des unités de JFCV.....	32
Figure 14: Les sous-ensembles du filtre	39
Figure 15: Fonctionnement du filtre PRAYON.....	39
Figure 16:Chemin de renversement de cellule	40
Figure 17:Caractéristique du filtre.....	40
Figure 18: Tuyaux flexibles	43
Figure 19:Galet de centrage	43
Figure 20:Galet de support.....	43
Figure 21:Couronne	43
Figure 22: Pignon.....	43
Figure 23:Galet de cellule.....	44
Figure 24: Levier de commande de la cellule	44
Figure 25:SADT du filtre	44
Figure 26:Décomposition	45
Figure 27: Indice de la criticité.....	46
Figure 28:Histogramme du résultat AMDEC	46
Figure 29: Levier de commande	50
Figure 30:Rampe de lavage des toiles	52
Figure 31:Busés de pulvérisation	52
Figure 32:Passage de la cellule lors de renversement	53
Figure 33: Deux crépines en parallèles installées pour le filtrage d'eau de lavage toile	55
Figure 34:Composant des galets de support et de centrage	56
Figure 35:Injecteur et raccords corrodés	60
Figure 36:Distributeur rotatif du système de graissage.....	60
Figure 37:Action et contre-mesure du système de graissage	60
Figure 38: le levier de la cellule	61
Figure 39: Ressort du levier de commande.....	61
Figure 40: ensemble de levier de commande de la cellule	61
Figure 41: ensemble de ressort et galet.....	61
Figure 42: ensemble cellule et levier de commande	62
Figure 43: Ensemble d'une cellule dans le filtre.....	62
Figure 44: la conception du nouveau ressort et conception du nouveau ensemble galet et ressort ..	64
Figure 45:La nouvelle conception du l'ensemble galet et ressort	64
Figure 46:logo VBA	71
Figure 47: Présentation de l'interface	72
Figure 48:Accès au sous-composant	72

Liste des tableaux

Tableau 1:Fiche d'identité OCP	13
Tableau 2: fiche d'identité au sein de JFC V	14
Tableau 3: Première rubrique de LAVINA	25
Tableau 4: Résultat du diagnostic LAVINA	26
Tableau 5:La durée par type d'arrêt	31
Tableau 6:Exemple de calcul du TRG de la ligne PAP en janvier 2018	32
Tableau 7: La moyenne du TRG.....	32
Tableau 8: Critère de la méthode TDPC	33
Tableau 9: Barème de la classification TDPC.....	33
Tableau 10: Pourcentage des équipements par classe	34
Tableau 11:Extrait de classification TDPC des équipements de la ligne AF	34
Tableau 12:Type d'AMDEC	36
Tableau 13: Barème de notation de la fréquence F	38
Tableau 14:Barème de notation de la gravité G	38
Tableau 15:Barème de notation de la détection	38
Tableau 16:Notation de critère criticité	38
Tableau 17:Action et contre-mesure	52
Tableau 18:Action et contre mesure de la défaillance des galets	58

Sommaire

Dédicace	1
Remerciement	2
Résumé	3
Abstract	4
Liste d'abréviation	5
Liste des figures	6
Liste des tableaux	7
Introduction générale	11
Chapitre I : Présentation de l'organisme de l'accueil et du contexte général du projet.	12
Introduction :	13
I.1 Présentation de l'ocp :	13
I.1.1 OCP, un siècle d'histoire :	13
I.1.2. Présentation de l'OCP :	13
I.2 Présentation de l'organisme d'accueil : Jorf Fertilizer Company V :	14
I.2.1. Description du processus des unités de production de JFC V :	16
I.3. La politique OPS « OCP Production System » :	18
I.3.1. Définition :	18
I.3.2. Constitution de l'OPS :	18
I.3.3. La maintenance professionnelle :	18
I.3.4. Les neuf fondations de la maintenance professionnelle :	19
I.4 Description de projet :	19
I.4.1 Présentation du projet :	19
I.4.2 Le contexte pédagogique :	19
I.4.3 Outils de travail :	19
I.1.4 Gestion du projet :	20
CHAPITRE II : Diagnostic de la fonction de maintenance par l'audit de YVES LAVINA	22
II.1. Contrainte de la politique actuelle :	23
II.2. Présentation de la démarche LAVINA :	23
II.3. Le déroulement du diagnostic :	24
II.3.1. Présentation des résultats du questionnaire :	24
II.3.2. Analyse des résultats LAVINA :	27
II.3.3. Recommandations :	27
CHAPITRE III : Analyse de la performance des unités de production et classification TDPC des équipements de la ligne PAP	29
III.1 Analyse de la performance des unités de production de JFC V :	30
III.1.1 Méthode suivie pour le calcul du TRG :	31

III.2 Classification des équipements selon la méthode TDPC :	33
III.2.1. Présentation de la méthode TDPC :	33
III.2.2. Étapes suivies pour la classification :	33
Chapitre IV: Analyse AMDEC au Filtre Prayon de la ligne PAP.....	35
IV.1 Présentation de l'analyse.....	36
IV.2 Types d'AMDEC	36
IV.3 Objectifs de l'analyse.....	36
IV.4 La méthodologie de l'analyse AMDEC	36
IV.4.1 Constitution du groupe de travail :	37
IV.4.2 Support de l'étude AMDEC :	37
IV.4.3 Les barème d'évaluation :	37
IV.5 Description de fonctionnement du filtre PRAYON :	39
IV.5.1 Généralité :	39
IV.5.2 Principe de fonctionnement :	39
IV.5.3 Caractéristique du filtre.....	40
IV.6 Description principale des parties constituant :	40
IV.7 Décomposition fonctionnelle :	44
IV.8 AMDEC du filtre :	46
IV.8.1 Résultat de l'AMDEC du filtre :	46
Chapitre V :Résolution des problèmes et établissement d'un plan préventive	48
V.1. Identification des problèmes principaux enregistrés au niveau du Filtre PRAYON :	49
V.2. Résolution de problème : Standard Kaizen :	49
V.2.1. Déséquilibre de la planéité des cellules :	49
V.2.2 Problème de bouchage de la rampe lavage toile et détérioration rapide des buses :	52
V.2.3 Détérioration rapide des galets de support et de centrage :	55
V.2.4 Défaillance du système de graissage du filtre PRAYON :	58
V.3 Résolution problème : Partie conception.....	61
V.3.1 Conception de levier de commande :	61
V.3.2 Détail de la méthode de calcul :	62
V.3.3 Les types de matériaux utilisés :	65
V.4. Elaboration du plan de maintenance :	70
V.4.1 Définition :	70
V.4.2 Objectifs visés du plan de maintenance préventive :	70
V.4.3. Les différentes sources aidant à définir les opérations de la maintenance préventive :	70
V.4.4 Démarche suivie pour l'élaboration du plan de maintenance préventive :	70
V.4.3 Elaboration du plan de maintenance préventives :	71
V.4.4 Elaboration des check-list :	71

V.4.5 Préparation du dossier machine :	71
V.5. Développement d'une application de gestion de la maintenance préventive programmée en VBA	71
V.5.1 Présentation de l'application	72
Conclusion	73
Bibliographie	74
Sitographie	74
ANNEXE 1 : Méthode LAVINA	75
ANNEXE 2 : Le TRG des unités de production de JFC V	87
ANNEXE 3 : Classification TDPC des équipements de la ligne PAP	88
ANNEXE 4 : Analyse AMDEC du Filtre PRAYON	90
ANNEXE 5 : Plan de graissage	104
ANNEXE 6 : Evaluation des risques et des remèdes du Filtre PRAYON	105
ANNEXE 7 : Plan de maintenance Préventive	106

Introduction générale

La maintenance est une fonction à part entière de l'entreprise. À ce titre, elle doit par son optimisation être une source de profit. La maintenance intervient à tous les niveaux du cycle de vie d'un bien.

Par conséquent, les responsables de maintenance sont à la fois des techniciens, des gestionnaires et des managers. Ils doivent acquérir de multiples compétences ainsi que la capacité de travail en équipe et d'échange avec les services internes de l'entreprise et avec les partenaires extérieures.

Dans ce cadre, ce projet étudie la fonction maintenance dans sa globalité de la société JFC V au sein de l'OCP Jorf Lasfar et pour cela, il faut analyser l'état du lieu par établir le diagnostic LAVINA qui étudie douze différents axes de la fonction maintenance et d'où l'apparition de cinq axes de faiblesse de cette fonction.

L'intérêt derrière ce projet, réside dans le fait d'étudier les axes important en analysant son état actuel pour ensuite cerner les bonnes actions amélioratrices à faire.

Le premier axe de faiblesse issu du diagnostic est l'axe du « Suivi technique des équipements ». Au niveau de l'analyse de son état actuel, il faut calculer l'indicateur clé de la disponibilité qui est le taux de rendement global TRG des unités de production de la société pour cerner la ligne de production la moins performante, ensuite effectuer une classification des équipements de celle-ci puis réaliser une AMDEC à l'équipement le plus critique qui sera fiabilisé par la suite et pour lequel il faut établir un plan de maintenance préventive.

La mise en place d'un plan de maintenance préventive permet d'optimiser les opérations de maintenance et surtout de les effectuer au bon moment, particulièrement au cours de notre étude on a réagi sur les équipements majeurs de l'atelier sulfurique de la nouvelle usine complexe africaine des engrais, l'objectif final étant d'assurer la qualité du produit et d'améliorer le taux de disponibilité des équipements pour augmenter la productivité.

Chapitre I :

Présentation de l'organisme de l'accueil et du contexte général du projet.

Le premier chapitre englobe la présentation de l'organisme d'accueil, le processus de production et se conclura par une mise en situation et définition du périmètre du projet.

Introduction :

Dans ce chapitre introductif, on présente le complexe OCP et ses différentes filiales, notre organisme d'accueil, et finalement le service bureau de méthodes dans lequel j'ai effectué mon projet de fin d'études. Dans la deuxième partie de ce chapitre, on introduit le contexte et la problématique de notre projet ainsi que la méthodologie et l'organisation du travail suivant un diagramme de GANTT.

I.1 Présentation de l'ocp :

I.1.1 OCP, un siècle d'histoire :

Le groupe O.C.P (Office Chérifien des Phosphates) est parmi les plus grands producteurs des phosphates dans le monde. Il est le premier exportateur mondial des phosphates et de ses dérivés. Il est composé de plusieurs pôles et sociétés sous forme de filiales. Chaque pôle et filiale a un rôle dans l'activité principale, soit l'extraction et la commercialisation des phosphates, soit la production et la commercialisation de ses dérivés. L'Office Chérifien des Phosphates à sa création, le Groupe OCP, depuis 1975, a évolué sur le plan juridique, pour devenir en 2008 une société anonyme dénommée « OCP S.A ».

L'OCP trouve, depuis sa création, les ressources de sa croissance continuent et de son leadership dans sa stratégie industrielle. Celle-ci est rythmée par une montée en puissance régulière de l'outil de production, par une politique ambitieuse de partenariats durables et servie par une politique financière efficace. Ces partenariats touchent aussi bien des accords de livraison à moyen et à long terme que la construction d'unités de production sous forme de joint-ventures, basées au Maroc et à l'étranger. Aujourd'hui, OCP compte douze filiales et joints ventures ainsi que quatre bureaux de représentations dans le monde. Depuis sa création, OCP est passé de quelques centaines de personnes à près de 23 000 collaborateurs et 46 milliards de DH de chiffre d'affaires en 2013.



Figure 1: OCP JORF LASFAR

I.1.2. Présentation de l'OCP :

a-Fiche d'identité :

Raison sociale	Office Chérifien des Phosphates OCP
Numéro du registre de commerce	Casablanca 40 327
Date de création	Dahir du 07/08/1920
Mise en place de la structure du groupe	Juillet 1975
Date de création d'OCP SA	2008
Siège social	Im. OCP n°2, Rue el Abtal, Hay Erraha, Casablanca
Directeur général	Mr. Mostafa TERRAB
Produits commercialisés	Phosphate, Acide Phosphorique, Engrais
Les ports d'embarquements	Casablanca, Jorf Lasfar, Safi, Laâyoune
Activités	Extraction, valorisation et commercialisation des phosphates
Effectif	24000 dont 850 ingénieurs ou équivalent
Sites de production	-Extraction : Khouribga, Benguerir, Youssoufia, Boucraâ. - Production des dérivés : Jorf Lasfar, Safi.

Tableau 1:Fiche d'identité OCP

b. Rôle et activités :

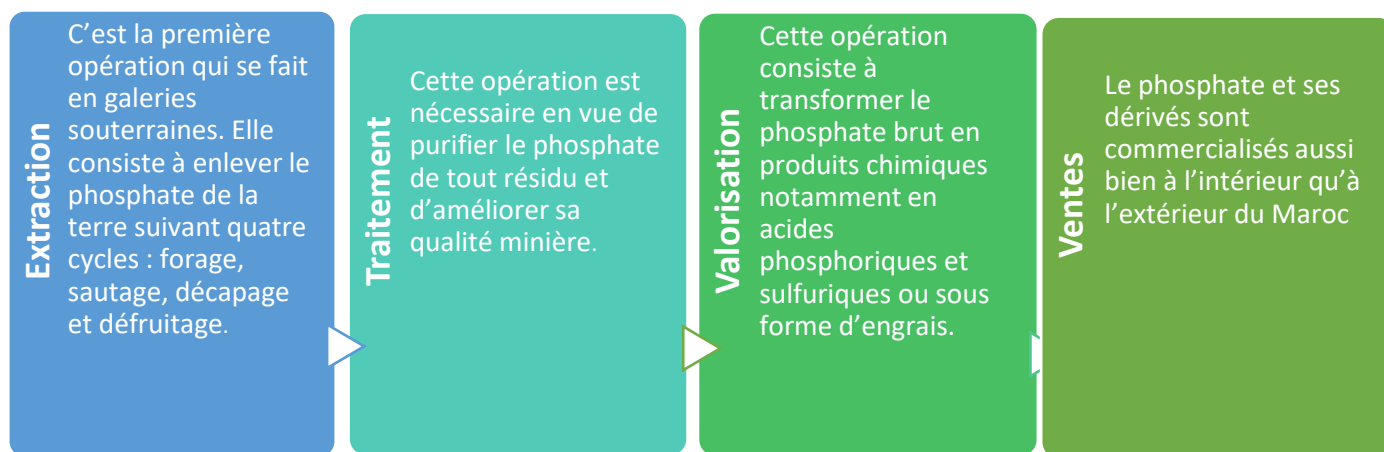


Figure 2: Les activités principales de l'ocp

I.2 Présentation de l'organisme d'accueil : Jorf Fertilizer Company V :

Le 11 novembre 2005, l'Office Chérifien des phosphates (Maroc) et Bunge (Brésil), ont annoncé la concrétisation de la joint-venture 50%-50% pour la construction d'un complexe intégré de production d'engrais à Jorf Lasfar. Ce complexe est destiné à subvenir en priorité aux besoins de Bunge en engrais.

Cette unité est constituée des installations suivantes :

- • Une ligne de production d'acide sulfurique de capacité 1.125 T/an.
- • Une ligne de production d'acide phosphorique de capacité 375 T/an
- • Une ligne mixte de production d'engrais MAP/DAP de capacité 340.000 T.MAP /an.

Le 01 Janvier 2014, le groupe OCP reprend les parts de BUNGE, et devient ainsi propriétaire 100%, l'unité est alors nommée Jorf Fertilizer Company V -JFC V.

a- Fiche d'identité :

Raison sociale	Jorf Fertilizer Company V –JFCV-
Statut juridique	Société Anonyme S.A
N° du registre de commerce	Casablanca 180903
Date de début de construction	11 Novembre 2005
Date de création de la société	15 Avril 2008
Produits commercialisés	Acide Phosphorique, Engrais

Tableau 2: fiche d'identité au sein de JFC V

b- Organisation au sein de JFCV :

La figure, ci-dessous, représente la représentation générale du complexe JFCV.

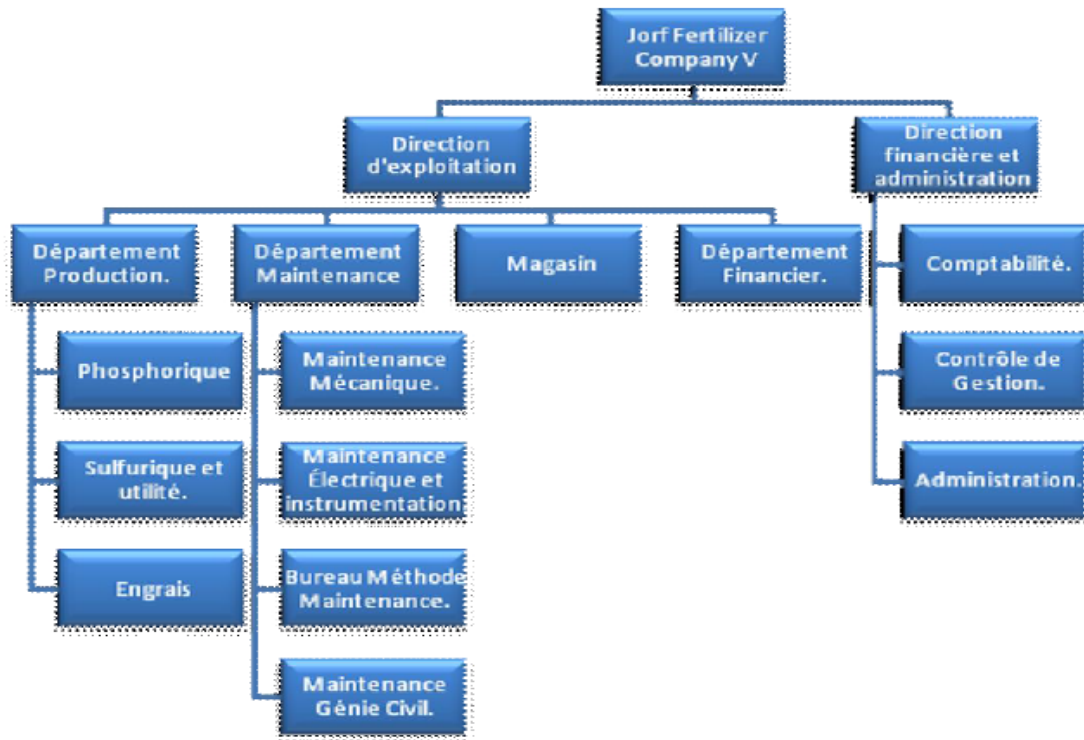


Figure 3: Organigramme de JFC V

c- Présentation du département d'accueil :

Mon stage s'est déroulé au sein du service bureau de méthodes appartenant au département « Maintenance ».

Chaque service a un rôle primordial et bien défini :

Le service bureau de méthodes possède comme principales tâches à effectuer :

- L'inspection des équipements ; - L'ordonnancement des travaux ;
- La planification des interventions et des arrêts ; - La préparation des pièces de rechange et moyens logistiques et humains nécessaires ;
- Le suivi de performance et de la maintenance préventive.

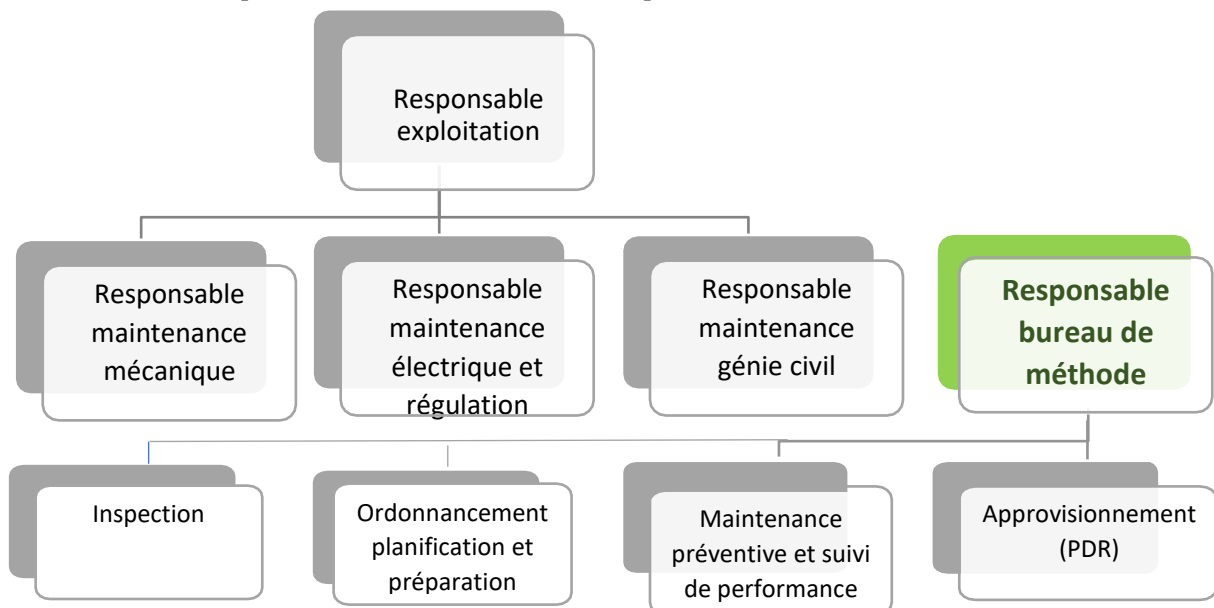


Figure 4: Département d'accueil

I.2.1. Description du processus des unités de production de JFC V :

Le complexe Jorf Fertilizers Company V comprend actuellement :

- Une ligne de production d'acide sulfurique ;
- Une ligne de production d'acide phosphorique ;
- Une ligne mixte de production d'engrais MAP/DAP ;
- Une ligne mixte de production d'engrais TSP/MAP ;
- Une centrale thermoélectrique de 32 MW ;
- Une station de traitement des eaux douces et de compression d'air.

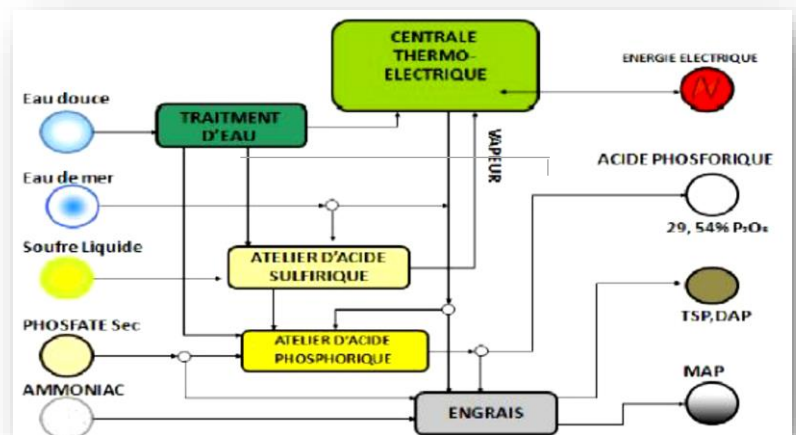


Figure 5: Architecture globale de JFC V

a- Unité de production d'acide sulfurique :

L'atelier de production de l'acide sulfurique (SAP) a pour mission principale la production de l'acide sulfurique (H_2SO_4). Cet atelier a une capacité évaluée de 3410 tonnes métriques de H_2SO_4 par jour. L'acide produit sera sous forme de 98.5% H_2SO_4 , à la moyenne de 1 125 000 t/an.

La production de l'acide sulfurique passe par trois réactions :

- Combustion: $S + O_2 \rightarrow SO_2$;
- Conversion: $SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow SO_3$;
- Absorption : $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$.

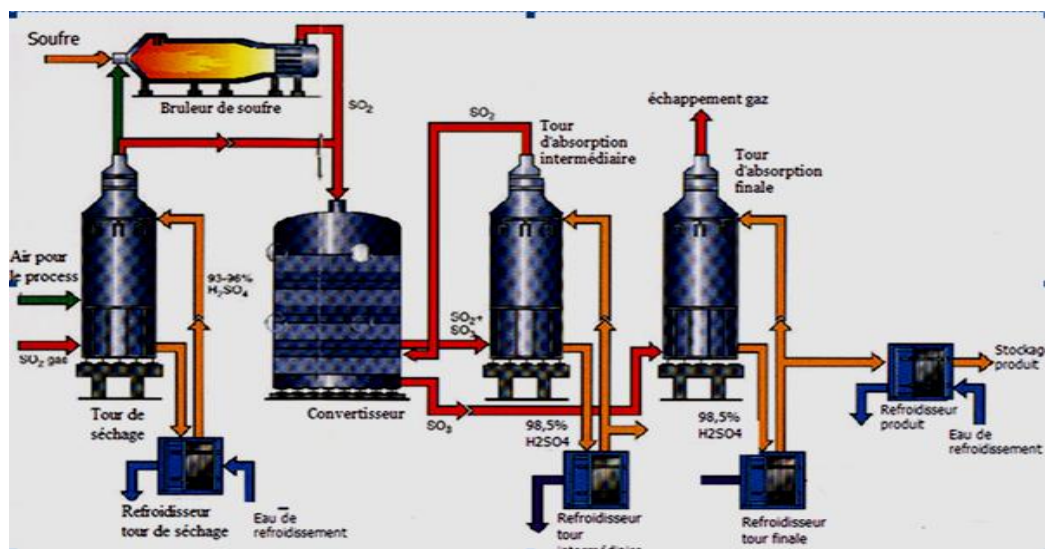


Figure 6: Processus de production de l'acide sulfurique.

b-Unité de production de l'acide phosphorique

L'atelier phosphorique est destiné à la production de l'acide phosphorique concentré à 54% en P_2O_5 .

Il comprend cinq sections principales :

- **Section d'épaississement** : Le phosphate en pulpe transporté par pipeline à partir de Khouribga est transféré à un bac de réception, puis il est transféré vers le décanteur pour débarrasser le phosphate de présence éventuelle de l'eau.

- **Section d'attaque** : est constitué d'un réacteur où a lieu l'attaque phosphate par l'acide sulfurique. Le produit de la réaction donne lieu à une bouillie d'acide phosphorique qui traverse les compartiments de la cuve d'attaque, siège d'une agitation permanente, permettant son homogénéisation.
- **Section de filtration** : La fabrication d'acide phosphorique par attaque sulfurique conduit à une opération de séparation liquide-solide (l'acide phosphorique et le sulfate de calcium). La méthode de séparation la plus utilisée est la filtration
- **Section stockage de l'acide 29%** : Chaque ligne de production dispose de deux bacs de stockage et un décanteur interconnecté où l'acide passe successivement.
- **Section concentration de l'acide de 29% à 54% par vaporisation d'eau** : Le principe de la concentration se base sur l'évaporation sous vide de l'eau et des matières volatiles contenues dans l'acide. Un échelon est constitué essentiellement d'un échangeur « destiné au réchauffage d'acide », un bouilleur « s'effectue la séparation acide/vapeur », et un condenseur « pour but de la condensation des effluents dégagés du bouilleur où ils subissent un lavage par l'eau de mer ».
- **Section stockage d'acide 54%** : Le marché international demande une teneur en P_2O_5 supérieure ou égale à 54% avec un taux de solide inférieure à 0.5% d'où l'unité de stockage non clarifié 54% en P_2O_5 . Les équipements principaux « Désursaturateur, Décanteur, Bac de stockage »

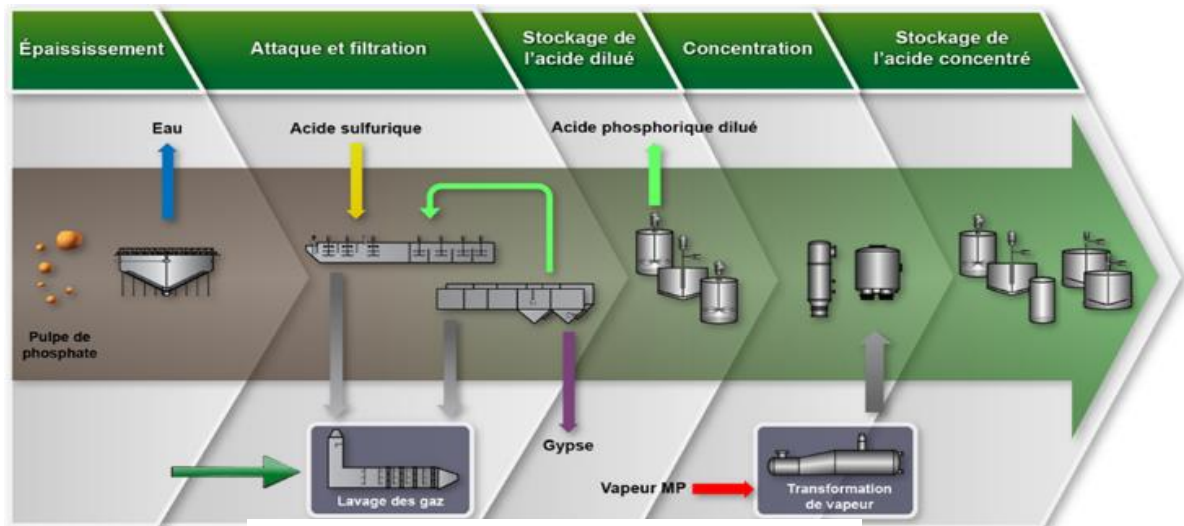


Figure 7: Processus de production de l'acide phosphorique.

b- Atelier Engrais :

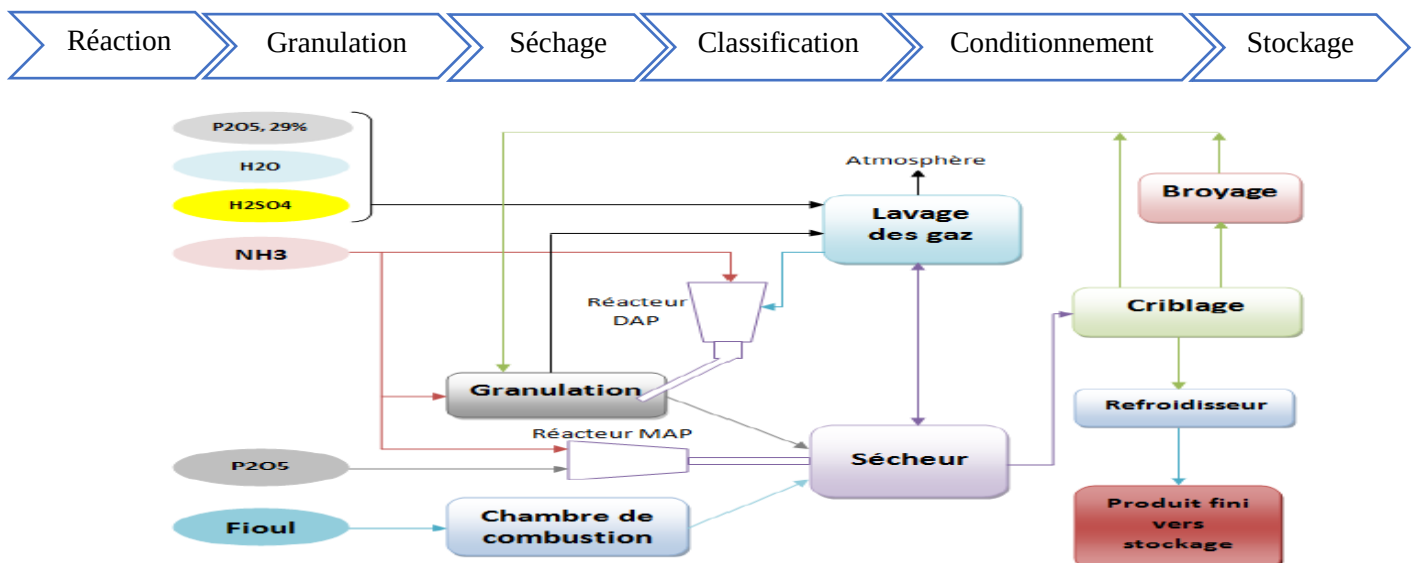


Figure 8: Processus de production des engrais.

I.3. La politique OPS « OCP Production System » :

I.3.1. Définition :

L'OPS est un programme de management industriel développé avec la Centrale Paris et inspiré des meilleures pratiques du système WCM et des expériences de gestion. Il aide à appliquer au quotidien les meilleures pratiques pour accélérer la marche du groupe vers l'excellence opérationnelle.

L'OPS s'appuie sur 3 principes fondamentaux qui sont :

- L'implication des équipes (l'homme est au cœur de l'entreprise) ;
- La voix du client (interne ou externe) doit être entendue dans l'usine, par tout le personnel ;
- La passion du détail sur toute la chaîne de valeur.

I.3.2. Constitution de l'OPS :

L'OPS est un système complet destiné à améliorer la productivité et les performances de l'entreprise par :

- L'identification des pertes ;
- La concentration des moyens sur les pertes principales en appliquant des méthodes avec rigueur.

Il est constitué de six blocs :

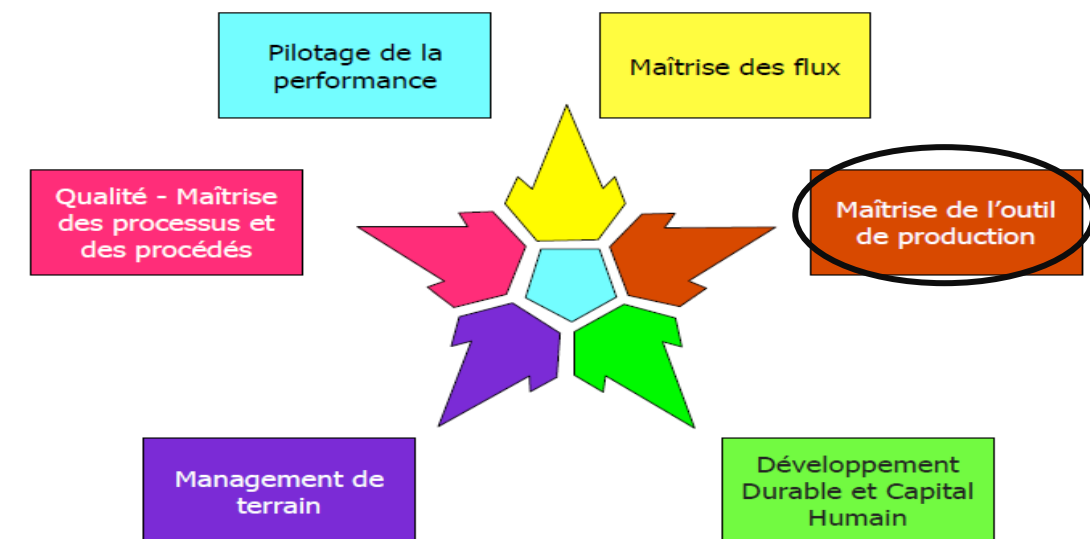


Figure 9: Les blocs de l'OPS

Le bloc dans lequel s'inscrit ce projet est celui de la « Maîtrise de l'outil de production » qui est basé sur les principaux axes suivants :

- Les outils de résolution de problèmes tels que Standard Kaizen, Major Kaizen ;
- La maintenance autonome : ce que fait chaque opérateur au quotidien pour garantir les conditions de base de son équipement (propre, lubrifié et serré), bases indispensables pour développer les méthodes de maintenance préventive ;
- Les 9 processus fondamentaux de maintenance professionnelle ;
- Les chantiers pluridisciplinaires de fiabilisation d'un équipement prioritaire.

I.3.3. La maintenance professionnelle :

La maintenance professionnelle est le facteur-clé de toute entreprise. Il s'agit d'un changement culturel qui consiste à faire le minimum de travail nécessaire tout en éliminant les pannes et en utilisant au maximum les équipements.

Dans le cadre de la maintenance professionnelle, notre projet a pour objectifs :

- De relever les points forts et les points faibles de la fonction maintenance des unités de production

- De maximiser la fiabilité des équipements pour un coût économique ;
- De réduire les activités de maintenance non planifiées ;
- D'utiliser les méthodes de maintenance (périodiques, conditionnelles, autonome, ...) en fonction de la criticité des machines pour un meilleur coût ;
- De développer les compétences du personnel de maintenance et des opérateurs pour supporter la stratégie de maintenance professionnelle ;
- De planifier les activités pour réduire au maximum les arrêts de production ;
- D'améliorer les ressources de maintenance en appliquant la méthode 5S dans l'atelier de maintenance.

I.3.4. Les neuf fondations de la maintenance professionnelle :

Les neuf fondations sont les neuf processus fondamentaux d'amélioration d'un service de maintenance. Elles ne préjugent pas de l'organisation, mais elles visent plutôt à construire et améliorer constamment les bases solides d'un système de maintenance.

Les neuf fondations de la maintenance professionnelle sont définies par les tâches suivantes :

- L'établissement de la classification des équipements AA, A, B et C ;
- L'établissement du système de gestion des pannes (recueil des informations, analyser les défaillances, ...) ;
- Le développement des dossiers machines ;
- La gestion des pièces de rechange ;
- L'amélioration des ressources de maintenance par :
 - L'application de la méthode « 5S » dans l'atelier de maintenance ;
 - La gestion des compétences technologiques.

I.4 Description de projet :

I.4.1 Présentation du projet :

Afin d'améliorer la maintenance mécanique de JFC V, il vous a été demandé de :

- Analyser les données statistiques sur les disponibilités des équipements (fréquence, durées...), et évaluer leurs impacts sur la ligne la plus critique
- Identifier les pertes de pannes mécaniques principales enregistrées sur les 3 dernières années, et capitaliser sur les analyses des pannes effectuées et plans d'actions mis en œuvre.
- Mettre en place les trois premières fondations de la maintenance professionnelle, notamment :
 - ✓ Classification des équipements mécaniques selon le model prédéfinis.
 - ✓ Définition d'un Workflow management.
 - ✓ Préparation des dossiers machines :
 - i. Cahiers constructeurs.
 - ii. Pièces de rechanges.
 - iii. AMDEC.
 - iv. Plans de maintenance
- Conception d'élément critique de la ligne.

I.4.2 Le contexte pédagogique :

Ce projet s'inscrit dans le cadre du stage de fin d'étude, au cours duquel les élèves de Master de La FSTF sont censés faire un projet industriel réel. Au cours de ce stage, on doit mettre en place nos acquis pour résoudre des problèmes et trouver des solutions pratiques.

I.4.3 Outils de travail :

Un outil d'analyse stratégique. Il combine l'étude des forces et des faiblesses d'une organisation, d'un territoire, d'un secteur, etc... Avec celle des opportunités et des menaces de son environnement, afin d'aider à la définition d'une stratégie de développement. Le terme SWOT est acronyme issu de l'anglais:

- ✓ S : Strengths (Forces) ;
- ✓ W : Weaknesses (Faiblesses) ;
- ✓ O : Opportunities (opportunités) ;
- ✓ T : Threats (Menaces) ;

La matrice SWOT suivante va s'intéresser au propos du stage de projet de fin d'étude au sein de JFC

V en montrant les points forts et faibles de ce stage, les opportunités et les menaces.

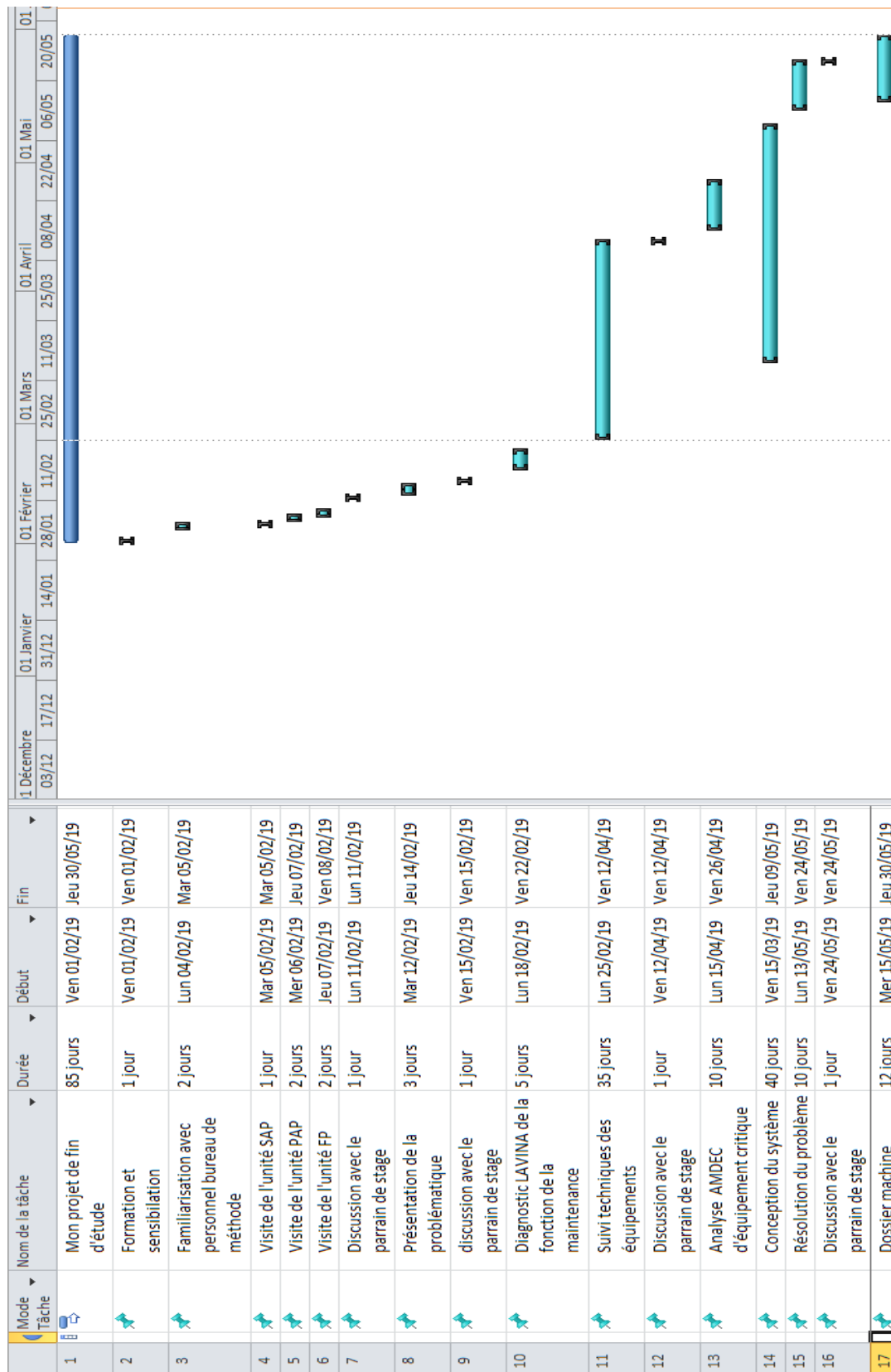


I.1.4 Gestion du projet :

Au début de mon stage durant quelques semaines, nous avions décidé de faire des recherches sur ce qu'il serait possible de faire en corrélation avec ce qu'il existait déjà au terrain. Nous faisons souvent le point sur l'avancement du projet lors de réunions.

Au terme des différentes études sur le matériel sélectionné, une phase de développement logiciel a débuté. Pour chaque logiciel de test développé, on adaptait une technique d'approche où l'on spécifiait d'abord le besoin et où l'on analysait ensuite l'avancement et/ou le résultat. Parallèlement à ceci, l'amélioration de la maintenance au sein de la ligne phosphorique fût étudiée. La phase de la réalisation sera faite dans l'atelier de la maintenance et le bureau de méthodes.

Pour bien mener ce projet, on a décidé de créer le diagramme de GANTT suivant :



CHAPITRE II :

Diagnostic de la fonction de maintenance par l'audit de YVES LAVINA

Deuxième chapitre présente le diagnostic effectué à la fonction maintenance de société JFC V en utilisant la méthode experte des 12 rubriques développée par Yves LAVINA.

Introduction :

Vu que la maintenance influence sur la production, la qualité et le coût de revient, elle est déterminante pour accroître l'espérance de vie de l'entreprise et de ses biens et elle représente un facteur de compétitivité.

Pour pouvoir développer de nouvelles stratégies qui visent à améliorer la maintenance et augmenter le rendement des moyens de production au moindre coût, on a opté pour l'audit de la maintenance. En effet, on a choisi d'effectuer un diagnostic développé par YVES LAVINA en faisant appel à l'expérience des responsables de JFC V.

II.1. Contrainte de la politique actuelle :

La maintenance des équipements, mise en place dans le complexe, se heurte à plusieurs contraintes, dont notamment :

- L'insuffisance des agents de maintenance ;
- Le nombre très élevé des équipements à maintenir ;
- La vaste étendue du champ d'intervention du secteur de production ;
- Chaque panne, pour être réparée, nécessite un délai minimum d'approvisionnement pour se procurer la pièce de rechange. Ce délai peut augmenter si la pièce n'est pas disponible.

II.2. Présentation de la démarche LAVINA :

Le diagnostic de la maintenance consiste à détecter les éventuels écarts entre la situation actuelle et la situation de référence visée : « la norme », puis à prendre des actions correctives visant à mieux atteindre les objectifs.

On a opté pour la méthode LAVINA comme outil du diagnostic de la fonction maintenance actuelle afin de déceler les points faibles et pouvoir les améliorer. En effet cette méthode de diagnostic permet l'analyse de fonctionnement de la maintenance selon les rubriques suivantes :

a. L'organisation générale :

Elle couvre les procédures générales d'organisation du service, les règles selon lesquelles sont établies l'organigramme et les éléments de la politique du service de maintenance.

b. Les méthodes de travail :

La préparation du travail est placée avec les estimations de temps, les méthodes des interventions,

c. Le suivi technique des équipements :

Le suivi technique des équipements regroupe toutes les actions d'analyse menées en vue de doser correctement, en fonction des objectifs de disponibilité et de coût, les interventions palliatives, préventives et correctives sur les diverses installations.

d. La gestion du portefeuille de travaux :

Cette rubrique couvre le traitement des demandes de travaux et des plans de maintenance, en particulier, ceux de la maintenance préventive. Dans cette gestion, toutes les techniques de planning et de distribution du travail sont impliquées : programmation, ordonnancement et lancement.

e. La gestion des pièces de rechange :

Bien que l'heure soit à la suppression des stocks, un minimum existera toujours : Comment sont tenus les stocks ? Quels modes de gestion sont adoptés ? Autant de questions couvertes par ce point.

f. Les achats des pièces et matières :

Il ne s'agit pas d'examiner l'organisation « Achats » de l'entreprise mais de vérifier si les procédures permettant d'approvisionner sont les plus appropriés.

g. *L'organisation de l'atelier de maintenance :*

De nombreuses tâches sont à réaliser en atelier : celui-ci doit offrir des postes de travail bien équipés, des conditions agréables.

h. *Les outillages et les appareils de mesure :*

Les métiers de la maintenance demandent d'être de mieux en mieux outillé et disposer de nombreux moyens de manutention. Le développement des techniques de maintenance conditionnelle amplifie les contrôles et par conséquent les appareils à utiliser.

i. *La documentation technique :*

Une bonne documentation complète et bénéficiant d'une mise à jour systématique est au cœur de la performance de l'entreprise.

j. *Le personnel et la formation :*

Le domaine le plus sensible même si les effectifs internes fondent ! De la gestion du personnel on est passé à la mobilisation des hommes : ce n'est sûrement pas plus facile ! Commandement, polyvalence, formation, climat de travail...

k. *La sous-traitance :*

La mutation la plus délicate qui s'opère en ce moment est le basculement vers la sous-traitance de la maintenance.

Est-on prêt ? A-t-on de bons contrats ? Évalue-t-on les sous-traitants ?

l. *Le contrôle de l'activité :*

Quels moyens a-t-on pour gouverner au mieux la maintenance ? Tableau de bord, système d'informations, comptes rendus d'activité ? Comment établit-on les cadres budgétaires ?

II.3. Le déroulement du diagnostic :

Pour bien mener ce diagnostic, les questionnaires de LAVINA sont remplis en faisant appel aux responsables de maintenance. Les réponses possibles sont : Oui- Non - « Plutôt Oui » ou « Plutôt Non »- « Ni Oui, Ni Non ».

Pour l'utiliser, il suffit d'encrer le nombre indiqué dans la colonne se rapprochant le plus de l'appréciation portée pour la question posée. Un sous-total est ensuite calculé pour chacune des 12 rubriques.

II.3.1. Présentation des résultats du questionnaire :

Ci-dessous, on va présenter deux tableaux tirés du diagnostic effectué. Le premier présente les réponses de la première rubrique LAVINA. Dans le deuxième, on trouve respectivement les domaines d'analyse, le score obtenu, le maximum possible et finalement le pourcentage du score obtenu par rapport au maximum possible.

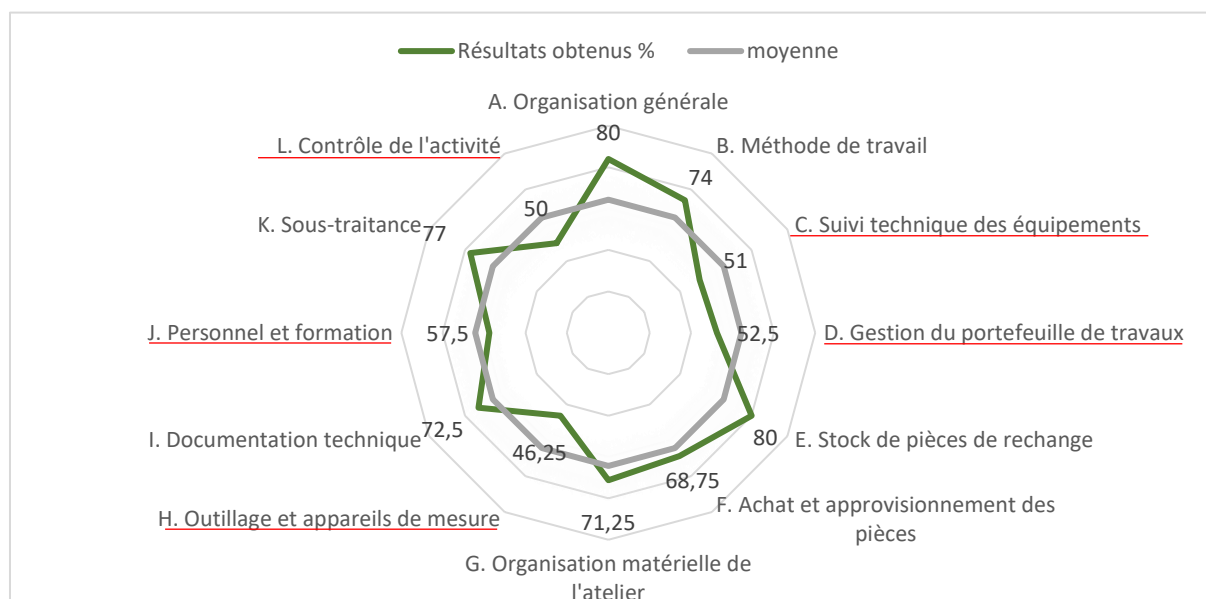
A-Organisation générale	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Avez-vous défini par écrit et fait approuver l'organisation de la fonction maintenance ?	0	-	-	-	30
Les responsabilités et les tâches définies dans l'organisation sont-elles vérifiées périodiquement pour adaptation ?	0	-	-	-	10
Les responsabilités et les tâches des contremaîtres ou agents de maîtrise sont-elles clairement définies ?	0	-	-	-	20
Le personnel d'encadrement et de supervision est-il suffisant ?	0	10	-	20	30
L'activité de chaque agent de maîtrise (contremaître ou responsable de section) est-elle encadrée par un budget de fonctionnement ?	0	-	5	-	10
Existe-t-il un responsable pour assurer la coordination des approvisionnements, des travaux, des études d'installation et de formation ?	0	5	-	15	20
Existe-t-il des fiches de fonction (domaine de responsabilité et domaine d'initiative) pour des postes d'exécutant ?	0	-	10	-	20
Les agents exploitant le matériel disposent-ils de consignes écrites pour réaliser les tâches de maintenance (surveillance, contrôles de fonctionnement...) de premier niveau ?	0	10	-	20	30
Vous réunissez-vous périodiquement avec l'exploitant pour examiner les travaux à effectuer ?	0	-	5	-	20
Les objectifs du service sont-ils écrits et sont-ils contrôlés régulièrement ?	0	5	-	20	30
Êtes-vous consulté par l'exploitant ou par les services d'ingénierie à l'occasion de l'étude ou de l'installation de nouveaux équipements ?	0	10	-	20	30

Tableau 3: Première rubrique de LAVINA

Domaine d'analyse de la maintenance	Scores obtenus	Maximum possible	Pourcentage %
a. Organisation générale	200	250	80
b. Méthode de travail	185	250	74
c. Suivi technique des équipements	127.5	250	51
d. Gestion du portefeuille de travaux	157.5	300	52.5
e. Stock de pièces de rechange	160	200	80
f. Achats et approvisionnement des pièces	137.5	200	68.75
g. Organisation matérielle de l'atelier	142.5	200	71.25
h. Outillages et appareils de mesure	92.5	200	46.25
i. Documentation technique	145	200	72.5
j. Personnel et formation	230	400	57.5
k. Sous-traitance	192.5	250	77
l. Contrôle de l'activité	150	300	50
SCORE TOTAL	1920	3000	64.33%

Tableau 4: Résultat du diagnostic LAVINA

Pour mieux visualiser les points faibles, les résultats obtenus peuvent être présentés sous forme de graphe de radar :



II.3.2. Analyse des résultats LAVINA :

D'après l'ouvrage Audit de la maintenance d'Yves Lavina (1992), la fonction maintenance est jugée organisée lorsque son score dépasse 80%. Dans notre cas, le score moyen est de **64%**. Ceci dit la fonction maintenance au sein de Jorf Fertilizers Company V nécessite des actions correctives au niveau de certaines rubriques du diagnostic.

Le résultat du diagnostic Lavina (Annexe 1) permet de détecter les faiblesses au niveau de la fonction maintenance sur plusieurs points.

Les rubriques qui nécessitent une attention particulière (soulignées dans la figure 10) sont :

- *Personnel et formation ;*
- *Contrôle de l'activité ;*
- *Outillages et appareils de mesure ;*
- *Gestion de portefeuille des travaux ;*
- *Suivi technique des équipements ;*

II.3.3. Recommandations :

D'après les réponses des responsables au diagnostic, on a pu recenser les causes de faiblesse de chaque axe pour lesquelles on a donné les recommandations suivantes :

a. Personnel et formation

- Assurer un climat agréable de travail en motivant le personnel et en les aidant à évoluer ;
- Assurer des formations mensuelles au personnel afin d'améliorer leur rendement ;
- Prévoir des formations en développement personnel ;
- Sensibiliser le personnel sur l'importance de l'assiduité ;
- Améliorer les relations entre le personnel et les services clients en organisant des excursions en dehors de l'horaire du travail ;
- Établir un planning afin de suivre rigoureusement les compétences du personnel en prévoyant des entretiens semestriels.

b. Contrôle de l'activité :

- Établir un tableau de bord qui aide à prendre les bonnes décisions au niveau des actions correctives ;
- Mettre en place un planning des interventions en prenant en considération la charge de chaque exécutant ;
- Implémenter un système d'enregistrement des données pouvant calculer les coûts de maintenance pour chaque équipement ;
- Suivre de près le potentiel de maintenance en enregistrant les tâches exécutées et leurs durées d'intervention ;
- Améliorer le flux d'information entre les services.

c. Outillages et appareils de mesure :

- Placer une boîte à outils personnelle pour chaque exécutant pour optimiser le mouvement de celui-ci et gagner en temps ;
- Revoir le point de commande des outillages spéciaux et équipements de tests afin d'éviter la situation de rupture en prenant en considération le délai d'approvisionnement.

d. Gestion de portefeuille de travaux

- Adopter des check-lists pour les activités de maintenance préventive ;
- Donner la priorité aux travaux influant le plus le processus de production.

e. Suivi technique des équipements

- Élaborer pour chaque équipement notamment pour les plus critiques des dossiers machines;
- Faire un suivi formel des informations relatives aux comptes rendus de visites ou inspections préventives.

Conclusion :

Après avoir effectué une analyse de l'existant et un diagnostic de l'état réel en utilisant la méthode LAVINA, on a pu identifier les principales rubriques qui nécessitent une attention particulière.

Par conséquent, il s'avère nécessaire de se focaliser sur ces rubriques afin de pouvoir améliorer la fonction maintenance vu que la faiblesse de la fonction maintenance est due à ces axes.

CHAPITRE III :

Analyse de la performance des unités de production et classification TDPC des équipements de la ligne PAP

Le troisième chapitre englobe l'analyse d'un indicateur de productivité afin d'avoir une vue d'ensemble de la performance des unités de production de la société JFC V suivie d'une classification TDPC des équipements de l'unité la moins performante.

Introduction :

Le taux de rendement global est un indicateur qui permet d'obtenir une vue d'ensemble de la performance d'une machine ou d'une usine. Le point fort du TRG réside dans le fait qu'il prend en considération trois paramètres de performance : la disponibilité, l'efficacité et la qualité.

Grâce à cet indicateur, on peut cerner l'unité la moins performante pour ensuite classer ses équipements et se focaliser sur l'équipement pilote pour mettre en œuvre nos actions correctives.

Afin de mettre en place notre politique de maintenance préventive, on a choisi de suivre la méthodologie de la maintenance basée sur la fiabilité. Cette méthode a pour objectifs de :

- Définir les actions de maintenance programmée à mettre en place ;
- Augmenter la performance de la production en matière de sûreté de fonctionnement ;
- Redéfinir les actions de maintenance programmée.

Les étapes de cette démarche :

1. Sélection des sites et des équipements critiques
2. Analyse descendante des équipements
3. Décompositions de l'équipement en sous-ensembles
4. Analyse des défaillances fonctionnelles
5. Sélections des actions de maintenance préventive
6. Analyse du retour d'expérience
7. Mise en œuvre du plan de maintenance

III.1 Analyse de la performance des unités de production de JFC V :

L'objectif du calcul de ce taux dans notre étude est de pouvoir cerner la ligne de production, parmi les lignes de production de JFC V, qui subit le plus de défaillances et qui a la valeur du TRG la plus faible.

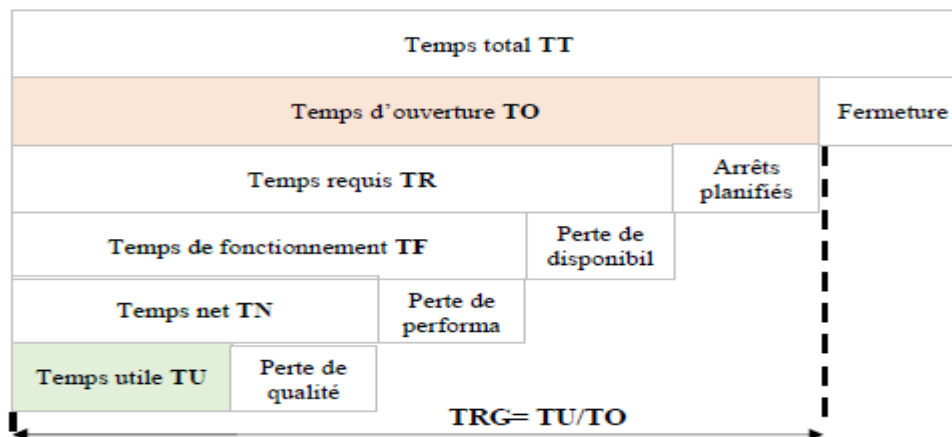


Figure 11: Calcul du taux de rendement global

Une norme industrielle n'est pas toujours applicable dans toutes les entreprises vu leurs diversités fonctionnelles et structurelles. Dans notre cas, JFC V prend un taux de qualité égale à 1, car ses procédures de production contiennent des boucles de production fermes, donc les produits finis répondent toujours aux exigences de qualité.

La formule de calcul de ce taux est la suivante :

Tel que :

- Le taux de disponibilité production est : $TD(production) = \frac{TR}{TO}$
- Le taux de disponibilité maintenance est : $TD(maintenance) = \frac{TF}{TR}$
- Le taux d'allure est : $TA = \frac{TN}{TF}$
- Le taux de qualité est : $TQ = \frac{TU}{TN}$

Dans notre cas le taux de qualité est égal à 1.

$$TRG = \frac{TR}{TO} * \frac{TF}{TR} * \frac{TN}{TF} * \frac{TU}{TN}$$

III.1.1 Méthode suivie pour le calcul du TRG :

Avant d'entamer le calcul de ce taux, on a commencé par recenser les données historiques des pannes ainsi que leurs durées des lignes de production de l'acide sulfurique, de l'acide phosphorique et des engrais de ces trois années dernières.

Ensuite, on a calculé la somme des durées des arrêts par type d'arrêt et des interventions maintenance ainsi que la différence entre la production réelle et nominale afin d'en déduire les temps cités ci-dessus.

Exemple :

Prenons l'exemple de calcul du TRG de la ligne PAP en janvier 2018.

a. Recensement des données historiques :

Les données historiques des pannes contiennent la date de l'arrêt, sa durée ainsi que la description de la cause de cet arrêt. Ces données ont été bien étudiées afin de s'assurer de leur précision et de leur fiabilité.

Atelier	Unité	TyPROC d'arrêt	Description	Equipement(repéré)	Date de début	Date de fin	ure de début	Heure de fin
PAP	AF	PROC	arrêt pour nettoyage les hautes d'assainissement cuve d'attaque	303AR01	02/01/2018	02/01/2018	22:30	23:30
PAP	302	PROGRAMME	préparation pour l'arrêt programmer	302	05/01/2018	05/01/2018	7:00	23:30
PAP	AF		arrêt programmé pour travaux de maintenance et lavage périodique de la ligne	303	05/01/2018	05/01/2018	7:00	23:30
PAP	302	MM	Suite arrêt de l'attaque filtration	303FV402A	12/01/2018	12/01/2018	21:40	0:30
PAP	AF	MM	arrêt pour élimination de la fuite au circuit d'acide sulfurique par serrage de la bride	303FV402A	12/01/2018	13/01/2018	21:40	0:30
PAP	302	MM	Suite arrêt de l'attaque filtration	303FV402A	13/01/2018	13/01/2018	2:30	5:00
PAP	AF	MM	arrêt pour élimination de la fuite au circuit d'acide sulfurique changement le joint en téflon	303FV402A	13/01/2018	13/01/2018	2:30	5:00
PAP	302	MM	Suite arrêt de l'attaque filtration	303FV402A	13/01/2018	13/01/2018	9:25	11:10
PAP	AF	MM	arrêt pour élimination par soudure de la fuite du circuit d'acide sulfurique	303FV402A	13/01/2018	13/01/2018	9:25	11:10
PAP	302	MM	Suite arrêt de l'attaque filtration	303AP07	16/01/2018	16/01/2018	7:00	12:00
PAP	AF	MM	arrêt pour changement la pompe 303AP07	303AP07	16/01/2018	16/01/2018	7:00	12:00
PAP	302	EXTERNE	arrêt suite arrêt des attaques	sulfurique	18/01/2018	19/01/2018	14:40	7:00
PAP	AF		arrêt suite à l'arrêt de l'atelier sulfurique.	sulfurique	18/01/2018	19/01/2018	14:40	7:00
PAP	302	MM	Suite arrêt de l'attaque filtration	303AS01	26/01/2018	26/01/2018	11:20	13:50
PAP	AF	MM	arrêt pour travaux programmer (graissage filtre)	303AS01	26/01/2018	26/01/2018	11:20	13:50
PAP	302	PROGRAMME	préparation pour l'arrêt programmer	302	01/02/2018	01/02/2018	8:00	17:30
PAP	AF		arrêt programmé pour travaux de maintenance et lavage périodique de la ligne	303	01/02/2018	01/02/2018	8:00	17:30
PAP	AF	MM	Soudage le circuit de vapeur et changement le clapet anti-retour	vapeur	01/02/2018	01/02/2018	17:30	20:00
PAP	AF	MM	élimination la fuite / isolation le filtre ref 303AP04 et ouv/femm du 303AE02	303AS02/RS02	01/02/2018	01/02/2018	20:00	0:30
PAP	302	MM	Suite arrêt de l'attaque filtration	303AS01	09/02/2018	09/02/2018	1:50	11:20
PAP	AF	MM	arrêt pour réparation la plate d'usure filtre prayon et graissage du filtre 303AS01	303AS01	09/02/2018	09/02/2018	1:50	10:25

Figure 12: Extraits des données historiques

b. Calcul de la somme des durées par type d'arrêt :

En utilisant l'outil « Tableau croisé dynamique » d'Excel, on a calculé les sommes des durées par type d'arrêt (arrêt froid, maintenance électrique, maintenance mécanique, régulation, ...) afin de différencier les arrêts prévus des arrêts non prévus et pouvoir calculer les temps requis et les temps de fonctionnement à partir du temps d'ouverture.

Types d'arrêt	Durée des arrêts
EXTERNE	24:00
ME/MR	00:00
MM	29:10
PROC	01:00
PROGRAMME	33:00
TOTAL	87 :10

Tableau 5:La durée par type d'arrêt

c. Calcul du Taux de disponibilité et le taux d'allure

- Temps d'ouverture : $TO = 24 * 31 = 744$ h ;
- Temps requis : $TR = TO - \sum \text{durée des arrêts planifiés}$;
- Temps de fonctionnement : $TF = TR - \sum \text{durée des arrêts non planifiés}$;
- Temps net de fonctionnement : $TN = TF * \frac{\text{Production réelle}}{\text{Production nominale}}$

Données	Valeurs
Temps d'ouverture	744
Temps requis	711
Temps de fonctionnement	656,9
Production réelle	28750
Production nominale	31250
Taux d'allure	0.92
Temps net de fonctionnement	547,24
Temps utile	547,24

Tableau 6:Exemple de calcul du TRG de la ligne PAP en janvier 2018

$$D'où : TRG = \frac{TN}{TO} = \frac{547,24}{744} = 73,5 \%$$

d. Evaluation des calculs réalisés :

La figure suivante représente le TRG de chaque unité (Les valeurs sont dans l'annexe 2)

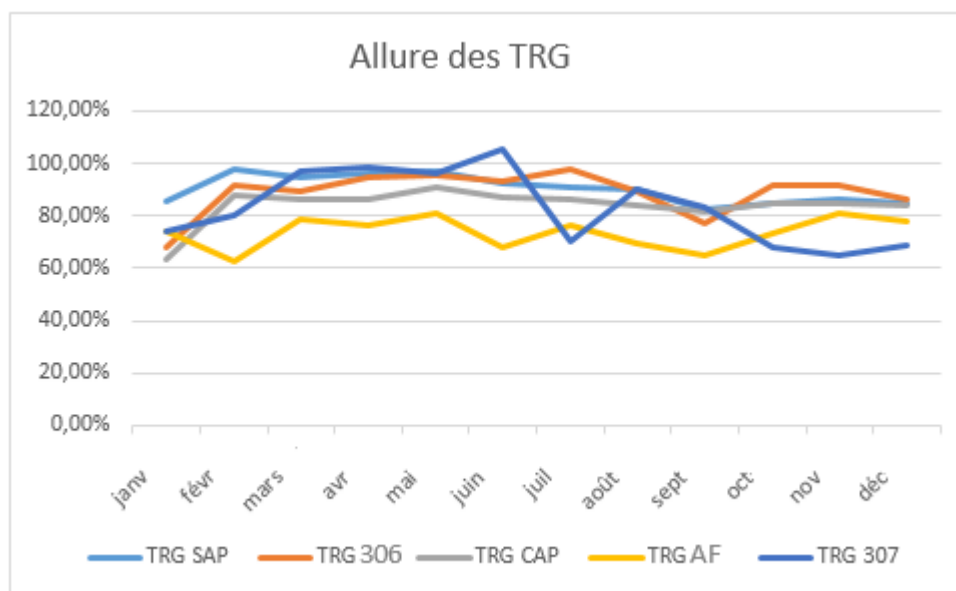


Figure 13:L'allure du TRG des unités de JFCV

Après l'analyse des courbes de TRG pour chaque unité, il apparaît que la ligne AF de production d'acide phosphorique est la plus critique.

Les unités de production	La moyenne du TRG
La ligne AF	73,59%
La ligne 307	82,98%
Unité CAP	83,91%
Unités 306	88,95%
Unités SAP	90,31%

Tableau 7: La moyenne du TRG

Après cette analyse, on remarque que la moyenne des TRG la plus faible est celle de la ligne AF de production d'acide phosphorique. Donc, on va se focaliser sur cette ligne au niveau de l'analyse et du plan d'actions.

III.2 Classification des équipements selon la méthode TDPC :

Cette partie aborde le problème du classement des équipements de production par ordre de priorité dans le contexte de mise en œuvre d'un système de gestion et de suivi de la maintenance au sein de la ligne AF de JFC V.

Une approche multicritère est adoptée par l'OPS pour classer les équipements de cette ligne de production et identifier les équipements pilotes. Une famille de critères est proposée pour effectuer le classement.

III.2.1. Présentation de la méthode TDPC :

Dans une installation industrielle, le niveau de maintenance fourni à un équipement est lié directement à la disponibilité fixée comme objectif. Ainsi, tous les équipements critiques ne doivent pas tomber en panne ou, au moins la défaillance doit être détectée et corrigée rapidement.

Et comme les ressources d'un service de maintenance sont limitées, il est nécessaire de faire une classification et une priorisation des équipements pour concentrer l'effort sur ceux qui sont critiques.

Dans cette phase, on applique la méthode multicritère TDPC qui est un outil très utilisé pour avoir un état des lieux sur la classification du parc machine.

Comme son nom l'indique, la méthode TDPC se base sur quatre critères :

Indices	Abréviation	Description
Temps de réparation	T	Pris de l'historique (MTTR)
Degré d'influence	D	Effet sur la sécurité, l'environnement, la qualité et le coût
Probabilité de panne	P	Pris de l'historique (MTBF)
Criticité de l'équipement	C	Basés sur la durée d'arrêt de production
Score de classification	T+D+P+C	

Tableau 8: Critère de la méthode TDPC

III.2.2. Étapes suivies pour la classification :

La procédure de classification nécessite la participation de tous les acteurs de l'atelier de maintenance et d'exploitation et se déroule comme suit :

- *Étape1* : Lister tous les équipements de l'atelier de production ;
- *Étape2* : Fixer un barème par critère ;
- *Étape 3* : Calculer le score de chaque équipement ;
- *Étape 4* : Faire une classification par ordre décroissant et regrouper les équipements.

Afin d'évaluer chaque équipement pour établir la classification on a élaboré la grille de cotation suivante :

Classification	N°	Item	Critère
Temps de réparation (T)	1	Temps moyen de réparation MTTR	Supérieur à 2 jr = 35 24h<...<48h =30 ; 12h<...<24h =25 8h<...<12h = 20 ; 4h<...<8h =15 0.5h<...<4h= 10 ; <0.5h= 5
Facteur d'influence (D)	2	Utilisation de l'équipement	Avec stand by=1 ; Sans stand by= 5
	3	Aspect sur la sécurité	Très fort risque pour le personnel =5 ; sans risque=1
	4	Aspect sur l'environnement	For impact = 5 ; Faible impact= 1
Probabilité de panne (P)	5	Fréquence des pannes MTBF	Supérieur à 4 par mois = 35 3 fois/mois = 25 ; 2 fois/mois = 15 1 fois/mois = 10 ; inf à 1 par mois = 5
Criticité de l'équipement	6	Criticité de l'équipement en fonction des arrêts de production	00 pas d'impact sur la production 20 impact inférieur à 8h 40 impact entre 8h et 24h 60 impact de plus de 24h 80 Arrêt total de la production plus de 48h

Tableau 9: Barème de la classification TDPC

Le score de classification est la somme des notations des 4 critères : T, D, P et C

$$\text{Score} = T + D + P + C$$

Ce tableau présente les 4 classes de cette méthode, chaque classe contient un pourcentage spécifique des équipements.

Score de l'évaluation	Type de classe		Description de criticité
95% - 100%	Classe AA	5%	Criticité très élevée
80% - 95%	Classe A	15%	Criticité élevée
20% - 80%	Classe B	60%	Criticité moyenne
0% - 20%	Classe C	20%	Criticité faible

Tableau 10: Pourcentage des équipements par classe

Maintenance Professionnelle classification des équipements-synthèse			Critère de l'évaluation					Atelier phosphorique
Etape du procédé de fabrication	Repère géographique de l'équipement	Désignation de l'équipement	Temps de réparation	Facteur d'influence	Probabilité de pannes	Criticité	Evaluation	Classification de l'équipement (AA-A-B-C)
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AS01	Filtre Prayon	15	7	35	40	97	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AR02	Bac de digestion	25	7	5	60	97	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP01	Pompe de circulation de bouillie	25	7	5	60	97	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AC01	Pompe à vide du Flash-cooler	25	7	5	60	97	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AC05	Ventilateur d'assainissement des gaz	15	11	10	60	96	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA01	AGITATEUR CUVES D'ATTAQUE PRAYON	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA02	AGITATEUR CUVES D'ATTAQUE	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA03	AGITATEUR CUVES D'ATTAQUE	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA04	AGITATEUR CUVES D'ATTAQUE	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA05	AGITATEUR CUVES D'ATTAQUE	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA06	AGITATEUR CUVES D'ATTAQUE	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA07	AGITATEUR CUVES D'ATTAQUE	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA08	AGITATEUR CUVES D'ATTAQUE	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA09	Agitateur bac de digestion AR02 Prayon	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA10	Agitateur bac de digestion AR03 Prayon	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA11	Agitateur bac de digestion AR04 Prayon	15	7	5	60	87	A

Tableau 11: Extrait de classification TDPC des équipements de la ligne AF

Conclusion :

La moyenne des TRG la plus éloignée de la cible est celle de la ligne AF de production d'acide phosphorique. Donc, on va se focaliser sur cette ligne au niveau de l'analyse et du plan d'actions.

Au niveau de l'analyse, on a effectué la classifications TDPC afin de stratifier les équipements pilotes de la ligne AF (Voir annexe 3) pour ensuite réaliser, dans le chapitre suivant, une analyse AMDEC à l'équipement le plus critique de cette ligne qui est le Filtre PRAYON.

Chapitre IV :

Analyse AMDEC au Filtre Prayon de la ligne PAP

Le quatrième chapitre englobe l'analyse fonctionnelle de l'équipement critique qui est le filtre PRAYON suivie d'une analyse AMDEC à celle-ci.

Introduction :

Après avoir effectué la classification TDPC et recensé les équipements les plus critiques de la ligne PAP, dans ce chapitre on va effectuer l'analyse AMDEC en commençant par une analyse fonctionnelle de l'équipement pilote, ensuite un recensement des modes de défaillances et attribuer à chacun sa criticité en se basant sur l'historique des arrêts ainsi que sur l'expérience des responsables.

IV.1 Présentation de l'analyse

La méthode AMDEC est l'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité. L'AMDEC est un outil utilisé dans la démarche qualité et dans le cadre de la sûreté de fonctionnement.

L'AMDEC consiste à analyser :

- Les défaillances d'un équipement ;
- Leurs causes ;
- Leurs effets.

L'AMDEC est réalisée grâce à des contrôles :

- De différents points de la chaîne de production ;
- Du produit ou du service fini.

IV.2 Types d'AMDEC

Types d'AMDEC	Rôle	Document de travail associé
AMDEC fonctionnelle	Analyse des défaillances et de ses causes à l'étape de la conception	Plan de construction - Brevet
AMDEC Produit	Analyse des demandes clients en termes de fiabilité	Plan de fiabilisation
AMDEC Process	Analyse des risques liés aux défaillances d'un produit	Plan de surveillance - Contrôle qualité
AMDEC Moyen de Production	Analyse des risques liés aux défaillances de la chaîne de production	Guide de maintenance
AMDEC Flux	Analyse des risques liés à l'approvisionnement, le temps de réaction et de correction et leurs coûts	Plan de gestion des stocks - Procédure de sécurité

Tableau 12: Type d'AMDEC

IV.3 Objectifs de l'analyse

Cette étude a pour but d'identifier les défaillances d'un filtre PRAYON et d'identifier ses sous-ensembles critiques vu qu'elle a un très grand impact sur la ligne de production AF dont les effets agissent directement sur la productivité de l'entreprise. Cet équipement est considéré critique car son score de classification TDPC atteint 97.

Cette AMDEC a été rédigée sous la responsabilité du service maintenance.

IV.4 La méthodologie de l'analyse AMDEC

Dans cette partie nous sommes devant l'application d'une AMDEC moyen.

La réalisation de cette AMDEC a connu le déroulement suivant :

- La constitution d'un groupe de travail ;
- L'analyse fonctionnelle de la machine ;
- L'analyse des défaillances potentielles ;
- L'évaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité ;
- L'identification des recommandations.

IV.4.1 Constitution du groupe de travail :

Il s'agit de constituer l'équipe multidisciplinaire qui aura à réaliser l'étude. Les personnes impliquées dans cette étude sont :

- M. EL KHOMSSI Soufiane (Responsable du bureau de méthodes) ;
- M. AISSAOUI Soumia (Responsable du GC) ;
- M. LANNANI Younes (Responsable d'atelier PAP) ;
- M. EL ADAMI Driss (Chef atelier PAP);
- M. WAHBOUN Mohammed (Préparateur)
- Mlle BENBAHAKA Maria (Stagiaire)

Comme dans plusieurs démarches, il y a une phase préparatoire qui consiste en une collecte de données pour réaliser l'étude, pour ce faire nous avons été amené à préparer un questionnaire pour faciliter la tâche de recherche des causes et pouvoir analyser les effets que peuvent provoquer ces défaillances voilà quelques questions que nous avons préparé et les réponses des membres d'équipe :

- Quels sont les éléments les plus sollicités par les pannes ?
- Comment nous pourrions intervenir dans le cas où on entend des bruits anormaux au niveau du système d'entraînement?
- Quel problème peut causer un excès de graisse au niveau du pignon d'attaque ?
- Comment se passe la révision d'un réducteur ?
- Que provoque l'usure du galet de levier de commande sur la cellule ?
- Comment peut-on détecter la défaillance d'un capillaire?

Réponses :

- D'après nos expériences les éléments les plus sollicités par les pannes sont les galets de cellules et les capillaires.
- Il faut l'examiner à l'aide d'un stylo vibratoire.
- Blocage du capteur au niveau du pignon d'attaque.
- Il est transféré à un atelier pour le réparer.
- Lors de renversement de la cellule, l'opérateur entend un battement de la cellule, ce qui contribue à l'usure du ressort amortisseur.

+l'inspection se base sur l'observation et l'écoute des bruits anormaux.

IV.4.2 Support de l'étude AMDEC :

L'étude AMDEC exige la présence de certains documents afin de s'assurer de la fiabilité de l'analyse.

Parmi ces supports, on trouve :

- La décomposition fonctionnelle du système ;
- Les liens de dépendance existant entre les systèmes ;
- Le support d'historique des pannes de la machine ;
- Le dossier machine ;
- Le support des barèmes d'évaluation ;
- Le support de la grille AMDEC.

IV.4.3 Les barème d'évaluation :

L'évaluation de défaillances se traduit par un calcul de leurs criticités, à partir de l'estimation des indices de fréquence, de gravité et de détectabilité. La criticité est inscrite dans l'ensemble de colonnes. L'indice de criticité est donné par le produit des trois indices F, G et D comme suit :

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

Indice de Fréquence : F

Il représente la probabilité que la cause de défaillance apparaisse et qu'elle entraîne le mode potentiel de défaillance considéré. Le barème de cotation varie entre 1 et 4.

Note	F : Fréquence (probabilité d'occurrence de la défaillance)
1	1 Défaillance par 5 ans (extrêmement improbable)
2	1 Défaillance max par 2 ans (très improbable)
3	1 Défaillance max par 1 an (improbable)
4	1 Défaillance max par 6 mois (probable)

Tableau 13: Barème de notation de la fréquence F

Indice de Gravité : G

Les barèmes de cotation, variant de 1 à 4, se basent sur les effets provoqués par la défaillance, en termes de :

- Temps d'Intervention (TI) ;
- Qualité des pièces produites ;
- Sécurité des hommes ou des biens ;

Note	G : Gravité de la défaillance
1	Défaillance mineure : aucune dégradation notable (TI < 10 min)
2	Défaillance moyenne : nécessitant une remise en état de courte durée (TI =< 2h)
3	Défaillance importante nécessitant une intervention de longue durée (2h< TI <10h)
4	Défaillance catastrophique : nécessitant une grande intervention, dommage du matériel important (TI > 24h)

Tableau 14: Barème de notation de la gravité G

Indice de Non-Détection : D

C'est la probabilité que la cause ou le mode de défaillance supposés apparus provoquent l'effet le plus grave, sans que la défaillance ne soit détectée au préalable. Le barème de cotation varie entre 1 et 4.

Note	D : Détectabilité de la défaillance
1	Détection facile
2	Défaillance détectable avec une certaine recherche
3	La détection n'est pas facile pour un opérateur ordinaire
4	Expertise nécessaire

Tableau 15: Barème de notation de la détection

Indice de criticité : C

Ceci va permettre de mettre un seuil de criticité pour partager les équipements en des catégories de criticité.

Valeurs de C	Criticité
$1 \leq C < 10$ Criticité négligeable	Aucune modification Maintenance corrective
$10 \leq C < 18$ Criticité moyenne	Amélioration Maintenance préventive systématique
$18 \leq C < 27$ Criticité élevée	Surveillance particulière Maintenance préventive conditionnelle
$27 \leq C < 64$ Criticité interdite	Remise en cause complète de l'équipement

Tableau 16: Notation de critère criticité

IV.5 Description de fonctionnement du filtre PRAYON :

IV.5.1 Généralité :

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. La cellule retrouve ensuite une position normale et elle est prête à recommencer un cycle de filtration.

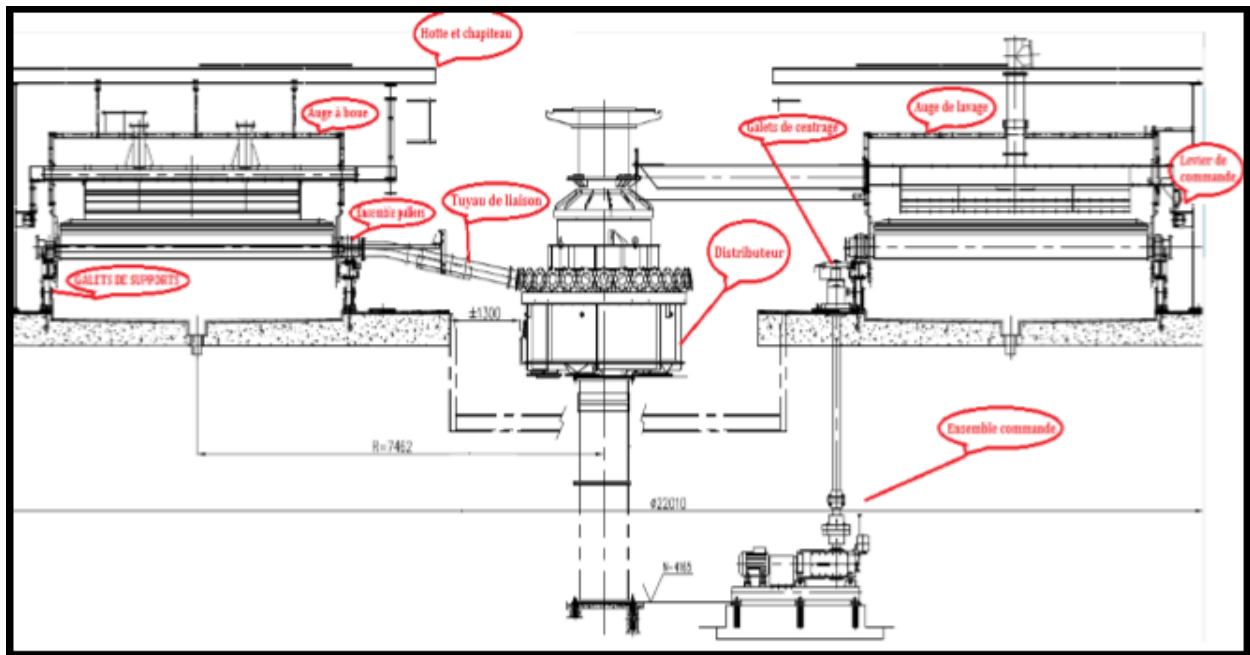


Figure 14: Les sous-ensembles du filtre

IV.5.2 Principe de fonctionnement :

Au cours de rotation du châssis, les cellules se remplissent d'abord avec la bouillie grâce aux auges de distribution, puis elles passent au-dessus du circuit de vide où se déroule l'opération de filtration en trois fois :

- ✓ Une première absorption qui nous donne un acide phosphorique fort.
- ✓ Une deuxième absorption arrosée avec de l'acide faible qui nous donne un acide moyen qui sera renvoyé dans la station d'attaque.
- ✓ Et une troisième absorption arrosée avec l'eau, nous donne un acide faible qui sera envoyé pour arroser la bouillie de la seconde absorption.

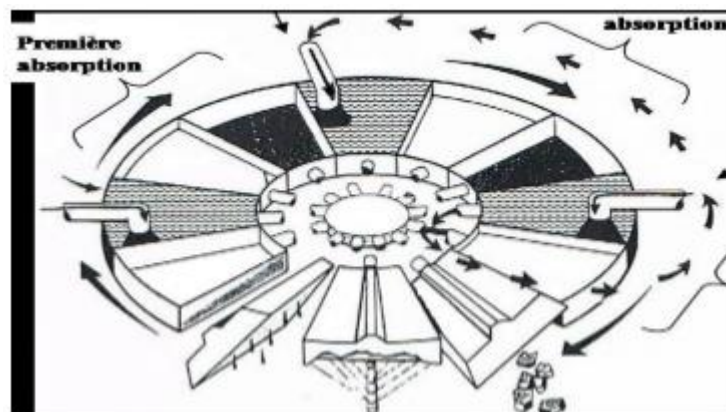


Figure 15: Fonctionnement du filtre PRAYON

Ensuite, elles basculent en arrière pour permettre au gâteau (phosphogypse) de tomber, elles cheminent ensuite pendant un certain angle en position renversées pour être lavées par pulvérisation d'eau. Enfin elle se redresse pour se retrouver prête à faire un nouveau cycle. Ces mouvements sont imprimés à la cellule par le levier de cellule portant à ses deux extrémités un galet de roulement. Ces deux galets entrent donc successivement en contact avec les sections de rails de guidage fixés aux colonnes de l'ossature du filtre.

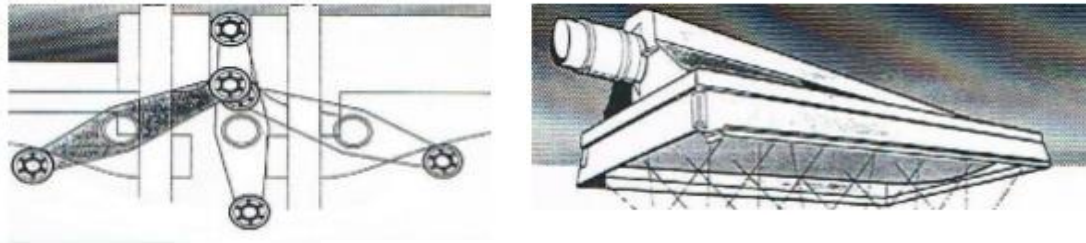


Figure 16:Chemin de renversement de cellule

IV.5.3 Caractéristique du filtre

Année de construction	2012
Constructeur	Profile- Belgique
Construit pour	JFC V pour la ligne PAP
Poids du filtre à vide	132 T
Hauteur hors tout	4.09m
Diamètre extérieur	22.01m
Vitesse de rotation max	2 min/tr
Vitesse de rotation min	10 min /tr
Surface totale	219 m²
Surface utile de filtration	190 m²
Puissance installée	30Kw

Figure 17:Caractéristique du filtre

IV.6 Description principale des parties constituant :

○ Charpente fixe :

La charpente en acier faite de colonnes reliées par des entretoises est boulonnée à des plaques d'assise ancrées dans le plancher; l'équipement suivant est fixé à ces colonnes :

- Le chemin de renversement des cellules permettant une vitesse de rotation élevée (2min/tour).
- Les panneaux de protection extérieurs.
- Le chapiteau coupe jet.
- 2 auges d'alimentation des boues.
- 4 auges de lavage du gâteau.
- La hotte de dégazage.

○ Châssis tournant :

Il constitue une structure en acier solide, rigide et horizontale faite de 2 anneaux concentriques reliés par des bras de liaison. Le châssis tournant supporte les cellules, chacune est portée par une paire de paliers, il est entraîné par un pignon s'engrenant avec une roue dentée fixée à une des circulaires. Le châssis tournant repose sur une double série de galets dont le revêtement souple en polyuréthane est lui-même protégé par des flasques et joints d'étanchéité au niveau de l'interface avec la jante. D'autre part la hauteur de ses galets est ajustable grâce à un axe excentrique monté sur supports. Il est maintenu dans son axe de rotation par une série de galets de centrage également équipés de l'axe excentrique des flasques et joints susmentionnés.

○ Cellules de filtration :

Chaque cellule est équipée de 2 tourillons portant dans les paliers. Le tourillon interne est utilisé pour le passage des fluides (filtrats et air), le tourillon externe est équipé d'un levier de guidage portant les galets de guidage de la cellule. Le bac de cellule reçoit un support de toile et une toile filtrante appropriée, la toile est fixée au bac par un jeu de clames de fixation à démontage et remontage rapide (sans boulons de fixation). Les tourillons de cellules sont équipés de bagues d'usure amovibles en métal. Les paliers de cellule sont équipés de bagues d'usure amovibles en matériau synthétique. Le levier de guidage est également équipé d'un 3^{ème} galet assurant une position automatique horizontale de la cellule dans le sens de l'avancement du filtre.

○ Tuyau de liaison :

Les connexions de la cellule au distributeur central sont réalisées par des tuyaux flexibles renforcés permettant d'éviter les fuites de vide ou de liquide en assurant le retournement de la cellule par simple torsion.

○ Distributeur central type ACB (Aspiration centrale des gaz par le haut) :

Le distributeur assurant la distribution des filtrats et la mise en communication des cellules avec les circuits de vide et de ventilateurs consiste en :

- Une partie supérieure rotative reliée aux cellules, entraînée par le châssis tournant et munie d'un plateau d'usure en inoxydable.
- Une partie fixe inférieure avec plateau d'usure en polyéthylène maintenue au plancher intermédiaire par un support en acier.

On assure ainsi le joint d'étanchéité entre la partie tournante et la partie fixe grâce à un anneau d'usure spécial en matériau plastique fixé sur la partie fixe. La partie statique appelée boîte de distribution est divisée en secteurs ajustables, chacun correspondant à une opération du cycle de filtration (formation du gâteau, 1^{er} lavage, etc..).

○ Mécanisme d'entraînement :

Le groupe de commande est constitué des éléments suivant:

- Un moteur électrique à courant alternatif alimenté par un variateur de fréquence.
- Un réducteur.
- Un accouplement de sécurité placé entre les 2 éléments ci avant.
- Un accouplement souple monté sur l'arbre de sortie du réducteur entraînant l'arbre sur lequel est monté le pignon denté s'engrenant avec la roue dentée fixée au châssis tournant.

○ Auge d'alimentation en bouillie avec 2 lignes d'alimentation :

L'auge à boue distribue de manière uniforme la boue par-dessus les cellules en 2 zones de manière à minimiser la turbulence du jet de boue, ce qui assure une répartition idéale de celle-ci dans les cellules et un gâteau d'égale épaisseur.

○ Auges de lavage :

Les auges de lavage distribuent les différents liquides de lavage par-dessus les cellules et du gâteau.

○ Lavage des toiles filtrantes et système de lavage de cellules :

Constitué d'un système de pulvérisation (tube équipé de pulvérisateurs), à jet plat pour laver les cellules et leur toile pendant leur passage en position retournée.

○ Tôle anti-éclaboussures :

Une double rangée de tôles anti-éclaboussures sont fixées sur les circulaires du châssis tournant formant des écrans de protection contre les éclaboussures ou débordement accidentels.

○ **Chapiteau coupe jet :**

Un chapiteau coupe jet est installé au-dessus du système de pulvérisation d'eau de manière à éviter des éclaboussures lors du lavage des cellules et des toiles.

○ **Hotte de ventilation :**

Une hotte de ventilation couvrant la zone d'alimentation et s'étendant jusqu'à la 1^{ère} auge de lavage.

○ **Trémie de décharge gypse :**

Cette trémie de parois inclinées à $\pm 60^\circ$ pour faciliter l'évacuation du gypse sans apport d'eau de mer est équipée d'une grille casse motte.

○ **Trémie de récolte des eaux de lavage :**

Elle est équipée de supports permettant la fixation et l'orientation de la rampe de pulvérisation lavant les toiles lorsque les cellules défilent en position retournée.

○ **Ventilateur de soufflage des toiles :**

Celui-ci permet de créer une légère contre pression d'air à l'intérieur des cellules, ce qui facilite le décollement du gâteau lors de son déchargement dans la trémie à gypse par simple gravité.

○ **Ventilateur de séchage des toiles :**

Celui-ci permet d'enlever et d'accélérer l'évacuation des eaux imprégnant les parois de cellules et la toile filtrante après passage au-dessus de la rampe de lavage et après retour des cellules à l'horizontale. Cet équipement reste donc nécessaire pour minimiser la dilution pouvant atteindre le secteur de l'acide produit lorsque le filtre tourne à grande vitesse.

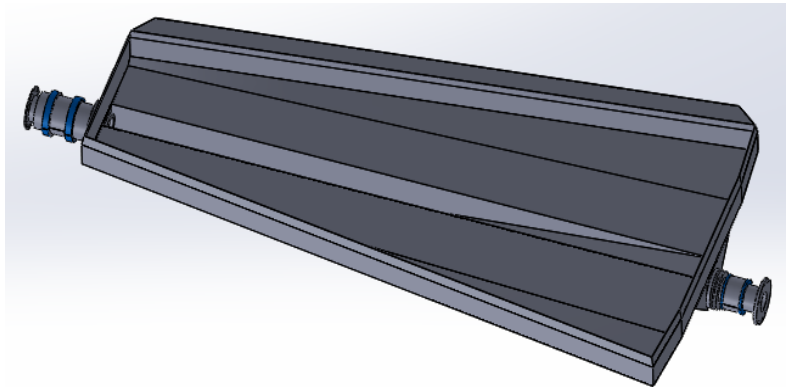


Figure17: Cellule du filtre

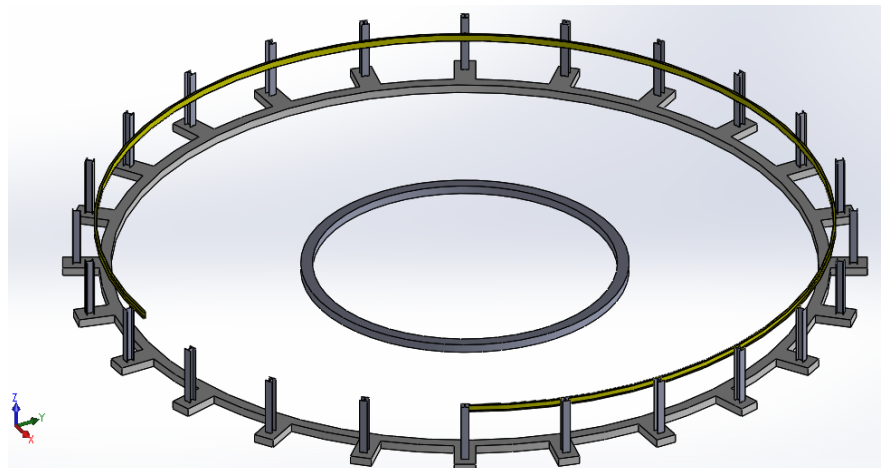


Figure18: Châssis du filtre



Figure 19: Auges de la bouillie



Figure 20: Distributeur du filtre

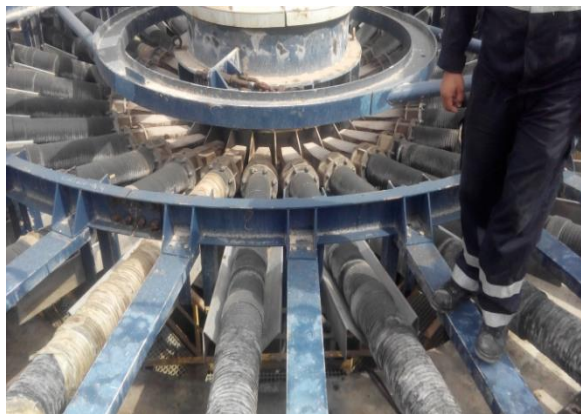


Figure 18: Tuyaux flexibles

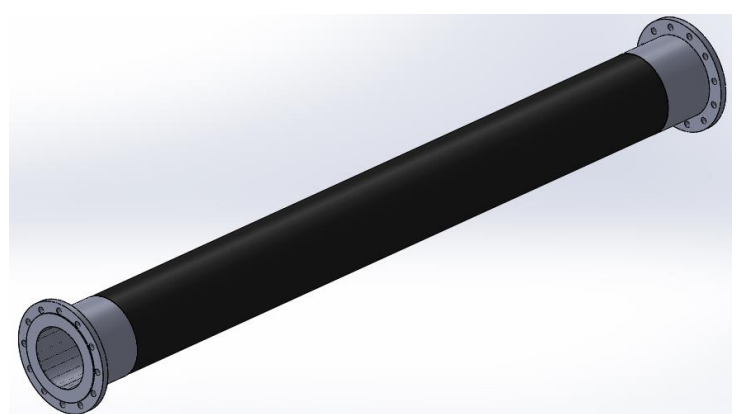


Figure 20: Galet de support

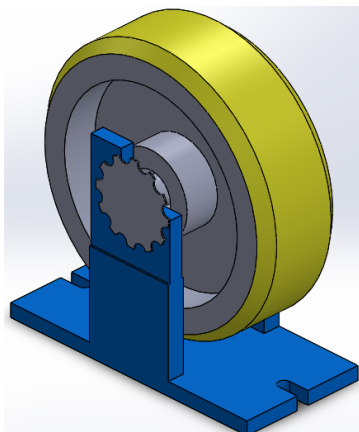


Figure 19: Galet de centrage



Figure 21: Couronne



Figure 22: Pignon



Figure 23: Galet de cellule

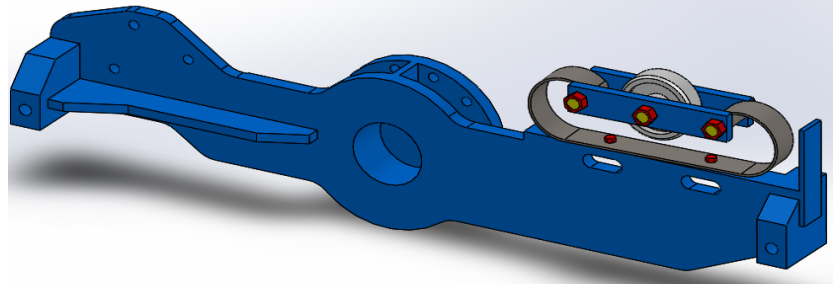


Figure 24: Levier de commande de la cellule

IV.7 Décomposition fonctionnelle :

On fait le découpage fonctionnel du filtre PRAYON en débutant par les constituants du système jusqu'aux unités maintenables de chaque constituant.

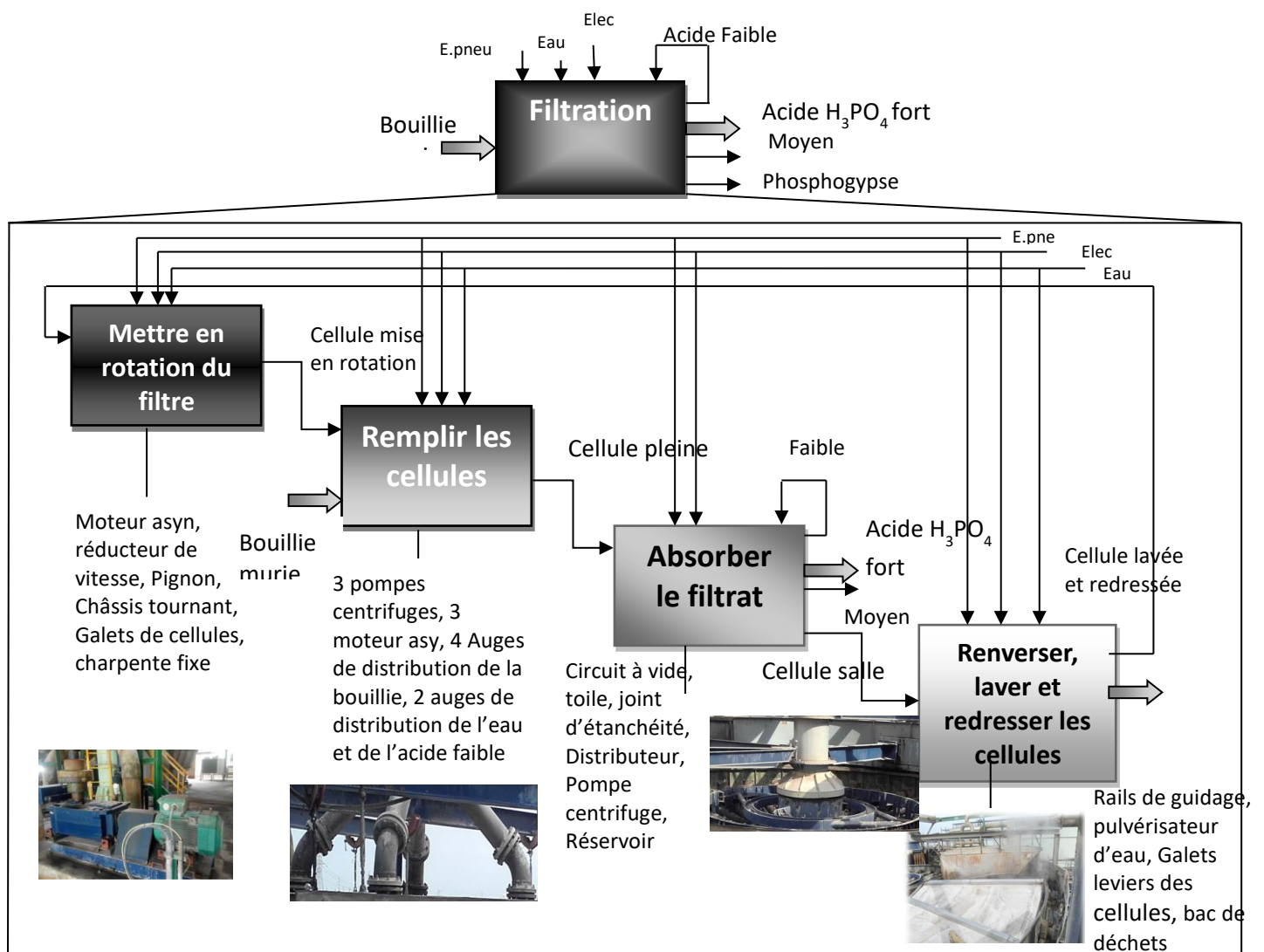


Figure 25: SADT du filtre

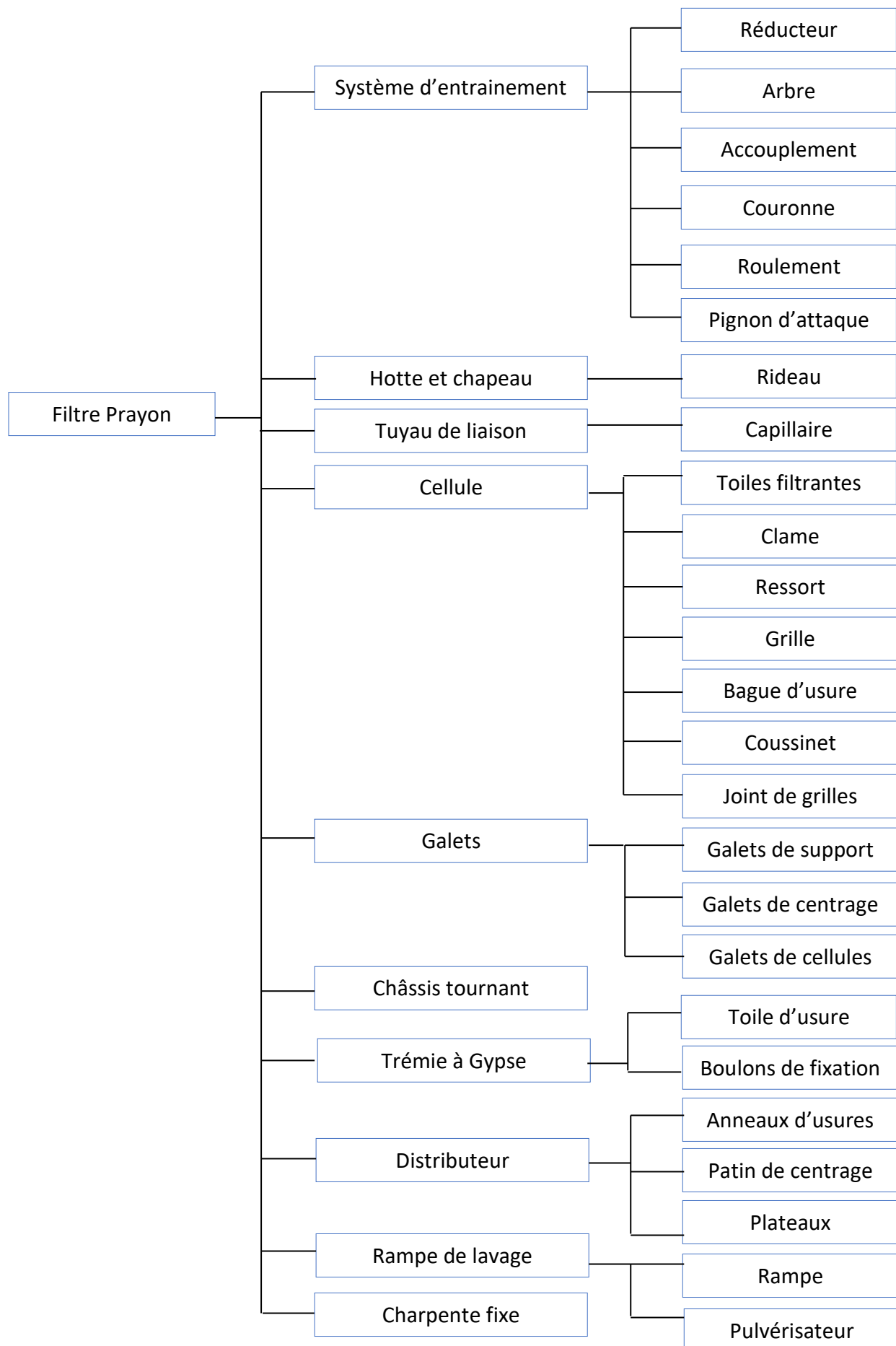


Figure 26: Décomposition

IV.8 AMDEC du filtre :

La discussion avec le chef d'équipe de maintenance, les mécaniciens nous a permis de collecter des données suffisantes des défaillances (modes, causes et effets), d'autre part les indices de criticité (fréquence, gravité et détection) sont remplis à partir du barème indiqué dans le tableau ci-dessous :

Fréquence F	NON détection	Gravité	
1 Défaillance max par 5 ans	Visible par l'opérateur	Pas d'arrêt de production	1
1 Défaillance max par 2 ans	Détection aisée par un agent maintenance	Arrêt =<2h	2
1 Défaillance max par ans	Détection difficile	2h=<arrêt=<10h	3
1 Défaillance max par 6 mois	Très difficilement détectable	10h=<arrêt=<1jour	4

Figure 27: Indice de la criticité

L'analyse AMDEC appliquée au filtre PRAYON est montrée dans l'annexe 4.

Nous avons défini un seuil de criticité égale à 10,

- Remarque :

Les modes de défaillances qui ont une criticité supérieure à ce seuil sont mentionnés en rouge.

IV.8.1 Résultat de l'AMDEC du filtre :

l'AMDEC du filtre PRAYON nous a permis de découvrir toutes les modes de défaillance possibles, leurs causes, leurs conséquences et leurs méthodes de détection et d'identifier les sous-ensembles critiques de cet équipement comme le montre l'histogramme suivant :

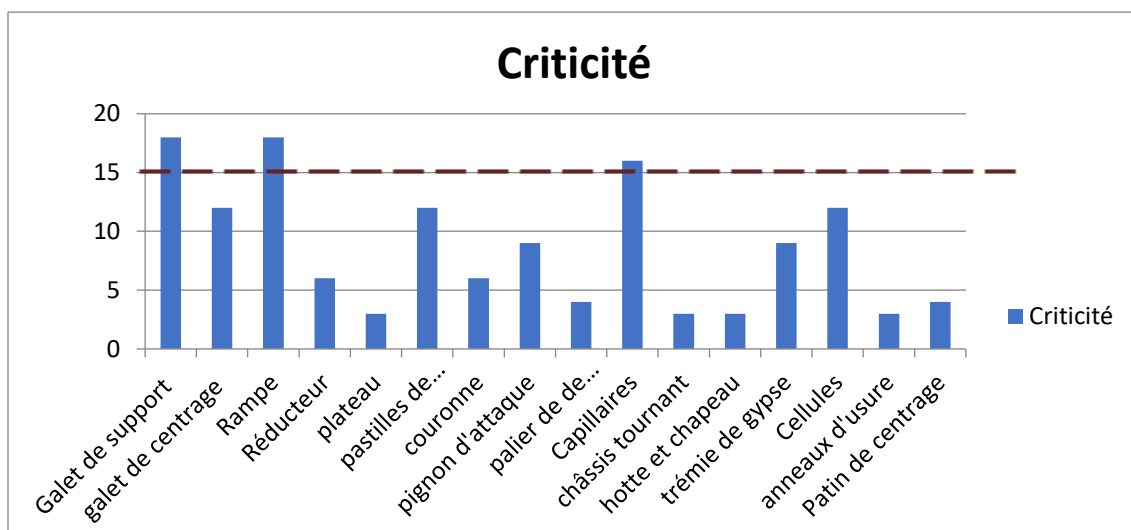


Figure 28: Histogramme du résultat AMDEC

Donc pour réduire la criticité il faut réduire les trois facteurs qui sont la fréquence, la gravité et la non-détection par les méthodes suivantes :

- ✓ Réduire la fréquence par la maintenance préventive.
- ✓ Réduire la gravité par une bonne préparation avant l'intervention à travers les gammes.
- ✓ Réduire la non-détectabilité par la planification des contrôles avec les moyens de mesures adéquats (analyse des huiles, analyse vibratoire...)

Les avantages d'une inspection relativement courte mais soignée et approfondie effectuée chaque semaine, accompagnée éventuellement d'un entretien préventif lors du nettoyage du filtre, permettent d'assurer une opération continue et régulière de l'équipement en dehors des arrêts programmés.

De plus, vu le milieu agressif où est installé le filtre un nettoyage des conduites et appareils à des intervalles rapprochés d'une ou de quelques semaines, selon les nécessités. Et si on remarque des éclaboussures de bouillie et d'acide sur les parties en acier carbone, elles doivent être nettoyées et la cause doit être supprimée le plus tôt possible.

Les inspections, nettoyage préventifs et lavages périodiques peuvent paraître fastidieux à première vue, mais en réalité, l'habitude d'avoir un arrêt hebdomadaire pour une maintenance de routine permet la répartition des travaux d'entretien sur un programme de quelques semaines de telle sorte que l'arrêt effectif ne dépasse pas 4 heures par semaine.

Donc comme résultat vous trouverez en Annexe 5 et 7, un plan de maintenance et un plan de graisse des filtre PRAYON, pour la ligne PAP), contenant les différentes actions de réglages, contrôles, inspections, graissage, lubrification et remplacement plus des gammes opératoires pour des tâches présentant une difficulté technique, un réglage spécifique et un risque pour le personnel Annexe 6.

Chapitre V :

Résolution des problèmes et Etablissement d'un plan préventive

Le cinquième chapitre englobe la résolution des problèmes majeures de l'équipement critique filtre PRAYON par Standard Kaizen, puis résolution par la conception. Afin d'élaborer un plan de maintenance.

Pour les composantes du filtre dont nous avons mis comme action ‘modification à réaliser’ comme il est indiqué dans la dernière colonne du tableau de l’AMDEC, nous allons découvrir par la suite dans le prochain axe les différentes modifications mises en place par la sous-traitante pour ces différents composants. (Rampe de lavage toile, trémie à gypse, système de graissage...).

V.1. Identification des problèmes principaux enregistrés au niveau du Filtre PRAYON :

En analysant les défaillances ayant causés des arrêts sur le filtre PRAYON et par suite arrêt de la production, nous constatons que les modes de défaillances les plus fréquents sont :

- ✓ Déséquilibre de la planéité des cellules.
- ✓ Bouchage de la rampe de lavage toile et détérioration rapide des buses.
- ✓ Détérioration des galets.
- ✓ Détérioration des bagues d’usure.

Pour l’analyse de ces problèmes on a adopté la méthode de la résolution de problèmes, et plus précisément la méthode STANDARD-KAIZEN qui est l’une des piliers de la maîtrise des outils de la production.

V.2. Résolution de problème : Standard Kaizen :

Pour mener cette analyse nous avons tout d’abord commencé, pour chaque problème, en identifiant le phénomène de la défaillance, et son impact sur la production. Et avant de passer à l’analyse des causes racines du problème, nous avons essayé de comprendre le fonctionnement du système. Après, en creusant dans les détails nous avons identifié les causes racines du phénomène. Ensuite, nous avons enchainé par des actions et contres mesures pour éliminer les causes racines, et en fin conclure avec des actions de verrouillages pour assurer la pérennisation des solutions mis en place.

V.2.1. Déséquilibre de la planéité des cellules :

a-Clarification du problème (3QOCP) :

Quoi : Déséquilibre de la planéité des cellules.

Qui : Maintenance mécanique.

Où : Filtre PRAYON, Atelier phosphorique de JFC V Section attaque-filtration, Au niveau des cellules du filtre.

Quand : les deux dernières années.

Par quel : Cellule non horizontale.

Comment : Apparition du problème avec une moyenne d’une fois par mois, et on remarque que les cellules ne sont plus horizontales.

b-Objectifs :

- Eliminer les arrêts forcés du filtre PRAYON
- Réduire les pertes de production.
- Réduire les couts de maintenance. (Réduire la consommation des pièces de rechanges).

c-Comment ça marche:

Le filtre PRAYON est constitué d’une série de cellules de filtration fixées sur un châssis tournant par l’intermédiaire d’une paire de paliers, le châssis tournant repose sur une double série de galets. De plus le filtre est maintenu dans son axe de rotation par une série de galets de centrage.

Lors du fonctionnement du filtre la cellule est maintenue en position horizontale par deux points d’appuis, le premier sur le châssis fixes par l’intermédiaire d’un ressort et le deuxième sur le châssis tournant par l’intermédiaire d’une vis de butée.

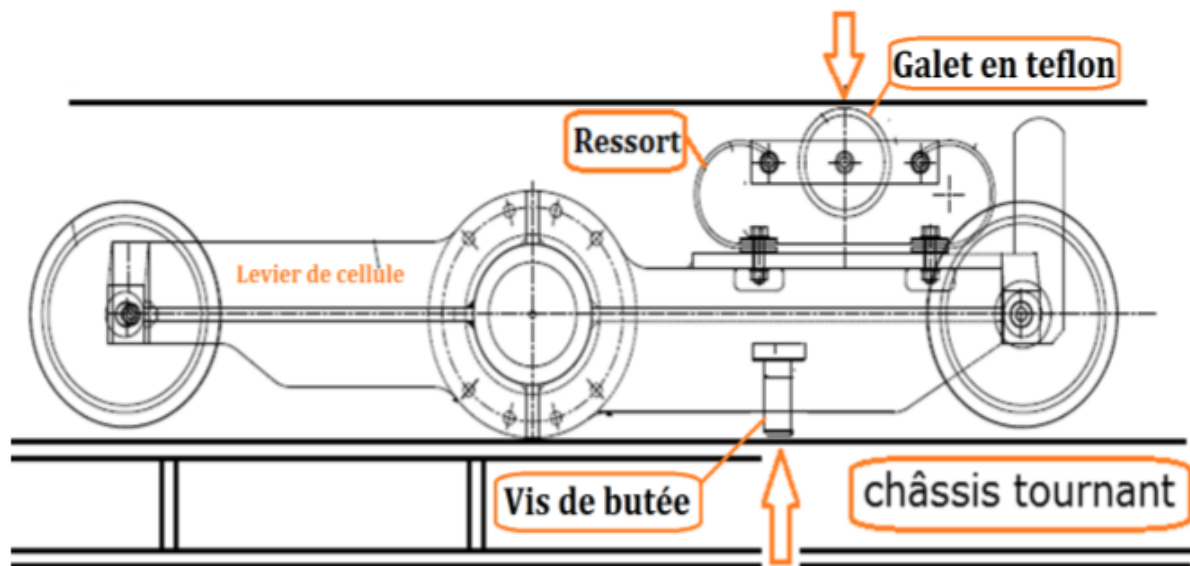


Figure 29: Levier de commande

d- Identification des causes racines :

Les origines des anomalies sont souvent difficiles à étudier sans passer par une analyse détaillée, c'est pour cela qu'on a procédé par la méthode de « 5 pourquoi » pour dégager les causes racines de ces anomalies soulevées.

51

Donc d'après cette analyse nous avons soulevés les causes racines suivantes :

- Absence de graissage périodique des ressorts.
- Mauvais montage des capillaires.
- Mauvais graissage des bagues d'usures.
- Manque de réglage périodique de la vis.

e-Action et contre-mesure:

Cause racine	Contre mesure
Absence de graissage périodique des ressorts	Graissage des ressorts une fois par mois
Mauvais montage des capillaires	Démontage et remontage des capillaires lorsque la cellule est en position verticale
Mauvais graissage des bagues d'usures.	Remplacement des bagues d'usures détériorées et graissage conforme aux instructions du fournisseur
Manque réglage de la vis de butée	Réglage des vis de butée une fois par mois

Tableau 17:Action et contre-mesure

f-Verrouillage et généralisation:

Afin d'assurer la continuité des différentes solutions mises en place, nous avons élaboré un plan de maintenance périodique du filtre PRAYON (inspection, réglage, remplacement...).

V.2.2 Problème de bouchage de la rampe lavage toile et détérioration rapide des buses :

D'après l'analyse des heures d'arrêts et l'AMDEC du filtre PRAYON que nous avons réalisé dans la première partie, nous avons remarqué que la rampe de lavage des toiles fait partie des éléments du filtre les plus critiques, à cause du bouchage fréquent de la rampe et la détérioration rapide des buses. La durée de vie des pastilles de pulvérisation varie entre 12 et 18 mois.

De plus, le bouchage fréquent de la rampe et la difficulté du nettoyage ont causés plusieurs heures d'arrêts de la production et un mauvais nettoyage des cellules L'étude suivante est consacrée à analyser les causes racines de ces phénomènes, et à proposer des plans d'actions adéquats. Pour chercher les causes probables du bouchage de la rampe lavage toiles et la détérioration rapide des buses pour ce faire nous avons employé la méthode de résolution de problème (STANDARD KAIZEN).



Figure 30:Rampe de lavage des toiles



Figure 31:Buses de pulvérisation

a-Clarification du problème (3QOCP) :

Quoi : Détérioration rapide des buses et bouchage fréquent de la Rampe Lavage Toile. (Corrosion des buses)

Qui : Maintenance mécanique et production.

Où : Filtre PRAYON, Atelier phosphorique de JFC V Section attaque-filtration, Au niveau de la rampe de lavage des toiles.

Quand : Détérioration des buses chaque 6 mois, et bouchage fréquent de la RLT.

Par quel : Bouchage au niveau de l'extrémité de la rampe.

Comment : Apparition fréquente du problème.

b-Objectifs :

- Eliminer les arrêts fréquents du filtre liés au bouchage de la RLT.
- Augmenter la durée de vie des buses.
- Assurer un bon lavage de toiles.
- Réduire la consommation des pièces de rechange.

c-Comment ça marche :

La décharge et le nettoyage des cellules s'effectuent lors du passage des cellules dans le chemin de renversement et plus précisément pendant leurs passages en position retournée. Dans un premier temps la cellule se décharge du gypse à l'aide d'une contre pression créée par le ventilateur de soufflage puis son nettoyage total est assuré lorsqu'elle se déplace au-dessus d'un jet d'eau provenant de la rampe lavage toile par l'intermédiaire de pulvérisateurs.

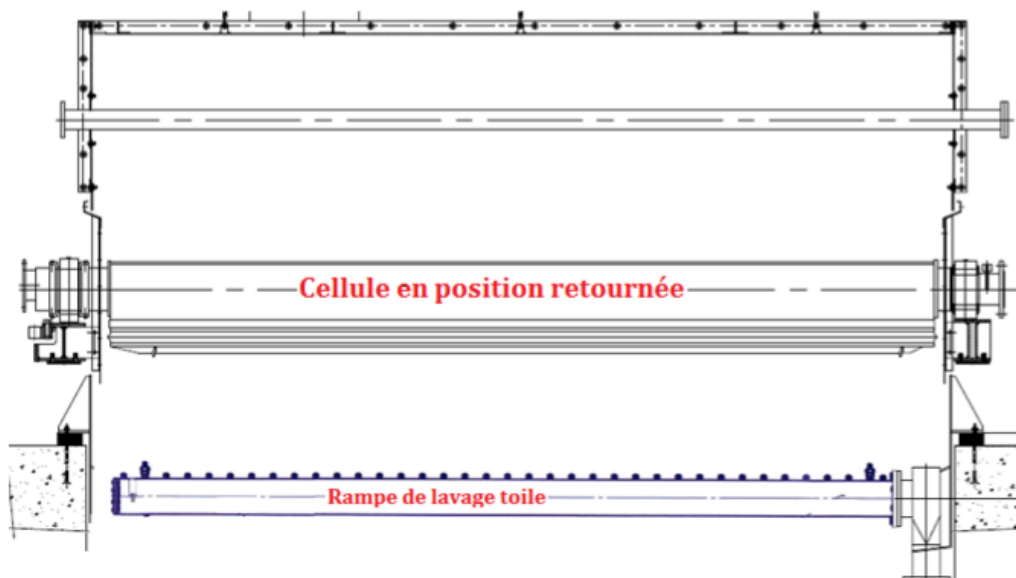


Figure 32: Passage de la cellule lors de renversement

d- Identification des causes racines :

Problème	Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 4
Mauvais fonctionnement de la rampe de lavage des toiles	-Bouchage de la Rampe de lavage des toiles ✓	-Eau chargé de solide ✓	-Infiltration du solide dans l'eau de lavage ✓	-Eau utilisé par le lavage des gaz ✓
		-Difficulté et manque de nettoyage ✓	-Absence de standard de nettoyage de la rampe ✓	-Entrainement du solide au niveau du flash-cooler ✓
			-Absence de moyens de nettoyage rapide ✓	-Moyen de filtration insuffisant ✓
	-Détérioration rapide des buses ✓	-Corrosion ✓	-Eau contenant des éléments corrosifs ✓	-Circuit d'eau de lavage fermé ✓
		-Abrasion ✗	-Matériau non résistant à la corrosion ✗	
			-Colmatage des buses ✓	-Circuit d'eau de lavage fermé ✓

Donc d'après cette analyse nous avons soulevé les causes racines suivantes :

- Entraînement du solide au niveau du flash cooler.
- Dépôt excessif du silicate.
- Insuffisance de moyens de filtration d'eau de lavage.

En analysant le circuit parcouru par l'eau de lavage nous avons remarqué que l'infiltration des impuretés dans l'eau de lavage est inévitable de plus le seul moyen de filtration mis en place est une cloison installée dans le réservoir de récolte d'eau de lavage.

Pour la ligne PAP deux améliorations sont mises en place, d'abord un déflecteur au niveau de l'entrée du coude installé au-dessus du flash cooler, et deux filtres (crépines) installés en amont de la rampe lavage toile.



Figure 33: Deux crépines en parallèles installées pour le filtrage d'eau de lavage toile

V.2.3 Détérioration rapide des galets de support et de centrage :

D'après l'analyse des heures d'arrêts et l'AMDEC du filtre PRAYON, nous avons remarqué que les galets de support et de centrage font partie des éléments du filtre les plus critiques, à cause de leur détérioration rapide.

La durée de vie des galets varie entre 2 et 4 ans

L'étude suivante est consacrée à analyser les causes racines de ce phénomène, pour chercher les causes probables de la détérioration rapide des galets, nous avons employé la méthode de résolution (standard kaizen).

a-Clarification du problème (QOOQPC):

Quoi : -Usure du bondage des galets (10 mois au lieu de 4 ans).

-Jeu au niveau de l'axe du galet.

-Arrachement du bondage.

Qui : Maintenance mécanique.

Où : Filtre PRAYON, Atelier phosphorique de JFC V Section attaque-filtration, au niveau des galets de centrage et de support.

Quand : Durant des deux dernières années

Par quel : - Chocs lors du passage dans le chemin de renversement

- Eloignement du pignon d'attaque de la couronne (distance supérieure à 8 mm)

- Arrachement du bondage

Comment : Visites régulières du chantier de la ligne PAP.

b-Objectifs :

- Eviter le coincement du filtre.
- Eviter les arrêts du filtre causés par la détérioration des galets (6h pour le changement d'un galet)
- Réduire la consommation des pièces de rechange (Augmenter la durée de vie des galets au lieu de 10 mois).

c-Comment ça marche :

Le filtre PRAYON est constitué d'une série de cellules supportées par un châssis tournant constitué de deux anneaux concentriques reliés par des bras de liaison, le châssis tournant repose sur une double série de galets dont le revêtement souple en polyuréthane est lui-même protégé par des flasques et joints d'étanchéité au niveau de l'interface avec la jante. D'autre part la hauteur de ces galets est ajustable grâce à un axe excentrique monté sur supports. Le filtre est maintenu dans son axe de rotation par une série de galets de centrage également équipé de l'axe excentrique des flasques et joint susmentionnés.

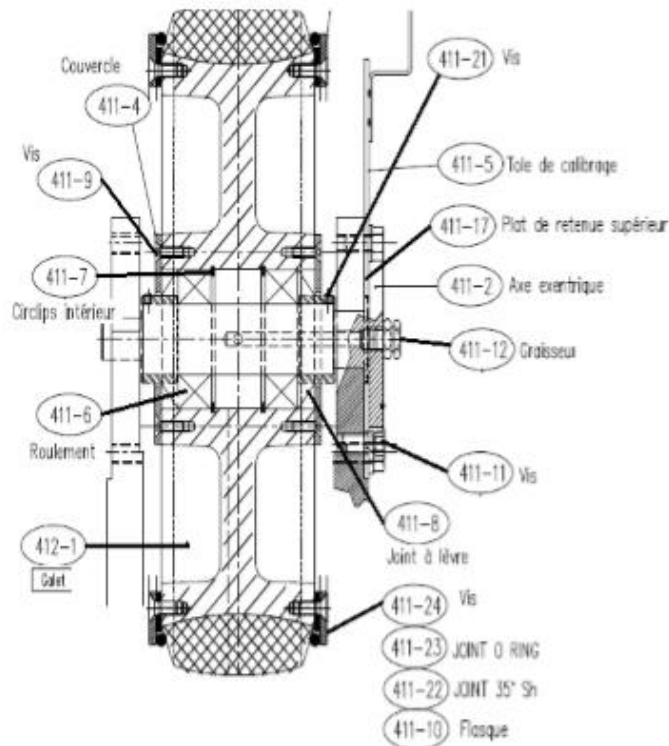
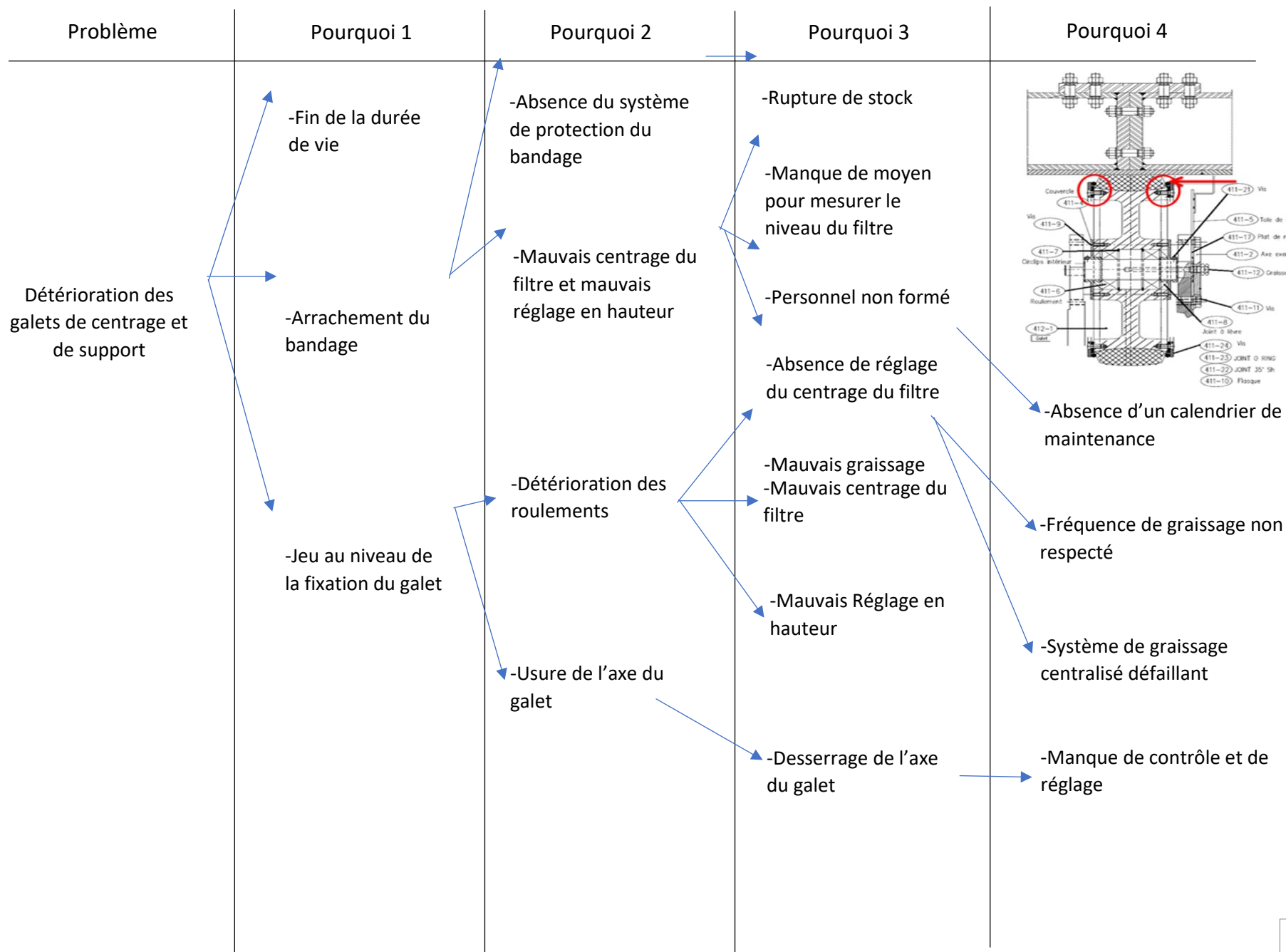


Figure 34: Composant des galets de support et de centrage

d-Identification des causes racines :



Donc d'après cette analyse nous avons soulevé les causes racines suivantes :

- Manque de moyen de mesure du niveau du filtre.
- Absence de réglage du centrage du filtre.
- Fréquence de graissage non respectée.
- Défaillance du système de graissage.
- Manque de contrôle et de réglage de l'axe du galet.

e-Action et contre-mesures:

Cause	Contre-mesure
Manque de moyen de mesure du niveau du filtre.	Mesure du niveau du filtre à l'aide d'un géomètre et mise à niveau au minimum une fois par année
Absence de réglage du centrage du filtre.	Contrôle et réglage du centrage du filtre une fois par année
Fréquence de graissage non respectée.	Respecter la fréquence de graissage des galets définie par le constructeur.
Défaillance du système de graissage	Résolution du problème de défaillance du système de graissage
Manque de contrôle et de réglage de l'axe du galet	Contrôle et serrage périodique de l'axe du galet.

Tableau 18: Action et contre mesure de la défaillance des galets

f-verrouillage et pérennisation :

Afin d'assurer la continuité des différentes solutions mises en place, nous avons élaboré un plan de maintenance périodique du filtre PRAYON (inspection, réglage, remplacement....)

V.2.4 Défaillance du système de graissage du filtre PRAYON :

a-Clarification du problème (QOOQPC):

Quoi : Absence de graisse au niveau des buses d'alimentation.

Bouchage des conduites.

Coincement du distributeur rotatif de la graisse.

Qui : Maintenance mécanique.

Où : Système de graissage du filtre PRAYON, Atelier phosphorique de JFC V Section attaque

Quand : Système de graissage s'est avéré défaillant.

Par quel : Détérioration des coudes, raccord et injecteurs par corrosion.

b-Objectifs :

- Eliminer les arrêts de production causés par les travaux de graissage du filtre.
- Réduire les coûts de maintenance.
- Assurer un bon graissage des équipements du filtre et augmenter leurs durées de vie. (Joint de la boîte à vide, pignon d'attaque, roulement des galets, palier du pignon d'attaque)

c-Identification des causes-racines :

Problème	Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 4	Pourquoi 5
La graisse n'aboutit pas aux points à graisser	-Les injecteurs bouchés ✓	-Détendeur coincé ✓	-Ressort du détendeur rouillé ✓	-Corrosion des injecteurs et des ressorts du détendeur ✓	-Injecteurs en acier carboné utilisés dans un milieu acide ✓
	-La pompe ne débite pas de graisse ✗				
	-Flexible plié ou arraché ✓	-Distributeur rotatif coincé ✓	-Arc-boutement de la partie rotative du distributeur ✓	-Mauvais guidage en rotation du distributeur ✓	
	-Circuit bouchés ✓	-Solidification de la graisse ✓	-Graisse non adéquate et différente de celle recommandée par le constructeur ✓	-Non disponibilité de la graisse recommandée par le constructeur ✓	

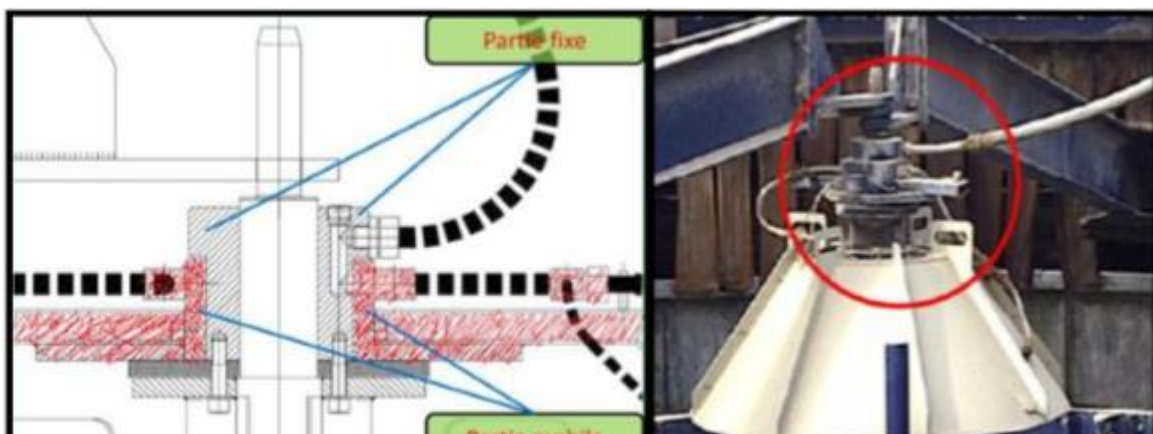


Figure 36:Distributeur rotatif du système de graissage



Figure 35:Injecteur et raccords corrodés

Donc d'après cette analyse nous avons soulevés les causes racines suivantes :

- Injecteur en matériau non résistant à la corrosion.
- Mauvais guidage en rotation du distributeur.
- Non disponibilité de la graisse recommandée par le constructeur.

d-Actions et contre-mesure :

Causes racines	Contre-mesures
Injecteur en matériau non résistant à la corrosion.	Protéger les accessoires en acier carboné contre la corrosion (cache)
Mauvais guidage en rotation du distributeur	Mise en état du guidage en rotation du distributeur
Non disponibilité de la graisse recommandée par le constructeur	Utilisation de la graisse recommandée par le constructeur. Formation des opérateurs chargés du graissage

Figure 37:Action et contre-mesure du système de graissage

e-Verrouillage et pérennisation :

Afin d'assurer un bon fonctionnement du système de graissage centralisé du filtre PRAYON de la ligne PAP, on a élaboré un calendrier de graissage périodique contenant toutes les informations utiles (fréquence de graissage, type de graisse, point de graissage, instruction...) pour un bon fonctionnement du système de graissage et des différents composants du filtre, voir l'annexe V

V.3 Résolution problème : Partie conception

Les causes probables du cisaillement du ressort de levier de commande de la cellule sont :

- Le déséquilibre de la cellule à cause de cisaillement ou desserrage du boulon d'équilibrage.
- Coincement du galet d'équilibrage (en téflon) à cause de la mauvaise conception du trou de graissage sur l'axe de galet qui a un trou borné donc il empêche l'infiltration de la graisse vers l'alésage du galet.
- Choix des matériaux du ressort.

V.3.1 Conception de levier de commande :

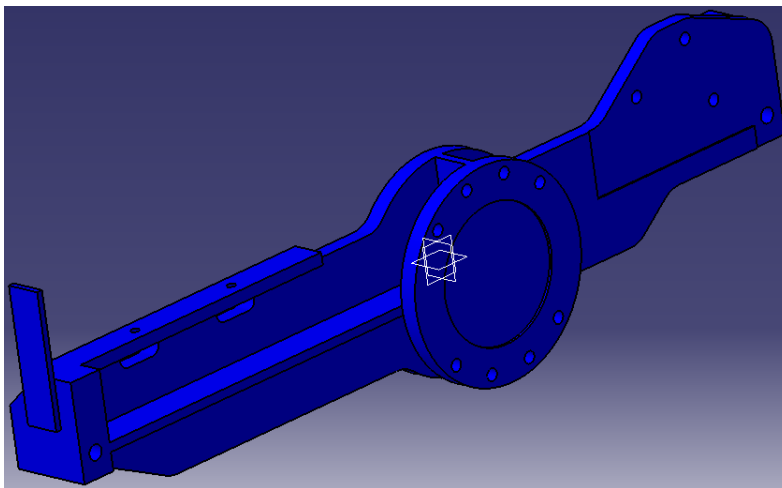


Figure 38: le levier de la cellule

Figure 39: Ressort du levier de commande

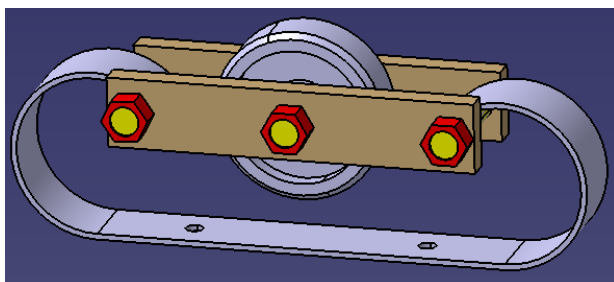
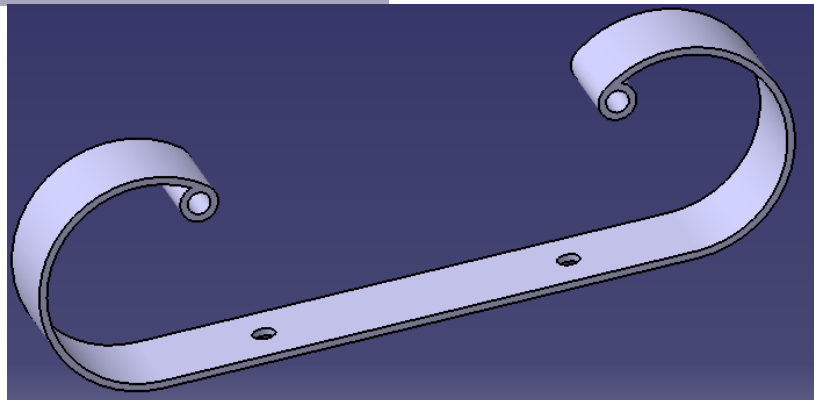


Figure 41: ensemble de ressort et galet

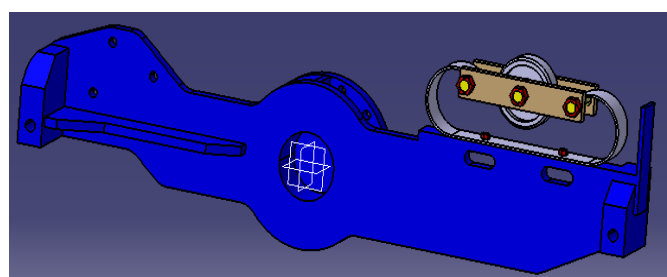


Figure 40: ensemble de levier de commande de la cellule

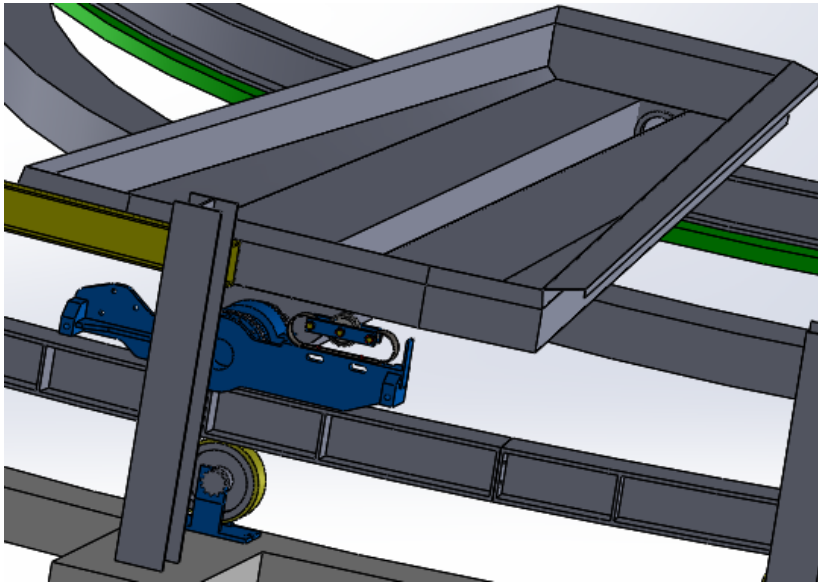


Figure 42: ensemble cellule et levier de commande

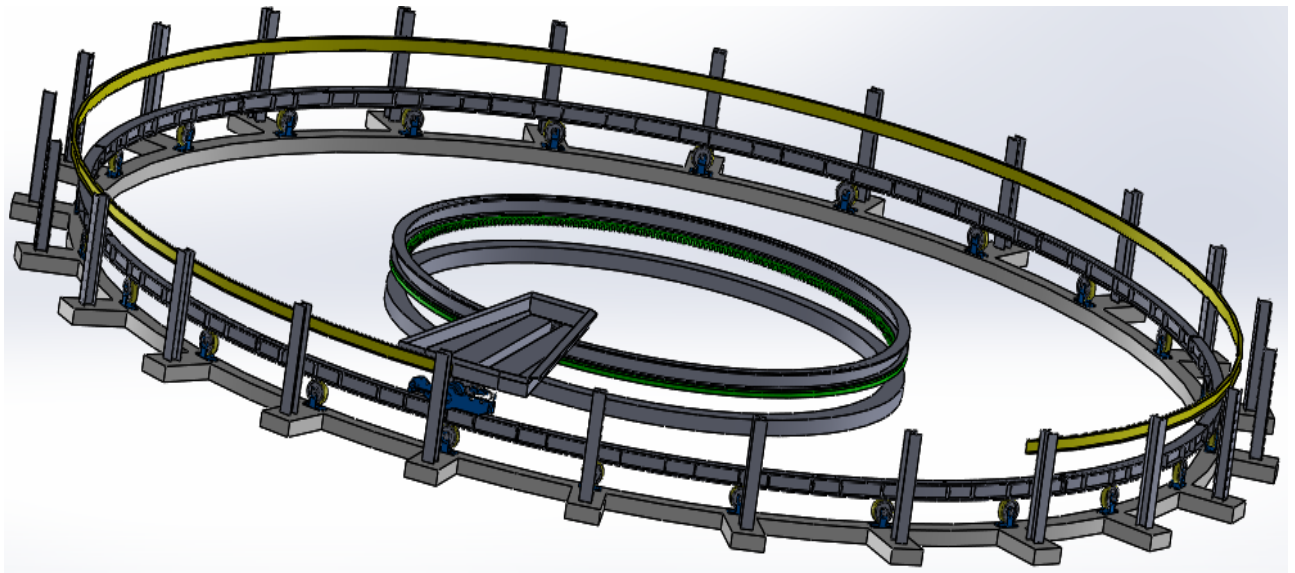
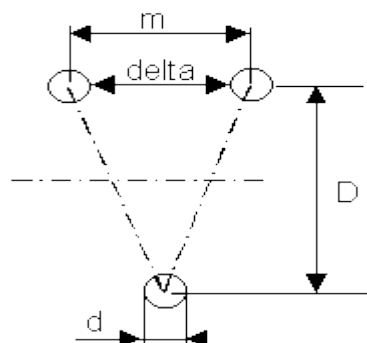


Figure 43: Ensemble d'une cellule dans le filtre

V.3.2 Détail de la méthode de calcul :

Le principe est de dimensionner le ressort à partir de la force maximale F qu'il doit supporter. F est donc la donnée principale de calcul.

On conçoit un ressort à spires serrées pour tenir compte des hypothèses de calcul et des contraintes. D'une manière classique, le pas vaut 0.3 fois le diamètre moyen ($m = 0.3 D$). Pour une spire d'un tel ressort la déformation maximale vaut : $\delta = m - d = 0.3 D - d$



On souhaite au départ que la force F amène la déformation maximale soit :

$$F = R' * \Delta$$

R' est la raideur d'une spire donnée par l'équation : $R' = \frac{G d^4}{8 D^3}$

On obtient ainsi la relation : $F = \frac{G d^4 (0.3 D - d)}{8 D^3}$

On peut remplacer D par $w * d$ (w est le rapport d'enroulement du ressort). On obtient ainsi la relation suivante :

$$F = G d^2 \frac{(0.3w-1)}{8w^3}$$

En fixant w (pour un ressort classique : $w = 10$) et G (matériau), il est alors possible de déterminer d :

$$d = \sqrt{\frac{8 F w^3}{G(0.3w-1)}}$$

La valeur trouvée permet de choisir le d réel appliqué en prenant le diamètre de fil acceptable le plus proche qui reste supérieur à la valeur indiquée.

d est maintenant fixé.

Le diamètre extérieur du ressort est calculé : $D_e = (w + 1) d$ et le diamètre moyen : $D = w * d$

Le ressort est initialement calculé pour arriver à spires jointives sous l'effort F. Cependant, sous F, le ressort finalement fabriqué doit respecter un espace minimal entre les spires. Cet espace est pris égal à 0.15 d (norme simplifiée).

Le pas du ressort est ainsi modifié et prend la valeur : $m = \Delta + 1.15d$

D'après le constructeur la force exercée sur le ressort est $400N < F < 800N$

Et la longueur maximale du ressort est de 100mm

Le nombre de spires utiles du ressort est calculé :

$$n = \frac{L - n_i d}{\Delta + 1.15d}$$

Avec $n_i = 1.5$ pour les extrémités rapprochées et meulées et $n_i = 3$ pour les extrémités rapprochées.

La raideur totale du ressort obtenu est

$$R = \frac{G d^4}{8 n D^3}$$

Pour trouver le nombre total de spires, faire $n_t = n + 2$ pour les extrémités rapprochées (meulées ou non).

Ça y est, le ressort est défini : D_e , d, n_t , L sont connus.

✓ Application numérique :

Donc
$$d = \sqrt{\frac{8 F w^3}{G(0.3w-1)}} = 5.2mm$$

Pour déterminer le d réel, prendre la valeur supérieure acceptable la plus proche chez le fournisseur de fil.

Voici par exemple les diamètres de fils usuels fabriqués par AMIC (en mm) :

0.20	0.85	2.2	6.0
0.25	0.90	2.5	6.5
0.30	0.95	2.8	7.0
0.35	1.0	3.0	7.5
0.40	1.1	3.5	8.0
0.45	1.2	3.8	8.5
0.50	1.3	4.0	9.0
0.55	1.4	4.2	10.0
0.60	1.5	4.5	11.0
0.65	1.6	4.8	12.0
0.70	1.8	5.0	
0.80	2	5.5	

D'où : $d=5.5$; $D_{ext} = (w+1)d = 60,5\text{mm}$; $D_{moyen} = w.d = 55\text{mm}$

Le nombre de spire utile de ressort : $n = \frac{L - n_i d}{\Delta + 1.15d} = 4$

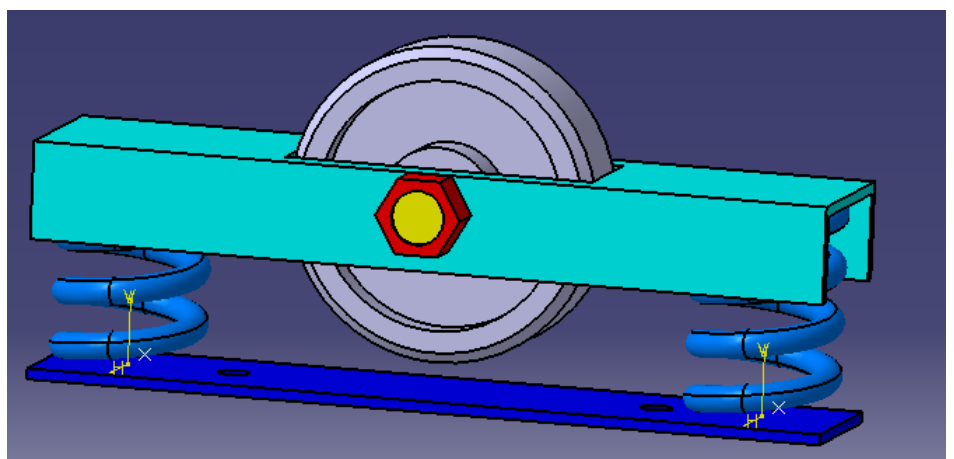
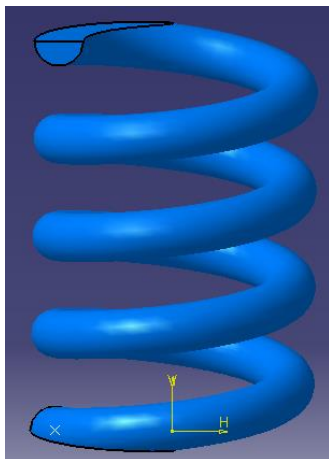


Figure 44: la conception du nouveau ressort et conception du nouveau ensemble galet et ressort

V.3.3 Les types de matériaux utilisés :

La conception du ressort est effectuée en fonction de plusieurs contraintes auxquelles le constructeur doit répondre. Afin d'obtenir une structure solide, rigide, et la plus légère possible.

C'est en effet le rôle des constructeurs. Que ce soit pour abaisser les coûts ou bien pour répondre à un souci de confort, de performance de pilotage, de gain de poids, ...

✓ Ressort en inox :

L'inox est un acier allié de Cr-Ni austénitique résistant aux acides, possédant grâce à son contenu réduit en hydrogène de très bonnes propriétés anti-corrosion. Il est agréé pour des températures allant jusqu'à 300 degrés Celsius. Parmi ses avantages résistant à la corrosion et aux variations de températures, soudable, hygiénique...

✓ Ressort en acier :

L'acier est élastique, rigide, facile à travailler, et peu coûteux. Il est en revanche plus lourd que la majorité des autres matériaux et sujet à la corrosion. L'utilisation de l'acier pour les cadres de vélo est de plus en plus rare. Un des avantages est qu'il se répare facilement en cas de casse. Les propriétés essentielles de l'acier sont de grandes formabilité et durabilité, de bonnes contraintes de traction et limite d'élasticité, une bonne conductivité thermique.

Pour avoir une très bonne simulation numérique, on doit suivre la procédure bien définie. Pour utiliser le logiciel de simulation d'éléments finis, il faut modéliser le produit (c'est-à-dire réaliser un maillage) et l'action de son environnement (c'est-à-dire lui appliquer des efforts extérieurs et des déplacements imposés). Il faut également choisir un modèle du comportement du matériau, et l'attribuer aux éléments du maillage. À partir de ces modèles, le logiciel effectue ensuite un calcul pour déterminer les contraintes, les déformations, les déplacements en tous points.

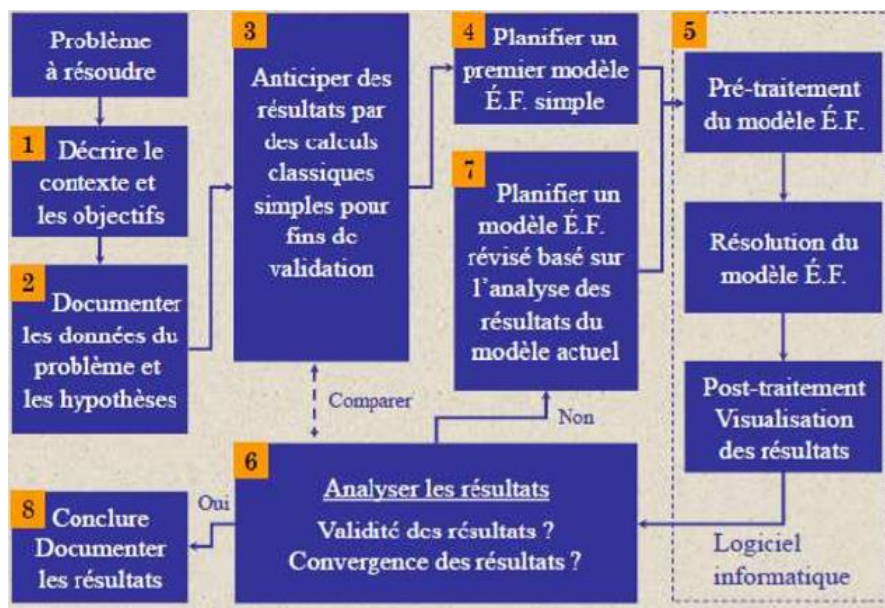


Figure 45: Procédure de simulation numérique

✓ Les hypothèses :

- Le maillage utilisé est un maillage quadratique
- On constate un plan de symétrie en géométrie et efforts. Par conséquent, la pièce peut être coupée en deux. Donc le demi de la pièce qui sera analysé

✓ Les résultats anticipés :

- Soumise à la masse de l'ensemble galet, le ressort fléchira vers le bas.
- Autour de compression du ressort, il y aura des contraintes plus élevées puisqu'il y a moins de matière.
- À l'encastrement, les déplacements et les rotations doivent être nuls.

✓ Planification du modèle numérique :

Le modèle qui sera analysé

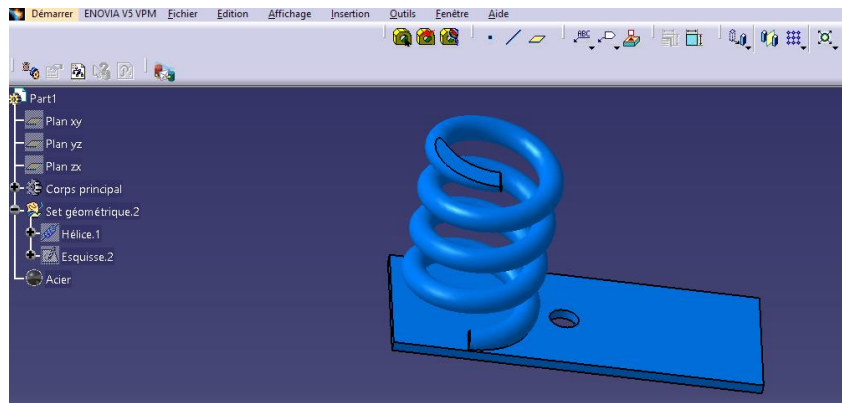


Figure 46: Le modèle 3D

- Premier cas, le matériau utilisé est acier ses propriétés sont :

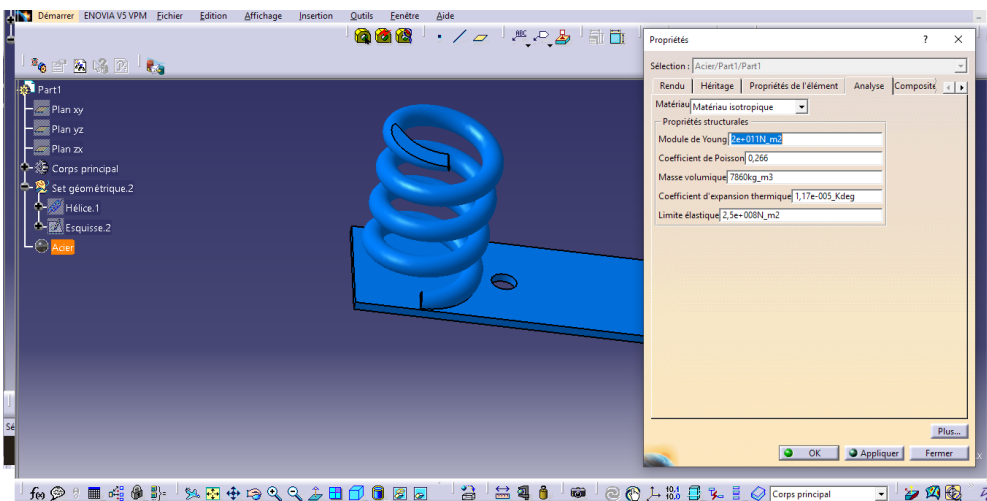


Figure 47: Propriétés d'acier

✓ Un maillage parabolique car il représente mieux la structure, et j'applique une force sur le ressort suivant son cahier de charge 800N, et sur chaque plan de symétrie on doit bloquer les déplacements normaux « ce sont les conditions de symétrie », et on fixe le support de ressort car il est fixé sur le levier.

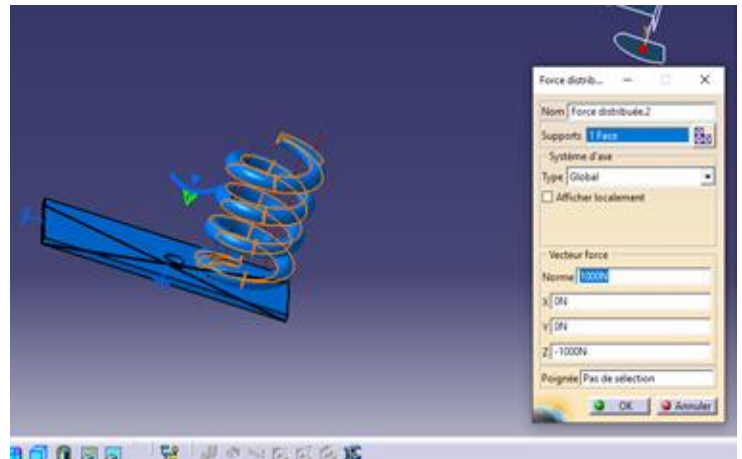
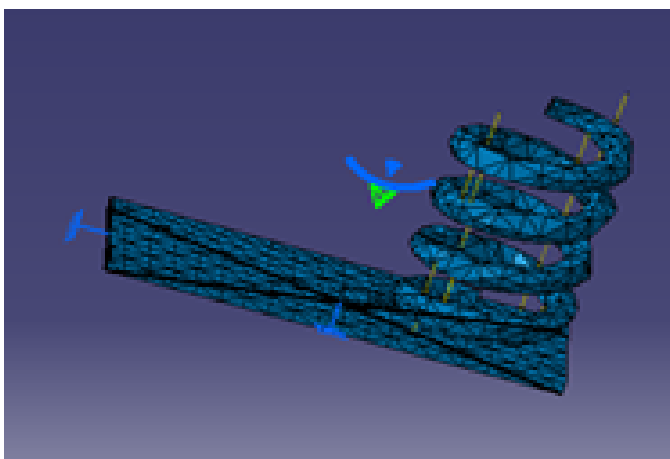
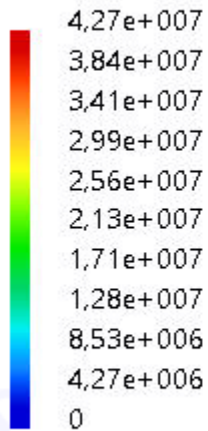


Figure 48: Le maillage et l'effort appliqué

✓ **Les résultats numériques :**

Critère de Von Mises (aux nœuds).2

N_m2



Uniquement sur la peau

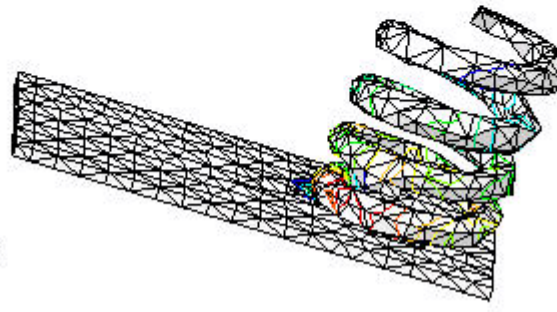


Figure49: Critère de Von-Mises

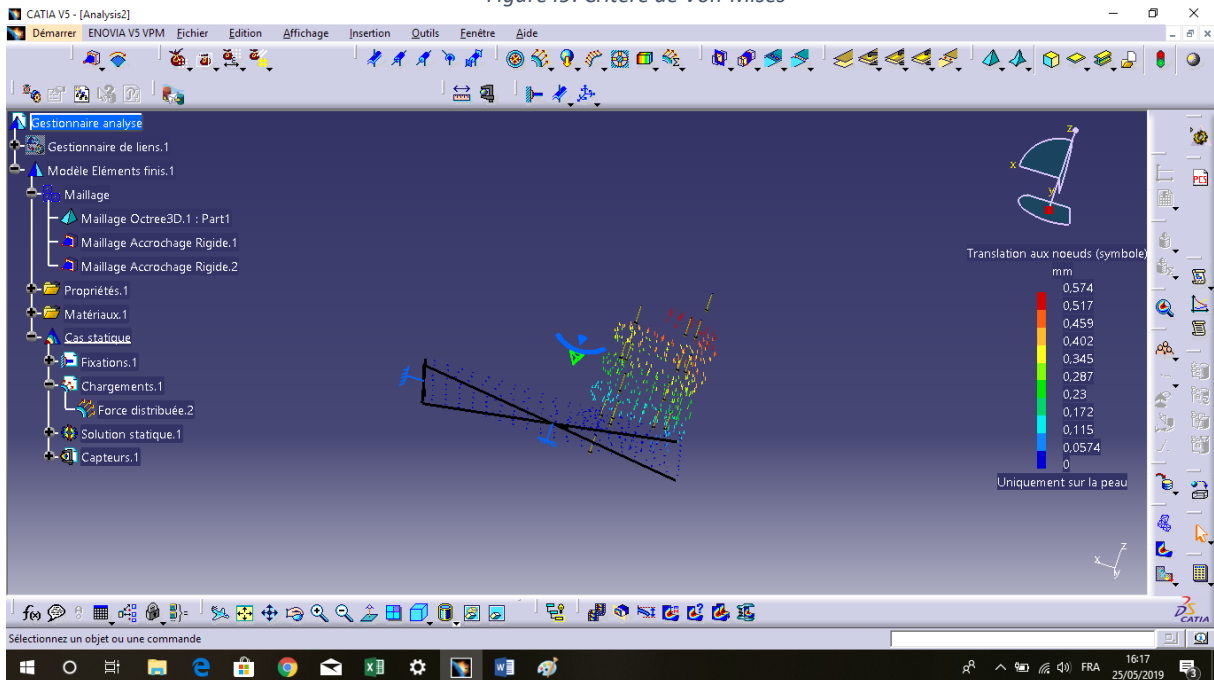


Figure 50: Translation aux nœuds

On remarque que la contrainte maximale de Von mises obtenue est de 42.7 MPa, et le déplacement maximal atteint de 0.574mm.

Et le facteur sécurité :

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma_{vm}} = \frac{250}{42,7} = 5.85$$

- **Deuxième cas**, le matériau utilisé est acier inox ses propriétés sont :

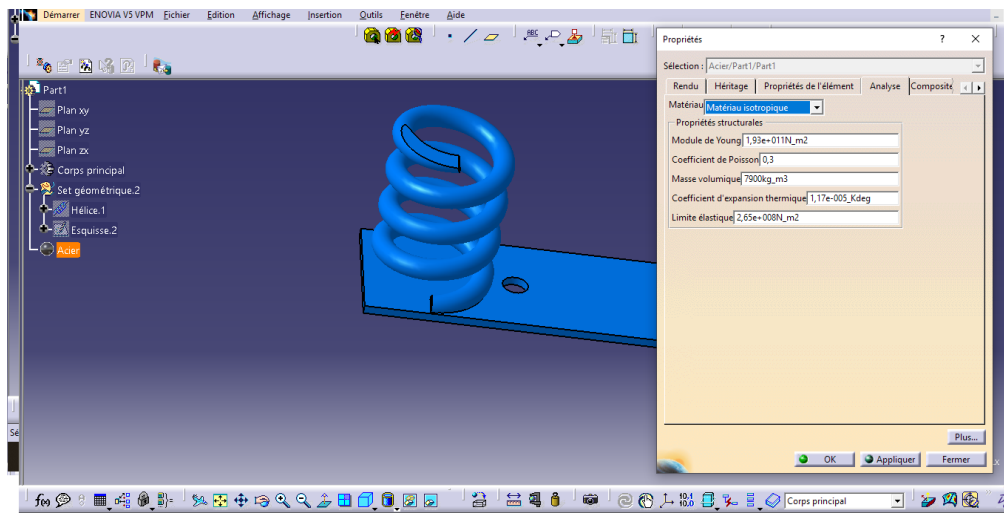


Figure 51 : Propriétés d'acier inox

En passant par les mêmes étapes du matériau acier, et on trouve :

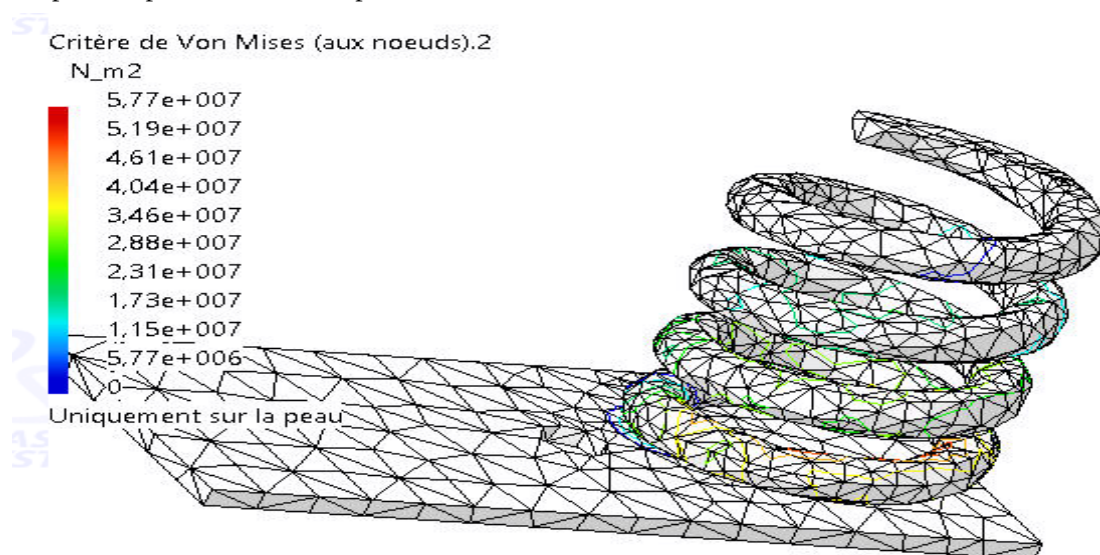


Figure 52: Critère de Von-Mises

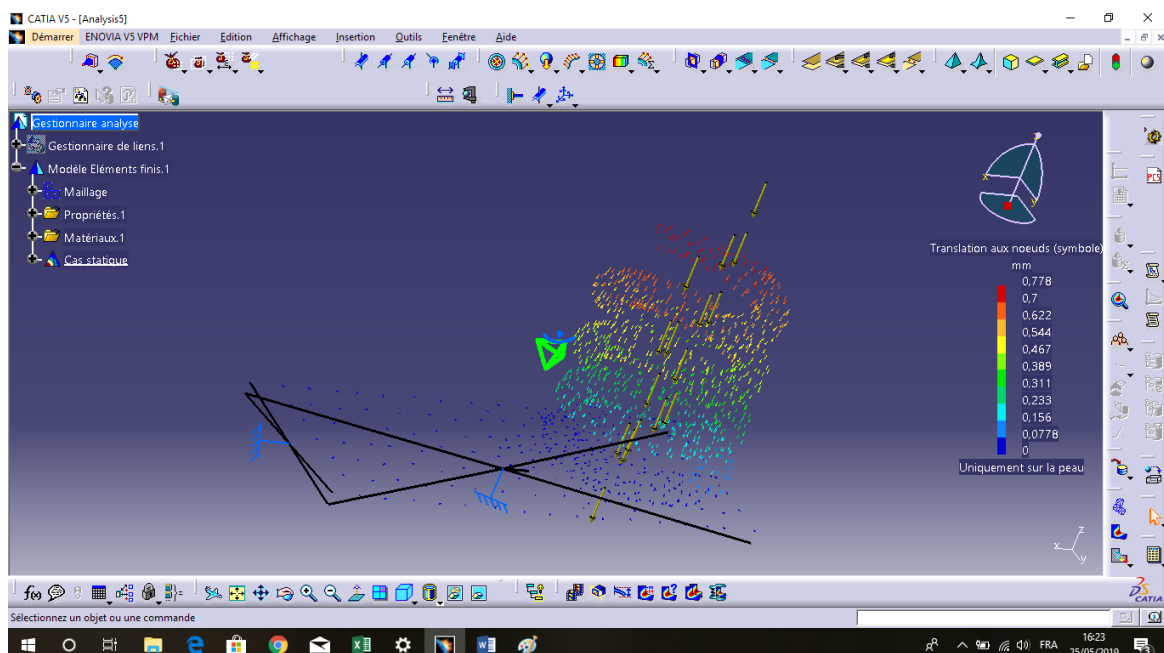


Figure 53: Translation aux noeuds

On remarque que la contrainte maximale de Von mises obtenue est de 57.7 MPa, et le déplacement maximal atteint de 0.778mm.

Et le facteur sécurité :

$$F_s = \frac{S_y}{\sigma_{vm}} = \frac{265}{57,7} = 4.59$$

✓ **Analyse de résultat :**

- Facteur de sécurité très fiable
- Rigidité assez important.
- et on a la contrainte von-mises $V_m \ll R_e$

Pour cela on va voir la différence de ces deux matériaux au niveau du prix :

On a la masse de l'ensemble ressort et galet du levier commande en matériaux acier est de 6,25 kg, et en acier inox de 6,75kg.

Et d'après les recherches du prix des matériaux, on trouve :

Inox : 2,148 €/kg

Acier : 0,605 €/kg

Coût acier = 6,25 . 0,605 = 3,78 €

Coût Inox = 6,75 . 2,148 = 14,49 €

V.4. Elaboration du plan de maintenance :

Pour pouvoir faire un programme des travaux préventifs du **Filtre Prayon**, il s'avère nécessaire de mettre à jour son plan de maintenance préventive. Pour ce faire, on s'est basé sur son AMDEC, son dossier constructeur et le retour d'expérience des techniciens pour l'élaboration du nouveau plan de maintenance préventive. Dans ce plan, on trouvera toutes les opérations de maintenance qui devront être effectuées pour chaque organe, la périodicité de ces opérations et l'exécutant de l'opération.

V.4.1 Définition :

Selon la norme « NF EN 13306 », le plan de maintenance préventive est un ensemble structuré des tâches qui comprennent les activités, les procédures, les ressources et la périodicité pour exécuter chaque tâche du plan de maintenance préventive.

V.4.2 Objectifs visés du plan de maintenance préventive :

Parmi les objectifs du plan de maintenance préventive :

- ✓ Garantir la qualité d'acide phosphorique;
- ✓ Améliorer l'ordonnancement des travaux ;
- ✓ Assurer la sécurité humaine ;
- ✓ Améliorer la gestion des stocks et la disponibilité des pièces de rechange.

En outre, il faudra examiner les différents services rendus pour apprécier les enjeux de la maintenance préventive :

- La sécurité : diminution des avaries en service ;
- La fiabilité : amélioration, connaissance des matériels ;
- La production : moins de pannes en production.

V.4.3. Les différentes sources aidant à définir les opérations de la maintenance préventive :

Les documents constructeurs permettent de connaître 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 particulières 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.

V.4.4 Démarche suivie pour l'élaboration du plan de maintenance préventive :

- ✓ Découper le filtre en sous-systèmes fonctionnels :
Effectuer l'analyse fonctionnelle;
Effectuer l'AMDEC du filtre;
Effectuer des observations sur le site.
- ✓ Classer les opérations préventives à effectuer par sous-système :
Déterminer les opérations à effectuer pour chaque sous composant.
- ✓ Rédaction des check-lists : Pour s'assurer que les opérations de maintenance ont été réalisées.

V.4.3 Elaboration du plan de maintenance préventives :

Le plan de maintenance préventive du Filtre est représenté en globalité dans l'annexe VII . La figure suivante représente un extrait du plan de maintenance préventive.

V.4.4 Elaboration des check-list :

Afin d'assurer une efficacité de la maintenance préventive de l'équipement pilote en assurant qu'aucune tâche à effectuer ne sera oubliée, on a élaboré des check-lists avec une grande rigueur de façon à assurer que toutes les tâches seront effectuées sans dérives. Elles doivent être testées par un technicien qualifié. Ce test permet de définir le temps alloué, la vérification des éléments des check-lists et des moyens à mettre en œuvre. Voir l'annexe VIII

V.4.5 Préparation du dossier machine :

Vu que la qualité d'un service de maintenance se mesure à la qualité de sa documentation, et dans le cadre de la maintenance professionnelle la préparation des dossiers machine est l'une des piliers fondamentale de la réussite de cette politique car un dossier machine permet de trouver facilement les informations dont tous techniciens de maintenance a besoin pour préparer une intervention de maintenance ou faire un dépannage, capitaliser le savoir et les compétences sur nos équipements, mettre en pratique les outils OPS, avoir un langage commun utilisant les formulaires et méthodes.

V.5 Développement d'une application de gestion de la maintenance préventive programmée en VBA :

Cette application sera utilisée comme outil de gestion de la maintenance préventive du filtre PRAYON, l'équipement pilote de la ligne AF. Cette application a été programmée en VBA (Visual Basic Application) de la façon la plus conviviale possible, et aisément utilisable par l'encadrement production, elle sera accessible par le responsable du bureau de méthodes et par les responsables des ateliers de la maintenance mécanique et la maintenance électrique.

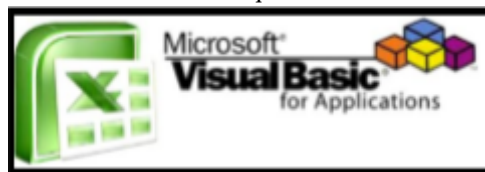


Figure 46:logo VBA

Pour une meilleure gestion du dossier de maintenance préventive de notre équipement pénalisant, on a développé une application en VBA qui regroupe les documents suivants :

- Fiche d'équipement
- Identification de sous-ensemble
- Les plans de chaque sous ensemble
- AMDEC de chaque sous-ensemble
- Plan de maintenance préventive
- Check-list d'équipement
- Planning de graissage

V.5.1 Présentation de l'application :

Cette application a été développée dans l'optique de la gestion de la maintenance préventive de la chambre à combustion. La première feuille affiche une description de l'OPS et des boutons qui vont nous permettre d'accéder aux différents documents de la maintenance préventive.

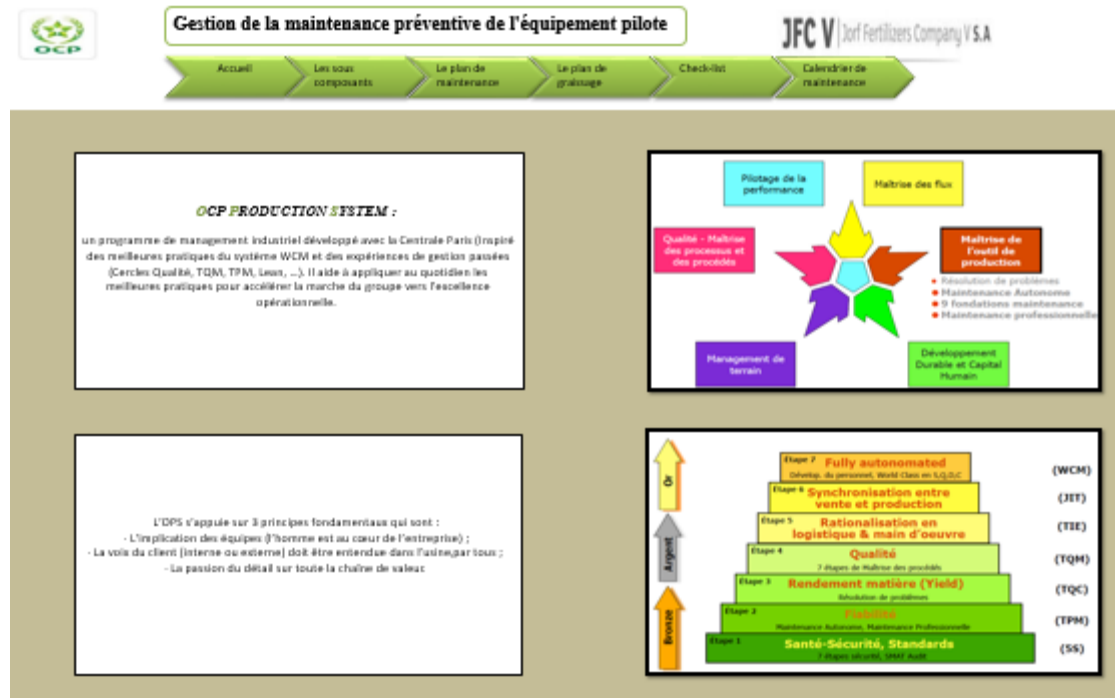


Figure 47: Présentation de l'interface

a. Affichage des données :

Pour accéder à la décomposition du filtre PRAYON, le plan de maintenance préventive, les check-lists et le planning de graissage, on clique sur les boutons qui se situent au niveau de la flèche. Par exemple pour accéder au sous-composant on double-clique sur le bouton sous-composant et il s'affiche :

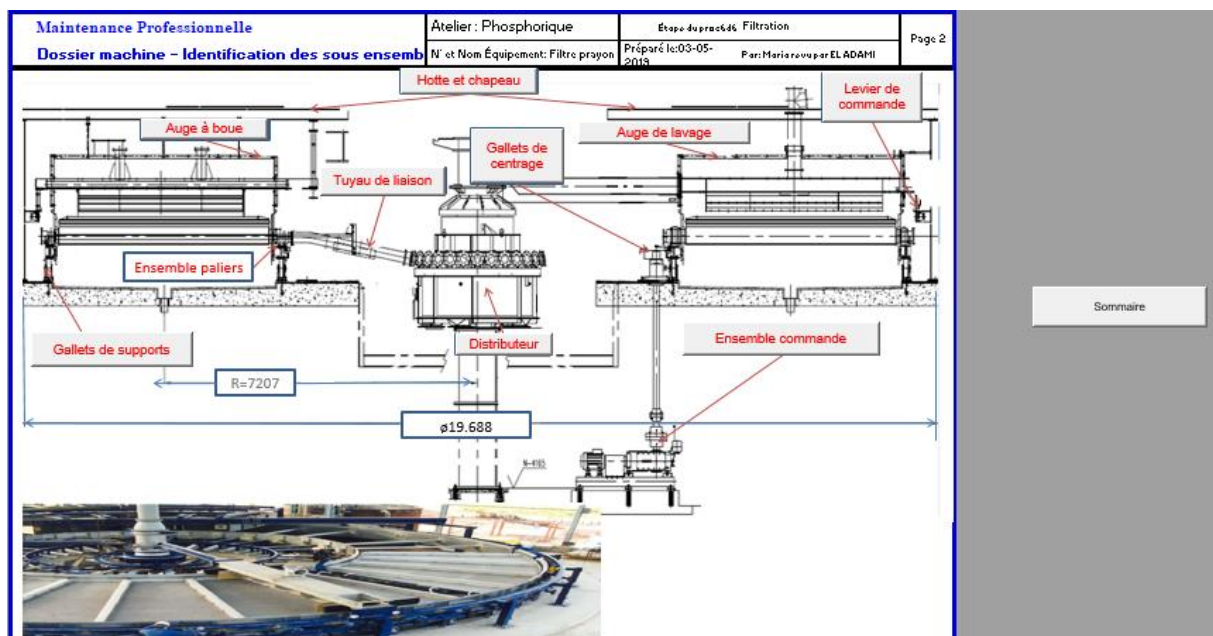


Figure 48: Accès au sous-composant

Pouvoir retourner à la page d'accueil, on clique sur le bouton sommaire.

Conclusion

Ce projet de fin d'études permis de se familiariser avec l'environnement de travail de l'ingénieur et d'acquérir la capacité d'adaptation personnelle ainsi que les compétences relationnelles, choses qui s'avèrent indispensable dans le domaine du travail et de l'industrie. Cette expérience m'a également permis de travailler en équipe et de forger des capacités d'organisation, de résolution de problèmes et de synthèse.

Ainsi, d'être face à plusieurs difficultés comme l'insuffisance de l'historique des arrêts, la difficulté de collecte de documentation et surtout la contrainte d'accès à l'information de la part du personnel.

Avant de commencer l'analyse de la fonction maintenance, il a été nécessaire de commencer par un diagnostic qui nous a permis de déterminer les axes importants à traiter en priorité.

Au niveau du premier axe, dont le suivi de la méthodologie de la maintenance basée sur la fiabilité à l'équipement pilote en commençant par l'analyse de la performance des unités de JFC V, ensuite effectuer une classification des équipements de la ligne PAP. Par la suite, après avoir classifié l'équipement pilote de la ligne, le résultat de cette classification nous a permis d'établir une étude AMDEC sur seulement le filtre Prayon. Ensuite, nous avons proposé des solutions aux problèmes fréquemment rencontrés et qui entravent les performances du filtre à l'aide de la méthode "SRANDARD KAIZEN". Prévenir mieux que guérir est un principe impliquant le développement de contrôle et pour cela nous avons élaboré un plan de maintenance préventive afin de déceler les défaillances et éviter leur déflagration.

Dans le cadre de l'amélioration de la maintenance mécanique des unités Attaque-Filtration Comme perspectives, nous proposons 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 maîtrise des données machines.
- Se procurer des outils plus sophistiqués 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

- [Yves LAVINA], Audit de la fonction maintenance, 1992.
[P. LYONNE], Optimisation d'une politique de maintenance, Paris, France, 1993. [PRAYON], Documentation technique du Filtre Prayon.
[JEAN BUFFERNE], La fiabilité des équipements industriels, avril 2009.
[François MONCHY, Jean-Pierre VERNIER], Maintenance méthodes et organisations-3ème édition. Pratique de la maintenance préventive, Jean Héng, Dunod paris 2002 ISBN 2 100065610
Les métiers de la maintenance, « Les Éditions de l'Industrie » Paris 2001 Collection Mode d'emploi

Sitographie

- <http://www.wikilean.com/>.
<http://www.techniques-ingenieur.fr>.
<http://christian.hohmann.free.fr>.
<http://www.logistiqueconseil.org>.
<https://www.manager-go.com>.
<http://www.maintenancetechnology.com>.
<https://www.kerix.net/fr/annuaire-entreprise/alme>
<http://www.maroc-performance.com/>
<https://www.jica.go.jp/activities/issues/health/5S-KAIZEN-TQM-02>

ANNEXE 1 : Méthode LAVINA

A - Organisation générale	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Avez-vous défini par écrit et fait approuver l'organisation de la fonction maintenance ?	0	*	*	*	30
Les responsabilités et les tâches définies dans l'organisation sont-elles vérifiées périodiquement pour adaptation ?	0	*	*	*	10
Les responsabilités et les tâches des contremaîtres ou agents de maîtrise sont-elles clairement définies ?	0	*	*	*	20
Le personnel d'encadrement et de supervision est-il suffisant ?	0	10	*	20	30
L'activité de chaque agent de maîtrise (contremaître ou responsable de section) est-elle encadrée par un budget de fonctionnement ?	0	*	5	*	10
Y a-t-il quelqu'un de désigné pour assurer la coordination des approvisionnements, des travaux, des études d'installation et de formation ?	0	5	*	15	20
Existe-t-il des fiches de fonction (domaine de responsabilité et domaine d'initiative) pour des postes d'exécutant ?	0	*	10	*	20
Les agents exploitant le matériel disposent-ils de consignes écrites pour réaliser les tâches de maintenance (surveillance, contrôles de fonctionnement...) de premier niveau ?	0	10	*	20	30
Vous réunissez-vous périodiquement avec l'exploitant pour examiner les travaux à effectuer ?	0	*	5	*	20
Les objectifs du service sont-ils écrits et sont-ils contrôlés régulièrement ?	0	5	*	20	30
Etes-vous consulté par l'exploitant ou par les services d'ingénierie à l'occasion de l'étude ou de l'installation de nouveaux équipements ?	0	10	*	20	30

A- 250 Points possibles

Sous total : 200

B - Méthodes de travail	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Pour les interventions importantes en volume d'heures et/ou répétitives, privilégie-t-on la préparation du travail ?	0	10	*	20	30
Utilisez-vous des supports imprimés pour préparer les travaux ou établir des devis (fiche de préparation ou fiche devis) ?	0	*	10	*	20
Disposez-vous de modes opératoires écrits pour les travaux complexes ou délicats ?	0	*	10	*	20
Avez-vous une procédure écrite (et appliquée) définissant les autorisations du travail (consignation, déconsignation) pour les travaux à risque ?	0	*	*	*	25
Conservez-vous et classez-vous de manière particulière les dossiers de préparation ?	0	5	*	10	15
Y a-t-il des actions visant à standardiser les organes et les pièces ?	0	5	*	20	30
Avez-vous des méthodes d'estimation des temps autres que l'estimation globale ? (Travaux types, blocs de temps...).	0	*	5	*	10
Utilisez-vous la méthode PERT (ou une démarche analogue) pour la préparation des travaux longs, importants, nécessitant beaucoup de coordination?	0	5	*	10	20
Avez-vous recours à des méthodologies formalisées de dépannage ?	0	10	*	20	30
Réservez-vous les pièces en magasin, faites-vous préparer des kits (pièces, outillages) avant vos interventions ?	0	10	*	20	30
L'ensemble de la documentation est-il correctement classé et facilement accessible ?	0	5	*	10	20

B- 250 Points possibles

Sous total : 185

C - Suivi technique des équipements	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Disposez-vous d'une liste récapitulative (inventaire) par emplacement des équipements de votre unité ?	0	10	*	20	30
Est-ce que chaque équipement possède un numéro d'identification unique autre que le numéro chronologique d'immobilisation ?	0	5	*	10	20
Sur le site, tout équipement a-t-il son numéro d'identification clairement signalé ?	0	5	*	10	15
Les modifications, nouvelles installations ou suppressions d'équipements sont-elles enregistrées systématiquement ?	0	5	*	10	15
Un dossier technique est-il ouvert pour chaque équipement ou installation ?	0	10	*	20	30
Possédez-vous un historique des travaux pour chaque équipement ?	0	10	*	20	30
Disposez-vous des informations concernant les heures passées, les pièces consommées et les coûts, équipement par équipement ?	0	10	*	25	40
Y a-t-il un (ou plusieurs) responsable (s) de la tenue des historiques des travaux ?	0	5	*	15	20
Assurez-vous un suivi formel des informations relatives aux comptes rendus de visites ou inspections préventives ?	0	*	15	*	30
Les historiques sont-ils analysés une fois par an ?	0	5	*	15	20

C- 250 Points possibles

Sous total : 127.5

D - Gestion portefeuille de travaux	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Avez-vous un programme établi de maintenance préventive (action préventive, périodicité, charge de travail...) ?	0	10	*	25	40
Disposez-vous de fiches (check-lists) écrites de maintenance préventive ?	0	5	*	10	20
Existe-t-il un responsable de l'ensemble des actions de maintenance préventive ?	0	*	*	*	10
Les opérateurs des équipements ont-ils des responsabilités en matière de réglage et de maintenance de routine ?	0	5	*	15	20
Avez-vous un style d'enregistrement des demandes de travaux ?	0	10	*	25	40
Y a-t-il une personne plus particulièrement responsable de l'ordonnancement des travaux ?	0	5	*	10	20
Avez-vous défini des règles permettant d'affecter les travaux selon les priorités ?	0	10	*	20	30
Connaissez-vous en permanence la charge de travail en portefeuille ?	0	5	*	15	30
Existe-t-il un document Bon (ou demande) de travail permettant de renseigner et de suivre toute intervention, qui soit utilisée systématiquement pour tout travail ?	0	5	*	15	30
Les agents de maîtrise se rencontrent-ils périodiquement pour débattre des priorités, problèmes, de personnel, ... etc. ?	0	10	*	20	30
Disposez-vous d'un planning hebdomadaire de lancement des travaux ?	0	*	15	*	30

D- 300 Points possibles

Sous total :157.5

E - Tenue du stock de pièces de rechange	Non	Plutôt non	Ni oui Ni non	Plutôt oui	Oui
Disposez-vous d'un magasin fermé pour stocker les pièces de rechange ?	0	*	*	*	20
Disposez-vous d'un libre-service pour les articles de consommation courante ?	0	*	5	*	10
Tenez-vous à jour des fiches de stocks (manuelles ou informatisées) ?	0	10	*	20	30
Eliminez-vous systématiquement les pièces obsolètes ?	0	*	5	*	10
Suivez-vous la consommation des articles par équipement ?	0	*	5	*	10
La valeur et le nombre d'article en stock est-il facilement disponible ?	0	*	*	*	20
Les pièces sont-elles bien rangées et identifiées ?	0	*	*	*	20
A-t-on bien défini le seuil de déclenchement et les quantités à réapprovisionner pour chaque article en stock ?	0	5	*	15	20
Les pièces interchangeables sont-elles identifiées ?	0	10	*	20	30
Les procédures d'approvisionnement sont-elles suffisamment souples pour stocker au maximum chez le fournisseur ?	0	10	*	20	30

E- 200 Points possibles
Sous total : 160

F - Achat et approvisionnement des pièces et matières	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
A-t-on une procédure formalisée et adaptée d'émission des demandes d'achat et de passation des commandes ?	0	*	10	*	20
Y a-t-il une personne dans le service plus particulièrement chargée du suivi des demandes d'achat ?	0	5	*	10	20
Toute demande de pièce à coût élevé requiert-elle l'accord du responsable du service ?	0	*	15	*	30
Les délais d'émission d'une commande sont-ils, à votre avis, suffisamment courts ?	0	*	15	*	30
A-t-on des marchés négociés pour les articles standard ou les consommables ?	0	10	*	20	30
Pour les articles spécifiques (à consommation épisodique), passez-vous généralement par des fournisseurs autres que les constructeurs de l'équipement ?	0	*	15	*	30
Disposez-vous d'un processus d'homologation des fournisseurs ?	0	5	*	10	20
Lors des différentes négociations avec les fournisseurs, y a-t-il une grande cohésion entre le service achat et le service maintenance ?	0	5	*	10	20

F- 200 Points possibles

Sous total : 137.5

G - Organisation matériel-atelier maintenance	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
L'espace atelier – maintenance est-il suffisant pour les travaux qui sont demandés ?	0	*	15	*	30
Votre atelier pourrait-il être mieux situé par rapport aux équipements que vous avez à entretenir ?	40	30	*	10	0
Les bureaux de la maîtrise ou des superviseurs sont-ils (de plein pied) sur l'atelier ?	0	*	10	*	20
Votre atelier dispose-t-il du chauffage et de l'air conditionné ?	0	*	5	*	0
Le magasin outillages et pièces de rechange est- il au voisinage de votre atelier ?	0	5	*	15	20
Y a-t-il un responsable du magasin ?	0	*	5	*	10
Le magasin outillages et pièces est-il affecté exclusivement à la maintenance et aux travaux neufs que vous assurez ?	0	*	10	*	20
Chaque exécutant dispose-t-il d'un poste de travail bien identifié ?	0	*	10	*	20
Les moyens de manutention d'atelier sont-ils adaptés ?	0	10	*	20	30

G- 200 Points possibles

Sous total : 142.5

H - Outillages	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Disposez-vous d'un inventaire des outillages et équipements de tests en votre possession ?	0	5	*	10	20
Cet inventaire est-il mis à jour régulièrement ?	0	5	*	10	15
Disposez-vous de tous les outillages spéciaux et équipements de tests dont vous avez besoin ?	0	10	*	20	30
Exécutez-vous votre maintenance préventive à l'aide des équipements de tests en votre possession ?	0	5	*	15	25
Les outillages et équipement de tests sont-ils facilement disponibles et en quantité suffisante ?	0	5	*	15	25
L'étalonnage des appareils de mesure est-il bien défini (vérifications et tolérances) et effectué ?	0	*	5	*	15
Avez-vous défini par écrit le processus de mise à disposition et d'utilisation des outillages ?	0	*	*	*	10
Chaque exécutant dispose-t-il d'une boîte à outils personnelle ?	0	*	15	*	30
Disposez-vous de suffisamment de moyens de manutention sur site (palans, treuil, nacelle, échelle...) ?	0	10	*	20	30

H- 200 points possibles

Sous total : 92,5

I - Documentation technique	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Disposez-vous d'une documentation générale suffisante : Mécanique de construction, Electricité, code, environnement et nuisances, réglementations...?	0	5	*	15	20
Pour tout équipement (ou installation), disposez- vous des plans d'ensemble et schémas nécessaires ?	0	15	*	30	40
Les notices techniques d'utilisation et de maintenance ainsi que les listes des pièces détachées sont-elles disponibles pour les équipements majeurs ?	0	10	*	20	30
Les plans des installations sont-ils facilement accessibles et utilisables ?	0	10	*	20	30
Les plans et schémas sont-ils à jour au fur et à mesure des modifications apportées ?	0	10	*	20	30
Enregistre-t-on les travaux de modification des équipements et classe-t-on les dossiers de préparation correspondants (préparation, mise à jour de la documentation) ?	0	5	*	15	20
Les contrats de maintenance (constructeurs ou sous-traitants) sont-ils facilement accessibles ?	0	5	*	15	20
Les moyens de reprographie, classement et archivage sont-ils suffisants ?	0	*	5	*	10

I- 200 Points possibles

Sous total : 145

J - Personnel et formation	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Le climat du travail est-il généralement positif ?	0	10	*	25	40
Les agents de maîtrise encadrent –ils correctement les travaux effectués par le personnel exécutant sous leur responsabilité ?	0	10	*	20	30
Les problèmes sont-ils examinés en groupe incluant les exécutants (cercle de qualité, groupes de progrès...) ?	0	10	*	20	30
Existent-ils des entretiens annuels d'appréciation du personnel d'encadrement et exécutants ?	0	5	*	15	20
La maîtrise et les exécutants sont-ils suffisamment disponibles ? (Dépassement d'horaires pour terminer un travail, travail le samedi)	0	10	*	20	30
Considérez-vous globalement que la compétence technique de votre personnel est satisfaisante ?	0	15	*	35	50
Dans le travail au quotidien, estimez-vous que le personnel a l'initiative nécessaire ?	0	10	*	20	30
Les agents de maîtrise assurent-ils régulièrement le perfectionnement de leur personnel dans les domaines techniques ?	0	*	15	*	30
Vos agents de maîtrise reçoivent-ils une formation aux nouvelles technologies par l'intermédiaire des stages, visites chez les constructeurs, des expositions ?	0	*	15	*	30
Votre personnel reçoit-il régulièrement une formation à la sécurité ?	0	5	*	20	30
La formation du personnel est-elle programmée et maîtrisée par le service maintenance ?	0	5	*	15	20
Les qualifications et habilitations du personnel sont-elles suivies rigoureusement ?	0	5	*	15	20
Avez-vous des pertes importantes de temps productif dues à des retards, absences, ... ?	30	20	*	10	0
14. Les relations de votre personnel avec les services « client » sont-elles bonnes ?	0	*		*	10

J- 400 Points possibles

Sous total : 230

K - Sous-traitance	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Avez-vous un processus d'évaluation formelle des sous-traitants ?	0	*	*	*	10
Les descriptifs de travaux et cahiers de charges sont-ils soigneusement rédigés ?	0	15	*	30	40
La sélection des sous-traitants s'effectue-t-elle sur des critères de technicité et de compétence ?	0	5	*	15	20
Avez-vous localement la possibilité de recours à de multiples entreprises sous-traitantes pour les domaines qui vous concernent ?	0	5	*	15	20
Sous-traitez-vous les tâches pour lesquelles vous considérez ne pas disposer d'une technicité suffisante ?	0	10	*	20	30
Vos contrats avec les sous-traitants incluent-ils des clauses de résultats ?	0	5	*	15	20
Développez-vous l'assurance de la qualité et le partenariat avec vos sous-traitants ?	0	10	*	20	30
Créez-vous et mettez-vous à jour un dossier par affaire selon une procédure de constitution prédéterminée ?	0	5	*	15	20
Le suivi des travaux du sous-traitant et la réception de ceux-ci sont-ils effectués par une personne de votre service nommément désignée et selon des procédures rigoureuses ?	0	10	*	20	30
Disposez-vous d'une documentation propre à faciliter la maintenance de vos équipements par des entreprises extérieures ?	0	10	*	20	30

K- 250 Points possibles

Sous total : 192.5

L - Contrôle de l'activité	Non	Plutôt non	Ni oui ni non	Plutôt oui	Oui
Disposez-vous d'un tableau de bord vous permettant de décider des actions correctives à entreprendre ?	0	15	*	30	40
Existe-t-il des rapports réguliers de suivi des heures et coûts main-d'œuvre, pièces et TFSE (travaux, fournitures et services extérieurs) ?	0	15	*	30	40
Les performances du service sont-elles suivies (manque à gagner, sécurité d'exploitation, disponibilité des équipements et délai de réponse) ?	0	15	*	30	40
L'efficacité du potentiel de maintenance est-elle contrôlée ?	0	10	*	20	30
Maîtrisez-vous votre charge de travail ?	0	10	*	20	30
Disposez-vous des coûts de maintenance équipement par équipement ?	0	10	*	20	30
Le service maintenance dispose-t-il d'un outil de gestion informatisé de l'activité (autre que la seule gestion des pièces de rechange) ?	0	*	15	*	30
Disposez-vous des informations de synthèse dans un délai suffisamment court ?	0	10	*	20	30
Emettez-vous régulièrement (tous les mois et annuellement) un compte rendu d'activité ?	0	10	*	20	30

L- 300 Points possibles

Sous total : 150

ANNEXE 2 : Le TRG des unités de production de JFC V

Unité	TRG SAP	TRG 306	TRG CAP	TRG AF	TRG 307
janv-18	85.91%	68.12%	63.71%	73.68%	74.40%
févr-18	98.07%	91.75%	87.45%	62.65%	79.84%
mars-18	94.63%	89.62%	86.02%	78.95%	96.71%
avr-18	96.23%	94.62%	86.63%	76.64%	98.51%
mai-18	97.32%	95.21%	90.62%	80.62%	96.20%
juin-18	92.43%	93.52%	87.25%	67.8%	105.73%
juil-18	90.77%	98.13%	86.19%	76.26%	69.86%
août-18	90.23%	89.73%	84.34%	69.62%	90.39%
sept-18	82.76%	77.30%	81.62%	64.74%	83.33%
oct-18	84.59%	91.69%	84.67%	73.63%	68.21%
nov-18	85.97%	91.28%	84.98%	80.74%	64.51%
déc-18	84.85%	86.52%	84.07%	77.80%	68.41%

ANNEXE 3 : Classification TDPC des équipements de la ligne PAP

Maintenance Professionnelle classification des équipements-synthèse			Critère de l'évaluation					Atelier phosphorique
Etape du procédé de fabrication	Repère géographique de l'équipement	Désignation de l'équipement	Temps de réparation	Facteur d'influence	Probabilité de pannes	Criticité	Evaluation	Classification de l'équipement (AA-A-B-C)
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AS01	Filtre Prayon	15	7	35	40	97	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AR02	Bac de digestion	25	7	5	60	97	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP01	Pompe de circulation de bouillie	25	7	5	60	97	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AC01	Pompe à vide du Flash-cooler	25	7	5	60	97	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AC05	Ventilateur d'assainissement des gaz	15	11	10	60	96	AA
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA01	AGITATEUR CUVE D'ATTAQUE	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA02	AGITATEUR CUVE D'ATTAQUE PRAYON	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA03	AGITATEUR CUVE D'ATTAQUE PRAYON	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA04	AGITATEUR CUVE D'ATTAQUE PRAYON	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA05	AGITATEUR CUVE D'ATTAQUE PRAYON	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA06	AGITATEUR CUVE D'ATTAQUE PRAYON	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA07	AGITATEUR CUVE D'ATTAQUE PRAYON	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA08	AGITATEUR CUVE D'ATTAQUE PRAYON	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA09	Agitateur bac de digestion AR02 Prayon	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA10	Agitateur bac de digestion AR03 Prayon	15	7	5	60	87	A
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA11	Agitateur bac de digestion AR04 Prayon	15	7	5	60	87	A

ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AC02	Pompe à vide pour filtre	25	7	5	40	77	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AE01	Evaporateur (Flash-cooler)	35	7	5	0	47	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AD01	Tour de lavage gaz	35	11	5	0	51	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AE02	Précondenseur du flash cooler	35	11	5	0	51	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AE03	Condenseur du flash cooler	35	11	5	0	51	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AY32	Cheminée	35	11	5	0	51	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP04	Pompe d'eau acidulé de lavage des toiles	15	11	5	40	71	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP05	Pompe de transfert d'eau de mer	15	7	5	40	67	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP06	Pompe d'acide phosphorique de produit	15	7	5	40	67	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP07	Pompe d'acide phosphorique recyclé	15	7	5	40	67	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP08	Pompe d'acide phosphorique dilué de lavage	15	7	5	40	67	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP09	Pompe eau de lavage du gâteau	15	7	5	30	57	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AC03	Ventilateur de soufflage du filtre	15	7	5	40	67	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AC04	Ventilateur de séchage du filtre	15	7	5	40	67	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP13	Pompe de transfert d'effluent	20	7	5	20	52	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP15	Pompe mobile avec variateur d'acide phosphorique et gypse	20	7	5	20	52	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP11/12	Pompe d'eau acidulé de circulation 1er et 2ème lavage	15	10	5	40	70	B
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AP16	Pompe verticale de pissard	15	7	5	0	27	C
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AA14	Agitateur bac eau acidulé	15	7	5	0	27	C
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AS03	Séparateur du ventilateur de séchage	35	11	5	0	51	C
ATTAQUE FILTRATION	JL-B01-PAP-303-AS04	Séparateur du filtre Prayon	35	11	5	0	51	C

ANNEXE 4 : Analyse AMDEC du Filtre PRAYON

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS				Phase de fonctionnement				page : 1 / 4	
	Système : <i>Filtre Prayon</i>		Sous - Ensemble : <i>Cellule</i>						Nom : Benbahaka Maria	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Détection	Action
					F	G	D	C		
Toiles filtrantes	Filtration de la bouillie	-Déchirure des toiles filtrantes	-Desserrage des toiles	-Mauvaise filtration	1	3	1	3	visuel	-Vérifier les clames de fixation des toiles
			-ondulation des toiles	-rupture et perforation des fibres -arrêt du filtre	1	3	1	3	visuel	-Changement de toiles
Vis de réglage des cellules	Tenir les cellules en position horizontale	-Mauvais réglage	-Desserrage des vis	-Non planéité des cellules	1	4	3	12	Visuel	-Réglage de la planéité des cellules
Vis de fixation des tôles perforées	Fixation de la tôle perforée sur la cellule	-desserrage	-desserrage des vis	-déchirure des toiles de filtration d'où l'arrêt du filtre	1	4	3	12	Visuel par mécanicien	-Contrôler et serrer les vis lors du lavage du filtre -Changement de toiles si la déchirure est grave

Clame	-Fixation des toiles sur la tôle perforée	-Mauvaise fixation des toiles	-Arrachement des clames	-ondulation de la toile -risque de déchirure d'où l'arrêt du filtre	1	3	1	3	Visuel (encrassement des cellules)	-Nettoyer et fixer les toiles -Changer celles qui sont déchirées.
Ressort	-Amortir le choc lors du retour de la cellule à sa position horizontale après son passage du chemin de renversement	-rupture	-Détérioration de la raideur du ressort « Manque de graisse »	-blocage des galets du levier de commande lors de son passage dans le chemin de renversement d'où l'arrêt du filtre	2	3	2	12	visuel	-Changement du ressort et le graisser.
Tôle perforée	-Supporter les toiles filtrantes	-colmatage de la tôle	-mauvais lavage	-obturation de la tôle par le gypse d'où mauvaise filtration de la bouillie -arrêt du filtre	3	4	1	12	-visuel	-Démonter et nettoyer
Bague d'usure intérieure et extérieure	-Protéger les coussinets contre l'usure	-Mauvais guidage en rotation des cellules lors	-Usure des bagues « mauvaise lubrification,	-Usure des coussinets -Détérioration des galets de	1	2	3	6	-visuel	-changement des bagues d'usure -graissage pour augmenter leur durée de vie

		de renversement	décalage entre le châssis tournant intérieure et extérieure, mauvais réglage du galet de support »	cellules et leurs axes d'où l'arrêt						
Coussinets	-Guider la cellule en rotation	Usure des bagues	-Mauvaise lubrification	-battements des cellules entraînées par le déplacement radial de la cellule lors de son retour à sa position horizontale	1	1	2	2	-auditive	-changement des coussinets.
Joints de grilles	Assurer une bonne étanchéité des tôles perforées	rupture	-pression appliquée sur les joints	-Mauvaise filtration (entraînement de solide)	1	1	1	1	visuel	-changement des joints.

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS				Phase de fonctionnement				page : 1 / 1	
	Système : <i>Filtre Prayon</i>		Sous - Ensemble : <i>Distributeur</i>						Nom : Benbahaka Maria	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				détection	Action
					F	G	D	C		
Anneaux d'usure	Assurer l'étanchéité entre la partie rotative du distributeur et la partie fixe	-Mauvaise étanchéité	-Déformation des surfaces de friction	-Détériorer l'étanchéité sous vide	1	1	3	3	-visuel	Contrôler l'état de la surface de l'anneau et le remplacer si les rainures sont importantes sinon réfection seulement
Patins de centrage	Guider la partie rotative du distributeur	-Usure des patins	-détérioration de la plupart des patins de centrage	-mauvais guidage et blocage du filtre -arrêt du filtre	1	1	4	4	-visuel	Vérifier si les patins sont bien graissés -Contrôler l'épaisseur des patins -changer les patins
Plateau	Partie fixe du distributeur	Mauvaise étanchéité	-Plateau décliné de son centre	-Détériorer l'étanchéité sous vide	1	1	3	3	-visuel	-Contrôler l'état de surface du plateau et réfection si nécessaire

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS				Phase de fonctionnement				page : 1 / 2	
	Système : <i>Filtre Prayon</i>		Sous - Ensemble : <i>Galets</i>						Nom : Benbahaka Maria	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				détection	Action
					F	G	D	C		
Galets de support	Supporter le filtre + guider en rotation sur des rails	Mauvais Support	-Mauvais positionnement des galets	Déséquilibre du filtre (coincement si plusieurs galets sont détériorés)	2	3	2	12	visuel	-Réglage des galets porteurs en hauteur
			-Usure de l'axe du galet	-Usure du revêtement du galet et détérioration du roulement	1	2	3	6	visuel	-changer les galets -Contrôler l'état des axes des galets
			-Détérioration des roulements	-Arrêt du filtre	2	3	2	12	visuel	-Contrôler l'état des roulements
			-Arrachement du bondage de la jante	-Déséquilibre du filtre (coincement si plusieurs galets sont détériorés)	3	3	2	18	- visuel	-Changer les galets -Contrôler l'état du bondage des galets et le graisser

Galets de centrage	Centrer la table tournante.	-usure du galet	Arrachement du bondage de la jante	Décentrage du filtre	2	2	3	12	-visuel	-vérifier le passage des cellules dans le chemin du renversement. -remplacer les galets si l'usure dépasse 2 mm puis les graisser la partie en polyuréthane
		-Usure du roulement	-Roulement défectueux	-Coincement du filtre - Détérioration des dentures du pignon d'attaque.	2	2	2	8	-visuel	-Contrôler l'état des roulements et joints des galets. -Contrôler les vis vérin des galets
Galets de cellules	Renversement de la cellule	-Coincement	-Fatigue de roulement	-Arrêt de filtre	2	3	1	6	-visuel	-Inspecter et remplacer les galets dont le roulement est détérioré
		-Mauvais renversement de la cellule	-Usure de galet	-Chocs lors du passage de la cellule dans le chemin de renversement	2	4	1	8	-visuel Usure supérieure à 2 mm sur le rayon	-Inspecter et remplacer les galets dont le revêtement est usé ou dont le diamètre dépasse la marge de tolérance "306mm"

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS				Phase de fonctionnement				page : 1 / 1	
	Système : <i>Filtre Prayon</i>		Sous - Ensemble : <i>Rampe de lavage</i>						Nom : Benbahaka Maria	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Détection	Action
					F	G	D	C		
Rampe	Lavage des cellules à l'eau	Débouchage	-Dépôt du silicate dans la rampe	- Colmatage des cellules - Arrêt de la production -Mauvais lavage	3	3	2	18	Visuel	-Taper les parois par un marteau pour éviter le durcissement du silicate -Nettoyage de la rampe
Pastilles de pulvérisation		Corrosion des buses	-Colmatage des buses	- Réduction de la durée de vie des buses - Mauvais lavage - Colmatage des cellules - Arrêt de la production	2	3	2	12	Visuel	-Vérifier l'état des buses
					2	3	2	12	Visuel	-Nettoyage des injecteurs d'eau -Changer les buses

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS				Phase de fonctionnement				page : 1 / 4	
	Système : <i>Filtre Prayon</i>		Sous - Ensemble : <i>système d'entraînement</i>						Nom : Ben bahaka Maria	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				détection	Action
					F	G	D	C		
Réducteur siemens B4SV10A	Réduire et transmettre la vitesse du moteur	Pas de transmission	-Dentures endommagés	-bruits anormaux -arrêt du filtre	3	1	2	6	- visuel	-Révision du réducteur: contrôler les vibrations à l'aide d'un stylo vibratoire
			Paliers défectueux	-dégradation des autres composants du réducteur					-auditive	-Vérifier si le réducteur produit des bruits anormaux
			Transmission non conforme	Augmentation du jeu des paliers	Dégradation des autres composants du réducteur	3	1	2	6	-auditive

			Desserrage de la fixation du réducteur	Dégradation de l'accouplement et du moteur	3	1	2	8		-Nettoyer la vis de purge d'air -Vérifier l'état du radiateur -contrôler l'étanchéité du réducteur
Accouplement	Transmette la puissance	Pas de transmission	-présence d'un corps étranger	-Arrêt du filtre	4	1	1	4		-Contrôler le niveau d'huile -Injecter de la graisse dans les joints en taconite -Contrôler la température de l'huile : 90°C « pour l'huile minérale » 100°C « pour l'huile synthétique »
		Vibration	-Désalignement axial, radial ou angulaire	-vibrations détérioration du système d'entraînement	1	1	4	4		-Nettoyage du filtre à l'huile -Réalignement -serrage de système de fixation

Arbre	Transmettre le mouvement	-rupture	-surcharge	- vibrations -arrêt système	4	1	1	4	Visuel	-Nettoyage de la surface d'arbre -contrôle régulier de la vibration du réducteur
		-déflexion	-vibration -Désalignement de l'arbre		3	1	3	9		-contrôle des vibrations
Pignon d'attaque	Transmettre le mouvement à la couronne	-Usure des dents	-Jeu d'engrènement	-Arrêt du filtre	3	1	1	3		-ajustement du jeu d'engrènement du pignon à l'aide d'un jeu de cales ou d'une jauge -veiller à ce que le jeu ne dépasse pas 8 mm entre le pignon d'attaque et la couronne.
			-excès de graisse	-blocage du filtre	3	1	3	9		-nettoyer et veiller à ne pas dépasser la quantité pour le bon fonctionnement du filtre

Couronne	Transmission de puissance	Usure des dents	-Manque de graisse	-Décentrage du filtre	3	1	2	6	Visuel	-Contrôle du jeu entre pignon et la couronne (réglage du positionnement des galets de centrage) -graisser pour augmenter sa durée de vie
		Pas de transmission	-Rupture des dents	-Arrêt du filtre	3	1	2	6		-Contrôle de l'état des dents et remplacement de la partie de la couronne Abimée
Roulement	Guider l'arbre de rotation	-grippage - échauffement	-mauvais graissage -mauvais alignement entre le moteur et le réducteur -excès ou manque de graisse -grippage	-Réduction de la durée de vie des roulements -vibrations bruits anormaux -réduction de la durée de vie	1	1	4	4		-Assurer un bon fonctionnement du système de graissage -contrôle périodique du niveau de la graisse -respecter les tolérances du montage des roulements -changement systématique des roulements

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS				Phase de fonctionnement				page : 1 / 1	
	Système : <i>Filtre Prayon</i>		Sous - Ensemble : <i>Tuyaux flexible</i>						Nom : Ben bahaka Maria	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Détection	Action
					F	G	D	C		
Capillaires	Tuyaux de liaison entre les cellules et le distributeur	Torsion	-Détérioration de la raideur du ressort	-Arrêt du filtre -encrassement des cellules -non passage des filtrats	2	3	2	12	Visuel	-Montage des capillaires lorsque les cellules sont en position verticales lors du nettoyage du filtre -Contrôler l'état des capillaires et le changer si le ressort est défectueux

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS				Phase de fonctionnement				page : 1 / 1	
	Système : <i>Filtre Prayon</i>		Sous - Ensemble : <i>Hottes</i>						Nom : Ben bahaka Maria	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Détection	Action
					F	G	D	C		
Rideau ou bavette	Eviter la fuite des gaz	Dégradation	-mauvais dégazage	-accumulation des vapeurs -élévation de température des gaz -influence sur les caractéristiques	1	3	1	3	Visuel	-Remplacement des rideaux

				de production d'acide phosphorique						
Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS				Phase de fonctionnement				page : 1 / 1	
	Système : <i>Filtre Prayon</i>		Sous - Ensemble : <i>Châssis tournants</i>						Nom : Ben bahaka Maria	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Détection	Action
Châssis tournant	Support	-Mauvais support	-Décentrage du filtre	-Desserrage rapide des galets de centrage et détérioration des patins de centrage.	1	1	2	2	Visuel et auditif	-Contrôle du centrage de la table et de l'état du bondage (Vérifier si la distance entre pignon et couronne égale à 8mm sinon régler le positionnement des galets) - vérifier
			-Le châssis tournant n'est pas au bon niveau	-Détérioration rapide des bagues d'usure, des galets de cellules et des galets de supports	1	1	3	3	Visuel	-Correction de la hauteur

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS				Phase de fonctionnement				page : 1 / 1	
	Système : <i>Filtre Prayon</i>		Sous - Ensemble : <i>Trémie à gypse</i>						Nom : Ben bahaka Maria	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Criticité				Détection	Action
					F	G	D	C		
Tôle d'usure	Protection de la trémie à gypse	Corrosion	« Corrosion des vis de fixation »	-arrachement de la tôle	2	2	2	8	Visuel	
Boulons de fixation et écrous	Fixation des tôles	Corrosion	Corrosion des écrous	-détérioration des filets des écrous	1	3	3	9	Visuel	-Changement des écrous

ANNEXE 5 : Plan de graissage

Equipement	Organe à graisser	type de graisseur	Capacité unitaire	Description de la tâche	Fréquence
Filtre PRAYON 03E AS01 BS02	Paliers extérieurs et intérieurs	DIN 3404 1/4 gaz	60cm3	Appoint	Hebdomadaire
	Patins de centrage du distributeur	Graissage manuel		Vérifier si la graisse est suffisante (ni manque ni excès)	1 mois
	Commande du filtre	DIN 3404 1/4 gaz	20 cm3	Appoint	Hebdomadaire
	Réducteur	Barbotage	6700cm3	Contrôle du niveau d'huile	1 mois
	Ressort du levier	Brosse	60 cm3	Appoint	1 mois
	Galet de roulement extérieur et intérieur	Graissage centralisé	Vérifier que chaque galet reçoit de la graisse	Appoint	Hebdomadaire
	Galet de centrage	Graissage centralisé	Vérifier que chaque galate reçoit de la graisse	Appoint	hebdomadaire

ANNEXE 6 : Evaluation des risques et des remèdes du Filtre PRAYON

l'équipement	Nature des dangers identifiés	Description des risques	les remèdes	les EPI nécessaire
Filtre	• Appareil tournant	• Blessure par entraînement.	• la consignation de l'équipement lors de l'intervention • le cache de l'équipement lors de son fonctionnement	• Casque • Chaussures anti dérapant • Tenue de travail anti acide • Gants anti acide • Gants de cuir • Lunettes ou cagoule
		• Décès par écrasement.		
	• Gaz	• Lésions respiratoires	• Masque à gaz	• Masque panoramique
		• Fatigue		
	• H3PO4	• Brûlure chimique.	• utiliser des Gants anti acide	• Tenue de travail anti acide • Gants anti acide • Lunette ou cagoule
	• Lubrifiants • Surface lisse	• Blessure suite chute par glissement	• utiliser des Chaussures anti dérapant	• Chaussures anti dérapant
		• Blessure suite chute par glissement		
	• Encombrement	• Blessure suite trébuchement ou choc	• utiliser les EPI • utiliser des échafaudages conforme	• Casque • Chaussures anti dérapant • Tenue de travail anti acide • Lunettes ou cagoule

ANNEXE 7 : Plan de maintenance Préventive

		FORMULAIRE							REFERENCE
		PLAN DE MAINTENANCE							Date : 19/3/2019
Sous Ensemble	N°TACHE	TACHE	TYPE DE MAINTENANCE	ETAT EQUIPEMENT			PERIODICITE	PIECE DE RECHANGE	
				Révisio n	Arret Process	En Marche		CODE PDR	QTE
1. CHASSIS TOURNANT	1	Changement des secteurs de la couronne dentée	MPS	x	x		10 A	20617.00375	
	2	Basculement des secteurs de la couronne dentée	MPS	x	x		5A	20617.00375	
	3	Contrôle hebdomadaire du filtrer selon la check-list	MPC			x	Chaque jour	na	
	4	Contrôle de l'état du chassis (Planeité , l'état des soudures , selon la check-list de révision....)	MPC	x			6 mois	na	
	5	Contrôle de la fixation du chassis (de contact entre les tôles de protection et la trémie Selon la check-list de lavage)	MPC		x		1 mois	na	
	1	Changement Jeu plateau d'usure de frottement en PEHPM)	MPS	x	x		18 mois	20464.345	
	2	Changement Anneau d'usure en inox UB6	MPS	x	x		3A	20617.00294	
	3	Usinage Anneau d'usure en inox	MPS	x	x		18 mois	20617.00295	

2. DISTRIBUTEUR	4	Changement Patin de centrage	MPS	x	x		5 A	20617.00290	
	5	Contrôle du sifflement journalier au niveau du	MPC			x	Chque jour	na	
	6	Contrôle de l'état de la boîte à vide (l'état des plateaux d'usure , rainure , etat des cloisons) selon la check-list de lavage	MPC	x	x		Chaque 2 mois	na	
	7	Contrôle de l'état de la boîte à vide (l'état des plateaux d'usure , rainure , etat des cloisons , epaisseur boîte distribution.....) selon la check-list de révision	MPC	x			6 mois	na	
3. GROUPE DE COMMANDE	1	Changement de l'accouplement sortie réducteur	MPS	x	x		10A	20617.00343	
	2	Changement de l'arbre d'entraînement	MPS	x	x		10A	20617.00112	
	3	Changement roulement du palier de guidage	MPS	x	x		2A	20325.01568 et	
	4	Changement jeu d'élément élastique p/accouplement	MPS	x	x		12 mois	20617.00030	
	5	Changement tampon d'accouplement Plimiteur de couple	MPS	x	x		12 mois	20617.00043	
	6	Changement limiteur de couple	MPS	x	x		4A	20617.00346	
	7	Changement du pignon d'entraînement	MPS	x	x	x	5A	20617.00341	
	8	Contrôle vibration du réducteur du groupe de commande	MPC			x	2 fois /mois	na	
	9	Contrôle Température du réducteur du groupe de commande	MPC			x	2 fois /mois	na	
	10	Contrôle vibration du moteur du groupe de commande	MPC			x	2 fois /mois	na	

	11	Contrôle température du moteur du groupe de commande	MPC			x	2 fois /mois	na	
	12	Contrôle vibration des (roulements) de l'arbre du groupe de commande	MPC			x	2 fois /mois	na	
	13	Contrôle température des (roulements) de l'arbre du groupe de commande	MPC			x	2 fois /mois	na	
	14	Contrôle du bruit journalier du groupe de commande	MPC			x	Chaque jour	na	
	15	Contrôle des composantes du groupe de commande chaque lavage	MPC		x		1 mois	na	
	16	Contrôle des composantes du groupe de commande (Alignement , Geometrie de l'arbre) selon check-list de révision	MPC	x			12 mois	na	
4. CELLULE	1	Changement des galets de maintien	MPS	x	x		3A	20617.00331	
	2	Changement ressort du Godet	MPS	x	x		4A	20617.00303	
	3	Changement des galets de basculement	MPS	x	x		12 mois	20617.00023	
	4	changement des coussinets métallique int	MPS	x	x		4A	20617.00019	
	5	changement des coussinets métallique ext	MPS	x	x		4A	20617.00020	
	6	changement des paliers	MPS	x	x		6A	20617.00015	
	7	changement des flexibles de liaison	MPS	x	x		3A	20617.00017	
	8	changement des coussinets syntétique	MPS	x	x		2A	20617.00018	
	9	Changement des toiles	MPS		x		1 mois	A vérifier	
	10	Contrôle journalier (fuites , ...) des cellules	MPC			x	Chaque jour		

	11	contrôle de l'état des cellules (Levier de commande, grilles , toiles) selon la chekk-list de lavage	MPC		x		1 fois /mois	na	
	12	contrôle de l'état des cellules (Mesure l'épaisseur des godetsLevier de commande, grilles , toiles) selon la chekk-list Révision.	MPC	x			6 mois	na	
5. SYSTÈME DE RENVÈREMENT	1	Contrôle l'état des rails de renversement des gaodets selon la check-list révision	MPC	x			6 mois	na	
6. GALETS (ROULEMENT ET CENTRAGE)	1	changement galet de roulement et de centrage	MPS	x			3A	20617.00302	
	2	Changement des roulements des galets	MPS	x			2A	20325.00841	
	3	Contrôle journaliers visuels de l'état des galets	MPC			x	Chaque jour	na	
	4	Contrôle de l'état des galets selon les check-list lavage	MPC	x	x		1 mois	na	
7. SYSTÈME DE GRAISSAGE	1	Changement Pompe	MPS	x	x		4A	A codifier	
	2	Changement Distributeur à 4 sorties en acier inoxydable 316	MPS	x	x		2A	20617.00370	
	3	Changement Distributeur à 8 sorties acier inoxydable 316	MPS	x	x		2A	20617.00370	
	5	Changement Pompe	MPS	x	x		4A	20617.00369	
	6	Changement Filtre de remplissage	MPS	x	x		12 mois	A codifier	
	7	Contrôle chaque lavage des composantes du système de graissage	MPC			x	1 mois		
	8	Contrôle journalier l'état du système de graissage (fuites, alarmes , défauts)	MPC			x	1 jour		

8. TREMIE A GYPSE	1	Contrôle de l'état des toles d'usure de la trémie (check-list révision)	MPC	x			6 mois		
9. Nacelle à bouillie + Hotte +Rampe d'arrosage	1	Changement des Pulvérisateurs fixes	MPS	x	x		2A	20617.00367	
	2	Changement des Pulvérisateurs orientables	MPS	x	x		2A	20617.00367	
	3	contrôle de lavage (rampes , injecteurs) selon check-list de lavage	MPC		x		1 mois		
	4	Contrôle chaque révision de l'état des hottes , rampes , auge à boueselon check-list révision	MPC	x			6 mois		

ANNEXE 8 : Check-list du plan de maintenance

	Maintenance basé sur la fiabilité		Fiche d'inspection révision						Référence : FO15-PR01-PSR05-ICS	
			FORMULAIRE						Edition : 01	
									Date : 28/05/2019	
									Page : 1/1	
Préparé par			Validé par:						Date de mise à jour:	
Equipement : Filtre Prayon			corps de métier :						durée prévisionnelle :	
Atelier		Unité	Filtre		Cadence		Vide		Heure début	Heure fin
Rappel sécurité : Porte des EPI										
Prévention : S'assurer la présence des barrière de protection										
sous ensemble		désignation			Fait		Anomalie		Commentaire	
					oui	non	non	oui		
1.Châssis tournante		Contrôler l'état de dégradation des dents de la couronne								
		Contrôler la planéité du châssis tournant.								
		Contrôler l'état de dégradation au niveau des soudures								
		Contrôle et resserrage des boulons de fixation des Secteurs denté de la couronne								
		Sablage et peinture du châssis , secteurs , bras et charpente (chaque année)								
		Mesure d'épaisseur Chemine de centrage (chaque année)								
		Mesure d'épaisseur du plat d'usure In et Ex(chaque année)								
		Nettoyage à l'eau chaud avec pression de la couronne ,Chemine de centrage et pignon								
		Mesure d'épaisseur Chemin de centrage : Noter la valeur trouver par rapport à la valeur de référence								

2. Distributeur	contrôle Boite de distribution (usure ,fuites et fixation)					Date du dernier contrôle :
	Contrôle des Cloisons mobile(étanchéité et fixation)					
	Contrôler la présence de la totalité des vis des fixation des anneaux (et serrage)					
	Nettoyer la rigole intérieure à l'eau					
	Inspecter l'état de surface des anneaux d'usures : absence de rainures ou déformation					
	Mésurer l'épaisseur du plateau en INOX de la partie mobile : Noter la valeur mesure par rapport à la référence.					
	Contrôler la lubrification des anneaux					
	Contrôle l'état de la Couronne de distribution					
	Contrôler le serrage des vis vérin de fixation des cloisons					
	Contrôler la propreté et le débouchage des trous des cloisons					
	contrôle des Cloisons mobile(étanchéité et fixation)					
	contrôle Cloison réglable (usure ,étanchéité , fixation et la position)					
	contrôle des Tubes d'injection de la vapeur (usure et fixation)					
	contrôle de l'état des patins de centrage					
	contrôle Virole de centrage (usure et fixation)					
	Mesure d'épaisseur de la boîte à vide (Noter les valeurs mesurées par rapport aux valeurs de références).					

3. Groupe de commande (1 fois par an)	Contrôle Nettoyage et graissage des fixations du réducteur.					Date du dernier contrôle :
	Contrôler l'alignement moteur-réducteur.					
	Contrôle de l'alignement du l' Accouplement Réducteur-Pignon.					
	Contrôler la géométrie d'arbre (verticalité).					
	Contrôler l'état de dégradation du pignon.					
4. Cellule Chaque 6 mois)	Contrôler la valeur diamètre du levier de commande					
	Contrôler l'état de dégradation (par échantillonnage sur 4 cellules min) des paliers.					
	Sablage et mesure d'épaisseur des godets (chaque an).					
5. Système de renversement	Détachement ou perte d'épaisseur des rails (Contrôle pointu)					
	Contrôle déformation ou fissuration sur le chemin					
6. Trémie à GYPSE	Contrôle de l'état des tôles d'usure de la trémie					
7. Nacelle à bouillie + Hotte + Rampe d'arrosage (Chaque Révision)	Contrôler l'état de dégradation des déflecteurs internes.					
	Contrôler la position de la structure de la hotte					
	Contrôler l'état global de la nacelle et de la hotte.					

