

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 fiabilité des viroles tournantes de l'unité de production
d'engrais à la JFCII***

Présenté par :

BARCHICHOU CHAIMAE

Encadré par :

- ABOUCHITA JALIL, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès***
- ABOU-ELKACIM Yassine, Encadrant de la société***

Effectué à : OCP EL JADIDA

Soutenu le : 19 juin 2019 à 9h30

Le jury :

- Pr. Abouchita Jalil , FST Fès**
- Pr. El Barkany Abdellah , FST Fès**
- Pr. El Biyaali Ahmed , FST Fès**

Année Universitaire : 2018-2019



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mes chers parents :

« Grâce à votre tendresse, votre encouragement et vos grands sacrifices, vous avez pu créer le climat affectueux, propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne saurait exprimer à sa juste valeur mon profond amour filial, et ma profonde reconnaissance pour tous les sacrifices, et tous les efforts que vous avez consentis pour assurer mon avenir ».

Je prie Dieu de vous bénir, de vous prêter une longue vie, et j'espère que vous serez toujours fiers de moi.

A Mes frères et sœurs qui ont été toujours présent pour moi, je vous souhaite une vie pleine de succès avec beaucoup de bonheur et de joie.

A ma sœur Ilham Barchichou, Merci de me suivre et de m'encourager dans mes projets et dans mes rêves; tu me fais toujours sentir que tu es derrière moi et que tu crois en moi et ton support fait une grande différence dans ma vie. Je t'aime

A tous les membres de ma famille : je vous souhaite plein de succès et beaucoup de bonheur dans votre vie.

A Mes chers amis Kenza Berrada, Asmae Bouchareb, Khalid Hounaoui, je vous remercie pour votre soutien moral grâce à vos mots, votre présence, vos conseils j'ai su trouver ma voie.

A mes chers Encadrant : pour leur soutien et leur aide.

A vous, qui êtes toujours là pour m'aider, ce travail est pour vous remercier d'avoir me conseiller et m'encourager chaque jour pour avancer.

BARCHICHOU CHAIMAE



Remerciements

Les remerciements sont une marque de politesse incontournable mais toujours insuffisante. C'est à travers ces remerciements-là, qu'on témoigne toute notre reconnaissance et notre gratitude à toutes personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce projet de fin d'étude.

De la manière la plus chaleureuse, et la plus aimable qui soit, je tiens à remercier tout d'abord mon encadrant académique **Monsieur ABOUCHITA JALIL** pour ses judicieuses directives et qui a fait preuve de beaucoup de patience en me prodiguant de précieux conseils et des recommandations qui m'ont été d'une grande utilité afin de bien mener ma mission.

Mes remerciements vont aussi à mon parrain de l'OCP Monsieur **ABOU-ELKACIM Yassine** qui a fait un grand effort pour m'aider, d'avoir dirigé ce stage, et qui m'a suivi et répondu régulièrement à mes questions tout au long de mon stage.

Je tiens à remercier également tous les personnels du service mécanique pour toutes leurs gentilleses, leurs sympathies et leur transmission de savoir-faire : **Mr. EL KHATIBI Achraf, Mr. El Arbi, Mr. REGGAD Mounir, Mr. BELMAMOUNIA, Mr. KOUHNE, Mr. AFWANE**. À Vous tous, Merci beaucoup.

Je n'oublierais pas d'allouer mes expressions de considération à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail et à rendre mon stage si riche et si fructueux.



Résumé

Afin de garder sa position en tant que leader sur le marché des engrais qui est en évolution permanente, l'OCP doit garantir une disponibilité permanente de ses moyens de production et plus précisément ceux qui sont névralgiques.

Notre projet de fin d'études a pour objectif d'améliorer la fiabilité des viroles tournantes (Granulateur, sécheur et l'enrobeur) de la ligne de production d'engrais de la société d'engrais Jorf II (JFC II), filiale du groupe OCP.

La première étape :

Consiste à classer les équipements de la ligne de production d'engrais afin de montrer que les viroles tournantes sont des équipements névralgiques en utilisant la méthode de classification TDPC;

Ensuite à évaluer la performance des viroles tournantes en calculant la MTBF et la MTTR pour suivre la disponibilité;

Et finalement à analyser, par l'étude AMDEC, les modes de défaillances des différents équipements afin de tirer les trios mode-cause-effet de défaillance les plus critiques sur lesquels il faut agir pour assurer un bon état d'équipement.

La deuxième étape consiste à élaborer des plans de maintenance préventive des viroles tournantes en se basant sur les différentes actions issues de la méthode AMDEC.

La dernière étape consiste à proposer des améliorations techniques au niveau de quelques équipements critiques pour augmenter de plus leur disponibilité.



Abstract

The maintain its position as a leader in the fertilizer market, that is in permanent evolution, the OCP group must guarantee permanent availability for the means of production and especially critical ones.

Our graduation project aims to improve the reliability for the rotating ferrules of production line of fertilizers of Jorf Fertilizers Company II (JFC II).

The first step consists to classify the various mechanical equipment of production line of fertilizers to show that the rotating ferrules are essential equipment using a method of classification TDPC;

then to evaluate the performance of the rotating ferrules by calculating the MTBF and the MTTR to track the availability;

and finally to analyze by the AMDEC study, the modes of failure of different equipment to get the most critical trios mode-cause-effect of failure that we should deal with for assuring a good condition of equipment.

The second step consists to develop plans for preventive maintenance of the rotating ferrules based on the different actions from the AMDEC method.

The last step consists to suggest technical improvements for some of critical equipment to increase their availability.

ملخص

للحفاظ على مكانتها كشركة رائدة في سوق الأسمدة والذي يعرف بدوره تطوراً مستمراً، يتحتم على المكتب ضمان توافر وسائل الإنتاج دون انقطاع وخاصة الحرجة منها. الشريف للفوسفاط

ويهدف مشروع التخرج إلى تحسين موثوقية المعدات الدوارة المتواجدة بوحدة إنتاج الأسمدة لشركة أسمدة الشريف للفوسفاط. الجرف 2، فرع للمكتب

وتتمثل الخطوة الأولى في تصنيف معدات وحدة إنتاج الأسمدة لنبيّن أن المعدات الدوارة تعد هي المعدات طريقة للتصنيف؛ الحرجة وذلك باستعمال

ثم تقييم أداء المعدات الدوارة عن طريق حساب MTTR و MTBF لتتبع التوافر

وأخيراً تحليل وضع الفشل لمختلف المعدات بالدراسة AMDEC

وذلك من أجل تحديد الثلاثيات وضع/سبب/نتيجة الفشل الأكثر حساسية

التي وجب التعامل معها لتحقيق الحالة الأنسب للمعدات.

الخطوة الثانية تتجلى في وضع برامج للصيانة الوقائية للمعدات الحرجة استناداً على نتائج الدراسة AMDEC.

والخطوة الأخيرة هي اقتراح تحسينات تقنية لبعض المعدات الحرجة من أجل الرفع من توافرهم.



Sommaire

Dédicace	1
Remerciements	2
Résumé	3
Abstract	4
ملخص	5
Liste des figures.....	9
Liste des tableaux	11
Introduction Général.....	12
Chapitre1 Présentation de l'organisme d'accueil.....	14
I. Introduction	15
II. Présentation du groupe OCP.....	15
1. Généralité	15
2. Historique d'OCP.....	16
3. Organigramme et les filiales intégrées dans la structure du groupe OCP.....	17
4. Fiche technique.....	17
III. Présentation du Site JORF LASFAR.....	18
1. Présentation de la JORF FERLILIZERS Company II (JFC II).....	18
i. Présentation générale.....	18
ii. Structure de l'entité JFC2.....	19
iii. Explication du Processus Industriel.....	20
Conclusion.....	23
Chapitre2 Contexte générale du projet	24
I. Sujet de stage.....	25
1. Description de la problématique.....	25
2. Cahier des charges	25
3. Planification du projet	26
II. Description des Viroles tournantes.....	26
1. Description du Granulateur AM03	26
2. Description du sécheur	28
3. Description de l'enrobeur.....	30
Conclusion.....	31
Chapitre3 Analyse de défaillances	32
I. Introduction	33
II. Classification des équipements.....	33
1. Classification par la méthode TDPC	33



i.	Présentation de la méthode.....	33
ii.	Démarche de la classification par la méthode TDPC	33
iii.	Application de la méthode TDPC.....	34
2.	Classification par la méthode PARETO.....	34
III.	Evaluation de la performance des viroles tournantes	36
1.	Fiabilité.....	37
2.	Maintenabilité.....	37
III.	Etude AMDEC des viroles tournantes.....	38
1.	Présentation de la méthode AMDEC.....	38
i.	Définition AMDEC	38
ii.	Les étapes de l'AMDEC	39
	<i>Etape 1: Initialisation et constitution du groupe de travail.....</i>	39
	<i>Etape 2: Analyse fonctionnelle</i>	39
	<i>Etape 3: Analyse des défaillances</i>	39
	<i>Etape 4: Mesure de la criticité et hiérarchisation.....</i>	40
	<i>Etape 5: Recherche des solutions et mise en œuvre du plan d'actions</i>	40
	<i>Etape 6: Appliquer et suivre</i>	40
2.	Etude AMDEC du granulateur AM03.....	41
i.	Analyse fonctionnelle.....	41
3.	Etude AMDEC du sécheur AF02.....	46
i.	Analyse fonctionnelle.....	46
4.	Résultats de l'étude	51
	Conclusion.....	52
	Chapitre4 Elaboration des plans de maintenances préventives	53
I.	Introduction	54
II.	Présentation d'un plan de maintenance préventive	54
1.	Définition de la maintenance préventive	54
2.	Objectifs de l'application du plan maintenance	54
3.	Types de la maintenance préventive.....	55
III.	Modèle adoptés du plan de maintenance.....	56
	Modèle adopté du plan maintenance préventive systématique.....	56
	Modèle adopté du plan maintenance préventive conditionnelle.....	56
IV.	Les plans de maintenance du granulateur AM03	56
1.	Plan de maintenance systématique	56
2.	Plan de maintenance conditionnelle	58
V.	Les plans de maintenance du sécheur AF02.....	58



1. Plan de maintenance systématique	58
2. Plan de maintenance conditionnelle	60
Conclusion.....	60
Chapitre5 <i>Actions amélioratives</i>	61
I. Introduction	62
II. Méthode de résolution de problème (MRP)	62
1. Définition.....	62
2. Les étapes de la résolution du problème.....	62
III. Traitement des anomalies du granulateur	63
1. Anomalie N°1 : Usure des panneaux de revêtement	63
i. Description de revêtement interne (panneaux de revêtement).....	63
ii. Analyse du problème	63
iii. Amélioration proposé	64
<input type="checkbox"/> Principe de fonctionnement	64
<input type="checkbox"/> Recensement des causes racines	65
<input type="checkbox"/> Amélioration au niveau du racleur du granulateur	66
2. Anomalie N°2: Usure des dents couronne dentée/pignon d'attaque	76
i. Analyse du problème	76
3. Anomalie N°3: Bouchage du système de graissage pignon d'attaque -couronne dentée.....	77
i. Système de lubrification par pulvérisation automatique de graisse SKF	77
ii. Analyse du problème	77
iii. Amélioration proposé	79
4. Anomalie N°4: Echauffement du réducteur	81
IV. Traitements des anomalies du sécheur	81
1. Anomalie N°1 : Usure des roulements des paliers de galets	81
2. Anomalie N°2: Usure des bandages lisses -	83
Conclusion.....	83
Conclusion	84
Bibliographie	85
Annexes	86

Liste des figures

• FIGURE 1: ZONES D'ACTIVITE DU GROUPE OCP	15
• FIGURE 2: HISTORIQUE D'OCP	16
• FIGURE 3: L'ORGANIGRAMME DU GROUPE OCP	17
• FIGURE 4: PLAN DE JFC2	19
• FIGURE 5: UNE VISION GLOBALE DES PRINCIPALES ETAPES, OPERATIONS ET EQUIPEMENTS.....	21
• FIGURE 6: LES PRINCIPAUX FLUX ET EQUIPEMENT DE L'ATELIER ENGRAIS.	22
• FIGURE 7: PROCESSUS DE FABRICATION DE MAP OU DAP	23
• FIGURE 8: METHODE QQQCP.....	25
• FIGURE 9 : LISTE DES TACHES EFFECTUEES	26
• FIGURE 10: GRANULATEUR	27
• FIGURE 11: COMPOSANTS DU GRANULATEUR	27
• FIGURE 12: SCHEMA SYNOPTIQUE DU GRANULATEUR	28
• FIGURE 13: SECHEUR.....	28
• FIGURE 14: REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU SECHEUR.....	29
• FIGURE 15: SCHEMA SYNOPTIQUE DU SECHEUR	30
• FIGURE 16: ENROBEUR.....	30
• FIGURE 17: SCHEMA SYNOPTIQUE DE L'ENROBEUR	31
• FIGURE 18: DEMARCHE DE CLASSIFICATION PAR LA METHODE TDPC	34
• FIGURE 19: PARETO DONNANT LES FAMILLES D'EQUIPEMENTS CRITIQUES SELON LES HEURES D'ARRETS ..	35
• FIGURE 20: PARETO DONNANT LES FAMILLES D'EQUIPEMENTS CRITIQUES SELON LE NOMBRE DE PANNE .	36
• FIGURE 21 : GRAPHIQUE DU MTBF DES VIROLES TOURNANTE.....	37
• FIGURE 22 : GRAPHIQUE DU MTTR DES VIROLES TOURNANTES.....	38
• FIGURE 23: DEMARCHE AMDEC	39
• FIGURE 24: DIAGRAMME DE L'ANALYSE DU BESOIN DU GRANULATEUR	41
• FIGURE 25: DIAGRAMME PIEUVRE DU GRANULATEUR	41
• FIGURE 26: DIAGRAMME FAST DU GRANULATEUR	42
• FIGURE 27: DIAGRAMME PIEUVRE DU SECHEUR.....	46
• FIGURE 28: DIAGRAMME PIEUVRE DU SECHEUR.....	46
• FIGURE 29: DIAGRAMME FAST DU SECHEUR.....	47
• FIGURE 30: SCHEMATISATION DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE.....	54
• FIGURE 31: LES TYPES DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE.....	55
• FIGURE 32: LES ETAPES DE LA MRP	62
• FIGURE 33 : LES PANNEAUX DE REVETEMENT	63
• FIGURE 34: DIAGRAMME CAUSE-EFFET DE LA DEGRADATION DES PANNEAUX DU GRANULATEUR	64
• FIGURE 35 : ANCIEN RACLEUR	65
• FIGURE 36: ARBRE DES CAUSES DE LA DEGRADATION DES PANNEAUX DE REVETEMENT	65
• FIGURE 37 : LA NOUVELLE CONCEPTION	66
• FIGURE 38 : MODELISATION DU MOMENT DE TORSION SUR LE RACLEUR	67
• FIGURE 39 : NOUVEAU DEMI-RACLEUR.....	68
• FIGURE 40 : LES DIMENSIONS SUR CATIA	69
• FIGURE 41 : LE MAILLAGE DU NOUVEAU DEMI RACLEUR	69
• FIGURE 42 : FORCE SURFACIQUE DU NOUVEAU RACLEUR.....	70
• FIGURE 43 : CONTRAINTE DE VON MISES DU NOUVEAU RACLEUR.....	70
• FIGURE 44 : ANCIEN RACLEUR.....	71



- **FIGURE 45 : FORCE SURFACIQUE DE L'ANCIEN RACLEUR71**
- **FIGURE 46 : CONTRAINTE DE VON MISES DE L'ANCIEN RACLEUR72**
- **FIGURE 47 : PALIER LISSE AVEC COUSSINET.....73**
- **FIGURE 48: CAUSES RACINE PROBLEME76**
- **FIGURE 49: SYSTEME DE GRAISSAGE77**
- **FIGURE 50: DIAGRAMME D'ISHIKAWA DU BOUCHAGE DU SYSTEME DE GRAISSAGE78**
- **FIGURE 51: POMPE A FUT78**
- **FIGURE 52: METHODE 5S79**
- **FIGURE 57: DIAGRAMME ISHIKAWA TRAIT LES PROBLEMES QUI CAUSENT L'USURE DES ROULEMENTS.....82**
- **FIGURE 58: USURE DES BANDAGES83**

Liste des tableaux

• TABLEAU 1: FICHE TECHNIQUE DU GROUPE OCP	17
• TABLEAU 2: CARACTERISTIQUE DU MAP ET DAP.....	21
• TABLEAU 3: CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU GRANULATEUR	27
• TABLEAU 4: CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DU GRANULATEUR	27
• TABLEAU 5: LEGENDE DU SCHEMA SYNOPTIQUE DU GRANULATEUR	28
• TABLEAU 6: CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU SECHEUR	29
• TABLEAU 7: CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DU SECHEUR.....	29
• TABLEAU 8: LEGENDE DU SCHEMA SYNOPTIQUE DU SECHEUR	30
• TABLEAU 9: LEGENDE DU SCHEMA SYNOPTIQUE DE L'ENROBEUR	31
• TABLEAU 10: CRITERE DE LA METHODE TDPC	33
• TABLEAU 11: CLASSE ET SCORE DE LA METHODE TDPC	34
• TABLEAU 12: LES FAMILLES D'EQUIPEMENT CRITIQUES SELON LES HEURES D'ARRETS	35
• TABLEAU 13: LES FAMILLES D'EQUIPEMENTS CRITIQUES SELON LE NOMBRE DE PANNE	35
• TABLEAU 14 : PERTES OCCASIONNEES PAR LES ARRETS DES VIROLES TOURNANTES	36
• TABLEAU 15: MTBF DES VIROLES TOURNANTES.....	37
• TABLEAU 16: MTTR DES VIROLES TOURNANTES	37
• TABLEAU 17 : MEMBRE DU GROUPE DE TRAVAIL	39
• TABLEAU 18: GRILLE DE COTATION GRAVITE	40
• TABLEAU 19: GRILLE DE COTATION DE FREQUENCE	40
• TABLEAU 20: GRILLE DE COTATION DE LA DETECTION	40
• TABLEAU 21 : LES FONCTIONS DE SERVICE DU GRANULATEUR	41
• TABLEAU 22 : AMDEC DU GRANULATEUR	45
• TABLEAU 23 : LES FONCTIONS DE SERVICE DU SECHEUR.....	46
• TABLEAU 24: AMDEC DU SECHEUR	50
• TABLEAU 25 : ECHELLE DE CRITICITE (C=G*D*F)	51
• TABLEAU 26: RESULTATS DE L'AMDEC POUR LE GRANULATEUR	51
• TABLEAU 27: RESULTATS DE L'AMDEC POUR LE SECHEUR.....	51
• TABLEAU 28: PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE DU GRANULATEUR	57
• TABLEAU 29: PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE CONDITIONNELLE DU GRANULATEUR	58
• TABLEAU 30 : PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE DU SECHEUR	59
• TABLEAU 31: PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE CONDITIONNELLE DU SECHEUR.....	60
• TABLEAU 32 : LA METHODE QQCOQP	63
• TABLEAU 33 : CARACTERISTIQUE DU COUSSINET AUTOLUBRIFIANT COMPOSITE	73
• TABLEAU 34 : COMPARAISON DES PERFORMANCES ENTRE LES TROIS FAMILLES DE COUSSINETS	75



Introduction Général

La nécessité de répondre au besoin alimentaire et de remédier au problème de la limitation des terres arables, constitue un défi permanent pour l'agriculture. C'est pour cette raison que les engrais phosphatés sont devenus une véritable nécessité pour satisfaire la demande croissante aux besoins alimentaires.

Pour faire face à ce défi, les producteurs des engrais à travers le monde sont appelés à croître leurs productions encore plus fortement que la demande mondiale. Ce nouvel environnement économique, pousse ces producteurs à chercher les moyens possibles à adopter pour répondre au besoin en offrant un produit de qualité à un coût compétitif.

L'Office Chérifien des Phosphates, le leader mondial dans l'extraction et la transformation des phosphates participe aussi au soutien de la sécurité alimentaire mondiale. Ce soutien va être renforcé prochainement par l'achèvement des projets visant l'augmentation de la production des engrais.

Pour satisfaire le besoin continu en engrais, l'OCP doit être compétitifs surtout après l'arrivée des nouveaux concurrents tels que l'Arabie Saoudite et la Chine. Ainsi, être compétitif est garantie par la disponibilité et la fiabilité des moyens de production de l'installation et plus précisément ceux qui sont névralgiques. Car, tout arrêt imprévu engendre une perte de production ainsi qu'une mobilisation des ressources matérielles et humaines qui pénalisent la rentabilité de l'organisme.

Dans ce cadre, une disponibilité permanente du moyen de production est une exigence qu'il faut garantir par une maîtrise de la maintenance basée sur l'anticipation des pannes et la bonne gestion des ressources.

C'est dans ce sens s'est inscrit l'objectif du présent projet basé à la Jorf Fertilizers Company II (JFC II), filiale du Groupe OCP, qui vise l'amélioration de la fiabilité des équipements névralgiques au niveau de la ligne de production des engrais et l'élaboration d'un plan de maintenance préventive afin d'optimiser la disponibilité des équipements critiques.



Afin d'atteindre ces objectifs, ce présent rapport sera composé de quatre chapitres :

- ♣ Le premier chapitre comportera une présentation de l'OCP ainsi que du complexe chimique Jorf Lasfar, l'entité JFC2 et le processus de production des engrais.
- ♣ Le second chapitre abordera l'étude de la problématique du projet et comprendra un descriptif fonctionnel des viroles tournantes.
- ♣ Le troisième chapitre comprendra une analyse de défaillance pour identifier les défaillances à approfondir afin de les corriger et les prévenir
- ♣ Le Quatrième chapitre verra la réalisation des plans de maintenance préventive

Et enfin une cinquième chapitre dans lequel on propose des améliorations techniques pour augmenter la disponibilité des viroles tournantes.

Chapitre **1**

Présentation de l'organisme d'accueil

- Présentation du groupe OCP
- Présentation du OCP Jorf Lasfar
- Présentation de l'entité JFC2
- Processus de production d'engrais

I. Introduction

Le bon déroulement d'un projet suppose d'abord une bonne compréhension de l'environnement du travail. Dans cette optique, ce chapitre sera consacré à la définition du cadre du projet de fin d'études, je commencerais par une présentation de l'Office Chérifien des Phosphates OCP, et du complexe chimique JORF LASFAR en particulier, puis je vais situer notre projet en présentant l'unité JORF FERTILIZERS COMPANY II (JFC II) et le processus de production des engrais au sein de l'unité JFC2 dans laquelle j'ai effectué mon stage.

II. Présentation du groupe OCP

1. Généralité

Le phosphate est une matière naturelle qui est utilisée principalement dans la fabrication des engrais : 85% du phosphate extrait dans le monde sont destinés à la production de fertilisants, les autres 15% sont dirigés vers les usages techniques (alimentation animale, détergence, traitement de surface, conservation des aliments, pharmacie...).

Depuis sa création en 1920, l'OCP est présent tout au long de la chaîne de valeur, OCP extrait, valorise et commercialise du phosphate et des produits phosphatés, notamment de l'acide phosphorique et des engrais. OCP est le premier producteur et exportateur mondial de phosphate sous toutes formes. Il est aussi l'un des plus grands producteurs d'engrais au monde.

En effet, l'OCP intervient dans tous les aspects de la création de valeur dans l'industrie des phosphates, de l'extraction du minerai jusqu'à la production des engrais, en passant par la fabrication de l'acide phosphorique, cela est assuré par la variété et la qualité des gisements de phosphate marocains sont parmi les meilleures au monde et assurent la richesse des produits du groupe.

Avec un chiffre d'affaire de 46 Milliard de DH en 2013, 7.1 Milliards de DH comme résultat net, 23000 collaborateurs et plus de 150 client autour du monde, et une part du marché mondial de plus de 28%, l'OCP aujourd'hui est un acteur clé sur le marché international.



Figure 1: Zones d'activité du groupe OCP

2. Historique d'OCP

1920	Création du groupe OCP par un Dahir réservant à l'Etat Marocain tous les droits de recherche et d'exploitation des mines des phosphates.
1921	Extraction souterraine au pôle mine Khouribga.
1931	Ouverture du centre minier de Youssoufia.
1965	Démarrage de Maroc chimie I qui fut la première unité de valorisation pour la fabrication d'acide phosphorique et d'engrais à Safi.
1976	Intégration d'un nouveau centre minier Phosboucrâa.
1981	Démarrage de Maroc Phosphore II à Safi.
1986	Démarrage du site de valorisation de phosphate à Jorf Lasfar (El Jadida).
1998	Réalisation de l'usine EMAPHOS pour l'acide phosphorique purifié entre le Maroc, la Belgique, et l'Allemagne.
1999	Réalisation de l'usine IMACID en partenariat avec l'Inde.
2006	Réalisation de l'usine PMP (Pakistan Maroc Phosphore) d'une ligne pour la fabrication d'acide phosphorique en partenariat avec le Pakistan.
2008	Transformation de l'Office Chérifien des Phosphates en société anonyme OCP SA.
2009	Démarrage de la JV maroco-brésilienne Bunge Maroc Phosphore.
2010	Transformation de l'Office Chérifien des Phosphates en société anonyme OCP SA.
2011	Lancement d'une unité de dessalement d'eau de mer à Jorf Lasfar .
2013	Démarrage programmé du projet Slurry Pipeline sur l'axe de Khouribga-Jorf Lasfar.
2015	Démarrage de la première ODI pour la production d'engrais (JFC I).
2016	Démarrage de la deuxième unité ODI pour la production d'engrais (JFC II).

Figure 2: Historique d'OCP

3. Organigramme et les filiales intégrées dans la structure du groupe OCP

L'organisation de l'OCP est basée sur ses métiers à savoir les activités minières, chimiques et financières.

Le groupe OCP est composé de quatre sites miniers et de deux complexes chimiques.

- Pôle Mines : Englobe la Direction d'Exploitations minières de Khouribga, la Direction des Exploitations minières de Gantour et la Direction de Phosboucaâ.
- Pôle Chimie : Englobe les Directions Maroc Phosphore Safi, Maroc Phosphore Jorf-Lasfar. La société IMACID. et la société EMAPHOS.

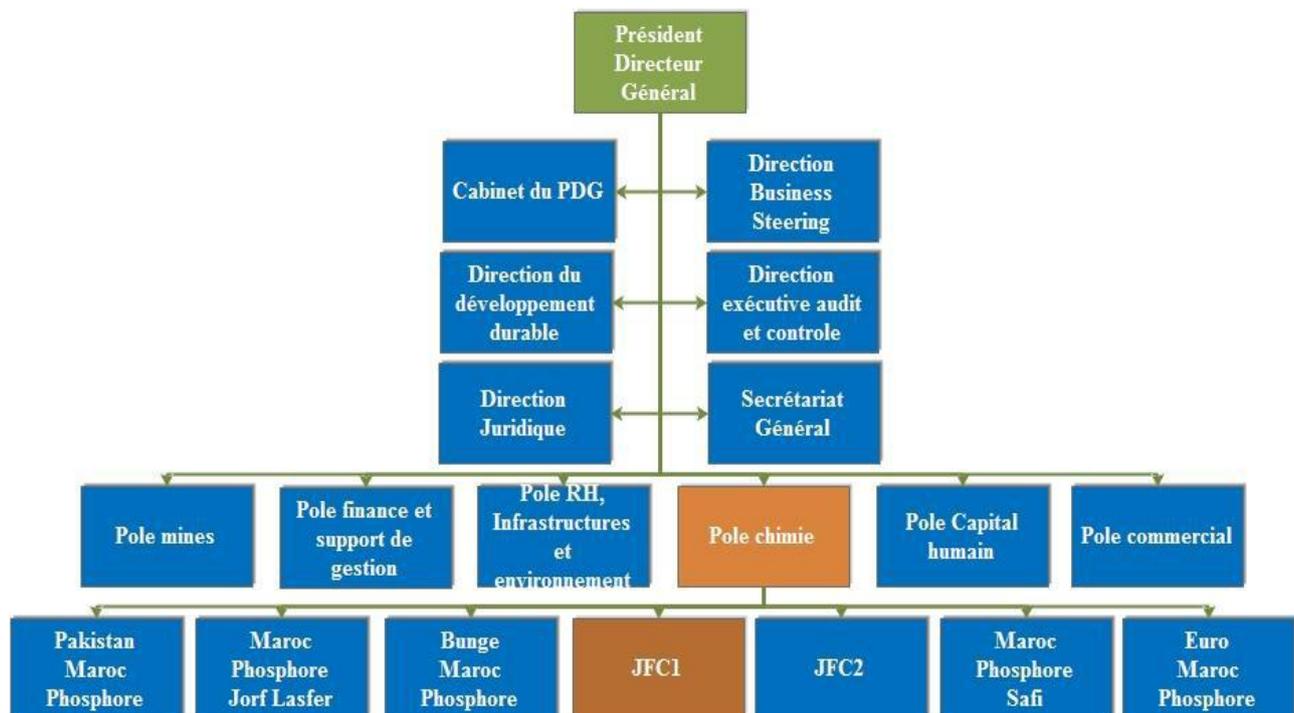


Figure 3: L'organigramme du groupe OCP

4. Fiche technique

Raison sociale	Office chérifien de phosphate (OCP)
Statut juridique	Société anonyme (S.A)
Date de création de l'OCP-Groupe OCP	1920-1975
Activités	Exploitation et valorisation des phosphates du royaume depuis la prospection minière jusqu'à la commercialisation du minerai et de ses dérivés transformés localement
Sites d'extraction des minerais	Khouribga-Youssoufia-Benguerir-Boucaâ
Sites chimique	Safi – Jorf Lasfar
Ports d'embarquement	Safi - Jorf Lasfar - Casablanca - Laâyoune
Réserves en phosphate	¾ des réserves mondiales
Chiffre d'affaire	46 milliards de dirhams (2013)

Tableau 1: Fiche technique du groupe OCP

III. Présentation du Site JORF LASFAR

Dans le cadre d'augmenter sa production, l'OCP a créé le pôle chimie JORF LASFAR. Ce site a été retenu pour plusieurs avantages :

Proximité des zones minières permettant son alimentation en phosphates(KHOURIBGA)

- ✓ Existence d'un port à tirant d'eau important
- ✓ Disponibilité de l'eau de mer et d'eau douce
- ✓ Disponibilité du terrain pour les extensions futures

Le site de JORF LASFAR s'étend sur 1700 ha, il permet de produire annuellement : 2 millions de tonnes de P₂O₅ sous forme d'acide phosphorique, nécessitant la transformation d'environ :

- ✓ 7,7 million de tonnes de phosphate extrait des gisements de Khouribga
- ✓ 2 million de tonnes de soufre
- ✓ 0,5 million de tonne d'ammoniac

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

Le complexe industriel JORF LASFAR est subdivisé en plusieurs unités, à noter :

- ✓ Maroc Phosphore 3 et 4(MP 3 et 4).
- ✓ Euro Maroc Phosphore (EMAPHOS).
- ✓ Indo Maroc Acide Phosphorique(IMACID).
- ✓ Pakistan Maroc Phosphore(PMP).
- ✓ Port JORF LASFAR.
- ✓ Projet ODI.

1. Présentation de la JORF FERLILIZERS Company II (JFC II)

i. Présentation générale

L'entité JFC II est une unité autonome de production des engrais de qualité DAP et MAP. Son autonomie repose sur la mise en place de différents ateliers principaux et auxiliaires s'occupant des maintes taches liées à la production des engrais.

En effet, l'entité JFC II comporte :

- Une ligne de production d'acide sulfurique de capacité 4200 tonnes par jour.
- Une centrale thermoélectrique de capacité de 61 Mégawatts.
- Une ligne de production d'acide phosphorique de capacité 1500 tonnes par jour.
- Une ligne de production des engrais de type DAP ou MAP de 1 Million de tonnes par an.
- Deux halls de stockage d'engrais dont la capacité totale est de 200000 tonnes.

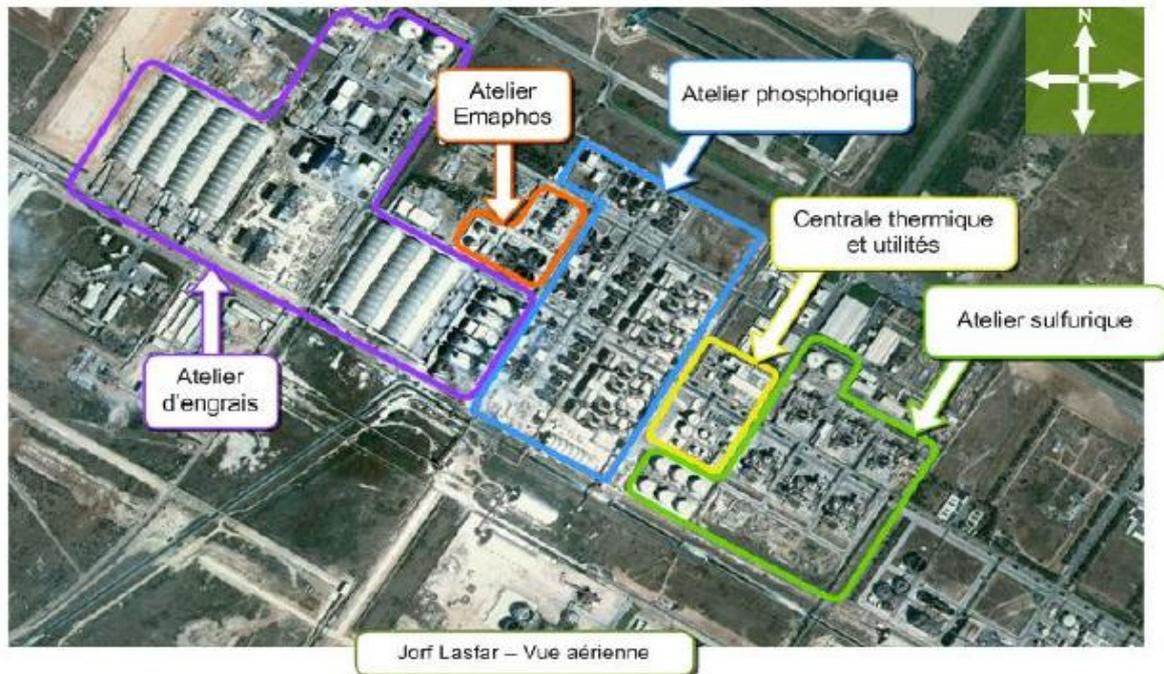


Figure 4: Plan de JFC2

ii. Structure de l'entité JFC2

Afin de découvrir l'environnement de travail au sein de la JFC-2, je vais tout d'abord commencer par une brève description des procédés et des installations de tous les ateliers de production, à savoir : Atelier de traitement d'eau douce, atelier d'acide sulfurique, atelier d'acide phosphorique, centrale thermoélectrique et en dernier lieu l'atelier des engrais.

• *Atelier de traitement d'eau douce (TED)*

L'eau brute parvient par gravité vers un bassin de stockage en béton, une vanne de régulation permet de maintenir le bassin à un niveau constant. Deux ensembles de pompes verticales sont immergées dans le bassin de stockage, un ensemble constitué de pompes d'alimentation assure les trois fonctions suivantes :

- Alimenter l'atelier phosphorique ;
- Alimenter le réservoir de stockage d'eau pour incendie ;
- Maintenir une certaine pression dans le réseau d'eau pour incendie.

• *Atelier d'acide Sulfurique*

La combustion, la conversion et l'absorption sont des opérations principales pour la fabrication d'acide sulfurique, ces trois étapes sont hautement exothermiques:



L'excès de chaleur généré à chaque étape du procédé est récupéré dans des économiseurs, des chaudières de récupérations et des surchauffeurs. Cette chaleur est transformée en vapeur HP qui est utilisée pour la production de l'énergie électrique dans les turboalternateurs et faire fonctionner la turbosoufflante de l'unité de production.

- **Atelier d'acide phosphorique**

L'atelier phosphorique contient six unités

- ✓ Manutention;
- ✓ Broyage;
- ✓ Attaque et filtration;
- ✓ Stockage d'acide à 29%;
- ✓ Echelon de concentration;
- ✓ Stockage d'acide à 54%.

- **Centrale thermoélectrique**

La centrale thermoélectrique se base essentiellement sur la vapeur, on distingue deux types de vapeur : la vapeur à haute pression (HP) et la vapeur à basse pression (BP).

La vapeur HP (haute pression) produite par les deux chaudières de récupération de l'atelier d'acide sulfurique est récupérée par la centrale thermoélectrique ou elle subit une détente importante. L'énergie thermique reçue par le Groupe Turbo Alternateur (GTA) est transformée en énergie électrique qui sert à alimenter le réseau local de l'usine et à expédier l'excès vers le réseau national de l'Office National d'Electricité.

Après la détente de la vapeur (HP), on récupère la vapeur (BP) qui sera par la suite utilisée par les différents ateliers selon leurs besoins.

La centrale est constituée des éléments suivants :

- ✓ Réseau de vapeur;
- ✓ Groupe Turbo Alternateur;
- ✓ Système de condensation et de mise en vide;
- ✓ Système d'eau alimentaire;
- ✓ Circuit NORIA.

- **Ateliers des engrais**

L'usine fabrique deux sortes d'engrais, MAP (Mono Ammonium Phosphate) et DAP (Di-Ammonium Phosphate).

La fabrication du MAP et DAP est basée sur la neutralisation de l'acide phosphorique par l'ammoniac en présence de l'acide sulfurique. Il se forme alors une bouillie qui sera expédiée vers un granulateur. Le produit granulé ainsi récupéré est introduit dans un sécheur chauffé par les gaz provenant d'une chambre à combustion. A la sortie du sécheur, le produit subit une sélection par tamisage à travers un crible. Le produit marchand ainsi obtenu est refroidi, puis enrobé par le fuel afin d'éviter les prises en masse au moment du stockage.

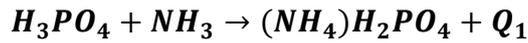
iii. Explication du Processus Industriel

Les engrais phosphatés sont fabriqués à partir des roches de phosphates qui sont extraites de la terre. Le phosphore présent dans ces roches n'est pas disponible pour les plantes surtout dans la majorité des sols du Maroc. Pour rendre le phosphore soluble, ces roches sont attaquées par l'acide sulfurique pour produire l'acide phosphorique. Les processus de fabrication aboutissent au superphosphate simple qui est utilisé comme engrais phosphaté. Ils sont aussi utilisés en combinaison avec d'autres sources pour fabriquer des engrais composés.

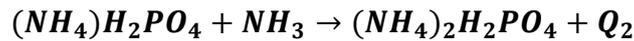
De nos jours, les phosphates d'ammoniums en particulier le Mono Ammonium Phosphaté (MAP), le Duo Ammonium Phosphaté (DAP) sont les engrais phosphatés les plus employés dans le monde entier du fait de leur titrage en éléments fertilisants et de leurs propriétés physiques. Ces deux composés intéressent particulièrement l'atelier des engrais au sein de JORF FERTILISERS Company 2.

Les réactions de base correspondantes s'écrivent respectivement :

1. Réaction de base pour l'élaboration de l'engrais MAP :



2. Réaction de base pour l'élaboration de l'engrais DAP :



Les principales caractéristiques physico-chimiques du MAP et DAP sont regroupées dans le tableau suivant :

Caractéristiques	MAP	DAP
Rapport Molaire RM	1	2
Ph	5	5
Masse molaire (g/mol)	115,08	132,12

Tableau 2: Caractéristique du MAP et DAP

L'atelier d'engrais de JORF FERTILISERS Company II est composé d'une seule ligne de production (507) qui sert à produire de l'engrais de phosphate, sous forme de granules pour l'exportation. Le principal engrais de phosphate produit est le DAP (di-ammonium phosphate), qui est parfois enrobé d'huile, certes, une simple modification au niveau du granulater permet de modifier le type de produit fini (MAP ou DAP). Le procédé utilisé pour fabriquer le MAP ou le DAP comporte 4 grandes étapes suivantes qui se font en parallèle avec l'assainissement et lavage des gaz :

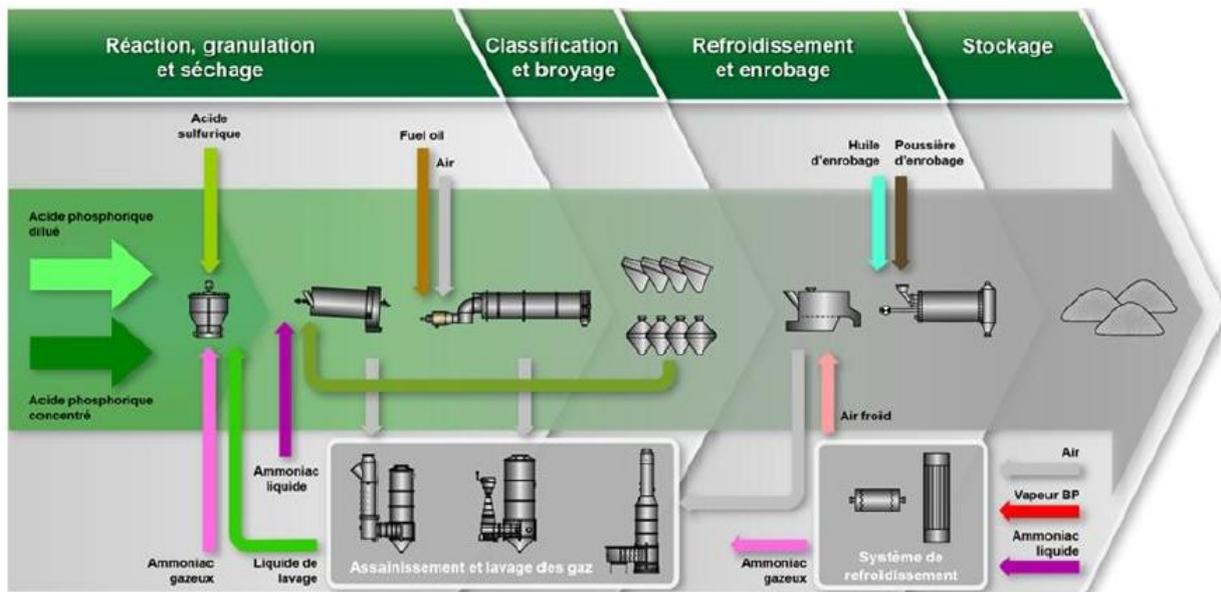


Figure 5: une vision globale des principales étapes, opérations et équipements

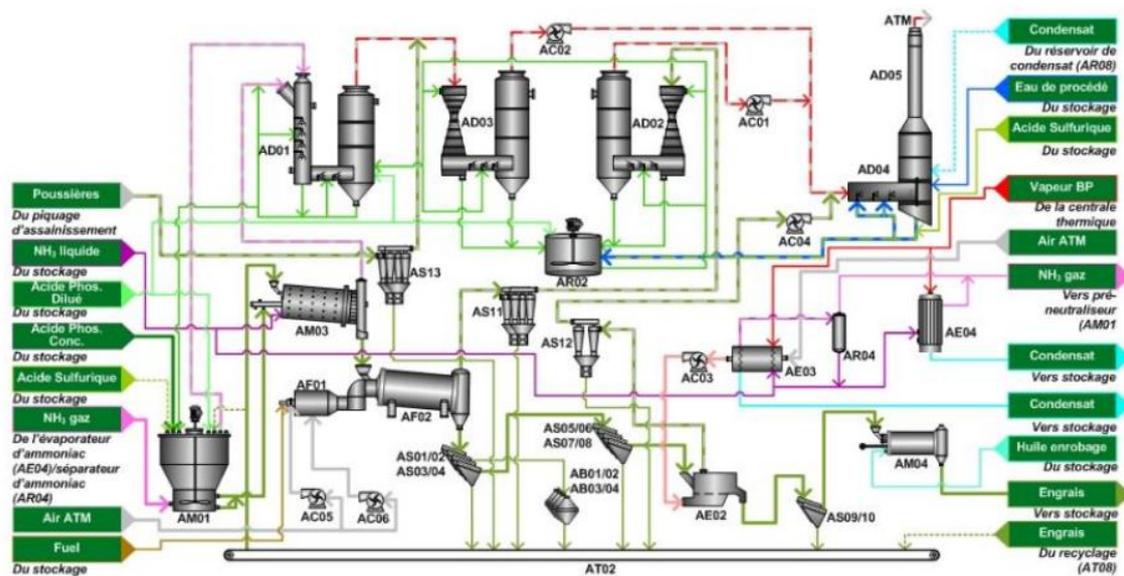


Figure 6: les principaux flux et équipement de l'atelier engrais.

- **Réaction, granulation et séchage :**

La réaction citée auparavant commence au niveau du pré-neutraliseur, à la sortie du pré-neutraliseur on obtient une bouillie qui sera introduite par la suite dans le réacteur tubulaire RTG où se produit le complément de la réaction entre l'acide phosphorique et l'ammoniac, puis en passe à la granulation, cette opération consiste à transformer la bouillie en un produit d'engrais granulé à l'aide d'une rotation du granulateur et l'injection de la rampe d'ammoniac liquide pour réduire la teneur en eau des granulés. Le séchage permet de diminuer le taux d'humidité afin d'éviter le colmatage du produit au niveau des viroles tournantes, des cribles, des refroidisseurs et pendant le stockage.

- **Classification et Broyage :**

Sortant du sécheur, le produit est conduit vers quatre cribles. Ensuite, les grains qui sont proches aux dimensions recommandées sont transférés vers des cribles finisseurs. Quant à les grains qui ne sont pas conformes, ils vont être soit broyés s'ils sont de grande taille, soit granulés s'ils sont de petite taille.

- **Refroidissement et enrobage :**

Le refroidissement s'effectue dans un refroidisseur à lit fluidisé par soufflage d'air à l'aide des ventilateurs. Le refroidisseur alimente l'élévateur qui achemine le produit vers un enrobeur. A l'intérieur de ce dernier, le produit marchand est enrobé par pulvérisation du fuel ou de l'huile aminée afin d'éviter la prise en masse et le dégagement de la poussière lors de sa manutention et de son stockage.

- **Stockage :**

Après le l'enrobage, le produit sera transporté par un convoyeur vers le hall de stockage.

- *Assainissement et lavage des gaz :*

Les gaz issus du granulateur, du pré-neutraliseur, du sécheur, ainsi que de la majorité des équipements de l'installation, sont soutirés à l'aide des ventilateurs pour être dépoussiérés par passage dans des batteries de cyclones, puis lavés par le liquide de lavage à travers des venturis et des tours, et enfin expédiés à l'atmosphère.

Le schéma suivant illustre les principales étapes de production d'engrais ainsi que l'étape assainissement et lavage des gaz qui va avec.

La figure suivante nous montre les différentes étapes :

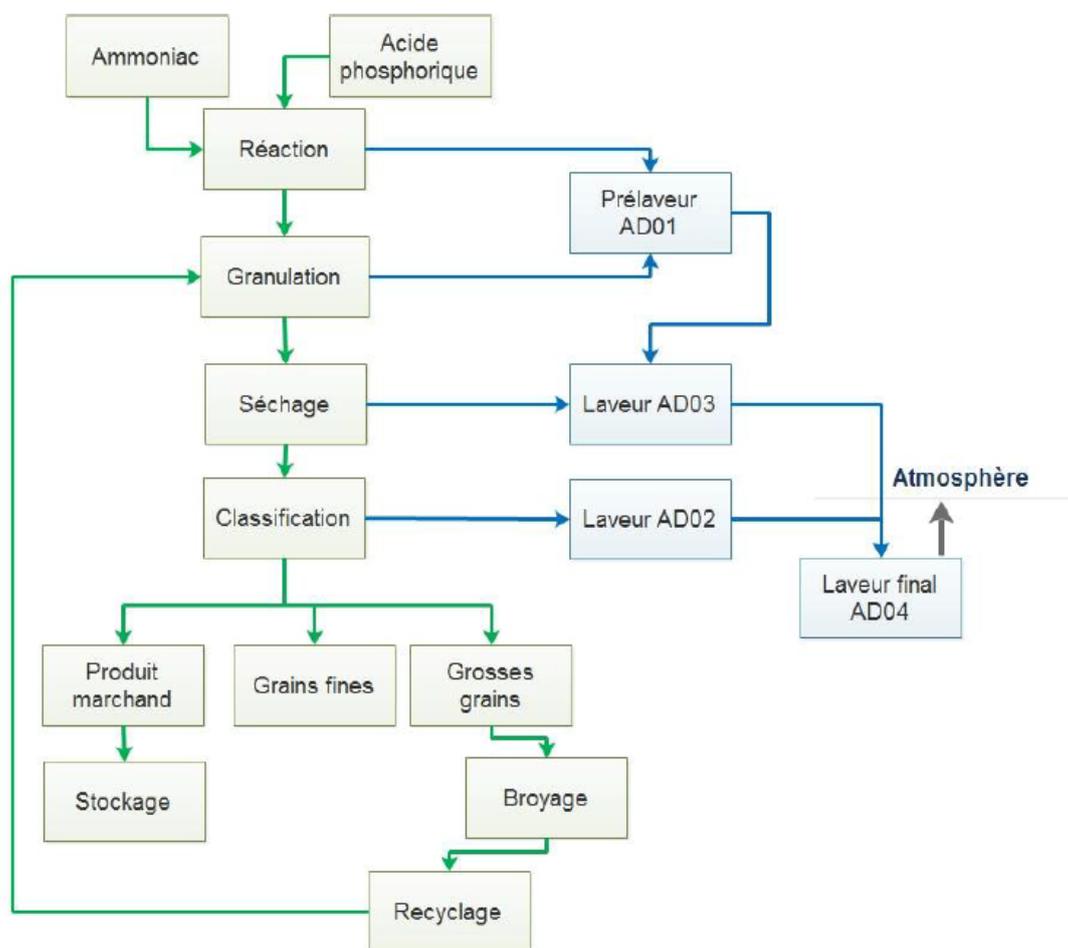


Figure 7: Processus de Fabrication de MAP ou DAP

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'organisme d'accueil dans lequel est effectué ce stage, cette présentation illustrant l'historique du groupe, son organigramme et son chiffre D'affaire. Ensuite nous nous sommes intéressés au procédé de fabrication des engrais au sein de l'atelier DAP.

Chapitre 2

Contexte générale du projet

- Présentation de la problématique
- Cahier de charge fonctionnel
- Planification du projet
- Description des viroles tournantes

I. Sujet de stage

Après avoir décrit l'organisme d'accueil ainsi que l'atelier des engrais et le procédé de fabrication, il est temps de bien décrire le projet du stage, pour ce faire il faut déterminer toutes les dimensions du problème, afin d'identifier ses aspects essentiels.

1. Description de la problématique

Afin d'avoir une description complète du projet, on va adopter la méthode QQQQCP

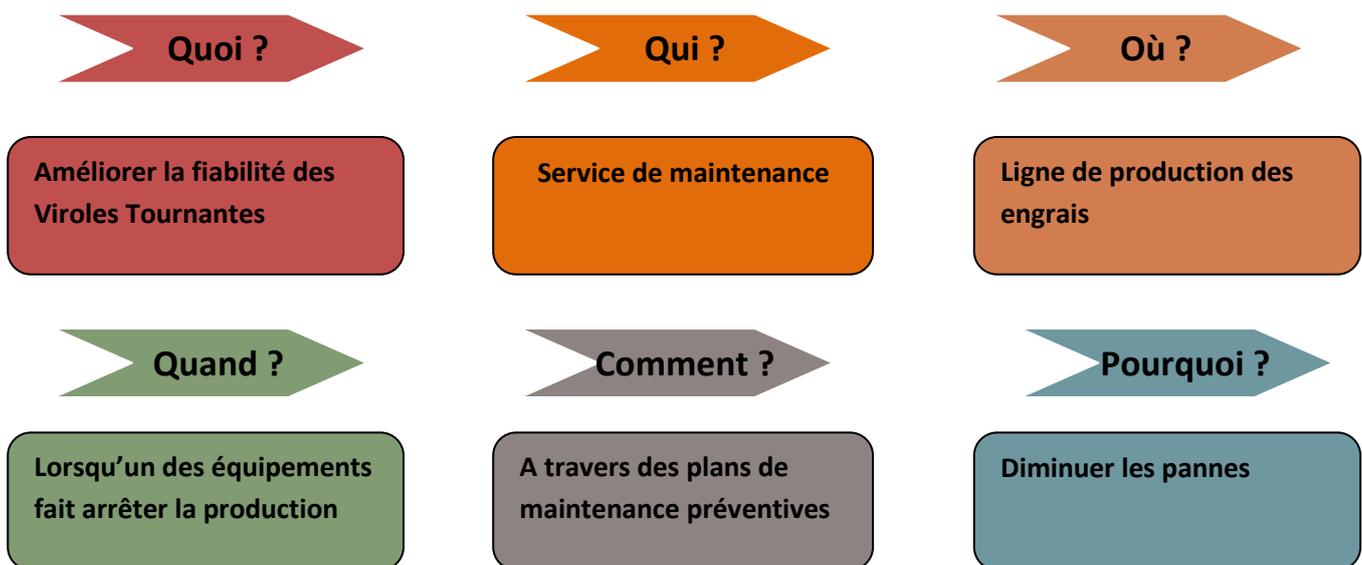


Figure 8: Méthode QQQQCP

2. Cahier des charges

✓ Le projet

" Amélioration de la fiabilité des viroles tournantes de la ligne de production des engrais JFCII "

✓ Objectif du projet

L'atelier de production des engrais de la JFCII est souvent confronté à des problèmes au niveau des viroles tournantes. Ils sont siége à plusieurs pannes qui affectent la productivité de cet atelier.

Notre objectif étant d'assurer une production en continue, en réduisant le nombre de pannes des viroles tournantes d'où l'augmentation de leurs disponibilités, cela nous pourra être réalisé que par l'étude des différents dysfonctionnements observés de ces équipements, et puis par la proposition des mesures soient amélioratives ou préventives pour augmenter la disponibilité.

✓ Périmètre du projet

Nous nous concentrons sur les viroles tournantes : Granulateur , Sécheur et l'enrobeur .

✓ Etapes de réalisation de projet

- 1- Descriptif fonctionnel des viroles tournantes.
- 2- Classification des équipements afin de montrer que les viroles tournantes sont les plus critiques.
- 3- Calcul de fiabilité et de maintenabilité des viroles tournantes.
- 4- Faire une étude AMDEC des viroles.
- 5- Elaboration des plans de maintenance.
- 6- Proposition des améliorations de certains composants afin d'augmenter la disponibilité des équipements.

3. Planification du projet

Afin de réaliser le projet dans les délais établis par la convention de stage, il fallu définir les étapes essentielles et estimer le temps à consacrer pour chacune. Pour cela, j'ai utilisé le logiciel Ms Project afin de représenter les différentes tâches et visualiser le planning à prévoir.

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

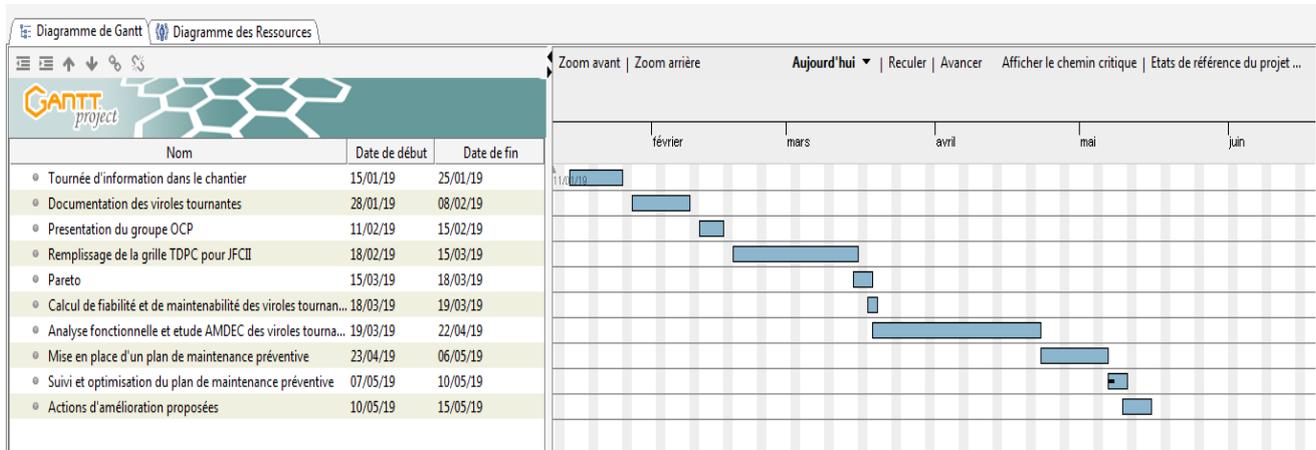


Figure 9 : Liste des tâches effectuées

II. Description des Viroles tournantes

Les viroles tournantes regroupe trois machines principales du processus de fabrication du DAP, à savoir, le granulateur, le sécheur et l'enrobeur.

1. Description du Granulateur AM03

Le granulateur est un équipement de forme cylindrique ayant un tambour de 9,4 m de long, un diamètre intérieur de 4,7 m et une inclinaison de 3,57 °.

Le rôle du granulateur (AM03) est de compléter la réaction d'ammonisation de la bouillie de phosphate provenant du pré-neutraliseur (AM01) et de transformer cette bouillie en engrais granulaire de composition et granulométrie déterminées. C'est l'équipement le plus important de l'atelier d'engrais.

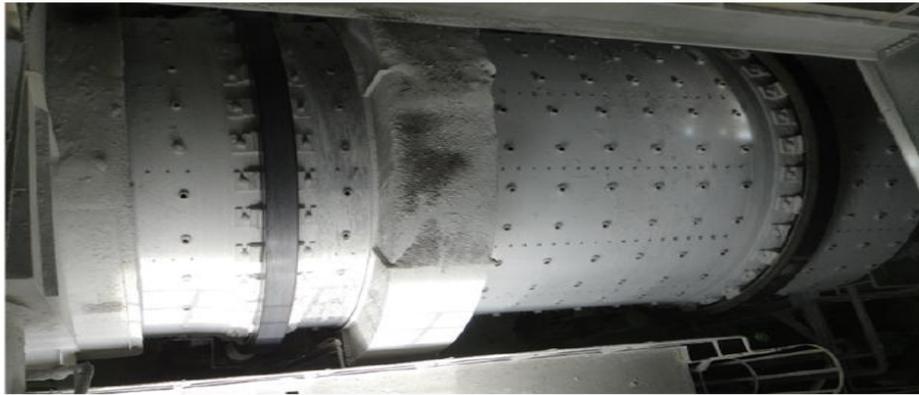


Figure 10: Granulateur

La configuration d'un granulateur est présentée ci-dessous. Il s'agit d'un tambour incliné muni d'un réacteur tubulaire (RTG - AM01) et d'un arroseur d'ammoniac (rampe d'ammoniation). Ces composantes sont conçues de façon à éviter l'accumulation de matière.

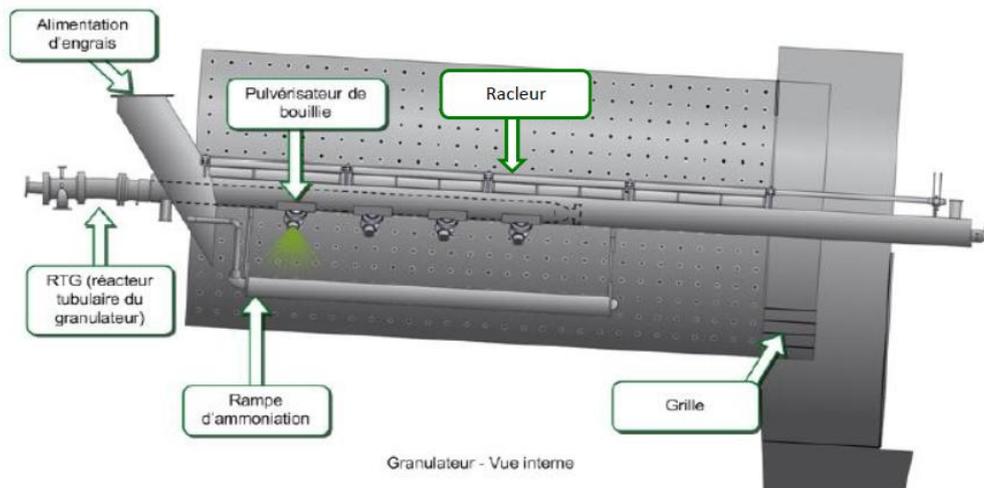


Figure 11: Composants du granulateur

Caractéristiques techniques du granulateur AM03	
Diamètre intérieur	4700mm
Longueur virole + Cage	9400mm+600
Vitesse de rotation	7.8tr/min
Taux de remplissage	9.5%
Puissance électrique consommée	395 kW
Conditions de marche	Continue, 24 h/24 - 330 j/an
Température ambiante maxi	40°C

Tableau 3: Caractéristiques techniques du granulateur

Caractéristiques de fonctionnement du granulateur AM03	
Produit traité	DAP
Débit nominal	782T/h en sortie
Température du produit	88°C en sortie
Humidité du produit	2.75% en sortie
Granulométrie	1 à 4mm

Tableau 4: Caractéristiques de fonctionnement du granulateur

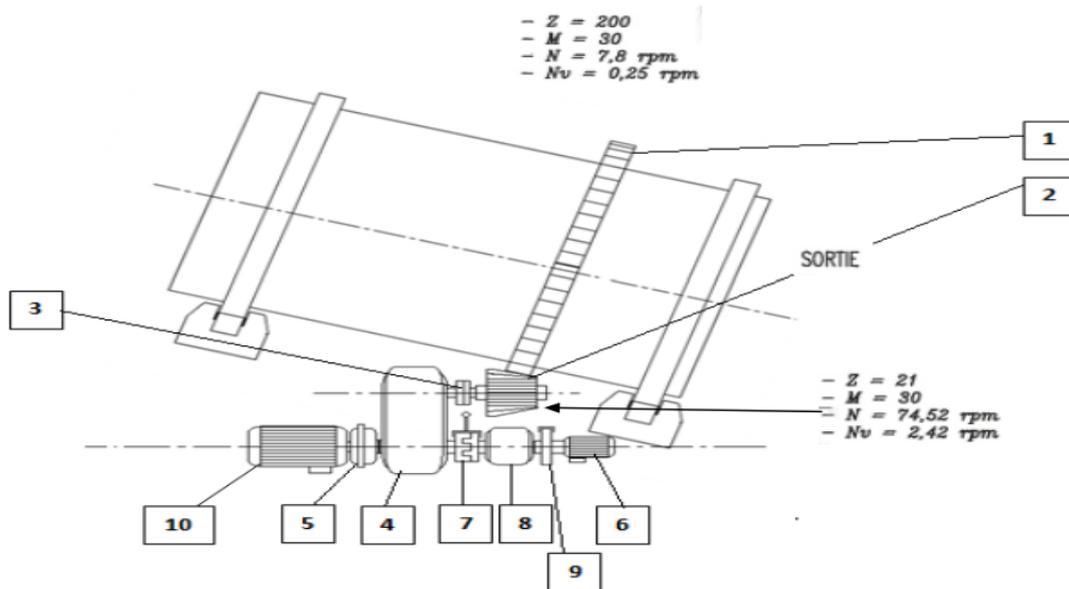


Figure 12: schéma synoptique du granulateur

Désignations			
1	COURONNE DENTEE	6	MOTEUR AUXILIAIRE
2	PIGNON D'ATTAQUE	7	ACOUPLEMENT DEBRAYABLE
3	ACOUPLEMENT PETITE VITESSE	8	REDUCTEUR SECONDAIRE
4	REDUCTEUR PRINCIPALE	9	SYSTEME DE FREINAGE
5	COUPLEUR HYDRAULIQUE	10	MOTEUR PRINCIPALE

Tableau 5: Légende du schéma synoptique du granulateur

2. Description du sécheur

Le sécheur est conçu pour traiter 695 tonnes/h d'engrais. Il permet d'abaisser le pourcentage d'eau des granules de 3,0-4,0 % à 1,0-1,5 % .

Le rôle du sécheur (AF02) est de sécher les granules d'engrais provenant du granulateur (AM03) en utilisant les gaz chauds issus de la chambre de combustion (AF01).



Figure 13: Sécheur

Le sécheur est muni d'une chambre de combustion d'où sortent les gaz chauds destinés au séchage des granules dans le tambour rotatif. La chambre de combustion est alimentée par du fuel, de la vapeur d'eau pour l'atomisation et de l'air pour la combustion (par le ventilateur d'air de combustion AC05).

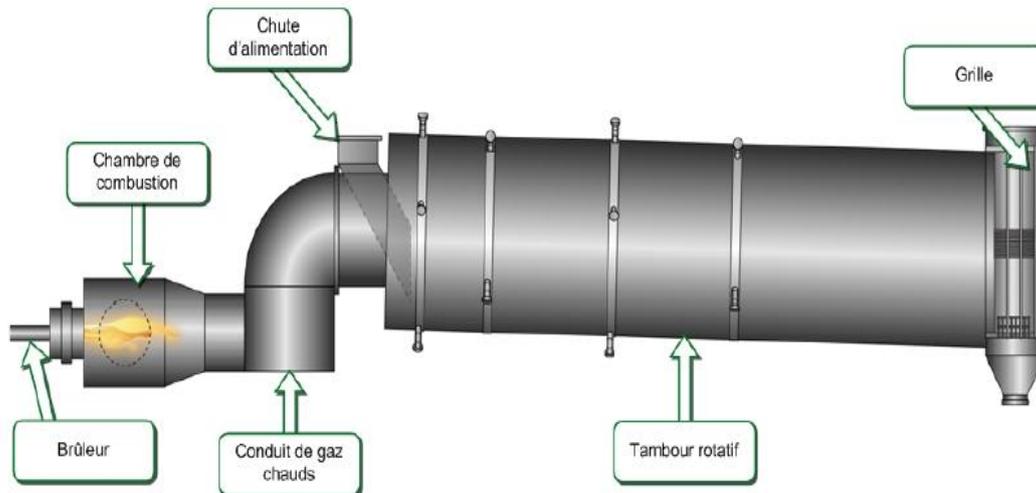


Figure 14: représentation schématique du sécheur

Le tambour du sécheur est muni de deux couronnes lisses (bandage). Ces deux couronnes lisses entourent le sécheur et reposent sur des galets, permettant au tambour de tourner. La couronne dentée, située entre les deux couronnes lisses, entraîne la rotation du sécheur à l'aide du moteur électrique. Elle est protégée par un cache ou protecteur contre les poussières.

Caractéristiques techniques du sécheur AF02	
Diamètre intérieur	4800mm
Longueur virole + Cage	35000mm+1165mm
Vitesse de rotation	3.5tr/min
Taux de remplissage	18.4%
Puissance électrique consommée	695 kW
Conditions de marche	Continue, 24 h/24 - 330 j/an
Température ambiante maxi	48°C

Tableau 6: Caractéristiques techniques du sécheur

Caractéristiques de fonctionnement du sécheur AF02	
Produit traité	DAP
Débit nominal	782T/h en sortie
Température du produit	89°C à l'entrée, 90°C en sortie
Humidité du produit	2.75% à l'entrée 1.5% à la sortie
Granulométrie	1 à 4mm

Tableau 7: Caractéristiques de fonctionnement du sécheur

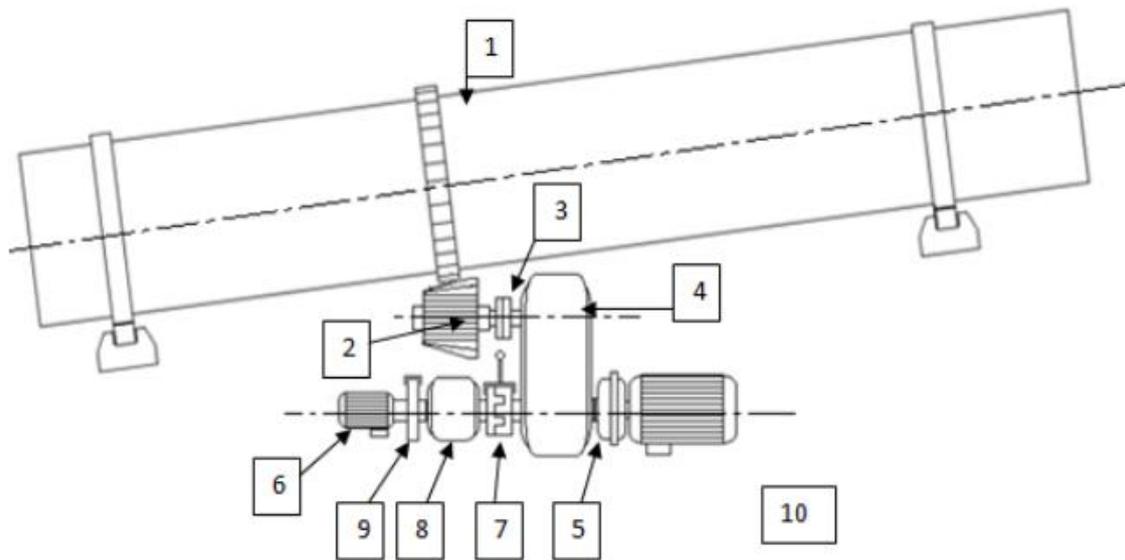


Figure 15: schéma synoptique du Sécheur

Désignations			
1	COURONNE DENTEE	6	MOTEUR AUXILIAIRE
2	PIGNON D'ATTAQUE	7	ACOUPLEMENT DEBRAYABLE
3	ACOUPLEMENT PETITE VITESSE	8	REDUCTEUR SECONDAIRE
4	REUCTEUR PRINCIPALE	9	SYSTEME DE FREINAGE
5	COUPLEUR HYDRAULIQUE	10	MOTEUR PRINCIPALE

Tableau 8: Légende du schéma synoptique du sécheur

3. Description de l'enrobeur

L'enrobeur de produit (AM04) est un équipement cylindrique, horizontal et rotatif en acier dans lequel les granules sont tout d'abord mouillés par une pulvérisation d'huile d'enrobage. Ensuite, selon le type d'engrais, les granules peuvent être enrobés d'une mince couche de poussière d'enrobage. Ceci permet, entre autres, et tel que cité précédemment, de minimiser le collage des granules lors de l'entreposage.



Figure 16: Enrobeur

Le rôle de l'enrobage est de minimiser la formation d'agglomérats ou le collage de granules, car les granules d'engrais peuvent être entreposés pour de longues périodes tant à l'atelier d'engrais

que chez le client. Il est important que les granules conservent leurs propriétés originales afin de répondre aux normes de qualité.

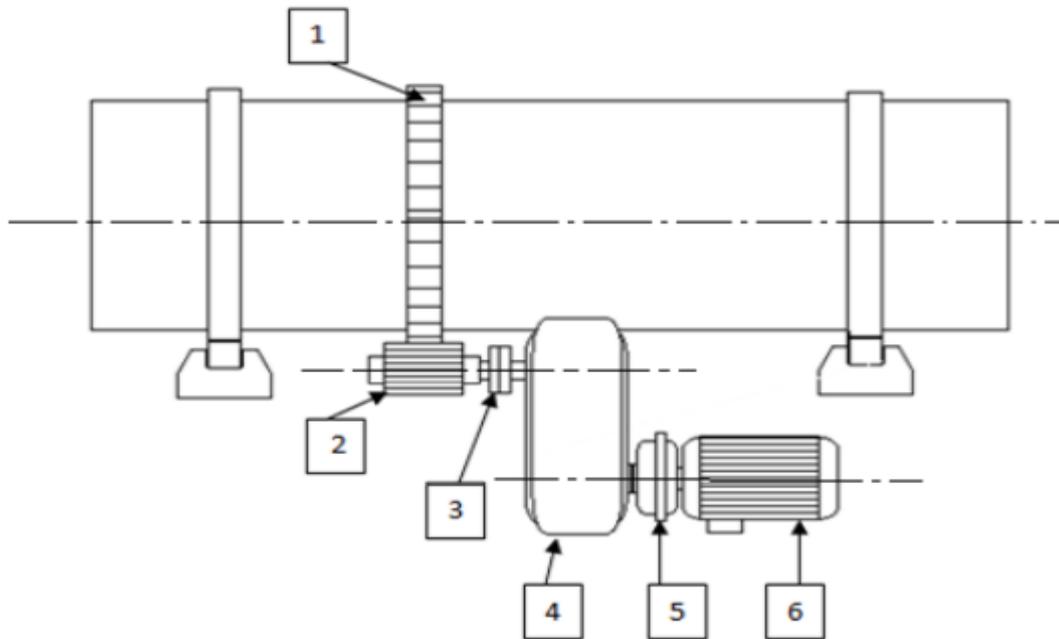


Figure 17: schéma synoptique de l'enrobeur

Désignations			
1	COURONNE	4	REDUCTEUR
2	PIGNON	5	COUPLEUR HYDRAULIQUE
3	ACCOUPLLEMENT PETIT VITESSE	6	MOTEUR

Tableau 9: Légende du schéma synoptique de l'Enrobeur

Conclusion

Dans ce chapitre, on a pu expliquer le sujet de notre projet, en appliquant la méthode QOOQCP, aussi on a pu comprendre le fonctionnement de ces trois équipements.

Chapitre 3

Analyse de défaillances

- Etablissement de la liste des équipements
- Classification des équipements par la méthode TDPC et la loi de Pareto
- MTBF et MTTR
- Etude AMDEC

I. Introduction

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.

Ce chapitre a pour objectif de montrer que les viroles tournantes sont les équipements les plus névralgiques dans l'unité de production d'engrais puis nous allons déterminer, les modes de défaillances les plus critiques de ces équipements en utilisant la méthode AMDEC qui vise à garantir la fiabilité, la disponibilité et la sécurité de ces machines par la maîtrise des causes de défaillances.

II. Classification des équipements

Pour le bon fonctionnement d'un service maintenance, il est nécessaire de définir les équipements critiques.

Dans un premier temps, nous avons essayé de recueillir tous les équipements dans l'atelier des engrais afin de les classer, nous avons choisi d'identifier les équipements par des familles, par exemple, famille des pompes, familles des ventilateurs, et ainsi de suite, jusqu'à ce que nous avons obtenu une liste de tous les équipements qui se trouvent dans l'atelier de production d'engrais.

Vous trouverez dans l'ANNEXE 1 la liste de tous les équipements de l'atelier de production d'engrais.

1. Classification par la méthode TDPC

i. Présentation de la méthode

La méthode TDPC (Temps de réparation, Degré d'influence, Probabilité de pannes, Criticité de l'équipement par rapport à l'arrêt de production) est un outil très efficace et très utilisé qui permet de classer les équipements pour dégager ceux qui sont critiques.

Comme son nom l'indique, la TDPC se base sur quatre critères regroupés dans le tableau 10.

Indice	Abréviation	Description
Temps de réparation	T	Pris dans l'historique
Degré d'influence	D	Effet sur la sécurité, l'environnement, la qualité produit et les coûts
Probabilité é de panne	P	La fréquence des pannes pendant une durée
Criticité de l'équipement	C	Basé sur la durée d'arrêt de production
Score de classification = T+D+P+C		

Tableau 10: Critère de la méthode TDPC

ii. Démarche de la classification par la méthode TDPC

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

Identifier les équipements à classer

Evaluation des équipements selon les critères de la classification

Classer les équipements selon un ordre de criticité décroissant

Regrouper les équipements comme il est indiqué sur le tableau 11

Figure 18: Démarche de classification par la méthode TDPC

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 moyen
0% - 20%	Classe C	20%	Criticité faible

Tableau 11: Classe et score de la méthode TDPC

iii. Application de la méthode TDPC

- **Présentation de la grille de notation**

La grille de la méthode TDPC est présentée dans l'ANNEXE 2

- **Application de la TDPC**

Vous trouverez dans l'ANNEXE 3 la classification des équipements

- **Résultats Obtenus**

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

Maintenance Professionnelle JFC2				Atelier: d'Engrais DAP	
Classification des équipements - Synthèse				Lignes de production : 507A	
équipement	N° de l'équipement	Nom de l'équipement	Évaluation	Classification de l'équipement AA,A,B ou C	
1	507AAF02	Sécheur AF02	147	AA	
2	507AAM03	Granulateur AM03	132	AA	

Dans l'ANNEXE 4 vous trouverez le reste de la classification.

2. Classification par la méthode PARETO

Le diagramme de Pareto permet de positionner les équipements critiques (selon le critère défini) d'après une répartition de type 80/20 : 20% des équipements produits.

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissant des équipements de l'unité de production d'engrais selon le nombre d'heure de panne de l'année 2018.

Equipement	H.A	Cumul des H.A	Cumule %
Sécheur	208,33	208,33	35,86
Granulateur	179,03	387,36	66,69
Elévateurs	71,09	458,45	78,92
Convoyeurs	48,23	506,68	87,23
Pompes	23,47	530,15	91,27
Cribles	20,78	550,93	94,85
Ventilateurs	9,49	560,42	96,48
Broyeurs	9,4	569,82	98,1
PN	6,93	576,75	99,29
Enrobeur	4,08	580,83	100

Tableau 12: Les familles d'équipement critiques selon les heures d'arrêts

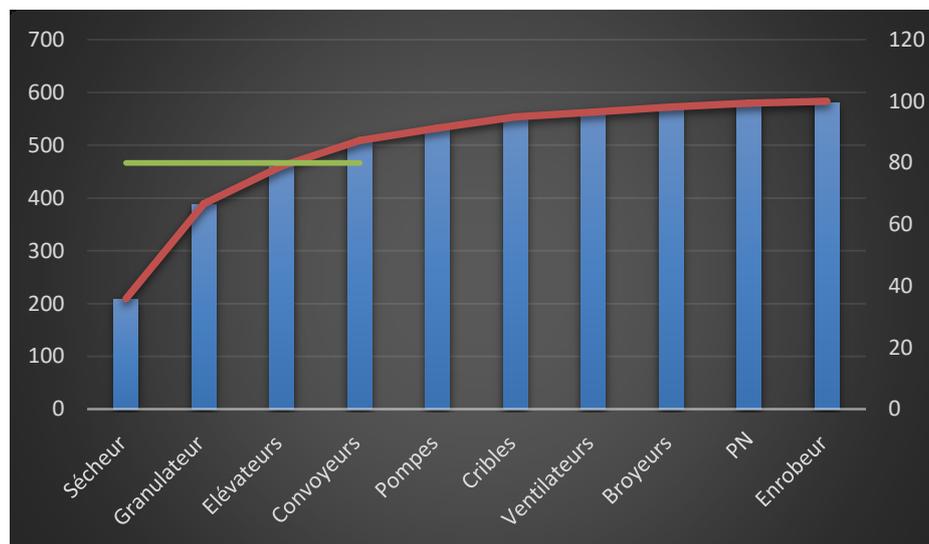


Figure 19: Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon les heures d'arrêts

Le tableau et le graphique suivants montrent un classement décroissant des équipements de l'unité de production d'engrais selon le nombre de panne de l'année 2018.

Equipements	Nombre de panne	Cumul des pannes	% des pannes cumulés
Granulateur	78	78	32%
Elévateurs	41	119	48%
Sécheur	38	157	64%
Convoyeurs	28	185	75%
Pompes	23	208	85%
Cribles	15	223	91%
Ventilateurs	8	231	94%
PN	7	238	97%
Broyeurs	5	243	99%
Enrobeurs	3	246	100%

Tableau 13: Les familles d'équipements critiques selon le nombre de panne

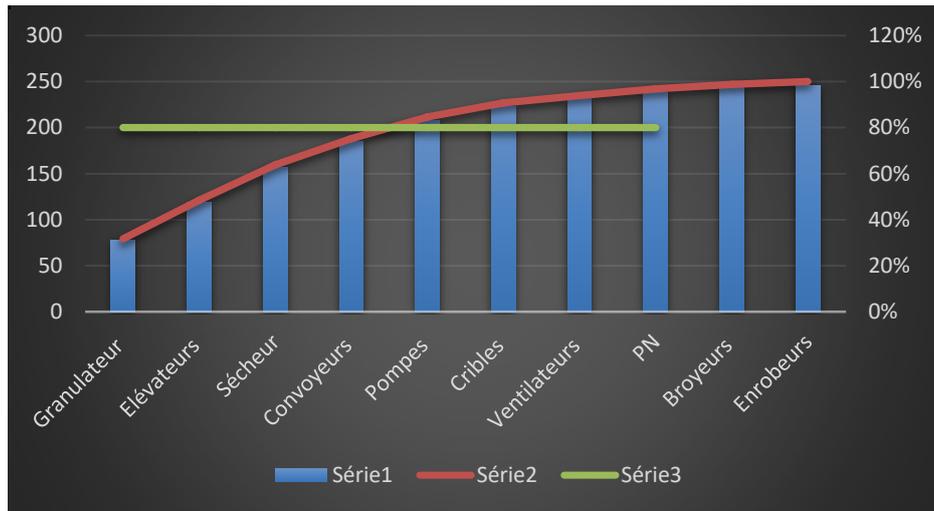


Figure 20: Pareto donnant les familles d'équipements critiques selon le nombre de panne

Il est donc clair que les 2 équipements : sécheur et granulateur sont les équipements les plus critiques, l'enrobeur étant considéré comme un équipement moins critique.

Par la suite, on s'est intéressé au manque à produire causé par le cumul des heures d'arrêt, afin de pouvoir évaluer le coût de ces pertes.

Le calcul a été fait en considérant que la production se fait 24h/24, que la quantité produite est d'une moyenne de 140T/H, et que la marge sur cout variable est de l'ordre de 5000DH par tonne.

	2018	
	Granulateur	Sécheur
H d'arrêt	179h03	208h33
H d'arrêt total	387h36	
Manque à produire en (KT)	54,23	
Pertes occasionnées en MDH	271,152	

Tableau 14 : Pertes occasionnées par les arrêts des viroles tournantes

On conclut que les pertes dues aux arrêts du granulateur AM03 et du sécheur AF02 sont de l'ordre de 271,152 MDH en 2018.

Ces résultats sont assez convaincants pour dire que le granulateur et le sécheur sont des équipements stratégiques dans les lignes de production, et que leur indisponibilité fait perdre une somme importante d'argent.

III. Evaluation de la performance des viroles tournantes

Pour évaluer la performance des viroles tournantes de la ligne de production d'engrais, nous allons calculer le MTBF et le MTTR qui sont deux indicateurs de performance, largement exploité en maintenance pour suivre la disponibilité, la fiabilité et la Maintenabilité d'un bien.

Le calcul de ces éléments sera effectué à partir de l'historique des pannes pour l'année 2018.

1. Fiabilité

Aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise dans des conditions données durant un intervalle de dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné. (Norme NF EN 13306).



MTBF désigne le temps moyen entre défaillances consécutives

MTBF = Somme des Temps de Bon Fonctionnement / nombre de pannes

Equipements	MTBF
Granulateur	4,5
Sécheur	20,95
Enrobeur	121,61

Tableau 15: MTBF des viroles tournantes

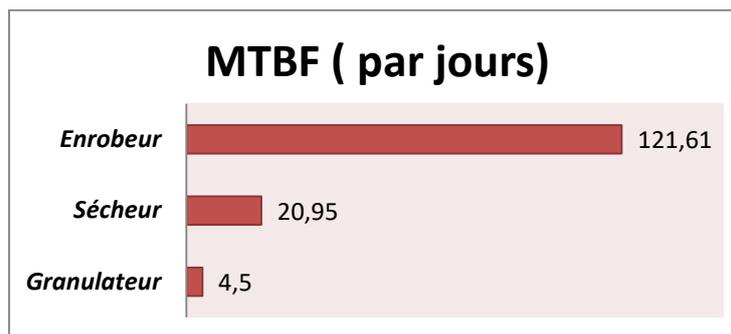


Figure 21 : Graphique du MTBF des viroles tournante

2. Maintenabilité

Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données en utilisant des procédures et moyens prescrits (Norme NF EN 13306).



MTTR désigne le temps moyen pour réparer

MTBF = Temps d'arrêt Total / nombre d'arrêts

Equipements	MTTR
Granulateur	12,21
Sécheur	10
Enrobeur	0,056

Tableau 16: MTTR des viroles tournantes

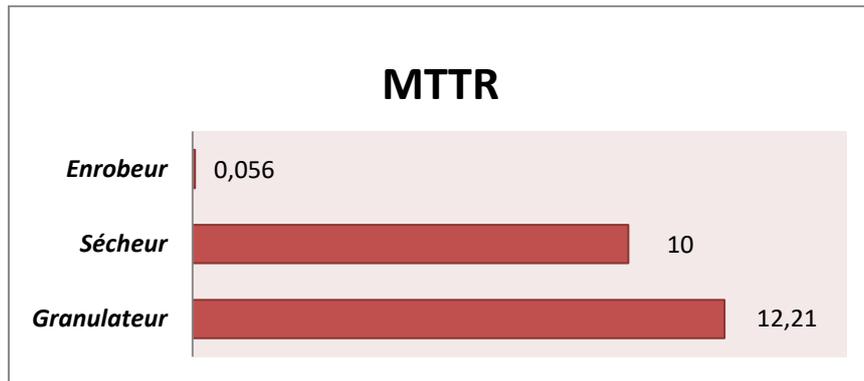


Figure 22 : Graphique du MTTR des viroles tournantes

Après avoir calculé les deux indicateurs de performance des viroles tournantes, nous avons trouvé que :

- Le granulateur et le sécheur ont un MTBF faible
- Le granulateur et le sécheur ont un MTTR élevé

Et que l'enrobeur est un équipement qui ne pose à priori aucun problème.

Il est donc clair qu'un équipement qui a un MTBF élevé et un MTTR faible est considéré comme fiable, et a de grandes chances de remplir sa fonction tout en étant en bon état, tandis qu'un équipement qui a un MTBF faible et un MTTR élevé aura un taux de défaillances élevé et sera considéré comme critique.

Devant cette situation, une analyse de type AMDEC est nécessaire pour identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des viroles tournantes, puis à en rechercher les origines et leurs conséquences.

III. Etude AMDEC des viroles tournantes

1. Présentation de la méthode AMDEC

i. Définition AMDEC

AMDEC est l'acronyme de « Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité ». Cette technique a pour but d'étudier, d'identifier, de prévenir ou au moins de réduire les risques de défaillances d'un système, d'un processus ou d'un produit. L'association française de normalisation (AFNOR) définit l'AMDEC comme étant « une méthode inductive (aller de la défaillance (cause) vers les effets) qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système ».

La méthode AMDEC consiste à examiner méthodiquement les défaillances avérées ou potentielles d'un système, leurs causes et leurs effets sur le fonctionnement de l'ensemble.

ii. Les étapes de l'AMDEC

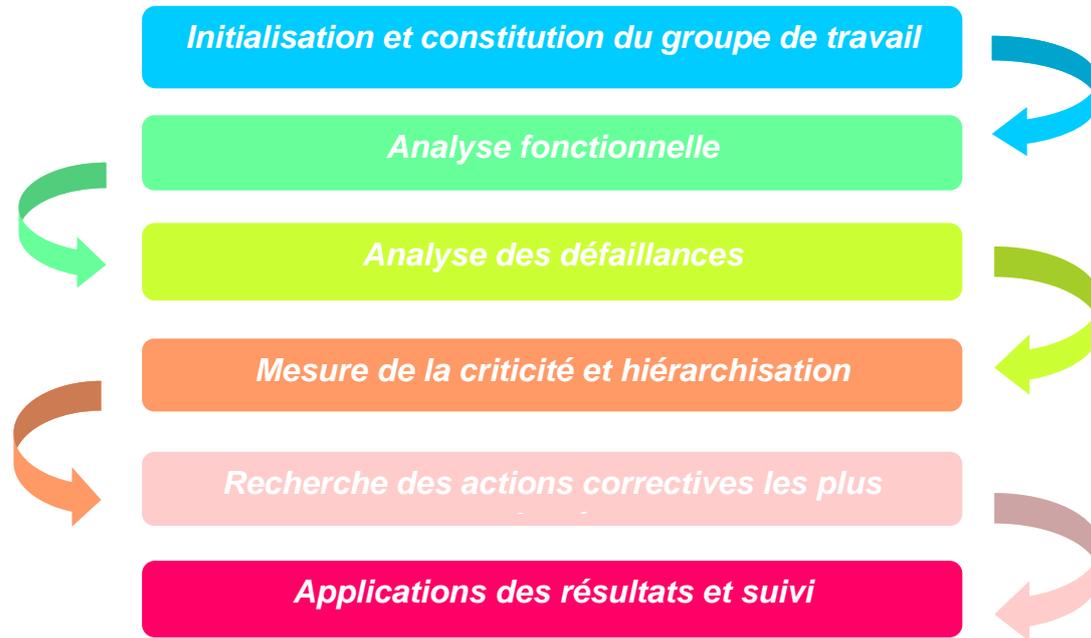


Figure 23: Démarche AMDEC

Etape 1: Initialisation et constitution du groupe de travail

Il s'agit en premier temps de cadrer notre étude c'est-à-dire de définir les limites de l'étude, les résultats attendus et le groupe de travail. L'AMDEC étant une méthode prédictive, elle repose fortement sur l'expérience. Il est donc nécessaire de faire appel à des expériences d'horizons divers afin de neutraliser l'aspect subjectif des analyses.

Nous avons essayé de constituer notre groupe de travail à partir de deux services : maintenance et méthode pour avoir des résultats plus fiables. Les membres de notre groupe sont représentés dans le tableau suivant :

Membres	Responsabilités
Mr. Yassine Abou-Kacem	Responsable du service maintenance mécanique
Mr. El Arbi Lamdarag	Chef de service maintenance mécanique
Mr. Serhane	Responsable bureau de méthode
Mlle.Barchichou Chaimae	Etudiante en 2 ^{ème} année Master

Tableau 17 : Membre du groupe de travail

Etape 2: Analyse fonctionnelle

L'application de la méthode AMDEC nécessite une connaissance précise du système et de son environnement. Ces informations sont généralement les résultats de l'analyse fonctionnelle.

L'analyse fonctionnelle a pour but d'identifier les différentes fonctions que devra assurer le système.

Etape 3: Analyse des défaillances

Pour chaque composant de l'équipement, nous allons identifier les différents modes de défaillance qui peuvent l'affecter.

Pour chaque mode de défaillance, nous allons identifier ses effets sur le système ainsi que les causes possibles qui ont menées à ce mode de défaillance.

Etape 4: Mesure de la criticité et hiérarchisation

Il s'agit d'une estimation de l'indice de criticité du trio mode-cause-effet de la défaillance étudiée selon certains critères. Plusieurs critères peuvent être utilisés pour déterminer cet indice. Souvent dans la pratique on considère qu'une défaillance est d'autant plus importante si :

1. Ses conséquences sont graves
2. Elle se produit souvent
3. Elle se produit et on risque de ne pas la détecter

Dans la pratique on attribue trois notes pour chaque trio mode-cause-effet :

1. La note G : la gravité des effets de la défaillance
2. La note F : la probabilité d'occurrence de la défaillance
3. La note D : le critère de détection de la défaillance

L'indice de criticité C s'obtient en multipliant ces trois notes : $C=G \times F \times D$

Nous nous sommes mis d'accord sur les grilles de cotation suivantes :

Classe	Niveau de gravité	Conséquence
G=1	Effet Mini	Pas d'arrêt de production
G=2	Effet significatif	Arrêt de production : $T_e < 2h$
G=3	Effet moyen	Arrêt de production : $2h < T_e < 6h$
G=4	Effet majeur	Arrêt de production : $6h < T_e < 24h$
G=5	Effet catastrophique	Arrêt de production supérieur à 24h

Tableau 18: Grille de cotation gravité

Classe	Niveau de Fréquence	Description
F=1	Défaillance pratiquement inexistante	Moins de 1 fois par la durée considérée
F=2	Défaillance rarement apparue	1 à 2 fois par la durée considérée
F=3	Défaillance occasionnellement apparue	3 à 10 fois par la durée considérée
F=4	Défaillance fréquemment apparue	11 à 14 fois par la durée considérée
F=5	Défaillance très fréquemment apparue	15 à 20 fois par la durée considérée

Tableau 19: Grille de cotation de fréquence

Classe	Niveau de Fréquence	Description
D=1	Détection évidente	Existence d'un dispositif de détection automatique
D=2	Détection possible	Signe avant-coureur existe mais nécessite une action particulière de l'opérateur (Contrôle visuel, visite et inspection)
D=3	Détection improbable	Signe avant-coureur existe mais difficilement décelable ou nécessitant une action ou des moyens complexes (démontage, appareillage)
D=4	Détection impossible	Aucun signe coureur n'existe ou n'est pas décelable

Tableau 20: Grille de cotation de la détection

Etape 5: Recherche des solutions et mise en œuvre du plan d'actions

Après le classement des modes de défaillances potentielles, nous allons chercher des actions préventives afin de réduire le nombre d'occurrence, réduire la probabilité de non détection et la réduction de la gravité de l'effet de défaillance.

Etape 6: Appliquer et suivre

Dans cette étape il faut mettre en place les solutions proposées puis il faut faire un suivi continu pour vérifier leur efficacité.

2. Etude AMDEC du granulateur AM03

i. Analyse fonctionnelle

✓ Analyse du besoin : Bête a corne

Le produit rend service à :

Sur quoi agit-il :

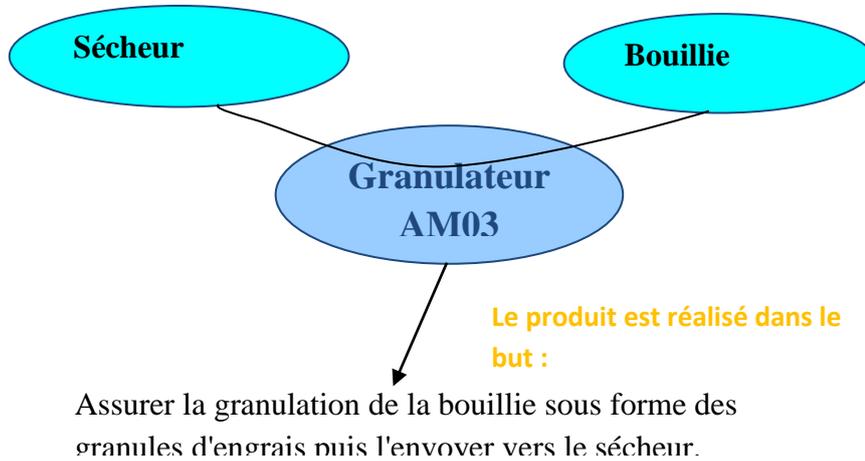


Figure 24: Diagramme de l'analyse du besoin du granulateur

✓ Diagramme pieuvre

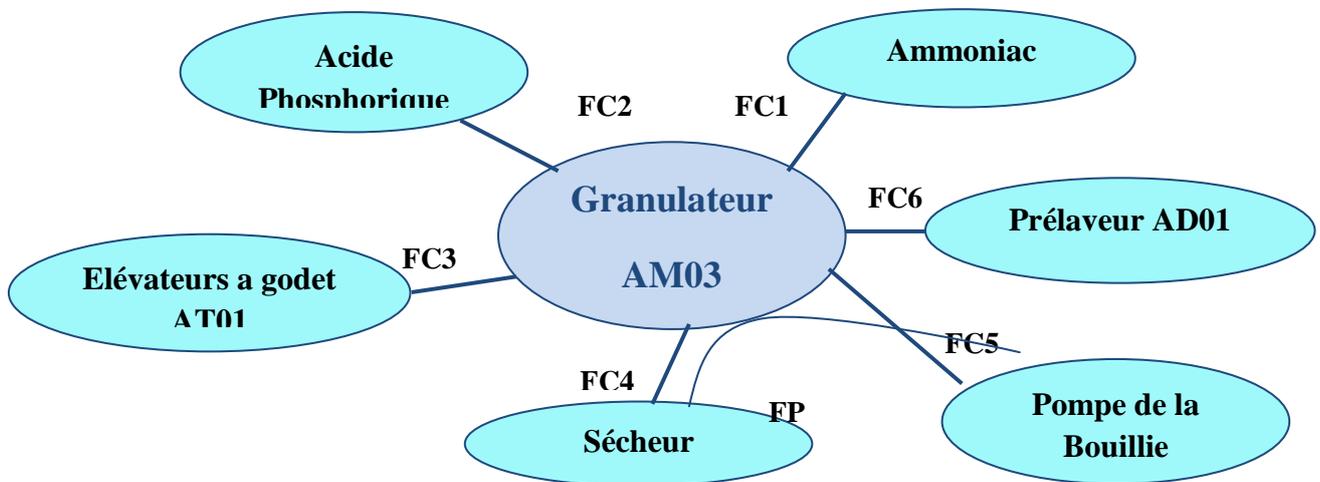


Figure 25: Diagramme pieuvre du granulateur

Fonction de service	Description
FP1	Transformer la bouillie en grains puis alimenter le sécheur
FC1	Eviter les dangers de l'ammoniac
FC2	Résister à la corrosion
FC3	Respecter la contrainte de débit
FC4	Respecter la contrainte de débit
FC5	Respecter la contrainte de débit
FC6	Eviter la pollution de l'air

Tableau 21 : Les fonctions de service du granulateur

✓ **Diagramme FAST**

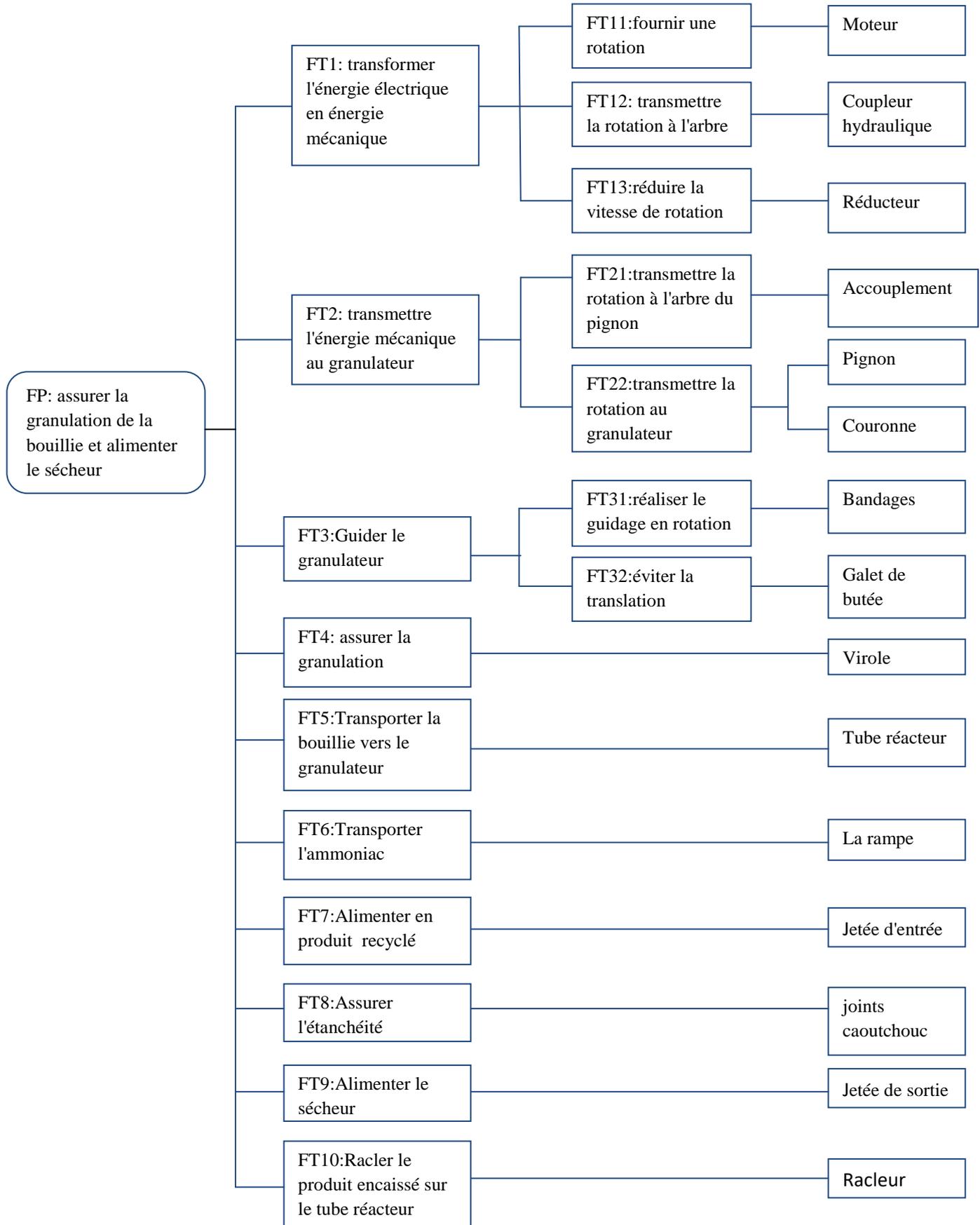


Figure 26: Diagramme FAST du granulateur

✓ **AMDEC du granulateur**

Composant	Mode de défaillance	Causes	Effet	Détection	Criticité				Actions
					F	G	D	C	
Moteur	Echauffement	Surcharge	Chute de performance /arrêt	Automatique	3	3	1	9	- Contrôle de la surcharge Utiliser un moteur plus performant
		Roulements non graissés	Frottement	Auditive	3	3	2	12	- Graissage systématique des roulements - Contrôle de la quantité et la qualité de la graisse ,suivi de la température
	Bruit exagérée	Désalignement	Bruit et vibration	Auditive et visuelle	2	2	2	8	- Contrôle de l'état de la boîte à bornes
		Roulements grippés	Bruit	Auditive	1	3	2	6	- Mesure vibratoire Contrôle de l'état des roulements - Graissage systématique des roulements - Contrôle du jeu interne des roulements Changement des roulements
		jeu au niveau de l'arbre	arrêt du granulateur	Auditive et visuelle	2	4	2	16	- Contrôle systématique du jeu
Réducteur	Echauffement du réducteur	Mauvaise transmission de puissance	Usure des roulements	Auditive	2	2	2	8	- Contrôle systématique d'alignement -Lubrification adéquate et systématique. - Changement du réducteur
		Endommagement des roulements	Chute de performance	Auditive	2	3	2	12	- Graissage systématique - Contrôle du jeu interne des roulements - Contrôle systématique de la température et de la surcharge - Contrôle d'état d'huile. - Changement des roulements
Coupleur hydraulique	Fuite d'huile	Fusion fusible	Arrêt du granulateur	Improbable	2	2	3	12	- Montage des fusibles de 160° , - Remplissage d'une quantité d'huile adéquate, Alignement de la chaîne cinématique - Contrôle et suivi systématique de la température. - Changement des bouchons fusibles
		Dégradation des arrêts d'huile	Mauvaise transmission de puissance	Visuelle	1	4	2	8	- Contrôle systématique de l'état d'huile - Contrôle systématique des arrêts d'huile - Changement des arrêts d'huile
		Désalignement	Mauvaise transmission	Visuelle	3	2	2	12	- Contrôle systématique d'alignement de la chaîne cinématique
Accouplement	Bruit et vibration	Désalignement	Mauvaise transmission	Visuelle	3	2	2	12	- Contrôle systématique d'alignement de la chaîne cinématique
	Cisaillement des boulons de fixation des tampons	Vibration exagérée	Arrêt granulateur	Visuelle et auditive	2	3	2	12	- Contrôle et changement si nécessaire des tampons Changement des éléments élastique
Pignon d'attaque	Usure des dents	Mauvais réglage	Vibration exagérée	Mesure vibratoire	2	4	3	24	- Mesure vibratoire - Contrôle systématique du réglage - Respect du standard de réglage - Elaboration d'un mode opératoire de réglage du jeu de fond de dents et du jeu d'engrainement
		Manque de lubrification	Frottement entre les dents des pignons et de	Visuelle	2	4	3	24	Contrôle et lubrification systématiques Utilisation d'un lubrifiant adéquat

			la couronne dentée						
									Contrôle périodique du jeu des roulements
		Mauvais montage	Variation du jeu de fond de dents	Auditive	2	4	2	16	Révision du montage des roulements Respect des instructions de montage des fabricants Changement des roulements
	Usure des roulements	Manque de graisse	Chute de performance	Inspection	2	4	2	16	Utilisation d'une graisse adéquate Contrôle et graissage systématiques des roulements Changement des roulements
Couronne dentée	Usure des dents	Manque de lubrification	Frottement entre les dents pignon et couronne	Visuelle	2	4	3	24	Contrôle et lubrification systématiques Utilisation d'un lubrifiant adéquat
		Mauvais réglage	Vibration exagérée	Mesure vibratoire	2	4	3	24	Mesure vibratoire Contrôle systématique du réglage respect du standard de réglage Elaboration d'un mode opératoire de réglage du jeu de fond de dents et du jeu d'engrainement
	Cisaillement, détachement des boulons des chapes	Vibrationl	Arrêt du granulateur	Mesure vibratoire	2	2	3	12	Mesure vibratoire Contrôle d'alignement de la chaîne cinématique respect du couple de serrage Changement des boulons
		Le non-respect de couple de serrage	Arrêt du granulateur	Auditive mais improbable	1	2	3	6	Contrôle du réglage et serrage des boulons de fixation Respect des instructions de montage. Changement des boulons
		Endommagement des roulements	Arrêt du granulateur	Visite	2	3	2	12	Graissage systématique Contrôle du jeu interne des roulements Contrôle systématique de la température Changement des roulements
Galets	Usure des roulements des galets	Mauvais graissage	Chute de performance	Visuelle et auditive	2	3	2	12	Contrôle de la quantité et de l'état de la graisse Graissage systématique des roulements Utilisation d'une graisse adéquate
Goulotte	Renvoyer le produit vers le sécheur	Abrasion	Colmatage du produit sur les parois de la goulotte	Improbable	2	2	3	12	Nettoyage systématique de la goulotte Changement systématique du revêtement de la goulotte
Bandage lisse	Fissuration	Dégradation matériaux	Arrêt du granulateur	Impossible	1	4	3	12	Application d'un traitement thermique approprié Suivi périodique de l'état du matériau par les contrôles non destructifs
	Usure et écaillage	Manque de lubrification	Broutement	Auditive et visuelle	2	3	2	12	Contrôle et lubrification systématiques Utilisation d'un lubrifiant adéquat
Paliers des galets	Echauffement	Mauvais graissage	Chute de performance	Improbable	3	2	3	12	Suivi périodique de la température Contrôle systématique de l'état et la quantité de graisse Graissage systématique Utilisation d'une graisse adéquate

		Mauvais réglage du jeu	Frottement ou vibration exagérée	Inspection	2	4	2	16	Montage des roulements préconisés par le constructeur Inspection systématique suivant un plan de réglage respect du standard du réglage du jeu
	Endommagement des paliers	Mauvais serrage des boulons de fixation	Vibration exagérée	Auditive	2	3	2	12	Serrage et contrôle systématiques des boulons Respect des instructions de serrage des fabricants
Châssis	Fissuration	Vibration exagérée	Arrêt du granulateur	Mesure vibratoire	3	3	3	27	Contrôle et suivi systématiques du niveau de vibration Contrôle de la surcharge Renforcement du châssis
		Surcharge	Arrêt du granulateur	Automatique	3	4	1	12	Contrôle de la surcharge
		Mauvais réglage	Arrêt du granulateur	Inspection	2	3	2	12	Respect des instructions de montage des fabricants Renforcement du châssis
	Cisaillement des tiges d'ancrage	Vibration exagérée	Arrêt du granulateur	Auditive	2	4	2	16	Mesure vibratoire Contrôle d'alignement de la chaîne cinématique MC : Remplacement par des tiges adéquates
		Défaut de montage	Arrêt du granulateur	Inspection	2	4	2	16	Respect des instructions de montage des fabricants Remplacement par des tiges adéquates
		Frottement lié au non-fonctionnement du racleur	Colmatage du produit entre le racleur et le revêtement	Automatique	3	3	3	27	Changement du racleur
Revêtement interne	Usure des panneaux	Abrasion	Colmatage du produit sur les parois	Improbable	3	3	3	27	Montage des panneaux préconisés par le constructeur Nettoyage systématique des panneaux Changement systématique des panneaux
Racleur	Cisaillement de l'arbre	Surcharge	Racleur non fonctionnel	Automatique	3	3	1	9	Changement d'arbre Contrôle de la surcharge
		Mauvais alignement	Racleur non fonctionnel	Improbable	4	1	3	12	Contrôle systématique du réglage Respect du standard. Amélioration du système de réglage Changement d'arbre et vérification d'alignement
		Mauvais lubrification	Endommagement des roulements	Automatique	3	3	3	27	Contrôle et lubrification systématiques Utilisation d'un lubrifiant adéquat
Rampe	Desserrage des boulons de la rampe	Vibration exagérée	Arrêt du granulateur	Auditive	2	3	2	12	Mesure vibratoire Contrôle systématique de l'état des boulons Respect des instructions de montage des fabricants
	Fuite entre brides à l'entrée de la rampe	Eclatement des joints	Arrêt du granulateur	Visuelle	2	2	2	8	Contrôle de l'état des joints et changement si nécessaire
Système de graissage	Bouchage	Dépôt de quantités de poussière au fond du réservoir	Usure des dents	Visuelle	3	3	3	27	- Recherche d'amélioration

Tableau 22 : AMDEC du granulateur

3. Etude AMDEC du sécheur AF02

i. Analyse fonctionnelle

✓ Analyse du besoin : Bête a corne

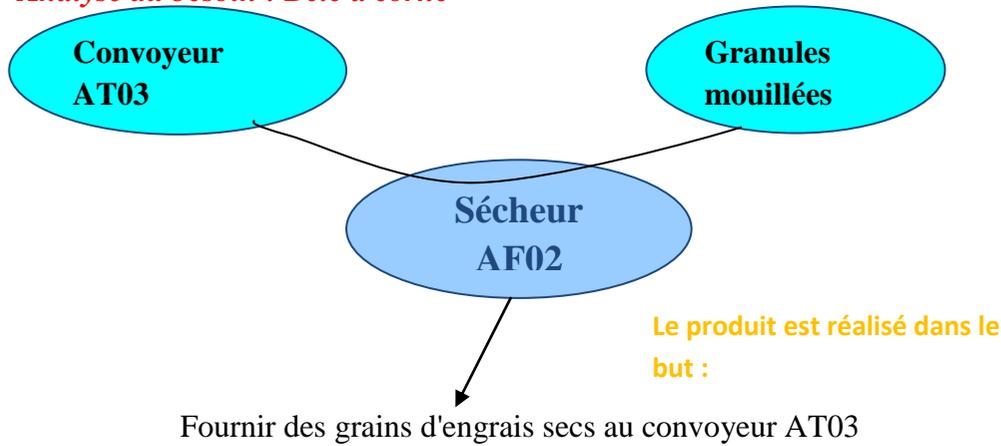


Figure 27: Diagramme pieuvre du sécheur

✓ Diagramme pieuvre

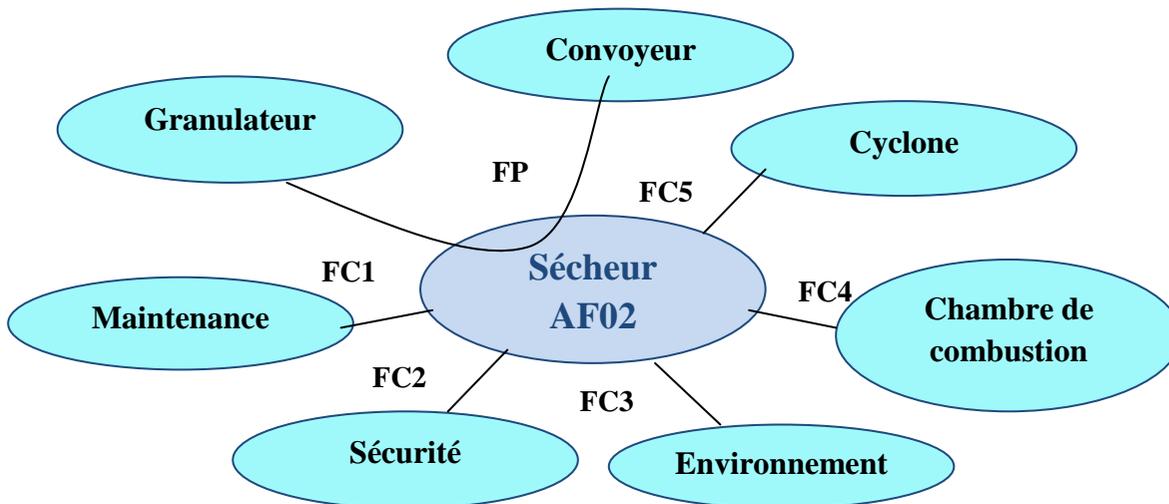


Figure 28: Diagramme pieuvre du sécheur

Fonction de service	Description
FP	Fournir des grains d'engrais secs au convoyeur
FC1	Etre facilement entretenu
FC2	Respecter les normes de sécurité
FC3	Respecter l'environnement
FC4	Fournir la chaleur nécessaire pour sécher les grains
FC5	Minimiser la poussière

Tableau 23 : Les fonctions de service du sécheur

✓ *Diagramme FAST*

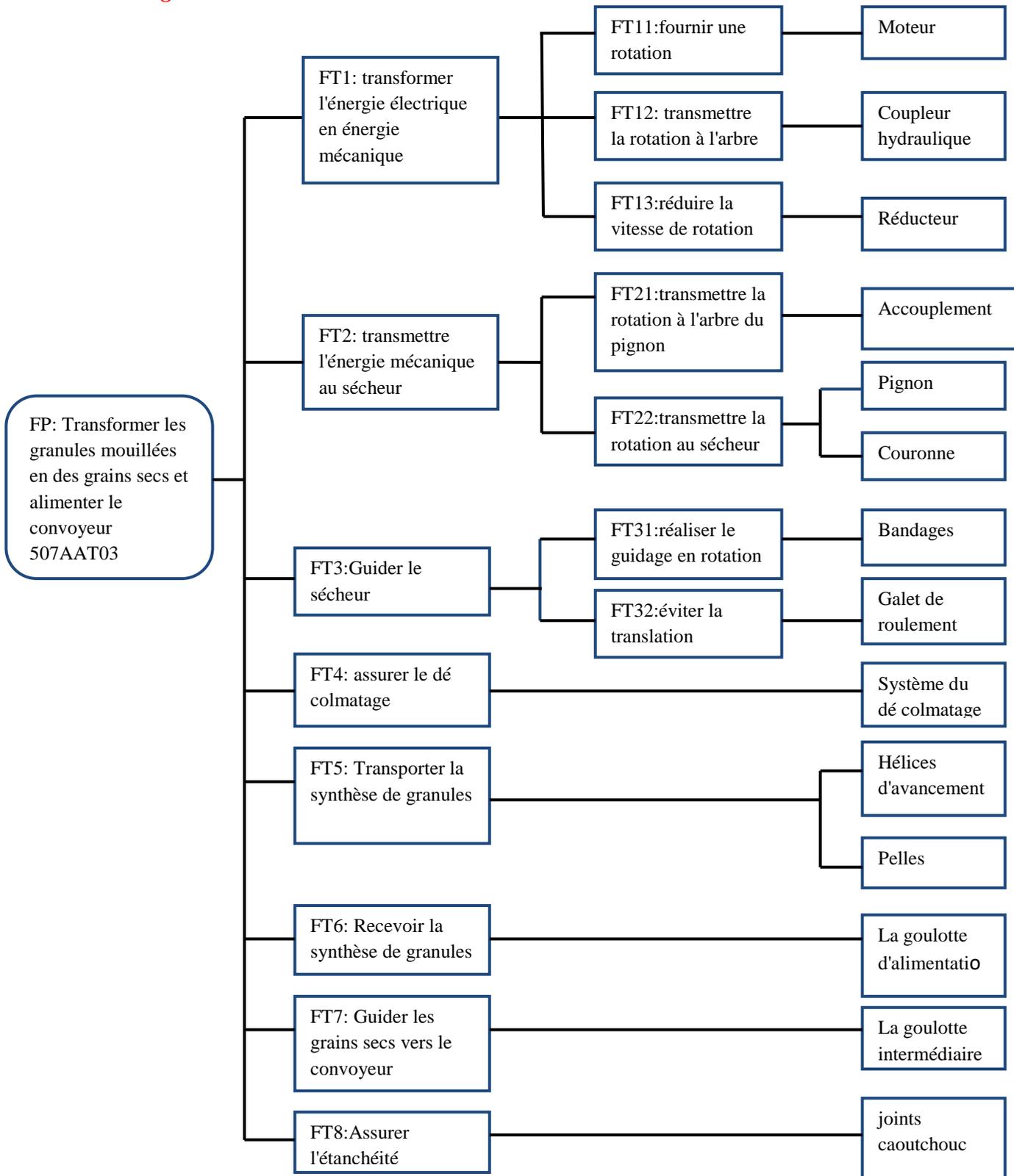


Figure 29: Diagramme FAST du sécheur

✓ *AMDEC du sécheur*

Composant	Mode de défaillance	Causes	Effet	Détection	Criticité				Actions
					F	G	D	C	
Moteur	Echauffement anormal	Surcharge	Chute de performance /arrêt	Automatique	2	2	1	4	- Utiliser un moteur plus performant.
		Roulements non graissés	Frottement	Auditive et sensorielle	2	3	2	12	- Suivi de la température. - Graissage systématique des roulements - Contrôle de la quantité et la qualité de la graisse
		Mauvais serrage au niveau de la boîte à bornes	Vibration exagérée	Visuelle mais improbable	2	2	3	12	- Contrôle de l'état de la boîte à bornes
	Bruit exagérée	Désalignement	Bruit et vibration	Auditive et visuelle	2	3	2	12	- Contrôle systématique d'alignement Suivi de vibration
		Roulements grippés	Vibration	Auditive	1	3	3	9	- Mesure vibratoire - Contrôle de l'état des roulements - Graissage systématique des roulements - Contrôle du jeu interne des roulements - Changement des roulements
		jeu au niveau de l'arbre	arrêt du sécheur	Auditive	2	4	2	16	
Réducteur	Echauffement du réducteur	Usure des pignons	Mauvaise transmission de puissance	Auditive	2	4	2	16	- Contrôle systématique d'alignement - Lubrification adéquate et systématique - Changement du réducteur
		Endommagement des roulements	Chute de performance	Auditive	2	4	2	16	- Graissage systématique - Contrôle systématique de la température et de la surcharge - Contrôle d'état d'huile - Changement des roulements
	Usure et écaillage des roulements	Mauvais réglage	Vibration exagérée	Mesure vibratoire	1	4	3	12	- Mesure vibratoire - Contrôle systématique du jeu interne des roulements - Respect des instructions de réglage des fabricants - Contrôle d'alignement de la chaîne cinématique - Changement des roulements
Coupleur hydraulique	Fuite d'huile	Fusion fusible	Arrêt du sécheur	Improbable	3	3	3	27	- Montage des fusibles de 160° , Remplissage d'une quantité d'huile adéquate , Alignement de la chaîne cinématique - Contrôle et suivi systématique de la température - Changement des bouchons fusibles
		Fin de vie des arrêts d'huile	Mauvaise transmission de puissance	Visuelle	1	3	3	9	- Contrôle systématique de l'état d'huile - Contrôle systématique des arrêts d'huile - Changement des arrêts d'huile
Accouplement	Bruit et vibration	Désalignement	Mauvaise transmission	Visuelle	3	2	2	12	- Contrôle systématique d'alignement de la chaîne cinématique

	Rupture des éléments élastiques	Usure des tampons	Frottement métal-métal	Auditive	1	3	2	6	- Contrôle et changement si nécessaire des tampons - Changement des éléments élastiques
	Cisaillement des boulons de fixation des tampons	Vibration exagérée	Arrêt du sécheur	Visuelle et auditive	2	2	2	12	- Mesure vibratoire - Contrôle d'alignement de la chaîne cinématique - Changement des boulons
Pignon d'attaque	Usure des dents	Mauvais réglage	Vibration exagérée	Inspection	2	4	3	24	- Mesure vibratoire - Contrôle systématique du réglage - Elaboration d'un mode opératoire de réglage du jeu de fond de dents et du jeu curviligne
		Manque de lubrification	Frottement entre les dentures des pignons et de la couronne dentée	Visuelle	2	4	3	24	- Utilisation d'un lubrifiant adéquat - Contrôle et lubrification systématique
	Usure des roulements côté accouplement	Mauvais montage	Variation du jeu de fond de dents						- Contrôle périodique du jeu des roulements - Révision du montage des roulements - Respect des instructions de montage des fabricants - Changement des roulements
		Manque de graisse	Chute de performance						- Utilisation d'une graisse adéquate - Contrôle et graissage systématique des roulements - Changement des roulements
Couronne dentée	Usure des dents	Jeu excessif des axes des chapes	Arrêt du sécheur	Improbable	3	3	3	27	- Contrôle périodique du jeu - Changement des boulons de fixation
	Ovalisation des chapes par diminution du jeu de fond de dent	Usure des axes par adhésion	Broutement	Auditive	3	2	2	12	- Contrôle et réglage systématique du jeu de fond de dent - Inspection systématique de l'état des chapes
	Cisaillement, détachement des boulons des chapes	Vibration anormal	Arrêt du sécheur						- Mesure vibratoire - Contrôle d'alignement de la chaîne cinématique - Elaboration d'un mode opératoire du montage des boulons des chapes - Respect du couple de serrage - Changement des boulons de fixation
		Fatigue	Arrêt du sécheur	Improbable	2	2	3	12	- Contrôle périodique des boulons et changement si nécessaire
Galets	Coincement des galets	Endommagement des roulements	Arrêt du sécheur	Visite sur site	2	4	2	16	- Graissage systématique - Contrôle du jeu interne des roulements - Contrôle systématique de température - Changement des roulements
	Ecaillage et usure des galets	Ecaillage et usure des galets	Broutement	Visuelle et auditive	2	4	2	16	- Suivi périodique de vibration - Graissage systématique
Bandage lisse	Fissuration	Dégradation matériaux	Arrêt du sécheur	Impossible	1	5	3	15	- Application d'un traitement thermique approprié - Suivi périodique de l'état du matériau par les contrôles non destructifs - Renforcement du bandage lisse
	Usure et écaillage	Manque de lubrification	Broutement	Auditive et visuelle	3	4	2	24	- Contrôle et lubrification systématique - Utilisation d'un lubrifiant

									adéquat Amélioration du système de lubrification des galets
Paliers des galets	Echauffement	Mauvais graissage	Chute de performance	Visite sur site	2	3	2	12	- Suivi périodique de la température - Contrôle systématique de l'état et la quantité de graisse - Graissage systématique - Utilisation d'une graisse adéquate
	Usure et écaillage des roulements	Mauvais graissage	Chute de performance	Inspection	3	3	3	27	- Contrôle et graissage systématique des roulements - Utilisation d'une graisse adéquate - Remplacement des roulements
	Endommagement des paliers	Mauvais réglage du jeu	Frottement ou vibration exagérée	Mesure vibratoire	1	4	3	12	- Montage des roulements préconisés par le constructeur - Inspection systématique suivant un plan de réglage
		Mauvais serrage des boulons de fixation	Vibration exagérée	Visite sur site	2	4	2	16	- Serrage et contrôle systématique des boulons - Respect des instructions de serrage des fabricants
Châssis	Fissuration	Vibration exagérée	Arrêt du sécheur	Mesure vibratoire	3	3	3	27	- Contrôle et suivi systématiques du niveau de vibration - Contrôle de la surcharge - Renforcement du châssis
		Surcharge	Arrêt du sécheur	Automatique	3	2	1	16	- Contrôle de la surcharge
		Mauvais réglage	Arrêt du sécheur	Inspection	2	3	2	12	- Respect des instructions de montage des fabricants - Renforcement du châssis
	Cisaillement des tiges d'ancrage	Vibration exagérée	Arrêt du sécheur	Auditive	2	3	2	12	- Mesure vibratoire - Contrôle d'alignement de la chaîne cinématique - Remplacement par des tiges adéquates
		Mauvaise qualité des tiges	Arrêt du sécheur	Inspection	1	3	3	9	- Remplacement par des tiges adéquates
		Défaut de montage	Arrêt du sécheur	Visuelle	2	4	2	16	- Respect des instructions de montage des fabricants - Remplacement par des tiges adéquates
Grille	Détachement des barreaux	Surcharge	Grille non fonctionnelle	Automatique	4	3	1	12	- Contrôle de la surcharge - Réparation des barreaux par soudage ou changement si nécessaire
		Mauvais soudage	Grille non fonctionnelle	Visuelle	2	3	2	12	- Réparation des barreaux par soudage ou changement si nécessaire
Système de graissage	Bouchage	Dépôt de quantités de poussière au fond du réservoir		Visuelle	3	3	3	27	- Recherche d'amélioration

Tableau 24: AMDEC du sécheur

Afin de pouvoir prendre décision à partir de l'étude AMDEC, nous allons utiliser le critère C selon le tableau suivant :

Criticité(C)	Action à entreprendre
$C < 12$	Ne pas tenir compte
$12 < C < 18$	Mise sous préventif à fréquence élevée
$C > 18$	Recherche d'amélioration

Tableau 25 : Echelle de criticité ($C=G*D*F$)

4. Résultats de l'étude

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

Résultats de l'AMDEC pour le granulateur

Composant	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet	C
Pignon d'attaque	Usure des dents	Mauvais réglage et manque de lubrification	Vibration exagérée	24
Couronne dentée	Usure des dents	Mauvais réglage et manque de lubrification	Vibration exagérée	24
Revêtement interne	Usure des panneaux	Abrasion	Colmatage du produit sur les parois	27
Système de graissage	Bouchage	Dépôt de quantités de poussière au fond du fut	Lubrification manuelle	27
Réducteur	Echauffement du réducteur	Endommagement des roulements	Chute de performance du réducteur	24
Racleur	Coincement de racleur	Endommagement des roulements	Racleur non fonctionnel	27

Tableau 26: Résultats de l'AMDEC pour le granulateur

Dans le cas du granulateur AM03, on remarque que les défaillances les plus critiques concernent principalement l'usure des panneaux de revêtement interne, le coincement du racleur, le bouchage au niveau du système de graissage des harnais de commande (pignon d'attaque-couronne dentée). En effet ces défaillances entraînent l'arrêt du granulateur qui implique l'arrêt de la production.

Résultats de l'AMDEC pour le sécheur

Composant	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet	C
Pignon d'attaque	Usure des dents	Mauvais réglage et manque de lubrification	Vibration exagérée	27
Couronne dentée	Usure des dents	Mauvais réglage et manque de lubrification	Vibration exagérée	27
Paliers des galets	Usure et écaillage des roulements	Mauvais graissage	Chute de performance	27
Bandage lisse	Usure	Manque de lubrification Manque de cache Milieu très poussiéreux	Broutement	24
Système de graissage	Bouchage	Dépôt de quantités de poussière au fond du fut	Lubrification manuelle	27

Tableau 27: Résultats de l'AMDEC pour le sécheur



Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré que les viroles tournantes (le granulateur et le sécheur) sont des équipement stratégiques dans les lignes de production, puis nous avons déterminé les trois mode-cause-effet de défaillances critiques, des équipement à savoir le granulateur AM03, et le sécheur AF02, à l'aide de l'analyse détaillée de chaque équipement. Tout cela, va nous aider à élaborer des plans de maintenance préventive et proposer des solutions adéquates pour lutter contre les causes racines avant qu'ils engendrent des défaillances majeures.

Chapitre 4

Elaboration des plans de maintenances préventives

- Généralités sur la maintenance préventive
- Différents type de maintenance préventive
- Les plans de maintenance préventive du granulateur
- Les plans de maintenance préventive du sécheur

I. Introduction

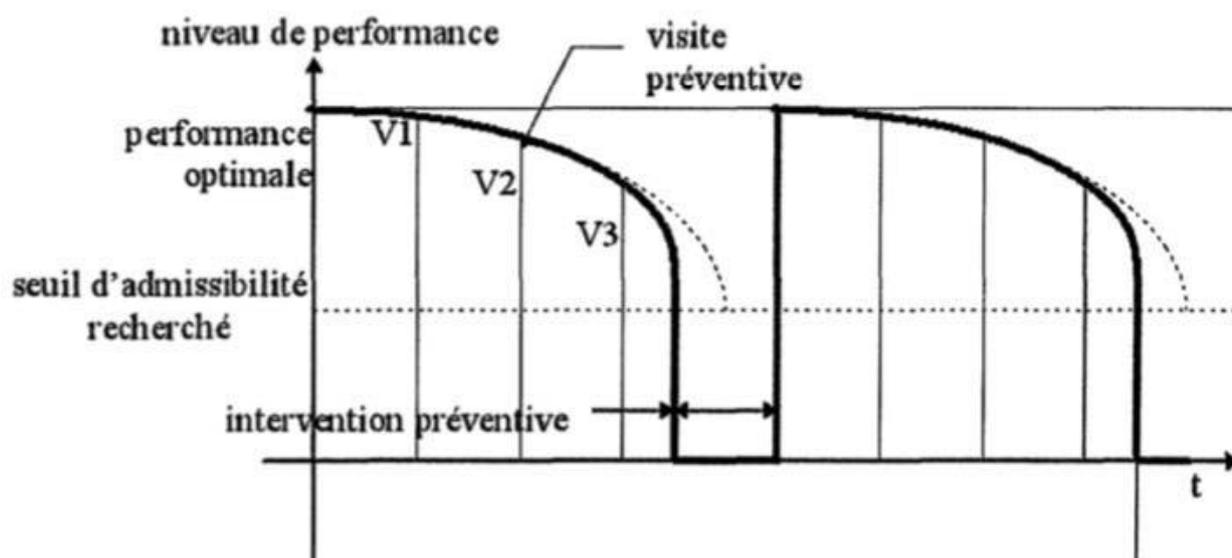
Pour rendre l'élaboration du plan de maintenance préventive possible, la méthode d'analyse AMDEC nous a permis d'identifier l'ensemble des modes de défaillances les plus critiques pouvant nuire à la bonne marche de travail. Dans ce chapitre nous allons prévoir pour chaque équipement les actions préventives systématiques et conditionnelles à mettre en œuvre pour corriger ou bien pour réduire les effets de ses modes de défaillances critiques, et ne pas se contenter uniquement de la maintenance curative ou de dépannage.

II. Présentation d'un plan de maintenance préventive

1. Définition de la maintenance préventive

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

La maintenance préventive se fonde sur l'adage "*mieux vaut prévenir que guérir*", sur la connaissance des machines, la prise en compte des signes précurseurs et le réalisme économique. Comme le montre la figure 26, les visites préventives permettent de visualiser le niveau de performance d'un équipement en vue de prévoir une intervention préventive.



2. Objectifs de l'application du plan maintenance

L'établissement du plan de maintenance permet d'atteindre les objectifs suivants:

- ✓ Garantir une continuité de service ;
- ✓ Garantir un niveau de disponibilité connu à un coût global maîtrisé ;
- ✓ Maintenir une qualité de service contractuelle ;
- ✓ Prévenir les risques.

Le but de l'élaboration du plan d'action de maintenance préventif (PMP) est de formaliser par écrit détaillé, les meilleures pratiques et façons de réaliser les actions préventives dégagées par l'analyse

AMDEC à savoir : les contrôles, les réglages et les changements systématiques à effectuer pour les équipements tournants.

3. Types de la maintenance préventive

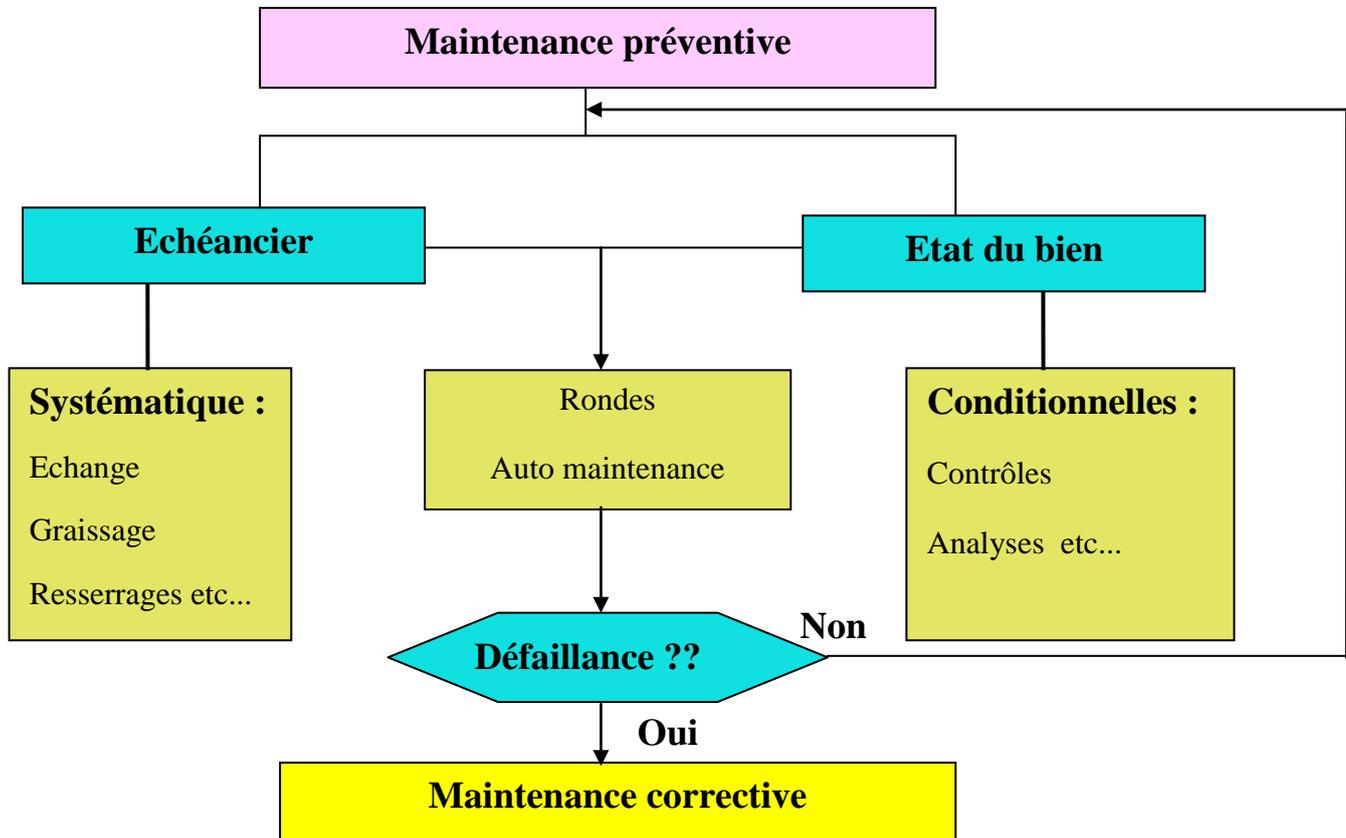


Figure 31: Les types de la maintenance préventive

- **Maintenance préventive systématique**

Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien. (Norme NF EN 13306)

La maintenance préventive systématique inclut les actions de maintenance requises par les dispositions réglementaires, elle inclut la planification formelle, la description claire et précise du travail à effectuer (lubrification, changement de filtres, changement des roulements, etc.), elle s'applique à des mécanismes de dégradation dont l'évolution est globalement connue.

- **Maintenance préventive conditionnelle**

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. (Norme NF EN 13306)

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

III. Modèle adoptés du plan de maintenance

Modèle adopté du plan maintenance préventive systématique

Equipement	composant	tache	Ressource matérielles	Etat de la machine	Spécialités	Mode opératoire	Pièce de rechange
------------	-----------	-------	-----------------------	--------------------	-------------	-----------------	-------------------

Avec :

- Equipement : L'équipement ou machine concerné par le plan de maintenance préventive
- Composant : L'organe de l'équipement sur lequel l'intervention doit être effectuée
- Etat machine : Etat de l'équipement lors de l'exécution de l'intervention. Les deux cas possibles sont : machine en marche ou machine en arrêt M/A
- Ressource matérielles : les outils utilisées
- Spécialité : Mécanicien, Graisseur, Opérateur de nettoyage....

Modèle adopté du plan maintenance préventive conditionnelle

Equipement	composant	contrôle	Etat de la machine	Fréquence	Effectif	Moyen	Condition d'intervention
------------	-----------	----------	--------------------	-----------	----------	-------	--------------------------

Avec :

- Equipement : L'équipement ou machine concerné par le plan de maintenance préventive
- Composant : L'organe de l'équipement sur lequel l'intervention doit être effectuée
- Condition d'intervention : intervalle au-delà duquel il y a un risque d'endommagement de l'élément
- Etat machine : Etat de l'équipement lors de l'exécution de l'intervention. Les deux cas possibles sont : machine en marche ou machine en arrêt M/A

IV. Les plans de maintenance du granulateur AM03

Dans les tableaux ci-dessous, nous avons essayé d'élaborer un plan de maintenance qui contient toutes les informations concernant les actions à faire lors d'une intervention qui porte sur une des défaillances critiques déjà cité, nous avons relevé ainsi les références des pièces de rechange dont nous allons avoir besoin

La fabrication des engrais granulés est caractérisée par des encrassements et bouchages des différents équipements, jetés, conduites, gaines, goulotte et trémies.

A cet effet, Le procédé nous prévoyons des arrêts systématiques pour nettoyage et débouchage de ces derniers selon un programme prévisionnel lié à des plans de maintenances.

1. Plan de maintenance systématique

Le tableau ci-dessous présente le plan de maintenance préventive systématique élaboré du granulateur AM03.

Nous nous sommes basés sur les résultats de l'analyse AMDEC et les dossiers de constructeurs ainsi que le retour d'expérience des agents et cadres OCP. Ce tableau comprend les personnes chargées de ce travail ainsi que les pièces de rechange.

Plan de maintenance préventive systématique du granulateur AM03

COMPOSANT	TACHE	RESSOURCE MATERIELLES	ETATDE LA MACHINE	SPECIALITES	MODE OPERATOIRE	PIECE DE RECHANGE ET CONSOMMABLES
Panneaux de revêtement	Changement des bandes caoutchouc	Clé 24 mixte, clé pneumatique avec douille 24, flexible de raccordement d'air .	A	Opérateurs de nettoyage Mécanicien	- Consignation + autorisation de travail - Desserrage des vis - L'écartement des fers plats - Découpage de l'ancien panneau pour faciliter le dégagement - Manutention du nouveau panneau	Bande caoutchouc 7990X,
	Nettoyage et contrôle des panneaux de revêtement	La vapeur	A	Opérateurs de nettoyage Mécanicien	- Consignation électrique - Installations des passerelles pour l'accès a l'intérieur du granulateur	L'eau de mer traitée
Racleur	Changement des roulements	Echafaudage, clé six pont , des élingue de manutention, palan	A	Mécanicien	- Consignation + autorisation de travail - Démontez le corps de paliers - Vidange de la graisse, retirer les bagues d'arrêt et le disque - Dévisser l'écrou à encoches ou le disque de blocage du roulement, - Raccorder la pompe hydraulique en bout d'arbre, - Injecter l'huile sous le roulement - Extraire le roulement.	Des coussinets en bronze
	Changement de graisse des paliers	Gratteur , chiffon	A	Graisser	- Consignation + autorisation de travail - Démontage du chapeau. - Vidange de la graisse - Graissage par un nouveau graisse	SKF LG EM 2
Pignon d'attaque	Graissage du pignon d'attaque-couronne dentée	Système de lubrification automatique par pulvérisation de graisse	M	Graisser		KLÜBER GRAFLOSCON C-SG 0 ULTRA
	Changement de graisse des paliers		A	Graisser	- Consignation + autorisation de travail. Démontage du chapeau. - Vidange de la graisse - Graissage par une nouvelle graisse	SKF LG EM 3
Système de graissage pignon-couronne	Contrôle d'état du film lubrifiant		M	Graisser		

Tableau 28: Plan de maintenance préventive systématique du granulateur

2. Plan de maintenance conditionnelle

Nous avons élaboré un plan de maintenance conditionnelle en se basant sur la surveillance d'un paramètre significatif nécessaire pour l'accomplissement de la fonction de chaque composant.

Le tableau suivant présente le plan de maintenance préventive conditionnelle élaboré du granulateur AM03.

Plan de maintenance préventive conditionnelle du granulateur						
Composant	Contrôle	Etat de machine	Fréquence	Effectif	Moyen	Condition d'intervention
Pignon d'attaque	Contrôle du jeu d'engrènement pignon-couronne	A	1A	2	jeu de cales et pied à coulisse	jeu fond de dents : 9mm plus ou moins 2mm; Jeu curviligne : 2mm-3mm
	Contrôle du jeu interne des roulements	A	1M	2	Jeu de cales	Augmentation de la température dans les paliers , bruit et vibration
Couronne dentée	Contrôle du niveau de bruit du pignon d'attaque-couronne dentée	M	1S	1	Sonomètre	<80 dB
	Contrôle du jeu d'engrènement pignon – couronne	A	1A	2	Comparateur	1,6mm-2,4mm
Système de graissage pignon - couronne	Contrôle de la pulvérisation	A	1S	1	Visuel	
	Contrôle de la propreté du lubrifiant	A	1S	1		

Tableau 29: Plan de maintenance préventive conditionnelle du granulateur

V. Les plans de maintenance du sécheur AF02

Pour le sécheur nous avons suivi la même procédure que le granulateur puisque les deux équipements sont des tambours rotatif et ils ont presque le même fonctionnement seulement la différence consiste soit à granuler ou sécher, c'est pour cela qu'on a procédé de la même manière.

1. Plan de maintenance systématique

Le tableau suivant présente le plan de maintenance préventive systématique de sécheur :

Plan de maintenance préventive systématique du sécheur

Composant	Tache	Ressource Matérielles	Etat de la machine	Spécialité	Mode opératoire	Pièce de rechange
Paliers des galets	Changement des roulements	Echafaudage, clé six pont, des élingue de manutention, palan	A	Mécanicien	<ul style="list-style-type: none"> - Consignation + autorisation de travail - Démonteur le corps de palier - Vidange de graisse , retirer les bagues d'arrêt 4 et le disque 6 - Dévisser l'écrou à encoches ou le disque de blocage du roulement 7 et 8 - Raccorder la pompe hydraulique en bout d'arbre - Injecter l'huile sous le roulement - Extraire le roulement . 	Roulement SNR étanche
	Changement des paliers		A	Mécanicien	<ul style="list-style-type: none"> - Consignation + autorisation de travail - Démonteur le corps de palier 	Corps de palier SD3148 ATS
	Changement de graisse des paliers		A	Graisser	<ul style="list-style-type: none"> - Consignation + autorisation de travail - Démontage du chapeaux - Vidange de la graisse - Graissage par une nouvelle graisse 	Graisse type EP 2 avec additif extrême pression
Pignon d'attaque	Changement roulement pour arbre pignon	Clé 32 plat, panneaux	A	Mécanicien	<ul style="list-style-type: none"> - Démonteur les corps de paliers 4 et le disque 6. - Vidange de la graisse, retirer les bagues d'arrêt - Retirer le 1/2 accouplement 3 à la presse avec la clavette - Retirer la bague 11 et le joint 9 sur les cotés extérieurs des roulements - Dévisser les écrous à créneau 8 (SKF) - Raccorder la pompe à injection d'huile sur le bout d'arbre - Mettre en place l'extracteur - Injecter de l'huile sous le roulement - Extraire le roulement . 	
Bandage lisse	Lubrification des faces internes des bandages	La graisse appliquée à la main ou de l'huile au pinceau	A	Graisser		

Tableau 30 : Plan de maintenance préventive systématique du sécheur

2. Plan de maintenance conditionnelle

Plan de maintenance préventive conditionnelle du sécheur

Composant	Contrôle	Etat de machine	Fréquence	Effectif	Moyen	Condition d'intervention
Bandage lisse	Contrôle de la portée du bandage sur les galets	M	1S	1	Visuel	
	Contrôle général : Mesure d'épaisseur, Etat de la surface : Ecaillage, fissuration.	A	4M	2	Appareil de mesure ultrasons	Epaisseur =210mm
Pignon d'attaque	Contrôle de l'alignement de l'arbre	A	1A	2	Comparateur	
	Contrôle du niveau de bruit du pignon d'attaque-couronne dentée	M	1S	2	Sonomètre	Le bruit < 80 dB
Couonne dentée	Contrôle de serrage de la boulonnerie	A	1M	2	Clé dynamométrique	Couple de serrage=300 da N.m
Coupleur hydraulique	Contrôle de la température	M	1S	1	Thermomètre à infrarouge	<160 °C
	Changement d'huile	A	1M	2	Test de qualité	Dégradation des caractéristiques d'huile
	Contrôle du niveau d'huile	A	1S	1	Visuel	39 l d'huile
Paliers de galet	Contrôle de vibration des paliers	M	1J		Appareil de mesure vibratoire	2,5 mm/s <VB < 7mm/s

Tableau 31: Plan de maintenance préventive conditionnelle du sécheur

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons élaboré le plan de maintenance préventive des deux équipements névralgiques (granulateur et le sécheur) afin d'augmenter leur disponibilité. Pour ce faire nous avons appliqué la démarche de la maintenance basée sur la fiabilité : tout d'abord nous avons limité le périmètre d'intervention ensuite l'analyse des défaillances fonctionnelle à l'aide des tableaux AMDEC pour arriver à la sélection des actions de maintenance préventive et l'élaboration des gammes et ressources nécessaire.

Chapitre 5

Actions amélioratives

- Méthode de résolution de problème
- Traitement des anomalies du granulateur
- Proposition des solutions
- Traitement des anomalies du sécheur
- Proposition des solutions

I. Introduction

Après avoir mis le point sur les faiblesses des équipements névralgiques au sein de l'atelier des engrais, on va essayer dans cette partie de proposer un ensemble de plan d'action des améliorations techniques au niveau de deux équipements à savoir : granulateur AM03 et sécheur AF02 pour surmonter ces points faibles cités dans les chapitres précédents. Ainsi ce chapitre va être l'objet d'un ensemble d'actions d'amélioration qui vont être détaillées chacune à part.

II. Méthode de résolution de problème (MRP)

1. Définition

La démarche de résolution du problème est un ensemble de techniques structurées pour éliminer définitivement et d'une manière efficiente les problèmes en supprimant les causes racines, avec le moins de ressources et de temps possibles. Elle est réalisée sur les problèmes répétitifs et fréquents.

2. Les étapes de la résolution du problème

Le chantier de résolution des problèmes se fait selon la démarche suivante:

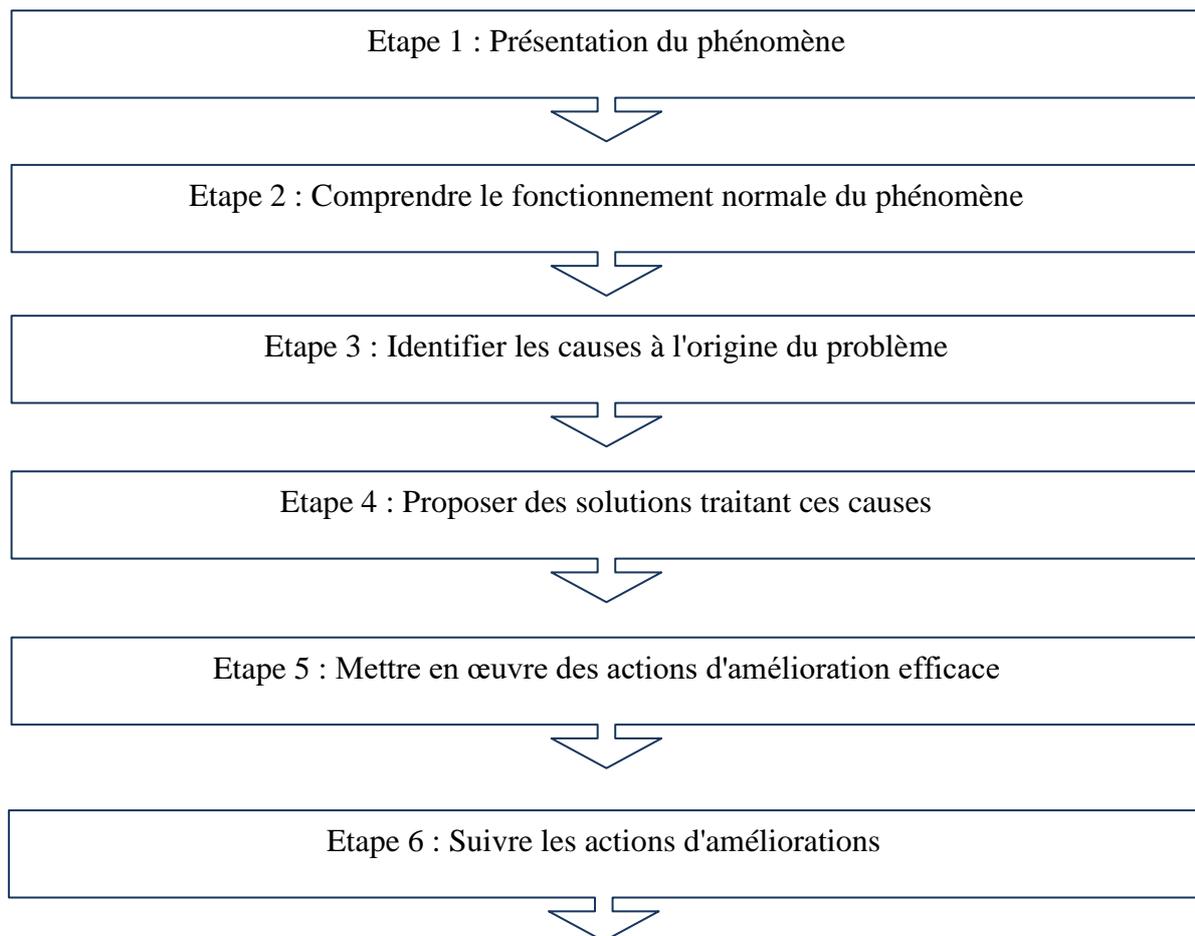


Figure 32: Les étapes de la MRP

III. Traitement des anomalies du granulateur

1. Anomalie N°1 : Usure des panneaux de revêtement

Le revêtement interne du granulateur constitue un des organes les plus importants du granulateur, il a pour rôle d'assurer la protection de la virole tournante du granulateur contre l'abrasion puisque le produit est fortement agressif. D'après les résultats d'AMDEC du granulateur AM03, la dégradation du revêtement interne constitue d'une part la défaillance la plus fréquente. D'autre part, elle est la plus pénalisante. Car, cette dégradation entraîne l'arrêt de la production et nécessite un temps de réparation élevé.

i. Description de revêtement interne (panneaux de revêtement)

Revêtement interne	
Constitué de	Bandes caoutchouc EPDM
Nombre de bandes	14
Largeur de bandes	1129mm
Longueur des bandes	9390mm
Fixation des bandes	Par boulons M 16 en inox AISI 316 L traversant, au pas de 150mm + brides de section 75*12mm, de longueur 9381mm. Aux 2 extrémités de la virole, les bandes seront plaquées sur les tôles de la virole par des brides circulaires de section 75*12mm. Ces brides sont boulonnées (M16) au pas de 200mm.
Nuance de caoutchouc	EPDM 2 plis EP/100 Polyester/polyamide, avec revêtement résistant à la chaleur 200°C Epaisseur 11mm Tension 20N/mm ² Allongement à la rupture 380%

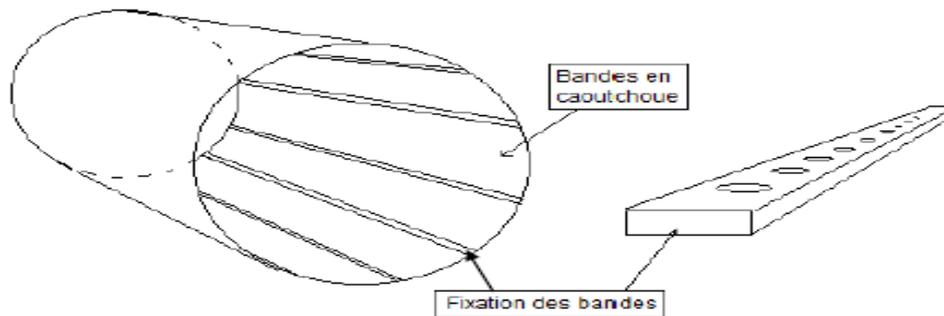


Figure 33 : Les panneaux de revêtement

ii. Analyse du problème

QQCOCP

Quoi ?	Dégradation des panneaux de revêtement
Quand ?	Avant l'atteinte de la périodicité du changement systématique
Comment ?	Abrasion des panneaux
Où ?	A l'intérieur du granulateur AM03
Qui ?	Equipe de maintenance de l'unité de production d'engrais
Pourquoi ?	Caractère abrasif du produit Racleur non fonctionnel

Tableau 32 : La méthode QQCOCP

Diagramme Cause-Effets

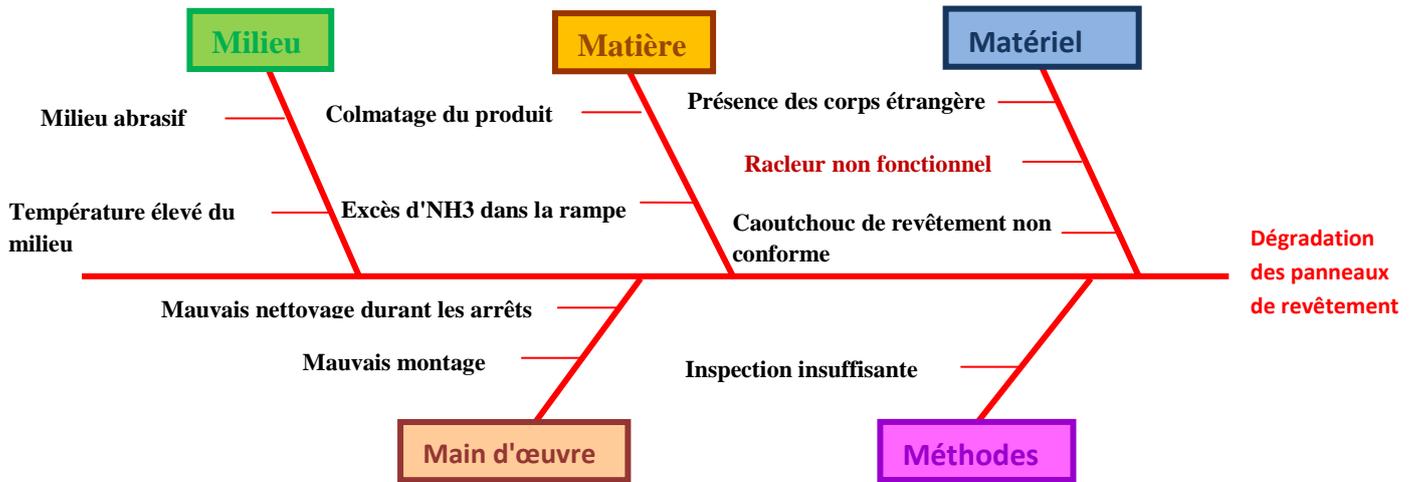


Figure 34: Diagramme cause-effet de la dégradation des panneaux du granulateur

D'après le diagramme Ichikawa, nous avons constaté que la dégradation des panneaux de revêtement du granulateur est due aux :

- Présence des corps étrangère
- Racleur non fonctionnel

iii. Amélioration proposé

En collaboration avec le service de maintenance à l'unité des engrais nous avons choisi de travailler sur l'amélioration du racleur, sachant que ce dernier fait partie des organes critiques d'après l'étude AMDEC. En effet, l'impact du racleur sur l'état du revêtement interne du granulateur se manifeste par la formation des blocs du produit entre le revêtement interne du granulateur et le racleur, lorsque ce dernier est inefficace ou non fonctionnel, cela entraîne une adhésion entre le produit et le revêtement et par conséquent une dégradation de ce dernier.

❖ Principe de fonctionnement

Le racleur est considéré parmi les organes les plus importants du granulateur, il est chargé de protéger la RTG (Réacteur Tubulaire du Granulateur) ainsi que le revêtement interne qui protège à son tour la virole tournante de l'abrasion et qui facilite la granulation du produit.

Spécifications techniques du Racleur

L'ensemble est composé par 1 axe plein \varnothing 100 mm, longueur 11760 mm, en acier. Il est guidé en rotation par 3 paliers à roulement.

Le racleur est composé de 2 pales positionnées à 180° . Les racleurs seront décalés de 45° les uns par rapport aux autres.

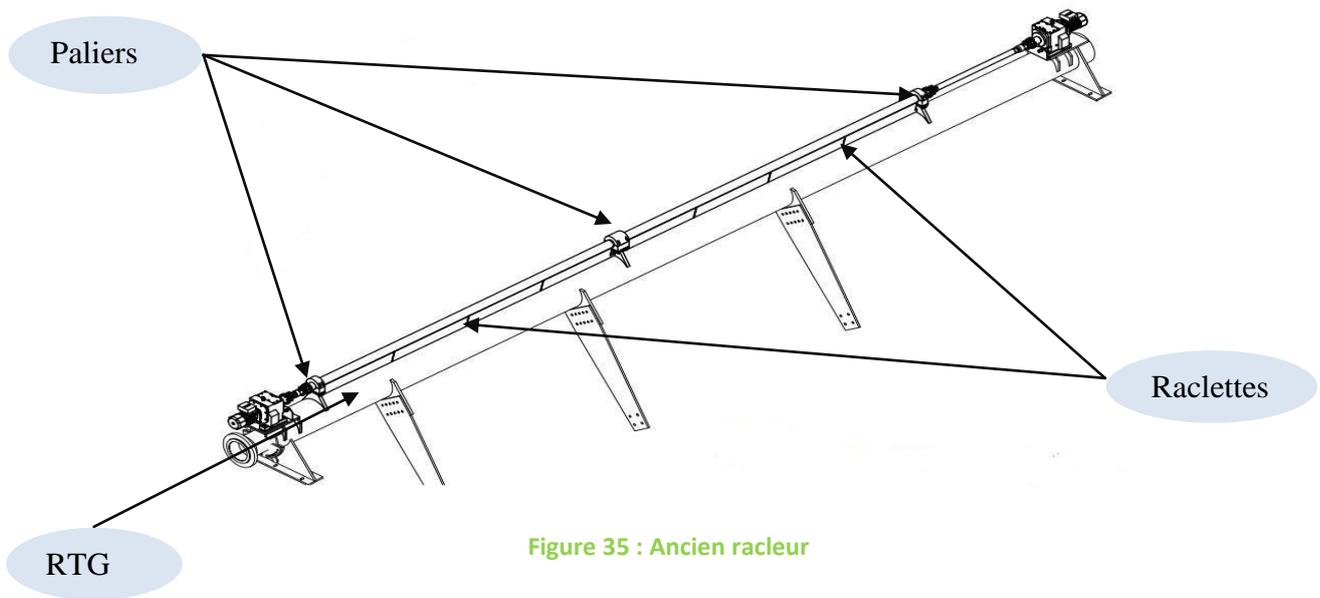


Figure 35 : Ancien racleur

❖ Recensement des causes racines

Nous allons ici, essayer de remonter à la cause originale de la dégradation des panneaux en se focalisant sur le racleur.

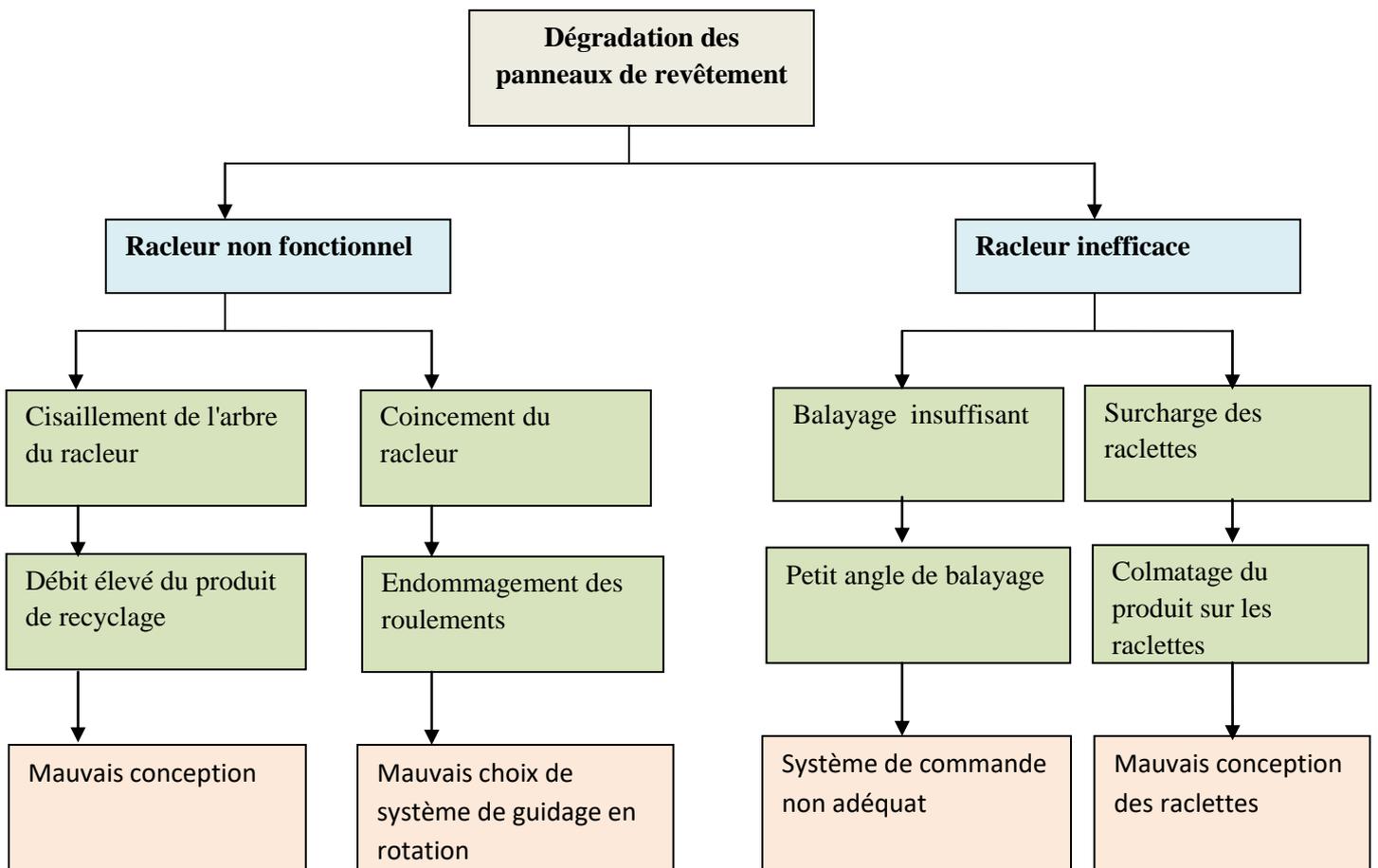


Figure 36: Arbre des causes de la dégradation des panneaux de revêtement

D'après le diagramme des 5pourquoi, nous constatons que le racleur actuel possède plusieurs points de faiblesse. Ces derniers, constituent la base à partir de laquelle nous avons vu l'utilité de remplacer ce racleur par un autre plus performant. Pour ce faire, après avoir discuté avec notre groupe de travail d'AMDEC, nous avons décidé d'adapter une nouvelle conception du racleur.

On ne pourra pas traiter toutes ces problèmes, donc on a focalisé les efforts sur les problèmes les plus confrontés à savoir : le cisaillement d'arbre et le problème d'étanchéité des paliers.

❖ Amélioration au niveau du racleur du granulateur

La nouvelle conception du racleur se caractérise par un angle de rotation des raclettes de 180°, ces raclettes, sous forme de demi-losanges, sont de nombre de deux pour chaque demi-racleur, inclinées de 60° l'une par rapport à l'autre dans le but de répartir la charge qu'elles supportent et par suite éviter le cisaillement de l'arbre.

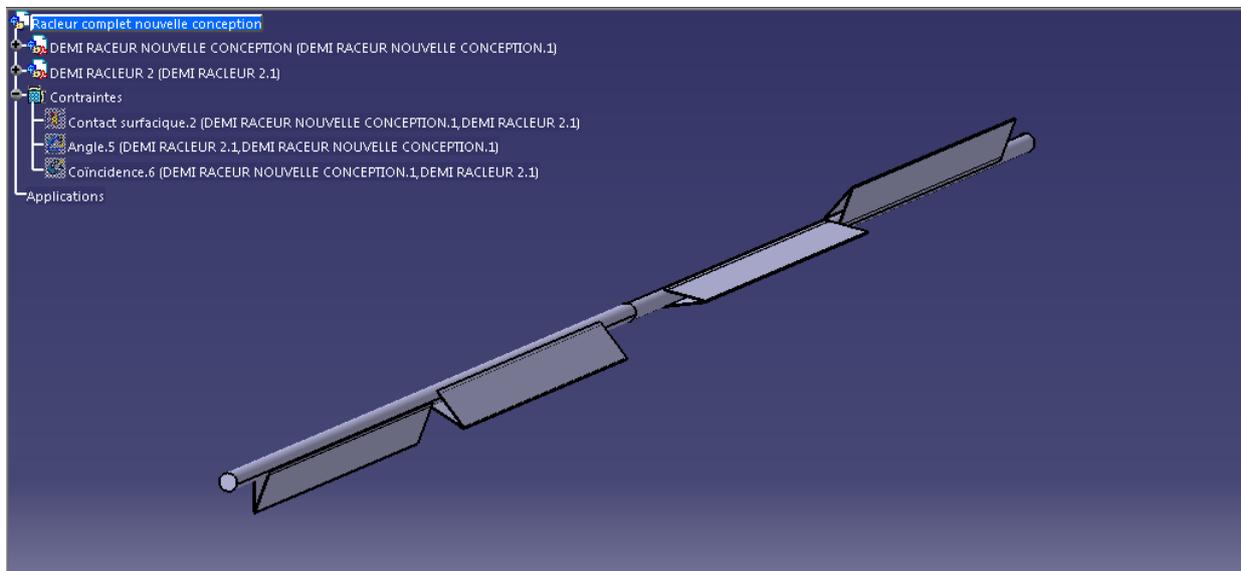


Figure 37 : La nouvelle conception

❖ Vérification de la structure du racleur

✓ Calcul de la masse maximale de la matière à racler :

On a la puissance motrice

$$P_{ui} = 2,2 \text{ KW}$$

La vitesse de rotation du moteur

$$\omega_m = 1485 \text{ tr/min}$$

Et le rapport de réduction

$$R = 30,84$$

Le couple moteur peut être calculé par :

$$M_{\text{moteur}} = \frac{P_{\text{ui}}}{\omega_m}$$

La vitesse de réduction à la sortie du réducteur est :

$$\omega_r = \frac{\omega_m}{R}$$

Et par suite, le couple réducteur est :

$$M_r = \frac{P_{\text{ui}}}{\omega_r} = \frac{P_{\text{ui}} * R}{\omega_m}$$

A.N.

$$M_r = 439,6 \text{ N.m}$$

La matière applique un moment de torsion M_m sur l'arbre et une force F perpendiculaire à son axe suite à son contact avec la raclette.

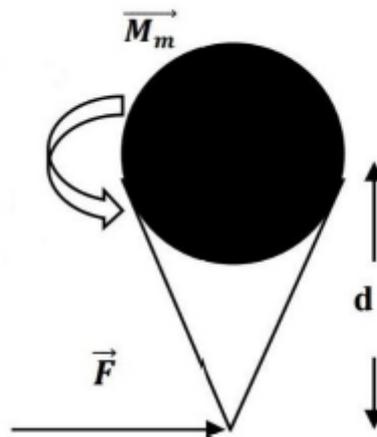


Figure 38 : Modélisation du moment de torsion sur le racleur

Afin d'assurer le raclage, le moment de torsion doit être inférieur au moment réducteur, donc la masse maximale à racler est calculée en considérant l'égalité entre les deux moments :

$$M_m = M_r$$

Donc

$$M_r = F \cdot d$$

Avec d la distance entre l'arrête de la raclette et l'axe de l'arbre ($d = 246\text{mm}$)

$$F = \frac{M_r}{d} = \frac{439,6}{0,246} = 1787\text{N}$$

Or :

$$F = m_{\text{matière}} * g$$

Donc :

$$m_{\text{matière}} = \frac{F}{g} = 182 \text{ Kg}$$

Donc si la masse de la matière colmatée dépasse 182 Kg le racleur se bloque, ce qui nous oblige d'arrêter la production pour dégager les blocs constitués.

✓ *Vérification de la structure du demi-racleur par logiciel éléments finis :*

Dans cette partie, nous allons vérifier la résistance de la nouvelle structure en statique. Après avoir calculé la charge appliquée sur les raclettes, nous allons procéder à une vérification de la résistance en statique grâce au logiciel CATIA V5, et nous allons comparer les performances de la nouvelle géométrie avec celle déjà existante.

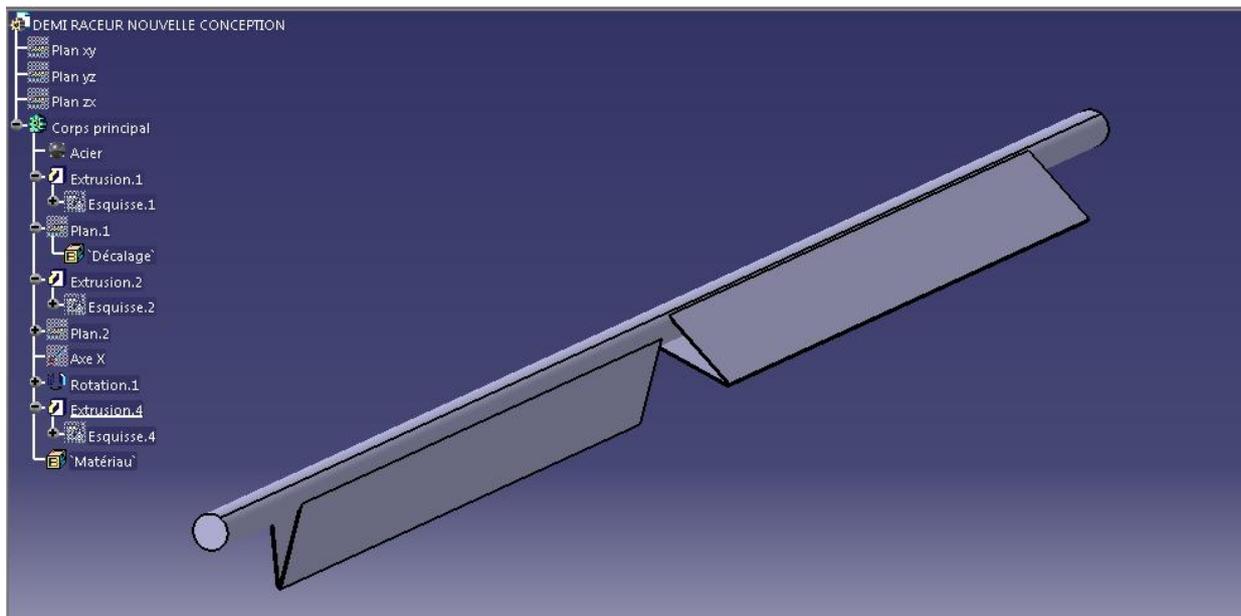


Figure 39 : Nouveau demi-racleur

Contexte et objectif

Contexte

- Pédagogique. La présente étude vise à se familiariser avec la notion de convergence dans l'analyse statique par élément finis.
- Pratique. Une forme en Acier soutenant une force de $F = 1787/4 = 447$ N (car on a 4 raclette) appliquer sur la surface des raclette.

Objectif

Sachant que le matériau utilisé est Acier au carbone et que le problème est statique.

L'objectif de l'étude est :

- Déterminer les efforts et déplacements sous charge.
- Comparer les résultats avec celle d'ancien racleur.

Données du problème

- **Dimensions**

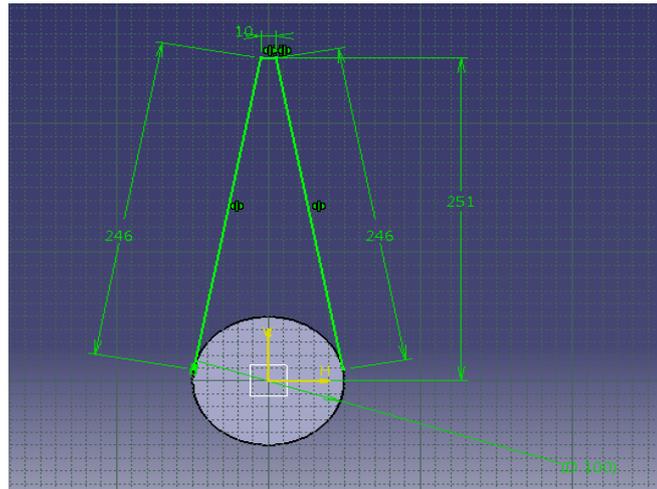


Figure 40 : Les dimensions sur CATIA

- **Propriété de matériau**

Les propriétés de l'acier sont données ci-dessous

Matériau	Acier
Coefficient de poisson	0,266
Limite élastique	250 MPa

- **Hypothèses**

- On néglige les chanfreins et les dépouilles.
- L'étude en 3D pour pouvoir déterminer les contraintes et les déplacements dans n'importe quel point au niveau de la structure.

Planification du modèle numérique

- **Type de problème**

On fera une analyse statique afin de calculer les déplacements, les déformations et les contraintes.

- **Maillage**

Pour le maillage nous avons utilisé des éléments finis de type triangle parabolique à 10 nœuds, pour bien représenté la flexion et la forme creux de la barre.

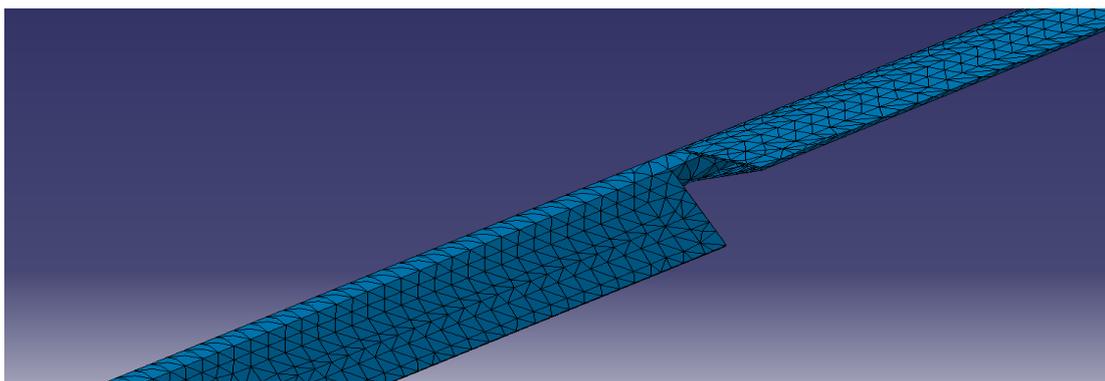


Figure 41 : Le maillage du nouveau demi racleur

- **Conditions aux frontières : Chargement**

La force $F = 706 \text{ N/m}^2$, répartie au niveau de la surface (Force surfacique) mentionné sur la figure (au niveau des raclettes) :

On a $F = 447 \text{ N} = \frac{447}{0,264 * 2,400} = 706 \text{ N/m}^2$ avec 264 mm la largeur du raclette et 2400mm sa longueur.

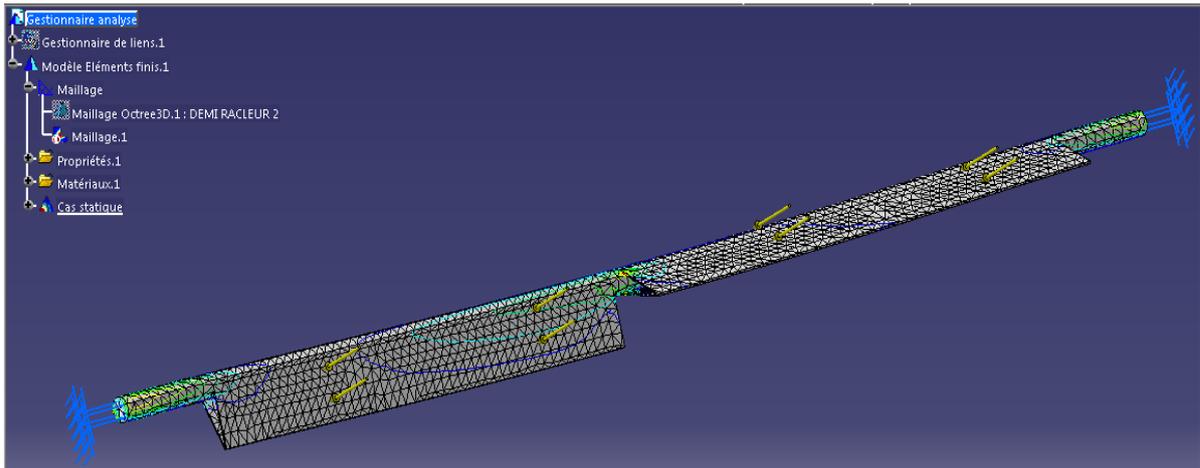


Figure 42 : Force surfacique du nouveau racleur

- **Conditions aux frontières : Support**

La modélisation de l'encastrement du racleur passe par le blocage de la translation en x à l'extrémité gauche et droite (encastrement aux 2 extrémités).

Résultats

La contrainte de Von Mises doit être plus petite que la limite d'élasticité de l'acier . Ici , la zone critique est près de l'encastrement .

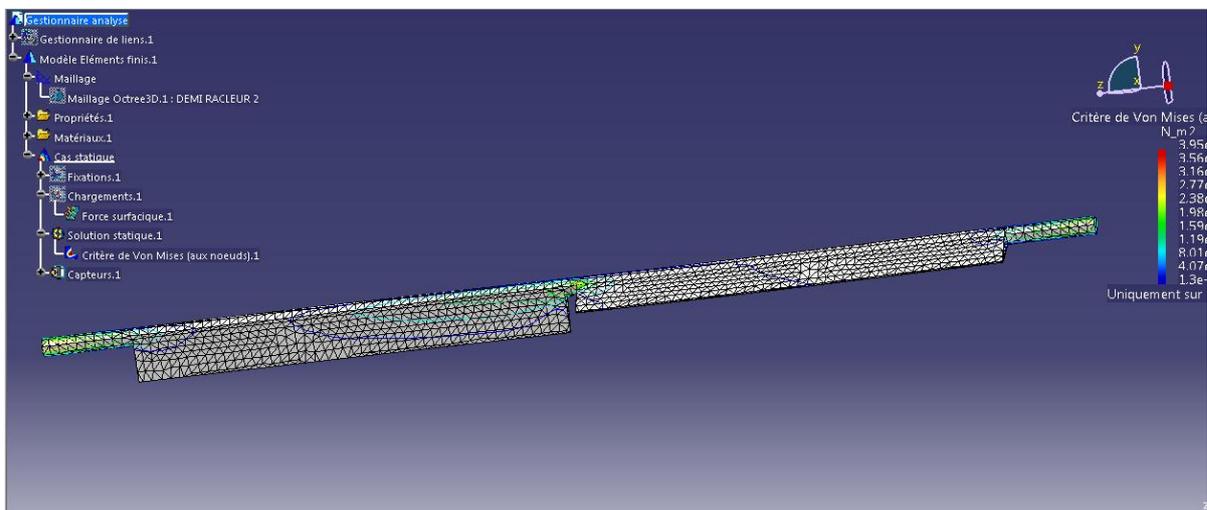


Figure 43 : Contrainte de Von Mises du nouveau racleur

La contrainte maximale de Von Misès obtenue par l'analyse numérique est de 39,5MPa.

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{vm}} = \frac{250}{39,5} = 6,33$$

On constate que la contrainte de Von Mises de notre barre de traction 39,5 MPa est plus petite que la limite d'élasticité de l'acier 250MPa $\sigma_{max} < \sigma_{él}$ et que le Facteur de sécurité est plus grande que 1, $FS > 1$ donc on a des résultats qui sont satisfaisants.

✓ *Comparaison avec l'ancien racleur*

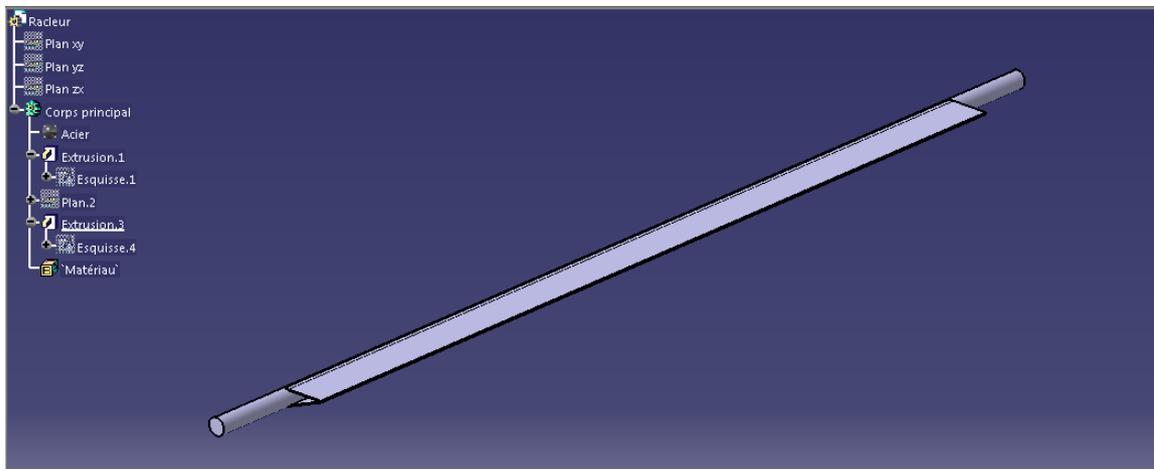


Figure 44 : Ancien racleur

• **Conditions aux frontières : Chargement**

Une forme en Acier soutenant une force de $F = N/m^2$ appliqué sur la surface des raclette (Force surfacique).

On a $F = 1787/2 = 893$ N (car on a 2 raclette)

$F = \frac{893}{0,264 \cdot 4,880} = 692 \text{ N/m}^2$ avec 264 mm la largeur de la raclette et 4880mm sa longueur.

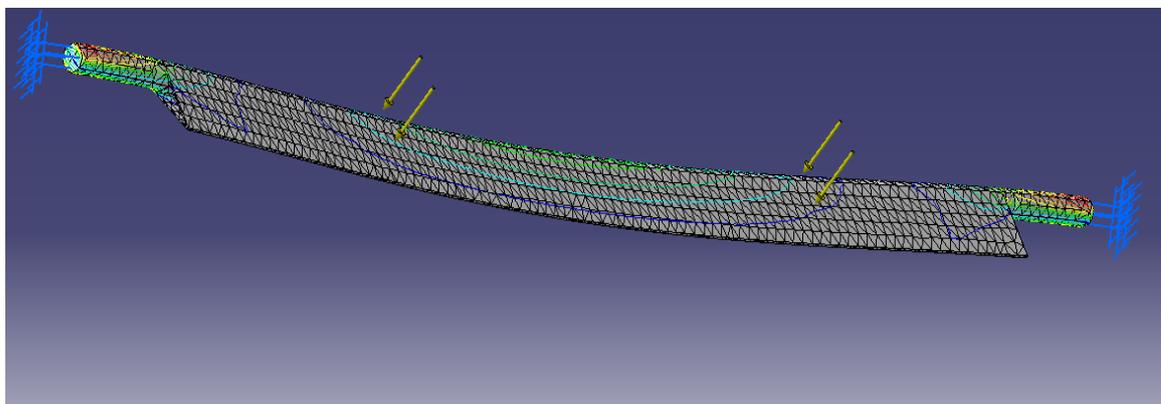


Figure 45 : Force surfacique de l'ancien racleur

- **Conditions aux frontières : Support**

La modélisation de l'encastrement du racleur passe par le blocage de la translation en x à l'extrémité gauche et droite (encastrement aux 2 extrémités).

Résultats

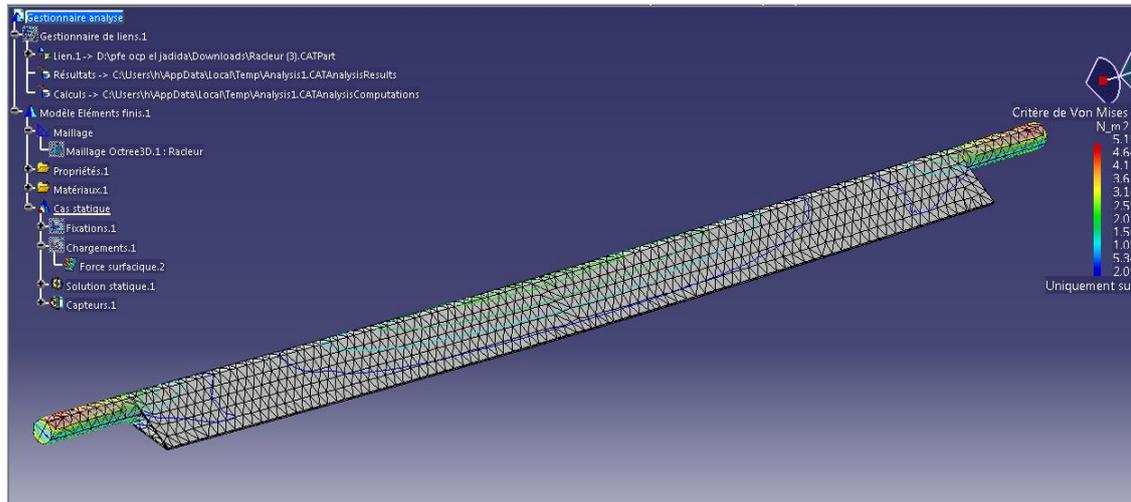


Figure 46 : Contrainte de Von Mises de l'ancien racleur

La contrainte maximale de Von Mises obtenue par l'analyse numérique est de 39,5MPa.

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{vm}} = \frac{250}{51,5} = 4,85$$

La contrainte de van-mises, le facteur de sécurité, la charge appliquée sont changé après la modification du racleur, le tableau suivant résume les résultats avec la géométrie précédent et actuel avec le matériau acier :

	Géométrie précédente	Géométrie modifié
La Force appliquée (N/m^2)	692	706
La contrainte de Von Mises (MPa)	51,5	39,5
Le facteur de sécurité	4,85	6,33

✓ *Avantage de la nouvelle solution :*

En concordance avec la comparaison que nous avons déjà faite, nous avons pu tirer les avantages qu'offre la nouvelle conception du racleur :

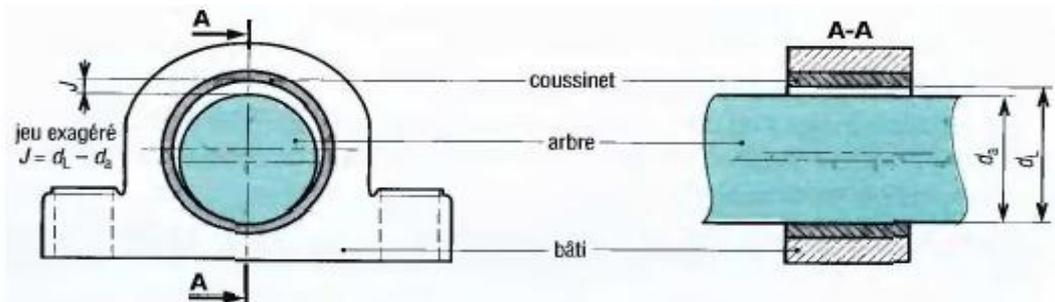
- Répartition de la charge sur les quatre raclettes au lieu de deux raclettes
- Augmentation de la disponibilité du racleur
- Diminution de la dégradation des panneaux du revêtement interne
- Possibilité d'augmenter le débit de production

❖ Amélioration au niveau des Paliers du racleur du granulateur

Choix des paliers

Les paliers sont des organes utilisés dans la construction mécanique, ils servent comme un guidage en rotation et un support de l'arbre. Ils se divisent en deux types, des paliers lisses avec coussinet, et des paliers à roulement, le type est choisi suivant l'usage.

Vu le milieu de son fonctionnement, et la difficulté d'accès pour la lubrification, nous avons choisi d'installer des paliers lisses avec coussinet.



Nos paliers doivent avoir les avantages suivants :

- Supporter une charge élevée due au poids du racleur et à la matière à racler
- Travailler pour une vitesse lente
- Résister au milieu corrosif, abrasif et poussiéreux
- Etre autolubrifiant et ne nécessiter pas d'entretien

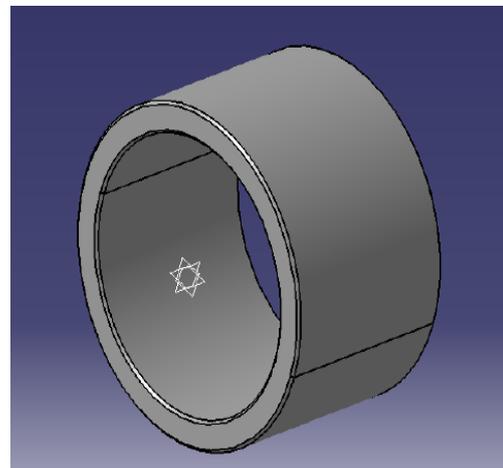
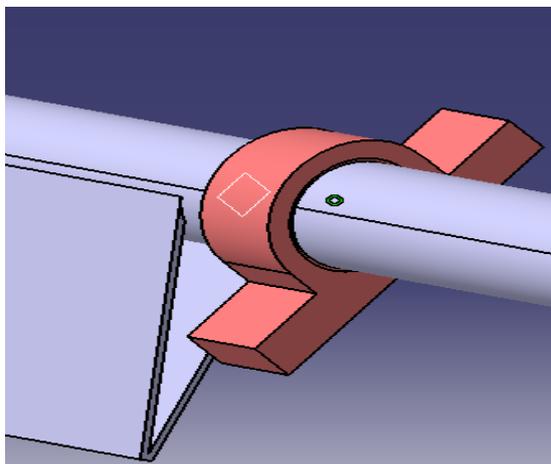


Figure 47 : Palier lisse avec coussinet

Pour cela nous avons choisi des coussinets autolubrifiants composites. Ces coussinets se fabriquent également en acier inoxydable dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :

Caractéristiques	
Facteur de frottement μ	De 0,03 à 0,25
Température d'emploi	De -200°C à 250°C
Vitesse maximale de glissement	2 m/s
Lubrification	Non nécessaire

Tableau 33 : Caractéristique du coussinet autolubrifiant composite

Les coussinets autolubrifiants composites sont constitués d'un support en tôle d'acier roulée revêtue de cuivre sur laquelle est frittée une couche poreuse de bronze et dans laquelle s'incruste la couche flottante en polytétrafluoréthylène (PTFE).

Cette composition des coussinets offre de nombreux avantages tels que :

- Très bonnes propriétés de glissement
- Fonctionnement sans entretien
- Haute vitesse de glissement
- Lubrification non nécessaire

Or, la validation de notre choix doit respecter trois critères

- ***La pression (effort/surface) ne dépasse pas la pression admissible par le fabricant.***

Pression : le modèle de calcul le plus simple consiste à considérer la pression moyenne qui s'exerce sur la surface projetée du coussinet.

La pression p est calculée par la relation suivante :

$$P = \frac{F}{D * L}$$

Avec :

F : L'effort appliqué par le palier sur l'arbre en Newton

L : La longueur du palier en mm

D : Le diamètre de l'arbre en mm

- ***La vitesse de glissement doit être inférieure à une vitesse limite admissible***

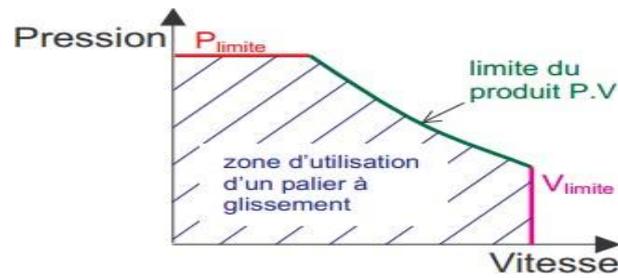
Vitesse : le paramètre important n'est pas directement la vitesse de rotation mais plutôt la vitesse linéaire à laquelle l'arbre défile sur son alésage, qui dépend aussi du diamètre :

$$V = R * \omega$$

Avec V en m/s, R = rayon de l'arbre en m, ω = fréquence de rotation de l'arbre en rad/s.

- ***Le produit PV doit être inférieur à une valeur admissible***

Respecter la vitesse limite d'une part et la pression admissible d'autre part peut ne pas suffire. Il existe des combinaisons de vitesse et de pression pour lesquelles le palier s'échauffe trop. C'est pourquoi les modèles de calculs mis au point par les fabricants passent en général par le calcul du produit P.V, pour vérifier qu'il ne dépasse pas lui aussi une certaine limite.



Application :

Calcul de V :

Selon le document constructeur on connaît que la vitesse de rotation du racleur est de 12tr/min, soit de 0.2tr/s d'où $\omega=1.257\text{rad/s}$

$V = R \omega$: avec $R = 50\text{mm} = 0.05\text{m}$; donc $V = 0.05 \times 1.257$

$$V = 0,06285 \text{ m/s}$$

Calcul de P :

La masse du racleur étant de 726 Kg, sont poids total quant notera P_t serait donc : $P_t = mg$ avec $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$.

$$P_t = 726 \times 9.81 = 7122,06 \text{ N.}$$

Puisqu'on a 3 paliers reparties sur les extrémités et le milieu, donc 3 coussinets, la charge doit être aussi repartie de façon égale, donc pour chaque coussinet on a une charge de :

$$F = 7122.06/3 = 2374,02 \text{ N}$$

P en MPA ou N.mm^2 , la pression quant a définie au départ, sera égal a :

$$P = \frac{F}{D \cdot L} = 0,19 \text{ N/mm}^2 \text{ avec } D = 100\text{mm} \text{ et } L = 122\text{mm.}$$

$$\text{Donc } PV = 0,19 \cdot 0,06285$$

$$PV = 0,0119 \text{ (N.mm}^{-2}\text{) . (m.s}^{-1}\text{)}.$$

Le PV max et compris entre 1,8 et 2,8. Notre PV calculer est de 0.0119, donc les dimensions de coussinet sont adéquate

	Coussinets autolubrifiants	Coussinets Type glacieir	Coussinets polymère
Vitesse circonférentielle maximale (m/s)	13 m/s (carbone, graphite) 7 à 8 m/s	2 à 3 m/s	2 à 3 m/s
Températures limites de fonctionnement (°c)	jusqu'à 400°C (graphite) jusqu'à 250°C (bronze/plomb)	-40°C à +110°C (acétal) -200°C à +280°C (PTFE)	-40°C à +100°C (acétal) -80°C à +120°C (Nylon)
Pression diamétrale admissible p (N/mm ²)	5 N/mm ² (graphite) 20 à 30 N/mm ² (bronze/plomb) 7 à 35 N/mm ² (bronze/étain)	70 N/mm ² (acétal) 50 N/mm ² (PTFE)	7 à 10 N/mm ²
Produit p.v (N/mm ²)x(m/s) ou wati/mm ²	0,5 (graphite) 1,8 à 2,8 (bronze/plomb) 1,7 (bronze/étain)	3 (acétal) 1,8 à 3,6 (PTFE)	0,1 (acétal) 0,1 à 0,42 (Nylon)

Tableau 34 : Comparaison des performances entre les trois familles de coussinets

2. Anomalie N°2: Usure des dents couronne dentée/pignon d'attaque

i. Analyse du problème

Méthode des 5 Pourquoi

Cet outil d'analyse permet de rechercher les causes d'une situation problème, d'un dysfonctionnement. C'est un outil de questionnement systématique destiné à remonter aux causes premières possibles d'une situation, d'un phénomène observé. C'est une version simplifiée de l'arbre des causes qui consiste à se poser plusieurs fois de suite la question : « Pourquoi ? » et à répondre à chaque question en observant les phénomènes physiques.

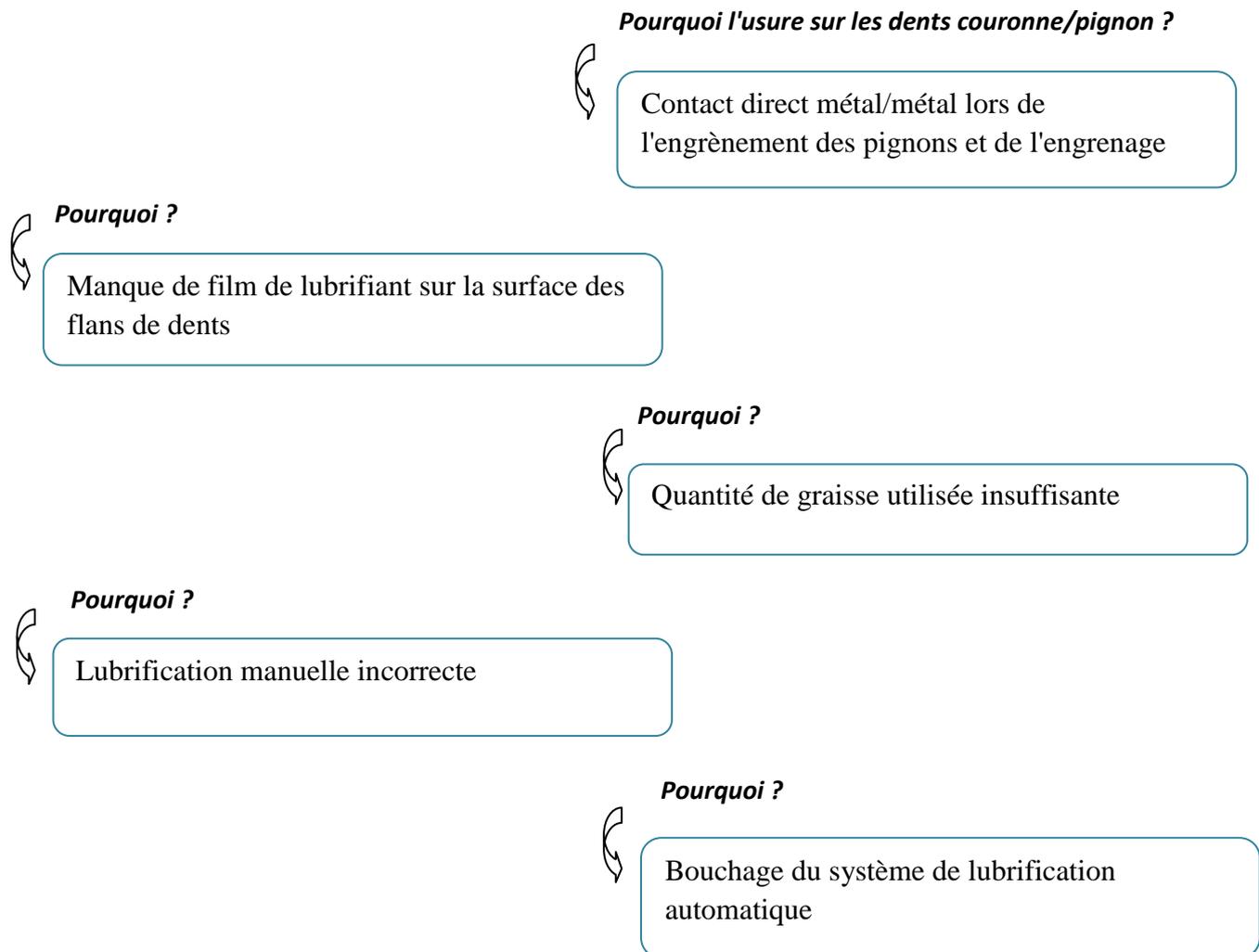


Figure 48: Causes racine problème

L'usure est le propre des systèmes mécaniques. Elle est la conséquence du frottement entre 2 organes en mouvement l'un par rapport à l'autre. Elle est fonction des matériaux en présence, de la pression exercée, de la nature du contact et de la durée.

A plus ou moins long terme, en fonction des paramètres précédents, un frottement provoque un échauffement local et c'est l'élévation de température produite qui va accélérer la dégradation.

D'après la méthode des 5P, nous avons constaté que l'usure sur les dents couronne/pignon est due au mauvais graissage.

NOTA: *La cause principale de ce problème nous mène vers la 3ème anomalie*

3. Anomalie N°3: Bouchage du système de graissage pignon d'attaque - couronne dentée

i. Système de lubrification par pulvérisation automatique de graisse SKF

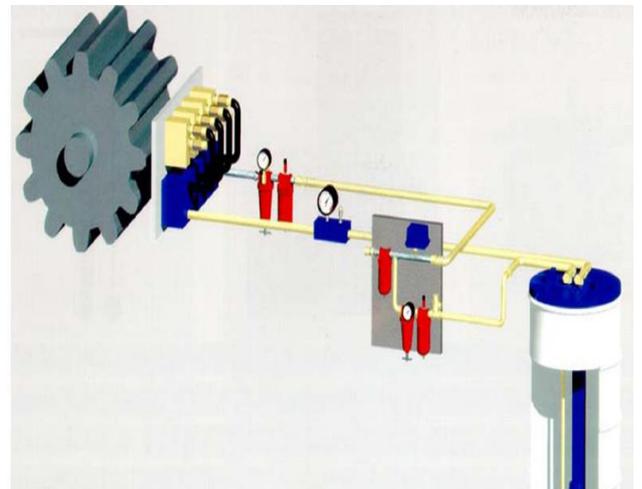
La lubrification de la couronne dentée d'entraînement des viroles tournantes durant la marche de la machine est assurée par un système de pulvérisation de graisse.



Figure 49: Système de graissage

Ce système de lubrification comprend une pompe pneumatique montée sur le fut. Cette pompe alimente des platines de distribution placées au-dessus des engrenages à lubrifier.

Les distributeurs progressifs montés sur ces platines dirigent le lubrifiant vers les pulvérisateurs. Une platine de commande d'air permet de contrôler à la fois l'air de commande de la pompe d'alimentation pneumatique, et l'air dirigé vers les buses pour la pulvérisation du lubrifiant. L'ensemble du système est commandé et contrôlé à partir d'un automate entièrement dédié à la lubrification des harnais de commande.



Le plan de définition du système de graissage couronne dentée & pignon d'attaque est présenté dans l'ANNEXE 6.

ii. Analyse du problème

Cette étape va nous permettre de découvrir les différentes causes possibles qui mènent vers le bouchage du système de graissage couronne dentée & pignon d'attaque:

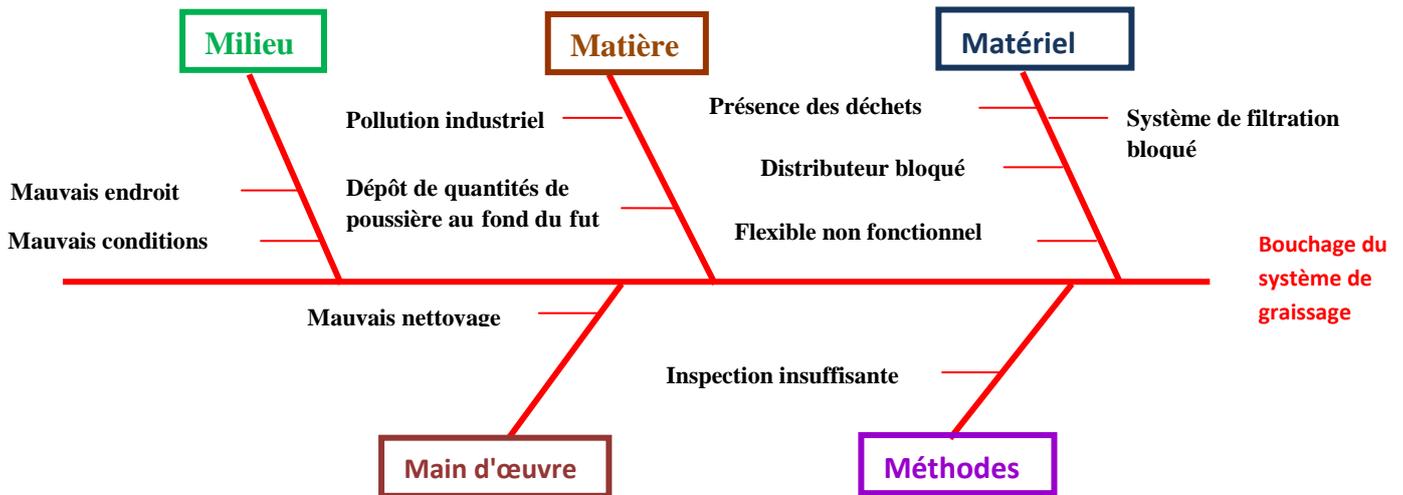


Figure 50: Diagramme d'Ishikawa du bouchage du système de graissage

D'après le diagramme cause-effet, nous avons constaté que Le bouchage du système de graissage des pignon/couronne est dû essentiellement aux

- Un dépôt de quantités importantes de poussière au fond du fut qui s'infiltrent lorsqu'on soulève le couvercle pour contrôler le niveau de graisse.
- Conditions de travail difficiles, notamment saleté.
- Lubrifiant sale.
- Mauvais nettoyage.



Figure 51: Pompe à fut

iii. Amélioration proposé

Pour remédier à ce problème, on a sans doute besoin d'un 5S.

La méthode 5S

La méthode des 5S est une technique de management qui elle, s'intéresse particulièrement à l'amélioration continue de l'organisation de l'espace de travail pour permettre un gain de temps: Cette méthode consiste à faire un « gros ménage » de la zone de travail afin d'en éliminer l'inutile et rendre l'accès et faciliter le rangement rapide des objets les plus utilisés dans le but d'améliorer les conditions de travail et de sécurité.

Cette méthode se traduit par les 5 mots japonais commençant tous par un « S » que sont :

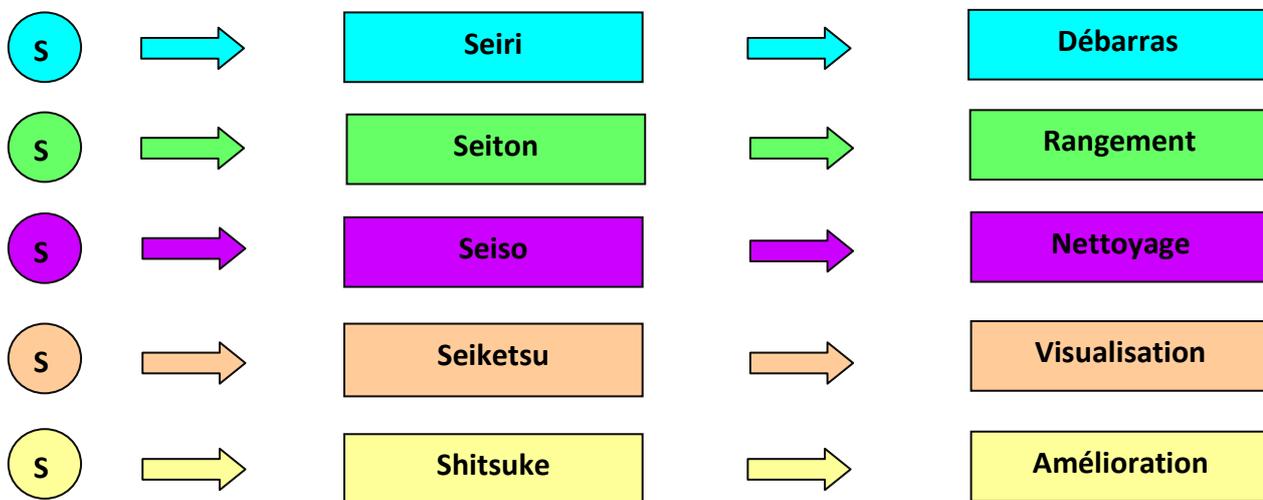


Figure 52: Méthode 5S

1er S : DEBARRAS

Seiri est la première étape qui vous permettra de garder uniquement ce qui est utile et nécessaire. Pour cela, on doit :

Eliminer les éléments inutiles : les déchets.

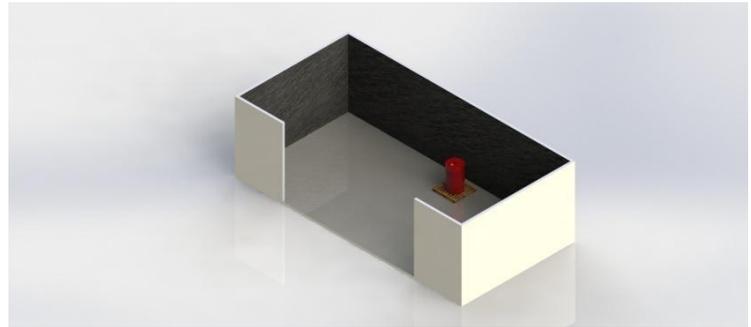
Ne garder que le strict nécessaire dans l'environnement

2ème S : RANGEMENT

Seiton est la deuxième étape qui vous permettra d'organiser l'espace de travail et de mettre les choses à leur place par Le choix de l'endroit le plus approprié pour chaque objet

Voilà les suggestions proposées pour organiser les conditions de travail du système de graissage automatique:

Mettre le fût dans un environnement propre, dans un abri Pour éviter la pollution de fût et de graisse lors de l'ouverture.



Poser le fut sur une palette pour éviter le contact direct avec le sol



3ème S : Nettoyer

La troisième étape Seiso permettra de mettre en place le processus de nettoyage afin de repérer facilement les anomalies.

Il s'agissait ici pour nous, d'établir une situation de propreté de référence, de réfléchir aux standards de nettoyage réguliers et d'envisager la future routine de nettoyage.

Organiser ce nettoyage, c'est mettre en place des standards spécifiant tels que les **QQOQCP** :

Quoi : ce qu'il faut nettoyer et inspecter.

Qui : qui est chargé de le faire.

Où : les limites du secteur considéré.

Quand : la fréquence à respecter.

Comment : les moyens et les méthodes à appliquer.

Pourquoi : le but à atteindre.

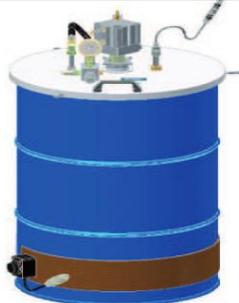
4ème S : Standardiser

Seiketsu est la quatrième étape qui facilitera le maintien du niveau de performance.

Avec l'accord des ingénieurs et techniciens du service, des nouvelles règles de vie sur la zone de travail vont être définies.

5ème S : améliorer

On associe couramment à ce dernier point la notion de “faire mieux”, la fameuse “amélioration continue”, pour cela nous avons proposé :

<p>Kit de tests de graisse SKF permet de réaliser plusieurs tests différents :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluation de la consistance • Évaluation du niveau de contamination 	
<p>Mettre une ceinture chauffante sur le fut de lubrifiant pour maintenir le lubrifiant à une température optimal</p>	

4. Anomalie N°4: Echauffement du réducteur

Le réducteur est composé d'un train d'engrenages. Ces engrenages lubrifiés avec de l'huile par barbotage. Le niveau d'huile doit être contrôlé et respecté, sinon il y aurait sûrement un échauffement du réducteur.

Les causes les plus fréquentes de ce problème sont le manque d'huile, la perte des qualités de celle-ci et la pollution externe ou due à l'usure. Avant de mettre en place des moyens lourds, une bonne surveillance des niveaux est importante. Pour le suivi du lubrifiant, des analyses sont à effectuer : viscosité, teneur en eau, spectrométrie pour la qualité du lubrifiant, comptage de particules pour la pollution.

IV. Traitements des anomalies du sécheur

1. Anomalie N°1 : Usure des roulements des paliers de galets

Les paliers sont des organes utilisés dans la construction mécanique, ils servent comme un guidage en rotation et un support de l'arbre.

La fonction d'un roulement est de permettre à deux éléments d'être en rotation l'un par rapport à l'autre avec une précision et avec un frottement optimisé, en remplaçant un glissement par un roulement. Le roulement est un élément essentiel dans la conception des machines tournantes. À l'échelle industrielle, sa défaillance peut avoir de coûteuses conséquences.

i. Analyse du problème

Afin de recenser toutes les causes probables de l'endommagement des roulements, On a réalisé un diagramme Ichikawa après consultation du maximum de personnel impliqué.

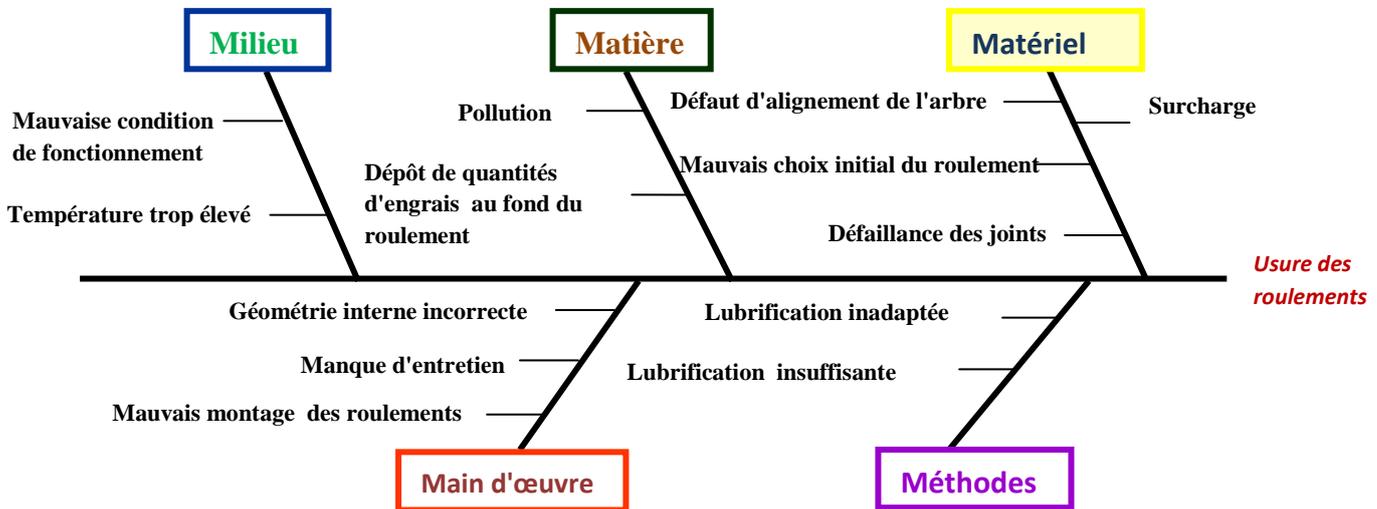


Figure 53: Diagramme Ishikawa trait les problèmes qui causent l'usure des roulements

Les roulements peuvent se dégrader prématurément et générer une avarie inattendue pour de nombreuses raisons différentes. D'après le diagramme cause-effet, Les causes les plus courantes incluent une lubrification inadaptée, la pollution, montage incorrecte, un défaut d'alignement de l'arbre.

Ces défauts ont tous pour origine un manque de protection soit à la mise en place du roulement soit pendant son utilisation. Il est malheureusement fréquent que l'utilisateur ne perçoive pas clairement le risque que la poussière fait courir au roulement et son effet destructeur. En effet, quelle que soit sa nature, et même si elle provient d'un local non industriel, la poussière possède toujours un pouvoir abrasif élevé.

A. Comment l'éviter ?

- Prendre, au montage, les précautions de propreté indispensable.
- Ne pas laver les roulements neufs.
- Stocker les roulements à l'abri de la poussière.
- Ne pas stocker à l'air libre des organes mécaniques en attente de montage.
- Contrôler soigneusement le bon alignement des arbres.
- Suivre attentivement les consignes de lubrification données par les ingénieurs de préconisation
- Assurer la lubrification correcte du roulement avec un lubrifiant propre (tenir boîtes et fûts fermés) et adapté à l'application (Vitesse, température, charges)
- Vérifier si le lubrifiant arrive en quantité suffisante au roulement.
- Utiliser des roulements SNR étanches.

2. Anomalie N°2: Usure des bandages lisses -

Malgré toutes les précautions et les mesures prises, il y aura toujours des fuites de produit, ce qui crée un milieu agressif et poussiéreux qui attaque tous les équipements, les bandages et les galets en particulier, et provoquent leur usure par abrasion, comme il est clairement constaté sur cette photo.



Figure 54: Usure des bandages

Afin de remédier à ce problème, on propose de remettre les caches pour les bandages et les galets dans le but de les préserver de toute attaque extérieure et leur assurer du coup une longue durée de vie.

Conclusion

Les actions d'amélioration que nous avons proposées ont permis, après avoir discuté avec notre groupe de travail, de mettre les modes-causes de défaillances critiques sous le seuil de criticité.

Conclusion

L'étude réalisée au cours de ce stage, nous a permis sur le plan théorique d'une part, d'approfondir et mettre en pratique nos connaissances dans les domaines de la maintenance, d'analyse de données, de modélisation, de système de production et d'autre part, sur le plan humain d'observer de près l'esprit de travail en équipe.

Par ailleurs, ce stage nous a été très rentable et bénéfique dans la mesure où nous avons pu découvrir le secteur de l'industrie minière dans lequel œuvre le groupe OCP, et connaître le rôle important que joue le service maintenance au sein de l'atelier des engrais en matière de contrôle continu des différents équipements tout au long du processus de fabrication des engrais.

En effet, à partir d'une analyse précise du cahier des charges, nous avons bâti notre raisonnement sur une méthodologie logique et bien structurée en suivant les étapes suivantes :

1. Description fonctionnel des viroles tournantes (Granulateur, sécheur et enrobeur).
2. Analyse de défaillance en utilisant d'abord la méthode TDPC qui nous a permis de montrer que les viroles tournantes sont les équipement les plus critique dans l'unité de production d'engrais ensuite l'évaluation de performance de ces viroles en calculons les indicateurs de fiabilité et de maintenabilité MTBF et MTTR et finalement une étude AMDEC pour analyser les modes de défaillance possibles et tirer les plus critiques.
3. Elaboration d'un plan de maintenance préventive systématique et conditionnelle des viroles tournantes en se basant sur les résultats d'AMDEC.
4. Mise en œuvre des actions contre les points de faiblesse.

Bibliographie

Ouvrage :



- [1] - Les documents d'OCP, le processus de fabrication d'engrais,
- [2] - Les documents de JACOBS, l'historique des pannes des équipements de l'unité de production d'engrais JFC2, les dessins des ensembles des viroles tournantes.
- [3] - Lubrification des harnais de command https://www.klueber.com/fr/fr/girth_gear_drives/
- [4] - Guide du dessinateur industrielle
- [5] - <https://docplayer.fr/6430225-Snr-industry-le-diagnostic-expert-snr-analyses-et-preconisations-pour-optimiser-la-vie-des-roulements-industry.html>
- [6] - Cours de gestion de maintenance.



Annexes

- ANNEXE 1 : LISTE DES EQUIPEMENTS DE LA LIGNE DE PRODUCTION D'ENGRAIS 87
- ANNEXE 2 : CRITERE DE CLASSIFICATION DES EQUIPEMENTS PAR LA METHODE TDPC..... 89
- ANNEXE 3 : APPLICATION DE LA CLASSIFICATION TDPC SUR LES EQUIPEMENTS 90
- ANNEXE 4 : RESULTAT DE LA METHODE TDPC 92
- ANNEXE 5 : LE DESSIN TECHNIQUE DU RACLEUR 94
- ANNEXE 6 : PLAN DE DEFINITION DU SYSTEME DE GRAISSAGE COURONNE DENTEE & PIGNON D'ATTAQUE... 95

ANNEXE 1 : Liste des équipements de la ligne de production d'engrais

N°et REF	EQP
BROYEUR	
DAP-507AAB01	BROYEUR A CHAINE AB01
DAP-507ABB01	BROYEUR A CHAINE
DAP-507ACB01	BROYEUR A CHAINE CB01
DAP-507ADB01	BROYEUR A CHAINE DB01
CONVOYEUR	
DAP-507AAT02	CONVOYEUR A BANDE
DAP-507AAT03	CONVOYEUR A BANDE
DAP-507AAT07	CONVOYEUR A BANDE
DAP-507AAT11	CONVOYEUR A BANDE
VENTILATEUR	
DAP-507AAC01	VENTILATEUR D'ASSAINISSEMENT DU GRANULATEUR
DAP-507AAC02	VENTILATEUR D'ASSAINISSEMENT DU SECHEUR
DAP-507AAC03	VENTILATEUR D'ALIMENTATION AIR DE REFROIDISSEMENT
DAP-507AAC04	VENTILATEURS D'ASSAINISSEMENT DU REFROIDISSEUR
DAP-507AAC05	VENTILATEUR D'AIR DE COMBUSTION
DAP-507AAC06	VENTILATEUR D'AIR DE DILUTION
DAP-507AAC07	VENTILATEUR D'AIR DE SYSTÈME
POMPES	
DAP-507AAP01	POMPE DE LA BOUILLIE AP01
DAP-507AAP02	POMPE DE LAVAGE DE GAZ
DAP-507AAP03	POMPE DE LIQUIDE DE LAVAGE AP03
DAP-507AAP04	POMPE DE LIQUIDE DE LAVAGE AP04
DAP-507AAP07	POMPE DE LA FOSSE DE RECUPERATION AR05
DAP-507AAP08	POMPE D'HUILE D'ENROBAGE AP08
DAP-507AAP10	POMPE BAC DES EFFLUENTS
ELEVATEURS	
DAP-507AAT01	ELEVATEUR A GODET AT01
DAP-507AAT04	ELEVATEUR AT04
DAP-507AAT05	ELEVATEUR A GODET ALIMENTE LES CRIBLES FINISSEURS AT05
DAP-507AAT06	ELEVATEUR DE CLASSIFICATION AT06
DAP-507AAT13	ELEVATEUR A GODETS DE RECYCLAGE AT13
CRIBLES	
DAP-507AAS01	CRIBLE PRIMAIRE AS01
DAP-507AAS02	CRIBLE PRIMAIRE AS02
DAP-507AAS03	CRIBLE PRIMAIRE AS03
DAP-507AAS04	CRIBLE PRIMAIRE AS04
DAP-507AAS05	CRIBLE SECONDAIRE AS05
DAP-507AAS06	CRIBLE SECONDAIRE AS06
DAP-507AAS07	CRIBLE SECONDAIRE AS07
DAP-507AAS08	CRIBLE SECONDAIRE AS08



DAP-507AAS09	CRIBLE FINISSEUR AS09
DAP-507AAS10	CRIBLE FINISSEUR AS10
CYCLONE	
AP-507AAS11	CYCLONE SECHEUR AS11
AP-507AAS12	CYCLOYNE REFROIDISSEUR AS12
AP-507AAS13	CYCLONE POUSSIÈRE AS13
AGITATEURS	
DAP-507AAA01	AGITATEUR DU PRE-NEUTRALISEUR AM01
DAP-507AAA02	AGITATEUR DE LA FOSSE DE RECUPERATION AR05
DAP-507AAA03	AGITATEUR DU BAC LIQUIDE DE LAVAGE
DAP-507AAA04	AGITATEUR BAC HUILE D'ENROBAGE
DAP-507AAA05	AGITATEUR BAC DES EFFLUENTS
CHAINES	
AP-507AAM01	PRE-NEUTRALISEUR
AP-507AAM02	REACTEUR TUBULAIRE RTG
AP-507AAM03	GRANULATEUR
AP-507AAM04	ENROBEUR
DAP-507AAF02	SECHEUR
DAP-507AAE02	REFROIDISSEUR

ANNEXE 2 : Critère de classification des équipements par la méthode TDPC

Classification	No	Item	Critère
Temps de Réparation (T)	1	Arrêts moyen (perte de production)	Inférieur 1 heure = 5; Inférieur 2 heures = 10; Inférieur 4 heures = 15; Inférieur 8 heures = 20; Entre 8 H et 24 H =30 Supérieur à 24 heures =35
Facteur d'influence (D)	2	Utilisation de l'équipement	100% = 5, inférieur à 60% = 1
	3	Impact sur la Qualité produit (Index Qualité RF)	Impact sur l'index qualité > 10% = 5, sans effet = 1
	4	Coût d'une non qualité (Réclamation client)	Important = 5, négligeable = 1
	5	Perte d'énergie	Important = 5, négligeable = 1
	6	Aspect sécurité de l'anomalie	Très fort risque pour le personnel = 5, sans risque = 1 Obligation de contrôle légal +5
	7	Aspect environnement de l'anomalie	Fort impact = 5, faible impact = 1
Probabilité de Panne (P)	8	Fréquence des pannes	Supérieur à 4 par mois = 35, entre 1 et 4 par mois =20 Inférieur à 1 par mois = 5
Criticité de l'équipement (C)	9	Criticité de l'équipement en fonction des arrêts de production	20 Pas d'impact sur la production 40 Impact < 24hrs 60 Impact > 24hrs 80 Impact sur plus d'un atelier < 24hrs 100 Impact sur plus d'un atelier > 24hrs

ANNEXE 3 : Application de la Classification TDPC sur les équipements

Famille des Equipement	REP GEO	Nom de l'équipement	T	D						P	C	Evaluation
Unité de Production d'Engrais. JL - JFC2. DAP - 507 A												
Broyeur (B)	507ABB01	Broyeur à chaine BB01	10	5	5	5	5	1	1	5	60	97
	507ADB01	Broyeur à chaine DB01	15	5	5	5	5	1	1	5	60	102
Ventilateur (C)	507AAC01	Ventilateur d'assainissement du sécheur	10	5	1	5	5	5	5	5	40	81
	507AAC02	Ventilateur d'assainissement du granulateur, pré-neutraliseur et assainissement général	10	5	1	5	5	5	5	5	40	81
	507AAC03	Ventilateur d'alimentation air de refroidissement	10	5	5	5	5	1	1	5	40	77
	507AAC06	Ventilateur d'air de dilution	5	5	5	5	5	1	1	5	40	72
Refroidisseur / Evaporateur / Conditionneur (E)	507AAE02	Refroidisseur de produit final	15	5	1	1	1	1	1	20	20	65
Chambre de combustion / Sécheur (F)	507AAF01	Chambre de combustion	15	5	5	5	5	5	1	20	60	121
	507AAF02	Sécheur	30	5	5	5	5	1	1	35	60	147
Pré-neutraliseur / Enrobeur (M)	507AAM01	Pré-neutraliseur	5	5	5	5	1	5	5	20	60	111
	507AAM02	Réacteur tubulaire RTG	5	5	5	5	1	5	5	5	60	96
	507AAM03	Granulateur	15	5	1	1	5	5	5	35	60	132
	507AAM04	Enrobeur	10	5	5	5	5	1	1	5	60	97



Pompe / Moto-Pompe (P)	507AAP01	Pompe de la bouillie AP01	5	5	1	1	1	1	1	5	20	40
	507AKP01	Pompe réserve de la bouillie KP1	10	5	1	1	1	1	1	5	20	45
	507AAP02	Pompe de lavage de gaz	5	5	1	1	1	1	1	5	20	40
	507AAP04	Pompe de liquide de lavage AP04	5	5	1	1	1	1	1	5	20	40
	507AAP08	pompe d'huile d'enrobagep08	5	1	1	1	1	1	1	5	20	36
Bac / Réservoir / Ballon / Fosse / Trémie (R)	507AAR03	Bac huile d'enrobage	5	4	1	1	1	4	4	5	40	65
Convoyeur / Elévateur (T)	507AAT01	Elévateur à godet secondaire AT01	15	5	5	5	1	1	1	35	60	128
	507AAT02	Convoyeur à bande de recyclage AT02	10	5	1	1	1	5	1	35	60	119
	507AAT03	Convoyeur à bande de décharge sécheur AT03	10	5	1	1	1	5	1	20	60	104
	507AAT04	Elévateur primaire AT04	10	5	1	1	5	5	5	35	60	127
	507AAT05	Elévateur a godet alimente les cribles finisseurs	5	5	1	1	5	5	5	20	60	107
	507AAT06	Elévateur de classification AT06	10	5	1	1	5	5	5	20	60	112
Crible / Cyclone (S)	507AAS01	Crible primaire AS01	10	5	1	1	1	1	1	5	20	45
	507AAS09	Crible finisseur AS09	10	5	5	5	1	1	1	20	60	108

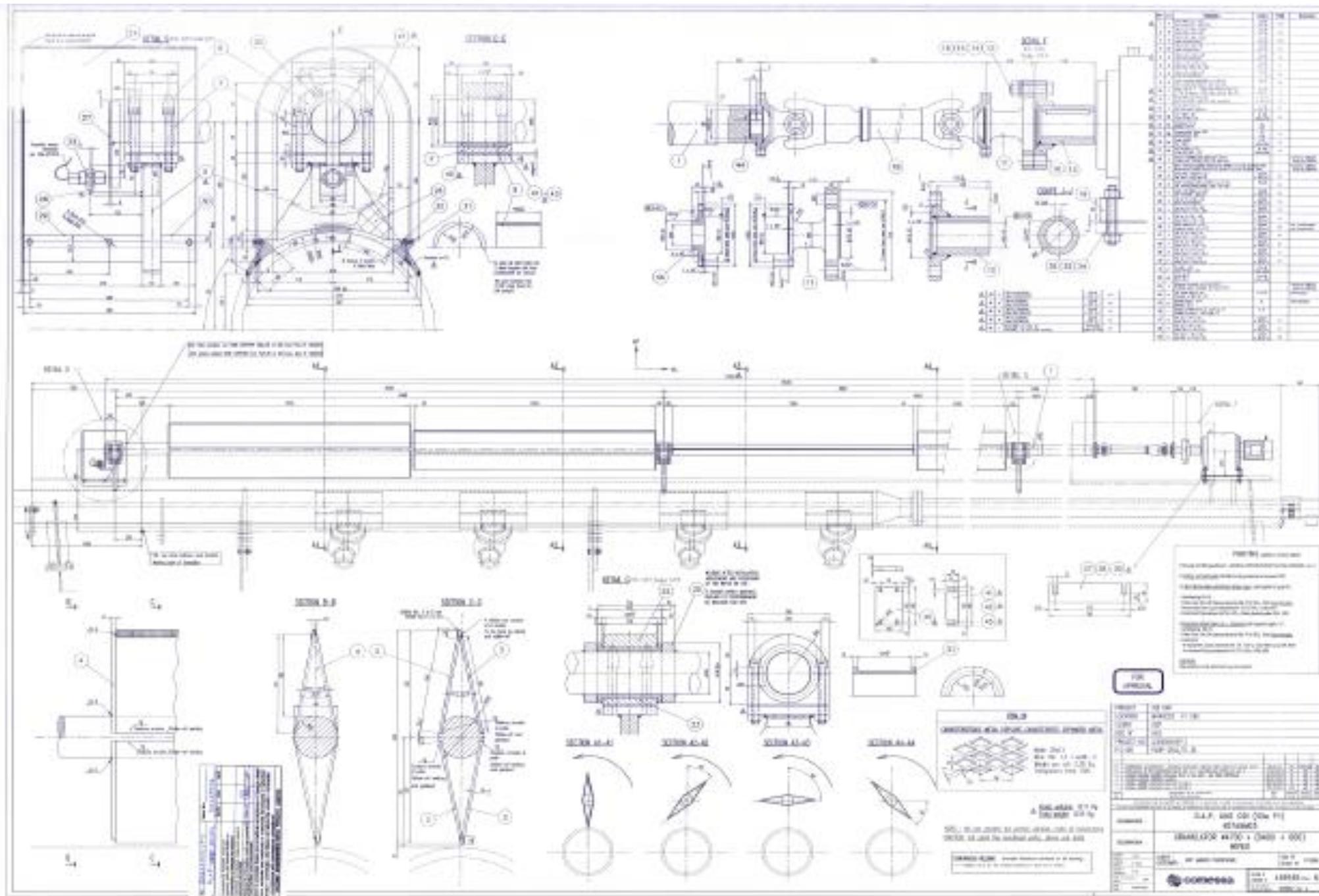
ANNEXE 4 : Résultat de la méthode TDPC

Maintenance Professionnelle JFC2				Atelier: d'Engrais DAP
Classification des équipements - Synthèse				Lignes de production : 507A
équipement	N° de l'équipement	Nom de l'équipement	Évaluation	Classification de l'équipement AA,A,B ou C
<u>1</u>	507AAF02	Sécheur AF02	147	AA
<u>2</u>	507AAM03	Granulateur AM03	132	AA
<u>3</u>	507AAT01	Elévateur à godet secondaire AT01	128	A
<u>4</u>	507AAT04	Elévateur primaire AT04	127	A
<u>5</u>	507AAF01	Chambre de combustion	121	A
<u>6</u>	507AAT02	Convoyeur à bande de recyclage AT02	119	A
<u>7</u>	507AAT06	Elévateur de classification AT06	112	B
<u>8</u>	507AAM01	Pré-neutraliseur	111	B
<u>9</u>	507AAS09	Crible finisseur AS09	108	B
<u>10</u>	507AAT05	élévateur a godet alimente les cribles finisseurs	107	B
<u>11</u>	507AAT03	Convoyeur à bande de décharge sécheur AT03	104	B
<u>12</u>	507ADB01	Broyeur à chaine DB01	102	B
<u>13</u>	507ABB01	Broyeur à chaine BB01	97	B
<u>14</u>	507AAM04	Enrobeur	97	B
<u>15</u>	507AAM02	Réacteur tubulaire RTG	96	B
<u>16</u>	507AAC01	Ventilateur d'assainissement du sécheur	81	B
<u>17</u>	507AAC02	Ventilateur d'assainissement du granulateur	81	B
<u>18</u>	507AAC03	Ventilateur d'alimentation air de refroidissement	77	B
<u>19</u>	507AAC06	Ventilateur d'air de dilution	72	B
<u>20</u>	507AAE02	Refroidisseur de produit final	65	B
<u>21</u>	507AAR03	Bac huile d'enrobage	65	B
<u>22</u>	507AKP01	Pompe réserve de la bouillie KP1	45	B
<u>23</u>	507AAS01	Crible primaire AS01	45	C
<u>24</u>	507AAP01	Pompe de la bouillie AP01	40	C

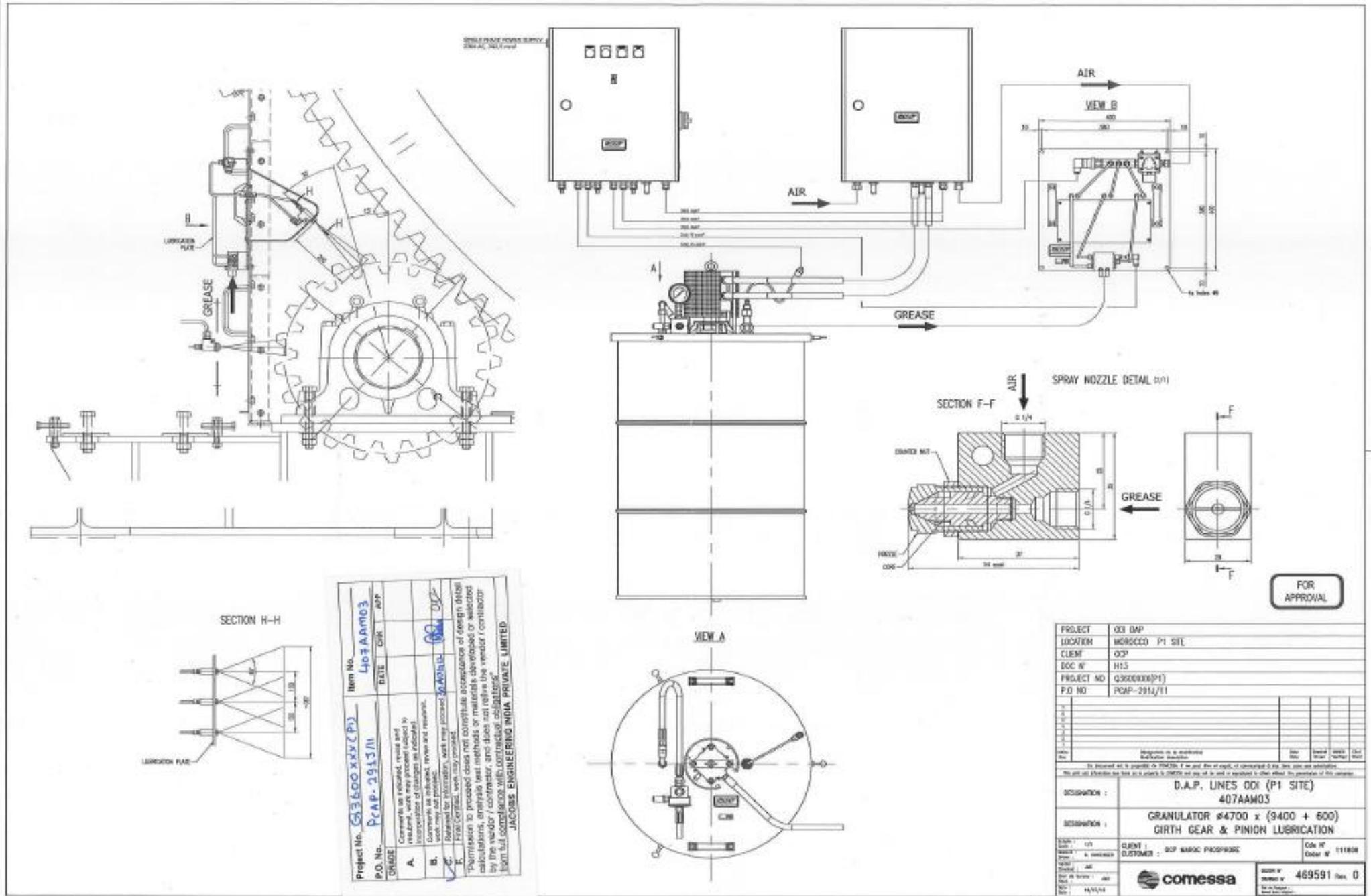


<u>25</u>	507AAP02	Pompe de lavage de gaz	40		C
<u>26</u>	507AAP04	Pompe de liquide de lavage AP04	40		C
<u>27</u>	507AAP08	pompe d'huile d'enrobage ap08	36		C

ANNEXE 5 : Le dessin technique du racleur



ANNEXE 6 : Plan de définition du système de graissage couronne dentée & pignon d'attaque



Item No.	DATE	CHK.	APP.
407AAM03			
PCAP-2913/11			
GRAZE			
Comments as indicated below and subject to approval of (signature) as indicated. A. Construction as indicated, review and approve. B. Approved for construction, work may proceed. C. Final Certified, work may proceed.			
Permission to proceed does not constitute acceptance of design details. Calculations, analysis, test methods or materials developed or selected by the vendor / contractor, are done not release the vendor / contractor from full construction and construction obligations.			

JACOBS ENGINEERING INDIA PRIVATE LIMITED

PROJECT	OOI OAP
LOCATION	INR6500 P1 SITE
CLIENT	OCF
DWG NO	H15
PROJECT NO	Q3620000(P1)
P.O. NO	PCAP-2914/11
REVISIONS	
D.A.P. LINES OOI (P1 SITE) 407AAM03	
GRANULATOR #4700 x (9400 + 600) GIRTH GEAR & PINION LUBRICATION	
DATE	1/11/11
BY	ADD
CHK	ADD
APP	ADD
DATE	11/11/11
CLIENT	OCF MARRC PROSPORE
ORDER NO	469591 Rev. 0

