

Université de Gafsa

Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de GAFSA

Département des engins lourds



Projet de la fin d'études

**AMÉLIORATION DU PLAN DE LA MAINTENANCE A L'AIDE
DE L'ÉTUDE AMDEC DE MACHINE 'DUMPER789D'**

Présenté et soutenu par :

Mazen Bouyahya

En vue de l'obtention de

Licence en génie mécanique

Sous la Direction de :

Soufien Sahbi

Encadreur (ISSAT Gafsa)

Lotfi Ayadi

Encadreur (CPG)

Soutenu le 07/06/2023

Devant le jury composé de:

Président : M. Mohsen HAMDI

Rapporteur : M. Khaled ROUABEH

Encadreur : M. Soufien SAHBI

A.U 2022/2023

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à notre cher professeur et encadrant M. Sofien Sahbi pour son suivi et pour son énorme soutien, qu'il n'a cessé de nous prodiguer tout au long de la période du projet.

Je tiens à remercier également mon encadrant Lotfi Ayadi pour le temps qu'elle a consacré et pour les précieuses informations qu'elle m'a prodiguées avec intérêt et compréhension.

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux membres des jurys pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail. Mes remerciements vont à tout le personnel que j'ai contacté durant mon stage, auprès desquelles j'ai trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont j'ai besoin.

Je ne laisserai pas cette occasion passer, sans remercier tous les enseignants et le personnel d'ISSAT et particulièrement ceux de la section Mécanique pour leur aide et leurs précieux conseils et pour l'intérêt qu'ils portent à ma formation.

Enfin, mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce projet

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail À ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais Jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Majdi.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre Heureuse: mon adorable mère Fatma.

A ma chère frère Mohamed, qui n'ai pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mes adorables sœurs (Mayssem, Malak) qui fait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A mon grand père, grand mère, mes oncles et mes tantes. Que Dieu leur donne

Une longue et joyeuse vie.

A tous les amis que j'ai connu jusqu'à Maintenant. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 1: Etude bibliographique et présentation de la société	2
1. Introduction	2
2. Présentation de La société	2
2.1. Renseignements généraux.....	2
2.2. Historique.....	2
2.3. Activités.....	3
2.4. Présentation et organigramme de la DMM.....	3
2.4.1. Mission.....	3
2.4.2. Description et organisation.....	4
3. Atelier des engins des transports	5
4. Problématique.....	6
5. Cahier des charges	6
Chapitre 2: Analyse AMDEC	8
1. Introduction	8
2. Présentation de l'étude	8
2.1. Définition.....	8
2.2. Méthodologie.....	9
3. Application de l'étude AMDEC	13
3.1. Décomposition matérielle de la machine.....	13
3.2. Décomposition fonctionnelle de la machine.....	14
3.3. Classement des pannes De la machine 'Dumper 789d ' par l'analyse PARETO.....	14
3.3.1. Initialisation.....	14
3.3.2. Application de l'analyse PARETO de la machine 'Dumper 789D'.....	14
3.3.3. Application d'Analyse Pareto de la transmission de machine 'Dumper 789D'.....	16
3.3.4. Les pannes possibles qui apparaissent aux transmissions.....	17
3.4. .Diagramme Ishikawa.....	19
3.4.1. Présentation.....	19
3.4.2. Domaine d'utilisation.....	20

3.4.3.	<i>Déroulement et étape du diagramme d'Ishikawa</i>	20
3.4.4.	<i>Diagramme d'Ishikawa</i>	22
4.	Fiche analytique d'AMDEC	24
5.	Conclusion	28
Chapitre 3: Plan d'action		29
1.	Introduction	29
2.	Présenter des actions correctives	29
3.	Actions préventives	30
4.	Actions amélioratives.	34
Conclusion générale		35

Liste des figures

Figure 1. Organigramme de la D.M.M.....	5
Figure 2. La démarche de l'étude AMDEC.....	9
Figure 3: Diagramme pieuvre.....	14
Figure 4. Diagramme Pareto de la machine 'Dumper 789D'	15
Figure 5. Diagramme Pareto de la Partie transmission de machine 'Dumper 789D'	16
Figure 6. La fiche exposée.....	19
Figure 7. Diagramme d'Ishikawa	22
Figure 8. Diagramme d'Ishikawa pour la contamination	23

Liste des tableaux

Tableau 1. grille de cotation de fréquence	11
Tableau 2. grille de cotation de Gravité	12
Tableau 3. grille de cotation de détectabilité.....	12
Tableau 4. Analyse Pareto de la machine ‘Dumper 789D’	15
Tableau 5. analyse Pareto de la partie transmission de machine ‘Dumper 789D’	16
Tableau 6. Les pannes qui apparaissent à la transmission a l’année 2022	17
Tableau 7 .AMDEC.....	25
Tableau 8. Plan d’actions correctives.....	30
Tableau 9. Plan d’action préventive.....	31

Introduction générale

La machine dumper 789D permettant de transport des roches calcaires.

Notre projet de fin d'étude consiste à faire une étude AMDEC « Analyse de Mode de Défaillances de leurs Effets et de leurs Criticité » sur ce machine « Dumper 789D », elle a pour objectif de cerner les pannes les plus critiques afin d'empêcher leur réapparition, ce qui va nous permettre d'améliorer le rendement de la machine et de réduire le temps improductif.

La présent rapport s'articule sur trois chapitres. Le premier est consacré à la présentation de la société CPG (DMM) , Ce chapitre intègre également le cahier des charges du projet. Le deuxième chapitre traite les approches AMDEC et son application. Les propositions relatives à l'amélioration de différentes actions de la maintenance sont exposées dans le troisième chapitre. Enfin nous terminerons par une conclusion générale dans laquelle sont rassemblés les principaux résultats obtenus de notre travail.

Chapitre 1: Étude bibliographique et présentation de la société

1. Introduction

Pour mettre en situation la problématique de notre projet, nous commencerons par une présentation de la société CPG/DMM, ainsi une description de ses ateliers. En second lieu nous expliciterons la problématique en se basant sur la méthode QQQQCP. Enfin, nous définirons le plan selon le cahier des charges.

2. Présentation de La société

2.1. Renseignements généraux

La Compagnie des phosphates de Gafsa ou CPG est une entreprise tunisienne d'exploitation des phosphates basée à Gafsa. Elle est rattachée en 1994 au Groupe chimique tunisien.

La CPG figure parmi les plus importants producteurs de phosphates, occupant la cinquième place mondiale avec une production de presque huit millions de tonnes en 2009. En 2014, la production a chuté à cinq millions de tonnes et la Tunisie est le huitième producteur mondial, avec 2,27 %. En 2010, la CPG exploite huit mines à ciel ouvert, situées dans les délégations de Redeyef, Moularès, Metlaoui et Mdhilla, et onze laveries destinées au traitement du minerai ; la douzième laverie est en cours de construction en 2015. Cette activité nécessite près de dix millions de m³ d'eau pompée dans les nappes fossiles et engendre le déversement d'eaux de lavage dans la nature, causant la colère des agriculteurs et des écologistes.

2.2. Historique

C'était en avril 1885, lors d'une prospection dans la région de Metlaoui, partie occidentale du sud du pays, que Philippe THOMAS, géologue amateur français, a découvert des couches puissantes de phosphates de calcium sur le versant Nord de JEBEL THELJA. D'autres prospections géologiques et des explorations de grande envergure ont suivi cette découverte décisive. Celles-ci ont révélé l'existence d'importants gisements de phosphate au sud et au

Nord de l'île de Kasserine. À partir de 1896, date de création de la Compagnie de Phosphate et de Chemin de Fer de Gafsa, une nouvelle activité industrielle des phosphates a vu le jour dans le pays. Les premières excavations ont commencé dans la région de Metlaoui et vers 1900, la production de phosphate marchand a atteint un niveau de 200,000 tonnes. Après ces débuts, la Compagnie de Phosphate et de Chemin de Fer de Gafsa a connu tout au long de sa longue histoire une série de changements structurels avant d'acquiescer son statut actuel et de devenir en janvier 1976, la Compagnie des Phosphates de Gafsa - CPG. Avec une expérience centenaire dans l'exploitation et la commercialisation des phosphates tunisiens, la CPG figure parmi les plus gros producteurs de phosphate dans le monde. Elle occupe le cinquième rang à l'échelle mondiale avec une production actuelle excédant 8 millions de tonnes de phosphate marchand (année 2007).

IMPLANTATION DES UNITES D'EXPLOITATION

2.3. Activités

La CPG figure parmi les plus importants producteurs de phosphates, occupant la cinquième place mondiale. L'activité de l'entreprise se définit en 4 grands groupes: La préparation du terrain, extraction, production et la commercialisation des phosphates.

2.4. Présentation et organigramme de la DMM

Vu les conditions de travail dans les carrières, la CPG perd progressivement la capacité de ses engins (chargeuse, bulldozer, Dumper, et locomotive) donc il est nécessaire de créer une direction qui assure la maintenance de ces engins et qui organise la réception et la distribution des matériaux vers les différents sièges, c'est la direction de la maintenance et du matériel dite la DMM.

2.4.1. Mission

- Mettre en place et contrôler l'application des règles et des consignes d'entretien.
- Définir les conditions d'une gestion optimale et contrôler l'application et veiller à ce que le d'entretien est dans les limites raisonnables.
- Elaborer et mettre en œuvres la politique de la maintenance et d'entretien des équipements d'extraction et des ouvrages de production.
- Contrôler le bon fonctionnement des activités d'entretien dans la compagnie nécessaire pour améliorer l'entretien et le taux de disponibilité du matériel.
- Evaluer avec la direction générale, et pour l'ensemble du matériel de production de la

Compagnie, le veau optimal de la réserve en fonction de l'expérience acquise.

2.4.2. Description et organisation

Pour accomplir sa mission, la DMM a une autorité fonctionnelle sur l'ensemble des entités suivantes :

- Division sous ensemble.
- Division Electromécanique.
- Division infrastructure Téléphonique et service Commun.
- Division Technique.
- Division Inventaire.
- Division Technologique.
- Division Engin.

Ainsi, de diverses entités sont rattachées à la DMM tel que le service administratif et service technique – économique.

- Elaborer et mettre en œuvres la politique de la maintenance et d'entretien des équipements d'extraction et des ouvrages de production.
- Contrôler le bon fonctionnement des activités d'entretien dans la compagnie nécessaire pour améliorer l'entretien et le taux de disponibilité du matériel.
- Evaluer avec la direction générale, et pour l'ensemble du matériel de production de la compagnie, le veau optimal de la réserve en fonction de l'expérience acquise.

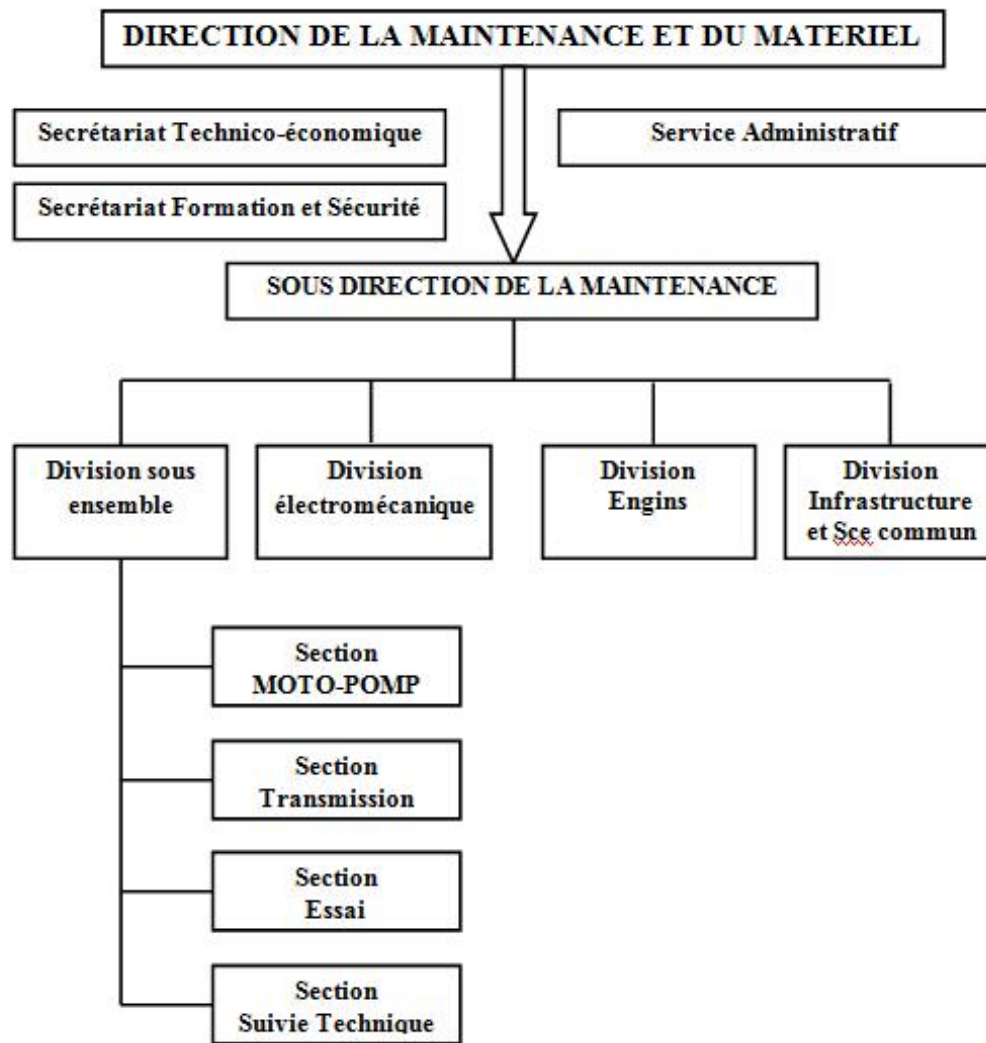


Figure 1. Organigramme DMM

3. Atelier des engins des transports

C'est un atelier fondamental pour la direction dont la fonction principale reconditionner soit les engins en panne soit ceux ayant un rendement faible.

Le processus de travail est comme suit :

- 1) arrivée des engins.
- 2) diagnostic général.
- 3) remplissage du fiche d'expertise et calcul des coûts.
- 4) reconditionnement
- 5) Essai de validation.

L'atelier est constitué de 4 postes :

Poste de transport : On fait le diagnostic générale puis le démontage complet du l'engin.

Après le reconditionnement des différentes parties le montage a lieu ici.

Poste Flexible : a pour intérêt les canalisations des différentes fluides qui sont principalement les flexibles, soit hautes ou basses pressions soit l'embout est à griffes ou à sertissage.

Poste foration : le même rôle que celle du transport mais avec les engins de foration.

Poste sous-ensemble : c'est la poste vitale de l'atelier. A ce Stade, tous les sous-ensembles des engins sont reconditionnés.

4. Problématique

L'application de la méthode QQQCP va nous permettre de bien cadrer et définir le problème pour faciliter la maîtrise de notre sujet afin de trouver des bonnes solutions. Cette méthode consiste à répondre d'une manière successive aux questions suivantes :

QUOI ? Étudier, les problèmes qui mènent à la dégradation de la production et faire des propositions d'amélioration de la fonction de la maintenance.

QUI ? Le problème concerne au premier lieu service maintenance.

OU ? Atelier de transport des engins.

QUAND ? Depuis une année.

COMMENT ? Chercher les causes possibles et principales qui présentent un obstacle à la bonne démarche de la machine.

POURQUOI ? Pour avoir un bon fonctionnement de service maintenance.

5. Cahier des charges

Titre de projet: amélioration du plan de la maintenance à l'aide de l'étude AMDEC du DUMPER 789D.

1) Étude AMDEC

I. Présentation de l'étude

1. Définition

2. Méthodologie

II. Application de l'étude AMDEC

1. Décomposition matérielle de la machine
2. Décomposition fonctionnelle de la machine
3. Classement des pannes De la machine 789 par l'outil PARETO
4. Diagramme Ishikawa.
5. Fiche analytique d'AMDEC
6. Synthèse

2) Plan d'action.

- I. Présenter des actions correctives
- II. présenter des actions préventives
- II. actions amélioratives.

3) Conclusion générale

Chapitre 2: Analyse AMDEC

1. Introduction

Dans ce chapitre on va essayer de faire sortir les éléments critiques pour la machine « Dumper 789d » suivant l'étude AMDEC « Analyse des modes de défaillances de leurs effets et leurs criticité », dans laquelle on va traiter les modes de défaillance, leurs causes et leurs effets, ainsi que l'utilisation du diagramme PARETO pour classer ces éléments afin de chercher des solutions adéquates.

2. Présentation de l'étude

2.1. Définition

Les approches telles que l'inspection et le contrôle du produit ainsi que le contrôle statistique des procédés sont insuffisantes pour résoudre, prévenir et éviter les problèmes qui peuvent apparaître ultérieurement dans les différents systèmes du processus d'affaires d'une entreprise. Parmi les outils et techniques de prévention des problèmes potentiels, la méthode AMDEC s'avère une méthode simple et très efficace. AMDEC est l'acronyme de « Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et 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 et d'un produit. L'association française de normalisation (AFNOR) définit l'Amdec comme étant « une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système ». La méthode consiste à examiner méthodiquement les défaillances potentielles des systèmes (Analyse des modes de défaillance), leurs causes et leurs conséquences sur le fonctionnement de l'ensemble (les effets). Après une hiérarchisation des défaillances potentielles, basée sur l'estimation du niveau de risque de défaillance, selon la criticité, des actions prioritaires sont déclenchées et suivies.

2.2. Méthodologie

Pour garantir un résultat acceptable, la réalisation d'une AMDEC doit avant tout s'inscrire dans une démarche d'analyse du système. La méthode se base sur la question suivante :

Comment notre machine ne peut assurer correctement sa fonction ?

Les réponses à cette question sont nos modes de défaillances pour la machine.

On s'interroge ensuite :

Quels sont les causes probables, quels sont les effets ?

La méthode AMDEC comporte 5 étapes successives.

La démarche est la suivante :

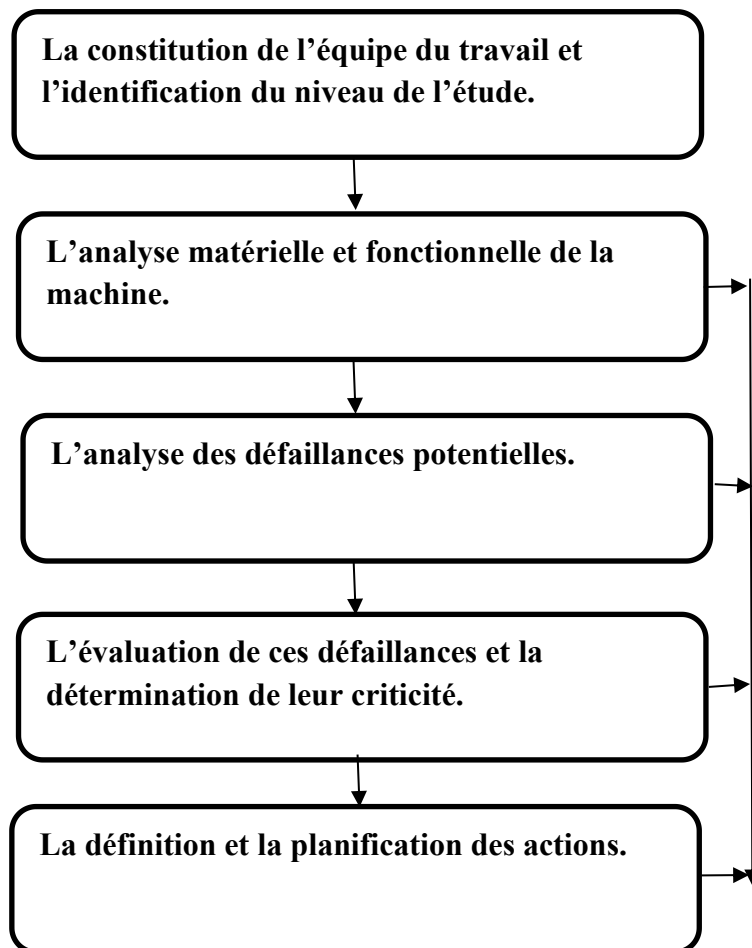


Figure2. La démarche de l'étude AMDEC.

Étape 1 :

La constitution de l'équipe du travail et l'identification du niveau de l'étude :

- Définition du champ d'application
- Définition de la phase de fonctionnement
- Constitution d'un groupe de travail.

Étape 2 :

L'analyse matérielle et fonctionnelle de la machine :

-

Découpage du système

- Identification des fonctions des sous-ensembles
- Identification des fonctions des éléments.

Pour bien analyser ces fonctions de la machine, on a choisi d'appliquer la méthode ci-dessus :

- L'Analyse fonctionnelle de la machine :

- Définition de l'AFNOR :

Selon la norme AFNOR (NF X 50-151), l'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à recenser, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions du produit attendu par l'utilisateur.

- L'analyse fonctionnelle du besoin (analyse fonctionnelle externe)

L'Analyse du besoin cherche à caractériser le besoin exprimé. Elle permet de préciser les véritables services à rendre et de poser le problème à son plus juste niveau. Cette analyse se fait à l'aide d'un diagramme appelé Pieuvre.

Étape 3 :

L'analyse des défaillances potentielles

- Identification des défaillances.
- Identification des modes de défaillances.
- Recherche des causes.
- Recherche des effets.
- Recensement des détections.

Étape 4 :

L'évaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité.

- Établir les grilles de cotations
- Calcul de la criticité.
- Hiérarchisation des modes de défaillances.
- Établir une liste des points critiques.

Etape 5 :

La définition et la planification des actions :

- Classifier les éléments selon leur criticité

Fréquence (F):

Tableau1.grille de cotation de fréquence

Niveau	Valeur	définition
Très faible	1	Défaillance rare : moins de une défaillance par année
Faible	2	Défaillance possible : moins de une défaillance par trimestre moyen
Moyen	3	Défaillance occasionnelle : moins de une défaillance par semaine
Elevé	4	Défaillance fréquente : plus d'une défaillance par semaine

Gravité (G):**Tableau2.grille de cotation de la gravité**

Niveau	Valeur	définition
Mineure	1	-Arrêt de production : moins de 15 minutes -Aucune ou peu pièce de rechange nécessaire.
Moyenne	2	-Arrêt de production : de 15 minutes à une heure -Pièces en stock
Majeure	3	-Arrêt de production :1 heure à 2 heures -Pièces en stock ou livraison ultra-rapide
Grave	4	- Arrêt de production : 2 heures et plus -Long délai de livraison ou back ordre

Non Détectable (N):**Tableau3.grille de cotation de la détectabilité**

Niveau	Valeur	Définition
Evident	1	Détection certaine, sirène, moyens automatiques, signes évidents
Possible	2	détectable par l'opérateur, par des routes d'inspections, vibrations
Improbable	3	difficilement détectable, moyens complexes (démontages, appareils)
Impossible	4	indétectable, aucune ne signe

3. Application de l'étude AMDEC

Pour réussir cette partie de notre étude on a décidé de constituer un groupe de travail qui se compose de responsable maintenance, et d'un technicien qui vont nous donner les informations nécessaires concernant la machine dumper 789d située dans l'atelier de transport des engins lourds.

Par la suite on va passer au découpage du système :

3.1. Décomposition matérielle de la machine

- ✓ Groupe motopropulseur :
 - Moteur diesel/avec turbocompresseur/ avec refroidisseur d'admission.
 - Transmission : boîte vitesse, les réducteurs et convertisseur de couple, poulie, courroie, embrayage, arbre de transmission et les arbres de roues.
- ✓ Circuit freinage :
 - Moteur de desserrage des freins (remorquage)
 - Freins multidisques refroidis par huile (avant et arrière)
 - Disques de frein en matériau longue durée
- ✓ Châssis.
- ✓ Roue et jante :
 - Pneus.
 - Jantes.
- ✓ Circuit électrique :
 - Avertisseur de recul
 - Alternateur
 - Batterie
 - Convertisseur électrique
 - système d'éclairage
- ✓ circuit de direction.
- ✓ circuit hydraulique :
 - pompe hydraulique
 - filtres
 - réservoir d'huile

3.2. Décomposition fonctionnelle de la machine

Décomposition fonctionnelle externe : Diagramme Pieuvre

Le diagramme suivant met en évidence les relations entre les différents éléments du milieu environnant et le produit :

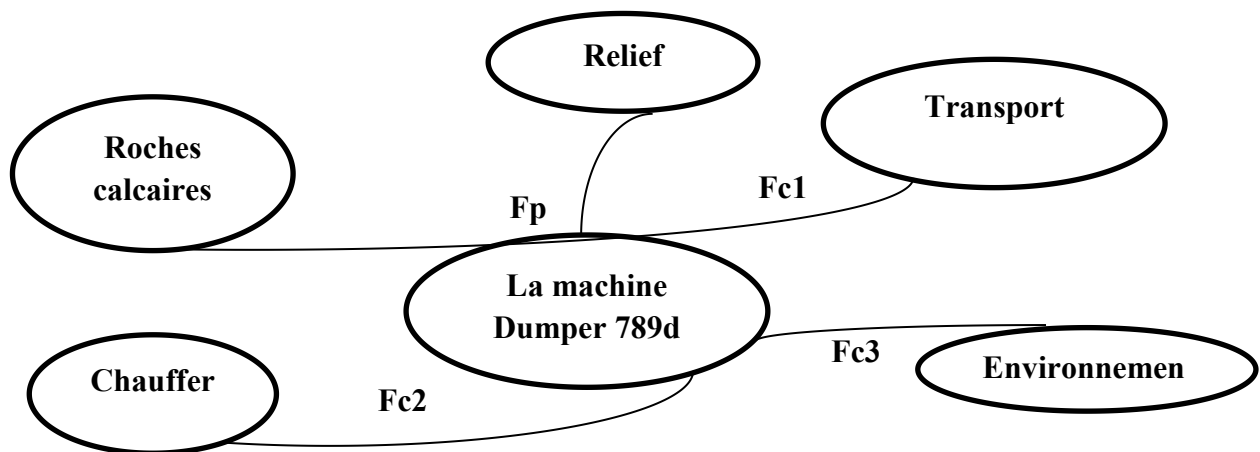


Figure 3. Diagramme Pieuvre.

FP : transport des roches calcaires.

FC1 : résiste à la condition de terrain.

FC2 : respecte les conditions de sécurité et de confort pour le conducteur.

FC3 : respecte la norme de dégagement de gaz d'échappement.

3.3. Classement des pannes De la machine 'Dumper 789d ' par l'analyse PARETO

3.3.1. Initialisation

Afin d'améliorer la disponibilité technique, il est naturel de se focaliser sur les Pannes du Dumper '789D' les plus pénalisants en terme d'arrêt ou d'indisponibilité technique. Ceci réduira considérablement le champ d'investigation tout en garantissant l'atteinte des performances. Pour cela on va mener une analyse PARETO. L'analyse de Pareto ou méthode des 20/80, ou méthode ABC permet de classer les causes selon les effets qu'elles génèrent. En effet, on construit un tableau classifiant les pannes selon un critère bien choisi.

3.3.2. Application de l'analyse PARETO de la machine 'Dumper 789D'

On va faire l'analyse PARETO en se fixant pour l'instant sur la recherche des éléments critiques, qui rendent le système défaillant et qui diminue la disponibilité de la machine. Pour bien sélectionner les composants critiques dans l'atelier de transport des engins lourds, on va réagir sur l'historique des pannes et la durée d'arrêt de machine 'dumper789d' durant 2022.

Tableau 4. Analyse Pareto de la machine 'Dumper 789D'

Classification	Nombres des pannes /an	Cumulé des pannes	%Cumulé
Pannes Transmission	60	60	54,5%
Pannes Rous/Jante	13	73	66,36%
Pannes Hydraulique	12	85	77,27%
Pannes électrique	11	96	87,27%
Pannes frein	5	101	91,82%
Pannes Chassis	3	104	94,55%
Pannes direction	3	107	97,27%
Pannes Moteur	3	110	100,00%

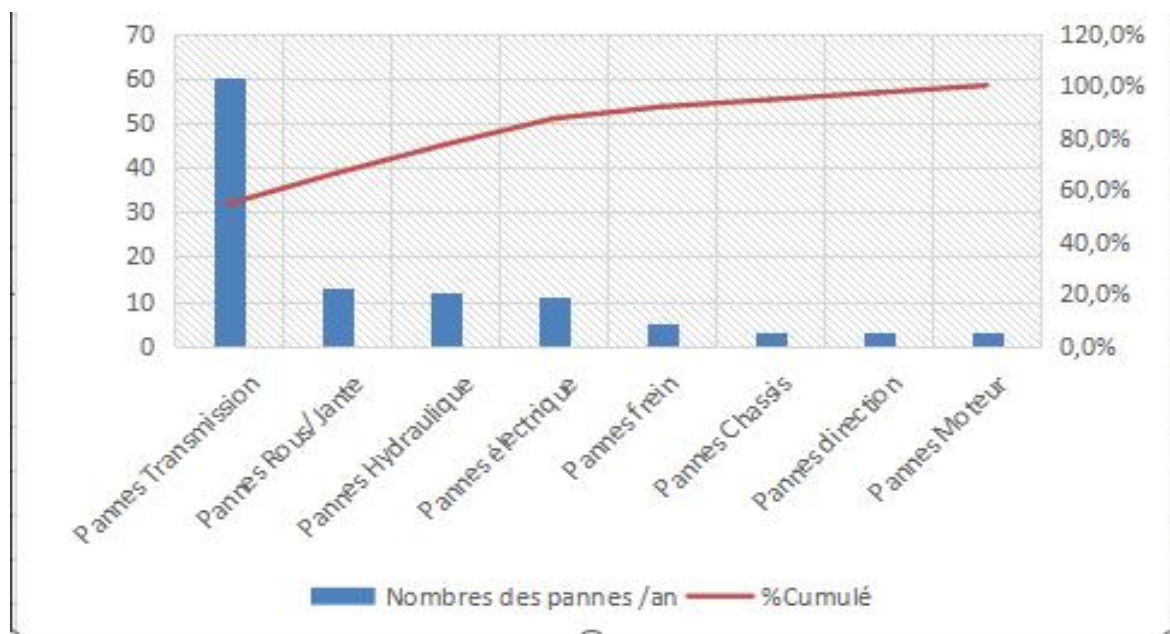


Figure4. Diagramme PARETO 'Dumper 789d'

***interprétation de la courbe :**

Ce diagramme fait apparaître les trois principaux éléments : la transmission et ,roue/jante et le circuit hydraulique qui représentent juste 37% des éléments de la machine sont responsables de près de 63% des pannes.

$3/8=0.37$, soit 37% des causes qui accumulent 63% des effets.

3.3.3. Application d'Analyse Pareto de la transmission de machine 'Dumper 789D'

Et pour cela on va appliquer l'analyse Pareto a la partie de transmission pour trouver les sous ensembles les plus critiques qui diminuent la disponibilité de ce partie.

Tableau 5. Analyse Pareto de la partie transmission de machine 'Dumper 789D'

Classification	Nombres des pannes /an	Cumulé des pannes	%Cumulé
Pannes Boite vitesse	20	20	33,3%
Pannes convertisseur de couple	15	35	58,33%
Pannes réducteurs	9	44	73,33%
Pannes embrayage	5	49	81,67%
Pannes courroie	4	53	88,33%
Pannes arbres de roues	3	56	93,33%
Pannes arbre de transmission	2	58	96,67%
Pannes poulie	2	60	100,00%

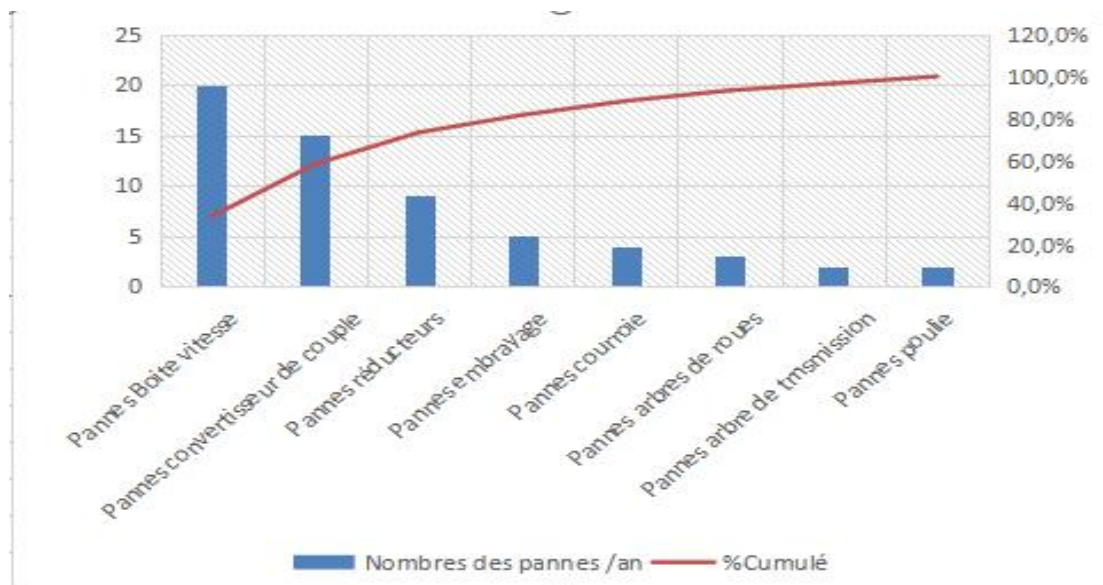


Figure5. Diagramme Pareto de la Partie Transmission de machine 'Dumper 789D'.

***interprétation de la courbe :**

Ce diagramme fait apparaître les trois principaux éléments :boite vitesse, convertisseur de couple et les réducteurs qui représentent juste 37% des éléments de la transmission sont responsables de près de 63% des pannes.

$3/8=0.37$, soit 37% des causes qui accumulent 63% des effets.

Pour les pannes hydraulique et de roues, d'après les données de société et sans appliquer Pareto nous remarquons que les filtres hydraulique (circuit hydraulique) , les pneus et les jantes(Roues) sont les seuls pièces défectueux.

3.3.4. Les pannes possibles qui apparaissent aux transmissions

D'après notre base de données, la transmission est exposée à plusieurs pannes. On peut les classifier avec leurs effets comme suit :

Tableau6.les pannes qui apparaissent aux transmissions a l'année 2022.

Boite Vitesse	Contamination	-Manque d'huile. -Huile contaminé. -Manque de pression. -problème d'engrenage.
	Endommagement du boîtier	-endommagement de carter -apparition du fissuration -choc grace au mauvais transfert.
	Problème mécanique	-Roulement défectueux. -Problème d'alignement.

Convertisseur De couple	Contamination	-surchauffe d'huile -fuite d'huile -huile contaminé.
	Endommoagement	-Impulser endommagée -turbine endommagée
	Problème Mécanique	-Roulement défectueux.
Réducteurs	Contamination	-Huile contaminé -Huile insuffisante
	Problème mécanique	-Defaillance d'engrenage -joint flottant endommagé

Après avoir complété ce tableau on peut dessiner un diagramme d'Ishikawa convenable pour notre panne principale « contamination ».

Remarque : «On a trouvé beaucoup de difficultés pour avoir les informations sur les pannes et leur exacte description, alors on va suggérer une fiche pour déterminer les pannes pour chaque pièce défectueux de la machine Dumper 789D ».

La direction de maintenance et du matériel.	Année : 20../20..
Cordonnée	
Nom et Prénom d'ouvrier :	
Siege :	
Numéro CPG :	
Information sur la Machine :	
Engin : Dumper '789D'	
Nom de pièce(s) Défectueux:	
Marque de pièce :	
Numéro de série :	
Heures de Marche :	
Date de Mise en service : --/--/20--	
Date de dépose : --/--/20--	
Nature de panne :	
Cause de panne :	

Figure 6. La fiche proposé

3.4. .Diagramme Ishikawa

3.4.1. Présentation

C'est un outil qui permet à reconnaître les causes d'un problème. On a une vision globale des causes génératrices d'un problème avec une représentation structurée de l'ensemble des causes qui produisent un effet. Il y a une relation hiérarchique entre les causes et on est en mesure d'identifier les racines des causes d'un problème. Le diagramme d'Ishikawa (ou diagramme en arête de poisson, diagramme cause-effet ou 5M) permet de limiter l'oubli des causes et de fournir des éléments pour l'étude des solutions. Cette méthode permet d'agir sur les causes pour corriger les défauts et donner des solutions en appliquant des opérations correctives.

Il faut dans une première étape définir l'effet sur lequel on souhaite directement agir.

Il est très important de parvenir au consensus sur la définition et les caractéristiques de la question traitée.

Pour cela il faut :

Lister, à l'aide de la méthode de « brainstorming » par exemple, toutes les causes susceptibles de concerner le problème considéré.

Il faut bien approfondir et explorer toutes les dimensions d'une situation donnée

Classer par famille toutes les causes d'un problème déterminé (3 à 5 familles est un choix raisonnable)

Il est important de bien visualiser, de façon claire, cette relation de causes et effet.

3.4.2. Domaine d'utilisation

Le diagramme est utilisé pour :

- Comprendre un phénomène, un processus ; par exemple les étapes de recherche panne sur un équipement, en fonction du/des symptômes(s).
- Analyser un défaut ; remonter aux causes probables puis identifier la cause certaine.
- Identifier l'ensemble des causes d'un problème et sélectionner celles qui feront l'objet d'une analyse poussée, afin de trouver des solutions.
- Il peut être utilisé comme support de communication, de formation.
- Il peut être vu comme une base de connaissances.
- Le diagramme des 5 M n'apporte pas directement des solutions, il permet néanmoins de bien poser les questions.

3.4.3. Déroulement et étape du diagramme d'Ishikawa

Étape 1: Définir clairement le problème :

Placer une flèche horizontale, pointée vers le problème.

Étape 2: Classer les causes recherchées en grandes familles :

Matière: Tout ce qui concerne les inputs du processus

- Le fournisseur change la qualité de l'acier sans prévenir
- L'électricité connaît des variations de voltage
- Les boulons n'ont plus le même pas de vis ...

Matériel : Les moyens techniques

- Machine-outil incapable d'usiner à la tolérance nécessaire
- Camions pas assez grands ou en panne
- Ordinateur ralenti par un virus
- Logiciel mal installé
- Réseau informatique en panne...

Main d'œuvre: L'opérateur n'a pas la formation nécessaire

- Manque de communication entre les personnes
- Le responsable hiérarchique ne fait pas son travail correctement
- Mal payées, les personnes sont démotivées

Milieu : L'environnement

- Canicule entraînant un dérèglement des machines
- Bouchons routiers
- Pluie mouillant les raisins avant récolte
- Le client est fermé et ne peut recevoir une livraison
- Un partenaire refuse de donner une information importante.

Méthode : La conception du produit / processus

- Le temps de cuisson est trop long
- Il n'y a pas assez d'espace de stockage prévu dans l'entrepôt
- Le planning de livraison est mal conçu

Étape 3 : Flèches secondaires :

Ces flèches secondaires correspondent au nombre de familles de causes identifiées. Il faut les raccorder à la flèche horizontale. Chaque flèche identifie une des familles de causes potentielles.

Étape 4 : Mini flèches :

Les causes rattachées à chacune des familles sont inscrites sur des minis flèches.

Il faut avoir toutes les causes potentielles.

Étape 5 : Finalisation :

Il faut rechercher parmi les causes potentielles les causes réelles du problème. Il faut agir dessus, les corriger en proposant des solutions.

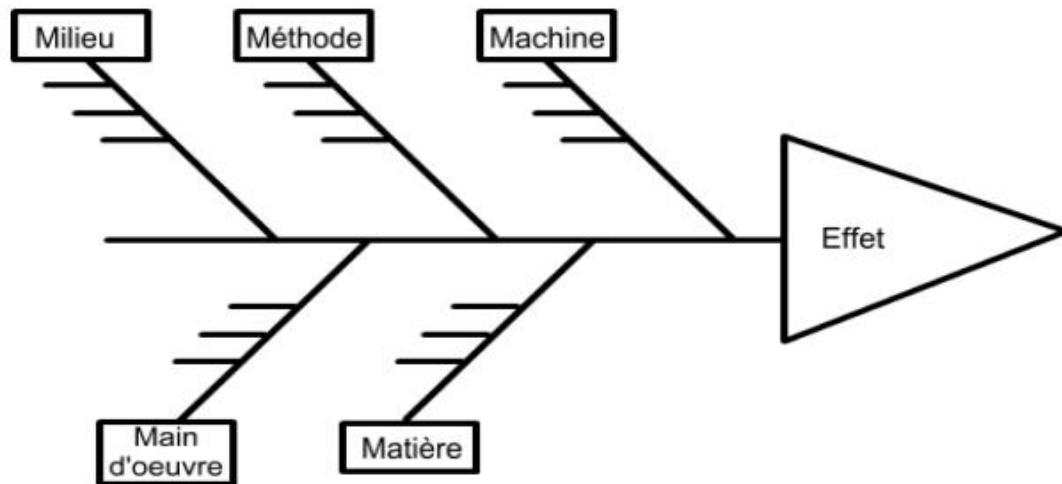
3.4.4. Diagramme d'Ishikawa

Figure7. Diagramme d'Ishikawa 5M

Application d'Ishikawa pour la contamination.

Le BRAINSTORMING ou « Remue-méninges » est une méthode utilisée pour produire rapidement un grand nombre d'idées sur les pannes des boîtes vitesses. Notre groupe composé de 6 personnes, un animateur (l'ingénieur), le sous-ingénieur, le technicien, deux ouvriers et moi(candidates). Généralement cette méthode se déroule en 3 Phases :

- **Phase 1: Organisation:**

L'animateur précise et commente le thème et l'inscrit sous forme de question.

Exemples : « De quelle façon pourrait-on... ? »

« Quelles sont les causes possibles de... ? »

« Quels problèmes rencontrons-nous pour... ? »

Il rappelle les règles de base et si possible l'affiche:

Tout dire ! Pour obtenir variété et diversité, rechercher la quantité, « rebondir », enchaîner sur les idées des autres, ne pas commenter ni critiquer les idées émises, participer dans la bonne humeur.

- **Phase 2 (« Créative »): Production des idées**
 - Pendant 5 min chacun est invité à lister ses idées sur un papier personnel,
 - Par tour de table, chacun donne une idée et la raye de son papier,
 - Toutes les idées sont inscrites et numérotées au fur et à mesure par l'animateur,
 - Chacun ajoute à sa liste personnelle les nouvelles idées qui lui viennent,
 - Poursuite des tours de table jusqu'à ce qu'aucune nouvelle idée ne puisse être trouvée.
- **Phase 3: Exploitation du Brainstorming**
 - Rejet des idées hors sujet,
 - Regroupement éventuel d'idées voisines,
 - Évaluation, sélection des idées à retenir.

On peut maintenant dessiner le diagramme d'Ishikawa pour le contamination:

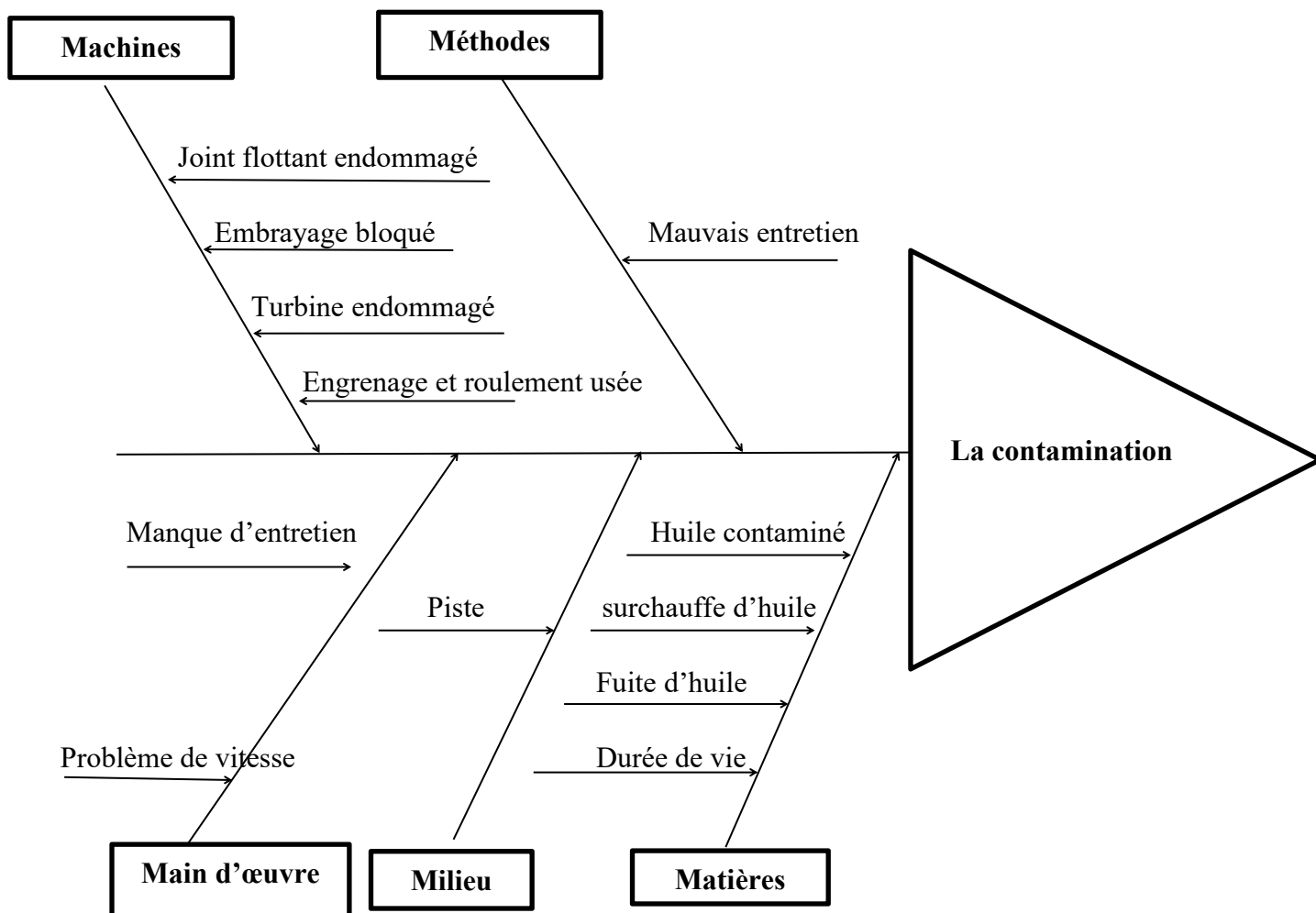


Figure 8. Diagramme d'Ishikawa pour la contamination

Causes liées à la Machine :

L'ancienneté de la machine, les pannes fréquentes, l'usure et les réglages répétitifs ont causé plusieurs pertes en termes de temps et de main d'œuvre.

Causes liées à la main d'œuvre :

La démotivation, le stress, les conditions de travail sont tous les causes directes de plusieurs problèmes dans l'unité (mauvaises performances, mauvaise ambiance de travail).

Causes liées à la matière :

La qualité de la matière première la cause racine principale de plusieurs problèmes observés

Causes liées à la méthode :

Le manque ou l'absence de coordination entre les services au sein de la CPG, Les processus non maîtrisés et non standardisés, la gestion de la maintenance non respectée ou non appliquée sont les causes principales liées à la méthode.

Causes liées au milieu :

Dans cette catégorie on trouve deux causes principales qui sont le désordre (déchets, poussière, matériels inutiles etc...) et les conditions de stockage de la matière première (Température ambiante).

Dans ce partie on s'est focalisé à donner un aperçu général sur les méthodes et les outils qu'on va utiliser afin de faciliter et illustrer le travail par la suite.

4. Fiche analytique d'AMDEC

Après avoir faire une analyse matérielle et fonctionnelle des composants de la machine critique, et après avoir fixé cette fois ci les éléments critiques à l'aide de Pareto on a décidé d'y approfondir, pour extraire cette fois-ci les causes de défaillances de ces éléments.

Tableau 7.AMDEC

Éléments	Fonction	Modes des défaillances	Causes	effets	Criticités				Détection	Action
					G	F	N	C		
Les réducteurs	assurent une multiplication élevée du couple permettant de réduire les contraintes sur la chaîne cinématique	Niveau d'huile insuffisant	-Joint flottant endommagé -fuite d'huile	-usure au niveau des engrenages et des roulements contamination.	2	2	2	8	-Contrôle visuelle -bruit	-changement des engrenages -Changement des roulements et des joints. -Remplissage d'huile. -changement du cardan
		Défaillance d'engrenage	-grippage -fatigue	Réducteur bloquée	2	3	2	1 2	Visuelle	-Changement de l'arbre de sortie du pare-huile et du roulement de la boîte de vitesse
Boîte vitesse	développe une puissance constante sur une grande plage de régimes.	Tiroir coincée.	-remplissage d'huiles contaminé.	contamination.	4	1	3	1 2	Difficilement détectable.	-contrôle de pression à chaque période précis.
		Problème d'embrayage	Manque de pression.	contamination	4	2	2	1 6	Contrôle visuelle.	-changement d'impulser ou de turbine.
Convertisseur de couple.	allie un effort à la jante maximal et des	Turbine ou impulser endommagée.	-surchauffe au niveau d'huile.	contamination	2	2	2	8	Contrôle visuelle.	

	changements de vitesse amortis de la prise convertisseur à l'efficacité et aux performances de la prise directe. Il s'enclenche à environ 7,2 km/h pour transmettre plus de puissance aux roues	Roulement défectueux	-bruit anormaux.	Convertisseur de couple bloquée.	3	2	2	1 2	Bruit.	
--	--	----------------------	------------------	----------------------------------	---	---	---	--------	--------	--

Elément	Fonction	Modes de défaillance	causes	effet	criticité				Détection	action
					G	F	N	C		
Pneu	dont la taille et la robustesse dépendent du type de machine sur lequel il est apposé, ainsi que ses missions.	Dégradation de la structure de pneu	-usure. -Surcharge de matière portée.	Eclatement de pneu.	3	2	2	12	Visuelle.	-renversement de roue suivant l'usure de pneu. -vérification des écrous. -précharge de roulement convenablement.

Jante	l'élément central du roue et se présentant comme un cylindre métallique comportant généralement des trous destinés à la ventilation du système.	-Roulement défectueux -Erou cassée	-Précharge faux. -dysfonctionnement de cerceau	Dégât de jantes.	4	2	2	12	visuelle	
-------	---	---------------------------------------	---	------------------	---	---	---	----	----------	--

Filtres Hydrauliques	débarrasser l'huile des particules solides	Encrassement	Regroupement de particules.	Empêchement de passage d'huile -contamination	2	2	4	16	aucune.	Changement de filtres.
----------------------	--	--------------	-----------------------------	--	---	---	---	----	---------	------------------------

5. Conclusion

L'analyse AMDEC est une recherche longue mais fructueuse qui s'intègre parfaitement dans une démarche d'analyse et de prévention des risques. En outre, la formalisation induite par la grille d'analyse permet de conserver et de capitaliser les informations relatives aux caractéristiques des moyens de production, des produits et des processus.

La méthode AMDEC comme elle a des avantages elle possède aussi plusieurs inconvénients et parmi les avantages on peut citer:

- Le pilotage de l'amélioration continue
- La réduction des coûts
- L'optimisation de contrôles
- L'élimination des causes de défaillances

Et parmi les inconvénients on peut citer :

- coûts souvent élevés au début de l'application
- Ne permet pas parfois de prendre en compte la combinaison de plusieurs défaillances
- Parfois difficile à animer car regroupant des responsables de secteurs qui ont souvent du mal à respecter les séances de travail.

Chapitre 3: Plan d'action

1. Introduction

Notre travail consiste à voir le plan actuel, d'en faire sortir ce qui manque dans ce plan et d'essayer de proposer des actions amélioratives et complémentaires pour rendre la maintenance plus performante.

En général, la gestion des actions correctives et préventives est l'une des charges de travail les plus lourdes pour toute organisation soucieuse de sa qualité, et comme société demandant une bonne réputation, CPG a établi une politique de maintenance pour bien gérer la machine.

Après avoir feuilleté ce plan de la maintenance au sein de l'entreprise, et après avoir effectué l'étude AMDEC, on a constaté que la politique de l'entreprise se base d'une manière stricte sur la maintenance corrective. Par ailleurs, l'entreprise attend l'apparition de la panne, la chose qui mène à des arrêts répétitifs et à la dégradation et la chute continue de la production. Pour cela, on a décidé de proposer à la société des améliorations et des actions complémentaires au plan actuel pour le rendre plus performant, ces améliorations vont essayer au maximum de précéder et prévoir les pannes pour que l'impact de ce dernier sur la démarche de la production soit réduit au minimum.

D'après le 2ème chapitre, on peut cerner les éléments critiques comme suit : boîte vitesse, les réducteurs, convertisseur de couple, les jantes et les filtres, les pneus.

Et par conséquent, les améliorations proposées seront fixé sur ces éléments.

Pour ce faire nous avons suivi le plan suivant :

- Présenter des actions correctives
- Définir les opérations de maintenance préventive

2. Présenter des actions correctives

En considération les différents types de cette maintenance, en essayant de spécifier pour chaque élément critique le type de maintenance la plus convenable. Le tableau cités par la suite, représentent ceux les plus critiques dans la machine, ce qui nécessite des interventions strictes. La maintenance palliative (dépannages) n'est pas efficace comme solution.

Tableau 8. Plan d'actions correctives.

Élément critique	Actions correctives (quoi)	Qui	Ou	Quand	Comment	Porquoi
Pneus.	- Renversement de roue suivant l'usure des pneus.	Service de maintenance	Atelier des engins des transports	Depuis une année.	- Usure. - Surcharge de matière portée.	Avoir un bon fonctionnement au niveau de roue.
Jantes.	-Vérifier l'état d'écrou. -Précharge de roue convenablement	Service de maintenance	Atelier des engins des transports	Depuis une année.	-Précharge faux. -dysfonctionnement de cerceau.	Avoir un bon fonctionnement au niveau de roue.

Afin d'éviter ce problème, on a proposé d'investir pour ces deux éléments de remplacer des nouveaux pneus et des nouveaux jantes.

3. Actions préventives

Cette étape consiste à effectuer des interventions systématiques des sous ensembles estimés fragiles apparus sur la fiche AMDEC :

Le tableau ci-dessous se compose des actions préventives à chaque sous ensemble de système.

Tableau9.Plan d'actions préventives.

Élément critiques.	Actions préventives (Quoi).	Qui	Ou	Quand	Comment	Pourquoi
Boite vitesse.	- mesure permanente de pression. -surveiller la propreté l'huile. -remplissage d'huile.	Service de maintenance	Ateliers des engins des transports	Depuis une année.	-remplissage d'huiles contaminé. -Manque de pression.	Avoir un bon fonctionnement au niveau de transmission.
Réducteurs.	-contrôle de niveau d'huile chaque début de poste -changement d'huile chaque 2000 heures. -Révision complet des réducteurs après 40 000 heures de travail.	Service de maintenance	Ateliers des engins des transports	Depuis une année.	-Joint flottant endommagé -fuite d'huile -grippage -fatigue	Avoir un bon fonctionnement au niveau de transmission.
Convertisseur de couple.	-surveiller l'état déroulement. -surveiller le niveau d'huile.	Service de maintenance	Ateliers des engins des transports	Depuis une année.	-surchauffe au niveau d'huile. -bruit anormaux.	Avoir un bon fonctionnement au niveau de transmission.

Filtres hydrauliques.	Changer ou nettoyer les filtres tous les 250h.	Service de maintenance	Ateliers des engins des transports	Depuis une année.	-Regroupement de particules.	Avoir un bon fonctionnement au niveau de circuit hydraulique.
-----------------------	--	------------------------	------------------------------------	-------------------	------------------------------	---

Après d'appliquer l'AMDEC, méthode Ishikawa (5M), méthode de 5 question QQQQCP nous concluons que notre panne principale est la contamination, et pour avoir un bon fonctionnement de machine il faut avoir un bon fonctionnement de partie transmission, hydraulique.

➤ La contamination :

Nous concluons que la contamination joue à chaque ensemble critique une panne très important de leur dépannage, elles provoquent :

- Déplacer les problèmes de vannes de régulation bouchées.
- Usure prématurée de l'embrayage de la filature.
- Fuites ou usure prématurée.
- Usure prématurée des roulements ou une défaillance de roulement.
- Usure prématurée des pignons.

• Prévention de la contamination :

Empêcher la contamination par pratiquer un bon ménage dans le magasin, en utilisant un stockage d'huile approprié et les méthodes de transfert, en gardant pièces emballées lors de la manutention et stockage, composants de nettoyage Soigneusement pendant la réparation et assemblage et particule performante suivi du comptage.

D'autre part on remarque un service d'analyse de fluide (s-o-s) qui permet a nous développé la transmission de notre machine.

➤ s-o-s analyse de fluide :

Le service s-o-s fournit le meilleur aperçu de la défaillance potentielle de l'usure de la Transmission interne.

• Maintenance préventive:

- Permet de programmer les temps d'arrêt et planifier le frais d'entretien et de réparation.
- Aide à prévenir les pannes majeures.
- Permet d'économiser de l'argent parce qu'on peut souvent réparer avant la panne.
- Maximise la réutilisation des pièces.
- Optimise la durée de vie de l'équipement pour garder notre machine en travail.
- Augmente la valeur des ventes de la machine.

En suivant le plan de la maintenance préventif, nous envisageons une augmentation de la durée de vie de la transmission.

4. Actions amélioratives.

Après notre étude de cet engin 'Dumper 789D' on peut conclure que la contamination représente le panne principale de cet engin, pour cela on propose à la société un système de filtration plus efficace que l'existant pour bien débarrasser d'huile, des particules solides et minimiser ce défaillance.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études s'inscrit dans un contexte de résolution des problèmes de perte de temps et d'arrêt de productivité en CPG. L'objectif principal de ce projet était d'analyser les pannes qui apparaissent au engin 'Dumper 789D'. Cet engin est destiné au transport des roches calcaires.

Ce projet a été pour nous une occasion de découvrir les ateliers de maintenance, de confronter la vie professionnelle, d'approfondir nos connaissances dans le domaine de maintenance et de mettre en œuvre le savoir acquis durant notre formation.

Pour réduire les pertes de temps et l'arrêt de productivité, un diagnostic de l'état actuel a été effectué en utilisant différentes techniques tel que le Brainstorming, Ishikawa. Nous avons réussi à analyser, localiser les pannes, déterminer leurs causes racines.

Une analyse par la méthode AMDEC est faite qui aboutit à la préparation d'un plan d'actions préventives et proposer quelques solutions améliorative.

Références bibliographiques:

Analyse Fonctionnelle « In. Lotfi Ayadi »

Cours de la maintenance de transmission « In.Bilel Kalthoum»

Historiques et documentation de la société année 2022.

<https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C806755>

<https://caterpillar.scene7.com/is/content/Caterpillar/CM20150527-42506-42886>

<http://www.cpg.com.tn/>

ANNEXE :

Caractéristiques de Dumper (CAT-789C) :

Transmission :

Marche avant - 1	12.6 km/h
Marche avant – 2	17.1 km/h
Marche avant – 3	23.1 km/h
Marche avant 4	31.2 km/h
Marche avant5	42.3 km/h
Marche avant6	57.2 km/h
Marche arrière	11.8 km/h
Vitesse maximale, en charge	57.2 km/h

Moteur:

Puissance brute - SAE J1995	1566 kW
Modèle de moteur	3516CHDCat®
Puissance nette nominale - ISO 9249	1468 kW
Alésage	170 mm
Course	215 mm
Cylindrée	78.1 l
Puissance nette	1468 kW
Puissance brute	1566 kW
Taux d'émissions	À consommation de carburant optimisée ou équivalent à la norme EPA Tier 2
Régime nominal	1750 tr/min

Pneu:

Pneus standard	37.00-R57
Pneus en option	40.00-R57

direction :

Normes de direction	SAEJ1511 OCT90 ISO5010:1992
Angle de braquage	36.07 °
Rayon de braquage des roues avant	27.53 m
Hauteur de déversement du véhicule - Rayon de braquage	30.23 m
Rayon de braquage - ISO 7457:1997 (pneus 33.00R51)	27.53 m