



الشعبية الديمقراطية الجزائرية الجمهورية

République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة العربي التبسي - تبسة



Universit Larbi Tébessi - Tébessa

معهد المناجم

Institut des Mines

قسم الكتروميكانيك

Département électromécanique

MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Option : Maintenance Industrielle

CONTRIBUTION À LA MAINTENANCE D'UNE MACHINE INDUSTRIELLE

« CONVOYEUR A BANDE »

Par :

GUELAI RAIHANA

BRİK AYA

Devant le jury composé de :

<i>Président</i>	<i>MCA</i>	<i>RAIS KHALID</i>	Université Larbi Tébessi - Tébessa
<i>Encadreur</i>	<i>MCA</i>	<i>AOULMI ZOUBIR</i>	Université Larbi Tébessi - Tébessa
<i>Examineur</i>	<i>MCA</i>	<i>TALEB MOUNIA</i>	Université Larbi Tébessi - Tébessa
<i>Examineur</i>	<i>MCA</i>	<i>DAOUADI RABEH</i>	Université Larbi Tébessi - Tébessa

Année Universitaire 2021/2022

Remercîment

En termes de rédaction de ce mémoire, nous remercions dieu qui a toujours éclairé nôtre vie par le savoir, et qui nous a donne le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail

Nous tenons à remercier tout particulièrement nôtre encadrant Dr.Aoulmi Zoubir à réaliser ce travail et pour leur aide, leur accueil et leur disponibilité guider et conseiller durant notre préparation du mémoire

Nous tenons remercions aussi les ingénieurs et les techniciens de la mine de boukhadhra et SJDAR EL-HADJAR de Annaba

Nous tenons à remercier aussi les membres de jury qui nous faisons l'honneur de juger nôtre travail

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin a la réalisation de ce modeste travail.



Dédicace

Au nom de Dieu le tout puissant :

J'ai le plaisir à dédier ce modeste travail :

A mes très chers parents qui m'ont donné la vie.

A celle qui m'a donné la coupe vide pour me donner une goutte d'amour, à celle qui a récalté les épines de mon chemin, pour m'ouvrir le chemin de la connaissance. Vers le paradis de ma vie, mère

je dédie également mon diplôme à l'âme de mon cher et bien-aimé père

À ma sœur : KAWTHER

À mes frères : Ayoub, CHOUAIB

Tous les membres de ma famille, petits et grands.

A celui qui m'a aidé et soutenu dans ma vie : MEBARJEG

À mes chères amies.

À tous qui me connaisse de près ou de loin.

Merci à tous.

QUELAT RAJHANA

Graduation





Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*À ma chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui
n'a jamais cessé de prier pour moi,*

*À mon père, pour ses encouragements et son soutien, et surtout
pour son amour*

À mon frère et mes sœurs, à mes cousins,

À toute la famille BRJK,

À tous les enseignants

Brik aya



Graduation



Abstract:

In each complex, factory or mine are the different means of transport that replace the effort human, this leads to a gain in time and in production.

Our work focuses on the study and analysis of the belt conveyor of the Boukhadra mine and EL-HADJAR complex in Annaba using the FMEA methodology in order to determine the failure patterns and the negative effects on it, where we applied the Pareto diagram in order to diagnose Information concerning the failure recorded at the conveyor belt 1704, its causes and its effects was also collected, as well as the methods of prevention and detection of errors. The information was then processed using the Ishikawa diagram (cause and effect table) which leads to the classification of causes and results in the diagnosis of malfunctions.

Keywords: mine, complex, conveyor belt, maintenance, FMECA method, Pareto diagram, ishikawa Diagram

Résumé :

Dans chaque complexe, usine ou mine se trouve les différents moyens de transport qui remplacent l'effort humain, cela mène à un gain dans le temps et dans la production.

Notre travail porte sur l'étude et l'analyse du convoyeur à bandes de la mine de Boukhadra et complexe EL-HADJAR à Annaba en utilisant la méthodologie AMDEC afin de déterminer les schémas de défaillance et les effets négatifs sur elle, où nous avons appliqué le schéma de Pareto afin de diagnostiquer Des informations concernant la défaillance enregistrée à la bande transporteuse 1704, ses causes et ses effets ont également été recueillies, ainsi que les méthodes de prévention et de détection des erreurs. L'information a ensuite été traitée à l'aide du diagramme d'Ishikawa (tableau des causes et effets) qui conduit à la classification des causes et des résultats au diagnostic de dysfonctionnements.

Mots clés : mine, complexe, convoyeur à bande, maintenance, méthode AMDEC, diagramme Pareto, diagramme ishikawa

ملخص:

ان الزائر لأي مركب ، مصنع او منجم يجد انهم يستعملون بكثرة وسائل النقل المتعددة التي تعوض المجهود البدني للعمال و بالتالي تزيد من مردود الانتاج .

يركز عملنا على دراسة و تحليل الحزام الناقل في منجم بوخضرة و مركب الحديد و الصلب بالحجار ولاية عنابة و ذلك باستعمال منهجية AMDEC من اجل تحديد انماط الفشل و التأثيرات السلبية عليه ، حيث قمنا بتطبيق مخطط باريتو من اجل تشخيص المشاكل و الاعطال ؛ كما تم جمع المعلومات المتعلقة بالفشل المسجل في الحزام الناقل 1704 و أسبابها و تأثيراتها بالإضافة كذلك إلى طرق الوقاية والكشف عن الأخطاء. بعد ذلك تمت معالجة المعلومات باستخدام مخطط ايشيكوا (مخطط السبب و النتيجة) حيث يؤدي إلى تصنيف الأسباب و النتائج في تشخيص الأعطال

الكلمات المفتاحية : منجم ، مركب ، الحزام الناقل ، الصيانة ، منهجية AMDEC ، مخطط باريتو ، مخطط ايشيكوا

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Abréviations	
Liste de figure	
Liste de tableaux	
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralité sue la maintenance

Introduction	3
I.1. Historique de la maintenance	3
I.1. Définition de la maintenance.....	3
I.1.1. Définitions normatives	3
I.1.2. Rôle de la fonction maintenance	3
I.2. Objectifs de la maintenance dans l'entreprise.....	4
I.2.1. Objectifs généraux	4
I.2.2. Objectifs de la maintenance.....	4
I.2.3. Objectifs techniques de la maintenance	5
I.3. Place du service maintenance dans l'entreprise	6
I.4. Méthodes de la maintenance	6
I.4.1. Maintenance corrective	6
I.4.2. Maintenance préventive	6
I.4.3. Maintenance d'amélioration	7
I.4.1.1. Maintenance curative	7
I.4.1.2. Maintenance palliative.....	7
I.4.2.1. Maintenance préventive systématique	7
I.4.2.2. Maintenance préventive conditionnelle	8
I.4.2.3. Maintenance préventive prévisionnelle	8
I.5. Opérations de la maintenance.....	9
I.5.1. Opérations de la maintenance corrective	9
I.5.2. Opérations de la maintenance préventive	9
I.6. Niveaux de maintenance	10

I.7.Approche sur la maintenance conditionnelle	11
I.7.1. Généralités	11
I.7.2. Aperçu des technologies.....	11
I.7.3. Principales techniques utilisées en maintenance conditionnelle	11
I.8.Fiabilité et maintenance des équipements Industriels.....	13
I.9. Choix des indicateurs de performance et paramètres d'optimisation de la maintenance	14
I.9.1. Maintenabilité.....	14
I.9.2. Fiabilité	14
I.9.3. Relation entre MUT, MTB, MTTR, MDT	15
I.9.4. définition d'une panne et d'une défaillance.....	15
I.9.5. Disponibilité.....	15
Conclusion.....	16

Chapitre II : Méthodes de maintenance

Introduction

II.1. La Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF).....	18
II.2. Stratégie de type Life Cycle coûts (LCC)	18
II.3.La Maintenance Productive Total (TPM)	18
II.4. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)	18
II.4.1. Historique	19
II.4.2. Définition de l'AMDEC	19
II.4.3. outils de la méthode	19
A. Analyse de Pareto (méthode ABC).....	19
B. Diagramme Hishikawa.....	20
II.4.4. But de l'AMDE(C)	21
II.4.5. Application de l'AMDEC.....	21
II.4.6. Les différents types l'AMDEC.....	22
II.4.7. Déroulement de l'AMDEC	22
II.4.8. Évaluer les défaillances.....	22
II.4.9. les aspects de la méthode	23
II.4.9.1. L'aspect qualitatif	23
II.4.9.2. L'aspect quantitatif	23
II.4.10. Etapes de la méthode	23
II.4.10.1. Constitution du groupe de travail	24
II.4.10.2. Analyse fonctionnelle.....	24

II.4.10.2.2. Modes de défaillance.....	24
II.4.10.2.3. Causes de défaillance.....	24
II.4.10.2.4 Effet de la défaillance.....	25
II.4.10.3. Etude qualitative des défaillances	25
II.4.10.4. Etude quantitative	26
II.4.10.5. Hiérarchisation.....	26
II.4.10.6. Recherche d'actions préventives et correctives.....	26
II.4.10.7. Suivi des actions menées et réévaluation de la criticité.....	26
II.4.10.8. Présentation des résultats	26
II.4.11. Exploitation de l'AMDEC	26
II.4.12. Cotations de criticité l'AMDEC.....	27
II.4.12.1. Fréquence (F).....	27
II.4.12.2. Gravité (G).....	27
II.4.12.3. Détection (D)	28
II.4.12.4. Criticité (C).....	28
II.4.12.5. Matrice de criticité	28
II.4.12.5.Calcul de la nouvelle criticité.....	29
Conclusion.....	30

Chapitre III : Généralités sur le Convoyeur à bande

Introduction	32
III.1. Bref historique	34
III.2. Définition du convoyeur	34
III.3. Les avantage d'un convoyeur	34
III.4. Type de convoyeur	34
III.4.1 convoyeur à bande métallique	34
III.4.2. convoyeur à bande textile	35
III.4.3. convoyeur à raclette	36
III.4.4. Convoyeur magnétique	36
III.4.5. Convoyeur à chaîne	37
III.4.6. Convoyeur en courbe.....	37
III.4.7. Convoyeur à rouleaux.....	38
III.4.8. Convoyeur à bande	38
III.5. Composants du convoyeur et leur dénomination	40

III.5.1. Moto-Réducteur	40
III.5.2. La bande	40
III.5.2.1. Les différents types de bande	41
III.5.2.2. Les types de la bande transporteuse	41
III.5.2.3. vitesse de la bande	41
III.5.2.4 Largeur de la Bande.....	42
III.5.2.5 Support de la bande	43
III.5.3 Les tambours	44
III.5.3.1 Tambour de commande	45
III.5.3.2 Tambour d'entraînement.....	45
III.5.3.3. Tambour de renvoi.....	45
III.5.3.4. Tambour de contrainte	46
III.5.3.5 Diamètre des tambours	46
III.5.4 Les rouleaux	46
III.5.4.1. Les rouleaux de supports supérieurs	47
III.5.4.2. Rouleaux amortisseurs.....	47
III.5.4.3. Les rouleaux porteurs en auge	47
III.5.4.4. Les rouleaux station-supports inférieures	47
III.5.4.4. Écartement des rouleaux de supports	48
III.5.5 Dispositifs de tension	49
III.5.5.1. Système auto-réglant	50
III.5.5.2. Système de tension fixe	50
III.5.6. Système de chargement	50
III.5.6.1 Système de déchargement.....	51
III.5.7. Dispositif de nettoyage	51
III.5.8. Capots pour convoyeurs	51
III.5.9. Le châssis	52
III.6. Types et configuration des convoyeurs à bande.....	52
III.7. Domaines d'utilisation des convoyeurs	53
Conclusion.....	53

Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC sur le convoyeur à bande

Introduction	55
Partie N°1 (cas de mine de BOUKHADRA).....	55

Les étapes de L'AMDEC	55
Etape 1	55
IV.1. Présentation de l'entreprise	55
IV.1.1. La mine de boukhadra	55
IV.1.1.1. Situation géographique	55
IV.1.1.2. Historique de la mine.....	55
IV.1.1.3. Géologie du gisement	56
IV.1.1.4. Morphologie du gisement.....	56
IV.1.1.5. Minéralisation du gisement de Boukhadra	57
IV.1.1.6. Organigramme de l'entreprise	57
IV.1.1.7. Travaux de prospection et d'exploitation effectuée.....	59
Méthodes d'exploitation	59
a) Exploitation à ciel ouvert.....	59
b) Exploitation souterrain	59
IV.1.1.7.1. Travaux de découverte	59
IV.1.1.7.2. La forassions	59
IV.1.1.7.3. Chargement des trous forés avec l'explosif (service d'Abattage)	60
IV.1.1.7.4. Tir des mines et rechargement des masses abattues.....	60
IV.1.1.7.5. Le rechargement des masses abattues par des pelles et des chargeuses. . .	60
IV.1.1.7.6. Le transport	61
IV.1.1.7.7. Le traitement mécanique des roches abattues	61
Etape 2	62
IV.2.Description du convoyeur à bande.....	62
IV.2.1. Caractéristiques techniques de chaque tapis	63
IV.2.2.Fonction du convoyeur.....	63
IV.2.2.1. Les composants principaux du convoyeur à bandeT0	63
a- Groupe de commande.....	63
b- Système de tension (Tendeurs à vis ou à contrepoids).....	64
c- Rouleaux supérieurs	64
d- Rouleaux inferieurs	65
e- Courroie (bande) Transporteuse.....	66
f- Tambours.....	66
IV.2.3. Les formes de la maintenance adoptée par l'entreprise	66
a- Maintenance corrective.....	66
b- Maintenance préventive.....	67
c- Maintenance systématiques	67
IV.2.4. Méthodes de liens de convoyeur à bande.....	67

Partie N°2 (cas de complexe sidérurgique d'El-Hadjar)	68
IV.2.5. Présentation du complexe sidérurgique d'El-Hadjar “ ArcelorMittal ”	68
IV.2.5.1. Situation géographique du complexe.....	68
IV.2.5.2. Historique de complexe	68
IV.2.5.3. Organisation du complexe	68
IV.2.5.4. Généralités de la division PMA	69
IV.2.5.5. Préparation mécanique du minerai au niveau du complexe ArcelorMittal.....	69
IV.2.5.6. Le secteur minerai constitue de plusieurs séquences	70
IV.2.6. Analyse du plan de maintenance actuel du convoyeur à bande	70
IV.2.6.1. Statistiques des heures de pannes du convoyeur.....	71
IV.2.6.2. Analyse du plan de maintenance actuel de la bande	72
IV.2.6.3. Répartition des heures de marches et heures d'arrêts non planifié	72
IV.2.6.4. Analyse des heures de pannes par type.....	73
Etape 3	74
IV.3.Etude de diagramme de Pareto	74
IV.3.1. Répartition de la machine.....	74
IV.3.2. Interprétation du diagramme de Pareto.....	75
IV.3.3. Recherche des causes racines (Diagramme Ishikawa).....	75
IV.3.4. Interprétation du diagramme d'Ishikawa	76
IV.3.5. Analyse AMDEC	77
Etape4	81
IV.4.Synthèse ou évaluation de la criticité	81
Conclusion.....	81
Plan de maintenance préventive	82
Conclusion général.....	83
Bibliographiques.....	84
Anex	86

Liste d'Abréviations

AFNOR : Association française de normalisation.

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance de leur Effets et leur Criticités

C : Criticité

D : Détection

F : Fréquence

G : Gravité

MTTR : Medium Time To Repaire

MTBF : Durée moyenne entre deux défaillances consécutives d'une entité réparée. (Mean Time Between Failure).

MUT : la durée moyenne de fonctionnement après réparation.

MDT : la durée moyenne d'indisponibilité après défaillance.

MTTF : la durée moyenne de fonctionnement d'une entité avant la première défaillance.

TBF : temps d'opération (bon fonctionnement)

TA : Temps d'Arrêt

TPM : Total production de maintenance

TRS : Taux de rendement synthétique

TTR : Time To Repaire

Liste de figure

Chapitre I

Figure I.1. Objectifs généraux de l'entreprise.....	4.
Figure I.2. Différent types de maintenance.....	6
Figure I.3. Pourcentage de différentes techniques de la maintenance conditionnelle.....	11
Figure I.4. Courbe en baignoire du taux de défaillance.....	14
Figure I.5. Cycle de vie d'un système: évolution dans le temps.....	15
Figure I.6. Indicateurs qui résultent la disponibilité.....	16

Chapitre II

Figure II.1. Sûreté de fonctionnement de L'AMDEC.....	19
Figure II.2. La courbe ABC (diagramme de Pareto).....	20
Figure II.3. Diagramme Ishikawa.....	21
Figure II.4. Les démarches d'AMDEC.....	23
Figure II.5. Les causes de défaillance.....	25
Figure II.6. Cause et effet.....	25

Chapitre III

Figure.III.1. convoyeur à bande métallique.....	33
Figure .III.2. Convoyeur à bande textile.....	34
Figure .III.3.convoyeur à raclette.....	35
Figure.III.4. Bande magnétique.....	35
Figure.III.5. Convoyeur à chaîne.....	36
Figure III.6. Convoyeur courbe.....	36
Figure .III.7. Convoyeur à rouleaux.....	37
Figure .III.8. Convoyeur à bande.....	38
Figure .III.9. Schéma de principe d'un convoyeur à bande.....	39
Figure .III.10. Groupe de commande.....	39
Figure .III.11. La bande transporteuse.....	40
Figure .III.12.Aspect de la largeur de la bande.....	41
Figure .III.13. 2 rouleaux ordinaires ou amortisseurs de bagues caoutchouc.....	43
Figure .III.14.composants des tambours.....	43
Figure .III.15.Tambour de commande.....	44
Figure .III.16 .Tambour de renvoi.....	44
Figure .III.17.Tambour de contrainte.....	45

Figure .III.18.Rouleaux d'une station.....	46
Figure .III.19.Les rouleaux de supports supérieurs	46
Figure .III.20.Rouleaux amortisseurs ;	46
Figure .III.21. Rouleau porteur en auge	47
Figure .III.22. Rouleaux porteur inférieurs	47
Figure .III.23.Écartement des rouleaux des supports	47
Figure .III.24.Les rouleaux des supports	48
Figure .III.25.Système auto-réglant	49
Figure .III.26.Système de tension fixe	49
Figure .III.27.Système de chargement	50
Figure .III.28. Dispositifs de nettoyage.....	50
Figure .III.29 .Capots pour convoyeur	51
Figure .III.30.Châssis utilisé dans le transport des produits.....	51

Chapitre IV

Figure IV.1 : Localisation de la région de BOUKHADRA	54
Figure IV.2 : Carte géologique représente les différents corps du gisement.....	56
Figure IV.3 : Organigramme de l'entreprise	56
Figure IV.4 : Organigramme de la mine de Boukhadra	57
Figure IV.5 : Représente d'une sondeuse de type B. Burg HD 1500 D.....	59
Figure IV.5 : Chargement des trous forés avec l'explosif.....	59
Figure IV.6 : Tir des mines.....	59
Figure IV.8 : Représente une chargeuse de type Caterpillar 990 K.....	60
Figure IV.9 : Représente une pelle hydraulique de type Libherr 9100	60
Figure IV.10 : Représente un dumper de type Caterpillar 775 G.....	60
Figure IV.11 : Représente un concasseur à giratoire.....	61
Figure IV.12 : Convoyeur à bande.....	61
Figure IV.13 : Groupe de commande	63
Figure IV.14 : Contrepoids	64
Figure IV.15 : Tendeurs à vis	64
Figure IV.16 : Rouleaux supérieurs	64
Figure IV.17 : Rouleaux inférieurs	64
Figure IV.18: Rouleaux amortisseur.....	65
Figure IV.19 : Rouleaux guide	65

Figure IV.20 : la bande	65
Figure IV.21 : Tambours	66
Figure IV.22 : Les aggrave	67
Figure IV.23 : Installation de préparation des matières et agglomération.....	69
Figure IV.24 : schéma technologique de préparation mécanique du cock	70
Figure IV.25 : Diagramme Identification d'éléments critiques	71
Figure IV.26 : Plan de maintenance actuel de la bande	71
Figure IV.27 : Répartition des heures de marche et de panne	72
Figure IV.28 : Répartition des heures de panne par types.....	73
Figure IV.39 : Diagramme de Pareto	74
Figure IV.30 : Diagramme causes-effet ;.....	75

Liste de tableaux

Chapitre I

Tableau I.1. Objectifs techniques de la maintenance	5
Tableau I.2. Les cinq niveaux de la maintenance (Norme AFNOR X 60 011).....	11
Tableau I.3. Principal technique utilisées en maintenance conditionnelle ;.....	13
Tableau I.4. Cause et leurs remèdes des différents modes de défaillance	14.
Tableau I.5. Temps total d'opérations.....	14

Chapitre II

Tableau II.1 différent type de la méthode AMDEC.....	22
Tableau II.2 Grille de cotation de la fréquence.....	27
Tableau II.3 Grille de la détection	28
Tableau II.4 Échelle de criticité.....	28
Tableau II.5 : Echelle de criticité	29

Chapitre III

Tableau.III.1. Transporteurs de grand franchissement	32
Tableau.III.2. Vitesse maximale conseillées.....	41
Tableau.III.3. Largeur minimale de la bande	42
Tableau.III.4. Diamètre minimaux recommandés pour les tambours.....	45
Tableau.III.5. Ecartement entre les rouleaux des supports.....	48

Chapitre IV

Tableau IV.1 : caractéristique de chaque tapis.....	62
Tableau IV.2 : Distribution les nombres des pannes.....	70
Tableau IV.3 : Types de maintenance actuelle de la bande.....	71
Tableau IV.4 : Heures de marche et heures de panne durant 3 ans ;.....	72
Tableau IV.5 : Heures de marche et heures de panne	72
Tableau IV.6 : Répartition des heures de panne par types	72
Tableau IV.7 : Les nombres des pannes accumulées	73

Introduction Général

Depuis le début de ce siècle et à l'âge de la rationalisation industrielle, les transporteurs à manutention continue occupent une place importante dans toutes les industries grâce à leurs services économiques (le prix de transport (tonne/heure) est très réduit comparativement aux autres types de transporteurs).

Les engins de transport continu s'imposent notamment dans la manutention rationnelle des produits en vrac et des charges isolées, dont leur importance ne cesse de croître. Ces types de transporteurs sont très répandus car ils assurent la continuité de la chaîne de production et ils augmentent considérablement la productivité. Parmi plusieurs types de transporteurs existants, il ya les convoyeurs à bande à qui font l'objet de notre projet.

Le problème qui se pose au niveau de la division de maintenance de la mine de BOUKHADRA c'est les pannes du convoyeur à bande et par conséquent la perte de production. Le convoyeur à bande transporte le minerai réduit par l'un concasseurs du niveau 1704 m jusqu'à la gare, où il sera par la suite acheminé par voie ferrée vers le complexe sidérurgique d'El Hadjar wilaya d'Annaba. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre présent travail intitulé : CONTRIBUTION A LA MAINTENANCE D'UNE MACHINE INDUSTRIELLE « CONVOYEUR A BANDE »

L'objectif essentiel de ce mémoire est de présenter une vue générale sur la maintenance. Nous insistons, sur ces bases théoriques et techniques, d'une part. Et d'autre part, nous utilisons l'AMDEC comme méthode, qui cerne assez bien les anomalies du convoyeur à bandes. Cette étude s'articule sur quatre chapitres.

- ❖ Le premier chapitre est basé sur des généralités sur la maintenance, et son rôle dans l'entreprise
- ❖ Le deuxième chapitre traite Méthode de maintenance, Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)
- ❖ Dans le troisième chapitre, nous avons fait une étude sur les différents types des convoyeurs et leur fonctionnement et les composants qui constituent
- ❖ Le quatrième chapitre c'est l'application de l'AMDEC et l'analyse critique du convoyeur a bande

Ce travail se termine par une conclusion générale.

CHAPITRE I
GENERALITES SUR LA MAINTENANCE

Introduction

Pour être et demeurer compétitive, une entreprise doit produire toujours mieux et au coût le plus bas. Pour minimiser ce coût, on fabrique plus vite et sans interruption des produits de qualité, sans défaut afin d'atteindre la production maximale par unité de temps. L'automatisation et l'informatique ont permis d'accroître considérablement cette rapidité de production. Cependant, les limitations technologiques des moyens de production ne permettent pas d'augmenter les cadences. De plus, produire plus sous-entend produire sans ralentissements, ni arrêts. Pour cela, le système de production ne doit subir qu'un nombre minimum de temps de non production. Exceptés les arrêts inévitables dû à la production elle-même, les machines ne doivent jamais (ou presque) connaître de défaillances tout en fonctionnant à un régime permettant le rendement maximal. Cet objectif est un des buts de la fonction maintenance d'une entreprise. Il s'agit de maintenir un bien dans un état lui permettant de répondre de façon optimale à sa fonction.

I.1. Historique de la maintenance

Le terme « maintenance », forgé sur les racines latines Manus et Ténéré, est apparu dans la langue française au XII^{ème} siècle. L'étymologiste Wace a trouvé la forme maintenir (celui qui soutient), utilisé en 1169 : c'est une forme archaïque de maintenir. L'usage du mot « maintenance » dans la littérature française trouve trace depuis le seizième siècle, et pour les anglo-saxons l'utilisation de ce terme est plus moderne surtout dans le vocabulaire militaire : « le maintien dans des unités de combat, de l'effectif et du matériel à un niveau constant » [F. Monchy, 2003]. Au cours du dernier demi-siècle, la maintenance a connu une évolution très profonde. Cette évolution a touché les stratégies, les attitudes, les habitudes, les moyens et les méthodes. La maintenance a évolué du concept d'entretien suite à la défaillance d'un système, à celui d'une politique de maintenance basée sur des stratégies préventive correctives, proactives et même à méliorative. [1]

I.1. Définition de la maintenance

La maintenance regroupe les actions de dépannage, de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification des équipements matériels (machines, véhicules, objets manufacturés, etc.) ou même immatériels (logiciels). [2]

I.1.1. Définitions normatives

Une première définition normative de la maintenance fut donnée par l'AFNOR en 1994 (norme NFX 60-e.010), à savoir « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ». Depuis 2001, elle a été remplacée par une nouvelle définition, désormais européenne (NF EN 13306 X 60-319) : « Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». Le dictionnaire Larousse définit la maintenance comme : « L'ensemble qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement ». Le projet "CEN" (Comité Européen de Normalisation) la définit par : « L'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un matériel, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ». La fonction requise est ainsi définie par : « la fonction ou l'ensemble des fonctions d'un bien considéré comme nécessaire pour fournir un service déterminé ». [2]

I.1.2. Rôle de la fonction maintenance

Dans une entreprise, quel que soit son type et son secteur d'activité, le rôle de la fonction maintenance est donc de garantir la plus grande disponibilité des équipements au rendement meilleur tout en respectant le budget alloué. Le service maintenance doit mettre en œuvre la

politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise, cette politique devant permettre d'atteindre le rendement maximal des systèmes de production. Un service de maintenance peut également être amené à participer à des études d'amélioration du processus industriel, et doit, comme d'autres services de l'entreprise, prendre en considération de nombreuses contraintes comme la qualité, la sécurité, l'environnement, le coût, etc. [2]

I.2. Objectifs de la maintenance dans l'entreprise

I.2.1. Objectifs généraux

Les objectifs poursuivis par la fonction maintenance résultent des objectifs généraux qui, dans le cas d'une entreprise portent essentiellement sur la rentabilité, la croissance, la sécurité, ainsi que sur des objectifs sociaux.

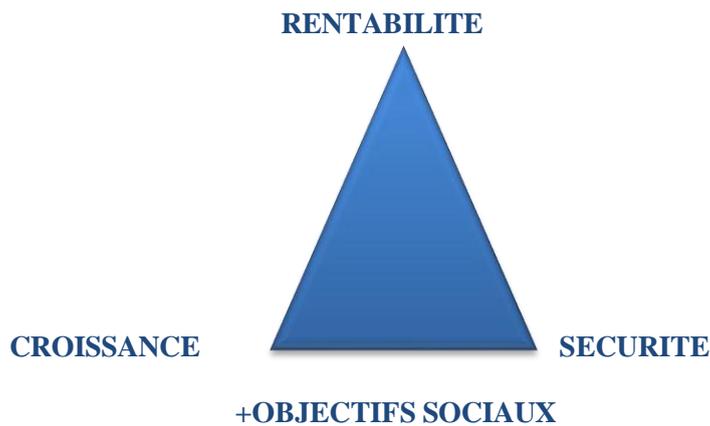


Figure I.1. Objectifs généraux de l'entreprise. [2]

La fonction maintenance doit, comme les autres fonctions, contribuer à la réalisation de cet objectif essentiel, à savoir la rentabilité et la compétitivité des entreprises et l'efficacité des administrations.

La sécurité des personnes et des biens constitue une composante prioritaire des objectifs de la maintenance.

I.2.2. Objectifs de la maintenance

Ses différentes actions doivent assurer la rentabilité des investissements matériels de l'unité de production ou de l'entreprise en maintenant le potentiel d'activité.

C'est un moyen de consolider la compétitivité de l'entreprise. C'est ainsi que le responsable de la maintenance doit aussi être un bon gestionnaire, afin qu'il puisse minimiser les coûts de maintenance et planifier ces opérations dans le temps. La maintenance est aussi concernée par la maîtrise de qualité symbolisée par l'objectif des **cinq zéros** :

- **Zéro pannes** : objectives naturelles de la maintenance ;
- **Zéro défaut** : outil de production en parfait état (tout défaut entraîne un arrêt de production d'où augmentation des coûts et des délais) ;
- **Zéro stocks, zéro délai** : un outil de fabrication fiable permet une fabrication sans stock (flux tendu) et une livraison sans délai ;
- **Zéro papier** : il faut comprendre « zéro papier inutile », c'est à dire les papiers engendrés par les erreurs, les défauts, les défaillances, les retards qui viennent alourdir le travail et l'organisation.

I.2.3. Objectifs techniques de la maintenance

Ces objectifs dépendent essentiellement de la nature des entreprises considérées et leurs impératifs d'exploitation.

Tableau I .1. Objectifs techniques de la maintenance. [2]

	Production par processus	Production/montage en série	Production par unités	Services de transport	Exploitation des services
Type d'équipement	Spécialisé haute technologie	Machines-outils courantes	Equipement spécialisé spécifique à chaque étape de lancement des travaux	Parc relativement uniforme de technologie courante	Peu d'équipements propres mais des services auxiliaires
impératif d'exploitation	Ne pas interrompre le flux, cela coûte cher	Maintenir chaque poste de travail à sa capacité maximale	A chaque nouvelle étape de la fabrication, l'appareillage nécessaire doit être disponible	Le nombre d'unités en révision doit être aussi faible que possible	A aucun moment, les services ne doivent être arrêtés
Capacités particulières	Connaissances approfondies du processus spécialisé	Connaissances des principaux types de machines-outils	Assurer la disponibilité du matériel spécialisé pour chaque étape	Prévoir une rotation rationnelle qui permet l'entretien systématique	Assurer sans interruption la fourniture du service auxiliaire

Les objectifs techniques de disponibilité effective des équipements peuvent consister en:

- un taux maximum de disponibilité effective ;
- un nombre minimum d'arrêts ;
- un taux de fiabilité ;
- des objectifs de MTBF et MTTR.

Le Taux de Rendement Synthétique (TRS), de la méthode Japonaise TPM présente l'avantage de prendre en compte toutes les causes d'arrêts ou de pertes, à savoir:

- Panne ;
- Changements de série et réglages ;
- Passages à vide, micro-arrêts ;
- Diminution de cadence ;
- Pertes pour défaut de qualité ;
- Pertes au démarrage.

Le TRS rassemble donc les pertes liées à la maintenance et les autres pertes, telles que celles pour le changement de série et démarrages. Les fonctions maintenance et qualité sont étroitement liées dans la méthode TPM, qui consiste une méthode globale de management.

I.3. Place du service maintenance dans l'entreprise

Les installations et les équipements tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples, déformations dues au fonctionnement et action des agents corrosifs.

Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement, diminuer les capacités de production, mettre en péril la sécurité des personnes, provoquer des rebuts, diminuer la qualité et, augmenter les coûts de la production ou d'exploitation et diminuer la valeur marchande de ces moyens. Dans tous les cas, ces détériorations engendrent des coûts directs ou indirects supplémentaires. Le service maintenance, comme le service de sécurité, devient une interface entre toutes les entités qui composent l'entreprise. [3]

I.4. Méthodes de la maintenance

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Pour choisir, il faut être informé des objectifs de la direction, des décisions politiques de maintenance, mais il faut aussi connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels ; le comportement du matériel en exploitation ; les conditions d'application de chaque méthode ; les coûts de maintenance et les coûts de perte de production.

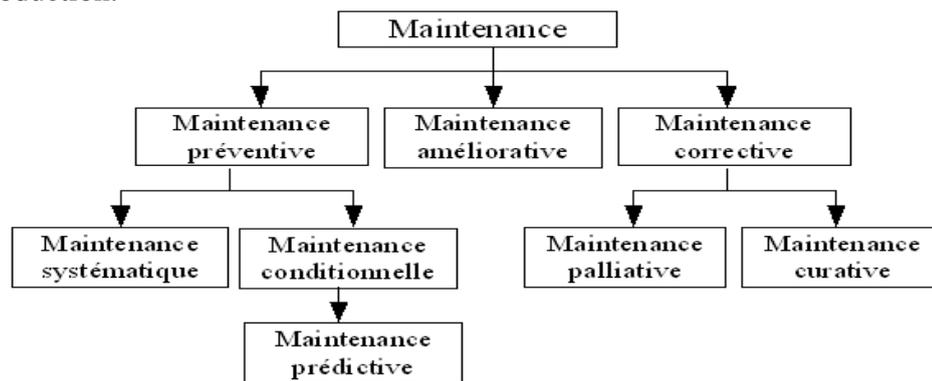


Figure I.2. Différents types de maintenance. [3]

I.4.1. Maintenance corrective

C'est une maintenance après la défaillance. La maintenance corrective a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation. Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés ou / et une dépréciation en quantité ou / et en qualité des services rendus. [4]

I.4.2. Maintenance préventive

La maintenance préventive effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation service rendu. Elle doit permettre d'éviter des défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un

Gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter. Le but de la maintenance préventive est de:

- augmenter la durée de vie des matériels ;
- diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;
- prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;
- permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions ;
- éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.;
- diminuer le budget de la maintenance ;
- supprimer les causes d'accidents graves. [4]

I.4.3. Maintenance d'amélioration

L'amélioration des biens d'équipements qui consiste à procéder à des modifications, des changements, des transformations sur un matériel correspond à la maintenance d'amélioration. Dans ce domaine beaucoup de choses restent à faire. C'est un état d'esprit qui nécessite une attitude créative. Cette créativité impose la critique.

Les améliorations à apporter peuvent avoir comme objectif l'augmentation des performances de production du matériel ; l'augmentation de la fiabilité, c'est-à-dire diminuer les fréquences d'interventions ; l'amélioration de la maintenabilité (amélioration de l'accessibilité des sous-systèmes et des éléments à haut risque de défaillance); la standardisation de certains éléments pour avoir une politique plus cohérente et améliorer les actions de maintenance, l'augmentation de la sécurité du personnel. Tous les matériels sont concernés à condition que la rentabilité soit vérifiée. Cependant une petite restriction pour les matériels à renouveler dont l'état est proche de la réforme, pour usure généralisée ou par obsolescence technique. Même si ces activités sortent du cadre direct de la maintenance, elles s'intègrent bien dans le champ de compétence des professionnels de maintenance. En période de crise économique, certains industriels peuvent se montrer prudents à l'égard des investissements et trouvent des possibilités d'amélioration par l'intermédiaire de ces formes de maintenance. [4]

I.4.1.1. Maintenance curative

Activités de maintenance corrective ayant pour objectif de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent. Ces activités peuvent être des réparations, des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillance(s). [4]

I.4.1.2. Maintenance palliative

Activités de la maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelée couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives. [4]

I.4.2.1. Maintenance préventive systématique

La maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou

après une révision partielle ou complète. Cette méthode nécessite de connaître le comportement du matériel ; les usures ; les modes de dégradations ; le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries (MTBF). La maintenance systématique peut être appliquée dans les cas suivants :

- équipements soumis à la législation en vigueur (sécurité réglementée);
- équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves;
- équipements ayant un coût de défaillance élevé;
- équipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service. [4]

I.4.2.2. Maintenance préventive conditionnelle

La maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé, (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, ...), révélateur de l'état de dégradation du bien. La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendant de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Cette surveillance de la dégradation permet de fixer un seuil d'alarme avant un seuil d'admissibilité. Le principal intérêt d'une telle stratégie est de pouvoir utiliser les entités au maximum de leur possibilité mais aussi de diminuer le nombre des opérations de maintenance corrective.

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant les cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là, nous pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non des tactifs. La maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement. Ils peuvent porter par exemple sur :

- le niveau et la qualité d'une huile ;
- les températures et les pressions ;
- la tension et l'intensité du matériel électrique ;
- les vibrations et les jeux mécaniques.

De tous les paramètres énumérés, l'analyse vibratoire est de loin la plus riche quant aux informations recueillies. Sa compréhension autorise la prise à bon en pleine connaissance de cause des décisions qui sont à la base d'une maintenance préventive conditionnelle. La surveillance peut être soit périodique, soit continue. [4]

I.4.2.3. Maintenance préventive prévisionnelle

La dernière méthode de maintenance préventive utilisée, stade ultime de la maintenance, est la maintenance prévisionnelle (appelée à tort maintenance prédictive, car si l'on sait parfois prévoir en maintenance, en aucun cas on ne sait prédire !) qui est exécutée « *en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien* » (Norme NF EN 13306). Plus encore que pour la maintenance conditionnelle, il est nécessaire de maîtriser la technologie et le comportement du bien concerné dans ses conditions d'exploitation pour envisager l'application d'une telle stratégie de maintenance. Elle est en effet basée sur l'analyse de l'évolution des paramètres techniques qui permettent de qualifier l'état du bien et de déceler les dégradations potentielles dès leur apparition. De façon plus précise que la maintenance conditionnelle, elle permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'intervention devra être réalisée. [4]

I.5. Opérations de la maintenance

I.5.1. Opérations de la maintenance corrective

➤ **Dépannage :**

Action sur un matériel en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder des résultats provisoires avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas, elle sera suivie de la réparation. Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation sont à la base d'un bon diagnostic et permettent souvent de gagner du temps. Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses. De ce fait, les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépenses tentent d'organiser les actions de dépannage. Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

➤ **Réparation :**

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après une panne ou une défaillance. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique. [5]

I.5.2. Opérations de la maintenance préventive

Ces opérations peuvent être classées en quatre groupes d'actions

-Le premier groupe concerne l'entretien ; il comprend les opérations suivantes: le nettoyage, la dépollution et le retraitement de surface.

-Le deuxième groupe concerne la surveillance ; il comprend les opérations suivantes : l'inspection le contrôle et la visite.

-Le troisième groupe concerne la révision ; il comprend les opérations suivantes : la révision partielle et la révision générale.

-Le quatrième groupe concerne la préservation ; il comprend les opérations suivantes : la mise en conservation, la mise en survie et la mise en service.

- **Entretien :** L'entretien comprend les opérations courantes et régulières de la maintenance préventive tels que le nettoyage, la dépollution et le retraitement de surface qu'ils soient externes ou internes. Par exemple, on peut signaler pour le nettoyage extérieur l'existence de divers types de nettoyage en fonction de la structure et de l'état d'un bien, des produits utilisés et de la méthode employée (les solutions alcalines aqueuses, les solvants organiques, le soufflage aux abrasifs, ...). Il faut aussi préciser que le retraitement de surface inclut les opérations suivantes de la lubrification et de graissage.
- **Surveillance :** Les termes définis ci-après sont représentatifs des opérations nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien, effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.
- **Inspection:** c'est une activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Cette activité peut s'exercer notamment au moyen de ronde.
- **Contrôle:** c'est une vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Le contrôle peut :
 - Comporter une activité d'information ;
 - Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement ;
 - Déboucher sur des actions correctives.

- **Visite:** c'est une opération consistant en un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du 1er niveau.
- **Révision :** C'est l'ensemble des actions d'examen, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné. Il est d'usage de distinguer suivant l'étendue de cette opération les révisions partielles des révisions générales. Dans les deux cas, cette opération implique la dépose de différents sous-ensembles. Ainsi le terme de révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections, etc. Les deux types d'opération définis (révision partielle ou générale) relèvent du 4ème niveau de la maintenance
- **Préservation :** Elle comprend les opérations suivantes:
 - **mise en conservation:** c'est l'ensemble des opérations devant être effectuées pour assurer l'intégrité du bien durant les périodes de non-utilisation.
 - **mise en survie:** c'est l'ensemble des opérations devant être effectuées pour assurer l'intégrité du bien durant les périodes de manifestations de phénomènes d'agressivité de l'environnement à un niveau supérieur à celui défini par l'usage de référence.
 - **mise en service :** c'est l'ensemble des opérations nécessaires, après l'installation du bien à sa réception, dont la vérification de la conformité aux performances contractuelles. [5]

I.6.Niveaux de maintenance

Ils sont au nombre de cinq(05), nous les résumons dans le tableau suivant:

Tableau I.2 : Les cinq niveaux de la maintenance (Norme AFNOR X 60 011). [5]

Niveaux	Types de travaux	Personnel d'intervention	Moyens
1 ^{er} niveau	réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement, ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	pilote ou conducteur du système	outillage léger défini dans les instructions d'utilisation.
2 ^{ème} niveau	dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes)	technicien habilité	outillage léger défini dans les instructions d'utilisation et pièces de rechanges disponibles sans délai.
3 ^{ème} niveau	identification et diagnostic de pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	technicien spécialisé	outillage prévu et appareils de mesure, banc d'essai, contrôle...
4 ^{ème} niveau	travaux importants de maintenance corrective ou préventive	équipe encadrée par un technicien spécialisé	outillage général et spécialisé, matériels d'essais, de contrôle...
5 ^{ème} niveau	travaux de rénovation, de reconstruction ou réparation importantes confiées à un atelier central	équipe complète et polyvalente	moyens proches de la fabrication

I.7. Approche sur la maintenance conditionnelle :

I.7.1. Généralités

La maintenance conditionnelle permet de déterminer la nature de l'action courante à effectuer sur le système et éventuellement la date de la prochaine intervention de maintenance en fonction du niveau de vieillissement du système.

La maintenance conditionnelle est un outil efficace pour le contrôle du compris entre maintenance préventive et maintenance corrective.

Cependant, sa mise en place dans un contexte industriel est souvent empirique et ne conduit pas à l'obtention des meilleurs gains. [6]

I.7.2. Aperçu des technologies

Selon la norme AFNOR X 60-010, la maintenance conditionnelle est définie comme une maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur de mesure d'une usure révélateur de l'état de dégradation du bien). Le choix des indicateurs dépend essentiellement de leur capacité à décrire l'installation surveillée,

Ils sont de deux ordres; les critères de consommation d'énergie, qualité du produit fini.....et les critères de comportement.

Parmi ces dernières, on peut citer de manière non exhaustive, les contrôles de bruit, l'analyse de la température, l'analyse d'huile, la mesure de vibrations.

Ce dernier critère est le plus souvent utilisé en raison de son efficacité, de sa réactivité, de sa facilité de mise en œuvre et de la richesse des résultats obtenus. Il est non seulement l'outil de base de maintenance mais aussi de contrôle qualité dans le cas d'une recette vibratoire d'une installation neuve ou après remise en état. Mais la corrélation de plusieurs critères permet d'affiner les diagnostics.

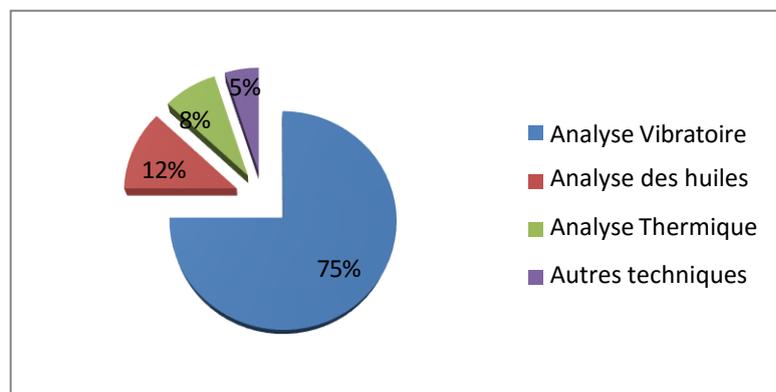


Figure I.3: Pourcentage de différentes techniques de la maintenance conditionnelle [6]

I.7.3. Principales techniques utilisées en maintenance conditionnelle :

- **L'analyse vibratoire** : cette technique est principalement utilisée pour la surveillance des machines tournantes. Toute machine tournante vibre. Ces vibrations sont les conséquences de défauts de la machine. Plus la machine vibre, plus les défauts sont importants ;
- **L'analyse des huiles** : ces analyses peuvent avoir deux buts : soit déterminer le moment adéquat du renouvellement de l'huile soit pour détecter les premiers symptômes de l'usure anormale des organes. La principale technique utilisée est l'analyse physico-chimique (viscosité, teneur en eau, indice d'acidité) ;

- **La thermographie infrarouge** : cette technique permet de mesurer la température de composants sans contact. Tout défaut se traduisant souvent par une élévation de la température, on peut ainsi en mesurer les conséquences ;
- **L'analyse acoustique** : cette technique permet de détecter l'apparition de défauts audibles et autorise une surveillance continue des machines
- **Les examens visuels** : examen visuel direct.

Les principales techniques sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I.3 : Principales techniques utilisées en maintenance conditionnelle

	Principaux avantages	Principales limitations	Champ d'applications
Analyse vibratoire	<ul style="list-style-type: none"> • Détection de défauts à un stade précoce • Possibilité de réaliser un diagnostic approfondi • Autorise une surveillance continue • Permet de surveiller l'équipement à distance « télémaintenance » 	<ul style="list-style-type: none"> • Spectres parfois difficiles interpréter • Dans le cas de la surveillance continue, installations relativement coûteuses 	Détection des défauts de tous les organes cinématiques de la machine (balourd, défaut d'alignement, jeux, etc.) et de sa structure
Analyse d'huiles	<ul style="list-style-type: none"> • Détection d'une pollution anormale du lubrifiant, avant que celle-ci n'entraîne une usure ou un échauffement • Possibilité de connaître l'origine de l'anomalie par analyse des particules 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne permet pas de localiser précisément le défaut • Nécessite de prendre de nombreuses précautions dans le prélèvement de l'échantillon 	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle des propriétés physico-chimiques du lubrifiant, détection d'un manque de lubrification, analyse des éléments d'usure, analyse de contamination par le procès (étanchéité), etc.
Thermographie IR	<ul style="list-style-type: none"> • Permet de réaliser un contrôle rapide de l'installation • Interprétation souvent immédiate des résultats 	<ul style="list-style-type: none"> • Détection de défauts à un stade moins précoce que l'analyse vibratoire • Contrôle limité à ce que "voit" la caméra (échauffements de surface) • Ne permet pas de réaliser un diagnostic approfondi 	<ul style="list-style-type: none"> • Détection de tous les défauts engendrant un échauffement (manque de lubrification en particulier)
Analyse acoustique	<ul style="list-style-type: none"> • Permet de détecter l'apparition de défauts audibles • Autorise une surveillance continue 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité au bruit Ambiant • Diagnostic souvent difficile à réaliser • Problèmes de répétabilité des mesures 	<ul style="list-style-type: none"> • Détection d'un bruit inhabituel pouvant ensuite être analysé par analyse vibratoire

Toutes ces techniques entrent dans le cadre de contrôle non destructif CND, défini comme suit : les méthodes qui permettent l'essai, l'examen ou la détection de défauts sur une machine ou une pièce, sans en altérer la nature, la structure, ou le fonctionnement. [6]

I.8.Fiabilité et maintenance des équipements Industriels

L'évaluation de l'état de dégradation des équipements industriels s'avère un élément indispensable à la définition des opérations de maintenance destinées à garantir, pour un coût maîtrisé et préétabli, un niveau maximum de disponibilité et de sécurité de ces équipements. En termes de statistique, la fiabilité est une fonction du temps $R(t)$, qui représente la probabilité de bon fonctionnement d'un matériel. En termes de qualité, la fiabilité d'un matériel est définie comme l'aptitude à maintenir l'entité identique à sa spécification d'origine. La fiabilité peut être estimée par le taux de défaillance $\lambda(t)$ (exprimé en pannes par heure). Il est présenté par le rapport :

$$\lambda = \frac{\text{Nombre de défaillances}}{\text{Durée d'usage}}$$

Ainsi, liée aux risques de défaillance, la vie des équipements se présente en trois(03) phases :

-Phase de jeunesse: $\lambda(t)$ décroît rapidement. C'est la période de mise en service et de rodage de l'installation. Les défaillances sont dues à des anomalies ou des imperfections de montage. Dans cette phase, seule la maintenance corrective est applicable.

-Phase de maturité: $\lambda(t)$ est pratiquement constant. C'est la période de vie utile où les défaillances s'apparaissent sans dégradation préalable visible, pour des causes diverses. La défaillance est constante ou légèrement croissante, correspondant au rendement optimal de l'équipement. Dans cette phase une maintenance préventive est applicable.

-Phase de vieillesse: $\lambda(t)$ croît rapidement. Un mode de défaillance prédomine et entraîne une dégradation accélérée: c'est la période d'obsolescence, souvent due à l'usure mécanique, la fatigue, l'érosion ou la corrosion. A un certain point de : $\lambda(t)$ le matériel est hors service. Une maintenance préventive conditionnelle peut éventuellement être mise en place. Dans la première phase, seule la maintenance corrective est pratiquée. C'est seulement dans la seconde phase (phase de maturité) qu'intervient la maintenance préventive. *La figure 1.4* représentant la variation du taux de défaillance en fonction du temps, est appelée courbe en baignoire.

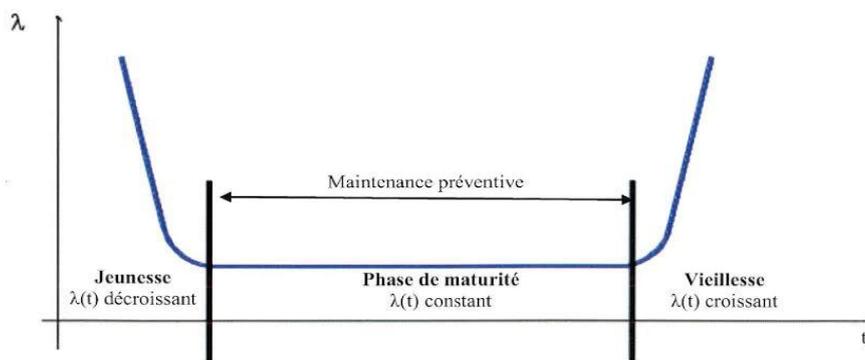


Figure 1.4. Courbe en baignoire du taux de défaillance. [7]

Cette courbe en baignoire montre bien que la maintenance préventive n'est réellement justifiée que pour la phase de maturité. Dans cette période, le taux de défaillance est sensiblement constant et égal à l'inverse de l'indice de fiabilité: MTBF.

La MTBF, ou moyenne des temps de bon fonctionnement, est la valeur moyenne des temps entre deux défaillances consécutives. Ainsi faut-il retenir que durant la phase de maturité de l'équipement, le taux de défaillance est constant : $MTBF = \frac{1}{\lambda}$

MTBF = Somme des Temps de Bon Fonctionnement/ nombre de défaillances.

Cette courbe comporte trois (03) phases pour lesquelles on détaille les causes potentielles et les actions à entreprendre pour améliorer le comportement du système

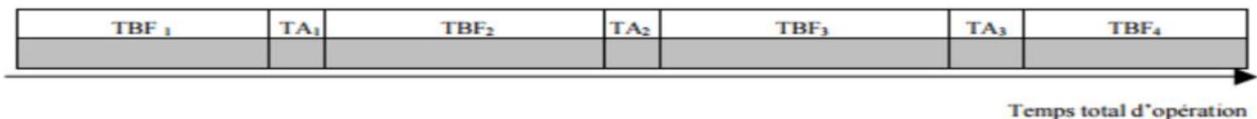
Tableau I.4. Causes et leurs remèdes des différents modes de défaillance. [8]

	Cause	Remèdes
Période de jeunesse	Défauts de fabrication Assemblage Contrôle de la qualité Conception Contamination	Tests de validation Vérification Contrôle de la qualité
Période de vie utile	Environnement Erreur humaine Charges aléatoires Catastrophes naturelles Événement aléatoire	Redondance Amélioration de la résistance
Période de vieillissement	Fatigue Corrosion Frottements Charges cycliques Age	Réduction du taux de panne Maintenance préventive Remplacement préventif

I.9. Choix des indicateurs de performance et paramètres d'optimisation de la maintenance

Les indicateurs de performance en maintenance MTBF et la MTTR sont parmi les indicateurs les plus utilisés. Ils se réfèrent à des notions de fiabilité, de maintenabilité et de disponibilité. La vie d'un équipement industriel comprend une alternance d'arrêt et d'opération bon fonctionnement. On peut l'illustrer par :

Tableau I.5. Temps total d'opération. [2]



TBF = temps d'opération (bon fonctionnement)

TA = Temps d'Arrêt

I.9.1. Maintenabilité

La maintenabilité concerne l'action de maintenance comme telle. Par la maintenabilité, on recherche l'optimisation du temps d'intervention afin d'augmenter le temps de production en diminuant les délais dus au :

- temps pour l'attente de pièce de remplacement ;
- temps pour compléter les documents ;
- temps de préparation de l'action.

Son indice est la MTTR signifie moyenne des temps techniques de réparation. Il indique le temps moyen des différentes actions de maintenance prises pour un équipement. Il s'exprime de la façon suivante :

$$MTTR = \frac{\text{Temps total d'arrêts}}{\text{Nombre d'arrêts}}$$

I.9.2. Fiabilité

La fiabilité est la probabilité qu'un produit fonctionne correctement sans panne dans des conditions d'utilisation données pendant une durée spécifique. Elle s'exprime en probabilités Cette définition suppose que l'on doit connaître:

- Ce qu'on entend par fonctionner correctement ;
- Les conditions d'utilisation ;
- Le temps moyen souhaité entre les pannes.

L'indice de fiabilité le plus employé est le MTBF. La MTBF signifie moyenne des temps de bon fonctionnement. Il indique la durée moyenne d'un équipement en bon fonctionnement (en production).

I.9.3. Relation entre MUT, MTB, MTTR, MDT

En général, on utilise les sigles d'origine américaine MTBF, MTTR, MDT, MUT avec le risque évoqué au début du paragraphe de mal se comprendre ; on peut proposer les expressions françaises suivantes pour utiliser exactement les mêmes notions en levant les ambiguïtés:

$$MTBF = MUT + MDT$$

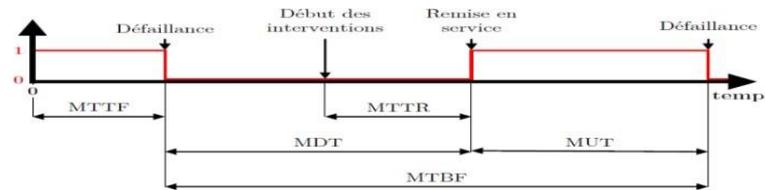


Figure I .5. Cycle de vie d'un système : évolution dans le temps [9]

-MUT la durée moyenne de fonctionnement après réparation.

-MDT la durée moyenne d'indisponibilité après défaillance.

-MTTF la durée moyenne de fonctionnement d'une entité avant la première défaillance.

I.9.4. définition d'une panne et d'une défaillance

Une panne est une non-conformité par rapport au principe de fonctionnement qui nécessite une intervention de maintenance prévue ou non prévue pour y remédier, alors que le terme défaillance englobe toute forme de non-conformité à un critère de performance défini.

Une défaillance est une perte de fonction. La norme AFNOR définit la défaillance comme une altération ou une cessation d'un bien à accomplir une fonction requise.

I.9.5. Disponibilité

C'est un indice qui inclut les précédents. Habituellement, c'est cet indice qui est mesuré car il est plus complet. Il détermine la disponibilité d'un équipement à effectuer son travail dans le temps.

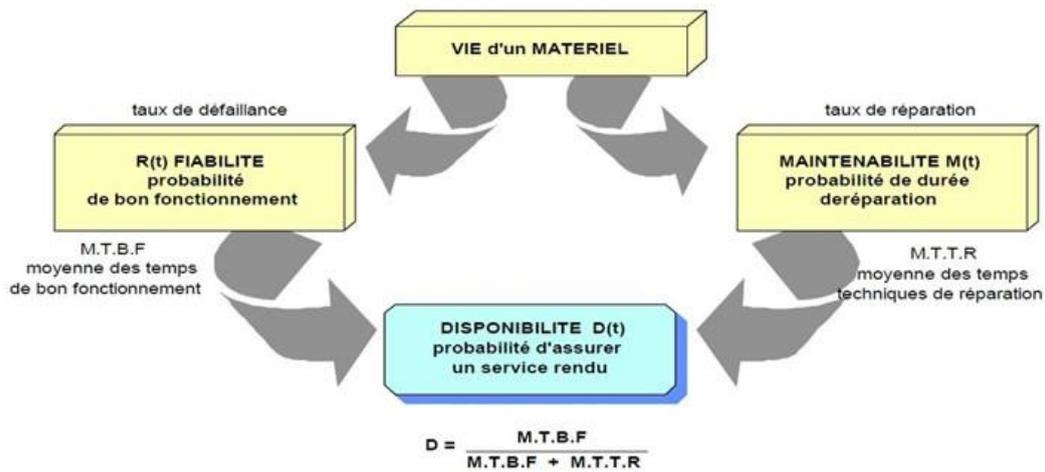


Figure I.6. Indicateurs qui résultent la disponibilité. [2]

Conclusion

La maintenance est une fonction complexe qui, selon le type de processus, peut être déterminante pour la réussite d'une entreprise. Les fonctions qui la composent et les actions qui les réalisent doivent être soigneusement dosées pour que les performances globales de l'outil de production soient optimisées. Toute la difficulté tient à ce réglage qu'il faut ajuster en tenant compte de nombreux éléments : au niveau de l'entreprise : du contexte économique et social ; au niveau de l'installation : de l'interaction avec les autres systèmes (en particulier celui de la production) ; au niveau du système maintenance : des divers effets de chacune des activités (études, préparation, ordonnancement...). Pour être efficace, il faut d'abord avoir une idée aussi claire que possible des mécanismes qui influent sur les grandeurs significatives (nombre de pannes, temps de réparation, délais logistiques, coûts de maintenance préventive, coûts du stockage des matières, actions de communication, etc.). Il faut ensuite mesurer ces grandeurs et construire des indicateurs pour juger de l'état du système maintenance et pour identifier des axes d'amélioration. Il faut enfin trouver les actions qui conviennent et tâcher d'en évaluer l'impact. Nous avons essayé de donner une idée générale du système maintenance en le décomposant en sous-fonctions et en indiquant leurs interactions. Des pré diagnostics recouvrant les différentes activités peuvent être proposés pour évaluer les performances du système maintenance d'une installation. Ils sont éventuellement complétés par des diagnostics plus poussés de manière à quantifier avec une meilleure précision des indicateurs importants. Ceux-ci peuvent ensuite être comparés à des valeurs de référence obtenues par ben camarin (en français : parangonnage) de manière à détecter les meilleures pratiques et à engager les améliorations qui conduiront à des gains significatifs. Cette présentation de la maintenance s'est voulue fonctionnelle de façon à pouvoir rester générique et « neutre ». L'organisation qui sera ensuite appliquée au système maintenance est le reflet de choix stratégiques. En effet, selon celle qui sera établie, certaines fonctions... [2]

Chapitre II

Méthodes de maintenance

Introduction

Dans ce chapitre on a présenté les différents méthodes de maintenance existant, On a choisir comme méthode d'optimisation de la maintenance convoyeur à bande.

Cette méthode MBF s'appuie sur une démarche de type AMDEC et des matrices de criticité pour hiérarchiser les équipements, puis analysé les causes de défaillances. L'utilisation ultérieure de diagramme cause et effet permet de déterminer les actions à entreprendre dans le cadre d'un plan de maintenance préventive.

II. Méthodes de maintenance :

II.1. La Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF)

est une méthode qui a pour but non seulement de déterminer les causes d'origine mais aussi de chercher les solutions et engager les actions correctives appropriées pour les éliminer et enfin généraliser et standardiser les résultats a toutes les composantes similaires de processus. Ceci a pour seul souci, optimiser les coûts de maintenance.

II.2. Stratégie de type Life Cycle coûts (LCC) [10]

La stratégie du Life Cycle coûts est basée sur la détermination du coût de maintenance d'un l'équipement sur la durée de son cycle de vie. La grandeur Life Cycle coûts désigne la somme des coûts d'investissement de l'équipement, des coûts cumules d'utilisation et des coûts de maintenance, sur la durée de vie de l'équipement. Cette démarche permet l'optimisation du coût global d'un système sur l'ensemble de son cycle de vie. Ce concept est principalement utilisé dans une démarche décisionnelle pour choisir une politique de maintenance à appliquer et l'âge adéquat de remplacement de l'équipement. Cependant, la difficulté majeure de cette approche est l'estimation des différents coûts intervenant durant le cycle de vie d'un 'équipement.

II.3. La Maintenance Productive Total (TPM)

C'est une approche d'amélioration de la productivité globale de l'appareil de production par une meilleure implication de tous les personnels de l'entreprise dans la fonction maintenance. Elle est donc indépendante de la taille de l'entreprise. Seul compte le déroulement de sa mise en œuvre et son management de mise en œuvre et de support.

Le principal indicateur de la TPM est le TRS (taux de rendement synthétique) qui intègre plusieurs facteurs indiquant le fonctionnement global d'un équipement. Cet indicateur est très utile car il permet de déterminer l'efficacité d'un moyen de production. [11]

II.4. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)



Figure II.1. SURETE DE FONCTIONNEMENT de L'AMDEC [12]

II.4.1. Historique

Elle trouve son origine dans les années 1950, sous le nom de FMEA (Fail ures Modes and Effets Analyses). Utilisée exclusivement aux USA et au Japon pour améliorer la fiabilité des produits de haute technicité (armement, avionique, spatial), elle fait son apparition en Europe en 1970 dans l'industrie nucléaire (du militaire vers le civil). Le grand essor de l'AMDEC est dû à sa mise en œuvre généralisée dans l'industrie automobile (à partir de 1979 chez Ford et 1982 chez les constructeurs Français) ; tous les sous-traitants sont dû suivre. Conformément au QS 9000 (équivalent de l'ISO 9000 pour l'automobile), les fournisseurs automobiles devaient utiliser la planification qualité du procédé (APQP), incluant l'outil AMDEC et développant les plans de contrôle. Les industries électroniques, puis les industries mécaniques se sont inscrites ensuite dans cette démarche (apparition de la notion de sécurité des biens et des personnes). [13]

II.4.2. Définition de l'AMDEC

L'AMDEC est une méthode de **prévention des risques**. L'AMDEC est utilisée pour améliorer la **fiabilité** d'un **produit**, d'un **processus** ou encore d'un moyen de production. Elle permet d'**évaluer** la **criticité des défaillances potentielles** d'un système.

Son exploitation est d'autant plus fructueuse que l'analyse est **précoce dans un projet**. Les retombées en sont multiples:

On peut citer parmi les plus fréquentes :

- La qualité d'un produit ;
- La sécurité d'un système ;
- La mise au point de l'amélioration d'un processus de fabrication ou d'assemblage ;
- L'adaptation d'un programme de maintenance préventive ou prédictive, l'établissement de procédures d'assurance qualité, de plan de prévention de défauts et de surveillance, etc... [12]

L'AMDEC consiste à analyser :

- les défaillances ;
- leurs causes ;
- leurs effets.

II.4.3. outils de la méthode

En effet, la décision de continuer à maintenir, rénover ou remplacer un actif industriel n'est pas facile à prendre. C'est pourquoi, Nous présenterons les outils d'aide à la décision dans le domaine qui outre les coûts d'achat, d'exploitation et de maintenance Introduisent la notion de risque (sécuritaire, technique et financier). Outils de décision, de gestion et d'optimisation permanente de la maintenance, ils sont à la fois puissants et modulaires.

Leur application aux différents secteurs industriels permet de formaliser et de faire évoluer la logique du raisonnement quotidien des décideurs de maintenance en y intégrant les notions de risques liés à la sécurité, à la disponibilité des installations ainsi qu'aux coûts de maintenance. [14]

A. Analyse de Pareto (méthode ABC)

L'analyse de Pareto consiste à déterminer la minorité de causes responsables de la majorité des effets. La démarche de la méthode se décline en 4 étapes principales :

1. Définir la nature des éléments, à classer ces éléments par ordre décroissant, ce classement dépend du caractère étudié. Ces éléments peuvent être: des matériels, des causes de pannes, des natures de pannes, des bons de travail, des articles en stocks etc.

2. Choisir le critère de classement: Les critères les plus fréquents sont les couts et les temps, selon le caractère étudiée, d'autres critères peuvent être retenue tels que :

- le nombre d'accidents, le nombre d'incidents;
- le nombre de rebuts, le nombre d'heures d'utilisation;
- le nombre de kilomètres parcourus.

3. Tracé le courbe pourcentage des valeurs cumulées du critère en fonction du pourcentage des éléments cumulés qui en sont responsables (*Figure II.2*).

4. Détermination des seuils des classes A, B et C des éléments. La classe A est celle de la minorité d'éléments (en général 20%) responsable de la majorité des effets (en général 80%). La classe B est celle de la majorité d'éléments (en général 50%) responsable de la minorité des effets (en général 20%). La classe C est intermédiaire. Elle est composée généralement des 30% d'éléments responsable de 15% d'effets.

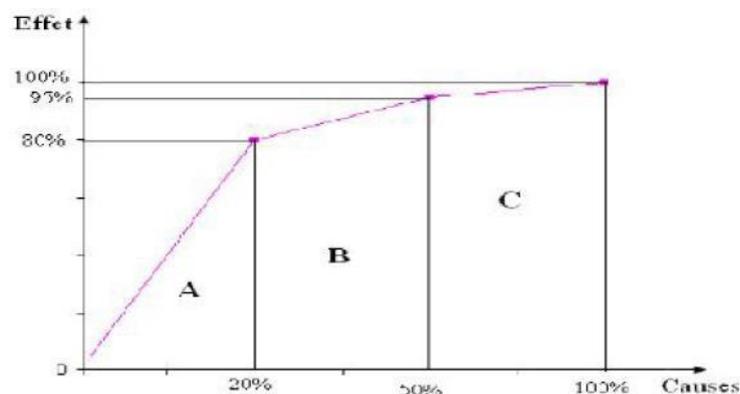


Figure II.2 : La courbe ABC (diagramme de Pareto). [15]

B. Diagramme d'Ishikawa

Le diagramme d'Ishikawa, ou de causes à effet, est une représentation structurée de toutes les causes qui conduisent à une situation. Son intérêt est de permettre aux membres d'un groupe d'avoir une vision partagée et précise des causes possibles d'une situation. Le schéma comprend les facteurs causaux identifiés et catégorisés selon la règle des "5M". En effet, il a été repéré que les facteurs causaux relèvent généralement de ces cinq catégories : La matière ou les matériaux ; le matériel employé ; le milieu ou le contexte ; les méthodes et la main d'œuvre. Il est possible dans certaines utiliser des catégories telles les moyens financiers et le management.

Selon Remi BECHELET, Enseignant chercheur à l'école Centre de Lille le diagramme d'Ishikawa est un outil des méthodes de résolution des problèmes. Introduit dans les chantiers navals Kawasaki dans les années 60 par le Japonais KAORU ISHAKAWA, le diagramme d'Ishikawa est de nos jours un des sept outils de base de management de qualité que sont :

- Les histogrammes ;
- Les diagrammes de Pareto ;
- Les feuilles de relevés ;
- Les cartes de contrôle ;
- Les diagrammes de flux/organigrammes.

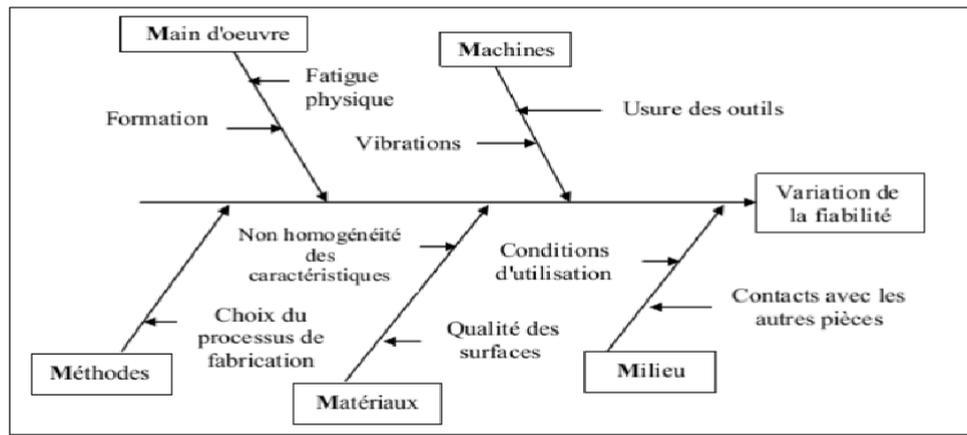


Figure II.3 : diagramme Ishikawa. [14]

Cette analyse peut être conduite de façon beaucoup plus spécifique pour un mode de défaillance particulier. Dans ce cas, il suffit de remplacer l'effet générique « Variation de la fiabilité » (au sommet de l'arête d'Ishikawa), par le mode de défaillance à étudier.

II.4.4. But de l'AMDE(C)

Étudier et maîtriser les risques de défaillance d'un produit, d'un procédé de fabrication, d'un moyen ou d'un service.

L'AMDEC permet donc :

- D'identifier les faiblesses potentielles du système : modes vraisemblables de défaillance, causes possibles pour chaque mode, effets de chaque défaillance selon la phase de la mission ou du cycle de vie dans laquelle elle se produit.
- De définir et de mettre en place des actions préventives et/ou correctives tout au long du cycle de vie du produit, ainsi que la mise en place de procédures d'exploitation, d'utilisation et de maintenance. [16]

II.4.5. Application de l'AMDEC

Intégrer l'AMDEC dans l'entreprise

Au sein d'une entreprise, l'utilisation de l'AMDEC se traduit par :

- une production optimisée, le bon produit du premier coup ;
- une amélioration permanente des moyens de production afin de limiter les défaillances ;
- une amélioration constante de l'organisation ;
- la fixation d'un seuil de qualité à obtenir, la mise en place des moyens pour y parvenir ;
- une analyse de chacun des défauts de production ;
- la rédaction de recommandations en cas de défaillances. [17]

II.4.6. Les différents types l'AMDEC

Tableau II.1: différent type de la méthode AMDEC [17]

Types d'AMDEC	Rôle	Document de travail associé
AMDEC Fonctionnelle	Analyse des défaillances et de ses causes à l'étape de la conception.	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de construction • Brevet
AMDEC Produit	Analyse les demandes des clients en termes de fiabilité.	Plan de fiabilisation
AMDEC Process	Analyse des risques liés aux défaillances d'un produit.	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de surveillance • Contrôle qualité
AMDEC Moyen de Production	Analyse les risques liés aux défaillances de la chaîne de production.	Guide de maintenance
MDEC Flux	Analyse les risques liés à l'approvisionnement, le temps de réaction et de correction et leurs coûts.	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de gestion des stocks • Procédure de sécurité

II.4.7. Déroulement de l'AMDEC

- Initialisation ;
- Analyse des défaillances ;
- Évaluation des défaillances – Analyse de la criticité ;
- Proposition d'actions en réduction de risques ;
- Suivi et contrôle des actions ;
- Exploitation de l'AMDE(C). [16]

II.4.8. Évaluer les défaillances

La grille d'évaluation de l'AMDEC

Une fois l'AMDEC mise en place, les résultats obtenus sont classés et analysés grâce aux grilles d'évaluation.

Dans ces grilles, une note comprise entre 1 et 10 est donnée pour chacun des points suivants :

- la fréquence des défaillances,
- la gravité des défaillances,
- la qualité du système de détection.

La note de criticité

Une fois que les notes de fréquence, de gravité et de détection ont été données, la note de criticité est calculée.

$$\text{Criticité} = \text{Fréquence} \times \text{Gravité} \times \text{Détection}$$

Plus la note de criticité est élevée, plus la défaillance est importante. Le plus souvent, les entreprises fixent une note de criticité à ne pas dépasser. [17]

II.4.9.les aspects de la méthode

II.4.9.1. L'aspect qualitatif

L'aspect qualitatif de l'étude consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.

II.4.9.2. L'aspect quantitatif

L'aspect quantitatif consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite la recherche et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes des défauts potentiels. [18]

II.4.10. Etapes de la méthode

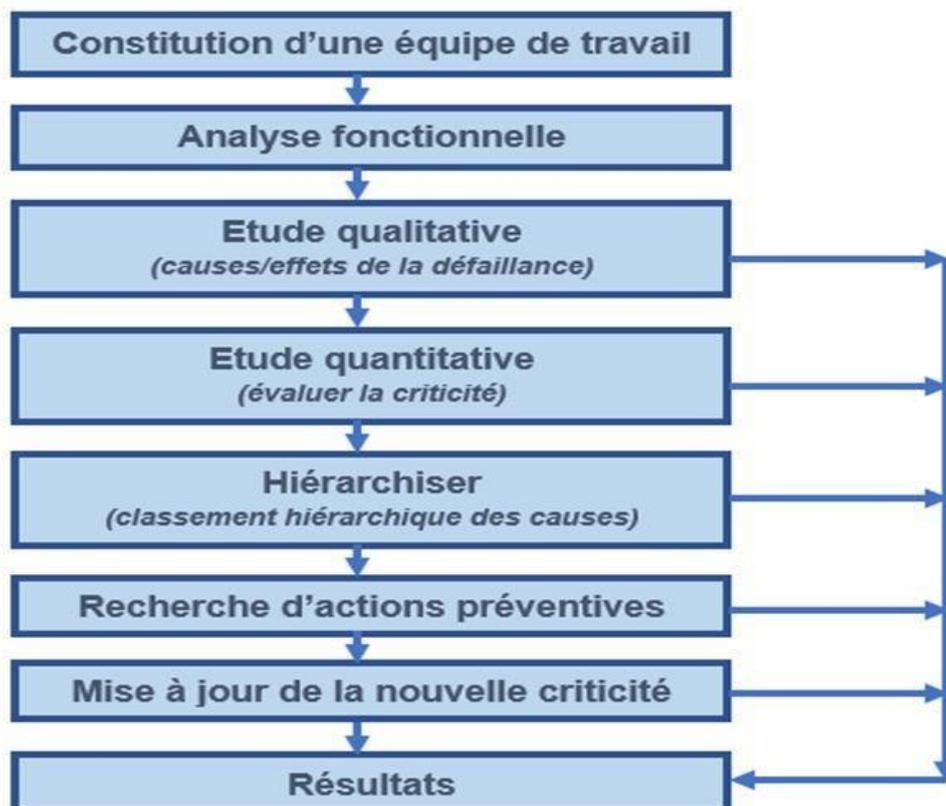


Figure II.4 : Les démarches d'AMDEC. [19]

II.4.10.1. Constitution du groupe de travail

Cette étape consiste à créer un groupe de travail, une équipe regroupant plusieurs secteurs de l'entreprise. En fonction du type d'AMDEC, les secteurs seront différents. Par exemple, Pour une AMDEC-processus, les secteurs invités peuvent être des personnes du service recherche, des achats, du marketing, de la maintenance, de la qualité, des méthodes et de la production. Un animateur compétent est primordial pour réussir avec succès cette AMDEC

C'est ce responsable, cet animateur qui construira un tableau tel que celui ci-après avec 7 colonnes (repère et fonction du produit, mode de défaillance potentielle, effet de la défaillance, causes, évaluation (criticité), actions envisagées et mises en place et résultats.

Le succès de cette méthode est meilleur lorsque les équipes sont constituées de membres actifs et peu nombreux (des groupes de travail de 6 ou 7 personnes sont efficaces) [19]

II.4.10.2. Analyse fonctionnelle

Une défaillance est la dégradation ou la disparition d'une fonction d'un produit. L'analyse fonctionnelle permet de recenser les fonctions principales du produit, mais aussi les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires.

L'analyse fonctionnelle se décompose en 3 phases:

- Définir clairement le besoin. Concrètement décrire comment le besoin peut être satisfait ou non.
- Définir les fonctions du besoin. Chaque fonction doit répondre à la question: A quoi sert cette fonction? La réponse doit être formulée simplement: un sujet et un verbe. (exemple, la fonction d'une tondeuse. La tondeuse tond. La défaillance pourrait alors être: (Exemple, la fonction d'une cisaille. La cisaille coupe. La défaillance pourrait alors être : la cisaille ne coupe pas, ou la cisaille ne coupe plus de façon nette.)
- Etablir l'arbre fonctionnel. C'est un ensemble de fonctions principales, de sous-fonctions ou résultants de fonctions élémentaires. [19]

II.4.10.2.1. Analyse des défaillances

L'AMDEC a pour but premier de déceler les défaillances probables ou les points faibles. Il est donc naturel que les événements soient davantage précisés. Ainsi considérerons qu'une défaillance se caractérise par son mode d'apparition, sa cause et ses effets sur le système ainsi que sur les autres composants. [20]

II.4.10.2.2. Modes de défaillance

Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction:

Ceci peut intervenir de quatre manières différentes:

- Plus de fonction : la fonction cesse de se réaliser ;
- Pas de fonction : la fonction ne se réalise pas lorsqu'on la sollicite ;
- Fonction dégradée : la fonction ne se réalise pas parfaitement : altération des performances ;
- Fonction intempestive: la fonction se réalise alors qu'elle n'est pas sollicitée. [20]

II.4.10.2.3. Causes de défaillance

Une cause de défaillance est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un dispositif par l'intermédiaire de son mode de défaillance.

Il existe trois (03) types de causes conduisant à une défaillance :

- Causes internes au matériel ;
- Causes externes dues à l'environnement, au milieu, à l'exploitation ;
- Causes externes dues à la main d'œuvre. [20]

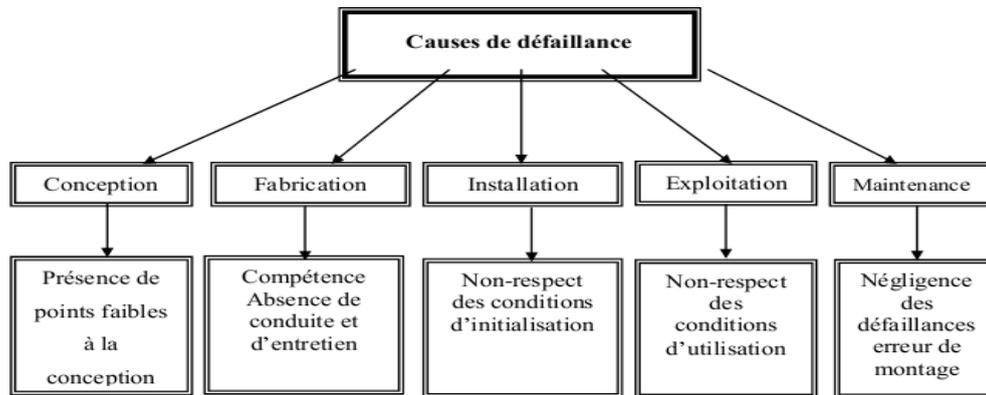


Figure II.5 : les causes de défaillance.

II.4.10.2.4 Effet de la défaillance

Pour une défaillance donnée, on a un effet. Cela peut être un arrêt de l'installation, d'une partie de l'installation, un risque pour l'opérateur, des rejets environnementaux, ...

L'identification de l'effet de la défaillance permet de définir la gravité de celle-ci.

L'effet d'une défaillance est, par définition, la conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple mo de -cause de la défaillance et correspond à la perception finale de celle -ci.

Exemple: arrêt de production, détérioration d'équipement, pollution



Figure II.6 : Causes et effet. [21]

II.4.10.3. Etude qualitative des défaillances

Cette étude consiste à identifier toutes les défaillances possibles, **déterminer les modes de défaillances, identifier les effets, analyser et déterminer les causes possibles ou probables**. On utilise l'analyse fonctionnelle pour déterminer les causes et les effets de chaque mode de défaillance. En utilisant l'exemple d'une cisaille défailante:

On peut envisager qu'une défaillance serait que la tôle ne soit pas coupée ou mal coupée. A partir de ces deux modes de défaillance, on peut définir l'effet de la défaillance.

L'exhaustivité de l'étude est ce qui garantira son succès. Le but de l'AMDEC est donc de mettre en évidence les points critiques, les éliminer et prévoir un mode de prévention. [19]

II.4.10.4. Etude quantitative

C'est une estimation de l'indice de criticité des trois notions cause-mode-effet de la défaillance étudiée. On peut utiliser différents critères pour déterminer l'**indice de criticité**. En principe la défaillance est jugée plus importante si:

- ces conséquences sont graves
- la fréquence est importante
- le problème survient et qu'on risque de ne pas le détecter.

Dans la pratique on attribue **3 notes sur une échelle de 1 à 10**:

- la note **G** pour la gravité de l'effet (conséquences sur le client)
- la note **O** (occurrence probable, fréquence d'apparition)
- la note **D** (risque de non-détection) [19]

L'**indice de criticité C** s'obtient en multipliant les 3 notes:

$$C = G \times O \times D$$

II.4.10.5. Hiérarchisation

Cette étape permet de décider des actions à mener en fonction de leur priorité. La hiérarchie est faite par ordre décroissant et en fonction de la note de criticité: ($C > 100$; $100 > C > 50$; $50 > C > 20$; $C < 20$). [19]

II.4.10.6. Recherche d'actions préventives et correctives

Après avoir catégorisé les modes de défaillances en fonction des scores de criticité, le groupe choisira un responsable pour mener les actions correctives et préventives. Dans cette situation on utilise les outils typiques tels qu'[Ishikawa](#), [Pareto](#), [brainstorming](#) et autres travaux de groupe. Le but étant bien sûr d'agir de manière à diminuer les "scores" de chacun des indices (réduire la gravité, l'occurrence et l'inefficacité de détection de la défaillance) [19]

II.4.10.7. Suivi des actions menées et réévaluation de la criticité

Pour permettre de vérifier la pertinence des actions menées, un nouveau calcul de la criticité est nécessaire. Ce nouvel indice de criticité, parfois appelé risque résiduel, est donc primordial pour mesurer l'efficacité, la performance des choix. [19]

II.4.10.8. Présentation des résultats

A l'issue de l'AMDEC, les résultats sont présentés sous forme de différents tableaux et graphiques. [19]

II.4.11. Exploitation de l'AMDEC

L'AMDE(C) permet de générer une base d'informations de référence tout au long de la vie du produit.

..L'exploitation se traduit par une liste de synthèses :

- Liste des effets de défaillances ;
- Liste des articles critiques ;
- Liste des symptômes observables ;
- Liste des points de panne unique ;
- Liste des défaillances non détectées ;
- Liste des modes communs. ... [16]

II.4.12. Cotations de criticité

La définition de ces critères doit être absolument rigoureuse pour ne laisser aucune place à l'interprétation afin que quiconque les utilise de manière identique. Généralement, chaque critère reçoit un indice sur une échelle qui varie de 1 à 4 en fonction de son importance. Cependant, il est tout à fait logique de se détourner de cet ordinaire et augmenter ou diminuer le découpage selon ses propres besoins ou objectifs. Les défaillances au niveau de chaque sous-ensemble sont cotées suivant les valeurs des critères définis dans la grille de cotation

II.4.12.1. Fréquence (F)

La fréquence F allant de un (1) jusqu'à dix (10).

Tableau II.2 : Grille de cotation de la fréquence. [22]

Probabilité d'échec		Taux de défaillance probables dépassement de la durée de vie	Classement
Très élevé : échecs persistants	Très élevé A	≥ 100 pour mille	10
	Très élevé B	50 pour mille	9
Élevé : pannes fréquentes	Élevé A	20 pour mille	8
	Élevé B	10 pour mille	7
Modéré : échecs occasionnels	Modéré A	5 pour mille	6
	Modéré B	2 pour mille	5
	Modéré C	1 pour mille	4
Faible : relativement peu d'échecs	Faible A	0,5 pour mille	3
	Faible B	0,1 pour mille	2
À distance : une panne est peu probable	Distant	$\leq 0,01$ pour mille	1

II.4.12.2. Gravité (G)

La gravité G est le plus souvent cotée de un (1) jusqu'à (10).

Tableau II.3 : Grille de cotation de la gravité. [22]

Effet	Gravité de l'effet	Classement
Dangereux sans avertissement	Classement de gravité très élevé lorsqu'un mode de défaillance potentiel affecte la sécurité du conducteur du véhicule et/ou implique le non-respect de la réglementation gouvernementale sans avertissement	10
Dangereux avec avertissement	Classement de gravité très élevé lorsqu'un mode de défaillance potentiel affecte la sécurité du conducteur du véhicule et/ou implique le non-respect de la réglementation gouvernementale avec avertissement	9
Très élevé	Véhicule/article inutilisable (perte de la fonction principale)	8
Élevé	Véhicule/élément utilisable mais à un niveau de performance réduit. Client très insatisfait	7
Modéré	Véhicule/élément utilisable mais élément(s) de confort/commodité utilisable(s) à un niveau de performance réduit. Client plutôt insatisfait	6
Faible	Véhicule/élément utilisable mais élément(s) de confort/commodité utilisable(s) à un niveau de performance réduit. Client plutôt insatisfait	5
Très faible	L'ajustement et la finition/le grincement et le cliquetis de l'article ne sont pas conformes. Défaut constaté par la plupart des clients (supérieur à 75 %)	4
Mineur	L'ajustement et la finition/le grincement et le cliquetis ne sont pas conformes. Défaut constaté par 50 % des clients	3
Très mineur	L'ajustement et la finition/le grincement et le cliquetis ne sont pas conformes. Défaut constaté par les clients avertis (moins de 25 %)	2
Aucun	Aucun effet perceptible	1

II.4.12.3. Détection (D)

Elle est relative à la possibilité de détecter la défaillance avant qu'elle ne se produise.

Tableau II.4 : Grille de cotation de la détection. [22]

Détection	Probabilité de détection par le contrôle de la conception	Classement
Incertitude absolue	Le contrôle de conception ne détectera pas et/ou ne pourra pas détecter une cause/mécanisme potentiel et les modes de défaillance subséquents ; ou il n'y a pas de contrôle de conception	10
Très faible	Chance très faible que le contrôle de conception détecte une cause/mécanisme potentiel et les modes de défaillance subséquents	9
À distance	Chance à distance que le contrôle de conception détecte une cause/mécanisme potentiel et les modes de défaillance subséquents	8
Très faible	Très faible chance que le contrôle de conception détecte une cause/mécanisme potentiel et les modes de défaillance subséquents	7
Faible	Faible chance que le contrôle de conception détecte une cause/mécanisme potentiel et les modes de défaillance subséquents	6
Modéré	Probabilité modérée que le contrôle de conception détecte une cause/mécanisme potentiel et les modes de défaillance subséquents	5
Modérément élevé	Probabilité modérément élevée que le contrôle de conception détecte une cause/mécanisme potentiel et les modes de défaillance subséquents	4
Élevé	Forte probabilité que le contrôle de conception détecte une cause/mécanisme potentiel et les modes de défaillance subséquents	3
Très élevé	Très grande chance que le contrôle de conception détecte une cause/un mécanisme potentiel et les modes de défaillance subséquents	2
Presque certain	Le contrôle de conception détectera presque certainement une cause/mécanisme potentiel et les modes de défaillance suivants	1

II.4.12.4. Criticité (C)

La criticité s'obtient en faisant le produit des indices des critères précédents. Cette valeur de criticité s'établit souvent sur une échelle de 1 à 1000 (10*10*10), elle permet de connaître à partir de

ses propres critères d'évaluation le caractère critique de chacune des causes de défaillance potentielle pour chacun des composants d'un système.

Les indices de criticité élevés orientent les actions à mettre en œuvre (modification, type de maintenance, conduite...)

II.4.12.5. Matrice de criticité

Au cours d'évaluation de la criticité, il n'est pas obligatoire de prendre en compte les trois (03) critères gravité, fréquence et la détection; on peut se limiter aux seuls critères gravité et fréquence, ce qui permet de matérialiser l'étude par une matrice de criticité ou matrice de sécurité.

La matrice met en évidence une zone critique et une zone non critique. Mais, elle présente un défaut car elle ne tient pas compte de la notion de détection.

Un point critique existe si:

- la criticité de la défaillance dépasse le seuil prédéterminé ;
- l'indice de gravité de la défaillance est supérieur ou égale à 10 ;
- l'indice de fréquence de la défaillance est égal à 10. [22]

II.4.12.5. Calcul de la nouvelle criticité

Un nouveau calcul de la criticité permet de valider les solutions retenues à partir de l'estimation des nouveaux indices F, G, D

Indice F: L'amélioration de la fréquence F s'obtient par une action sur la fiabilité du composant analysé, sur les conditions d'utilisation ou par une action de maintenance préventive systématique.

Indice G: L'amélioration de la gravité s'obtient par une action sur la maintenabilité ou sur l'aptitude à diagnostiquer et à réparer plus rapidement. Cela peut entraîner des modifications de conception.

Indice D: L'amélioration de la détection s'obtient en agissant sur la validation de la conception et/ou sur une aide à la supervision par une maintenance préventive.

Indice C: $C = F * G * D$ qui permettra de quantifier le progrès réalisé. [23]

Tableau II.5 : Echelle de criticité.

$C < 250$	Ne pas tenir compte
$250 \leq C < 500$	Mise sous préventif à fréquence faible
$500 \leq C < 750$	Recherche d'amélioration
$750 \leq C < 1000$	Reprendre la conception

Conclusion

L'AMDEC est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer, le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels. C'est là un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences. La méthode permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (occurrence, détection, gravité). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

Chapitre III
Généralités sur le
Convoyeur à bande

Introduction

Les convoyeurs ont été utilisés pendant des décennies dans le transfert de la majeure partie des marchandises, et ont fait leurs preuves partout parce que les convoyeurs à bande peuvent être adaptés à presque toutes les conditions locales. La demande d'utilisation de la technologie de convoyeur à bande a augmenté plus que jamais, ce qui a conduit à l'accélération dans son développement pour mettre en œuvre les nouvelles réglementations en particulier en ce qui concerne leur impact sur le transfert des produits.

Il ya des plusieurs types des convoyeurs, et chaque type spécifier dans son domaine d'utilisation

Les convoyeurs à bande jouent généralement un rôle clé et efficace pour surmonter les difficultés de transfert et divers matières premières et de produits finis.

III.1. Bref historique

Après la découverte par Michelin de procédés de fabrication permettant l'adhérence totale d'un mélange caoutchouc sur l'acier, la bande transporteuse s'est révélée comme moyen de mécanisation idéale qui est à même de devenir partenaire équivalent à de très puissants engins d'abattage par son mode d'évacuation continu du produit et sa possibilité d'assurer des débits importants. [24]

Une des premières constructions du convoyeur à bande est décrite en 1795 par Oliver Evans, habitant de Philadelphie (E.-U.). IL indique, dans le livre Miller's Guide, que le convoyeur est une bande plate continue, en cuir tendre fin ou en toile, enveloppant deux tambours et se mouvant dans un caisson ou une auge. Des convoyeurs à bande plate, glissant non pas sur des galets, mais sur des planches, sont employés jusqu'à présent dans certaines branches de l'industrie. [25]

L'année 1970 marque le début d'une nouvelle étape avec la réalisation du plus grand transporteur en un seul tronçon de 13,172km, installé en Nouvelle Calédonie, avec une capacité de transport de 1000 t/h suivi un peu plus tard d'un ensemble de 96km en onze tronçons (Sahara Occidentale), dont le plus long est de 11,6km.[24]

Ainsi que les convoyeurs à bandes de l'usine sidérurgique MITTAL STEEL Annaba qui possède un réseau de 281 transporteurs à bande totalisant une distance de plus de soixante kilomètres. [24]

En 1980 un nouveau pas a été franchi tant au plan de la puissance, de la longueur, qu'à celui de la flexibilité avec le lancement du projet d'équipement de la descenderie de la mine de charbon de Shelby (Angleterre) d'un tronçon de 14,930 km.[24]

Actuellement, les convoyeurs à bande sont considérés comme un moyen essentiel du transport continu dans les entreprises minières et industrielles, le taux de convoyeurisation ne cesse d'augmenter actuellement, en 1960 celui-ci était inférieur à 5% pour les transports à ciel ouvert, comme c'était le cas de l'Allemagne qui réalisait 1 % du transport de terre de découverte, alors qu'en 1990 il passe directement à 30%. [24]

L'Allemagne, la Tchéquie, la Slovaquie ET la Pologne réalisent le déplacement de 50% de tout le volume de roche par convoyeurs et la situation est analogue aux USA, l'ex-URSS, et la France. [24]

Pour l'année 1980, à lui seul l'ex-URSS a évacué 200 millions de roches tendres par l'intermédiaire d'une chaîne de convoyeurs de 10 kilomètres répartie sur vingt et une carrières et une chaîne de 3000 kilomètres dans des mines souterraines.[24]

Pour illustrer d'une façon générale l'utilisation des convoyeurs à bandes dans le monde et les performances réalisées, nous avons dressé le tableau I.1, publié par Michel LEQUIME et EDMEND BARIQUAND dans lequel les auteurs considèrent seulement les transporteurs de grand franchissement rectilignes ou curvilignes. [24]

Tableau.III.1. Transporteurs de grand franchissement [26]

Pays	Longueur (m)	Dénivelée (m)	Puissance (ch)	Produit	Débit (t/h)	Largeur (m)	Vitesse (m/s)
Grand Bretagne	15000	+1000	14000	Charbon	3200	1.300	8.4
France	13172	-27	2250	Mi-Nickel	800	0.800	4.0
Sahara Occidentale	11600	-10	2000	Phosphate	2000	1.200	2.5
Nouvelle Calédonie	11120	-557	1100	Mi-Nickel	600	0.800	3.6
USA	8590	-	4000	Charbon	2500	1.220	4.8
Japon	7732	-	1300	Calcaire	2200	-	-
Grèce	7500	-360	1400	Mi-Nickel	1500	1.000	4.0
Indonésie	6850	+12	1100	Concassé	1100	0.800	4.0
Italie	5785	-72	400	Calcaire	1000	0.800	3.0
Australie	1905	+521	1900	Charbon	600	0.940	3.3
Chili	5600	-	700	Mi-Cuivre	900	-	2.4
Maroc	5355	-	650	Phosphate	600	0.800	3.0
Pérou	5015	-73	1200	Mi-fer	2000	-	-

Le convoyeur à bandes est le système le plus couramment mis en œuvre grâce aux avantages sous cités:

1. Le personnel de service très réduit par conséquent et un rendement de travail plus élevé;
2. Continuité du flux de charge ce qui est rassurant pour les excavateurs de grand débit, conditionné à un grand rythme, en même temps les équipements du transport minier et, permet l'automatisation du processus complexe;
3. Possibilité de transporter les charges sur des terrains de pentes jusqu'à 18° (45° à 60°) dans des conditions spéciales

III.2. Définition du convoyeur

Les convoyeurs sont des dispositifs mécaniques ou des ensembles utilisés pour déplacer des articles ou des colis avec un minimum d'effort. Ils sont généralement constitués de cadres qui supportent des rouleaux, des roues ou des courroies et peuvent être alimentés par un moteur ou des dispositifs manuels. Ils sont également utilisés pour déplacer des matériaux en vrac, tels que du gravier ou des granulats.

Le convoyeur facilite les tâches de réception et d'expédition de la marchandise. Il est également approprié pour alimenter les postes de travail et évacuer les produits finis.

Les convoyeurs sont employés dans de nombreux procédés technologiques tels que le transfert de pièces, de sable, des produits alimentaires, des sacs de ciment, des bagages de voyage.

Le rôle du convoyeur est donc de remplacer le travail de l'ouvrier qui trouve beaucoup de peine à accomplir ses tâches, fournissant un déplacement beaucoup plus rapide du produit influençant directement sur la productivité.[27]

III.3. Les avantages d'un convoyeur

- Résistance et inertie de l'ensemble;
- Déplacement des charges très importantes;
- Déplacement des charges dans UN temps très court;
- Capacité de travailler à des températures auxquelles l'ouvrière ne peut pas résister;
- Sécurité de l'utilisateur.[27]

III.4. Type de convoyeur

IL existe plusieurs types de convoyeurs utilisés dans différents domaines:

III.4.1 convoyeur à bande métallique

Ces convoyeurs sont principalement utilisés dans le domaine de la métallurgie, ils permettent de transporter des pièces coupantes, abrasives, lourdes et à des températures élevées.

Ces convoyeurs sont particulièrement adaptés à l'évacuation des chutes redécoupés et de copeaux métallique et non ferreux les rendant incompatibles avec un convoyeur magnétique. [27]

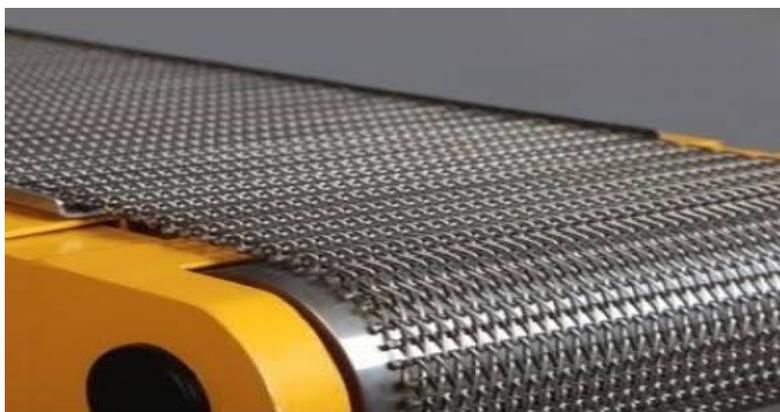


Figure.III.1. convoyeur à bande métallique [27]

III.4.2. convoyeur à bande textile

Les bandes transporteuses à carcasse textile ont, suivant leur domaine d'utilisation, des revêtements avec différentes propriétés ainsi que des carcasses textiles à un ou plusieurs plis. Ce sont des produits durants pour une multitude d'opérations de transport dans la construction mécanique en général, ainsi, que dans de nombreux autres secteurs industriels. [27]



Figure .III.2. Convoyeur à bande textile [27]

- **Certains des avantages sont :**

- C'est l'un des moyens les moins chers de déplacer du matériel sur de longues distances;
- Il n'y a pratiquement aucune dégradation de votre produit causée par le transport;
- Le matériau peut être visible sur la bande lors de son transport;
- Les courroies peuvent être chargées pratiquement n'importe où le long de la courroie;
- La ceinture peut avoir des «déclencheurs» pour décharger la ceinture presque n'importe où;
- Les courroies peuvent avoir des parois latérales ajoutées pour empêcher le déversement de produit. [27]

- **Certains des inconvénients sont :**

- La conception normale d'un convoyeur à bande est ouverte. Si votre produit doit être contenu, les couvercles et / ou les bacs d'égouttement peuvent devenir coûteux et encombrants;
- Si le matériau est collant, le nettoyage de la bande peut être difficile et généralement pas très efficace;
- Il y a presque toujours un transfert de matière de la décharge de la bande et cela devient un problème d'entretien ménager;
- Si le matériau transporté est collant, il sera finalement transféré vers le côté retour de la courroie, puis vers les rouleaux, les rouleaux et les poulies, alors le cheminement de la courroie peut être un problème permanent;

-Un contrôle plus étrange est pratiquement impossible. [27]

III.4.3.convoyeur à raclette

Le convoyeur à raclette est un engin de transport continu don't l'organe de traction, est une chaîne ou deux sans fin portant des raclettes . Lors du déplacement de la chaîne, les raclettes accrochent la matière chargée et ka deplacent dans le couloir en tôle dans le sens du mouvement de la chaîne

Les convoyeurs à raclettes se composent des éléments suivants:

- Tête motrice;
- Chaîne de traction;
- Raclette ;
- Étoile de retour;
- Dispositif de tension;
- Couloir du convoyeur. [28]



Figure .III.3.convoyeur à raclette

III.4.4. Convoyeur magnétique

Est un appareil muni d'une bande avec une partie magnétique qui, placée en dessous de la bande, permet d'attirer les produits métalliques vers le bas leur donnant ainsi plus de stabilité.

Les convoyeurs à tambour magnétique permettent la séparation des particules ou déchets métalliques. Souvent employé en fonderie pour extraire les déchets métalliques d'un transporteur de sable après l'opération de décochage. [28]

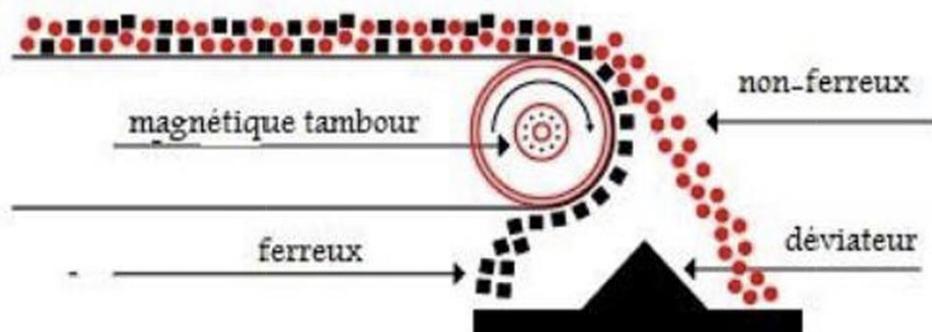


Figure.III.4. Bande magnétique [28]

III.4.5. Convoyeur à chaîne

Les convoyeurs à chaînes permettent le déplacement de charges qui ne pourraient pas l'être sur des convoyeurs à rouleaux (cas des palettes ou containers dont les "skis" sont perpendiculaires au sens de déplacement).

Selon la rigidité de la charge à transporter, le nombre de chaînes est augmenté de sorte à réduire l'entre-axe des chaînes. Il existe des convoyeurs à deux, trois, quatre, voire cinq chaînes et plus.

Ces convoyeurs se caractérisent par le nombre de chaînes, les matériaux des chaînes (acier, inox, plastique) ainsi que la robustesse de leur châssis porteur qui dépend de la charge à supporter.

L'accumulation est en général non préconisée. Pour le passage d'un convoyeur à l'autre, il est quelquefois conseillé d'imbriquer les convoyeurs entre eux en variant les entre-axes des chaînes. L'entraînement des charges est alors assuré en permanence, y compris durant le transfert. [28]

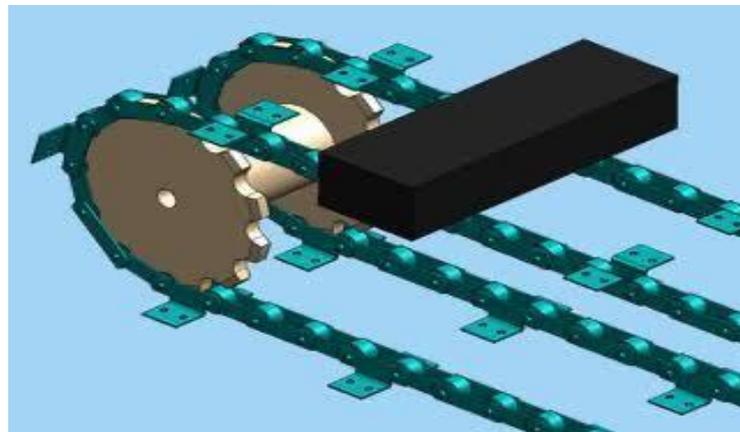


Figure.III.5. Convoyeur à chaîne [28]

III.4.6. Convoyeur en courbe

Il existe des convoyeurs à rouleaux coniques pour décrire des courbes à 45, 90 et 180°. La conicité des rouleaux est en effet nécessaire pour appliquer au colis une vitesse linéaire différente en fonction de sa position par rapport au rayon de la courbe. Une autre méthode plus économique, et appliquée généralement aux convoyeurs à rouleaux libres consiste à réaliser plusieurs voies de rouleaux cylindriques, parallèles entre elles, et permettant la différenciation des vitesses. [28]



Figure III.6. Convoyeur courbe [28]

III.4.7. Convoyeur à rouleaux

ILS sont utilisés pour le transport ou l'accumulation de produits suffisamment longs pour ne pas tomber entre deux rouleaux. Les colis à transporter doivent être également à fond plat et rigides (voir méthode de détermination dans la rubrique Liens externes). [28]



Figure .III.7. Convoyeur a rouleaux [28]

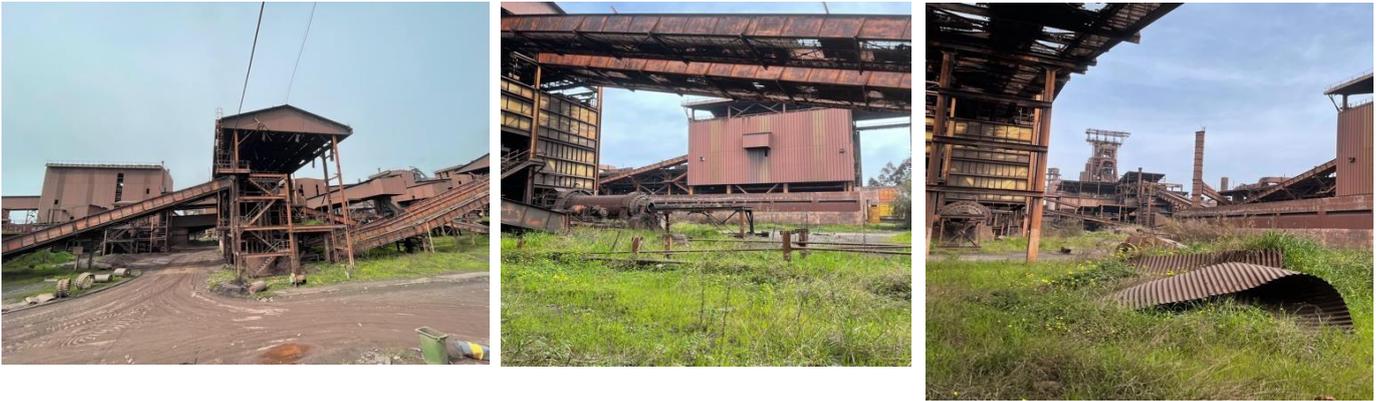
III.4.8. Convoyeur à bande

Les convoyeurs à bande sont caractérisés par le type de bande transporteuse utilisée (matériaux, texture, épaisseur) et par la position du groupe de motorisation (central ou en extrémité).

Dans tous les cas, un convoyeur à bande se compose:

- D'un tambour de commande et de sa moto réductrice;
- D'un rouleau d'extrémité;
- D'un châssis porteur avec une sole de glissement qui assure le soutien de la bande;
- D'une bande transporteuse.

Les convoyeurs à bande modulaire permettent, grâce à leur bande rigide en acétal, d'accumuler des charges (avec frottement entre la bande et les objets transportés). La bande est en fait une chaîne en plastique qui vient s'engrener dans des pignons également en plastique. En termes de maintenance, l'avantage est de ne pas avoir de centrage et de tension De bande à effectuer, contrairement à un convoyeur à bande classique. [28]



Vue générale de convoyeur à bande (prise de photo)

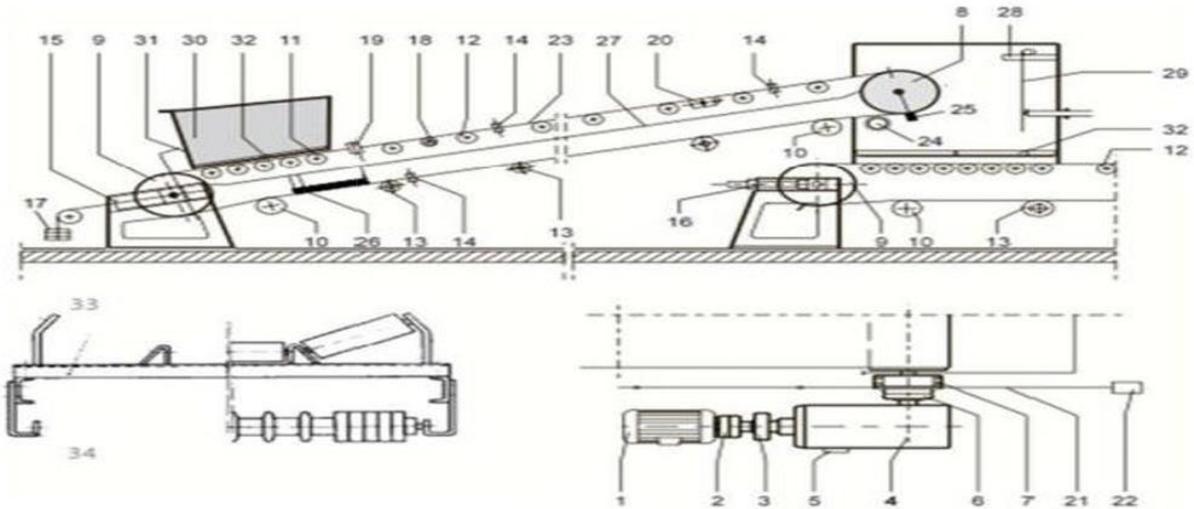


Figure .III.8. Convoyeur à bande [28]

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1. Moteur | 18. Compteur vitesse de tapis |
| 2. Moteur accouplement. | 19. Commende réductions de tapis de roulement |
| 3. Frein. | 20. Ceinture direction de poulie avant |
| 4. Pilote de transmission. | 21. Tirer de fil |
| 5. Anti retour. | 22. Interrupteur d'urgence |
| 6. Rouler d'accouplement. | 23. Bande convoyeur |
| 7. Roulement de poulie. | 24. Rouleau à brosse |
| 8. Rouler. | 25. Grattoir |
| 9. Filer de poulie. | 26. Recaler |
| 10. Déviation ou repousser poulie. | 27. Plaque de couverture |
| 11. Percussion de poulie avant. | 28. Capot |
| 12. Support de poulie avant. | 29. Bar cloison |
| 13. Retour de poulie avant. | 30. Livraison goulotte |
| 14. Rouleau de guidage. | 31. Garniture de goulotte |
| 15. Compteur de poids. | 32. Hotte planche |
| 16. Vis de graisse. | 33. Position de bande supérieure |
| 17. Contre poids. | 34. Position de bande inférieure |

III.5. Composants du convoyeur et leur dénomination

Le schéma ci-dessous indique les principaux éléments du convoyeur à bande: [29]

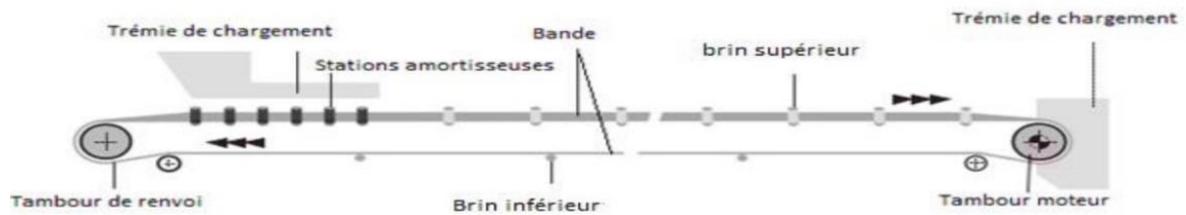


Figure .III.9. Schéma de principe d'un convoyeur à bande [29]

III.5.1. Moto-Réducteur

Dans cette configuration, le moteur, la boîte d'engrenages et les roulements constituent un ensemble complet, enfermé et protégé à l'intérieur d'un carter, qui entraîne directement la

Bande. Cette solution élimine toutes les complications liées aux transmissions extérieures, couples, etc. [30]

Produire et transmettre l'énergie nécessaire au tambour d'entraînement afin de mouvoir ou de retenir la courroie. Le système de transmission comprend

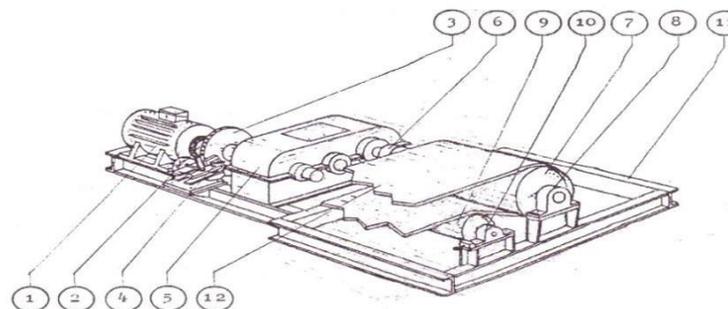


Figure .III.10. Groupe de commande [30]

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1. Moteur (d'entraînement). | 7. Tambour de commande |
| 1. Accouplement moteur réducteur. | 8. Palier |
| 2. Disque de frein. | 9. Tambour de contrainte. |
| 3. Frein a disque. | 10. Palier |
| 4. Réducteur. | 11. Châssis |
| 5. Accouplement réducteur tambour. | 12. Tapis transporteur. |

III.5.2. La bande

La bande est l'élément principal d'un convoyeur, Elle assure plusieurs fonctions telles que réception du produit transporté, transmission de la force nécessaire pour le déplacement de la charge. Elle transporte le matériau de la queue jusqu'à la tête du convoyeur. Se présente sous deux formes principales, plate et en auge. Toute courroie comporte deux faces:

- la face externe, qui est en contact avec les matériaux transportés
- la face interne, qui est en contact avec les rouleaux ou les tambour

Elle doit être flexible pour s'enrouler sans contrainte sur les tambours et prendre facilement la forme d'auge. Les caractéristiques d'une bande sont: la largeur, la longueur et son épaisseur [27]

III.5.2.1. Les différents types de bande

1. Les bandes à plat

Elles sont utilisées pour le transport de charges isolées. Et circulant à petite vitesse de faible distance

2. Les bandes en auge

Elles sont les plus utilisées dans la manutention mécanique (manutention en vrac) [27]

III.5.2.2. Les types de la bande transporteuse

Il existe deux types des bandes transporteuse: les bandes continues et les bandes discontinues. Les bandes continues sont composées des morceaux des bandes mesurant entre 100 à 300m assemblés pour former une bande de plusieurs kilomètres de longueur.

Les bandes discontinues sont composées d'éléments de faible longueur (quelques cm) assemblés telle une chaîne, la longueur de la bande est proportionnelle au nombre de maillon qui la composent il dépend exclusivement de son utilisation

La bande est un élément complexe, elle est composée de deux parties:

- Partie textile qui transmet les efforts et celle qui est en contact avec l'extérieur
- Partie souple en PVC ou en un composite PVC-caoutchouc qui sert à protéger le renfort textile des chocs ainsi que de l'abrasion produits par la marchandise transportée

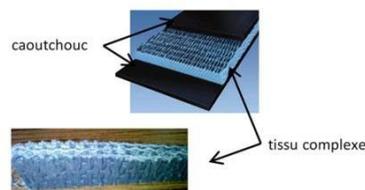


Figure .III.11. La bande transporteuse

III.5.2.3 vitesse de la bande

La vitesse maximale d'un convoyeur à bande a atteint des limites qui étaient inimaginables il y a quelques années. Ces vitesses très élevées ont permis d'augmenter considérablement les volumes transportés.

Les caractéristiques physiques du produit à manutentionner sont l'élément déterminant pour le calcul de la vitesse de la bande. Des produits légers, tels que les céréales, la poussière ou les fines de minerais, permettent d'utiliser des vitesses élevées. Les produits criblés ou tamisés peuvent permettre des vitesses supérieures à 8 m/s. Par contre, une granulométrie, une abrasivité ou une masse volumique plus importantes nécessitent de réduire la vitesse de la bande transporteuse.

Tableau.III.3 indique les vitesses maximales recommandées, compte tenu des caractéristiques physiques et de la granulométrie du produit transporté, ainsi que de la largeur de la bande utilisée [31]

Tableau.III.2. Vitesse maximale conseillées

Granulométrie dimension max (mm)		Bande				
Homogène	Mélange	Largeur min(mm)	Vitesse max (m/s)			
			A	B	C	D
50	100	400	2,5	2,3	2	1.65
75	150	500				
125	200	650	3	2.75	2.38	2
170	300	800	3.5	3.2	2.75	2.35
250	400	1000	4	3.65	3.15	2.65
350	500	1200				
400	600	1400	4.5	4	3.5	3
450	650	1600				
500	700	1800	5	4.5	3.5	3
550	750	2000				
600	800	2200	6	5	4.5	4

A: Produit léger glissant, non abrasif;

B: Produit non abrasif, granulométrie moyenne;

C: Produit moyennement abrasif et lourd;

D: Produit abrasif, lourd et présentant des arêtes aigües. [31]

III.5.2.4 Largeur de la Bande

La largeur de la bande doit être, si possible, choisie parmi les dimensions courantes ou Normalisées, car elle conditionne par exemple la taille des rouleaux et celle d'autres éléments de fabrication du transporteur. La largeur minimum de la bande est dépendante de la grandeur maximum d'un morceau de matière. [29]

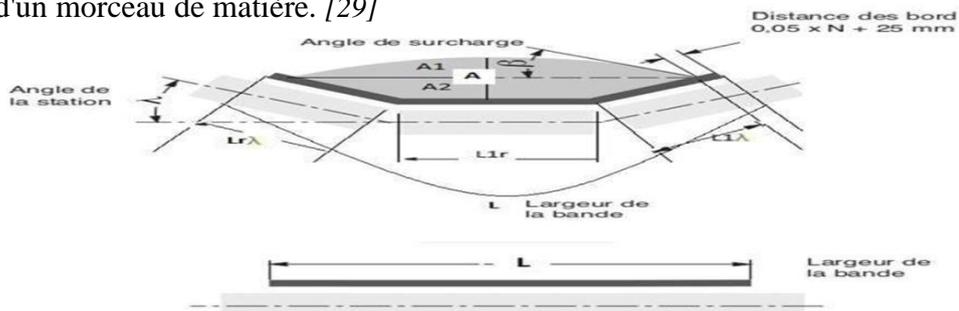


Figure .III.12.Aspect de la largeur de la bande [29]

La largeur de la bande avec le plus grand angle correspond à une augmentation du débit volumique. [31]

Pour le calcul des dimensions de la bande, on doit tenir compte des valeurs minimales de la largeur de la bande en fonction de sa charge de rupture et de l'inclinaison des rouleaux latéraux, comme indiqué au *Tableau.III.3*

Tableau.III.3. Largeur minimale de la bande [29]

Largeur minimale de la bande en fonction de sa charge de rupture et de l'inclinaison des rouleaux			
Charge de rupture [N/mm]	Largeur de la bande [mm]		
	λ : Inclinaison des rouleaux [°]		
	$\lambda=20/25^\circ$	$\lambda=30/35^\circ$	$\lambda=45^\circ$
400	400	400	450
500	450	450	500
630	500	500	600
800	500	600	650
1000	600	650	800
1250	600	800	1000
1600	600	800	1000

III.5.2.5 Support de la bande

Pour le calcul des dimensions de la bande, on doit tenir compte des valeurs minimales de la largeur de la bande en fonction de sa charge de rupture et de l'inclinaison des rouleaux latéraux, comme indiqué au

La bande transporteuse est généralement supportée par des stations de rouleaux porteurs dont la longueur et les diamètres sont largement normalisé [29]

- **Type de station support**

Chaque station-support est constituée d'un ensemble de rouleaux installés dans un support fixe ; Il en existe deux principaux types :

1. Les stations supérieures qui portent la bande chargée de produit sur le brin supérieur, Elles comportent généralement soit :
 - Un ou deux rouleaux parallèles ;
 - Deux, trois rouleaux ou plus formant une auge.



Figure .III.13.2 rouleaux ordinaires ou amortisseurs de bagues caoutchouc [29]

2. Les stations inférieures qui supportent la bande vide sur le brin inférieur ; Elles peuvent être constituées :
 - soit d'un ou deux rouleaux plats ;
 - soit d'une auge comprenant deux rouleaux.

III.5.3 Les tambours

Les tambours utilisés dans les convoyeurs à bandes ont pour fonction d'entraîner la bande ou l'amener à changer de direction. Les tambours peuvent être recouverts d'un revêtement afin d'augmenter le coefficient de frottement entre la bande et le tambour, de réduire l'usure

par abrasion de ce dernier ou de créer un effet autonettoyant [30]

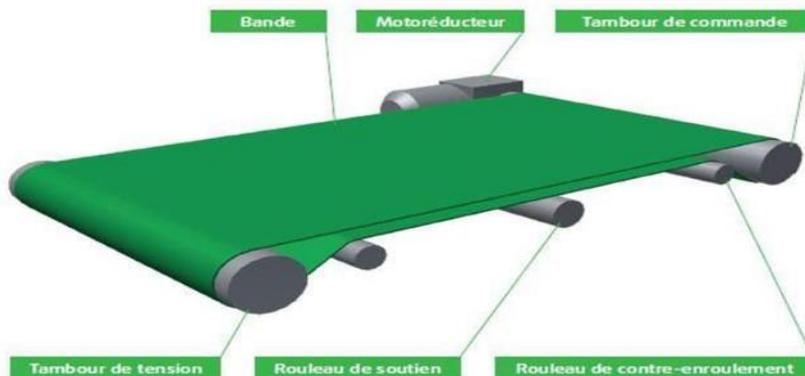


Figure .III.14.composants des tambours

Selon leur emplacement sur le convoyeur, les tambours doivent résister aux forces exercées à la fois par la tension de la bande et par le produit transporté et pour un maximum d'efficacité, tant pour le remplacement d'un tambour que pour une nouvelle installation, les données suivantes permettent de déterminer les dimensions et les caractéristiques de la construction parce qu'ils sont indispensables pour le choix d'un tambour

Les principales données nécessaires à la conception d'un tambour sont les suivantes :

- Largeur de la bande;
- Diamètre du tambour en fonction du type et des caractéristiques de la bande;
- Mode de fixation de l'axe au tambour (bague de verrouillage, clavette, soudage);
- Emplacement du tambour (tambour de commande, de renvoi ou de contrainte) comme le montre dans la
- Angle d'enroulement de la bande sur le tambour d'entraînement α ;
- Tensions de la bande T_1, T_2 . [30]

III.5.3.1 Tambour de commande

La surface du tambour de commande peut être laissée en finition normale ou avoir un revêtement de caoutchouc dont l'épaisseur est calculée en fonction de la puissance à transmettre

Le diamètre du tambour est dimensionné en fonction de la catégorie et du type de bande, ainsi que des pressions calculées sur sa surface. [30]

III.5.3.2 Tambour d'entraînement

Est un composant d'un transporteur qui permet de mettre mécaniquement la surface porteuse en mouvement. Mais par le moteur, il entraîne la courroie

La surface du tambour de commande peut être laissée en finition normale ou avoir un revêtement de caoutchouc dont l'épaisseur est calculée en fonction de la puissance à transmettre. Le diamètre du tambour est dimensionné en fonction de la catégorie et du type de bande, ainsi que des pressions calculées sur sa surface. [27]

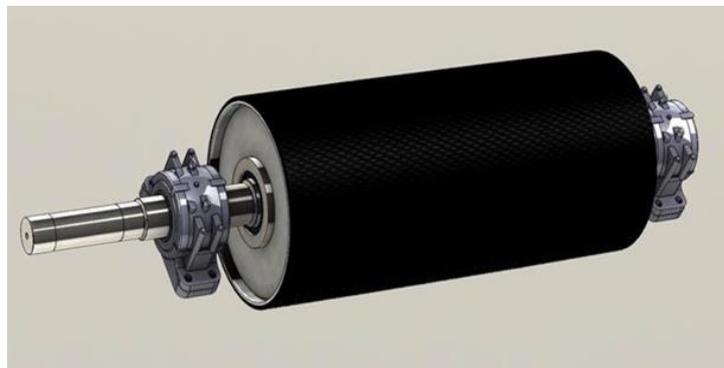


Figure .III.15.Tambour de commande [27]

III.5.3.3. Tambour de renvoi

Le tambour de renvoi est un composant d'un transporteur qui assure dans le cas d'un transporteur à courroie, la tension de la courroie transporteuse

La surface du carter n'a pas nécessairement besoin d'être munie d'un revêtement, sauf dans certains cas. Le diamètre est normalement inférieur à celui qui est prévu pour le tambour de commande.



Figure .III.16.Tambour de renvoi [27]

III.5.3.4. Tambour de contrainte

Ils servent à augmenter l'arc d'enroulement de la bande, d'une manière générale, ils sont utilisés dans tous les cas où il est nécessaire de dévier la bande au Niveau des dispositifs de tension à contrepoids, des appareils de déchargement mobiles, etc. [27]

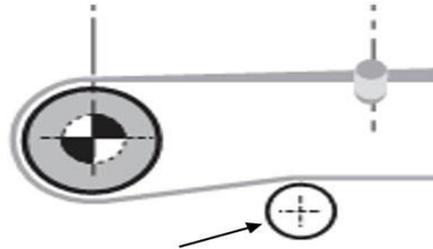


Figure .III.17. Tambour de contrainte [27]

III.5.3.5 Diamètre des tambours

Un diamètre correct de tambour d'entraînement minimise les contraintes dans la bande au niveau des jonctions, un grand angle d'enroulement autour du tambour moteur permet de réduire la tension globale dans la bande, ce qui permet la réduction du diamètre des tambours de contrainte. Le dimensionnement du diamètre d'un tambour d'entraînement dépend étroitement du type de la bande utilisée. Le **Tableau.III.4.** Indique les diamètres minimaux recommandés par rapport au type de la bande utilisée, pour éviter son endommagement comme la séparation au niveau des jonctions ou déchirure de l'armature

Tableau.III.4. Diamètre minimaux recommandés pour les tambours

Diamètres minimaux recommandés pour les tambours						
Charge de rupture de la bande [N/mm]	Bande à armature textile			Bande à armature métallique		
	tambour commande [mm]	tambour renvoi [mm]	tambour contrainte [mm]	tambour commande [mm]	tambour renvoi [mm]	tambour contrainte [mm]
200	200	160	125	-	-	-
250	250	200	160	-	-	-
315	315	250	200	-	-	-
400	400	315	250	-	-	-
500	500	400	315	-	-	-
630	630	500	400	-	-	-
800	800	630	500	630	500	315
1000	1000	800	630	630	500	315

III.5.4 Les rouleaux

Ce sont les composants les plus importants du convoyeur et ils représentent une part considérable de l'investissement total. Il est fondamental de les dimensionner correctement pour garantir les performances de l'installation et une exploitation économique. Ces rouleaux sont normalisés et la détermination du diamètre suffit pour avoir les autres dimensions.

On distingue deux types des rouleaux de support sur un convoyeur à bande :

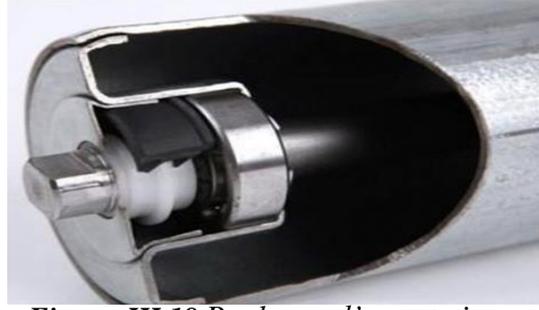


Figure .III.18.Rouleaux d'une station

III.5.4.1. Les rouleaux de supports supérieurs

Ils soutiennent la bande et tournent librement et facilement sous la charge, certains rouleaux porteurs peuvent aussi servir à amortir les impacts, à aligner la bande, à la former en auge ou à en changer la direction, sur la plupart des convoyeurs à bande, les rouleaux du support porteurs ont une configuration en auge pour que la bande puisse transporter maximum de produit [32]

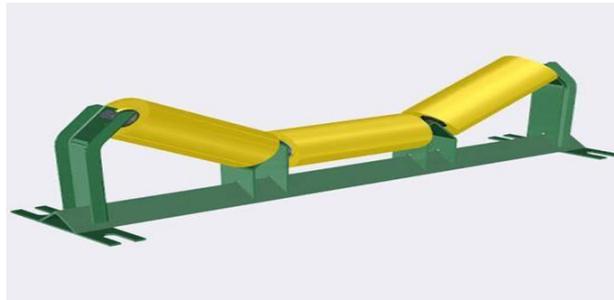


Figure .III.19.Les rouleaux de supports supérieurs [32]

III.5.4.2. Rouleaux amortisseurs

C'est un modèle de base en acier muni de bagues qui sont destinées à résister aux efforts dus au choc du produit sur la bande. Ces rouleaux sont positionnés sous le brin porteur de la bande au point de chargement où tombe le produit transporté.



Figure .III.20.Rouleaux amortisseurs [27]

III.5.4.3. Les rouleaux porteurs en auge

Sont des composants d'un transporteur à courroie en auge, ils permettent, lors de la manutention des produits en vrac, de donner à la courroie transporteuse la forme d'une auge Les rouleaux porteurs sont généralement fixés sur des pattes de fixation soudées à une traverse ou un support. L'angle d'inclinaison des rouleaux latéraux varie entre 20° et 45°. On peut également obtenir des angles de 60° avec une suspension de type "guirlande" [27]



Figure .III.21. Rouleau porteur en auge [27]

III.5.4.4. Les rouleaux station-supports inférieures

Rouleaux qui maintiennent le brin retour de la bande. Appel aussi brin de retour, ils peuvent comporter un seul rouleau sur toute la largeur ou bien deux rouleaux formant un “V” et inclinés à 10° . Pour assurer un meilleur centrage de la bande.



Figure .III.22. Rouleaux porteur inférieurs

III.5.4.4. Écartement des rouleaux de supports

L'écartement des rouleaux de supports est la distance qui sépare deux rouleaux porteurs supérieures ou bien celles qui portent le brin inférieur de la bande transporteuse, comme l'indique la **Figure.III.23**. Elles sont respectivement a_0 , a_u . On définit l'écartement des rouleaux de supports selon la largeur de la bande et la masse volumique du produit à transporter.

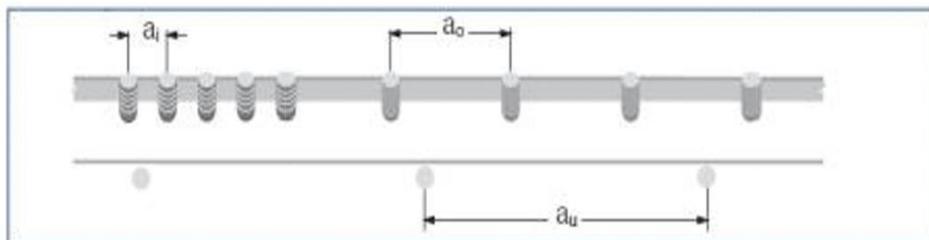


Figure .III.23.Écartement des rouleaux des supports [33]

La distance entre deux rouleaux des supports la plus couramment utilisée pour le brin supérieur d'un convoyeur à bande est 1 mètre, alors que pour le brin inférieur les rouleaux sont normalement espacés de 3 mètres

Le **Tableau.III.5**. Indique les différentes valeurs de l'écartement maximal préconisé selon la largeur de la bande et la masse volumique du produit transporté

Tableau.III.5. Ecartement entre les rouleaux des supports [34]

Largeur de la bande [mm]	Ecartement maximal préconisé entre les stations [m]			
	Ecartement des rouleaux supérieurs Selon la masse volumique du produit transporté [t/m ³]			Rouleaux inférieures [m]
	<1.2 t/m ³	De 1.2 à 2.0 t/m ³	> 1.2 t/m ³	
800	1.5	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200 1400 1600 1800	1.2	1.00	0.80	3.0

L'écartement des rouleaux supérieurs situés au niveau du point de chargement est réduit par rapport à l'écartement des rouleaux supérieurs à 0 de moitié ou plus pour éviter toute incurvation excessive de la bande transporteuse et son débordement.

Le fléchissement de la bande entre deux rouleaux porteurs ne doit pas dépasser 2% de la distance qui les sépare, un fléchissement plus important entraîne un déversement du produit pendant le chargement et favorise des forces de frottement excessives pendant le déplacement de la bande en raison de la manipulation du produit transporté comme le montre la *Figure .III.24.*

Il en résulte non seulement une augmentation de la puissance consommée, mais également des efforts exercés sur les rouleaux, et d'une manière générale une usure prématurée de la surface de la bande [33], [34]

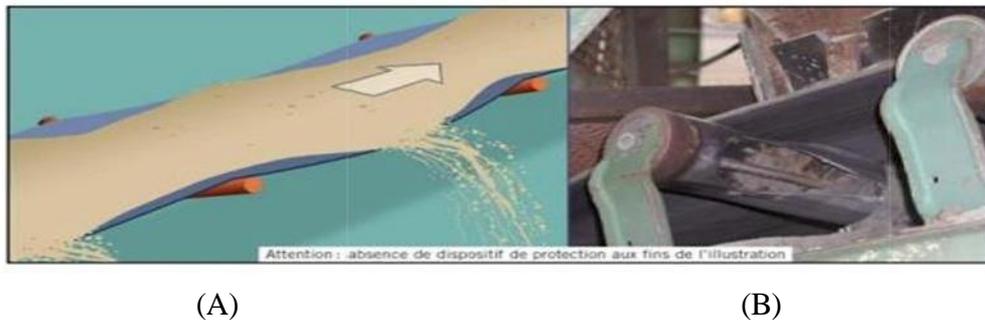


Figure .III.24.Les rouleaux des supports

- (A) : Perte de la forme en auge lorsque l'espacement entre les rouleaux supports est très grand
- (B) : Rouleaux support défectueux

III.5.5 Dispositifs de tension

L'effort nécessaire pour maintenir la bande en contact avec le tambour d'entraînement est fourni par un dispositif de reprise de tension qui peut être à vis, à contrepoids ou avec un treuil motorisé. Le contrepoids applique un effort de tension constant à la bande, quelles que soient les conditions.

Son poids est calculé en fonction des limites minimales nécessaires pour assurer la tension correcte de la bande et éviter toute surtension.

D'après leur mode de fonctionnement. Les systèmes de tension se divisent en deux groupes principaux :

III.5.5.1. Système auto-réglant

Ce système maintient la précontrainte constante tout en assurant que la tension admissible de la bande ne sera pas dépassée. La forme la plus couramment employée est celle d'un contre poids. Le meilleur effet est normalement obtenu en plaçant le contrepoids à proximité du tambour moteur

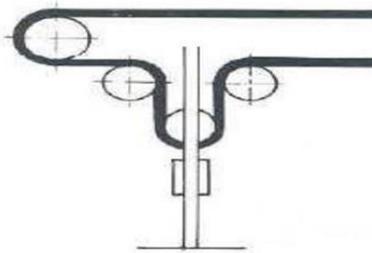


Figure .III.25.Système auto-réglant

III.5.5.2. Système de tension fixe

La tension à vis est souvent employée pour les transporteurs de courte longueur à charge modérée, ce système (voir la *Figure .III.26*) exige une surveillance constante et un réglage fréquent, principalement lors de la mise en service d'une nouvelle bande[35]

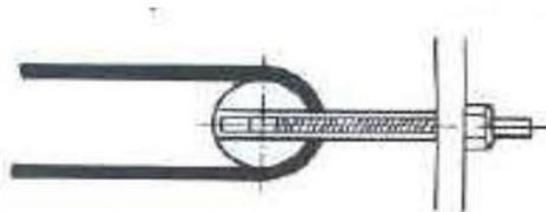


Figure .III.26.Système de tension fixe

III.5.6. Système de chargement

Guider et contrôler le débit des matériaux vers la bande, il peut prendre plusieurs formes : trémie, glissière, chargeur automatique, poussoirs, etc. La trémie est le model le plus utilisée dans l'industrie, les mines et les carrières.

- **Trémie**

La trémie est conçue pour faciliter le chargement et le glissement du produit absorbant les chocs de la charge et en évitant les colmatages et l'endommagement de la bande. Elle permet un chargement immédiat du produit et résout les problèmes d'accumulation. La trémie est constituée principalement des éléments suivants :

Ta: Corps de la trémie : c'est un guide, contrôle le débit de matériaux ;

7b : Lisse de guidage : il centre le matériau ou les charges isolées sur la courroie ou les diriger dans une direction donnée ;

7c : Bavette d'étanchéité : empêche la fuite du matériau par les côtés (bavette d'étanchéité latérale) ou par l'arrière (bavette d'étanchéité arrière). [35]

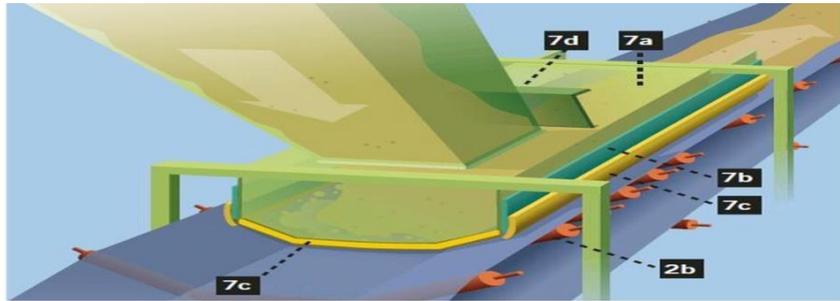


Figure .III.27. Système de chargement [35]

III.5.6.1 Système de déchargement

Guider les matériaux sortants. Ces systèmes peuvent prendre plusieurs formes pour les courroies en auge ou plates :

8b : Chute sur chariot mobile ;

8c : Chute fixe le long du convoyeur, semblable à celle, mais fixe ;

8d : Charrue simple : en « V » complet ou partiel qui peut être fixe, amovible ou mobile ;

8e : Déflecteur : peut être constitué d'une simple plaque oblique fixe, amovible ou mobile, etc. [35]

III.5.7. Dispositif de nettoyage

Le système de nettoyage de la bande doit faire l'objet d'une attention toute particulière de manière à réduire la fréquence des opérations de maintenance, notamment lorsque la bande transporte des produits humides ou collants. Un nettoyage efficace permet au convoyeur d'atteindre un maximum de productivité. Il existe un grand nombre de types de dispositifs de nettoyage de la bande. Le plus simple est constitué d'une lame racleuse droite montée sur des supportent caoutchouc. [27]



Figure .III.28. Dispositifs de nettoyage [27]

III.5.8. Capots pour convoyeurs

Les capots pour convoyeurs ont une importance fondamentale lorsqu'il est nécessaire de protéger le produit transporté de l'air ambiant et d'assurer le bon fonctionnement de l'installation [27]



Figure .III.29 .Capots pour convoyeur [27]

III.5.9. Le châssis

Le châssis est *Figure III.30*. La partie en métal sur laquelle s'installent les stations support du convoyeur, elle est généralement fixée sur le sol



Figure .III.30.Châssis utilisé dans le transport des produits [30]

III.6. Types et configuration des convoyeurs à bande

En choisissant un convoyeur, il faut tenir compte des facteurs suivants:

- L'inclinaison du convoyeur;
- La densité des matériaux,;
- La granulométrie du produit à transporter;
- Le coefficient de frottement entre le matériau et le revêtement supérieur de la bande;
- Les conditions environnementales (humidité, température et autres...).

En choisissant UN convoyeur, il faut tenir compte de facteurs tels que:

- L'inclinaison du convoyeur;
- La densité du matériau;
- La taille des morceaux;
- La forme des morceau,;
- L'angle interne de friction;
- Le coefficient de friction entre le matériau et le revêtement supérieur de la courroie;
- La teneur en eau du matériau;
- Les conditions environnementales.

Plusieurs types et profils des convoyeurs à bande sont été conçus tel que:

- convoyeur à bande avec bords ondulés et tasseaux;
- convoyeur à bande à double inflexion;
- convoyeur à bande à chevrons;

- convoyeur à bande à forte inclinaison;
- convoyeur à bande plate;
- Convoyeur à bande à cabots pour éliminer l'émission des poussières.[29]

III.7. Domaines d'utilisation des convoyeurs

Les convoyeurs à bande sont très employés dans l'industrie, les mines et carrières et l'agriculture pour le déplacement, généralement à courte distance, de matériaux plus ou moins pondéreux tels que charbon, minerai, sable, céréales, etc.

Cette technique a des emplois très variés. On la retrouve par exemple sous forme de trottoir roulant pour le déplacement de personnes dans les gares et aéroports, de fonds mobiles de certains véhicules autodéchargeurs, de tapis roulants aux caisses des hypermarchés ou pour la livraison des bagages dans les aéroports, etc.

Des bandes transporteuses mobiles, souvent appelées « sauterelles » servent généralement au chargement ou au déchargement de véhicules, notamment des wagons et des navires, par exemple pour le minerai.

Des mécanismes de convoyeurs à bandes sont utilisés comme composants dans les systèmes de distribution et d'entreposage automatisés. Combinés à des équipements de manutention de palette commandés par ordinateur, ils permettent une distribution plus efficace des produits manufacturés, de détail ou de gros. Ces systèmes permettent de traiter rapidement des volumes de marchandises plus importants tant en réception qu'en expédition, avec des volumes de stockage plus réduits, autorisant d'intéressants gains de productivité aux entreprises. [29]

Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de définir le convoyeur, et les rôles de chaque type dans leur domaine en générale.

Avant de faire le choix ou la conception d'un convoyeur à bande, il faut d'abord faire une recherche bibliographie pour avoir une connaissance suffisante sur les caractéristiques techniques des convoyeurs à bande, ses principaux organes de construction, et leurs domaines d'utilisations.

Cette connaissance, nous permet de connaître le rôle de chaque élément dans ce mécanisme et déterminer le type du convoyeur à bande.

Chapitre IV

Application de la méthode AMDEC sur le convoyeur à bande

Introduction

Dans ce chapitre nous appliquons les étapes de l'AMDEC citée dans le chapitre 2 dont l'objectif est d'arriver clairement à identifier les points sensibles de la convoyeur à bande et y'affecter des actions de maintenance ou des contrôles plus rigoureux

Quelques Définitions

- ✓ **La fiabilité:** aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant une durée donnée ;
- ✓ **La maintenabilité:** aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits ;
- ✓ **La disponibilité:** aptitude à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant donné ;
- ✓ **La sécurité:** aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

Partie N°1 (cas de mine de BOUKHADRA)

Les étapes de L'AMDEC

Étape 1

IV.1. Présentation de l'entreprise

IV.1.1. La mine de boukhadra

IV.1.1.1. Situation géographique

Le djebel de Boukhadra se situe sur l'atlas saharien, à l'Est Algérien. L'unité de Boukhadra se trouve à une altitude de 850 m, le point culminant du djebel est de 1463 mètres. La ville de Boukhadra fait partie de la wilaya de Tébessa, elle se situe à 45Km au Nord-est de celle-ci, à 200Km au sud de la ville côtière d'Annaba, et à 18Km de la frontière Tunisienne. Elle est reliée à Annaba par une voie ferrée qui assure le transport du minerai de fer au complexe d'El-Hadjar. Le climat est continental et sec, les températures varient entre 40°C en été et 0°C en hiver, la pluviométrie est faible avec parfois de faibles chutes de neige.

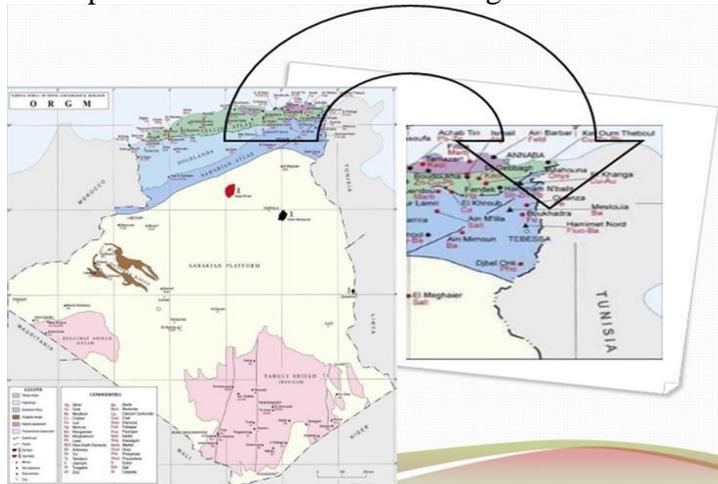


Figure IV.1 : Localisation de la région de BOUKHADRA.

IV.1.1.2. Historique de la mine

L'exploitation de la mine de Boukhadra fut entamée durant l'époque Romains pour l'extraction du cuivre dans la zone de pic ; par la suite l'exploitation a porté sur le zinc et autres métaux par la concession de Boukhadra [Mr TADRO]. - Entre 1903 et 1906, la concession Mokta El Hadid réalisa les premiers travaux de recherche par galerie entre les niveaux 845 et 1225 ; - De 1926 à 1966, date de nationalisation des mines, c'était la société de l'Ouenza qui exploitait le gîte de Boukhadra. Cette dernière avait effectuée de la recherche systématique par des travaux miniers et

par des sondages sur le gisement de Boukhadra ; - Durant la période de 1967 à 1984 la SONAREM était chargée de l'exploitation et des recherches sur les gites ferrifères de l'Ouenza et Boukhadra ; - Après la restructuration des entreprises (1983-1984), c'était FERPHOS qui gérait, exploitait, et développait ces recherches sur l'ensemble des gites ferrifères existant sur le territoire national. Depuis la date du 18/10/2001 et dans le cadre de partenariat avec l'étrangère holding L.N.M.N.V. a signé l'accord de partenariat avec HADID OUENZA- BOUKHADRA filiale FERPHOS avec 70%.

Des dates importantes

- Exploitation du Cu et Zn par les romains
- 1903 et 1906 : Les travaux de recherche par galerie par Mokta El Hadid
- 1913 : Constitution de la société de L'Ouenza.
- 1921 : Mise en exploitation de L'Ouenza.
- 1926: Mise en exploitation du gisement de Boukhadra
- 1939 : Electrification de la voie ferre.
- 1949 : Intensification de la grosse mécanisation.
- 1966: Nationalisation des mines
- 1983: Restructuration de la S.O.N.A.R.E.M et création de l'EN Ferphos
- 1985 : Démarrage du 2^{ème} haut fourneau et l'arrêt des exploitations.
- 1990: Passage de l'entreprise Ferphos à l'autonomie
- Octobre 2001: Partenariat avec ispat "groupe L.N.M
- Décembre 2004 : MittalSteel
- Juin 2007: ArcelorMittal
- 08 Aout 2016: MINES DE FER DE L'EST « MFE »

IV.1.1.3. Géologie du gisement

Le gisement de fer de Boukhara, comme celui de l'Ouenza font partie de la même province métallogénie ferrifère qui s'étend de khenguët - El - Mauhad au sud, Ouenza au Nord et Djerissa à l'Est. Le djebel Boukhara appartenant au domaine de l'atlas saharien est caractérisé par une structure géologique anticlinale très simple, de direction N.E/S.O, avec une terminaison périclinale au N.E. Le cœur de la structure est représenté par des sédiments de l'Aptien.

Du point de vue litho-stratigraphique, la région de Boukhadra est constituée par des sédiments du mésozoïque tertiaire en partie du quaternaire.

En dehors du trias évaporitique, les terrains qui affleurent dans l'Atlas saharien oriental sont caractérisés par des dépôts allant du crétacé inférieur au miocène.

IV.1.1.4. Morphologie du gisement

Le gisement de minerai de Fer est de forme lenticulaire de type hydrothermale sédimentaire d'une longueur de 900 à 2200m et d'une puissance variante de 10 à 50 m ; la minéralisation est de type fer hématite de formule chimique (F_2O_3) ; sa teneur moyenne est supérieur à 50% ;

Globalement le gisement de Boukhadra est composé de quatre (04) corps minéralisés principaux et les petites veines de moindre importance:

- Corps principal;
- Corps Nord ;
- Corps Médian ;
- Corps Sud.



Figure IV.2 : Carte géologique représente les différents corps du gisement.

IV.1.1.5. Minéralisation du gisement de Boukhadra

- Le minerai exploité est du fer sous forme d'oxyde de fer montré par l'hématite rouge (Fe_2O_3) présente en abondance dans ce gisement avec une teneur moyenne de 54% de fer.
- Le gisement est de forme ventriculaire, dont la genèse est hydrothermale ou sédimentaire, d'une longueur de 900 à 2200 m et d'une puissance variante de 10 à 15.

IV.1.1.6. Organigramme de l'entreprise

MFE : mine de fer de l'est divisé à deux entreprises :
Mine de L'OUENZA et mine de BOUKHADRA

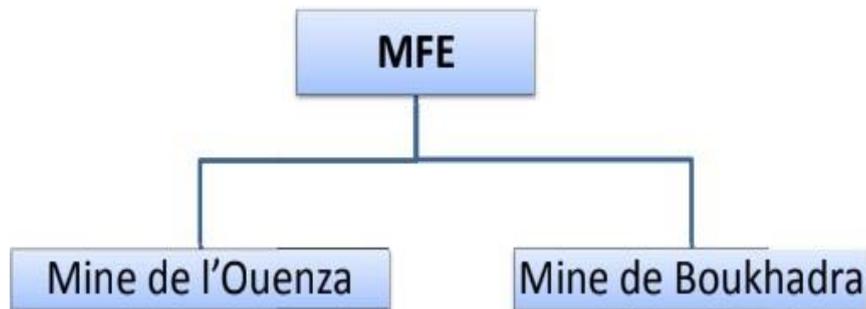


Figure IV.3 : Organigramme de l'entreprise

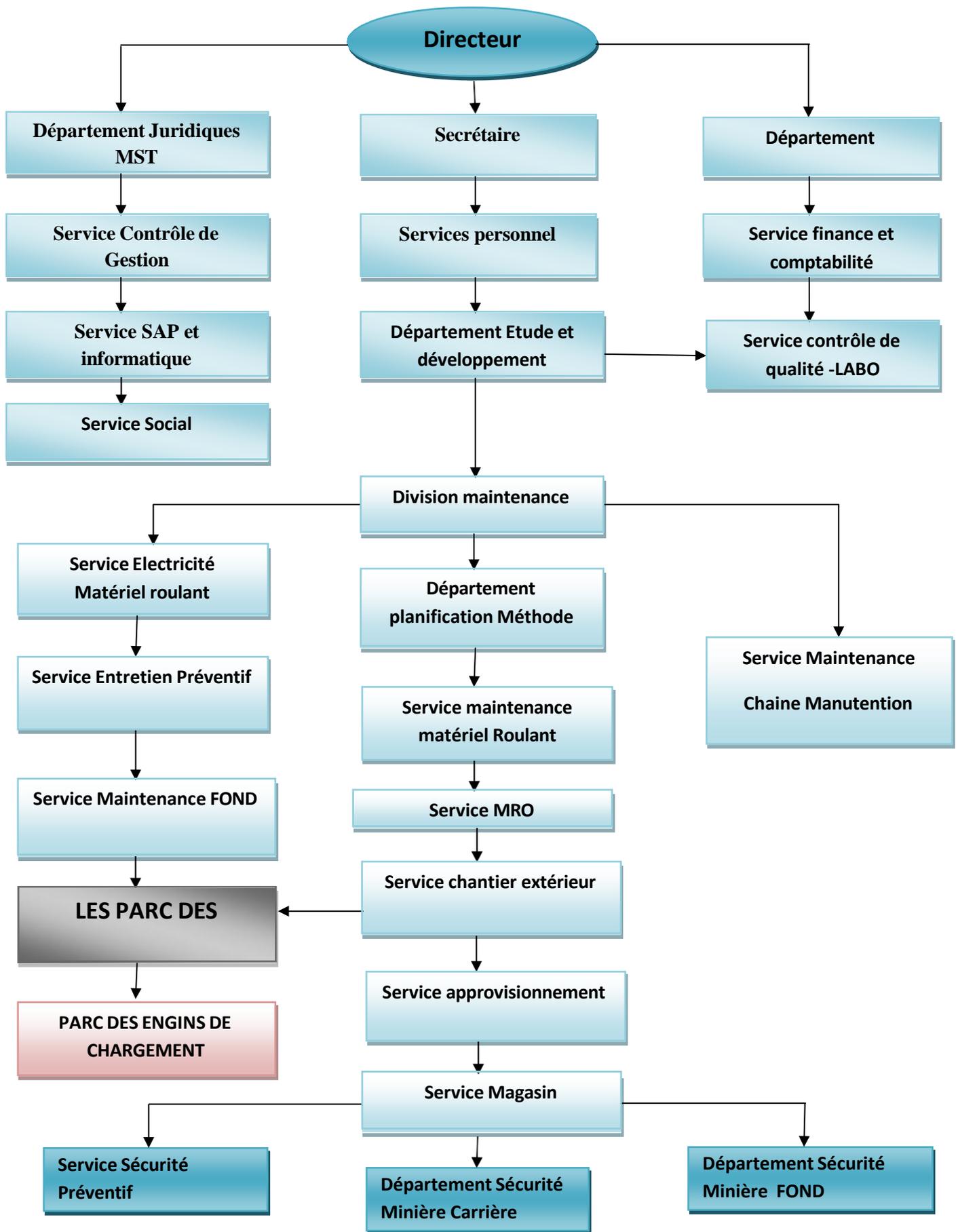


Figure IV.4 : Organigramme de la mine de Boukhadra

IV.1.1.7. Travaux de prospection et d'exploitation effectuée

La prospection géologique a été effectuée principalement par des travaux miniers et des sondages de profondeur moyenne, suivant les niveaux (845 à 1225). Elle est concentrée sur les parties supérieures (amont) des corps minéralisés, excepté la zone de la carrière principale où la prospection est allée jusqu'au niveau 845 m.

La minéralisation est de type hématite-limonite résultant de l'oxydation de la sidérite. La texture du minerai est finement poreuse ou concrétionnée géodée. Comparativement aux gisements d'Ouenza, le minerai de Boukhadra est d'une qualité supérieure, riche en Fer (Fe moy sup à 50 %).

Méthodes d'exploitation

Deux modes d'exploitations sont utilisés :

- Exploitation à ciel ouvert;
- Exploitation souterrain.

a) Exploitation à ciel ouvert

Ce type d'exploitation reste le plus répandu, surtout en Afrique, On utilise de gros engins de Terrassement afin d'extraire le minerai de la pipe. Des explosifs sont utilisés lorsque la roche est trop dure. On creuse ainsi la pipe laissant apparaître des gradins par lesquels sont remontés par camions les matériaux à traiter et les stériles.

b) Exploitation souterrain

Le quartier souterrain englobe plus de 60% des réserves globales de la mine. L'extraction souterraine peut aujourd'hui atteindre des profondeurs de plus de 1 000 mètres Au- dessous de la surface du sol.

En général dans cette mine l'exploitation comprend les étapes suivantes:

- 1) Travaux de découverte ;
- 2) La forassions ;
- 3) Chargement des trous forés avec l'explosif ;
- 4) Tir des mines ;
- 5) Le rechargement des masses abattues par des pelles et des chargeuses ;
- 6) Transport ;
- 7) Le traitement mécanique des roches abattues ;
- 8) Reprise sous concasseur et amené au parc de stockage par le convoyeur à bande ;
- 9) Expédition vers Annaba les wagons de 60 Tonnes par SNTF.

IV.1.1.7.1. Travaux de découverte

Le rapport moyen de découverte est de 3.15 pour Ouenza et 2.86 pour Boukhadra. Ceci signifie que pour extraire les 48 millions de tonnes de minerai à ciel minent, il faut décaper environ 150 millions de tonnes de stériles.

IV.1.1.7.2. La forassions

Le forage c'est le processus de forassions des trous d'une profondeur déterminée pour l'abattage du minerai renfermé dans le gradin.

Est la Première étape dans la chaîne des opérations pour traiter la roche en carrière ;

La forassions dans la mine à ciel ouvert de BOUKHADRA s'effectue aux moyens d'une sondeuse de type B.Burg HD 1500 D, avec un diamètre de trous de Forassions de 160mm. En tant que Ces trous seront chargés d'explosifs



Figure IV.5 : Représente d'une sondeuse de type B. Burg HD 1500 D.

IV.1.1.7.3. Chargement des trous forés avec l'explosif (service d'Abattage)

Chargement des trous en explosifs, définition d'une séquence de tir et mise en place des détonateurs. L'utilisation des explosifs pour la fragmentation des roches dans les carrières est souvent considérée aussi bien une science qu'un art.



Figure IV.6 : Chargement des trous forés avec l'explosif.

IV.1.1.7.4. Tir des mines et rechargement des masses abattues

L'abattage s'effectue à l'aide des explosifs de type Marmanite et Anfomil par tir électrique.



Figure IV.7 : Tir des mines.

IV.1.1.7.5. Le rechargement des masses abattues par des pelles et des chargeuses

La mine à ciel ouvert de Boukhadra est équipée d'une seule chargeuse de type Caterpillar 990 K avec une capacité de godet de 8.6 m³ et d'une pelle hydraulique de type Liebherr 9100 avec une capacité de godet de 6.4 m³, destinés pour le chargement des roches abattues.



Figure IV.8 : Représente une chargeuse de type Caterpillar 990 K.



Figure IV.9 : Représente une pelle hydraulique de type Liebherr 9100.

IV.1.1.7.6. Le transport

Pour le cas du transport des roches abattues à ciel ouvert la mine est équipée de quatre (04) dumper de type Caterpillar 775 G année 2017 avec une capacité de 70 t qui permettent de transportés les stérile vers les terrils extérieurs au périmètre d'exploitation sur une distance de un (01) km et le minerai vers le concasseur à giratoire sur une distance de quatre (04) km.



Figure IV.10 : Représente un dumper de type Caterpillar 775 G.

Le transport des roches abattues dans carrière de BOUKHADRA s'effectue par la combinaison suivante :

Camions → Convoyeur → Train.

IV.1.1.7.7. Le traitement mécanique des roches abattues

Le minerai extrait du massif à une granulométrie qui ne répond pas à l'exigence de transport par convoyeur ou par train, c'est pour cette raison que n'importe quel type de minerai subi un traitement mécanique.

Le traitement mécanique consiste à la réduction des dimensions des blocs afin d'obtenir une granulométrie qui répond aux exigences des moyens de transport par convoyeur (cas de la mine de BOUKHADRA).

Une usine de production de granulats concassés est une installation industrielle simple qui remplit deux fonctions : le concassage et le criblage des produits d'abattage de la carrière.



Figure IV.11 : Représente un concasseur à giratoire (prise photo)

Etape 2

IV.2. Description du convoyeur à bande

Au niveau de la mine de BOUKHADRA, le transport par convoyeur à bande consiste à acheminer le minerai de la station de concassage jusqu'au la trémie de charge (station-gare).

La bande transporteuse 1704se compose de 6 tronçons et le plus long 980m); T0 ; T1 ; T1Bis ; T2 ; T2Bis ; T3 (navette).



Figure IV.12 : Convoyeur à bande [prise de la photo]

IV.2.1. Caractéristiques techniques de chaque tapis

Tableaux IV.1: caractéristique de chaque tapis

Designation	carctéristique de la matière	débit en T/h	entrax horizontal m	vitesse m/s	languer	revitement en mm
T0	G=0/165	1000	45	2	1	6+2
T1	G=0/165	1000	20,3	2	1	6+2
T1 Bis	G=0/165	1000	22,75	2	1	6+2
T2	G=0/165	1000	621	2	1	6+2
T2 Bis	G=0/165	1000	980	2	1	6+2
T3 Navette	G=0/165	1000	15	2	1	6+2

Roulaux Supérieurs		Roulaux inférieurs		Puissance utile KW
typ nomes	Ecartement (m)	type Normes	Ecartement(m)	
Ø133/4 angle:30°	1,20	Ø133/4	3,00	160
Ø133/4 angle:30°	1,20	Ø133/4	3,00	160
Ø133/4 angle:30°	1,20	Ø133/4	3,00	160
Ø133/4 angle:30°	1,20 à 1,50	Ø133/4	3,00	-142
Ø133/4 angle:30°	1,20 à 1,50	Ø133/4	3,00	-94
Ø133/4 angle:30°	0,5	Ø133/4	3,00	160

IV.2.2.Fonction du convoyeur

Transporter les matériaux (mènerai) sur des distances pouvant aller jusqu'à plusieurs kilomètres .Se présente sous deux formes principales, plate ou en auge .la courroie à deux faces :

- ✓ Face externe, qui est en contact avec les matériaux transportés;
- ✓ Face interne, qui est en contact avec les rouleaux et les tambours.

IV.2.2.1. Les composants principaux du convoyeur à bandeT0

Un transporteur à courroie est généralement composé de:

- Un groupe de commande;
- Un système de tension (Tendeurs à vis ou à contrepoids);
- Des rouleaux supérieurs;
- Des rouleaux inférieurs;
- Courroie (bande) Transporteuse;
- Tambours.

a- Groupe de commande

Fonction :

C'est la partie importante dans le fonctionnement de la bande transporteuse; Produire et transmettre l'énergie nécessaire au tambour d'entraînement afin de mouvoir.

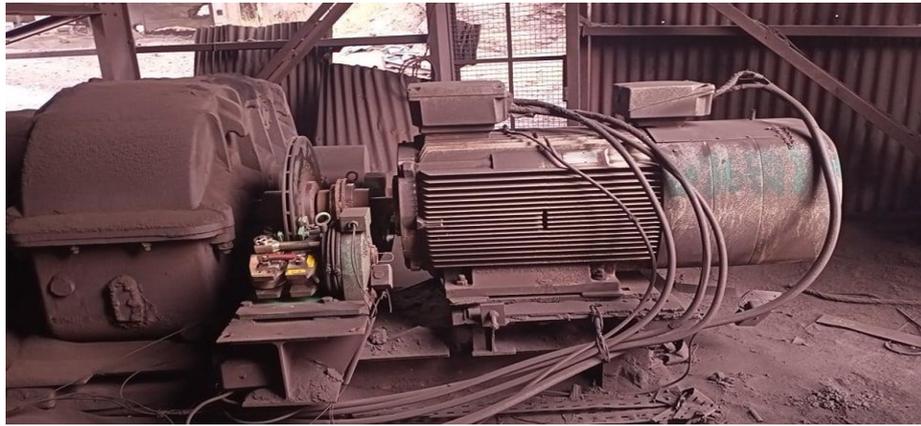


Figure IV.13 : Groupe de commande [prise de la photo]

Le système de transmission comprend :

- Moteur;
- Accouplement moteur réducteur;
- Réducteur;
- Accouplement réducteur tambour;
- Tambour de commande (d'entraînement);
- Palier

b- Système de tension (Tendeurs à vis ou à contrepoids)

Fonction :

Il sert à tendre la bande en fonctionnement de la charge transportée pour éviter que bande Glisse sur le tambour d'entraînement. Nous montrons également deux types de système de tension :

- ❖ **Contrepoids** : Nous l'utilisons généralement dans la bande transporteuse la plus longue, par exemple, dans cette mine, nous l'utilisons dans la bande T0 ; T2 ; T2Bis.
- ❖ **Tendeurs à vis** : Nous l'utilisons dans la bande transporteuse de la longueur la plus courte.



Figure IV.14 : Contrepoids [prise de la photo]



Figure IV.15 : Tendeurs à vis [prise de la photo]

c- Rouleaux supérieurs

Fonction :

Réduite la résistance au mouvement de la courroie chargée et la soutenir en produisant un mouvement doux et sans heurt. Certains rouleaux porteurs peuvent aussi servir à amortir les

impacts, aligner la courroie ; à la forme en auge ou à en changer la direction. Il existe différentes sortes de rouleaux et de porteur :

- ❖ **Rouleaux Réguliers** : Supportent et aligne la courroie. L'angle nominal de l'auge peut se situer entre ($\text{Ø}133/4$) et 30° ;
- ❖ **Rouleaux amortisseur** : Conjointement avec certaines caractéristiques de la courroie, ils amortissent les impacts aux points de chargement;
- ❖ **Rouleaux guide** : Placés aux endroits critiques. Ils assurent l'alignement de la courroie grâce à leur angle d'inclinaison», qui crée une force de centrage de la courroie.

d- Rouleaux inférieurs

Fonction :

Réduire la résistance au mouvement de la courroie et la soutenir en produisant un mouvement doux. Certain peuvent aussi servir à aligner la courroie ou en changer la direction .Il existe différentes sortes de rouleaux de retour :

- ❖ **Rouleaux réguliers** : supportent et aligne la courroie;
- ❖ **Rouleaux d'alignement** : placé dans un endroit critique, il assure l'alignement de la courroie.



Figure IV.16 : Rouleaux supérieurs



Figure IV.17 : Rouleaux inférieurs [prise de la photo]



Figure IV.18 : Rouleaux amortisseur [prise de la photo]



Figure IV.19 : Rouleaux guide [prise de la photo]

e- Courroie (bande) Transporteuse

Description :

La bande constitue l'élément de manutention. Entraînée par des têtes motrices, elle permet aujourd'hui des transports à des débits pouvant atteindre plusieurs milliards de tonnes à l'heure sur des distances pouvant aller jusqu'à plusieurs Kilomètre. Dans ces fonctions, elle doit notamment :

- ✓ Supporter les tensions nécessaires à son entraînement;
- ✓ Résister aux chocs et à l'abrasion des matériaux transportés;
- ✓ Être adaptée au lieu d'utilisation (pluie, neige, vent, gel...).



Figure IV.20 : la bande [prise de la photo]

f-Tambours

Fonction :

Entraîner la courroie ou l'amener à changer de direction. Les tambours peuvent être recouverts d'une garniture afin d'augmenter le coefficient de frottement entre la courroie et le tambour, de réduire l'usure par abrasion de ce dernier ou de créer un effet autonettoyant.



Figure IV.21 : Tambours [prise de la photo]

IV.2.3. Les formes de la maintenance adoptée par l'entreprise

a- Maintenance corrective :

- ❖ Le dépannage sur chantier dans le cas de petits problèmes en raison de remise en état des organes défaillants.
- ❖ La réparation au niveau des ateliers ou au chantier par les équipes d'interventions en vue d'une remise en état définitif.

b-Maintenance préventive :

La maintenance préventive comprend essentiellement :

- ❖ La maintenance conditionnelle basée sur l'analyse vibratoire et l'analyse d'huile ;
- ❖ Maintenance systématique qui comprend.

c-Maintenance systématiques :

Sont effectués selon des périodicités fixes préconisées par le service maintenances et qui regroupe les ² travaux suivants :

- ❖ Graissage ;
- ❖ Nettoyage ;
- ❖ Lubrification ;
- ❖ Vidange d'huile ;
- ❖ Contrôle du niveau d'huile ;
- ❖ Resserrage des boulons.

Ces opérations de maintenance systématique sont appliquées par le mécanicien ou une équipe d'intervention pour éviter la dégradation de la machine.

Les check listes mécaniques :

Ce sont des contrôles quotidiens effectués avant chaque démarrage de la machine.

Les révisions générales :

Après un cumul des heures de marches données, la machine est totalement révisée.

IV.2.4. Méthodes de liens de convoyeur à bande

Ces types de méthodes sont utilisés lorsque la bande transporteuse est coupée jusqu'à ce qu'elle soit remplacée par une autre

- ❖ **Collage A Froid** : Cette méthode efficace, et c'est dépend d'une colle spéciale, après une petite dégradation sur les deux parties de tapis mettre la colle entre les deux parties;
- ❖ **Collage A Chaud** : la méthode plus efficace, dépend de l'échauffement de partie de tapis
- ❖ **Les Aggrave** : Cette méthode appliquée pour maintenir les petites fissures dans le tapis



Figure IV.22 : Les aggrave [prise de la photo]

IV.2.5.4. Généralités de la division PMA

La division PMA (préparation de la matière et agglomération) est chargée de la manutention et de traitement des matières, destinées à l'alimentation de haut fourneau, pour la fabrication de la fonte (Figure 1), celle-ci se compose de:

- Service maintenance.
- Secteur process.
- Secteur coke.
- Secteur minerais.
- Service exploitation.
- Service bandes.

Du point de vue exploitation, l'installation est divisée en quatre secteurs :

- a. Le secteur coke et additions : Chargé du traitement, stockage et transport du coke et additions nécessaires à l'élaboration de l'aggloméré et de la fonte.
- b. Le secteur minerais : Qui est chargé de traitement, stockage et transport du minerais.
- c. Le secteur agglomération N°2 : Avec une capacité de 2 600.000 tonnes/an fabrique l'aggloméré et alimente le haut fourneau

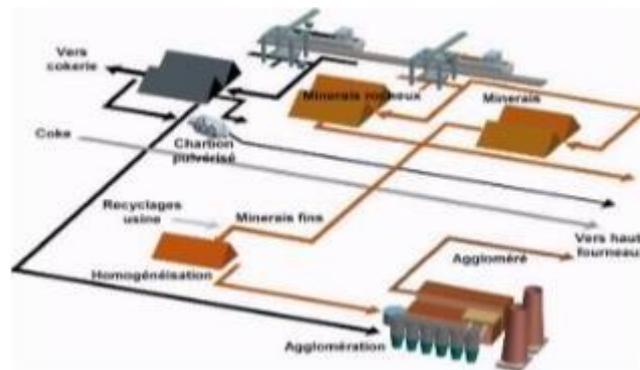


Figure IV.23 : Installation de préparation des matières et agglomération

IV.2.5.5. Préparation mécanique du minerais au niveau du complexe ArcelorMittal

Le transport du minerais de fer des mines de l'Ouenza et Boukhadra est assuré par la société national des chemins de fer (SNTF) dans des wagons minerais, par voie ferrée vers le complexe sidérurgique d'El-Hadjar.

Les rames du minerais de fer se dirigent ensuite vers le déchargement, une rame est généralement composée de 26 Wagons, le complexe reçoit en moyenne six rames par 24 heures.

Afin de préparer le minerais pour sa transformation, il est stocké sur la zone de déchargement venant des différentes mines d'Ouenza et de Boukhadra à une granulométrie de 0-300 mm En effet ce tout venant subit une préparation mécanique au niveau de la zone de concassage et criblage.

Le concassage constitue la première étape de la comminution. Son objectif n'est pas uniquement la libération des minéraux, mais aussi la réduction de dimension afin de faciliter la manipulation ultérieure du minerais. Il est normalement fait à sec en deux étapes. L'alimentation provient de la mine et à une dimension pouvant aller jusqu'à 300 mm Cette opération se fait en circuit ouvert et permet de réduire la dimension des roches jusqu'à 50

mm, tandis que la dimension du produit concasser est contrôlée avec l'ouverture des cribles permettant ainsi son transport vers les cribles.

Le concassage secondaire est toujours accompli dans cette dernière. Le produit final a une dimension maximale de 10 mm ; l'opération se fait en circuit fermé. Des cribles vibrants sont placés en amont des concasseurs qui permettent la classification du minerai en deux produits. Les caractéristiques des concasseurs et des cribles sont mentionnés dans les tableaux 2 et 3.

IV.2.5.6. Le secteur minier constitué de plusieurs séquences

- **Séquence 20:** transport des matières premières (0-300) mm vers les JET 201-202 pour le stockage ou vers le transporteur TRO209 pour le traitement.
- **Séquence 21:** transport des matières 0-300 mm par le transporteur TRO209 vers les silos SIL 210-211.
- **Séquence 22:** criblage et concassage primaires des matières 0-300 mm extraites des SIL210- 211 et transport du produit 0-50 obtenu vers les silos SIL212/213/214/215.
- **Séquence 23:** criblage secondaire des produits 0-50 extraits des SIL212-213-214-215 et criblage tertiaire des produits extraits de SIL220-221; les 2 produits obtenus (0-10 et 10-50)

Sont évacués de la manière suivante :

- Produits 0-10 : acheminés par TRO223 vers la zone correspondante.
- Produits 10-50 : transportés par TRO216 vers les silos tampons SIL216-217-218.
- **Séquence 24:** transport par TRO252 des matières 10-50 extraites de SIL216-217-218 vers les hauts fourneaux.
- **Séquence 26:** stockage du produit 0-10 par la JET203, reprise du produit stocké par les REP201-202 et transport par le TRO231.
- **Séquence 13:** alimentation en produits 0-10 homogénéisés les silos des agglomérations n° 2

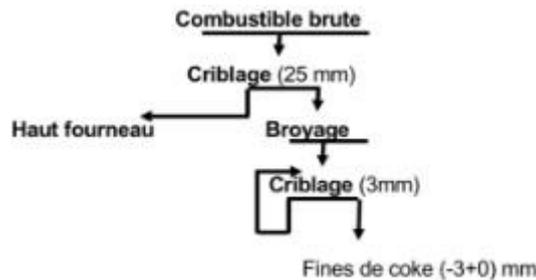


Figure IV.24 : schéma technologique de préparation mécanique du coke

IV.2.6. Analyse du plan de maintenance actuel du convoyeur à bande

Après avoir défini les différents types de maintenance, il est impératif avant de se lancer dans l'analyse des données statistiques d'étudier celle adoptée actuellement par le service maintenance (bureau des méthodes), Pour cette partie nous nous sommes basés sur les données acquises pendant l'année 2019/2020/2021

IV.2.6.1. Statistiques des Nombres des pannes du convoyeur

D'après les données des pannes requises pendant les années 2019/2020/2021

Tableau IV.2 : Distribution les nombres des pannes (bureau des méthodes)

	Les pannes	Nombre des pannes	Nombre des pannes ccumulé	% Accumulé
A	Rouleaux	140	140	56
B	Bavette	50	190	76
C	Tapis	20	210	84
D	Gollota	15	225	90
E	Roulement	10	235	94
F	Tambour	6	241	96.4
G	Tendeurs	5	246	98.4
H	Résolue de couplement	3	249	99.6
I	Moteur	1	250	100

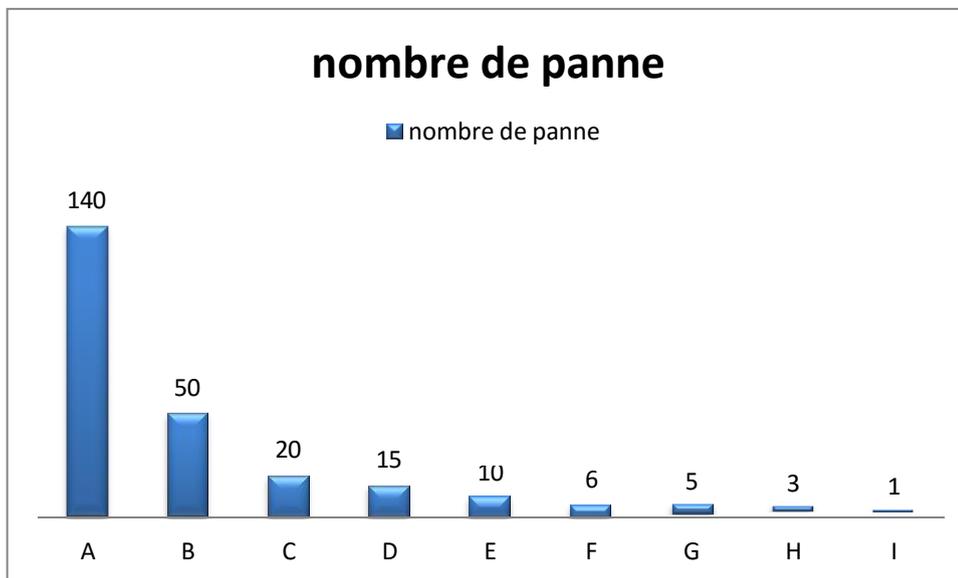


Figure IV.25 : Diagramme Identification d'éléments critiques

Par l'analyse du diagramme de la figure IV.26, la situation la plus critique dans le convoyeur est celle des rouleaux, qui sont les plus vulnérables aux défaillances. De plus, nous remarquons remarque que le reste des composants ont des proportions variables des pannes.

IV.2.6.2. Analyse du plan de maintenance actuel de la bande

Les types actuels de maintenance du convoyeur sont représentés sur le tableau suivant:

Tableau IV.3 : Types de maintenance actuelle de la bande

Plan de maintenance du convoyeur	conditionnelle	Corrective	Systématique	Améliorative	Total
Temps	600	8400	40	0	9040
Temps %	6.64%	92.92%	0.44%	0%	100%

D'après ce tableau on peut conclure que la maintenance corrective domine les autres types de maintenance pour le convoyeur à bande.

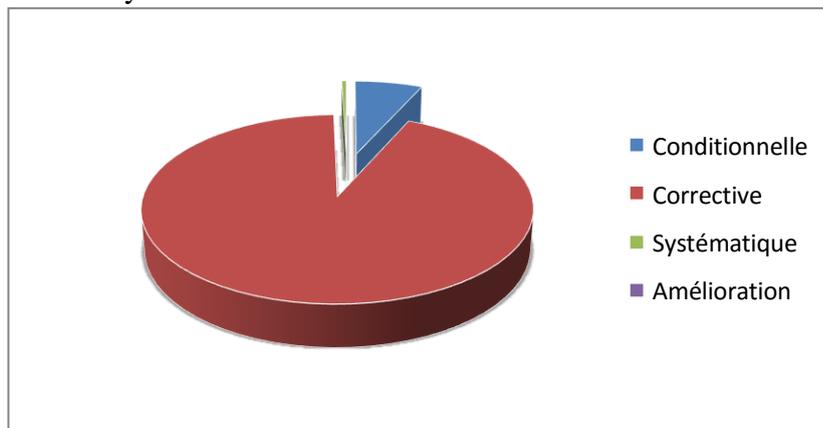


Figure IV.26 : Plan de maintenance actuel de la bande

Nous remarquons sur la **Figure IV.26**. Que la majorité des interventions sur le convoyeur sont correctives, la maintenance systématique est quasi-absente.

IV.2.6.3. Répartition des heures de marches et heures d'arrêts non planifié

Tableau IV.4 : Heures de marche et heures de panne durant 3 ans

	Année2019	Année2020	Année2021
Heurs de pannes	837.5	1054.5	865.5
Heures de marche	1421	1284.5	1326.5

Tableau IV.5 : Heures de marche et heures de panne

Heurs de pannes	Heures de marche	Totale
2757.5	4032	6789.5
40.59%	59.40%	100%

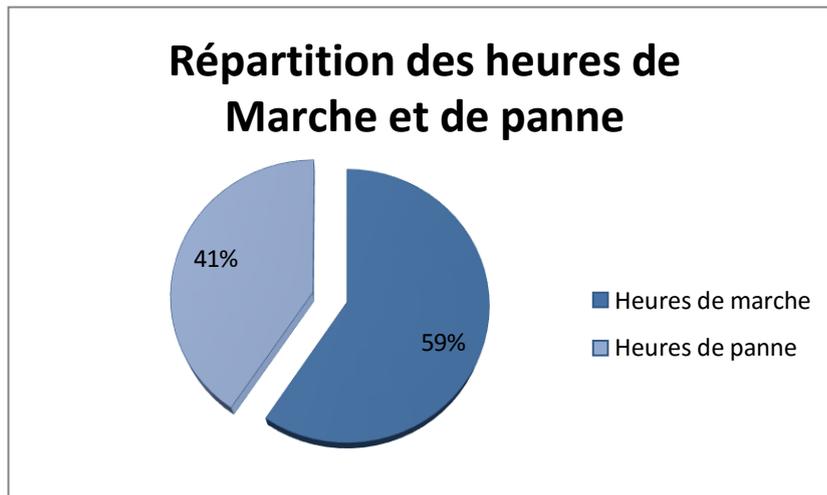


Figure IV.28 : Répartition des heures de marche et de panne

Nous remarquons que la bande transporteuse au cours des trois dernières années .les heurs de marches plus que d'heures de panne cependant, nous pouvons rechercher les causes de panne restantes pour améliorer encore.

IV.2.6.3. Analyse des heures de pannes par type

D'après l'historique de la convoyeur 660 de l'année 2019/2020/2021, les pannes sont réparties en mécanique ; électrique et les autres type associés.

Tableau IV.6 : Répartition des heures de panne par types

Les pannes	Mécanique(h)	Electrique(h)	Autre(h)	Totale(h)
L'ensemble				
Convoyeur à Bande	1100	907	750	2757

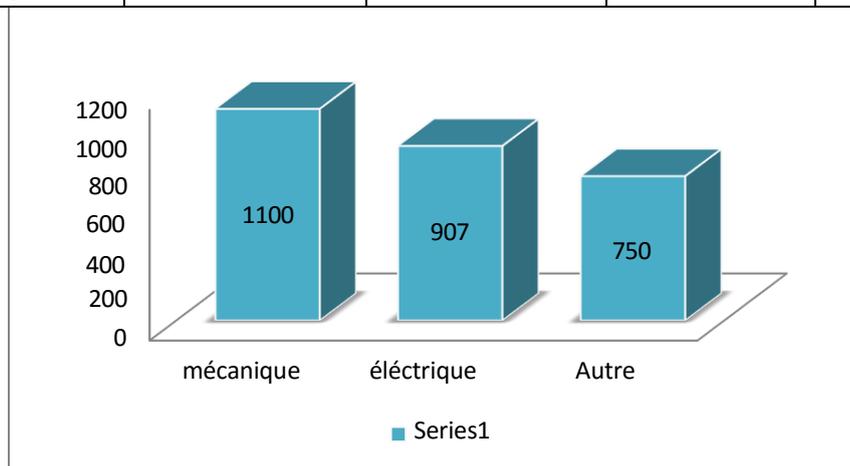


Figure IV.29 : Répartition des heures de panne par types

Le graphe ci-dessus représente la répartition des heures de panne par type ; nous remarquons que les pannes mécaniques sont dominantes, pour cela on va analyser et traiter les causes de ces pannes par la méthode AMDEC.

Etape 3

IV.3. Etude de diagramme de Pareto

IV.3.1. Répartition de la machine

Pour simplifier cette étude statistique, on va exposer les organes qui constituent notre convoyeur qui et qui sont touchés par les pannes pendant la durée trois année de production (2019/2020/2021) :

Circuit de commande : moteur ; accouplement ; réducteur ; tambour ; palier ; roulement ; résolue accouplement.....

Groupe de transport : tapis ; les supports ; les rouleaux...

Système du tentions : tendeur ; contrepoids....

Circuit du chargement : gollote ; bavette....

Circuit de fonction auxiliaire : assure tout les taches associées lever les pierres concassées ; Machine de concassage de pierre qui obstrue le fonctionnement du concasseur....

Le tableau suivant comprend les nombres de panne :

Tableau IV.7 : Les nombres des pannes accumulées

	Sous-ensembles	Nombre de pannes	Cumule de pannes	% des pannes cumulées
1	Groupe de transport	163	163	59.06
2	Circuit du chargement	65	228	82.60
3	Circuit de commande	23	251	90.94
4	Système du tentions	15	266	96.38
5	Circuit d'auxiliaire	10	276	100

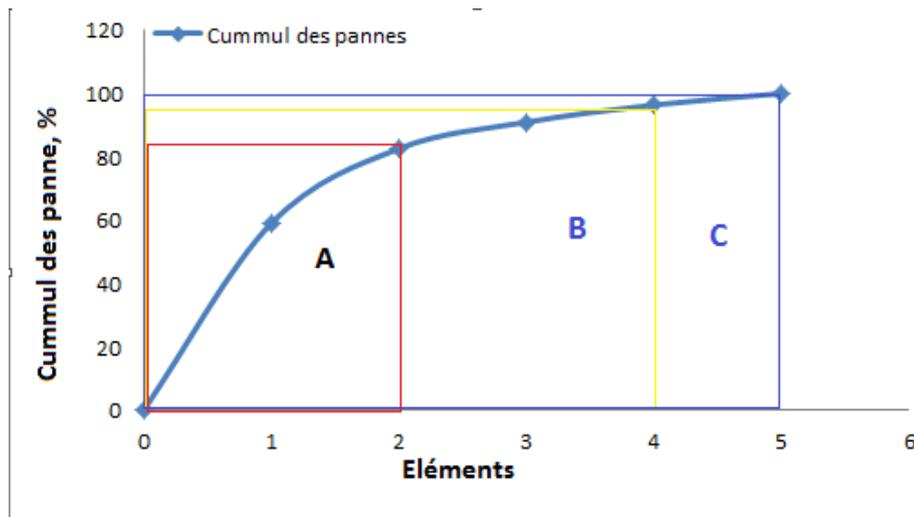


Figure IV.30 : Diagramme de Pareto

IV.3.2. Interprétation du diagramme de Pareto

La zone A : nous montre que 33.33 % des sous-ensembles occasionnent 82.6% des pannes; il s'agit des équipements: Groupe de transport Circuit du chargement donc une attention particulière devrait être réservée à cette zone.

La zone B : Ensuite nous avons la blague B qui indique 66.67% des sous-ensembles sont à l'origine de 13.78% des d'arrêts ; il s'agit de Circuit de commande et Système du tentions

La zone C : En fin nous avons la zone C constituée de Circuit d'auxiliaire représente mais occasionnant seulement 3.62% des d'arrêts.

NB : Les équipements compris dans un même sous ensemble sont interdépendantes, le dysfonctionnement d'un équipement entraîne la perte de la production de la bande. Le dysfonctionnement d'un sous ensemble entraîne également la perte de production de la convoyeur a bande entière.

IV.3.3. Recherche des causes racines (Diagramme Ishikawa)

Après l'étude du graphe de Pareto, nous avons cherché à comprendre pourquoi les pannes de ces trois sous-ensembles sont énormes .Ce qui nous ont conduits à l'étude du diagramme d'Ishikawa.

Pour tenter de surpasser notre problème, il faut connaître toutes les causes qui peuvent lui donner naissance à savoir "les cinq M": Matériels, Matières, Méthode, Main-d'œuvre et Milieu, Pour déduire les causes.

- **Le matériel :**
 - Usure des roulements ;
 - Bruit des rouleaux ;
 - Manque des pièces de rechange ;
 - Contraintes mécanique ;
 - Le ressort casse ;
 - Rupture usure.
- **La matière :**
 - Type de la bande ;
 - Qualité de mènerei ;
 - Qualité de lubrification.
- **La méthode :**
 - Manque de maintenance préventive ;
 - Programmes de maintenance non conformes ;
 - Manque d'information concernant ;
 - Maintenance curative inefficace.
- **La main d'œuvre :**
 - L'opérateur mal formé ;
 - Manque de documentation.
- **Le milieu :**
 - Condition climat ;
 - La poussière ;
 - Horaires de travail difficiles ;
 - Types de terrain.

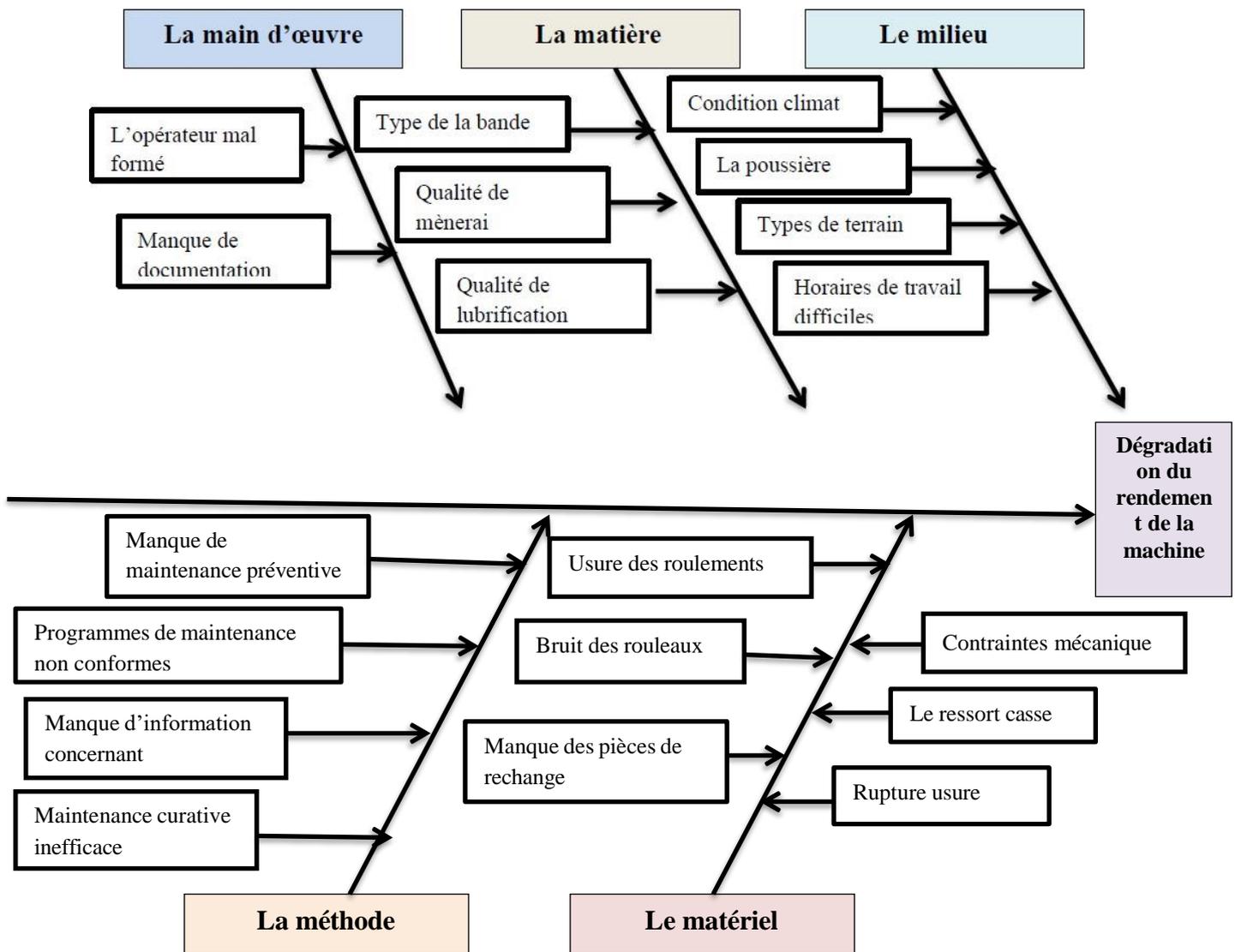


Figure IV.31 : Diagramme causes-effet

IV.3.4. Interprétation du diagramme d'Ishikawa

Selon Ishikawa nous pouvons retenir les points suivants :

Matière : Pour ce qui concerne la matière, type de la bande, la qualité de lubrifiant et qualité de minerai sont facteurs pénibles sur la rentabilité de la machine.

Milieu : Le milieu poussiéreux est le facteur majeur qui augmente les temps d'indisponibilité. La poussière énorme est due au fait que la machine ne dispose pas d'un dispositif de poussière. Alors il y a quelques procédures que nous pouvons établir pour diminuer les pannes au minimum parmi eux :

- ✓ Nettoyer périodiquement le moteur de la poussière et les rouleaux et les tambours;
- ✓ Une tentative de ne pas augmenter les heures de travail, en fonction du climat.

Main d'œuvre : L'absence de formation et le problème de qualification des employés sont des problèmes majeurs qu'il faut impérativement résoudre. Il y a également un manque de documentation et l'absence de procédure d'intervention rend les tâches plus difficiles.

Matériel : Les machines sont en général utilisées dans des mauvaises conditions (mauvais graissage: exemple Usure des roulements, mauvais réglage: exemple Bruit des rouleaux) qui cause des coupures de la bande et distraction des différents composants manque des pièces de rechange

Méthode : Le manque d'information sur l'état de la machine ainsi l'inefficacité de la maintenance curative rend la tâche des maintenances difficiles.

IV.3.5. Analyse AMDEC

Après le recensement et l'identification de toutes les causes qui provoquent les pannes de la convoyeur à bande, nous passons au calcul de la criticité des défaillances fonctionnelles, à l'aide de produit : $F \cdot G \cdot D$, prenant en compte la fréquence et la gravité de défaillance, comme indices de calcul. Nous obtenons le tableau suivant :

AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ						Phase de fonctionnement				
SYSTÈME : convoyeur à bande										
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	D	C	
Support	Facilite le mouvement entre la bande et le châssis du convoyeur	-Usure des roulements du rouleau endommagé. -Le support endommagé.	-Manque de graissage es roulement du support. -Une déformation durant la rupture de la bande.	- Déséquilibre au niveau du convoyeur rupture et Endommagement de la bande	visuel	6	6	3	108	changement
Rouleaux	Trois types de rouleaux : amortisseur qui amortie le choc de la roche et supérieure et inférieur qui facilitent le mouvement	- Roulements bloqués. -des bruits(les roulements endommagés).	-Nettoyage. -Manque de graissage des roulements.	Décallage au niveau du convoyeur, rupture et endommagement de la bande	visuel	7	9	3	189	changement
rouleaux inférieur	Guide la bande sur la partie inferieur	-Arrêté de tourne(les roulements bloquer). -bruits (les roulements endommagent).	-Manque de nettoyage. -Graissage des roulements.	Décallage au niveau du convoyeur, rupture et endommagement de la bande	visuel	7	9	3	189	changement
rouleau supérieur	Guide la bande sur la partie supérieure	-Arrêté de tourne(les roulements bloquer). -bruits (les roulements endommagent).	-support endommage. -l'usure des roulements	Décallage au niveau du convoyeur, rupture et endommagement de la bande	visuel	7	9	3	189	changement

Accouplement	Assure le mouvement entre le moteur et tambour	Les dents de l'accouplement endommagent avec le ressort	L'accouplement est mal aligné	Arrêt de production	visuel	2	10	10	200	Modifier
Bavette	Assure les pertes de produit au niveau t0	Déchirure de la bavette	L'état initial de la bavette et les heures de marche	Trop de perte de produit arrêt de travail	visuel	8	9	3	216	changement
Mouchant de tambour	Assure la fixation du roulement avec l'arbre du tambour	Desserrage de l'écrou	Manque de graissage	Endommagement de roulement et l'arbre arrêt de travail	visuel	2	10	9	180	changement
Roulement	Assure un bon mouvement et supporte les charge axial et radial roulement conique et double range	Echauffement du roulement du palier peut être éclate	Manque de graissage	-arrêt de travail. -endommagement du palier.	visuel	2	8	8	128	changement
résolution d'accouplement	Assure la liaison entre les deux accouplements	Le ressort sera casse	L'accouplement est mal aligner	Arrêt de production	visuel	6	8	8	384	changement
Tapis	Transporte le produit	Rupture usure	Manque de nettoyage	Arrêt de production	visuel	6	9	3	162	Réparation
Palier	Fixe la partie supérieure du roulement et assure le bon fonctionnement	Echauffement et éclatement	Manque de graissage la fatigue du roulement	Arrêt de travail	visuel	3	8	5	120	changement

Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC sur le convoyeur à bande

Tambour	Entraine la bande	Cassé	Endommagé	Vitesse de rotation diminue	visuel	6	10	3	180	réparation
Réducteur	Réduit la vitesse rotation du moteur (tambour)	Pannes mécaniques	Le niveau d'huile est en bas	Manque d'entretien	visuel	3	10	8	240	Modifier

Etape4

IV.4.Synthèse ou évaluation de la criticité

A partir du tableau AMDEC on a hiérarchisé les défaillances selon le seuil de criticité, les éléments dont la criticité atteint le seuil demande des actions correctives, ainsi ceux qui ont la gravité et la fréquence entre 6, 7, 8 et 9 et 10 doivent entrainer une action corrective de conception, même si la criticité n’atteint pas le seuil fixé.

C < 250: Aucune modification; maintenance corrective. Ex: changement d’accouplement ; serrage de système de fixation.

250 ≤ C < 500 : Acceptable mais surveillance particulière; maintenance préventive conditionnelle et pièces de rechange associées.

500 ≤ C < 750 : Remise en cause complète de la conception Recherche d’amélioration

750 ≤ C < 1000: Reprendre la conception

Niveau de criticité	Eléments	Criticité	Action corrective
C < 250	Support	108	- Maintenance Corrective
	Rouleaux	189	
	rouleaux inférieur	189	
	rouleau supérieur	189	
	Accouplement	200	
	Bavette	216	
	Mouchant de tambour	180	
	Roulement	128	
	Tapis	162	
	Palier	120	
	Tambour	180	
	Réducteur	240	
250 ≤ C < 500	résolue de couplement	384	- Amélioration de performance de l'élément - Maintenance préventive systématique

Conclusion

L’objectif principal de ce chapitre vise en particulier l’amélioration de la maintenance préventive et curative du convoyeur a bande ; c’est pour cette raison, nous avons effectué une analyse critique de l’état actuel de la machine par la méthode AMDEC, puis un classement basé sur la criticité des éléments qui sont analysés est réalisé et seul l’élément les plus critiques étant suivi par des actions de maintenances préventive.

Plan de maintenance préventive

Je suggère d'utiliser le calendrier de maintenance préventive suivant afin de ne pas atteindre la maintenance corrective

1/ Bande

N°	Désignation des travaux	Jour 1h	Semaine 16h	Mois 48h	Observation
01	Graissage des paliers tambours	X			
02	Vérification rouleaux bande	X			
03	Vérification du rebord de la bande	X	X		
04	Vérification patinage rouleaux	X	X		
05	Vérification signal tendeur bande	X	X		
06	Vérification des niveaux d'huile des réducteurs		X		
07	Entretien du coffret et du moteur électrique		X		
08	Vérification et graissage des galets de guidage latéral et chemin des roulements		X		
09	Vérifier état du câble du contre poids		X		

EXTRACTEURS N° 01 ET N° 02

01	Graissage des paliers	X			
02	Vérification niveau d'huile dans le réducteur	X			
03	Vérification niveau d'huile dans le carter de transmission	X			
04	Vérification alignement et tension des courroies et Chaîne	X	X		
05	Vérification des galets	X	X		
06	Entretien du coffret et du moteur électrique		X		

CRIBLE

01	Graissage des paliers	X			
02	Vérification niveau d'huile dans le réducteur et carter de transmission	X			
03	Alignement et resserrage réducteur et moteur		X		
04	Entretien du coffret et du moteur électrique		X		

Conclusion générale

Les opérations de transport sont très importantes pour assurer les processus de production dans les carrières ou les mines à ciel ouvert, on définit deux types de transport, continue « les convoyeurs » et discontinue « les engins ».

Les convoyeurs à bande sont très employés dans l'industrie, les mines et carrières et pour le déplacement.

Le service maintenance industrielle est très important et essentiel à la disponibilité et surtout à la sécurité des opérateurs. En effet, le fonctionnement d'une installation, même dans les conditions normales d'exploitation entraîne un certain vieillissement des équipements et parfois même des accidents suite à des défaillances brutales de certains organes de la machine.

Dans ce travail ; nous sommes intéressés à une machine dans l'entreprise le convoyeur à bande ; l'indisponibilité et le MTTR de cette dernière sont très loin des espérances et de l'objectif de l'entreprise, à cause des différents modes de défaillances. De ce fait nous avons par le diagramme de Pareto sélectionner les éléments mineurs causant les pannes majeures ; puis par Ishikawa chercher les causes conduisant à ces pannes, puis par l'AMDEC analysé ces défaillances et les classé suivant leur criticité ; cette analyse a mis en évidence les éléments critiques et conduisant à des pertes de production très fâcheuses et plus critiques. Ces pannes sont dues aux milieux poussiéreux de travail, aux manques des pièces de rechanges de première urgence ce qui augmente l' MTTR; ainsi que, le manque de prise des décisions rapide sur des événements quotidiens...

Les résultats de l'analyse l'AMDEC peuvent être exploités pour appliquer un plan de maintenance avec une périodicité limitée suivant les conditions de travail et l'évaluation de l'état de dégradation de la machine.

La réussite d'un plan de maintenance ne sera rentable sans un suivi régulier des interventions de maintenance qui permet d'améliorer leur efficacité, et sans une préparation rigoureuse aucun travail ne peut être accompli efficacement.[2]

Bibliographies

- [1] Mahfoudi K. (2008) *Support technique: Gestion et organisation de la maintenance Projet de mise à niveau de la formation professionnelle en Algérie, financé par l'union européenne, 2008.*
- [2] GHOMARI S.MAMI E.F. "Qualité et normes ISO –Actes de symposium international sur la qualité et maintenance au service de l'entreprise Tome 1-Qualima 01 Université A boubekr Belkai d Tlemcen 21 et 22 novembre 2004.
- [3] AUBREVILLE Jean-Marie. *Maintenance industrielle de l'entretien de base à l'opération de la sureté, Edition ellipse Paris 2004.*
- [4] BOITEL Daniel ET HAZARD Claude. *Guide pratique de la maintenance, entretien Manuel's d'enseignements. Edition Nathan cop Paris 1987.15décembre2021*
- [5] BENISSAAD Ismail., *Maintenance industrielle, année universitaire 2007-2008.*
- [6]BEKOUCH IMED, *Mémoire les pelles hydrolique 2010*
- [7] LYONNET Patrick. *La maintenance-mathématiques ET méthodes, Edition technologique et documentation Lavoisier & Paris 1992. 15décembre2021*
- [8] BUFFERNE jean. *La TPM un système de production, Technologie (SCEREN -CNDP) –Revue Française de gestion Industrielle, Paris 2008.15 janvier 2022*
- [9] CHAPOUILLE Pierre., *Fiabilité, Maintenabilité, Techniques de l'Ingénieur, T 4300, 2007. 15 janvier 2022*
- [10] Rosa Abbou « *Contribution à la mise en œuvre d'une maintenance centralisé: Conception et Optimisation d'un Atelier de Maintenance* » *Automatique. Université Joseph-Fourier – Grenoble I, 2003. French.15 janvier 2022*
- [11] François Monchy, Jean Vrenier « *Maintenance Méthodes et Organisations* », 3eme édition- DUNOD Paris : 2010 ; L'USINE NOUVELLE. 15 janvier 2022
- [12] AMDEC *Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité AMDEC FMECA (Failure Modes, Affects and Criticality Analysais)* olivetto@apc.univ-paris7.fr. 15 janvier 2022
- [13] LANDY Gérard. *L'AMDEC guide pratique, 2eédition AFNORParis2007. 15 janvier 2022*
- [14] [http://www.ingexpert.com/maintexpert/php_theorie_maintenance methode -outil_demarche.php](http://www.ingexpert.com/maintexpert/php_theorie_maintenance_methode -outil_demarche.php).
- [15] BOUANAKA MOHAMED LARBI « *Contribution à la l'amélioration des performances opérationnelles des machines industrielles* » ; *Thèse de magister de l'université de Constantine – 2008/2009.*
- [16] *Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité*
- [17] *AMDEC: tout savoir sur la méthode AMDEC*
- [18] *AMDEC.PDF-AMDEC.pdf*
- [19] *AMDEC, méthode d'études des défaillances d'un produit*
- [20] [http://www.hubertfaigner.corn/ articles, html](http://www.hubertfaigner.corn/). 22février2022
- [21] WWW.<http://crrta.fr/wp-content/uploads/2013/10/04-M%C3%A9thode- AMDEC.pdf>. 10juin2022
- [22]. *Indian Journal of Science and Technology, Vol 10(9), DOI: 10.17485/ijst/2017/v10i9/110157, March 2017 article 22février2022*
- [23] <http://www.carmat.info/methode-amdec-30, html>. 22février2022

- [24]-<http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/13108/1/Ms.GM.Chekkaf%2BGhezouani.pdf>
- [25]-https://www.persee.fr/doc/rhs_0151-4105_1971_num_24_1_3175.22février2022
- [26]-<https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2015/01/BELHAMRA-Ali.pdf>. 22février2022
- [27]-<di.univ-blida.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/9521/1/mimoire.pdf>.26février2022
- [28] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Convoyeur>. 26février2022
- [29]https://dspace.univguelma.dz/jspui/bitstream/123456789/11607/1/DAFFRI_SARRA_F1_Génie%20Electrotechnique%20et%20automatique_Electromécanique.pdf. 26février2022
- [30]<dspace.univmsila.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/15041/817.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 26février2022
- [31]-<https://www.yumpu.com/fr/document/view/17207122/informations-techniques-rulmeca>. 26février2022
- [32]-<https://www.joyroll.net/fr/produit/support-de-rouleaux-superieur/>.02mars2022
- [33]-You-fu H, Meng Q. «Dynamic characteristics of conveyor belts», *Journal of china University of Mining and Technology, Elsevier, Vol 18, 0629–0633, 2008*. 02mars2022
- [34]-<http://www.univ-bejaia.dz/xmlui/handle/123456789/8996?show=full>. 15mars2022
- [35]-R-442.pdf. 15mars2022

Tableau A.1.Rapport mensuel des heures de maintenance des trois années 2019/2020/2021

2019

ENGIN	N°ANA	HEURE													taux		PROD T	RENDE T/H
		HEURE					HEURE	HEURE DE MARCHÉ				HEURE RESERVE			%	%		
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIBLE	H M/P	H M/PINT	H M DEPLAC	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT		
CONCASS.	7031	4945	141	0	269,5	410,5	4534,5	1302	0	225,5	1527,5	2872,5	134,5	3007	91,7	33,7	396850	304,80
CHAINE	7068	4936	141	0	696,5	837,5	4098,5	1292	8	121	1421	2543,5	134	2677,5	83,0	34,7	396850	305,27

2020

ENGIN	N°ANA	HEURE													taux		PROD T	RENDE T/H
		HEURE					HEURE	HEURE DE MARCHÉ				HEURE RESERVE			%	%		
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIBLE	H M/P	H M/PINT	H M DEPLAC	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT		
CONCASS.	7031	5476	120	0	881	1001	4475	1102	0	247,5	1349,5	3005,5	120	3125,5	81,7	30,2	235700	213,88
CHAINE	7068	5476	119	0	935,5	1054,5	4421,5	1050	0	234,5	1284,5	3017	120	3137	80,7	29,1	235700	224,48

2021

ENGIN	N°ANA	HEURE													taux		PROD T	RENDE T/H
		HEURE					HEURE	HEURE DE MARCHÉ				HEURE RESERVE			%	%		
		CAL	DEMA	PROGR	CURATIVE	TOT	DISPONIBLE	H M/P	H M/PINT	H M DEPLAC	TOT	H RES	H RES	TOT	DT	UT		
CONCASS.	7031	5305	119,5	0	593,5	713	4592	1149,5	0	238	1387,5	3085	119,5	3204,5	86,6	30,2	242250	210,74
CHAINE	7068	5305	119,5	16	730	865,5	4439,5	1100,5	0	226	1326,5	2993,5	119,5	3113	83,7	29,9	242250	220,13

Les schema du chaque tapis du convoyeur a bande

