

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان –

Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Par : CHEKKAF Zakariya et GHEZOUANI Moustafa

Sujet

ETUDE, ANALYSE ET SYNTHÈSE D'UN CONVOYEUR

A BANDES (CAS SCIBS BENI SAF)

Soutenu publiquement, le **24 /06/ 2018** devant le jury composé de :

Encadreur	M ^r	KERBOUA Bachir	Pr	UABB-Tlemcen
President	M ^r	HAMOU Said	Pr	UABB-Tlemcen
Examineur	M ^r	HADJOUI Fethi	MCB	UABB-Tlemcen
Examineur	M ^r	BENSAID Ismail	MCB	UABB-Tlemcen
Invité	M ^r	BENALLAL Abdelkarim	ING	Directeur Tech.
Invité	M ^r	BENSAFI Mourad	ING	Chef. Dept. Maint.

Année 2017/2018

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout- puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur le Professeur **Kerboua Bachir** pour le sujet qu'il nous a proposé et ses précieux conseils scientifiques durant toute la période du travail et sa grande disponibilité et sa grande patience durant la période du PFE.*

*Nos vifs remerciements vont également aux président le professeur **Hamou Saïd** enseignant au département de mécanique et aux membres de jury, le docteur **Hadjoui Fethi** et le docteur **Bensaid Ismail**, enseignants au département de mécanique pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant d'examiner notre mémoire et de l'enrichir par leur participation.*

*Ainsi, nos remerciements aux responsables de la cimenterie SCIBS Béni-Saf Mr **Bensafi Mourad** et Mr **Benallal Abdelkarim**.*

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

DÉDICACES

C'est avec une très grande émotion et un immense plaisir que je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents qui m'ont soutenu durant toute la durée de mes études.

Mes frères Fouzi, Mohammed, Abd samie et ma sœur Ikram

A tous les membres de ma famille, petits et grands

A tous mes chers amis qui m'ont beaucoup aidé durant ces années d'études

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Chekkaf Zakaria

C'est avec une très grande émotion et un immense plaisir que je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents qui m'ont soutenu durant toute la durée de mes études.

Mon frères Abd el kadar

A tous les membres de ma famille, petits et grands

Mes chers amis Mahmoudi Nabil, chick Abd allatif

Ainsi, qu'a l'ensemble des étudiants de ma promotion :

<< Construction mécanique(2017-2018)>>

Ghezouani Moustafa

Résumé :

Notre travail porte sur l'étude et l'analyse du convoyeur à bandes situé niveau de la cimenterie de BENI SAF. Ce convoyeur est placé en amont du broyeur et il est considéré comme la pièce maitresse de la production du ciment.

La cimenterie de BENI SAF est une usine de production du ciment, elle est composée de plusieurs équipements importants, comme le Broyeur cru, le clincker, le concassage, le système de refroidissement, et de plusieurs convoyeurs dont celui qui est étudié dans notre projet de PFE.

Le but de ce projet de fin des études est axé sur la vérification de la charge du convoyeur en fonction de la puissance nécessaire de moteur d'entraînement. Ainsi, que l'analyse de sa maintenance et l'optimisation de sa fonction de fiabilité en utilisant des outils et modèles développés qui nous permettent de déterminer les fonctions de dégradation de l'organe sensible de cet équipement. Sur la base de cette analyse au niveau du convoyeur, on peut situer le type de la maintenance à appliquer pour optimiser l'utilisation et l'exploitation de ce transporteur à bandes.

Enfin, ce projet nous permet une meilleure compréhension de fonctionnement de ce type d'équipement, en particulier son utilisation réelle un chantier très sollicité comme la production du ciment, et étudiera les conséquences de sa mauvaise utilisation.

Mots clés :

Convoyeur à bandes, tambour, bandes à tapis, maintenance, fiabilité, dégradation des équipements.

ملخص:

يركز عملنا على دراسة وتحليل الحزام الناقل الموجود في مصنع الأسمنت ب. يتم وضع هذا الناقل في اتجاه الكسارة ويعتبر جزء دهنى من إنتاج الأسمنت.

إن مصنع الأسمنت في بني صاف هو مصنع لإنتاج الأسمنت، ويتكون من عدة معدات هامة، مثل الكسارة، والموزع، الخاص بنا PFE والتكسير، ونظام التبريد، والعديد من الناقلات بما في ذلك الناقل الذي تم دراسته في مشروع.

الهدف من مشروع نهاية الدراسات هو التحقق من حمولة الناقل وفقاً للطاقة المطلوبة لمحرك. وهكذا، فإن تحليل صيانتها وتحسينها لوظائفها باستخدام الأدوات والنماذج المتقدمة التي تسمح لنا بتحديد وظائف الانحطاط للجسم الحساس لهذا الجهاز. استناداً إلى هذا التحليل على مستوى الناقل، يمكن تحديد موقع نوع الصيانة التي سيتم تطبيقها لتحسين استخدام وتشغيل هذا الحزام الناقل.

وأخيراً، يتيح لنا هذا المشروع فهماً أفضل لتشغيل هذا النوع من المعدات، خاصة استخدامه الفعلي مطلوباً للغاية كإنتاج للأسمنت، وسيدرس عواقب إساءة استخدامه.

كلمات البحث

الحزام الناقل، طبل، أحزمة السجاد، الصيانة، دقة، تدهور المعدات.

Abstract:

Our work focuses on the study and analysis of the conveyor belt located at the BENI SAF cement plant. This conveyor is placed upstream of the crusher and is considered as the greasy part of the cement production.

BENI SAF cement plant is a cement production plant, it is composed of several important equipments, like the Crusher, the clincker, the crushing, the cooling system, and several conveyors including the one which is studied in our project of PFE.

The aim of this end-of-studies project is to check the load of the conveyor according to the power required of the drive motor. Thus, that the analysis of its maintenance and optimization of its reliability function using tools and developed models that allow us to determine the degradation functions of the sensitive body of this equipment. Based on this analysis at the conveyor level, one can locate the type of maintenance to be applied to optimize the use and operation of this conveyor belt.

Finally, this project allows us a better understanding of the operation of this type of equipment, in particular its actual use a highly requested site as the production of cement, and will study the consequences of its misuse.

Keywords :

Conveyor belt, drum, carpet belts, maintenance, reliability, degradation of equipment.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements.....	i
Dédicaces.....	iii
Résumé.....	iv
Table des matières.....	vi
Liste des figures.....	x
Liste des tableaux.....	xii

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Chapitre I : Généralités sur les convoyeurs à bandes (SCIBS Béni-Saf)

1.1. Généralités.....	3
1.2. Présentation de la cimenterie de Béni-Saf.....	6
1.2.1. Processus de fabrication du ciment	7
1.2.1.1. Zone Carrière	7
1.2.1.1.1. Extraction de la matière première	7
1.2.1.1.2. Concassage.....	7
1.2.1.1.3. Pré-homogénéisation.....	8
1.2.1.1.2. Zone Broyeur cru.....	8
1.2.1.3. Zone Cuisson.....	9
1.2.1.3.1. Préchauffeur	10
1.2.1.3.2. Four rotatif.....	10
1.2.1.3.3. Refroidisseur.....	10
1.2.1.4. Broyeur ciment (BKS)	10
1.2.1.5. Zone de L'expédition	11
1.2.2. Schéma de fabrication	12

Chapitre II : Types et domaine d'utilisation des convoyeurs

2.1. Convoyeurs pneumatiques	14
2.1.1. Aéroglissières	14
2.1.2. Convoyeur Air Lifts.....	14
2.2. Convoyeurs métallique.....	15

2.2.1. Elévateur à godetà.....	15
2.2.2. Vis sans fin	15
2.2.3. Convoyeurs à chaînes.....	16
2.2.4. Convoyeur à rouleaux.....	16
2.2.5. Convoyeur magnétique.....	17
2.2.6. Convoyeur à courroies crantées	17
2.2.7. Convoyeur à pas de pèlerin.....	18
2.2.8. Transporteur vibrant.....	19
2.2.9. Convoyeur à moteur tambour.....	19
2.2.10. Convoyeur à raclettes.....	19
2.2.11. Convoyeur pas à pas.....	20
2.3. Convoyeur à bandes.....	21
2.3.1. Convoyeur à bandes métalliques.....	21
2.3.2. Convoyeur à bandes textile	21

Chapitre III : Caractéristiques techniques des Convoyeurs à bandes

3.1. La bande.....	23
3.2. Les rouleaux.....	24
3.2.1. Stations porteuses en auge.....	25
3.2.2. Stations-supports inférieures.....	25
3.2.3. Le châssis.....	25
3.3. Les tambours.....	26
3.3.1. Tambours de commande	26
3.3.2. Tambours de renvoi	26
3.3.3. Tambours d'inflexion.....	26
3.4. Dispositifs de tension.....	27
3.4.1. Système auto-réglant	27
3.4.2. Système de tension fixe.....	27
3.5. Éléments mobiles de transmission d'énergie.....	28
3.6. Système de chargement.....	28
3.6.1. Trémie.....	28
3.7. Système de décharge.....	29

3.8. Dispositifs de nettoyage.....	29
3.9. Capots pour convoyeurs.....	29

Chapitre IV : Vérification de la capacité de charge du convoyeur à bandes

4.1. Sélection de zone stratégique.....	31
4.2. Dimensionnement du convoyeur à bandes.....	31
4.3. Démarche effectuée	33
4.3.1. Largeur de la bande.....	33
4.3.2. Vitesse de la bande V (m/s).....	33
4.3.3. Capacité de charge Q (t/h).....	34
4.3.4. Ecartement des stations-supports	35
4.3.5. Choix des rouleaux	37
4.3.6. Puissance nécessaire.....	38
4.3.7. Puissance nécessaire pour le transport horizontal de la charge.....	40
4.3.8. Puissance nécessaire du moteur.....	40
4.3.9. Tension de la bande.....	41
4.3.10. Choix de la bande.....	43
4.3.11. Diamètre du tambour.....	43

Chapitre V : Optimisation de la fiabilité du convoyeur 12P008

5.1. Description de la méthode PARETO.....	46
5.1.1. Définition.....	46
5.1.2. Objectif d'utilisation	46
5.1.3. Mise en place du diagramme PERTO.....	46
5.1.4. Construction du diagramme PERTO.....	47
5.1.4.1. Par le cout indirect.....	47
5.1.4.2. Par le cout direct.....	48
5.2. Sélection équipe critique.....	49

5.2.1. Découpage du convoyeur 12p008.....	49
5.2.2. Construction du diagramme PARTO du convoyeur 12p008.....	50
5.3. Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC).....	51
5.3.1. Décomposition fonctionnelle.....	51
5.3.2. Modes de défaillance.....	51
5.3.3. Causes de défaillance.....	51
5.3.4. Effet de la défaillance.....	52
5.3.5. Mode de détection.....	52
5.3.6. Criticité.....	52
5.3.7. Grille de cotation.....	53
5.4. Application au 12P008.....	54
5.4.1. Classement les résultats de criticité.....	54
5.5. Application du modèle de Weibull	54
5.5.1. Préparation des données historiques.....	55
5.5.2. Détermination des paramètres de Weibull.....	55
5.5.2.1. Méthode graphique.....	55
5.5.2.2. Méthode Analytique.....	56
5.5.2.3. Analyse des résultats trouvés	62
Conclusion	64

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Extraction et transport de la matière première.....	7
Figure 1.2 : Concassage.....	8
Figure 1.3: Composants du ciment.....	8
Figure 1.4 : Broyeur cru.....	9
Figure 1.5 : Différentes étapes de la cuisson.....	10
Figure 1.6 : Broyeur à ciment.....	11
Figure 1.7 : Expédition.....	11
Figure 1.8 : Schéma de fabrication.....	12
Figure 2.1: Photo d'un aérogليسeur.....	14
Figure 2.2: Convoyeur à air.....	14
Figure 2.3: Elévateur à godets.....	15
Figure 2.4: Convoyeur à vis sans fin.....	16
Figure 2.5 : Convoyeur à chaînes.....	16
Figure 2.6 : Convoyeur à rouleaux.....	17
Figure 2.7 : Convoyeur magnétique.....	17
Figure 2.8 : Convoyeur à courroies crantées.....	18
Figure 2.9 : Convoyeur à pas de pèlerin.....	18
Figure 2.10 : Transporteur vibrant.....	19
Figure 2.11 : Convoyeur à tambour moteur.....	19
Figure 2.12 : Convoyeur à raclettes.....	20
Figure 2.13: Convoyeur pas à pas.....	20
Figure 2.14 : Convoyeur à bandes métalliques.....	21
Figure 2.15: Convoyeur à bandes textile	21
Figure 2.16 : Bande en textile.....	21
Figure 3.1 : Convoyeur à bandes plates et en auges.....	23
Figure 3.2 : Coupe transversale de la bande.....	24
Figure 3.3 : Fixation des rouleaux sur la station-support.....	25
Figure 3.4 : Rouleaux porteurs inférieures.....	25
Figure 3.5 : Châssis utilisé dans le transport des produits.....	25
Figure 3.6 : Composants du convoyeur.....	26
Figure 3.7 : Système d'auto-réglant	27

Figure 3.8 : Système de tension fixe.....	27
Figure 3.9 : Système de transmission d'énergie.....	28
Figure 3.10 : Système de chargement.....	29
Figure 3.11:Capots pour convoyeur	29
Figure 4.1 : Les différentes les convoyeurs pour chaque zone.....	31
Figure 4.2 : Convoyeur à bandes horizontale : 12p008.....	31
Figure 4.3 : Ecartement des stations-supports.....	33
Figure 4.4 : Tension de la bande	41
Figure 5.1 : Découpages des ateliers.....	46
Figure 5.2 : Séquence d'alimentation de la zone crue.....	47
Figure 5.3 : Diagramme de Pareto par couts indirects.....	48
Figure 5.4 : Diagramme de Pareto par couts directs.....	49
Figure 5.5 : Diagramme de Pareto des équipements de 12p008.....	50
Figure 5.6 : Etapes d'analyse de type AMDEC.....	50
Figure 5.7 : Droite de weibull.....	55
Figure 5.8 : Droit de Weibull.....	57
Figure 5.9 : Droite de Weibull.....	57
Figure 5.10 : Courbe de fiabilité R(t) et courbe de répartition F(t).....	59
Figure 5.11 : Fonction de fiabilité R(t)	59
Figure 5.12 : Courbe de répartition F(t).....	60
Figure 5.13 : Taux de défaillance (analytique) $\lambda(t)$	60
Figure 5.14 : Taux de défaillance (numérique) $\lambda(t)$	61
Figure 5.15 : Densité de probabilité de défaillance (analytique)f(t)	61
Figure 5.16 : Densité de probabilité de défaillance (analytique)f(t)	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Transporteurs de grand franchissement.....	4
Tableau 1.2 : Convoyeurs à bande installés dans les mines et carriers d'Algérie.....	5
Tableau 4.1 : Largeurs de bandes normalisées.....	33
Tableau 4.2 : Vitesse maximale	33
Tableau 4.3 : Débit volumique.....	34
Tableau 4.4 : Ecartement maximale des stations supports.....	36
Tableau 4.5 : Diamètre des rouleaux.....	37
Tableau 4.6 : Coefficient de frottement des bandes.....	38
Tableau 4.7 : Coefficient de frottement.....	39
Tableau 4.8 : Masse des parties mobiles.....	39
Tableau 4.9 : Les puissances standards	40
Tableau 4.10 : Coefficient d'enroulement.....	41
Tableau 4.11 : Diamètres du tambour.....	43
Tableau 5.1 : Tableau de classement des éléments par cout indirect.....	48
Tableau 5.2 : Tableau de classement des éléments par cout direct.....	49
Tableau 5.3 : Le découpage du convoyeur 12P008.....	49
Tableau 5.4 : Classement des équipements de 12P008.....	50
Tableau 5.5 : Facteur dévaluation de la criticité	52
Tableau 5.6 : Echelle de la criticité ($C=G*O*D$).....	52
Tableau 5.7 : Matrice d défaillance.....	53
Tableau 5.8 : Grille de cotation.....	53
Tableau 5.9 : Analyse du convoyeur 12P008.....	54
Tableau 5.10 : Préparation des données historiques.....	55
Tableau 5.11 : Tableau des résultats.....	56
Tableau 5.12 : Tableau des résultats.....	58
Tableau 5.13 : Tableau des résultats.....	58

LISTE DES SYMBOLES

Q_v	Débit volumique [m ³ /h].
Q_m	Débit massique [t/h].
V	Vitesse de la bande [m/s].
P	Puissance [kw].
n	La vitesse de rotation des rouleaux [tr/min].
D	Diamètre des rouleaux [mm].
C	Coefficient de frottement des bandes, rouleaux,...
f	Coefficient de frottement des tambours fixés.
L	Distance de centre à centre entre le tambour de tête et le tambour de renvoi [m].
G	Poids de la bande et des parties tournantes des tambours de tête et de renvoi [Kg/m]
C_w	Coefficient d'enroulement.
T1 et T2	Les tensions de la bande [N].
F_U	Force utile [N].
P_m	Puissance nécessaire du moteur [kw].
Ø	Diamètre de tambour [mm].
AMDEC	Analyse des modes de défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité.
TBF	Temps de bon fonctionnement avant la première défaillance [heurs].
R(t)	Fiabilité [%]
F(t)	Fonction de répartition [%].
N	Nombre d'éléments défaillance.
β	Paramètre de forme weibull.
η	Paramètre d'échelle de weibull.
γ	Paramètre de position de weibull.
λ(t)	Taux de défaillance.
G	Indice de gravité.
F	Indice de fréquence.
D	Indice de détection.
C	Indice de criticité.

INTRODUCTION

Introduction

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.

Notre travail est localisé au niveau de la cimenterie de Beni-Saf située à une cinquantaine de Km de la ville de Tlemcen. Le projet est axé au niveau des transporteurs à bandes du complexe qui assure le transport de la matière première au niveau du complexe et, assure le transport du produit entre les différents dispositifs de production. Enfin, les transporteurs assurent l'acheminement du produit fini vers les zones de stockage et de distribution.

Notre étude se répartie sur trois volets principaux :

Le premier volet est consacré à une recherche bibliographique sur les différents types de convoyeurs et principalement les convoyeurs à bandes.

Le deuxième volet est consacré à la vérification de la charge et le dimensionnement des équipements importants du transporteur, et enfin on définit les tensions de la bande transporteuse.

Le dernier volet traite le problème de l'optimisation de la fonction maintenance dans l'atelier BC (zone cru) du convoyeur 12P008 et de l'optimisation de sa fiabilité.

CHAPITRE I

Généralités sur les convoyeurs à bandes (cas de SCIBS Béni-Saf)

Chapitre I. Généralités sur les convoyeurs à bandes (SCIBS Béni-Saf)

1.1. Généralités

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

La première apparition des transporteurs à bande date de 1795 avec une bande en cuir, et de là, on peut citer le transporteur de sable de l'ingénieur Russe Lapotine (en 1860) mis en service dans l'exploitation des gisements alluviaux d'or en Sibérie, à partir de cette époque, leur champ d'application n'avait pas cessé de s'étendre jusqu'à ce que Goodyear leur donne un nouvel élan avec la production de la première courroie à cordes métalliques et dès 1950 l'équipement des mines de lignite de l'Allemagne leur offert un domaine d'application plus large [2].

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.

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.

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 Selby (Angleterre) d'un tronçon de 14,930km, d'une puissance maximale pour une tête motrice à tambour unique de 14000ch et une dénivelée de 930m.

Actuellement les convoyeurs à bandes sont considérés comme un moyen essentiel du transport continu dans les entreprises minières et industrielles, le taux de charge du convoyeur 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%.

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.

Pour l'année 1980, à lui seul l'ex URSS a évacué 200 MI' 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 et, pour illustrer d'une façon générale l'utilisation des convoyeurs à bandes dans le monde et les performances réalisées, on dresse le tableau (1.1) publié par Michel LEQUIME et Edmond BARIQUAND dans lequel les auteurs considèrent seulement les transporteurs de grand franchissement rectilignes ou curvilignes.

Tableau 1.1. Transporteurs de grand franchissement [2].

Pays	Longueur (m)	Dénivelée (m)	Puissance (ch)	produit	Débit (t/h)	Largeur (m)	Vitesse (m/s)
Grande Bretagne	15000	+1000	14000	charbon	3200	1.300	8.4
France	13172	-27	2250	Mi-Nickel	800	0.800	4.0
Sahara Occidental	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	5860	+10	1600	Bauxite	1220	-	4.6
	1905	+521	1900	charbon	600	0.940	3.2
Chili	5600	-	700	Mi-cuivre	900	-	2.4
Maroc	5355	-	650	phosphate	600	0.800	3.0
Pérou	5015	-73	1200	Mi-fer	2000	-	-
RFA	5000	-	8000	Découverte	15000	3000	7.2
URSS	2200	-	680	charbon	1500	1.200	3.15

D'après cette sélection dans le tableau (1), on voit que malgré les limites établies au préalable, la présence des convoyeurs à bandes dans les mines et les carrières et l'industrie à travers le monde est très importante et joue un rôle considérable dans le transport et l'évacuation des matières premières.

Les variétés des matières transportées, des climats, des reliefs qui changent beaucoup d'un pays à un autre fait des convoyeurs un moyen de transport dont on ne peut pas s'en passer actuellement et prouvent aussi son aptitude aux conditions d'exploitation diverses.

Les paramètres essentiels de ces installations varient dans les limites très larges comme c'est le cas de la puissance qui passe de 400 à 14000ch, de la dénivelée qui varie entre -557 et + 1000m, de la distance de transport qui va jusqu'à 15000 m, tous ces records ont été battus au cours des deux dernières décennies, comme exemple on cite la puissance qui passe de quelques centaines de KW en 1961 à 11000KW à nos jours. La longueur de ces installations qui était de 1100m en 1961 et qui passe en 15000m, tout ceci prouve bien l'importance que réserve la technologie à ces moyens de transport, qui peuvent être mis en œuvres sur des terrains à découverte, où ils supportent des températures de 25° C au dessous de zéro jusqu'à + 40° C, et des vitesses de vent de 60Km/h, au maximum soufflant perpendiculairement à l'axe du convoyeur.

Pour mettre en relief l'importance et le rôle de ce moyen de transport, on représente dans le tableau (1.2) les convoyeurs installés dans les différents secteurs de l'industrie d'Algérie avec leurs différents paramètres essentiels.

Tableau 1.2. Convoyeurs a bande installes dans les mines et carriers d'Algérie [2].

Lieu d'installation	Longueur (m)	Dénivelée (m)	Puissance (KW)	produit	Débit (t/h)	Largeur (m)	Vitesse (m/s)
Mittal Steel	6000	Variable	Variable	Mi-fer	Variable	Variable	Variable
Ouenza	2385	+12	293	Mi-fer	1000	1.000	2.5
	385	+5	38	Mi-fer	1000	1.000	2.0
	316	+5	85	Mi-fer	1000	1.000	-
	300	-	80	Mi-fer	1000	1.000	2.5
	213	+5	48	Mi-fer	1000	1.000	2.0
Boukhadra	980	45.7	75	Mi-fer	1000	1.000	
	621	67.5	140	Mi-fer	1000	1.000	2.0
El Abed	132	-	11	Mi-Cu et Zn	250	1.000	1.6
	127	-	32	Mi-Cu et Zn	250	1.000	1.6
Hadjar Soud	2285	-	140	Calcaire	900	1.000	1.5
	2173	-	160	Calcaire	900	1.000	1.5
Meftah	490	-90	75	Calcaire	450	0.800	2.7
Hamma Bouziane	2500	-	110	Calcaire	1300	1.200	-
	1100	-	75	Calcaire	1300	1.200	-
Ain El Kebira	1108	-	110	Calcaire	290	1.200	-
	1110	-	-	calcaire	290	0.650	-
Oued Sly	2368	-	250	Calcaire	1500	1.400	2.03

De l'analyse de ces statistiques on remarque que de tout ce qui existe dans le monde, ainsi, l'Algérie arrive à suivre le développement rapide que subit ce moyen de transport. La grande diversité du matériel de transport disponible actuellement sur le marché exige l'utilisateur de faire des calculs économiques au préalable car les travaux qui auparavant ne pouvaient être entrepris que selon un nombre limité de moyens sont réalisables aujourd'hui par des moyens beaucoup plus nombreux. Parmi ces moyens, on distingue le convoyeur à bandes qui 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.

1.2. Présentation de la cimenterie de béni-saf

La cimenterie était sous la direction de l'entreprise mère dénommée S.N.M.C (Société Nationale des Matériaux de Construction) située à Alger [16].

La construction et réalisation de la cimenterie de Béni-Saf (S.C.I.B.S) a été faite par l'entreprise CREUSOT LOIRE en décembre 1974.

Les deux gisements de calcaires et l'argile sont situés au Sud-Est de Béni-Saf dans le secteur de Bled-Roraif. L'usine est pratiquement implantée sur deux niveaux :

- Le premier niveau regroupe les équipements de production de ciment.
- Un second niveau regroupe la plate forme essentiellement réservée à l'ensachage et à l'expédition.

Les équipements de production de clinker, broyage cru, homogénéisation et cuisson, sont implantés en ligne. Parallèlement à cette ligne, sont situés : l'atelier, le magasin, le stockage des ajouts et le hall de pré homogénéisation. Les broyeurs clinker et la salle de commande sont implantés au centre de l'usine.

La cimenterie de Béni-Saf a une capacité nominale de production de 3000 t/j de clinker, destinée essentiellement à la fabrication du ciment CPA400, CPA325. Ces différents produits peuvent être livrés à la consommation en VRAC ou en SAC, par route et ultérieurement par voie ferrée.

1.1.1. Processus de fabrication du ciment

La société de cimenterie de Béni Saf (S.C.I.B.S) est constituée de cinq zones qui sont comme suite :

- Zone : Carrière.
- Zone : Broyeur cru.
- Zone : Cuisson.
- Zone : Broyeur ciment.
- Zone : Expédition.

Dans ce qui suit, on présente les différentes zones :

1.1.1.1. Zone Carrière

1.1.1.1.1. Extraction de la matière première

L'extraction consiste à extraire 75% du calcaire et 25% d'argile à partir de la carrière. Ces matières premières sont extraites des parois rocheuses par de l'explosif ou à la pelle mécanique [9]. La roche est acheminée par des transporteuses à bandes vers un atelier de concassage. Les matières premières doivent être échantillonnées, dosées et mélangées de façon à obtenir une composition régulière dans le temps.



Figure. 1.1. Extraction et transport de la matière première [9].

1.2.1.1.2. Concassage

L'opération de concassage a pour but de réduire la granulométrie des blocs de pierre en fragments de faibles dimensions de (0-25 mm). Elle assure également un certain mélange des matières premières arrivant de la carrière et contenant de fortes proportions d'argile, de fer et de traces d'autres éléments. En effet, ils sont transportés par les camions puis déchargés dans une trémie reliée à un alimentateur à vitesse variable qui permet de réguler le débit d'alimentation [9].

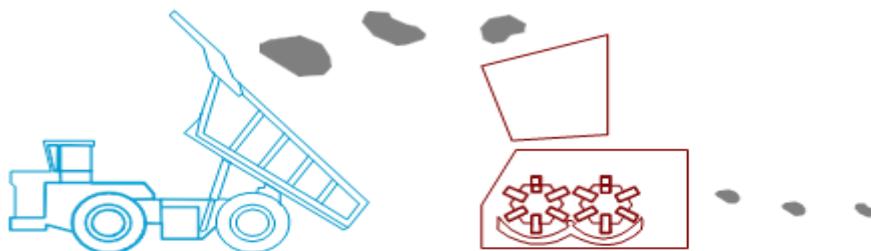


Figure. 1.2. Concassage [9]

1.1.1.1.2. Pré-homogénéisation

Le mélange concassé est déversé en couche parallèle par un Stacker pour constituer un tas de 30 000 à 35 000 tonnes [9]. Une roue-pelle reprend le mélange d'un autre tas formé précédemment pour l'envoyer à la demande dans des trémies d'alimentation des broyeurs sécheurs. Une station d'échantillonnage située en amont permet de rectifier à la demande l'envoi de calcaire (disposition différente d'un couloir à l'autre dans la carrière) et de connaître la composition chimique moyenne.



Figure 1.3. Composants du ciment [9].

1.1.2. Zone : Broyeur cru

Le broyeur et le séchage de cru sont réalisés assurés par gaz de four à 320-330 °C et des gaz du turbo à un débit de 270 t/h pour une humidité 5.5 % à l'entrée broyeur [9].

La correction de mélange est réalisée par des doseurs de calcaire sableux et fer pour aditif.

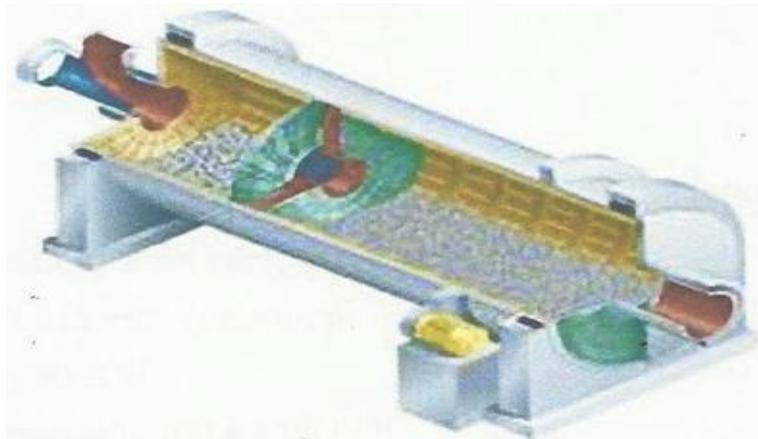


Figure 1.4. Broyeur cru [9].

- Broyeur : Bi-rotateur.
- Séparateur dynamique.
- Séparateur statique : qui contient du cyclone (interne).
- Elévateur à godets.
- Filtre à Manches.

1.1.3. Zone : Cuisson

On entend par cuisson le processus de transformation de la matière crue en clinker. Il ya deux préchauffeurs pour alimenter le four rotatif et on caractérise de deux cyclones pour séparer le gaz et les particules [9].

Les particules passent dans le four à grilles pour traiter le clinker à température élevée, après on a fait le refroidissement du clinker qui est surveillée par un pyromètre optique a température 70 à 80 °C.

Le clinker est aiguillé automatiquement vers un stock polaire de 3000T, sinon il est repris pour une bande transporteuse et sera acheminé vers les deux stocks polaires principaux de capacité unitaire de 30000 T.

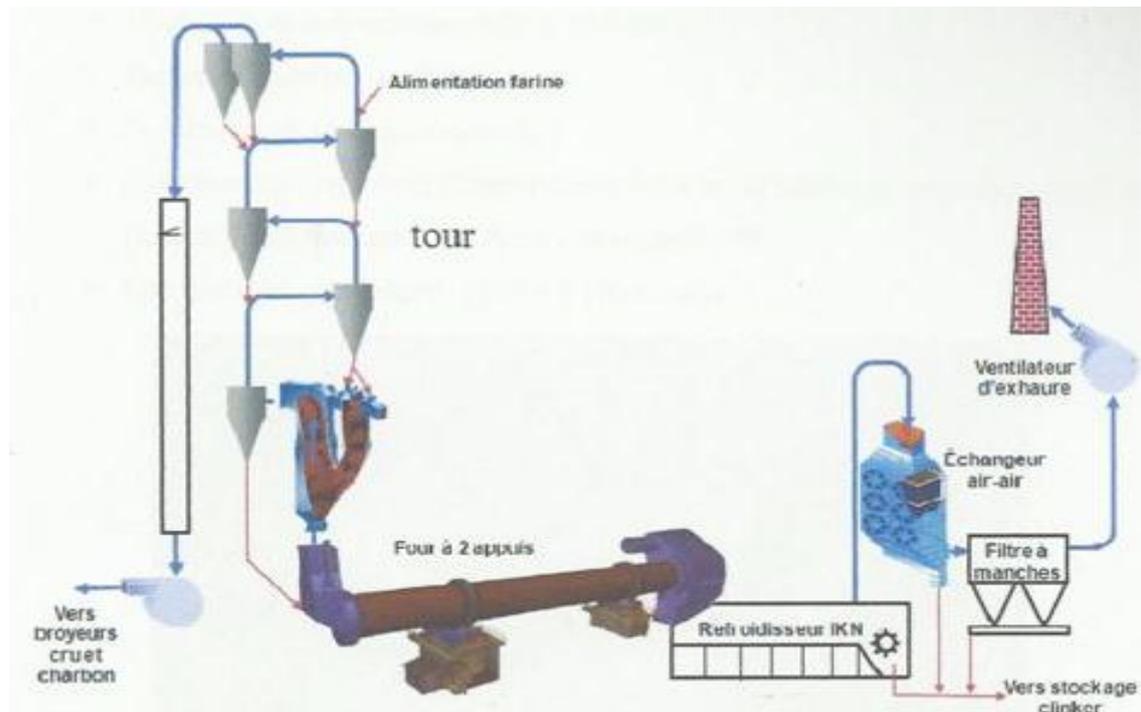


Figure 1.5. Différentes étapes de la cuisson [9].

Dans ce qui suit nous présentons les différentes composantes de l'atelier de cuisson :

1.2.1. Préchauffeur

Il ya deux préchauffeur comprenant dans quatre étages appelés cyclons pour alimentée le four rotatif on caractéristique de deux cyclone pour séparer le gaz et les particules [9].

1.2.3.2. Four rotatif

Il fait Passe les particules dans le four qui rafraichisseur a grilles traite le **clinker** a température élever [9].

1.2.3.3. Refroidisseur

Après la sortie du four, le mélange subit une étape de refroidissement de clinker qui surveillée par un pyromètre optique a température 70 a 80 °C [9].

1.2.4. Broyeur de ciment

Assure par deux broyeurs boulets en circuit ferme chacun broyeur au (Débit 90 t/h).Équipé de séparateur dynamique WEDAG, élévateurs a godets de 400t/h et ventilateur de broyeur est épuré par un filtre a manche [9].

L'évacuation du ciment vers les silos de stockage est assurée par pompe pneumatique.



Figure 1.6. Broyeur à ciment [9].

Les dispositifs qui utilisent dans cette zone :

- Broyeur.
- Séparateur dynamique.
- Filtre à Manche pour chaque Broyeur.

1.2.5. Zone d'expédition

Le ciment est stocké dans des silos de stockage à partir desquels il est expédié soit en sacs, soit en vrac, par camions ou par voie ferrée [9].

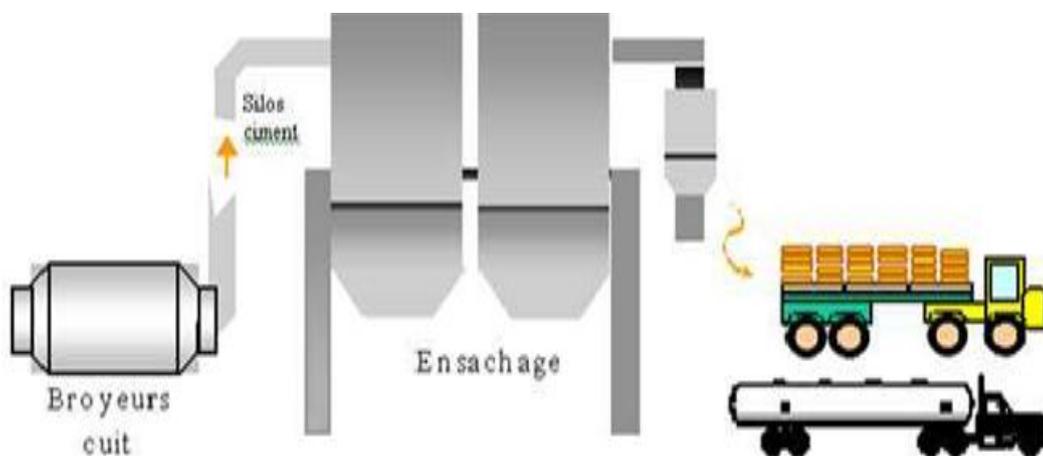


Figure 1.7. Expédition [9].

1.2.6. Schéma de fabrication

Les Processus de fabrication du ciment par les étapes suivant :

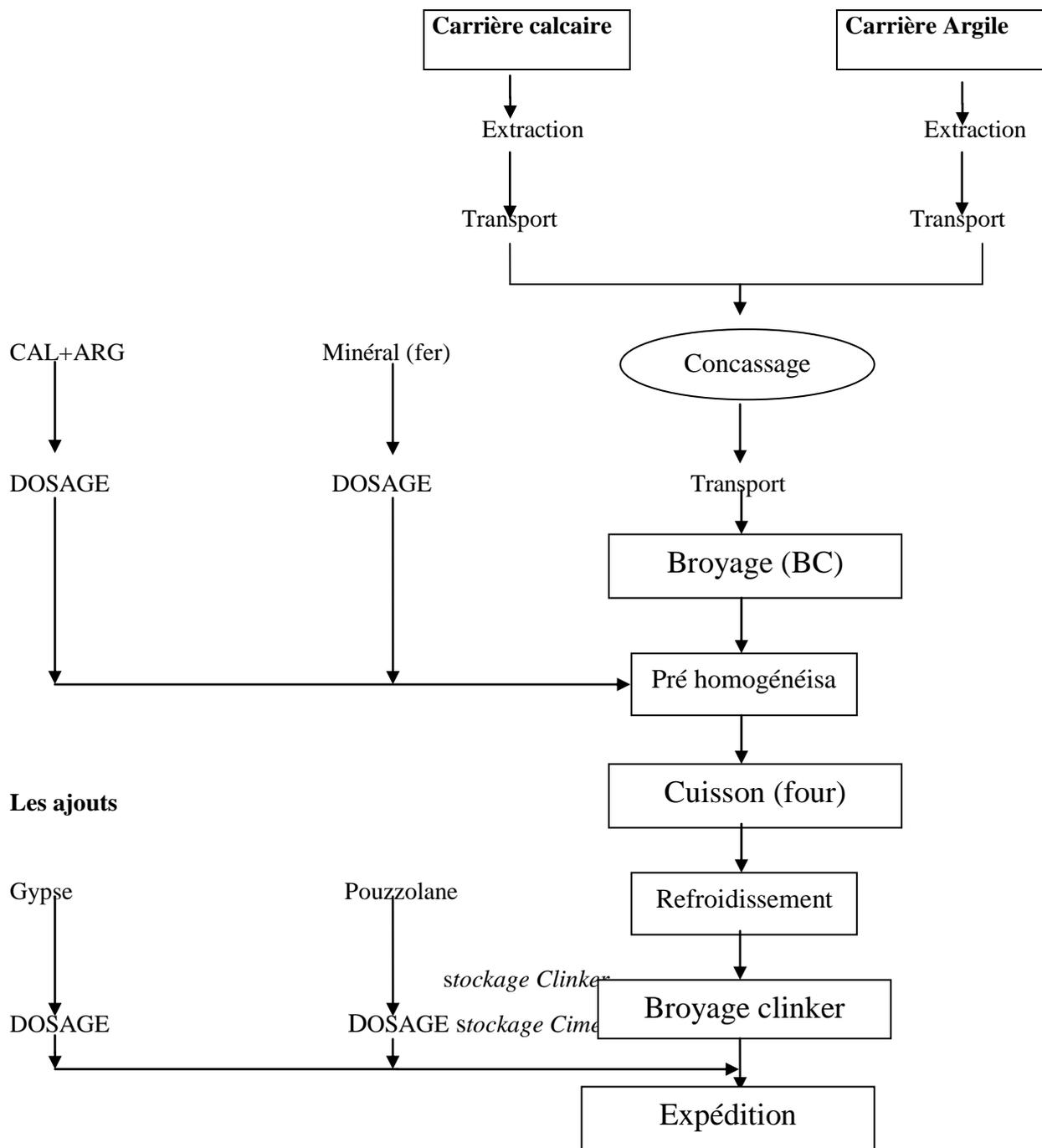


Figure 1.8. Schéma de fabrication [9].

CHAPITRE II

Types et domaines d'utilisation des Convoyeurs à Bandes

Chapitre II Types et domaines d'utilisation des convoyeurs à bandes

2.1. Convoyeurs pneumatiques

2.1.1. Aéroglissières

Les aéroglissières sont un moyen de transport bien adapté aux matériaux en poudre. on les trouve dans tous les secteurs d'une cimenterie et particulièrement dans les installations de broyage, autour du séparateur. C'est un moyen de transport fiable, relativement économique et a un potentiel de développement certain [3]. Ci dessous, une photo d'une aéroglissière

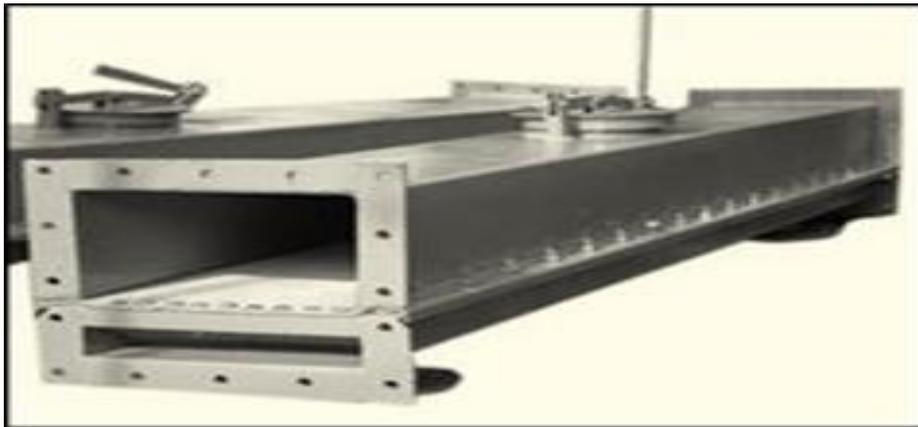


Figure 2.1. Photo d'une aéroglissière [3].

2.1.2. Convoyeurs à Air Lifts

Les convoyeurs utilisant un flux d'air orienté pour déplacer des charges légères. Une chambre est mise sous pression par ventilateur centrifuge. L'une des parois de cette chambre reçoit des ouïes au travers lesquelles la pression statique de l'air (déplacement lent) se convertit en pression dynamique (vitesse plus élevée) [14].

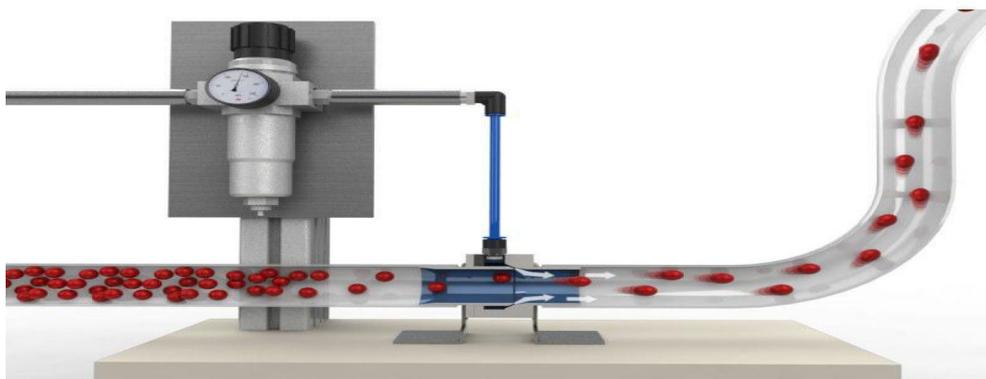


Figure 2.2. Convoyeur à air [14].

2.2. Convoyeurs métalliques

Il existe plusieurs types de transporteurs métalliques cités comme suite :

2.2.1. Elévateurs à godets

Les élévateurs à godets sont les plus anciens pour le transfert vertical même pour des hauteurs élevées. Les élévateurs à godets sont utilisés pour le transport des produits en vrac, étant en état poussiéreux, en grains ou en petits morceaux. Ils sont utilisés dans l'industrie chimique, sidérurgique ou alimentaire [3].

Les élévateurs à godets peuvent être utilisés partout où des charges pondéreuses (sable, blé, charbon...) doivent être montées verticalement.

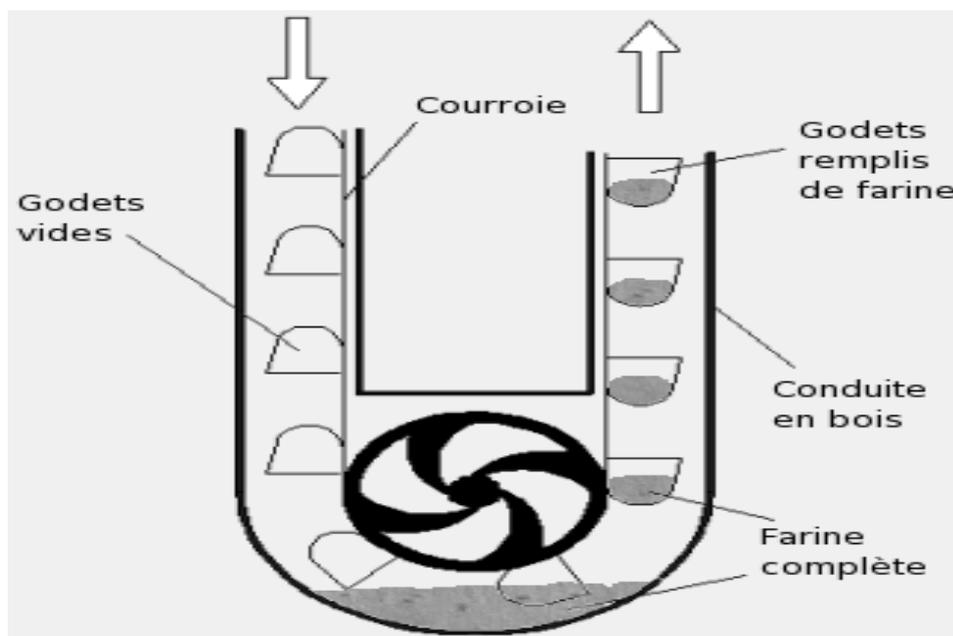


Figure 2.3. Elévateur à godets [3].

2.2.2. Vis sans fin

Un transporteur à vis est un système de transport de matériau faisant appel au principe de la vis d'Archimède [3]. Le transporteur, aussi appelé convoyeur, peut s'appuyer sur deux types de vis (ou spirales) différents avec ou sans âme. Le type avec âme est le plus couramment utilisé, alors le type sans âme pour sa part est davantage utilisé pour convoier des matières collantes qui ne peuvent donc pas s'enrouler autour de l'axe et permet donc un transport de matière plus importante.



Figure 2.4. Convoyeur à vis sans fin [3].

2.2.3. Convoyeurs à chaînes

Equipés d'une ou plusieurs chaînes selon la difficulté de convoyage du produit, ils sont dotés d'une structure métallique très robuste. Ces convoyeurs permettent de traiter des produits en vrac, humides ou secs, sur des grandes distances et à très gros débits. Ils ont l'avantage de pouvoir transporter ces produits avec une très bonne étanchéité et un faible encombrement par rapport au volume transporté [3]. On retrouve les convoyeurs dans de nombreuses industries (minérales, chimiques, alimentaires, fabrication de papier et de verre, etc).

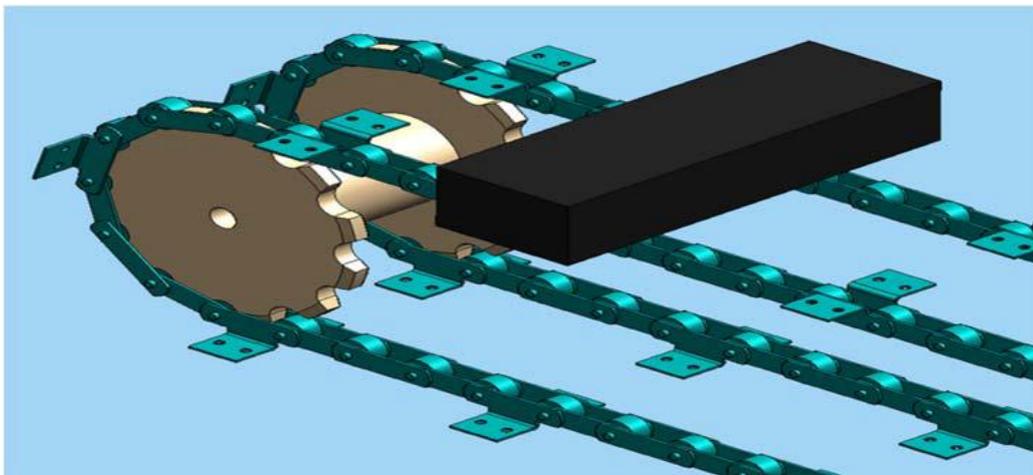


Figure 2.5. Convoyeur à chaînes [3].

2.2.4. Convoyeur à rouleaux

Ils sont utilisés pour le transport ou l'accumulation des produits suffisamment longs pour ne pas tomber entre deux rouleaux. Les colis à transporter doivent être également à fond plat et rigides [3].



Figure 2.6. Convoyeur à rouleaux [3].

2.2.5. Convoyeurs magnétiques

C'est une bande transporteuse dont la partie inférieure aimantée attire les éléments ferreux dispersés dans d'autres matières. L'aimant est la partie principale du convoyeur, sa disposition et les caractéristiques de son champ magnétique doivent être choisies en fonction des éléments à évacuer les types de produit tel que les dimensions sont en fonction de la largeur et de la vitesse de la bande transporteuse [3].

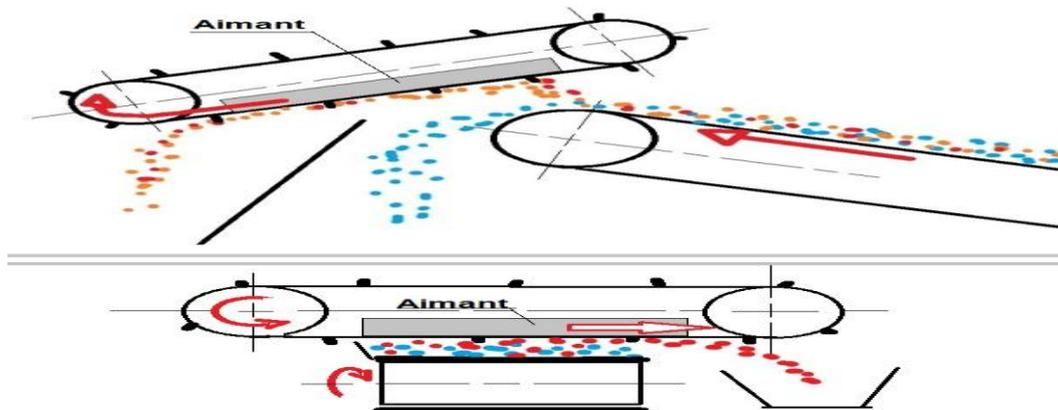


Figure 2.7. Convoyeur magnétique [3].

Le convoyeur est formé d'un châssis avec un rouleau à chaque extrémité sur les quels une bande de caoutchouc est enroulée. Cette bande comporte généralement des rainures en relief chargées d'entraîner les matières à trier. Sur la partie inférieure du convoyeur, un aimant attire les métaux ferreux qui sont maintenus contre le tapis jusqu'à la limite de l'aimant. Les crans du tapis et la force centrifuge éjecte ces matières sur un autre convoyeur ou dans un conteneur [3].

2.2.6. Convoyeur à courroie crantée

Le crantage de la bande permet son déplacement d'une valeur précise, sans craindre le glissement possible comme le cas d'une courroie lisse [3].

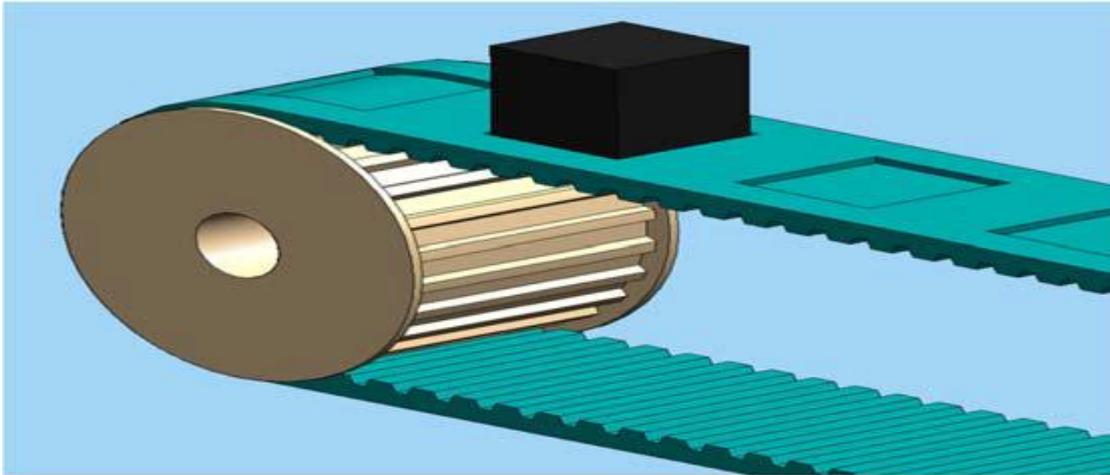


Figure 2.8. Convoyeur à courroies crantées [3].

2.2.9. Convoyeur à pas de pèlerin

C'est le cas du système où le produit avance pas à pas. Le mécanisme décrit un rectangle : montage et levage du produit / avance avec le produit / descente et pose du produit / retour à vide [15]. Ce système est employé pour transporter les pièces le long des lignes d'usinage composées par une ou plusieurs stations placées en série. Son utilisation est convenable lorsqu'il faut transporter les pièces d'une station à la suivante par une simple translation, sans utiliser d'autres manipulateurs afin de positionner la pièce sur la machine.

Le convoyeur à pas de pèlerin est indiqué surtout pour la manutention de pièces à géométrie axiale symétrique, où la longueur axiale est plus grande que la dimension du diamètre.

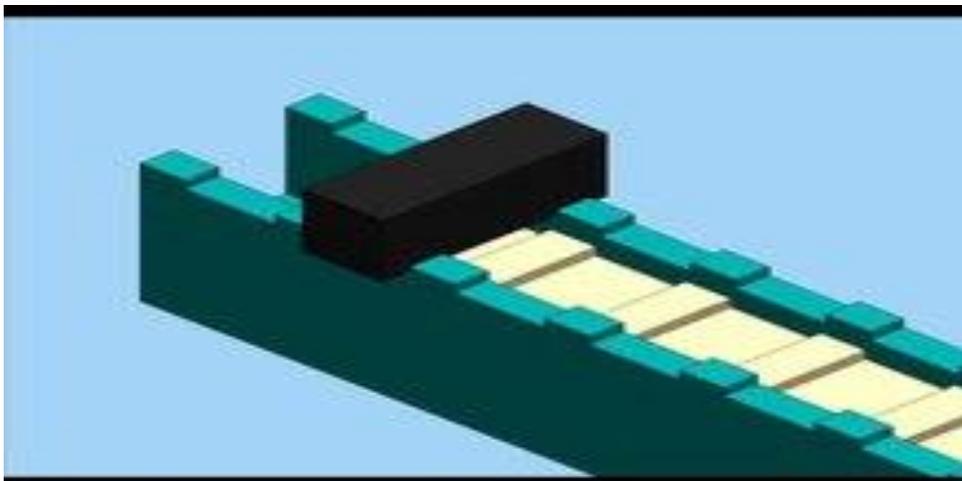


Figure 2.9. Convoyeur à pas de pèlerin [15].

2.2.8. Transporteur vibrant

Un transporteur vibrant est une machine industrielle utilisée pour le convoyage, la séparation, le tri et le dosage. Il est employé dans des secteurs aussi divers que l'agroalimentaire, la pharmaceutique, les carrières, les fonderies etc. [3]. Le transporteur vibrant est composé d'un couloir en forme d'auge, généralement métallique, auquel un vibreur (électrique, électromagnétique, pneumatique ou hydraulique) transmet des oscillations ou vibrations dont la fréquence imprime un mouvement d'avance aux produits à transporter.

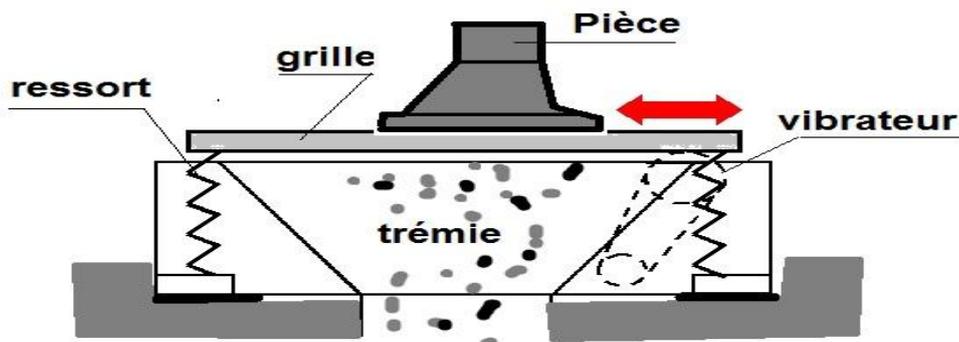


Figure 2.10. Transporteur vibrant [3]

2.2.9. Convoyeur à tambour

Convoyeur à bandes avec moteur tambour intégré dans la structure du convoyeur. La technologie avec tambour moteur permet d'intégrer le moto-réducteur dans le rouleau d'entraînement, et ainsi de diminuer l'encombrement [3].



Figure 2.11. Convoyeur à tambour moteur [3]

2.2.10. Convoyeur à raclettes

C'est pour le transport des copeaux très fins ou même de poudre. Le convoyeur est équipé d'une double chaîne au pas de 38 mm avec lamelles de raclage [3]. Le système de raclage inférieur

avec raclettes démontables et interchangeables s'adapte à tout type d'environnement et d'application.



Figure 2.12. Convoyeur à raclettes [3].

2.2.11. Convoyeur pas à pas

Les convoyeurs pas à pas sont principalement utilisés pour transporter au sein de l'entreprise les produits en pièces ou en vrac emballés et non emballés. Ils permettent de transporter des produits en pièces de différentes formes et dimensions dans le domaine de la manutention de produits légers (domaine d'application principal des convoyeurs à bandes) de manière économique et efficace sur le plan énergétique [4].

Domaine d'utilisation :

- Industrie alimentaire (produits emballés et non emballés).
- Industrie médicale et pharmaceutique (blisters, sachets, bouteilles, etc.).
- Logistique (transport de paquets, récipients, etc.).



Figure 2.13. Convoyeur pas à pas [4].

2.3. Convoyeur à bandes

2.3.1. Convoyeur à bandes métalliques

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



Figure 2.14. Convoyeur à bandes métalliques [3].

2.3.2. Convoyeur à bandes 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 endurants pour une multitude d'opérations de transport dans la construction mécanique en général, ainsi, que dans de nombreux autres secteurs industriels [3].



Figure 2.15. Convoyeur à bandes textile [3].



Figure 2.16. Bande en textile [3].

CHAPITRE III

Caractéristiques techniques des Convoyeurs à bandes

Chapitre III Caractéristiques techniques des Convoyeurs à bandes

3.1. La bande

La bande transporteuse est une courroie sans fin qui a été conçue à partir des techniques acquises dans la fabrication des câbles métalliques, des textiles, des synthétique et à partir de l'exploitation des différents types de transport. Le transport des matériaux du début jusqu'à la tête du convoyeur [5]. Le transport se présente sous deux formes principales, forme en plate et en auge.

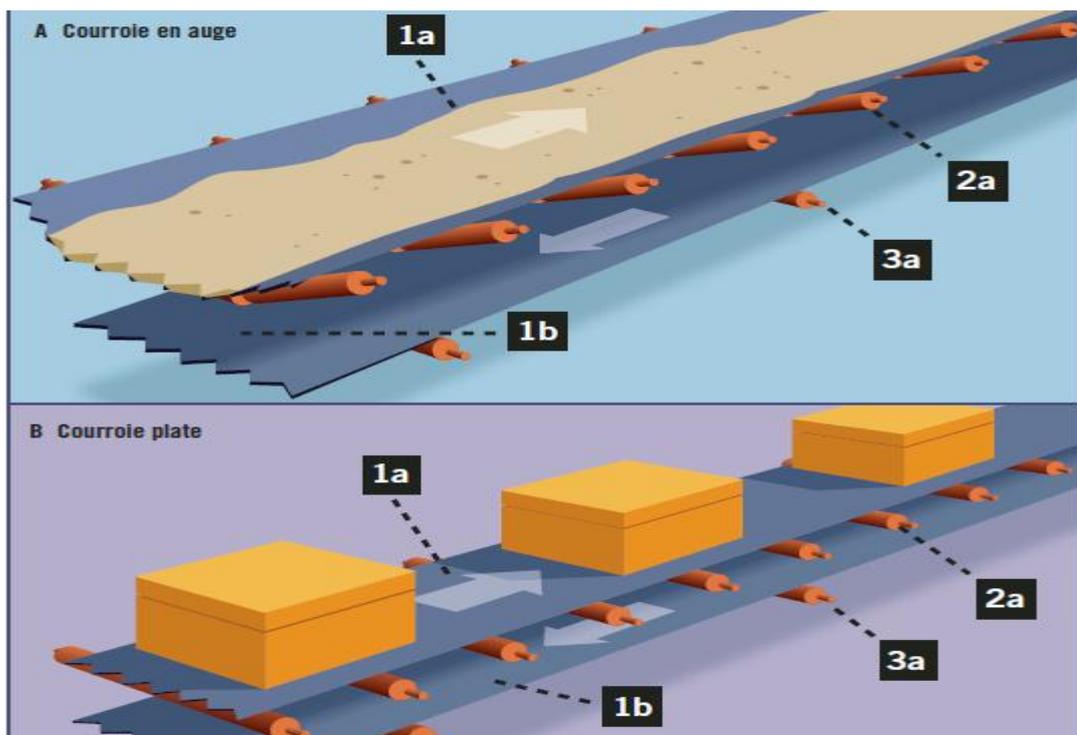


Figure 3.1. Convoyeur à bandes plates et en auges [5].

Il existe deux types de face :

La face externe, qui est en contact avec les matériaux transportés, et la face interne qui est en contact avec les rouleaux et les tambours.

La courroie comporte aussi deux brins :

- a)** Brin supérieur (ou brin porteur)
- b)** Brin inférieur (ou brin de retour)

La bande transporteuse doit présenter les qualités suivantes

- Une très grande flexibilité pour qu'elle s'enroule sans contrainte sur les tambours et qu'elle prenne la forme de l'auge.
- Une capacité de supporter la matière transportée.
- Une résistance à l'action des matériaux abrasifs, aux frottements dus à la mise en vitesse des matériaux, à la chaleur, aux chocs et au pliage.

Les éléments qui composent la bande (courroie) sont les suivants :

- Armature de la bande ou carcasse (1d, 1e).

Les armatures les plus utilisées dans la construction de la bande sont les nappes en corde de coton, les plis de tissus de coton ou synthétique.

- Recouvrement ou revêtement (1c, 1f).

Le rôle du revêtement est la protection de la carcasse contre l'usure due au frottement, l'influence des agents extérieurs, l'humidité, l'ensoleillement... etc.

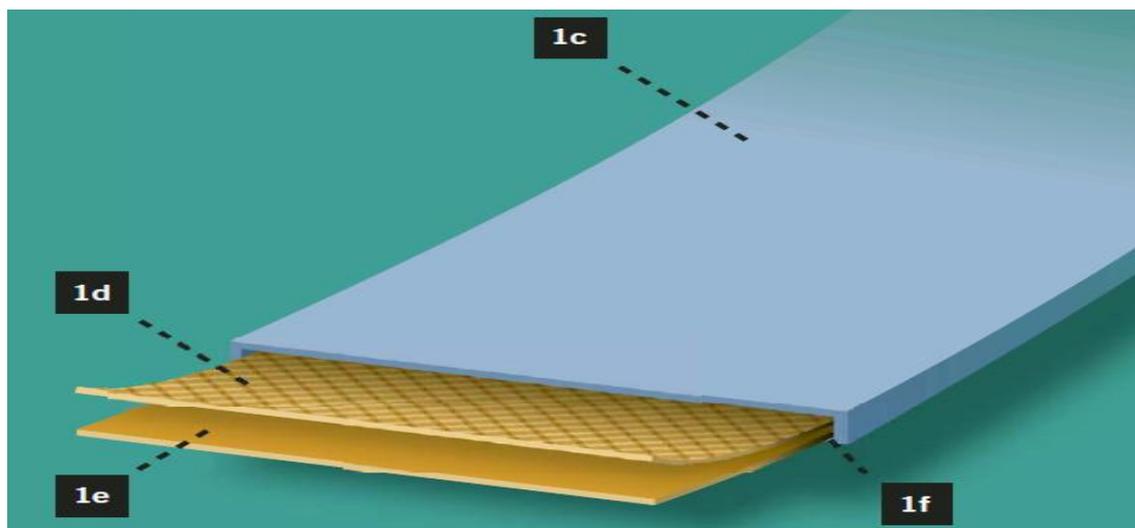


Figure 3.2.Coupe transversale de la bande [5].

3.2. Les rouleaux

Ils soutiennent la bande et, tournent librement et facilement sous la charge. Ce sont les composants les plus importants du convoyeur et ils représentent une part considérable de l'investissement total. Il est fondamentale les dimensionner correctement pour garantir les performances de l'installation et une exploitation économique [7].

3.2.1. Stations porteuses en auges

Les rouleaux porteurs en auges sont généralement fixés sur des pattes de fixation soudées à une traverse ou un châssis. L'angle d'inclinaison des rouleaux latéraux varie entre 0° et 45° [7].

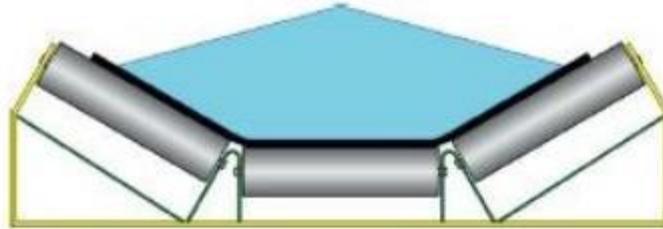


Figure 3.3. Fixation des rouleaux sur la station-support [7].

3.2.2. Stations supports inférieures

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° [7].

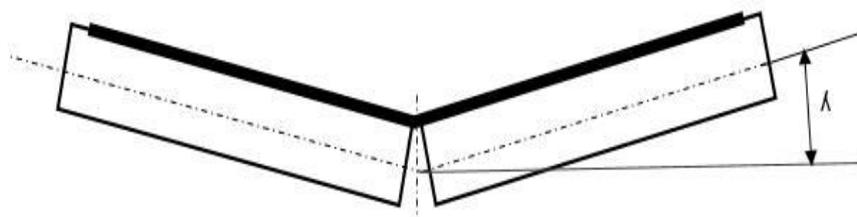


Figure 3.4. Rouleaux porteurs inférieures [7].

3.2.3. Le châssis

Le châssis est la partie en métal sur laquelle s'installent les stations support du convoyeur, elle est généralement fixée sur le sol [7].



Figure 3.5. Châssis utilisé dans le transport des produits [7].

3.3. 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 [7].

La figure (3.6) représente les différents tambours ainsi que les différents composants d'un convoyeur :

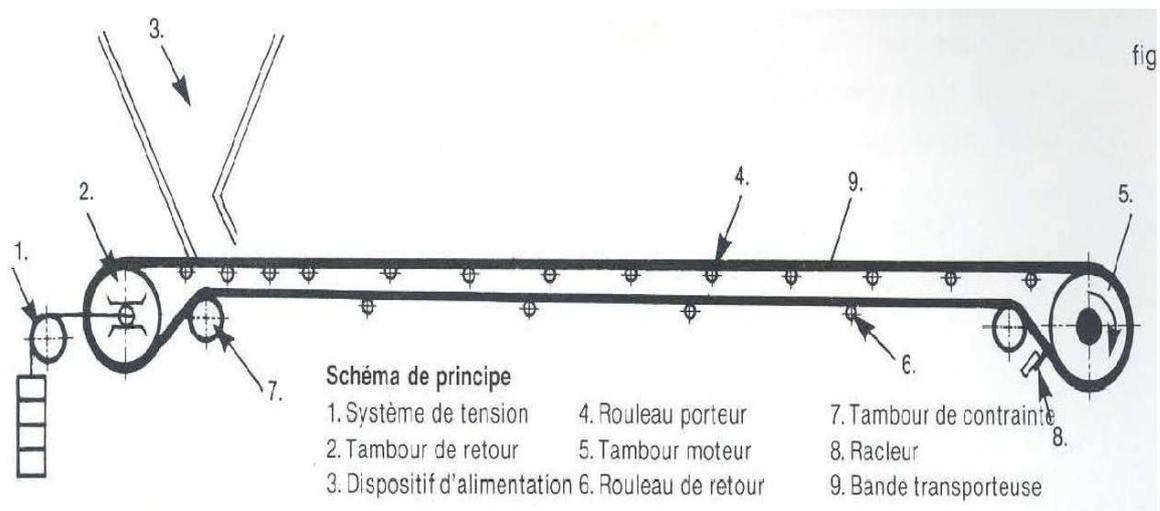


Figure 3.6. Composants du convoyeur [7].

3.3.1. Tambour de commande

La surface du tambour de commande traditionnel ou du tambour moteur peut être laissée en finition normale ou avoir un revêtement de caoutchouc dont l'épaisseur est calculée en fonction de la puissance à transmettre [7].

3.3.2. Tambours de renvoi

La surface du carter n'a pas nécessairement besoin d'être munie d'un revêtement, sauf dans certains cas [7]. Le diamètre est normalement inférieur à celui qui est prévu pour le tambour de commande.

3.3.3. Tambours d'inflexion

Ils servent à augmenter l'arc d'enroulement de la bande et, 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. [7].

3.4. Dispositifs de tension

L'effort nécessaire pour maintenir la bande en contact avec le tambour d'entraînement et l'inclinaison des parois doit être fonction de la manière dont le produit est transporté, de sa trajectoire, ainsi que de la vitesse du convoyeur. La granulométrie et la masse volumique du produit, ainsi que ses propriétés physiques, telles que l'humidité, la corrosion, etc. ont également une importance pour la conception [7]. D'après leur mode de fonctionnement, les systèmes de tension se divisent en deux groupes principaux.

- Système de tension fixe.
- Système de tension auto-réglant.

3.4.1. 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 contrepoids. Le meilleur effet est normalement obtenu en plaçant le contrepoids à proximité du tambour moteur [7].



Figure 3.7. Système auto-réglant [7].

3.4.2. Système de tension fixe

La tension à vis est souvent employée pour les transporteurs de courte longueur à charge modérée, ce système exige une surveillance constante et un réglage fréquent, principalement lors de la mise en service d'une nouvelle bande [7].

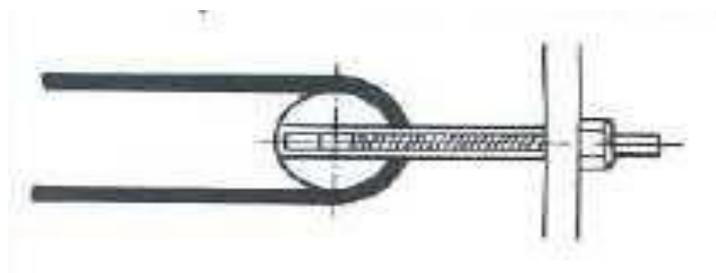


Figure 3.8. Système de tension fixe [7].

3.5. Éléments mobiles de transmission d'énergie

Produire et transmettre l'énergie nécessaire au tambour d'entraînement afin de mouvoir ou de retenir la courroie. Plusieurs configurations sont utilisées [2].

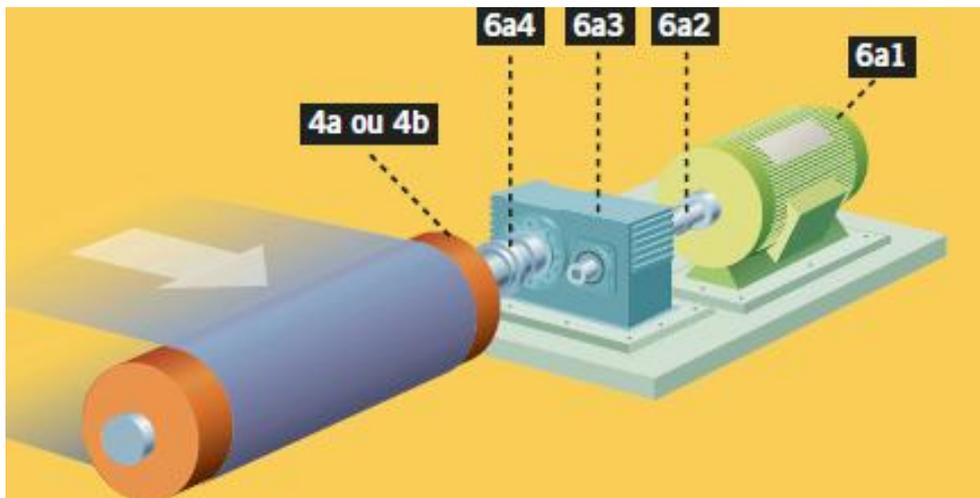


Figure 3.9. Système de transmission d'énergie [2].

6a1: Moteur.

6a2: Accouplement du moteur et du réducteur.

6a3 : Réducteur.

6a4 : Accouplement du réducteur et du tambour d'entraînement.

4a : Tambour d'entraînement.

3.6. Système de chargement

Guider et contrôler le débit des matériaux vers la bande, il peut prendre plusieurs formes [2] :

- Trémie.
- Glissière.
- Chargeur automatique.
- Poussoirs.

3.6.1. Trémie

La trémie est conçue pour faciliter le chargement et le glissement du produit en 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 [7]. La trémie est constituée principalement des éléments suivants :

7a: 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).

7d : Porte de régulation : elle contrôle le débit.

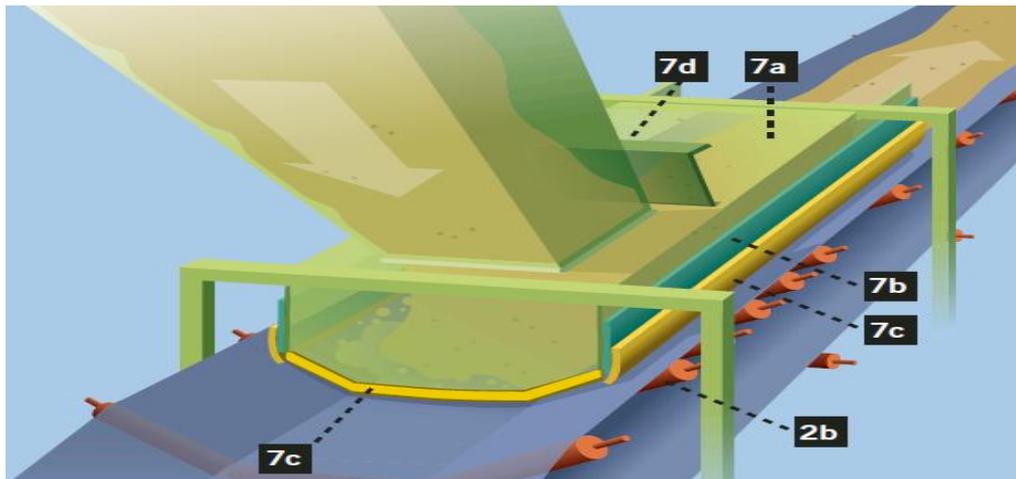


Figure 3.10. Système de chargement [7].

3.7. Système de décharge

Guider les matériaux sortants. Ces systèmes peuvent prendre plusieurs formes pour les courroies en auges ou en plates [7].

3.8. Dispositifs 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 [7].

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.

3.9. 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 [7].



Figure 3.11. Capots pour convoyeur [7].

CHAPITRE IV

Vérification de la capacité de charge du convoyeur à bandes

Chapitre IV Vérification de la capacité de charge du convoyeur à bandes

4.1. Sélection de zone stratégique

D'après ce schéma on a présenté cinq différentes zones dans l'entreprise de la cimenterie de Béni-saf et à chaque zone correspond les différents convoyeurs à bandes et leur nombre de 47.

On a choisi dans la zone du broyeur cru le convoyeur à bandes 12 p008 pour le dimensionnement et la vérification de la capacité charge.

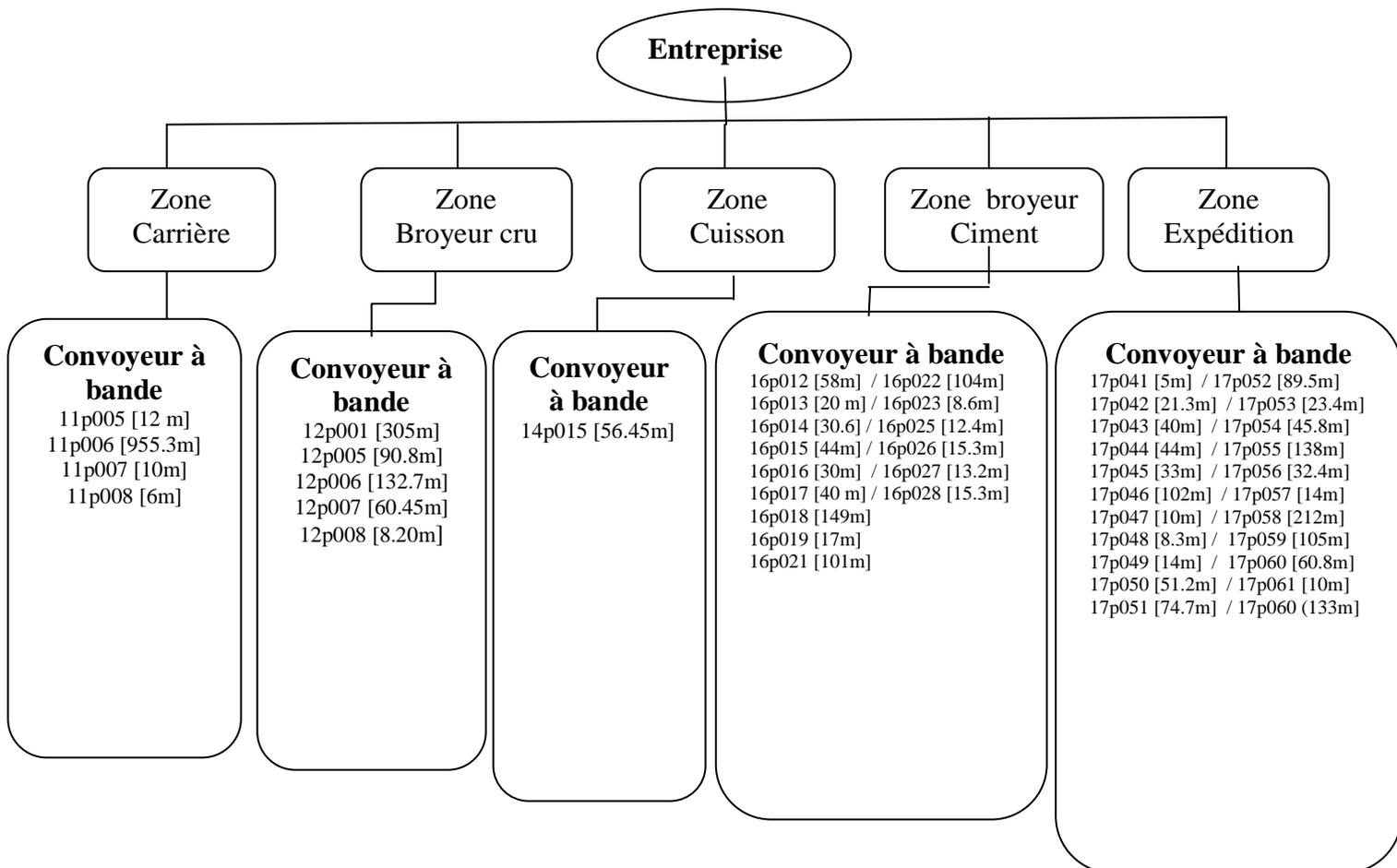


Figure 4.1. Différents convoyeurs pour chaque zone

4.2. Dimensionnement du convoyeur à bandes

On a présenté le schéma du convoyeur à bandes : 12p008 :

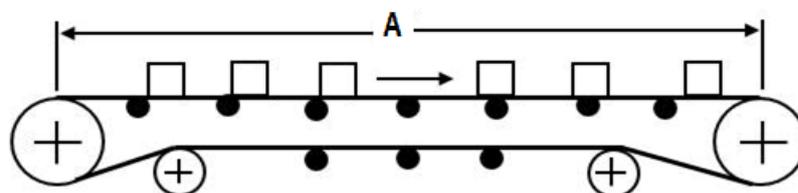


Figure 4.2. Convoyeur à bandes horizontale : 12p008

Les principaux facteurs qui déterminent le dimensionnement du convoyeur à bandes sont :

- Le débit-volume nécessaire.
- Le type du produit à transporter.

Les illustrations qui suivent montrent les critères utilisés pour le calcul de la vitesse de la bande, le dimensionnement des rouleaux et des tambours. Enfin, on définit les tensions de la bande transporteuse [9].

- Caractéristiques du produit transporté :
 - Mélange (calcaire+argile).
 - Densité de mélange : 1.32 t/m^3 .
 - Granulométrie : 0.25mm .
 - Abrasivité.
- Débit souhaité :
 - Débit massique de mélange : $Q_m = 300 \text{ t/h}$.
- Caractéristiques de l'installation :
 - Largeur de la bande : $B = 800 \text{ mm}$.
 - Entraxe : $A = 8.20 \text{ m}$.
 - Conditions d'exploitation : normales.
 - Utilisation : $24\text{h}/24\text{h}$.

Remarque :

Le dimensionnement du transporteur se limitait à la détermination de la vitesse linéaire, le débit, la longueur, la largeur, la puissance et la résistance de la bande. Cependant, en se penchant sur le calcul des caractéristiques et en cherchant plus d'informations de ce transporteur.

4.3. Démarche effectuée

Dans les étapes qui suivent nous décrivons l'emploi des formules de la manière dont il faut procéder pour élaborer un avant-projet.

4.3.1. Largeur de la bande

Elle est déterminée en fonction de la nature et de la granulométrie du mélange (matière à transporter). Donc d'après les caractéristiques du produit transporté on a : $b=800$ mm, cette valeur est déduite à partir de la nature du matériau à transporter [7]. Les largeurs pour n'importe quel type de bande sont les suivants :

Tableau 4.1. Largeurs des bandes normalisées [7].

LARGEURS DE BANDES NORMALISEES (m)								
300	400	500	600	650	800	1000	1200	1400

4.3.2. Vitesse de la bande

Son maximum est déterminé en fonction de la granulométrie, le poids spécifique, la hauteur de chute de la matière et de la largeur de la bande [7].

Le tableau ci-dessous indique les valeurs de la vitesse maximale de la courroie recommandée en fonction de la largeur et de la nature du matériau:

Tableau 4.2. Vitesse maximale (m/s) [7].

Matériaux	Largeur de la bande (m)				
	400	500	650	800	1000
Légers, de granulométrie réduite	2.5	3.15	3.15	3.55	4
Demi-lourd, abrasifs	1.6	2	2.5	2.5	3.15
Lourds, très abrasifs	1.25	1.6	1.8	1.8	2.4

Les vitesses indiquées sont des vitesses maximale, donnée par la référence du manuel [9], qui représentée fournisseurs de HAZEMAG. Cependant, après avoir assisté au transport de certaines matières comme l'argile et le calcaire, il s'est avéré que les vitesses proposées par ce fournisseur

ne sont pas assez fiables. Ce qui nous a obligés de se retourner vers les experts de la société HAZEMAG pour savoir le besoin. Ils nous ont confirmé que plus la vitesse est faible plus il ya moins de danger de perdre le produit. Pour cela que nous avons fixé avec les responsables des équipements une vitesse maximale de 1,3m/s.

$$V=1.3 \text{ m/s}$$

4.3.3. Capacité de charge

La capacité de la bande transporteuse est calculée à partir de la section de la charge transportée et de la vitesse de la bande (m/s) [8]. Dans les caractéristiques du produit transporté la capacité est déterminée par la société HAZEMAG, c'est ce qu'on appelle la capacité souhaitée Q ; on obtient ainsi de débit volumique [m³/h]

$$Q_v = S.V.3600 \quad (4.1)$$

S : La capacité sectionnelle [m²]

V : La vitesse de la bande [m/s]

Le débit massique [t/h] et donné par la formule :

$$Q_m = S.V.3600.f \quad (4.2)$$

f : est la masse volumique du matériau

Le débit volumique Q_v pour un profil de section d'auge à trois rouleaux égaux dont l'angle d'auge λ est de 30°, est donné par le tableau suivant :

Tableau 4.3. Débit volumique (m³/h) [7].

Largeur De Bande (mm)	Profil de la section							
	plate	En v $\lambda = 15^\circ$	En v $\lambda = 20^\circ$	En auge à 3 rouleaux Egaux $\lambda = 20^\circ$	En auge à 3 rouleaux Egaux $\lambda = 25^\circ$	En auge à 3 rouleaux Egaux $\lambda = 30^\circ$	En auge à 3 rouleaux Egaux $\lambda = 35^\circ$	En auge à 3 rouleaux Egaux $\lambda = 45^\circ$
300	11							
350	17							
400	23	43	48	42	46	50	52	57
500	38	72	80	72	79	85	89	97

600	58	108	120	108	121	129	135	147
650	69	129	143	131	144	154	162	176
700	81			156	176	182	191	208
800	108			207	228	245	258	279
900	139			270	295	316	333	360
1000	173			337	369	397	418	452
1200	255			498	545	586	615	665
1400	351			686	755	810	857	920
1600	465			908	997	1072	1125	1217
1800	592			1160	1234	1370	1430	1554
2000	735			1445	1520	1703	1790	1933

Donc le débit volumique :

$$Q_v = 245 \text{ m}^3/\text{h}$$

D'après l'équation (4.2) on tire le débit massique :

$$Q_m = 323.5 \text{ t/h}$$

On a la capacité souhaitée de 300 [t/h], avec une marge de sécurité 23.5 [t/h].

4.3.4. Ecartement des stations-supports

La distance entre les deux stations-supports (a_o) la plus couramment utilisée pour le brin supérieur d'un convoyeur à bandes, alors que pour le brin inférieur les stations sont normalement espacées de 3 mètres (a_u) [7].

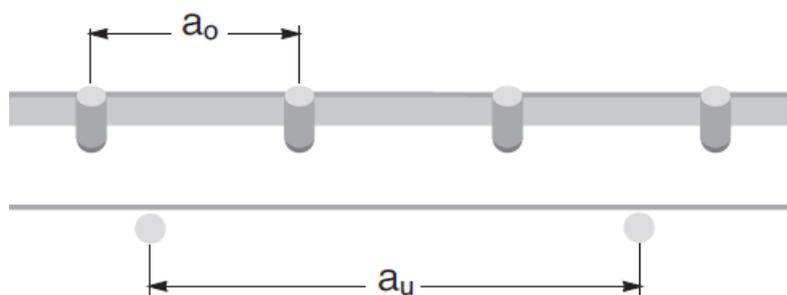


Figure 4.3. Ecartement des stations-supports [7].

Le tableau ci-dessous montre comment déterminer l'écartement maximal des stations supports en fonction de largeur de la bande et de la masse volumique du produit transporté. Il faut vérifier que l'incurvation de la bande ne dépasse pas 2 % de l'écartement. Une incurvation trop importante peut engendrer une déformation de la masse du produit pendant le déplacement de la bande et par conséquent une augmentation du frottement.

On est ensuite en mesure de déterminer un facteur important : Une consommation de puissance importante engendre des contraintes anormales soit sur les rouleaux, soit dans la bande qui passe au-dessus et, surtout l'usure prématurée du revêtement de la bande. Pour notre cas, où la bande a une largeur de 800 mm et la masse volumique du produit est de 1.32 t/m³, le tableau ci-dessous indique que:

- Pour les stations porteuses, l'écartement recommandé est de $a_0 = 1.35$ m.
- Pour les stations inférieures, l'écartement recommandé est de $a_u = 3$ m.

Tableau 4.4. Ecartement maximale des stations supports [7].

Largeur de La bande (mm)	Ecartement des stations supérieures			
	Masse volumique du produit transporté t/m ³			
	< 1.2	1.2 -2.0	> 2.0	inférieures
300	1.65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200	1.20	1.00	0.80	3.0
1400				
1600				
1800				
2000	1.00	0.80	0.70	3.0
2200				

4.3.5. Choix des rouleaux

Dans le tableau ci-dessous, pour une bande de 800 mm et une vitesse de 1.3m/s, on peut choisir des rouleaux de diamètre **133mm** [7]. Nous avons déjà indiqué que la vitesse de déplacement de la bande par rapport aux conditions de charges requises était un facteur important pour la conception d'un convoyeur.

A partir de la vitesse de la bande et du diamètre des rouleaux, on peut déterminer les tours-minute des rouleaux à l'aide de la formule suivante:

$$n = \frac{V \times 1000 \times 60}{D \times \pi} \quad (4.3)$$

D : diamètre des rouleaux [mm]

v : vitesse de la bande [m/s]

n : la vitesse de rotation des rouleaux [tr/min] n=187 tr/min

Tableau 4.5. Diamètre des rouleaux [7].

Bande (mm)	Rouleaux supérieurs			Rouleaux inférieurs		
	Ø	Longueur	poids	Ø	Longueur	poids
400	89	150	2	89	475	5.5
500	89	190	2.5	89	575	6.5
600	89	230	2.8	89	675	7.5
650	89	240	3.0	89	720	8.0
700	89	250	3.1	89	770	8.4
800	89	290	3.5	89	870	9.4
	133	285	5.5	133	870	16.0
900	133	320	6.0	133	1010	17.5
1000	133	355	6.8	133	1110	19.0
1200	133	425	7.8	133	1310	22.0
1400	133	495	9.0	133	1510	24.5

4.3.6. Puissance nécessaire P (kW)

La puissance nécessaire à l'entraînement d'un transporteur peut se composer en puissance pour la marche à vide, et une puissance pour le transport horizontal de la charge [10].

- Puissance nécessaire pour la marche à vide p_1

$$P_1 = \frac{3,6 \times G \times L \times c \times f \times v}{367} \quad (4.4)$$

Avec:

C : Coefficient de frottement des bandes, rouleaux,...

f : Coefficient de frottement des tambours fixés

L : Distance de centre à centre entre le tambour de tête et le tambour de renvoi (en m)

G : Poids de la bande et des parties tournantes des tambours de tête et de renvoi [Kg/m]

V : Vitesse de la bande [m/s]

Q : Capacité [t/h]

L'entraxe de notre convoyeur va permettre la détermination de la confession du frottement des bandes, rouleaux...voir tableau (4.6) :

Tableau 4.6. Coefficient de frottement des bandes [7].

L(m)	C	L(m)	C	L(m)	C
5	12.6	90	1.8	600	1.17
10	6.2	100	1.75	800	1.11
15	4.5	120	1.65	1000	1.08
20	3.6	140	1.6	1200	1.06
25	3.1	160	1.55	1500	1.05
30	2.8	180	1.5	2000	1.04
40	2.4	200	1.45	2500	1.04
50	2.2	250	1.38	3000	1.03
60	2.1	300	1.31		
70	2	400	1.25		
80	1.9	500	1.2		

En ce qui concerne le coefficient de frottement des tambours, on prend souvent la valeur $f=0.028$ qui est indiqué dans tableau suivant :

Tableau 4.7. Coefficient de frottement [7].

Installations avec les rouleaux à roulement facile et matériaux à faible friction intérieure	0.017
Installation de qualité standard	0.020
Condition d'exploitation défavorable, exploitation dégageant beaucoup de poussières, surcharge périodique	0.023-0.03
Transport descendant imposant un freinage par moteur-frein	0.012

Le poids des parties mobiles dans la bande est déterminé à partir du tableau (4.8) qui représente le poids de la bande plus le poids des rouleaux porteurs et de retours en fonction de la largeur de la bande [7]. Les valeurs affichées dans le tableau (4.8) sont calculées à partir des convoyeurs standards existants dans le marché:

Tableau 4.8. Masse des parties mobiles [7].

Largeur de la bande (mm)	Masse des Parties mobiles kg/m
400	27
500	32
650	45
800	52-60
1000	75-100
1200	90-115
1400	115-130
1600	130-152
1800	185
2000	220

Après avoir déterminé toutes les variables on va pouvoir calculer la puissance nécessaire Pour marche à vide :

$$P_1=2.11 \text{ kw}$$

4.3.7. Puissance nécessaire pour le transport horizontal de la charge P_2 [kW]

Puissance nécessaire pour le transport horizontal de la charge est représentée sous la forme suivante [10]:

$$P_2 = \frac{Q \times f \times L \times C}{367} \quad (4.5)$$

On a : $Q = 323.5 \text{ T/h}$, $f = 0,027$ et $L = 8.20 \text{ m}$

$$P_2 = 2.53 \text{ kw}$$

Donc la puissance totale absorbée est :

$$P = P_1 + P_2 = 4.64 \text{ kw}$$

4.3.8. Puissance nécessaire du moteur P_m [kW]

La puissance P_m du moteur dépend de la puissance P totale et du rendement η mécanique suivant [10] :

$$P_m = \frac{P}{\eta} \quad (4.6)$$

Le rendement varie de 0,85 à 0,95

$$P_m = \frac{P}{\eta} = \frac{4.64}{0.85}$$

Alors la puissance du moteur vaut :

$$P_m = 5.45 \text{ kw}$$

Les puissances standards des moteurs sont :

Tableau 4.9. Puissances standards (Kw) [7].

1	1.1	2.2	3	4	5.5	7.5
---	-----	-----	---	---	-----	-----

Donc la puissance Moteur choisie est :

$$P_m = 5.5 \text{ kw}$$

4.3.9. Tension de la bande

Il est nécessaire de prendre en considération les différentes tensions qui doivent être vérifiées dans un convoyeur ayant un système d’entraînement à bande motorisée [7].

Tensions T1 et T2 et l’effort tangentiel total FU sur la circonférence du tambour correspond à la différence entre les tensions T1 (coté entrée) et T2 (coté sortie). On en déduit le couple nécessaire pour mettre en mouvement la bande pour transmettre la puissance.

En se déplaçant du point A au point B (Figure 4.3), la tension de la bande varie d’une valeur T1 à une valeur T2.

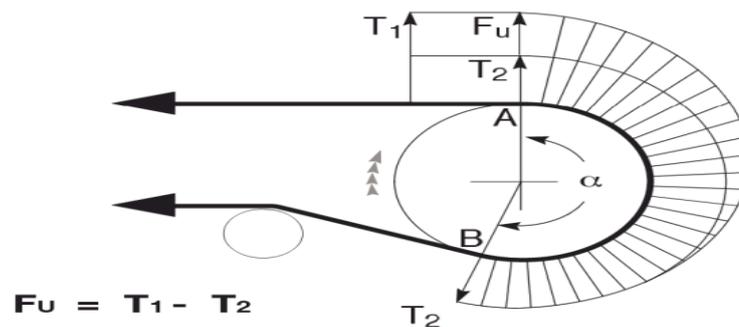
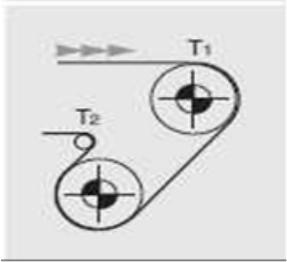


Figure 4.4. Tension de la bande [7].

Le tableau (4.10) donne la valeur du coefficient d’enroulement Cw en fonction de l’arc d’enroulement du système de tension de la bande et de l’utilisation du tambour avec ou sans caoutchoutage :

Tableau 4.10. Coefficient d’enroulement [7].

Configuration de l’entraînement	Arc D’enroulement A	Dispositif de reprise de Tension à contrepoids		Dispositif de reprise de Tension à vis	
		Tambour non caoutchouté	Tambour caoutchouté	Tambour non caoutchouté	Tambour caoutchouté
	180°	0.84	0.50	1.2	0.8
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65

	240°	0.54	0.30	0.80	0.60
	380°	0.23	0.11		
	420°	0.18	0.08		

Dans notre cas le convoyeur est mû par un seul tambour de commande recouvert de caoutchouc et installé en tête, les tambours de contrainte étant placés pour produire un arc d'enroulement de 200°. Un dispositif de reprise de tension à vis est installé en pied du convoyeur. A partir du tableau (4.9) on peut déterminer le coefficient d'enroulement $CW = 0.75$. La tension en aval du tambour de commande est obtenue de la manière suivant :

1. Calcul de tension d'entraînement de tambour [N] :

$$T_2 = F_U \times C_w \quad (4.7)$$

Fu l'effort tangentiel [N] est donné par:

$$F_u = P_m / v \quad (4.8)$$

AN:

$$F_u = 5500 / 1.3 \text{ donc } F_u = 4230.76 \text{ N}$$

$$T_2 = 3173.07 \text{ N}$$

2. Calcul de la tension maximale en amont du tambour de commande [N]:

$$T_1 = F_u + T_2 \quad (4.9)$$

AN :

$$T_1 = 7403.83 \text{ N}$$

On estime alors la tension de la bande en majorant la valeur de T_1 avec un coefficient tenant compte du régime permanent de 3.7 [13]:

AN :

$$T_1 = 7403.83 \times 3.7$$

D'où

$$T_1 = 27394.17 \text{ N}$$

4.3.10. Choix de la bande

Etant donné la tension maximale de service du convoyeur $T_1 = T_{\max} = 27394.17\text{N}$, alors la tension de service unitaire de la bande par mm de largeur est obtenue de la manière suivante:

$$T_{u \max} = \frac{T_{\max}}{B} \quad (4.10)$$

$T_{u \max} = 34.24 \text{ N/mm}$, la charge de rupture de la bande correspond à la charge d'utilisation multipliée par un coefficient de sécurité de "8" pour les bandes à armatures métalliques et de "10" pour les bandes à armatures textiles. Dans notre cas (armature textile), on peut choisir une bande ayant une résistance de 342.4 N/mm : On choisit la résistance standard 400 N/mm [7].

4.3.11. Diamètre du tambour

Le dimensionnement du diamètre du tambour dépend étroitement des caractéristiques du type de la bande utilisée [7]. Le tableau (4.10) indique les diamètres minimaux recommandés par rapport au type de bande utilisée pour éviter son endommagement : séparation des nappes ou déchirure de l'armature. Pour une bande qui a une charge de rupture de 400N/mm et une armature textile, on trouve les résultats suivants :

- Diamètre du tambour de tête : 400 mm
- Diamètre du tambour de renvoi : 315 mm
- Diamètre du tambour d'inflexion : 250 mm

Tableau 4.11. Diamètre du tambour [7].

Charge de rupture de la bande	Bande à armature textile EP DIN 22102			Bande à armature métallique ST DIN 22131		
	Ø tambour de moteur mm	Renvoi	D'inflexion	Ø tambour du moteur mm	Renvoi	D'inflexion
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
1250	1250	1000	800			
1500	1500	1250	1000	1000	800	500
2000				1000	800	500
2500				1250	1000	630
3150				1250	1000	630

CHAPITRE V

Optimisation de la fiabilité du convoyeur 12P008

Chapitre V Optimisation et fiabilité du convoyeur 12P008

5.1. Description de la méthode PARETO

5.1.1. Définition

Le diagramme de Pareto est un outil graphique d'analyse permettant de mettre en évidence les causes principales d'occurrences d'un phénomène. On a pour habitude de dire que 20% des causes entraînent 80% des effets, mais ces pourcentages ne sont qu'un ordre de grandeur, ils illustrent le fait que dans la plupart des cas, un petit nombre de causes entraînent la majorité des conséquences. Dans le cas des causes de défaillance, il faut s'attacher à éliminer en priorité les 20% des causes qui entraînent les 80% des défaillances. Cette règle s'applique aussi aux coûts, car les 20% des coûts de la maintenance nécessiteront 80% des coûts financiers, etc... Cet outil va permettre d'améliorer la maintenance en ciblant les causes les plus critiques qui vont nécessiter une plus grande attention en matière de surveillance et en actions prises par le service de maintenance.

5.1.2. Objectif d'utilisation

Le diagramme de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes. Ce diagramme et son utilisation sont aussi connus sous le nom de la Règle des (20/80) ou Méthode de (ABC).

Les objectifs sont :

- Faire apparaître les causes essentielles d'un phénomène.
- Hiérarchiser les causes d'un phénomène.
- Evaluer les effets d'une solution.
- Mieux cibler les actions à mettre en œuvre.
-

5.1.3. Mise en place du diagramme de PARETO

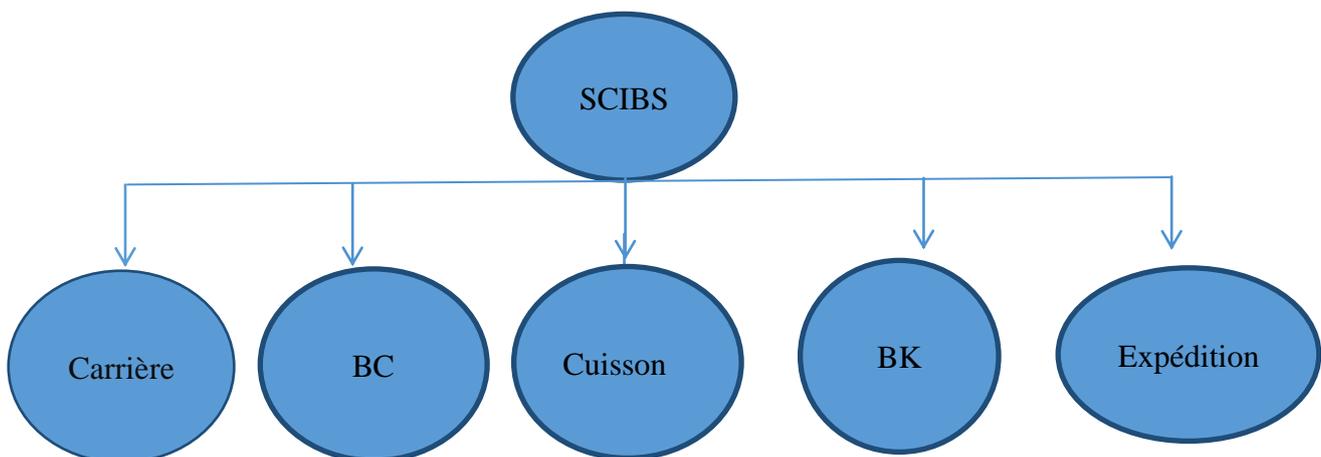


Figure 5.1. Découpage des ateliers

5.1.4 Construction du diagramme de Pareto

Le nombre des ateliers analysés est de cinq. Donc on a choisis l'atelier BC (broyeur cru) où se trouve le convoyeur 12P008, pour cela, on va sélectionner la séquence d'alimentation de ce convoyeur comme représente la figure 5.2 :

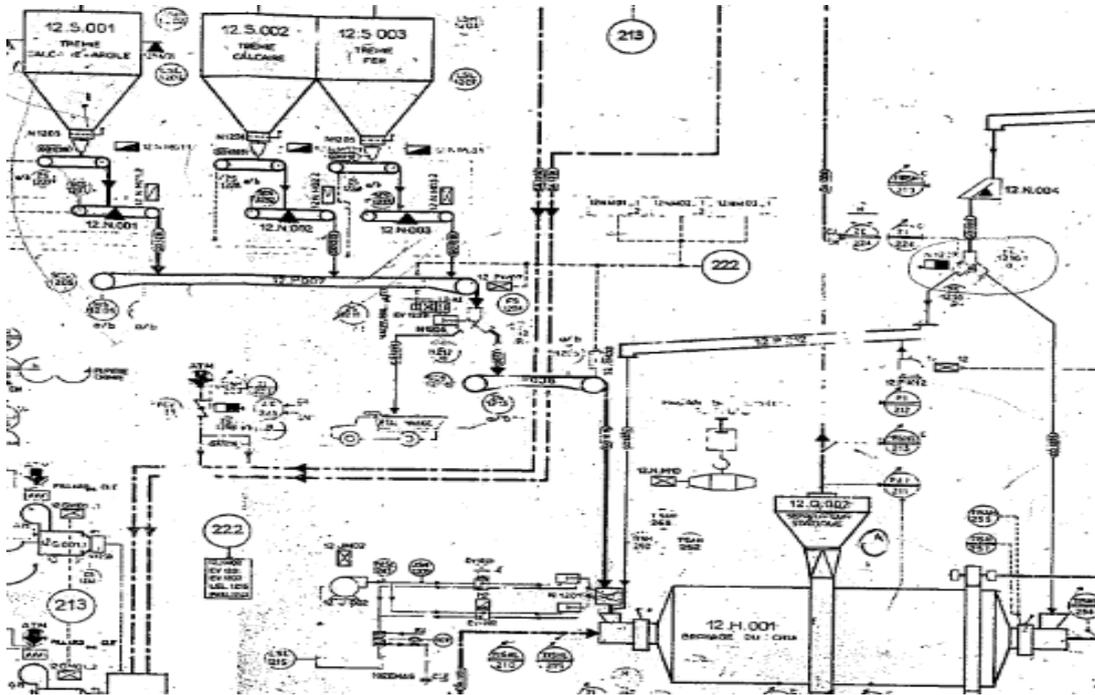


Figure 5.2 Séquence d'alimentation de la zone crue [9].

D'après l'historique des interventions prélevées sur la base des données GMAO, nous avons deux histogrammes gérés selon les couts:

- Cout indirect (indisponibilité des équipements).
- Cout direct ou bien le cout de défaillance (le cout de réparation et le cout de perte de production).

5.1.4.1 Cout indirect

Le cout indirect modélisé par l'indicateur de l'indisponibilité (non disponible) d'un système est la résultant de combinaison de deux facteurs : le nombre d'intervention ou bien fréquence N et la durée moyenne de réparation (ou de dépannage) T . On construise un tableau dans lequel on montre les couts d'intervention et la courbe correspondante, voir le tableau 5.1. Et la figure 5.3

Tableau 5.1. Tableau de classement des éléments par cout indirect

Zone	Fréquence N	Durée d'intervention T	N*T	N*T %	Cumulé (%)
12P008	108	94 :08 :00	10160,64	57,53%	57,53%
Broyeur cru	100	55:00 :00	5500	31,08%	88,61%
12P007	25	59:00 :00	1475	8,33%	96,94%
12N001	20	24:37 :00	487,4	2,75%	99,69%
12N003	10	05:55 :00	55,5	0,21%	99,90%
12N002	5	03:45 :00	17,25	0,1%	100,00%
			17695,79		

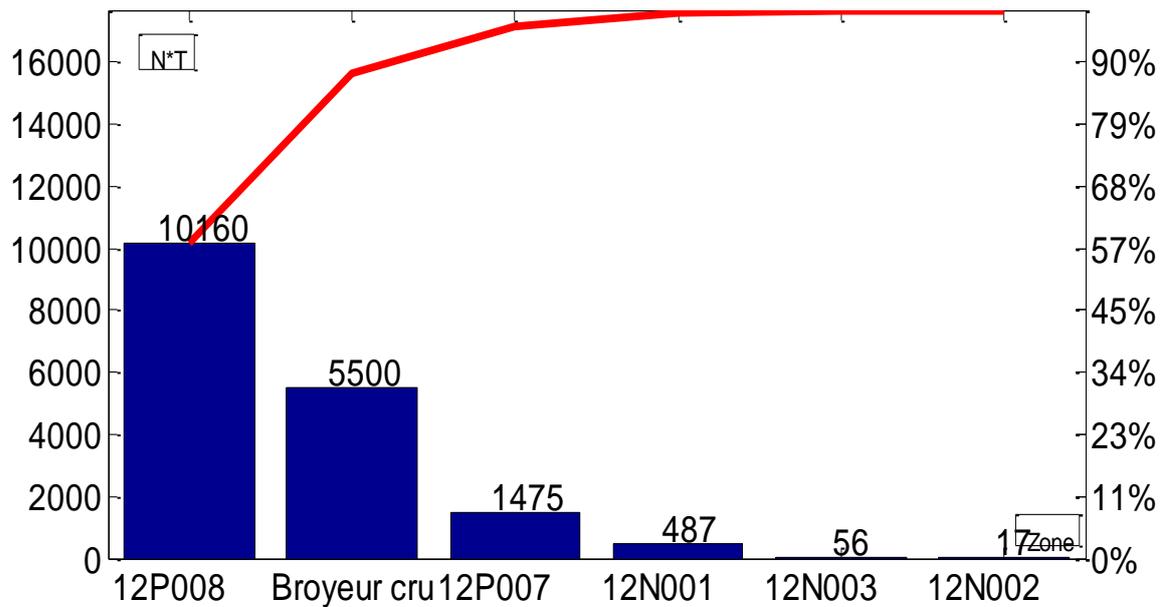


Figure 5.3. Diagramme de Pareto des couts indirects

5.1.4.2. Par le cout direct

Le cout direct ou bien le cout de défaillance c'est la somme des dépenses des réparations (frais des pièces de rechange et de manuvre), plus les pertes de production. On construit un tableau dans lequel on montre les couts évalués et la courbe correspondante, voir tableau 5.2. et la figure 5.4

Tableau 5.2. Tableau de classement des éléments par le cout direct

Zone	Total on million DA	Fréquence %	Cumul %
12N001	168 078 600,50	86,35%	86,35%
Broyeur cru	23 940 583,18	12,30%	98,65%
12P008	1 338 651,90	0,68%	99,33%
12P007	807 797 ,56	0,41%	99,74%
12N003	409 107,37	0,21%	99,95%
12N002	65 590,43	0,03%	99,98%
	194 650 330,90		

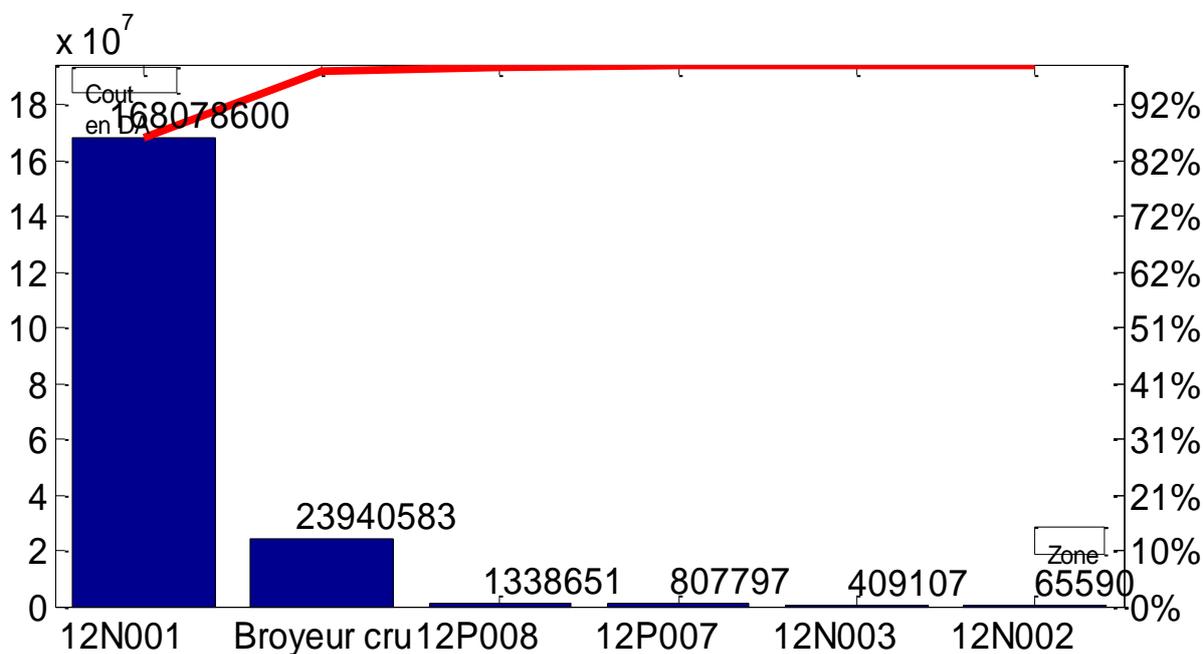


Figure 5.4. Diagramme de Pareto des couts directs.

5.2. Sélection de l'équipement critique

5.2. 1. Découpage du convoyeur 12P008

Le tableau 5.3 représente le découpage du convoyeur 12P008 qui se trouve au niveau de la zone broyeur cru.

Tableau 5.3. Découpage du convoyeur 12P008

Description des équipements
Tapie
Tambour renvoie
Tambour commande
Rouleaux
Racleur
Bavette
Palier

5.2. 2. Construction du diagramme Pareto du convoyeur 12P008

Dans cette partie nous allons utiliser les résultats d’exploitation des équipements du convoyeur 12P008 à partir d’un logiciel GMAO. On construit un tableau 5.4 dans lequel les données sont classées par ordre décroissant.

Tableau 5.4. Classement des équipements de 12P008

Description Equipement	Total million DA	fréquence%	cumul%
Tapie	1 864 796,47	75,75%	75,75%
Rouleaux	241 116,71	9,79%	85,54%
Palier	168 695 ,34	6,85%	92,39%
Tambour queue	117 748,78	4,78%	97,17%
Bavette	44 694,90	1,81%	98,98%
Tambour commande	19 550,29	0,79%	99,77%
Racleur	5 015,56	0,20%	99,97%

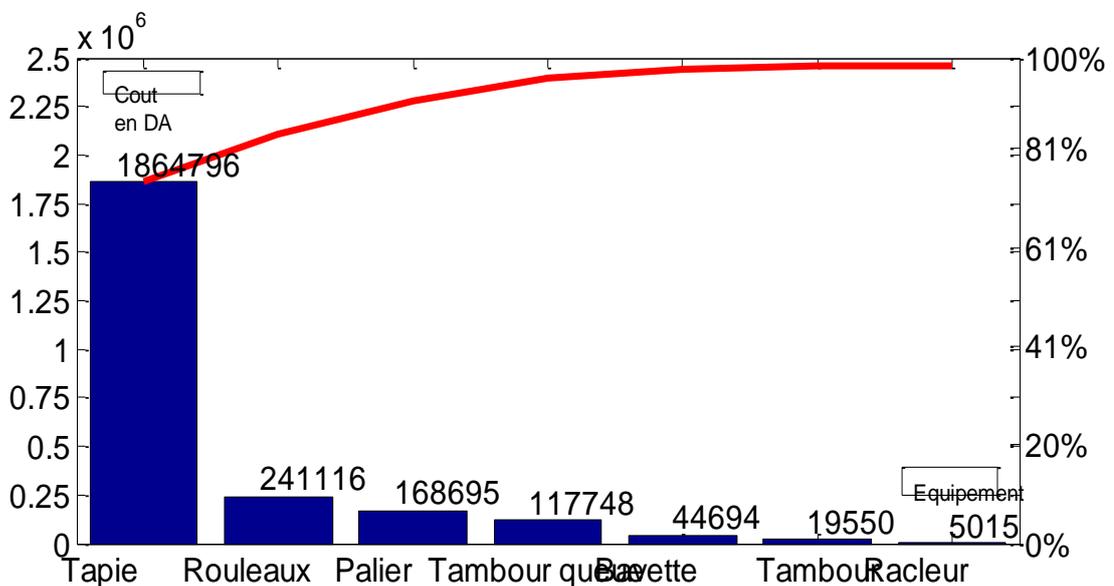


Figure 5.5. Diagramme de Pareto des équipements de 12p008.

5.3. Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

Il s'agit d'une analyse critique qui se déroule en six étapes.

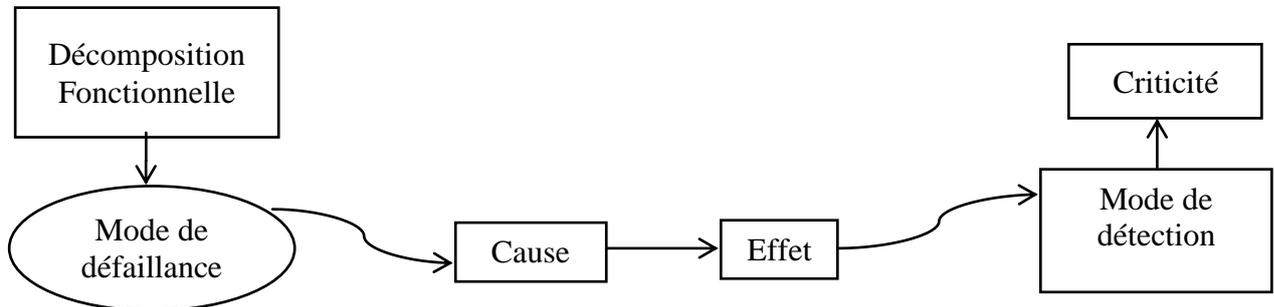


Figure 5.6. Etapes d'une analyse de type AMDEC [1].

Cette analyse a pour objectif d'identifier de façon inductive et systématique les risques de dysfonctionnement des machines, puis on recherche les organes et leurs conséquences [1].

5.3.1. Décomposition fonctionnelle

La décomposition fonctionnelle ayant pour but d'identifier les modes de défaillances en vue de d'éliminer ou de minimiser leurs conséquences. C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour en analyser ensuite les risques de dysfonctionnement.

5.3.2. Modes de défaillance

Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut devenir défaillant, c'est-à-dire de ne plus remplir sa fonction. Ceci se résume en 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.

5.3.3. 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 [4].

Il existe trois types de cause 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.

5.3.4. Effet de la défaillance

L'effet d'une défaillance est, par définition, la conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple mode-cause de la défaillance et correspond à la perception finale de celle-ci [12].

Tableau 5.5. Facteur dévaluation de la criticité [4].

Gravité G : Impact des défaillances sur le produit ou l'outil de production	
1	Sans dommage : défaillance mineure ne provoquant pas d'arrêt de la production et aucune dégradation notable du matériel.
2	Moyenne : défaillance provoquant un arrêt de production et nécessitant une intervention mineure.
3	Important : défaillance provoquant un arrêt significatif et nécessite une intervention important.
4	Catastrophique : défaillance provoquant un arrêt impliquant des problèmes majeurs.
Fréquence d'occurrence O : Probabilité d'apparition d'une cause ou d'une défaillance	
1	Exceptionnelle : la possibilité d'une défaillance est pratiquement inexistant.
2	Rare : une défaillance occasionnelle est déjà produite ou pourrait se produire
3	Certaine : il y a eu traditionnellement des défaillances dans le passé.
4	Très fréquente : il est presque certain que la défaillance se produira souvent.
Non-détection D : Probabilité de la non-perception de l'existence d'une cause ou d'une défaillance	
1	Signes avant-coureurs : l'opérateur pourra facilement détecter la défaillance
2	Peu de signes : la défaillance est décelable avec une certaine recherche
3	Aucun signe : la recherche de la défaillance n'est pas facile.
4	Expertise nécessaire : la défaillance n'est pas décelable ou encore sa localisation nécessite une expertise approfondie.

5.3.5. Mode de détection

Le mode de détection est la manière par laquelle un utilisateur est susceptible de détecter la présence d'une défaillance.

5.3.6. Criticité

La criticité est une évaluation quantitative du risque constitué par l'analyse du scénario, mode cause-effet-détection de défaillance. La criticité est alors évaluation à partir de la combinaison de trois facteurs (tableau 5.6) :

- La gravité de l'effet.
- La fréquence d'apparition du couple mode-cause.
- La possibilité d'utiliser des signes de détection

Tableau 5.6 Echelle de la criticité ($C=G*O*D$) [11].

Criticité (C)	Action à entreprendre
$C < 16$	Ne pas tenir compte
$16 \leq C < 32$	Mise sous préventif à fréquence faible
$32 \leq C < 36$	Mise sous préventif à fréquence élevée
$36 \leq C < 48$	Recherche d'amélioration
$48 < C$	Reprendre la conception

Tableau 5.7 Matrice de défaillance [11].

Echelle d'occurrence	Probable <1 ans	Possible <3 ans	Quasi impossible
Classe de gravité	A	B	C
Très critique (arrêt de production)			
Critique (ralentissement ou risque d'arrêt dans quelques jours)			
Sans influence (la dégradation ne peut avoir une influence qu'à moyen terme)			

Pour bâtir un plan de maintenance préventive, l'utilisation d'une matrice de défaillance simplifiée, à deux indices doit être respectée :

- Préventif pour une fréquence élevée pour A1, A2, A3, B1, B2, C1.
- Préventif pour une fréquence faible ou pas de préventif pour B3, C2.
- Pas de préventif pour C3.

5.3.7. Grille de cotation

Pour l'utilisation de ces critères nous avons défini une grille de cotation pour apprécier les valeurs de chacun d'eux [11].

Tableau 5.8. Grille de cotation [11].

Niveau	1	2	3	4
Fréquence	Taux d'apparition moins d'une défaillance par année	3moi <F< 6mois taux d'apparition très faible	1 semaine <F< 3mois taux d'apparition moyen	Taux d'apparition régulier plusieurs défaillance par semaine
Non détection	signe avant- coureurs	Peu de signe	Aucun signe	Une expertise approfondie nécessaire

Gravité	Durée d'intervention D<1h peu ou pas de pertes de production	Durée d'intervention 1h <D< 3h	Durée d'intervention 3h <D< 6h	Durée d'intervention 6h >D
---------	--	--------------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------

5.4. Application au système 12P008

Nous avons utilisé la méthode AMDEC pour une analyse approfondie des défaillances et la détermination des éléments critiques du convoyeur 12P008 afin d'étudier et identifier les causes et les modes de défaillance, voir tableau 5.9.

Tableau 5.9. Analyse du système 12P008

Système : 12P008									
Matériels				Caractéristique de la		Criticités			
Elément	Fonction	Défaillance		Cause	Effet sur système	F	G	D	
Tapie	Transporter la matière	Changement		Usure ;	Arrêt d'alimentation du broyeur	4	3	3	36
Tambour renvoie	Entraine la bande	Roulement; palier ;		Endommagé	Bruit ; rotation difficile ;	2	1	2	4
Tambour commande	Entraine la bande	Couverte ;		Endommagé	Vitesse de rotation diminuée	3	4	2	24
Rouleaux	Facilite le mouvement de la bande	Changement		Usure ;	Pert la forme d'auge de la courroie	3	2	1	6
Racleur	Nettoyer la bande	La bande du racleur		Usure	Manque de nettoyage	2	2	1	4
Bavette	centrage de la bande	changement		Coupure de courant	Décalage de la bande	2	3	2	12
Palier	Guidage du tambour renvoie et commande	Joints		Absence lubrification	Température élevée;bruit ; vibration	3	3	3	18

5.4.1. Classement des résultats de criticité

Après avoir calculé les criticités des différents éléments du convoyeur 12P008, on trace l'histogramme de criticité qui nous permet de découvrir l'organe qui a la plus grande criticité. Ainsi, on peut savoir les actions à apposer pour diminuer le niveau de criticité de cet élément qui est le tapis du transporteur, voir tableau 5.9.

5.5. Application du modèle de Weibull

Pour déterminer les paramètres de fiabilité de cet organe critique nous utilisons le modèle de Weibull à trois paramètres par deux méthodes présentées comme suit :

- Méthode graphique.
- Méthode analytique et numérique [12].

5.5.1. Préparation des données

Dans le tableau (5.10) sont portées les valeurs de TBF à partir des données pour une période de trois ans. On calcule alors la probabilité de défaillance estimée par les fréquences $F(i)$ et la fiabilité $R(i)$, voir le tableau 5.10 :

Tableau 5.10. Préparation des données historiques

Rang i	Temps(TBF) heures	F(i) estimé [%]	R(i) estimé [%]
1	336	7,44%	92,55%
2	840	18,08%	81,91%
3	936	28,72%	71,21%
4	1704	39,36%	60,63%
5	1800	50,00%	50,00%
6	2808	60,63%	39,36%
7	4200	71,27%	27,72%
8	6384	81,91%	18,08%
9	12912	92,55%	7,44%

5.5.2. Détermination des paramètres de Weibull

Il existe deux méthodes pour déterminer les paramètres de Weibull (graphique et numérique) [12].

5.5.2.1. Méthode graphique

La courbe est tracée sur un papier spécial appelé papier de Weibull ou d'Allen Plait, ce qui permet de tracer une droite.

- Détermination des paramètres β et η
- On déduit alors les paramètres de Weibull qui sont comme suit :
- $\beta=1.01$; $\eta=3000$; $\gamma=0$
- MTBF=2880 heures.

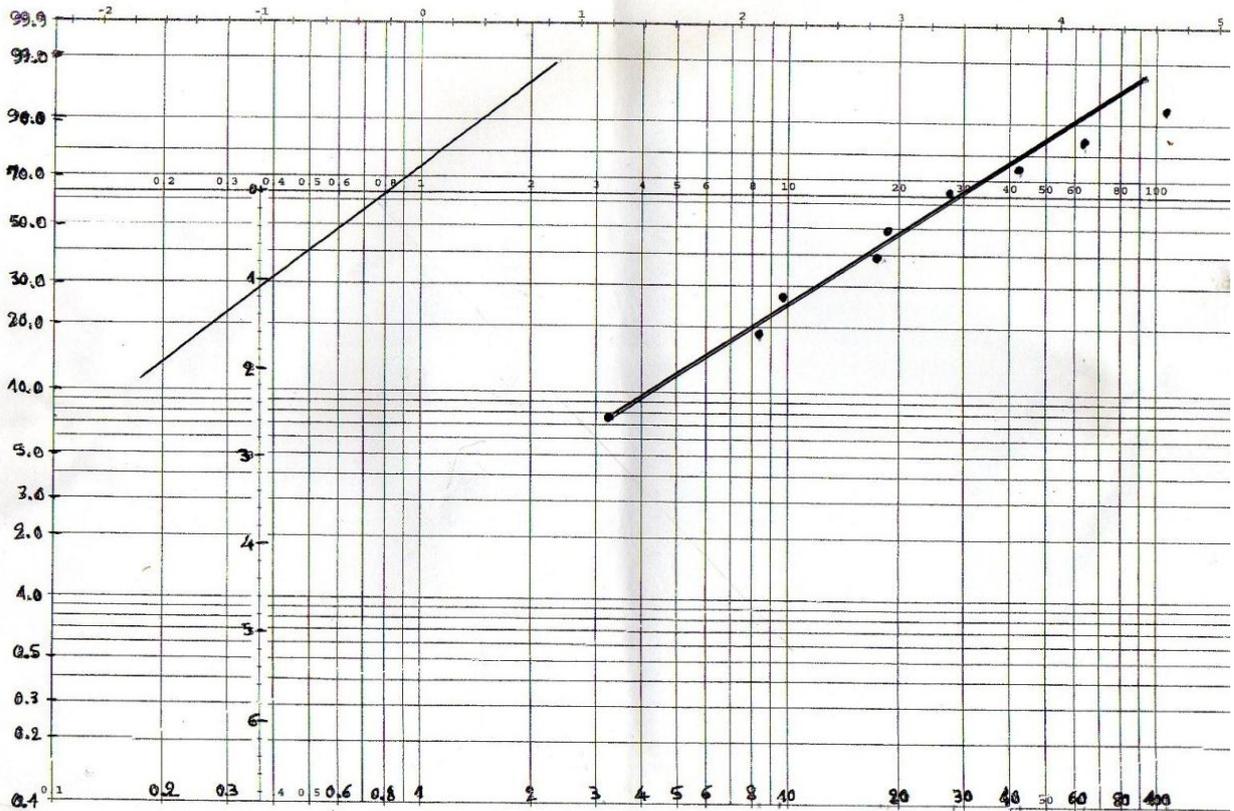


Figure 5.7. Droite de weibull

5.5.2.2. Méthode Analytique

On utilise les fonctions de fiabilité, voir le tableau 5.11 et la figure 5.8 :

Tableau 5.11. Tableau des résultats

Rang i	Temps(TBF) par heures	F(i) estimé [%]	R(i) estimé [%]	LN(TBF)	LN(LN (1/1-F(i)))
1	336	7,44%	92,55%	5,817	-2,559
2	840	18,08%	81,91%	6,733	-1,617
3	964	28,72%	71,27%	6,871	-1,083
4	1709	39,36%	60,63%	7,443	-0,692
5	1800	50,00%	50,00%	7,495	-0,366
6	2808	60,63%	39,36%	7,940	-0,070
7	4200	71,27%	28,72%	8,342	0,220
8	6384	81,91%	18,08%	8,761	0,536
9	12912	92,55%	7,44%	9,465	0,954

On déduit alors les paramètres de Weibull qui sont comme suit :

$$\beta=1.0057; \eta=3141.54 ; \gamma=0, MTBF=3015.88 \text{ heures.}$$

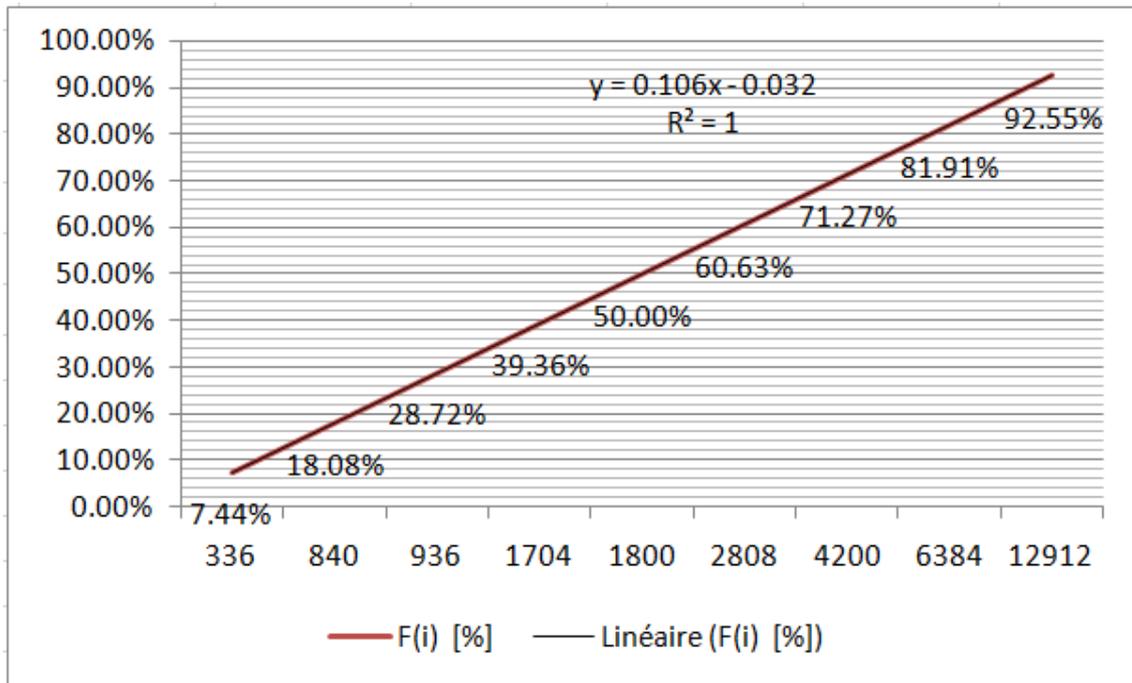


Figure 5.8. Droit de Weibull

On a validé notre travail analytique avec le travail numérique, figure 5.9

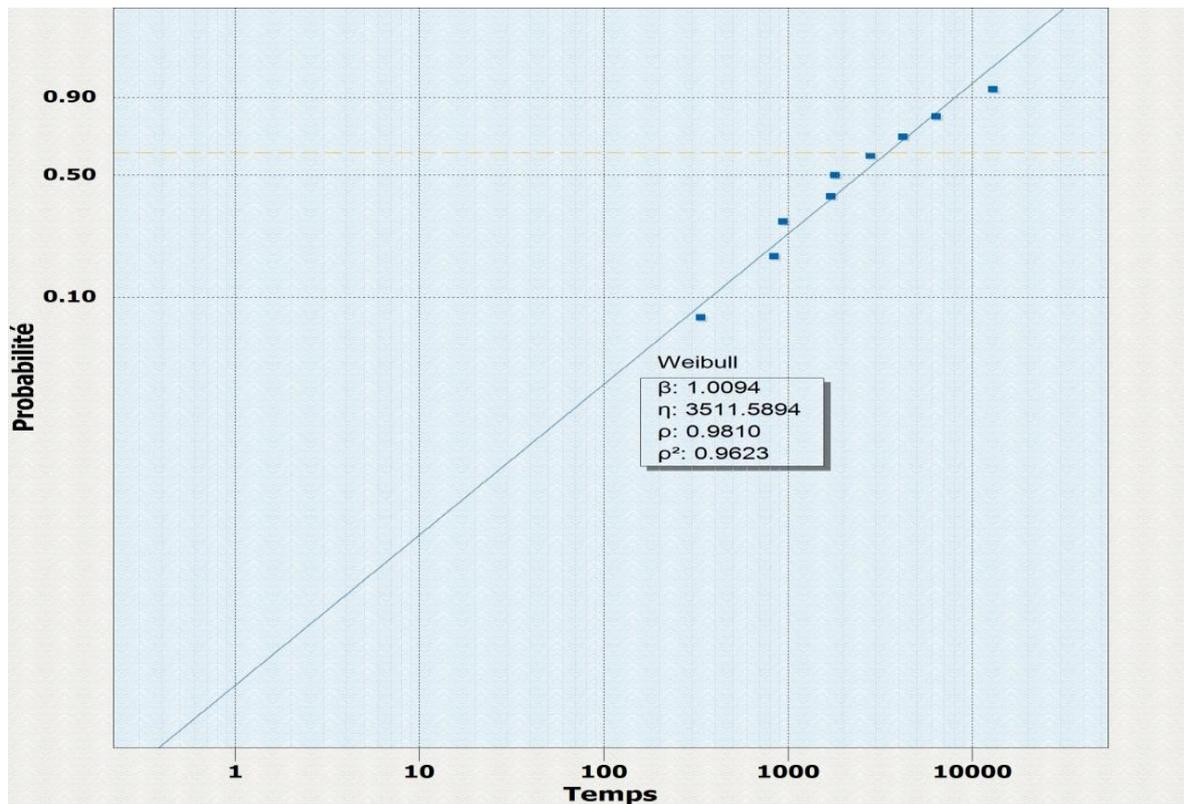


Figure 5.9. Droite de Weibull

Tableau 5.12. Tableau des résultats des fonctions de fiabilité.

Rang i	Temps (TBF) heures	F(i) estimé [%]	R(i) estimé [%]	F(i) calculée [%]	R(i) calculée [%]
1	336	7,44%	92,55%	8.94%	91.06%
2	840	18,08%	81,91%	21.03%	78.97%
3	964	28,72%	71,27%	23.76%	76.24%
4	1709	39,36%	60,63%	38.34%	61.66%
5	1800	50,00%	50,00%	39.92%	60.08%
6	2808	60,63%	39,36%	54.98%	45.02%
7	4200	71,27%	28,72%	69.83%	30.17%
8	6384	81,91%	18,08%	83.94%	16.06%
9	12912	92,55%	7,44%	97.59%	2.41%

Ci -joint le tableau récapitulatif et comparatif des résultats déterminés par calcul à l'aide des formules de la loi de Weibull.

Tableau 5.13. Tableau des résultats des fonctions de dégradation.

Rang i	Temps (TBF) heures	F(i) calculée [%]	R(i) calculée [%]	Taux de défaillance $\lambda(t)$	Densité de probabilité f(t)
1	336	8,94%	91,06%	0,000281176	0,0002560388656
2	840	21,03%	78,97%	0,000283609	0,0002239660273
3	964	23,76%	76,24%	0,000283976	0,0002165033024
4	1709	38,34%	61,66%	0,000285508	0,0001760442328
5	1800	39,92%	60,08%	0,000285508	0,0001715332064
6	2808	54,98%	45,02%	0,000286844	0,0001291371688
7	4200	69,83%	30,17%	0,000287932	0,0000868690844
8	6384	83,94%	16,06%	0,000289067	0,0000464241602
9	12912	97,59%	2,41%	0,000290988	0,0000070128108

On a obtenu les graphes des fonctions suivants :

- Fonction de fiabilité R(t).
- Fonction de répartition F(t).
- Fonction de taux défaillance $\lambda(t)$.
- Fonction de densité de probabilité f(t).

Nous avons déterminé ces fonctions afin d'obtenir les graphes suivants :

La figure 5.10 présente la fonction de la fiabilité $R(t)$ et la fonction de répartition $F(t)$:

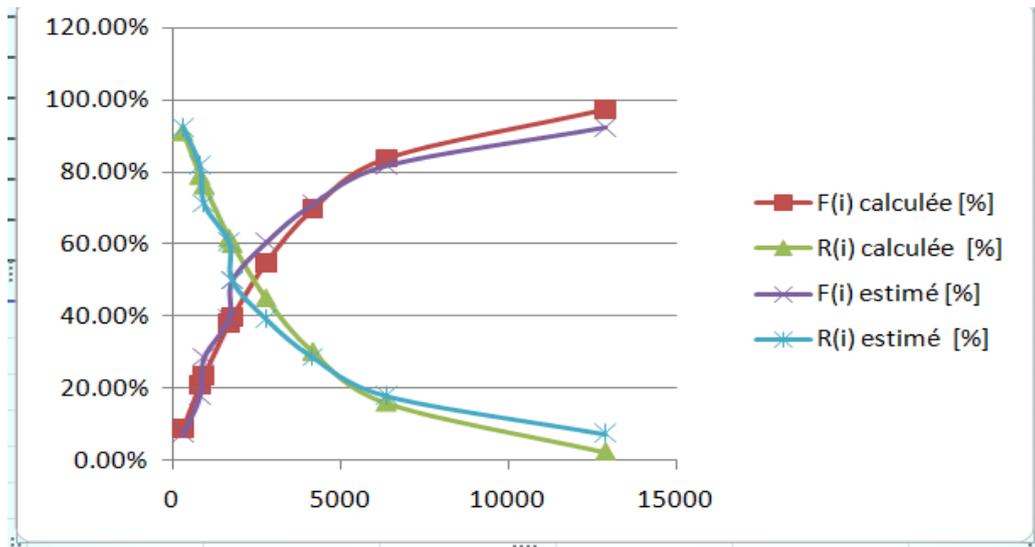


Figure 5.10. Courbes de fiabilité $R(t)$ et de répartition $F(t)$

On remarque que la fiabilité $R(t)$ de l'équipement critique diminue avec le temps, elle est inversement la fonction de défaillance $F(t)$ qui augmente avec le temps. Ces fonctions donnent une bonne corrélation avec les courbes déterminées numériquement, Figure 5.11. et 5.12. Ceci nous a permis de valider notre travail de diagnostic et d'expertise sur l'élément le plus défaillant afin d'optimiser la maintenance sur cet équipement.

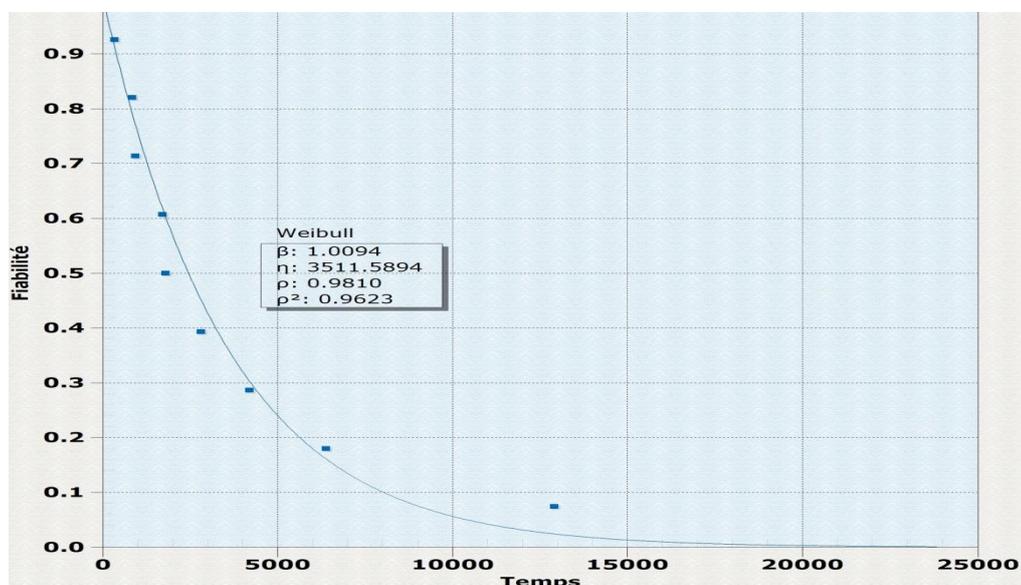


Figure 5.11. Fonction de fiabilité $R(t)$

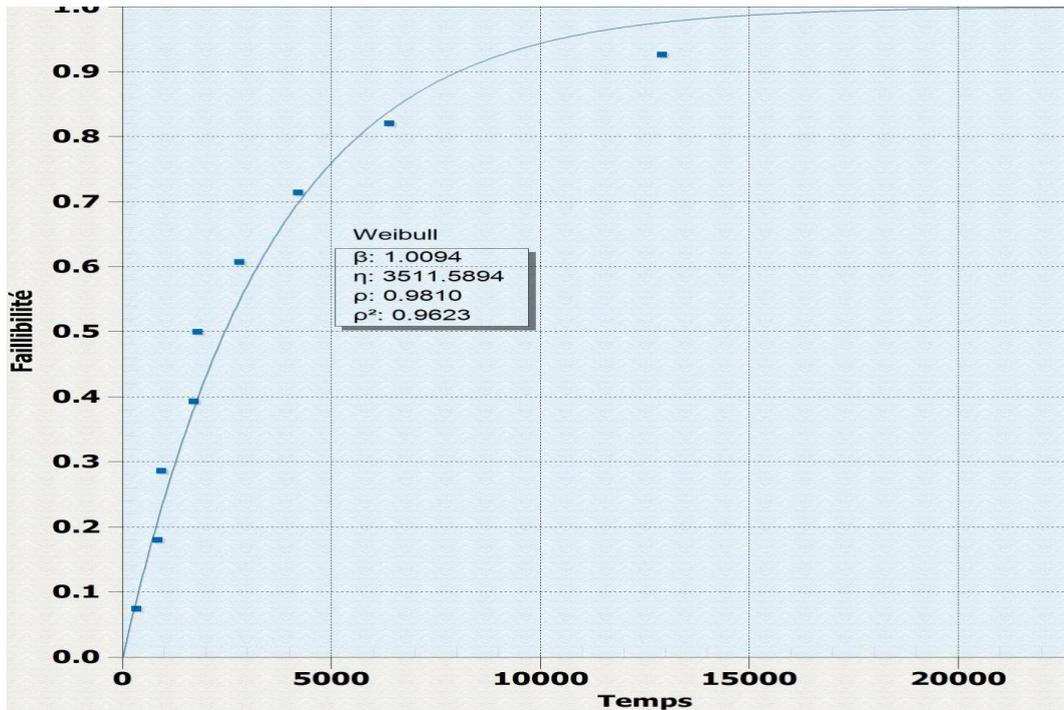


Figure 5.12. Courbe de répartition $F(t)$

La figure 5.13 présente la fonction de taux de défaillance $\lambda(t)$.

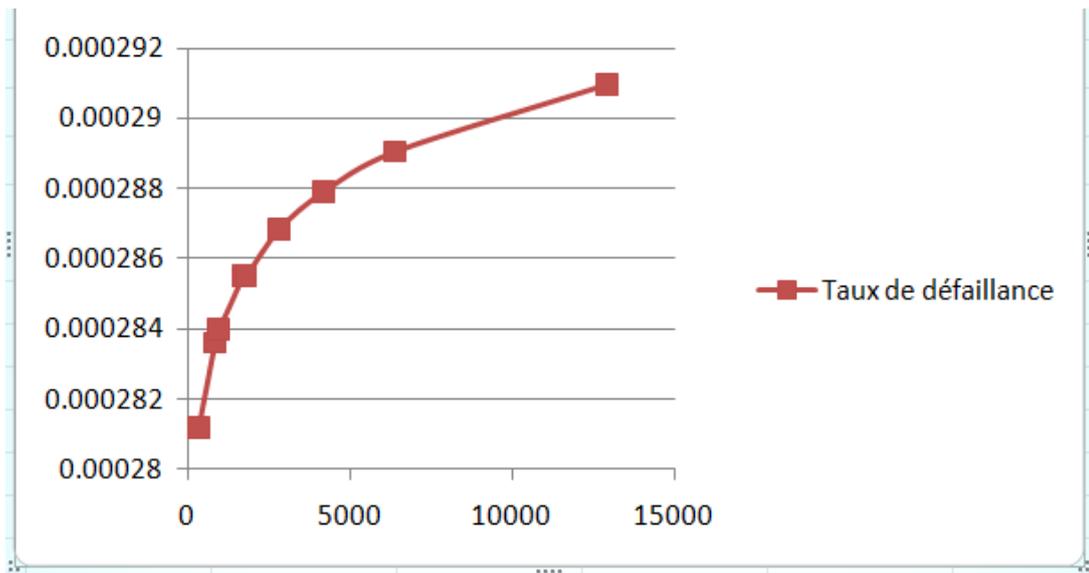


Figure 5.13. Taux de défaillance $\lambda(t)$

Le taux de défaillance $\lambda(t)$ est bien représenté par un tronçon distinct sur la figure 5.13, on remarque que le taux de défaillance $\lambda(t)$ augmente avec le temps et que la dégradation augmente.

La courbe trouvée analytiquement donne une bonne corrélation avec la courbe numérique, figure 5.14 :

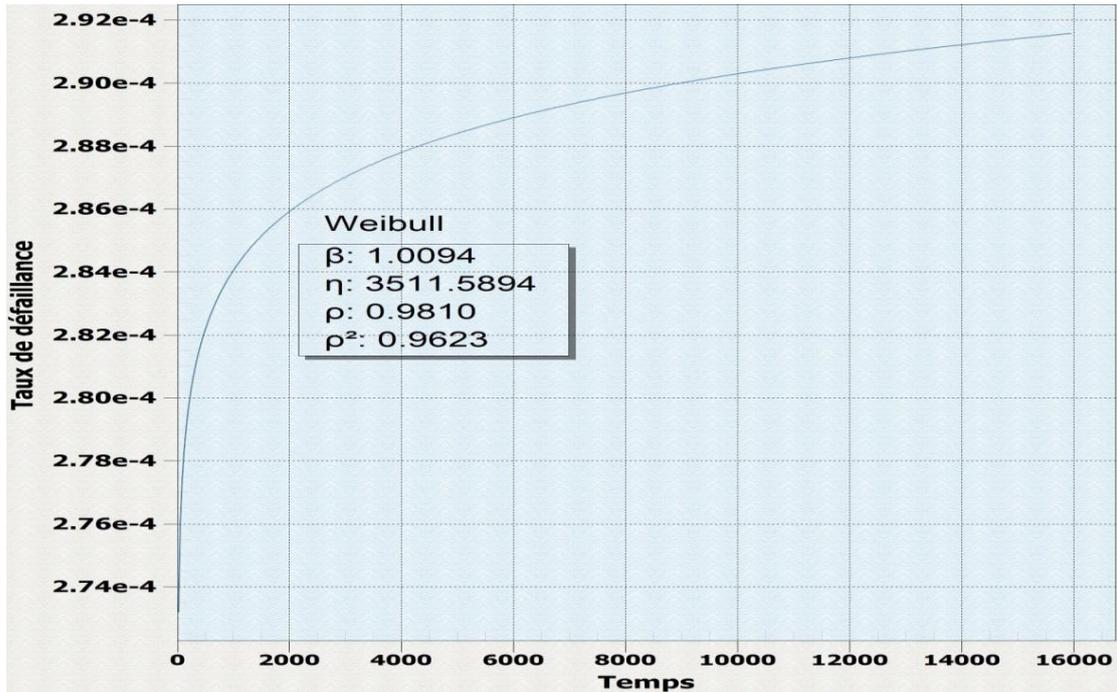


Figure 5.14. Taux de défaillance $\lambda(t)$

La courbe de la densité de probabilité de défaillance est représentée dans figure 5.15 :

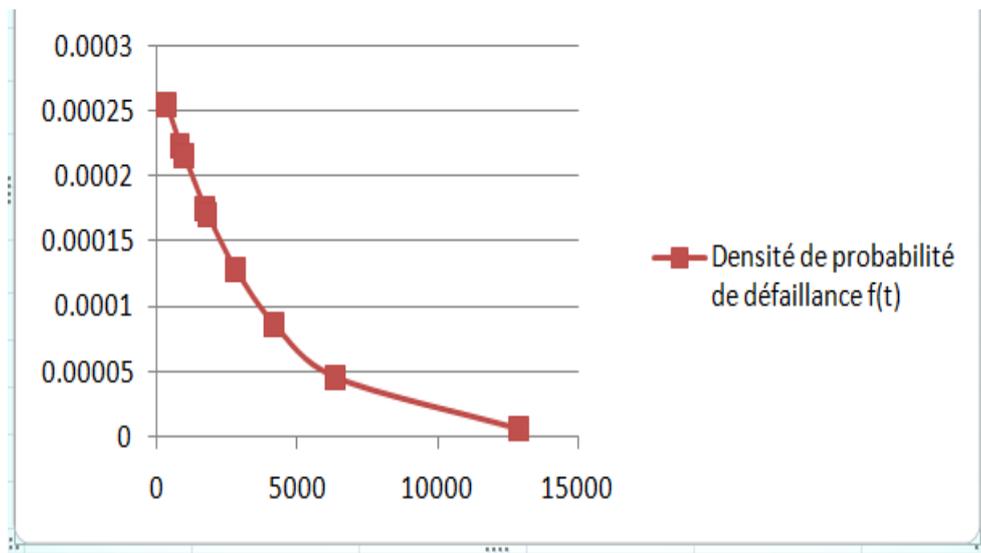


Figure 5.15. Densité de probabilité de défaillance $f(t)$

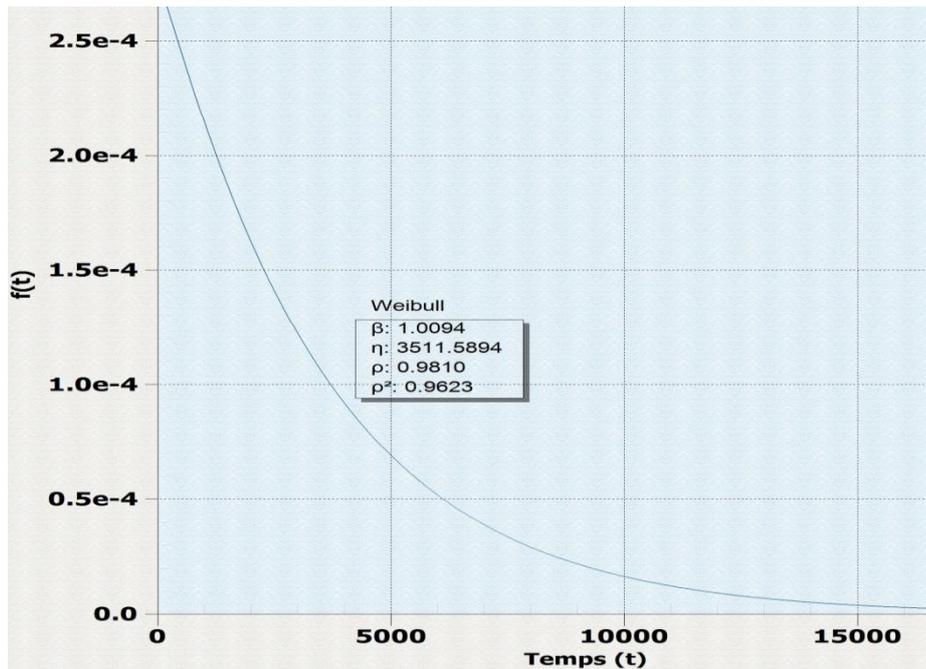


Figure 5.16. Densité de probabilité de défaillance $f(t)$

On note que la fonction $f(t)$ de l'organe étudié donne une bonne corrélation avec le modèle de Weibull avec $\beta=1.0094$, et que la densité de la probabilité de défaillance est conforme analytiquement et numériquement.

5.5.2.3. Analyse des résultats trouvés

Au cours de notre étude nous avons constaté les résultats suivants concernant l'organe critique :

- le paramètre β est supérieur à (1) ; le taux de défaillance est croissant en fonction de temps. Donc le taux de défaillance croît avec le temps, on dit que le matériel est en période finale de maturité.
- Le taux de défaillance λ est croissant, et montre bien que l'organe étudié subit une défaillance accélérée, ce qui est confirmé par le paramètre de forme ($\beta=1.0094$). Ceci nécessite au service de maintenance de prévoir un plan préventif concernant l'organe critique pour améliorer la production au niveau de l'atelier de broyage cru (12p008) qui fonctionne actuellement en difficulté.
- La valeur de MTBF est autour de 3371.11 heures.

On déduit que l'organe critique a subi une défaillance en période de maturité, ce qui impose au service maintenance de suivre la dégradation de cet élément en appliquant une maintenance préventive. On recommande au service maintenance de revoir le type du matériau de cet organe et de revoir sa conception.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Le complexe de Beni-saf « SCIBS », de part son importance stratégique dans le secteur de la construction du ciment dans la région, il est toujours en quête d'amélioration de ses performances, aussi bien dans le cas de la production que dans le cas de la sécurité.

Pendant toute la durée de notre projet, on a essayé d'approcher tous les organes principaux du convoyeur à bandes et de leurs aspects techniques au niveau de la chaîne de production. D'après notre étude nous avons confirmé que la charge appliquée sur le convoyeur est concordance à la puissance du moteur de commande, mais le problème reste posé pour le convoyeur en cas de surcharge ou de sa cadence élevée. Ceci nous a conduits à vérifier la capacité d'utilisation du convoyeur dans la chaîne de production et sa maintenance.

Concernant la gestion de la maintenance de ce convoyeur, nous avons utilisé quelques méthodes et outils de la maintenance et de la fiabilité, tel que Pareto et AMDEC, par une analyse des défaillances au sein du complexe. Pour vérifier les aspects de la fiabilité nous avons appliqué le modèle de Weibull qui a servie par la suite à la détermination des fonctions de dégradation. Cette étape nous a conduits à déterminer la défaillance du convoyeur par son organe critique qui est le tapis, servis pour le transport de la matière brut au niveau du broyeur. Cet organe subit beaucoup de tension, de cadence et de frottement, ce qui dégradé sa fonction de fiabilité dans sa zone de maturité.

Enfin, on a déduit que le convoyeur défaillant influe directement sur les couts de la maintenance par la dégradation de son tapis qui demande une révision de sa qualité de son matériau, on propose au service production et de la maintenance l'application d'un tapis bien adapté à la cadence de la production pour vaincre les surcharges et les contraintes au niveau du complexe qui sont très élevées.

**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

Références Bibliographiques :

- [1] J. Bufferne, fiabiliser les équipements industriels, édition Eyrolles, 2008.
- [2] Thèse doctorat : A. BELHAMRA, Amélioration des conditions d'exploitation des convoyeurs à bande, université d'ANNABA, 2015.
- [4] CRTA, la méthodologie AMDEC, novembre 2004.
- [5] G. Mohamed, étude d'un convoyeur à band, 1997.
- [6] A.Feraille, catalogue technique contact, 2015.
- [7] L.Melco, Informations techniques pour l'étude et la conception des convoyeurs à bande, Rulmeca, FRANCE, 1962.
- [8] PHB SAMORAL (manutention-études-réalisation industrielles), 1984.
- [9] Manuelle de la cimenterie de Beni-saf (S.C.B.S) ,1994.
- [10] KLEBER-COLOMB, méthode de calcul, (FRANCE),1970.
- [11] J. Foucher, pratique de L'AMDEC, édition Dunod, Paris, 2004.
- [12] J.Téboul, la dynamique qualité. Paris: Editions d'organisation, 1990.
- [13] H. BREIDENBACH, Conveyor Belt Technique Design and Calculation, NETHERLANDS, 1983.

WÉBOGRAPHIES

- [3] [Http://www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
 - [14] [Http://www. directindustry.fr](http://www.directindustry.fr)
 - [15] [Http://www.brcspa.com](http://www.brcspa.com)
 - [16] [Http:// www.scibs-dz.com](http://www.scibs-dz.com)
-