

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté de Technologie



MÉMOIRE DE MASTER EN SCIENCES
Présentée pour l'obtention du grade **MASTER ACADIMIQUE**
En : **Génie Mécanique**
Spécialité : **Construction mécanique**

Par : M. NOUIBAT Khalil
M. ARSLANE Mohamed

Thème

*Étude d'un convoyeur à bande : cas de la
Cimenterie LAFARGE Hammam Dalaa
(M'sila)*

Soutenue publiquement, le 25 / 06 / 2019/, devant le jury composé de:

| | | | |
|-----------------------|-----|----------------------|-----------|
| M. ROUABHI Youcef | MCB | Université de M'sila | Encadreur |
| M. SEBHI Ammar | MCA | Université de M'sila | Président |
| M. DEBIH Ali | MCB | Université de M'sila | Examineur |
| M. EL HADI Abdelmalek | MCB | Université de M'sila | Examineur |

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

En terme de rédaction de cette thèse, nous remercions à tout instant notre dieu qui a toujours éclairé notre vie par le savoir, et nous a guidé dans le bon chemin.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre reconnaissance et nos sincères remerciements : à nos encadreurs : Mr .ROUABHI Youcef pour avoir bien nous guider et nous conseiller durant notre préparation du mémoire.

Nous remercions aussi les ingénieurs et les techniciens de LAFARGE de M'sila en particulier Mr. MKAIDECH Abdelkader.

Nous tenons à remercier aussi les membres de jury qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail

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

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à : Ma chère mère et mon cher père et mes frères et mes sœurs que dieu les protège.

A mes amies qui ont fait avec moi le passage universitaire et nos souvenirs inoubliables.

*Tous les enseignants qui m'ont aidé, et les étudiants de Génie Mécanique, surtout les étudiants de **2eme** année Master Promotion (2018-2019).*

NOUIBAT. Khalil

Dédicace

Je dédie ce travail à

*A mes chers parents, que je leurs doit tout l'amour de la
vie.*

A mes frères et sœur.

A mes oncles et toutes leurs familles.

*A mes amis qui ont fait de mon passage à l'université des
souvenirs inoubliables.*

Résumé

Notre travail porte sur l'étude et l'analyse du convoyeur à bande se trouvant à la cimenterie LAFARGE de Hammam Dalaa M'sila. Ce convoyeur est considéré comme la pièce maitresse de la chaîne de production du ciment. La cimenterie est composée de plusieurs équipements importants, dont le convoyeur (BC-020) qui est étudié dans notre projet de fin d'études.

Le but de ce projet est axé sur l'étude mécanique et l'analyse structurelle, constrictive et de la dynamique du convoyeur (BC-020). Pour réduire les temps d'arrêt de production dû aux pannes de ces équipements. Afin de sortir un ensemble des actions correctives, et élaboration des plans de maintenances et de suivi. Enfin, ce projet nous permet une meilleure compréhension de fonctionnement de ce type d'équipement.

Mots clés : Convoyeur à bandes, cimenterie, analyse structurelle, dynamique, maintenance.

ملخص:

يرتكز عملنا هذا على دراسة وتحليل الحزام الناقل الموجود على مستوى مؤسسة صناعة الاسمنت لافارج بحمام الضلعة بالمسيلة, يعتبر هذا الحزام كقطعة اساسية في انتاج الاسمنت, يحتوي مصنع الاسمنت على العديد من المعدات الهامة من بينها الناقل (BC-020) المراد دراسته في مشروع نهاية دراستنا.

الهدف من هذا المشروع يتمحور حول الدراسة الميكانيكية وتحليل البنية الانشائية والدراسة الديناميكية للناقل (BC-020) لتقليل من وقت توقف الانتاج بسبب الاعطاب التي تصيب أعتاد, من اجل الخروج بالعديد من الاجراءات التصحيحية وتطوير برامج الصيانة والمراقبة. وفي نهاية يتيح لنا هذا المشروع فهم افضل لطريقة عمل هذه المعدات.

كلمات مفتاحية : الحزام الناقل, مصنع للأسمنت التحليل الهيكلي, ديناميكية, صيانة.

Abstract:

Our work focuses on the study and analysis of the belt conveyor at the LAFARGE cement factory in Hammam Dalaa M'sila. This conveyor is considered the centerpiece of the cement production line. The cement factory is composed of several important equipments, including the conveyor (BC-020) which is studied in our project of end of studies.

The purpose of this project is focused on mechanical study and structural, constrictive and dynamics analysis of conveyor (BC-020). To reduce production downtime due to equipment failures, to pull out a set of corrective actions, and development of maintenance and follow-up plans, Finally, this project allows us a better understanding of the operation of this type of equipment.

Key words: Belt conveyor, cement plant, structural analysis, dynamics, maintenance.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Remerciements | |
| Dédicace | |
| Résumé | |
| Introduction générale | 1 |
| CHAPITER I Généralités sur les convoyeurs | |
| I. Introduction | 3 |
| I.2 Présentation de l'entreprise | 3 |
| I.2.1 Historique | 4 |
| I.2.2 Situation géographique | 6 |
| I.2.3 Description du processus (activités de l'entreprise)..... | 7 |
| I.2.3.1 Schéma de fabrication du ciment | 7 |
| I.3 Généralités sur les convoyeurs | 9 |
| I.3.1 Bref historique | 9 |
| I.3.2 Définition du convoyeur | 11 |
| I.3.3 Composants du convoyeur et leurs dénominations | 11 |
| I.3.3.1 La bande | 12 |
| I.3.3.2 Les tambours | 12 |
| I.3.3.3 Les rouleaux | 14 |
| I.3.3.4 Dispositifs de tension | 15 |
| I.3.3.5 Trémie | 16 |
| I.3.3.6 Capots pour convoyeurs | 16 |
| I.3.3.7 Le châssis | 17 |
| I.3.3.8 Moto- réducteur | 17 |
| I.3.4 Types de convoyeurs | 18 |
| I.3.4.1 Convoyeur à bande | 18 |
| I.3.4.1.1 Convoyeur à bandes métalliques | 19 |
| I.3.4.1.2 Convoyeur à bandes textiles | 20 |
| I.3.4.2 Convoyeur à raclette | 21 |
| I.3.4.3 Convoyeur à magnétique | 21 |
| I.3.4.4 Convoyeur à chaîne | 22 |
| I.3.4.5 Convoyeur à rouleaux | 23 |
| I.4 Application exigeant des convoyeurs | 24 |

| | | |
|---|---|-----------|
| I.5 | Problématique | 25 |
| I.6 | Conclusion | 25 |
| | | |
| CHAPITRE II Paramètres technologiques du convoyeur à bande | | |
| | | |
| II.1 | Introduction | 26 |
| II.2 | Analyse structurale et constructive du convoyeur à bande de LAFARGE HAMMAM DALAA | 26 |
| II.2.1 | Sélection de zone stratégique | 26 |
| II.2.2 | Bande | 27 |
| II.2.3 | Rouleaux | 29 |
| II.2.4 | Châssis | 30 |
| II.2.5 | Tambours | 31 |
| II.2.6 | Dispositifs de tension | 32 |
| II.2.7 | Éléments mobiles de transmission d'énergie | 33 |
| II.2.8 | Système de chargement | 34 |
| II.2.9 | Système de déchargement | 35 |
| II.2.10 | Capots pour convoyeurs | 35 |
| II.3 | Statistiques et analyses des défaillances et leurs effets sur les convoyeurs à bande | 36 |
| II.4 | Causes de la rupture de la bande transporteuse | 40 |
| II.5 | Résistances aux mouvements d'un transporteur à bande | 43 |
| II.5.1 | Introduction | 43 |
| II.5.2 | Résistances principales F_H | 44 |
| II.5.3 | Résistances secondaires F_N | 45 |
| II.5.4 | Résistances principales spéciales F_{S1} | 45 |
| II.5.5 | Résistances secondaires spéciales F_{S2} | 45 |
| II.5.6 | Résistance due à l'inclinaison F_{St} | 46 |
| II.6 | Transmission de la force de traction à la bande | 46 |
| II.6.1 | Théorie de la transmission de l'effort de traction par tambour moteur | 46 |
| II.7 | Détermination des caractéristiques du convoyeur | 48 |
| II.7.1 | Calcul du nombre de tours du réducteur du convoyeur | 48 |
| II.7.2 | Calcul de la vitesse de la chaîne du convoyeur | 49 |

| | |
|---|----|
| II.7.3 Vitesse de bande | 49 |
| II.7.4 La charge transportée (capacité transporté) | 50 |
| II.7.5 Calcul de la longueur de la chaine du convoyeur | 50 |
| II.7.6 puissance du moteur d'entraînement du convoyeur P_{tr} | 51 |
| II 7.6.1 puissance nécessaire P (kW) | 51 |
| II.8 Conclusion | 52 |

CHAPITRE III Optimisation et vérification des paramètres du convoyeur à bande BC-020

| | |
|---|----|
| III.1 Introduction | 53 |
| III.2 Optimisation des convoyeurs | 53 |
| III.3 Critères d'optimisation | 54 |
| III.3.1 Critères de sélection de la bande | 54 |
| III.3.2 Tambours | 55 |
| III.3.3 Rouleaux | 57 |
| III.4 Zone de Transition | 59 |
| III.5 Vérification de la capacité de charge du convoyeur à band | 59 |
| III.5.1 Démarche effectuée | 59 |
| III.5.1.1 Largeur de la bande | 59 |
| III.5.1.2 Vitesse de la bande | 60 |
| III.5.1.3 Capacité de charge | 60 |

CHAPITRE IV Maintenance et sécurité du convoyeur à bande

| | |
|--|----|
| IV.1 Introduction | 62 |
| IV.2 La maintenance | 62 |
| IV.2.1 Dispositifs de nettoyage de la bande (décharge) | 62 |
| IV.3 Recommandations de la sécurité des convoyeurs à bande | 64 |
| IV.3.1 Transporteurs à contre poids | 65 |
| IV.3.2 Groupes de commande | 65 |
| IV.3.3 Sécurités des transporteurs | 65 |
| IV.3.3.1 Arrêt d'urgence | 65 |
| IV.3.3.2 Contrôleur de rotation | 67 |
| IV.3.3.3 Déport bandes | 67 |
| IV.3.3.4 Carters de protection | 67 |

| | |
|---|-----------|
| IV.3.4 Mesures de sécurité à l'entreprise | 69 |
| IV.3.5 Risques liés au convoyeur à bande | 70 |
| IV.3.5.1 Les règles d'utilisation des convoyeurs | 70 |
| IV.3.6 Conclusion | 73 |
| Conclusion générale | 74 |
| Références bibliographiques..... | 76 |
| Annexe | 80 |

Introduction générale

Introduction générale

Le développement prodigieux de l'exploitation à découvert, notamment les produits miniers, nécessite la recherche de nouvelle solution au transport des matières premières. Par le passé, l'exploitation à découverte a été étroitement liée au transport par rails et par camions qui à l'époque donnait des résultats techniques et économiques suffisants grâce au perfectionnement continu du parc des voitures et de l'organisation du travail.

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) [1].

Le mode d'acheminement intermittent par rails ou camions n'a pu résister longtemps à la forte pression tendant à l'augmentation considérable du volume des exploitations, notamment lorsque la mise en œuvre d'un puissant matériel impose obligatoirement la modification du mode d'évacuation du produit.

Comme moyen complémentaire de mécanisation idéale s'est révélée la bande transporteuse en caoutchouc qui est à même de devenir partenaire économique très puissant par son mode de travail (évacuation continue de produit) que par la possibilité d'atteindre la plus haute capacité désirée. Ceci prouve également le fait qu'au transport par brouettage (rails – camions) le matériel produit fonctionnant sans relâche n'était exploité qu'à 50% au maximum [2].

L'introduction des bandes transporteuses a permis de relever l'exploitation du matériel d'environ 80 à 85%. Le côté économique du transport par bande pour lequel on doit préférer ce dernier au transport par rails et par camions est influencé principalement par les facteurs suivants [3]:

- a- Quantité de matières transportées du chantier.
- b- Profondeur du chantier (cas des mines souterraines).
- c- Distance de déplacement.
- d- Mode d'extraction.

D'après POTAPOV. M. G et A. S. SKOTCHINSKI de l'institut des mines de MOSCOU pour les mêmes conditions d'exploitation et tenant compte de l'influence des deux premiers facteurs il ressort que le convoyeur à bande est le mieux adapté du point de vue économique.

D'après l'étude comparative, le transport par camions et par bande transporteuse faite par REI (PRESA entreprise italienne) [4] il ressort que pour le même tonnage annuel, on économise jusqu'à 60% par rapport aux camions.

Durant notre stage au niveau de la cimenterie LAFARGE Hammam Dalaa, nous avons assisté à l'extraction du ciment brut des gisements miniers ou il sera transporté par des convoyeurs à bandes vers le broyeur, par la suite stocké dans des silos.

Notre travail s'articulera autour de plusieurs volets principaux : après une recherche bibliographique sur les types de convoyeurs et leurs caractéristiques. La détermination des principaux paramètres des convoyeurs, l'analyse et le calcul cinématique de l'ensemble élément du convoyeur, la sélection du type de bande en fonction de l'effort de traction et l'élaboration d'un plan de la maintenance et de la sécurité de tout le système, afin de rationaliser le fonctionnement du convoyeur.

CHAPITRE I

Généralité sur les convoyeurs

I. Introduction

Les systèmes de manutention de produits en vrac sont liés à un processus de transport continu ou discontinu. Le système discontinu a été jusqu'au début du vingtième siècle le seul moyen de transport des matériaux sur les grandes distances.

Avec l'apparition des systèmes de transport continu, la manutention discontinue est entrée dans sa phase d'hypertrophie, car les convoyeurs à bandes transporteurs ne sont handicapés par aucun problème de chargement, d'accélération, de freinage ou de déchargement.

Pourtant, ce moyen moderne de transport des produits en vrac, malgré sa fiabilité et son économie a eu des difficultés à s'imposer sur le marché des transports fortement dominé, à l'époque, par le marketing des constructeurs de camions.

Le domaine de prédilection du convoyeur à bande est le transport de tous les matériaux en général notamment, les minerais, et ce dans tous les secteurs industriels. Nous trouvons également des convoyeurs à bande pour le transport des charges isolées telles que (les sacs, cartons, caisses).

Le développement technologique considérable des bandes transporteuses à armature textile et des nouveaux moyens mécaniques d'entraînement, positionne très fréquemment aujourd'hui le convoyeur comme un rival direct du camion, du chemin de fer [5].

I.2 Présentation de l'entreprise

Lafarge c'est une société française privée, elle est l'unique actionnaire de la cimenterie algérienne, cette société est considérée comme l'un des premiers groupes mondiaux dans le secteur de la production de matériaux de construction, actuellement elle se trouve dans 150 pays et elle possède trois usines de ciment en Algérie [6].

L'investissement de la société en Algérie dans la première phase était d'installer une ligne de production avec une capacité équivalente de 2 millions de tonnes de ciment annuellement estimé à 260 millions d'euros.

Ultérieurement arriva la deuxième phase, axée sur la mise en place de la deuxième ligne de production de 2 millions de tonnes pour atteindre l'objectif d'une capacité de

production équivalente de 4 millions de tonnes par an avec un coût d'investissement estimé à 190 millions d'euros [7].



Fig. I.1 Cimenterie Lafarge de Hammam Dalaa à M'sila [7]

I.2.1 Historique

C'est en Ardèche, en 1833, que naît l'activité du cimentier Lafarge, après la reprise par son fondateur, Joseph-Auguste Pavin de Lafarge, du Pavin de Lafarge, une activité familiale lancée en 1749, dont l'usine de fours à chaux exploite une carrière de pierre à chaux dans la montagne Saint-Victor, dominant le Rhône entre Le Teil et Viviers [7].

Dès 1864, le site livre 110 000 tonnes de chaux pour le canal de Suez. C'est le premier chantier d'envergure internationale pour l'entreprise. En 1919, l'activité est transformée en société anonyme sous le nom de « Société anonyme des chaux et ciments de Lafarge et du Teil » et dès 1939 Lafarge devient le premier cimentier français et progressivement l'un des leaders mondiaux [7].

Lafarge étend son réseau sur trois territoires (dix usines en France, une implantation en Afrique du Nord et une filiale en Angleterre, la « Lafarge Aluminons Cément » en 1926. La société y pratique un « paternalisme théocratique ».

Pendant la Seconde Guerre mondiale, les usines dans la zone occupée pratiquent une collaboration neutre ou tactique alors que certains dirigeants d'usines dans la zone libre (où Lafarge a replié son siège social à Viviers) collaborent avec zèle pour la construction du Mur de l'Atlantique.

À la libération, le Comité départemental de libération de l'Ardèche préconise sa mise sous séquestre, qui est effective de septembre 1944 à avril 1947 et va de pair avec une autogestion ouvrière.

Robert Lacoste, ministre à la Production industrielle dans le gouvernement provisoire du général de Gaulle, appuie le recours en Conseil d'État contre le séquestre. L'arrêt du 28 mars 1947 lève la séquestration, et des projets de loi de nationalisation n'aboutissent pas.

En 1980, la fusion avec l'entreprise belge Coppée donne naissance au Groupe Lafarge Coppée et en 1997, elle acquiert le Britannique Redland ce qui permet à Lafarge d'entrer dans le marché des tuiles.

Le 12 juillet 2001, l'acquisition du groupe britannique Blue Circle Industries Plc (BCI) permet à Lafarge de devenir le premier producteur mondial de ciment. Pour financer cet achat.

Lafarge revend sous forme de LBO (laboratoire de bromatologie ouest) l'essentiel de sa branche de matériaux de spécialités, rebaptisée Materais, ainsi que la totalité de ses actifs chaux (Lafarge Chaux), basées aux États-Unis et en Europe.

Le 29 juin 2004, Lafarge décide de doubler la capacité de sa cimenterie de Dujiangyan, en Chine, pour la porter à 2,4 millions de tonnes, et signe un accord de partenariat avec Shui on Construction Matériels Limited (SOCAM), cimentier chinois coté à la bourse de Hong Kong [8].

En 2007, Lafarge SA annonce le rachat d'Orascom Ciment, la division-ciment du groupe égyptien Orascom, pour 8,8 milliards d'euros, mais est condamné, la même année, avec la société Vicat pour entente illégale et abus de position dominante collective sur le marché de gros de l'approvisionnement de la Corse en ciment.

Le 2 juillet 2008, Lafarge Couverture devient Monier après la cession de l'activité Toiture à PAI Partner et le 19 août 2008, dans le cadre du plan de nationalisation de l'industrie du ciment, du président vénézuélien, Hugo Chavez, Lafarge conclut un accord de cession de ses filiales vénézuéliennes.

Le 28 juillet 2009, dans le cadre du plan global de désinvestissements du Groupe, Lafarge annonce la cession de ses actifs-Ciments et Granulats & Bétons au Chili (Lafarge Chile SA et Inmobiliaria San Patricio ainsi que la cimenterie de la calera) au groupe péruvien Brescia, pour une valeur de 555 millions de dollars US. En 2010, Lafarge renforce ses positions au Brésil (accord avec Votorantim) et en Europe centrale (avec STRABAG).

En 2011, le groupe inaugure trois usines en Hongrie, Syrie et Nigeria et crée une coentreprise avec Anglo American au Royaume-Uni. Il cède la majorité de ses activités plâtre en Europe, en Amérique du Sud, en Asie et en Australie. Il possédait plus de soixante-dix sites de production dans trente pays.

Fin 2011, pour accélérer son développement, Lafarge présente un projet de nouvelle organisation tournée vers ses marchés et ses clients.

I.2.1.1 Fusion avec Holcim

Le 7 avril 2014, Lafarge et le groupe suisse Holcim annoncent un projet de fusion entre les nos 1 et 2 du ciment. La nouvelle entité sera basée en Suisse. En février 2015, Cément Road stone Holdings (CRH) acquiert les actifs de Lafarge et de Holcim dans le cadre de leur fusion, pour un total de 7,34 milliards de dollars.

En mars 2015, Lafarge annonce l'acquisition des 45 % qu'il ne détient pas dans Lafarge Shui on Cément pour 294 millions d'euros. Cette offre de rachat est conditionnée au succès de sa fusion avec Holcim. En juin 2015, Lafarge acquiert les 14 % de participations qu'il ne détenait pas dans Lafarge India, pour 304 millions de dollars [9].

Le 10 juillet 2015 a lieu la fusion de Lafarge et Holcim. Le nouveau groupe est lancé officiellement le 15 juillet 2015 et prend le nom de Lafarge Holcim. En août 2016, suite à la restructuration de la cimenterie de Saint Victor d'Ymonville,

I.2.2 Situation géographique

La société LOafarge de Hammam Dalaa situé à M'sila reliée à l'ouest de la route nationale n° 60, et à l'est de la route nationale n° 45 reliant à Bordj Bou Arreridj et environ 260 km de la capitale, et à 120 kilomètres de la province de Bejaïa, ce positionnement donne à l'usine une bonne position géographique par apport au trafic commerciale, voir la figure I.2.

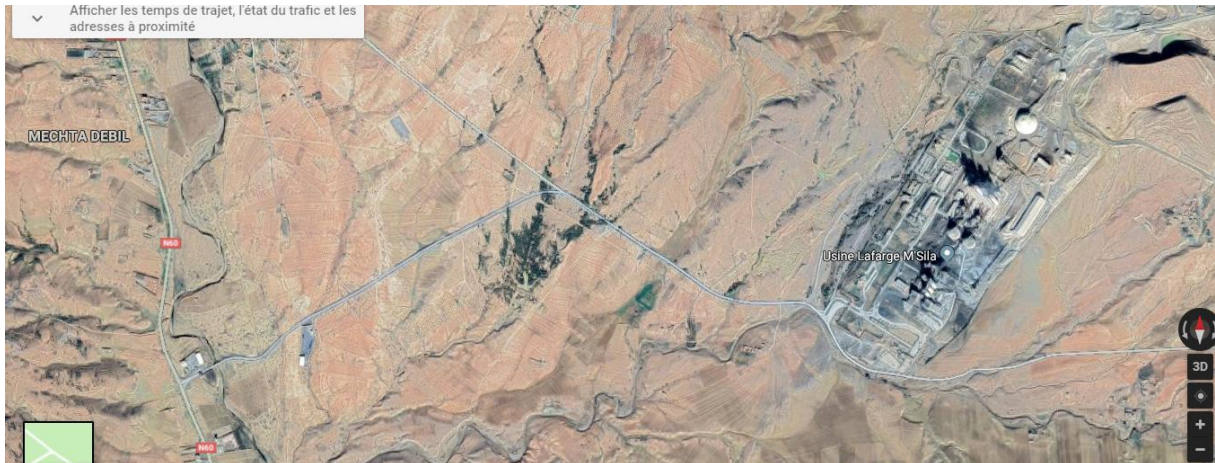


Fig. I.2 Position géographique de LAFARGE M'sila [9]

I.2.3 Description du processus (activités de l'entreprise)

En janvier 2008, Lafarge acquiert l'activité cimentière du groupe égyptien Orascom (Orascom Building Materials Holding S.A.E), qui lui apporte une position de leader au Moyen-Orient et en Afrique.

Lafarge Algérie est le 2^{ème} producteur de matériaux de construction à travers ses activités « ciment, granulats, béton et plâtre ». Lafarge Algérie possède 2 cimenteries) M'sila et Oggaz) avec une capacité totale de production de 8,6 MT/an et gère en partenariat avec le GICA, la cimenterie de Meftah 1 MT/an. Une nouvelle cimenterie en partenariat à Biskra [10].

I.2.3.1 Schéma de fabrication du ciment

Le convoyeur à bandes de la cimenterie Lafarge de Hammam Dalaa est installé pour transporter le calcaire et l'argile à partir de deux gisements. Le Processus de fabrication du ciment se produit par les étapes suivant [11] :

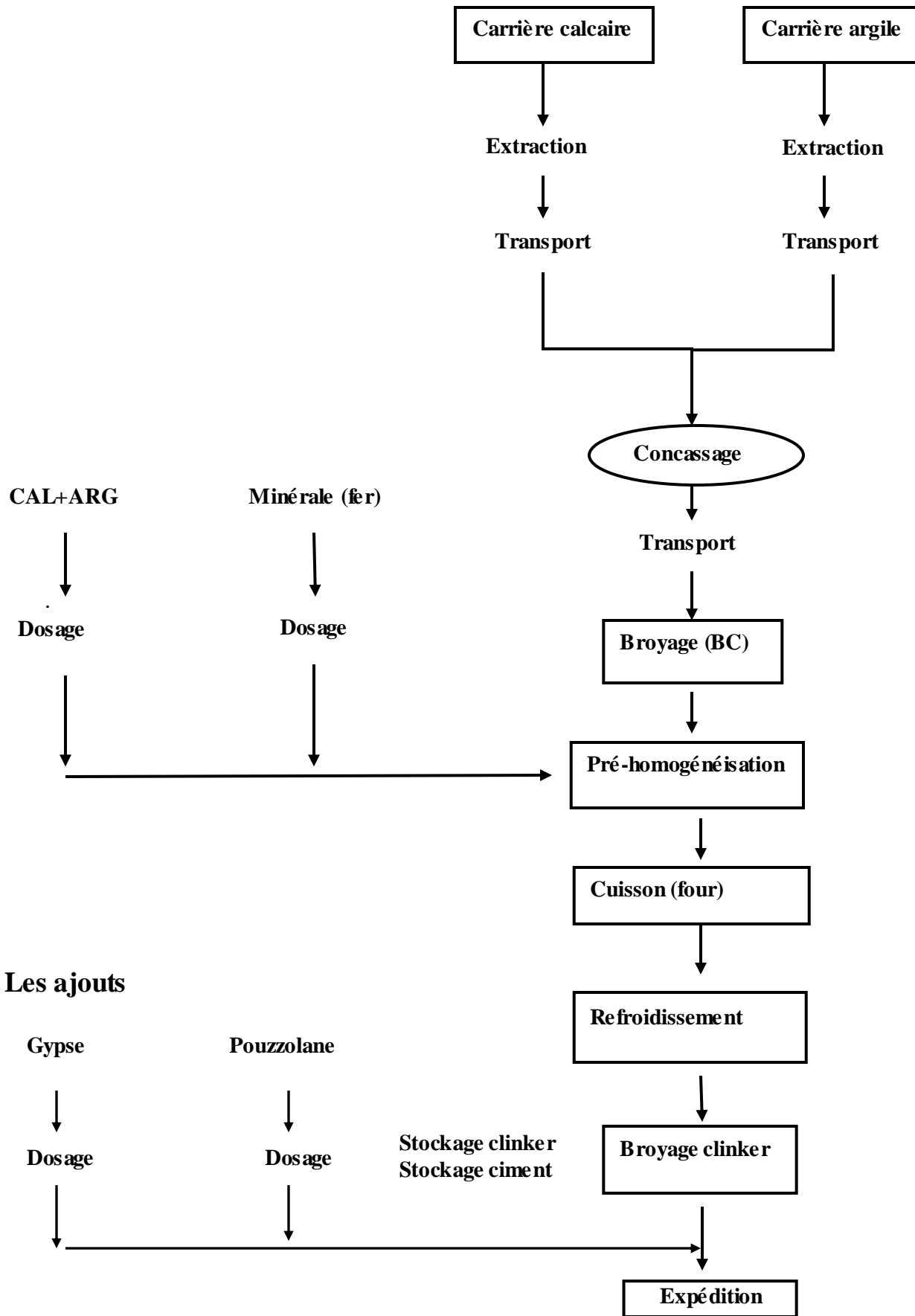


Fig. I.3 Schéma de fabrication du ciment [11].

I.3 Généralités sur les convoyeurs

Généralement un convoyeur est un mécanisme composé de plusieurs éléments dont le but de transporter une charge isolée (cartons, bacs, sacs ...) ou de produit en vrac (terre, poudre, aliments...) d'un point A à un point B.

I.3.1 Bref historique

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

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 offrit un domaine d'application plus large [12].

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

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 14,930 km [13,14,15].

Actuellement, les convoyeurs à bande sont considérés comme un moyen essentiel du transport continu dans les entreprises minières et industrielles, le taux de convoyeurisation [16] 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 [17].

Pour l'année 1980, à lui seul l'ex-URSS a évacué 200 millions de roches tendres par l'intermédiaire d'une chaîne de convoyeurs de 10 kilomètres répartie sur vingt et une carrières et une chaîne de 3000 kilomètres dans des mines souterraines [18,19].

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

Tableau I.1 Transporteurs de grand franchissement [19]

| Pays | Longueur (m) | Dénivelée (m) | Puissance (ch) | produite | 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 |

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

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

I.3.2 Définition du convoyeur

Le convoyeur est un système de manutention automatique qui permet de déplacer des produits finis ou bruts d'un poste à un autre par le mécanisme de transmission de puissance. Cette dernière est transmise d'un arbre moteur vers un ou plusieurs arbres récepteurs par l'intermédiaire de courroies ou de chaînes.

Le produit ou la marchandise étant placés sur une bande ou sur une tôle se déplacent d'une manière uniforme dans un circuit fermé. La vitesse de déplacement est relative à la vitesse de rotation du moteur et peut être réduite ou augmentée selon la volonté de l'opérateur en tenant compte de quelques paramètres tels que la productivité et la cadence de production [5].

I.3.3 Composants du convoyeur et leurs dénominations

Le schéma ci-dessous indique les principaux éléments du convoyeur à bande [20].

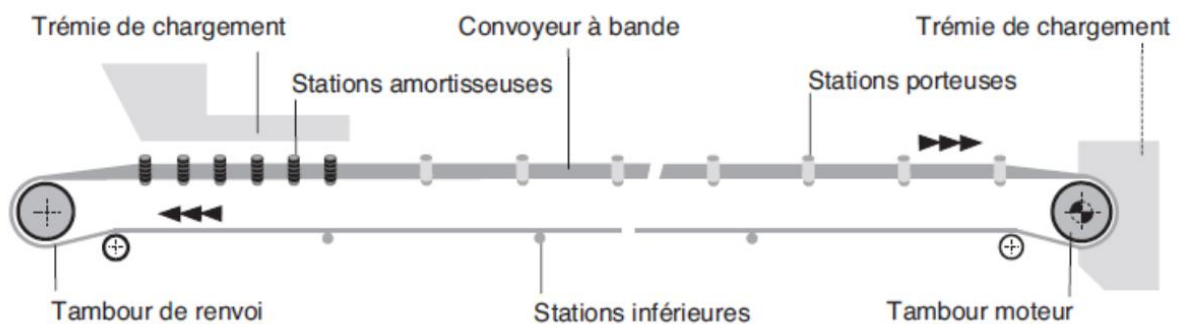


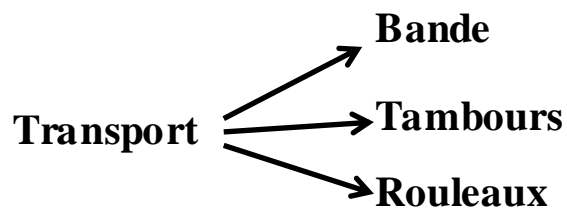
Fig. I.4 Schéma de principe d'un convoyeur à bande [20]

I.3.3.1 La bande

La bande transporte la matière première de la queue jusqu'à la tête du convoyeur. Elle se présente sous deux formes principales, plates et en auges, toute bande comporte deux faces.

- La face externe, qui est en contact avec les matériaux transportés.
- La face interne, qui est en contact avec les rouleaux ou les tambours [20].

Les principaux éléments d'un convoyeur sont :



I.3.3.2 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 [21]. La figure I.5 représente les différents tambours ainsi que les différents composants d'un convoyeur :

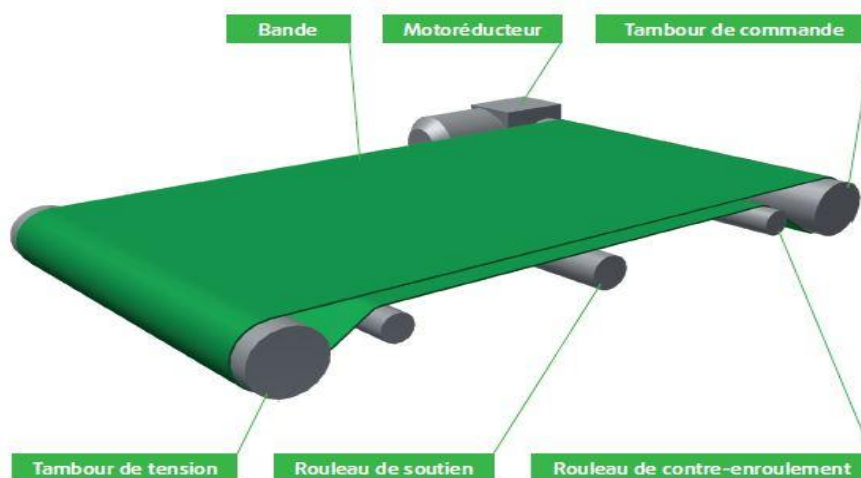


Fig. I.5 Composants des tambours [21]



Fig. I.6 Tambour [21]

I.3.3.2.1 Tambour de commande

La surface du tambour de commande peut être laissée en finition normale ou avoir un revêtement de caoutchouc dont l'épaisseur est calculée en fonction de la puissance à transmettre [20].

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

I.3.3.2.2 Tambour de renvoi

La surface du carter n'a pas nécessairement besoin d'être munie d'un revêtement, sauf dans certains cas [21]. Le diamètre est normalement inférieur à celui qui est prévu pour le tambour de commande.

I.3.3.2.3 Tambours de contrainte

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



Fig. I.7 Tambours de contrainte [21]

I.3.3.3 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 fondamental de les dimensionner correctement pour garantir les performances de l'installation et l'exploitation économique [21].

I.3.3.3.1 Stations porteuses en auge

Les rouleaux porteurs sont généralement fixés sur des pattes de fixation soudées à une traverse ou un support. L'angle d'inclinaison des rouleaux latéraux varie entre 20° et 45° . [21].



Fig. I.8 Fixation des rouleaux sur la station-support [21]

I.3.3.3.2 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° , suivant la figure I.9 [21].



Fig. I.9 Rouleaux porteurs inférieurs [21]

I.3.3.4 Dispositifs de tension

L'effort nécessaire pour maintenir la bande en contact avec le tambour d'entraînement et l'inclinaison des parois doit être en 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, et autres, ont également une importance pour la conception [21]. 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.

I.3.3.4.1 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 contre poids. Le meilleur effet est normalement obtenu en plaçant le contrepoids à proximité du tambour moteur [21].

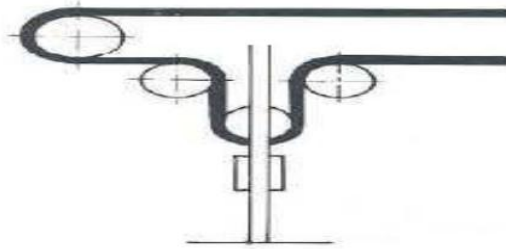


Fig. I.10 Système auto-réglant [21]

I.3.3.4.2 Système de tension fixe

La tension à vis est souvent employée pour les transporteurs de courte longueur à charge modérée, ce système (voir la figure I.11) exige une surveillance constante et un réglage fréquent, principalement lors de la mise en service d'une nouvelle bande [21].

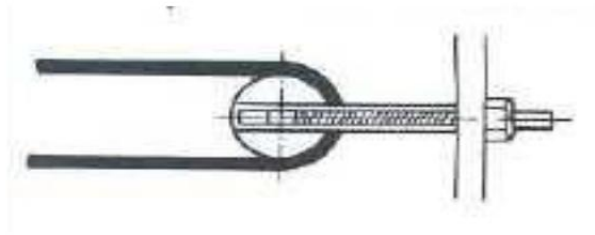


Fig. I.11 Système de tension fixe [21]

I.3.3.5 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 [21].

La trémie est constituée principalement des éléments suivants et conformément la figure I.12 :

- 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

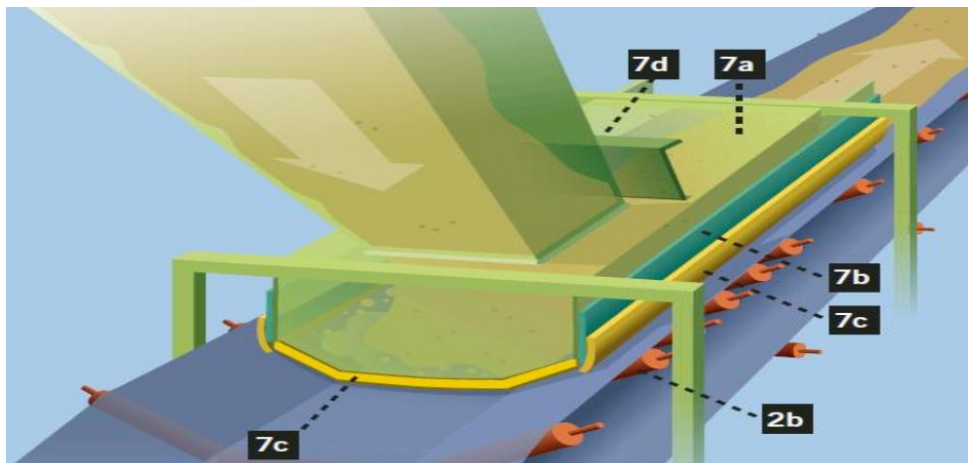


Fig. I.12 Système de chargement [21]

I.3.3.6 Capots pour convoyeurs

Les capots voir la figure I.13, 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.



Fig. I.13 Capot pour convoyeur [21]

I.3.3.7 Le châssis

Le châssis figure I.14 est la partie en métal sur laquelle s'installent les stations support du convoyeur, elle est généralement fixée sur le sol [21].



Fig.I14 Châssis utilisé dans le transport des produits [21]

I.3.3.8 Moto- réducteur

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

bande. Cette solution élimine toutes les complications liées aux transmissions extérieures, couples, etc. [20].

I.3.4 Types de convoyeurs

I.3.4.1 Convoyeur à bande

Les convoyeurs à bande (figure I.15) sont caractérisés par le type de bande transporteuse utilisée (matériaux, texture, épaisseur) et par la position du groupe de motorisation (central ou en extrémité).

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

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

Les convoyeurs à bande modulaire permettent, grâce à leur bande rigide en acétal, d'accumuler des charges (avec frottement entre la bande et les objets transportés). La bande est en fait une chaîne en plastique qui vient s'engrener dans des pignons également en plastique. En matière de maintenance, l'avantage est de ne pas avoir de centrage et de tension de bande à effectuer, contrairement à un convoyeur à bande classique [22].

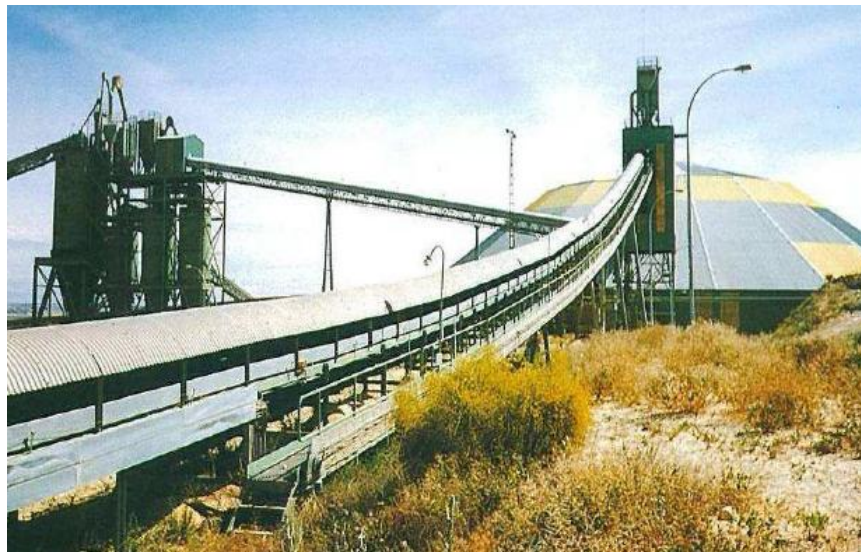


Fig.1.15 Vue générale du convoyeur à bande [22]

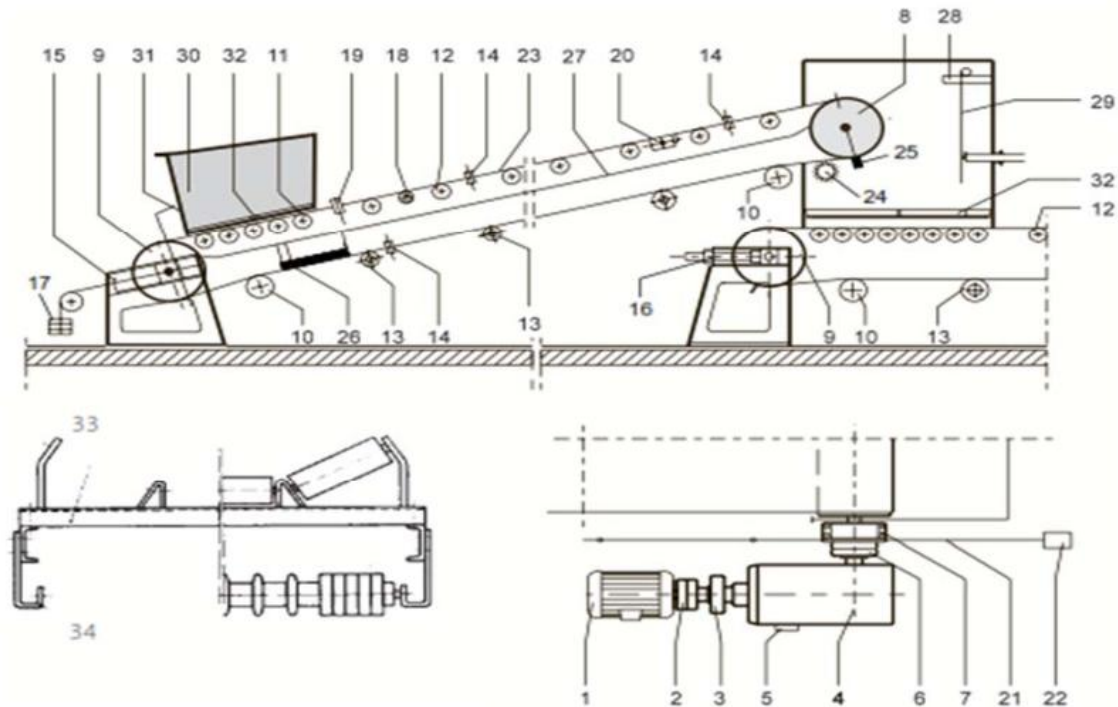


Fig.1.16 Convoyeur à bande [22]

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

I.3.4.1.1 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 [22]. 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.

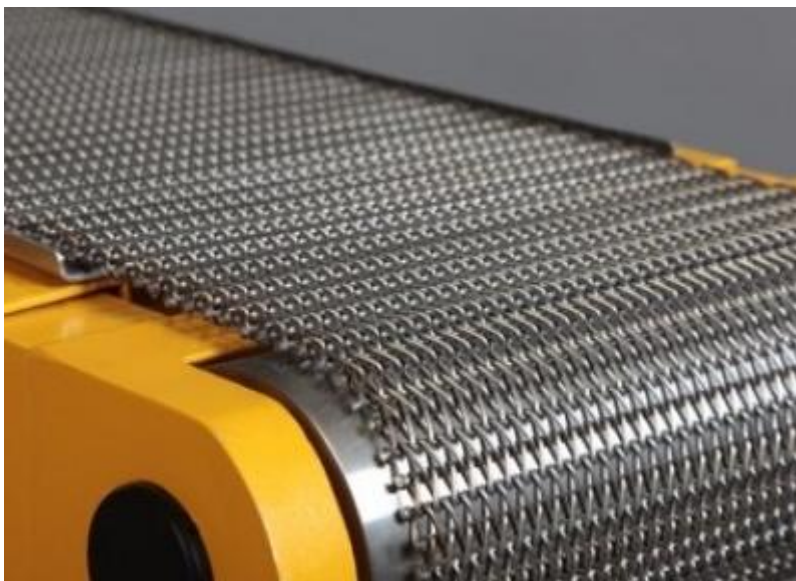


Fig. I.17 Convoyeur à bandes métalliques [22]

I.3.4.1.2 Convoyeur à bandes textiles

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 [22].



Fig.I.18 Convoyeur à bandes textile [22]

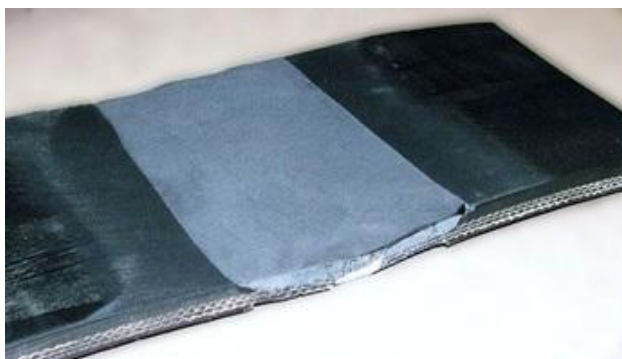


Fig.I.19 Bande en textile [22]

I.3.4.2 Convoyeur à raclette

Le convoyeur à raclette est un engin de transport continu dont l'organe de traction est une chaîne ou deux sans fin portant des raclettes. Lors du déplacement de la chaîne, les raclettes accrochent la matière chargée et la déplacent dans le couloir en tôle dans le sens du mouvement de la chaîne.

Les convoyeurs à raclettes (figure I.20) se composent des éléments suivants [22].

- Tête motrice
- Chaîne de traction
- Raclettes
- Étoile de retour
- Dispositif de tension
- Couloir du convoyeur

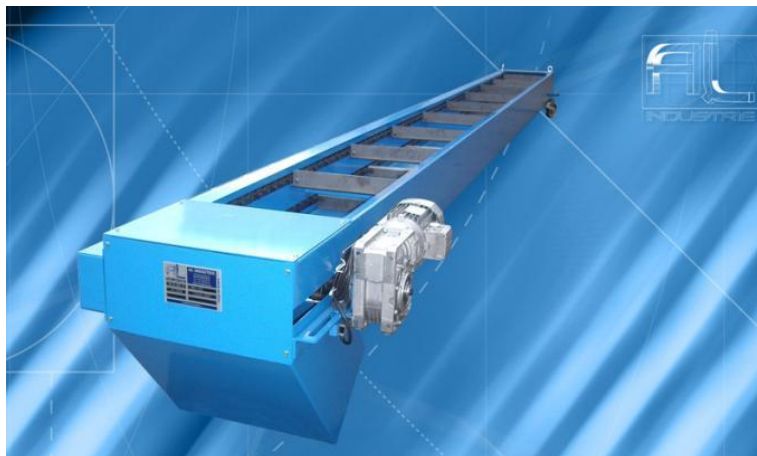


Fig.I20 Convoyeur à raclette [22]

I.3.4.3 Convoyeur à magnétique

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

Les convoyeurs à tambour magnétique permettent la séparation des particules ou déchets métalliques. Souvent employé en fonderie pour extraire les déchets métalliques d'un transporteur de sable après l'opération de décochage [22].

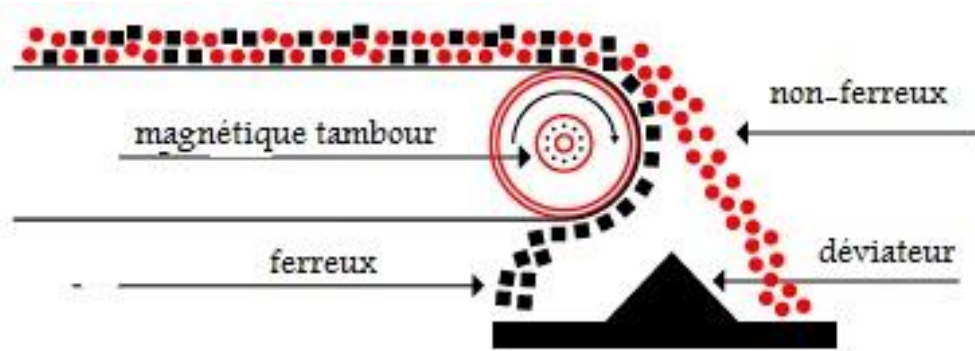


Fig.I.21 Bande magnétique [22]

I.3.4.4 Convoyeur à chaîne

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

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

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

L'accumulation est en général non préconisée. Pour le passage d'un convoyeur à l'autre, il est quelquefois conseillé d'imbriquer les convoyeurs entre eux en variant les entre axes des chaînes. L'entraînement des charges est alors assuré en permanence, y compris durant le transfert [22].



Fig.I.22 Convoyeur à chaîne [22]

I.3.4.5 Convoyeur à rouleaux

Ils sont utilisés pour le transport ou l'accumulation de produits suffisamment longs pour ne pas tomber entre deux rouleaux. Les colis à transporter doivent être également à fond plats et rigides (voir méthode de détermination dans la rubrique Lien externe) [22].

I.3.4.5.1 Convoyeur en courbe

Il existe des convoyeurs à rouleaux coniques pour décrire des courbes à 45, 90 et 180°. La conicité des rouleaux est en effet nécessaire pour appliquer au colis une vitesse linéaire différente en fonction de sa position par rapport au rayon de la courbe.

Une autre méthode plus économique, et appliquée généralement aux convoyeurs à rouleaux libres consiste à réaliser plusieurs voies de rouleaux cylindriques, parallèles entre elles, et permettant la différenciation des vitesses [22].

I.3.4.5.2 Pente des convoyeurs gravitaires

En fonction de la nature de la charge à transporter (c'est-à-dire en fonction de la rigidité de sa face de contact) et de sa masse, la pente nécessaire sera comprise entre 1,5 et 5 % (soit une élévation 1,5 à 5 cm/m de convoyeur) [22].



Fig.I.23 Convoyeur à rouleaux libres [22]



Fig.I.24 Convoyeur à rouleaux conique [22]

I.4 Application exigeant des convoyeurs

Les convoyeurs à bande sont très employés dans l'industrie, les mines et carrières et l'agriculture pour le déplacement, généralement à courte distance, de matériaux plus ou moins pondéreux tels que charbon, minerai, sable, céréales, etc. [22].

Cette technique a des emplois très variés. On la retrouve par exemple sous forme de trottoir roulant pour le déplacement de personnes dans les gares et aéroports, de fonds mobiles de certains véhicules auto-déchargeurs, de tapis roulants aux caisses des hypermarchés ou pour la livraison des bagages dans les aéroports [23].

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

Des mécanismes de convoyeurs à bandes sont utilisés comme composants dans les systèmes de distribution et d'entreposage automatisés. Combinés à des équipements de manutention de palette commandés par ordinateur, ils permettent une distribution plus efficace des produits manufacturés, de détail ou de gros. Ces systèmes permettent de traiter rapidement des volumes de marchandises plus importants tant en réception qu'en expédition, avec des volumes de stockage plus réduits, autorisant d'intéressants gains de productivité aux entreprises [23].

I.5 Problématique

Vu l'activité importante du quai, LAFARGE nécessite un déchargement rapide et efficace de la matière première et l'acheminer jusqu'aux éléments de stockage en se basant sur des convoyeurs à bande.

Pour cela LAFARGE propose d'augmenter le débit de la matière transportée par les convoyeurs et conservant la même bande transporteuse.

Notre étude consiste à déterminer les dimensions des principaux éléments du convoyeur et de déterminer la puissance nécessaire pour le nouveau débit à savoir : Les rouleaux, écartement des stations support supérieures et inférieures, longueur de transition, les tambours, les roulements, le moteur et le réducteur et étudier les organes mécaniques de convoyeur et les chaînes cinématiques et tous les mécanismes consistant le convoyeur.

I.6 Conclusion

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

Cette connaissance, nous permet de connaître le rôle de chaque élément dans ce mécanisme et déterminer le type du convoyeur à bande avec un bon dimensionnement de calcul ; dans le but de nous assurer la longue durée de vie de ses composants et d'éviter les risques et les incidences sur la sécurité de ces derniers.

Elle nous permet aussi d'avoir un bon rendement dans des conditions stables et efficaces et d'assurer un bon environnement de travail.

CHAPITRE II

**Paramètres
technologiques du
convoyeur à bande**

II.1 Introduction

Le choix d'un convoyeur à bande dépend d'une connaissance parfaite des caractéristiques de construction et des forces qui s'exercent sur tous ses composants. Les principaux facteurs qui déterminent le dimensionnement d'un convoyeur à bande sont :

- La nature et le type du produit transporté et ses caractéristiques, telles que granulométrie, densité apparente, propriétés physiques et chimiques.
- Le flux de matière à transporter ou le débit volumique nécessaire qu'il est en vrac ou qu'il se présente sous forme de charges isolées.
- Le parcours (longueur et dénivellation) et le profil du convoyeur ont également leur importance.

Le calcul de la bande transporteuse commence par l'examen de la zone d'alimentation et la détermination des données principales grâce auxquelles on peut caractériser le cas précis d'utilisation [24].

II.2 Analyse structurale et constructive du convoyeur à bande de LAFARGE HAMMAM DALAA

II.2.1 Sélection de zone stratégique

La cimenterie de LAFARGE HAMMAM DALAA est composée de plusieurs zones de différente activité, dans chaque zone il y a des convoyeurs à bandes. Pour la réalisation de notre étude, nous avons choisi le convoyeur à bande référencé (BC-020) qui est situé dans la zone du concasseur vers le halle de stockage.



Fig.II.1 Convoyeur à bande BC-020

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

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

- ❖ Caractéristiques du produit transporté :
 - Mélange (Gypse + roche).
 - Densité de mélange est de $1,32 \text{ gr/cm}^3$
 - Abrasivité.

- ❖ Débit souhaité :
 - Débit massique de mélange $Q_m = 600 \text{ t/h}$

- ❖ Caractéristiques de l'installation :
 - La longueur de la bande $L = 997,210 \text{ m}$
 - La largeur de la bande $B = b = 1,2 \text{ m}$
 - Conditions d'exploitation : Normales
 - Utilisation : 24h/24h

II.2.2 Bande

La bande transporteuse est une courroie sans fin est conçue avec les mêmes techniques acquises pour la fabrication des câbles métalliques, des textiles, des synthétiques et à partir de l'exploitation des différents types de transport [25].

Le type le plus commun dans les usines de cimenterie de LAFARGE est la bande à plis textiles multiples, les dimensions de la bande :

- La longueur de la bande $L = 997,210 \text{ m}$
- La largeur de la bande $b = 1,2 \text{ m}$
- Épaisseur totale de la bande = 12 mm
- Couche supérieure = 6 mm
- Couche inférieure = 2 mm
- Carcasse (âme) = 4 mm
- Résistance à la traction de la bande $EP = 1000$



Fig.II.2 Bande à plis textiles [25]

Avec 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 :

- ✓ Couches supérieure et inférieure
- ✓ Caoutchouc naturel ou Élastomère synthétique
- ✓ But des couches - protéger la "Carcasse", Impact d'Abrasion
- ✓ Couche supérieure typiquement plus épaisse que la couche inférieure
- ✓ Dureté en shore = 55 à 80 HB
- ✓ Carcasse
- ✓ 1 ou plusieurs plis de structure tissée ou câbles d'acier
- ✓ La carcasse de la bande est l'élément de la tension dans une bande de convoyeur
- ✓ Aussi fournit-il la résistance à la déchirure & à l'impact, support de charge, capacité d'attache mécanique.

II.2.3 Rouleaux

Les principales fonctions des rouleaux sont :

- ✓ Supporter la bande (+ matière sur le brin porteur)
- ✓ Guider la bande
- ✓ Longueur des rouleaux porteurs $L = 46,5$ cm
- ✓ Longueur des rouleaux de retour $L = 140,0$ cm

II.2.3.1 Stations porteuses en auge

Il est utilisé pour le transport de marchandises en vrac. La batterie à rouleaux en auge offre une grande capacité, faible risque de perte de matières, et un guidage efficace de la bande avec λ l'angle d'auge [26].



Fig.II.3 Fixation des rouleaux sur la station-support [26]

II.2.3.2 Stations supports inférieures

Il est généralement soutenu par des batteries à rouleaux plats. Dans le cas de transporteurs de grande longueur, il peut être utile d'employer des batteries à deux rouleaux qui facilitent le guidage de la bande.

Pour le transport de matières collantes, on a recours à des rouleaux de retour pourvus de rouleaux de support ou de revêtement en caoutchouc pour réduire l'accumulation des matières dures sur les rouleaux.

Pour tenir compte du guidage de la bande, tant les rouleaux porteurs que les rouleaux de retour ils doivent être réglables dans le sens de course de la bande [26].



Fig. II.4 Rouleaux porteurs inférieurs [26]

II.2.4 Châssis

Le cadre du transporteur est fabriqué à partir de tubes en acier rond. Les poutres et les pieds du cadre sont assemblés à l'aide de pièces de serrage en fer rond elle est généralement fixée sur le sol [27].

Le cadre est fabriqué à partir d'étauçons obliques, ainsi qu'il est indiqué sur le plan de la commande. Les pieds sont fabriqués soit avec une semelle fixe en vue de sa fixation à une fondation en ciment, soit sans semelle en vue de son soudage direct sur le support. Les pieds sans semelle sont fournis avec une longueur excédentaire de 50 mm puisqu'ils doivent être adaptés en conséquence lors du montage.



Fig. II.5 Châssis utilisé dans le transport des produits [27]

II.2.5 Tambours

Leurs fonctions d'entraîner la bande ou l'amener à changer de direction. Celui de contrainte, il ramène le brin entrant ou sortant de la bande en ligne avec le brin de retour ou crée l'angle d'enroulement voulu autour du tambour d'entraînement [26].

Les dimensions des tambours sont :

- Diamètre de tambour moteur $D = 80,0$ cm
- Diamètre de tambour de renvoi $d = 63,0$ cm
- Largeur des tambours = $140,0$ cm



Fig.II.6 Tambours du convoyeur [26]

II.2.5.1 Tambour de commande

Un revêtement caoutchouc est vulcanisé sur le tambour pour accroître la friction entre bande et tambour et pour transmettre la puissance d'entraînement de la bande et pour empêcher les incrustations de matière [27], avec le diamètre du tambour moteur $D = 80,0$ cm.

II.2.5.2 Tambours de renvoi

C'est le tambour en fin de convoyeur, il renvoie la bande vers le brin de retour (peut aussi être un tambour d'entraînement) [28], diamètre de tambour de renvoi $d = 63,0$ cm.

II.2.5.3 Tambours d'inflexion

Ils sont utilisés pour augmenter le degré d'enroulement de la bande au tambour de commande afin d'augmenter le frottement [28], le diamètre de tambour de contrainte $D_1 = 50$ cm.

II.2.6 Dispositifs de tension

Celui-ci a pour fonction de réaliser une précontrainte à bande, qui assure :

- L'entraînement de la bande par le tambour moteur dans toutes les conditions d'utilisation.
- La réduction de la flexion de bande entre les rouleaux porteurs et les rouleaux de retour [26].

II.2.6.1 Tourelle pour contre poids avec treuil (Système auto-régulant de tension)

La bande transporteuse est munie d'une station de tension horizontale installée soit à l'extrême arrière au niveau de la station de renvoi ou alors faisant partie intégrante de la partie inférieure de la bande.

- La station de tension est maintenue tendue grâce à un câble à contrepoids (A).
- Le contrepoids (C) est suspendu dans une tourelle (B) à côté de la courroie transporteuse.
- La tourelle est construite en profilés, la partie haute étant munie d'une rangée de poulies à gorges (E) [27].

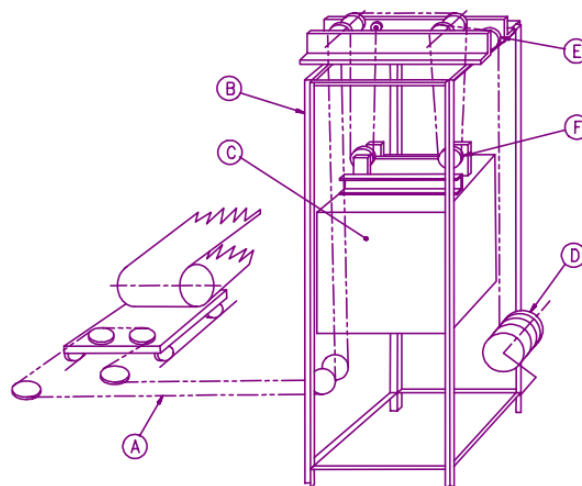


Fig.II.7 Dessin descriptif de la tourelle pour contre poids [27]

- Une poulie à gorge à commande manuelle (D) est placée complètement en bas sur l'un des côtés de la tourelle pour tendre le câble, faisant ainsi que l'emplacement du

contreponds dans la tourelle est tel qu'il y ait 1 m de hauteur libre au-dessus du contreponds.

Le bloc de béton lui-même, c'est-à-dire le contreponds, est logé dans un encadrement de profilés munis de deux poulies à gorges (F) en haut. L'une des extrémités du câble est fixée complètement en haut dans la poutrelle transversale de la tourelle, l'autre extrémité étant fixée au tambour de la poulie.

Le contreponds doit être suspendu de manière à ce qu'il y ait environ un jeu de 1 m au-dessus pour lui permettre de se déplacer librement dans les deux sens. Régler la hauteur libre sous le contreponds, au fur et à mesure que la courroie se détend.



Fig.II.8 Tourelle pour contreponds [27]

II.2.7 Éléments mobiles de transmission d'énergie

Pour but de produire et de transmettre l'énergie nécessaire au tambour d'entraînement et afin de mouvoir ou de retenir la bande [25], pour le cas de LAFARGE HAMMAM DALAA, les composants du système sont :

- ✓ Moteur
- ✓ Accouplement du moteur et du réducteur
- ✓ Réducteur
- ✓ Accouplement du réducteur et du tambour d'entraînement
- ✓ Tambour d'entraînement.

Les paramètres du système de transmission d'énergie sont :

- Puissance motrice est de 86 kw
- Nombre de tour (moteur) = 1480 tr/min
- Couple = $2,7 \times 580$ (N)
- Puissance de réducteur = 80 kw
- Nombre de tour de réducteur = 36,57 tr/min



Fig.II.9 Système de transmission d'énergie [25]

II.2.8 Système de chargement

Un système pour guider et contrôler le débit des matériaux vers la bande, il peut prendre plusieurs formes [25] :

- Trémie
- Glissière
- Chargeur automatique
- Poussoirs.

II.2.8.1 Trémie

La matière est versée sur la bande par une trémie de chargement et elle guide la matière sur la bande de reprise et elle facilite 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 [27].



Fig.II.10 Système de chargement [27]

II.2.9 Système de déchargement

Le rôle de ces systèmes est de guider les matériaux sortants. Ces systèmes peuvent prendre plusieurs formes pour les bandes en auges ou en plates [27].



Fig.II.11 Système de déchargement [27]

II.2.10 Capots pour convoyeurs

La couverture se compose d'une plaque ondulée en auge [la plaque de couverture (A)] suspendue aux ferrures (C) au moyen de boulons à œil. Elle est soutenue par des poutres (P) tout le long du transporteur à courroie en caoutchouc [27].

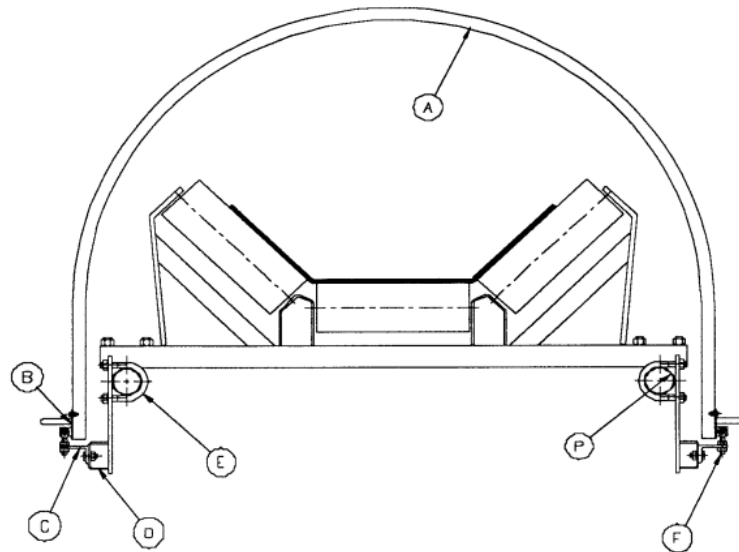


Fig.II.12 Dessin descriptif du capot pour convoyeur (BC-020) [27]

Le support de la couverture (D) est fixé à la poutre à l'aide de boulons en U (E) tout le long de la poutre de part et d'autre du transporteur. Le support de la couverture (D) est de plus fourni en composants uniques et utilisé dans les arrondis/courbes le long du transporteur, ce qui facilite son adaptation.

Les ferrures (C) sont par la suite boulonnées au support de la couverture (D) à une certaine distance.



Fig.II.13 Capots pour convoyeur [27]

II.3 Statistiques et analyses des défaillances et leurs effets sur les convoyeurs à bande

II.3.1 Analyse des modes de défaillance de leurs effets et criticités

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

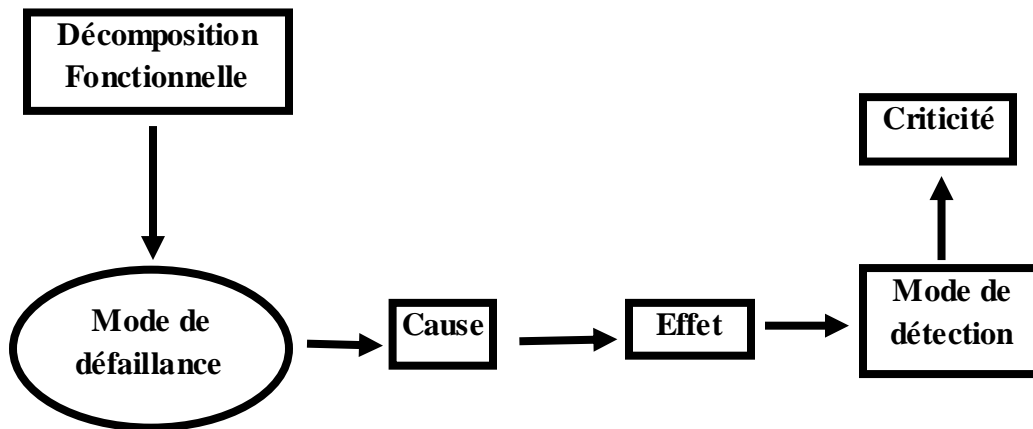


Fig.II.14 Étapes d'une analyse de type AMDEC [29]

Cette analyse a pour objectif d'identifier de façon méthodique les risques de dysfonctionnement des machines, après nous recherchons les organes et leurs conséquences [29].

II.3.2 Décomposition fonctionnelle

La décomposition fonctionnelle ayant pour but d'identifier les modes de défaillances en vue 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.

II.3.3 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 fonctions : 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.

II.3.4 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 [30].

Il existe trois types de causes conduisant à une défaillance :

- Causes internes au matériel.
- Causes externes dues à l'environnement, au milieu et à l'exploitation...
- Causes externes dues à la main-d'œuvre

II.3.5 Effet de la défaillance

L'effet d'une défaillance est 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 [31].

Tableau II.1 Facteur d'évaluation de la criticité

| 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 inexistante. |
| 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. |

II.3.6 Statistiques des défaillances sur les convoyeurs

Le site idéal pour l'étude du comportement des bandes transporteuses reste à notre avis la cimenterie LAFARGE de HAMAM DALAA qui possède un réseau de bandes transporteuses réparties sur la plupart des unités et formant une longueur considérable, telle que la bande BC-020.

Des différentes missions, nous avons pu recueillir des informations sur la fréquence des déchirures de bandes en différents ateliers. Le volume horaire cumulé des arrêts de travail nous laisse déduire que la déchirure des bandes reste et de loin la cause essentielle des arrêts affectant la production au niveau du complexe et représente des défaillances tels que, réparation des bandes, jonction), barrettes, rouleaux, centrage et autres voir les figures II.15 et II.16.

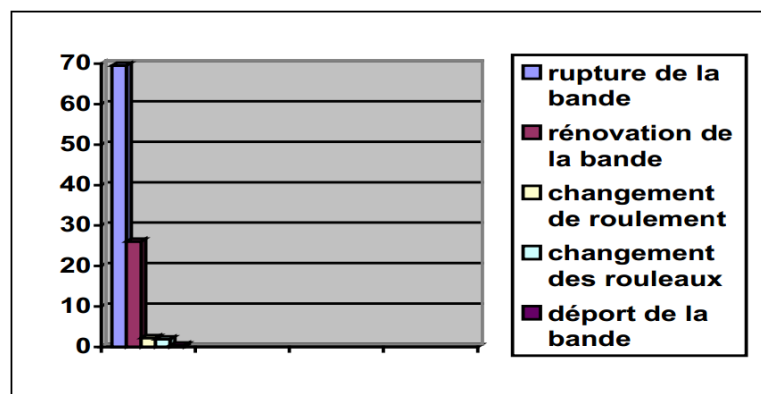


Fig.II.15 Analyse des défaillances d'un convoyeur dans la carrière [30]

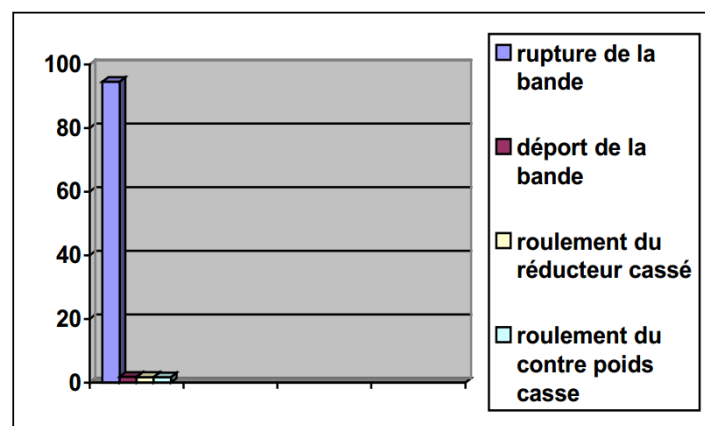


Fig.II.16 Analyse des défaillances du convoyeur dans l'entreprise [30]

II.4 Causes de la rupture de la bande transporteuse

La flexibilité ou la souplesse longitudinale de la bande est dans sa capacité de s'enrouler sur un tambour sans dépense d'énergie notable. La résistance à la fatigue traduit l'aptitude de l'armature longitudinale de la bande à supporter un nombre d'enroulements donnés (en relation avec la durée de vie prévisible de la bande), sans qu'apparaissent des détériorations ou déchirures [32].

La diminution du nombre de plis, permise par l'utilisation de matériaux d'armature à haute résistance spécifique a amélioré considérablement la flexibilité et l'endurance des bandes.

Avec des carcasses textiles «multiplis», l'enroulement sur tambour provoque l'apparition de contraintes, tant le matériau textile lui-même, que dans les couches de mélange élastique interposé entre les plis. Des ruptures de tissu extérieures ont provoqué des déchirures de bandes (par l'effet d'extension ou de compression) ou des décollements entre ces derniers [33].

Le type le plus commun dans les cimenteries est la bande à plis textile unique ou à plis textiles multiples. Elles sont constituées de 3 composants majeurs :

- ✓ Carcasse,
- ✓ Couche supérieure,
- ✓ Couche inférieure.

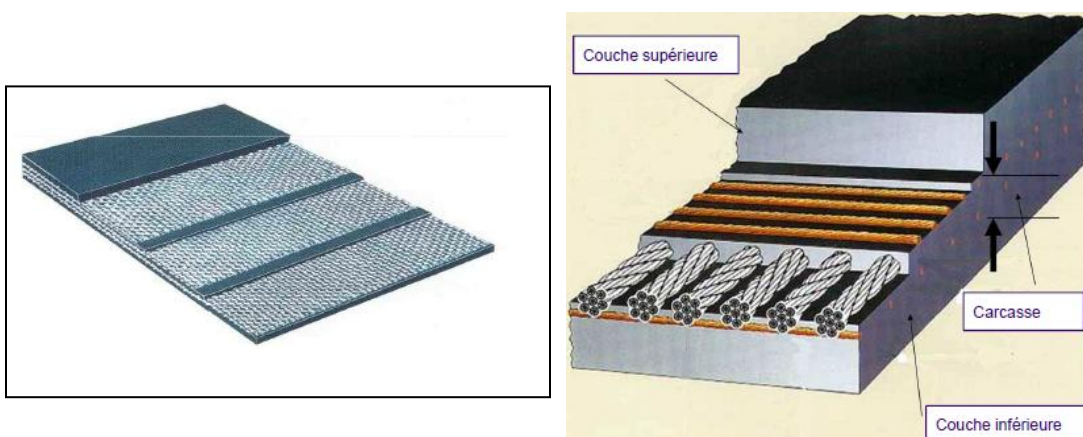


Fig.II.17 Coupe de la bande transporteuse [33]

La diminution du nombre de plis (ainsi que l'amélioration des performances mécaniques des matériaux utilisés) a fait pratiquement disparaître les risques de cette nature.

Le gain obtenu par la structure comportant une armature longitudinale à un seul étage est nettement plus important que l'effet contraire lié à l'utilisation d'un matériau résistant à très haut module d'élasticité.

En sus des contraintes énumérées, l'entraînement de la bande ne peut être affranchi par d'autres aléas pour les convoyeurs à tambour de diamètre réduit qui dans un souci d'économie, le tambour et surtout le réducteur seraient d'un coût particulièrement bas.

II.4.1 Couches supérieure et inférieure

- Caoutchouc naturel ou Élastomère synthétique
- But des couches de protéger la "Carcasse" et d'éviter l'impact d'Abrasion
- Couche supérieure typiquement plus épaisse que la couche inférieure
- Dureté de 55 à 80 HB

II.4.2 Carcasse

- Plusieurs plis de structure tissée
- La carcasse de la bande est l'élément de la tension dans une bande de convoyeur
- Aussi fournit-il la résistance à la déchirure et à l'impact, support de charge, capacité d'attache mécanique

II.4.2.1 Sélection du diamètre pour la carcasse textile

Le rapport maximal entre la tension du brin tendu **T** et brin moteur **t**

$$\mathbf{T} / \mathbf{t} = e^{\mu a} \quad (\text{II.1})$$

Si ce rapport est plus élevé, alors la courroie patine. Le coefficient d'adhérence **μ** prend des valeurs allant de 0,5 à 0,8 selon les matériaux utilisés

Où

T - Tension du brin tendu

t - Tension du brin moteur

μ - Coefficient de frottement bande-tambour

α - Angle d'enroulement (en radians)

L'effort moteur transmissible F est donné par la relation :

$$F = T - t = t(e^{u\alpha} - 1) \quad \text{En [N]} \quad (\text{II.2})$$

On remarque que l'effort ne dépend pas du diamètre du tambour.

L'explication physique de cette indépendance théorique se trouve dans la compensation qu'apporte l'augmentation de la pression radiale moyenne entre bande et tambour, à la diminution de la surface de contact, lorsqu'on diminue le diamètre.

Il peut y avoir des difficultés d'entraînement [33] qui sont dues à la diminution du coefficient de frottement μ lorsqu'on augmente la pression radiale de contact pour les diamètres trop faibles.

La compensation évoquée ci-dessus, ne se trouve plus, alors exactement réalisée et l'application de la formule de Rankine basée sur l'hypothèse de la constance du coefficient de frottement n'est plus justifiée. Dans ces conditions, l'effort tangentiel maximal transmissible n'est plus indépendant du diamètre du tambour D .

Si l'on admet une décroissance linéaire de $\mu = \mu_0 - L \cdot p$, et en reprenant l'analyse des variations de tension dans la bande le long de l'arc de contact, la force devient :

$$F = t(e^{u\alpha} - 1) [(\mu_0 \cdot D - 2 L \cdot t) / (\mu_0 + 2 L \cdot t (e^{u\alpha} - 1))] \quad \text{En [N]} \quad (\text{II.3})$$

L'expression montre que l'effort tangentiel transmissible croît avec le diamètre du tambour.

L'utilisation de cette formule reste délicate, car les paramètres μ_0 et L sont susceptibles de varier considérablement avec les conditions physiques et climatiques ambiantes ; en fait c'est surtout en milieu humide que la décroissance de μ avec la pression de contact est importante, c'est pourquoi en pareille situation, il est préférable d'adapter un diamètre de tambour largement dimensionné.

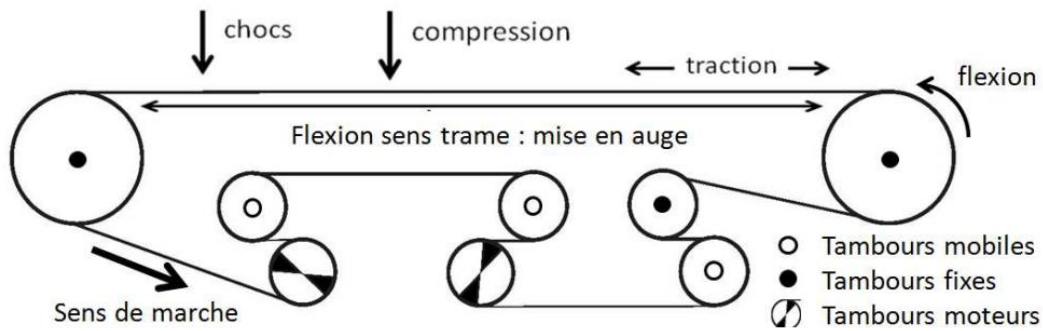


Fig.II.18 Description des sollicitations de la bande transporteuse

Le patinage en est une des conséquences qui dépend des conditions d'exploitation, car le convoyeur est conçu pour être exploité avec le minimum de patinage entre bande et tambour, car il provoque l'usure intensive de la bande et du garnissage du tambour-moteur. L'échauffement du tambour entraîne la chute brusque du coefficient de frottement de la bande avec le tambour-moteur.

Nous avons aussi d'autres phénomènes tels que les contraintes des fonctionnements (Sollicitations mécaniques)

- Traction
- Flexion sens chaîne
- Flexion sens trame
- Compression
- Chocs
- Usure
- Conditions environnementales
- Antistatique
- Température
- Feu

II.5 Résistances aux mouvements d'un transporteur à bande

II.5.1 Introduction

L'ensemble des résistances aux mouvements d'un transporteur à courroie est constitué par diverses résistances qui peuvent être divisées en cinq groupes :

- Résistances principales F_H
- Résistances secondaires F_N
- Résistances principales spéciales F_{S1}
- Résistances secondaires spéciales F_{S2}
- Résistances dues à l'inclinaison F_{St}

Dans ces cinq groupes sont comprises toutes les résistances que doit vaincre la commande d'un transporteur à courroie pour surmonter les frottements et l'inclinaison du parcours, ainsi que pour accélérer le matériau au point de chargement.

Les résistances principales et secondaires F_H et F_N apparaissent sur tous les transporteurs à courroie, tandis que les résistances spéciales $F_S = F_{S1} + F_{S2}$ n'existent que dans certaines installations. Les résistances F_H et F_{S1} agissent de façon continue le long du transporteur à courroie, tandis que F_N et F_{S2} n'existent que localement.

La résistance due à l'inclinaison F_{St} peut avoir une valeur positive, nulle ou négative, suivant la pente le long du transporteur. Elle peut, en outre, agir de manière continue sur l'ensemble du parcours ou peut ne se manifester que localement sur des sections partielles de la longueur [34].

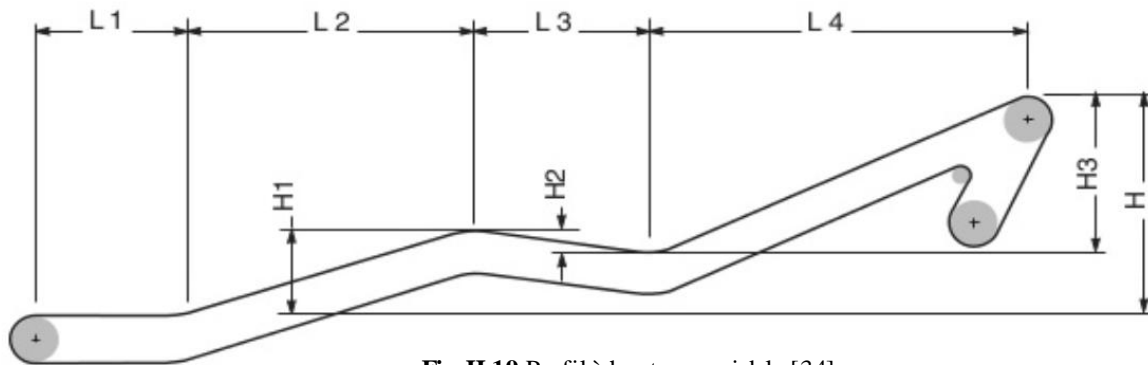


Fig.II.19 Profil à hauteur variable [34]

II.5.2 Résistances principales F_H

Les résistances principales F_H sont les suivants [35,36] :

- Résistances de rotation des rouleaux porteurs du brin chargé et du brin de retour, dues aux frottements dans les roulements et les joints des rouleaux voir équations

$$\mathbf{F_u} = \mathbf{f L g [q_{ro} + q_{ru} + (2q_b + q_g) \cos \delta + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St}] \quad \text{En [N]} \quad (\text{II.4})$$

- L : L'entre axe (mm) ;

- f : Coefficient de frottement interne des produits et des parties tournantes

- Q_{ro} : Poids des pièces tournantes des stations supérieures (Kg/m)

- QG : Quantité de produit paramètre linéaire

b) Résistances à la progression de la courroie dues à l'enfoncement dans la courroie des rouleaux porteurs, des flexions alternées de la courroie et du matériau.

$$Qg = \frac{IvQ}{V} \quad \text{en [kg/m]} \quad (\text{II.5})$$

II.5.3 Résistances secondaires F_N

Les résistances secondaires F_N sont les suivantes :

- Résistance d'inertie et de frottement due à l'accélération du matériau au point de chargement;
- Résistance due au frottement sur les parois latérales des goulottes au point de chargement;
- Résistance des paliers de tous les tambours à l'exception de ceux des tambours d'entraînement;
- Résistance due à l'enroulement de la courroie sur les tambours.

II.5.4 Résistances principales spéciales F_{S1}

Les résistances principales spéciales F_{S1} sont les suivantes :

- Résistance de pincement due à la position oblique ou inclinée des rouleaux porteurs dans le sens de marche de la courroie ;
- Résistance due au frottement contre les bavettes de goulottes ou contre les guidages, lorsque ceux-ci agissent sur toute la longueur de la courroie.

II.5.5 Résistances secondaires spéciales F_{S2}

Les résistances secondaires spéciales F_{S2} sont les suivantes [35] :

- a) Résistance due au frottement des dispositifs de nettoyage des tambours et de la courroie ;
- b) Résistance due au frottement contre les bavettes de goulottes ou contre les guidages, lorsque ceux-ci n'agissent que sur une partie de la longueur de la courroie;
- c) Résistance due au retournement du brin inférieur de la courroie;
- d) Résistance due aux socs de déversement des matériaux ;
- e) Résistance due aux chariots verseurs.

II.5.6 Résistance due à l'inclinaison F_{St}

La résistance due à l'inclinaison F_{St} est la résistance due à la dénivellation du matériau lors de son transport sur des parcours inclinés [36].

La résistance due à l'inclinaison peut, contrairement à certaines autres résistances, être clairement déterminée physiquement d'après l'équation

$$F_{St} = H * M_L * g \quad \text{En [N]} \quad (\text{II.6})$$

- M_L Poids du produit transporté sur le brin supérieur par longueur en mètres de convoyeur à bande
- H Différence de hauteur dans le convoyeur
- g 9,81

F_{St} est positive lorsque les installations sont ascendantes et négative lorsqu'elles sont descendantes

II.6 Transmission de la force de traction à la bande

II.6.1 Théorie de la transmission de l'effort de traction par tambour moteur

La transmission de l'effort de traction du tambour moteur à la bande s'effectue par adhérence. On suppose que l'organe de traction élastique est en mouvement sur la surface du tambour alors le changement de la tension dans n'importe quel élément dégagé de la bande (dx) peut être déterminé par l'équation suivante [36].

$$\frac{dt}{dx} = \mu \times N \quad (\text{II.7})$$

Où dT : La force de traction nécessaire pour l'élément dx considéré

μ : Coefficient de frottement de la bande sur le tambour.

N : La pression spécifique normale du tambour sur la bande

Pour déterminer la force spécifique normale N , on considère le tronçon infiniment petit de la bande dx , sur l'angle $d\alpha$ (voir fig. II.20).

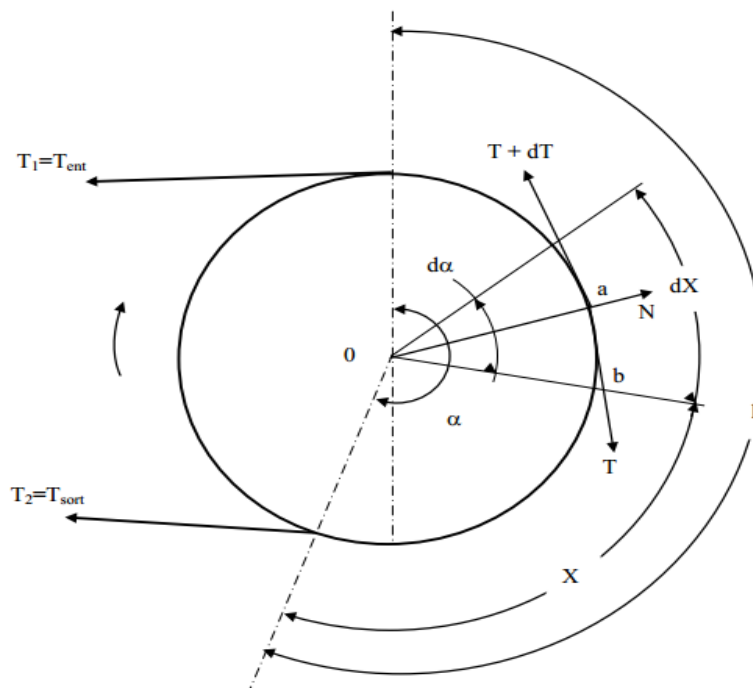


Fig.II.20 Problème type de l'entraînement habituel [36]

De là on peut déduire la pression totale qui lui est exercée P

$$\mathbf{P} = \mathbf{N} \cdot d\mathbf{x} \quad (\text{II.8})$$

Dans ce cas P représente la résultante des tensions T et $T + dT$

D'après le théorème des sinus on obtient:

$$\frac{p}{\sin \alpha} = \frac{T}{\sin(90 - \frac{d\alpha}{2})} \quad (\text{II.9})$$

Comme $d\alpha$ est infiniment petit on pose : $\sin d\alpha \cong \alpha$

et
$$\sin(90 - d\alpha/2) = \cos d\alpha / 2 \cong 1 \quad (\text{II.10})$$

Donc
$$\frac{p}{d\alpha} = T \quad (\text{II.11})$$

En remplaçant P par sa nouvelle valeur dans (II.8) on a

$$T d\alpha = N dx \quad (\text{II.12})$$

Il ne reste qu'à déterminer dx en fonction du rayon du tambour R

$$dx / 2 = R \cdot \sin d\alpha / 2 \cong R d\alpha / 2 \Rightarrow dx = R \cdot d\alpha \quad (\text{II.13})$$

II.7 Détermination des caractéristiques du convoyeur

La détermination exacte d'un convoyeur requiert la caractérisation de plusieurs paramètres :

- L'objet à transporté
- La largeur utile de la bande
- Le type de chaîne
- La position du groupe de motorisation.

II.7.1 Calcul du nombre de tours du réducteur du convoyeur

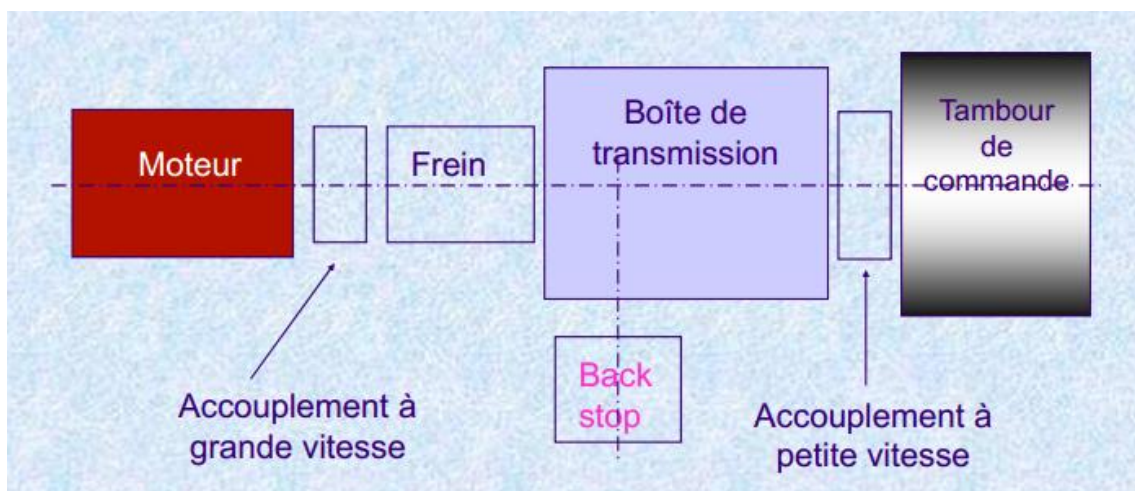


Fig.II.21 Chaîne cinétique de réducteur [38]

- Vitesse [38]

$$\omega_s = \frac{\omega_E}{K}$$

Où

ω_E - Vitesse en rd.s⁻¹
 ω_s - Vitesse en rd.s⁻¹
 NE - Vitesse en tr.min⁻¹
 Ns - Vitesse en tr.min⁻¹
 Z - Nombre de dents

- Rapport de réduction :

$$K = \frac{\omega_E}{\omega_s} = \frac{NE}{Ns} = \frac{Zs}{ZE}$$

II.7.2 Calcul de la vitesse de la chaîne du convoyeur

La vitesse de la chaîne est déterminée par la relation suivante [38] :

$$V = \frac{Z1 \times N1 \times P}{60 \times 1000} \quad \text{En [m/s]} \quad (\text{II.14})$$

Où

$N1$ - Vitesse en tr.min⁻¹
 $Z1$ - Nombre de dents
 P - Pas de la chaîne.

II.7.3 Vitesse de bande

Une augmentation de la vitesse de la courroie entraîne une augmentation proportionnelle du volume de matériaux transportés et une conception économique de l'installation (une réduction au niveau de la conception des rouleaux et des stations-supports et de la tension de la bande, et ceci devient de plus en plus évidente pour les longs trajets.

La vitesse doit être adaptée au type de matériaux transportés ainsi qu'au profil de la courroie. La trémie d'alimentation doit aussi être adaptée à cette vitesse [38,39] :

$$V = \frac{Q_v}{A \times 3600} = \frac{Q_m \times \rho}{A \times 3600} \quad (\text{m/s}) \quad (\text{II.15})$$

Où

Q_v - Débit-masse en (t/h)
 Q_m - Capacité en (m³/h)

ρ - Densité apparente en (t/m³)

V - Vitesse de la bande en (m/s)

A - Surface transversale matière en (m²)

II.7.4 La charge transportée (capacité transporté)

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) [23]. 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]

$$Q_v = S \times V \times 3600 \quad \text{En [m³ /h]} \quad (\text{II.16})$$

S : La capacité sectionnelle [m²]

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

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

$$Q_m = S \times V \times 3600 \times f \quad \text{En [t/h]} \quad (\text{II.17})$$

Où

f : est la masse volumique du matériau

Ces deux valeurs vont déterminer la capacité de transporteuse que doit avoir la bande transporteuse, dont il faut faire le choix [39].

II.7.5 Calcul de la longueur de la chaîne du convoyeur

La longueur de courroie du convoyeur est égale [40].

$$L = 2A + \frac{\pi}{2} \times (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4A} \quad (\text{II.18})$$

Où

A - Entraxe

d_1 et d_2 - Diamètres des poulies menant et menés

II.7.6 puissance du moteur d'entraînement du convoyeur P_{tr}

La puissance d'entraînement nécessaire d'un transporteur, qui doit être transmise à la bande par un seul ou simultanément par plusieurs tambours est donnée par la formule [41] :

$$P = C \times \omega \quad (\text{kw}) \quad (\text{II.19})$$

P : Puissance en Watts (W)

C : Couple en Newtons mètre (Nm)

ω : Vitesse angulaire en radians par seconde (rad.s⁻¹)

II 7.6.1 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

- **Puissance nécessaire pour la marche à vide p_1**

$$P_1 = \frac{3.6 \times G \times L \times c \times F \times v}{367} \quad \text{En [kw]} \quad (\text{II.20})$$

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]

- **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 [39]:

$$P_2 = \frac{Q \times L \times F \times c}{367} \quad \text{En [kw]} \quad (\text{II.21})$$

II.8 Conclusion

Chaque convoyeur doit être conçu pour transporter les matériaux visés en tenant compte de certains critères.

Ce sont les propriétés des matériaux, tel que granulométrie, densité, abrasive corrosivité, humidité et d'autres propriétés chimiques, le débit souhaité ainsi que les contraintes qu'impose l'emplacement du convoyeur qui déterminent les critères de conception.

On a suivis dans ce chapitre, nous avons découvert le convoyeur (BC-020) sur le terrain de travaille, et nous avons analysé tous ses éléments important et leur dimension et fonction et tout les paramètres technique et les statistique de défaillance de ce mécanisme.

Ainsi que les différentes méthodes de calcul du convoyeur à choisir pour transporter les produit en vrac ou à charge isolé, et explorer toute les paramètres pour la détermination de caractéristiques dynamique.

La somme des masses en mouvement (masse de la bande, masse des pièces tournantes, masse de produit transportés et masse des éléments d'entraînement), permet sa prise en compte lors de l'étude et de la conception du convoyeur à bande.

Ne pas tenir compte de ces critères ou procéder à l'inverse aboutit à la construction d'un convoyeur inefficace et inadaptable, ce qui engendre des interventions de nettoyage et d'entretien, avec un rendement faible.

CHAPITRE III

**Optimisation et
vérification des
paramètres du
convoyeur à bande
BC-020**

III.1 Introduction

Optimiser l'étanchéité et la sécurité de tout convoyeur à bande entre les points de chargement et de déchargement. Cette solution nous permet d'être en conformité avec les normes d'environnement et de sécurité tout en réduisant nos coûts d'exploitation, de maintenance et nettoyages [41].

Cette optimisation offre les avantages suivants :

- Étanchéité (Canalisation des émissions de poussière)
- Sécurité du personnel
- Retour sur investissement rapide
- Suppression des débordements de matière
- Maintenance facile et minimale



a)



b)

Fig.III.1 Débordements de matières



Fig.III.2 Émissions de poussières

III.2 Optimisation des convoyeurs

Il y a trois grandes familles d'optimisation des convoyeurs [42].

- **Protection rapprochée** qui est basée sur le blocage de l'accès à l'angle rentrant
- **Élimination des risques** basée sur l'élimination de l'angle rentrant
- **Optimisation du convoyeur** basée sur la limiter les interventions et améliorer la maintenance.

Cette action est basée sur l'optimisation de manutention, permettant à l'entreprise de :

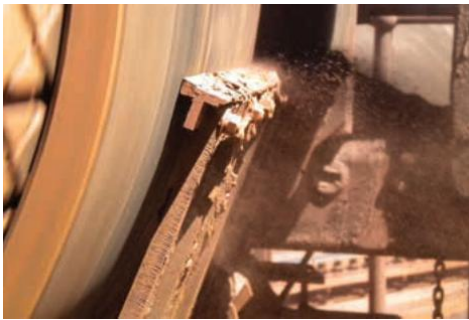
- Se mettre en conformité avec les réglementations
- Améliorer les conditions d'hygiène et de sécurité des salariés
- Préserver l'environnement
- Augmenter la production.

Dans l'objectif de limiter les interventions humaines et améliorer la maintenance.

III.3 Critères d'optimisation

La classification des critères se fonde sur un système à points attribués sur la base de cinq critères clés. Même si d'autres critères ont un rôle important, ces cinq critères-là ont été choisis comme éléments clés pour le choix du racleur ou du système de raclage adapté. Il s'agit des cinq critères suivants [43] :

1. largeur de la bande
2. vitesse de la bande
3. type de jonction
4. abrasivité de la matière
5. adhésivité/teneur en humidité de la matière.



a)



b)

Fig.III.3 Système de raclage a) primaire b) secondaire

III.3.1 Critères de sélection de la bande

Le choix et sélection de la bande dépend essentiellement de la contrainte de rupture et de l'encombrement du site d'installation. La résistance à la rupture est donnée par le fabricant.

Alors le choix de la bande englobe plusieurs facteurs tels [44] :

- ✓ Largeur
- ✓ En rapport avec la capacité du convoyeur (avec la vitesse de bande)
- ✓ Force
- ✓ En rapport avec la tension basée sur les forces de conception relatives à la capacité, à la longueur et au profil du convoyeur (courbes d'élévation)
- ✓ Carcasse
- ✓ En rapport avec la tension
- ✓ Nombre de plis
- ✓ En rapport avec la tension

- ✓ Couverture de matière
- ✓ En rapport avec l'abrasivité, la résistance de l'impact, température de la matière
- ✓ Épaisseur de la couverture
- ✓ En rapport avec l'abrasion, l'impact

III.3.2 Tambours

L'optimisation d'utilisation des tambours passe par son revêtement, dans le but de :

- Augmenter la traction (plus commun sur le tambour de commande)
- Réduire l'usure (actions d'auto-nettoyage).

Plusieurs types de revêtement sont appliqués, ou nous trouvons des tambours avec revêtement [45]:

- ✓ Vulcanisé
- ✓ Collé à froid
- ✓ Mécanique.



Fig.III.4 Tambour avec revêtement

III.3.2.1 Diamètre du tambour

Les critères de sélection du diamètre du tambour sont :

- En rapport avec le type de la bande et la fonction du tambour (tambour de commande ou pas)
- En fonction des recommandations du fabricant de la bande.

Un trop petit diamètre de tambour de commande peut résulter au glissement de la bande et à l'usure précoce de la bande et des jonctions.

Les critères de sélection du diamètre de tambour pour le cas d'une carcasse textile, le cas de la bande du convoyeur (BC-020) sont présentés en couleur rouge dans le tableau III.1.

Tableau III.1 critères de sélection du diamètre de tambour

| Force de bande en N/mm | Nombre de plis | Diamètre du tambour de commande | Diamètre du tambour de queue / courbe | Tambour de contrainte |
|------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 500 | 3/4 | 400 | 400 | 315 |
| 630 | 3 | 500 | 400 | 315 |
| | 4 | 630 | 500 | 400 |
| (800) | 3 | 630 | 500 | 400 |
| | < 4/5 > | 800 | 630 | 500 |
| 1000 | 3 | 630 | 500 | 400 |
| | 4 | 800 | 630 | 500 |
| | 5 | 1000 | 800 | 630 |
| 1250 | 3/4 | 1000 | 800 | 630 |
| | 5 | 1250 | 1000 | 800 |
| 1600 | 4 | 1000 | 800 | 630 |
| | 5 | 1250 | 1000 | 800 |

III.3.2.1 Largeur du tambour

Les critères de sélection de la largeur du tambour sont relatifs à la largeur de la bande suivant le tableau III.2, une largeur trop étroite rendra l'ajustement du tracking difficile.

Tableau III.2 critères de sélection de la longueur du tambour

| Largeur de la bande en mm | Largeur du tambour en mm |
|---------------------------|--------------------------|
| 400 | 500 |
| 500 | 600 |
| 650 | 750 |
| 800 | 950 |
| 1000 | 1150 |
| 1200 | 1400 |
| 1400 | 1600 |
| 1600 | 1800 |
| 1800 | 2000 |
| 2000 | 2200 |

III.3.3 Rouleaux

Les fonctions des rouleaux sont [46] :

- Supporter la bande (+ matière sur le brin porteur)
- Guider la bande



Fig.III.5 Types de rouleaux

III.3.3.1 Critères de sélection des rouleaux

L'optimisation et la sélection d'utilisation des rouleaux sont basées autour des facteurs présentés ci-dessous [47]:

- ✓ Largeur de la bande
- ✓ Charge (cas d'impact au niveau de la goulotte)
- ✓ Présence de matière collée pour le rouleau retour
- ✓ Résistance à la friction
- ✓ Bruit
- ✓ Vitesse.

III.3.3.1.1 Longueur des rouleaux

Les critères d'optimisation et de sélection de la longueur des rouleaux sont relatifs à la largeur de la bande suivant le tableau III.3 et conformément la figure III.6.

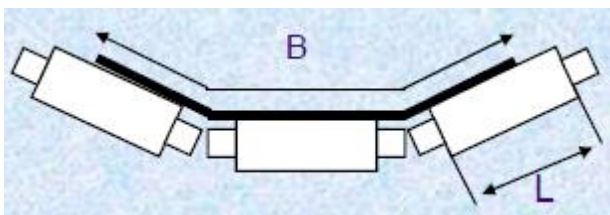


Fig.III.6 Longueur des rouleaux

Tableau III.3 Longueur de rouleau

| Largeur de Bande (B) en mm | Longueur de rouleau porteur recommandée (L) en mm |
|----------------------------|---|
| 400 | 160 |
| 500 | 200 |
| 650 | 250 |
| 800 | 315 |
| 1000 | 380 |
| 1200 | 465 |
| 1400 | 530 |
| 1600 | 600 |
| 1800 | 670 |
| 2000 | 750 |

III.3.3.1.2 Largeur des rouleaux retour

Les critères de sélection de la longueur du rouleau retour sont en fonction de largeur de la bande du convoyeur comme ils présentés sur la figure III.7 et dans le tableau III.4.

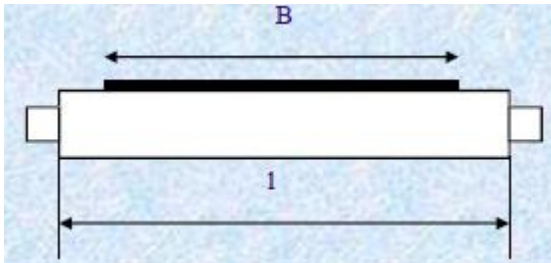


Fig.III.7 Longueur des rouleaux retour

Tableau III.4 Longueur du rouleau retour

| Largeur de bande (B) en mm | Longueur de rouleau retour recommandée (l) en mm |
|----------------------------|--|
| 400 | 500 |
| 500 | 600 |
| 650 | 750 |
| 800 | 950 |
| 1000 | 1150 |
| 1200 | 1400 |
| 1400 | 1600 |
| 1600 | 1800 |
| 1800 | 2000 |
| 2000 | 2200 |

III.3.3.1.3 Rouleaux d'impact

Les rouleaux d'impact doivent être obligatoirement sous la goulotte d'alimentation [48]

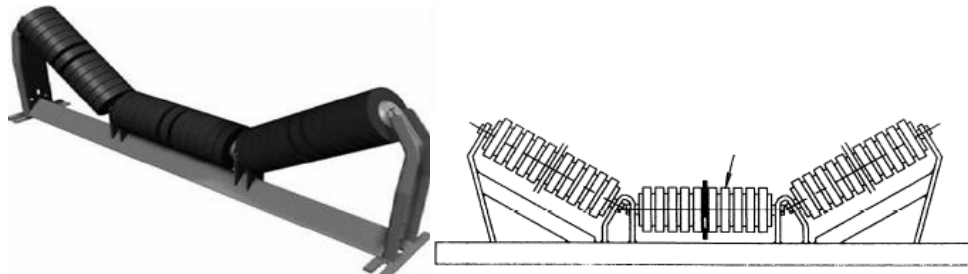


Fig.III.8 Rouleaux d'auge d'impact

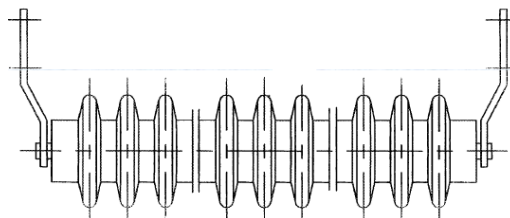


Fig.III.9 Rouleaux d'impact

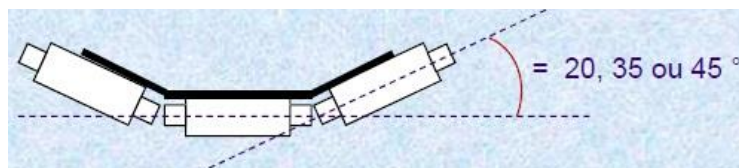


Fig.III.10 Rouleaux porteurs – angle d'auge

Dans le cas de la matière des rouleaux d'impact est collante leurs efficacités deviendra très limitée

III.4 Zone de Transition

Les critères de sélection de la distance de transition montrée sur la figure III.10 et indiquée dans le tableau III.5 elles sont déterminées en fonction de l'angle d'auge et elles doivent être confirmées par le fabricant de la bande [49].

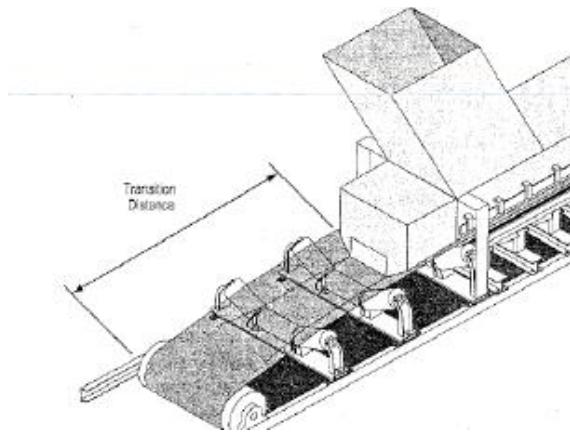


Fig.III.11 Distance de transition

Tableau III.5 Distance de transition

| Angle d'auge | Distance de transition / largeur de bande (carcasse textile) (m) |
|--------------|--|
| 20 ° | 1,0 |
| 35 ° | 1,5 |
| 45 ° | 2,0 |

III.5 Vérification de la capacité de charge du convoyeur à bande

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 [50].

III.5.1 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.

III.5.1.1 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 nous avons : $b = 1200$ mm, cette valeur est déduite à partir de la nature du matériau à transporter [51]. Les largeurs pour n'importe quel type de bande sont présentées dans le tableau III.7 :

Tableau III.6 Largeurs des bandes normalisées [51]

| Largeurs de bandes normalisées (m) | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 300 | 400 | 500 | 600 | 650 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 |

III.5.1.2 Vitesse de la bande

Son maximum est déterminé en fonction de la granulométrie du produit transporté, le poids spécifique, la hauteur de chute de la matière et de la largeur de la bande [51].

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 III.7 Vitesse maximale (m/s) [51]

| 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 maximales, donnée par la référence du manuel [51], il s'est avéré que les vitesses proposées par ce manuel ne sont pas assez fiables.

Ce qui nous a obligés de se retourner vers les experts de la cimenterie LAFARGE pour savoir le besoin, car la largeur de notre bande est de 1200 mm. Ils nous ont confirmé que plus la vitesse est faible plus il y a moins de danger de perdre le produit. Pour cela que nous avons fixé une vitesse maximale de 1,3 m/s.

$$V = 1,3 \text{ m/s}$$

III.5.1.3 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) [51]. Suivant les caractéristiques du produit transporté, la capacité est déterminée par le fournisseur, c'est ce qu'on appelle la capacité souhaitée Q ; on obtient ainsi de débit volumique [m³/h]

$$Q_v = S.V.3600 \tag{III.1}$$

Où

S - La capacité sectionnelle (m²)

V - La vitesse de la bande (m/s)

Le débit massique (t/h) est donné par la formule :

$$Q_m = S.V.3600.f \quad (III.2)$$

Où

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 20° , est donné par le tableau suivant :

Tableau III.8 Débit volumique (m³/h) [51]

| Largeur de bande (mm) | Profil de la section | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|---|---|---|---|---|
| | plate | Environ $\lambda = 15^\circ$ | Environ $\lambda = 20^\circ$ | En auge à 3 rouleaux égaux $\lambda = 20^\circ$ | En auge à 3 rouleaux égaux $\lambda = 25^\circ$ | En auge à 3 rouleaux égaux $\lambda = 30^\circ$ | En auge à 3 rouleaux égaux $\lambda = 35^\circ$ | En auge à 3 rouleaux égaux $\lambda = 45^\circ$ |
| 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 :

$$Q_v = 498 \text{ m}^3/\text{h}$$

D'après l'équation (III.2) on tire le débit massique :

$$Q_m = 657,5 \text{ t/h}$$

Nous avons la capacité souhaitée de 600 t/h, avec une marge de sécurité 57,5 t/h.

CHAPITRE IV

**Maintenance et
sécurité du convoyeur
à bande**

IV.1 Introduction

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesurer un service déterminé. La mission de la maintenance est de réaliser « toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un équipement, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise » [52].

La finalité des métiers de la maintenance est :

- D'assurer la disponibilité des équipements de production, au coût optimum,
- D'améliorer la durabilité des équipements et la qualité du produit fourni, en tenant compte des coûts, dans le respect de la réglementation et des règles d'hygiène et sécurité.

Les risques impliqués avec les opérations sur le convoyeur sont souvent sous-estimés et conduisent à des accidents très dangereux, et pour cela on a plusieurs instructions qui doivent être respectées. Dans ce chapitre on va s'intéresser à la maintenance du différentiel mécanique du convoyeur BC-020, ainsi de donner les différentes consignes de sécurité pour diminuer les accidents de travail.

IV.2 La maintenance

La politique de la maintenance à appliquer pour le mécanisme de différents éléments mécaniques du convoyeur BC-020 est la maintenance préventive qui est effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un élément, ou la dégradation d'un service rendu.

IV.2.1 Dispositifs de nettoyage de la bande (décharge)

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. Un nettoyage efficace permet au convoyeur d'atteindre un maximum de productivité [53].

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 supports en caoutchouc.

Le nettoyage de la bande – tambour de tête demande que :

- La matière qui adhère à la bande après le point de décharge au tambour de la tête contribue au renversement et au colmatage aux rouleaux retour

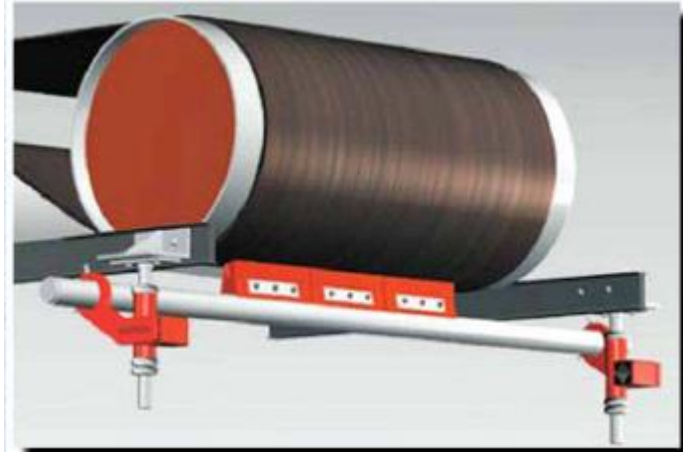


Fig.IV.1 Lame racleuse droite

Aucun système de nettoyage de bande, aucun racleur de bande ne peut être ou rester effectif sans entretien, quel que soit leur principe ou marque, ils exigent :

- L'ajustement comme par recommandation des fabricants
- Remplacement de parties usées

Les racleurs de bande effectifs et les mauvaises jonctions de bande (ou collage mécanique) ne vont pas parfaitement ensemble.

- Les racleurs de bande ne peuvent pas nettoyer la bande usée avec une surface rugueuse.
- Évitez le racleur de bande sur les bords de la bande : nettoyer là où la matière se colle



Fig.IV.2 Disposition de Lame racleuse

- Nettoyer la matière collante exige de la pression : les performances de nettoyage seront réduites si le racleur est installé à un endroit où il peut changer la ligne de trajectoire de la bande.

La matière collante exige 2 racleurs de conception spécifique [54] :

- Pré-nettoyeur ou nettoyeur primaire (installé sur la face du tambour de tête juste en dessous de la trajectoire de la matière),
- Le nettoyeur secondaire (idéalement installé au point où la bande laisse le tambour de tête).



Fig.IV.3 Nettoyeur primaire



Fig.IV.4 Nettoyeur secondaire

IV.3 Recommandations de la sécurité des convoyeurs à bande

Généralement dans toutes les cimenteries il y a deux types des transporteurs à bande [55]:

- Les transporteurs horizontaux
 - Les transporteurs inclinés.
-
- ❖ Les transporteurs inclinés doivent être équipés d'un système permettant d'éviter le retour de la bande (système à cliquets, anti- dévireur, ...).
 - ❖ Les transporteurs descendants doivent être équipés de frein dans sa commande principale.

IV.3.1 Transporteurs à contre poids

Les contre poids doivent être équipés d'un système de guidage rigide. Équiper les contre poids par des câbles de sécurité avec un mou assez suffisant. Au sol il faut avoir un grillage de protection suffisant pour recevoir le contre poids en cas de chute.

Mettre un limiteur de chute avant que le contre poids touche le sol. La hauteur du grillage de protection du contre poids par rapport au sol doit être assez suffisante pour éviter l'accès au personnel (2,5 mètres).



Fig. IV.5 Protection du contre poids

IV.3.2 Groupes de commande

Tous les groupes de commande doivent être équipés de [56] :

- Carter de protection boulonné.
- Pour les transporteurs équipés de coupleurs hydrauliques,
- L'utilisation d'un carter de protection grillagé est interdite.
- Il est obligatoire d'utiliser des fusibles normalisés pour ces coupleurs hydrauliques et éviter tout dépannage sur ces fusibles.

IV.3.3 Sécurités des transporteurs

La chaîne cinématique du convoyeur à bande intègre plusieurs systèmes de sécurité, présentant une protection fiable et d'urgence de tous les éléments du convoyeur [57].

IV.3.3.1 Arrêt d'urgence

- ❖ **Arrêt d'urgence à coup de poing** il doit être :
- ✓ Transporteurs courts (doseurs, extracteurs)

- ✓ Visible



Fig.IV.6 Arrêt d'urgence à coup de poing [57]

❖ Arrêt d'urgence à câble

- ✓ Devra être prévu tout le long des passerelles de circulation des deux côtés de chaque transporteur, aboutissant à des coffrets électriques étanches.
- ✓ Longueur unitaire n'excèdera pas 50 m.
- ✓ Ils doivent être gainés et de préférence de couleur rouge.



Fig.IV.7 Arrêt d'urgence à câble [57]

IV.3.3.1.2 Arrêt d'urgence : critères essentiels

- ✓ Effectuer des **tests réguliers**.
- ✓ Ne doit pas être utilisé à la place du système de protection, il devrait être installé **comme étant un système complémentaire**.
- ✓ Le système d'arrêt d'urgence doit être **câblé**.
- ✓ Doit toujours être un système d'arrêt **séparé** de celui utilisé dans un système d'arrêt de production
- ✓ Doit pouvoir fonctionner aussi bien en cas de fil tendu que mou.
- ✓ Doit arrêter le transporteur lorsqu'elle est tirée de n'importe quelle direction
- ✓ Doit couvrir toute la longueur du transporteur, y compris les tambours de commande et de queue
- ✓ Lorsque c'est possible, le câble doit être de 100 mm à 200 mm au-dessus du niveau de la bande transporteuse

IV.3.3.2 Contrôleur de rotation

Le contrôleur de rotation (CR) doit être placé essentiellement sur le tambour de queue de chaque transporteur.

- ✓ La palette du CR doit être protégée.
- ✓ En aucun cas, le CR ne doit être shunté.
- ✓ Il est strictement interdit de travailler sur le CR sans consignation du transporteur (en cas de besoin de réglage en marche, il faut utiliser le régime essai de la procédure de consignation).

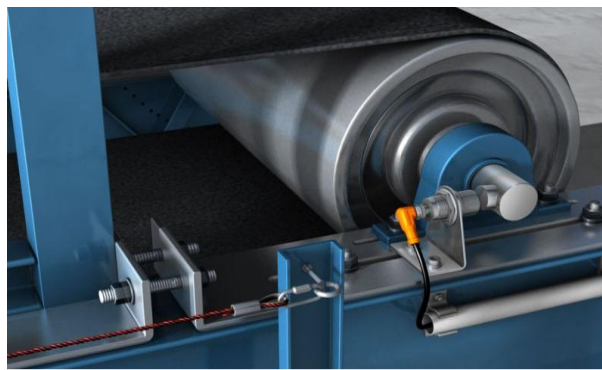


Fig.IV.8 Contrôleur de rotation sur un tambour [57]

IV.3.3.3 Déport bandes

- ✓ Placés de part et d'autre de la bande et au moins côté tambour de commande et tambour de queue
- ✓ En cas de changement de direction, au niveau des tambours d'inflexion,...



Fig.IV.9 Déport bandes [57]

IV.3.3.4 Carters de protection

IV.3.3.4.1 Tambour de queue

Le tronçon du transporteur entre le tambour de queue et la goulotte d'alimentation doit être impérativement protégé par un carter.



Fig.IV.10 Carters de protection du tambour de queue [57]

IV.3.3.4.2 Doseurs / Extracteurs

Le déplacement des barreaux d'un doseur en marche pour régler l'écoulement de la matière.

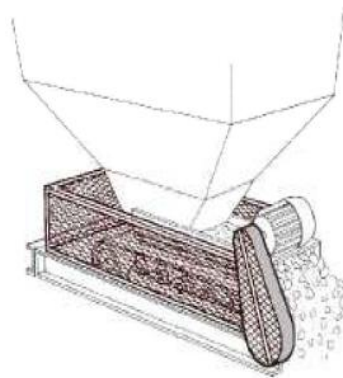


Fig.IV.11 Barreaux d'un doseur [57]

IV.3.3.4.3 Critères essentiels

Le carter de protection doit protéger le tambour de queue et les rouleaux intermédiaires, en veillant à ce que l'accès soit rendu impossible d'en haut ou d'en face. Penser à la possibilité de régler et d'aligner la bande sans retirer le grillage de protection (veiller à ce que les ajusteurs d'alignement soient à l'extérieur du grillage).

Les transporteurs inclinés doivent avoir un système de tension par vis pour les entraxes inférieurs à 50 m et par contre poids pour les entraxes supérieurs à 50 m. La maille

du grillage de protection doit empêcher le contact des intervenants en place avec les éléments en mouvements du transporteur [57].

IV.3.3.4.4 Critères de distance de sécurité

Pour bien assurer la sécurité des employés, il faut respecter les normes sécuritaires présentées dans les tableaux IV.1

Tableaux IV.1 Critères de distance de sécurité [58]

| Partie du corps | Distance de sécurité | Distance de sécurité par rapport à la zone de danger | Ouverture de maille minimale |
|---|-----------------------|--|------------------------------|
| Main : de la racine du doigt à l'extrémité du doigt | >125mm (5 pouces) | 12,5 mm (0,5 pouce) | 5 mm (0,2 pouce) |
| Main : du poignée l'extrémité du doigt | à >250mm (10 pouces) | >80 mm (3 pouces) | 12,5 mm (0,5 pouce) |
| Bras : du coude à l'extrémité du doigt | >510mm (20 pouces) | >120 mm (5 pouces) | 20 mm (0,75 pouce) |
| Bras : de l'aisselle à l'extrémité du doigt | >1000mm (39,5 pouces) | >200 mm (8 pouces) | 25 mm (1 pouce) |
| | | >850 mm | 150 mm (6 pouces) |

IV.3.3.4.5 Sécurité lors des opérations d'entretien et de nettoyage

Pour les opérations d'entretien et de nettoyage, il faut :

- ✓ Instaurer le permis de feu pour des travaux à point chaud sur les transporteurs
- ✓ Il est strictement interdit de procéder au nettoyage sous les transporteurs en marche
- ✓ Chaque site doit étudier les points de réintroduction matière et mettre en place les actions nécessaires pour que cette opération soit sécurisée [58].

IV.3.4 Mesures de sécurité à l'entreprise

Les dangers principaux présentés par l'activité d'extraction sont [59] :

- Des risques d'accident liés à la présence d'engins et de véhicules de transport,
- Des risques liés à la présence de certaines substances susceptibles de provoquer une pollution par déversement accidentel,
- Des risques d'incendies liés à la présence de substances inflammables (hydrocarbures dans les réservoirs).

IV.3.5 Risques liés au convoyeur à bande

IV.3.5.1 Les règles d'utilisation des convoyeurs

L'exploitant respecte les prescriptions du décret n°73-404 du 26 mars 1973 portant réglementation de la sécurité des convoyeurs dans les mines et les carrières (version consolidée au 01 mars 2012) [60].

IV.3.5.1.1 L'installation des convoyeurs

Les têtes motrices et les stations de renvoi des convoyeurs ou tapis bandes doivent être solidement amarrées.

IV.3.5.1.2 La protection des points dangereux

Les têtes motrices, les stations de renvoi et de tension et les bras de déversement des convoyeurs à bande doivent être munis de dispositifs protecteurs. Sont notamment à protéger les points dangereux suivants :

- ❖ Sur les têtes motrices :
 - ✓ Les faces latérales,
 - ✓ La face frontale et la face arrière lorsque les pièces en mouvement créent un danger particulier,
 - ✓ La partie inférieure des têtes motrices.
- ❖ Sur les bras de déversement :
 - ✓ Tous les rouleaux et tambours qui, sur leur partie inférieure ou sur les côtés, créent un danger d'entraînement.
- ❖ Sur les stations de renvoi et de tension :
 - ✓ Les parties latérales du tambour principal,
 - ✓ La ligne de contact entre le brin pénétrant dans la station et le tambour principal.

IV.3.5.1.3 Le dispositif de sécurité

IV.3.5.1.3.1 Canalisations électriques

Les canalisations électriques placées au voisinage immédiat des convoyeurs sont solidement fixées par des chaînes ou des attaches métalliques solides et appropriées. On s'efforce autant que possible de ne pas les installer à l'aplomb des convoyeurs.

IV.3.5.1.3.2 Matériel

On ne doit pas entreposer, au voisinage immédiat du convoyeur, du matériel exposé, soit à s'engager au-dessus du convoyeur, soit à être entraîné, soit à frotter contre les parties mobiles.

IV.3.5.1.3.3 Projections de blocs

Etant donné la vitesse d'avancement des tapis, des chutes ou projections de matériaux dans les lieux de circulation ou de travail ne sont pas susceptibles de se produire. Des dispositifs de sécurité seront mis en place au passage des voies de communication.

IV.3.5.1.3.4 L'entretien du matériel

Les convoyeurs doivent être maintenus constamment en bon état d'entretien. Les têtes motrices, les tambours de renvoi, les dispositifs de tension et leurs abords doivent être nettoyés aussi souvent qu'il est nécessaire à condition que les dispositifs protecteurs soient en place. Toute déchirure de la bande de même que la détérioration des agrafes, doivent être signalées et réparées au plus tôt.

IV.3.5.1.3.5 L'arrêt d'urgence des convoyeurs

L'arrêt d'un convoyeur doit pouvoir être obtenu par une personne se trouvant en un point quelconque le long de ce convoyeur : soit par une commande locale (fil courant le long du convoyeur) ou par une commande à distance permettant l'arrêt d'urgence du convoyeur par coupure du fluide moteur. Les convoyeurs du site sont équipés de câbles d'arrêt d'urgence.

IV.3.5.1.3.6 Le démarrage des convoyeurs

Tout démarrage des convoyeurs est précédé d'un signal précis et connu des employés (coup de klaxon prolongé). Le démarrage des convoyeurs ne doit être fait que par le préposé à la conduite des convoyeurs.

Si l'arrêt du convoyeur a été déclenché par un dispositif automatique, la remise en marche est subordonnée à l'annulation automatique ou manuelle de l'ordre d'arrêt. Si l'arrêt du convoyeur a été obtenu manuellement, seule la personne qui l'a provoqué est habilitée à commander directement ou à demander la remise en marche.

Dans tous les cas, la remise en marche du convoyeur doit être, autant que possible, progressive et, si le préposé à la mise en marche n'aperçoit pas totalement l'ensemble du convoyeur, être obligatoirement précédée quelques secondes auparavant par le retentissement de la sirène asservie électriquement au cycle de démarrage de l'installation.

IV.3.5.1.3.7 La circulation du personnel à proximité

La circulation du personnel, le long d'un convoyeur en marche, est autorisée à la condition qu'il existe simultanément :

- ✓ Un moyen de signalisation ou de commande à distance,
- ✓ Un passage d'au moins 60 cm de large le long du convoyeur.

Si le passage est inférieur à 60 cm, il doit être séparé du convoyeur par un grillage ou un obstacle équivalent.

Si les conditions énumérées ci-dessus ne sont pas remplies, la circulation du personnel à proximité d'un convoyeur ne peut se faire que le convoyeur arrêté. Le franchissement, par-dessus ou par dessous, d'un convoyeur en marche est interdit, en dehors des points de passage spécialement aménagés à cet effet et signalés au personnel. La même interdiction est applicable aux convoyeurs à l'arrêt à moins que le franchissement ne se fasse à la vue du préposé et avec son accord.

IV.3.5.1.3.8 Les travaux sur les convoyeurs

Les opérations suivantes peuvent être effectuées le convoyeur en marche :

- ✓ Nettoyage du convoyeur en dehors des têtes motrices, renvois, bras, bras de déversement, dispositifs de tension, ainsi que des rouleaux de contraintes non protégés, si l'opération ne crée pas un risque d'entraînement ;
- ✓ Nettoyage au voisinage des têtes motrices, renvois et bras de déversement, si les dispositifs protecteurs sont en place ;
- ✓ Graissage de tous les points qui sont accessibles sans enlever des dispositifs protecteurs;
- ✓ Réglage des convoyeurs et de leurs organes d'entraînement sous réserve d'être effectué par du personnel qualifié disposant du matériel approprié ;
- ✓ Triage effectué à un poste de travail aménagé à cet effet.

Toute autre opération doit se faire convoyeuse arrêté et convenablement verrouillé. Toute personne appelée à exécuter une intervention sur un convoyeur doit assurer sa propre protection et ne donner la possibilité de remise en marche qu'une fois son travail terminé. Le personnel de la carrière aura suivi une formation spécifique au travail d'entretien du convoyeur avant toute intervention.

IV.3.6 Conclusion

La protection est devenue plus qu'un élément de sécurité, elle permet la mise en conformité réglementaire et l'amélioration de la productivité, bien conçues, elle permet aussi l'amélioration significative des conditions de travail :

- Manutention facilitée,
- Nettoyage limité,
- Accessibilité et contrôle de la production plus aisés

Les protections des convoyeurs sont devenues aujourd'hui un outil de travail.

Afin de maintenir le système en bon état de fonctionnement, nous avons élaboré un plan de maintenance, dont le rôle de minimiser les degrés de défaillance d'une part et d'augmenter la durée de vie du système d'autre part.

La notion de sécurité dans une installation mécanique ou électrique est nécessaire et primordiale, les appareils et tous les éléments de protection jouent un rôle très important pour assurer la vie des travailleurs et de la production planifier.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les convoyeurs sont des machines à part entière dans un atelier et le fait qu'ils fonctionnent en continu pose de nombreuses questions de maintenance épineuses. Sans aller jusqu'à la panne complète qui immobilise la totalité de la chaîne de production, le moindre dysfonctionnement de ce type d'équipement impacte très lourdement les performances de l'unité de production et donc la compétitivité de l'ensemble de l'usine.

Une maintenance rigoureuse de ces équipements est donc primordiale, non seulement pour des raisons de sécurité évidentes, mais également pour préserver la rentabilité des installations.

Les techniciens vérifient, nettoient, règlent les convoyeurs dans le respect des normes réglementaires de façon à optimiser leur fonctionnement et la sécurité des employés qui travaillent à proximité.

Le convoyeur à bande est une installation complexe constituée de plusieurs organes mécaniques, présentant un rôle primordial pour la production.

Avant chaque choix ou conception d'un convoyeur à bande, il faut d'abord faire une recherche complète, qui couvre tous les aspects techniques, pour acquérir une connaissance suffisante sur les caractéristiques techniques des convoyeurs à bande, les composants des convoyeurs et leurs dénominations, leurs domaines d'utilisations, ainsi les différents types des convoyeurs.

Cette connaissance nous permet de déterminer le type du convoyeur à bande avec un bon calcul de dimensionnement, dans le but de nous assurer la longue durée de vie de ces composants et d'éviter les risques et les incidences sur la sécurité de ces derniers.

L'objectif de ce projet était de faire une étude mécanique du convoyeur à bande (BC-020) au niveau de la cimenterie LAFARGE M'sila, afin de constater l'analyse des différentes méthodes de fonctionnement de ce mécanisme.

D'un point de vue technique, le stage nous a permis de mettre en avant nos compétences dans notre domaine et explorer les différents éléments et leurs caractéristiques, caractéristiques du produit transporté, débit de matière souhaité, caractéristiques de l'installation et les différentes dimensions de chaque élément, pour assurer les critères d'optimisation disponibles de ce convoyeur.

Concernant la gestion de la maintenance et de la sécurité de ce convoyeur, nous avons dévoilé les plans, les méthodes et outils de la maintenance, pour minimiser les degrés de défaillance et de la dégradation des organes mécanique d'une part et d'augmenter la durée de vie du système d'autre part.

Les instructions et les consignes de la sécurité doit être respecté pour éviter les accidents dans l'entreprise, nous devons aussi faire attention à tous les appareils et tous les éléments de protection, qui jouent un rôle très important pour assurer la sécurité

Néanmoins nous avons analysé les paramètres concrets des convoyeurs qui entrent en action dans la réalisation du facteur de traction à savoir la tension au point de sortie, l'angle d'enroulement, l'état de surface du tambour moteur et la disposition du transporteur ce qui reste à notre avis insuffisant car on n'intègre pas les conditions d'exploitation telle que l'humidité de la charge à transporter et la température ambiante.

D'une manière générale nous pouvons fixer que le transporteur à bande et une installation complexe et les facteurs qui agissent sur la qualité de son fonctionnement à moindre pannes et cout sont multiples ce dernier exige une surveillance continue et un entretien des plus rigoureux.

Références bibliographiques

- [1] H. BREIDENBACH, Conveyor Belt Technique Design and Calculation, NETHERLANDS, 1983.
- [2] A. BELHAMRA, Amélioration des conditions d'exploitation des convoyeurs à bande, université BADJI MOKHTAR d'Annaba, Thèse de Doctorat d'Etat, 2015, 155 pp.
- [3] Meziane Ridha, Étude mécanique et électrique d'un convoyeur à bande afin d'augmenter sa charge, mémoire de Master en Électrotechnique, Université Abderrahmane Mira-Bejaia, Algérie, 2013, 108 pp.
- [4] CHEKKAF Z., GHEZOUANI M., Étude, analyse et synthèse d'un convoyeur à bande cas SCIBS Beni saf, mémoire de Master en Construction mécanique, Université Boubaker Belkaïd Tlemcen, Algérie, 81 pp.
- [5] Léon Dubois, Lafarge Coppée. 150 ans d'industrie, Paris, Belfond, 1988, 324 pp.
- [6] Dominique Barjot, « Lafarge : l'ascension d'une multinationale à la française [1833-2005] », Relations internationales, 124, octobre 2005, 51-67 pp.
- [7] D. Barjot, « Un leadership fondé sur l'innovation, Colas : 1929-1997 », Trajectoires technologiques, Marchés, Institutions.
- [8] Jung-yeon Lee, Lafarge 1946-1974, mémoire de maîtrise d'histoire, Université Paris-Sorbonne (Paris IV), septembre 2004, 331 pp.
- [9] Peter Lang, Les pays industrialisés, XIXe-XXe siècles, Bern, 2001, 273-296 pp.
- [10] Cimenterie LAFARGE, Manuelle de la cimenterie Lafarge de Hammam Dalaa à M'sila, 1994
- [11] Alexander P., Blandine A., Formation « ciment », Lafarge, 2009, 63 pp.
- [12] F. V. Hetzel and R. K. Albright, Belt conveyors and belt elevators, New York, London, 1941.
- [13] G. M. Metcalfe, G. A. R. Prentice, Conveyor Belting in Canada, Canadian Mining Journal, no. 3, 1958.
- [14] A. Lopatin, Opisanie razrabotki zolotykh priiskov posredstvom peskovoza, Irkoutsk, 1960.
- [15] Peskovozy dlya razrabotki zolotykh promyslov, Gazeta Vostotchnoi Sibiri « Amour », Irkoutsk, n° 1, 1861.
- [16] A. A. Ostrometski, Otcherki po istorii rousskoi gornoi mekhaniki, Ougletekhizdat, 1953.
- [17] P. N. Goulenkov, Primenenie transporterov pri otkrytykh razrabotkakh, Ougol. Moscow, n° 110, 1934.

- [18] N. V. Berezin, B. Ia. Finkelchtein, *Podemno-transportnye mashiny*, Mashgiz, Moskva, 1951.
- [19] Faddeev B. V. Historique de l'utilisation des convoyeurs à bande dans les travaux miniers, *histoire des sciences*, tome 24, n°1, 1971. 61-66 pp.
- [20] DUNLOB, Constructeur de bandes pour convoyeurs, site *internet* : www.Dunlop.com, consulter le 22 Fevrier 2019.
- [21] L. Melco, *Informations techniques pour l'étude et la conception des convoyeurs à bande*, 2015, 88 pp.
- [22] Latreche kaddour ,boumagouda loubna, *Conception d'un convoyeur à bande*, thème de master, 2011, 65 pp.
- [23] DIN22101, *Continuous conveyors-Belt conveyors for loos bulk materials-Basics for calculation and dimensioning*, 1982.
- [24] DIN22101, *Continuous conveyors-Belt conveyors for loos bulk materials-Basics for calculation and dimensioning*, 1982, 88 pp.
- [25] K. LATRECHE, L. BOUMAGOUDA, *Conception d'un Convoyeur à Bande*, Université Larbi Tébéssi de Tébessa, mémoire de master, 2016, 82 pp.
- [26] Groupe RULMECA, *Rouleaux et composants pour manutention de produits en vrac*, 3ème édition, 2014, 307 pp.
- [27] Rawdha Kessentini, *Contribution à l'étude du comportement des bandes de convoyeurs soumises à des sollicitations opérationnelles*, Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay; Ecole Nationale d'ingénieurs de sfax (ENIS), 2018, 178 pp.
- [28] SEHONOU M. Emile, *Etude, fabrication et installation d'un convoyeur à bande sous l'ATM de correction du broyeur à cru*, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Mémoire d'ingénieur 2017, 145 pp.
- [29] Zied Hasni, Mahrez Mekni, *Dimensionnement et conception d'un convoyeur à bande*, mémoire d'ingénieur, Université de JENDOUBA, Tunis, 2017, 76 pp.
- [30] Khaoula Jellouli, *Dimensionnement d'un convoyeur a bande : paramètres à prendre en compte pour l'étude et la conception du convoyeur à bande*, *informations techniques*, 2014, 58 pp.
- [31] Rouam Mohammed, *Conception d'un convoyeur à bande*, rapport de projet, École nationale supérieure d'arts et métiers, Paris, 2013, 37 pp.
- [32] Bencri Khoudir, Amghar Aghilas, *Etude et dimensionnement d'un convoyeur à bande*, mémoire de master, Université Abderrahmane Mira, Bejaia, 2012, 107 pp.
- [33] D. Roessner. *Contribution à l'étude du comportement mécanique des carcasses textiles de bandes transporteuses : optimisation de la jonction*. PhD thesis, Université de Haute Alsage, 2010, 105 pp.

- [34] Pozychnich E.K., Pozychnich K.P. Calcul de convoyeur à bande, manuel d'étude, Khabarovsk, Russie: FESTU, 2006, 66 pp.
- [35] A. B. Kapranova, I.I. Verloka, M.N. Bakin, P.A. Yakovlev, Methode de calcul du convoyeur à courroi pour mélange d'appareil avec de la bande mobile, DOI : 10.17277 / vestnik.2017.04, 626-634 pp.
- [36] Kozhushko, G. G. Calcul et conception de convoyeurs à bande, manuel pédagogique, Ekaterinburg, Ed. Ural University, 2016, ISBN 978-5-7996-1836-0, 232 pp.
- [37] Spivakovskiy A.O., D'yachkov V.K. Transportiruyushchiye mashiny [Transporting machines], Moscow: Mashinostroenie, (In Russ.), 1983, 487 pp.
- [38] Brus I.D., Turayev N.S. Raschet lentochnogo transportera [Calculation of a belt conveyor], Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo instituta, (In Russ.), 2008, 21 pp.
- [39] Pozynich Ye.K., Pozynich K.P. Raschet lentochnogo konveyyera [Calculation of a conveyor belt], Khabarovsk: Izdatel'stvo (In Russ.), DVGUPS, 2006, 66 pp.
- [40] Ben mansour Walid, Conception d'un convoyeur à bande, Mémoire de master professionnel, Université de Tunis, 2013, 48 pp.
- [41] Abdelaziz Dahammou, Etude critique des convoyeurs à bande Et dimensionnement de la transporteuse, Ecole National de l'Industrie Minérale (E.N.I.M), Rapport de stage, 2011, 64 pp.
- [42] R. Kessentini, O. Klinkova, H.Jrad, and I.Tawfiq et M. Haddar, Méthodologie de caractérisation hydrique d'une bande de convoyeur en matériau composite. In Journées Nationales sur les Composites 2017.
- [42] Spivakovskiy A.O., D'yachkov V.K. Transportiruyushchiye mashiny [Transporting machines], Moscow: Mashinostroenie, (In Russ.), 1983, 487 pp.
- [43] Tarasov Y. D. Perspectives d'utilisation et caractéristiques du calcul des convoyeurs avec ruban adhésif suspendu, Actualités des universités, Journal de montagne, № 4, 2002.
- [44] Tarasov Y. D. Consommation d'énergie réduite lors du transport et usure des roulements à rouleaux des convoyeurs avec ruban adhésif suspendu, Machines minières et automatisation, № 1, 2003.
- [45] A. V. Zatonsky, Modele dynamique spatial de convoyeur à courroie multiples, DOI : 10.24143/2072-9502-2017-4, 99-110 pp.
- [46] Vasilev K. A., Nikolaev A. K., Sazonov K. G. Transportnye mashiny i oborudovanie shakht i rudnikov [Transportation machinery and equipment for mines and ore workings], Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2012. 544 pp.

- [47] Shakhmeister L. G., Dmitriev V. G. Teoriia i raschet lentochnykh konveierov [The theory and analysis of belt conveyors]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1987. 336 pp.
- [48] Zatonskii A. V. Teoreticheskii podkhod k upravleniiu sotsial'no-tekhnicheskimi sistemami [Theoretical approach to the management of social and technological systems]. Programmnyyeprodukty i sistemy, 2008, no. 1, 29-32 pp.
- [49] Volkov R.A., Gnutov A.N., Dyachkov V.K. et al., Convoyeurs, Ed. Mashinostroenie, Leningrad, 1984, 367 pp.
- [50] Leonid Baraulya, Convoyeur à bande, rapport de projet, Bryansk, 2007, 40 pp.
- [51] Nanba, Conception de convoyeur à bande, ASTU, Russie, 2011, 78 pp.
- [52] jean heng : pratique de la maintenance préventive. Mécanique, pneumatique, hydraulique, électricité, froid. Édition Paris, 2002, 221 pp.
- [53] J. C. Francastel, La fonction maintenance : de l'expression à la satisfaction du besoin, AFNOR, 1999, 67 pp.
- [54] Vernier, François Monchy Jean-Pierre. "MAINTENANCE Méthodes et organisations, 3ème édition, Dunod, 20015, 89 pp.
- [55] Monchy, François, Maintenance, Méthodes et Organisation, Dunod, Paris, 2000, 189 pp.
- [56] Dispositifs de protection des convoyeurs, Ontario Ed. Ministère du Travail, ISBN 978-1-4868-0197-8, 2017, 134 pp.
- [57] Serge Massé, Sécurité des convoyeurs à courroie ISBN 2-550-41346-6 Québec, 2004, 121 pp.
- [58] F. L. Smidth, Catalogue d'instruction de convoyeur (BC-020), Montage, fonctionnement et maintenance, Edition LAFARGE, Paris, 2009, 45 pp.
- [59] Lafarge ciment, centre technique, Sécurité des convoyeurs à bande, juin 2007, 8 pp.
- [60] françois monchy, Recommandations : sécurité des convoyeurs à bande, Sécurité – transporteurs 28 mars 2005, 26 pp.

LISTE DES FIGURES

| Figures | Chapitre I | Pages |
|-----------------|--|--------------|
| Fig.I.1 | Cimenterie Lafarge de Hammam Dalaa à M'sila | 4 |
| Fig.I.2 | Position géographique de LAFARGE M'sila | 7 |
| Fig.I.3 | Schéma de fabrication du ciment | 8 |
| Fig.I.4 | Schéma de principe d'un convoyeur à bande | 11 |
| Fig.I.5 | Composants des tambours | 12 |
| Fig.I.6 | Tambour | 13 |
| Fig.I.7 | Tambours de contrainte | 13 |
| Fig.I.8 | Fixation des rouleaux sur la station-support | 14 |
| Fig.I.9 | Rouleaux porteurs inférieurs | 14 |
| Fig.I.10 | Système auto-réglant | 15 |
| Fig.I.11 | Système de tension fixe | 16 |
| Fig.I.12 | Système de chargement | 16 |
| Fig.I.13 | Capot pour convoyeur | 17 |
| Fig.I.14 | Châssis utilisé dans le transport des produits | 17 |
| Fig.I.15 | Vue générale du convoyeur à bande | 18 |
| Fig.I.16 | Convoyeur à bande | 19 |
| Fig.I.17 | Convoyeur à bandes métalliques | 20 |
| Fig.I.18 | Convoyeur à bandes textile | 20 |
| Fig.I.19 | Bande en textile | 20 |
| Fig.I.20 | Convoyeur à raclette | 21 |
| Fig.I.21 | Bande magnétique | 22 |
| Fig.I.22 | Convoyeur à chaîne | 22 |
| Fig.I.23 | Convoyeur à rouleaux libres | 23 |
| Fig.I.24 | Convoyeur à rouleaux conique | 24 |

| Figures | Chapitre II | Pages |
|-----------------|--|--------------|
| Fig.II.1 | Convoyeur à bande BC-020 | 26 |
| Fig.II.2 | Bande à plis textiles | 28 |
| Fig.II.3 | Fixation des rouleaux sur la station-support | 29 |

| | | |
|------------------|--|-----------|
| Fig.II.4 | Rouleurs porteurs inférieurs | 30 |
| Fig.II.5 | Châssis utilisé dans le transport des produits | 30 |
| Fig.II.6 | Tambours du convoyeur | 31 |
| Fig.II.7 | Dessin descriptif de la tourelle pour contre poids | 32 |
| Fig.II.8 | Tourelle pour contrepoids | 33 |
| Fig.II.9 | Système de transmission d'énergie | 34 |
| Fig.II.10 | Système de chargement | 35 |
| Fig.II.11 | Système de déchargement | 35 |
| Fig.II.12 | Dessin descriptif du capot pour convoyeur (BC-020) | 36 |
| Fig.II.13 | Capots pour convoyeur | 36 |
| Fig.II.14 | Étapes d'une analyse de type | 37 |
| Fig.II.15 | Analyse des défaillances d'un convoyeur dans la carrière | 39 |
| Fig.II.16 | Analyse des défaillances du convoyeur dans l'entreprise | 39 |
| Fig.II.17 | Coupe de la bande transporteuse | 40 |
| Fig.II.18 | Description des sollicitations de la bande transporteuse | 43 |
| Fig.II.19 | Profil à hauteur variable | 44 |
| Fig.II.20 | Problème type de l'entraînement habituel | 47 |
| Fig.II.21 | Chaîne cinétique de réducteur | 48 |

| Figures | Chapitre III | Pages |
|-------------------|--|--------------|
| Fig.III.1 | Débordements de matières | 53 |
| Fig.III.2 | Émissions de poussières | 53 |
| Fig.III.3 | Système de raclage a) primaire b) secondaire | 54 |
| Fig.III.4 | Tambour avec revêtement | 55 |
| Fig.III.5 | Types de rouleaux | 57 |
| Fig.III.6 | Longueur des rouleaux | 57 |
| Fig.III.7 | Longueur des rouleaux retour | 58 |
| Fig.III.8 | Rouleaux d'auge d'impact | 58 |
| Fig.III.9 | Rouleaux d'impact | 58 |
| Fig.III.10 | Rouleaux porteurs – angle d'auge | 58 |
| Fig.III.11 | Distance de transition | 59 |

| Figures | Chapitre IV | Pages |
|------------------|---|--------------|
| Fig.IV.1 | Lame racleuse droite | 63 |
| Fig.IV.2 | Disposition de Lame racleuse | 63 |
| Fig.IV.3 | Nettoyeur primaire | 64 |
| Fig.IV.4 | Nettoyeur secondaire | 64 |
| Fig.IV.5 | Protection du contre poids | 65 |
| Fig.IV.6 | Arrêt d'urgence à coup de poing | 66 |
| Fig.IV.7 | Arrêt d'urgence à câble | 66 |
| Fig.IV.8 | Contrôleur de rotation sur un tambour | 67 |
| Fig.IV.9 | Déport bandes | 67 |
| Fig.IV.10 | Carters de protection du tambour de queue | 68 |
| Fig.IV.11 | Barreaux d'un doseur | 68 |

LISTE DES TABLEAUX

| Tableaux | Chapitre I | Pages |
|--------------------|---------------------------------------|--------------|
| Tableau I.1 | Transporteurs de grand franchissement | 10 |

| Tableaux | Chapitre II | Pages |
|---------------------|--------------------------------------|--------------|
| Tableau II.1 | Facteur d'évaluation de la criticité | 38 |

| Tableaux | Chapitre III | Pages |
|----------------------|---|--------------|
| Tableau III.1 | critères de sélection du diamètre de tambour | 56 |
| Tableau III.2 | critères de sélection de la longueur du tambour | 56 |
| Tableau III.3 | Longueur de rouleau | 57 |
| Tableau III.4 | Longueur du rouleau retour | 58 |
| Tableau III.5 | Distance de transition | 59 |

| | | |
|----------------------|-------------------------------------|-----------|
| Tableau III.6 | Largeurs des bandes normalisées | 60 |
| Tableau III.7 | Vitesse maximale | 60 |
| Tableau III.8 | Débit volumique (m ³ /h) | 61 |

| Tableaux | Chapitre IV | Pages |
|---------------------|----------------------------------|--------------|
| Tableau IV.1 | Critères de distance de sécurité | 69 |

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- (BC-020)** Convoyeur à bande dans la cimenterie LAFARGE qui référencé (BC-020)
- AMDEC** Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
- (CR)** contrôleur de rotation
- (BCI)** Blue Cercle Industries