

---

# MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

*Pour l'Obtention du*

## Diplôme de Licence Sciences et Techniques Spécialité : Conception et Analyse Mécanique

*Le remplacement d'un system de transport pneumatique de la farine (ballon air left+surpresseur) par un transport mécanique (élévateur a godets)*

*Présenté par :*

- **SERRHINI MOHAMMED**
- **EL KHOUMSSI ZAKARIYA**

*Encadré par :*

- **TOUACHE ABDELHAMID, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès**
- **TENNANI MOSTAPHA, Encadrant de la société LAFARGE Ciment**

*Effectué à : LAFARGE Meknès*

*Soutenu le : 15/06/2012*

**Le jury :**

- **Mr. TOUACHE ABDELHAMID, FST Fès**
- **Mr. EL HAKIMI ABDELHADI, FST Fès**
- **Mr. TENNANI MOSTAPHA, LAFARGE Meknès**

**Année Universitaire : 2011-2012**

## Table des matières

Introduction .....	3
Le plan à suivre .....	4
<b>Chapitre 1 : PRESENTATION DU GROUPE LAFARGE</b>	
<b>I. Le Groupe LAFARGE .....</b>	<b>6</b>
1. Présentation : .....	6
2. Organisation de groupe LAFARGE : .....	6
<b>II. LAFARGE MAROC .....</b>	<b>7</b>
1. Présentation : .....	7
<b>III. LAFARGE MEKNES .....</b>	<b>7</b>
1. Dates et chiffres clés : .....	7
2. Equipements : .....	8
3. Organigramme de Lafarge MEKNES : .....	8
4. Produits fabriqués : .....	9
<b>Chapitre 2 : PROCESSUS DE FABRICATION DE CIMENT</b>	
1. La carrière : .....	11
2. Le concassage : .....	12
3. Pré homogénéisation : .....	13
4. Broyage cru : .....	14
4.1 Extraction : .....	14
4.2 Ajouts : .....	14
4.3 Broyage : .....	14
4.4 Homogénéisation : .....	15
5. Cuisson : .....	15
5.1 La pré-calcination : .....	15
5.2 La clinkérisation : .....	15
5.3 Le refroidissement : .....	17
6. Broyage cru : .....	17
7. Ensachage : .....	19
<b>Chapitre 3 : DESCRIPTION DU SYSTEME DE TRANSPORT PNEUMATIQUE ET PROBLEMATIQUE</b>	
<b>I. TRANSPORT PNEUMATIQUE .....</b>	<b>21</b>
1. Description surpresseur : .....	21
2. Caractéristiques techniques : .....	21
3. Fonction du surpresseur : .....	22
<b>II. LES FREQUENTS PROBLEME DU SURPRESSEUR .....</b>	<b>23</b>
1. Moyen de la consommation annuelle du surpresseur .....	24
1.1 Pièces de rechange : .....	24
1.2 Consomation energetique : .....	25
<b>Chapitre4 : PROPOSITION DE SOLUTIONS ET ETUDE DE LA SOLUTION RETENU</b>	
<b>I. Structure de l'élévateur.....</b>	<b>27</b>
1. Composition d'élévateur : .....	27
2. Fonctionnement d'élévateur : .....	27

3. L'état actuel d'ancien élévateur .....	27
II. Estimation de la consommation annuelle de l'élévateur .....	27
1. Pièces de rechange : .....	27
2. Consommation énergétique : .....	29
3. Table comparatif (suppresseur / élévateur) : .....	29
III. Proposition de solution .....	29
1. Solution 1 : .....	30
2. Solution 2 : .....	30
3. Solution 3 : .....	30
4. Conclusion : .....	30
IV. Présentation détaillée de la solution .....	30
1. Choix du système poulie – courroies : .....	31
1.1. Section des courroies : .....	31
1.2. Diamètre des poulies: .....	31
1.3. Longueur des courroies : .....	33
1.4. Calculer l'entraxe réel: .....	33
1.5. Calcul du nombre de courroies : .....	33
1.6. Tension des courroies : .....	34
1.7. Choix de poulie : .....	35
2. Le choix du contre arbre : .....	36
3. Vérification de la RDM sur l'arbre : .....	36
3.1. Calcule des efforts tranchants : .....	36
3.2. Contrainte de cisaillement est : .....	37
3.3. Condition de la résistance et rigidité : .....	38
4. Le choix des roulements : .....	38
5. Choix des paliers : .....	38
<b>Chapitre 5 : Montage et démontage d'élévateur circuit clinker</b>	
1. Sécurité: .....	40
2. Outillage.....	41
3. Besoin en main d'œuvre et outils externe .....	42
4. Besoin en articles : .....	42
5. Phases d'opérations : .....	43
Nb : montage des courroies .....	43
<b>Conclusion</b> .....	48

## Introduction

Avec le développement de la concurrence dans le secteur cimentier, la réduction du coût de revient est devenu un très grand souci qui oblige une telle industrie à engager tout les efforts pour mener un développement durable et pertinent à tous les niveaux. On se doit alors une politique d'efficacité afin de maîtriser le processus de production et le flux énergétique, tout en préservant la majorité de la clientèle du ciment.

A cet effet, LAFARGE engage tout son personnel en collaboration avec les étudiants chercheurs des facultés et des écoles supérieures, à mettre la main ensemble sur des nouveaux projets innovants qui apportent à l'entreprise un bénéfice ou sur des recherches pour éviter les ruptures des travaux et assurer par la suite une continuité de productivité à meilleure qualité, à moindre coût et avec plus de bénéfice.

Dans ce cadre notre travail à effectuer, est la description du transport pneumatique, de ses modules et composants ; et de comprendre le fonctionnement de chaque module faisant partie de ce transport.

En deuxième lieu on passe au calcul de différents paramètres entrants dans le redimensionnement d'un enceinte élévateur à godets avec chaîne du circuit clinker.

Une fois ces tâches achevées, nous passerons au dessin du système de doublement de la vitesse motrice et en suite de tout l'élévateur en catia V5 et AutoCAD.

Cet enchaînement de travail sera détaillé selon le plan suivant.

## Le plan du rapport à suivre

### **Chapitre 1 : Présentation de LAFARGE-MAROC, usine de Meknès :**

On se penchera dans cette partie sur la présentation du secteur cimentier au Maroc, son historique, défis et ses intervenants, en se focalisant en suite sur le groupe LAFARGE-MAROC et plus précisément sur l'usine de Meknès.

### **Chapitre 2 : La fabrication du ciment :**

Ce chapitre sera consacré à la présentation de la chaîne de production du ciment, les différentes étapes et systèmes qui entrent dans sa fabrication.

### **Chapitre 3 : description du système existant :**

Nous allons découvrir, à travers ce chapitre, le système de transport pneumatique sa composition (ballon air-left, suppresseur et filtre), son fonctionnement et sa consommation en terme énergétique les pièces de rechange et l'entretien.

### **Chapitre 4 : l'élévateur à godets avec chaîne :**

On y verra la proposition de la mise en marche de l'enceint élévateur circuit clinker les problèmes à résoudre et obstacles que nous avons affronté, les méthodes et les calculs assurant le fonctionnement adéquat après installation de notre élévateur.

## Chapitre 1 : PRESENTATION DU GROUPE LAFARGE



## I. Le Groupe LAFARGE

### 1. Présentation :

Créé en 1833, le Groupe Lafarge est aujourd'hui le leader mondial des matériaux de construction :

N°1 : mondial du Ciment et de la toiture.

N°2 : des Granulats & Béton.

N°3 : du Plâtre.

En 2010, le groupe, fort de 76 000 collaborateurs et d'un chiffre d'affaires de 16 169 millions d'euros, est présent dans 78 pays. La croissance de Lafarge a été particulièrement forte dans les pays en développement.

### 2. Organisation de groupe LAFARGE :

Assurer la cohésion d'un grand groupe mondial présent dans 75 pays, favoriser les échanges de bonnes pratiques tout en laissant aux unités opérationnelles une large autonomie : tels sont les objectifs de l'organisation du groupe Lafarge.

Le groupe Lafarge est organisé en trois niveaux :

#### ➤ Le « corporate » :

Le corporate est le siège du groupe. Il comprend la direction générale, le comité exécutif et l'ensemble des directions fonctionnelles. Il est le garant des stratégies à long terme du groupe, de ses valeurs, de son identité et de sa culture de la performance.

#### ➤ Les « branches » :

L'activité du groupe Lafarge est répartie entre quatre branches : Ciment, Granulats & Béton, toiture et Plâtre, chacune regroupant au plan mondial, l'ensemble des unités de son domaine d'activité.

Les branches ont la responsabilité de l'amélioration de la performance et de la réussite à long terme de leurs activités. Elles ont un rôle critique à jouer pour entraîner les unités vers une performance accrue.

Actuellement, Lafarge est plus que jamais leader mondial incontesté des matériaux de construction dans les quatre branches :

- ❖ Le ciment : (47% du chiffre d'affaire et 38200 collaborateurs).
- ❖ Les granulats et bétons : (38% du chiffre d'affaire et 20100 collaborateurs).
- ❖ Toiture : (11% du chiffre d'affaire et 11700 collaborateurs).
- ❖ Plâtre : (9% du chiffre d'affaire et 6000 collaborateurs).

#### ➤ Les « unités » :

Les unités portent les activités du groupe et sont au centre de l'organisation. Une unité correspond le plus souvent à l'activité d'une branche ou d'une action définie dans un pays ou une zone géographique.

## II. LAFARGE MAROC

En 1995, Lafarge s'est associé de façon paritaire avec la Société Nationale d'Investissement (SNI) afin de créer Lafarge Maroc.

L'année 1996 a vu se réaliser un projet qui a permis à la société de devenir le pôle fédérateur d'un groupe comportant 4 cimenteries **CINOUCA**(Casablanca), **CADEM** (Meknès), **CEMENTERIE TANGER**(Tanger) et **CEMENTOS MARROQUIES**(Tétouan).

En novembre 1996 **CINOUKA** et **CADEM** fusionnent pour devenir **LAFARGE CEMENTS**. Et en janvier 2000 **TANGER** et **TETOUAN** fusionnent pour devenir **LAFARGE CEMENTOS**.

La croissance du marché du ciment dans le Nord du Maroc et la capacité limitée des deux usines de Tétouan et Tanger depuis plusieurs années, ont poussé les responsables de **LAFARGE MAROC** à construire d'une nouvelle usine sur un terrain vierge : Usine de **TETOANII**.

**LAFARGE CIMENT** n'est pas seulement une entreprise économique mais c'est aussi une entité sociale à part entière. Elle compte parmi son effectif plusieurs catégories de travailleurs avec des compétences et des qualifications diverses.

Aussi, elle cherche en permanence à maîtriser sinon à améliorer le niveau de son personnel en lui assurant des séances de formation dans des disciplines variées.

### III. LAFARGE MEKNES



Située au nord-est de la ville, **LAFARGE-CIMENT** de Meknès qui avait comme nom : **CADEM** (ciment artificiel de Meknès), assure la bonne continuité et le leadership de tout **LAFARGE MAROC** Grâce à son potentiel et à son dynamisme, en réalisant des ventes représentant environ 30% des ventes de Lafarge Maroc et 11.78 % du marché national.

#### 1. Dates et chiffres clés

**1953** : Démarrage du premier four, en voie humide, 400 t/j.

**1971** : Extension des capacités avec l'installation d'un nouveau four de 650 t/j et augmentation de la capacité broyage ciment à 650.000 t.

**1978** : Nouvelle extension du broyage ciment

**1985** : Conversion du four 1 en voie sèche avec installation d'un mini pré-calciateur.

**1993** : Nouvelle extension avec démarrage d'une seconde ligne de cuisson d'une capacité de 1.200 t/j clinker.

**1998** : Modification du pré-calciateur du four 1.

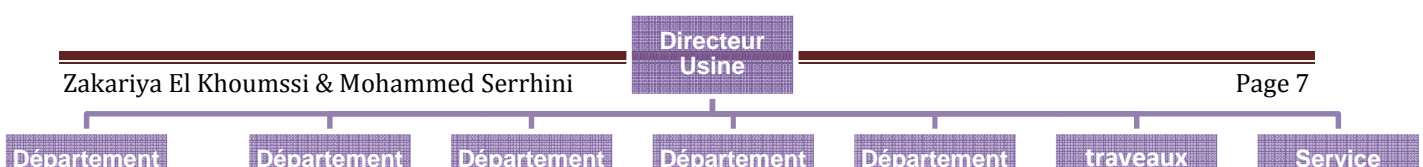
**2001** : Installation d'un nouveau broyeur ciment portant la capacité de l'usine à 1.750.000 t

**2002** : Certification ISO 14001.

#### 2. Equipements

- ❖ 2 lignes de cuisson en voie sèche avec conduite entièrement automatisée pilotée par un système expert;
- ❖ 3 broyeurs ciment d'une capacité totale annuelle de 1.750.000 tonnes.
- ❖ Laboratoire d'analyse permettant d'assurer une logique de contrôle qualité aux différentes étapes de la fabrication.
- ❖ Stockage ciment : 7 silos d'une capacité totale de 22.000 t
- ❖ Atelier d'expédition sac et vrac.
- ❖ Embranchement particulier à la voie ferrée.

#### 3. Organigramme de Lafarge MEKNES





#### 4. Produits fabriqués

- ❖ Ciment portland avec ajouts CPJ45 en sac et en vrac.
- ❖ Ciment portland avec ajouts CPJ35 en sac.



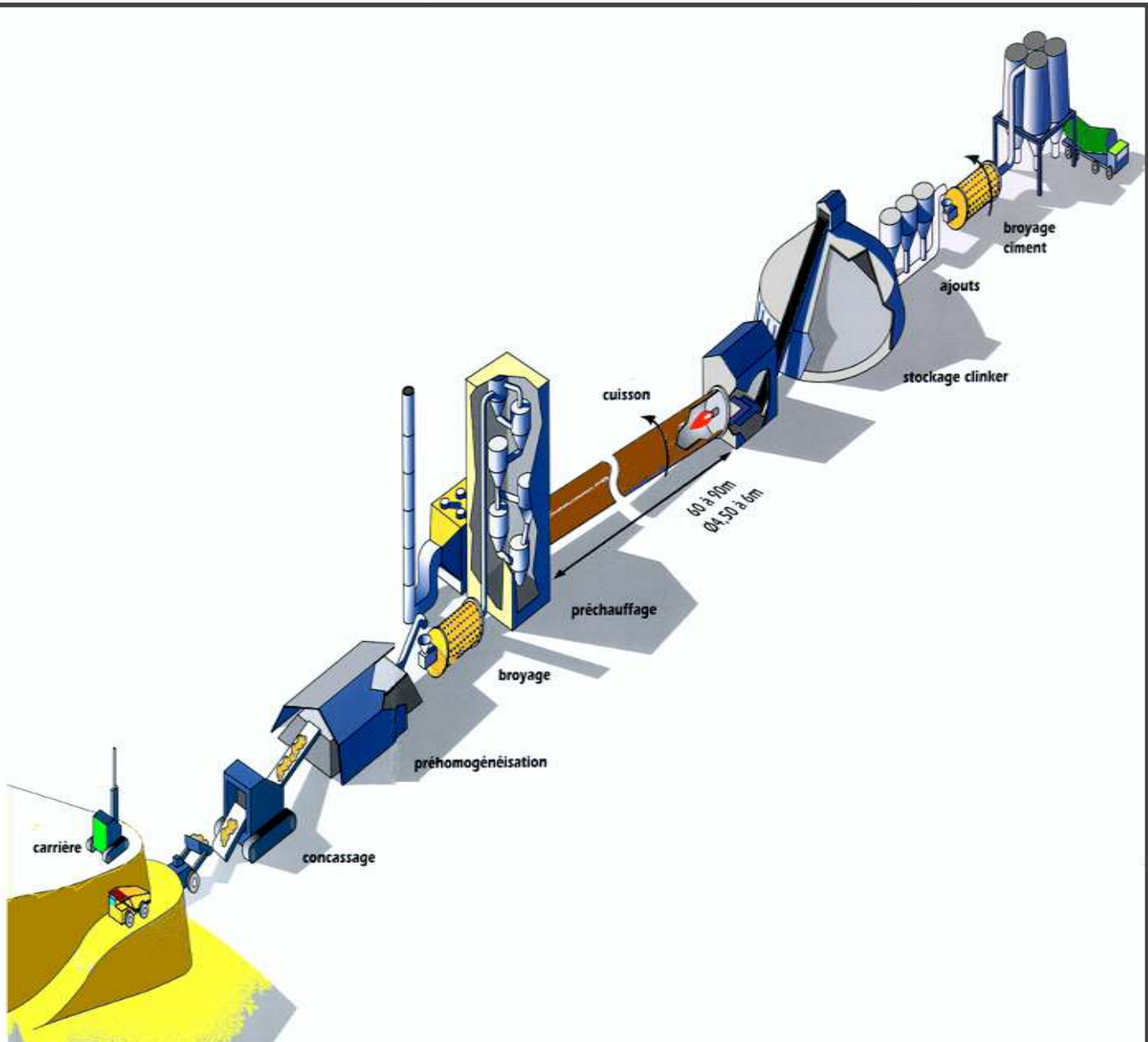
Figure2 : Ciment portland avec ajouts CPJ35 et CPJ45 en sac



## Chapitre 2

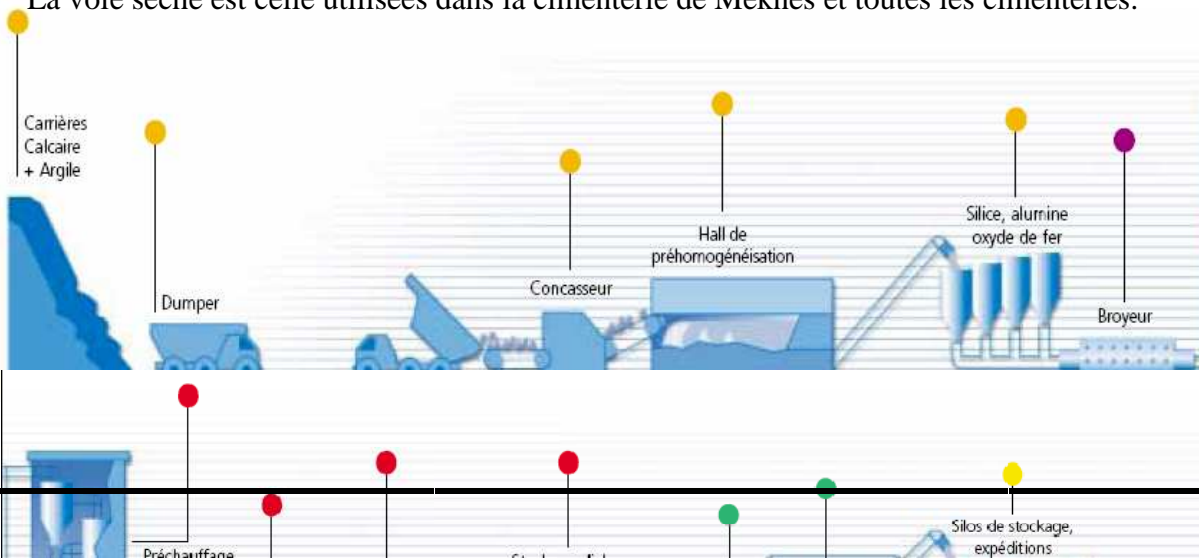
# PROCESSUS DE FABRICATION DE CIMENT





Deux procédés existent : le procédé humide et le procédé sec.

La voie sèche est celle utilisées dans la cimenterie de Meknès et toutes les cimenteries.





### Figure 3 : Processus de fabrication du ciment

La figure ci-dessus nous donne une vue globale sur le processus de fabrication du ciment. Dans ce chapitre, on va expliquer chaque étape.

#### 1. La carrière



Figure 4 : La carrière

Lafarge dispose de deux carrières actuellement en cours d'exploitation :

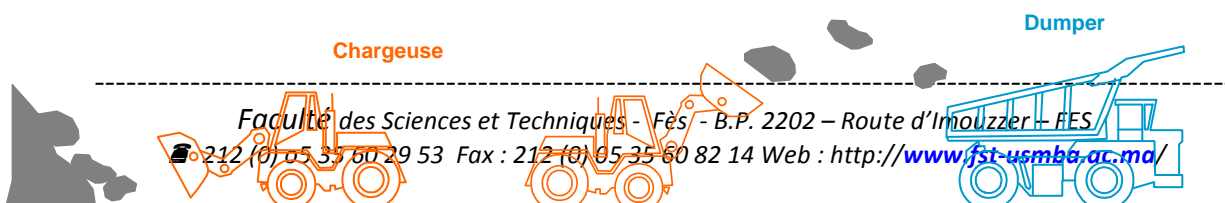
- ❖ Une carrière jouxtant l'usine, d'une superficie exploitable de 50 hectares dont les réserves sont de 4 000 000 tonnes de calcaire au-dessus de la nappe phréatique et 4 500 000 tonnes d'argiles.
- ❖ Une carrière située à 5Km de l'usine d'une superficie de 100 hectares possédant comme réserves 13 500 000 tonnes de calcaire et un tonnage infini d'argiles.

L'extraction se fait sur des fronts de hauteur de 8 à 15 mètres par abattage et tires de mines.

La carrière exploitée se comporte de deux types de calcaires : le calcaire à haut titres et le calcaire à bas titres. Le schiste est utilisé pour corriger le C3S.

L'exploitation des différentes zones de la carrière est gérée par le laboratoire et ceci afin d'avoir un mélange à caractéristiques chimiques bien précises, c'est-à-dire avec des teneurs de chaux, d'alumine, de silice et de fer déterminées, les calcaires et l'argile sont combinées à des proportions calculées par le laboratoire en se basant sur la modélisation de la carrière (généralement le titre  $Ca_2Co_3$  doit être supérieur à 75%)

La matière abattue est transportée par des dumpers de capacité de 50 tonnes ou par des camions de 40 tonnes et déversée dans le concasseur à mâchoire.





## 2. Le concassage

C'est une opération qui consiste à réduire la granulométrie de la matière première en fragments de faibles dimensions (diamètre inférieur à 120mm). Elle assure également un certain mélange des matières premières arrivant de la carrière (calcaire et schiste) ayant un débit horaire de 500 tonnes par heure.

L'usine dispose d'un concasseur HAZMAG à double rotor, implanté à la carrière Zone 4. Le produit sortie concasseur, est amené par un convoyeur à bande sur une longueur de 5Km vers les Halls du pré homogénéisation.

## 3. Pré homogénéisation

Chimiquement, les matières de carrière sont souvent variables et il s'avère nécessaire de les mélanger pour éviter les variations de composition qui ont un impact néfaste sur la cuisson. Le pré homogénéisation consiste à construire un tas par superposition de multiples couches, ce mélange sera repris perpendiculairement au sens du dépôt de façon à regrouper toutes les couches. Elle permet d'obtenir dans le produit final des quantités calcaires, argile, sable, minerai de fer donnant les performances recherchées.

Avant l'arrivée des produits concassés au stock de pré-homogénéisation, ils sont échantillonnés automatiquement par une installation prévue à cet effet avant d'être analysés. Un échantillon de 800 g est prélevé pour chaque lot de 1500 tonne.

Pour obtenir un produit homogène (mélange très intime des constituants : calcaire, argile, sable, minerai de fer) l'usine est équipée de deux installations de pré-homogénéisation polaires, de capacité totale de environ 2×18000 tonnes chacune. Le tas est constitué par des couches des matières premières à l'aide d'un manège tournant avec deux navettes.

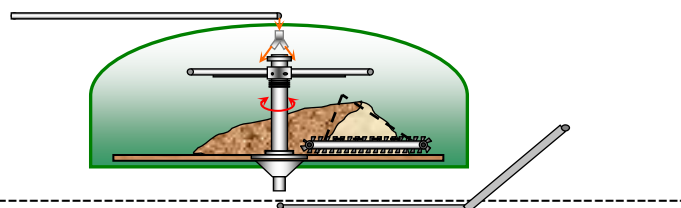
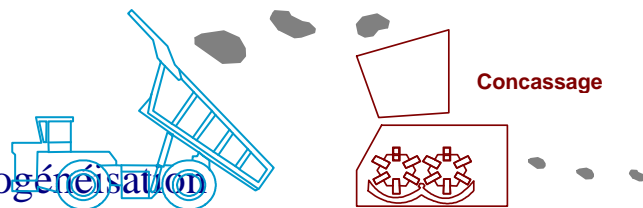




Figure 7 : Hall de pré homogénéisation polaire

## 4. Broyage cru

### 4.1 Extraction

L'extraction de la matière est faite par un gratteur (transporteur à godets), la matière est raclée par des herse au niveau de toute la surface d'attaque du tas. Ce raclage permet d'avoir un mélange homogène (appelé cru dosée) de l'ensemble des cordons réalisés lors de la constitution du tas. La matière est envoyée par un ensemble de transporteurs jusqu'à la trémie cru dosée du broyeur cru.

### 4.2 Ajouts

Pour assurer les exigences qualités dans le ciment, des matières tels le schiste, le minerai de fer et la bauxite, sont ajoutées au cru dosé de façon à atteindre les cibles qualités. Ces ajouts sont contrôlés par un Logiciel LAFARGE de contrôle de la Qualité du Mélange Cru dit QMC, la décision d'amorcer une correction est prise par QMC sur la base des analyses chimiques du cru, ces analyses sont effectuées sur des échantillons pris à la sortie du broyeur cru à intervalle régulier (2 heures). Ainsi QMC est le seul moyen pour assurer la régularité et la stabilité du cru.

### 4.3 Broyage

L'opération du broyage est assurée par deux broyeurs verticaux, chaque broyeur est munis de trois galets qui sont actionnés par des vérins hydrauliques (montée et descente) qui viennent écraser la matière sur une piste munie d'un mouvement de rotation moyennant un réducteur vertical. Le séchage et le transport de la matière broyée se font à l'aide des gaz chauds provenant du four.

Les deux BCs (Broyeurs cru) sont munis d'un séparateur dynamique. Le séparateur joue un rôle important dans le fonctionnement global de l'atelier; il n'assure pas la fonction de broyage, mais il augmente l'efficacité du broyeur : il optimise la récupération des fines poussières, permet la détermination de la taille maximale des grains dans le ciment et diminue le temps de rétention dans le broyeur, donc les risques de coating (élévation de température). Il est doté aussi d'un éliminateur d'air "triple clapet" c'est un caisson constitué de trois clapets commandés par un système hydraulique. Le fonctionnement des clapets est fait par intermittence afin d'assurer l'étanchéité.

### 4.4 Homogénéisation

Après broyage, le cru est expédié, à l'aide de deux élévateurs, vers deux silos d'homogénéisation de capacité :

- ❖ silo n°1 :7500 tonnes.
- ❖ silo n°2 :5000 tonnes.

Ces silos sont équipés de neufs aéroglisseurs qui fonctionnent par groupe de trois à la fois, pour alimenter les fours avec un cru de composition chimique constante dans le temps.



## 5. Cuisson

La cuisson du cru est l'opération fondamentale de la préparation du ciment. Elle est effectuée dans deux fours rotatifs (inclinés de 5°) munis d'un pré chauffeur à 4 étages de cyclones et d'une pré-calcination.

### Les étapes de la cuisson

L'opération commence par l'évaporation de l'eau que le mélange cru contient et se poursuit par la décarbonatation. Le préchauffage se fait dans une série de cyclones, disposés verticalement sur plusieurs étages, appelée "préchauffeur". La matière froide, introduite dans la partie supérieure, se réchauffe au contact des gaz. D'étage en étage, elle arrive partiellement décarbonatée, jusqu'à l'étage inférieur, à la température d'environ 800°C.

#### 5.1 La pré-calcination

Elle se fait dans le pré-calciateur placé entre le préchauffeur et le four. La décarbonatation commencée dans le préchauffeur se fait pour l'essentiel dans le pré-calciateur et se termine dans le four. Cette opération, qui s'effectue à des températures entre 650 et 900°, permet de libérer le gaz carbonique pour obtenir la chaux nécessaire à la fabrication de clinker.

#### 5.2 La clinkérisation

Cette opération a lieu dans le four. Portés à haute température, entre 1450 et 1550°, la rotation et l'inclinaison du four de 5° font progresser la matière. La clinkérisation commence vers 1200 °C pour culminer à 1450 °C, nous y distinguerons deux grandes étapes :

- ❖ Les combinaisons avec formation de phase liquide.
- ❖ Réactions à l'état solide.

La chaux, l'alumine, la silice et l'oxyde de fer, apportés par les matières premières, se combinent entre eux pour former les nouveaux composés chimiques qui entrent dans la composition minéralogique du clinker. Après refroidissement, le clinker se présente sous la forme de granules d'environ 2 cm de diamètre.



Figure 8 : Four rotatif 1

Lafarge-Meknès dispose de deux fours rotatifs légèrement inclinés dont les caractéristiques sont les suivantes :

	Longueur	Diamètre	Pente	débit	
Les	Four 1	93m	3.75m	5°	1800t/j
	Four 2	64m	4m	5°	1200t/j

combustibles utilisés sont le coke de pétrole et les pneus déchiquetés ; Le coke est introduit au niveau du four par l'intermédiaire d'une tuyère type « HI LAFARGE » (tuyère LAFARGE à haute impulsion), Par contre les pneus sont utilisés comme combustible de substitution incinérée à l'amont du four.



L'opération de cuisson demande une consommation énergétique de l'ordre de 860 Kcal par kilogramme de clinker, cette énergie est charriée le long du four rotatif par les gaz de combustion à contre courant de la farine.

La marche des deux fours est commandée depuis la salle centrale.

### 5.3 Le refroidissement

La première fonction du refroidisseur est d'assurer une trempe rapide des granules de clinker à fin de fixer les minéraux qui contribuent à ses propriétés hydrauliques. La deuxième fonction est le refroidissement du clinker est ceci dans le but de protéger les équipements en aval (broyeur clinker...). La récupération de l'énergie thermique du clinker est la troisième fonction demandée au refroidisseur.

Le refroidisseur four1 est à deux grilles. Par contre le refroidisseur four2 à une seule grille. La grille est munie d'un mouvement alternatif avant-arrière assurant l'avancement du clinker. Le soufflage de l'air de refroidissement est assuré par des ventilateurs, qui après passage au travers de la couche de clinker se répartit en deux flux :

- ❖ air secondaire chaud qui sert d'air de combustion au niveau du four rotatif.
- ❖ air tertiaire chaud acheminé au pré-calcaire pour servir d'air de combustion.

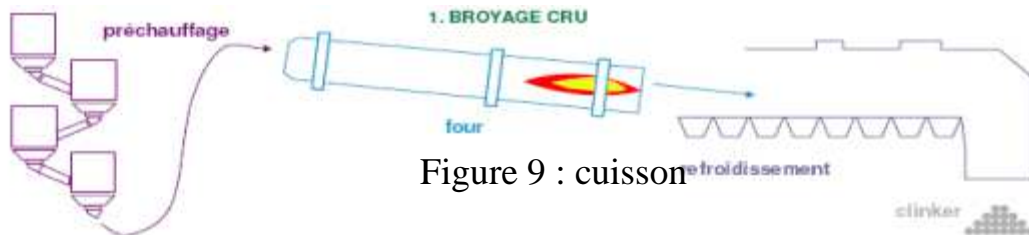


Figure 9 : cuisson et refroidissement

## 6. Broyage cru

Une fois le clinker est refroidi, il est stocké dans un hall de capacité de 20000T, équipé de deux ponts roulants.

Pour fabriquer le ciment, le clinker est broyé avec des matières d'ajouts qui sont le gypse et le calcaire. L'usine dispose de trois ateliers de broyage nommés BK3, BK4 et BK5.

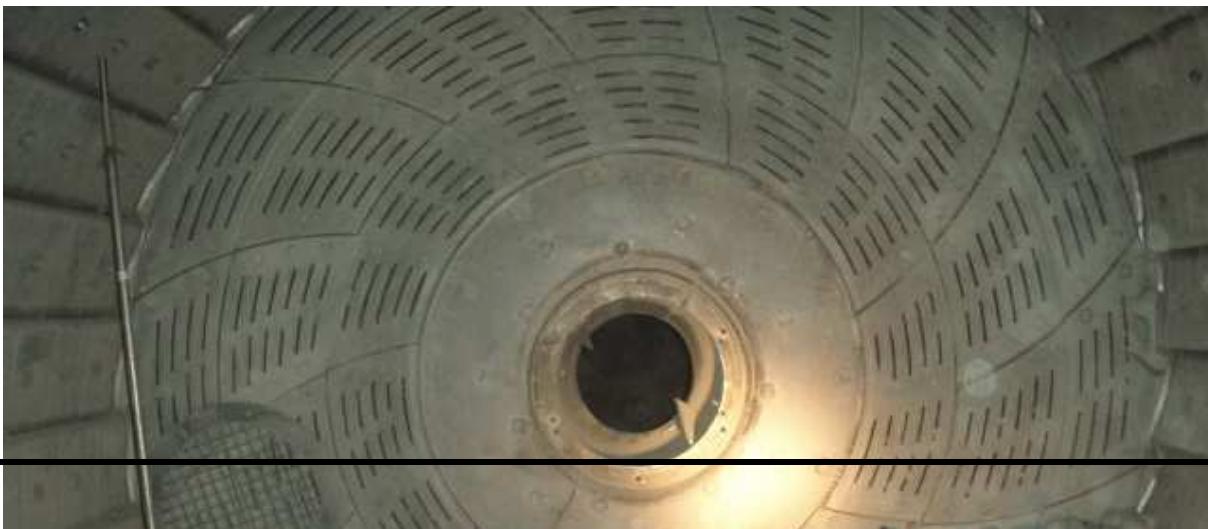




Figure9 : l'intérieur du BK3 (broyeur à boulets)

Le ciment est ensuite stocké dans six silos dont les capacités de stockage sont les suivantes :

- ❖ deux silos de 4800 t chacun.
- ❖ quatre silos de 1800 t chacun.



Figure 10 : broyage cru et cuisson

## 7. Ensachage

Après la mise en stock de ciment, vient la dernière partie de tout ce grand cycle de production et qui est la mise en sac du produit.

L'ensachage du ciment est assuré par deux ensacheuses rotatives « HAVER » à huit becs de débit 80 t/h chacune, et par trois ensacheuses en ligne « BATER » en ligne de débit 40 t/h chacune.

L'expédition du ciment se fait par camion ou voie ferrée. Selon la qualité, le ciment est livré soit en vrac soit en sacs.

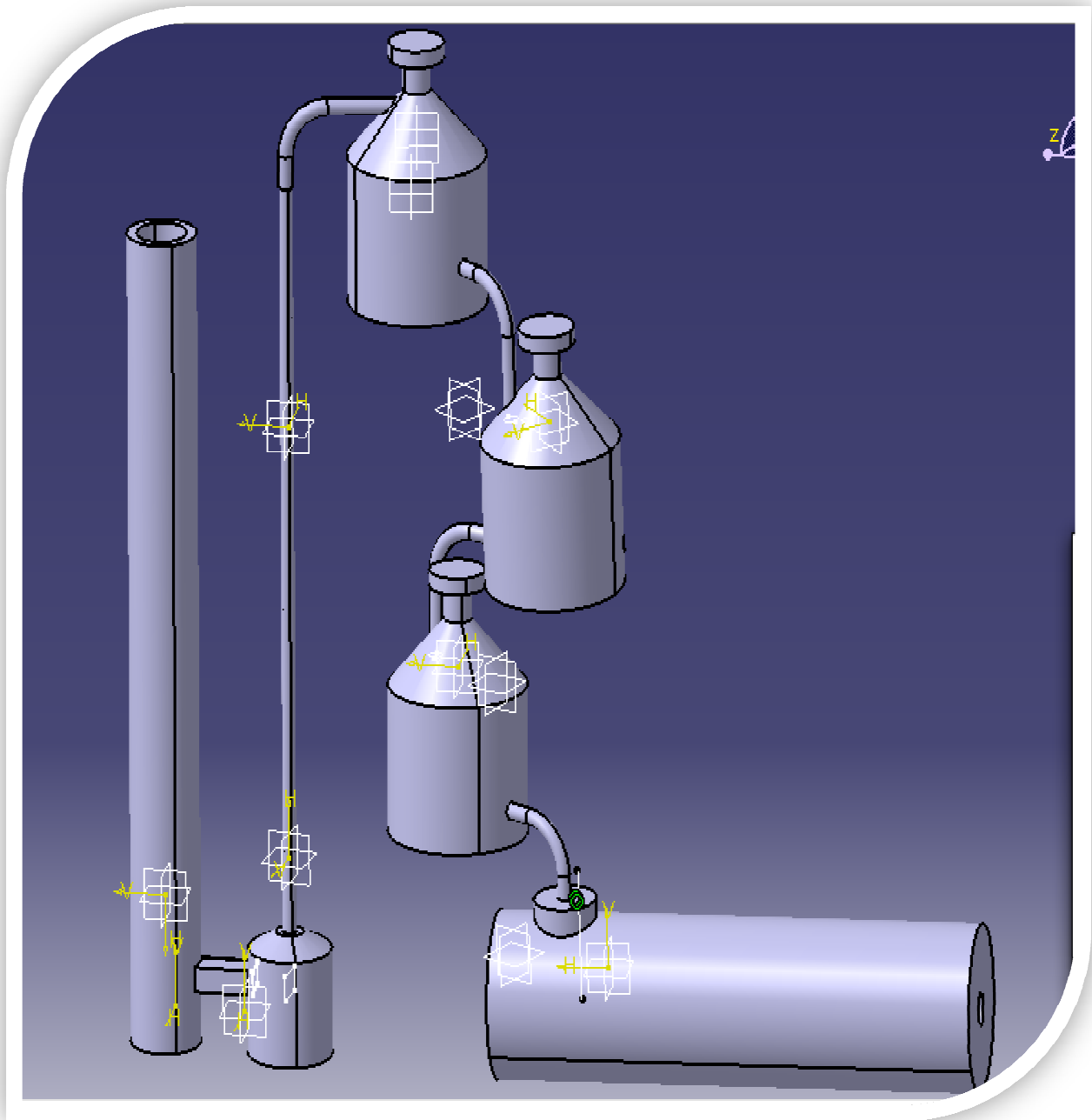




Figure 11 : l'ensachage

## Chapitre 3

# DESCRIPTION DU SYSTEME DE TRANSPORT PNEUMATIQUE ET PROBLEMATIQUE



## I. TRANSPORT PNEUMATIQUE

Le transport pneumatique est une méthode efficace pour transporter la farine brute et le ciment dans les installations de production. Pour garantir un flux constant de matériaux dans les conduites et goulottes de convoyeur aérien, une surveillance fiable des compresseurs et conduites d'alimentation est nécessaire. Le dégagement extrême de poussière lors du remplissage des silos met les instruments de mesure utilisés à rude épreuve. Le niveau doit être surveillé en permanence étant donné que le matériau est également prélevé lors du cycle de remplissage.

### 1. Description surpresseur

Faculté des Sciences et Techniques - Fès - B  
☎ 212 (0) 05 35 60 29 53 Fax : 212 (0) 05 35 60 82

1. Carter côté pignons
2. Bouchon de remplissage d'huile
- 3 & 9. Admission/refoulement
4. Corps
5. Points de graissage des roulements

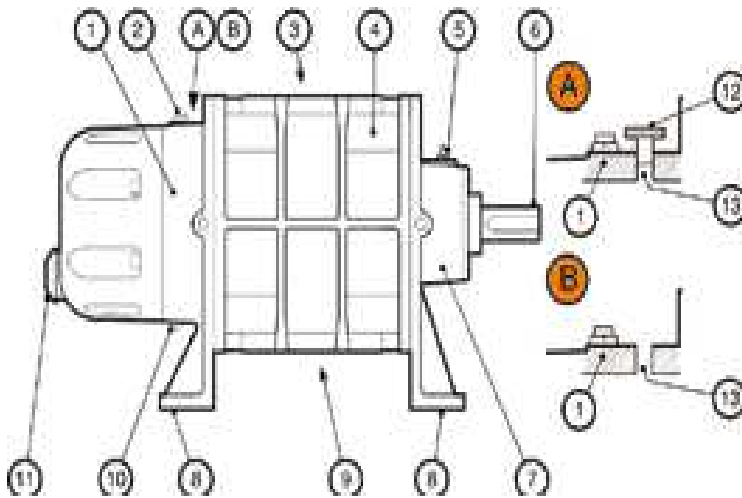


Figure12: Vue face surpresseur

## 2. Caractéristiques techniques :

**Corps :** En fonte à graphite lamellaire. Nervuré pour une résistance plus importante.

**Plateaux :** Fonte à graphite lamellaire. Usinage de précision pour garantir le positionnement des paliers et l'alignement des rotors bilobés du surpresseur.

**Rotors :** en fonte à graphite sphéroïdal avec arbres en acier emmanchés à la presse.

**Pignons :** Droits en alliage d'acier trempé.

**Roulements :** Roulements à simple rangée de billes fixes côté pignons pour assurer un jeu précis entre plateaux et rotors.

**Lubrification :** Huile côté pignons. Graisse côté commande.

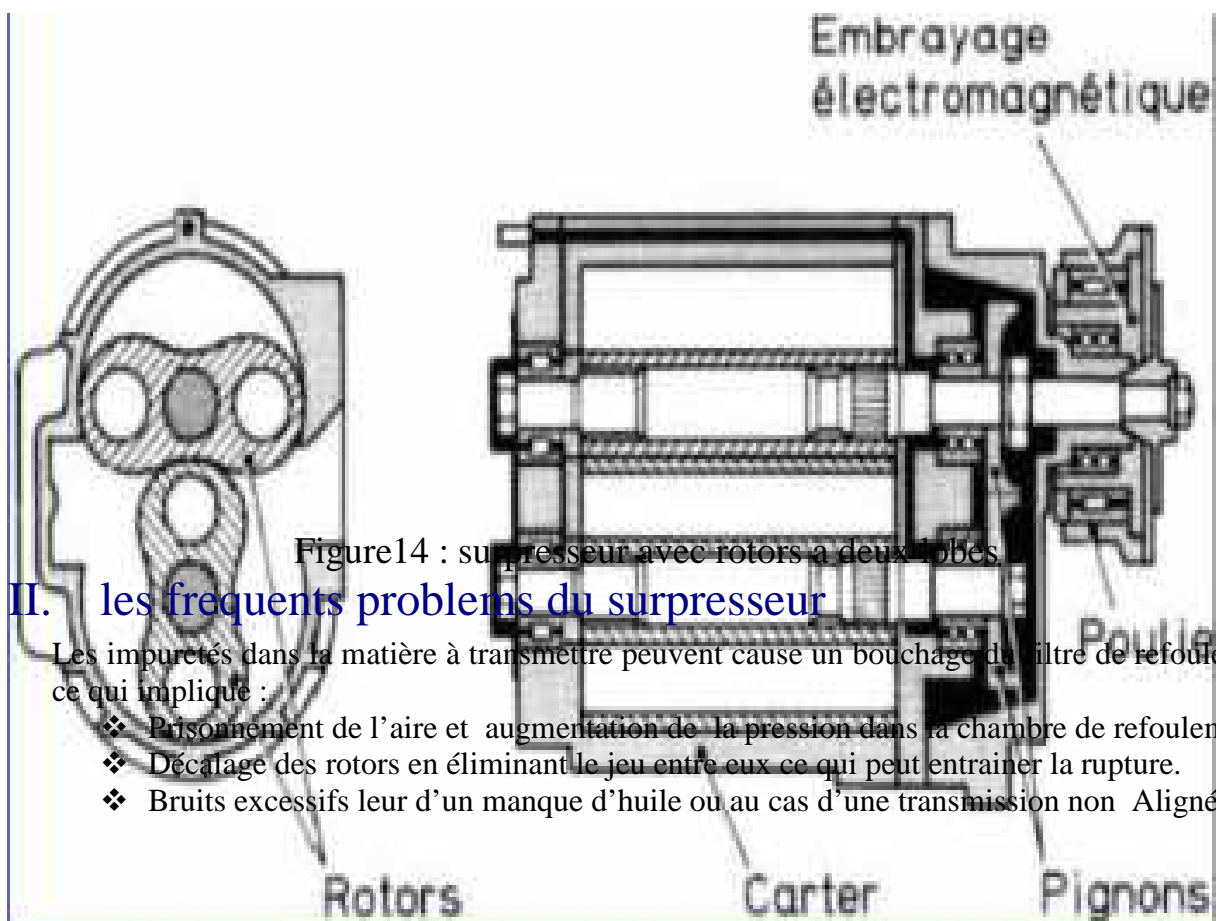
**Étanchéité :** Joints simple lèvre pour fonctionnement en pression et en vide.

## 3. Fonctionnement du surpresseur

Les rotors, en tournant, emprisonnent l'air entre le rotor et le carter côté aspiration (figur13.1, rotor gauche) et le transportent sans compression interne vers le côté refoulement. L'espace minimum entre le rotor et le carter garantit une étanchéité parfaite de la chambre de refoulement, sans risque d'infiltration d'huile. Le rendement volumétrique et la basse température de refoulement sont fonction de l'usinage de précision des rotors du carter et de sa parfaite étanchéité. Sur les surpresseurs à trois lobes, la rotation progressive entraîne la formation d'un volume entre le rotor et le carter. Une chambre de pré-admission permet la stabilisation progressive de la pression entre l'air aspiré enfermé et l'air affluant par le côté refoulement (figur13.2 et 3, rotor gauche). Les surpresseurs à trois lobes produisent de ce fait nettement moins de pulsations que les surpresseurs à deux lobes. Sur les surpresseurs à deux lobes, l'air s'introduit sans stabilisation de pression par le côté refoulement dans la chambre de refoulement, provoquant dans les conduites rigides des effets pulsatiles (figur13.4).



Figure13: Étape de refoulement



## II. les fréquents problèmes du surpresseur

Les impuretés dans la matière à transmettre peuvent cause un bouchage du filtre de refoulement ce qui implique :

- ❖ Pièsonnement de l'aire et augmentation de la pression dans la chambre de refoulement.
- ❖ Décalage des rotors en éliminant le jeu entre eux ce qui peut entrainer la rupture.
- ❖ Bruits excessifs leur d'un manque d'huile ou au cas d'une transmission non Alignée



Figure 16 : problème surpresseur

## 1. Moyen de la consommation annuelle du surpresseur

Toutes ces pannes et ces problèmes précédents imposent une maintenance du surpresseur avec bien sur une consommation de pièces de rechange pour les réparations et le surveille sur le bon fonctionnement de l'équipement.

### 1.1 Pièces de rechange

Le tableau suivant présente la moyenne de consommation de pièce de rechange pour les années 2010,2011.

N-° Pièce	Pièces de rechange(Surpresseur)				
	2010	2011	Prix unité(DH)	Prix totale	Moyen annuel
48010024M	2	2	4500	18000	9000
48100013M	2	1	450	1800	900
48100068M	1	1	2700	5400	2700
48100134M	3	2	600	3000	1500
48620048M	0	0	100	0	0
49200157M	1	3	10	40	20
49210093M	5	4	10	90	45
49210094M	3	5	10	80	40
49210095M	0	0	6200	0	0
65800021M	1	1	200	400	200
65800022M	16	16	1500	48000	24000
65800025M	3	3	3000	18000	9000
65800075M	0	0	32000	0	0
52020038M	31	33	210	13440	6720
TOTALE					54125DH

### 1.2 Consommation energetique

$$E=P*T$$



E : consommation énergétique

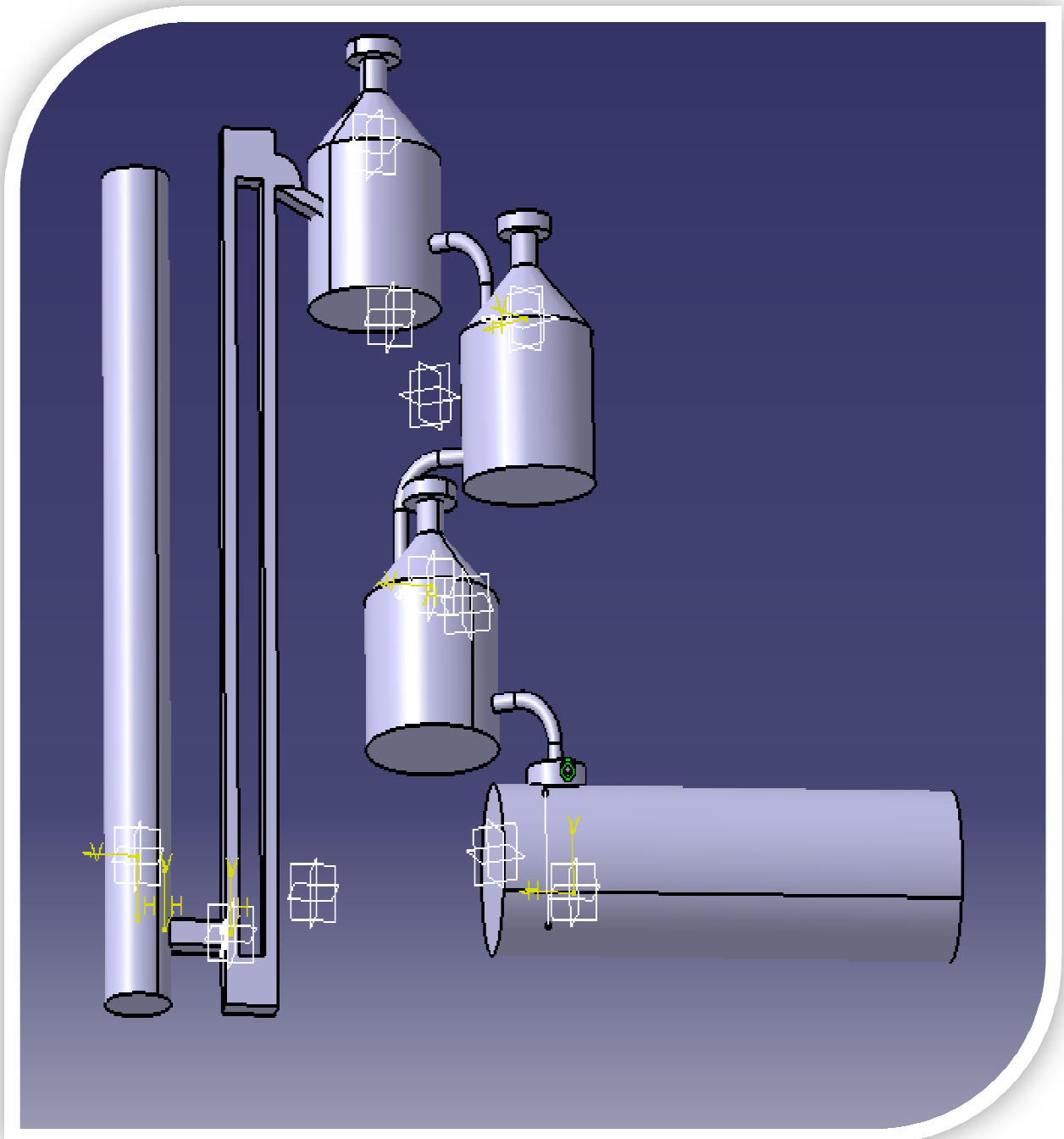
P : puissance de moteur =160 KW

T : temps de marche = 323jrs

$$E=160*323*24 = 1240320 \text{ KWh} = 1,24 \text{ MWh}$$

## Chapitre4

# PROPOSITION DE SOLUTIONS ET ETUDE DE LA SOLUTION RETENU



## I. Structure de l'élévateur

### 1. Composition d'élévateur

L'élévateur à godets se compose de trois grands groupes. Le pied de l'élévateur (tourteau inférieur, tondeur ....), les caisses intermédiaire et la tête motrice de l'élévateur (moteur, réducteur relie au tourteau supérieur) et aussi les chaînes et les godets.

### 2. Fonctionnement d'élévateur



Les élévateurs à godets sont les engins les plus utilisés et les plus efficaces. Ce sont les appareils les plus anciens pour le transfert vertical même pour des hauteurs élevées. Les élévateurs à godets sont utilisés pour le transport des produits en vrac (en désordre), étant en état poussiéreux, en grains ou en petits morceaux. Ils sont utilisés dans l'industrie chimique, sidérurgique ou alimentaire.

Les élévateurs à godets peuvent être utilisés partout où des charges pondéreuses (sable, blé, charbon,...) doivent être montées verticalement. Les critères d'adoption de cette solution sont généralement :

- ❖ La compacité, obtenue grâce à une montée verticale de la charge et une emprise au sol limitée.
- ❖ La continuité du débit.
- ❖ Le coût d'installation et de fonctionnement.

Ce type d'installation étant assez proche de la traditionnelle noria, on peut naturellement retrouver son principe pour les matières liquides, comme les pompes à godets ou les dragues à godets.

#### 4. L'état actuel d'ancien élévateur

Nombre des godets : 185 godets      vitesse de la chaîne : 1.25m/s

Débit nominal : 140t/h      débit absorbé : 99t/h

Hauteur : 25.586m      puissance moteur : 45kw

## II. Estimation de la consommation annuelle de l'élévateur

Pour adopter la solution de l'élévateur il faut avoir une idée sur le bénéfice que aura l'entreprise pour cela on a pris une estimation de consommation annuel depuis un élévateur déjà existant et qui a les mêmes caractéristiques que celui qu'on a besoin.

### 1. Pièces de rechange

Le tableau suivant représente une estimation de pièces de rechange de l'élévateur à installer, basé sur un autre élévateur déjà existant avec les caractéristiques voulues.

N-° Pièce	Pièces de rechange (Elévateur)				
	2010	2011	Prix unité(DH)	Prix totale	Moyen annuel
28050035M	0	1	634	634	634
57020004M	0	0	21200	0	0
58020005M	0	1	525000	0	0
57020005M	0	0	180	0	0





57020006M	0	0	60	0	0
24010174M	1	1	23300	46600	23300
48010095M	4	4	274	2192	1096
48100079M	0	0	1800	0	0
48140123M	0	0	950	0	0
48140141M	0	0	390	0	0
48620006M	6	1	36	252	126
48640008M	0	1	6	6	3
49200034M	9	2	8	88	44
52400013M	0	0	12000	0	0
52320022M	0	0	40000	0	0
52500187M	2	1	904	2712	1356
52500236M	0	0	1200	0	0
52500237M	2	1	9800	29400	14700
48130038M	3	5	2400	19200	9600
48600101M	2	5	503	3521	1760.5
48640023M	0	0	31	0	0
48800017M	0	0	400	0	0
52540005M	0	0	170	0	0
57010072	0	1	28600	28600	14300
28050043M	17	18	326	11410	5705
48100169	2	6	380	3040	1520
48830050	0	0	11500	0	0
48830051	0	0	13200	0	0
49200256M	38	24	216	13392	6696
52540004M	0	0	0	0	0
TOTAL					82640.5dh

## 2. Consommation énergétique

$$E=P*T$$

Avec P : puissance de moteur =86 KW;

T : temps de marche = 323jrs ;

E : consommation énergétique

$$E=86*323*24 = 666672 \text{ KWh}$$

## 3. Tableau comparatif (suppresseur / élévateur)



D'après l'étude des moyennes de consommation de pièces de rechange et consommation énergétique entre le surpresseur et élévateur on a le bilan suivant :

Avec une moyenne de 0.85 Dh le KWh

	surpresseur	Elévateur
Energie électrique	1.240.320KWh	666.672kWh
	1.054.272 Dh	566.571,2Dh
Prix de pièces de rechange	54.125Dh	82.640,5Dh
Prix de la main d'œuvre	7.680Dh (estimé)	7.680Dh (estimé)
Total	1.116.071 Dh	656.991,7 Dh

#### 4. Synthèse

D'après la comparaison précédente le remplacement du transport pneumatique par le système mécanique un apport à l'entreprise un bénéfice économique annuel de 459080 Dh.

### III. Les Proposition de solutions

Avec le développement de la concurrence dans le secteur, la réduction de cout de revient est devenu un très grand souci qui oblige une telle industrie à engager tout les efforts pour mener un développement durable et pertinent a tous les niveaux. Dans ce thème on était engagé comme stagiaire a trouver un gain bénéficiaire pour l'entreprise pour cela on a intervenu a remplacer le système de transport pneumatique de la farine ( surpresseur ballon air left ) , avec une consommation énergétique élevée, par un système de transport mécanique ( élévateur a godets ) qui est déjà en arrêt , avec un cout de consommation moins chère que le première et un cout d'investissement faible.

Après l'adaptation et le redimensionnement de l'élévateur dans sont nouveau emplacement on a constaté un problème majeur qui est la hauteur, alors pour avoir 53m de hauteur, il faut récupérer les caisses du deuxième élévateur ainsi que ses chaines pour les ajouter au premier alors que le pas de godets sera 720mm au lieu de 360mm avec la même vitesse de rotation de moteur 1500tr/min, qui influence a son tour sur le débit qui sera 70T/h au lieu de 140T/h.

#### 1. Solution 1

Choix de moteur avec les caractéristiques voulues :

- ❖ N = 3000 tr/min.
- ❖ P= 45 kW.

Et dans ce cas il faut demander un nouveau moteur.

#### 2. Solution 2

Remplacer les chaines avec des bandes et doubles les nombres des godets et dans se cas il faut augmenter la puissance de commande car la charge appliquer par les godets va se doubler.



### 3. Solution 3

Ajouter un système mécanique de poulies courroies entre le moteur et le réducteur pour augmenter la vitesse de la chaîne à 2.5m/s.

### 4. Conclusion

Après la présentation des solutions proposées notre encadrant a orienté vers la dernière solution et nous a imposée de travailler avec l'existant en ajoutant des petites modifications, car les deux premières solutions seront assez coûteuses.

Donc on a travaillé sur la 3ème proposition (poulie-courroies) afin d'augmenter la vitesse de la chaîne jusqu'à 2.5m/s.

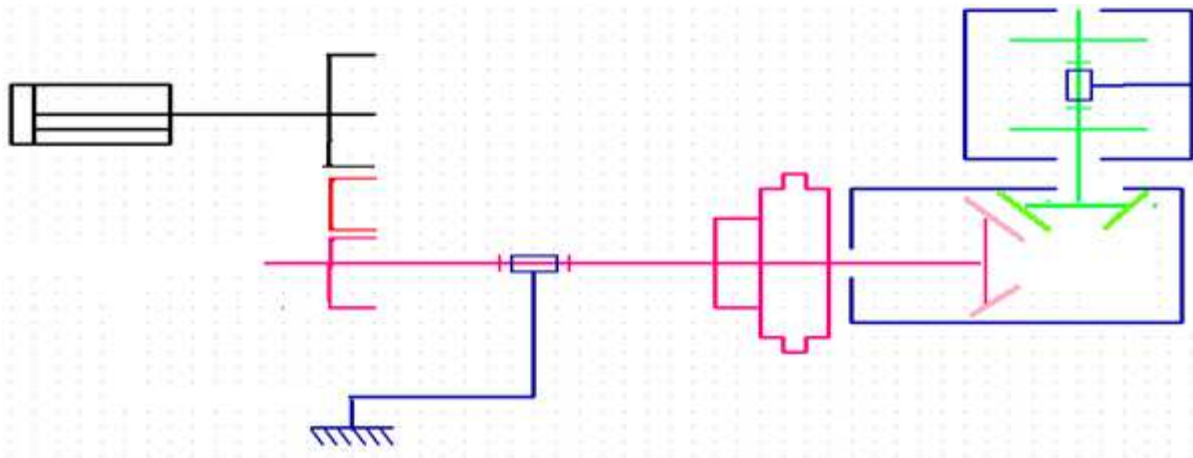


Figure 17 : schéma cinématique de système de commande

## IV. Présentation détaillée de la solution

Pour corriger la chute de débit on a retenu la solution de redoublement de la vitesse à l'aide des poulies courroies de tel sort que la poulie motrice soit de double diamètre que la réceptrice avec un rapport de vitesse  $R=2$ .

### 1. Choix du système poulie – courroies

#### 1.1. Section des courroies

La section de courroies est en fonction de la puissance de calcul (puissance de service)

$$P_c = P \cdot s \quad (P_c : \text{puissance de calcul et } P : \text{puissance moteur})$$

Avec  $s$  = facteur de service (P13 TEXROPE\_ courroie trap; annexe P51)

$$P_c = 45 \cdot 1.8$$

$$P_c = 81 \text{ KW}$$



Le (graphe1; P13 TEXROPE\_ courroie trap; annexe P51) permet de sélectionner les courroies de types C (trapézoïdales) SPC

Dimension 22\*18 en mm

Longueur de 2.000 à 12.500 en mm

## 1.2. Diamètre des poulies

Le rapport de vitesse :

$$R = \frac{D}{d} \text{ Ou } R = \frac{Nd}{ND}$$

Avec D : diamètre de la poulie motrice

d : diamètre de la poulie réceptrice

Pour choisir les diamètres des poulies, il faut tenir compte que en augmentant les diamètres, le nombre de courroies va diminuer alors le pris des poulies sera accè chère ainsi que la fiabilité d'un système avec un nombre minime de courroies est faible, mais encore en diminuant les diamètres des poulies le nombre des courroies va augmenter de même que le cout d'achat et de leurs maintenance.

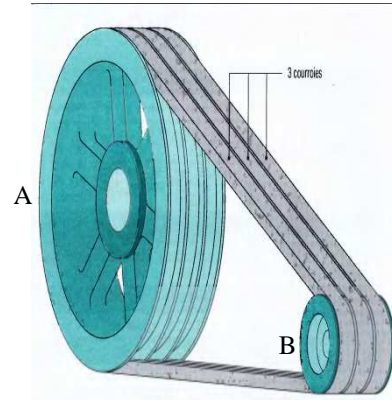
Ainsi que la section des courroies nous impose de choisir des poulies de diamètre supérieur à 200 mm d'après (P5 TEXROPE\_ courroie trap; annexe P50).

$$d = 250\text{mm.}$$

On a  $R = \frac{D}{d}$  donc

$$D = R * d$$

$D = 500 \text{ mm}$



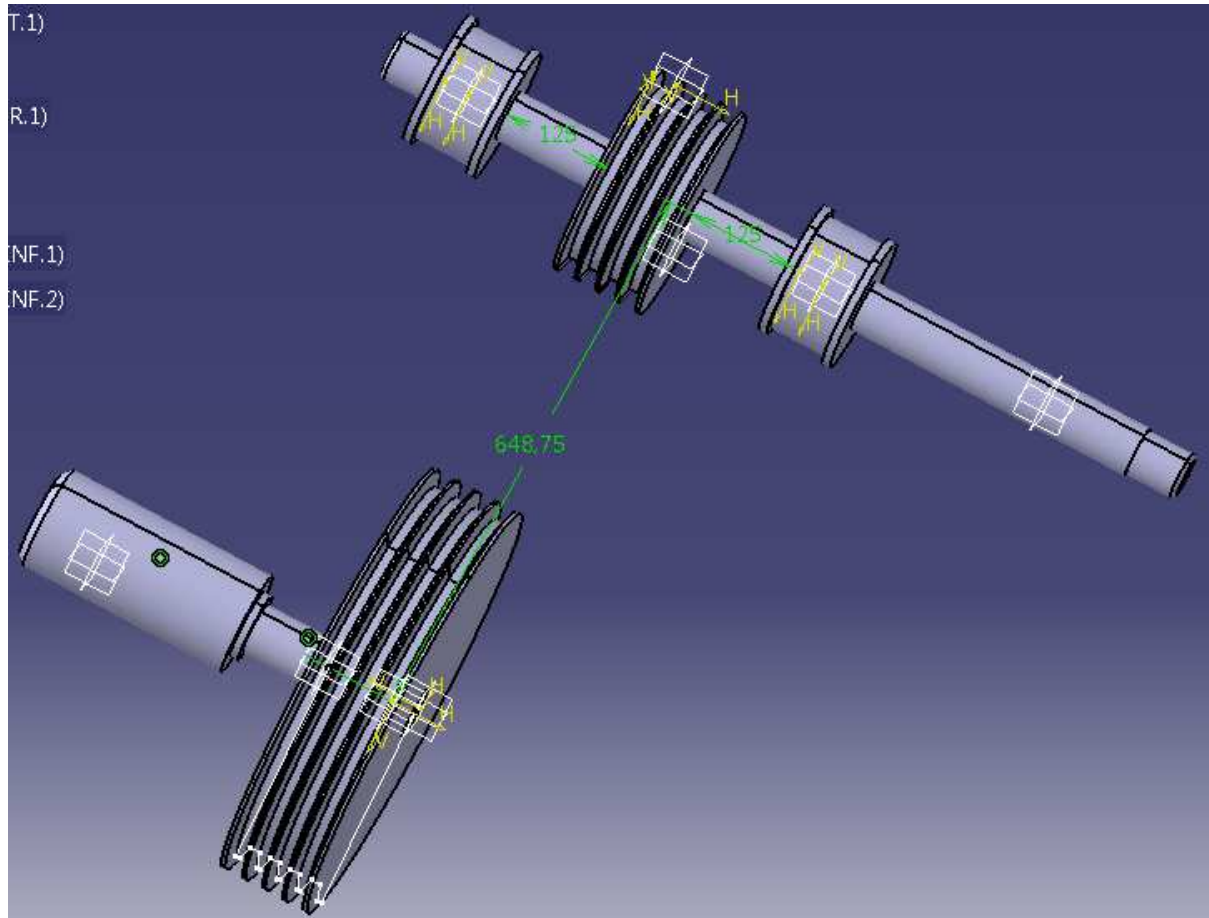


Figure 18: Représentation de la solution sur catia

- ❖ la vitesse de la courroie

$$V = \frac{\pi * D * N_D}{60 * 1000} = \frac{N_D * D}{19100} \quad \text{Ou} \quad V = \frac{\pi * d * N_d}{60 * 1000} = \frac{N_d * d}{19100}$$

$$V = 39,27 \text{ m/s}$$

### 1.3. Longueur des courroies

- ❖ Calcul de l'entraxe primitif

$$E' = \frac{D+d}{2} + d$$

$$E' = 625 \text{ mm}$$



- ❖ Calcul de la longueur de référence  $L_{th}$  théorique de la courroie

$$L_{th} = 2E' + 1,57 * (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4E'}$$

$$L_{th} = 2452.5 \text{ mm}$$

D'après le catalogue (P23 TEXROPE\_ courroie trap)(P383 Guide des science) la longueur de référence standard  $L$  la plus proche de celle calculée

$$L = 2500 \text{ mm}$$

#### 1.4. Calcul de l'entraxe réel

$$E = \frac{L - 1,57 (D + d)}{2} + \frac{(D - d)^2}{4[L - 1,57 (D + d)]}$$

Ou plus simplement

$$E = E' + \frac{L - L_{th}}{2}$$

$$E = 648.75 \text{ mm}$$

#### 1.5. Calcul du nombre de courroies

$$N = \frac{P * S}{P_o * a * CL} = \frac{P_c}{P_o * a * CL}$$

Recherche de facteur d'arc en fonction de :

$$\frac{D - d}{E} = 0.385$$

$a = 0.95$  = facteur d'arc (P15 TEXROPE\_ courroie trap).

$P_o = 20.6 \text{ Kw}$  = puissance brute transmissible par courroie (P16 TEXROPE\_ courroie trap; annexe P53).

$CL = 1.01$  = facteur de longueur (P16 TEXROPE\_ courroie trap; annexe P53).

$$N = 4.09 \quad \text{alors} \quad N = 4$$

#### 1.6. Tension des courroies

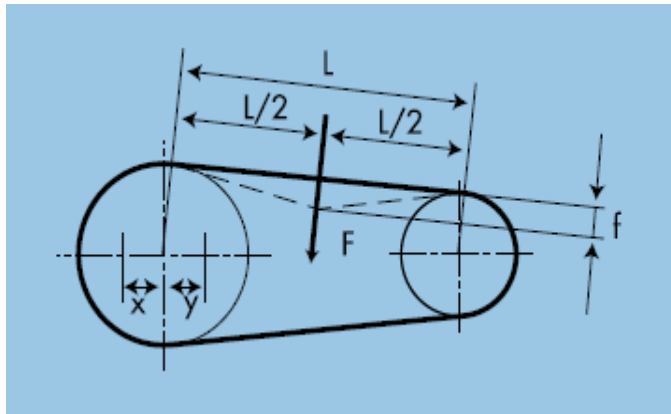


Figure 19: Représentation de la tension et la flèche

### a) Tension statique par courroie T

$$T = \frac{50(2.5-a)P}{a \cdot N \cdot V} + KV^2 \quad K : \text{coefficient lier a la vitesse linéaire}$$

D'après (P 34 TEXROPE\_ courroie trap) K=0,038

$$T = \frac{50(2.5-0.95)45}{0.95 \cdot 4 \cdot 39.27} + 0.038 \cdot (39.27)^2$$

$$T=59.12 \text{ daN}$$

### b) La portée L

$$L = E \left( 1 - 0.125 \left( \frac{D-d}{E} \right)^2 \right)$$

$$L=636.70 \text{ mm}$$

### c) La flèche f

$$f = \frac{L}{100} = \frac{636.70}{100}$$

$$f=6.367 \text{ mm}$$

### d) Effort de flexion F

$$F = \frac{T}{25} = \frac{59.12}{25}$$

$$F= 2,3648 \text{ daN}$$

## 1.7. Choix de poulie :

La notation ou notification des poulies pour lancer la commande d'achat au fournisseur

1	2	3	4
---	---	---	---

5	6	7
---	---	---



- 1 : Type de poulies
- 2 : Nombre de gorge
- 3 : Section de gorge
- 4 : Diamètre de référence
- 5 : Type de douille ou de moyeu
- 6 : N° de douille ou de moyeu
- 7 : diamètre d'alésage douille ou moyeu

302	4	SPC	0250
-----	---	-----	------

307-356	100	40-100
---------	-----	--------

302	4	SPC	0500
-----	---	-----	------

307-356	100	40-100
---------	-----	--------

## 2. Le choix du contre arbre :

Le choix du contre l'arbre a été imposé pour but la protection l'unité de commande d'élévateur (moteur, réducteur), et pour cela on a ajouté d'autres éléments (arbre, roulement, paliers, coupleur et accouplement).

## 3. Vérification de la RDM sur l'arbre :

Puisque on est obligé de travailler avec l'existant il nous faut adapter un diamètre d'arbre ( $D=60\text{mm}$ ) et de longueur ( $L=1000\text{mm}$ ) qui convient avec celui du coupleur réducteur, alors notre choix est restreint sur le métal, et pour des raisons de sécurité de plus que le couple à transmettre on a choisi l'acier dur 45CD4 avec les caractéristiques suivantes :

$E=205000\text{Mpa}$  ;  $V=0.3$  ;  $m/v=7800\text{kg/m}^3$  ;  $R_r=340\text{Mpa}$  ;  $R_e=235\text{Mpa}$

Après l'étude statique sur la résistance à la torsion :

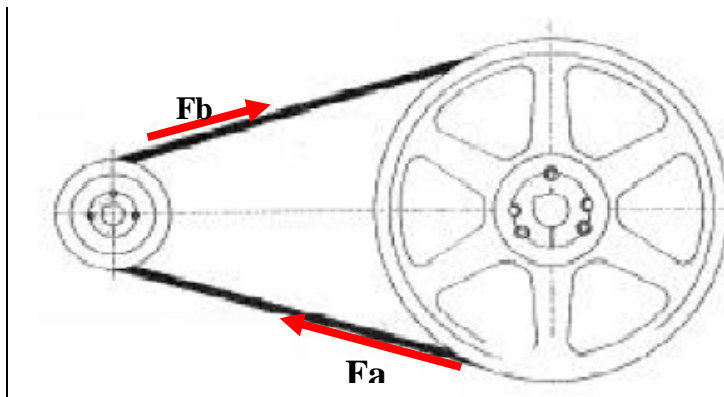


Figure 20: Représentation des tensions par les courroies

$$\diamond W_a = \frac{\pi \cdot N_a}{30} = \frac{\pi \cdot 1500}{30} = 157.07 \text{ rad/s}$$

$$\diamond W_b = \frac{\pi \cdot N_b}{30} = \frac{\pi \cdot 3000}{30} = 314.15 \text{ rad/s}$$

W : La vitesse angulaire de rotation des poulies





### 3.1. Calcul des couples de torsion

$$P = T \cdot W$$

$$T_a = P / W_a = T_a = \frac{45}{157.07}$$

$$T_a = 0.29 \text{ KN.m}$$

P : puissance moteur

Ta : moment de torsion

On a aussi

$$P_a = P_b$$

$$T_a \cdot W_a = T_b \cdot W_b$$

$$T_b = \frac{T_a \cdot W_a}{W_b} = \frac{0.29 \cdot 157.07}{314.15}$$

$$T_b = 0.145 \text{ KN.m}$$

On a un arbre de diamètre 60 mm et de longueur 1000 m.

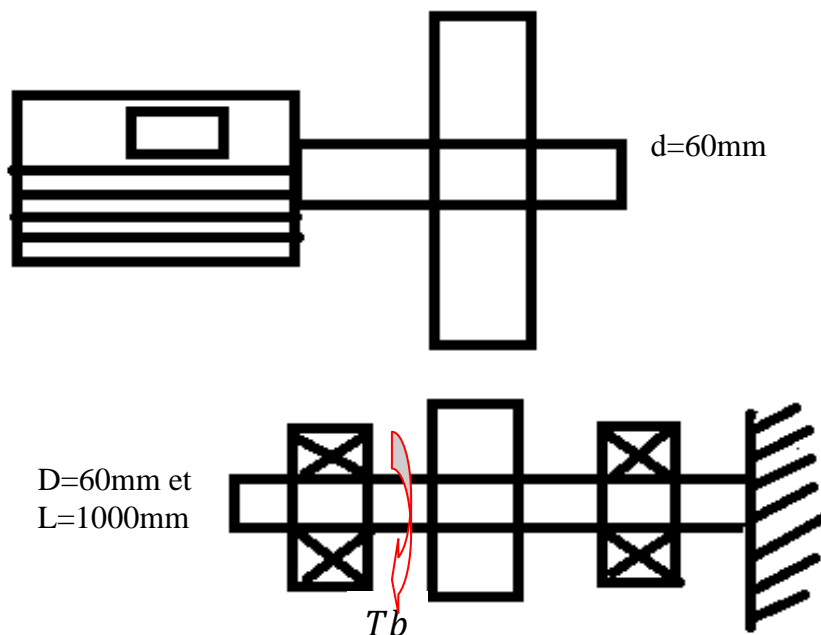


Figure21 : schéma représentatif de système

### 3.2. Contrainte de cisaillement



$$\tau = \frac{T_b \cdot R_b}{J} \quad \tau: \text{contrainte de cisaillement}$$

Avec  $J = \frac{\pi \cdot R_b^4}{32}$  d'où  $J$  : moment quadratique

$$\tau = \frac{T_b}{J} \cdot 7.67e^{-4}$$

$$\tau = 3.14 \text{ MPa}$$

### 3.3. Condition de la résistance et rigidité

$$\tau \cdot K = 31.4 \leq \frac{Re}{2} = \frac{235}{2} = 117.5 \text{ Mpa}$$

$Re$  : résistance d'élasticité ;  $K$  : coefficient de sécurité

Donc le choix de la matière de l'arbre c'est 45CD4 car il correspondre a la caractéristique souhaiter

### 4. Le choix des roulements :

D'après les critères de choix suivants :

- ❖ Nature des charges : radiale
- ❖ Importance des charges (intensité)
- ❖ Vitesse de rotation : 3000 rpm
- ❖ Perturbations : vibration
- ❖ Précision exigée : coaxialité
- ❖ Condition ambiante : pollution et lubrification

Et d'après le tableau des caractéristiques des différents types de roulements, les plus convenables seront les roulements rotule à deux rangées de rouleaux avec manchon de serrage **22314EK** d'après le catalogue du fournisseur (P406-407 Roulement FAG; annexe P55).

### 5. Choix des paliers :

Le choix des paliers se base sur les roulements existant alors d'après le catalogue du fournisseur (P648-649 Roulement FAG ; annexe P54) on a choisi **L0E614AF** avec un manchon de serrage **H2314** et vis d'assemblage **M16\*90**.

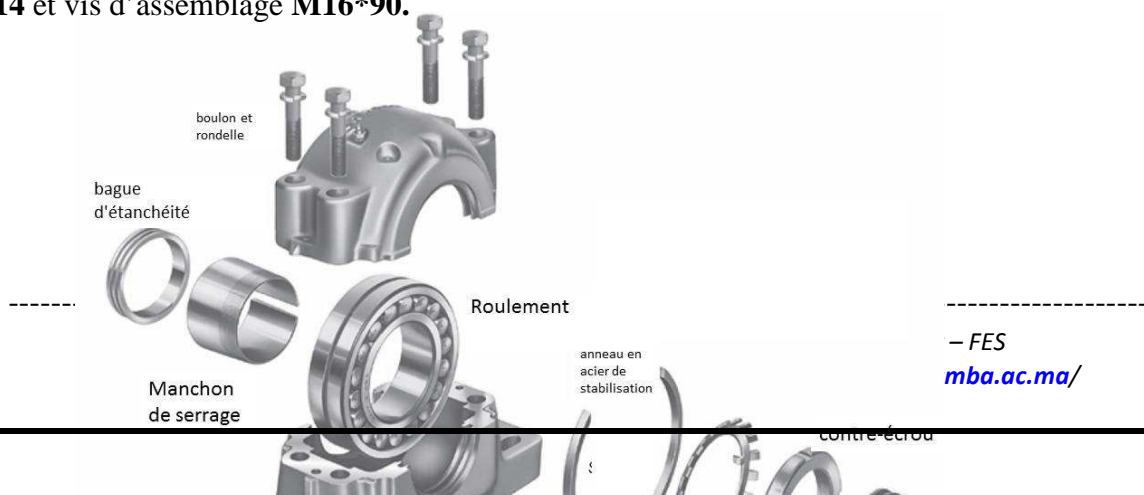




Figure 22: Palier de roulement

## Chapitre 5

# Montage et démontage d'élévateur circuit clinker



**Description :** démontage remontage de l'élévateur

**Corps de métier :** conception Mécanique

**Durée Des travaux :** 23heurs

**Durée d'arrêt :** 10 min

**Emplacement:** Elévateur

### 1. Phases d'opérations :

Phases	Descriptions	Durée Estimée
1	Démontage de L'élévateur principal	6 h
2	Démonter le corps du deuxième élévateur	6 h
3	Remontage caising inférieur complet avec tourteau inférieur	2 h
4	Remontage de L'ensemble des gaines	1 h
5	Remontage des tourteaux supérieurs et caising supérieur	4 h
6	Montage de l'unité de commande avec solution	2 h
7	Montage de la chaine et les godets	2 h

### 2. Besoin en articles :

Phase N°	Description	Références	Nombre	Prix unitaire
4	Aerio	30*40Ch10	1(6000mm)	6000 dh
6	Poulie motrice	Spc500	1	900 dh
	Poulie réceptrice	Spc250	1	400 dh
	Roulement conique a deux ranges	22314EK	2	1542 dh
	Palies de roulement	L0E614AF		
	Accouplement	48010024M	1	700 dh
	Arbre porteuse	45CD4	1 (1000mm)	500 dh

### 3. Besoin en main d'œuvre et outils externe

Qualité de Personnels	N° de personnels en chaque phase						Prix Un/h	Prix total /h	Total DH
	Ph1	Ph2	Ph3	Ph4	Ph5	Ph6			
Chef d'équipe	1	1	1	1	1	1	60	360	7560
Technicien	2	2	3	2	3	2	40	560	11760
Ouvrier	6	6	0	3	0	1	10	160	3360
<b>Outil</b>									
la nacelle	1h	1h		1h	1h			7000	28000
Grue	4h	4h		1h	3h	1h		10000	130000
<b>TOTAL</b>									177656

### 4. Outillage

Phase N°	Description	Nombre
	Clé 13 mixte	1



1 et 2

Clé 17	1
Clé 24	1
Clé 30	1
Clé 46	1
Clé a griffes 24	1
Clé avec Cliquet fixe Graduée 46	1
Tournevis plat	1
Elingues 2T et 3T	4
Grue	70m/ 25m ; 180T
Pont roulant	1

3

chariot élévateur	1
Clé 16 mixte	1
Clé 24	1
Jeu de cals	1
Cales de 5mm	4

4,5et 6

chariot élévateur	1
Pont roulant	1
Grue	70m/ 25m ; 180T
Tournevis plat	1
Elingues 2T et 3T	4
Clé 24	1
Clé 30	1
Clé 46	1
Jeu de cals	1
comparateur	2
la nacelle	54m

## 5. Sécurité

- ❖ Respecter les règles de sécurité.
- ❖ Porter les équipements de protections Individuels (EPI).
- ❖ Consignation et condamnation électrique selon les procédures proscrites.

## 6. Mode opératoire

### Phase 1, 2 et 3 :

#### Démontage de capot

- ❖ Nettoyer les paliers et les alentours.
- ❖ Démontez le carter de protection d'accouplements et le carter de protection d'arbre.
- ❖ Démontez les boulons du capot.
- ❖ Démontez le carter de la partie supérieur de l'escargot(Capot).
- ❖ Démontez le carter de protection du tourteau supérieur.
- ❖ Démontez les demi-parties gauches et droites de capot.





## Capot

### Démontage des chaînes et des godets de l'élévateur

- ❖ Coupure électrique (alimentation) et mécanique (arbre sur tourteau)
- ❖ Fixation de la chaîne sur le palot et sur le pont rouleau
- ❖ Couper la chaîne en deux au milieu supérieur et retenir l'un avec le palot et l'autre avec le pont rouleau.
- ❖ Démontez les godets de la chaîne.

### Démontage unité de commande :

- ❖ Désaccoupler l'accouplement réducteur /élévateur.
- ❖ Retirer le carter de protection de l'accouplement.
- ❖ Désaccoupler l'accouplement moteur/ réducteur.
- ❖ Démontez l'unité de commande.



### Démontage tourteau et caising supérieur:

- ❖ Desserrer les boulons des paliers de roulement.
- ❖ Démontez le tourteau supérieur avec les paliers de roulement.
- ❖ Desserrer les boulons de fixation caising/ tête élévateur.
- ❖ Desserrer les boulons de fixation caising/ caisse.



### Démontage de la chaîne et les godets :



- ❖ Détendre le tourteau inférieur pour libérer la chaîne.
- ❖ Fixer la chaîne par le palot et la grue au milieu supérieur.
- ❖ Découper la chaîne en deux un demi fixée avec la grue et l'autre avec le palot.
- ❖ Retirer la partie fixée sur la grue par la tête de l'élévateur.
- ❖ Retirer la deuxième partie après la fixée sur la grue par la tête de l'élévateur.
- ❖ Démontez les godets de la chaîne.

#### **Démontage des gaines et caising inférieur:**

- ❖ Démontez les caisses niveau par niveau.
- ❖ Sortir l'ensemble du tourteau avec paliers pour les nettoyer.
- ❖ Démontez le caising inférieur de l'élévateur et le transporter vers son nouveau emplacement.

#### **Remontage du caising inférieur avec tourteau :**

- ❖ Déposer le caising inférieur sur une cimentation en béton de 50mm.
- ❖ Fixer le caising des quatre cotés avec des boulons 46 sans les serrer.
- ❖ Respecter le positionnement suggéré par le plan de fournisseur.
- ❖ Régler les jeux du caising avec des cals de 5 mm avec réglage d'alignement à l'aide d'une corde bien tendue.



Figure 26: caising inférieur

#### **Phase 4 et 5 :**

##### **Montage des gaines :**

- ❖ Fixation des gaines inférieures avec caising en ajustant l'alignement.
- ❖ Montage des gaines deux par deux sur taire.
- ❖ Fixation des gaines avec le tour cyclones respectant l'alignement à l'aide d'un cordon bien tendu.

##### **Montage du caising supérieur avec tourteau :**



- ❖ Fixer le caising des quatre cotes avec boulons sans les serrer.
- ❖ Fixation des paliers de roulement tourteau sir caising.
- ❖ Montage du tourteau supérieur en gardant l'alignement à l'aide d'un cordon de piano entre le tourteau supérieur et tourteau inférieur et l'ensemble des gaines.
- ❖ Serrage du caising.
- ❖ Montage de la tête d'élèveur avec montage du capot.

## Phase 6 :

### Montage de l'unité de commande :

- ❖ Fixation tourteau réducteur avec accouplement.
- ❖ Montage de la poulie SPC 250 sur l'arbre avec Magi-Grip.
- ❖ Montage des roulements sur l'arbre avec manchon de serrage.
- ❖ Fixation de la base de la calotte du palier de roulement avec la chassie.
- ❖ Fixation arbre réducteur avec accouplement coupleur.
- ❖ Fixation sans serrage du moteur sur la chassie.
- ❖ Montage des courroies avec ajustement de tension.
- ❖ Serrage du moteur.

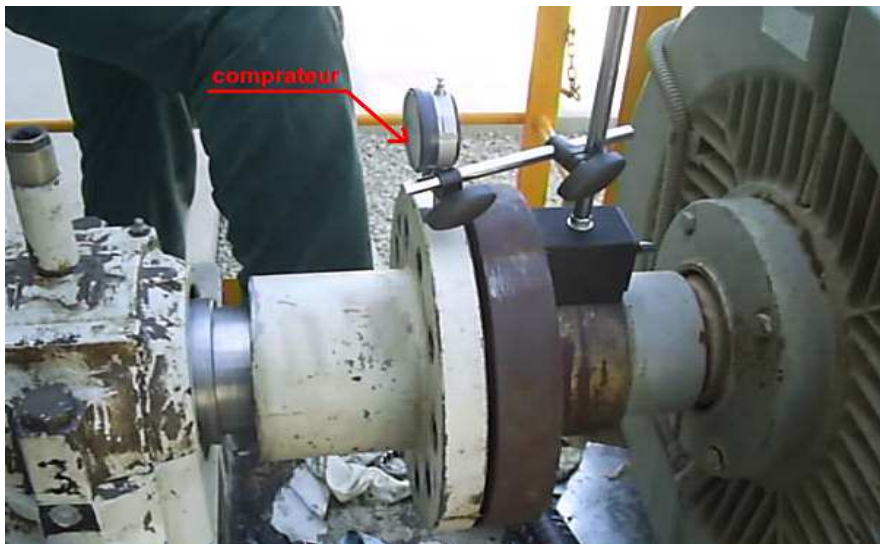


Figure 27: ajustement d'accouplement

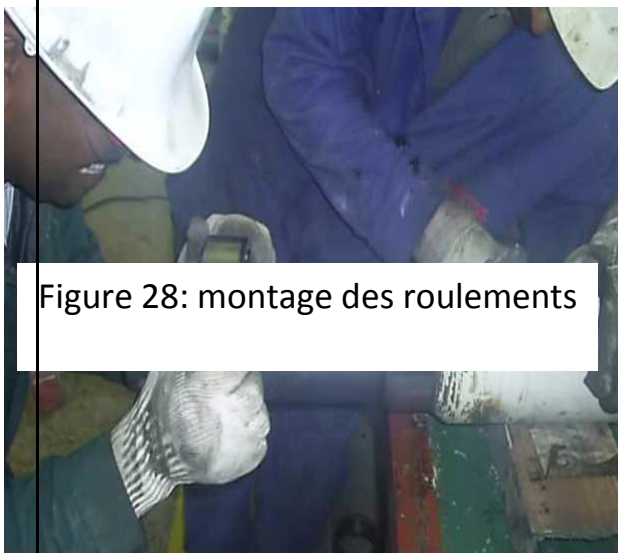


Figure 28: montage des roulements



Figure 29: graissage palier de roulement





## Nb : Le montage de courroies :

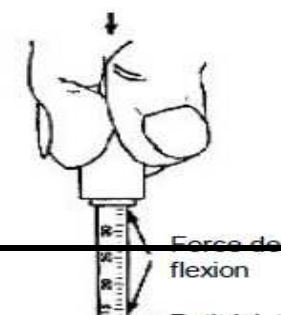
Les transmissions équipées de courroies trapézoïdales, montées d'une façon parfaite, garantissent une sécurité de fonctionnement et une durée de vie optimal

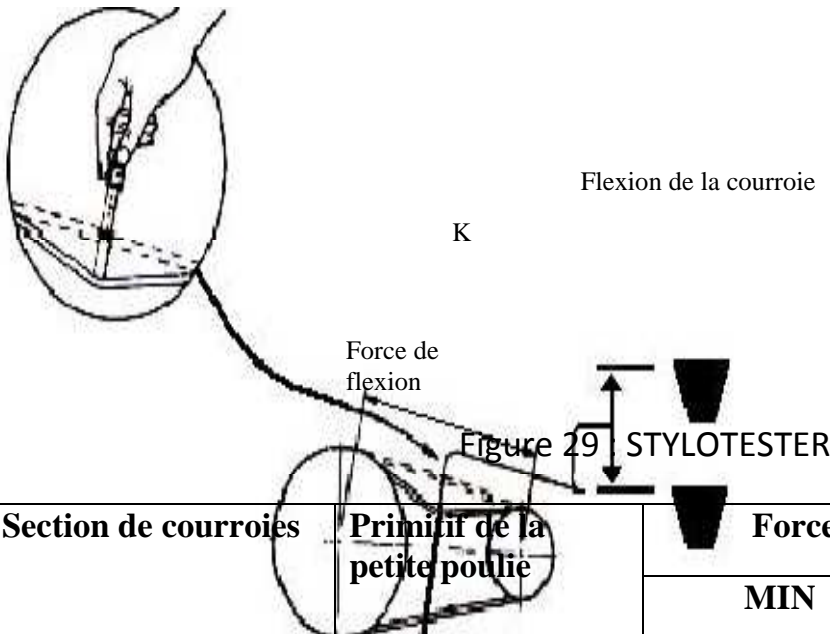
Il est important de tenir compte de ce qui suit :

- ❖ Avant de montage de courroies, vérifier l'alignement des axes et des poulies et leur parallélisme.
- ❖ Utiliser des profils des gorges identiques, répondant les normes et tolérances admises.
- ❖ Monter les courroies sans contrainte dans les gorges des poulies. tout effort excessif peut endommager la fibre de traction. Au besoin rapprocher l'entraxe.
- ❖ Appliquer la force nécessaire à la courroie suivant sa section, pour obtenir une tension de pose équivalant à un allongement de 0.5 à 0.6%.

Avant toute tension, il est possible de procéder de la manière suivante :

- ❖ Tracer deux traits, éloignés le plus possible, d'une valeur inférieure à l'entraxe, sur le dos de la courroie. Noter la distance en mm Pour une nappe de Plusieurs courroies les repères peuvent être faits sur les deux courroies d'extrémités.
- ❖ Tendre la transmission, en tournant en même temps les poulies manuellement jusqu'à ce que la distance initiale relevée ci-dessus, augmente de 0.5 à 0.6%.
- ❖ Laisser tourner la transmission en charge, pendant 30 mn à 1 heure. Arrêter, puis laisser refroidir.
- ❖ Contrôler la tension de la transmission qui aura tendance à s'allonger dès la mise en service. Retendre la transmission pour retrouver sa valeur initiale avec mise sous tension recommandée (0.5 à 0.6% d'allongement).





Section de courroies	Primitif de la petite poulie	Force de flexion	
		MIN	MAX
SPC	180 à 335	9.0	13.3
	355 à 530	10.0	14.7

## Conclusion :

La période de notre stage au sein de LAFARGE Meknès, nous a permis d'élargir nos connaissances concernant le monde industriel ainsi que les problèmes quotidiens de l'entreprise.

D'autant plus que nous avons eu la chance au cours de notre stage, de mettre en évidence tout notre savoir acquis à la FST de la RDM pour le choix des métaux, la mécanique d'ingénieur pour la conception du système de poulies courroies, la construction et fabrication pour le choix des outils industriels et même le dessin pour la représentation graphique des engins et des systèmes ; et d'améliorer notre savoir faire en appliquant avec le personnel de l'entreprise tout ce qu'on a eu de



nos études théoriques, comme on a eu la chance de faire savoir au autre qu'on est bien capable de résoudre les problèmes industriel dans une entreprise.

Le fruit de notre travail a été au premier de savoir le processus de fabrication du ciment et en suite de donner la gamme opératoire pour remplacer le système de surpresseur ballon air left par un élévateur à godets et bien détailler la solution de poulies courroies.

Durant notre stage à LAFARGE CIMENT-Usine de Meknès, on a constaté plusieurs choses intéressantes :

- ❖ Se familiariser avec le monde du travail est l'objectif de tout stagiaire.
- ❖ La ponctualité est une caractéristique remarquable dans tout le personnel de l'usine.
- ❖ Le zéro accident est parmi les objectifs prioritaires de performance en matière de sécurité dans l'usine, la sécurité est un élément essentiel non seulement pour le personnel usine mais aussi pour les intervenants extérieurs (visiteurs, stagiaires ...).