



# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	6
<b>Chapitre 1: Présentation de la société</b> .....	7
1-LAFARGE-GROUPE.....	8
1-1-Lafarge Maroc.....	9
1-2-Usine de Meknès.....	10
2-Activités .....	12
3-Description des services.....	14
<b>Chapitre 2: Processus de fabrication de Ciment</b> .....	16
1-Carrière et Concassage:.....	17
2-Pré homogénéisation et Broyeur cru :.....	18
3-Cuisson de la farine .....	20
4-Broyeur cuit et Expédition .....	21
<b>Chapitre 3: Régulation d'un doseur mélange</b> .....	24
1-Aperçu sur La régulation.....	25
2-Etude du système dosage BC1.....	26
1-1 L'installation électrique de dosage BC1 .....	26
1-2 Description des éléments du système dosage BC1.....	28
3- Régulation de débit d'un doseur de mélange .....	32
3-1-Description du doseur mélange .....	32
3-2-Fonctionnement du doseur mélange.....	33
3-3-Le principe de fonctionnement de l'extromat .....	34
3-4-Principe de la mesure .....	35
3-5-Présentation du problème .....	36
3-6- Les solutions possibles .....	36
<b>Chapitre 4 : régulation de débit de doseur de mélange avec CFC</b> .....	38
1- CFC(Continuous Function Chart) .....	40
2- Interconnexions .....	40
3- Les blocs utilisés dans la régulation.....	41
4- Explication du fonctionnement des blocs.....	45



<b>Conclusion.....</b>	<b>49</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>50</b>



# INTRODUCTION

Le groupe Lafarge est l'une des plus importantes entreprises de cimentier au Maroc, c'est une société qui tient à conserver sa position comme le leader parmi ses concurrents, elle s'intéresse à tout ce qui est rendement que se soit au niveau du personnel ou au niveau du matériel, dans le but d'évaluer les efforts de chaque équipe ainsi que l'efficacité de chaque ligne de production.

Dans le cadre de projet de fin d'études, nous avons effectué un stage de deux mois au sein de la société Lafarge, le thème retenu consiste la régulation de débit de doseur mélange.

La société adopte ces dernières années une stratégie qui consiste à utiliser les technologies les plus avancées dans le domaine de cimentier afin d'améliorer le rendement, la qualité de production et de réduire le coût de fabrication au niveau matériel.

Dans le but de trouver des solutions convenables au problème lié au doseur mélange, on va mener une étude complète du système dosage BC1, ensuite on va mettre l'accent sur la régulation de débit de doseur mélange et proposer les solutions possibles pour améliorer les performances de régulation.

Le présent rapport décrit les différentes phases de notre projet. Il est structuré en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est destiné à la présentation de la société d'accueil.
  - Le deuxième chapitre développe les étapes principales de la production du ciment.
  - Le troisième chapitre est consacré à l'étude du système dosage BC1 et la régulation d'un Doseur mélange.
  - Le quatrième chapitre présente la régulation réalisé avec CFC.
- Et on achèvera par une conclusion générale.



# CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA SOCIETE



L'industrie des matériaux de construction, dont le ciment constitue la matière de base, détient une place importante dans le secteur des industries de transformation, avec un pourcentage de 8.6% du total des entreprises du secteur industriel marocain.

L'industrie du ciment est ce qu'on appelle une industrie de base parce qu'elle se situe à la source du développement économique. De son principale dérivé, le béton, dépend tout l'équipement du pays : logements, écoles, ponts, barrages, routes...

En vue d'assurer la régularité d'approvisionnement du marché national en ce produit de base, le ministère du commerce et de l'industrie a procédé, en 1990, à la libération du ciment.

## 1-Lafarge groupe :

# LAFARGE-GROUPE



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 2002, le groupe, fort de 77 000 collaborateurs et d'un chiffre d'affaires de 14,6 milliards d'euros, est présent dans 75 pays. La croissance de Lafarge a été particulièrement forte dans les pays en développement.



## 1-1-Lafarge Maroc

En 1930, Lafarge s'implanta au Maroc en créant la première cimenterie du pays à Casablanca, principal marché jusqu'à lors de consommation de ciments. Quelques années plus tard, le groupe se développe et crée une 2ème cimenterie à Meknès entre 1982 et 1984 ainsi que deux autres cimenteries au Nord du pays (Tétouan et Tanger), une usine de plâtre à Safi, et neuf centrales à béton.

Il fallait attendre le 10 juin 1995 pour que la naissance du groupe Lafarge Maroc voit le jour lors de la signature d'une convention de partenariat entre la SNI (Société Nationale d'Investissement) et le groupe Lafarge qui aboutit à la mise en œuvre d'un holding (50% Lafarge et 50% SNI).

Pour conserver son leadership au Maroc, Lafarge a opté pour une stratégie d'investissement, de management et de contrôle de qualité très pointu.

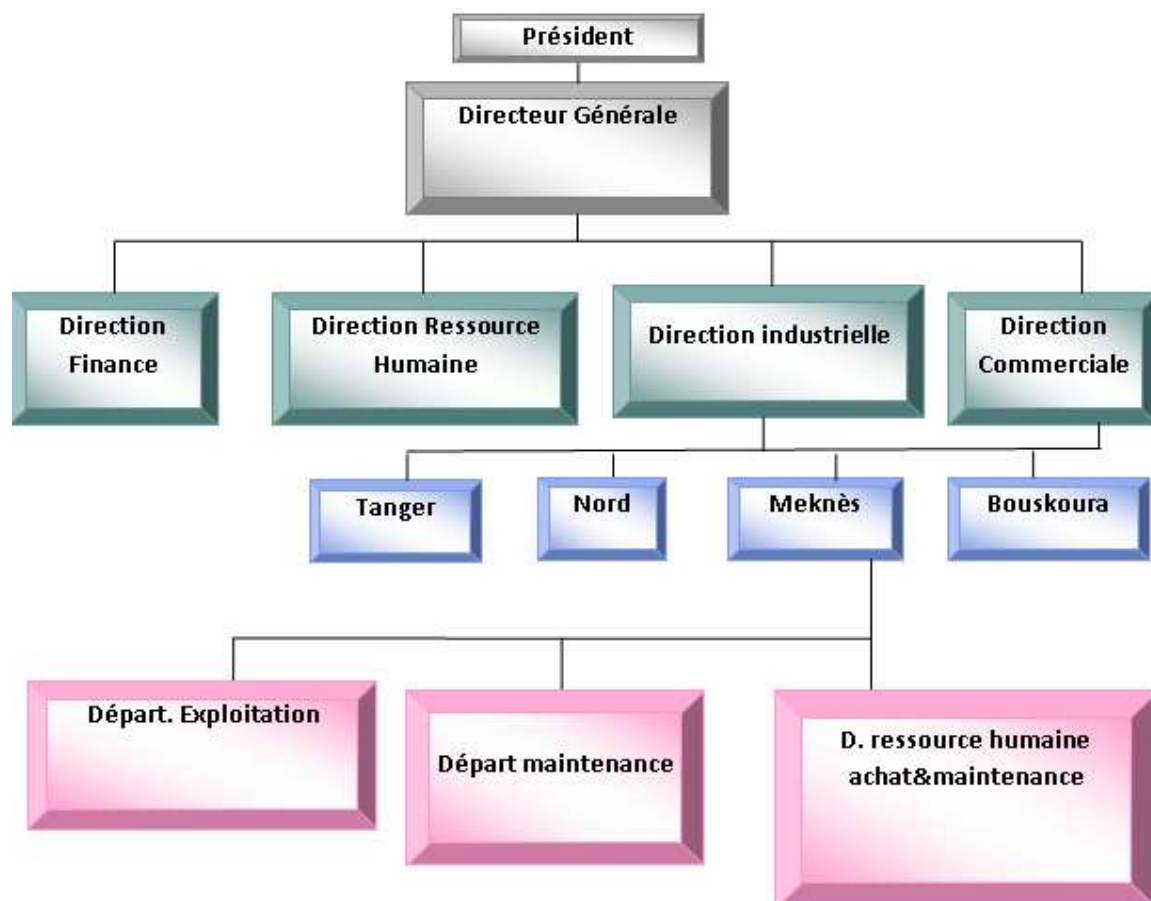



Figure1-1: Organigramme de Lafarge Maroc

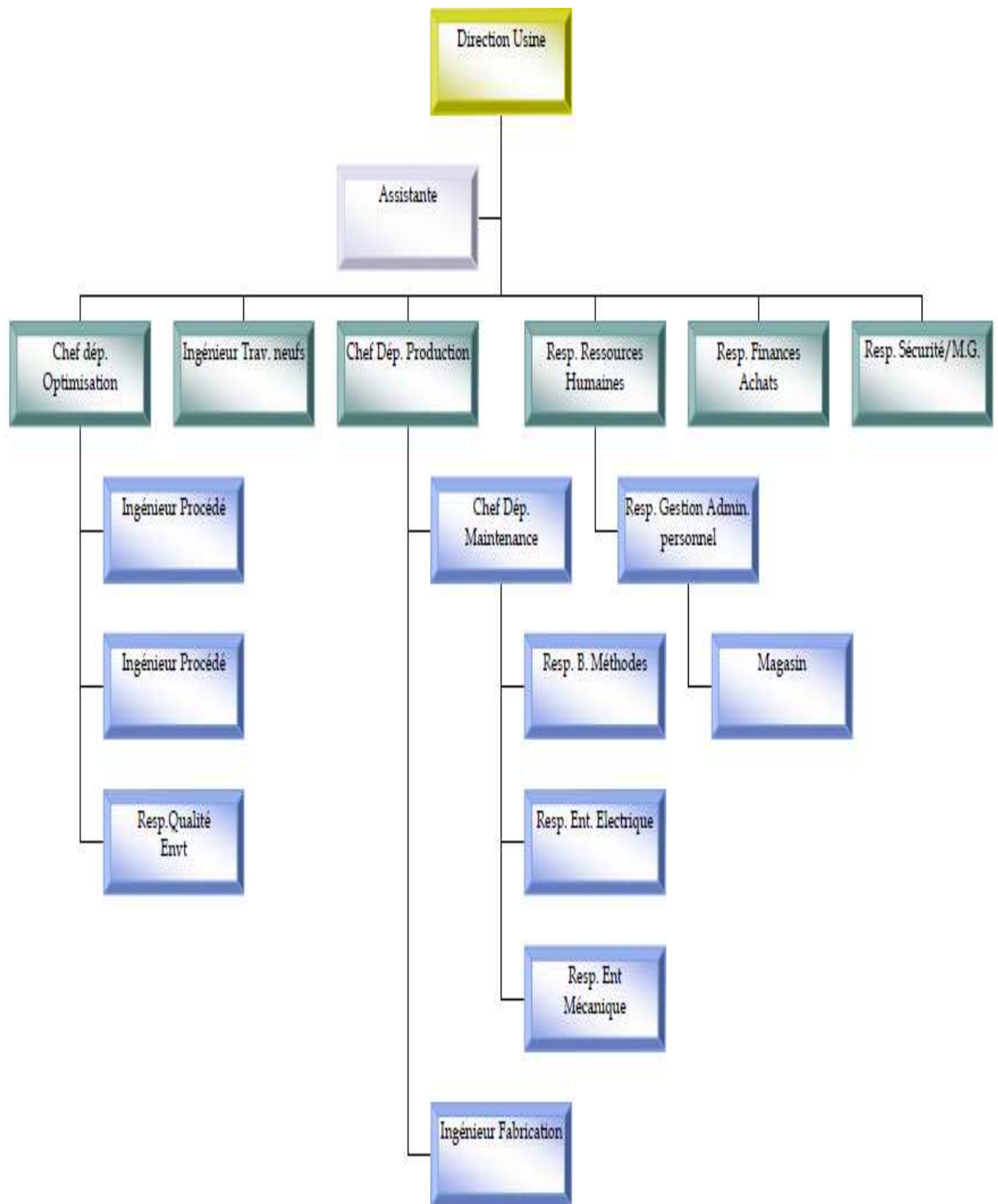


## 1-2-Usine de Meknès :

Située au Nord-est de Meknès, 4<sup>ème</sup> ville marocaine sur l'échelle économique grâce à la présence d'un secteur industriel dont Lafarge ciments fait partie. Cette usine avait comme Titre CADEM (Ciment Artificiel De Meknès), connaît aujourd'hui un potentiel et à un dynamisme qui assure sa bonne continuité. Depuis sa création, elle a connu plusieurs améliorations techniques.

Les caractéristiques de l'usine Meknès :

- Dénomination** : LAFARGE CEMENTS (Usine de Meknès).
- Siège social** : Km8, route de Fès, BP : 33 Meknès  
Standard : 52-26-44/45/46  
Fax : direction usine : 54-92-94  
Service technique : 54-93-07  
Service commercial : 54-93-05
- Nature Juridique** : Société anonyme.
- Capital social** : 476 430 500 DH
- Répartition du capital** : - LAFARGE 50%  
- ONA 50%
- Produits fabriqués** : -Ciment portland avec ajouts CPJ45 en Sac  
et en vrac  
-Ciment portland avec ajouts CPJ35 en Sac
- Effectif du personnel** : 331, répartis de la façon suivante :
- Cadres** : 19
- Agents de maîtrise supérieurs** : 6
- Agents de maîtrise** : 44
- Chefs d'équipe** : 37
- Ouvriers** : 225
- Logo** : 



*Figure 1-2: Organigramme de LAFARGE Meknès*





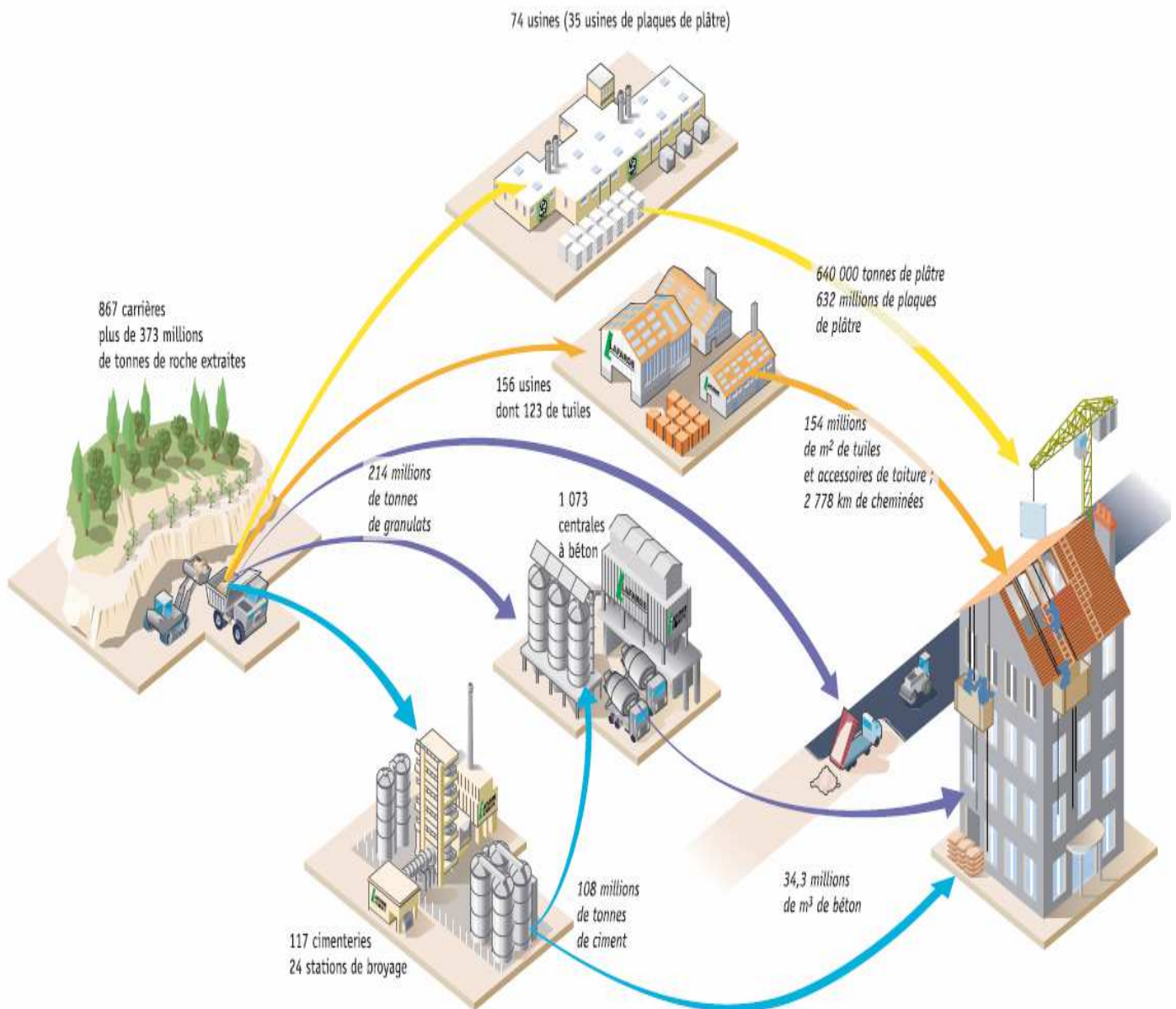
## 2-Activités :

Leader marocain des matériaux de construction, Lafarge Maroc en produit quatre :  
Le ciment, le béton, le plâtre et la chaux.

	Activités	Implantation
<b>Lafarge Ciments</b>	Production de ciment : <ul style="list-style-type: none"><li>• CPJ 35, CPJ 45, CPA 55</li><li>• Super blanc CPJ 45</li></ul>	4 usines <ul style="list-style-type: none"><li>• Ouest Casablanca</li><li>• Centre : Meknès</li><li>• Nord : Tanger et Tétouan</li></ul>
<b>Lafarge Bétons</b>	Fabrication de Béton prêt à emploi	12 centrales à béton : Casablanca, Berrechid, Rabat, Salé, Tanger, Larache, Meknès et Jadida
<b>Lafarge plâtre</b>	Fabrication : <ul style="list-style-type: none"><li>• de plâtre de construction, de moulage et de moulage industriel</li><li>• de carreaux de plâtre standards hydrofuges,</li><li>• De dalles pour plafond.</li></ul>	Une usine à Safi avec deux fours d'une capacité de 800000t. Une presse à carreaux et un carrousel pour dalles de plafond.
<b>Gravel Maroc</b>	Cette unité de granulats vient en appui au dispositif Béton	située à Khayayta Berrechid
<b>Chaux</b>	Fabrication de <ul style="list-style-type: none"><li>• Chaux vive en roche</li><li>• Chaux vive moulue en vrac</li><li>• Chaux vive hydratée en vrac</li></ul>	Sur le site de l'ancienne cimenterie de Tétouan.



# PRÉSENTATION DES ACTIVITÉS DU GROUPE



*Figure 1-3: Activités de Lafarge*



### 3-Description des services :

#### **a) Service carrière-géologie:**

Ce service est responsable du contrôle de la qualité et la surveillance du respect de l'environnement, il permet l'approvisionnement des matières premières : Calcaire, Argile de la carrière. Celles-ci sont extraites sur un site à 5km de l'usine et sont concassées sur un concasseur appelé HAZMAG. Les matières sont ensuite acheminées par transporteur de 5kw appelé CURVODUC.

#### **b) Service fabrication :**

Les ateliers composant la fabrication du ciment (concassage de la matière première, pré homogénéisation, broyage cru, cuisson, broyage cuit...) fonctionnent automatiquement, leur suivi se fait à partir d'une salle de contrôle. Le service Fabrication est donc composé de chefs de postes, d'opérateurs et de rondiers qui assurent la production 24h/24h.

#### **c) Service électrique et régulation :**

Il intervient à la demande du service Fabrication. Il s'occupe de tout ce qui est moteurs électriques, transformateurs, automates, variateurs de vitesse, régulation permettant de contrôler et d'observer les différents paramètres rentrant en jeu dans la supervision tels que la température, les pressions, les débits...

#### **d) Service commercial :**

Ce service est le plus mouvant car il permet de fixer les objectifs de vente de ciments sur une clientèle bien identifiée. Leur travail se base sur la réception des bons de commande et des effets de commerce, la saisie des commandes et des bons de livraison.

#### **d) Service stockage :**

Ce service a pour rôle de stocker les articles et matériels reçu par la société afin de les utiliser en cas de besoin. Le rôle du magasin est de déterminer les biens physiques exercés par les magasiniers. Le magasin immobilise un capital important, il contient plus de 8000 articles soit une valeur de 8Milliards de DH. Les articles sont logés dans des casiers ou des endroits qui leur sont convenables.

#### **e) Direction financière :**

##### **-Comptabilité générale :**

Le service comptabilité générale s'occupe de tous les projets d'investissement quelle que soit leur nature car pour tout achat et approvisionnement, des commandes sont établies et présentées à la section « Fournisseurs d'Exploitation » qui s'occupe d'établir ces commandes par l'envoi d'une facture préforma. Les fournisseurs avisent la société de leur possession des produits demandés, les bons de commandes sont préparés par le bureau du service achat et rapatrié ultérieurement au service de la comptabilité fournisseurs afin de vérifier la conformité de la marchandise et d'enregistrer et classer les bons de commande.

##### **-Trésorerie :**

La direction commerciale envoie à la trésorerie l'ensemble des effets de commerce qu'elle reçoit auprès de ses clients. Chaque encaissement est matérialisé par une pièce interne appelée



ordre de recette et toutes les pièces réunies du dossier sont inscrites sur un registre de trésorerie.

#### **f) Direction administrative :**

Ce bureau s'occupe de la gestion du personnel pour répondre à un ensemble d'objectifs :

- Ajuster l'effectif des employés de façon à réaliser les objectifs fixés ;
- Motiver le personnel pour une organisation du travail au sein de l'entreprise.

#### **g) Service contrôle de qualité :**

LAFARGE CEMENTS usine de Meknès est dotée d'un laboratoire équipé de tous les équipements nécessaires à la réalisation des contrôles depuis la réception des matières premières jusqu'aux expéditions du produit fini et ce conformément aux normes en vigueur et aux besoins de la clientèle. Le personnel de ce laboratoire ayant en charge le contrôle de la qualité est compétent et suit des formations continues en matière de contrôle de qualité et selon un planning de formation préétabli.

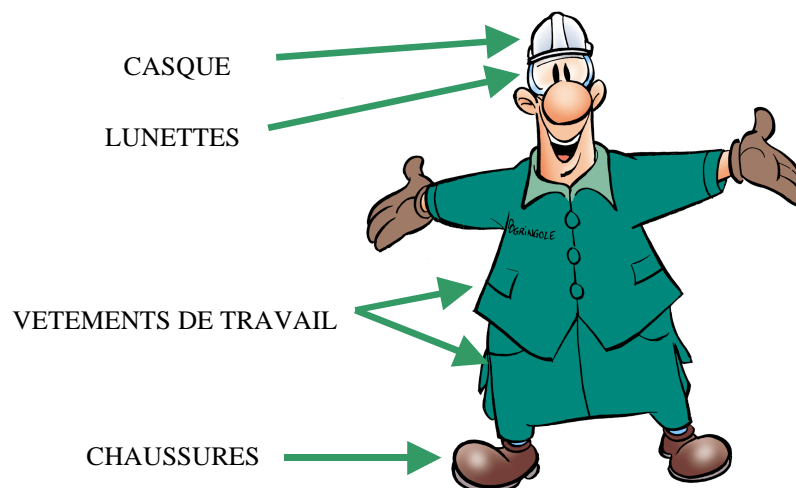
Ce laboratoire est divisé en plusieurs départements, agencés de telle sorte à assurer une bonne réception, identification et conservation des échantillons ainsi que la réalisation de tous les essais.

#### **h) Service procédé :**

Le service procédé est un service qui s'intéresse aux différents procédés s'effectuant au sein de l'usine ; il contrôle en collaboration avec les services de fabrication et de qualité le processus de fabrication du ciment, aussi cherche-t-il à optimiser les paramètres de réglage de différentes installations (cuisson, broyage...). En effet des audits et des tests de performance se réalisent systématiquement dans le but d'améliorer le rendement des unités de production.

#### **i) Service sécurité :**

Il est le moteur pour la réalisation et l'encadrement de l'effectifs de l'usine pour produire un ciment avec un objectif de zéro accident il a pour mission l'animation de la sécurité, le soutien de la hiérarchie en matière de sécurité, l'animation d'un comité de sécurité usine, instauration des procédures de sécurité, le report sécurité et la gestion du réseau sécurité inter usines.





# **CHAPITRE 2: PROCESSUS DE FABRICATION DE CIMENT**

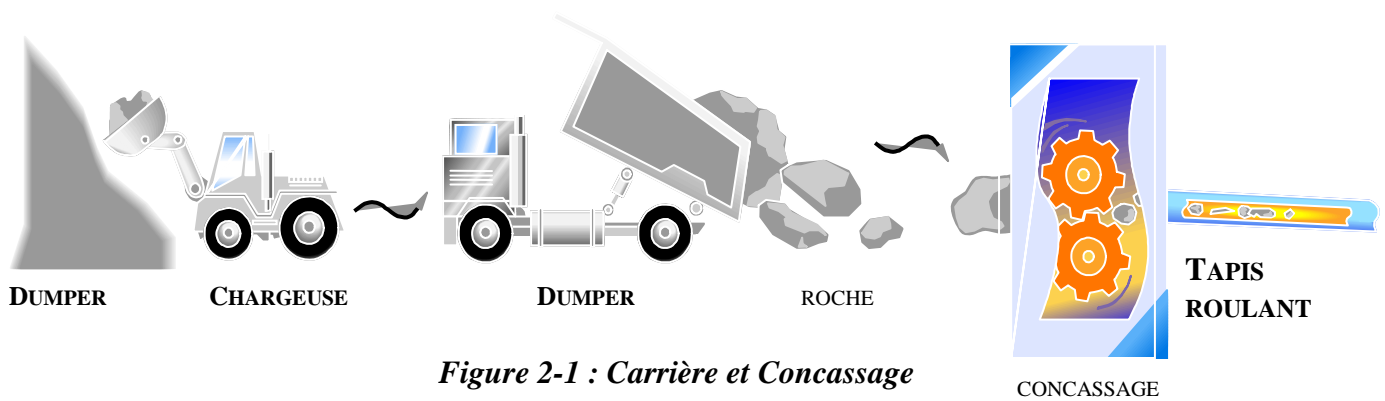


Le ciment est un liant hydraulique constitué d'une poudre minérale, d'aspect grisâtre, obtenue par broyage et cuisson jusqu'à 1450C° d'un mélange de calcaire et d'argile. Le produit de la cuisson appelé Clinker, forme une combinaison de chaux, de silice, d'alumine et d'oxyde ferrique.

La fabrication du ciment est un procédé complexe qui exige un savoir-faire, une maîtrise des outils et des techniques de production, des contrôles rigoureux et continus de la qualité.

La préparation du ciment de l'usine de Meknès passe par les étapes principales suivantes :

## 1-Carrière et Concassage :



*Figure 2-1 : Carrière et Concassage*

### a- La carrière :

L'usine de Meknès a une carrière d'une surface de 100 hectares dont réserves est de 4000000 tonnes de calcaire, elle est à côté de l'usine presque de 5 km. Cette carrière permet à l'usine de Meknès d'extraire le matériau premier, parmi les matériels utilisés sont :

- deux sondeuses
- trois compresseurs
- une pelle hydraulique
- un bulldozer et onze camions

### b- Concassage :

Lafarge est équipée d'une installation de criblage et concassage de matières premières ayant un débit horaire de 500 tonnes par heure, Les blocs de calcaire extraits peuvent atteindre 1m<sup>3</sup> de volume, ils sont concassés et ramenés à des dimensions inférieures à 120 mm, le tout venant d'être concassé, est acheminé du concasseur jusqu'à l'usine par une bande transporteuse.



## 2- Pré homogénéisation et Broyeur cru :

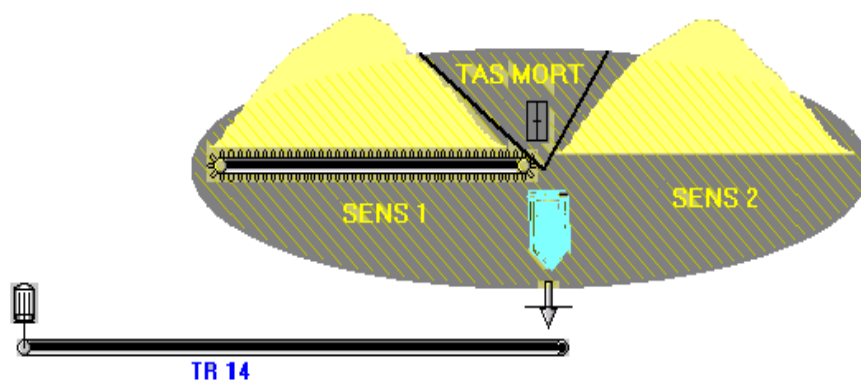
### a-Echantillonnage :

C'est une étape essentielle entre le concassage et l'opération de broyage. Elle a pour but de déterminer et de réaliser un pré dosage des quatre constituants de base de cru : chaux, silice, alumine et fer, qui assurera la composition correcte et donc la qualité du produit fini.

A partir d'analyses de routine effectuées sur des échantillons prélevés périodiquement sur le circuit de matière provenant des concasseurs, le laboratoire de l'usine précise les quantités de chaque composant et définit ainsi la constitution de la pré-homogénéisation.

### b-Pré homogénéisation :

Après concassage, la matière crue présente toujours des fluctuations importantes dans sa composition, c'est pourquoi elle est introduite dans une tour d'échantillonnage puis stockée dans l'installation de pré homogénéisation.



*Figure 2-2 :Pré homogénéisation*

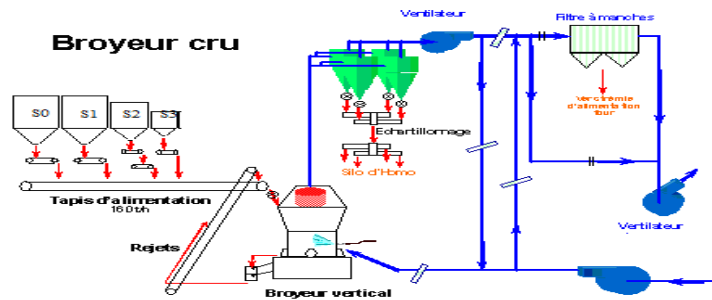
Elle permet une bonne répartition des couches qui en résulte une distribution moyenne de la composition chimique. Le jeteur de type Stocker déverse la matière sur la ligne génératrice supérieure du tas et effectue des allées et retours successifs. Par la suite, les couches du tas ont la forme d'une surface de prisme et s'encastrent les unes sur les autres.



### c- Le Broyage cru :

Le cru est réduit en poudre (farine) dans deux broyeurs verticaux. Avant le broyage de la matière, on procède souvent à des ajouts en constituants secondaires (schiste, minerais de fer, calcaire de correction...) à travers des trémies. La matière et les ajouts passent ensuite dans un atelier broyage dont l'objectif est d'atteindre la finesse souhaitée.

L'usine de Meknès dispose de deux broyeurs crus verticaux à trois galets. La capacité nominale de chaque broyeur est de 120 t/h.



Figures2-3: Le Broyeur cru

### d-Homogénéisation :

À la suite du broyage et après séparation, les matières premières sont transformées en une poudre de grande finesse appelée dans le jargon cimentier « Farine ». Cette farine doit présenter une composition chimique aussi constante que possible. Ces matières premières sont acheminées vers des silos dans lesquelles elles sont homogénéisées.

L'opération d'homogénéisation complète le processus de pré homogénéisation préalable, elle permet d'obtenir un produit de caractéristiques chimiques uniformes qui permettent la fabrication d'un clinker de qualité constante. La préparation de la matière première est maintenant

achevée.

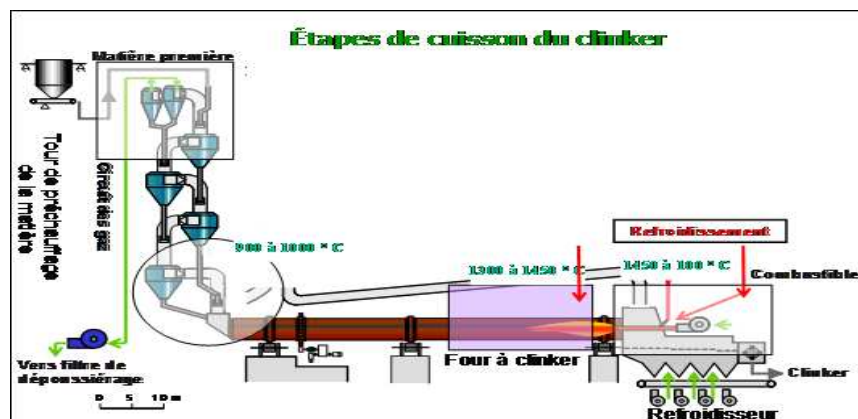


Figure 2-4: Les étapes de cuisson de la farine





### 3-Cuisson de la farine :

#### a- Tour de préchauffage :

La cuisson du cru est l'opération fondamentale de la préparation du ciment. Elle est effectuée dans deux fours rotatifs munis de deux préchauffeurs à quatre étages de cyclones. A la sortie du silo d'homogénéisation, la farine est introduite en tête d'une tour de préchauffage. Elle circule par gravité le long de cinq cyclones à contre courant des gaz d'une température de 800°C. L'évacuation de ces gaz du four est assurée par le ventilateur de tirage.

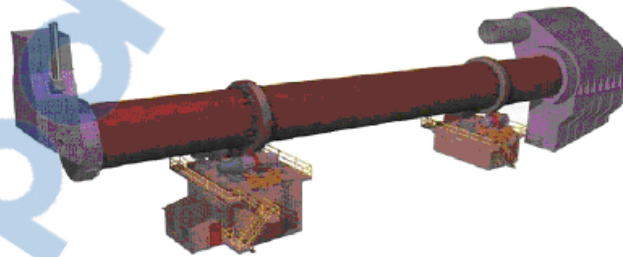
#### b- Four rotatif :

C'est un four rotatif cylindrique de longueur de 46m et 4.2m de largeur, incliné sur l'horizontale permettant l'écoulement de la farine.

A la sortie de la tour la farine arrive dans le four où s'effectue l'étape la plus importante de sa transformation : la clinkérisation qui commence de 1200°C à 1450°C, l'alimentation en farine est située à l'extrémité opposée du brûleur.

En théorie, cette réaction s'arrête lorsqu'il n'y a plus de chaux disponible. Mais en réalité il reste toujours de la chaux non combinée (chaux libre).

La matière sortant du four est le clinker, elle se présente sous formes des grains gris fonces, arrondis à surface irrégulière et dont le diamètre peut aller jusqu'à 3cm.



*Figure 2-5 : Four rotatif*

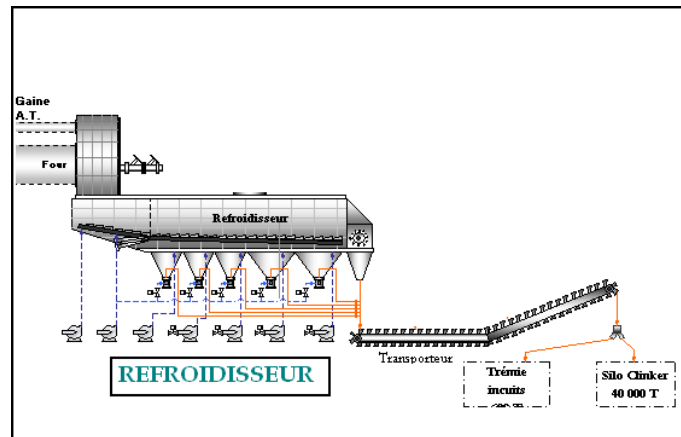
#### c- Le refroidissement :

Plusieurs refroidisseurs peuvent être envisagés :

- Refroidisseurs rotatifs.
- Refroidisseurs planétaires.
- La grille de refroidisseur.

A la sortie du four, le clinker progresse lentement le long de la grille, soit par translation de celle-ci, soit grâce au mouvement alternatif de plaques de grille.

Sous la grille, des ventilateurs propulsent l'air à travers la couche de clinker, assurent un refroidissement progressif.



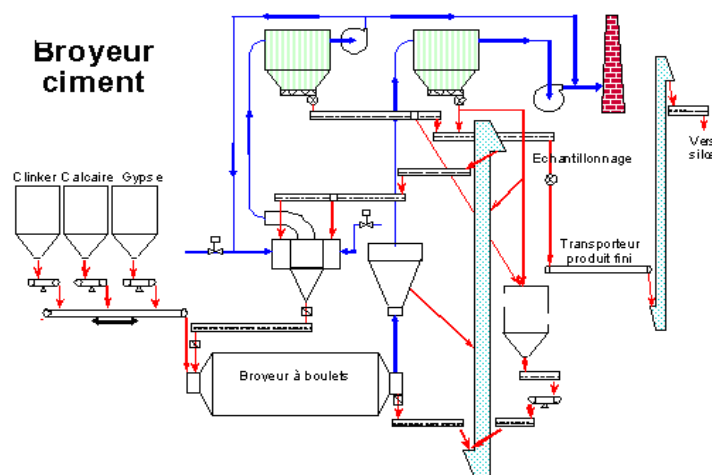
*Figure 2-6 : Refroidissement*

## 4-Broyeur cuit et Expédition :

### a-Broyeur cuit :

Après refroidissement, les granules de clinker sont ensuite broyés avec addition de gypse. Cette addition a pour but de régulariser la prise du ciment, notamment de ceux qui contiennent des proportions importantes d'aluminate tricalcique et aussi de conférer au ciment des propriétés spécifiques correspondant aux différentes qualités du ciment (CPJ35 ; CPJ45 ; CPA55).

Le ciment fini est orienté vers les silos de stockage et de livraison. Le transport s'effectue pneumatiquement dans des tuyauteries grâce à des pompes spéciales.

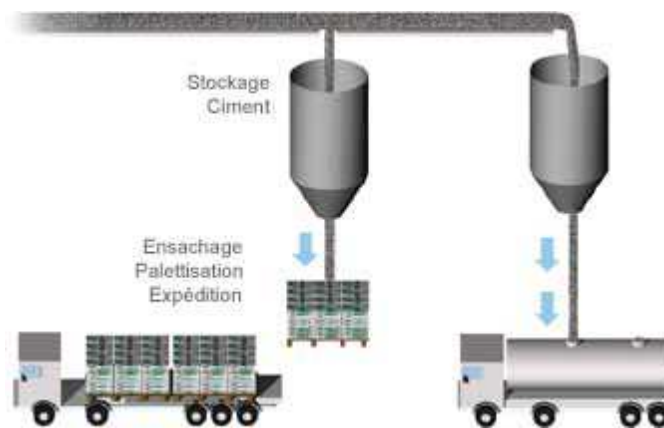


*Figure 2-7: Broyeur ciment*



## b-Stockage et expédition du ciment :

LAFARGE dispose de 6 silos d'une capacité de stockage total de 18.000 tonnes de ciment  
Le ciment est vendu soit en vrac, soit en sacs, par camions ou chemins de fer. Pour la mise en sac du ciment, LAFARGE dispose de 7 ensacheuses.

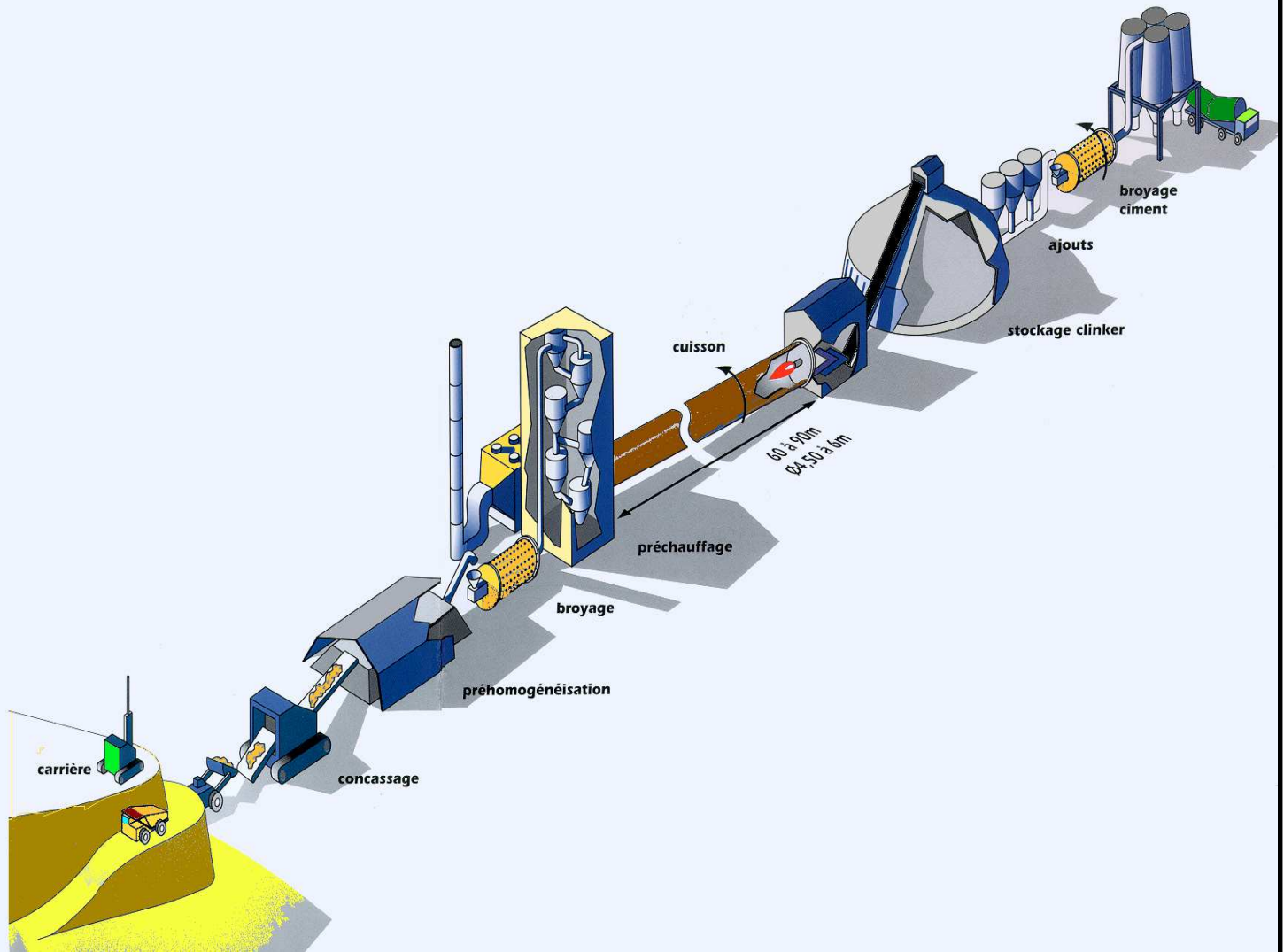


*Figure 2-8: Stockage et expédition*

### **Conclusion :**

Le laboratoire de la société intervient à chaque stade de production, il assure le contrôle de schéma récapitulatif des étapes d'obtention du ciment.

La figure suivante illustre tous les étapes principales de fabrication de ciment.



*Figure 2-9: Le processus de fabrication du ciment*



# **CHAPITRE 3:** **Régulation d'un doseur mélange**



La fabrication du ciment a évolué en fonction des innovations enregistrées dans différents domaines : la chimie, le génie thermique, la mécanique, l'électrotechnique, etc. Les différentes étapes de fabrication intègrent les technologies modernes.

C'est dans ce contexte et dans le but de trouver des solutions convenables au problème lié au régulateur de débit de doseur. On va mener une étude complète du système de dosage BC1 ensuite on va traiter la régulation de débit de doseur mélange.

## 1-Aperçu sur La régulation:

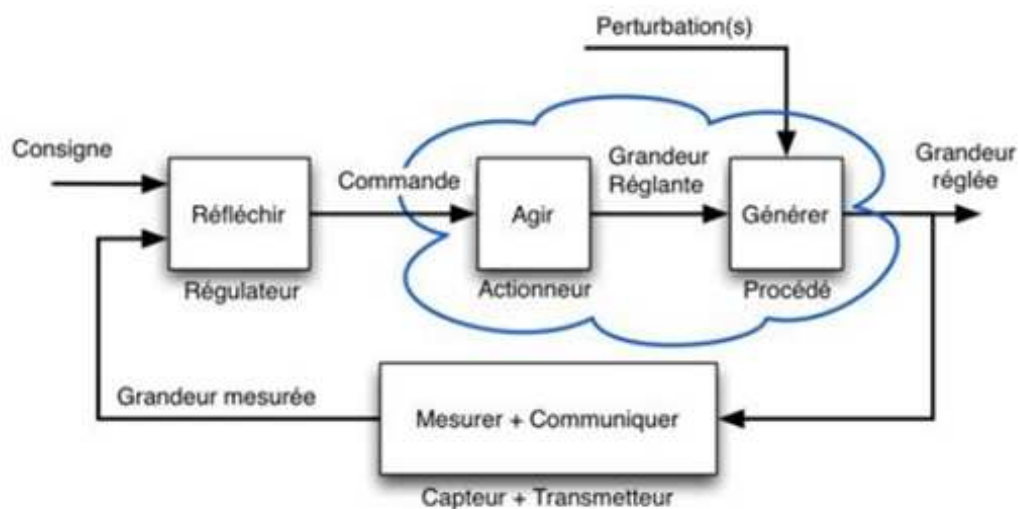
### 1-1-Principe de la régulation

Pour réguler un système physique, il faut :

- Mesurer la grandeur réglée avec un capteur.
- Réfléchir sur l'attitude à suivre : c'est la fonction du régulateur. Le régulateur compare la grandeur réglée (la mesure) avec la consigne et élabore le signal de commande.
- Agir sur la grandeur réglant par l'intermédiaire d'un organe de réglage.

On peut représenter une régulation de la manière suivante :

Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation



*Figure 3-1 : principe de fonctionnement d'une régulation*

Dans une boucle de régulation on distingue :

- Un organe de mesure.
- Un transmetteur.
- Un bloc comparateur (mesure - consigne).
- Un régulateur, avec action PID suivant le procédé.
- Un organe de commande pour maintenir les paramètres du procédé.



## 1-2-Régulation PID :

Un régulateur PID (proportionnel intégral dérivé) est un organe de contrôle permettant d'effectuer une régulation boucle fermée d'un système industriel.

Il est bien adapté à la plupart des processus de type industriel et relativement robuste par rapport aux variations des paramètres du procédé.

Le réglage d'un PID est en général assez complexe, les méthodes pratiques de réglage permettant d'obtenir des bons résultats.

## 1-3-Régulation de débit de doseur :

La régulation de la bande du doseur est réalisée à l'aide d'un PID numérique qui se règle comme PID analogique.

**Calcul de l'écart** :  $\text{Ecart}(t) = \text{Consigne}(t) - \text{Mesure}(t)$ .

**Action proportionnelle** :  $\text{Commande Proportionnelle}(t) = \text{Ecart}(t) \times \text{KP}$

Avec KP « coefficient proportionnel »

**Action intégrale** :  $\text{Commande Intégrale}(t) = \text{Commande Intégrale}(t-T_e) + (\text{Ecart}(t) \times \text{KI})$  ;

Avec KI « coefficient intégral »

**Action dérivée** :  $\text{Commande Dérivée}(t) = \{\text{Ecart}(t) - \text{Ecart}(t-T_e)\} \times \text{KD}$

Avec KD « coefficient dérivé »

$$\text{PID} = (\text{CREL} + \text{PRO} + \text{INT} + \text{DER}) * 10\text{V} / 100 * \text{DEBN}$$

PID : Tension appliquée au moteur de la bande

PRO : valeur de la proportionnelle de l'écart entre la consigne et le débit.

INT : valeur de l'intégrale de l'écart entre la consigne et le débit.

DER : valeur de la dérivée sur le débit.

CREL : consigne réelle demandée au doseur.

DEBN : débit nominal du doseur.

## 2-Etude du système dosage BC1 :

Les doseurs sont des éléments très importants dans la chaîne de production du ciment. Le système dosage BC1 est composé de doseur mélange permet de doser et mélanger la matière première (bauxite + ferrite) et le doseur schiste qui contribue au dosage d'une quantité suffisante de schiste afin de corriger la matière première et envoyer tout le mélange par une bande transporteuse vers le broyeur cru en fonction de débit de production .

Au sein de la société Lafarge il y a deux lignes de fabrication, les doseurs crus de chaque ligne BC1 et BC2 sont fabriqués respectivement par les fournisseurs Hasler et Schenck. Le système dosage BC1 est de type Schenck.

### 2-1- L'installation électrique de dosage BC1 :

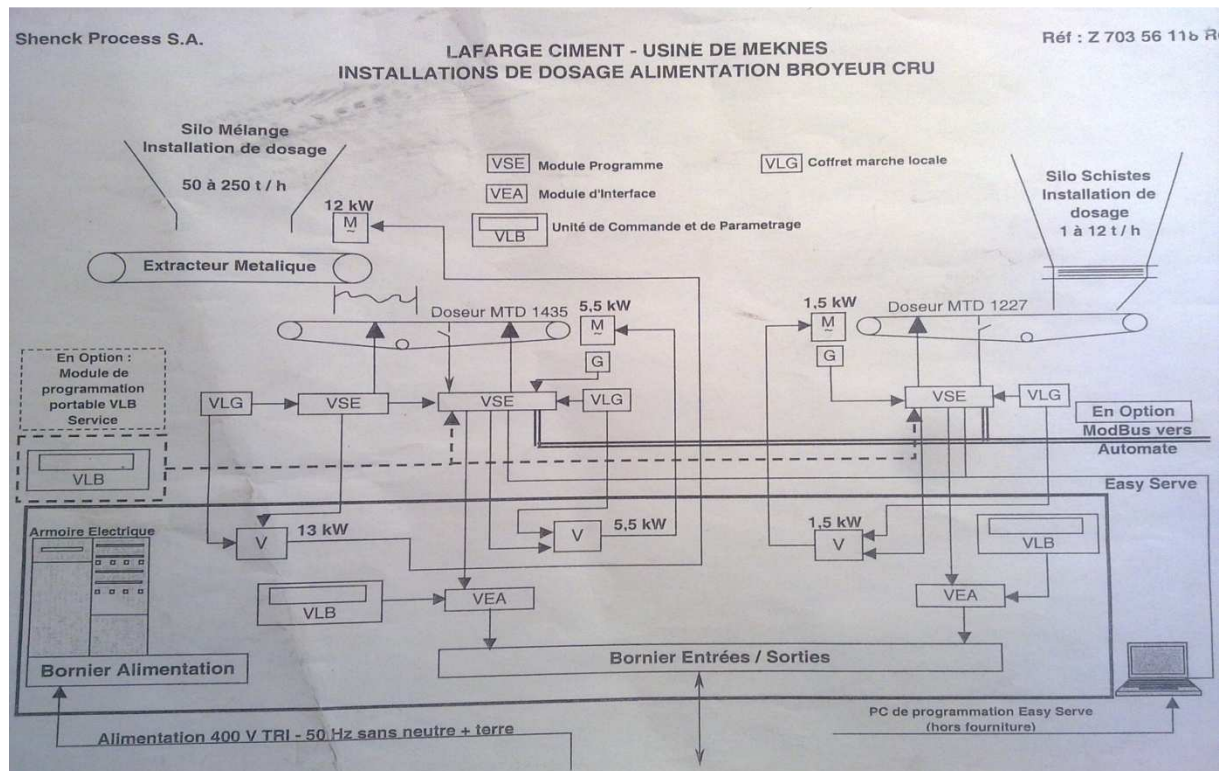


Figure 3-2 : L'installation électrique de dosage BCI

Le système dosage Schenck est composé de deux doseurs,

- doseur mélange
- doseur schiste.



Figure 3-3 : doseur mélange



Figure 3-4 : doseur schiste





## 2-2- Description des éléments du système dosage BC1 :

### a-Unité de système VSE :

L'unité de système DISOCONT assure toutes les fonctions de mesure et de régulation en fonction du logiciel du doseur chargé. Elle peut être dotée d'un module de communication pour un système à bus de terrain standard. Un bus de terrain local intégré au DISOCONT assure la liaison à d'autres unités DISOCONT et à d'autres postes de bus local. L'unité de système peut être utilisée comme un système autonome pour des configurations mettant en œuvre un PC ou un système de control des processus industriels via bus de terrain.

L'unité de système doit être intégrée à un boîtier de type VFG ou VEG.



*Figure 3-5 : boîtier VFG*



*Figure 3-6 : boîtier VEG*

### b-Unité d'entrée/sortie supplémentaire VEA :

Comme unité en option pour des entrées/sorties supplémentaires le VEA est à disposition qui est branché au VSE via le bus local. Cette unité est indispensable pour une alimentation en produit régulée du doseur ou si l'unité de commande est intégrée au panneau de contrôle.



*Figure 3-7: Unité VEA*

Les différentes entrées sorties de VEA

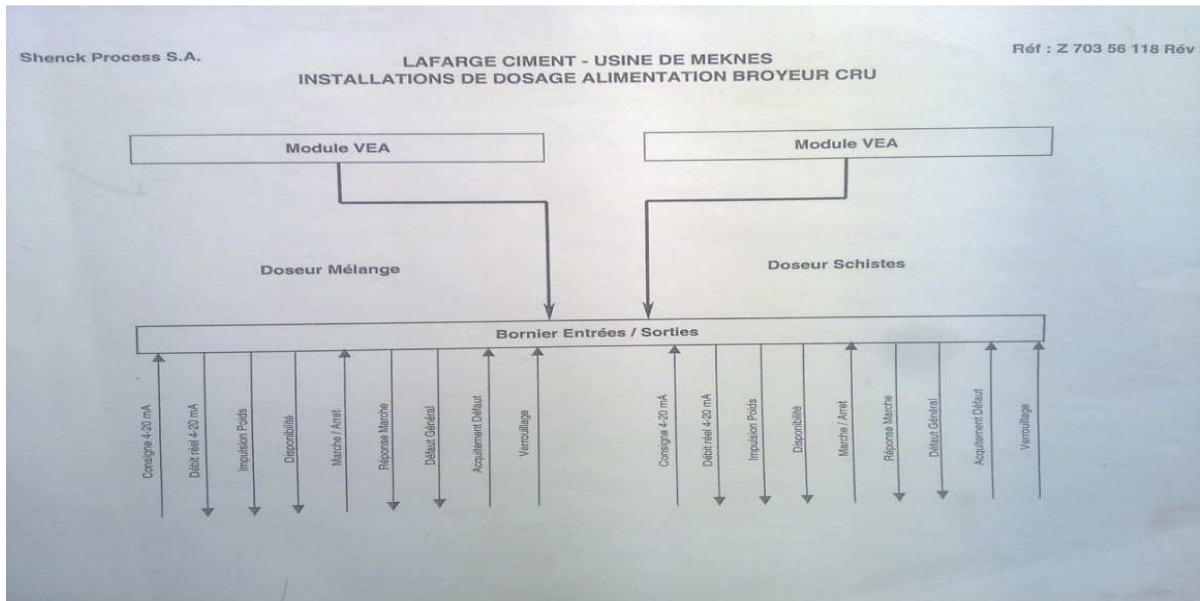


Figure 3-8 : entrées sorties de VEA

### c-Unité de commande VLB :

L'unité de commande VLB peut se substituer à la commande par le système de contrôle des processus industriels ou intégré celle-ci.

Pour l'utilisation d'une VLB une unité VEA est indispensable. L'unité VLB peut être intégrée soit au panneau de contrôle soit à la porte d'armoire de commande.



Figure 3-9 : unité de commande VLB

### d-Bus de terrain :

Un système de contrôle de processus industriels de la commande de l'installation communique avec le DISOCONT via un bus de terrain.

Toutes les interfaces de bus de terrain sont des cartes enfichées sur l'unité de système VSE. Selon le système à bus de terrain utilisé il faut tenir compte de certaines restrictions concernant par exemple la longueur de câble et la terminaison de bus



### e-Unité de commande locale VLG :

Lorsque l'entraînement principal doit être commandé manuellement à des fins de maintenance l'unité de commande locale contourne l'électronique DISOCONT et est entièrement accessible. Un entraînement peut être démarré et arrêté et une régulation manuelle de vitesse de bande par exemple est possible.



Figure 3-10 : Unité de commande locale VLG

### f-Variateur de vitesse :



Variateur de vitesse Altivar 28

Variateur de vitesse ABB

Figure 3-11 : variateur de vitesse

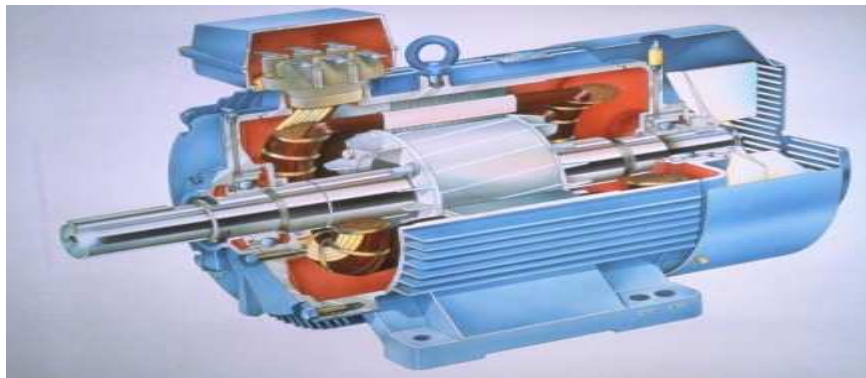


Un variateur de vitesse est un équipement électrotechnique alimentant un moteur électrique de façon à pouvoir faire varier sa vitesse de manière continue, de l'arrêt jusqu'à sa vitesse nominale.

La vitesse peut être proportionnelle à une valeur analogique fournie par un potentiomètre, ou par une commande externe : un signal de commande analogique ou numérique, issue d'une unité de contrôle.

### **g-Moteur asynchrone**

Le moteur asynchrone est constitué de deux parties : le stator et le rotor.



*Figure 3-12 : Vue en coupe d'un moteur asynchrone*

**-Le stator :** le stator est l'inducteur (celui qui induit, qui crée le champ magnétique).

**-Le rotor :** le rotor est l'induit (celui qui subit les courants induits)

### **h-Disocont**

Le DISOCONT est un équipement électronique modulaire, à usages multiples, pour les techniques de pesage et de dosage.

Ses éléments constitutifs sont l'unité de commande DISOCONT VSE, l'unité de pilotage local DISOCONT VLB et l'unité DISOCONT Entrée/Sorties VEA.

Le DISOCONT est conçu pour des fonctions de mesure et de commande ou bien pour des chargements en discontinu.

## **3-Régulation de débit d'un doseur de mélange**



### 3-1-Description du doseur mélange

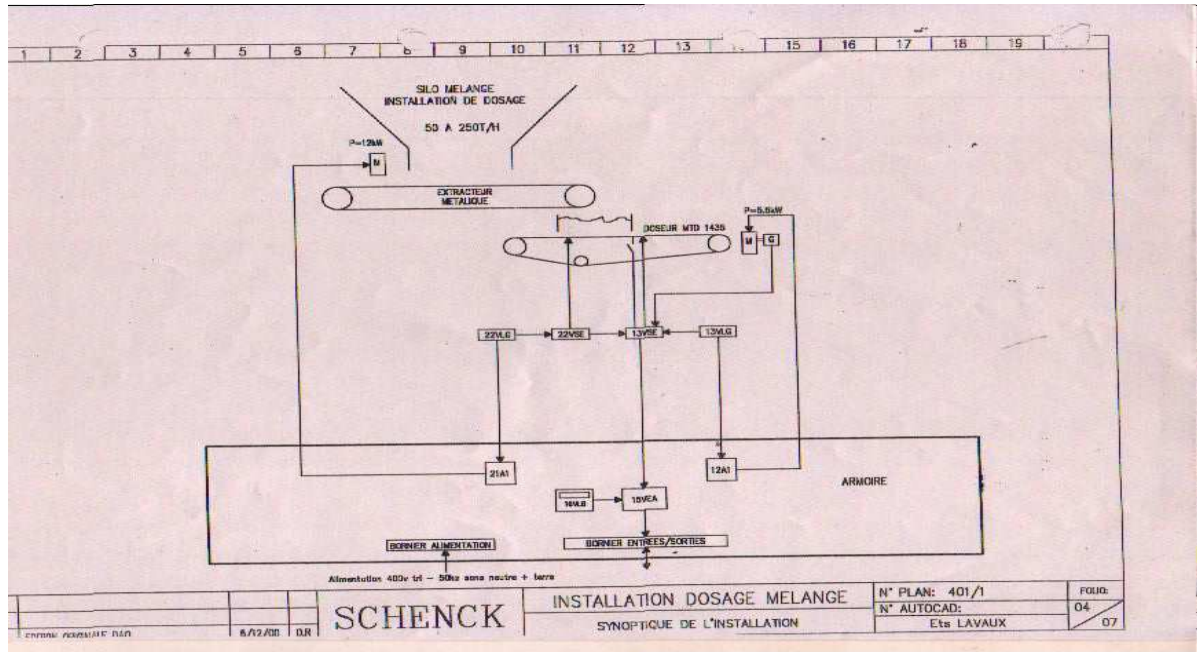


Figure 3-13 : L'installation de doseur mélange

Le doseur mélange est un équipement d'alimentation pondérale de matière, il est composé des principaux éléments suivants :

- Silo de stockage.
- Extromat.
- La trémie d'alimentation ou entrées doseur.
- La bande transporteuse.

Le groupe d'entraînement de la bande transporteuse contient :

- Un moteur d'entraînement à vitesse variable.

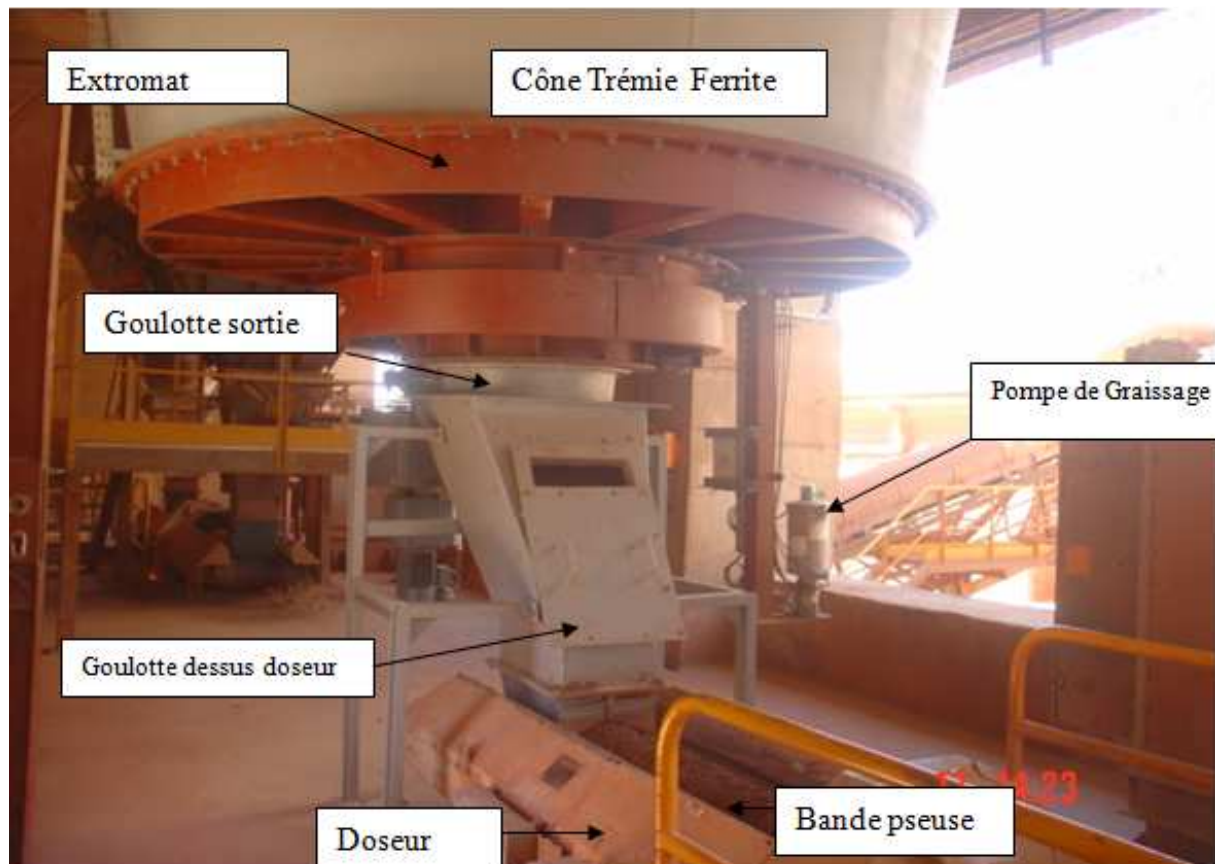
<i>Caractéristiques de moteur</i>	
Cos $\rho$	0,85
Couplage	Triangle/étoile
La vitesse N	1430 tr/min
Puissance P	5,5kw

- Un réducteur de vitesse est un système d'engrenages dont le rapport de transmission est inférieur à 1, pour augmenter le couple moteur d'une rotation ou pour réduire la vitesse.



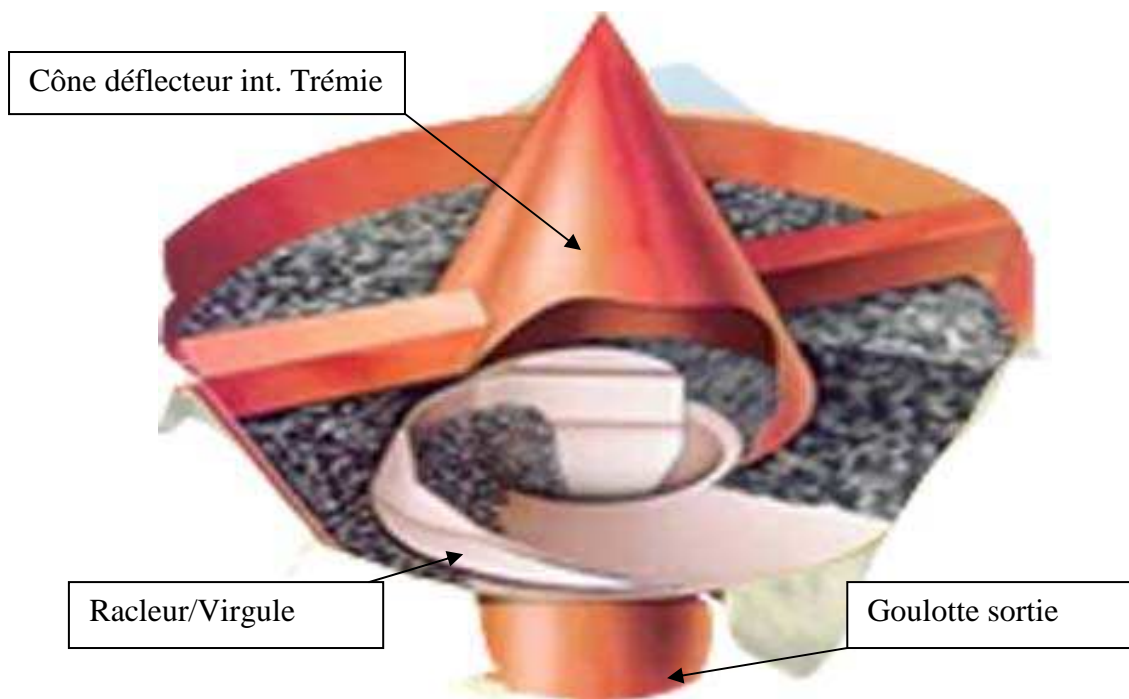
- Un générateur d'impulsion situé entre le moteur et son réducteur, il délivre une tension proportionnelle à sa vitesse de rotation. Son principal domaine d'application se situe dans la régulation de vitesse d'un moteur électrique.
- Le pont de pesage permet de mesurer la charge de la matière sur une longueur de bande définie.

### 3-2-Fonctionnement du doseur mélange



Le doseur mélange est composé d'un extromat et d'une bande peseuse.

L'extromat comprend un racleur entraîné en rotation par un groupe de commande,



**Figure 3-15 : Vue en coupe de l'extromat**

Le groupe de commande comprend :

- Un moto réducteur
- Un réducteur

Ce racleur permet de centrer la matière raclée vers la goulotte de sortie située au dessus du doseur existant. A l'intérieur du cône, il y a un déflecteur permettant de régler la couche matière à racler. Actuellement cette hauteur est réglée à 200mm. L'extromat équipée d'un moteur, elle soutire la matière première (calcaire, gypse et autres ajouts) de silo de mélange vers la trémie.

La bande peseuse est entièrement pesée, de son tour équipée d'un moteur de 5,5KW contrôlé par un variateur de vitesse ALTIVAR 28, elle reçoit le produit sortant de l'extromat dans la zone de sensibilité maximale.

Le doseur permet de modifier la vitesse de la bande peseuse pour obtenir un débit de matière correspondant à la valeur de consigne. Le débit de la matière est calculé par le produit de la charge au mètre par la vitesse de la bande est remmené au régulateur de type PID.

### 3-3-Le principe de fonctionnement de l'extromat

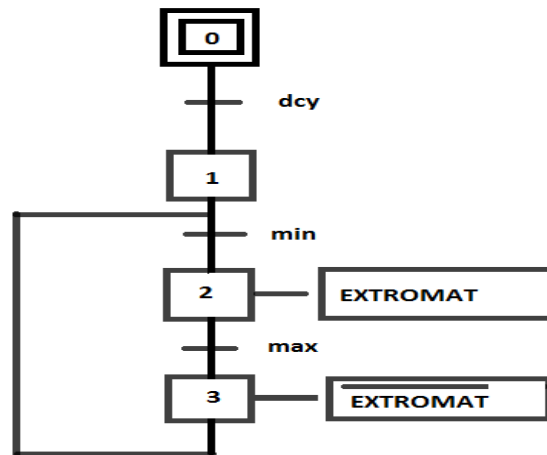
Le principe de fonctionnement de l'extromat est décrit par le Grafcet ci-dessous (tout ou rien).

Ce mode d'action est essentiellement discontinu. Sa réalisation impose une limite inférieure et une limite supérieure.

Lorsque la mesure atteint la limite inférieure, l'actionneur prend une position particulière (marche). De façon analogue le fait d'atteindre la limite supérieure place l'actionneur dans la



position contraire (arrêt). La mesure oscille donc entre ces deux valeurs extrêmes. Ce réglage simple présente l'inconvénient d'être peu précis.



*Figure 3-16 : principe de fonctionnement de l'extromat*

### 3-4-Principe de mesure du débit:

-Mesure de la charge (Q) :

Une bascule pèse en continue la matière transportée sur la bande transporteuse, la matière est conduite sur un tablier de pesage placé sous la bande et limité par deux rouleaux porteurs. La quantité de matière sur le tablier de pesage produit par l'intermédiaire d'un ou plusieurs cellules de mesure, La tension de sortie du capteur est proportionnelle à la charge sur le tablier de pesage. Cette tension est amplifiée et amenée au microprocesseur de DISICONT à l'aide d'un convertisseur analogique digital.

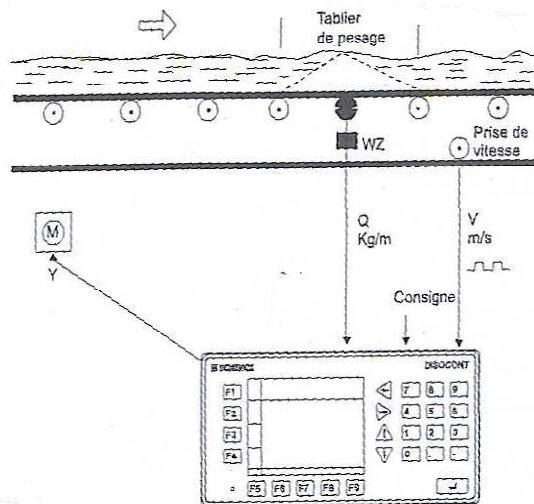
-Mesure de vitesse (V) :

La mesure de la vitesse effectuée au moyen des impulsions en provenance de la génératrice accouplée au moteur de la bande. Ces impulsions passent par un diviseur programmé par logiciel dont les impulsions de sortie correspondent à un déplacement bien précis de la bande.

Le DISOCONT calcul en suite le débit à partir des valeurs de mesure de la charge sur la bande et de la vitesse de celle-ci.

$$I = Q \times V \quad I: \text{Le débit réel.}$$





**Figure 3-17: principe de la mesure du débit**

La figure de l'installation de doseur mélange montre qu'il comprend deux cartes VSE, ce doseur est alors composé de deux régulateurs l'un de débit et l'autre de remplissages.

Le débit de consigne et le débit réel sont comparés et la différence est amenée sur le régulateur du bande, ce dernière modifie la vitesse a fin que le débit réel soit égal au débit de consigne.

Le poids réel et consigne de remplissage sont comparés et la différence est amenée sur le régulateur de la petite trémie cette boucle fonctionne lorsque l'opérateur indique que le poids réel arrive a son niveau bas afin de remplir la trémie.

### 3-5-Présentation du problème :

Le débit de doseur de mélange est régulé avec une commande tout ou rien. Toute fois, ce régulateur n'est pas précis et il peut entrainer des pannes électriques .

En effet, lors de démarrage de moteur de l'extromat, on peut avoir des coupures d'électricité et par suite le doseur tombe en panne et comme il y a manque de matières en stock, le fonctionnement de doseur sera perturbé pendant une longue période ce qui peut entrainer l'arrêt de production.

Ce doseur joue un rôle important pour le bon fonctionnement de tous le processus de fabrication de ciment, alors s'il y a un problème il va influencer sur la production par suite sur le rendement, donc il faut trouver des solutions en faisant une étude approfondie au niveau de tous les organes constituant le système.

### 3-6-Les solutions possibles

Pour résoudre ce problème on a proposé pour la régulation de débit de doseur mélange d'utiliser le variateur de vitesse au niveau de l'extromat, le rôle de ce variateur consiste à moduler l'énergie électrique fournie au moteur dans le but de contrôler la charge sur le tablier de pesage.

Pour contrôler le doseur avec une régulation plus précise, on a suggéré trois régulateurs simples.



- Doseur gravimétrique.
- Bascule sur bande avec régulation de l'organe.
- Bascule sur bande avec charge constante.

### a-Doseur gravimétrique :

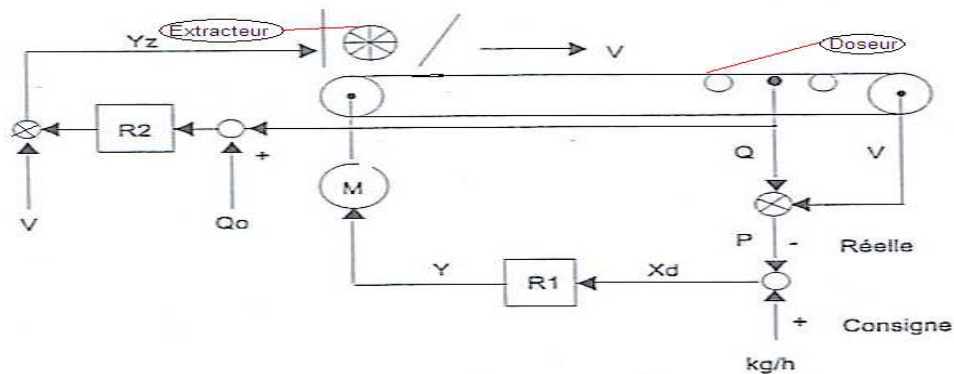


Figure 3-18 : Doseur gravimétrique.

Un extracteur (extromat) transporte la matière de la trémie de stockage vers le doseur et la bande de ce dernier soutire cette matière vers le broyeur. Débit de consigne et débit réel sont comparés et la différence est amenée sur le régulateur R1. Ce dernier modifie la vitesse de la bande aussi longtemps que nécessaire pour que le débit réel soit égal au débit de consigne.

Si la charge mesurée sur la bande (Q) n'est pas égale à la charge de consigne ( $Q_0$ ), le régulateur R2 va être pour corriger le manque ou l'excès de la matière sur la bande du doseur.

Donc avec un seul point de mesure on peut contrôler la bande du doseur ainsi que la bande de l'extracteur.

### b-Bascule sur bande avec extracteur régulé :

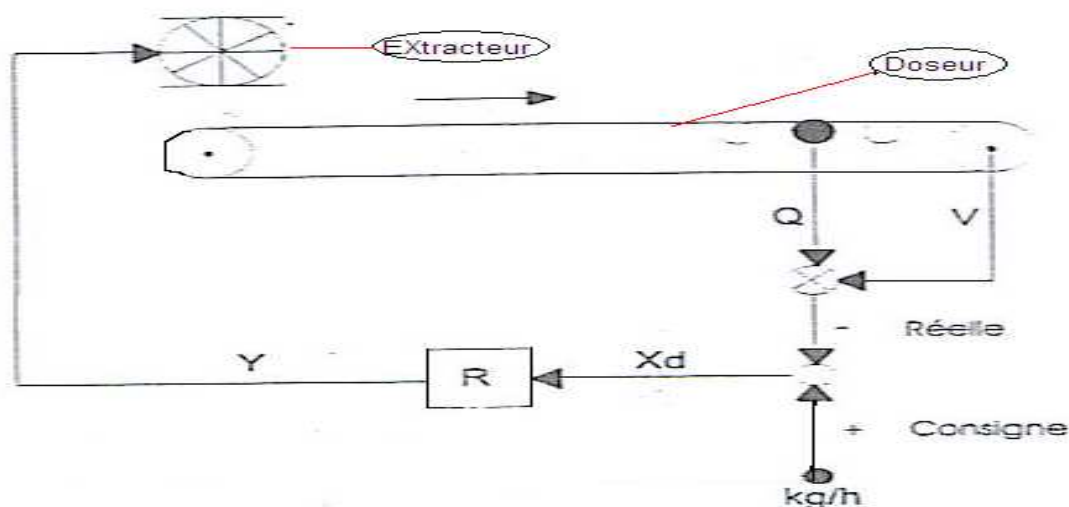


Figure 3-19: bascule sur bande avec extracteur régulé :



Pour ce schéma la vitesse de la bande du doseur est constante. Le débit est régulé sur la consigne par modification de la charge sur la bande qui est proportionnelle à la vitesse de la bande de l'extracteur contrôlée par le régulateur R.

Cette méthode nous permet d'éliminer tout un système DISOCONT puisqu'on commande le doseur avec un seul régulateur, donc elle est plus économique que la précédente.

### c-Bascule sur bande avec charge constante :

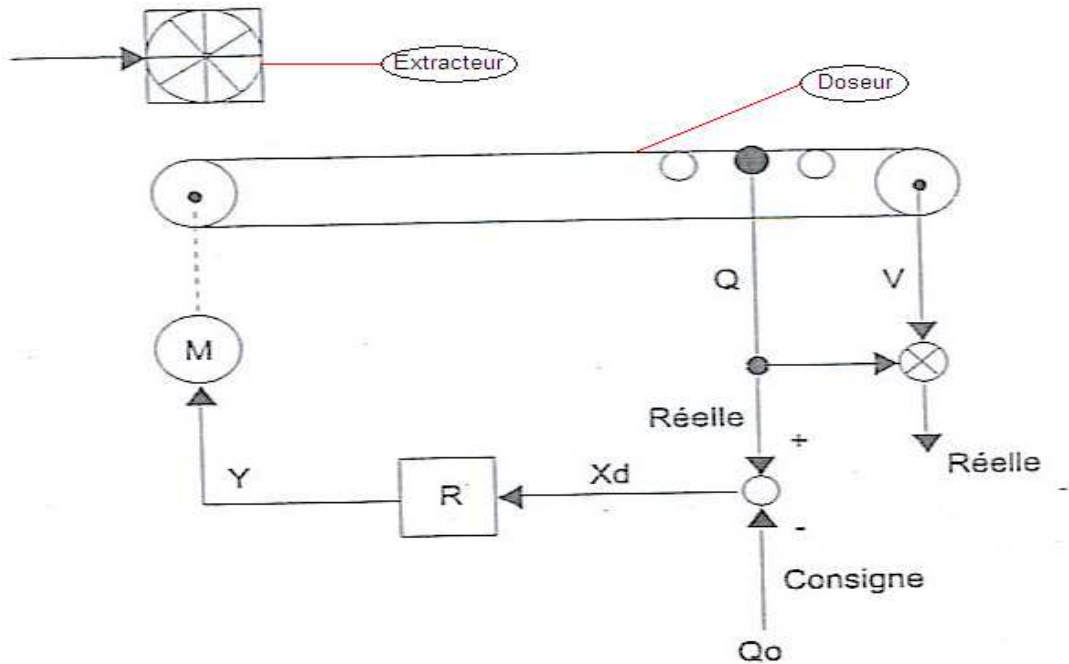


Figure 3-20 : bascule sur bande avec charge constante :

L'extracteur non régulé alimente la bande peseuse du doseur par la matière, la vitesse de la bande est adaptée grâce au régulateur de tel sorte que, la charge de la bande corresponde toujours à la valeur nominale de charge  $Q_0$  donnée comme consigne à partir de la salle de contrôle.

Comme la précédente cette méthode va nous permettre aussi de contrôler le système avec un seul régulateur.

### Conclusion

Les trois solutions sont théoriquement possibles mais le choix acceptable expérimentalement par les responsables est le doseur gravimétrique car c'est le plus convenable et plus précis avec la fabrication de ciment.

Pour la mise en œuvre de cette régulation on a utilisé le programme CFC dont le fonctionnement sera l'objet de chapitre suivant.



# **Chapitre 4 :** **Regulation de débit de doseur mélange** **avec CFC**



Actuellement, les automates intègrent les régulateurs au sein de l'unité centrale. Soit sous la forme de module autonome émulant un régulateur externe au sein de l'UC (évitant ainsi la redondance de câblage qu'imposait l'utilisation de régulateur externe), soit sous la forme de blocs primitifs intégrables au sein du code au même titre qu'un bloc temporisateur. Les régulateurs permettent ainsi de lier plus simplement les parties séquentielle et continue du procédé.

## 1-CFC(Continuous Function Chart) :

CFC (Continuous Function Chart) est un éditeur graphique basé sur le progiciel STEP 7. Il permet d'élaborer une architecture logicielle globale pour une CPU à partir de blocs préprogrammés. Pour ce faire, les blocs sont insérés dans des diagrammes fonctionnels et interconnectés.

Connecter signifie transmettre des valeurs d'une sortie de bloc vers une ou plusieurs entrées de bloc, par exemple pour permettre la communication entre ces blocs.

## 2-Interconnexions :

Dans CFC, une interconnexion est la liaison entre :

- la sortie d'un bloc/diagramme et
  - une ou plusieurs entrées d'un autre bloc/diagramme ou du même bloc/diagramme,
  - Ou une sortie d'un connecteur de diagramme,
  - Ou un groupe d'exécution (type de données BOOL seulement),
  - Ou bien des objets situés en dehors du système CFC de gestion de données (par ex. des Opérandes globaux) ;
- l'entrée d'un bloc/diagramme et
  - un connecteur de diagramme (au sein d'un diagramme),
  - Ou des objets situés en dehors du système CFC de gestion de données (par ex. des Opérandes globaux).
- Les types de données de l'entrée et de la sorties doivent être compatibles. Les blocs/diagrammes interconnectés peuvent se trouver dans la même feuille, dans des Feuilles différentes d'un même diagramme ou dans différents diagrammes d'une même CPU.



### 3-Les blocs utilisés dans notre régulation:

#### a-AND : Liaison ET

Ce bloc relie les entrées entre elles par un ET logique. La sortie est égale à 1 lorsque toutes les entrées sont égales à 1. Sinon la sortie est égale à 0. Le nombre d'entrées IN peut être modifié.

Table de vérité (exemple pour  $n = 2$ )

IN1	IN2	OUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

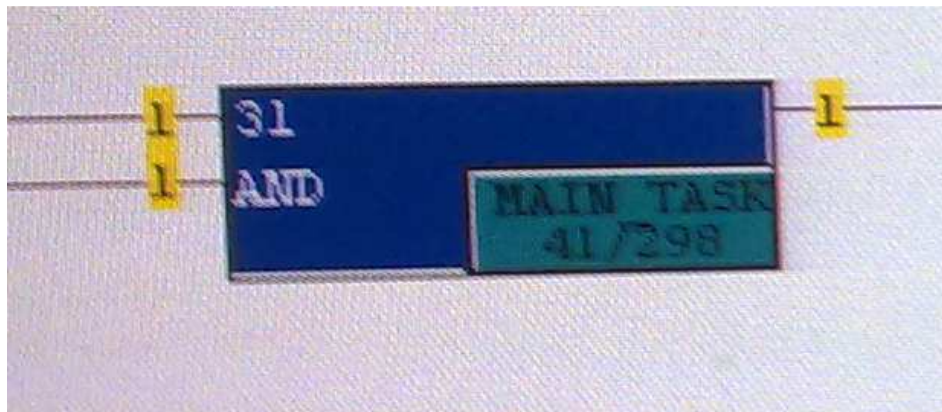


Figure 4-1 : bloc and

#### b-TIMER\_P : Générateur d'impulsions

Le bloc démarre la temporisation au mode de fonctionnement indiqué par la valeur à l'entrée MODE :

- Générateur d'impulsions
- Impulsion prolongée
- Retard à l'enclenchement
- Retard à l'enclenchement mémorisé
- Retard au déclenchement

Modes de fonctionnement



MODE	Mode de fonctionnement
0	Démarrer temporisation sous forme d'impulsion
1	Démarrer temporisation sous forme d'impulsion prolongée
2	Démarrer temporisation sous forme de retard à l'enclenchement
3	Démarrer temporisation sous forme de retard à l'enclenchement mémorisé
4	Démarrer temporisation sous forme de retard au déclenchement

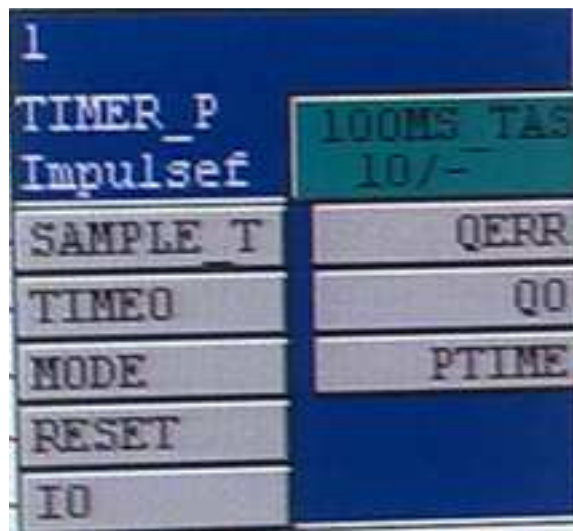


Figure 4-2 : bloc timer\_p

### c-SEL\_R : Multiplexeur 1 de 2 pour valeurs REAL

En fonction de la valeur de l'entrée sélectionnée K, la valeur de l'entrée IN0 (K = 1) ou de l'entrée IN1 (K = 0) sera écrite à la sortie par le bloc.

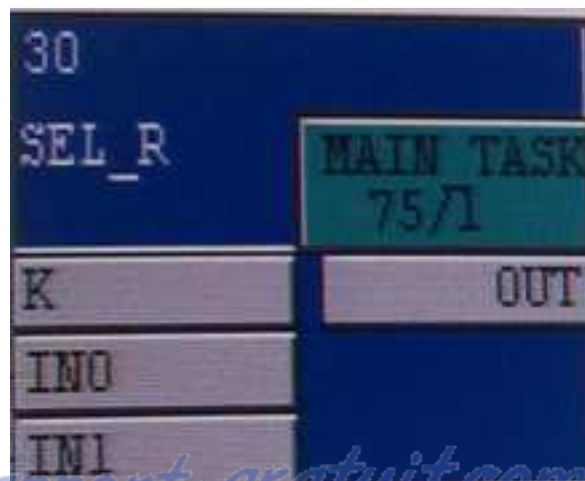


Figure 4-3 : bloc sel\_r



## **d-TE\_CTRL CONSIGNE**

Le bloc de fonction sert à la régulation de processus techniques possédant des valeurs d'entrée et de sortie continues sur les systèmes d'automatisation SIMATIC S7. Le paramétrage de ce bloc vous permet d'activer ou d'inhiber certaines fonctions partielles du régulateur et de les adapter ainsi au circuit réglé.





TE CTRL CONSIGNE	MAIN TASK V/S
AUTO ON	Q MAN
AUT L	Q AUT
MAN L	Q IDL
ACEN L	Q ACT
CLC L	Q FAULT
GLC L	Q LOCK
EXT L	Q FV
INT L	OPV FLT
IN LOCK	Q RANGE
STOP	Q HV
AUTOP EN	QMV FLT
MANOP EN	Q SP
CCLOL EN	Q ER
CLCOP EN	Q CLC
GLCOP EN	Q GLC
CEXIN EN	Q HVTR
EXTOP EN	Q SPTR
INTOP EN	Q EXT
HVOP EN	Q INT
SPOP EN	OPV HR
HV HR	OPV LR
HV LR	QMV HR
HV HL	QMV LR
HV LL	Q VERS
HVOP HL	
HVOP LL	
HV QC	
HV AUT	
HV THRV	
HV TRRN	
SPOP HL	
SPOP LL	
SP AUT	
SP EXT	
SP TRRN	
FV HL	
FV IN	
FV QC	
FV LR	
WANG HND	
ACT OP	

Figure 4-4 : bloc te\_consigne

### e-CH\_AO : valeurs de sorties analogiques

Le bloc CH effectue un traitement préalable du signal ; il peut être paramétré et interconnecté indépendamment du matériel. Il fait donc partie de la fonction technologique et il est toujours traité avec elle.



Figure 4-5 : bloc ch\_ao

#### 4-Explication du fonctionnement :

L'entrée du bloc and est reliée avec deux sorties du diagramme

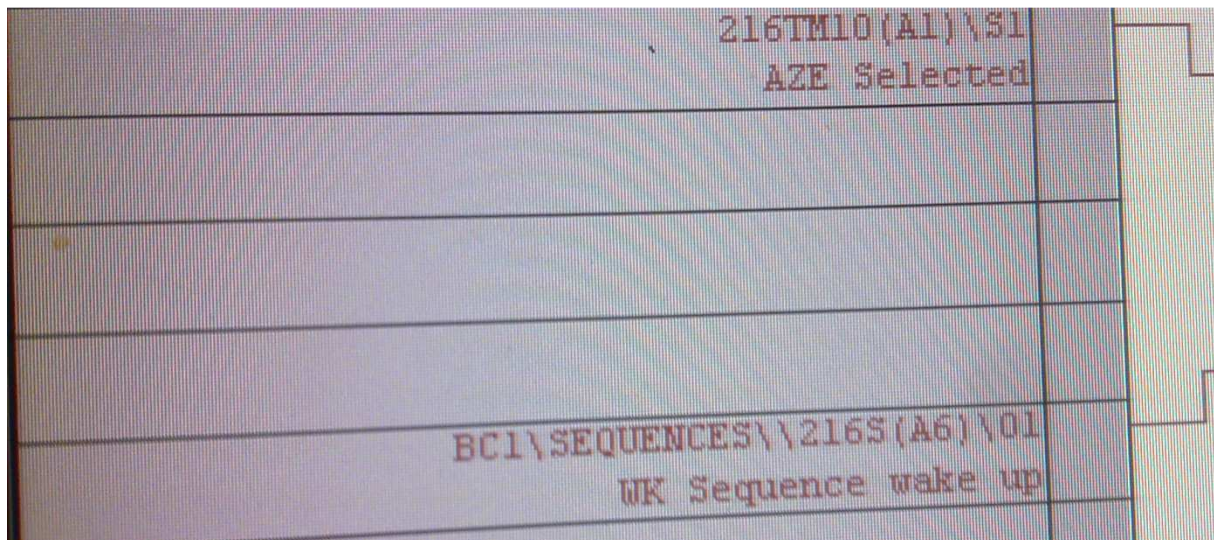


Figure 4-6 : connecteur d'entrée du diagramme

Quand ces deux entrée sont activées le bloc **and** va avoir une sortie activée (1) cette sortie est l'entrée du bloc **TIMER\_P** qui est sur le mode 1 donc on a une temporisation sous forme d'impulsion prolongée ;



MODE = 1 Impulsion prolongée

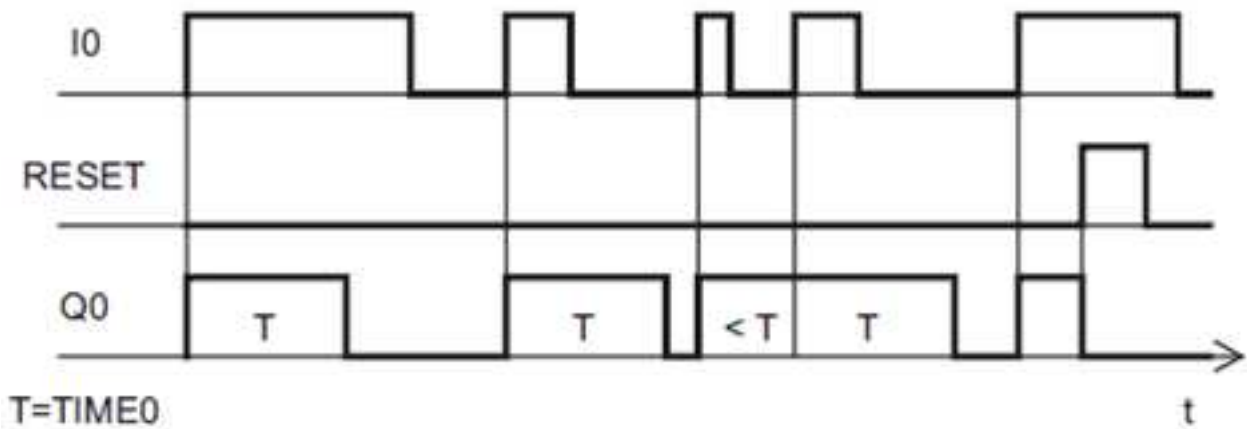


Figure 4-7 : principe d'impulsion prolongée

La sortie est reliée avec l'entrée du bloc régulateur (**TE\_CTRL consigne**)  
Et on a aussi quatre autre entrées de ce bloc sont reliées à quatre connecteurs du diagramme

Sortie du diagramme	Entre du bloc régulateur
High physical limit value	Pv_hr
Analog processed value	Pv_in
Quality code	Pv_qc
Low physical limit value	Pv_lr

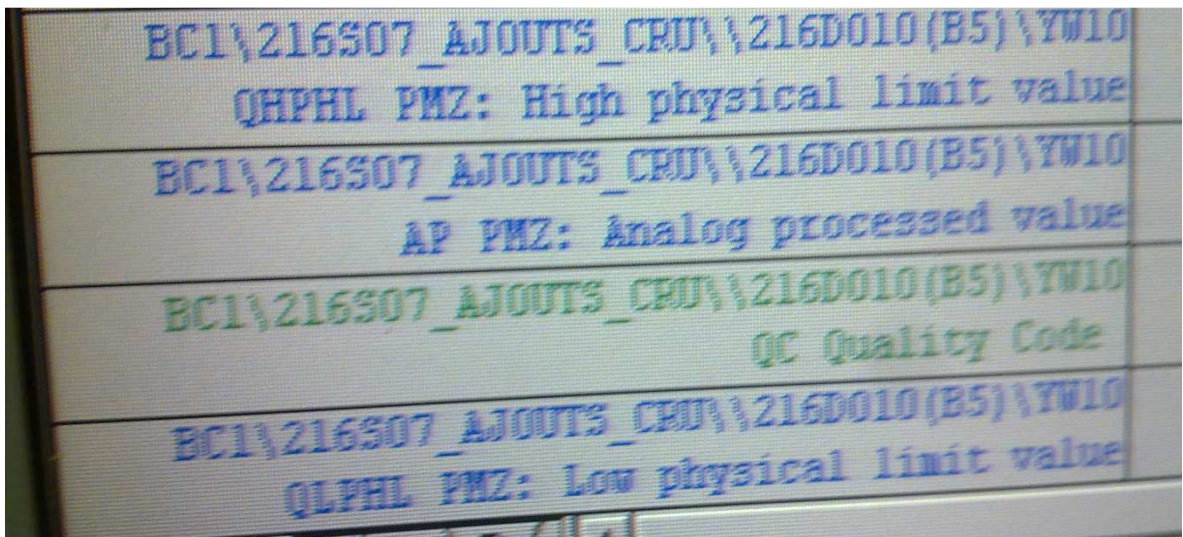


Figure 4-8 : connecteur du diagramme avec bloc te\_consigne

Ce bloc nous permet de calculer l'écart entre la mesure et la consigne

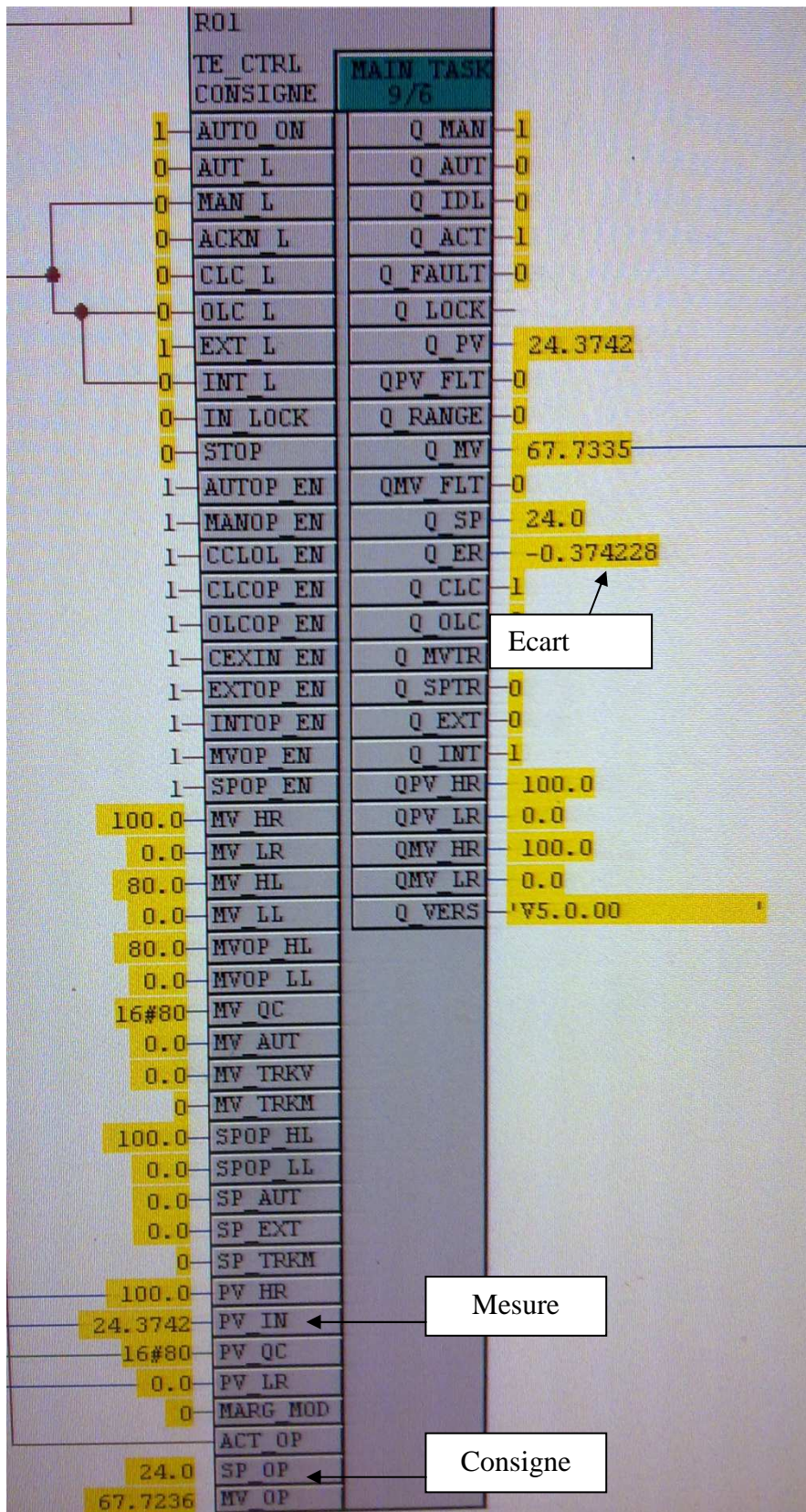
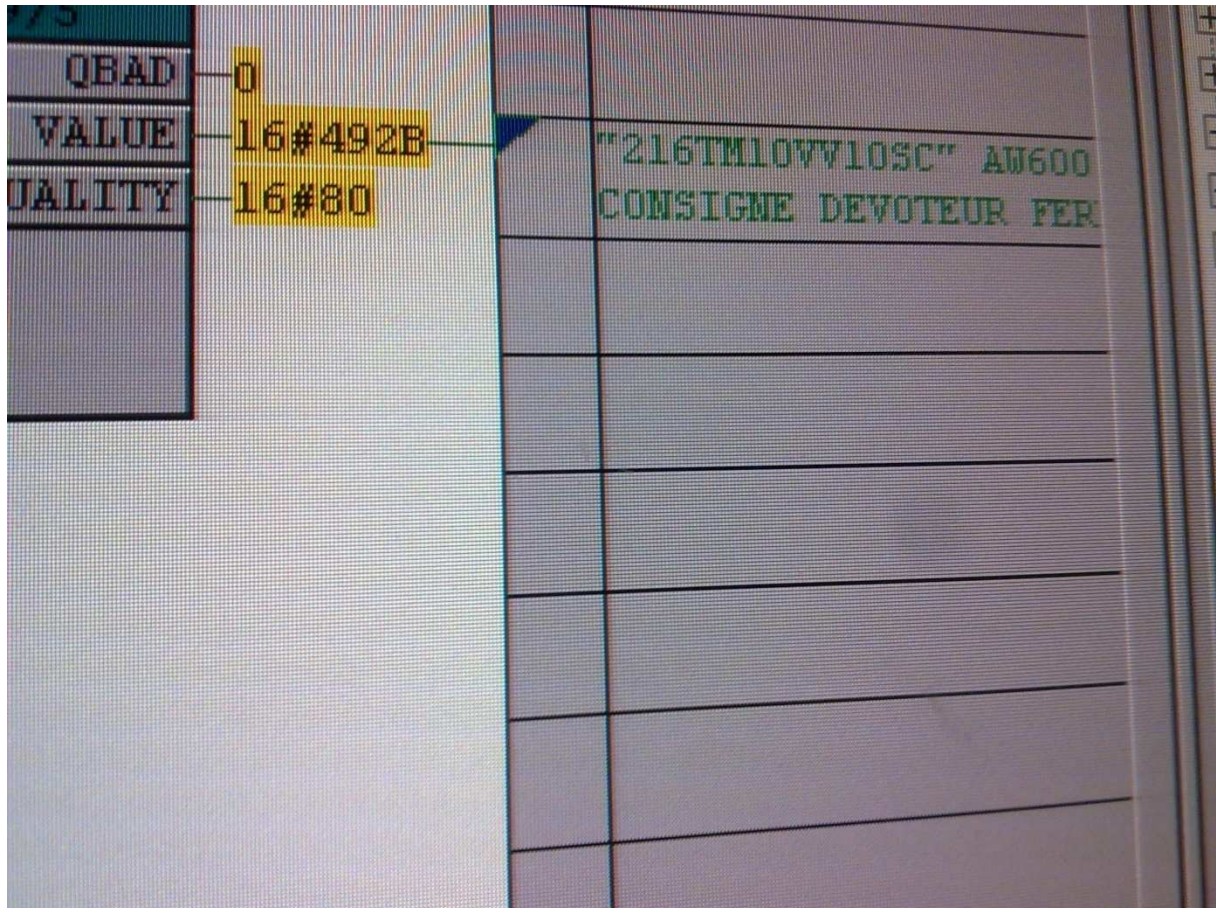


Figure 4-9 : fonctionnement du bloc te\_consigne



Cet écart est connecté au multiplexeur bloc **SEL\_R** avec le k=1 (relier au connecteur AZE selected) alors sa valeur de sortie est celle de IN0 c'est l'équivalent de l'écart; cette valeur est l'entrée du bloc **CH\_AO** (valeurs de sorties analogiques); qui est le dernière bloc, alors on a une sortie analogique qui attaque le variateur de l'extromat.



*Figure 4-10 : connecteur de sortie du diagramme*

### **Conclusion**

La régulation est devenue simple et plus performante grâce à des programmes comme CFC, que celle utilisant les cartes VSE de DISOCONT.



# Conclusion

La période de mon stage au sein de LAFARGE CIMENT usine Meknès j'ai pu mettre en pratique mes connaissances théoriques acquises durant ma formation, de plus, je me suis confronté aux difficultés réelles du monde du travail et du management d'équipes.

D'autant plus que j'ai eu la chance au cours de mon stage de visiter les différents services de l'usine et d'apprendre de nouvelles choses telle que l'alimentation électrique de LAFARGE et les différentes étapes de fabrication du ciment.

L'objectif de notre projet consiste à trouver des solutions pour la régulation de débit de doseur mélange, et on a étudié le fonctionnement avec le programme CFC pour la régulation adopté.

Enfin, je tiens à exprimer ma satisfaction d'avoir pu travaillé dans de bonnes conditions matérielles et un environnement agréable.



# Bibliographie

## Sites web

<http://support.automation.siemens.com>

<http://www.wikipedia.org/>

[www.lafarge.ma/](http://www.lafarge.ma/)

## Cahiers techniques

- Disocont (doseur pondéral a service manuel d'instruction)
- Système d'extraction fixe pour a soc rotatif pour silos et trémies.
- MULTIDOS
- Document de formation pour une solution complète d'automatisation Totally Integrated Automation (T I A)
- ABB general machinery drive
- regulation analogique
- SEW EURODRIVE