

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département de Génie Industriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Automatisation et commande
électrique du filtre hybride Four n°2

Lieu : Société cimenterie LAFARGE Meknès

Référence : 10 /11GI

Préparé par :

- JARJAR Meriem
- MRANI ALAOUI Ikram

Soutenu le 15Juin 2011 devant le jury composé de :

- Pr BELMAJDOUB Fouad(Encadrant FST)
- Pr RJEB Mohammed(Encadrant FST)
- Pr TAHRI Driss Examineur)
- Mr. ZMIRI Kacem(Encadrant Société)

DEDICACES

Nous dédions ce modeste travail :

- ✓ *A nos parents, nos frères, nos sœurs et tous les membres de nos familles pour leurs sacrifices ;*
- *A Tous nos amis(es) avec lesquels nous partageons les moments forts dans notre vie ;*
- *A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce projet et durant toute notre formation ;*
- *Et à tous ceux qui nous sont très chers...*

REMERCIEMENT

C'est avec un grand plaisir que nous permettons d'exprimer notre vive et respectueuse reconnaissance à Monsieur ZMIRI Kacem et Monsieur MOUSSAFER Hamza nos encadrant professionnel pour leurs accueil chaleureux, leurs coopérations et leurs explications qui nous ont permis de passer notre stage dans des bonnes conditions ainsi à tout le staff administratif de la société.

Nos vifs remerciements s'adressent à Monsieur Abdel-Iléi CHOVAR le directeur de la cimenterie LAFARGE Meknès qui nous a accordé ce stage.

Nous remercions également à Monsieur Fouad BELMAJDOUB et Monsieur RJEH Mohammed enseignants à la faculté des sciences et techniques de Fès qui nous ont encadré et orienté avec leurs pertinentes remarques, ces derniers nous ont été utiles lors de l'élaboration de ce rapport.

Nous souhaitons également remercier nos amis, qui nous ont soutenus dans cette Faculté et au sein de LAFARGE.

Pour ceux dont nous n'avons pas pu évoquer leurs noms, croient en notre reconnaissance et gratitude.

Table des matières

DEDICACES.....	2
REMERCIEMENT	3
CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA SOCIETE DU CIMENT LAFARGE.....	7
<i>INTRODUCTION</i>	6
<i>Présentation et historique de LAFARGE</i>	9
1. Présentation de Lafarge :	9
2. Situation de l'unité de production:	9
3. historique :	10
4. Présentation de l'usine Meknès	11
5. Description des services	15
CHAPITRE II: PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT.....	16
<i>Introduction</i>	18
<i>Processus de fabrication</i>	19
1. La carrière et le concassage.....	20
2. Préparation cru	22
a- Echantillonnage	22
b- Pré homogénéisation	22
c- Broyeur cru	22
d- homogénéisation.....	23
3. Cuisson de la farine	24
4. Broyage du clinker	25
5. Ensachage	26
CHAPITRE III:DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU FILTRE HYBRIDE.....	25
<i>Introduction</i>	28
<i>1. Description du filtre hybride :</i>	28
1. Les électro-filtres :	29

2. Le filtre a manche	30
3. Positionnement du problème	36
CHAPITRE IV:ETUDE TECHNIQUE DU PROJET.....	35.
<i>Introduction.....</i>	<i>38</i>
<i>I. Cahier de charge.....</i>	<i>38</i>
<i>II. L'analyse fonctionnelle du filtre hybride</i>	<i>38</i>
1. Introduction sur l'analyse fonctionnelle	38
2. Application d'analyse fonctionnelle sur le filtre hybride	39
<i>III. L'automate programmable industriel :.....</i>	<i>40</i>
1. Introduction :.....	40
2. Description de l'automate programmable :.....	41
3. Principe de fonctionnement.....	42
4. L'automate S7-400	43
<i>IV. Action engagé :</i>	<i>45</i>
1. Partie matériel :.....	45
2. Partie programmation :.....	45
<i>V. Solution proposé :</i>	<i>47</i>
1. Programmation sur GRAFCET :.....	47
2. Simulation sur le STEP-7	51
3. Le câblage électrique.....	53
<i>Conclusion</i>	<i>54</i>
<i>Bibliographie</i>	<i>54</i>
<i>Glossaire.....</i>	<i>55</i>

Liste de figure

Figure 1 : situation géographique de LAFARGE MAROC	8
Figure 2: situation géographique de LAFARGE Meknes	9
Figure 3 : organigramme LAFARGE MAROC.....	13
Figure 4 :organigramme LAFARGE Meknes	14
Figure 5 : processus de fabrication du ciment.....	18
Figure 6: carrière	19
Figure 7 :préparation cru	20
Figure 8 : cuisson de la farine.....	22
Figure 9 : broyage clinker	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10 :ensachage	24
Figure11 :description du filtre hybride	27
Figure12 :fonctionnement d'électro-filtre	28
Figure 13 :Filtre à manche	29
Figure14 : les manches	31
Figure15 :decolmatage.	32
Figure 16 :prossestat.....	33
Figure17 : description de API	39
Figure18 :automate S7-400.....	42
Figure19 :un rack de pprté.....	43
Figure20 :step-7	45
Figure21 :grafcet du fonctionnement normal.....	46
Figure 22 :sous grafcet du frappage	49
Figure23 :conversion dur grafcet en step-7.....	50
Figure24 :simulation du programme sur step-7.....	51

INTRODUCTION

Personne ne peut ignorer le rôle fondamental de la formation professionnelle dans notre pays, en effet la formation en licence au sein de l'établissement FST de Fès est toujours complétée par l'expérience pratique acquise en stage passé en entreprise.

C'est dans cette optique, que chaque stagiaire est amené à effectuer un stage au moins d'une durée de deux mois afin d'approfondir sa formation et mettre en pratique les connaissances acquises et les enrichir en entreprise, se familiariser avec le monde de travail, et pour finir être apte à affronter la vie professionnelle.

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 principal dérivé, le béton, dépend tout l'équipement d'un pays: logement, écoles, ponts, barrages, routes, etc.

C'est aussi une industrie lourde du fait qu'elle traite une grande masse des matières premières de faible valeur initiale pour aboutir à un produit également d'un faible prix mais dans des installations d'un coût extrêmement élevé.

Le présent rapport relatant le travail accompli à LAFARGE et porte sur l'automatisation de processus de filtrage du filtre hybride, les résultats obtenus pendant ce stage est divisé en quatre chapitres.

Le premier chapitre concernera la présentation de la société. Dans le deuxième chapitre, nous présenterons le processus de fabrication du ciment au sein de l'entreprise Lafarge.

Pour le troisième chapitre, nous traiterons de la problématique de notre sujet.

Et enfin pour le dernier chapitre, nous proposerons des idées ainsi que des solutions aux problèmes rencontrés par l'entreprise, ces problèmes sont de nature économiques et écologiques.

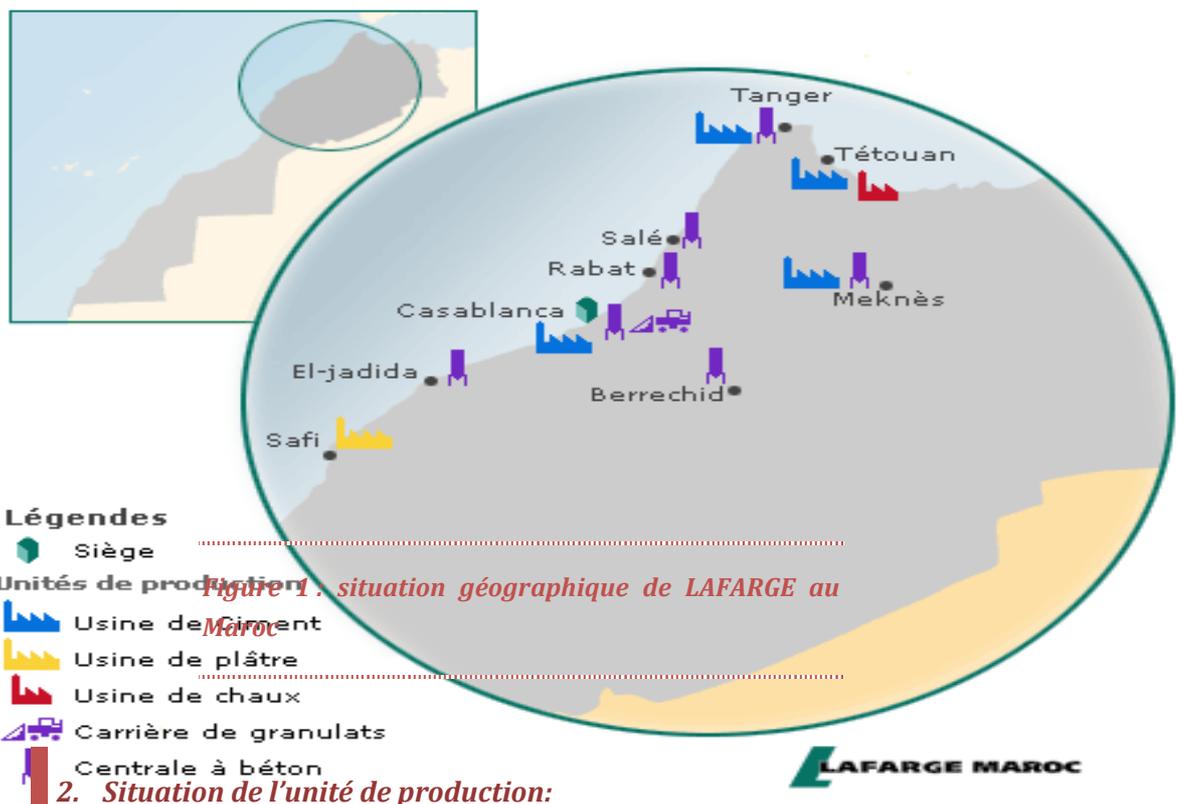
CHAPITRE I:
PRESENTATION DE LA SOCIETE DU
CIMENT LAFARGE

Présentation et historique de LAFARGE

1. Présentation de Lafarge :

L'usine de Meknès est la 2ème cimenterie, en termes de capacité, du groupe LAFARGE au Maroc. Elle y occupe une position majeure grâce à sa situation géographique.

La figure suivante représente les différents sites de LAFARGE au Maroc :



Situé à 8 Km au nord-est de la ville Meknès, la société LAFARGE Ciment usine de Meknès a été créée en 1950, elle est la deuxième cimenterie, en terme de capacité, du groupe LAFARGE MAROC. Elle occupe une position majeure grâce à sa situation géographique (figure 2).

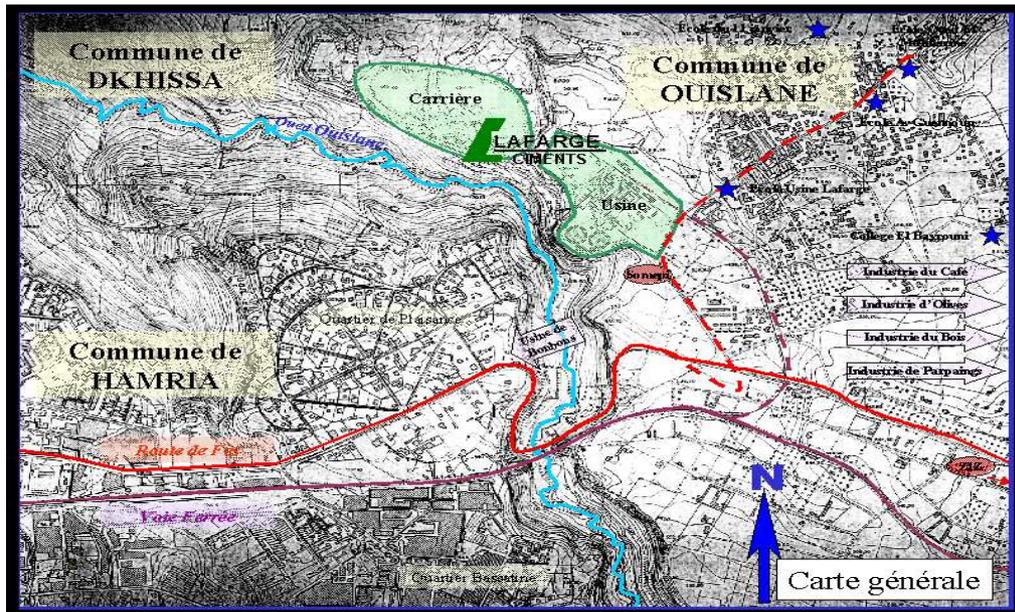


Figure 2 : situation géographique de LAFARGE à Meknès.

3. Historique :

Depuis sa création, plusieurs améliorations techniques et mécaniques ont été réalisées pour mieux dominer le marché marocain et améliorer le rendement de tous ses instruments, les grandes dates sont comme suit :

1950 : Création de la Société des Ciments Artificiels de Meknès.

1953 : Démarrage de la cimenterie, à Meknès.

1955 : Mise en service du quarantième four.

1971 : extension des capacités productives avec l'installation d'un nouveau four de 650T/j.

1985 : Convention du procédé voie humide en voie sèche, tout en augmentant la capacité de production qui atteint 1500 tonnes par jour.

1989 : installation d'un broyeur à ciment BK4.

1990 : la capacité de production passe de 1500 à 1800 tonnes par jour, grâce à des modifications au niveau de précalcinateur et du refroidisseur.

1993 : démarrage d'une nouvelle ligne de cuisson ; contrat Clé-CADEM four avec un pré chauffeur simple, d'une capacité de 1200 tonnes par jour.

Depuis **1997**, la CADEM est devenue LAFARGE Meknès et faisant partie du groupe international LAFARGE.

2002: certification iso 14001.

2008: démarrage d'un nouveau refroidisseur (four 1).

4. Présentation de l'usine Meknès.

a. Les chiffres clés de l'année 2010 pour l'usine de Meknès :

➤ Capacité de production clinker : 960.000 tonnes.

=>2 lignes de cuisson :

- **Four I** : 4 étages avec précalcinateur : 1800t/j.

- **Four II** : 4 étages : 1200t/j.

➤ Capacité équivalent ciment : 1.250.000 tonnes.

➤ Capacité de broyage ciment : 1.700.000 tonnes.

=>3 broyeurs à ciment :

- BK3 : 65t/h.

- BK4 : 70t/h.

- BK5 : 100t/h.

b. Fiche signalétique

- **Dénomination** : LAFARGE CEMENTS (Usine de Meknès)



- **Logo** :
- **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** : 476 430 000 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
- Ciment CPA 55

- **Effectif du personnel** : 331, répartis de la façon suivante :

- Cadres : 19
- Agents de maîtrise supérieurs : 13
- Agents de maîtrise moyens : 14
- Agents de maîtrise simples : 29
- Employés : 23
- Chefs d'équipe : 37
- Ouvriers qualifiés : 119
- Manœuvres : 17

c. Secteur d'activité

Actuellement, Lafarge Maroc dispose d'une capacité de production de 4,5 millions de tonnes et détient plus de 40% de part de marché. En plus de sa présence dans trois activités : le plâtre, le béton et les granulats, ainsi que, la chaux industrielle récemment développée.

Le tableau ci-dessus présente les différents secteurs d'activités de LAFARGE au Maroc :

la société	Activité	Effectif	Capacité	Implantation
Lafarge Ciments	Production de ciment : <ul style="list-style-type: none"> ▪ CPJ 35, CPJ 45, CPA 55. ▪ Super Blanc CPJ 45. 	1.074	3,849 millions tonnes	Casablanca Meknès Tanger et Tétouan
Lafarge Bétons	Fabrication de bétons prêts à l'emploi.	114	700 000 m3	12 centrales à Béton
Gravel Maroc	Fabrication de granulats quartzitiques.	50	360 000 m3	Berrechid
Lafarge Plâtres	Fabrication de plâtre de construction et de moulage, carreaux de plâtre standards et hydrofuges et de dalles pour plafond	64	71 000 t	Safi
Chaux	Fabrication de : <ul style="list-style-type: none"> *chaux vive en roche *chaux vive moulue en vrac *chaux vive hydratée en vrac 	22	80 000 t/an	Ancienne cimenterie de Tétouan

d. Organigrammes

Organigramme Lafarge Maroc

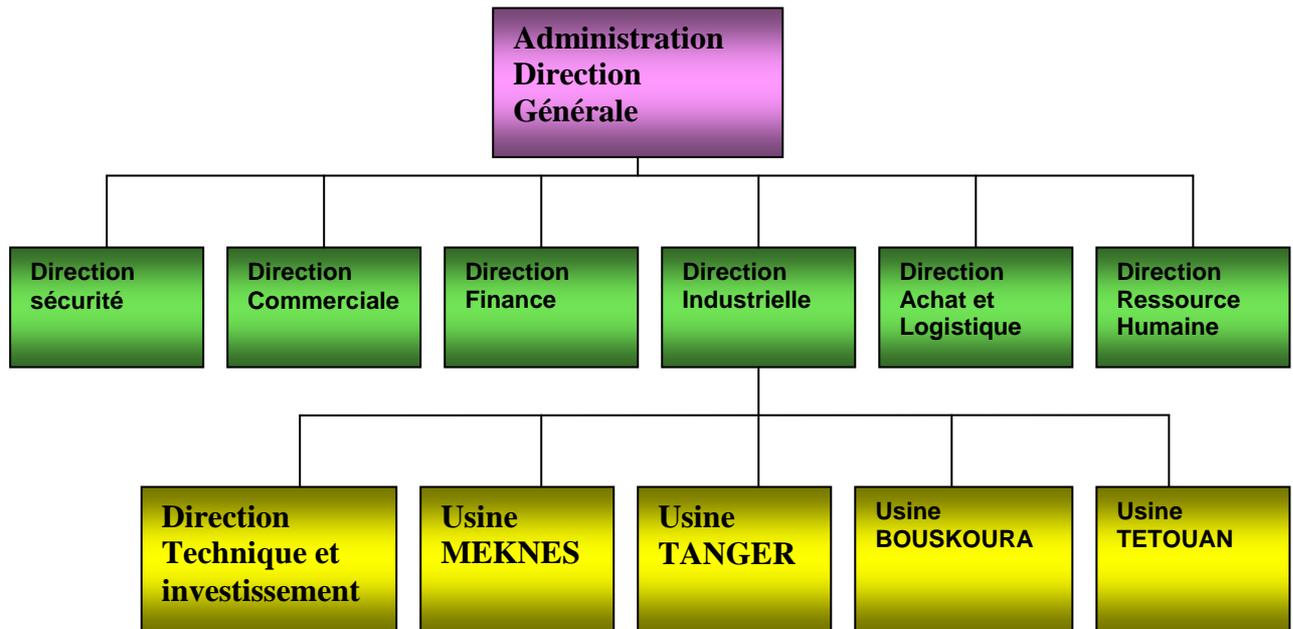


Figure 3: Organigramme de LAFARGE Maroc.

Cette figure représente l'organigramme de LAFARGE au Maroc .

Organigramme Lafarge Meknès

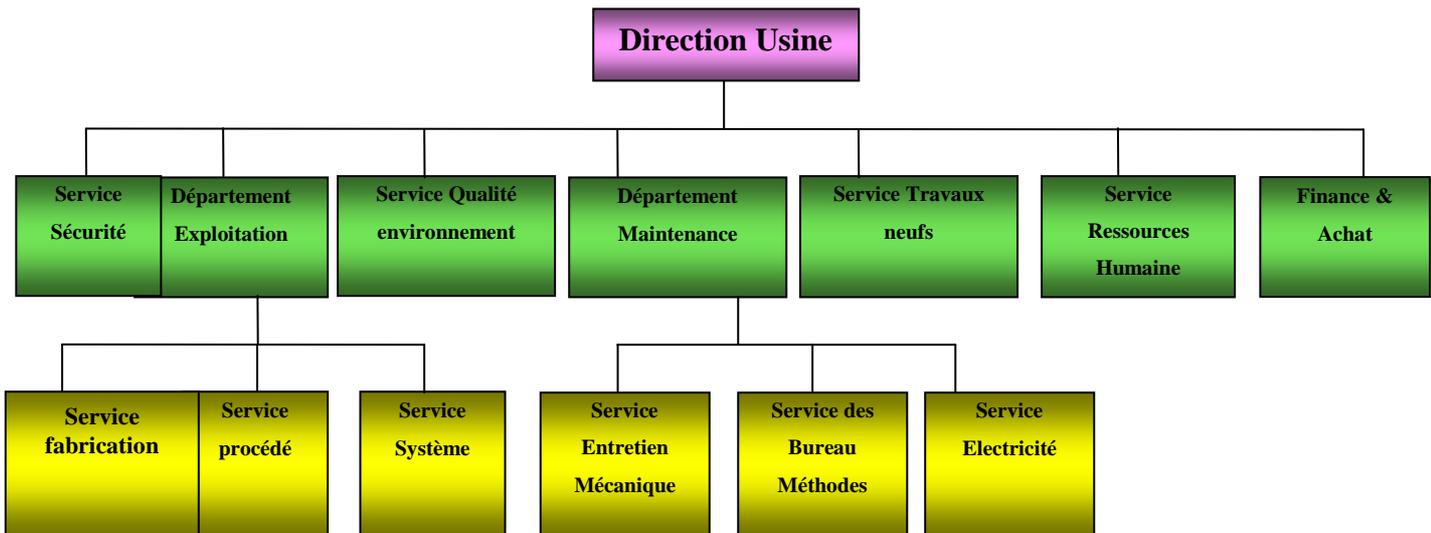


Figure 4: Organigramme de LAFARGE Meknès.

La figure ci-dessus représente l'organigramme de LAFARGE Meknès où nous avons effectué notre stage.

5. Description des services

○ Service fabrication :

Ce service est chargé de la conduite des installations à fin de produire une matière de qualité, et ceci en planifiant des arrêts pour l'entretien, l'optimisation des Performances, l'analyse des dysfonctionnements et dans un but global de réduire le coût de production.

○ Service Procédé Système :

Il a pour tâche principale l'optimisation des procédés/performance par l'analyse des dysfonctionnements process, le suivi des indicateurs de performance, les consignes process, l'audit et la proposition des améliorations ainsi que la gestion par l'informatique industrielle (SC C/ Luice / IP 21).

○ Service Bureau Méthodes :

Se charge de l'organisation et l'optimisation de la maintenance. Cette mission est réalisée par l'intermédiaire de visite et diagnostique des installations, suivi de l'état des équipements, préparation des travaux, planification de l'opération des entretiens, gestion des pièces de rechange, optimisation des coûts.

- Service Maintenance Mécanique :

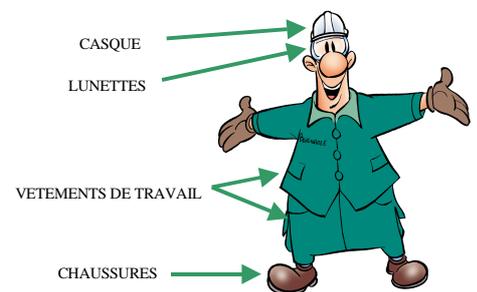
A pour mission principale la réalisation des procédures de travail, de l'organisation des équipes et de la qualité d'exécution. Il veille ainsi au respect du rapport Coût / Budget et de la sécurité / Environnement.

- Service Maintenance Electrique :

Se charge de la réalisation des opérations d'entretien électrique. Il est garant de la fiabilité électrique et des instrumentations, des procédures de travail, de l'organisation des équipes, de la qualité d'exécution.

- 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 reporting sécurité et la gestion du réseau sécurité inter usines.



- Service Finance - Gestion :

Ce service a pour mission la gestion de la comptabilité générale et analytique dans le but d'assurer une conformité à la réglementation et la législation. Pour se faire le service assure la gestion des procédures comptables, fiscales et financières, la gestion des processus budgétaires, la consolidation reporting, l'analyse des coûts ainsi que la gestion du patrimoine foncier avec le siège.

- Service Achat :

Il a pour principale mission la gestion des stocks suivant la politique achats du groupe et le respect des procédures également des marketing achats, l'homologation des fournisseurs commandes et le suivi des livraisons.

- Service Ressources Humaines :

Ce charge de la gestion des ressources humaines, et plus précisément la gestion administrative du personnel non cadre, l'application de la législation du travail, la gestion des relations avec les représentants du personnel, l'instauration d'un bon climat social, l'établissement des plans de formation et l'assurance d'une parfaite communication interne.

- Service Formation :

Ce service a pour mission la formation du personnel de l'usine, allant de simples ouvriers jusqu'aux cadres. Il trace comme objectif la contribution et la réalisation des projets de formation pour le développement des capacités professionnelles.

CHAPITRE II :
PROCESSUS DE FABRICATION DE
CIMENT

Introduction

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.

Le ciment est une poudre minérale qui a la propriété de former, en présence de l'eau, une pâte capable de faire prise et de durcir progressivement, même à l'abri de l'air et notamment sous l'eau, c'est un liant hydraulique.

Il est réalisé à partir de clinker, du calcaire et du gypse dosés et broyés finement. Le produit cru (farine) est obtenu par un broyage fin des matières premières composées essentiellement de calcaires et d'argiles.

Il existe un grand nombre de catégories de ciment, la plus connue d'entre elle est celle des ciments Portland qui, en fait, regroupe deux catégories normalisées :

- *Le Ciment Portland Artificiel : CPA.*
- *Le Ciment Portland Composé : CPJ (35, 45).*

Actuellement les capacités de production de **LAFARGE** sont de :

- *500.000 tonnes de clinker.*
- *820.000 tonnes de ciment.*

Ces productions sont réalisées dans les installations décrites ci-dessous :



Processus de fabrication

Avant d'obtenir le produit fini (le ciment), la matière première du ciment, suit des étapes différentes qui sont des transformations physiques et chimiques.

La procédure générale de la fabrication du ciment est la suivante :

- **La carrière et le concassage.**
- **La préparation du cru.**
- **Cuisson de la farine.**
- **Le broyage du clinker.**
- **L'ensachage.**

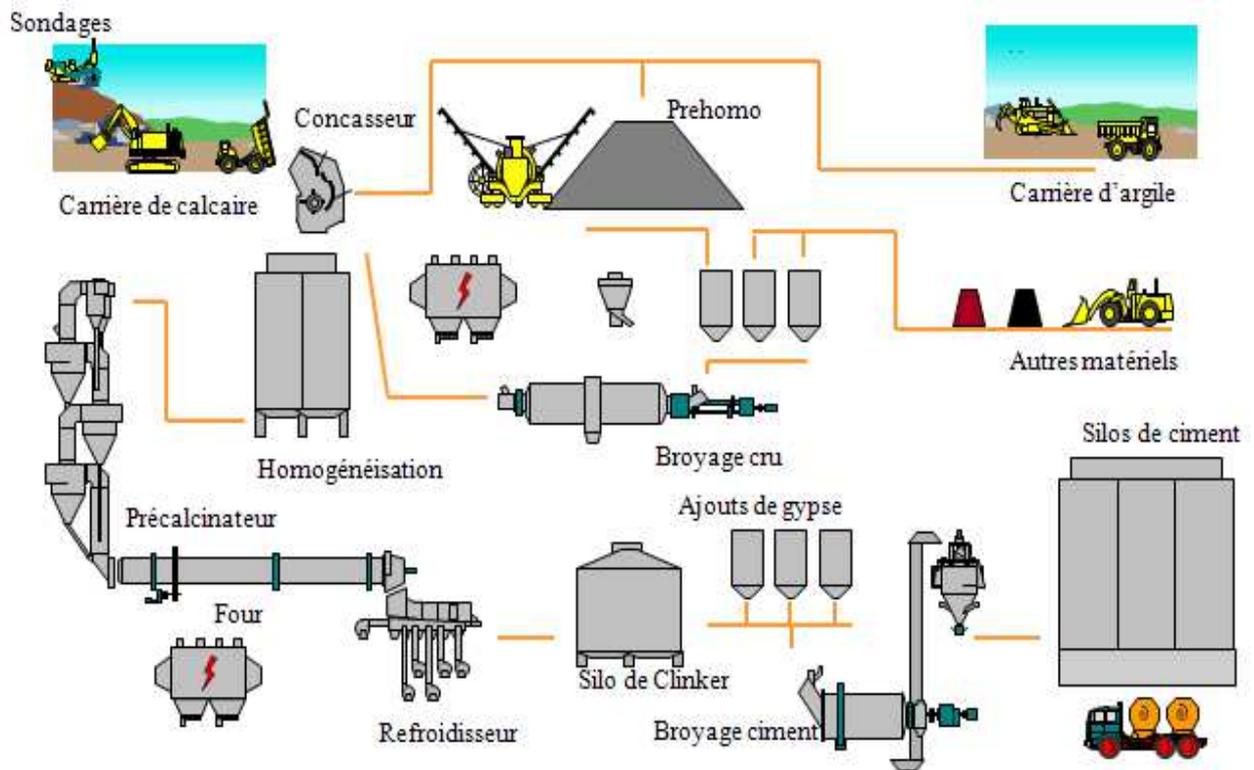


Figure 5 : Processus de fabrication.

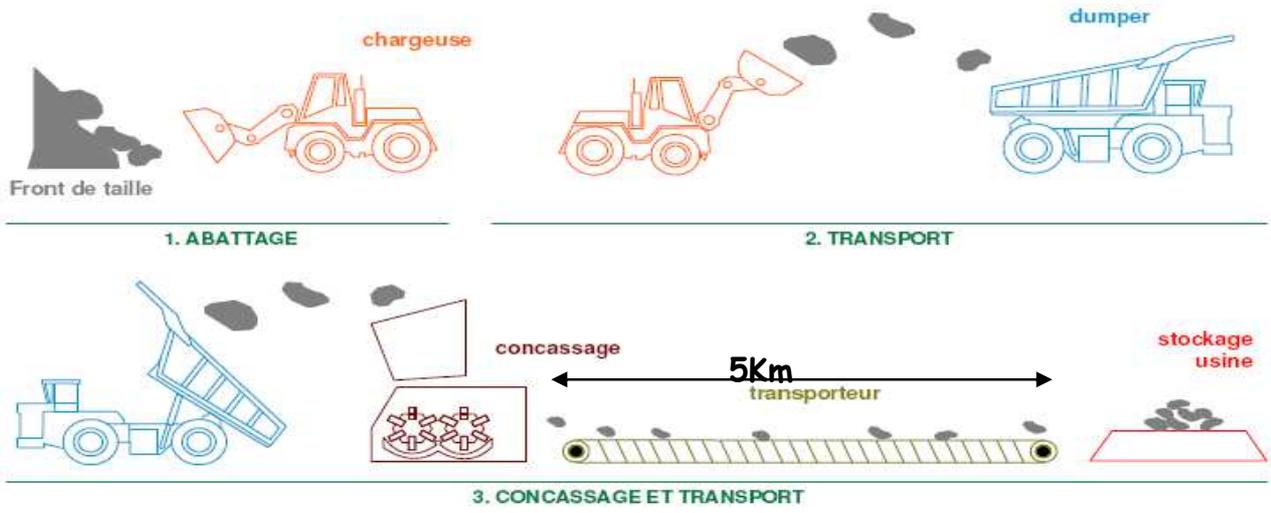
1. La carrière et le concassage

La carrière se fait dans deux endroits :

- **La carrière CADEM** : Située à 1 km de l'usine et équipée d'un concasseur semi mobile FCB, assurant un débit de 500 t/h. Actuellement, est utilisé pour le concassage du calcaire d'addition et du gypse.
- **La carrière de la zone 4** : Située à 5 Km de l'usine, d'une superficie de 100 ha. Son exploitation a débuté en 1978, avec une réserve de 20 ans au rythme actuel de production. Cette carrière est équipée d'un concasseur HAZMAG, assurant un débit de 900t/h, ceci est acheminé jusqu'à l'usine par un transporteur de longueur de 5km nommé CURVODUC.

La figure suivante représente les différentes étapes effectuées au niveau de carrière :

carrière



F

e

6: carrière.

2. Préparation cru

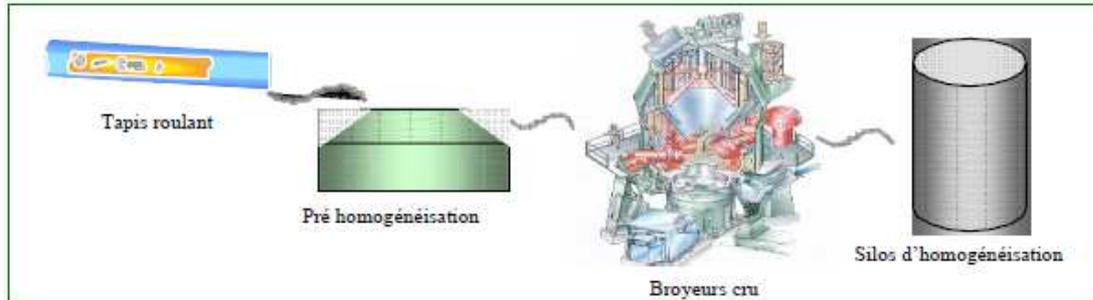


Figure 7 : préparation cru.

La préparation crue se fait en plusieurs étapes :

a- Echantillonnage

Avant de stocker la matière première à l'origine de la carrière, il faut l'analyser au laboratoire et la vérifier par un système d'échantillonnage afin d'ajuster sa composition chimique.

L'usine de Meknès est équipée d'une tour d'échantillonnage de type ITECA à 4 étages. Cette tour permet d'obtenir en continu un échantillon de 800g de matière prélevée à la sortie du coupeur tertiaire pour chaque lot de 1500 tonnes.

b- Pré homogénéisation

Elle constitue un mode de stockage qui permet de construire un tas de matière pré dosée à partir des différentes matières concassées. Son objectif principal est d'avoir un stock aussi régulier que possible à la reprise. L'usine dispose de deux pré homos polaires à chevrons, de capacité 218 000 tonnes chacun.

c- Broyeur cru

La matière crue, additionnée avec des ajouts en constituants secondaires (schiste, minerai de fer, calcaire de correction...), passe par deux broyeurs crus verticaux. L'objectif est

d'atteindre la finesse souhaitée (de l'ordre de 10 à 13 % de rejets à 100 μm) appelée farine ou cru sortie broyeur. Au cours du broyage, le cru est séché à une humidité de 0,6%, par les gaz chauds en provenance de la tour de préchauffage.

d- homogénéisation

Le cru provenant des broyeurs est ensuite acheminé par des aéroglisteurs pour être stocké dans les silos d'homogénéisation. L'usine en compte deux de cette sorte. Ce type de silo IBAU assure à la fois le stockage et l'homogénéisation de la farine. Leur but est de réaliser un mélange final de la farine pour gommer les dernières dérives chimiques présentes. L'un a une capacité de 7500 t, l'autre de 5000 t.

Cette opération a pour objectif de réaliser un mélange final de la farine pour gommer les dernières dérives chimiques encore présentes.

3. Cuisson de la farine

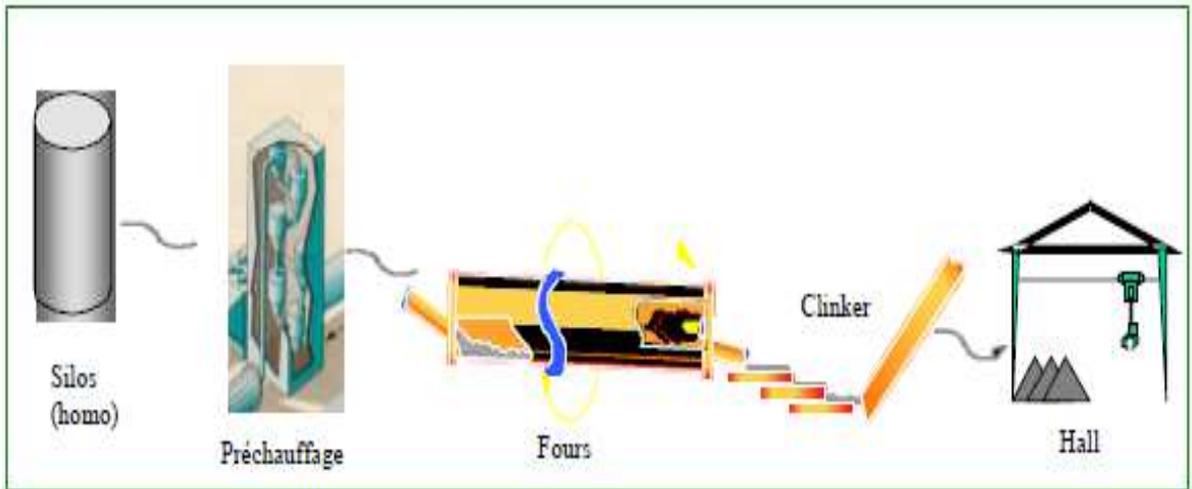


Figure 8 : cuisson de la farine.

La cuisson du cru est l'opération fondamentale dans la préparation du ciment. A la sortie du silo d'homogénéisation, la farine est introduite en tête d'une tour de préchauffage, dite « EVS ». Elle circule par gravité le long de cinq cyclones à contre courant des gaz d'une température de 800°C. Par la suite, elle arrive dans le four rotatif, légèrement incliné, avec une température de 900 °C. En progressant dans le four, la matière commence à se transformer en clinker à une température de 1200°C.

A la sortie du four, le clinker est trempé dans un refroidisseur à grilles par soufflage d'air ambiant. Le clinker se mobilise lentement le long de la grille, soit par translation de celle-ci, soit grâce au mouvement alternatif des plaques de grille.

4. Broyage du clinker

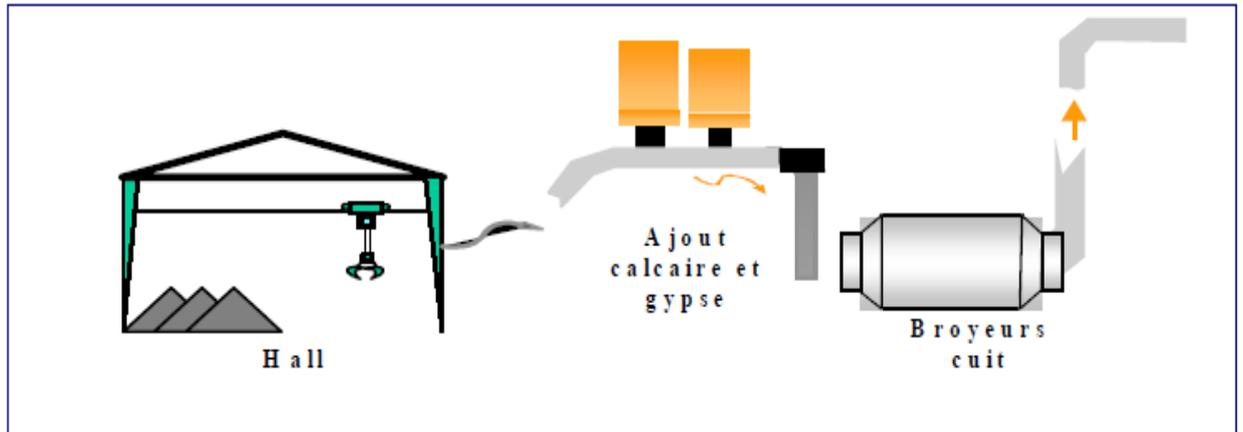


Figure 9 : broyage du clinker.

Une fois refroidi, le clinker est stocké dans un hall d'une capacité de 20 000 t avant d'être broyé dans un broyeur à boulets avec les matières d'ajouts. Les ajouts sont, en général, le calcaire et le gypse qui est un régulateur de prise.

Avant d'envoyer le ciment aux silos de stockage, il passe par un séparateur qui permet la détermination de la taille maximale des grains dans le ciment et diminue le temps de rétention dans le broyeur.

5. Ensachage

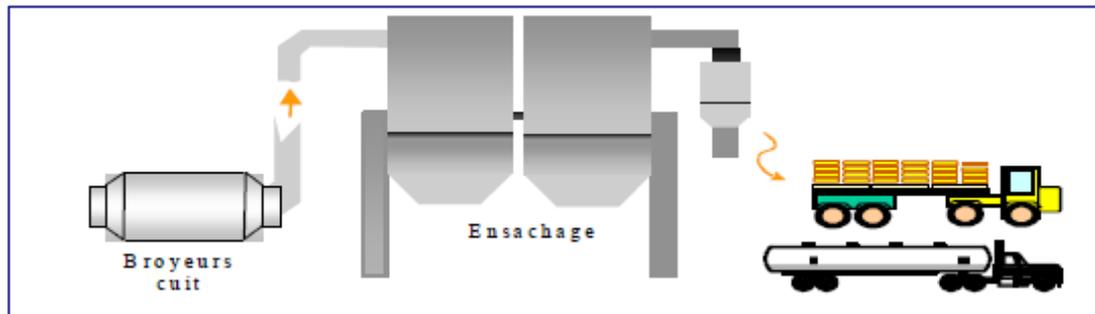


Figure10 : ensachage.

Le ciment ainsi produit est envoyé vers 7 silos de stockage final, à l'aide des pompes pneumatiques. L'ensachage du ciment est assuré par trois rotatives « HAVER » et six lignes de chargements.

Lafarge Ciments de Meknès fabrique actuellement deux types de ciment : Le CPJ 45 et le CPJ 35. C'est la variation des dosages des éléments d'addition et la finesse du broyage, qui permet de définir les différents types de ciment.

La livraison du ciment se fait par camion ou voie ferrée. Le CPJ 45 est livrable soit en vrac soit en sacs et constitue 25 % des ventes. Le CPJ 35 est livré en sacs.

CHAPITRE III :
DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT
DU FILTRE HYBRID

Introduction

Dans les industries de cimenteries les problèmes de dépoussiérage des broyeurs présentent le souci majeur des responsables. Face à des formes de pollution atmosphérique, LAFARGE adopte une politique de protection d'environnement afin de maintenir la concentration de certains polluants en dessous des limites estimées comme étant dangereuses pour les écosystèmes et la santé. Pour cela la société LAFARGE profite de l'expérience de la société ELEX qui a donc développée un filtre hybride, ce système combine les avantages des deux composants de filtre hybride dans la première zone l'électro-filtre (filtre électrostatique) arrête environ 90% des poussières, alors que dans la deuxième zone qui élimine le reste c'est le filtre à manche que l'on va traiter comme sujet de notre projet .

I. Description du filtre hybride :

Le filtre hybride combine les avantages de la séparation électrostatique avec ceux de la séparation filtrante. C'est une solution idéale pour transformer un électro filtre existant en filtre hybride.

La plus grande partie des poussières est extraite dans le champ électro-filtre sur les plaques collectrices de dépôts.

Les poussières restantes qui n'ont pas été extraites dans le champ électrique sont ionisées et agglomérées pour former des particules plus grosses.

Cette poussière ionisée se retrouve ensuite fixée sur l'extérieur des manche .Cette poussière forme un gâteau poreux. Ce gâteau produit une perte de pression faible en comparaison avec un filtre à manche traditionnel.

Les fumées épurées introduites dans le filtre hybride sont réparties au moyen des écrans de répartition installés dans le pavillon d'entrée. A l'intérieur de celui-ci sont canalisées dans les ruelles parallèles que constituent les rangées formées par les plaques de dépôts. Le système d'émission est placé au centre de chaque ruelle.

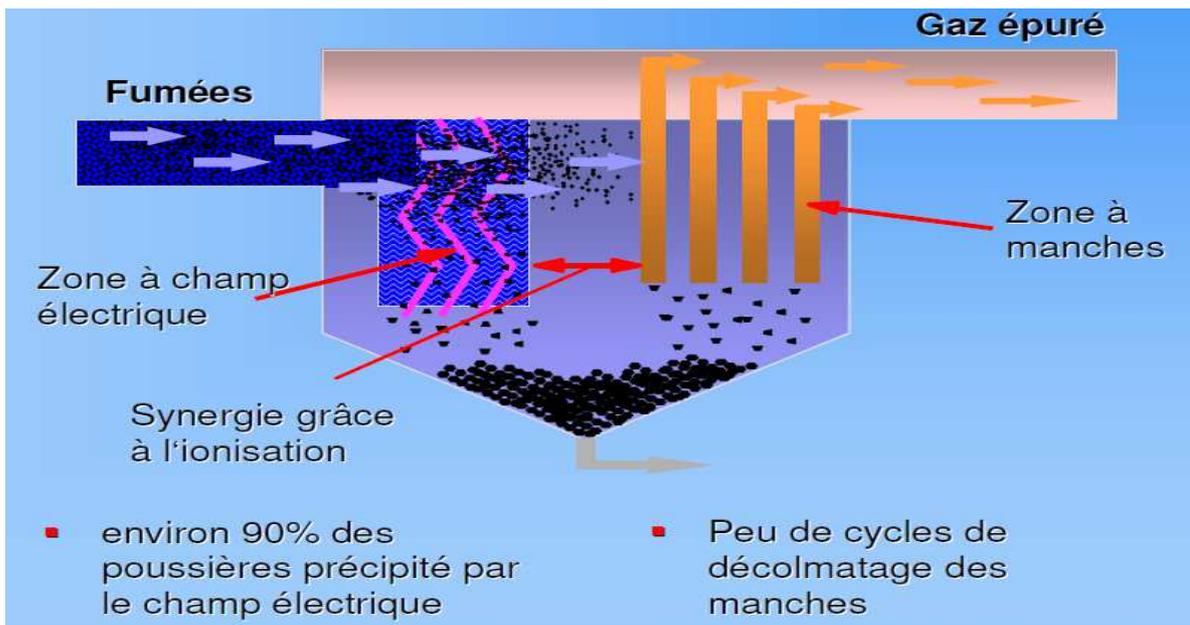
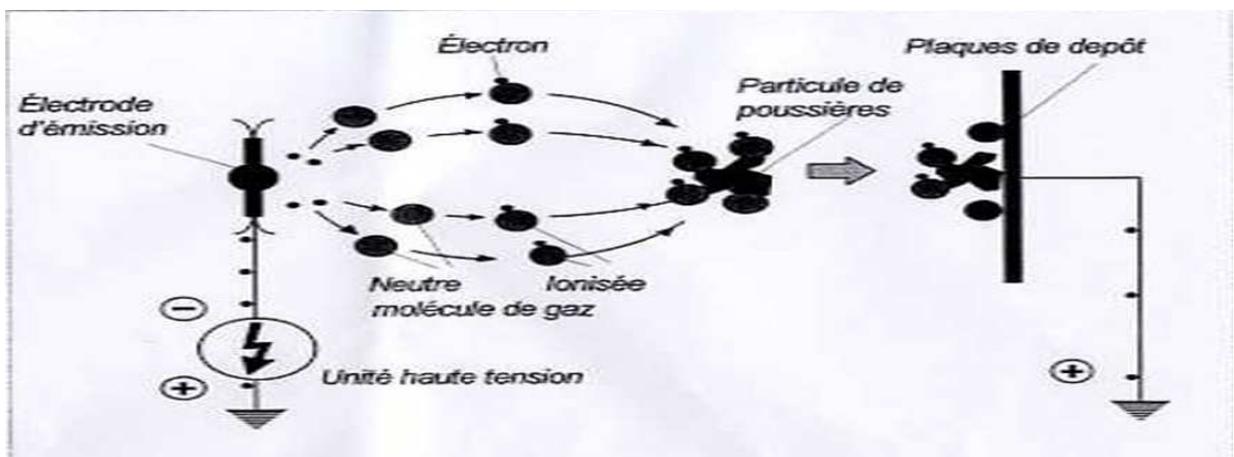


Figure11: Description du filtre hybride.

1. Les électro-filtres :

a. Fonctionnement des électro-filtres



b. Figure12 : Fonctionnement d'électro-filtre.

L'appareil est constitué de plaques verticales, disposées dans le sens des flux gazeux, et alternativement reliées à une source électrique continue pour les plaques émettrices et à la masse pour les plaques réceptrices, ces plaques résultent un champ électrique qui exerce sur les poussières chargées électriquement une force qui les précipite sur les plaques réceptrices. Les particules adhérentes sont décollées par un système de frappe à marteau et sont récupérées dans une trémie en partie inférieure.

c. Les avantages et les inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• <i>Ri</i> sque incendie faible.• <i>Pe</i> rte de charge peu importante.• <i>Fa</i> ible cout d'exploitation.	<ul style="list-style-type: none">• <i>Habilit</i> ation électrique indispensable pour maintenance.• <i>Nuisan</i> ces acoustique.• <i>Cout</i> d'installation élevé.

2. Le filtre à manche.

a. Description et fonctionnement du filtre à manche.

Les filtres à manches sont des filtres employés dans la filtration industrielle. Ils font partie des techniques d'assainissement particulière de l'air ambiant en milieu industriel. Ils sont l'un des moyens les plus performants de séparer les poussières transportées par une veine d'air, collectée dans un conduit.

Le filtre à manche se compose de quatre compartiments, chaque compartiment contient une nourrice, chaque nourrice se compose de vingt et une électrovannes qui contrôlent une rampe possédant dix manches (voir la figure 13).

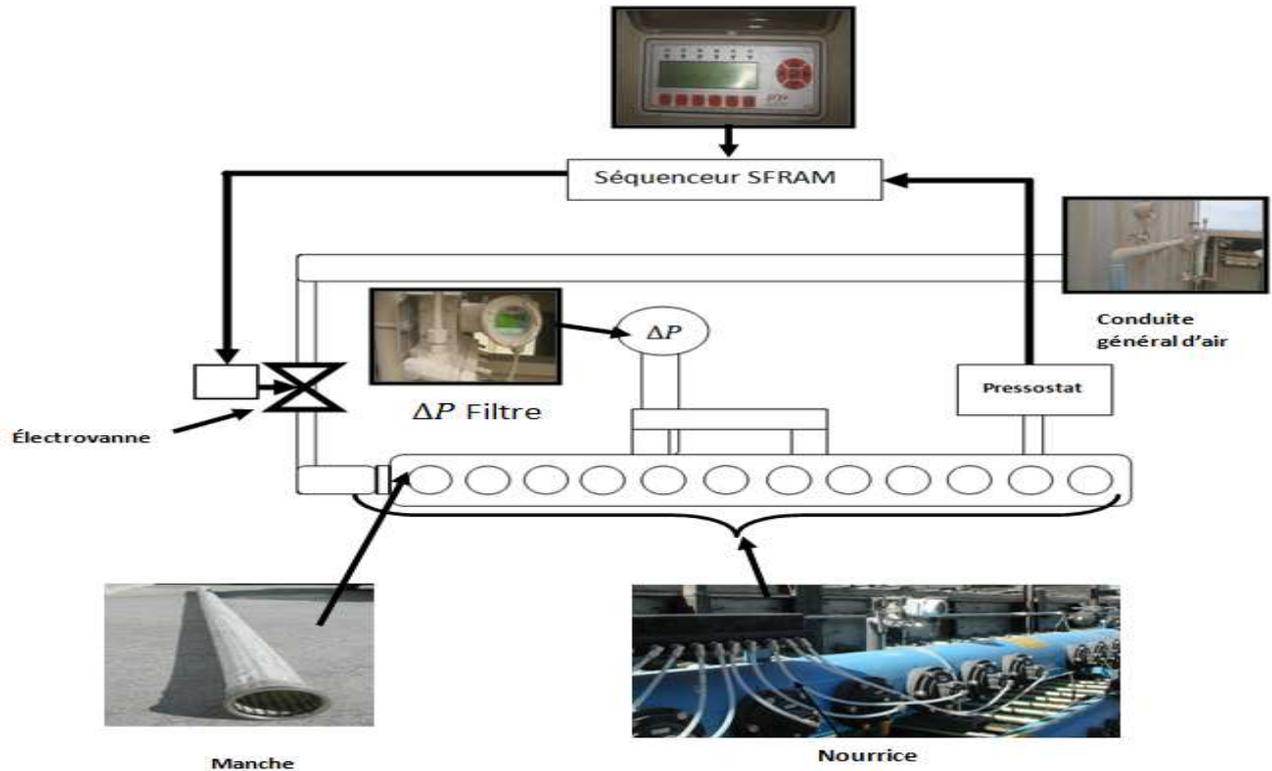


Figure 13 : Le filtre à manche.

Dans la partie filtre à manche, les fumées passent à travers les manches, et sont de ce fait dépoussiérées. Les fumées déjà en partie épurées dans le champ électro-filtre traversant les manches de l'extérieur. Par ce procédé, les poussières restent fixées sur l'extérieur des manches. Le nettoyage des manches est réalisé par une courte et vive impulsion d'air

comprimé, en sens contraire de fumée, à l'intérieur des manches. Les poussières qui adhèrent sur les manches sont décollées et tombent dans les trémies. L'air comprimé est amené par des tuyaux à buses à travers le plateau perforé à l'intérieur de chaque manche.

L'air comprimé est amené jusqu'à l'intérieur des manches par des lances et leurs buses. Pour produire l'impulsion d'air comprimé, chaque lance est munie d'une vanne de décolmatage spéciale à ouverture rapide. Celle-ci est actionnée par une vanne pilote électropneumatique pour le réglage du filtre, et donc par la suite les vannes de décolmatage, un séquenceur compact avec différence de pression incorporé est utilisé. Le séquenceur est réglé automatiquement.

b. Alimentation en air comprimé

L'alimentation en air comprimé est réalisée à partir du réseau de l'usine avec un manodétendeur, la pression de service nécessaire pour le nettoyage des manches est ajustée. Pour le contrôle, un pressostat est installé en amont de la vanne de réduction de la pression et en aval de celle-ci, un manomètre à contact est placé,

Le pressostat vérifie la pression du secteur, ainsi si la limite inférieure de la pression est atteinte, la pression du réseau doit être vérifiée.

Le manomètre à contact contrôle la pression de nettoyage des manches. Pour ce faire, les valeurs maximales et minimales sont programmées.

Si la valeur maximale est dépassée, le manodétendeur doit être vérifié.

Si la valeur minimale est dépassée, les vannes de décolmatage doivent être vérifiées, ainsi si une vanne ne se ferme plus, l'air comprimé est utilisée en quantité telle que la valeur de consigne ne peut plus être atteinte, une vanne non fermée peut être rapidement localisée par le bruit qu'elle émet.

Si les valeurs maximales et minimales sont dépassées et que les vannes de décolmatage sont en ordre, le manodétendeur doit être vérifié.

c. Inventaire de matériels

Les électrovannes ou les électrovalves utilisées sont des dispositifs commandés électriquement permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique la circulation du gaz échantillon dans le circuit. Toutes les électrovannes utilisées sont de type : « tout ou rien », ils ne peuvent s'ouvrir qu'en entier ou pas du tout. L'état change suivant qu'elles soient alimentées électriquement ou non.

Manche : Ils sont classiquement constitués de :

- **Manches filtrantes :** Assurant le maintien du gâteau et la filtration

Une manche percée et fortement préjudiciable au bon fonctionnement du filtre car elle autorise le passage d'une importante quantité de particules.

- **Mannequins :** Maintiennent les manches en forme malgré la dépression due à la perte de charge.

Un mannequin abîmé peut entraîner d'importantes déchirures sur les manches.

- **Éventuelles embouchures :** Assurent la liaison entre la tôle et la manche filtrante.

Un défaut sur les embouchures offre un passage aux particules autres que les manches filtrantes.

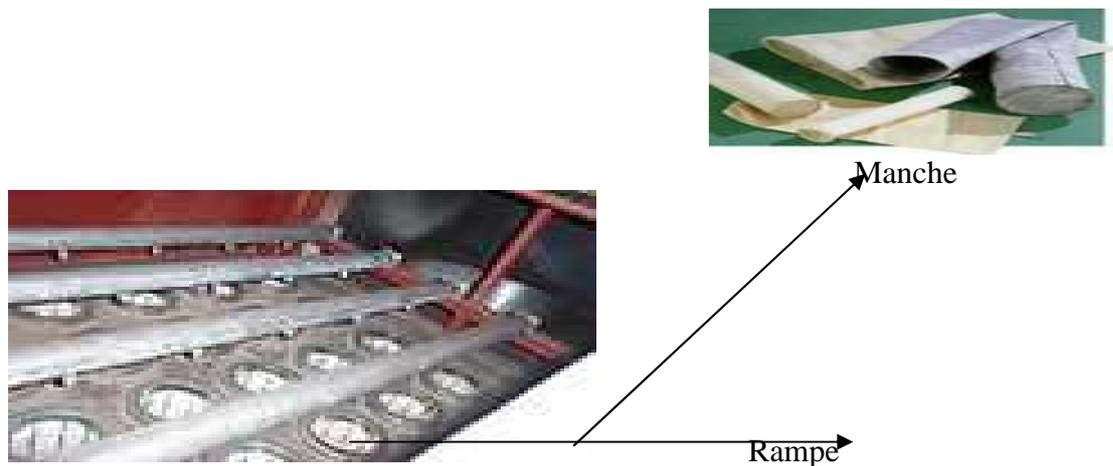


Figure 14: Les manches.

Décolmatage : Le système de Décolmatage représente pour les filtres à manches, une influence décisive sur la sécurité de fonctionnement de l'installation ainsi que sur le montant des coûts d'exploitation.

Le système de Décolmatage à impulsions éprouvées depuis plusieurs décennies est ainsi le garant de coûts d'exploitation réduits :

- *Consommation d'air comprimé.*
- *Durée de vie élevée des agents filtrants.*
- *Frais d'entretien et de maintenance réduits.*

Le Décolmatage à impulsions fonctionne également de manière fiable en cas des conditions d'utilisation extrêmes. Les valeurs au-dessous du point de rosée peuvent être exclues en raison du pourcentage d'air secondaire élevé. Les valeurs de gaz épuré faibles ne sont finalement pas réalisées en raison de la fréquence de Décolmatage faible (effet de battement de tapis).

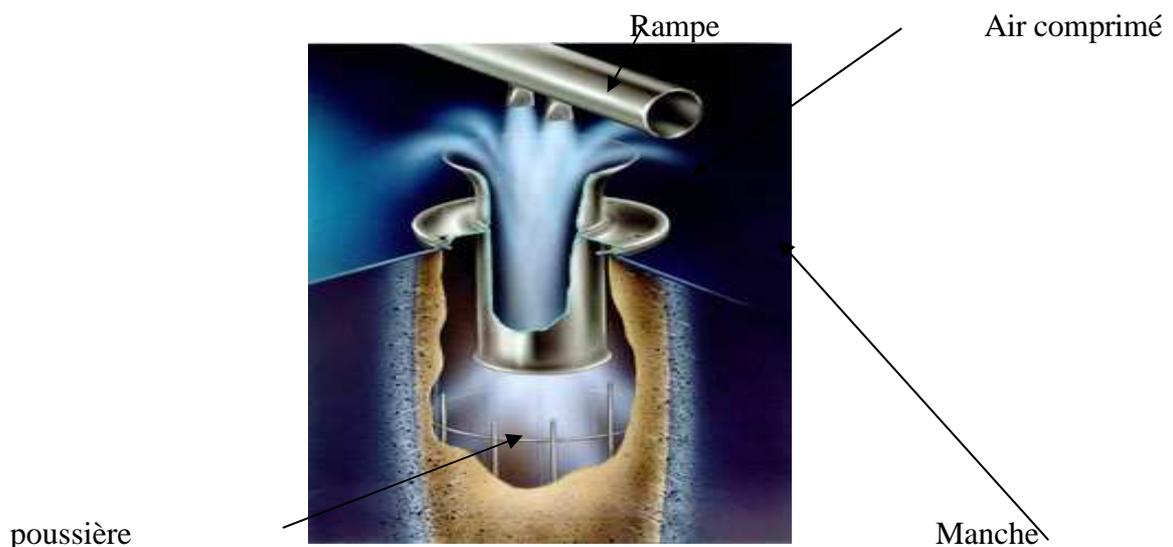


Figure 15 : Le Décolmatage .

Pressostat : est un dispositif détectant le dépassement d'une valeur prédéterminée, de la pression d'un fluide.

L'information rendue peut être électrique, pneumatique, hydraulique, ou mécanique.

Ces appareils sont également appelés manostats ou encore manocontact en transformant une ou plusieurs valeurs de pression déterminées qu'ils subissent en information électrique ou mécaniques. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications de systèmes de contrôle ou de régulation par exemple en provoquant le démarrage d'un compresseur d'air ou d'une pompe si la pression du circuit contrôlé descend au-dessous d'une limite déterminée.

La figure 16 représente un exemple de pressostat :



Figure 16: Pressostat.

3. Positionnement du problème

Depuis plus d'un siècle l'automatisation prend chaque jour une place plus importante. Elle s'est généralisée à l'ensemble des activités de services dans l'industrie. Quelque soit son domaine d'application et les techniques auxquelles elle fait appel, elle s'est constamment développée dans l'unique but de réduire la pénibilité du travail humain et d'améliorer le service. L'automatisme concerne donc l'étude et la conception de systèmes automatisés de production industriels.

Dans ce cadre LAFARGE nous a confié d'automatiser le fonctionnement de filtre à manche pour faire face aux problèmes rencontrés qu'on peut les classer selon les niveaux suivants :

a. Niveau maintenance

L'ancienneté du séquenceur, rend très difficile sa maintenance puisque ces pièces de rechange sont rares sur le marché, ce qui rend sa maintenance trop coûteuse.

Le séquenceur propose un ensemble de contrôles parfois inutiles, ceci est préjudiciable pour le fonctionnement du filtre.

b.

Niveau manœuvre

Ces dernières années, la majorité des opérateurs maîtrisant la manœuvre du séquenceur sont partis en retraites. La société n'a pas engagé de formation continue pour palier ces départs d'agents. Leurs souhaits étant de remplacer le séquenceur fonctionnant en logique câblée par une logique programmée, d'où l'orientation vers l'utilisation des automates programmables industriels qui répondent parfaitement à leurs préoccupations.

c. Niveau terrain

Le séquenceur nécessite un grand nombre de cartes d'entrées sorties, ce qui complique la maintenance au niveau des armoires électriques.

d. Niveaux entrées sorties

Le fonctionnement du séquenceur nécessite la vérification de certains paramètres de façon répétitive qui ralentit le cycle de fonctionnement ainsi engendre quelques fois des blocages.

Chapitre IV :
Etude technique du projet

Introduction

Après avoir établi une étude portant sur le filtre à manche, on a déduit des dysfonctionnements à plusieurs niveaux, dans l'optique des solutions à ces problèmes notre encadrant nous a proposé comme sujet de stage l'automatisation du fonctionnement de ce filtre.

I. Cahier de charge

Le cahier de charge consiste à ajouter un rack de porté ET200M au séquenceur existant qui communique avec l'automate programmable situé à la salle centrale par réseau en fibre optique, le rack contient des cartes de sorties et d'entrées assurant le même fonctionnement du dispositif précédent du filtre à manche.

L'utilisation de ce rack permet de réduire les problèmes cités si dessous :

- *La disponibilité de pièces de rechange.*
- *La fiabilité des matériels.*
- *Familiarisation du personnel de la société avec cette automate.*
- *La disponibilité d'installation.*

II. L'analyse fonctionnelle du filtre hybride

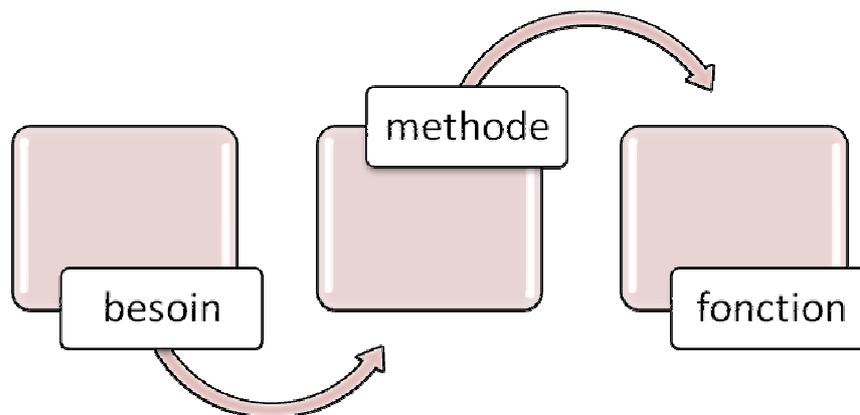
1. Introduction sur l'analyse fonctionnelle

La méthode d'analyse fonctionnelle appliquée à l'expression du besoin se limite aux fonctions de service qui expriment la participation du produit à la satisfaction des utilisateurs. L'analyse fonctionnelle, en tant que raisonnement systématique des besoins, est utilisée depuis longtemps, notamment dans l'optimisation du cout de la maintenance. Elle fournit une méthode à la fois technique et pédagogique qui s'inscrit dans une démarche rationnelle de construction des savoirs et des savoirs faire, et apporte des repères suffisants pour permettre d'analyser, choisir et utiliser un

équipement, quel qu'il soit et quelque soit les évolutions technologiques prévisibles ou non.

Elle permet plus facilement, d'autre part, de dégager et d'atteindre les objectifs opératoires nécessaires à la formation technique et professionnelle des élèves. Convenablement adaptée, c'est une approche pédagogique qui vise à la cohérence et à l'efficacité.

Dans l'analyse fonctionnelle d'un équipement, l'objet technique remplit une fonction déterminée qui répond au besoin d'un utilisateur lui-même conditionné par différents facteurs (techniques, économiques, réglementaires, sociologiques...). La fonction ainsi déterminée est décomposée en sous - fonctions de plus en plus simples auxquelles on apportera des solutions techniques. Ces fonctions sont définies en termes de finalités sans aucun priori de solutions. La diversité des solutions techniques possible déterminera l'ampleur du choix d'appareils ayant la même fonction globale.



2. Application d'analyse fonctionnelle sur le filtre hybride

Le filtre hybride se compose principalement de deux parties :

- *L'électro-filtre.*
- *Le filtre à manche*

Lors du fonctionnement du four, les gaz dégagés contenant la poussière traverse la tour de conditionnement pour les refroidir (variation de température de 1500°C jusqu'à 1000°C), une partie de ces gaz se dirige vers le broyeur s'il est en marche grâce à un registre semi ouvert et

l'autre partie est conduite au filtre hybride ; dans le cas contraire tout les gaz s'orientent vers le filtre hybride.

Les gaz traversent une conduite vers l'électro-filtre qui assure le filtrage de la plus grande partie presque 90% des poussières et le reste se filtre dans le filtre à manche.

Les poussières passent à travers la trémie de récupération vers le silo farine ce dernier la transmis au four pour que la matière subit une cuisson de nouveau ; l'air filtré se rejet vers l'extérieure à l'aide d'un ventilateur finale qui se situe en aval du filtre (voir annexe).

Notre projet consiste à automatiser le filtre à manche assurant l'ouverture des premières membranes de deux compartiments en série à l'aide d'un automate programmable S7 400 afin de minimiser le temps de frappe.

III. L'automate programmable industriel :

1. Introduction :

L'automatisation prend depuis plus d'un siècle une place chaque jour plus important. Elle s'est généralisée à l'ensemble des activités de services dans l'industrie. Quelque soit son domaine d'application et les techniques auxquelles elle fait appel, elle s'est constamment développée dans l'unique but de réduire la pénibilité du travail humain et d'améliorer du service.

L'automatisme est aussi l'étude et la conception de systèmes industriels automatisés.

Les automates programmables industriels sont apparus à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande. Les coûts de l'électronique permettant alors de remplacer avantageusement les technologies actuelles.

2. Description de l'automate programmable :

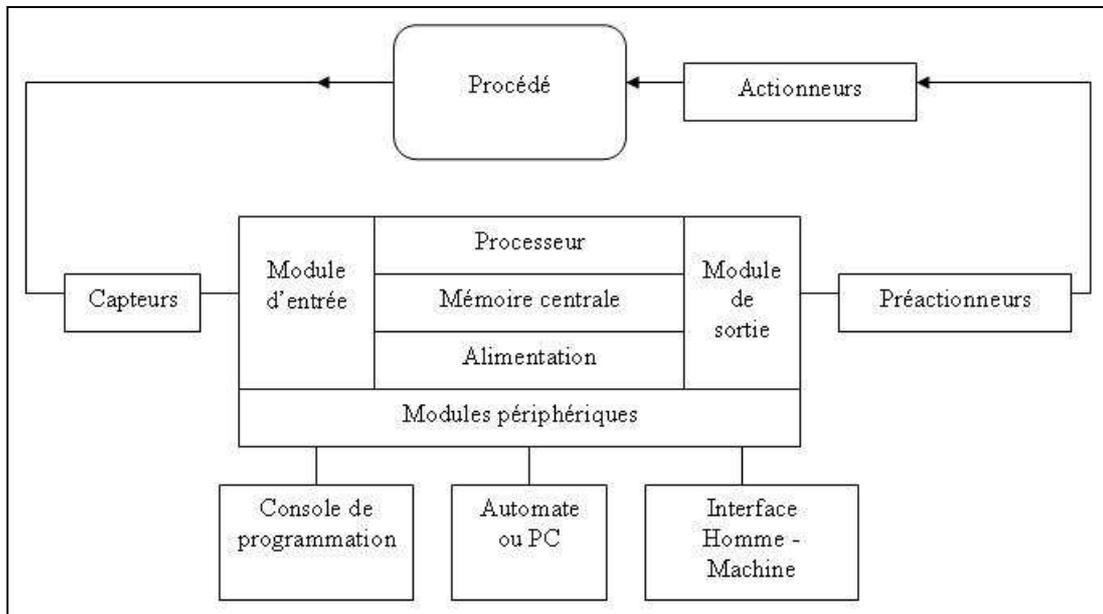


Figure17 : description de l'API.

- **Unité centrale** : constituée du processeur (cœur de l'automate) et de la mémoire centrale.
- **Mémoire centrale** : elle contient le programme moniteur, le programme utilisateur et les données. Le programme moniteur est un logiciel de base gérant le fonctionnement de la machine et fourni par le constructeur.

Le programme utilisateur contient les instructions du programme à exécuter. Les données sont réparties sur trois catégories :

- ✓ Variables images des entrées.
- ✓ Variables images des sorties.
- ✓ Variables internes : compteurs, temporisateurs, bits internes, etc.
- **Module d'entrée** : il transforme les signaux provenant des capteurs et des ordres de l'opérateur en signaux compréhensibles par l'automate. Le processeur stocke

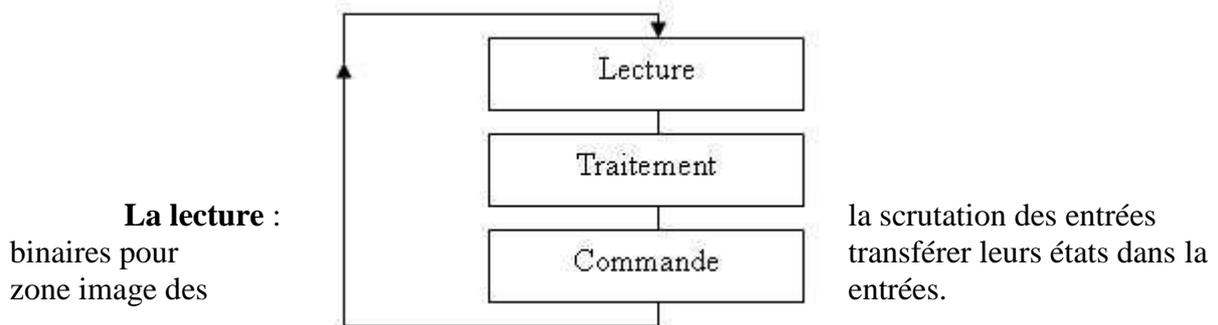
ensuite ces informations dans la mémoire de données image des entrées afin de les mémoriser.

- **Module de sortie** : il transmet au pré actionneurs et aux dispositifs de dialogue les ordres de commande et de signalisation résultants de l'exécution du programme. Le processeur vient chercher ses ordres dans la mémoire de données image des sorties, et les transfèrent en module de sortie qui seront transformés en signaux électriques par la suite.

- **Module de communication** : sert pour le dialogue entre l'automate et un autre équipement (automate, PC, ...etc.).

3. Principe de fonctionnement

L'automate programmable fonctionne par déroulement cyclique du programme. Le cycle comporte trois opérations successives qui se répètent normalement comme suit :



La lecture :
binaires pour
zone image des

la scrutation des entrées
transférer leurs états dans la
entrées.

Le traitement : le processeur exécute les instructions de la mémoire programme en fonction des informations de la mémoire des données. Cette exécution se traduit par la modification de certaines variables et leur mise à jour dans la zone correspondante.

La commande : les images des sorties dans la mémoire des données sont transférées dans le module de sortie pour être converti en signaux électriques pour la commande des pré actionneurs et des dispositifs de visualisation. Ces valeurs sont verrouillées jusqu'au cycle prochain.

Ce cycle se répète infiniment tant qu'il n'y a pas d'interruption interne ou externe qui engendre l'arrêt temporaire ou permanent de l'automate. A chaque cycle seul,

l'automate fait une mise à jour de ses données en entrée, garde cet état des entrées et passe à la phase de traitement. Cette dernière phase nécessite un temps prédéfini pour qu'elle se termine, dépendant de la fréquence du processeur et de la technologie interne et de la nature du traitement aussi.

Une fois terminée, on est dans la troisième et finale phase de sortie, où l'automate mets à jour ses signaux de sortie dépendant des résultats obtenus lors du traitement des entrées. Ces sorties restent figées jusqu'au prochain cycle.

Chaque fois que l'on minimise le temps d'un cycle, on améliore l'efficacité de notre automate. Malheureusement, le constructeur joue le rôle principal dans ce cas puisqu'il fixe la fréquence interne en se référant au processeur qu'il a utilisé. Mais l'utilisateur peut minimiser ce temps écoulé en améliorant le coût de son algorithme.

4. L'automate S7-400

Le S7-400 est une plateforme d'automatisation conçue à la fois pour l'industrie manufacturière et le génie des procédés. Il se distingue grâce à ses hautes performances, sa puissance de communication et ses grandes capacités de mémoire. Il peut s'adapter à toutes les applications spécifiques telles que la disponibilité élevée, et ou la sécurité. Le S7-400 trouve son application dans tous les secteurs tels que les industries automobiles, papetières, agro-alimentaires, chimiques et pétrolières, agro-alimentaires, traitement des eaux et des déchets et bien d'autres encore.

La figure suivante indique une photo d'automate programmable S7 400 qu'on l'utilise par suite de notre programme :



Figure 18 : automate S7-400.

Dans la figure si-dessous on représente un rack de porté ET200-M qui porte au maximum 8 cartes : des cartes d'entrées , sorties et une de communication :



Figure 19 : un rak de porté.

IV. Action engagé :

Notre travail se divise en deux grandes parties :

- *Partie matériel.*
- *Partie programmation.*

1. Partie matériel :

Dans cette partie, on s'intéresse à définir :

- *le nombre des entrés et des sorties de l'automate programmable :*

Entrés : 8.

Sorties : 84 membranes+ 4 électrovannes.

- *des cartes d'entrés : Le nombre*

$$\frac{\Sigma \text{entrés}}{8} = \text{nombre de carte d'e.}$$

On a trouvé une seul carte d'entrée.

- *des cartes de sorties : on va considérer deux sorties comme étant une seul sortie pour assurer le but de notre sujet Le nombre*

$$\frac{\Sigma \text{sorties}}{8} = \text{nombre de carte de sortie}$$

On a trouvé 6 carte de sorties.

- *rack : on a choisi un rack de porté de 8 cartes une de communication, une carte d'entrées et six carte de sorties. Le choix de*

2. Partie programmation :

L'automate S7-400 nécessite une programmation en GRAFCET puis une simulation sur le STEP 7.

a) Le GRAFCET

Le Grafcet est un outil graphique de définition pour l'automatisme séquentiel, en tout ou rien. Mais il est également utilisé dans beaucoup de cas combinatoires, dans le cas où il y a une séquence à respecter mais où l'état des capteurs suffirait pour résoudre

le problème en combinatoire. Il utilise une représentation graphique. C'est un langage clair, strict mais sans ambiguïté, permettant par exemple au réalisateur de montrer au donneur d'ordre comment il a compris le cahier des charges. Langage universel, indépendant (dans un premier temps) de la réalisation pratique (peut se "câbler" par séquenceurs, être programmé sur automate voire sur ordinateur).

Le Grafcet représente donc graphiquement le fonctionnement d'un automatisme par un ensemble :

- ➔ D'étapes auxquelles sont associées des actions.
- ➔ De transitions entre étapes auxquelles sont associées des conditions de transition (réceptivités)
- ➔ Des liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

Son nom est l'acronyme à la fois de « graphe fonctionnel de commande étapes / transitions » et de « graphe du groupe AFCET (Association française pour la cybernétique économique et technique) ».

b) Le STEP-7

Step 7 permet l'accès "de base" aux automates Siemens. Il permet de programmer individuellement un automate (en différents langages). Il prend également en compte le réseau des automates, ce qui permet d'accéder à tout automate du réseau (pour le programmer), et éventuellement aux automates de s'envoyer des messages entre eux. Il ne permet pas d'incorporer les ordinateurs dans le réseau (durant le fonctionnement, il n'y a pas de dialogue entre les PC et les automates, donc pas de supervision du processus par un logiciel centralisé, comme ce serait possible sous PCS7).

Pour la programmation sur le STEP-7 on a besoin des données suivantes :

- ➔ entrées (ou contact), qui permettent de lire la valeur d'une variable booléenne.
- ➔ les sorties (ou bobines) qui permettent d'écrire la valeur d'une variable booléenne.
- ➔ les blocs fonctionnels qui permettent de réaliser des fonctions avancées.

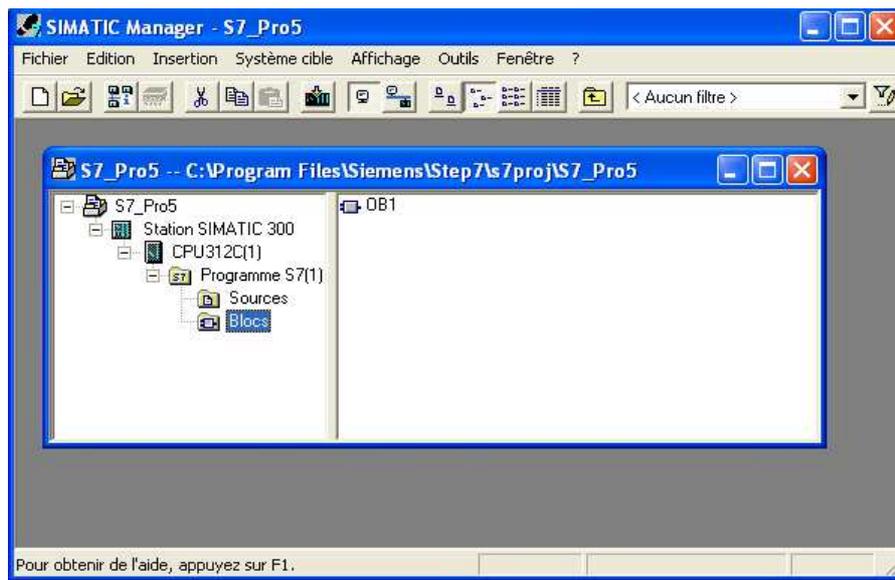


Figure 20 : STEP 7.

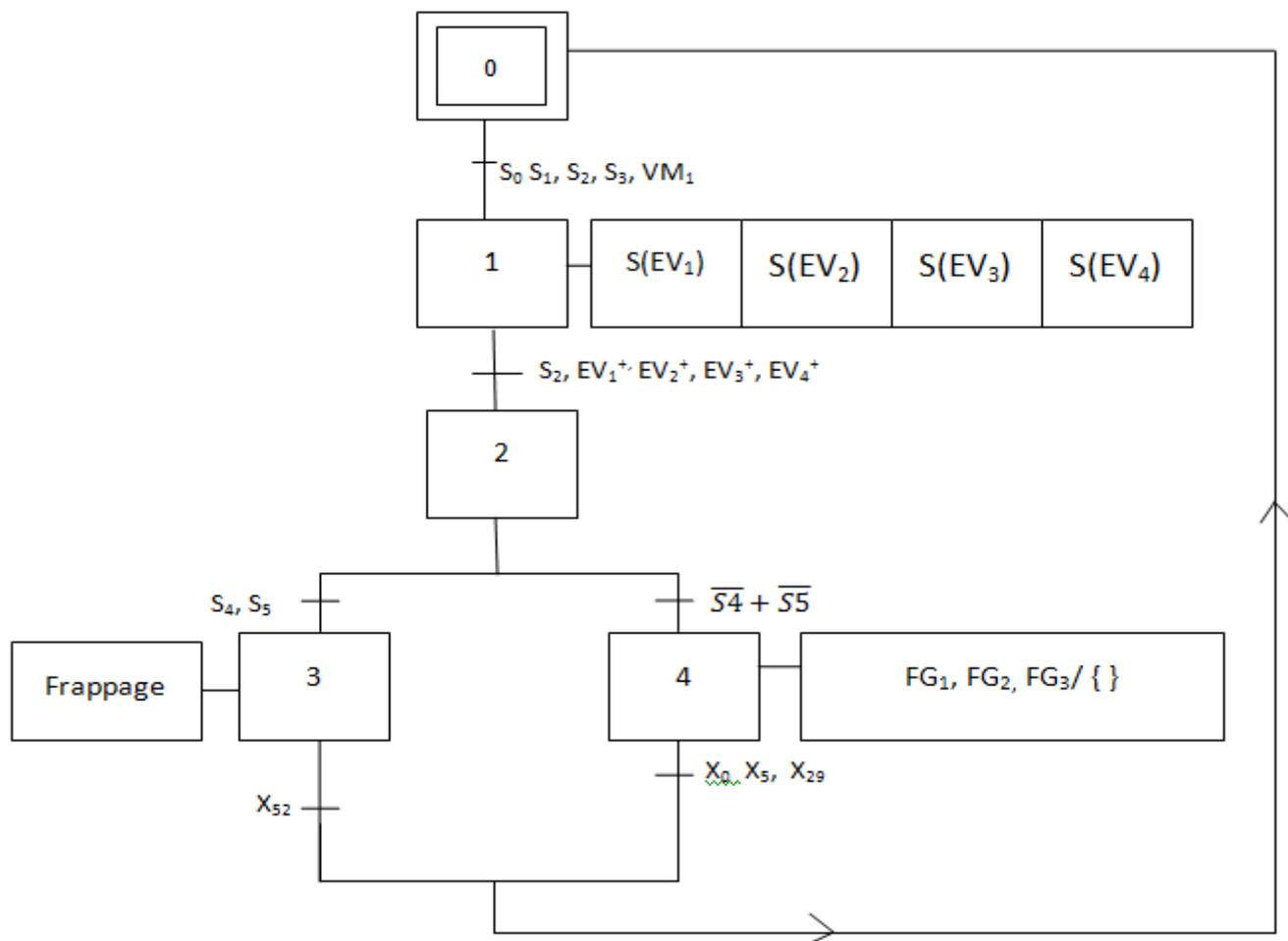
C'est une figure représentant l'interface de création d'un Bloc opératoire en STEP7.

V. Solution proposé :

1. Programmation sur GRAFCET :

Dans une première étape, il a fallu travailler sur le Grafcet assurant le fonctionnement normal du filtre à manche synchronisé avec la circulation de l'air comprimé.

Par suite on a proposé le grafcet suivant :



.....
Figure 21: Grafcet du fonctionnement normale

Explication

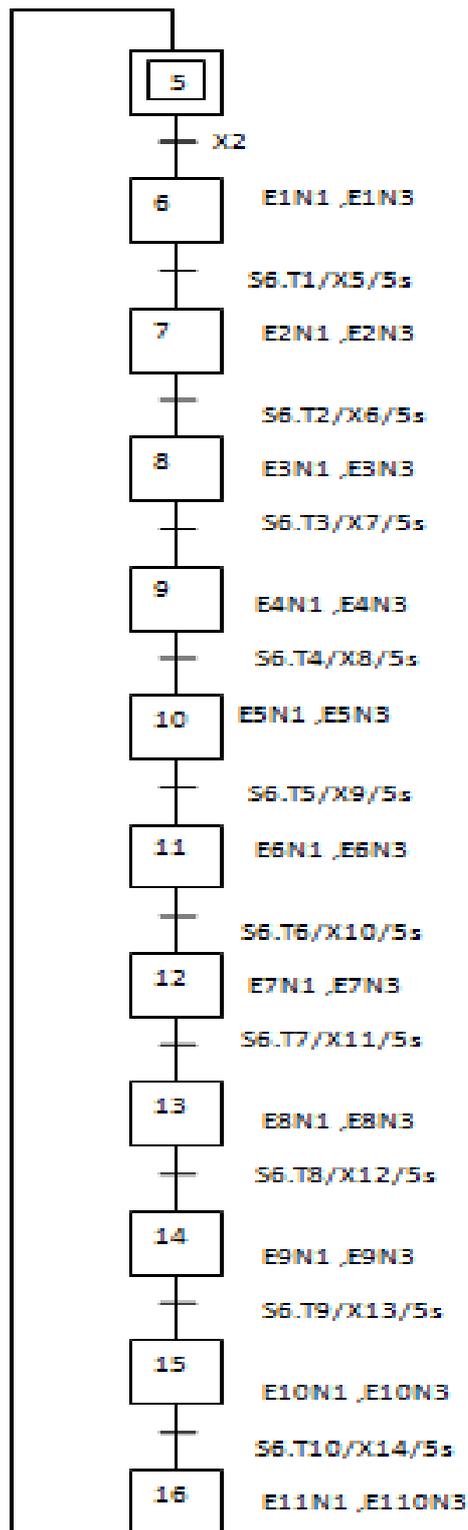
Dés que les entrés S0 (E 0.0), S1 (E 0.1), S2 (E0.2), S3 (E0.3) et VM1 (E0.4) sont mise a 1 :

- Les sorties EV1 (A0.0), EV2 (A0.1), EV3 (A0.2), EV4 (A0.3) sont activées qui permettent le remplissage des quatre nourrices.
- Si les entrées S4 (E0.5) et S5 (E0.6) sont activés on **appelle le frappage** des manches à l'aide des deux sous-grafcet ; si non le grafcet se met en forçage d'arrêt par l'activation des étapes initiales de grafcet du fonctionnement normal et des deux sous-grafcet.

Appel de frappe

La deuxième étape du grafcet précédent est représentée par deux sous grafcet, on cite comme exemple le premier sous grafcet, de frappe de compartiment 1 et 3, pour les deux autres compartiments 2 et 4 voir les annexes.

- *L'activation de la sortie E1N1, E1N3 permet le frappe des manches pendant une durée de 5 secondes.*
- *Le remplissage des nourrices se fait automatiquement grâce aux électrovannes EV1, EV2, EV3 et EV4 qui sont toujours ouvertes.*
- *Ce processus se répète jusqu'à la sortie E21N1, E21N3 ; le système s'arrête pour un temps de repos de 2 minutes pour qu'il puisse passer aux deux autres compartiments (2 et 4) ou on a le même mécanisme de fonctionnement.*



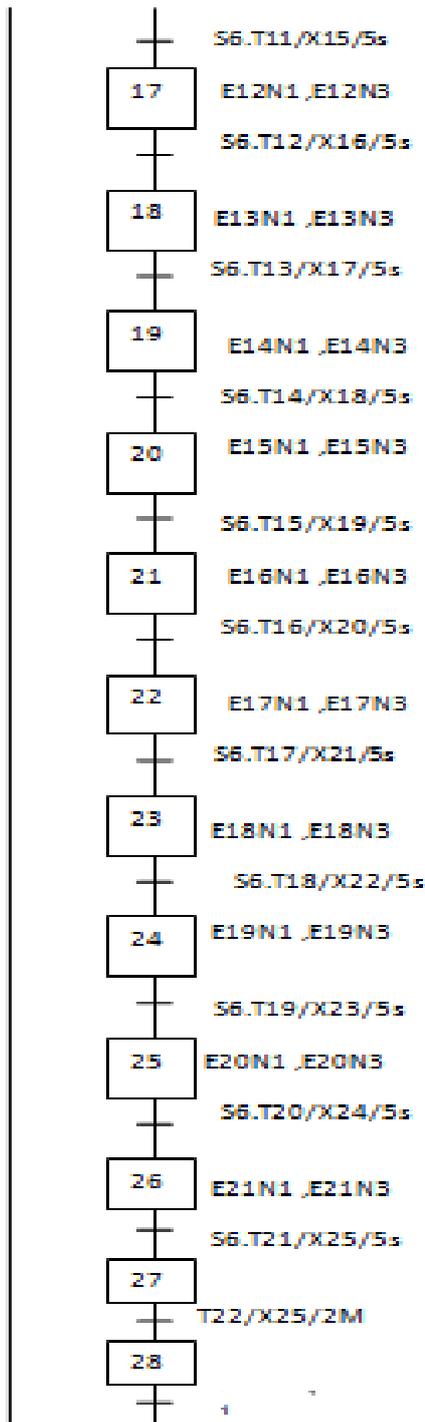


Figure 22: le sous grafcet de frappage

2. Simulation sur le STEP-7

La programmation de cette automate nécessite une programmation sur le logiciel STEP-7 qu'on a déjà définie, pour la transformation de grafcet au step-7 il faut tout d'abord créer un ou plusieurs blocs opératoires ensuite saisir la liste des entrées et des sorties finalement la transformation du grafcet au STEP-7.

Pour notre projet on a suivre les étapes suivantes :

- *Création de 4 bloc opératoires :*
 - BO1 de fonctionnement normale.
 - BO2 de frappe 1.
 - BO3 de frappe 2.
 - BO4 d'affectation des sorties.
- *La saisie des entrées et des sorties dans une table mnométrique (voire annexe).*
- *La conversion du grafcet au step-7 (voire annexe) :*

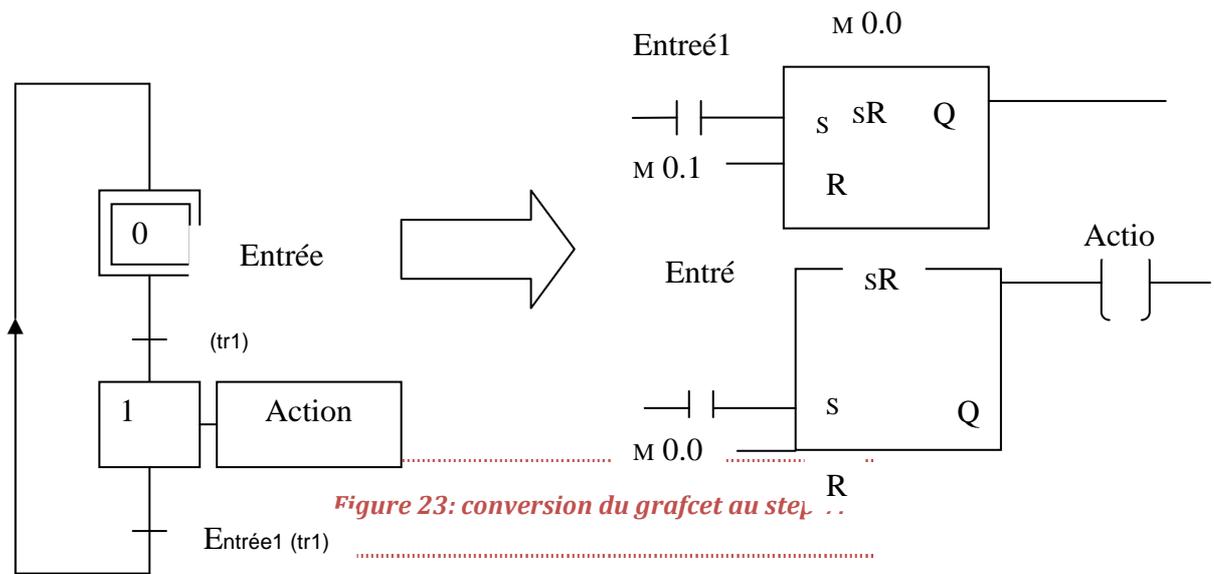


Figure 23: conversion du grafcet au step ..

S : mise à 1 et R mise à 0

Conclusion

Ce stage qui a duré deux mois, nous a permis de compléter l'ensemble des connaissances acquises durant notre formation, de tester nos capacités et de nous familiariser avec le monde professionnel.

En effet, ce stage passé en entreprise LA FARGE et qui a porté sur l'automatisation du fonctionnement du filtre hybride nous a été très bénéfique. Nous avons pu à travers ce stage, nous familiariser avec le monde de l'entreprise, nous avons su nous intégrer dans son environnement, en proposant une solution au problème qui nous a été soumis.

Dans un premier temps, nous avons étudié et compris le fonctionnement du filtre hybride ce qui nous a permis de proposer une solution respectant le cahier de charge et qui porte sur l'automatisation du filtre à manche par l'emploi d'un automate programmable siemens S7-400

Après avoir étudié notre cahier de charge, on a pu proposer une solution pour notre problème sous la forme d'un grafcet de fonctionnement normale et deux autre sous grafcet de frappage ainsi que la conversion en langage step-7.

La solution proposée a apporté plusieurs avantages par rapport à la situation précédente, qui se résume à :

la réduction du coût de maintenance, le dépannage est devenu plus facile, l'augmentation de la productivité du ciment, et la protection de l'environnement et la santé.

Ce projet a été réalisé grâce à la collaboration avec plusieurs personnes appartenant à différents services de la société, sans oublier les conseils pertinents de notre encadrant.

Ce projet peut encore être amélioré par la création d'un gemma permettant de prendre en compte les arrêts et les pannes en cours de fonctionnement.

Durant ce stage, on a pu développer nos connaissances et les appliquer dans le domaine professionnel.

Bibliographie

- *Documentation LAFARGE Usine de Meknès.*

- *Documentation LAFARGE Procédés et fabrication du ciment.*
- *Cours automates programmables industriels.*
- *Cours GRAFCET.*
- *Cours STEP-7.*
- *Manuel filtre hybride ELEX.*
- www.wikipedia.org.
- www.LAFARGE.fr.

Glossaire

- *EV : Electrovanne.*
- *E1N1 : électrovanne 1 de compartiment 1.*
- *API : automate programmable.*