

LICENCE
Electronique Télécommunication et Informatique
(ETI)

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Rénovation d'un séquenceur
SEFRAM par un automate
programmable S7 300 dans un
filtre à manches BK4**

Ghita BENNANI

Encadré par :

P^r Mouhcine RAZI (FST FES)

M^r Hassan IDAMI(Encadrant industriel)

Soutenu le 13 Juin 2014devant le jury

Pr E.ABARKAN (FST FES)

Pr N.ES-SBAI (FST FES)

REMERCIEMENT :

La réalisation de ce travail n'a pu prendre naissance que par l'assistance et l'intervention inconditionnelle de certaines personnes dont les apports ne pourraient être qu'infiniment reconnus. Je tiens à travers ce rapport, à exprimer mes sincères remerciements aux nombreuses personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce présent travail.

Je tiens à exprimer mon respect et remerciement à, mon encadrant de stage **Mr. Hassan IDAMI** chef des systèmes automatisés, qui n'a épargné aucun moyen pour m'aider, pour me soutenir et aussi pour ces conseils précieux et ses directives pertinentes, sans **Mr. IDRISSI** chef de service électrique pour son rôle important dans la direction de ce service.

Je tiens également à exprimer mes profondes gratitudes ainsi que toute mes reconnaissances à, mon encadrant de la faculté des sciences et techniques (FST), **Mr. Mouhcine RAZI** qui m'a fait bénéficier de son savoir-faire, de ses conseils appréciables, de sa disponibilité et pour l'intérêt manifesté qu'il a porté à ce projet.

Mes sincères remerciements vont aussi à Nos chers **professeurs** de la faculté, qui nous ont fait bénéficier de leurs savoirs faire et leurs connaissances très précieuses qui nous ont été de grande utilité pour la réalisation de ce projet.

J'adresse mes vifs remerciements aux membres du **jury** pour avoir accepté de juger mon travail et de me proposer des recommandations précieuses.

Enfin, je remercie l'équipe de service électrique de Bouskoura qui a participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Merci à tous.

DEDICACES :

Louange à Dieu seul.

Que le salut et la paix soient sur l'envoyé de Dieu.

A la source de tendresse, à celle qui a porté la torche pour éclaircir mon chemin, à celle qui a fortifié ma volonté, qui a consolidé et qui lève sa main à chaque prière pour me souhaiter la réussite et le bonheur, à ma douce mère.

A celui qui a guidé mes pas, qui a fait de mon éducation son principale préoccupation, à mon cher père.

Mes sincères expressions d'amour, et de respect à mes chers frères, sœurs et amis.

Avant propos :

Dans le cadre de ma formation en génie électrique (électronique télécommunication et informatique), je dois vous présenter un certain nombre de rapports suite à des travaux pratiques, à des présentations ou à des projets.

Ce rapport sera la trace écrite de mon projet de fin d'études au sein la faculté des sciences et techniques de Fès.

Le sujet de ce travail porte sur la rénovation d'un séquenceur de type SEFRAM par un automate programmable S7-300 dans le filtre à manches BK4 (Broyeur clinker n°4).

Résumé :

Le présent document constitue le fruit du travail réalisé dans le cadre de mon projet de fin d'études.

L'objectif de ce travail consiste à rénover un Séquenceur numérique de type Sefram SFX+ par un automate programmable S7-300, et cela bien après des études faites tout au long de ce projet pour aboutir à un résultat qui va me satisfaire, et satisfaire surtout l'équipe de Lafarge Bouskoura.

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

FIGURE 1 : ORGANIGRAMME DE LAFARGE MAROC

FIGURE 2 : IMPLANTATION DES USINES LAFARGE AU MAROC

Figure 1 : Organigramme de L'usine de BOUSKOURA

FIGURE 2 : ORGANIGRAMME DES SECTEURS DE PRODUCTION

Figure 5 : Répartition du chiffre d'affaire par branche

Figure 6 : Répartition des ventes pour l'année 2013

FIGURE 7 : EXTRACTION ET TRANSPORT DE LA MATIERE PREMIERE

FIGURE 8 : CONCASSAGE DE LA MATIERE

Figure 9 : Hall de stockage de la matière concassée

Figure 10 : Broyeur cru

Figure 11 : Ligne de cuisson

FIGURE 12 : TOUR DE PRECHAUFFAGE

FIGURE 13 : FOUR ROTATIF

Figure 14 : Refroidisseur

FIGURE 15 : BROEUR CIMENT A DEUX COMPARTIMENTS

Figure 16 : Expédition

Figure 17 : Flow-sheet du processus de broyage

Figure 18 : schéma simplifié du broyeur

Figure 19 : Schéma Explicatif du broyeur

Figure 20 : Séparateur Statique

Figure 21 : Séparateur dynamique

Figure 22 : Organigramme du fonctionnement du filtre

Figure 23 : Filtre à manches

Figure 24 : Les électrovannes du filtre

Figure 25 : Le Séquenceur Sefram SFX+

Figure 26 : Grafset Marche/Arrêt

Figure 28 : Architecture d'un automate programmable

Figure 29 : La mémoire d'un API

Figure 30 : Les interfaces d'entrées/sorties

Figure 27 : Grafcet Vannes du filtre

Tableau 1 : Abréviations des Grafcets

Tableau 2 : Caractéristiques techniques de l'automate

Tableau 3: Devis des automates

Table des matières

REMERCIEMENT :	3
DEDICACES :	3
AVANT PROPOS :	4
RESUME :	4
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	5
INTRODUCTION GENERAL :	8
CHAPITRE I :	10
PRESENTATION DE LAFARGE ET PROCEDE DE FABRICATION DU CIMENT	10
1..... PRESENTATION DU GROUPE LAFARGE :	10
2..... HISTORIQUE :	10
3..... LAFARGE MAROC EN BREF :	11
4..... IMPLANTATION :	12
5..... LAFARGE CIMENT DE BOUSKOURA :	13
5.1.....SECTEURS DE PRODUCTION :	13
5.2..... REPARTITION DU CHIFFRE D'AFFAIRE PAR SECTEUR :	14
5.3..... REPARTITION DES VENTES DANS LES QUATRE CIMENTERIES EN 2013 :	15
5.4..... FICHE TECHNIQUE :	15
6..... DESCRIPTION DE CYCLE DE PRODUCTION DU CIMENT :	16
6.1..... DEFINITION DU CIMENT PORTLAND :	16
6.2.....CATEGORIES DE CIMENT PRODUIT PAR LAFARGE CIMENT BOUSKOURA :	16
7..... LES ETAPES DE FABRICATION DU CIMENT :	16
7.1..... CARRIERE :	16
7.2..... CONCASSAGE :	17
7.3..... PRE HOMOGENEISATION :	17
7.4..... BROYAGE CRU :	17
7.5.....HOMOGENEISATION :	18
7.6..... LIGNE DE CUISSON :	18
7.7..... TOUR A CYCLONES :	18
7.8..... FOUR ROTATIF :	19
7.9..... REFROIDISSEUR :	19
7.10.....BROYAGE CIMENT :	20
7.11..... ENSACHAGE ET EXPEDITION :	21

CHAPITRE II :	21
PRESENTATION DE L'ATELIER	21
BK4	21
1.	INTRODUCTION : 22
2.	PRESENTATION DE L'ATELIER BK4 : 22
3.	DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DES EQUIPEMENTS DE L'ATELIER DE BROYAGE BK4 : 23
3.1.	LE BROYEUR A BOULETS A DEUX COMPARTIMENTS : 23
3.2.	LES MODES DE REDUCTION DE MATIERE : 24
3.3.	SEPARATEUR STATIQUE : 24
3.4.	SEPARATEUR DYNAMIQUE : 25
3.5.	LES DOSEURS : 26
3.6.	FILTRES A MANCHES : 26
CHAPITRE III :	28
DESCRIPTION DU CONTEXTE DE TRAVAIL	28
CAHIER DES CHARGES :	29
1.	INTRODUCTION 29
2.	MOTIVATION 29
3.	DESCRIPTION DETAILLE DU SUJET 29
❖	AVIS GENERAL 29
4.	PRESENTATION DU FILTRE A MANCHES 30
4.1.	FILTRES A MANCHES 30
4.2.	DESCRIPTION DES COMPOSANTS DU FILTRE : 30
4.3.	DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DU FILTRE 31
4.4.	APPLICATIONS DU FILTRE A MANCHES 32
5.	LES ELECTROVANNES : 32
5.1.	DESCRIPTION DE L'ELECTROVANNE : 32
5.2.	CONSTITUANTS DE L'ELECTROVANNE : 33
5.3.	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE ELECTROVANNE ASSISTE : 33
6.	PRESENTATION DE LA SOLUTION EXISTANTE (SEQUENCEUR NUMERIQUE) : 33
6.1.	GENERALITE SUR LE SEQUENCEUR SFX+ : 33
6.2.	FONCTIONNEMENT ET COMPOSANTS DU SEQUENCEUR ETUDIE : 34
6.3.	PROBLEMATIQUES DE LA SOLUTION EXISTANTE : 35
7.	CONCLUSION : 35
CHAPITRE IV :	36
AUTOMATISATION DU FILTRE A MANCHES	36
1.	INTRODUCTION : 37
2.	GRAFSETS DE FONCTIONNEMENT DU SEQUENCEUR : 37
3.	PRESENTATION DE LA SOLUTION PROPOSEE : AUTOMATE PROGRAMMABLE : 39
3.1.	L'HISTORIQUE DE L'API : 39
3.2.	DEFINITION DE L'API : 40
3.3.	POURQUOI L'AUTOMATISATION ? : 40
3.4.	CRITERE DU CHOIX DE L'API : 40
3.5.	TABLEAU DES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES AUTOMATES : 41
4.	L'AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIELLE S7-300 : 42
4.1.	AVANTAGES : 42

4.2.....	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES :	42
4.3.....	NORMES DE COMMUNICATION :	43
5.....	PRESENTATION DU LOGICIEL TIA PORTAL VERSION11(STEP7) :	43
5.1.....	DEFINITION DU LOGICIEL :	43
5.2.....	APPLICATIONS:	43
6.....	CONCLUSION :	44
7.....	CONCLUSION ET PERSPECTIVES :	44
[BIBLIOGRAPHIE] :		45
ANNEXE (A) :		46
1.....	ARCHITECTURE DE L'API	46
2.....	DESCRIPTION DES ELEMENTS D'UN API :	46
3.....	TABLEAU DES CARACTERISTIQUES ECONOMIQUES	49
ANNEXE (B) :		49
PROGRAMMATION DES AUTOMATES S7-300 – INTRODUCTION AU LOGICIEL TIA PORTAL :		49
1.....	OUVERTURE D'UN PROJET EXISTANT :	50
1.1.....	CREATION D'UN PROJET :	51
2.....	CONFIGURATION DE L'AUTOMATE :	51
3.....	ECRITURE DES MNEMONIQUES :	54
4.....	ECRITURE DU PROGRAMME :	54
5.....	TEST DU PROGRAMME AVEC L'AUTOMATE DE SIMULATION :	56
ANNEXE (C) :		58
1.....	PROGRAMMATION EN LANGAGE LADDER :	58

INTRODUCTION GENERAL :

L'usine LAFARGE Ciments de BOUSKOURA est la première puissance productive du groupe Lafarge-Maroc, leader national des matériaux de construction. Elle ne cesse pas de déployer ses efforts pour tenir et améliorer sa position en adoptant une politique de gestion très rigoureuse de la disponibilité de ces outils de production. Tout cela est dans le but de mieux satisfaire les besoins des clients, en respectant les trois facteurs : qualité, coût et délai.

L'industrie du ciment occupe une place prépondérante dans les économies de toutes les nations puisqu'elle est à la base du développement des secteurs vitaux dans l'économie des pays, par la production des matériaux les plus utilisés.

Employé dans la construction des bâtiments, d'ouvrages d'art et d'infrastructures, le béton, principale application du ciment contribue à l'amélioration des conditions de bien et du bien être individuel.

Des infrastructures de base et la reprise des grands investissements industriels, a poussé les producteurs du ciment à investir dans l'automatisation des systèmes et de produire, en ayant recours le moins possible à l'homme, des produits de qualité, augmentation de capacité, métrisation de la maintenance et ce pour un coût le plus faible possible.

Pour trouver une solution pour la pollution d'air au sein de la société dans la quelle j'effectue mon stage de PFE (Projet Fin d'Etude), il est donc nécessaire dans un premier temps d'identifier la situation actuelle du séquenceur numérique utilisé pour commander le filtre de

poussière, puis la remplacer par un automate programmable, car durant les dix dernières années le monde industriel a reconnu une évolution rapide et ce grâce à l'utilisation des nouvelles technologies d'automatisation, en plus des nombreuses études ont été consacrées à l'automatisation des applications industrielle.

De nos jours l'automatisation devient une tâche nécessaire qui apporte plusieurs avantages, elle permet de remédier à plusieurs problèmes tel que la minimisation des coûts, l'optimisation des méthodes de production, la réduction des pertes, en plus la sécurité du matériel et la protection des personnes.

Sous le thème de rénovation d'un séquenceur SEFRAM par un automate programmable S7-300 dans le filtre à manches BK4, s'inscrit le sujet de mon PFE.

Le présent projet est le fruit de 2 mois de stage à LAFARGE ciment de BOUSKOUA qui comporte quatre chapitres :

- **Le 1^{er} chapitre** « Présentation de Lafarge Ciments » dresse une présentation générale de la cimenterie Lafarge Ciments Bouskoura en tant qu'organisme d'accueil où nous avons réalisé notre travail, ainsi que la description du processus de fabrication du ciment.
- **Le 2^{ème} chapitre** « Présentation de l'atelier BK4 (Broyeur à Clinker n°4)».
- **Le 3^{ème} chapitre** « Description du contexte de travail ».
- **Le 4^{ème} chapitre** « Automatisation du filtre à manches».

CHAPITRE I :

Présentation de Lafarge et procédé de fabrication du ciment

Présentation du Groupe LAFARGE :

LAFARGE est héritier d'une longue tradition et d'un savoir faire exceptionnel dans les matériaux de construction. Depuis plus de 160 ans, le groupe LAFARGE s'est développé en France d'abord, puis en Amérique du Nord et du sud, et progressivement sur tous les continents, l'histoire de Lafarge a été marquée par une forte expansion et élargissement de ses activités.

Aujourd'hui elle occupe la position de leader par excellence à travers ses cinq produits : **Ciment, Granulat et Bétons, Toiture, Plâtre et Matériaux de spécialités** ; et qui mettent en œuvre des programmes d'amélioration de performance qui comprennent des actions de réduction des coûts et d'amélioration de la qualité des produits et des services rendus aux clients.

Historique :

- ❖ **1913** : Création de la première société de ciment "Chaux et Ciments du Maroc" à Casablanca, elle avait pour but de construire une usine à four droit au quartier des Roches

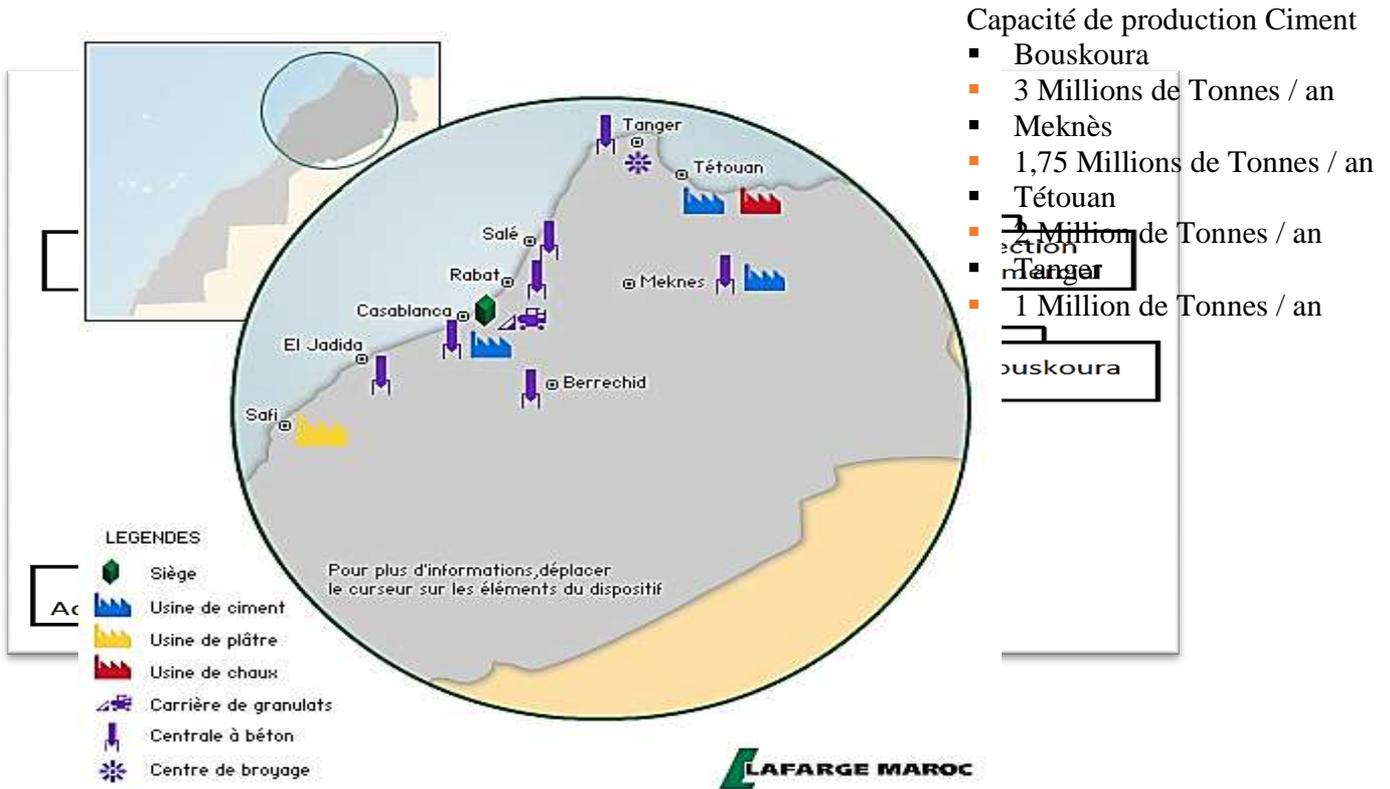
Noires ;

- ❖ **1929** : Accord associant ‘‘Chaux et Ciments du Maroc’’ à Lafarge ;
- ❖ De **1930** à **1955** : Construction simultanée de quatre fours ;
- ❖ **1968** : Création de ‘‘Lafarge Maroc’’ dont le principal actionnaire est la société ‘‘Chaux et Ciments du Maroc’’ ;
- ❖ **1981** : Création de la Cimenterie Nouvelle de Casablanca ‘CINOUCA’ chargée de réaliser une unité de production de 1 200 000 tonnes de ciment par an. *CINOUCA* participe à la protection de l’environnement en choisissant le site de sa nouvelle usine à 30 km au Sud Ouest de Casablanca et à 13 km de Bouskoura ;
- ❖ **1992** : Démarrage de la première installation de broyage de ciment par presse à rouleaux en Afrique, entraînant du coup des économies d’énergie considérables ;
- ❖ **1996** : *CINOUCA* est devenue le pôle fédérateur d’un groupe comportant quatre cimenteries et six centrales de bétons ;
- ❖ **1999** : Signature de partenariat avec l’*ONA* après contrôle effectué entre Lafarge et la Société Nationale d’Investissement - *SNI* - ;
- ❖ **2004** : Audit de l’usine de Bouskoura et du siège pour l’obtention de la certification ISO 9001 versions 2000.
- ❖ **2006** : Extension de la deuxième ligne de production de ciment à l’usine de Bouskoura.
- ❖ **2014** : Fusion du groupe LAFARGE avec son concurrent HOLCIM.

La société a poursuivi le renforcement de ses ressources humaines par l’embauche de cadres qualifiés dont le nombre est passé de 53 à 121 en quatre ans ; cette politique a pour objectif le développement des compétences initiées, et vise à accompagner la mise à niveau technologique.

LAFARGE Maroc en bref :

Lafarge, entreprise familiale est née en Ardèche en France en 1833, est aujourd'hui le premier cimentier mondial. Le groupe LAFARGE est un leader mondial des matériaux de construction, il est présent actuellement dans 75 pays et emploie 75.000 personnes. L'expansion au Maroc du Groupe Lafarge commença en 1930, il a fallu créer quatre cimenteries, à savoir Cinouca à Casablanca, Cadem à Meknès, la Cimenterie de Tanger et Cementos Marroquies à Tétouan, L'organisation de Lafarge Maroc est structurée comme suit :



Implantation :

Gérée par le siège sis à Casablanca, la société Lafarge Maroc est implantée dans plusieurs villes du royaume à travers ses usines de ciment, de plâtre et de chaux, ses centrales à béton, sa carrière de granulats et son centre de broyage (Voir Figure 2) :

FIGURE 2 : IMPLANTATION DES USINES LAFARGE AU MAROC

Lafarge Ciment de Bouskoura :

Ayant un chiffre d'affaires d'environ 467 millions de dirhams et une capacité de 3 millions de tonnes, l'usine de Bouskoura, l'organisme d'accueil est une pièce maîtresse du dispositif cimentier de Lafarge Maroc, puisqu'elle représente la cimenterie la plus importante du royaume en volume. Se trouvant à 35km au sud de Casablanca, l'usine de Bouskoura est dotée d'amples gisements de matières premières de qualité.

Lafarge Ciments de Bouskoura met à leur disposition les gammes de ciments gris et blancs, le CPA65, le CPJ55, le CPJ45, le CPJ35 et le CPJ55 prise mer dans la catégorie des ciments gris, il est à noter que tous les ciments de Lafarge Maroc sont conformes à la norme marocaine NM10.1.004 pour la fabrication du ciment. L'organigramme de l'usine de Bouskoura est présenté dans la (figure 3) comme suit:

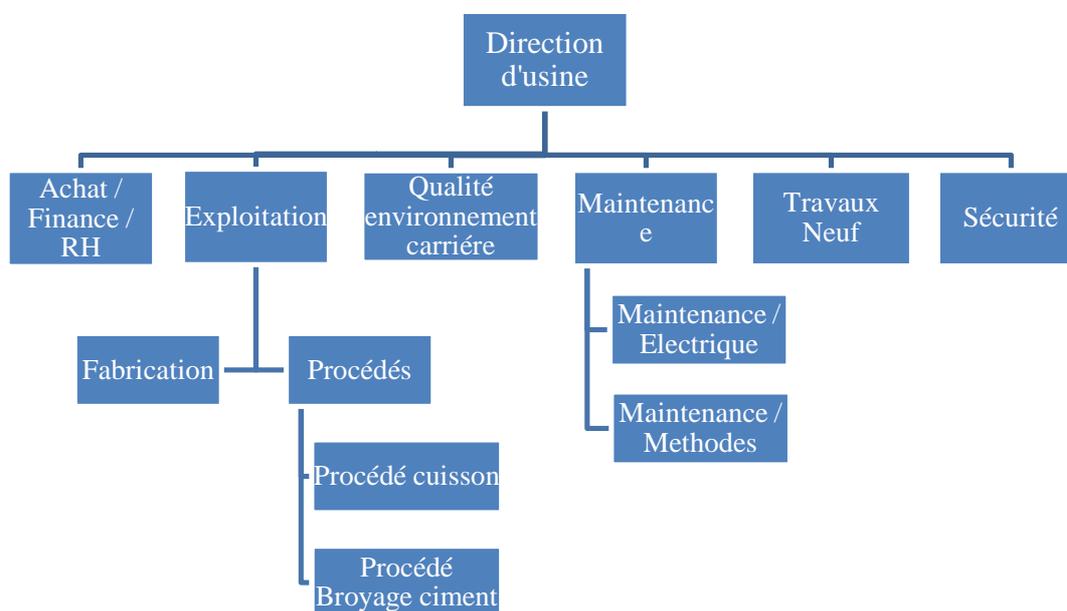


Figure 1 : Organigramme de L'usine de BOUSKOURA

Secteurs de Production :

Le groupe LAFARGE Maroc comprend quatre secteurs de base : ciments, plâtre, bétons, granulats qui sont illustré selon le diagramme ci-dessous (figure I.4).

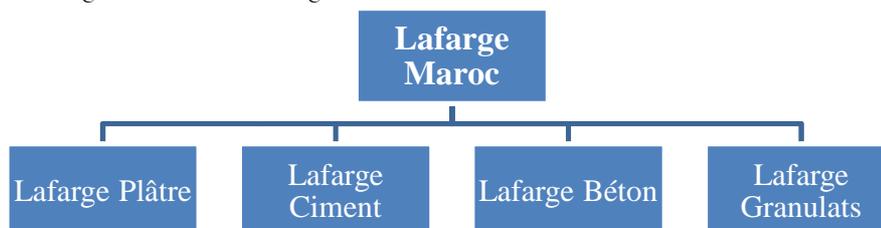


FIGURE 2 : ORGANIGRAMME DES SECTEURS DE PRODUCTION

Répartition du chiffre d'affaire par secteur :

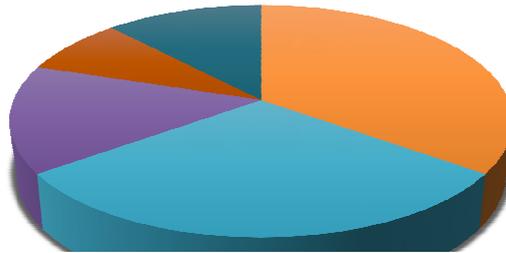


Figure 5 : Répartition du chiffre d'affaire par branche

■ Ciment 35% ■ Granulat et béton 30% ■ Toiture 15% ■ Plâtre 8% ■ Matériaux de Spécialité 12%

LA

REPARTITION DES CHIFFRES D'AFFAIRES PAR ACTIVITE EST REPRESENTEE COMME SUIT (FIGURE 5) :

- **Granulats, bétons** : Prêts à l'emploi, bétons préfabriqués pour les constructeurs d'ouvrages d'art, routes, bâtiments, etc...
- **Gamme de ciment et liants hydrauliques** : Adaptée au besoin du marché et de la construction et même des travaux publics, représente 35% du chiffre d'affaires du groupe, et avec 32238 collaborateurs.
- **Gamme de tuiles** : En béton et en terre cuite, accessoires de couverture systèmes de conduite de cheminées, représente 15% du chiffre d'affaires du groupe avec 12362 collaborateurs.
- **Système de plaque de plâtre à projeter**: au service du second œuvre du bâtiment, construction neuve voire rénovée, il représente 8% du chiffre d'affaires du groupe, avec 3661 collaborateurs.
- **Matériaux de spécialités** représentant 12% du chiffre d'affaires du Groupe avec 5155 collaborateur où ils prennent deux formes:
 - Produits minéraux pour l'industrie « aluminates, réfractaires et chaux ».
 - Produits formulés pour la construction « mortiers, adjuvants, peintures et applications routières.

Répartition des ventes dans les quatre cimenteries en 2013 :

LAFARGE MAROC représente 42% de production de ciment dans le marché marocain. Il est à signaler que le groupe LAFARGE donne de l'importance à L'usine de Bouskoura puisqu'elle représente 49% de la production au sein du groupe le graphe des répartitions du groupe est présente dans la (figure 6) comme suit :

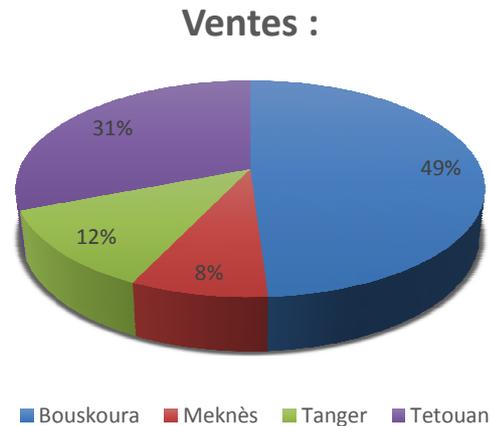


Figure 6 : Répartition des ventes pour l'année 2013

Fiche Technique :

- *RAISON SOCIALE* : Lafarge Ciment
- *FORME JURIDIQUE* : Société anonyme
- *CAPITAL* : 467.430.500 DHS
- *R.C* : 40779.
- *C.N.S.S* : 1098343.
- *T.V.A* : 620800
- *ADRESSE D'USINE* : 30 Km sud-ouest Casablanca ,13Km Bouskoura
- *TEL.* : 0522-33-45-72 / 0522-33-73-74
- *FAX* : 0522-33-45-750 / 0522-33-42-80
- *ACTIONNAIRES* :
 - ✓ Lafarge Maroc 68.2%
 - ✓ Caisse de dépôt et de gestion 9.6%
 - ✓ Banque nationale pour le développement économique 7.9 %
 - ✓ Banque Islamique de développement 5.4%
 - ✓ Caisse interprofessionnelle marocaine de retraite 3.6%

✓ Divers 5.3

- **ACTIVITE DE LA SOCIETE** : Fabrication et commercialisation du ciment.

Description de cycle de Production du Ciment :

Définition du Ciment PORTLAND :

Le ciment Portland est un liant hydraulique, qui gâché avec de l'eau, forme une pâte, fait prise et durcit. Après la prise, cette pâte conserve, même sous l'eau, sa résistance et sa stabilité. Ciment est obtenu après traitement thermique à 1450°C d'un mélange d'argiles et de calcaires. Le produit obtenu après Cuisson est appelé clinker auquel on rajoute du gypse et d'éventuels minéraux complémentaires pour constituer le ciment.

Catégories de ciment produit par LAFARGE Ciment Bouskoura :

L'usine de LAFARGE Ciment Bouskoura produit plusieurs catégories de ciments : CPJ 35, CPJ 45, CPJ 55, CPA 65, CPJ 55 PM (PM=Prise mer, c'est un ciment riche en cendres volantes utilisées près de la mer), CPJ blanc 45 (Les matières premières utilisées sont des calcaires blancs, et des argiles blanches).

Les étapes de fabrication du ciment :

Carrière :

LAFARGE ciments Bouskoura exploite une carrière qui fournit deux matières premières : le calcaire et le schiste. L'extraction de ces roches se fait par abattage à l'explosif. Il consiste à fragmenter le massif exploité à l'aide d'explosifs (voir figure 7) :



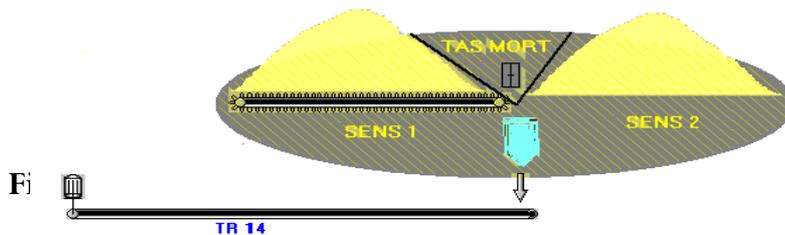
FIGURE 7 : EXTRACTION ET TRANSPORT DE LA MATIERE PREMIERE

Concassage :

C'est une opération qui consiste à réduire la granulométrie comme présente (la figure 8) de la matière première en fragments de faibles dimensions (25 à 40 mm). Elle assure également un certain mélange des matières premières arrivant de la carrière (calcaire et schiste).



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. Voir (figure 9) :



Broyage cru :

Les matières premières doivent être finement broyées pour faciliter les réactions chimiques au cours de la cuisson dans le four (voir figure 10) :

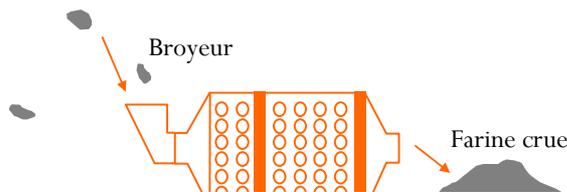
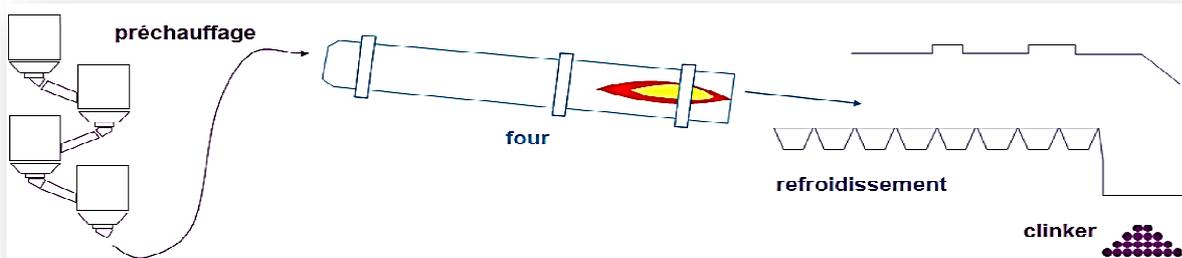


Figure 10 : Broyeur cru

La matière passe donc par les doseurs qui alimentent le broyeur sécheur. La fonction de séchage est nécessaire pour diminuer le taux d'humidité de la matière. En plus du séchage et de la fragmentation, le broyeur assure le mélange des différents minerais apportés par les matières premières et les ajouts de correction en faibles proportions.

Homogénéisation :



A 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. L'opération d'homogénéisation complète le processus de pré homogénéisation, elle permet d'obtenir un produit de caractéristiques chimiques uniformes qui permettent la fabrication d'un clinker de qualité constante.

Ligne de cuisson :

La ligne de cuisson est constituée de une tour à cyclones, un four rotatif et un refroidisseur voir la ligne complète sur la (figure 11) :

Tour à cyclones :

La tour à cyclones est un échangeur de chaleur à voie sèche constituée de cinq étages. Elle permet d'effectuer un échange thermique à contre-courant entre les gaz chauds (1050°C) sortant du four et la farine froide (70 à 80°C). Les gaz parcourent l'édifice de bas en haut alors que la matière le parcourt en sens inverse. Comme indique la (figure 12) :

Figure 11 : Ligne de cuisson

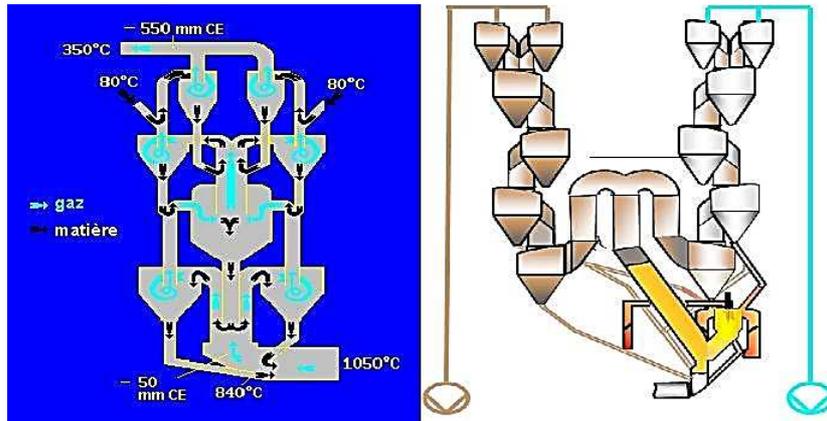


FIGURE 12 : TOUR DE PRECHAUFFAGE

Four rotatif :

Le four rotatif est l'élément principal de l'installation de fabrication du ciment, il est constitué par une virole en acier et protégée par un revêtement intérieur en matériaux réfractaires, C'est une grande enceinte circulaire rotative dans laquelle on injecte le combustible sous pression pour produire une flamme. C'est un échangeur de chaleur à contre-courant dans lequel la flamme et les gaz récupérés du refroidisseur cèdent leur chaleur à la farine qui arrive en sens inverse, la cuisson consiste donc à transformer la farine contenant essentiellement 64% de chaux CaO qui provient de la décarbonatation de CaCO₃, 22% de silice SiO₂, 6% d'alumine AL₂O₃ et 3% d'oxyde ferrique Fe₂O₃, la (figure 13) suivante présente le schéma du four :

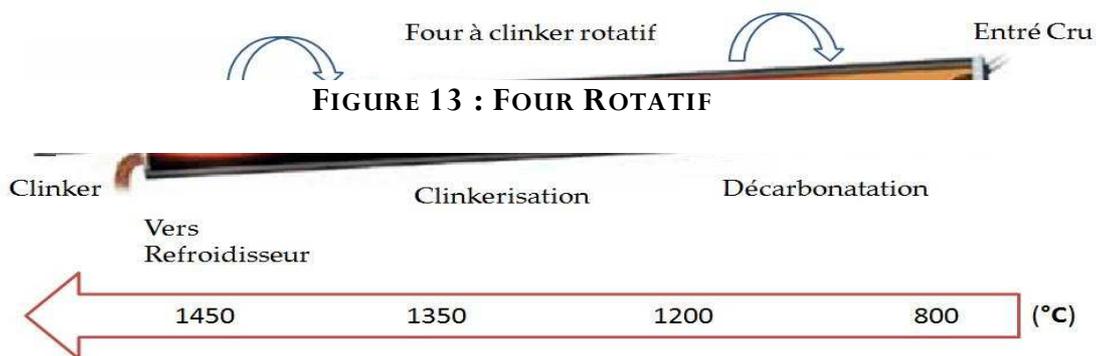
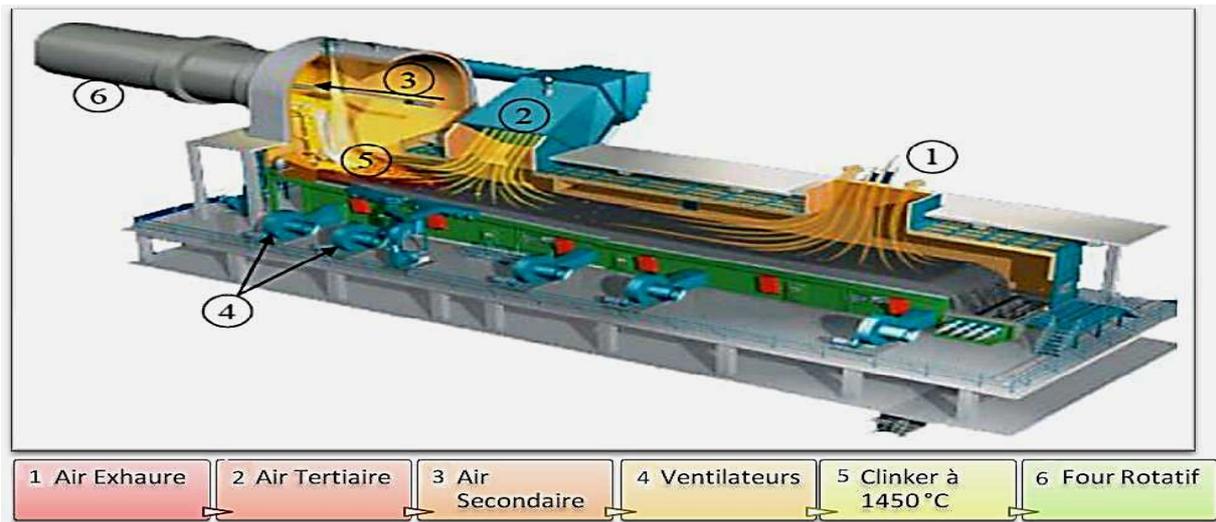


FIGURE 13 : FOUR ROTATIF

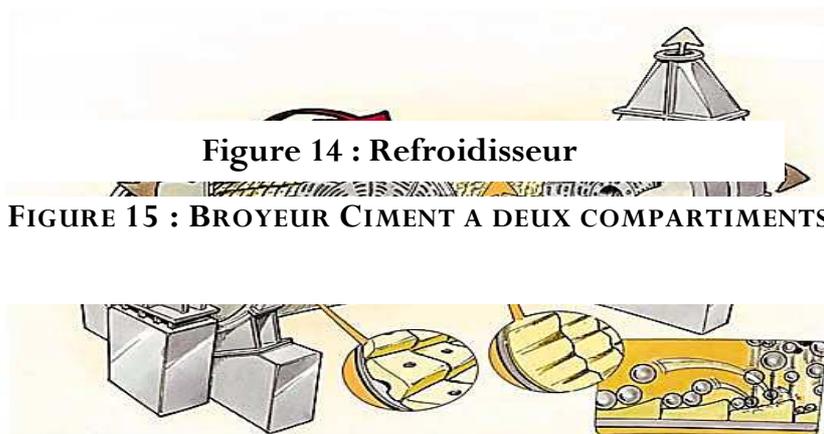
Refroidisseur :

Il est situé à l'aval du four, c'est un refroidisseur à grilles horizontales, il permet de récupérer la plus grande partie de la chaleur contenue dans le clinker à sa sortie du four dans le but d'économie. D'autre part, en refroidissant rapidement le clinker, il a une action non négligeable sur la qualité de celui-ci. Le refroidissement est assuré par onze ventilateurs. L'air produit par ces ventilateurs est insufflé sous les grilles par des chambres de soufflage voir (figure 14) :



Broyage ciment :

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. Comme présente la (figure 15) :



Ensachage et expédition :

A la sortie du broyeur, le ciment est orienté vers les silos de stockage et de livraison. Trois silos pour la CPJ35, trois pour la CPJ45 et un silo pour la CPA55.

Le transport s'effectue à l'aide d'un convoyeur pneumatique par des pompes Fuller. La livraison du ciment s'effectue soit en sacs, soit en vrac voir (figure 16) :

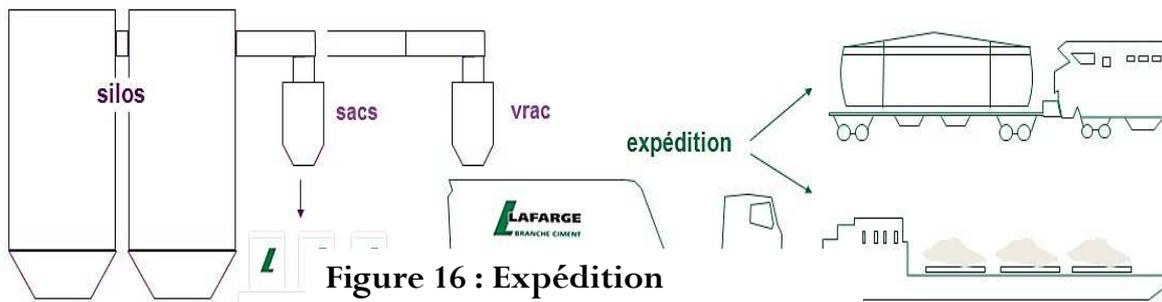


Figure 16 : Expédition

CHAPITRE II :

Présentation de l'atelier

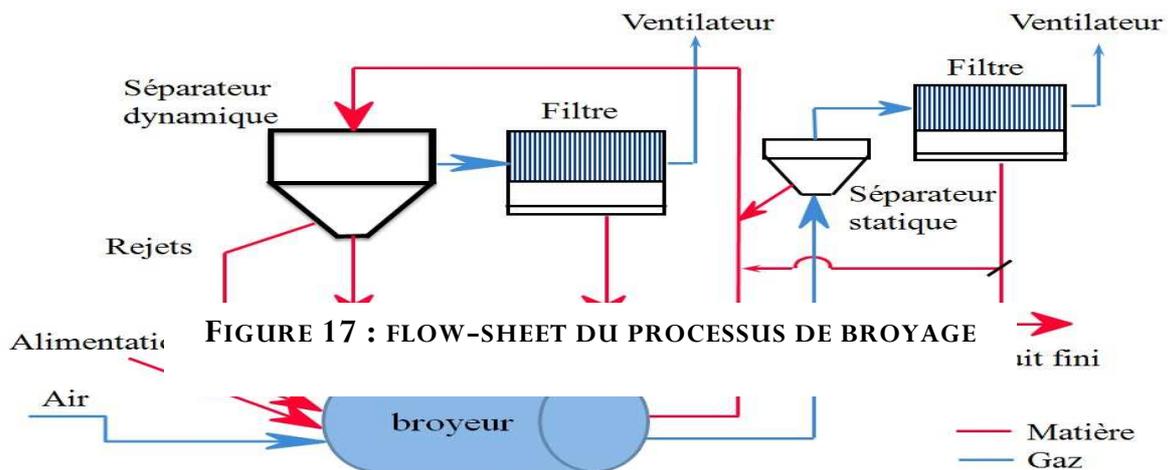
Bk4

Introduction :

Ce chapitre permet d'avoir une approche générale de l'atelier de travail. Il nous permettra d'étudier de près tous les composants du broyeur BK4 et d'en examiner le process de fonctionnement, afin d'identifier les éléments qui seront utiles dans la suite de mon projet.

Présentation de l'atelier BK4 :

L'atelier BK4 est schématisé dans le flow-sheet suivant :



L'atelier de broyage BK4 dans lequel s'effectue la phase du « broyage cuit » se situe à la fin de la ligne de production du ciment. Mon étude se focalisera sur le filtre à manches du broyeur. Dans l'atelier de broyage du ciment BK4, on trouve quatre fonctions principales :

❖ La fonction Transport :

Les différents moyens qui assure le transport et la manutention des produits comme :

- les Elévateurs,
- les Trémies,
- les Doseurs,
- les Transporteurs,
- les Aéroglisseurs,
- la Pompe de transfert

❖ La fonction de broyage :

L'opération de broyage s'effectue dans un broyeur à boulet. Après avoir obtenu le clinker, ce dernier doit être finement broyé avec addition du gypse et d'autres ajouts pour donner un ciment aux propriétés hydrauliques actives.

Les broyeurs à boulets, dispositifs cylindriques chargés de boulets d'acier et mis en rotation. Le broyeur à boulets est divisé en deux compartiments recouverts de plaques de blindage en acier, le premier étant moins long que le deuxième.

❖ La fonction de ventilation :

La ventilation au niveau du broyeur ciment a des objectifs bien précis, En premier lieu la ventilation est indispensable à l'enlèvement des particules suffisamment fines car elles encombrant et stagnent dans le broyeur et constituent ainsi un « matelas » qui limite l'efficacité du broyage, il en résultera une surconsommation de puissance, un risque de bourrage entraînant une diminution du débit et une production de sur fines. Elle a pour rôle aussi de refroidir le ciment car il ne faut jamais dépasser 110°C à la sortie du Broyeur.

❖ La fonction de séparation :

Etape de sélection où les fines particules ayant la finesse requise sont envoyées au produit fini et les grosses particules retournent au broyeur, pour l'unité du broyage du ciment, on a deux types des séparateurs, séparateur statique et séparateur dynamique (3^{er} génération).

Description et fonctionnement des équipements de l'atelier de broyage

BK4 :

Le broyeur à boulets à deux compartiments :

Le clinker en entrée, est broyé dans le premier compartiment, où des boulets en acier de tailles échelonnées sont utilisés comme corps bruyants. Le deuxième compartiment assure le broyage fin à l'aide de boulets plus petits.

La figure suivante présente le schéma du broyeur :

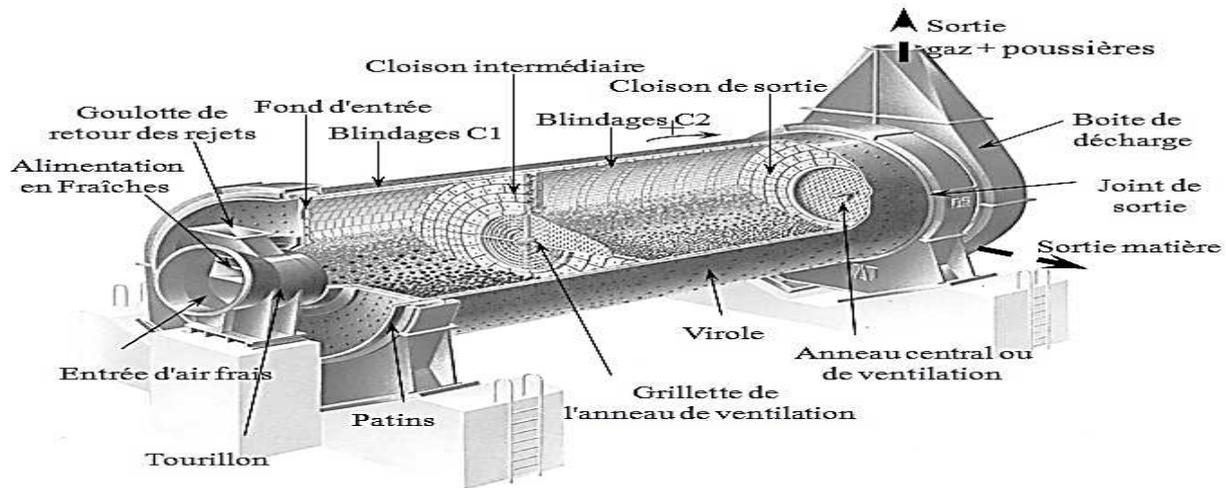
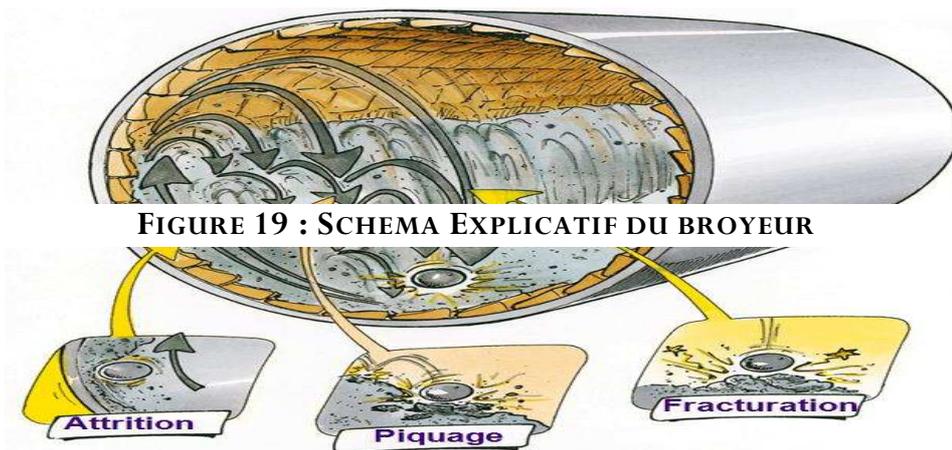


Figure 18 : schéma simplifié du broyeur

Les modes de réduction de matière :

Dans le broyeur à boulets, les trois modes de réduction de matière sont la Fracture, Piquage et l'attrition (frottement) sont plus ou moins mis en jeu selon la vitesse de rotation utilisée. Il existe plusieurs états de broyage selon la vitesse de rotation. Parmi eux, si la vitesse est faible, un état de glissement de la matière donne lieu à un broyage par attrition. Lorsque la vitesse est trop importante. Voir la figure 19 :



Séparateur statique :

La matière est triée dans le séparateur statique, grâce au flux d'air provenant par le bas de celui-ci. Appelé statique parce qu'il n'y a aucune pièce mobile. Ce séparateur permet de séparer la matière contenue dans les gaz par action cyclonique commandée par des ailettes du guidage. Le flux d'air chargé de poussière, est soulevé entre la sortie du flux gazeux et le cône interne jusqu'à la plaque de couverture du cyclone. Le flux est alors amené dans le cône interne par les ailettes de guidage de l'anneau qui met le flux en rotation.

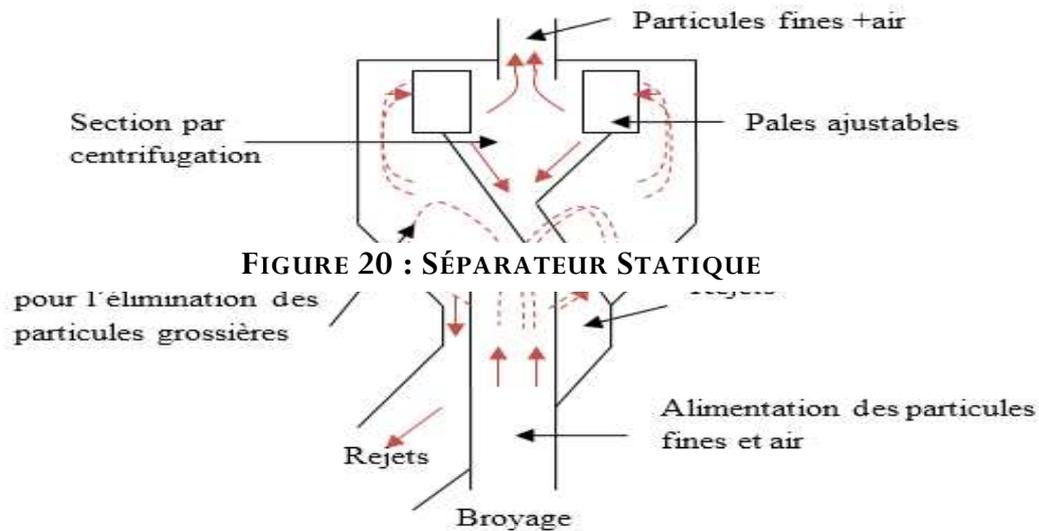


FIGURE 20 : SÉPARATEUR STATIQUE

Séparateur dynamique :

La présence d'un séparateur dynamique à air (cyclone) des particules fines va permettre d'obtenir moins de ciment sur broyé, nécessite moins d'énergie, présente une bonne ventilation et évite par conséquent le phénomène de fausse prise, assure une bonne régularité du produit finis avec haute finesse.

Le séparateur dynamique le plus utilisées est dit de 3ème génération, La matière alimentée est amenée vers le séparateur par le haut. Par la goulotte d'alimentation, la matière est distribuée sur le plateau de distribution (en haut de la cage) et tombe ensuite dans l'espace entre la cage et ses ouïes d'admission des gaz en formant un rideau de matière. La volute de soufflage avec ses pales réglables permette un flux d'air constant tout autour de la cage qui va transporter les particules les plus fins à travers la cage en rotation.

Les particules les plus grossières qui opposent une plus grande inertie tomberont dans une trajectoire en spirale dans le cône des rejets. Le produit fini ou la matière fine est alors séparée dans un filtre de dépoussiérage séparé. Le débit d'air nécessaire à la séparation est généré par un ventilateur de recyclage.

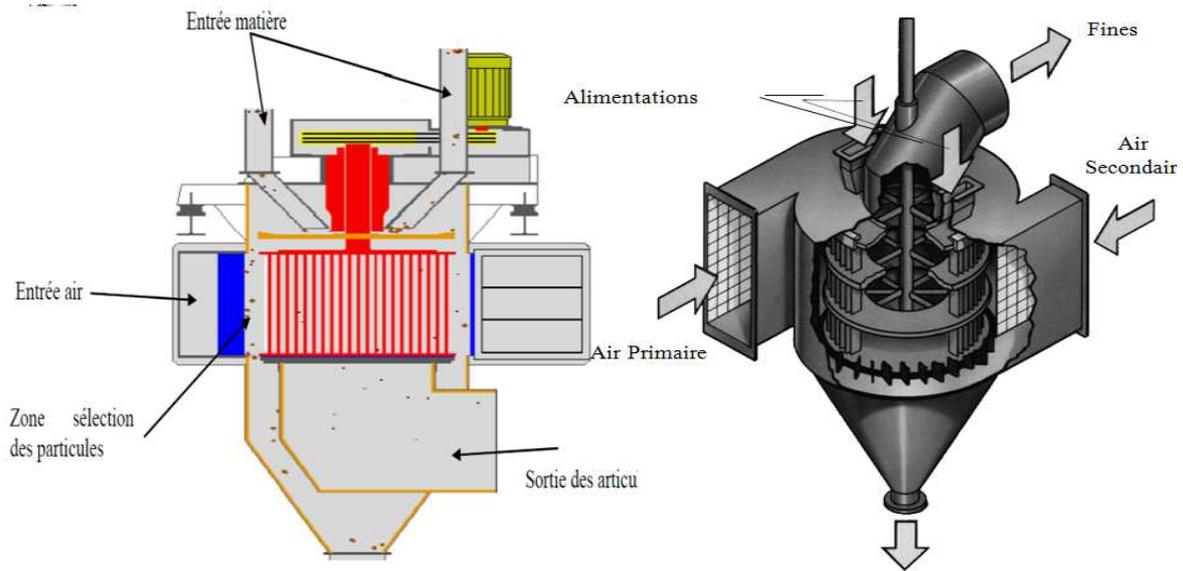


Figure 21 : Séparateur dynamique

Les doseurs :

Les doseurs sont des équipements d'alimentation pondéraux de la matière. Celle-ci est transportée sur une bande dont la vitesse est ajustée automatiquement pour obtenir un débit de matière correspondant à la valeur de consigne de la salle de contrôle.

Filtres à manches :

Ils ont pour fonction le dépoussiérage des gaz, Ils sont utilisés pour toutes les sources de poussières, et permettent de récupérer une quantité importante de la matière à partir des gaz empoussiérés évacués, Situés en amont des séparateurs statique et dynamique, ces filtres, dit respectivement filtre broyeur et filtre séparateur, d'une capacité de 6500m². Ils sont repartis en deux compartiments comportant chacun des manches.



Les gaz sont soit acheminés vers l'environnement extérieur, soit recyclés vers l'entrée du séparateur dynamique dans le cas du filtre séparateur. Quant aux poussières, elles peuvent être renvoyées soit au produit fini soit au pied de la boîte de sortie du broyeur, je signale que cet élément est la base de mon sujet (Chapitre 3).

A decorative orange scroll graphic with a gradient from light to dark orange. It has a vertical strip on the left side and a horizontal strip on the right side, both with rounded ends. The text is centered on the horizontal strip.

CHAPITRE III :

Description du contexte de travail

Cahier des charges :

Introduction

Ce stage est effectué à Lafarge usine de Bouskoura au sein du service électrique. L'un des objectifs visés consiste à identifier le séquenceur numérique également le filtre à poussière. Ce séquenceur conduit à assurer une fonction bien définie pour la commande du filtre de poussière. Bien que le séquenceur apporte certains avantages, il présente quand même quelques inconvénients, pour cela une solution doit être proposée afin de remédier à ces problèmes. Celle-ci consiste à remplacer la solution existante par un automate programmable.

Dans ce chapitre, après avoir précisé les motivations et restituer le contexte, la problématique et l'objectif du stage sont décrits.

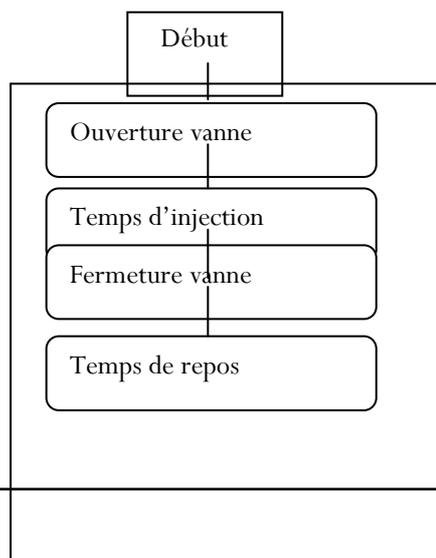
Motivation

Pour mettre en œuvre une solution automatisée qui assure le même fonctionnement que celle existante, on va identifier dans la première partie la situation existante du séquenceur numérique. Ce dernier se caractérise par son coût très élevé, une sensibilité aux parasites, en plus son programme n'est pas accessible. Suite à ces inconvénients, on propose de remplacer la solution existante par une autre à base d'un automate programmable.

Description détaillé du sujet

❖ Avis général

Le sujet de mon PFE sert à identifier le fonctionnement d'un séquenceur qui organise les tâches de filtrage de poussière, ce dernier qui permet la commande et le contrôle de poussière. L'organigramme suivant est une représentation schématique simplifiée qui explique le fonctionnement du filtre.



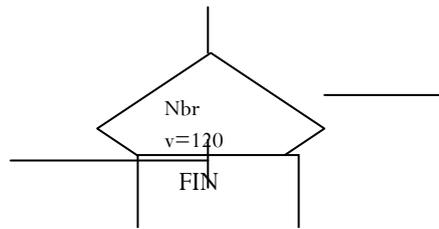


Figure 22 : Organigramme du fonctionnement du filtre

Présentation du filtre à manches

Filtres à manches

C'est l'un des équipements les plus nécessaires et essentiels, il est indispensable pendant la fabrication du ciment, cela est dû au rôle important qu'il joue, car il aspire toutes les atomes et air pollué dégagé lors du vidange grâce à son énorme ventilateur du tirage et à sa paroi dont se compose les lignes de manches. Le principe de fonctionnement se base sur la présence d'air comprimé.

Description des composants du filtre :

Composé des lignes de manches dit en fibres de verres fixées dans un caisson soudé et boulonné. L'air ou le gaz poussiéreux traverse les manches filtrantes de l'extérieur à l'intérieur, la poussière est retenue sur les faces extérieures des manches et le nettoyage de cette dernière se fait par un séquenceur qui donne le top de marche (venant de la salle de contrôle) pour chaque électrovannes et soufflant à contre courant.



Figure 23 : Filtre à manches

Les équipements nécessaires sont indiqués dans la Figure et cités comme suit :

(1): Boîte pilote d'électrovannes (2) : réservoir d'air comprimé (bonbonnes) (3) : pneumevanne (4) : séquenceur (5) : cellule (6) : cheminé (7) : manche filtrante.

Le filtre étudié est composé de 12 bonbonnes, chaque bonbonne comporte 10 vannes ces dernières sont liées à leur propre pressostat qui délivre une pression stable de 6 bar. Ce qui nous donne 120 vannes avec le nombre de vannes est égale au nombre de sorties du système.

Description du fonctionnement du filtre

Le système de dépoussiérage fonctionne en deux phases :

- **Phase de nettoyage :**
 - **Partie A :** (filtration)

Le mélange gazeux chargé en poussières est introduit dans la gaine en dessous de l'extrémité inférieure des manches, le flux des gaz à épurer monte depuis la partie caisson d'air propre et la filtration s'opère lors de son passage à travers le feutre des manches, de l'extérieur vers l'intérieur.

- **Partie B :** (nettoyage du sac)

Les électrovannes pilotes des vannes pneumatiques à membrane qui sont excitées successivement et permettent l'injection d'un volume d'air comprimé passant par des éléments filtrants, à travers du venturi, grâce à cette injection les manches sont rincées.

- **Phase de récupération :**

Après la phase du nettoyage il y a une phase de récupération de la matière et dégagement du gaz poussiéreux pour cela le système de dépoussiérage est muni des équipements suivant :

- Ventilateur de tirage de la poussière.
- Trois tuyaux acheminent la poussière dont chacun se situe dans l'un des trois compartiments de vidange de la matière.
- Deux moteurs sas pour assurer la vidange dans un seul sens.

Applications du filtre à manches

Le filtre à manches proposé peut être utilisé pour traiter efficacement la plupart des types de poussières. Les avantages du filtre sont nombreux :

- L'air ambiant est plus propre au poste de travail.
- L'efficacité des machines et des appareils augmente.
- L'usure des machines ainsi que les arrêts de production diminuent.
- Le personnel se sent mieux, et la productivité s'améliore.
- Les marchandises restent propres et plus attractives sur le plan visuel.

Les électrovannes :

Description de l'électrovanne :

Une électrovanne est un dispositif commandé électriquement permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique, la circulation d'un fluide ou d'un gaz dans un circuit.

Il existe deux types d'électrovannes : "tout ou rien" et "proportionnelle". Les "tout ou rien" sont soit ouvertes soit fermées.

Les électrovannes proportionnelle sont plus ou moins passantes en fonction de la tension qu'on leurs applique.

Il existe 2 autres catégories d'électrovannes : les électrovannes directes" et les " électrovannes à membranes ou à piston ".

Dans le secteur domestique, elles sont le plus fréquemment utilisées sur les lave-linge et lave-vaisselle.

Dans le secteur industriel, on les retrouve sur les groupes froids, les climatisations, les compresseurs.



Figure 24 : Les électrovannes du filtre

Constituants de l'électrovanne :

- Un corps qui permet le raccordement des conduits.
- Une cloche qui contient les éléments de sectionnement.
- Un piston ou membrane qui est l'élément moteur du système.
- Un clapet qui assiste le piston pour l'ouverture ou la fermeture.
- Un électroaimant (avec sa bobine) qui assure la manœuvre du clapet.

Principe de fonctionnement d'une électrovanne assisté :

Pour fonctionner, une électrovanne doit recevoir une pression amont supérieure à 0 bar, cette pression va permettre au piston ou membrane de se mouvoir, la pression passe par dessus la membrane par un petit orifice et colle le piston sur le passage de la sortie, un ressort exerce la poussée du piston. La surface du piston étant supérieure dessus qu'en dessous le piston obstrue.

Pour changer l'état de l'électrovanne, l'électroaimant est alimenté et ouvre un passage via le clapet, créant ainsi une baisse de pression sur le dessus du piston qui naturellement s'ouvre pour laisser le passage au fluide ou au gaz.

Présentation de la solution existante (séquenceur numérique) :

Généralité sur le séquenceur SFX+ :

Le SFX+ est un séquenceur compact et modulaire dédié au décolmatage, au contrôle et surveillance du process de filtration/dépoussiérage.

Le SFX+ intègre d'origine le programme fonctionnel. Seuls les paramètres d'utilisation sont accessibles et réglables par l'utilisateur.

Le séquenceur de base est la partie intelligente du système, il permet de lire le programme et de contrôler la séquence des vannes à membranes dans le filtre de poussière. Il utilise la technologie microprocesseur, dont le

fonctionnement est facile, clair avec des consignes précises. Tous les séquenceurs sont préréglés, le temps d'impulsion est réglé à 0.3s, et le temps de repos à 10s ce temps peut être modifié seulement par des directives du fournisseur.



Figure 25 : Le Séquenceur Sefram SFX+



Fonctionnement et composants du séquenceur étudié :

Dans notre cas, puisque le programme du séquenceur étudié n'est pas accessible, le SFX+ a pour fonction de contrôler et surveiller le processus de filtration/dépoussiérage. Le filtre est composé d'une commande d'électrovannes, pour fixer le temps d'ouverture de

vanne (temps d'injection TI) et le temps de fermeture (temps de repos TR) d'une façon cyclique sur toutes les vannes, la salle de contrôle autorise un ordre de marche normal ou bien accéléré, pour éloigner tous risques que les manches ne soient colmatées (il y a un système de pression d'air qui assure le nettoyage des manches de la poussière). L'indication du bon fonctionnement est conçue par des diodes lumineuses (LED), un système d'alarme (signal sonore) se trouvant dans la salle de contrôle. D'où on déduit que notre système se compose de deux entrées ordre de marche OM1 (normal) et OM2 (accéléré), 120 sorties d'électrovannes plus 2 sorties : défaut général, et retour marche.

Le défaut général qu'on peut trouver parfois dans le séquenceur c'est le défaut mini pression : Les bonbonnes d'air comprimé associées aux cellules constituant le filtre sont équipées d'un pressostat et sur l'arrivée d'air comprimé, un seuil mini pression est vérifié en permanence par le SFX+, si la pression d'air comprimé passe en dessous de ce seuil le SFX+ génère un défaut mini pression.

Problématiques de la solution existante :

L'ancien séquenceur numérique est de type Sefram SFX+ est utilisé pour assurer le nettoyage du filtre, mais il a quand même quelques inconvénients qui sont :

- Limite le nombre de vannes à filtrer.
- L'inexistence des composants.
- Difficultés de dépannage, complexité et ambiguïté (programme non accessible).
- Coût armoire coûte environ 400 000 milles dirhams.

Pour remédier aux problèmes et aux inconvénients déjà annoncés du séquenceur utilisé, les personnels de l'unité ont choisi de remplacer le séquenceur de type Sefram SFX+ par un automate programmable pour plusieurs raisons. La nouvelle solution présente plusieurs avantages, on va les citer en détails par la suite.

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, j'ai présenté dans un premier temps mes motivations, de même j'ai décrit en détails le cahier de charge de mon PFE et la problématique a été posée. Pour remédier aux problèmes provoqués par le fonctionnement existant, j'ai proposé une nouvelle solution qui est basée sur l'utilisation d'un automate programmable industrielle (voir chapitre 4).

CHAPITRE IV :

Automatisation du filtre à manches

Introduction :

Ce chapitre est consacré en premier lieu à donner les Grafquets qui définissent le programme du séquenceur, puis à présenter l'API en général et spécialement l'automate siemens s7-300, ainsi que le logiciel de programmation TIA portal V11 (Step 7) qui est utilisé essentiellement pour réaliser notre programme de base avec une programmation en langage LADDER(Voir Annexe C).

Grafquets de fonctionnement du séquenceur :

Au départ le séquenceur permet la mise en marche des vannes, à travers un ordre de marche qui est contrôlé par mode à distance (centrale) depuis la salle de contrôle, il actionne de façon cyclique une vanne après l'autre. Les vannes sont commandées par trois paramètres, le premier est un temporisateur de temps d'injection, le deuxième est un temporisateur de temps du repos et le dernier pour l'ordre de marche.

- Le schéma pré est un Grafcet Marche/Arrêt du Séquenceur (la mémoire du système).

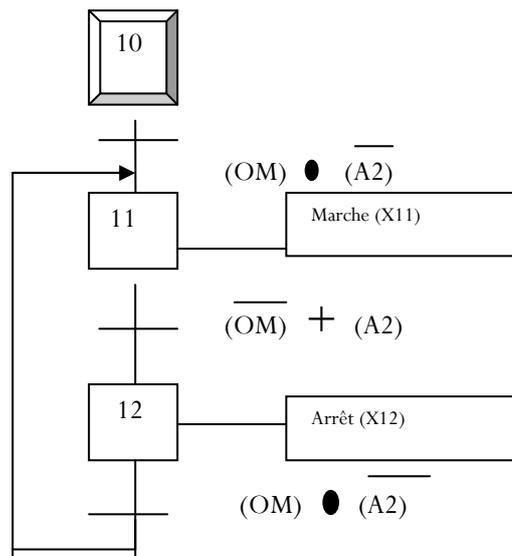
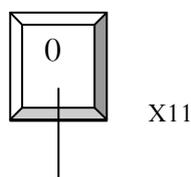


Figure 26 : Grafcet Marche/Arrêt

- Grafcet expliquant le cycle des vannes :



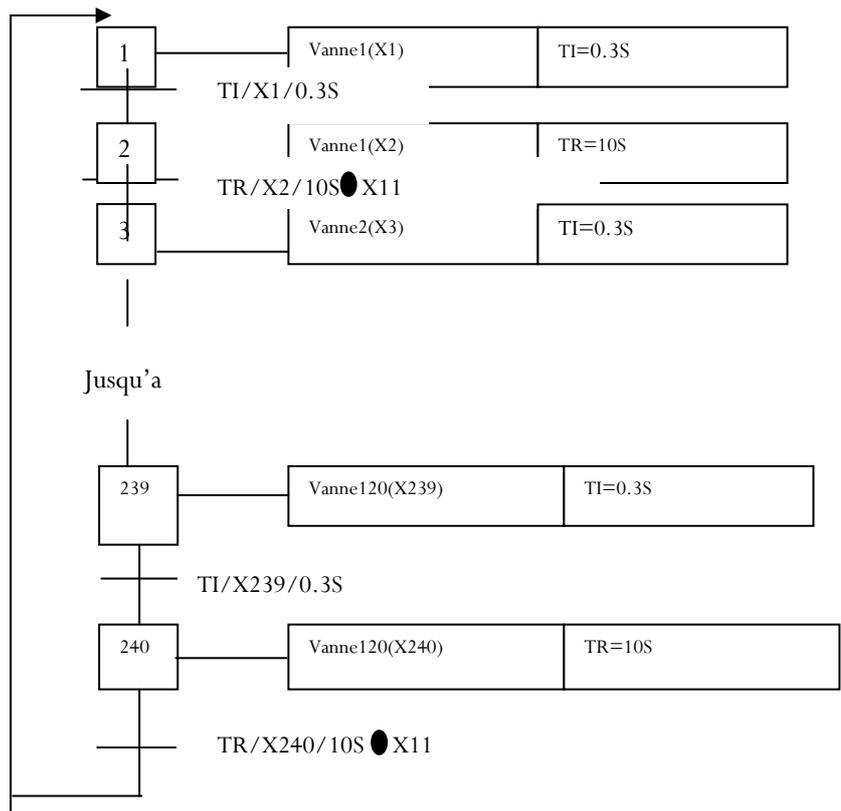


Figure 27 : Grafcet Vannes du filtre

- Voilà ci-pré le Tableau des abréviations des Grafquets :

Abréviations	Signification
OM	Ordre de marche c'est l'entrée du système.
A2	Defaut pression (sortie) elle a comme entrée une Pressostat.
A2	Non Defaut pression
TI	Temps d'injection (Temporisateur).

TR	Temps de repos(Temporisateur).
X11	Marche du système.
X12	Arrêt du système.
X1	Vanne 1 c'est la sortie du système.

Tableau 1 : Abréviations des Grafjets

Explication : on voit bien que lorsque le système est en état marche, les vannes fonctionnent de façon cyclique les unes après les autres en respectant le temps d'injection (0.3s), le temps de repos (10s), l'ordre de marche, et le non Default pression.

Le Grafjet Marche/Arrêt commande le Grafjet des Vannes de cette façon : si on a (ordre de marche et le non défaut de pression) le cycle se fait de façon normal, par contre si il n'y'a plus (d'ordre de marche ou le défaut de pression se détecte), le cycle s'arrête et reprend à nouveau avec un ordre de marche sans défaut activant la vanne suivante. Donc le Grafjet Marche/Arrêt est forcément le Grafjet mémoire du fonctionnement des vannes.

Présentation de la solution proposée : automate programmable :

L'historique de l'API :

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.

Avant : utilisation de relais électromagnétiques et de systèmes pneumatiques pour la réalisation des parties commandes ⇒ logique câblé

Inconvénients : cher, pas de flexibilité, pas de communication possible

Solution : utilisation de systèmes à base de microprocesseurs permettant une modification aisée des systèmes automatisés ⇒ logique programmée

Les ordinateurs de l'époque étant chers et non adaptés aux contraintes du monde industriel, les automates devaient permettre de répondre aux attentes de l'industrie.

Définition de l'API :

Un Automate Programmable Industriel (**API**) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés industriels.

Un **automate programmable** est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

Il est en général manipulé par un personnel électromécanicien. Le développement de L'industrie à entraîner une augmentation constante des fonctions électroniques présentes dans un automatisme c'est pour ça que l'API s'est substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse dans la mise en œuvre, mais aussi parce que les coûts de câblage et de maintenance devenaient trop élevés. Pour plus d'informations (voir Annexe A).

Pourquoi l'automatisation ? :

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par :

- Accroître la productivité (rentabilité, compétitivité) du système
- Améliorer la flexibilité de production
- Améliorer la qualité du produit
- Adaptation à des contextes particuliers tel que les environnements hostiles pour l'homme (milieu toxique, dangereux, nucléaire...), adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...),
- Augmenter la sécurité, etc...

Critère du choix de l'API :

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ. Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériaux et une trop grande diversité des matériaux peut avoir de graves répercussions. Il faut ensuite quantifier les besoins :

* **Nombre E/S :** le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre E/S nécessaires devient élevé.

* **Type de processeur :** la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.

* **Fonctions ou modules spéciaux :** certaines cartes permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).

* **Fonctions de communication :** l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).

Lafarge a opté pour l'automate S7-300 essentiellement pour les problèmes rencontrés par le séquenceur et aussi bien pour d'autres raisons.

Tableau des caractéristiques techniques des automates :

Automate	S7-300	S7-200	Zelio Schneider
Caractéristiques Techniques	<ul style="list-style-type: none"> -24 CPU standards: avec interface Ethernet/PROFINET intégrée. -CPU compactes avec fonctions technologiques et périphéries intégrées. -Modules d'E/S TOR et analogiques pour la quasi-totalité des signaux avec possibilité de traitement des interruptions et du diagnostic. -Simplicité de montage et sa grande densité d'implantation avec des modules au modulo 32 permettent un gain de place appréciable dans les armoires électriques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les configurations du SIMATIC S7-200 sont de faible encombrement et modulaires avec 5 Unités Centrales et différents modules d'extension. -Des extensions spécifiques permettent la mise en réseau sur PROFIBUS, AS-i, Ethernet/Internet, modem et la commande de positionnement des moteurs. - Les ports de communication assurent la mise en réseau d'éléments extérieurs pour la conduite et la supervision. 	<ul style="list-style-type: none"> -Les modules logiques Zelio logic sont destinés à la réalisation des petits équipements d'automatismes. - Gamme compacte SR2 : 3 modèles monoblocs de 10, 12,20 E/S disponibles en versions avec ou sans afficheur et touches. -Gamme modulaire SR3 : 2 bases de 10 ou 26 E/S extensibles jusqu'à 40 E/S.

Tableau 2 : Caractéristiques techniques de l'automate

les automates s7-300 et s7-200 n'ont pas une grande différence au niveau des caractéristiques techniques, par contre Zelio Schneider a des E/S limité, chose qui ne convient pas pour automatiser le travail à faire, pour cela on a opté pour le s7-300 à cause de sa haute extensibilité qui lui offre un outil de programmation évolué et sa capacité importante pour traiter un grand nombre d'E/S, aussi bien à cause des caractéristiques économiques que j'ai reçu de la part des fournisseurs Siemens (Devis du matériels avec lesquels on va programmer).(Voir ANNEXE A).

L'automate programmable industrielle S7-300 :

Le S7-300 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 S7-300 trouve son application dans tous les secteurs tels que les industries automobiles, papetières, agro alimentaires, chimiques et pétrolières, traitement des eaux et des déchets et bien d'autres encore.

Avantages :

Très simple installation, économique en coûts d'ingénierie, modulaire, le S7-300 brille dans plusieurs domaines :

- **Modularité** : le bus du fond de panier performant et les interfaces intégrables sur la CPU permettent une exploitation de nombreuses lignes de communication.
- **Constitution** : le S7-300 peut être configuré sans règles de placement par simple adjonction de modules. Il peut également fonctionner sans ventilation et permet le changement de modules d'E/S sous tension.
- **Gamme de CPU** : Couvre toutes les gammes de performance.
- **Diagnostic** : le système contrôle en permanence le bon fonctionnement du système.
- **Multitraitement** : l'exploitation simultanée de plusieurs CPU permet de fractionner les tâches par spécialité ainsi que le traitement prioritaire des tâches à temps critique. Les fonctionnalités et tous les avantages de l'API S7-300 nous a permis de choisir sans hésitation l'automatisation avec ce dernier.

Caractéristiques techniques :

- Unités Central (CPU) de capacités différentes avec E/S intégrée
- Modules d'alimentation PS (Power supply), pour la conversion des tensions réseaux alternatives ou continues en tension 5V ou 24V.
- Modules de signaux SM pour entrées et sorties numériques et analogiques.
- Modules de fonctions FM assurent des fonctions de positionnement, régulation et comptage.
- Les modules CP (port de communication) permettent de raccorder une CPU aux différents réseaux.

Normes de communication :

Différents réseaux sont proposés en fonction des exigences de la communication industrielle ; ils sont listés ci après par niveau de performance croissant :

- MPI
- PROFIBUS
- Industriel Ethernet

***MPI :**

Le réseau MPI (Multi Point Interface) est utilisé pour les interconnexions de faible étendue aux niveaux terrain et cellule. Il ne peut cependant être utilisé qu'avec les automates SIMATIC S7. Celle ci a été conçue comme interface de programmation, elle atteint rapidement ses limites lorsque les exigences de la communication sont sévères.

***PROFIBUS :**

Le réseau PROFIBUS (Process Field Bus) est un réseau conçu pour les niveaux cellule et terrain. C'est un système de communication ouvert (non propriétaire), il est utilisé pour transmettre des volumes de données petits et moyens entre un nombre restreint de correspondants, ce type de communication est caractérisé par un échange de données cycliques rapides.

***Industriel Ethernet :**

Industriel Ethernet est un réseau pour les niveaux cellule et supervision, il permet l'échange de grandes quantités de données sur de longues distances entre un grand nombre de stations. Il est le réseau le plus puissant pour la communication industrielle, il nécessite peu de manipulations de configuration et aisément extensible.

Présentation du logiciel Tia Portal version11(Step7) :

Définition du logiciel :

La plate-forme Siemens TIA (Totally Integrated Automation) Portal est la dernière évolution des logiciels de programmation Siemens. Cette plate-forme regroupe dans un seul logiciel la programmation des différents dispositifs d'une installation. On peut donc avec ce logiciel, programmer et configurer, en plus de l'automate, les dispositifs HMI, les variateurs, etc.

Applications:

- Programmation API : Configuration et programmation des contrôleurs SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400, WinAC pour contrôleurs basés sur PC.
- Configuration des appareils et du réseau pour tous les composants d'automatisation.
- Diagnostic et en ligne pour l'ensemble du projet.

- Motion et Technologie pour les fonctionnalités Motion intégrées
- Visualisation : SIMATIC WinCC Basic pour les SIMATIC Basic Panels fait partie intégrante du détail de livraison.

Pour savoir comment programmer dans ce logiciel voir Annexe.

Conclusion :

L'importance de ce chapitre réside dans la schématisation du fonctionnement en Grafset pour faciliter la programmation (Voir Annexe B), en évidence du rôle des automates et spécialement l'automate S7-300. Sans oublier le logiciel Tia Portal version 11 (Step7) outil utilisé pour implanter et simuler le programme de l'automate. En effet, cet outil m'a permis de simplifier le travail demandé à faire, ainsi a amener à automatiser l'application et faciliter son utilisation par les personnels de Lafarge.

Conclusion et Perspectives :

Les objectifs des travaux réalisés consiste à identifier le fonctionnement existant, séquenceur numérique, qui a pour rôle de commander le fonctionnement du filtre à poussière, puis le remplacer par une solution plus efficace et surtout plus automatisée basé sur l'utilisation d'un automate programmable industrielle S7-300.

Actuellement le filtre à poussière est commandé par un séquenceur numérique de type Sefram SFX+, ce séquenceur provoque certains problèmes liés aux difficultés de manipulation et l'absence des modules de communication permettant à ce séquenceur de se connecter à une supervision.

Les travaux déjà fait au cours de ce stage consiste tous d'abord à la description et l'identification du séquenceur numérique. Par la suite une solution plus automatisée et plus performante a été proposée dans le but de remédier aux inconvénients de l'ancien fonctionnement, également les justifications du choix de l'automate programmable sont aussi décrits comme : la suppression de certaines tâches pénibles, les répétitives ou les nocives pour l'homme, de même la souplesse d'adaptation pour le développement des systèmes, la simplicité d'utilisation, le diagnostic des pannes, la rapidité et la fiabilité du système. Enfin j'ai fini mon travail par la partie programmation de l'application.

Des points n'ont pas été traité, mais cela ne cause pas grand problème pour la validation de ce travail, ces points sont la supervision, le câblage de l'automate, et sa mise en œuvre, c'est grâce au non disponibilité de l'automate programmable dans la société au sein de la quelles j'ai effectuée mon stage de PFE.

[Bibliographie] :

<http://www.volta-electricite.info>

<http://fr.wikipedia.org>

<http://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm>

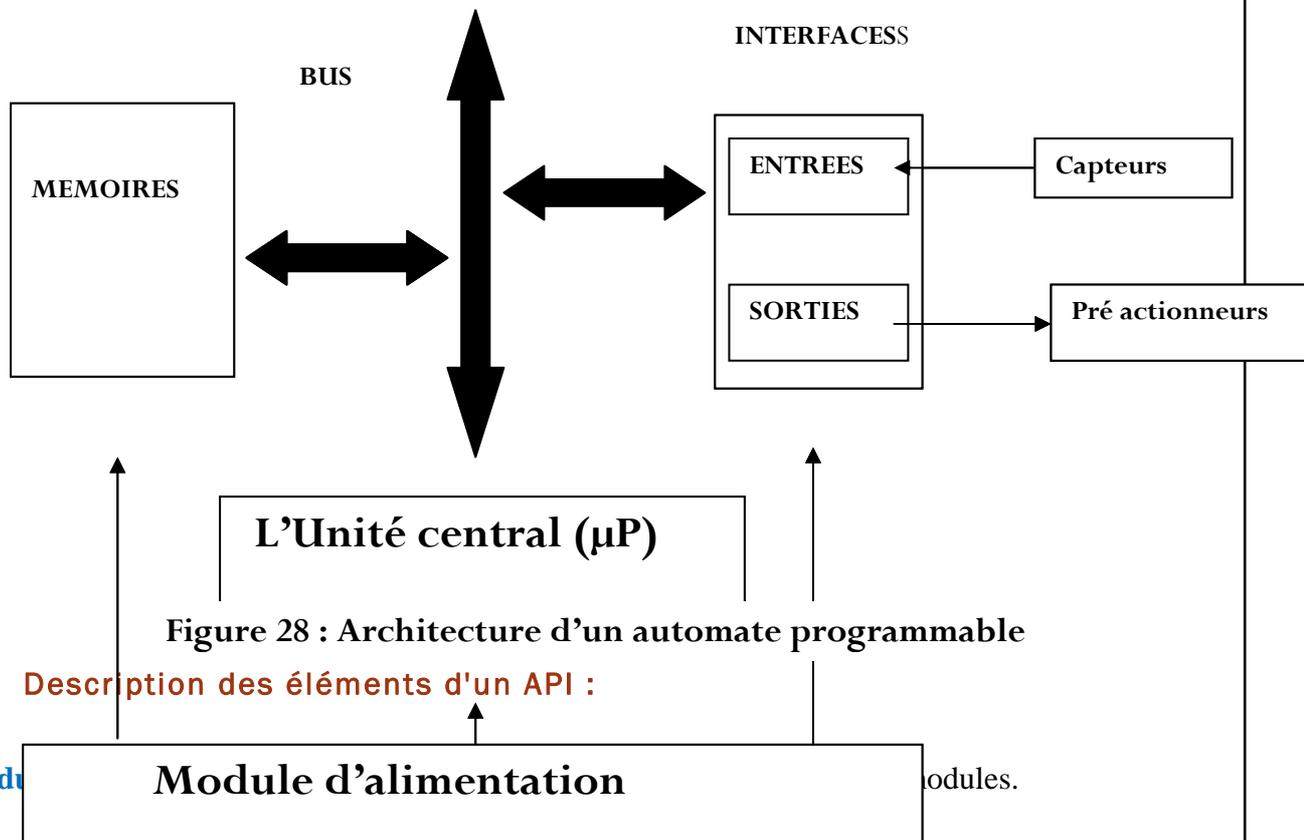
<http://www.lcautomatisme.fr/15.html>

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

Sefram SFX+ document Lafarge 446FD57-Manuel

ANNEXE (A) :

Architecture de l'API



- **Unité centrale** : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).
- **Le bus interne** : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.
- **La mémoire** : Elle est conçue pour recevoir, gérer, stocker des informations issues des différents secteurs du système que sont le terminal de programmation (PC ou console) et le processeur, qui lui gère et exécute le programme. Elle reçoit également des informations en provenance des capteurs.

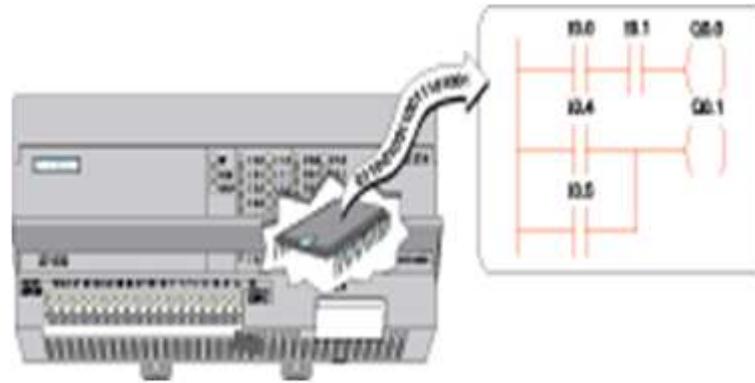


Figure 29 : La mémoire d'un API

Il existe deux types de mémoires qui remplissent des fonctions différentes :

- La mémoire langage où est stocké le langage de programmation. Elle est en général figée, c'est à dire en lecture seulement. (ROM : mémoire morte).
 - La mémoire Travail utilisable en lecture-écriture pendant le fonctionnement c'est la RAM (mémoire vive). Elle s'efface automatiquement à l'arrêt de l'automate (nécessite une batterie de sauvegarde).
- **Les interfaces et les cartes d'Entrées / Sorties:** L'interface d'entrée comporte des adresses d'entrée. Chaque capteur est relié à une de ces adresses. L'interface de sortie comporte de la même façon des adresses de sortie. Chaque pré actionneur est relié à une de ces adresses. Le nombre de ces entrées est sorties varie suivant le type d'automate. Les cartes d'E/S ont une modularité de 8, 16 ou 32 voies .Les tensions disponibles sont normalisées (24, 48, 110 ou 230V continu ou alternatif ...).

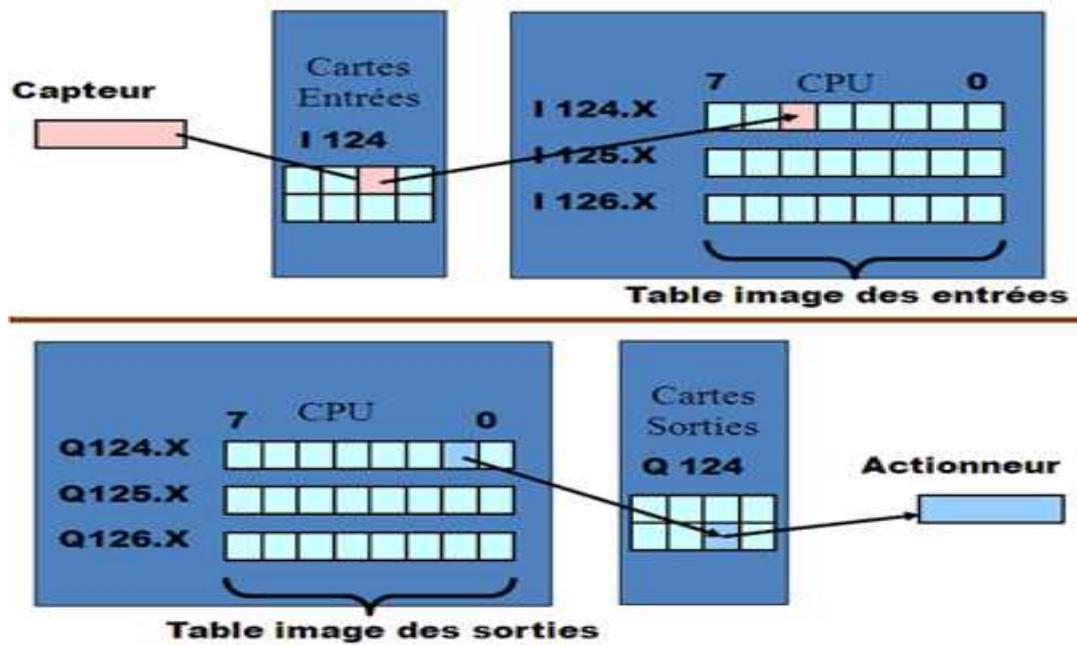


Figure 30 : Les interfaces d'entrées/sorties

- **Cartes d'entrées:** Elles sont destinées à adapter le signal des capteurs et adapter le signal en le mettant en forme, en éliminant les parasites et en isolant électriquement l'unité de commande de la partie opérative.
- **Cartes de sorties:** Elles sont destinées à commander les pré-actionneurs et éléments des signalisations du système et adapter les niveaux de tensions de l'unité de commande à celle de la partie opérative du système en garantissant une isolation galvanique entre ces dernières.

Tableau des caractéristiques économiques

Référence	Désignation	Qte	Prix HT	Montant HT
	S7-200			
6ES7214-1BD23-0XB0	CPU 224 14 E TOR CC/10 S TOR RLY	01	3147.00	3147.00
6ES7223-1PM22-0XA0	EM 223, 32E TOR 24 V CC, 32S TOR RELAIS, 2 A/CANAL	04	9619.00	38 476.00
6ES7290-6AA20-0XA0	PROLONGATEUR	01	624.59	624.59
	S7-300			
6ES7307-1BA01-0AA0	PS 307, 120/230V CA; 24V CC, 2A	01	1214.00	1214.00
6ES7312-1AE14-0AB0	CPU 312	01	3191.00	3191.00
6ES7953-8LF30-0AA0	MICRO CARTE MEMOIRE 64KO	01	517.00	517.00
6ES7390-1AF30-0AA0	PROFILE SUPPORT L=530MM	01	456.00	456.00
6ES7321-1BL00-0AA0	SM 321, 32 E T, 24V CC, 40 PTS	01	3099.00	3099.00
6ES7322-1BL00-0AA0	SM 322, 32S TOR, 24V CC, 0,5A, 40 PTS	04	4286.00	17 144.00
6ES7392-1AM00-0AA0	CONNECTEUR FRONTAL 40 PTS	08	469.00	3752.00

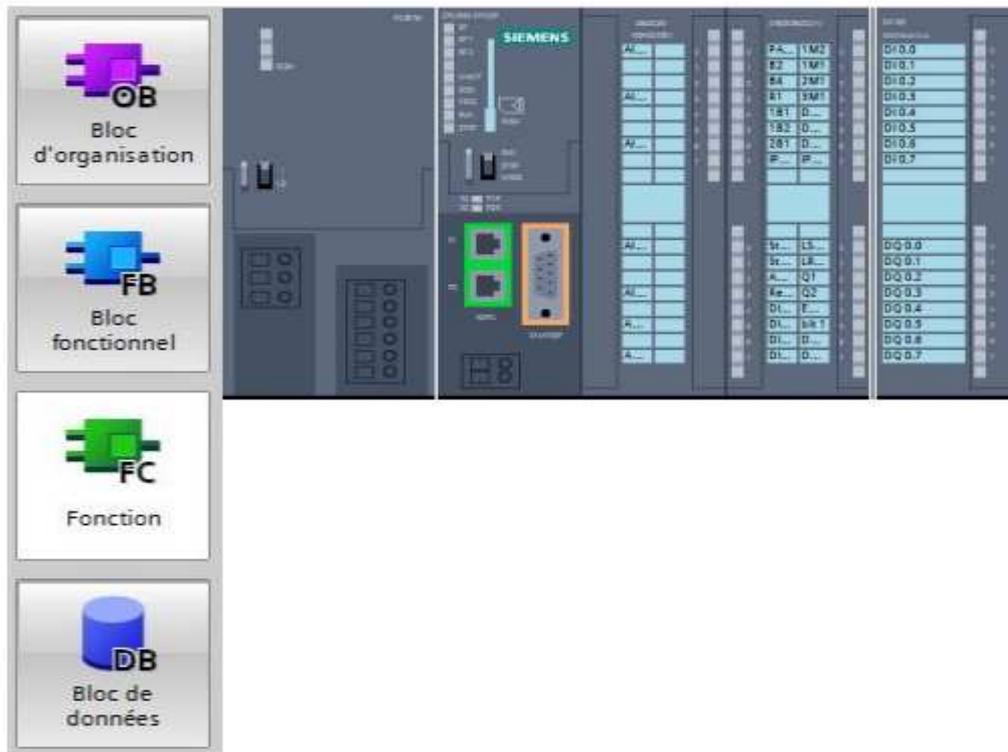
Automate	S7-200	S7-300
Total prix HT DHs	42 247.59	29 373.00

Tableau 3 : Devis des automates

Le matériel de l'automate S7-200. ii de

ANNEXE (B) :

**Programmation des automates S7-300 –
Introduction au logiciel TIA Portal :**



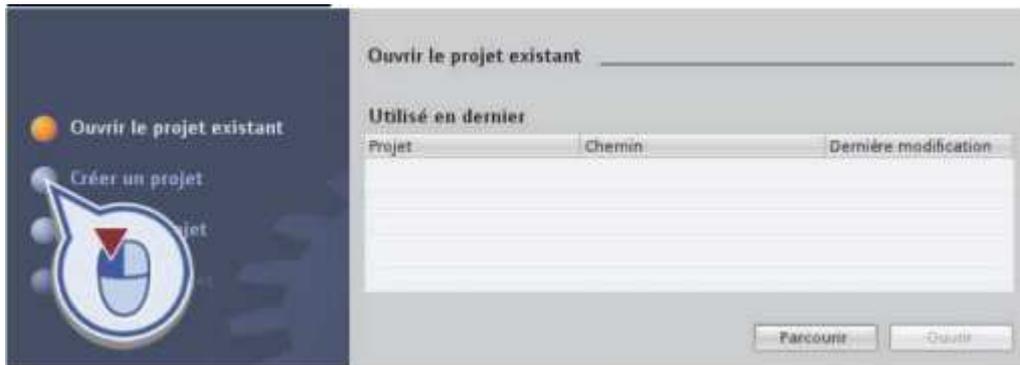
Pour programmer via Tia Portal V 11 il faut suivre les étapes suivantes :

Cliquez sur Démarrer > Programmes > Siemens Automation > TIA-Portal V11 et passez au paragraphe 1 ou 2.

Ouverture d'un projet existant :

Sélectionnez votre projet dans son répertoire et cliquez sur « Ouvrir ». Passez au paragraphe 3.

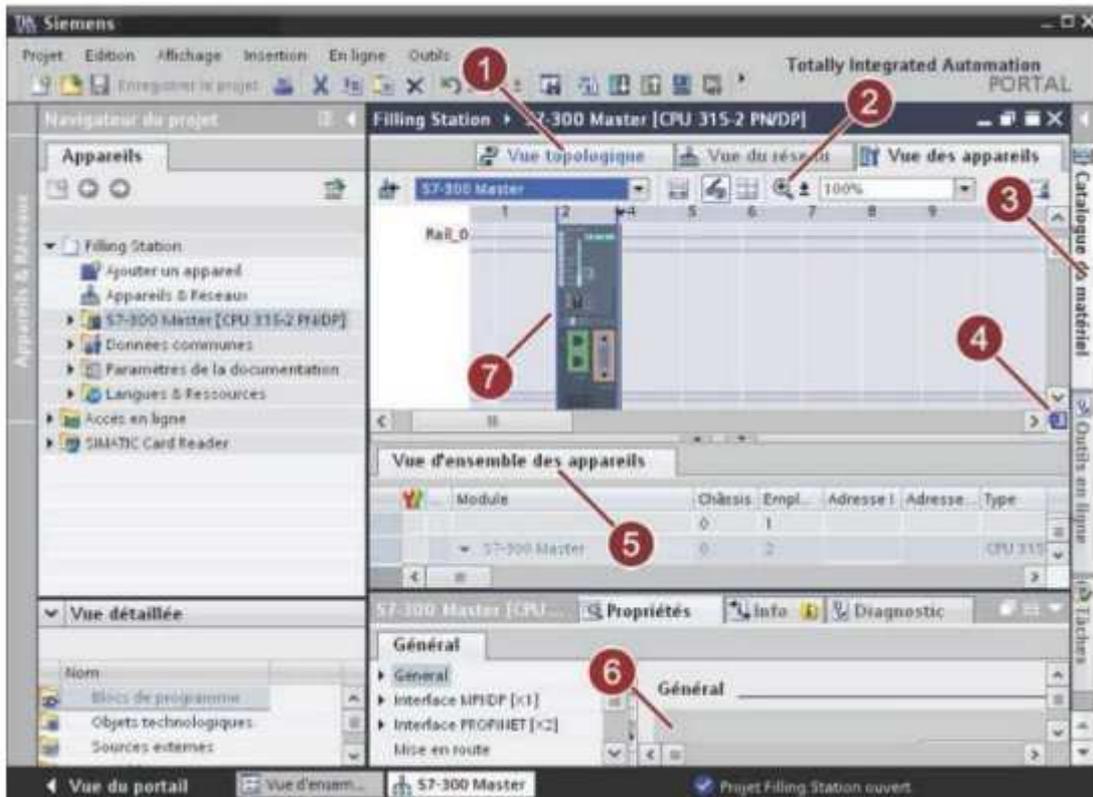
Création d'un projet :



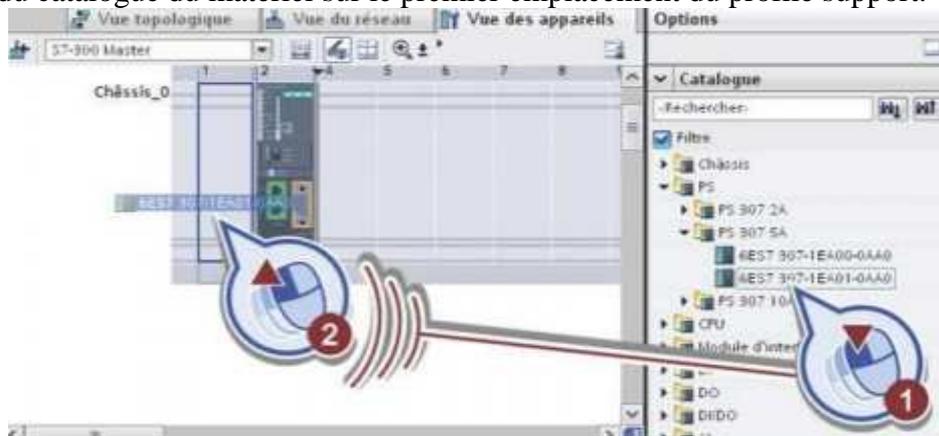
Cliquez sur « Créer un projet », entrez le nom du projet et cliquez sur « créer ».

Configuration de l'automate :

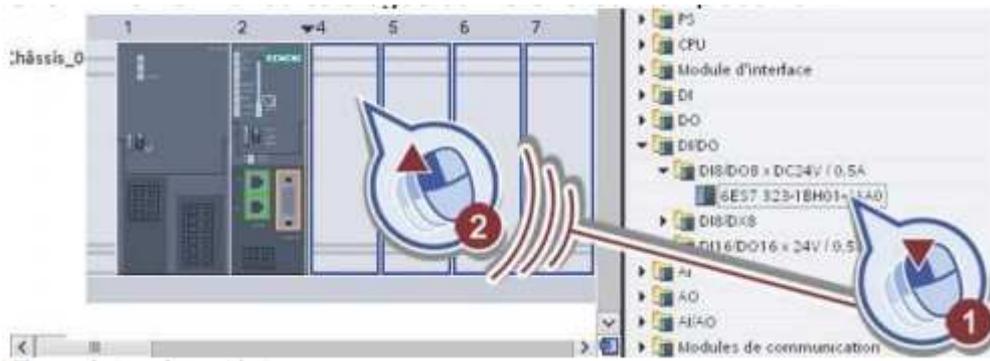
- Pour insérer la CPU, cliquez sur "Configurer un appareil" et cliquez sur la commande "Ajouter un appareil".



- Faites glisser l'alimentation "PS 307 5A" avec le n° "6ES7 307-1EA01-0AA0" du catalogue du matériel sur le premier emplacement du profilé support.



- Enfichez le module d'entrée/de sortie numérique "DI8/DO8 x DC24V / 0,5A" avec le n° "6ES7 323-1BH01-0AA0" du catalogue du matériel sur l'emplacement 4.



- Enregistrer le projet.

Ecriture des mnémoniques :

Dans la navigation du projet, ouvrez le dossier "Variables API" qui se trouve sous la CPU "S7-300 Master".



- Double cliquez sur la table « Table des variables standard », vous pouvez entrer des mnémoniques maintenant ou en cours de programmation.

Table de variables standard			
	Nom	Type de données	Adresse
1	etape0	Bool	%M0.0
2	etape1	Bool	%M0.1
3	etape2	Bool	%M0.2
4	ce0_1	Bool	%M1.0
5	ce1_2	Bool	%M1.1
6	ce2_0	Bool	%M1.2
7	dcy	Bool	%I0.0
8	acy	Bool	%I0.1
9	s1yv14	Bool	%Q0.0
10	s1yv12	Bool	%Q0.1
11	<Ajouter>		

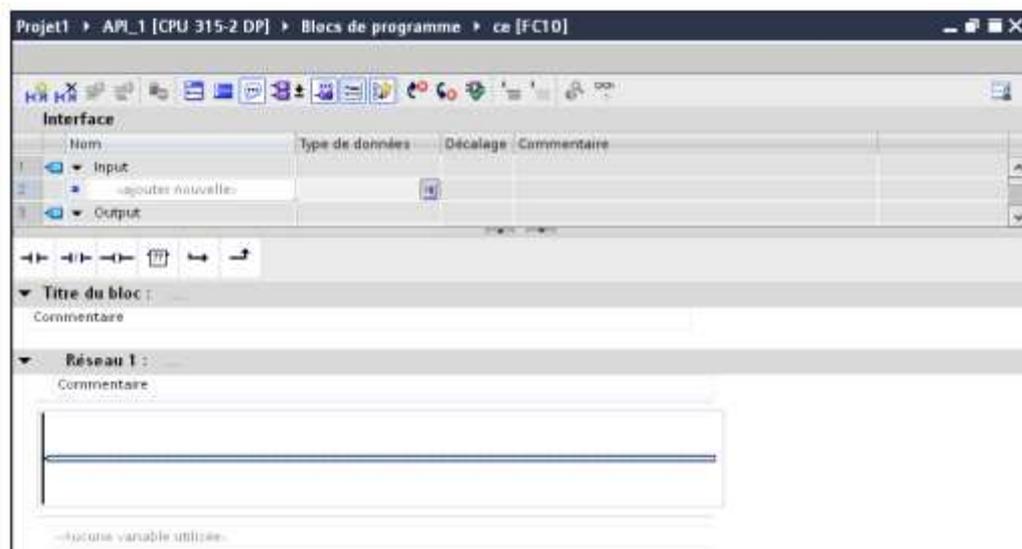
- Cliquez sur Enregistrer et fermez l'éditeur de mnémoniques.

Ecriture du programme :

On écrit le programme en utilisant différent blocs :

- FC10 : conditions d'évolutions.
- FC20 : étapes.
- FC30 : actions internes.
- FC40 : actions externes.
- OB1 : appel des fonctions.
- OB100 : initialisation.
- Ouvrez « Blocs de programme » et double cliquez sur "Ajouter nouveau bloc », puis "Fonction" pour FC10 à FC40 et "Bloc d'organisation" pour OB100 en langage CONT (LADDER).





Attention : un réseau et un seul par sortie.

- Utilisez les icônes suivants pour programmer



- Exemple :

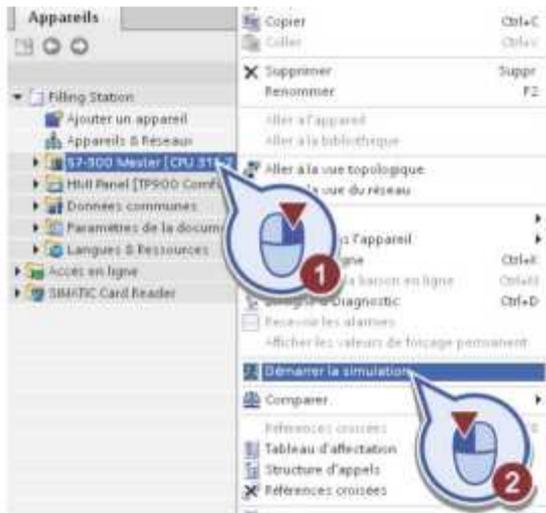


- Cliquez sur « nouveau réseau » pour passer au réseau suivant.

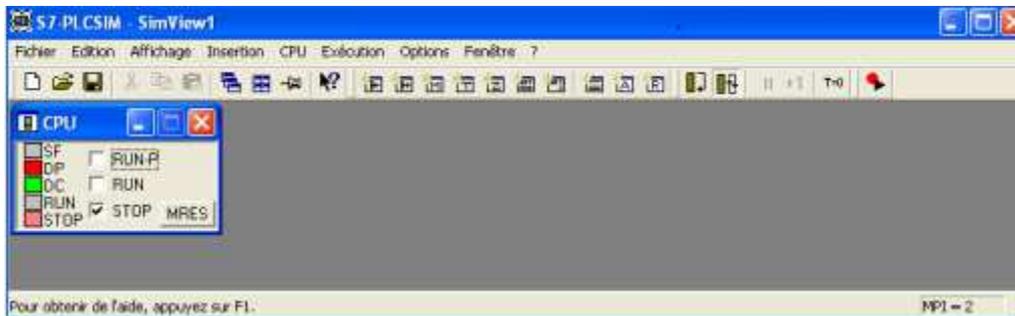
Une fois le programme entré, cliquez sur Enregistrer et fermer l'éditeur CONT. Recommencez pour FC20, FC30, FC 40, OB1 et OB100. Le programme d'OB1 sera un appel aux différentes fonctions (bloc CALL).

Test du programme avec l'automate de simulation :

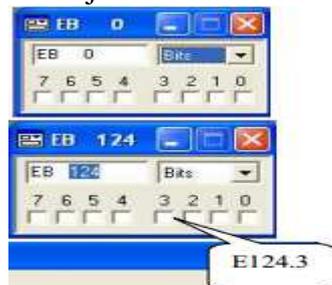
Pour utiliser l'automate de simulation, cliquez sur « Démarrer la simulation »



La fenêtre du simulateur s'ouvre :



- Vous devez configurer votre API avec les cartes et éventuellement des zones mémoires.
- Pour ajouter une carte d'entrées, cliquez sur l'icône .



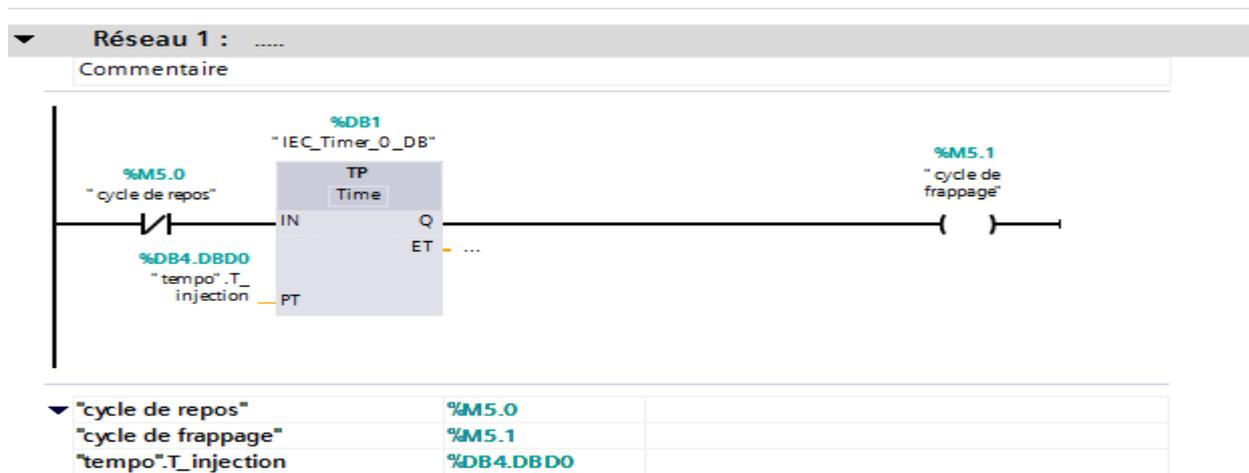
- Changez l'adresse pour faire correspondre à votre projet.



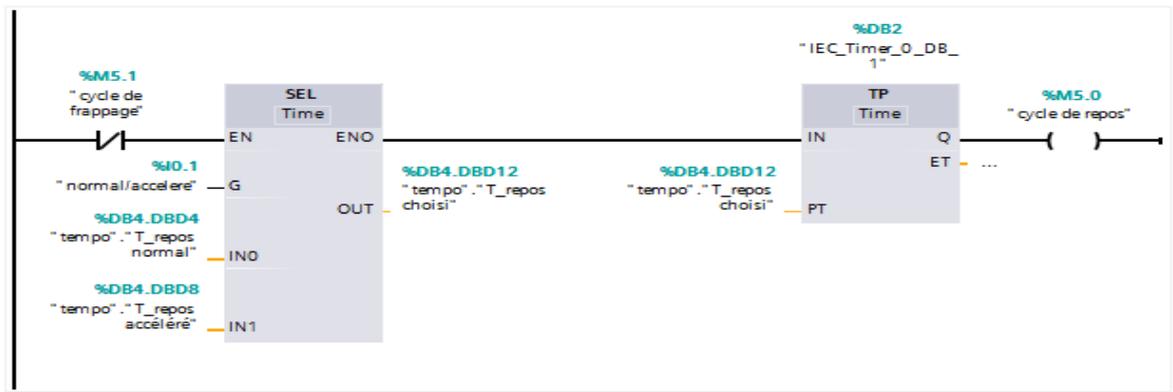
ANNEXE (C) :

Programmation en langage Ladder :

La programmation que j'ai effectuée dans le logiciel Tia Portal Version 11 se traduit comme suit :

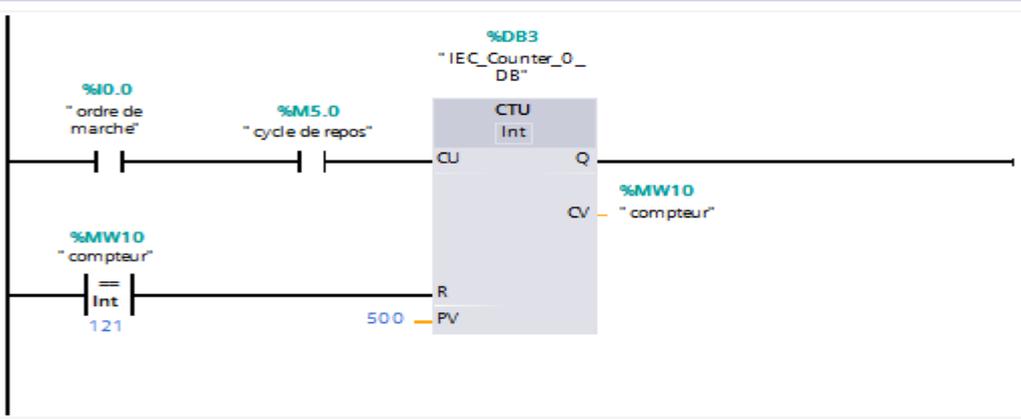


▼ Réseau 2 :
 Commentaire



▼ "cycle de repos"	%M5.0	
"cycle de frappe"	%M5.1	
"normal/accelere"	%I0.1	
"tempo"."T_repos normal"	%DB4.DBD4	
"tempo"."T_repos accéléré"	%DB4.DBD8	
"tempo"."T_repos choisi"	%DB4.DBD12	

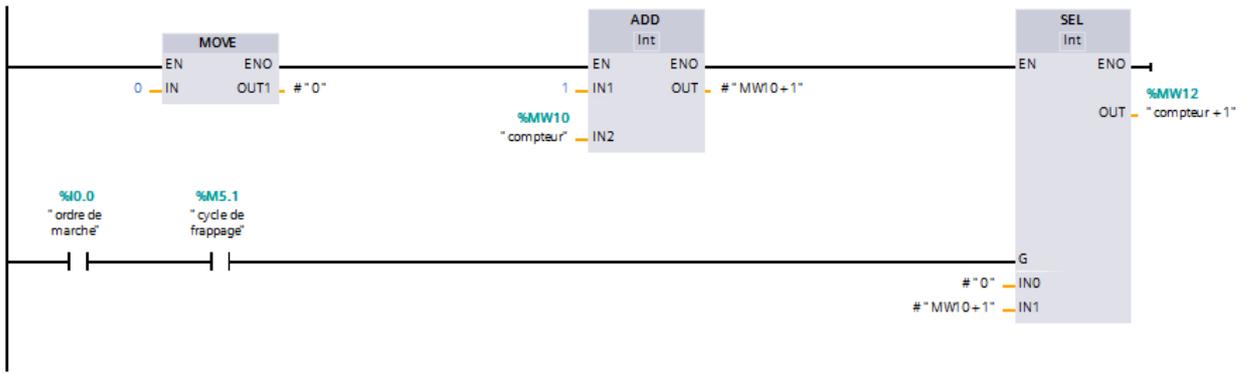
▼ Réseau 3 :
 Commentaire



▼ "cycle de repos"	%M5.0	
"compteur"	%MW10	
"ordre de marche"	%I0.0	

▼ Réseau 4 :

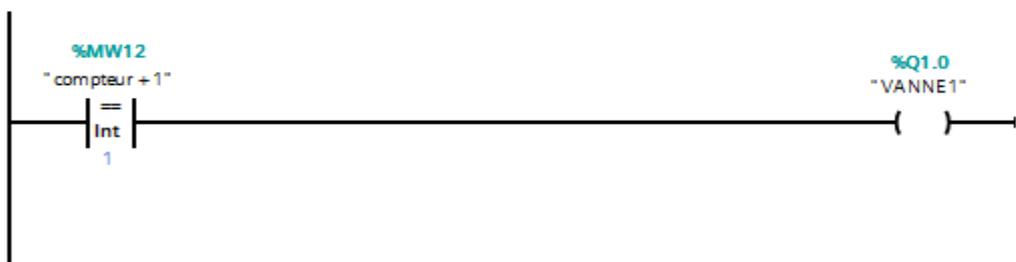
Commentaire



▼ "cycle de frappe"	%M5.1	
"compteur"	%MW10	
"ordre de marche"	%I0.0	
"compteur +1"	%MW12	
#MW10+1"		
#0"		

▼ Réseau 5 :

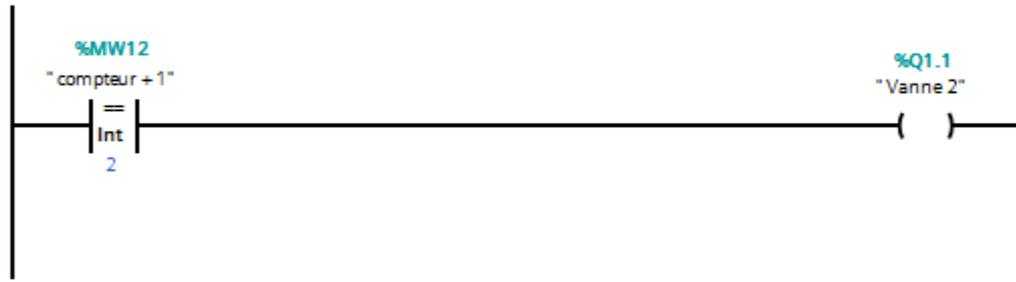
Commentaire



▼ "compteur +1"	%MW12	
"VANNE1"	%Q1.0	

▼ Réseau 6 :

Commentaire



▼ "Vanne 2"	%Q1.1	
"compteur +1"	%MW12	

Le cycle se répète pour 120 électrovannes donc on aura des réseaux jusqu'à la sortie de Vanne Q15.7.

▼ Réseau 124 :

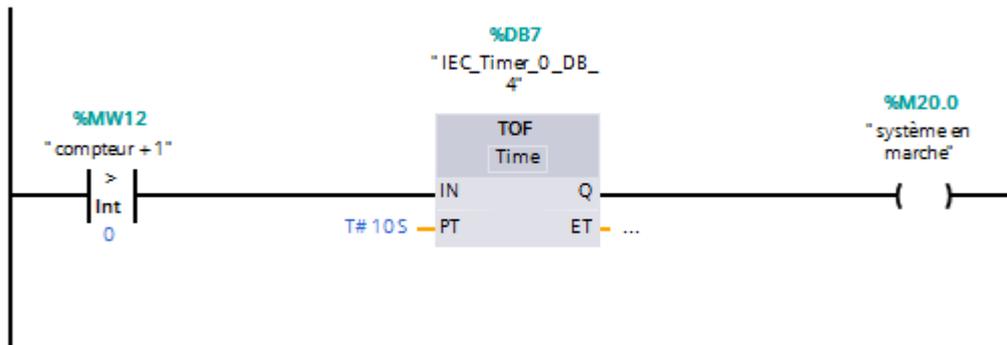
Commentaire



▼ "compteur +1"	%MW12	
"Vanne 120"	%Q15.7	

▼ Réseau 125 :

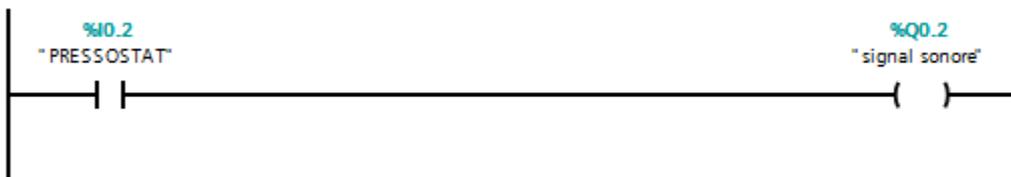
Commentaire



▼ "compteur +1"	%MW12	
"système en marche"	%M20.0	

▼ Réseau 126 :

Commentaire



▼ "PRESSOSTAT"	%I0.2	
"signal sonore"	%Q0.2	

