

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	2
RESUME.....	3
DEDICACES.....	4
REMERCIEMENT	5
LISTE DES FIGURES :	8
LISTE DES TABLEAUX :	9
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	9
INTRODUCTION GÉNÉRALE	10
CHAPITRE1: PRÉSENTATION DE L'ENVIRONNEMENT DU PROJET.....	11
I. PRÉSENTATION DE LAFARGE-HOLCIM MEKNES.....	11
1. <i>Historique</i>	11
2. <i>FUSION LAFARGE-HOLCIM</i>	11
II. PROCÉDÉ DE FABRICATION DE CIMENT	14
1. <i>Définition de ciment</i>	14
2. <i>Organigramme du Procédé de fabrication du ciment</i> :	15
3. <i>Présentation des différentes étapes de fabrication du ciment</i> :	16
a. La carrière : EXTRACTION DE LA MATIERE PREMIERE.....	16
b. Concassage :	16
c. La pré-homogénéisation :	17
d. Broyage cru :	17
e. L'homogénéisation :	17
f. Cuisson :	18
g. Broyage cuit :	20
h. Ensachage et expédition :	20
CHAPITRE2: ETUDE ET AMELIORATION DU SYSTEME DE VENTILATION	21
I. CAHIER DE CHARGE	21
1. <i>Introduction</i>	21
2. <i>Description du four zone F1</i> :	21
3. <i>Principe de Fonctionnement du système existant</i>	22
4. <i>Problématique</i> :	23
5. <i>Solutions proposées</i> :	24
CHAPITRE3: AUTOMATISATION ET SUPERVISION DU NOUVEAU SYSTÈME.....	26
I. PROGRAMME LADDER DE L'INSTALLATION	26
1. <i>Définition</i>	26
2. <i>Le fonctionnement du programme</i>	26
II. SUPERVISION DU SYSTÈME PAR WIN CC	30
1. <i>Supervision sur Win CC flexible Advanced</i> :	30
2. <i>Synoptique du système</i>	31
CHAPITRE4: RÉALISATION DE L'ARMOIRE	32
I. RÉALISATION DE L'ARMOIRE DE COMMANDE.....	32

1.	<i>Dimensionnement des câbles</i>	32
a.	Méthodologie	32
b.	Démarche :	32
c.	Détermination de la section du câble à l'entrée de l'armoire	33
d.	Détermination de section de câble pour chaque moteur :	36
2.	<i>Schémas de puissance et de commande</i>	37
3.	<i>Choix de matériels.</i>	37
4.	<i>Liste des achats.</i>	38

CONCLUSION GÉNÉRALE :	39
RÉFÉRENCES.....	40
ANNEXE 1.....	42
ANNEXE 2.....	44

Liste des figures :

FIGURE 1 : ORGANIGRAMME LAFARGEHOLCIM MEKNES	13
FIGURE 2: ORGANIGRAMME DU SERVICE ÉLECTRIQUE DE L'USINE DE MEKNÈS	13
FIGURE 3 : COMPOSANTS DU CIMENT	14
FIGURE 4 : ORGANIGRAMME DE FABRICATION DU CIMENT ORGANIGRAMME DE FABRICATION DU CIMENT	15
FIGURE 5 : CARRIÈRE E LA MATIÈRE PREMIÈRE	16
FIGURE 6 : ÉTAPES DE L'ABATTAGE ET DU TRANSPORT	16
FIGURE 7 : CONCASSAGE	16
FIGURE 8 : PRÉ-HOMOGENÉISATION	17
FIGURE 9: BROYEUR CRU	17
FIGURE 10 :: SILOS D'HOMOGENÉISATION	18
FIGURE 11 :DESCRIPTION DE LA LIGNE DE CUISSON	18
FIGURE 12:TOUR À CYCLONES	18
FIGURE 13:FOUR ROTATIF	19
FIGURE 14:DESCRIPTION DU REFROIDISSEUR	19
FIGURE 15:ÉTAPES DE BROYAGE CUIT	20
FIGURE 16:BROYEUR (BROYAGE CUIT)	20
FIGURE 17:: STOCKAGE DE CEMENTS ET EXPÉDITION.	20
FIGURE 18: CONSTITUANTS DU FOUR ROTATIF DE CIMENTERIE	21
FIGURE 19:FOUR ZONE F1	23
FIGURE 20:SCHEMA DU SYSTEME EXISTANT	24
FIGURE 21 : SCHEMA DE NOUVEAU SYSTEME	25
FIGURE 22 : LES ENTRÉE / SORTIES DU SYSTEME	26
FIGURE 23 :PROGRAMME LADDER DE LA COMMANDE D'UN SEUL VENTILATEUR	29
FIGURE 24 : LA COMMUNICATION ENTRE STEP7 ET WINCC ÉTPE1	30
FIGURE 25 : LA COMMUNICATION ENTRE STEP7 ET WINCC ÉTPE2	30
FIGURE 26 : SCHEMA SYNOPTIQUE DU SYSTEME DE VENTILATION	31
FIGURE 27 : LA DÉMARCHE DE DÉTERMINATION DES SECTIONS DES CÂBLES	33
FIGURE 28 :SCHEMA DE PUISSANCE ET DE COMMANDE D'UN SEUL VENTILATEUR	37
FIGURE 29 : SIMATIC S7 MANAGER	46
FIGURE 30 : NIVEAU 2, CONFIGURATION DE LA STATION	46
FIGURE 31 : NIVEAU 3, NIVEAU DE LA CPU	47
FIGURE 32 : NIVEAU 4, NIVEAU DES PROGRAMMES	47
FIGURE 33 : NIVEAU 5, LES BLOCS DE PROGRAMME	48
FIGURE 34 : MENU DE LA CONFIGURATION DE LA STATION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 35 :CATALOGUE DU MATÉRIEL	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 36 :CRÉER FONCTION FC1	49
FIGURE 37:BLOC FC1 ET OB1	49
FIGURE 38 :APPELLE DE LA FONCTION FC1 EN OB1	50

Liste des tableaux :

TABEAU 1:CARACTÉRISTIQUES DU FOUR DE LA CIMENTERIE DE MEKNÈS -----	22
TABEAU 2 : LES ENTRÉES SORTIES POUR UN SEUL VENTILATEUR-----	27
TABEAU 3 : TABLEAUX DES MNÉMONIQUES -----	27
TABEAU 4 : LES CALIBRES NORMALISES DES DISJONCTEURS -----	34
TABEAU 5 : CHUTE DE TENSION MAXIMALE ENTRE L'ORIGINE DE L'INSTALLATION BT ET L'UTILISATION -----	35
TABEAU 6 : FORMULE CHUTE DE TENSION-----	35
TABEAU 7 : ESTIMATION DES PRIX DE QUELQUES MATÉRIELS DE L'ARMOIRE -----	39
TABEAU 8: ESTIMATION DE PRIX POUR LES CÂBLES . -----	39
TABEAU 9 : LETTRE DE SÉLECTION-----	42
TABEAU 10 : DETERMINATION DU COEFFICIENT DE CORRECTION K1 -----	42
TABEAU 11 : DETERMINATION DU COEFFICIENT DE CORRECTION K2 -----	42
TABEAU 12 : DETERMINATION DU COEFFICIENT DE CORRECTION K3 -----	43
TABEAU 13 : LA SECTION DES CABLES -----	43
TABEAU 14 : LA CHUTE DE TENSION -----	43

Liste des abréviations

CADEM : Ciments artificiels de Meknès
 Zone F1 : Four 1
 API : Automate programmable interface
 ICV : Interrupteur à coupure visible
 Auto : Automatique
 Dispo : Disponibilité
 OM Auto : Ordre de marche automatique.
 Pas de R.M : Pas de réponse de marche.
 Res.Inf : Résultat inférieur
 Res.Sup : Résultat supérieur
 OB : Blocs d'organisation
 FC : Fonctions
 FB : Floes de fonction

Introduction Générale

L'industrie du ciment joue un rôle majeur dans l'industrie des matériaux de construction. La productivité et la qualité des produits sont les facteurs clé du succès au niveau international. L'industrie du ciment, grande consommatrice d'énergie et de matières premières, accorde de l'importance à la préservation des ressources naturelles et à la lutte contre le réchauffement climatique.

C'est pourquoi les cimenteries sont équipées des capteurs et des systèmes d'analyse les plus élaborés afin de répondre aux exigences du marché en termes de qualité et de rentabilité.

Certes les solutions automatisées font partis de l'industrie moderne. Une usine ou bien une chaîne de fabrication n'est moderne que si l'intervention humaine est rare, et la procédure de fabrication se fait de plus en plus automatiquement. Bien entendu LAFARGE usine de Meknès II ne fait pas l'exception. Etant une ancienne usine par rapport aux autres usines de LAFARGE qui existe au Maroc, elle est considérée comme l'un des usines les plus modernes en termes de la technologie utilisée et aussi en termes de respect de l'environnement. A propos de ce dernier LAFARGE réserve un investissement colossal.

Dans ce contexte, le service électrique nous a confié un projet intitulé « Etude et réalisation d'une armoire de commande de 26 ventilateurs de zone F1 avec automatisation sur l'automate s7 400 ».

Notre projet est scindé en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'usine de cimenterie Meknès et le procédé de préparation du ciment.

Le second chapitre présente une description complète de la problématique (système existant) et les solutions proposées qui répondent au cahier des charges.

Le troisième chapitre est consacré à l'élaboration d'un programme d'automatisme qui répond au cahier des charges.

Le dernier chapitre présente la réalisation de l'armoire.

Nous terminerons nos éditions par une conclusion présentant le bilan de cette expérience.

CHAPITRE1: PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT DU PROJET

I. PRESENTATION DE LAFARGE-HOLCIM MEKNES

1. Historique

La cimenterie de Meknès se trouve au nord-est de la ville à proximité immédiate de Hay Soussi et non loin de la route principale de Meknès Fès.

Dénommée CADEM (ciments artificiels de Meknès) l'usine a démarré en 1953 avec une seule ligne de production à voie humide d'une capacité de 400 tonnes par jour, depuis les événements suivants se sont succédés

- **1971** : extension des capacités avec l'installation d'un nouveau four de 650 t / j et augmentation de la capacité broyage ciment à 650.000 t.
- **1985** : conversion 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 BK5.
- **1990** : la capacité de production passe de 1500 à 1800 tonnes par jour, grâce à des modifications au niveau du precalcinteur et du refroidisseur.
- **1993** : nouvelle extension avec le démarrage d'une seconde ligne de cuisson d'une capacité de 1 200 t/j clinker.

2. FUSION LAFARGE-HOLCIM

Le 7 avril 2014, HOLCIM et LAFARGE annoncent leur projet de fusion au taux d'une action HOLCIM pour une action Lafarge.

Le 7 juillet 2014, les deux groupes annoncent une liste d'actifs proposés pour désinvestissement afin de permettre la fusion.

En mars 2015, sous la pression des actionnaires d'Holcim, le conseil d'administration d'Holcim envoie un courrier au groupe Lafarge faisant part de nouvelles exigences dans le cadre du projet de fusion entre les deux groupes. Le groupe suisse réclame un relèvement de la parité d'échange en sa faveur (0,875 action Holcim pour une action Lafarge) et un autre président que le français Bruno Lafont pour le nouvel ensemble.

Un nouvel accord se met en place pour une nouvelle parité d'échange : 9 actions Holcim pour 10 actions Lafarge.

Cependant un mouvement anti-Lafarge semble se dessiner. Après les contestations concernant la parité, les actionnaires contestataires s'en prennent aux objectifs de cette fusion et considèrent les gains chiffrés présentés par les deux groupes comme irréalistes. Le deuxième actionnaire du groupe Holcim avec 10% des actions, le russe Filaret Galtchev, a

rejeté le nouveau compromis et trouve les avancées insuffisantes. Par ailleurs des actionnaires individuels se sont réunis et appellent, sur un site internet créé pour l'occasion (Holcimshareholders.ch), à voter contre le projet de fusion qui est présenté à l'assemblée générale du 8 mai 2015.

Le 10 juillet 2015, la fusion de Lafarge et d'Holcim est effective et comporte trois changements par rapport au projet de fusion entre égaux initial :

- Le changement de parité en faveur des actionnaires d'Holcim,
- Le renoncement du PDG français de Lafarge, Bruno Lafont, à un poste de direction générale au profit d'Eric Olsen, ancien de chez Lafarge.
- Le choix de la Suisse comme siège du nouveau groupe.
- Le nouvel ensemble est officiellement lancé le 15 juillet 2015 et prend le nom de LAFARGEHOLCIM.
- **En juillet 2016** : LAFARGEHOLCIM annonce la vente de ses activités en Inde pour 1,4 milliard de dollars à Naira, dans le cadre de son plan de désinvestissement.
- **En août 2016** : LAFARGEHOLCIM annonce la vente pour 520 millions d'euros de sa participation de 65 % de ses activités au Viêt-Nam à Siam City Cement. Dans le même temps, LAFARGEHOLCIM annonce la vente de sa participation de 56 % dans sa filiale Sichuan Shuangma Cement à Tianjin Circle pour environ 500 millions de francs suisses, ainsi que le restant de ses activités en Chine à Huaxin pour environ 200 millions de francs suisses.
- **En octobre 2016** : Il vend sa participation de 54% dans sa filiale chilienne Cemento Polpaico, au fonds d'investissement Inversions Caburga Limitada pour 225 millions de dollars.

Toutes ces cessions s'inscrivent dans un plan de 5 Mds € de cessions d'ici fin 2017 et de ne demeurer que sur les marchés où il est en position de force (leader, ou peut-être challenger) pour faire respecter ses prix.

Organigramme de l'Usine est le suivant :

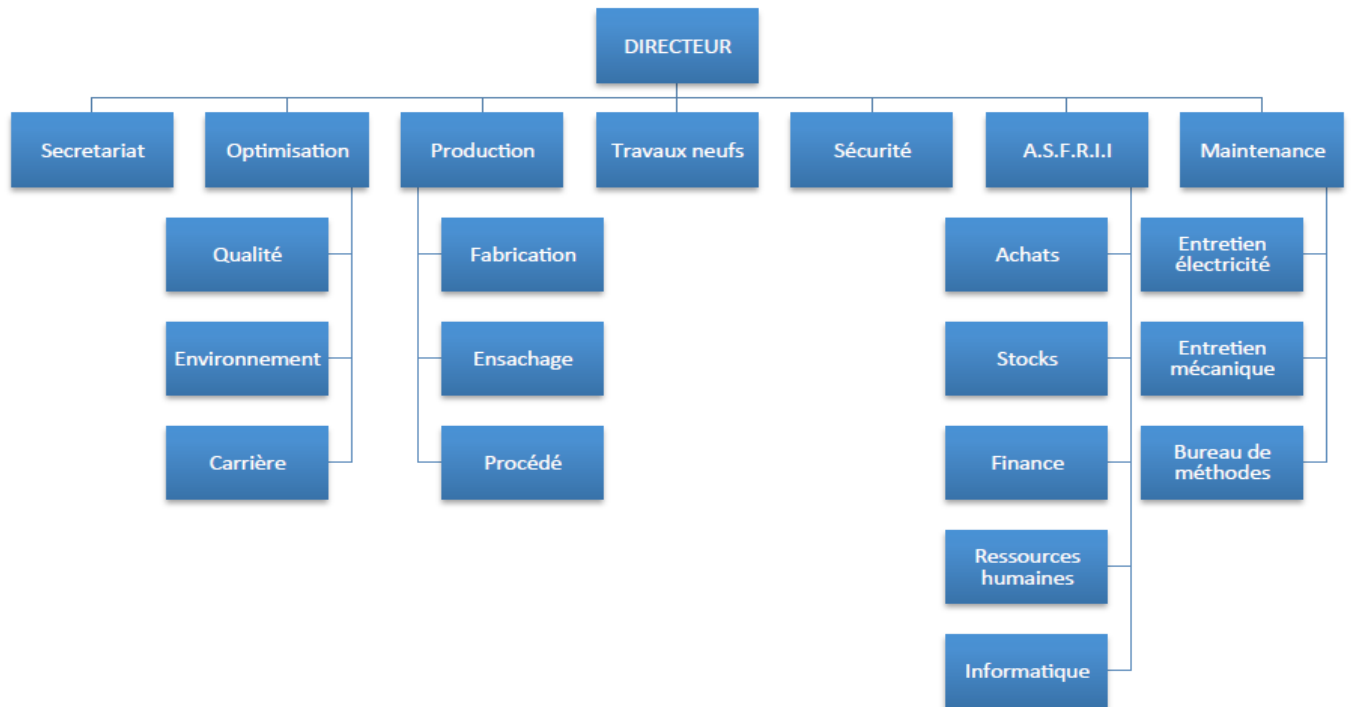


Figure 1 : Organigramme LafargeHolcim MEKNES

L'organigramme du service électrique, lieu de **mon** stage, se présente comme suit

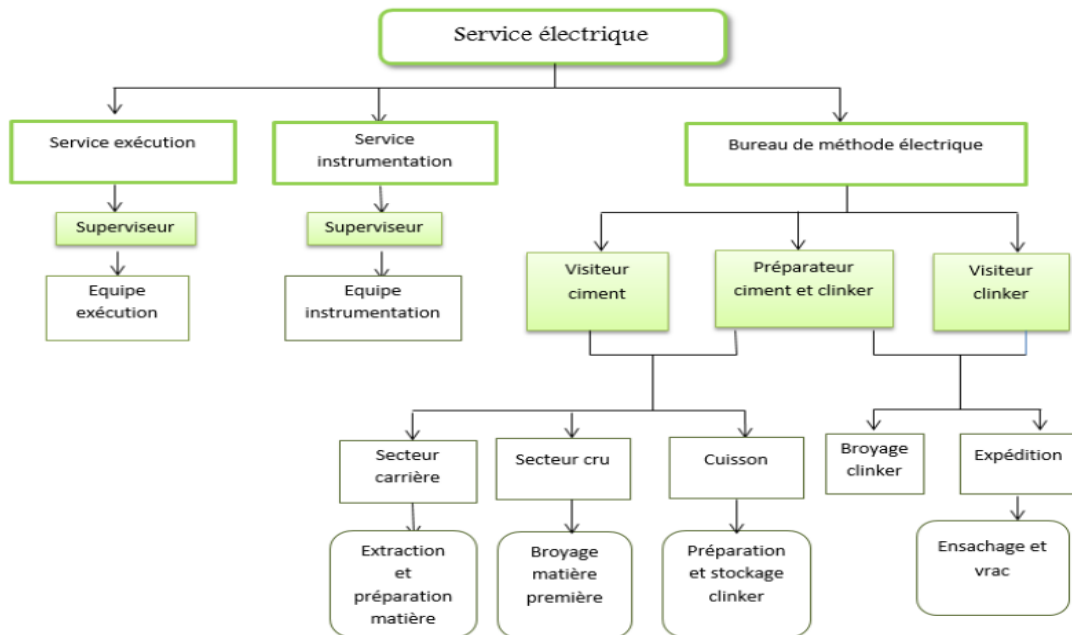


Figure 2: Organigramme du service électrique de l'usine de Meknès

II. Procédé de fabrication de ciment

1. Définition de ciment

Le ciment est un lien hydraulique constitué d'une poudre minérale, d'aspect grisâtre, obtenue par broyage et cuisson à 1450 °C d'un mélange de calcaire et d'argile.

Le produit de la cuisson, appelé clinker, forme une combinaison de chaux, de silice, d'alumine et d'oxyde ferrique. Le ciment résulte du broyage de clinker et de sulfate de calcium ajouté généralement sous forme de gypse. Il forme avec l'eau une pâte plastique faisant prise et durcissant progressivement, même à l'abri de l'air, notamment sous l'eau



Figure 3 : Composants du ciment

Les constituants anhydres, présents sous forme de cristaux polygonaux assez réguliers et homogènes, se combinent à l'eau et se décomposent. En s'hydratant, ils recristallisent, prenant des formes très variées : aiguilles, bâtonnet, prismes, divers... Ces cristaux adhèrent aux adjuvants granuleux du béton : sable, gravier, cailloux... c'est l'hydratation qui constitue le ciment.

2. Organigramme du Procédé de fabrication du ciment :

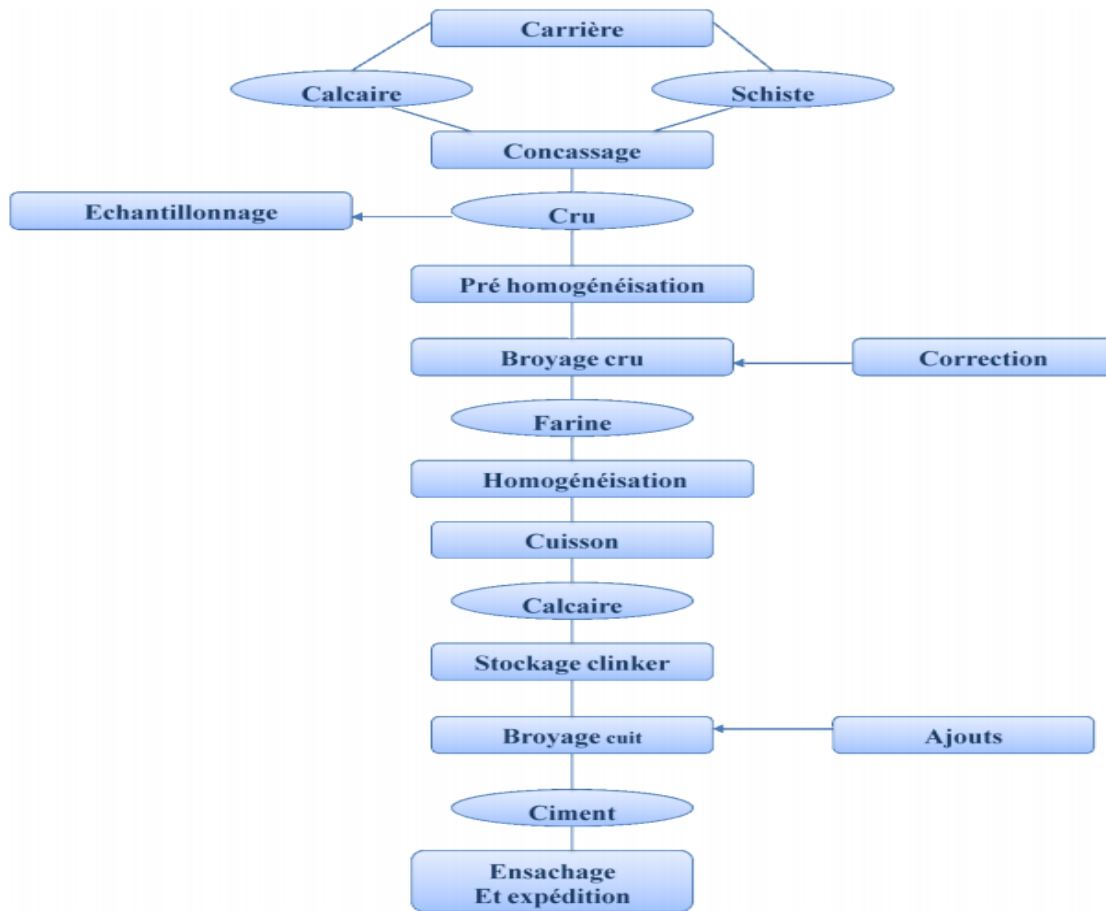


Figure 4 : Organigramme de fabrication du ciment

3. Présentation des différentes étapes de fabrication du ciment :

a. La carrière : EXTRACTION DE LA MATIERE PREMIERE



Figure 5 : Carrière e la matière première

L'usine dispose de deux carrières pour assurer son approvisionnement en matières premières. L'une est située à 5Km de l'usine et couvre une surface de 150ha, la seconde est a 1Km de l'usine et couvre une superficie de 50 ha. Les carrières destinées à la production de la matière première du ciment fournissent deux éléments essentiels : le calcaire qui est très riche en carbonate de calcium (CaCO_3), et le schiste qui contient des teneurs importantes de silice (SiO_2), d'alumine (Al_2O_3) et d'oxyde du fer (Fe_2O_3). Ces matières premières sont extraites de la carrière par abattage

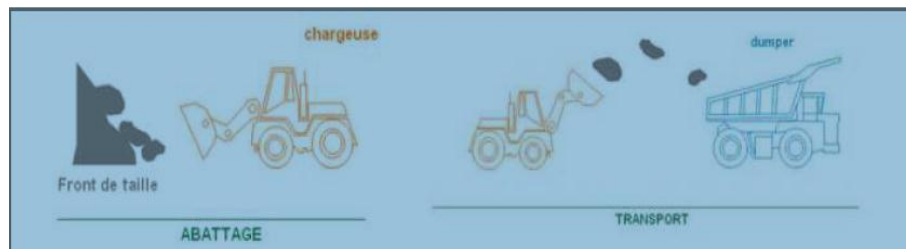


Figure 6 : Etapes de l'abattage et du transport

b. Concassage :

C'est une opération qui consiste à réduire la granulométrie 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). En effet, le calcaire et le schiste transportés par les camions sont déchargés dans une trémie qui est reliée à un alimentateur à vitesse variable qui permet de réguler le débit d'alimentation.



Figure 7 : Concassage

c. La pré-homogénéisation :

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

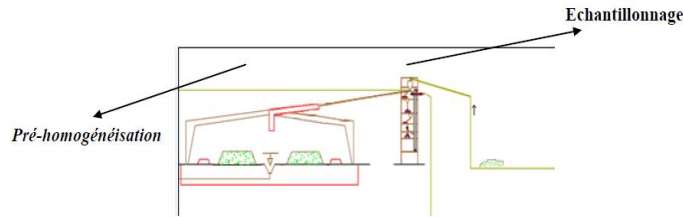


Figure 8 : Pré-homogénéisation

d. Broyage cru :

La matière, que l'on appelle aussi cru car elle n'a pas encore été cuite, passe tout d'abord dans un doseur. Ce doseur a pour but de « corriger » le cru par l'ajout de schistes, de minerai de fer, et de calcaire. Deux broyeurs verticaux BC1 et BC2 viennent ensuite qui sont donc alimentés par le cru provenant du pré homo et par le schiste de la correction. Ce sont tous deux des broyeurs verticaux de type Loesche LM 27-30 à trois galets. La pression de marche de ces galets est de 75 bars. La présence d'un ventilateur, appelé ventilateur de tirage, permet d'attirer la matière broyée vers le haut du dispositif et de la sécher grâce aux gaz chauds qui proviennent de la tour E.V.S. La partie supérieure des broyeurs est constituée d'un séparateur dynamique, une sorte de cage grillagée qui tourne sur elle-même Obligeant les grosses particules de matière à retomber pour être broyées de nouveau.

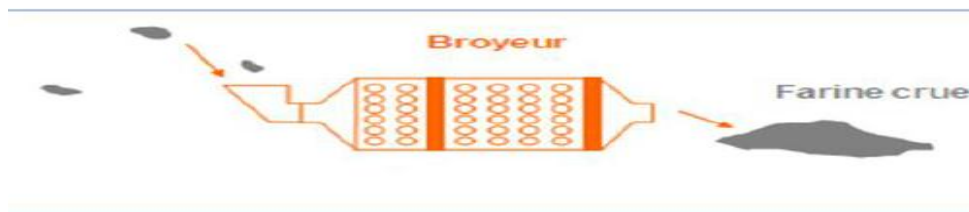


Figure 9: Broyeur cru

e. L'homogénéisation :

Après broyage, le cru est expédié, à l'aide de deux élévateurs, vers deux silos D'homogénéisation de capacité (7500 et 5000 T) qui assurent à la fois le stockage et L'homogénéisation de la farine.

Cette homogénéisation permet d'alimenter les fours avec un cru de composition Chimique constante dans le temps.



Figure 10 :: Silos d'homogénéisation

f. Cuisson :

La ligne de cuisson comporte

- La tour de préchauffage 30 %).
- Le four (décarbonatation
- Le refroidisseur (trempe

La farine crue est préchauffée puis passe au four : une flamme atteignant 2000 °C porte la matière à 1500 °C, avant qu'elle ne soit brutalement refroidie par soufflage d'air. Après cuisson de la farine, on a besoin de tout ciment.

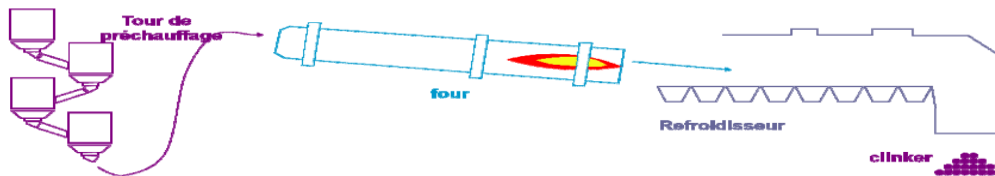


Figure 11 :Description de la ligne de cuisson

➤ **Préchauffage :**

Le préchauffage permet essentiellement de préparer la farine du point de vue chimique et thermique. Cette préparation consiste à sécher, déshydrater et décarbonater partiellement la matière crue en réutilisant une partie de l'énergie calorifique évacuée par les gaz d'exhaure du four. Les préchauffeurs permettent d'améliorer donc le rendement thermique global de l'installation de la cuisson.



Figure 12:Tour à cyclones

➤ Le four rotatif :

C'est une grande enceinte circulaire rotative dans laquelle on injecte le combustible sous pression pour produire une flamme. Il est constitué d'une virole en acier et protégé par un revêtement intérieur en matériaux réfractaires.

Le four rotatif est un échangeur de chaleur à contrecourant dans lequel la flamme et les gaz récupérés du refroidisseur cèdent leur chaleur à la farine qui arrive en sens inverse



Figure 13:Four rotatif

La jonction entre le four et le refroidisseur est assurée par le **capot de chauffe**.

➤ Le Refroidisseur :

Situé à l'aval du four, le refroidisseur est à grilles horizontales. Le Refroidissement est assuré par 5 ventilateurs. L'air produit par ces ventilateurs est insufflé sous les grilles par des chambres.

Le refroidisseur a un triple rôle :

- Assurer la trempe de clinker par un refroidissement rapide.
- Refroidir le clinker qui sort du four.
- Récupérer le maximum de la chaleur contenue dans le clinker.

Le clinker sort avec une température dépassant 1450°C et tombe dans le Refroidisseur pour subir une trempe rapide afin de figer les C3S et de les empêcher se transformer en C2S, chose qui influe sur la qualité et la composition du clinker

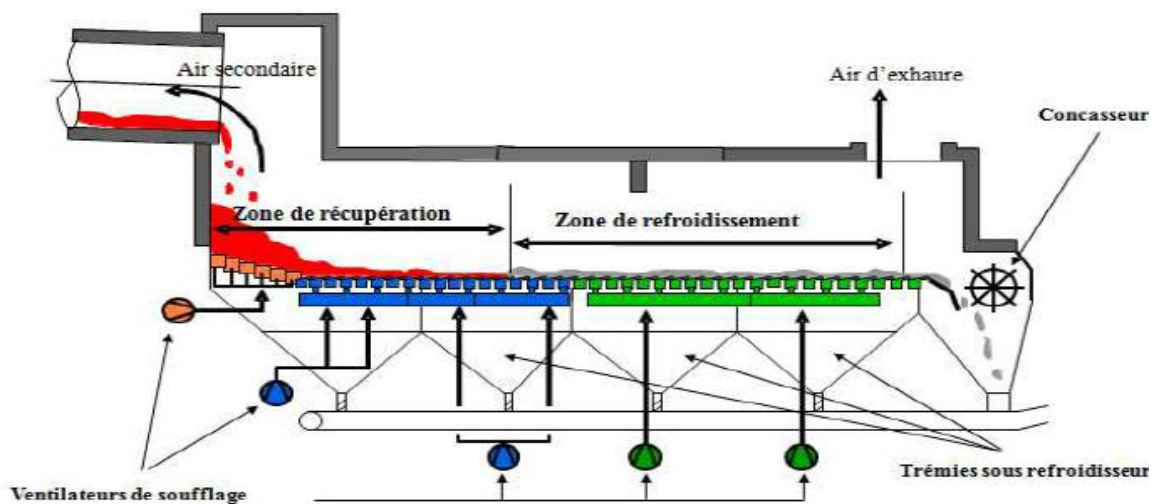
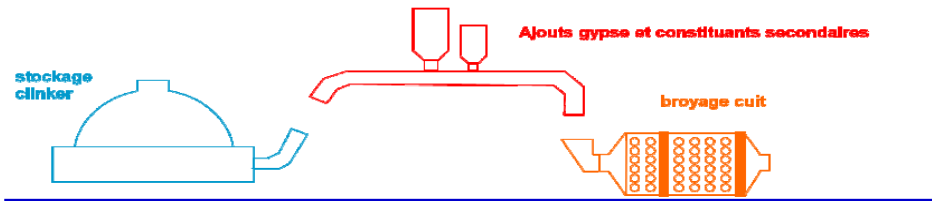


Figure 14:Description du refroidisseur

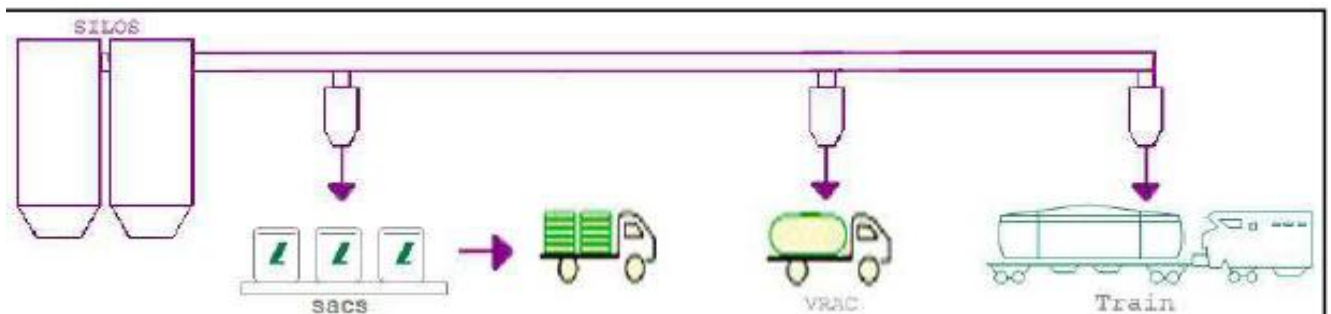
g. Broyage cuit :**Figure 15:Etapes de broyage cuit**

A la sortie du four, le clinker se présente sous forme de granulés. Pour donner naissance au ciment, il doit être finement broyé avec du gypse qui est un régulateur de prise dans des broyeurs à boulet horizontaux.

Les additions ont 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 (CPJ 35 ; CPJ 45 ; CPA 55) : Le séparateur joue un rôle important dans le fonctionnement global de l'atelier ; il n'assure pas la fonction de broyage, mais il augmente l'efficacité du broyeur : il optimise la récupération des fines, permet la détermination de la taille maximale des grains dans le ciment et diminue le temps de rétention dans le broyeur,

**Figure 16:Broyeur (broyage cuit)****h. Ensachage et expédition :**

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de stockage à partir desquels il est expédié soit en sacs, soit en vrac, par camions ou par voie ferrée.

**Figure 17:: Stockage de ciments et expédition.**

CHAPITRE2: ETUDE ET AMELIORATION DU SYSTEME DE VENTILATION

I. Cahier de charge

1. Introduction

Dans le cadre de notre stage de fin d'étude, le service électrique de LAFARGEHOLCIM Meknès nous a confié un sujet intitulé : Automatisation du système de ventilation du **four zone F1** avec l'automate Siemens S7-400.

2. Description du four zone F1 :

Les fours rotatifs de cimenterie sont des cylindres légèrement inclinés dans lesquels les matières premières subissent plusieurs transformations physiques : dissociation, décarbonations, calcination et clinkérisation.

Durant la cuisson, le four est animé par un mouvement de rotation, soumis à une inclinaison légère permettant à la matière de se déplacer facilement vers l'autre extrémité, tout en assurant un transfert de chaleur qui s'élève à 1450 °C, à l'aide d'une flamme à sa sortie.

La matière quitte le cylindre sous forme de gros grains arrondis, le clinker. Le coke de pétrole est insufflé sous forme pulvérulente et chemine en sens inverse de la matière première.

L'inclinaison et la rotation du four permettent le déplacement des matières premières introduites à l'entrée du four à travers la virole vers la sortie de ce dernier sous forme de clinker.

Pour protéger la virole du four et les éléments rapportés et pour éviter des pertes de chaleur excessives, le four rotatif est garni d'un revêtement comme le montre la figure :

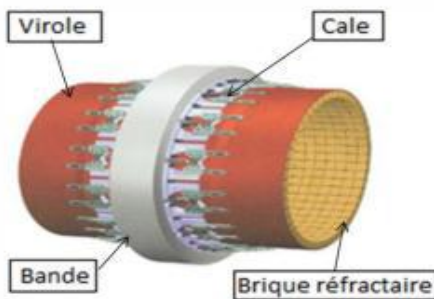


Figure 18: Constituants du four rotatif de cimenterie

- **Virole** : pièce cylindrique creuse, sorte de tube dont la longueur arrive à plusieurs mètres. Il se compose de plusieurs tronçons de différentes tailles, ces tronçons sont assemblés par soudage et sont revêtus par des briques réfractaires

- **Cale** : un objet servant à combler un vide ou à immobiliser une partie mobile afin qu'elle ne puisse plus bouger.
- **Bande** : un composant mécanique utilisé pour le guidage en rotation.
- **Brique réfractaire** : produit qui résiste, par nature, aux températures élevées et est utilisé en revêtement interne de four de cimenterie afin de diminuer les pertes de chaleur de combustion.

Les différentes caractéristiques du four sont regroupées dans le tableau 6 :

Paramètre	Valeur	Unité
Longueur	44	m
Diamètre	4	m
Surface axiale de la tuyère	3 485,2	Mm ²
Surface radiale de la tuyère	5 436,8	Mm ²
Surface coke	11 325,4	Mm ²
Vitesse de rotation	4	Tr/min
Débit coke	7	t/h
Inclinaison	16	%
Température de la flamme	2100	°C
La puissance thermique	28 610	KW
Débit de clinker	160	t/h

Tableau 1:Caractéristiques du four de la cimenterie de Meknès

3. Principe de Fonctionnement du système existant

La température à l'intérieur du four croît au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'entrée, donc il est nécessaire de contrôler en permanence la température à l'intérieur du four. Au moyen d'un capteur de température à proximité à base d'infrarouge placé à côté du four permet de balayer toute la surface du four, récupérer la température en chaque point de la surface du four et envoyer les informations à la salle de control. La valeur de référence de la température maximale de la virole est de 350 °C.

Pour protéger le four et ses éléments contre les températures élevées et assurer que la matière traverse dans les conditions désirées, le four est équipé d'un système de ventilation composé de 19 ventilateurs réparties au-dessous du four qui est divisé en 19 petites intervalles, chaque

ventilateur occupe un petit intervalle



Figure 19:Four zone F1

4. Problématique :

Le système existant est basé sur une procédure effectuée manuellement par un opérateur humain : Lorsque la température dépasse le seuil maximal toléré le contrôleur dans la salle de control renvoi un operateur pour démarrer le ventilateur correspondant au point où la température a dépassé le seuil. Lorsque la température revient à sa valeur normale le contrôleur renvoi de nouveau un opérateur pour arrêter le ventilateur correspondant

Et cela présente plusieurs inconvénients :

- **La commande du système se fait manuellement par des ICV placés au-dessous de chaque ventilateur comme la montre la figure ci-dessus**
- **L'armoire est très proche du four.**
- **Pas de déclenchement et de signalisation des défauts.**
- **Les circuits de commande sont mal organisés et manquent les dispositifs de protection contre les surcharges et les courts circuits.**

Le schéma a bloc suivant montre le système existant :

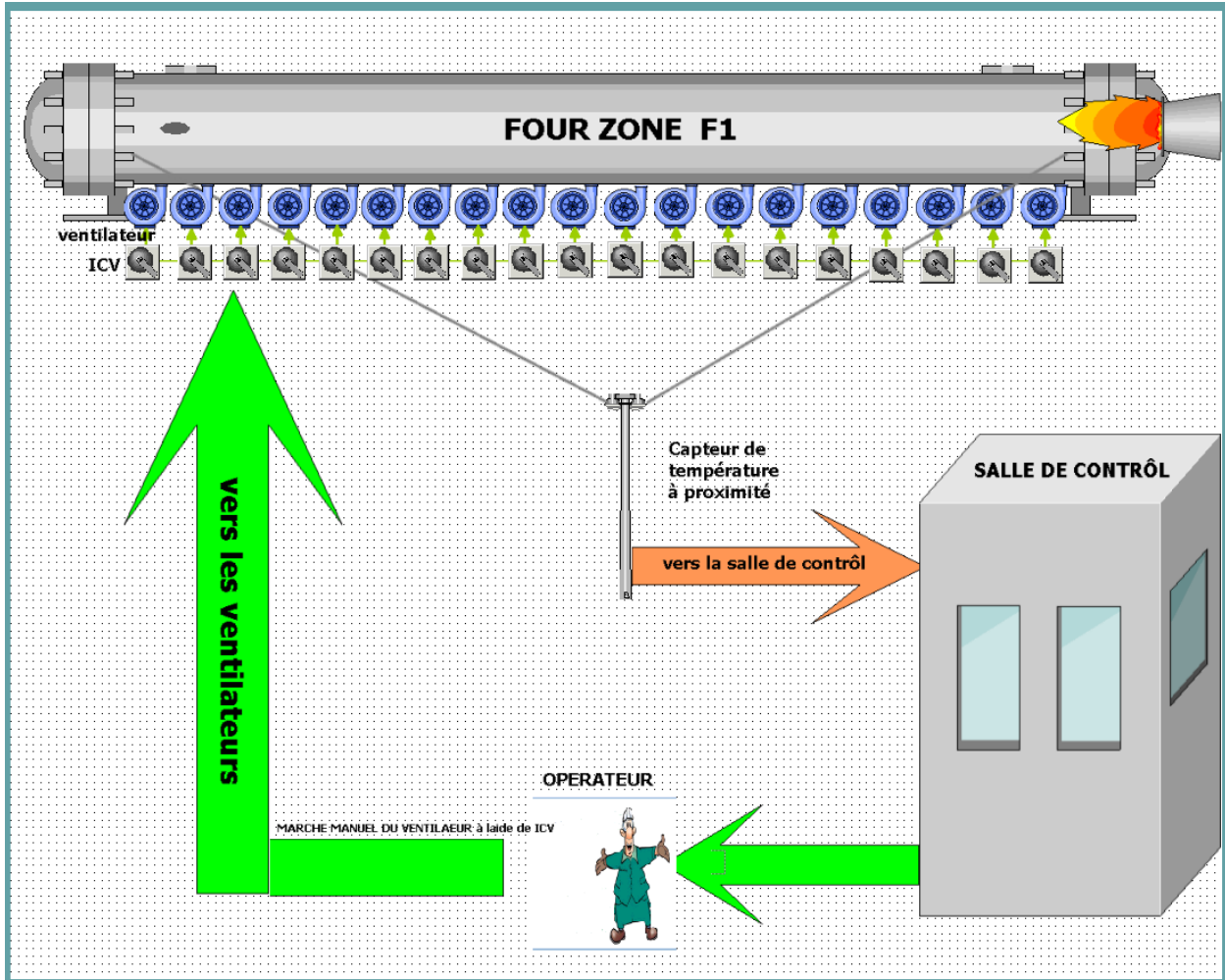


Figure 20:Schéma du système existant

5. Solutions proposées :

Afin de pallier aux problèmes observés dans le système existant et dans l'objectif de faciliter les opérations aux employés de la société, le service d'électricité de la FARGEHOLCIM a proposé les solutions suivantes :

- Automatiser le système de ventilation pour commander les ventilateurs à distance minimiser pour augmenter la sécurité et faciliter les tâches des agents.
- Construire une nouvelle armoire et la déplacer vers un endroit plus sécurisé.
- Utiliser des dispositifs de protections pour protéger le système contre les défauts de tout type.

Le figure ci-dessous illustre le nouveau système:

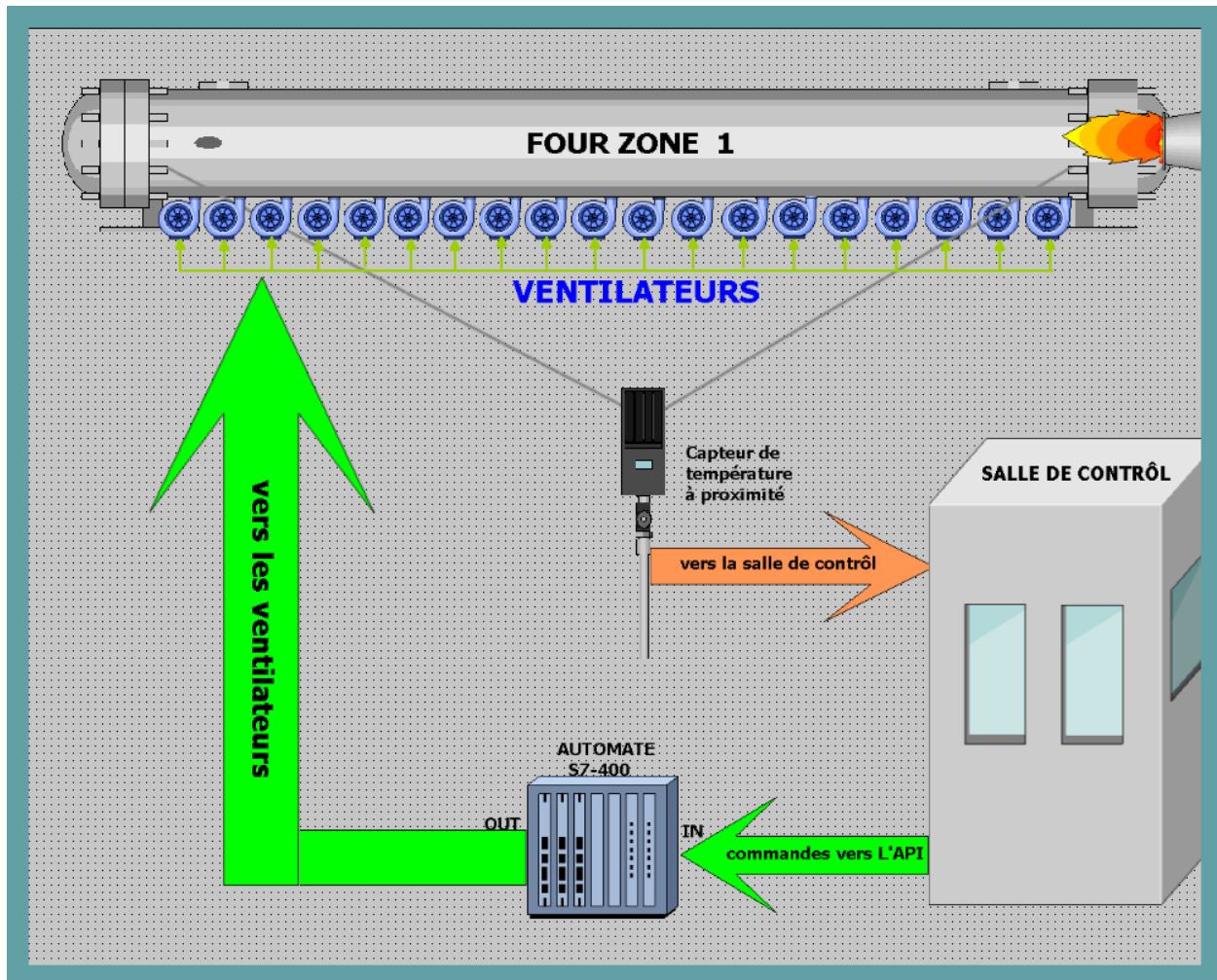


Figure 21 : Schéma de nouveau système

CHAPITRE3: Automatisation et supervision du nouveau système

I. Programme LADDER de l'installation

1. Définition

Ladder Diagramme (LD) où Langage Ladder où schéma à contacts est un langage graphique très populaire auprès des automaticiens pour programmer les automates programmables industriels. Il ressemble un peu aux schémas électriques, en plus il est facilement compréhensible. Ladder est le mot anglais pour échelle, les figures ci-dessous présentent notre programme proposé avec le langage Ladder à l'aide du logiciel STEP 7.

2. Le fonctionnement du programme

Le programme ci-dessous explique le fonctionnement manuel et automatique du système

- **Mode Manuel ou local :**

La marche et l'arrêt du ventilateur se fait par des boutons poussoirs

- **Mode automatique :**

Lorsque la température à l'entrée du comparateur dépasse le seuil maximal et que l'alimentation est disponible, (dispo=1,), le ventilateur démarre et reste en marche jusqu'à ce que la température devienne inférieure au seuil minimal.

Le système comporte 19 ventilateurs chacun possède 3 entrées et une sortie

Les entrées sorties de l'automate sont représentées sur la figure suivante :

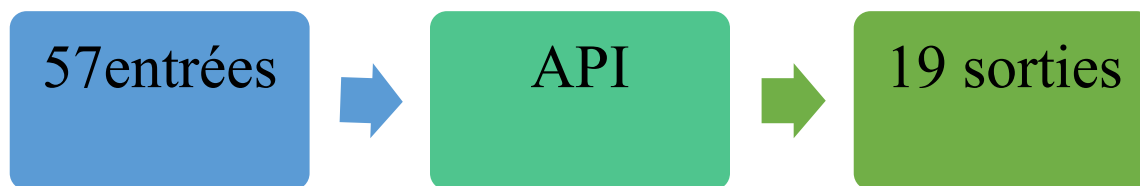


Figure 22 : Les entrée / sorties du système

Liste des entrées /sorties pour un seul ventilateur est la suivante :

LES ENTREES	LES SORTIES
-------------	-------------

E0.0 : Ordre de marche	A0.0 : Moteur
E0.2 : Réponse de marche	
E0.1 : DISPO	

Tableau 2 : Les entrées sorties pour un seul ventilateur

La table des mnémoniques est représentée ci-dessous :

Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
Automatique	M 0.5	BOOL	Bit mémoire à l'entrée 1 du bloc SEL
Bouton Marche	E 0.0	BOOL	Permet de demarrer le ventilateur en mode manuel
Dispo	E 0.1	BOOL	disponibilité
Bouton Arrêt	M 2.1	BOOL	Permet d'arrêter le ventilateur en mode manuel
Maintien	M 1.0	BOOL	sortie=1 l'orsque la RM est mise à 1 avant 5 secondes.
Manuel	M 0.6	BOOL	Bit mémoire à l'entrée 0 du bloc SEL
OM Man	M 0.0	BOOL	Sortie activée si on appui sur le bouton marche en mode manuel
mode choisi	M 0.1	BOOL	sortie=1 si on choisit le mode auto,et désactivé si on choisit le mode manuel
OM Auto	M 1.1	BOOL	Sortie=1 si la température dépasse le seuil maximal
Pas de R.M	M 0.7	BOOL	Sortie=1 si la on n'obtient pas la R.M dans 5 secondes
PROJET	OB 1	OB 1	
Réponse Marche	E 0.2	BOOL	Contact NO du contacteur
Res.Inf	M 0.3	BOOL	sortie du comparateur
Res.Sup	M 0.2	BOOL	sortie du comparateur
SEL	FC 36	FC 36	
Selecteur.Mode	M 0.4	BOOL	Switch permet de selectionner entre le mode manuel et automatique
Seuil Max	MD 4	REAL	Seuil maximal de température
Seuil Min	MD 0	REAL	Seuil minimal de température
Température	MD 200	REAL	Valeur de température
Temporisateur	T 1	TIMER	Permet d'arreter le ventilateur si la R.M ne vient pas dans 5 secondes
Ventilateur	A 124.0	BOOL	

Tableau 3 : Tableaux des mnémoniques

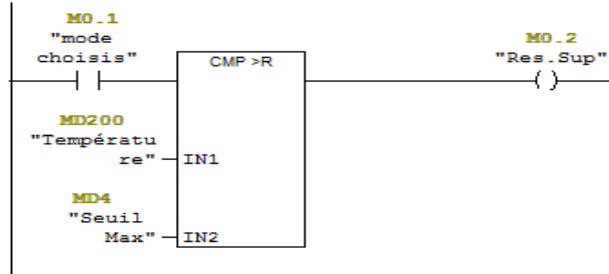
Le programme ladder ci-dessous montre qu'on peut choisir entre deux modes : soit le mode manuel ou le mode automatique, en utilisant un commutateur (switch).

- Si on est en mode manuel et on appui sur le bouton marche avec dispo=1, le ventilateur se met en marche et reste activé jusqu'on appui sur le bouton d'arrêt.
- En mode automatique (mode choisi=1), Si la température à l'entrée IN1 du comparateur >R, est supérieure au seuil maximal, la sortie « Res.Sup » est mise à 1 et le ventilateur se met en marche cela permet de diminuer la température, si cette dernière devienne inférieure au seuil minimal à l'entrée IN2 du comparateur <R, la sortie « Res.inf » est mise à 1, le ventilateur s'arrête.

les 19 ventilateurs ont le même programme ladder.

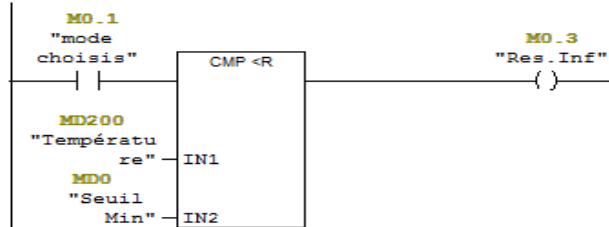
Réseau 1 : Titre :

COMPARAISON DE LA VALEUR de TEMPERATURE AVEC LE SEUIL MAX



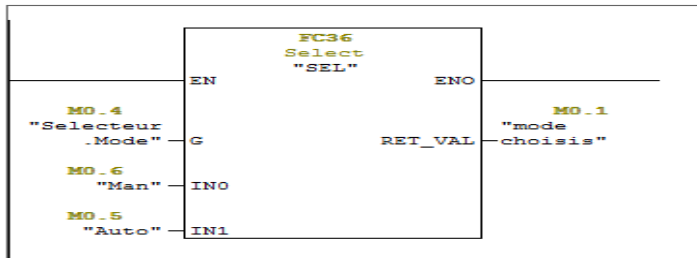
Réseau 2 : Titre :

COMPARAISON DE LA VALEUR de TEMPERATURE AVEC LE SEUIL MIN



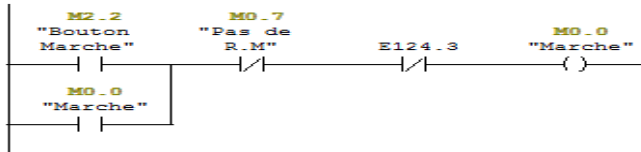
Réseau 3 : SELECTION DE MODE

MODE AUTO=1 / MODE MANUEL=0
LE MODE CHOISIS PREND 1 OU 0



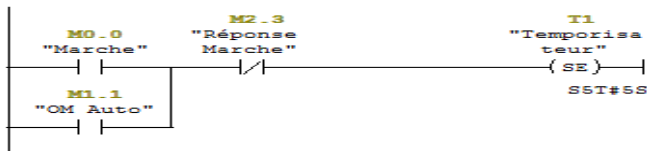
Réseau 4 : Titre :

Commentaire :



Réseau 5 : Titre :

Commentaire :



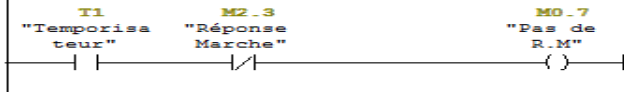
Réseau 6 : Titre :

Commentaire :



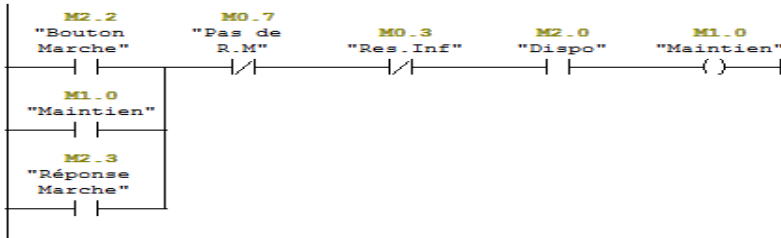
Réseau 7 : Titre :

Commentaire :



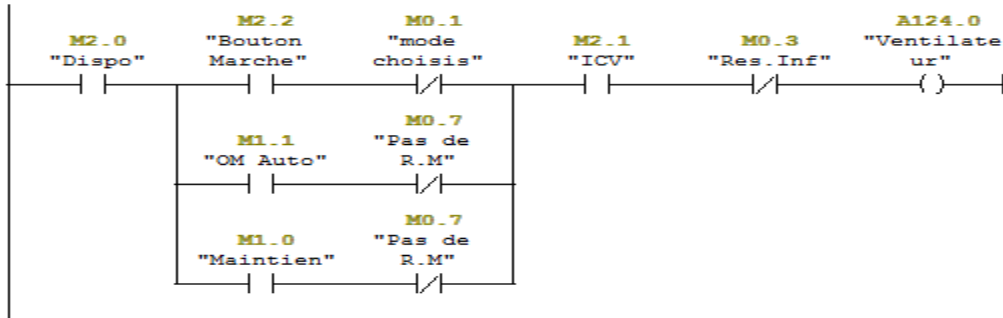
Réseau 8 : Titre :

Commentaire :



Réseau 9 : Titre :

Commentaire :



Réseau 10 : Titre :

Commentaire :

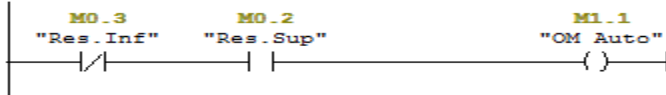


Figure 23 :Programme ladder de la commande d'un seul ventilateur

II. Supervision du système par Win CC

1. Supervision sur Win CC flexible Advanced :

WinCC flexible Runtime est un logiciel performant pour la supervision du processus des projets créés avec le logiciel de configuration Win CC flexible Advanced

Les étapes suivies pour superviser le système traité, sont décrits ci-dessous :

- Installer le logiciel
- Créer un nouveau projet et l'intégrer avec Step 7.

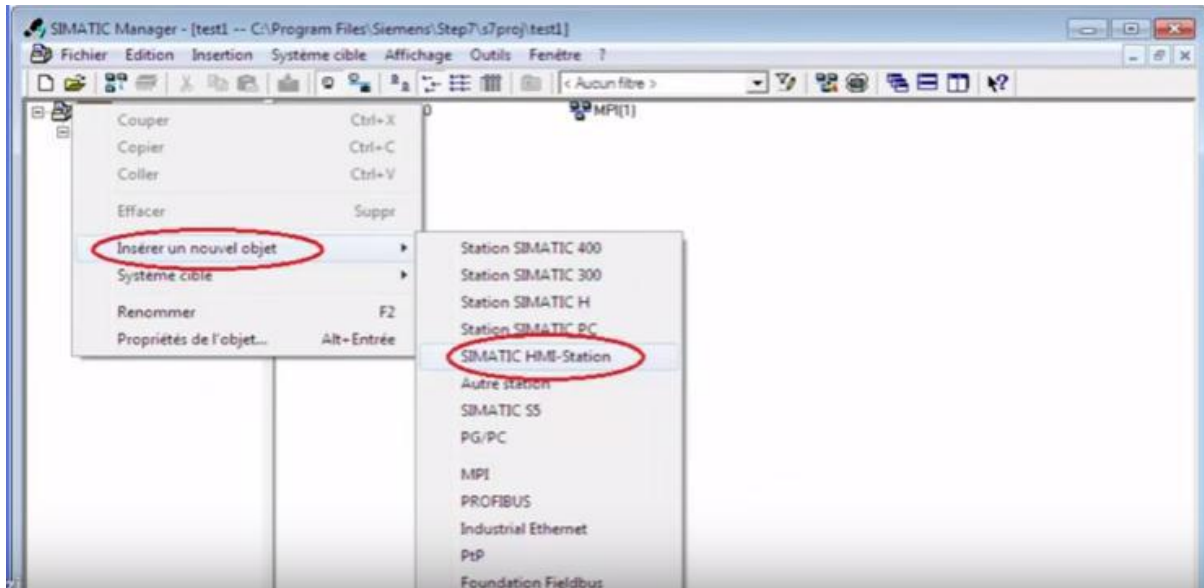


Figure 24 : la communication entre step7 et WinCC étape1

- Faire une liaison entre le programme et sa supervision.

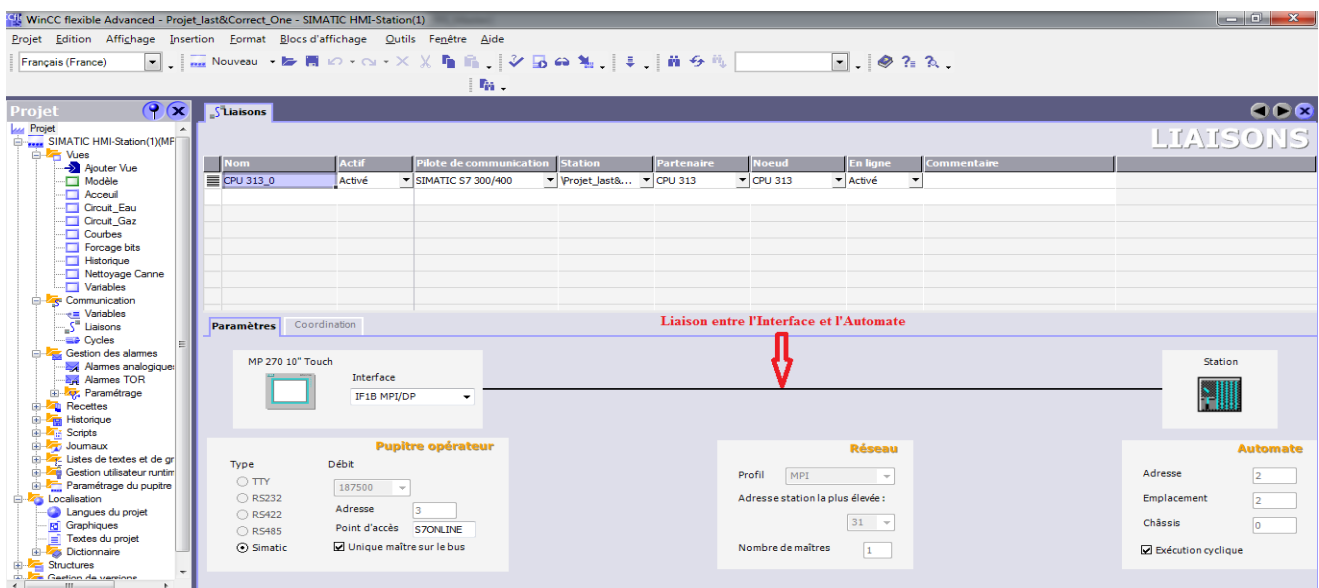


Figure 25 : La communication entre step7 et WinCC étape2

- Affecter les variables correspond à chaque matériel utilisé dans la chaine.

2. Synoptique du système

Le schéma synoptique de notre système à superviser est illustré dans la figure suivante :

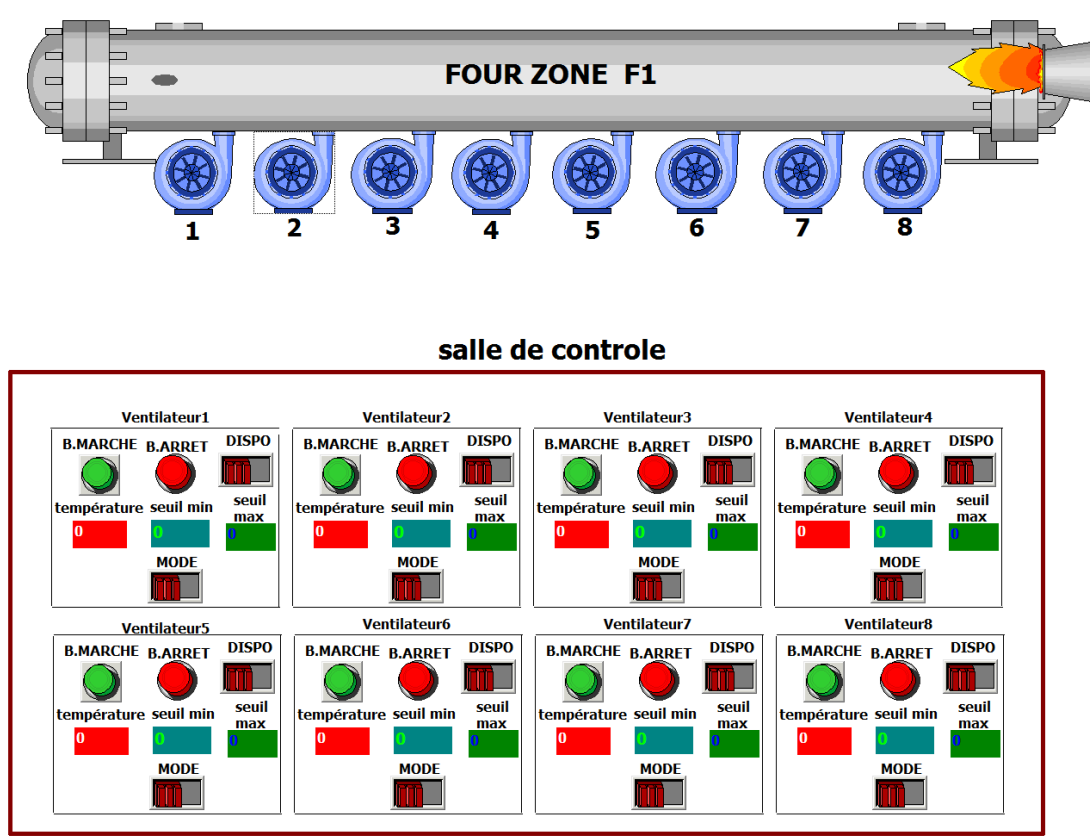


Figure 26 : Schéma synoptique du système de ventilation

CHAPITRE4: Réalisation de l'armoire

Introduction :

Après la description du fonctionnement du système avec ses éléments, nous allons procéder à sa réalisation.

Dans ce chapitre nous devons définir les outils de réalisation de l'armoire de commande de notre système. L'installation triphasé est composée de 26 ventilateurs : 19 utilisés et 7 sont des ventilateurs réserves.

I. Réalisation de L'armoire de commande.

1. Dimensionnement des câbles

a. Méthodologie

L'ensemble d'un circuit électrique (conducteurs et protections associées) est déterminé de manière à satisfaire toutes les contraintes de fonctionnement.

L'étude de l'installation consiste à déterminer précisément les canalisations et leurs protections électriques en commençant à l'origine de l'installation (source) pour aboutir aux circuits terminaux(récepteurs).

Chaque ensemble constitué par la canalisation et sa protection doit répondre simultanément à plusieurs conditions qui assurent la sûreté de l'installation :

- Véhiculer le courant d'emploi permanent et ses pointes transitoires normales.
- Ne pas engendrer de chutes de tension susceptibles de nuire au fonctionnement de certains récepteurs

(Période de démarrage d'un moteur par exemple).

En outre, la protection (disjoncteur ou fusible) doit :

- Protéger la canalisation pour toutes les surintensités ;
- Assurer la protection des personnes contre les contacts indirects.

b. Démarche :

La figure suivante illustre la démarche de la détermination des sections des câbles :

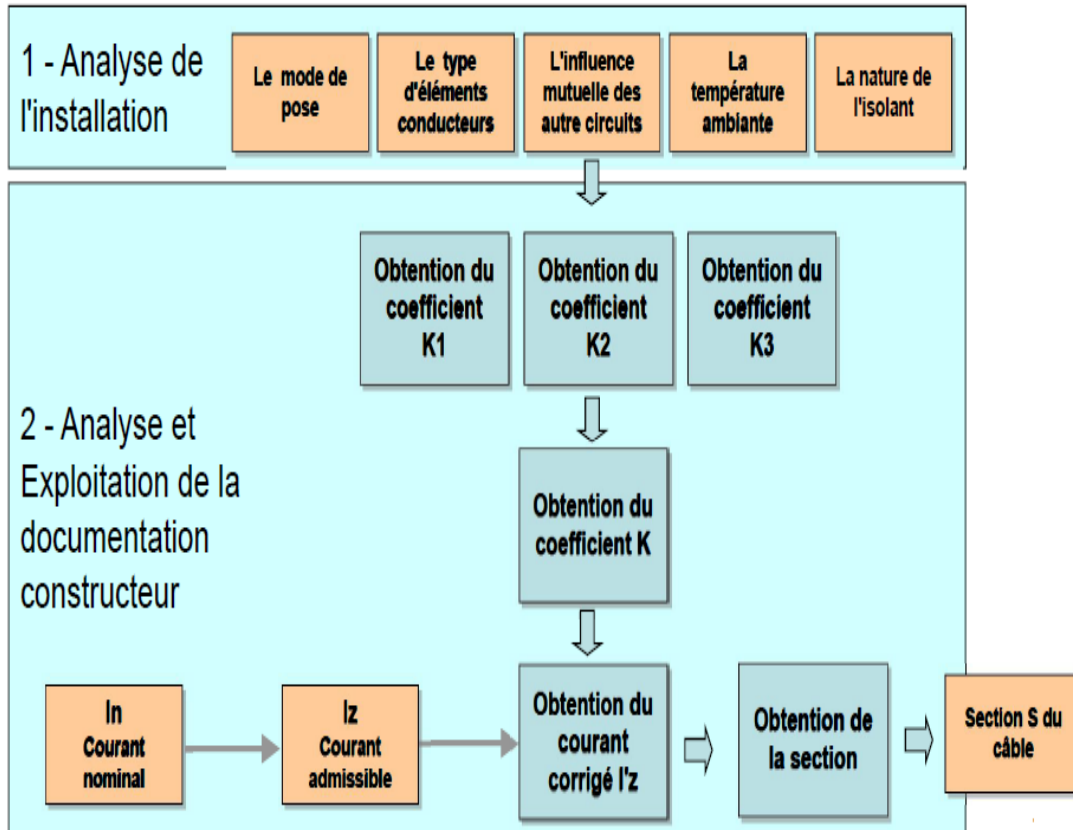


Figure 27 : La démarche de détermination des sections des câbles

c. Détermination de la section du câble à l'entrée de l'armoire

L'installation triphasé est composée de 26 ventilateurs dont 7 sont des ventilateurs réserves.

➤ Calcul du courant d'emploi :

Le courant d'emploi est donné par la formule suivante :

$$I_b$$

- S : La puissance apparente
- U : La tension nominale d'utilisation=380V

Pour calculer le courant d'emploi du disjoncteur principale, nous allons d'abord calculer la puissance active, la puissance réactive, et la puissance apparente.

➤ Puissance active totale :

Est la puissance qui se transforme en énergie mécanique (rotation du rotor), on pourrait la qualifier 'd'utile' se nomme 'P' elle s'exprime en Watt(W) par la formule suivante :

$$P = \phi \text{ (en régime triphasé)}$$

- L'énergie active d'un seul ventilateur est : **P=3KW**
- L'installation triphasée comporte 26 moteurs donc : **P_t=26*3=78KW**

➤ Puissance Réactive totale :

Elle traduit les échanges d'énergie électrostatique et électromagnétique entre la source et les réactances du récepteur (capacité ou inductance). Elle s'exprime en Volt Ampère réactif (VAR).

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin(\omega) \text{ (en régime triphasé)}$$

Après le calcul, on trouve : $Q_t = 46.28 \text{ KVAR}$

➤ Puissance apparente :

C'est la puissance de dimensionnement elle rassemble la puissance active et réactive se nomme 'S' elle s'exprime en Volt Ampère (VA) par la relation suivante :

$$S =$$

P_t et Q_t représente respectivement la puissance active totale et la puissance reactive totale

Le calcul donne : $S = 90696 \text{ VA}$

Donc : $I_b = 130.9 \text{ A}$

A partir du courant d'emploi on peut déterminer le courant nominal du disjoncteur à utiliser. In est le courant normalisé, il doit être supérieur à I_b

Calibre Normalisé (A)	5	8	10	16	20	25	32	40	50	63	70	80	100	125	160	320	400	..
-----------------------------	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	----

Tableau 4 : LES CALIBRES NORMALISES DES DISJONCTEURS

Pour notre cas, le disjoncteur principal à choisir est celui de $I_n = 160 \text{ A}$.

➤ Le courant admissible I_z :

Le courant admissible I_z dépend de plusieurs conditions : Le mode de pose des câbles, la nature des conducteurs et la température.

On sait que : $I_z = I_n$ du disjoncteur

Pour les câbles non enterrés : $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ avec K le facteur de correction, et pour les câbles enterrés : $K = K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7$

Donc le choix de la nature des câbles (en cuivre) s'est porté sur le polyéthylène réticule.

➤ Le courant admissible I_z' :

Est exprimé par la formule suivante : $I_z' =$

- Selon le tableau 9 et 10 (annexe1) $K1=1$,La lettre E a été choisie parce que les câbles utilisés sont multiconducteurs.
- Selon le tableau 11 (annexe1) le facteur de correction $K2=0.82$, le nombre de câble=3 (3phases) On a des câbles perforés espacé.
- Selon le tableau 12 (annexe1) le facteur de correction $K3=0.91$, la température ambiante $T=40^{\circ}$.

Donc : **$Iz'=214.41A$**

➤ La section minimale du câble :

Le calcul du courant admissible nous permet de déterminer facilement la section minimale requise du câble et supportant le courant d'emploi. Cette section est donnée dans le tableau 13 (annexe1) suivant la valeur du courant Iz' , le mode de pose et la nature de l'isolant.

La section minimale du câble de l'installation est : **$S=70mm^2$**

➤ Détermination de la chute de tension

La norme NFC15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point D'utilisation n'excède pas les valeurs suivantes :

	Eclairage	Autres usages (forces motrices)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3 %	5 %
Alimentation par poste privé HT / BT	6 %	8 %

Tableau 5 : Chute de tension maximale entre l'origine de l'installation BT et l'utilisation

Cette chute de tension s'entend en service normal (en dehors des appels de courant au démarrage des moteurs) et lorsque les appareils susceptibles de fonctionner simultanément sont alimentés.

Lorsque la chute de tension est supérieure à ces valeurs, il sera nécessaire d'augmenter la section de certains circuits jusqu'à ce que l'on arrive à des valeurs inférieures à ces limites

Le tableau ci-dessous donne les formules usuelles qui permettent de calculer la chute de tension dans un circuit

Formules de calcul de chute de tension

alimentation	chute de tension (V CA)	en %
monophasé : deux phases	$\Delta U = 2 I_B L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	$100 \Delta U / U_n$
monophasé : phase et neutre	$\Delta U = 2 I_B L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	$100 \Delta U / V_n$
triphasé : trois phases (avec ou sans neutre)	$\Delta U = \sqrt{3} I_B L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	$100 \Delta U / U_n$

Tableau 6 : Formules chute de tension

Conducteurs :

La résistance du conducteur : $R=$

L : La longueur en Km

S : La section en mm^2

ρ : La résistivité du conducteur en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{Km}$ (Pour le cuivre $\rho=22.5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{Km}$)

donc on peut négliger la résistivité pour les sections inférieures à 50 mm^2 .

Chute de tension

Chute de tension en triphasé est donnée par la formule suivante:

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \phi + X \cdot I \cdot \sin \phi$$

On a :

- $X=0.09L$ (**câbles uni-jointifs**) Ou $X=0.13L$ (**câbles uni-espacés**)
- $L=100\text{m}=0.1\text{km}$
- $\cos \phi=0.86$

Après le calcul, on trouve : $\Delta U=6.801\text{V}$

En %: $\Delta U (\%)=6.801 \cdot 100/400$

$=1.7\% < 5\%$ Bon fonctionnement

d. Détermination de section de câble pour chaque moteur :

Pour déterminer la section du câble pour chaque moteur, on suit les mêmes étapes que nous avons déjà fait en section du câble pour l'installation.

➤ COURANT D'EMPLOI

$$I_b=7\text{A}$$

D'après les calibres normalisés du disjoncteur on $I_n=8\text{A}$

➤ COURANT ADMISSIBLE I_z :

$$I_z=I_n=8\text{A}$$

$$K=K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

- Selon le tableau 9 et 10 (annexe1) $K_1=1$. La lettre E a été choisie parce que les câbles utilisés sont **multiconducteurs**.
- Selon le tableau 11 (annexe1) le facteur de correction $K_2=0.82$, et le nombre de câble=3 (3phase), on a des câbles **perforés espacé**.
- Selon le tableau 12 (annexe1), le facteur de correction $K_3=0.91$, et la température ambiante $T=40^\circ$.

Donc : $I_z'=10.72\text{A}$

➤ SECTION POUR CHAQUE CÂBLE :

Cette section est donnée dans le tableau 13 (annexe) suivant la valeur du courant I_z' , le mode de pose et la nature de l'isolant.

Donc la section minimale des câbles est : $S=1.5\text{mm}^2$

2. Schémas de puissance et de commande

Tous les matériels intervenant dans ce cycle sont contrôlés par une armoire électrique qui contient un disjoncteur principal, relié à plusieurs disjoncteurs qui sont reliés à leur tour à des sectionneurs puis à des contacteurs et pour finir à des moteurs.

La figure ci-deus résume le schéma de puissance et de puissance pour un seul ventilateur :

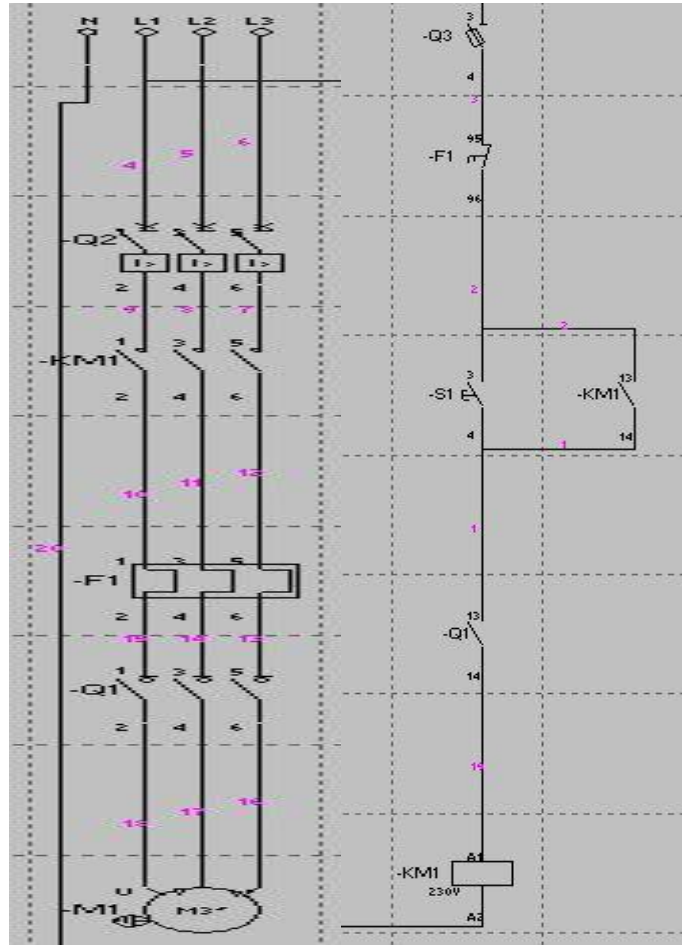


Figure 28 :schéma de puissance et de commande d'un seul ventilateur

3. Choix de matériels.

Pour réaliser l'armoire, nous aurons besoin de différents matériels dont nous présentons comme suit

- Intégral composé d'un contacteur+disjoncteur+relais magnétothermique LUCD12FU :

Commande et protection du moteur (surcharge et court-circuit).

➤ Disjoncteur sectionneur NR100F

Il permet d'Isoler tout ou partie d'installation(sectionneur) et protection contre les surcharge de tout type ouvre le circuit en défaut(disjoncteur).

➤ Moteur de Puissance 3KW siemens :

Il converti l'énergie électrique en énergie mécanique.

Plaque signalétique du moteur :

Puissance : 3KW
Tension nominale : 380V
Courant nominal : 6A
Vitesse nominale :3000 tr/min
Cos ϕ : 0.86
Fréquence :50Hz

➤ Transformateur :

Il permet d'élever ou d'abaisser le niveau de la tension. Il est constitué d'un circuit magnétique et de deux circuit électriques (primaire et secondaire).

➤ ET-200M

Modules d'entrée sortie : 4 modules de 8 sorties chacun et 2 modules de 32 entrées.

➤ **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.....

Pour plus de détails sur les caractéristiques de automate S7 400 Voir Annexe2.

4. Liste des achats.

Pour Les achats du matériel, nous allons faire **une estimation des prix des disjoncteurs, relais d'interface de l'armoire ...**

Matériel	Nombre de matériel	de Marque	Référence	Prix(pour un seul composant)
Disjoncteur sectionneur	1	Merlin Gerin	NR100F	1 935,75 MAD

Intégral	26	SHNEIDER ELECTRIC	LUCD12FU	859,43 MAD
Moteur	26	SIEMENS	_____	8 206,24 MAD
ET 200M	1	SIEMENS	153-1AA03- 0XB0	3 121,48 MAD
Profibus	1	SIEMENS	US S10-100	14,21 MAD (1mètre)
S7 400	1	SIEMENS	6ES7 413- 2xG01-0AB0	32 220,20 MAD

Tableau 7 : Estimation des prix de quelques matériels de l'armoire

➤ Estimation de prix pour les câbles :

Le tableau ci-dessous présente la matière principale , la section , la longueur et le prix des câbles :

Section des câbles (mm²)	La matière principale	Longueur (m)	Prix(pour un mètre)
1.5	CUIVRE	15	7.85 MAD
70	CUIVRE	100	70.76MAD

Tableau 8: Estimation de prix pour les câbles .

Conclusion Générale :

Le stage est une période très déterminante pour tous ceux qui espèrent attaquer le monde professionnel. Il constitue aussi une phase concluante dans la vie des stagiaires.

Ce stage effectué au sein de LafargeHolcim Meknès nous a permis de voir de plus près la vie professionnelle et de mettre en pratique les théories acquises durant toute notre formation.

Ce projet a eu pour objet d'élaborer d'une part un programme d'automatisme qui permet de commander les ventilateurs de four située à zone F1 afin de réduire l'intervention de l'être humain et le nombre des accidents et éviter tout risque de défaut et de pertes de temps, d'autre part, établir une solution de conduite et de supervision qui permet d'acquérir les données tels que : mesures, alarmes, retour d'état de fonctionnement... autrement dit, elle permet la surveillance du bon fonctionnement de ce système.

Dans ce sens, nous avons commencé par une description complète et une explication détaillée de la logique de fonctionnement du système d'analyse des Gaz dans le four 1, Ainsi, une description des différents composants du système.

Ensuite, nous avons traduit le cahier des charges en grafcet ladder enfin nous avons réalisé un programme d'automatisation dans step7 avec des simulations dont le but de valider le travail.

Finalement, nous avons établi une solution de conduite et de supervision à l'aide de WinCC flexible afin de bien contrôler ce système.

Et comme perspectives, après la validation du programme, il sera par la suite implémenté dans l'automate afin d'améliorer le fonctionnement de la cabine.

Au terme de ce travail, On peut conclure que LafargeHolcim Meknès dispose d'un système puissant de commande et de gestion de tous ses ateliers, mais malgré ce suivi quotidien, il faut toujours penser à optimiser chaque installation pour atteindre son optimum, afin d'assurer sa bonne marche et une meilleure exploitation de ces équipements et ressources.

Références :

Webographie :

[1]. <http://www.lafargeholcim.com/lafargeholcim-at-a-glance>

[2]. http://www.buehler-technologies.com/analyse_de_gaz/produits/sonde_de_prelevement/index.html?L=2

- [3]. <https://www.youtube.com/watch?v=Asa6miVcUKA>
- [4]. http://www.univ-reims.fr/minisite_80/descriptif-du-materiel/descriptif-du-materiel,9506,27016.html
- [5]. https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/fr/brochure_simatic-controller_overview_fr.pdf
- [6]. <http://www.e-cours.com/search/label/automatisme>
- [7]. http://www2.ac-lyon.fr/lyc69/descartes/IMG/pdf/Affiche_Pt100v3.pdf
- [8]. <http://ww2.ac-poitiers.fr/electrotechnique/spip.php?article272>
- [9]. <https://www.youtube.com/watch?v=XpkAWKCSQ8g>
- [10]. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/036/108210036/att_916451/v1/s71500_pid_control_function_manual_frFR_fr-FR.pdf

Bibliographie :

- ✧ Guide de conception des réseaux électriques industriels – Schneider Electric
- ✧ Pr El Markhi hassan cour Electrotechnique LST GE 2017-2018
- ✧ Pr El Markhi hassan cour automatisme industriels LST GE 2017-2018
- ✧ Documents de LafargeHolcim de Meknès

ANNEXE 1

Lettre de sélection

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré ■ sous vide de construction, faux plafond ■ sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles 	B
	<ul style="list-style-type: none"> ■ en apparent contre mur ou plafond ■ sur chemin de câbles ou tablettes non perforées 	C
câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	E
câbles monoconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> ■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé ■ fixés en apparent, espacés de la paroi ■ câbles suspendus 	F

Tableau 9 : lettre de sélection

Facteur de correction K1

lettre de sélection	cas d'installation	K1
B	■ câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	■ câbles multiconducteurs	0,90
	■ vides de construction et caniveaux	0,95
C	■ pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	■ autres cas	1

Tableau 10 : DETERMINATION DU COEFFICIENT DE CORRECTION K1

Facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70		
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Tableau 11 : DETERMINATION DU COEFFICIENT DE CORRECTION K2

Facteur de correction K3

températures ambiantes (°C)	isolation élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	–	0,61	0,76
60	–	0,50	0,71

Tableau 12 : DETERMINATION DU COEFFICIENT DE CORRECTION K3

lettre de sélection	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)									
	caoutchouc ou PVC					butyle ou PR ou éthylène PR				
	B	PVC3	PVC2			PR3	PR3	PR2		
	C		PVC3			PVC2	PVC2	PR3	PR2	
	E			PVC3						
	F				PVC3	PVC2	PVC2	PR3	PR2	PR2
section	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
cuivre	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
(mm²)	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
	500					749	868	946		1 083
	630					855	1 005	1 088		1 254

Tableau 13 : LA SECTION DES CABLES

cos φ = 0,85																
câble	cuivre															
S (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
In (A)																
1	0,5	0,4														
2	1,1	0,6	0,4													
3	1,5	1	0,6	0,4												
5	2,6	1,6	1	0,6	0,4											
10	5,2	3,2	2	1,4	0,8	0,5										
16	8,4	5	3,2	2,2	1,3	0,8	0,5									
20		6,3	4	2,6	1,6	1	0,6									
25		7,9	5	3,3	2	1,3	0,8	0,6								
32			6,3	4,2	2,6	1,6	1,1	0,8	0,5							
40			7,9	5,3	3,2	2,1	1,4	1	0,7	0,5						
50				6,7	4,1	2,5	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5					
63				8,4	5	3,2	2,1	1,5	1,1	0,8	0,6					
70					5,6	3,5	2,3	1,7	1,3	0,9	0,7	0,5				
80					6,4	4,1	2,6	1,9	1,4	1	0,8	0,6	0,5			
100						5	3,3	2,4	1,7	1,3	1	0,8	0,7	0,65		
125							4,4	3,1	2,2	1,6	1,3	1	0,9	0,21	0,76	
160								5,3	3,9	2,8	2,1	1,6	1,4	1	0,97	0,77
200								6,4	4,9	3,5	2,6	2	1,6	1,3	1,22	0,96
250									6	4,3	3,2	2,5	2,1	1,7	1,53	1,2
320										5,6	4,1	3,2	2,6	2,3	2,1	1,95
400										6,9	5,1	4	3,3	2,8	2,6	2,44
500											6,5	5	4,1	3,5	3,2	3

Tableau 14 : LA CHUTE DE TENSION

ANNEXE2

Automatisation avec step7 :

Automate S7 400.

Les caractéristiques principales des automates programmables industriels (API) Siemens S7-400 sont les suivantes :

Il s'agit d'un matériel multiprocesseur :

- un processeur logique (bit processor)**
- un processeur pour les opérations arithmétiques (word processor)**
- un processeur dédié à la régulation de type PID**
- un processeur dédié à la gestion des communications**

Le logiciel Siemens S7 permet une programmation multi langages, c'est-à-dire qu'il peut être Programmé dans plusieurs langages différents, qui peuvent être même mélangés dans un Même programme (mais pas dans une même sous-routine) :

- Liste d'instructions ou Instruction List (IL)**
- Langage à contacts ou Ladder diagramm (CONT)**
- Logigramme ou Functional Block (LOG)**

Le mode séquentiel est accessible :

- soit en utilisation une programmation en GRAFCET directement
- soit en créant une séquence d'exécution.

PRINCIPE DE LA PROGRAMMATION EN S7

Structure du programme :

La programmation structurée permet la rédaction claire et transparente de programmes. Elle permet la construction d'un programme complet à l'aide de modules qui peuvent être échangés et/ou modifiés à volonté.

Pour permettre une programmation structurée confortable, il faut prévoir plusieurs types de modules : les modules d'organisation (OB), de programmes (FB), fonctionnels (FC), de pas de séquences (SB), de données (DB).

Les modules de programmes (FC) servent à subdiviser le programme en parties fonctionnelles et/ou orientées vers le "processus".

Les modules de données (DB) contiennent des données variables, textes, valeurs de temporisations ou de comptage, résultats de calculs, etc. et sont accessibles et actualisables à tout moment.

Les modules séquentiels (SB) sont spécialement utilisés pour effectuer des séquences selon Grafcet. Les paramètres d'entrées y seront les conditions d'avancement d'un pas de séquence et les paramètres de sorties, les ordres à exécuter lorsque ces conditions seront vérifiées.

Les modules d'organisation (OB) sont, comme leur nom l'indique, utilisés pour l'organisation interne du programme et forment ainsi un moyen puissant et essentiel pour la programmation structurée.

Ils servent par exemple au déroulement cyclique du programme principal, à l'exécution de programmes d'interruption par des fonctions d'alarmes ou de temps, ou par des fonctions diagnostic interne autant du point de vue hardware que software du système complet.

Ce dernier point est surtout un élément essentiel pour des systèmes complexes.

Ainsi, une chute de tension, une défectuosité des cartes d'entrées/sorties, un dépassement du temps de cycle, des erreurs d'adressage, etc. peuvent être détectés, signalés et la réaction du système suite à ces défauts, peut être librement programmée.

Les modules fonctionnels (FB) sont librement paramétrables spécialement conçus pour la standardisation de fonctions complexes et revenant souvent.

S'il faut commander par exemple une cinquantaine de vannes à l'aide d'un automate, on ne programmera qu'une fois ce programme de commande et de surveillance de vannes avec des paramètres symboliques dans un module fonctionnel. Ensuite, on appellera 50 fois ce module dans le programme principal et à chaque fois on y adjoindra d'autres entrées et d'autres sorties étant donné le caractère de substitutions des paramètres.

En résumé on distingue plusieurs types de blocs:

- **Les blocs d'organisation : OB**

On retiendra principalement l'OB1 qui est examiné à chaque cycle d'automate. C'est donc à partir de ce bloc que l'on fera les appels aux différents blocs de programmes.

L'OB100 et l'OB101 sont uniquement appelés aux démarrages (respectivement à chaud et à Froid). On y appellera donc les blocs traitant les initialisations.

- **Les fonctions : FC**

C'est dans ces blocs que l'on va mettre les instructions à exécuter. La numérotation est libre (de 0 à 255). Ces blocs n'ont pas de mémoire.

- **Les blocs de fonction : FB**

Ces blocs sont paramétrables. On peut passer des données en créant des DB d'instance Associés à un seul FB pour le passage de paramètres. La numérotation est libre (de 0 à 255). Ils peuvent être très utiles pour réduire le code en créant des DB d'instance associés à un seul FB avec passage de paramètres.

- **Fonctions systèmes SFC**, les blocs fonctionnels systèmes SFB, les blocs fonctionnels de

Communication CFB

UTILISATION DE LA CONSOLE

Les automates de la série 7 se programment grâce au logiciel STEP 7 sous Windows (95, 98, NT ou 200). La liaison entre la console et l'automate se fait au moyen du réseau MPI.

Lancement du logiciel de programmation :

Il faut lancer le SIMATIC Manager.

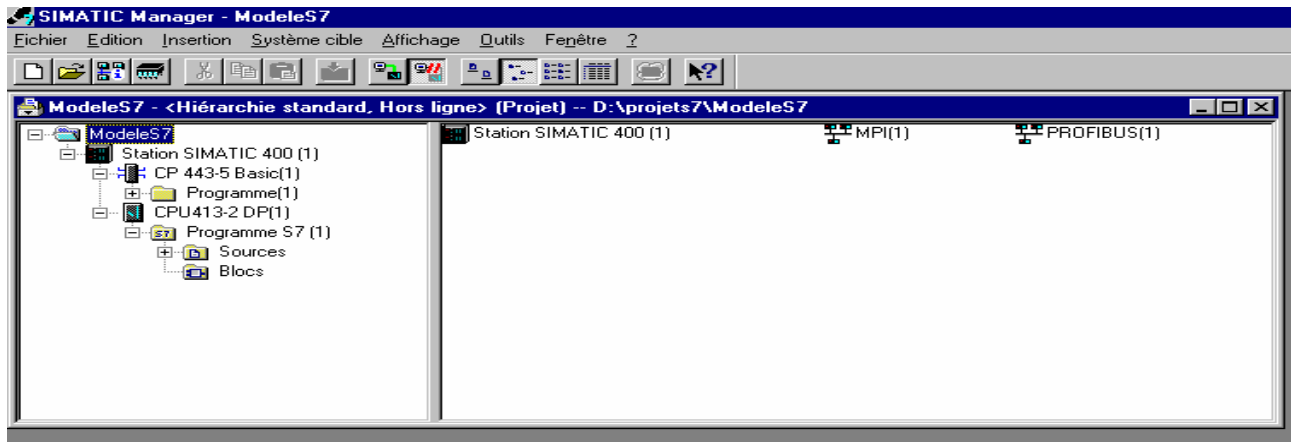


Figure 29 : Simatic S7 manager

Les programmes sont mémorisés et regroupés en PROJETS. Dans un projet, il y a plusieurs niveaux :

- Au niveau 1, on trouve le nom de projet (ex : balle97). Le projet contient d'une part les stations connectées (Station SIMATIC 400 1) et le ou les réseaux configurés (réseau MPI (1)).
- Au niveau 2, on accède à la définition de la station : le type de CPU (CPU 413-2 DP) et la station de configuration (Matériel).

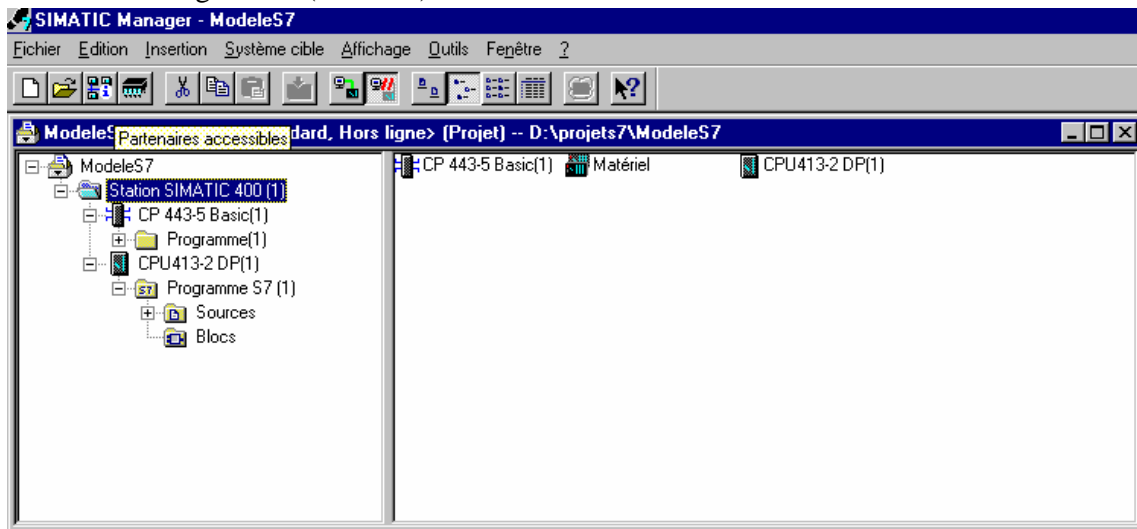


Figure 30 : Niveau 2, configuration de la station

- Au niveau 3, on accède aux différents programmes (Programmes S7) et à la table des connexions définies pour le réseau (Liaisons).

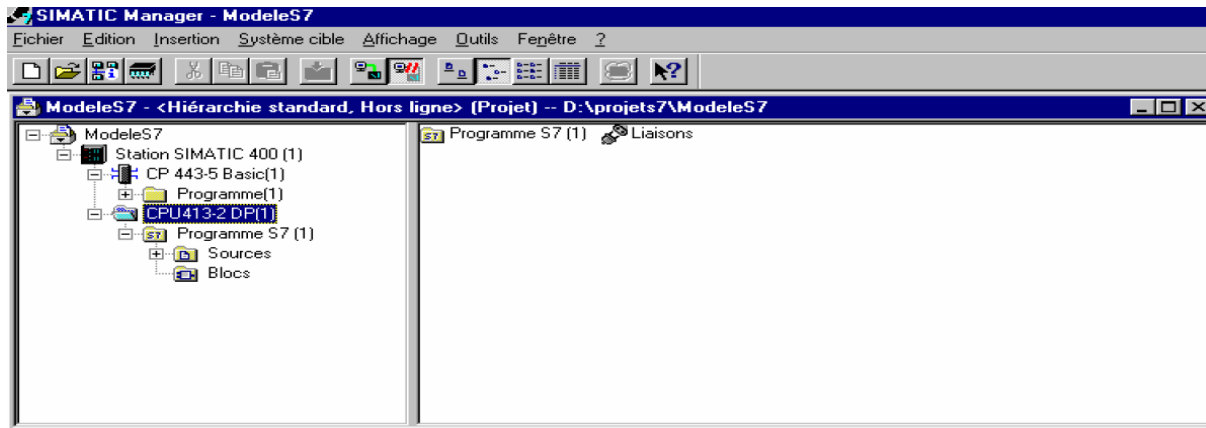


Figure 31 : Niveau 3, niveau de la CPU

- Au niveau 4, on accède à
 - ☐ aux sources externes éventuelles (répertoire Sources) comme des fichiers textes en listes d'instructions, d'anciens programmes S5 convertis...
 - ☐ à la table des mnémoniques (fichier Mnémoniques)

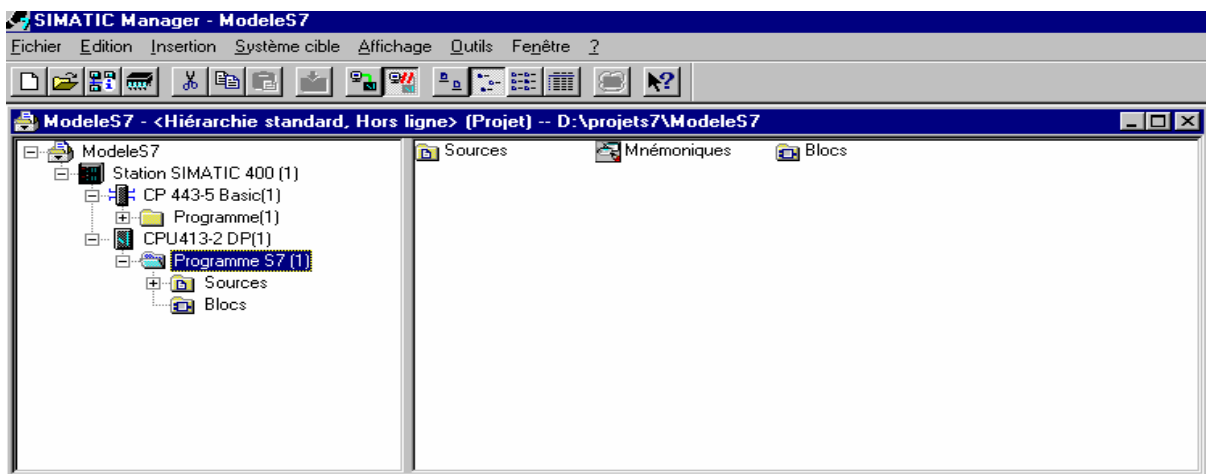


Figure 32 : Niveau 4, niveau des programmes

- Au niveau 5, on accède au programme proprement dit (blocs d'instructions OBs, FCs...), tables de variables (VAT), types données utilisateur (UDT), blocs de données (DBs).

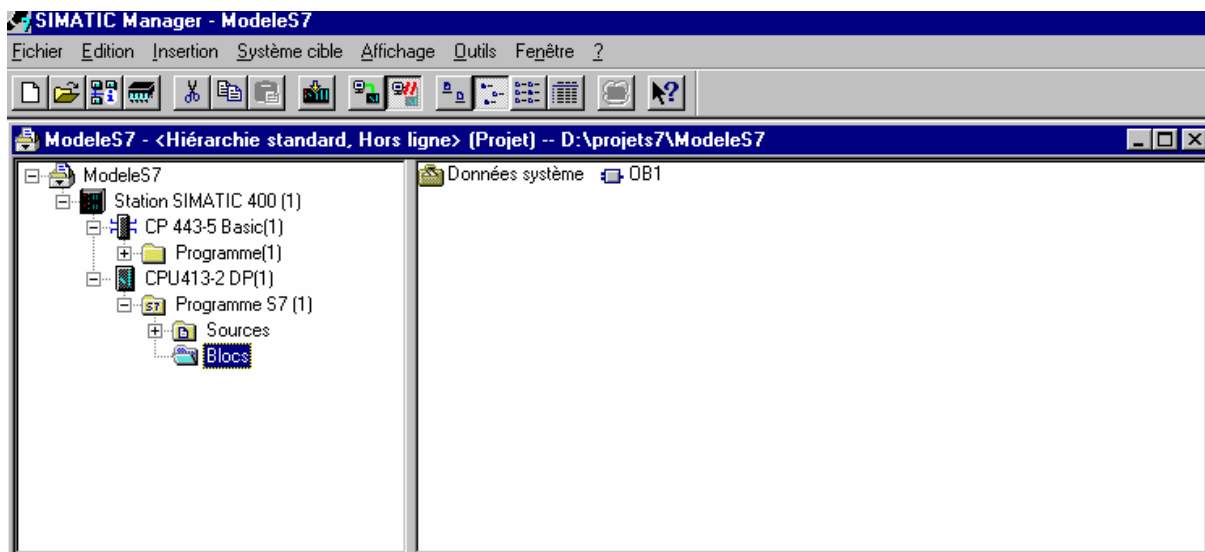


Figure 33 : Niveau 5, les blocs de programme

A ce niveau pour créer un nouveau bloc, il faut choisir insérer dans la barre des menus du SIMATIC Manager et sélectionner blocs S7.

Si l'on crée un nouveau projet, il ne faut pas oublier de définir la configuration matérielle du Niveau 2 qui permet de configurer l'automate lors du transfert du programme dans celui-ci.

Cette configuration doit correspondre évidemment à la configuration matérielle réelle qui consiste à détailler la position et le type des différentes cartes enfichées sur le bus fond de panier.

Programmer un réseau dans une fonction FC1 et l'appeler dans OB1 :

Cliquer dans la fenêtre de droite de « Programme S7 », puis cliquer sur « Insérer un nouvel objet », choisir « Fonction » en ladder ou langage contact.

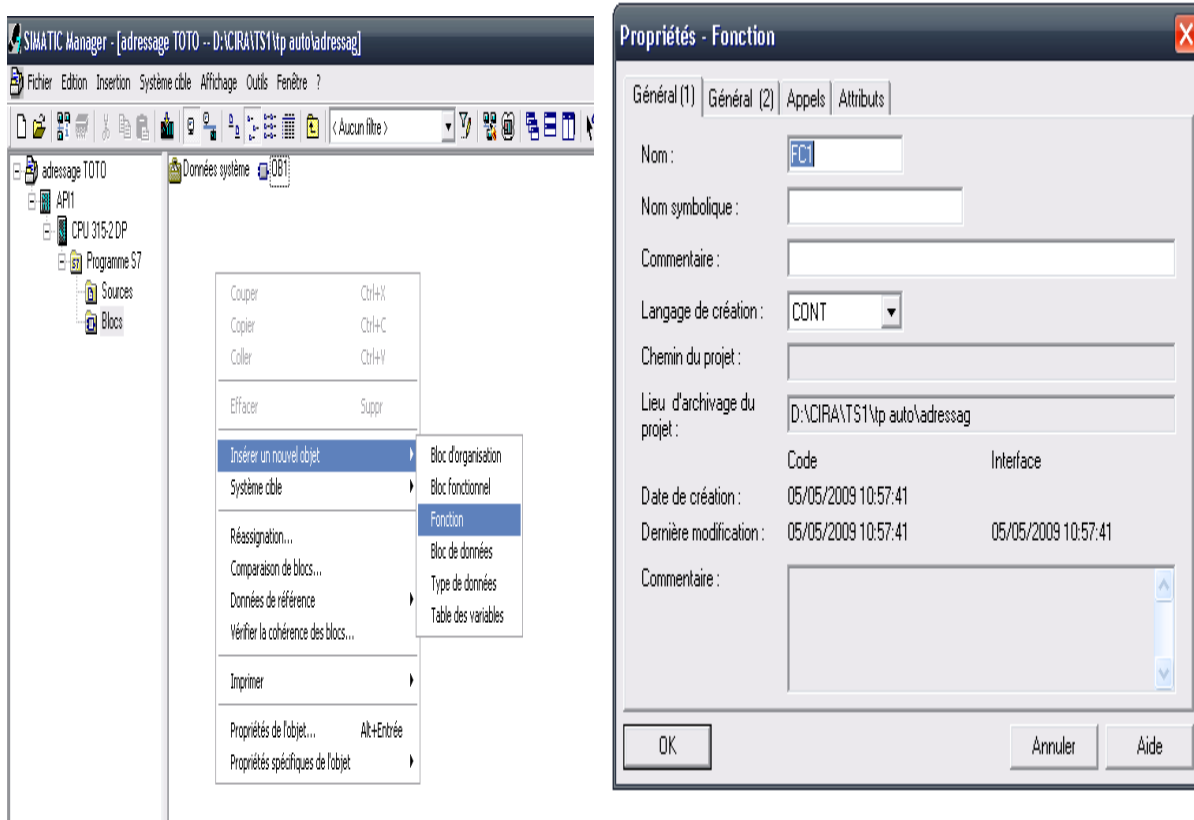


Figure 34 :Créer fonction FC1

Double-cliquer sur « FC1 » : créer le réseau 1 correspondant à l'équation logique demandée dans la fenêtre qui vient de s'ouvrir

Sur les contacts, on peut indiquer l'adresse ou insérer un mnémonique et compléter la zone commentaire de ce réseau, afin d'en faciliter la compréhension.

Fermer et enregistrer « FC1 ».

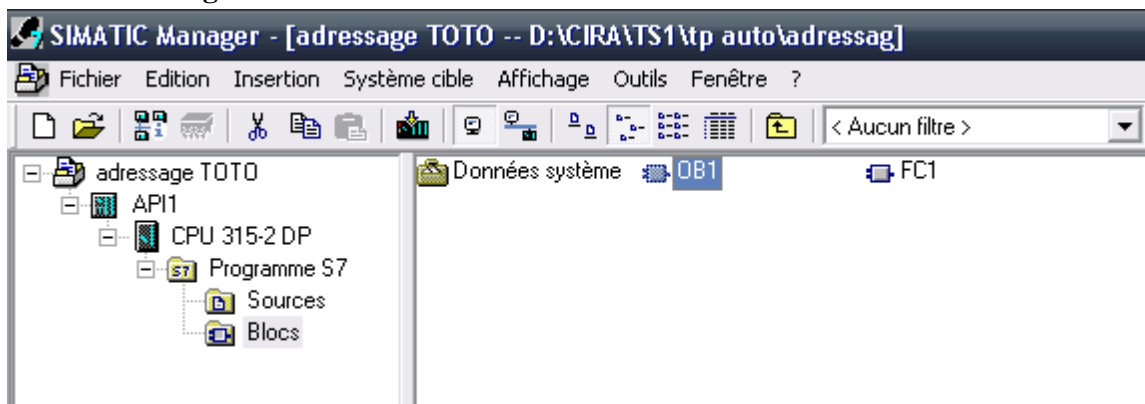


Figure 35: Bloc FC1 et OB1

OB1 est un bloc d'organisation, il permet d'autoriser le fonctionnement des autres blocs.

Dans la fenêtre qui s'ouvre, faire apparaître le catalogue, développer « Blocs FC » et double-cliquer sur

« FC1 » afin de l'appeler inconditionnellement.

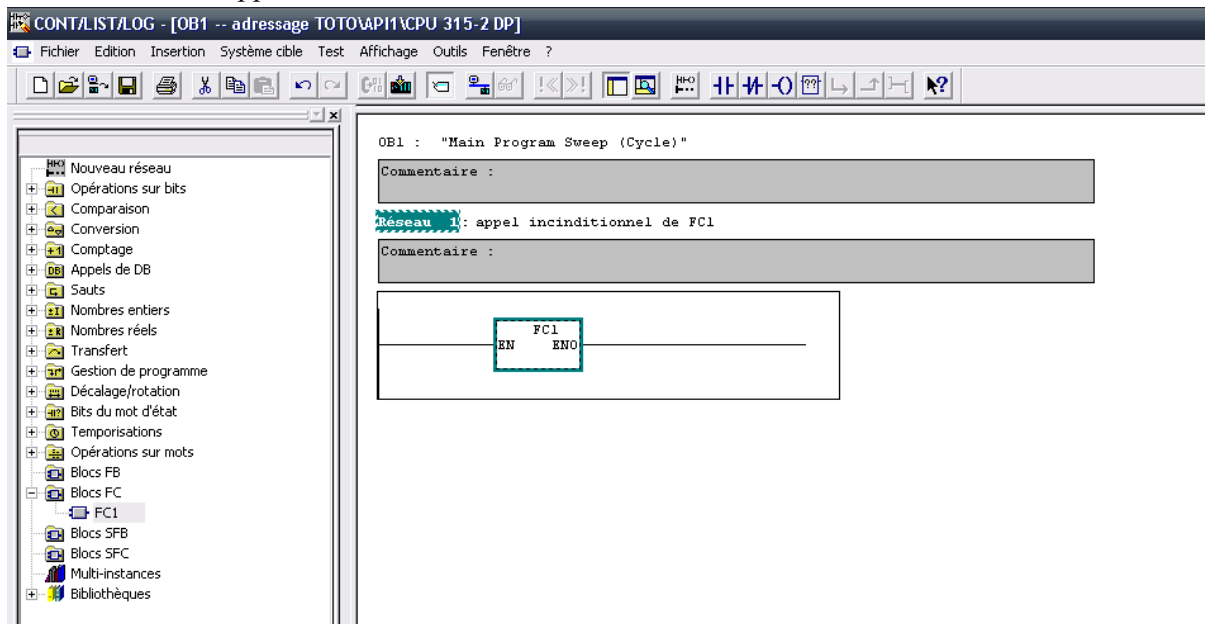


Figure 36 :Appelle de la fonction FC1 en OB1

Fermer et enregistrer « OB1 ».