

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الآلية و الالكتروتقتي
Département d'Automatique et Électrotechnique



Mémoire de Master

Mention Automatique
Spécialité Automatique et Système

présenté par

KACI Hichem

&

TAHRI Yamina

Optimisation de la régulation des débits gas/eau de la tour de conditionnement (zone cuisson) sous PCS7

Proposé par : Mme Brahimi Nouzha & Mme Lahcine Née Chabi. Samira

Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Avant tout nous remercions Allah le tout puissant, qui nous a donné, la volonté, le courage et la patience et qui a guidé nos pas vers le droit chemin durant nos années d'études.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous souhaiterons témoigner toute notre gratitude.

Tout d'abord, nous adressons toute notre reconnaissance à notre promotrice Mme Brahimi Nouzha ; professeur à l'université de Saad Dahleb Blida, ainsi que chef du département de l'automatique et de l'électrotechnique ; pour sa patience, son soutien et ses conseils.

En second lieu, nous tenons à exprimer notre gratitude envers notre encadreur Mme Lahcine Samira, l'ingénieur de la société de ciment de la Mitidja (SCMI), pour sa disponibilité et ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion. Son exigence nous a grandement stimulés.

Nous exprimons aussi notre sincère reconnaissance au personnel de la société de ciment de la Mitidja, en particulier le service système et automatisation dont Mr Abbad Cherifet Mr Djennati Mohamed, et sans oublier tous ceux dont nous ne pourrons pas citer, tous les noms qui ont contribué à ce travail de près ou de loin, pour leurs orientations et encouragement tout au long de notre stage.

Egalement, nous remercions les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin nous tenons à témoigner toute notre gratitude et reconnaissance à nos familles et nos amis pour leur confiance et soutien infaillible tout au long de ce processus.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné l'espoir et le courage durant toute ma vie, pour tout cela et

pour ce qui n'a pas été dit,

Au meilleur des pères, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir

A ma mère, qui m'a donné l'espoir, la patience,

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma gratitude et tout mon amour, que dieu leur procure une bonne santé et une longue vie.

A mon frère, ma sœur et ma chère tante et son époux

pour leur grand amour et leur soutien j'espère qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude et amour, ainsi que mon beau-frère et belle-sœur.

Mes chers amis qui m'ont toujours encouragé et à qui je souhaite plus de succès

À mon binôme extraordinaire, merci pour ta collaboration précieuse et ta détermination sans faille. Ensemble, nous avons relevé tous les défis avec brio.

Et à tous ceux qui m'ont accompagné dans mon parcours universitaire ainsi qu'à tous ceux qui nous ont aidés de loin ou de près à réaliser ce travail.

Et toute ma famille et à tous ceux que j'aime.

Merci !

KACI HICHEM

Je dédie ce Modeste travail

*A mon cher père **Abdelkrim**, Mon héros, celui qui s'est sacrifié pour ma réussite et mon bonheur.*

*A ma chère mère **Sihem**, Ma reine et la lumière de ma vie, celle qui m'a comblé d'amour et de tendresse.*

*A Mes chers frère **Zinne Eldinne & Youcef**, mes supporters, ceux qui m'ont toujours soutenu et encourager. A mes chères belles-sœurs **Saïda & Manel**, et à ma chère nièce, ma source de joie et de bonheur **Mélina**. Que dieu les protège*

*A mes tantes bien aimés " **Amtif.Zohra** " & " **KhaltiChikha** ", mes sources d'inspirations, la raison de ma force et réussite.*

*A la meilleure des grand-mères **Sfiya**, à mes chères tantes, ancêtres, cousin et cousines de toute ma famille **Tahri et Filah**.*

*A mes adorables copines qui m'ont toujours encouragé et à qui je souhaite plus de succès : **Maya, Nadjet, Asmaa, Lydia et Hadil**.*

*Sans oublier mon binôme **Hichem**, pour sa patience et compréhension durant la durée de notre stage et de notre projet de fin d'étude.*

Et à tous ceux qui m'ont accompagné dans mon parcours universitaire ainsi qu'à tous ceux qui nous ont aidés de loin ou de près à réaliser ce travail.

Merci.

Yamina

ملخص:

العمل المقدم في أطروحة الماستر هذه يركز على اقتراح حل للمشكلة التي توجد في منطقة الطهي داخل شركة الاسمنت في متيجة في مفتاح (SCMI) بالتحديد على مستوى فلتر الأكامم AAF2

اولا قمنا بدراسة مختلف الأجهزة الموجودة في المنطقة ثم قمنا ببرمجته بواسطة برنامج PCS7 باستخدام S7-400 و في الأخير قمنا بمراقبته باستخدام برنامج WinCC عملنا هذا نجح في حل المشكلة التي تسببت في إيقاف مروحة الفلتر و التي بدورها أدت إلى إيقاف الفرن و ذلك بفضل الحلول المقترحة المتعددة.

كلمات مفتاحية : CPCS7, S7, WinC-400-AAF2, SCMI,

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire de Master se porte sur la proposition d'une résolution de la problématique qui se trouve dans la zone cuisson plus précisément au niveau du filtre à manche AAF2, au sein de la société du ciment de la Mitidja (SCMI) de Meftah.

Tout d'abord nous avons étudié l'instrumentation du système, puis réalisés son programme à l'aide du logiciel PCS7 en utilisant un automate SIEMENS S7-400. Enfin nous avons réalisé sa supervision grâce au logiciel WinCC. Notre travail a permis de résoudre le problème qui provoqué l'arrêt du ventilateur du filtre AAF2, qui provoqué à son tour l'arrêt du four et cela grâce aux plusieurs solution proposées.

Mots clés : AAF2, SCMI, PCS7, SIEMENS S7-400, WinCC.

Abstract:

The work presented in this Master's thesis focuses on proposing a solution to the issue that arises in the cooking area, specifically concerning the AAF2 sleeve filter, within the cement company of Mitidja (SCMI) in Meftah.

First, we studied the system's instrumentation and then developed its program using PCS7 software, utilizing a SIEMENS S7-400 PLC. Finally, we supervised it using WinCC software. Our work successfully resolved the problem that caused the shutdown of the AAF2 filter fan, which, led to the shutdown of the oven, thanks to several proposed solutions.

Keywords: AAF2, SCMI, PCS7, SIEMENS S7-400, WinCC.

Sommaire

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE1 PRESENTATION DE LA SOCIETE ET PROCESSUS DE FABRICATION DE CIMENT	
1.1 INTRODUCTION.....	2
1.2 PRESENTATION DE LA SOCIETE.....	2
1.3 CONSTITUANTS DU CIMENT	3
1.4 PROCESSUS DE FABRICATION DU CIMENT	3
1.4.1 ZONE CARRIERE CALCAIRE	4
1.4.2 ZONE CRU.....	5
1.4.3 ZONE CUISSON.....	8
1.4.4 ZONE CIMENT.....	9
1.4.5 ZONE D'EXPEDITION	9
1.5 CONCLUSION	10
CHAPITRE 2 PROCESSUS TECHNOLOGIQUE ET PROBLEMATIQUE	
2.1 INTRODUCTION.....	11
2.2 PRESENTATION DES DIFFERENTS EQUIPEMENTS DE LA TOUR DE CONDITIONNEMENT.....	11
2.2.1 LES ACTIONNEURS	11
2.2.2 LES CAPTEURS	16
2.3 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA TOUR DE CONDITIONNEMENT (ROLE).. 22	
2.4 PROBLEMATIQUE.....	24
2.5 ANALYSE FONCTIONNELLE	24
2.6 CONCLUSION	30
CHAPITRE 3 AUTOMATISATION ET MODELISATION DE SYSTEME	
3.1 INTRODUCTION.....	31
3.2 ARCHITECTURE DE SIMATIC PCS7	31
3.2.1 L'AUTOMATE S7-400.....	32
3.2.2 STATION ET-200M.....	32
3.3 LOGICIEL DE PROGRAMMATION SIMATIC MANAGER PCS7	33

3.3.1	CREATION D'UN NOUVEAU PROJET.....	34
3.3.2	CREATION DE LA STATION AS DANS LE MULTI-PROJET.....	35
3.3.3	CREATION D'UNE BIBLIOTHEQUE DANS LE MULTI-PROJET.....	35
3.3.4	LES VUES DU PROJET	35
3.4	CONFIGURATION MATERIELS	36
3.4.1	CONFIGURATION MATERIEL DE LA STATION AS «SYSTEME D'AUTOMATISATION».....	36
3.4.2	CONFIGURATION DE LA STATION OS «STATION OPERATEUR»	37
3.5	PROGRAMMATION	38
3.5.1	CREATION DES DOSSIERS HIERARCHIQUES.....	38
3.5.2	DEFINITION D'UN BLOC CFC «CONTINUOUS FUNCTION CHART»	38
3.5.3	DECLARATION DE BLOC CFC.....	39
3.6	DESCRIPTION ET PROGRAMMATION DES BLOCS CFC	42
3.6.1	CEMAT VERSION 7.0	42
3.6.2	C_GROUP.....	42
3.6.3	C_DRV_1D.....	43
3.6.4	C_DAMPER	44
3.6.5	C_VALVE.....	44
3.6.6	C_ANNUNC	45
3.6.7	C_MEASUR	46
3.6.8	C_SELECT	46
3.6.9	CH_AI/CH_AO.....	47
3.6.10	CTRL_PID	47
3.7	EXEMPLE DE PROGRAMMATION	48
3.7.1	PROGRAMMATION GROUPE AVEC MOTEUR	48
3.7.2	PROGRAMMATION C_MEASUR « 314AW50YZ11».....	49
3.7.3	PROGRAMMATION C_ANNUNC «920CM50EC10F1».....	50
3.7.4	PROGRAMMATION CTRL_PID «314AW50R01 »	50
3.7.5	PROGRAMMATION C_PID3 «314AW50R02 ».....	51
3.8	CONCLUSION	52

CHAPITRE 4 LA SIMULATION ET LA SUPERVISION

4.1	INTRODUCTION.....	53
4.2	PRESENTATION DU LOGICIEL DE SUPERVISION WINCC	53

4.2.1	EDITEUR GRAPHICS DESIGNER	54
4.2.2	EDITEUR PICTURE TREE MANAGER.....	56
4.2.3	EDITEUR DE PROJET OS	56
4.3	CREATION D'UN NOUVEAU PROJET.....	58
4.4	SIMULATION	62
4.4.1	SIMULATION AVEC PLCSIM.....	62
4.4.2	RUNTIME.....	63
4.4.3	VUE DE L'ATELIER.....	64
4.4.4	LA SIMULATION DE NOTRE PROJET.....	70
4.4.5	LES DEFAUTS POSSIBLES	76
4.5	CONCLUSION	79
	CONCLUSION GENERALE.....	80
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	81

Listes des figures

Figure 1.1 : Situation géographique de la cimenterie deMEFTAH	2
Figure 1.2 : Processus de fabrication du ciment [1].....	4
Figure 1.3 : Abattage par sondeuse [1]	4
Figure 1.4 : l'extraction de la matière première utilise dumper [1].....	5
Figure 1.5 : Concassage et transport de calcaire [2]	5
Figure 1.6 : Zone cru.....	6
Figure 1.7 : Atelier d'homogénéisation [1].....	7
Figure 1.8 : Zone Cuisson [1]	8
Figure 1.9 : Zone ciment [1]	9
Figure 1.10 : Expédition ensac [1].....	10
Figure 2.1 : Pompe centrifuge [3]	12
Figure 2.2 : compresseur d'air Atlas Copco GA 160	13
Figure 2.3 : Vanne proportionnelle	14
Figure 2.4 : Electrovanne	15
Figure 2.5 : Rotation antihoraire	15
Figure 2.6 : Rotation horaire	15
Figure 2.7 : Arrêt d'urgence.....	16
Figure 2.8 : capteur de température (PT100) [7]	17
Figure 2.9 : La variation de la résistance en fonction de la température	17
Figure 2.10 : interrupteur fin de course mécanique [8]	18
Figure 2.11 : Capteur de pression	19
Figure 2.12 : Débitmètre Vortex KROHNE	19
Figure 2.13 : Débitmètres électromagnétiques Vortex KROHNE.....	20
Figure 2.14 : Thermistance NTC et PTC [10]	22
Figure 2.15 : Circuit aéraulique zone Cru.....	23
Figure 3.1 : Architecture du système PCS7	32
Figure 3.2 : Conversion PROFIBUS-fibre optique [1].....	32
Figure 3.3 : L'automate S7-400	33
Figure 3.4 : L'ET-200M	33
Figure 3.5 : Création d'un Multi projet.....	34
Figure 3.6 : Création d'une station AS	35
Figure 3.7 : Création de la bibliothèque.....	35

Figure 3.8 : les trois vue de PCS7	36
Figure 3.9 : Configuration matérielle AS	37
Figure 3.10 : Configuration de l'OS	37
Figure 3.11 : création de dossier hiérarchique	38
Figure 3.12 : Affichage de bloc CFC.....	39
Figure 3.13 : Bloc C_GROUP et ses connecteurs	42
Figure 3.14 : Bloc C_DRV_1D et ses connecteurs.....	43
Figure 3.15 : Bloc C_DAMPER et ses connecteurs	44
Figure 3.16 : Bloc C_VALVE et ses connecteurs	45
Figure 3.17 : Bloc C_ANNUNC et ses connecteurs.....	45
Figure 3.18 : Bloc C_MEASUR et ses connecteurs	46
Figure 3.19 : Bloc C_MEASUR	46
Figure 3.20 : Bloc CH_AI/CH_AO et ses connecteurs	47
Figure 3.21 : Bloc CTRL_PID et ses connecteurs.....	47
Figure 3.22 : Programmation de C_GROUP avec C_DRV_1D.....	48
Figure 3.23 : Programmation de C_MEASUR	49
Figure 3.24 : Programmation de C_ANNUNC.....	50
Figure 3.25 : Programmation de CTRL_PID.....	50
Figure 3.26 : Programmation de C_PID3	51
Figure 4.1 : Interface du logiciel SIMATIC Windows Control Center (WinCC)	53
Figure 4.2 : La vue Editeur Graphics Designer	54
Figure 4.3 : Vue de la bibliothèque dynamique	55
Figure 4.4 : Vue de la bibliothèque statique	55
Figure 4.5 : La vue Editeur Picture Tree Manager	56
Figure 4.6 : La vue Editeur le projet OS	57
Figure 4.7 : Création d'une vue dans Graphics Designer	58
Figure 4.8 : Les étapes de l'ouverture de la bibliothèque dynamique	58
Figure 4.9 : La vue des symboles apportés de la bibliothèque dynamique.....	59
Figure 4.10 : Vue sur les étapes pour relier un symbole et sa variable des blocs CFC	59
Figure 4.11 : Vue Tour de conditionnement	60
Figure 4.12 : Vue Filtre AAF2.....	61
Figure 4.13 : Vue de Picture Tree Manager.....	61
Figure 4.14 : Vue de l'Editeur de projet OS	62
Figure 4.15 : Interface de simulation de PLCSIM.....	63

Figure 4.16 : Lancement de la simulation.....	63
Figure 4.17 : Fenêtre de Runtime	64
Figure 4.18 : Face plate du groupe.....	65
Figure 4.19 : Face plate d'un moteur.....	66
Figure 4.20 : Face plate d'un capteur de mesure	67
Figure 4.21 : Face plate d'une sélection	68
Figure 4.22 : Face plate du champ de saisi	69
Figure 4.23 : Face plate des régulateurs Air & Eau.....	69
Figure 4.24 : Face plate du diagnostic du régulateur d'eau	70
Figure 4.25 : La vue Filtre AAF2	71
Figure 4.26 : La vue Tour de conditionnement.....	71
Figure 4.27 : Vue Tour de Conditionnement pour Four & Broyeur Cru & Doseur en marches	72
Figure 4.28 : Vue Filtre AAF2 pour Four & Broyeur Cru & Doseur en marches.....	73
Figure 4.29 : Vue filtre pour le scenario du Doseur à l'arrêt.....	74
Figure 4.30 : Vue Tour de conditionnement pour le scénario du Doseur à l'arrêt	74
Figure 4.31 : Vue Filtre AAF2 pour le scénario de l'arrêt du broyeur Cru	75
Figure 4.32 : Vue Tour de conditionnement pour le scenario de l'arrêt du broyeur	75
Figure 4.33 : Vue filtre AAF2 pour une de température supérieure à 250°C.....	76
Figure 4.34 : Face plate régulateur de débit d'eau en mode slow.....	77
Figure 4.35 : Face plate régulateur de débit d'eau en mode Fast	77
Figure 4.36 : Vue filtre AAF2 pour le compresseur en défaut	78
Figure 4.37 : Vue filtre AAF2 pour la pompe en défaut.....	78

Liste des tableaux

Tableau 3.1 : Les consommateurs de groupe.....	39
Tableau 3.2 : Les capteurs logiques de groupe	40
Tableau 3.3 : Groupe et ses sélections	40
Tableau 3.4 : Les mesures de groupe.....	41
Tableau 3.5 : Les régulateurs de groupe	41
Tableau 4.1 : Etats de la séquence	65
Tableau 4.2 : Modes de fonctionnement d'une séquence	66
Tableau 4.3 : Etat et mode de fonctionnement d'un moteur.....	67
Tableau 4.4 : Etat de la mesure.....	68
Tableau 4.5 : Etat de l'annonce.....	68
Tableau 4.6 : Etat de la sélection	69

Liste des Symboles et Abréviations

AS : Automation Station (Station d'Automatisation).

API : Automate Programmable Industriel.

Bar : unité de pression.

CFC : Continuous Function Chart.

CP : communication profinet

CPU : Central Processing Unit (Unité Centrale de l'Automate).

GICA : Groupe Industriel de Ciment d'Algérie.

OS : Station Opérateur (Operator Station).

PCS : Process Control System (Système de Contrôle de Procédés).

PID : Proportionnelle, Intégrateur, Dérivateur.

PROFIBUS : Process Field Bus.

SCADA : Système de Contrôle et d'Acquisition de Données.

SCMI : La Société de Ciment de Mitidja.

SP : Set Point (Consigne).

TOR : tout ou rien

WinCC: Windows Control Center.

Introduction Générale

Introduction Générale

La fabrication du ciment est un processus complexe qui fait appel à des techniques automatisées et à la supervision, ce qui permet de faire face aux problèmes fréquemment rencontrés dans le processus. Elle fournit des solutions à la fois fiables et plus rentables que les méthodes traditionnelles, améliorant la productivité et la maintenance ainsi que la sécurité des systèmes.

L'industrie du ciment en Algérie, qui produit 25 à 30 millions de tonnes de ciment par an et atteindra 40 millions de tonnes par an d'ici 2020, est le fait de deux grandes entreprises : GICA (publique) et Lafarge-Holcim. Pour atteindre ces objectifs de production, elles doivent produire une plus grande quantité de produit tout en fournissant un produit de haute qualité. Dans ces entreprises, les techniques d'automatisation sont utilisées conjointement avec la supervision sur site par des ouvriers qualifiés. Les Automates Programmables Industriels (API) sont utilisés pour automatiser les systèmes de contrôle industriels. L'automatisation permet de gagner du temps et de l'argent en simplifiant les solutions complexes sans sacrifier la fonctionnalité.

A la cimenterie de **MEFTAHA**, le four dégage des (gaz avec poussière), donc il faut faire passer ces gaz chauds et les poussières dans un filtre à manche. Ce filtre ne peut fonctionner que si l'air chaud possède une température inférieure à 250°C . Pour cela, ils ont utilisés une tour de conditionnement en utilisant l'air et l'eau pour baisser la température des gaz chauds à l'entrée de filtre à manche. Notre but est de faire une étude complète et détaillée pour le tour de conditionnement gaz de l'unité filtration et l'automatisation pour le refroidissement d'air préchauffé par une quantité d'eau et avec une autre quantité d'air pour sécher les tuyaux.

Dans ce cadre, notre mémoire est organisé en quatre chapitres qui se résument comme suit:

- Le premier chapitre présente la société du ciment SCMI et ses différentes zones.
- Le deuxième chapitre décrit le développement de le tour de conditionnement en détails, l'instrumentation et la problématique ainsi que sa solution.
- Le troisième chapitre traite le cahier des charges et la partie programmation
- Le quatrième chapitre aborde la partie supervision du processus.

A la fin, notre travail se clôture avec une conclusion générale.

Chapitre 1

Présentation de la société et processus de fabrication de ciment

1.1 Introduction

L'industrie du ciment est aujourd'hui l'une des industries les plus importantes en raison de la demande de ciment dans la plupart des bâtiments. Les usines sont de plus en plus automatisées pour assurer Meilleure qualité de ciment.

Dans ce chapitre, nous présentons la cimenterie de Meftah afin de donner une idée générale sur les différentes étapes de la production de ciment.

1.2 Présentation de la société

La société de ciment de Mitidja (SCMI) est une entreprise algérienne vassale du groupe GICA spécialisée dans la fabrication de ciment, en partenariat avec Lafarge depuis juin 2008. Elle était parmi les premières cimenteries en Algérie [1].

MEFTAHA a été choisi comme emplacement de l'usine dans la wilaya de Blida en raison de la proximité d'une montagne contenant les matières premières nécessaires.

La cimenterie de MEFTAHA est située près de la route nationale n° 29, reliant commune MEFTAHA à la commune Khemis-El-Khechnaà l'Est et l'Arbaa à l'Ouest. Elle est Située à 27 kilomètres au sud-est d'Alger.elleest implantée à 10 kilomètres de la gare la plus proche, celle de Oued Smar et à environ une quinzaine de kilomètres de l'aéroport international d'Alger.



Figure 1.1 : Situation géographique de la cimenterie de MEFTAHA

1.3 Constituants du ciment

Le ciment est principalement composé de quatre constituants : le calcaire, l'argile, le sable et le fer. Le calcaire et l'argile sont les principaux ingrédients du ciment, représentant environ 80% de sa composition. Le calcaire est principalement constitué de carbonate de calcium (CaCO_3), tandis que l'argile est principalement constituée de silicate d'aluminium ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Le sable, également appelé silice, est un autre constituant important du ciment. Il est principalement composé de dioxyde de silicium (SiO_2) et contribue à la solidité du ciment en aidant à remplir les vides entre les particules de calcaire et d'argile.

Le fer est le quatrième constituant du ciment et est présent en petites quantités. Il est ajouté sous forme d'oxyde de fer (Fe_2O_3) pour aider à donner une couleur plus foncée au ciment.

Ces quatre constituants sont broyés par un concasseur ensemble pour former une poudre fine appelée "cru". Cette poudre est ensuite chauffée dans un four rotatif à une température avoisinant les 1450°C pour produire un produit appelé "clinker". Ce dernier est ensuite broyé finement avec des ajouts (gypse, tuf) à nouveau pour produire le produit final, qui est le ciment.

1.4 Processus de fabrication du ciment

Tout d'abord, la zone "carrière" est conçue pour extraire les matières premières telles que le calcaire et l'argile, qui sont ensuite broyées à l'aide d'un broyeur et transportées jusqu'à la cimenterie dans la zone "cru". Les matières premières sont mélangées avec des additifs tels que le sable et le minerai de fer dans un broyeur à boulets pour être broyées et séchées, produisant ainsi un mélange appelé « cru ».

Le processus de fabrication du ciment implique la cuisson à haute température (1450°C) du mélange de calcaire et d'argile, préalablement dosé et broyé sous forme de « farine crue », dans la zone "cuisson", ce qui produit du clinker.

Ensuite, le clinker, qui est un produit granuleux, est finement broyé avec des additifs soigneusement sélectionnés tels que du gypse et du tuf dans la zone "ciment" pour produire le ciment final.

Enfin, la zone "expédition" est utilisée pour mettre le produit final sous forme de sacs ou en vrac.

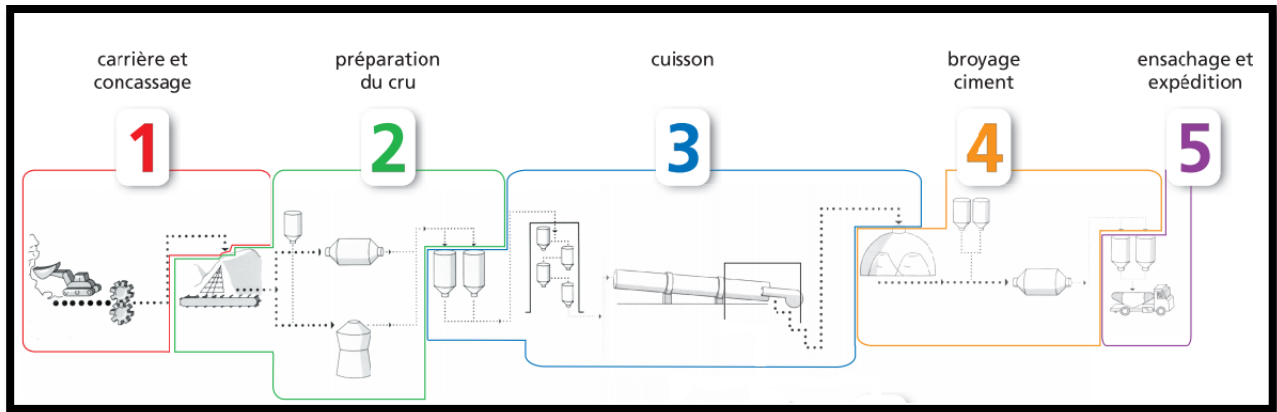


Figure 1.2 : Processus de fabrication du ciment [1]

1.4.1 Zone carrière calcaire

La première zone de production de ciment consiste en une série d'étapes pour extraire, concasser, transporter et stocker les matières premières nécessaires à la fabrication du ciment Portland. Les matières premières sont généralement au nombre de quatre, à savoir le calcaire, l'argile, le minerai de fer et le sable. Cette zone comprend également l'utilisation d'un concasseur et de courroies transporteuses pour le transport des matières premières à la salle de stockage.

a) Extraction des matières premières

La matière première (calcaire) extraite par sondage. Le sondage est effectué par une machine qui sert à sonder des trous en distance de 3m (Figure 1.3), entre deux trous et de 1m en dessous de gradin, ensuite on met en place des explosifs (TNT) et faire abattre le gradin pour faciliter le transport des rocs par camions.



Figure 1.3 : Abattage par sondeuse [1]

b) Transport et chargement

Les matières premières sont déplacées vers un véhicule de transport appelé dumper, qui les transporte vers les concasseurs. Ces derniers les déchargent dans une pièce spécifique nommée « chambre de concassage ». Comme l'illustre la figure 1.4. Il existe deux types d'engins :

Le premier bulldozer (mini chargeuse) sert à rassembler le calcaire.

Le deuxième (chargeuse) sert à charger le calcaire dans les camions (dumper).



Figure 1.4 : l'extraction de la matière première utilise dumper [1]

c) Concassage

Le concasseur réduit les blocs de roche obtenus en morceaux de 80 mm maximum. Après avoir été concassé, le calcaire est transporté à l'usine à l'aide d'un convoyeur à bande jusqu'au hall de stockage, qui peut contenir jusqu'à 60 000 tonnes.

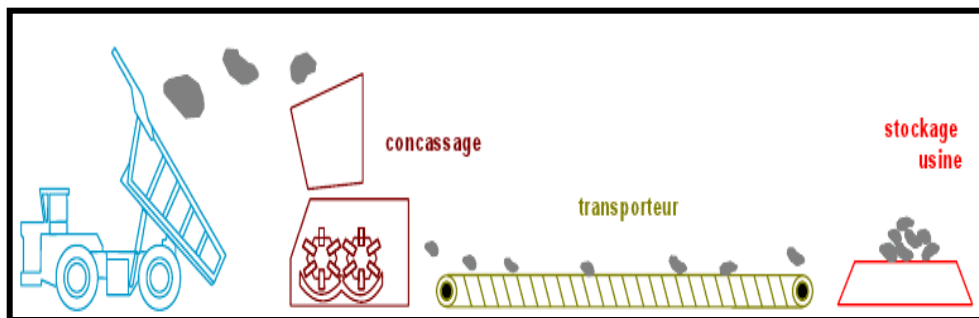


Figure 1.5 : Concassage et transport de calcaire [2]

1.4.2 Zone cru

Le mélange des matières premières, comprenant 80% de calcaire et 20% d'argile, ainsi que les additifs est effectué avant de stocker le tout dans le hall de pré-homogénéisation (voir Figure 1.6). Ce mélange est communément appelé « matière crue ».



Figure 1.6 : Zone cru

a) Hall calcaire

Le hall de calcaire utilise un chariot verseur mobile pour empiler le calcaire le long de ses parois. Pour récupérer le matériau, un gratteur portique muni de palettes est utilisé en conjonction avec une cabine mobile qui peut se déplacer le long du hall. Le calcaire gratté est alors transporté par des tapis roulants jusqu'à la trémie calcaire.

b) Hall ajouts

Le hall des ajouts utilise également un chariot verseur mobile pour empiler les ajouts tels que l'argile, le sable et le fer le long de ses parois. Pour récupérer ces ajouts, deux gratteurs semi-portiques munis de palettes sont utilisés. Ces derniers déversent les ajouts sur des tapis roulants qui les transportent jusqu'aux trémies à travers des bandes transporteuses.

c) Le dosage

Les proportions des quatre matières premières sont ajustées en fonction des résultats des tests de laboratoire, qui sont basés sur le calcaire provenant de la première zone. Les dosages typiques sont les suivants :

- Calcaire [70% - 85%]
- Argile [15% - 25%]
- Sable [1% - 5%]
- Fer [1% - 5%]

Ensuite ce produit, avec ce dosage, va être transporté sur un convoyeur vers un broyeur.

d) L'aspiration

L'aspiration de la matière se fait par le ventilateur de tirage ayant une puissance de 1200 kW via le séparateur statique. [1]

e) Séparateur statique

Le séparateur statique a pour fonction de séparer la granulométrie des particules, distinguant les plus grosses des plus fines. Les particules les plus grosses, rejetées, sont renvoyées vers le broyeur à boulets tandis que les plus fines sont acheminées vers les silos d'homogénéisation pour y être stockées.

f) Le broyeur à boulets

Après avoir été séparées par le séparateur, les grosses particules rejetées passent dans les deux chambres du broyeur. À la sortie du broyeur, deux quantités de matières sont obtenues : une quantité non finie qui sera retournée au broyeur dans un cycle fermé et une quantité finie qui sera transportée par deux élévateurs à godets vers le séparateur dynamique. La première chambre est équipée de boulets de grands diamètres (70 à 90 mm), tandis que la deuxième chambre n'utilise que des boulets de plus petit diamètre. Pendant que les matières premières sont traitées dans le broyeur, elles subissent un séchage à l'aide de gaz chauds.

g) L'homogénéisation

Le produit sera mélangé dans les silos H1, H2 pour être prêt au stockage. La farine crue expédiée par l'air lift est dégagée dans la boîte de récupération. La capacité de stockage de chaque silo est de 10 000T. Chaque silo est équipé de deux sorties latérales pouvant assurer la totalité du débit farines vers le four. [1]



Figure 1.7 : Atelier d'homogénéisation [1]

1.4.3 Zone cuisson

Cet atelier est constitué de trois parties : préchauffeur, un four rotatif, et un refroidisseur (figure1.8).

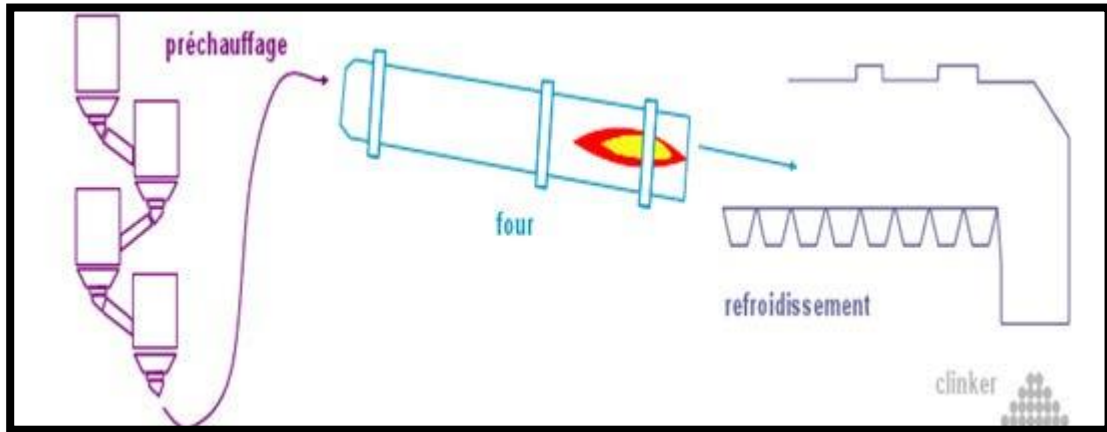


Figure 1.8 : Zone Cuisson [1]

a) Préchauffeur

La farine est préchauffée en utilisant l'échange de chaleur entre les gaz chauds et la matière première dans une série de cyclones disposés verticalement sur quatre étages avant d'être introduite dans le four. À chaque étage, la matière première arrive partiellement décarbonatée et atteint une température d'environ 800°C à l'étage inférieur. Pendant la combustion, une réaction chimique appelée « décarbonatation » se produit, libérant le CO₂ contenu dans le calcaire.

b) Four rotatif

Le four représente l'élément essentiel de la chaîne de production. C'est un cylindre en acier, mesurant 90 mètres de long et 5,6 mètres de diamètre, basé sur des stations de laminage et incliné de 3% par rapport à l'horizontale. Il est doublé intérieurement avec des matériaux réfractaires. Pendant le processus de cuisson, le four tourne sur lui-même. La pente du four permet aux matières premières d'avancer progressivement de l'extrémité opposée à la flamme chauffante vers l'autre extrémité. Les matières sont cuites tout en avançant, jusqu'à ce qu'elles atteignent une température de 1450°C et soient "clinkérisées".

c) Refroidisseur

Le but est de s'assurer que le clinker subisse un refroidissement rapide pour obtenir une structure minéralogique et des dimensions cristallines favorables. Les refroidisseurs sont également utilisés pour abaisser la température du clinker à environ 80-100°C afin de faciliter sa manipulation et son stockage.

1.4.4 Zone ciment

L'atelier est composé d'un duo de lignes électriques nommé BK1 et BK2 ayant chacune une cadence de production de 90 tonnes par heure.



Figure 1.9 : Zone ciment [1]

a) Remplissage des trémies

Après avoir été cuit dans la zone de cuisson, le clinker est acheminé vers une trémie dédiée, tandis que le gypse et le tuf, des ajouts nécessaires à la production, sont acheminés par camion vers une trémie de réception. Enfin, chaque matière est transportée et stockée dans son propre silo de stockage.

b) Broyeur ciment

Le ciment est transporté par aérogليسseur depuis la sortie du concasseur et stocké dans huit silos. Le broyeur reçoit un mélange « 80% Clinker, 15% Additions et 5% Gypse » qui subit un broyage avant de passer dans un séparateur dynamique. Le séparateur sépare le produit final (ciment) du produit rejeté, qui retourne au broyeur pour être rebroyé. Le ciment est stocké dans des silos d'une capacité cumulée de 32 000 tonnes.

1.4.5 Zone d'expédition

Le ciment est stocké dans huit silos avec une capacité de 5000 T pour chacun, l'expédition se fait en sec ou en vrac.

a) Expédition en sac

Elle se fait par quatre ensacheuses avec un débit de 90 T/h, chacune possède huit becs pour le remplissage des sacs (Figure 1.10). Les sacs de 50 kg sont chargés sur des camions à bennes [1].



Figure 1.10 : Expédition en sac [1]

b) Expédition en vrac

La salle de contrôle pour l'expédition en vrac se situe au-dessus de l'espace de livraison du ciment. De là, on peut contrôler les deux gaines de remplissage. Le ciment est transporté depuis les silos vers les trémies de stockage d'une capacité maximale de 20 tonnes, équipées d'un peseur pour déterminer le poids net avant le chargement. Le remplissage se fait via un flexible connecté au fond de la trémie, dirigé par l'opérateur pour remplir la bouche de la cocotte des camions.

1.5 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation de la société SCMI ainsi qu'à la description du processus de fabrication du ciment dans l'usine de Meftah. Cette production est organisée en cinq zones distinctes, allant de l'extraction des matières premières jusqu'à l'expédition du ciment.

Le chapitre suivant portera sur la tour de conditionnement que nous étudions, et nous procéderons à la description et l'analyse fonctionnelle de l'atelier appelé "Tour de conditionnement".

Chapitre 2

Processus technologique et problématique

2.1 Introduction

Un des moyens les plus performants pour la séparation des poussières transportées par une veine d'air, collectée dans un conduit, est le filtre à manche. Sa construction à base d'acier inoxydable lui permet de filtrer les fumées atteignant les 400°C.

Pour ce type de filtre, la filtration est assurée par des manches qui ne supportent pas la température de l'air chaud qui est supérieur à 400°C. Afin de protéger ces filtres, les gaz ne s'injectent pas directement dans le filtre, ils doivent être refroidis en premier.

Au niveau de la SCMI, pour le refroidissement des gaz chauds récupérés du four, une tour de conditionnement est installée.

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents équipements de la tour de conditionnement avec leurs principes de fonctionnement, puis nous expliquerons son principe de fonctionnement, nous citons la problématique et la solution proposée.

Ensuite nous concluons avec son analyse fonctionnelle.

2.2 Présentation des différents équipements de la tour de conditionnement

La tour de conditionnement est un équipement clé dans les systèmes de refroidissement industriels, qui permet de réduire la température. Pour atteindre cet objectif, la tour de conditionnement utilise plusieurs équipements qui travaillent en synergie pour éliminer la chaleur excédentaire.

En général, ces équipements sont divisés en trois parties distinctes : les actionneurs, les pré-actionneurs et les capteurs. Dans notre atelier, nous utilisons principalement des actionneurs et des capteurs pour contrôler et surveiller notre processus.

2.2.1 Les actionneurs

Un actionneur est un composant d'un système qui permet de transformer un signal de commande en un mouvement physique ou une action mécanique. Il est souvent utilisé pour activer ou désactiver un dispositif, tel qu'une vanne, une soupape, un moteur ou une pompe, en réponse à des signaux provenant d'un système de contrôle.

Les actionneurs peuvent être commandés par différents types de signaux, tels que des signaux électriques, pneumatiques, hydrauliques ou mécaniques, en fonction de leur application et des exigences de l'opération.

a) Pompe centrifuge

Une pompe c'est une machine qui permet de déplacer un fluide (liquide ou gaz) d'un endroit à un autre. Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge. [1]

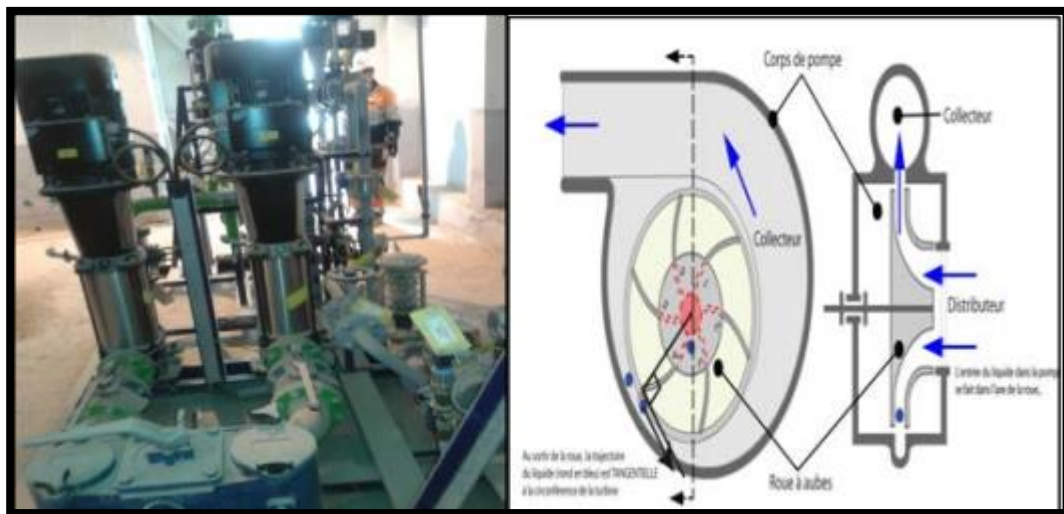


Figure 2.1 : Pompe centrifuge [3]

- Principe de fonctionnement :

Une pompe centrifuge (figure 2.1) est constituée par :

- Une roue à aubes tournant autour de son axe.
- Un distributeur dans l'axe de la roue.
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

Le liquide atteint l'axe de l'appareil à travers le distributeur et la force centrifuge le propulse vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante.

b) Compresseur d'air

Le compresseur d'air Atlas Copco GA 160 est un compresseur à vis lubrifié à injection d'huile conçu pour fournir de l'air comprimé à haute pression et à débit élevé pour les applications

industrielles. Il est équipé d'un moteur électrique et d'un système de régulation avancé qui permettent un fonctionnement efficace et fiable.

Le compresseur GA 160 est conçu pour fonctionner en continu avec des intervalles d'entretien réduits grâce à sa conception robuste et à ses fonctionnalités de maintenance aisée. Il est également équipé de fonctionnalités avancées telles que la surveillance à distance, la régulation de la pression et la filtration de l'air pour fournir un air comprimé propre, sec et à la pression appropriée pour les opérations de production.[4]



Figure 2.2 : compresseur d'air Atlas Copco GA 160

- Principe de fonctionnement :

Le compresseur d'air Atlas Copco GA 160 utilise le principe de compression à vis lubrifié à injection d'huile. Le compresseur est équipé d'un ensemble de deux rotors hélicoïdaux entrelacés, l'un fixe et l'autre mobile, qui tournent en sens inverse à l'intérieur d'un carter. Les rotors aspirent l'air ambiant par l'orifice d'admission et le compriment en le faisant passer à travers les chambres de compression entre les rotors.

Le processus de compression à vis lubrifié à injection d'huile garantit une compression constante de l'air à haute pression et à débit élevé, tout en réduisant les frottements entre les rotors. L'huile de lubrification est injectée dans le carter pour lubrifier les rotors et les paliers, ainsi que pour refroidir l'air comprimé. L'huile et l'air comprimé sont ensuite séparés à l'aide d'un séparateur d'huile pour garantir un air comprimé propre et sec.[4]

c) Vanne proportionnelle

Les vannes de régulation ont pour fonction de réguler une pression, un débit ou une température. Elles sont utilisées dans une boucle de régulation qui est en général une sonde capteur PT100 (transmetteur de pression ou débitmètre). [1]



Figure 2.3 : Vanne proportionnelle

- Principe de fonctionnement :

La vanne proportionnelle (Figure 2.3) est constituée d'un clapet de forme parabolique qui se déplace linéairement par rapport au siège. Le déplacement est réalisé par une tige mobile commandée par le positionneur électropneumatique. L'ouverture de l'écoulement de la vanne varie de 0 à 100%. Et le positionneur électropneumatique régule l'ouverture de la vanne en accord avec le signal de commande (de 4 à 20mA) qui est fourni par un régulateur externe envoyant au positionneur électropneumatique, La vanne est fermée quand la tension est nulle. [5]

d) Electrovanne

Une électrovanne est une valve électromagnétique utilisée pour réguler le débit de fluides tels que l'air, l'eau ou le gaz dans un système. Elle est composée d'une bobine et d'un noyau mobile relié à un clapet. Lorsque la bobine est alimentée en courant électrique, elle crée un champ magnétique qui soulève le noyau et permet au fluide de circuler. Une fois que l'alimentation électrique est coupée, le noyau revient à sa position initiale grâce à un ressort, fermant ainsi le passage du fluide. Les électrovannes sont largement utilisées dans les systèmes de contrôle industriels et sont disponibles en différentes tailles, configurations et matériaux pour répondre aux besoins spécifiques des différents systèmes.



Figure 2.4 : Electrovanne

- Principe de fonctionnement :

L'air fourni au port "2" (Figure 2.5) force les pistons vers les flasques de l'actionneur, comprimant les ressorts ; l'échappement de l'air se fait par le port "4". Une rotation s'effectue dans le sens antihoraire.

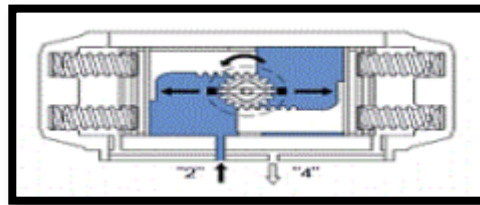


Figure 2.5 : Rotation antihoraire

La perte de pression (par manque d'air ou électrique) au port "2" (Figure 2.6) permet aux ressorts de forcer les pistons vers l'intérieur ; l'échappement de l'air se fait Du port "2". Une rotation s'effectue dans le sens horaire.

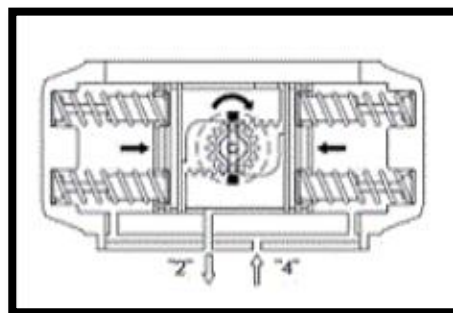


Figure 2.6 : Rotation horaire

e) Arrêt d'urgence

L'arrêt d'urgence est un interrupteur d'arrêt (Figure 2.7). Ce dispositif interrompt le fonctionnement de la courroie et de tous les circuits qui l'alimentent momentanément. Cet appareil doit être réinitialisé pour redémarrer le circuit.



Figure 2.7 : Arrêt d'urgence

2.2.2 Les capteurs

Les capteurs jouent un rôle essentiel dans la collecte de données et la surveillance dans de nombreux domaines, allant de l'automatisation industrielle à la recherche scientifique. Ces dispositifs transducteurs captent différents types de grandeurs physiques et les convertissent en signaux exploitables pour les systèmes de contrôle et de mesure. Les capteurs se divisent généralement en deux catégories principales : les capteurs logiques (TOR) et les capteurs analogiques.

Les capteurs logiques (TOR), abréviation de "tout ou rien", fournissent une sortie binaire qui indique simplement la présence ou l'absence d'un événement ou d'une condition. Ils fonctionnent selon le principe du passage d'un seuil prédéterminé, où la valeur mesurée déclenche un changement de la sortie logique. Par exemple, un capteur de proximité TOR peut détecter la présence d'un objet et fournir une sortie "0" ou "1" en fonction de la détection. Ces capteurs sont souvent utilisés dans les systèmes de détection d'objets, les interrupteurs de fin de course et les applications de contrôle de processus où une réponse binaire est nécessaire.

D'autre part, les capteurs analogiques fournissent une sortie continue qui varie en fonction de la grandeur mesurée. Ces capteurs mesurent avec précision des grandeurs telles que la température, la pression, le débit ou la luminosité et produisent une sortie analogique telle qu'une tension ou un courant proportionnel à la mesure. Par exemple, un capteur de température analogique peut fournir une sortie de tension qui augmente avec l'élévation de la température. Les capteurs analogiques sont couramment utilisés dans des applications telles que les systèmes de contrôle, les instruments de laboratoire et les dispositifs de mesure de précision.[6]

a) Capteur de température PT100

La sonde de température (ou capteur de température) sont des sondes a résistance de platine (Figure 2.8). Elle est constituée d'un filament de platine (Pt) et d'un dispositif permettant de transformer l'effet du réchauffement ou du refroidissement sur leurs composants en signal électrique. [7]



Figure 2.8 : capteur de température (PT100) [7]

- Principe de fonctionnement :

La sonde à résistance est basée sur la variation de la résistance en fonction de la température (Figure 2.9), l'élément PT100 possède une résistance de 100Ω à 0°C . On injecte dans la résistance une intensité constante d'après la loi d'ohms $U=R*I$ si I est constant, la variation de U est directement proportionnelle à la variation de R , on mesure donc la tension aux bornes de la résistance pour déterminer la valeur de la résistance en suite on peut déterminer la température.

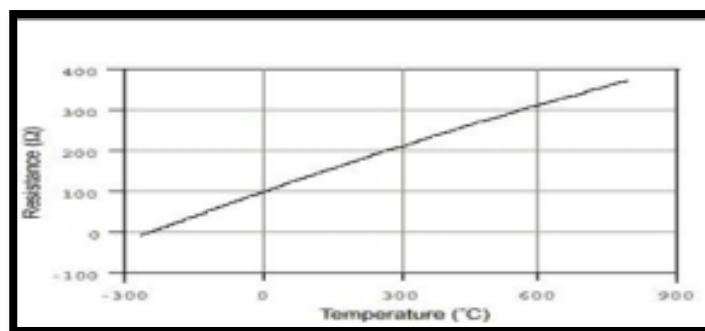


Figure 2.9 : La variation de la résistance en fonction de la température

b) Capteur fin de course

Les interrupteurs de fin de course est un outil essentiel pour détecter avec précision la position finale d'un élément mécanique. Ce type spécifique de capteur offre une sortie logique binaire (0 ou 1) en fonction de la position détectée. Son utilisation est courante dans diverses applications où une détection précise de la position est vitale pour déclencher des actions ou des processus.

Lorsque l'interrupteur de fin de course est installé sur un équipement, il est positionné de manière à ce que son actionneur soit activé lorsque la position finale souhaitée est atteinte. L'actionneur peut prendre différentes formes selon l'application, tels qu'une tige, un levier ou une palette. Lorsque l'équipement atteint cette position prédéterminée, l'actionneur est activé, entraînant la modification de l'état du circuit de l'interrupteur de fin de course.

En fonction de sa configuration, l'interrupteur de fin de course peut être normalement ouvert (NO) ou normalement fermé (NF). Lorsque le circuit est ouvert ou fermé, cela dépend de la conception spécifique de l'interrupteur. Lorsque l'interrupteur est activé, le circuit est modifié, ce qui peut être détecté par d'autres composants du système de contrôle. [8]



Figure 2.10 : interrupteur fin de course mécanique [8]

L'interrupteur de fin de course joue un rôle essentiel dans les applications nécessitant une détection précise de la position finale, en fournissant une sortie logique binaire pour déclencher des actions fiables. Son utilisation répandue témoigne de son importance pour un fonctionnement optimal des systèmes.

c) Capteur de pression

Une sonde de pression (ou capteur de pression) (Figure 2.11) est un dispositif destiné à convertir les variations de pression en variations de tension électrique. L'unité de pression fournie par la sonde peut être exprimée en bar ou en pascal. [1]



Figure 2.11 : Capteur de pression

d) Débitmètres Vortex KROHNE

Un débitmètre vortex KROHNE est un type de débitmètre utilisé pour mesurer le débit volumique de liquides, gaz et vapeurs dans une conduite. Le principe de mesure repose sur la génération de tourbillons ou vortex par un corps profilé (appelé générateur de vortex) installé dans la conduite. La fréquence de ces tourbillons est proportionnelle à la vitesse du fluide et donc au débit volumique. Le débitmètre vortex KROHNE utilise des capteurs piézoélectriques pour mesurer la fréquence de ces tourbillons et calculer le débit volumique correspondant. [9]



Figure 2.12 : Débitmètre Vortex KROHNE

- Principe de fonctionnement

Utilisé pour mesurer le débit d'eau dans la tour de refroidissement. Le principe de mesure reposant sur la formation de tourbillons alternés (effet Karman), sur les deux côtés d'un obstacle placé dans l'axe d'écoulement du fluide. Le tube de mesure comporte un barreau générateur de tourbillons. La fréquence de détachement des tourbillons est proportionnelle à la vitesse d'écoulement. Les tourbillons détachés sont détectés sous forme de coups de pression et comptés au moyen d'un cristal piézoélectrique dans le capteur de mesure. [9]

e) Débitmètres électromagnétiques Vortex KROHNE IFC 100 W

C'est un instrument de mesure de débit qui utilise le principe de la génération de tourbillons pour mesurer le débit volumique d'un liquide conducteur. Il se compose d'un corps de mesure dans lequel un générateur de vortex est installé, et de capteurs électromagnétiques qui mesurent la vitesse du fluide en mesurant la différence de potentiel induite par le déplacement du fluide dans un champ magnétique. Le débitmètre est capable de mesurer les débits volumiques de liquides conducteurs dans une large gamme de températures et de pressions, avec une grande précision et une bonne stabilité à long terme. Le modèle IFC 100 W de KROHNE est conçu pour une utilisation en industrie de l'eau et des eaux usées, avec des fonctionnalités de mesure et de communication avancées pour une surveillance et une gestion efficaces des réseaux de distribution d'eau.[9]



Figure 2.13 : Débitmètres électromagnétiques Vortex KROHNE

- Principe de fonctionnement

Les débitmètres électromagnétiques mesurent le débit volumique des fluides électro conducteurs. Un conducteur électrique, dans ce cas le fluide de mesure, traverse un champ magnétique. Une tension U , directement proportionnelle à la vitesse moyenne d'écoulement reste induite dans le fluide. L'induction magnétique B (intensité du champ magnétique) et la distance entre les électrodes D (diamètre de la section de la conduite du tube) sont constantes.

Le signal de tension induite est capté soit par deux électrodes de mesure en contact conducteur avec le fluide, soit par un système capacitif, sans contact. Un convertisseur de mesure amplifie le signal et le transforme en un signal conventionnel (courant stabilisé, par exemple: 4 à 20 mA), et en un signal de fréquence (une impulsion pour chaque mètre cube de fluide traversant le tube de mesure). [9]

f) Thermistance

La thermistance est principalement utilisée comme capteur de température, fournissant une sortie logique en fonction des variations de température détectées. Elle est largement utilisée dans de nombreuses applications où une surveillance précise de la température est essentielle. En fonction de la température mesurée, la thermistance génère une sortie logique binaire (0 ou 1) qui peut être utilisée pour déclencher des actions spécifiques ou des processus de contrôle. Cela en fait un capteur logique essentiel dans les systèmes où la gestion thermique est critique, tels que les dispositifs de chauffage, surveillance de la température du moteur de la pompe. Et bien d'autres.

Lorsque la température dépasse un seuil prédéfini, la thermistance détecte cette variation et génère une sortie logique (par exemple, un signal de niveau logique élevé ou bas). Ce signal peut être utilisé pour déclencher différentes actions de contrôle, telles que l'activation d'une alarme, l'arrêt automatique de la pompe ou l'activation d'un système de refroidissement.

La thermistance, en tant que capteur logique, permet donc de prendre des décisions en fonction des variations de température mesurées. Elle contribue ainsi à assurer la sécurité et la fiabilité du fonctionnement de la pompe, en prévenant les situations critiques telles que la surchauffe du moteur.

L'utilisation spécifique d'une thermistance peut varier en fonction de l'application et des exigences du système. Différents types de thermistances peuvent être utilisés, tels que des thermistances NTC (Coefficient de Température Négatif) ou des thermistances PTC (Coefficient de Température Positif), en fonction des besoins de mesure de température du système. [10]

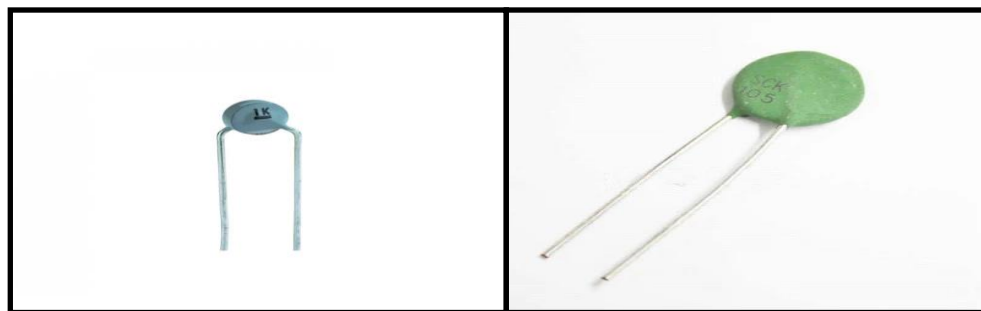


Figure 2.14 : Thermistance NTC et PTC [10]

2.3 Principe de fonctionnement de la tour de conditionnement (rôle)

Des gaz chauds sont récupérés du four à travers des ventilateurs V_F de la zone Cuisson et V1600 de la zone Cru, pour être utilisés dans le circuit aéraulique (Figure 2.15) de la zone Cru. Ces gaz chauds ont le rôle de sécher la matière première (un mélange de calcaire, argile, fer et sable) afin de faciliter son concassage et broyage. À la fin ces gaz sont filtrés et dégagés dans l'atmosphère.

En cas d'arrêt des doseurs ou du broyeur cru, ces gaz chauds doivent être refroidis avant de passer par les filtres AAF1 de la zone Cru et AFF2 de la zone Cuisson. Le refroidissement de ces gaz est nécessaire pour la protection des manches des filtres.

La tour de conditionnement par ses composants (compresseurs, pompes, électrovanne, vannes) assure le refroidissement de ces gaz en injectant de l'air vaporisé (rapport air/eau assuré par trois boucles de régulation) dans une tour où les gaz passent.

Actuellement, on a 3 scénarios de fonctionnement de la tour de conditionnement:

- **Pendant la marche normale**

C'est-à-dire doseurs et broyeur cru sont en marche, les gaz chauds passent complètement vers le circuit aéraulique de la zone Cru ($V_A=100\%$ & $V_{14}=0\%$) sans être refroidis (le refroidissement est assuré par l'échange de la température avec la matière) puis filtrés par les deux filtres (AAF1/V11 & AAF2/VR).

- **En cas d'arrêt doseur**

Les gaz chauds sont partagés avant la tour de conditionnement ($VA=100\%$ & $V14=100\%$), une partie refroidie pour protéger les manches des filtres et une non-refroidie pour assurer le séchage de la matière.

- **En cas d'arrêt du broyeur cru**

Les gaz sont complètement envoyés à la tour de conditionnement ($VA=0\%$ & $V14=100\%$) de manière à être refroidis avant de les partager à la sortie, une partie envoyée vers le filtre AAF1 à travers $V2$ et une partie vers le filtre AAF2 à travers $V1bis$.

D'autre part, on a les gaz revenants du broyeur cru (à travers VR) à l'entrée du filtre AAF2, ce qui fait que le filtre AAF2 a deux sources de gaz :

- **Gaz refroidi venant de la tour de conditionnement**

Et

- **Gaz chaud venant du broyeur cru**(absence de la matière donc pas d'échange de la température).

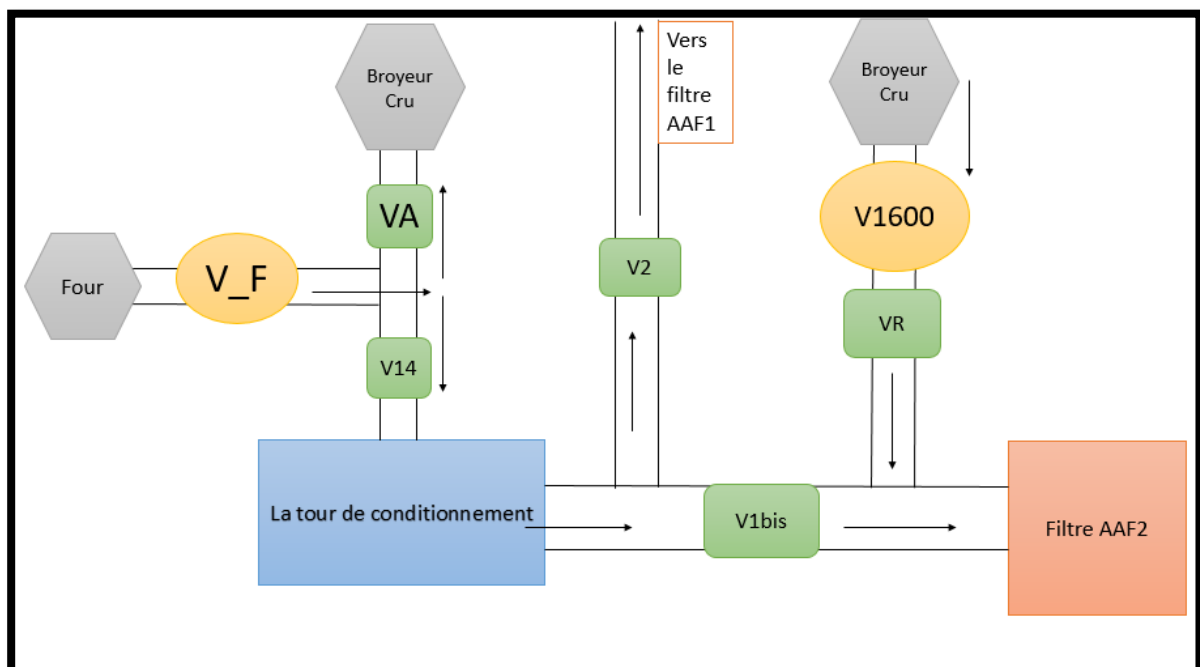


Figure 2.15 : Circuit aéraulique zone Cru

2.4 Problématique

Notre problématique se pose au troisième scénario et particulièrement pour le filtre AAF2; avec le démarrage actuel de la tour qui nécessite l'intervention de l'opérateur (pour la gestion des volets/consignes) et le temps de démarrer la tour (compresseur+ pompe) la température de l'entrée du filtre AAF2 continue d'augmenter jusqu'à ce qu'elle atteigne les 255°C, ce qui provoque l'arrêt du ventilateur du filtre AAF2, qui provoque à son tour l'arrêt du four.

On cherche à éviter ces arrêts et à protéger notre filtre en réduisant le temps de démarrage de la tour de conditionnement. Comme action d'amélioration nous allons :

- Laisser les compresseurs marchés sans arrêt et en alternance (12h/12h) dans le but de gagner le temps du démarrage et de charge des compresseurs.

- Laisser la pompe en marche après le baissement de la température jusqu'à 180°C en réduisant la quantité d'eau injectée pour éviter la formation de la boue (limitation de l'ouverture de la vanne à réguler d'eau).

- Eliminer une boucle de régulation (une seule boucle pour les modes Slow/Fast) afin de ne pas perturber l'opérateur (une seule boucle à gérer).

- L'automatisation de l'ouverture et fermeture des volets (V1bis, V2, V14, VR, VA).

- Démarrage automatique de la régulation (mode et saisie de la consigne).

- Affichage des messages d'alertes en cas de défaillance des compresseurs ou des pompes.

2.5 Analyse fonctionnelle

Le mode opératoire du système est décrit comme suit :

Séquence (groupe de la tour de conditionnement) : 314S01

- **Démarré si :**

Doseur à l'arrêt plus de 10 min (5s pour la simulation).

OU

Broyeur Cru à l'arrêt & Four en marche.

&

$$T^{\circ} \geq SP(\text{voir mention spéciale}) + 10$$

- **S'arrête si :**

Démarrage du Doseur après 15min (instantanément pour la simulation)

Ou

Démarrage du Broyeur Cru.

Mention spéciale SP

La consigne de régulation de la température de la tour de conditionnement **SP** change selon le mode de marche:

- **Le doseur à l'arrêt :**

La consigne **SP** est prise depuis la supervision (un champ de saisi), qui se libère dès l'arrêt des doseurs avec l'ancienne consigne saisie en donnant la main à l'opérateur de la changer selon les conditions de marche présentes.

- **Le broyeur à l'arrêt :**

La consigne est saisie en automatique depuis le programme **SP=200**.

AIR :

Compresseur 920CM50EC10/920CM50EC20

- **Démarre si :**

Il est sélectionné.

&

La séquence démarre.

OU

Le mode alternance est sélectionné.

- **S'arrête si :**

Il est désélectionné.

OU

La séquence s'arrête.

OU

Le mode alternance est désélectionné.

Electrovanne d'air 314PU50VN21

- **S'ouvre si :**

La séquence démarre

Ou

Le compresseur est en marche (pour la marche en alternance)

&

La pression d'entrée du circuit d'air est supérieure à 7 bar.

- **Se ferme si :**

La vanne d'air à réguler est fermée.

Ou

Le compresseur est à l'arrêt

La vanne à réguler d'air 314AW50VN21

- **Ouverture :**

L'électrovanne d'air est ouverte

&

Commande ouverture depuis le régulateur de débit d'air (voir fonction spéciale)

- **Fermeture :**

Commande fermeture depuis le régulateur de débit d'air (voir fonction spéciale)

Eau :**Pompe 314PU50MT10/314PU50MT20**

- **Démarre si :**

Elle est sélectionnée.

&

La séquence démarre.

&

La pression de la bombonne d'air est supérieure à 7 bar.

&

La pression d'entrée du circuit d'air est supérieure à 7 bar.

&

Le débit du circuit d'air est supérieur à $800m^3/h$.

&

Thermistance pompe Nord/Sud (selon la sélection).

&

FDC ouverture vanne manuelle en amont de la pompe Nord/Sud (selon la sélection).

&

FDC ouverture vanne manuelle sortie citerne.

- **S'arrête si :**

Elle est désélectionnée.

&

La séquence s'arrête.

&

La vanne d'eau est fermée.

Electrovanne d'eau 314PU50VN11

- **S'ouvre si :**

La séquence démarre.

&

La vanne d'air est ouverte.

&

La pression de démarrage des pompes est inférieure à 10 bar.

- **Se ferme si :**

La séquence s'arrête.

&

La vanne d'eau à réguler est fermée.

Vanne retour d'eau minimum 314PU50VN12

- **S'ouvre :**

Après 5s de l'arrêt de la séquence.

- **Se ferme :**

Après 5 s du démarrage de la séquence

Vanne à réguler d'eau 314AW50VN10

- **Ouverture :**

L'électrovanne d'eau est ouverte

&

Commande ouverture depuis le régulateur de la température de la tour de conditionnement
(voir fonction spéciale)

- **Fermeture :**

Commande fermeture depuis le régulateur de la température de la tour de conditionnement
(voir fonction spéciale)

Volets :

VA

- **Ouverture :**

Doseur & broyeur & Four en marche.

OU

Doseur à l'arrêt.

- **Fermeture :**

Broyeur à l'arrêt.

VR

- **Ouverture :**

Doseur & broyeur & Four en marche.

OU

Doseur à l'arrêt.

OU

Broyeur à l'arrêt.

V14

- **Ouverture :**

Doseur à l'arrêt.

OU

Broyeur à l'arrêt.

- **Fermeture :**

Doseur & broyeur & Four en marche.

V2

- **Ouverture :**

Doseur à l'arrêt.

OU

Broyeur à l'arrêt.

- **Fermeture :**

Doseur & broyeur & Four en marche.

V1bis

- **Ouverture :**

Broyeur à l'arrêt.

- **Fermeture :**

Doseur à l'arrêt.

OU

Doseur & broyeur & Four en marche.

- **Fonction spéciale**

Régulation débit d'air

Dès que le compresseur démarre et que l'électrovanne d'air s'ouvre, le régulateur se libère en mode externe avec une consigne de débit = 850m³/h saisie en automatique.

Après le démarrage de la pompe, la consigne du débit sera calculée en fonction de la quantité d'eau envoyée « rapport air/eau ».

Régulation température de la tour de conditionnement :

Dès que la température dépasse le seuil introduit (SP+10) le régulateur envoie une consigne d'ouverture à la vanne à réguler d'eau et une fois que la température est inférieure à SP-10 l'ouverture de la vanne est limitée à 5%.

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents équipements de la tour de conditionnement de l'atelier zone de cuisson avec leurs principes de fonctionnement. On a aussi décrit le principe de fonctionnement de la tour de conditionnement et la problématique et sa solution proposée. Pour finir nous avons donné son analyse fonctionnelle.

La présentation de l'automate S7-400, l'ET200M et le logiciel PCS7 seront abordés dans le prochain chapitre.

Chapitre 3

Automatisation et modélisation de système

3.1 Introduction

La réalisation des tâches par des machines est le cœur de l'automatisation industrielle. Elle est guidée par l'amélioration des opérateurs, tout en augmentant la productivité et en améliorant la qualité des produits. Le développement de l'automatisation a eu lieu grâce à l'avènement des systèmes électroniques en particulier :

- Les capteurs analogiques et numériques.
- Les automates programmables industriels (API).
- Les bus de communication (CAN, CAN open, Profibus ...).
- La supervision.

Dans ce chapitre nous allons présenter l'API de siemens S7.400 et faire la programmation sous PCS7 pour la tour de conditionnement et améliorer le refroidissement de gaze chauffé.

3.2 Architecture de SIMATIC PCS7

La solution proposée est basée sur le système SIMATIC PCS7 (Process Control System 7) de Siemens. Ce dernier est un système de contrôle de procédés homogène et cohérent, caractérisé par une architecture évolutive unique et des propriétés exceptionnelles.

L'architecture du système SIMATIC PCS7 est conçue de telle sorte que le système contrôle commande soit configuré de manière optimale selon le cahier de charges imposé. Par ailleurs, il est possible à tout moment, d'augmenter ou de modifier les capacités du système de commande.

La plateforme du système PCS7 de Siemens, qui est une extension logicielle de l'automate programmable S7-400 et du logiciel de supervision WinCC. Cette extension se présente sous la forme de bibliothèques et de fonctionnalités intégrées qui simplifient la programmation de l'automate S7-400 et la création d'interfaces homme-machine.

L'utilisation des modules de communication ET200M pour réduire la complexité et le coût des installations. Ces modules servent à relier l'automate S7-400 à des modules d'entrées/sorties décentralisés, et la communication entre l'automate et la station ET200M est réalisée via le bus de terrain PROFIBUS. Les convertisseurs OLM permettent de faire communiquer les signaux PROFIBUS par fibre optique, avec une extension de la transmission allant jusqu'à 45 km en fibre monomode.

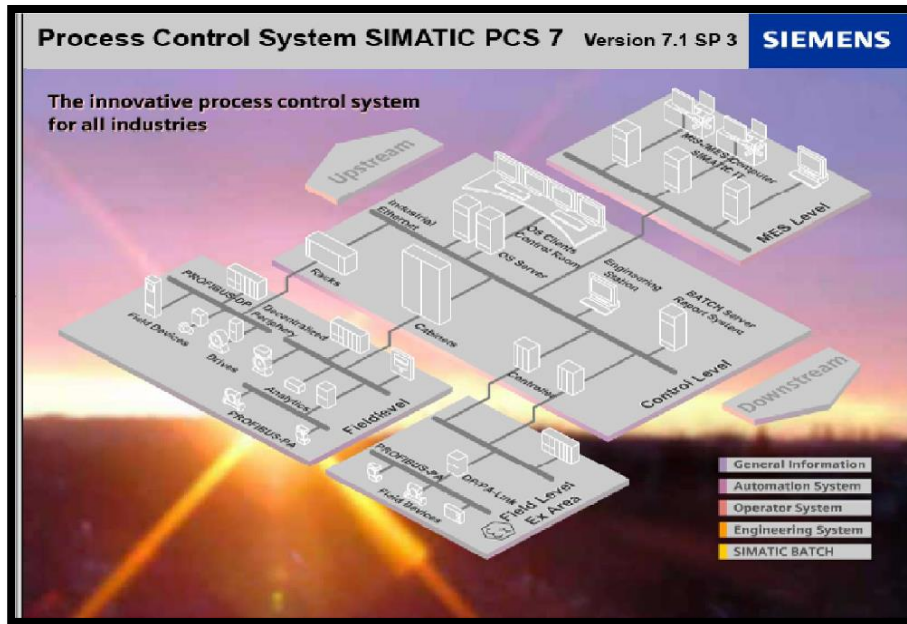


Figure 3.1 : Architecture du système PCS7

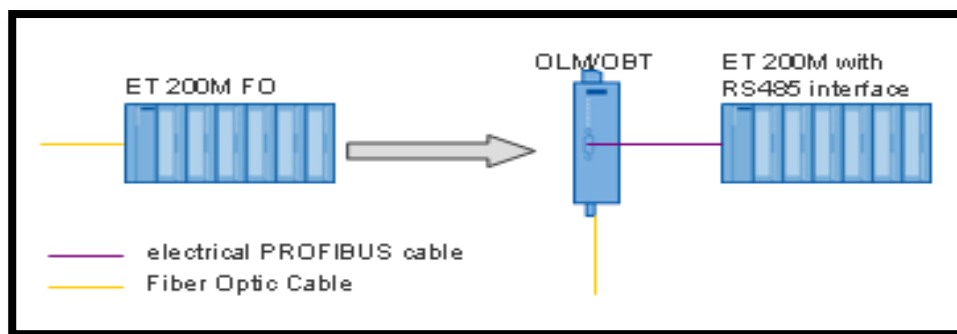


Figure 3.2 : Conversion PROFIBUS-fibre optique [1]

3.2.1 L'automate S7-400

Le S7-400 est un automate programmable. Pratiquement chaque tâche d'automatisation peut être résolue par un choix approprié des constituants d'un S7-400. Les modules S7-400 se présentent sous forme de boîtiers que l'on adapte sur un châssis. Des châssis d'extension sont à disposition pour faire évoluer le système [11].

3.2.2 Station ET-200M

Le système de périphérie décentralisé ET-200M (Figure 3.4) est de conception modulaire, et peut être configuré avec 12 modules de périphérie : des modules 'entrées/sorties' (ex. 64 entrées TOR) ou des modules de fonction ou encore des processeurs de communication S7-400 [11].



Figure 3.3 : L'automate S7-400



Figure 3.4 : L'ET-200M

3.3 Logiciel de programmation SIMATIC Manager PCS7

Le système de contrôle de processus SIMATIC PCS 7 offre une plate-forme ouverte pour des solutions modernes, économiques et tournées vers l'avenir dans l'industrie des procédés. Grâce à sa conception et son architecture modernes, il permet de réaliser une installation à des coûts optimaux et de l'exploiter de manière économiquement rationnelle à chaque étape de son cycle de vie, de la planification à l'extension ultérieure, en passant par l'ingénierie, la mise en service, la formation, le fonctionnement et la maintenance.

Un projet PCS7 est constitué des objets suivants :

- SIMATIC Manager : portail d'accès à toutes les autres applications utilisées pour créer un projet PCS7.
- HW configuration : Configuration de l'ensemble du matériel d'une installation.
- Editeur CFC et SFC : Création de diagrammes CFC et de commandes séquentielles.

3.3.1 Création d'un nouveau projet

Pour expliquer comment on a développé notre projet on commence par la création d'un multi projet sur SIMATIC MANAGER, on doit le démarrer à partir de la barre d'outils Windows avec la commande du menu Démarrer > SIMATIC> SIMATIC Manager.

Ou bien double-cliquer sur l'icône PCS7 de votre bureau, après en suit les étapes suivantes :

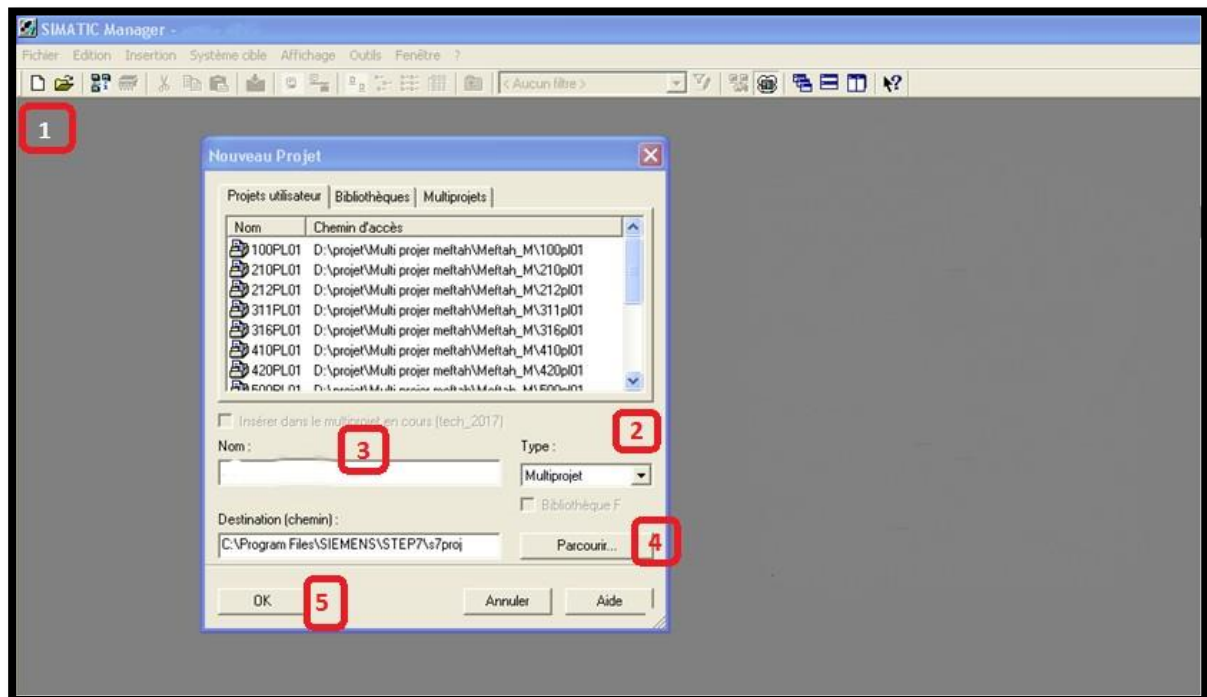


Figure 3.5 : Création d'un Multi projet

1. Créer un nouveau projet.
2. On choisit le multi-projet.
3. Donner un nom pour le fichier.
4. Nous pouvons choisissons un autre répertoire, il suffit de cliquer sur parcourir et sélectionné le répertoire puis confirmer par OK.
5. Une fois terminer tous les choix, confirmer par OK.

3.3.2 Création de la station AS dans le multi-projet

Une station AS (Automation Station) représente l'automate S7_400 ainsi que les modules d'entrées/sorties décentralisés ET200M. Un projet PCS7 doit inclure au moins une station AS.

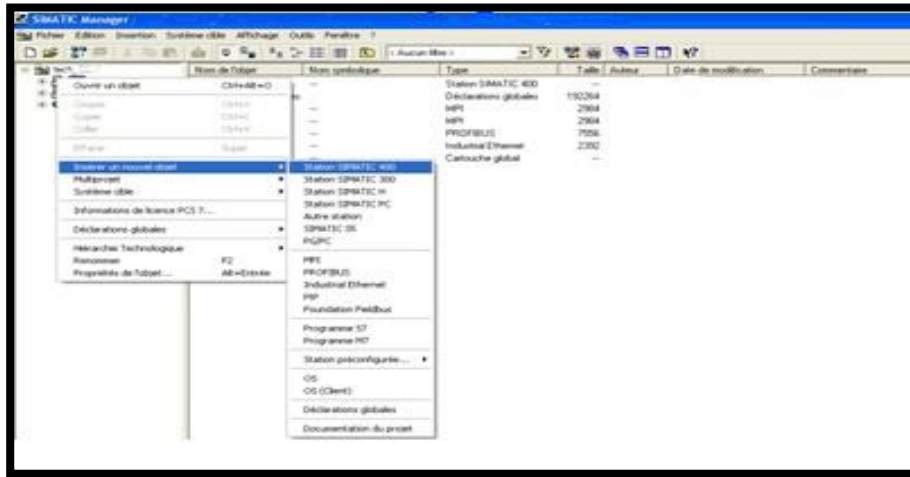


Figure 3.6 : Création d'une station AS

3.3.3 Création d'une bibliothèque dans le multi-projet

Pour créer une bibliothèque, nous suivons les mêmes étapes comme la station AS, cliquer sur bibliothèque et donner le nom et le répertoire faire le choix et confirmer par OK.

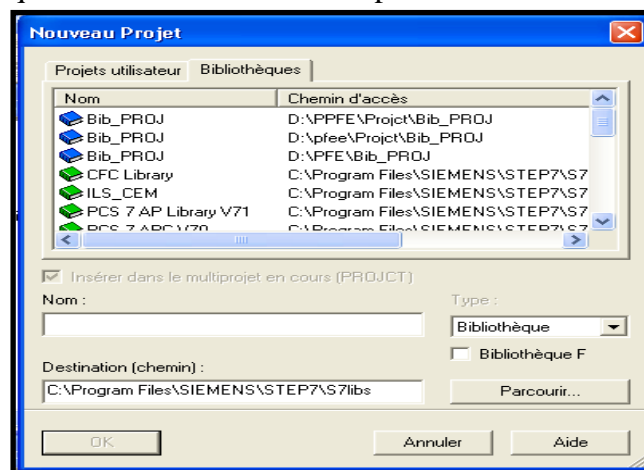


Figure 3.7 : Création de la bibliothèque

3.3.4 Les vues du projet

SIMATIC Manager possède 3 vues qui traitent la même opération, chaque vue avec son propre caractère (figure 3.8) :

a) Vue des composants

Cette vue permet de surveiller à la fois la configuration matérielle et les composants de bus et de périphérie du processus pour un projet unique ou plusieurs projets simultanément.

b) Vue technologique

Cette vue représente la structure hiérarchique et l'installation de projet, elle permet de créer des dossiers hiérarchiques, des sous dossiers, des diagrammes CFC et classer les fonctions d'automatisation et de contrôle-commande en forme hiérarchique ce qui permet de simplifier et clarifier les structures.

c) Vue des objets de processus

Elle affiche des détails sur les objets individuels de la vue technologique. Elle convient en particulier lorsqu'on veut paramétrer, commenter ou connecter les objets qui existent dans le projet.

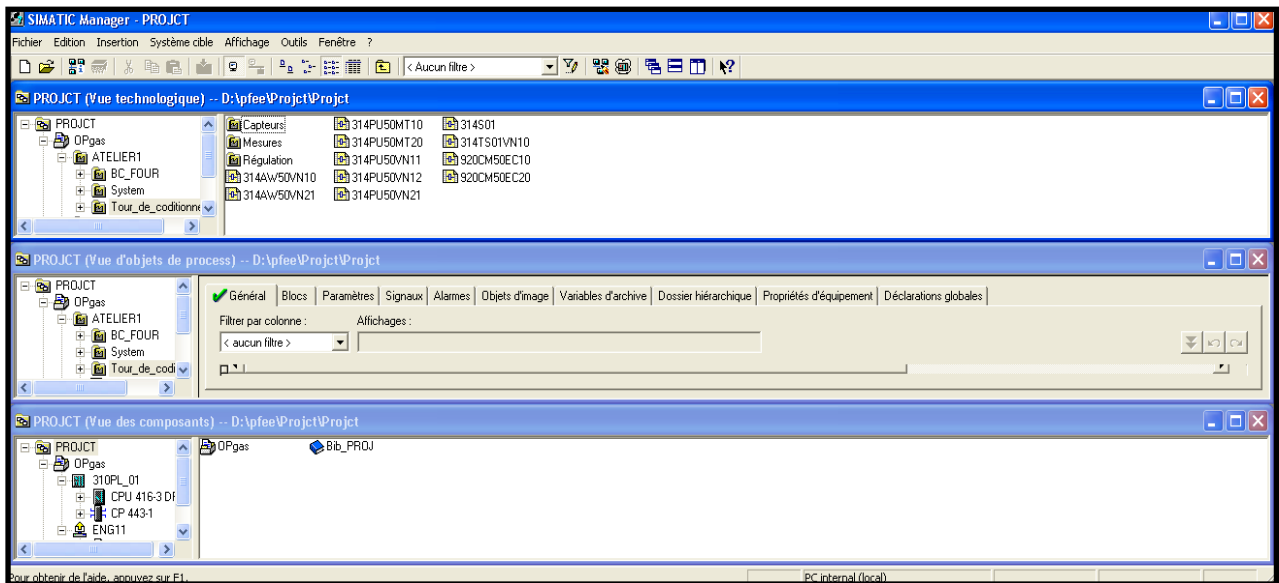


Figure 3.8 : les trois vue de PCS7

3.4 Configuration matériels

3.4.1 Configuration matériel de la station AS «système d'automatisation»

Il est possible de sélectionner le châssis (Rack) désiré à partir d'un catalogue électronique et d'y placer les modules choisis aux endroits souhaités dans les racks (CPU, PS...). Le système permet également la configuration de la CPU (mode de fonctionnement au démarrage, surveillance du temps de cycle) et du processeur de communication (CP).

- Ouvrir la station « AS » dans le 1er projet.
- Choisir dans le catalogue SIMATIC 400 : RACK 400 ; CPU ; CP et L'alimentation
- On Choisit dans le catalogue PROFIBUS-DP : ET 200M et on ajoute les modules entrées/sorties

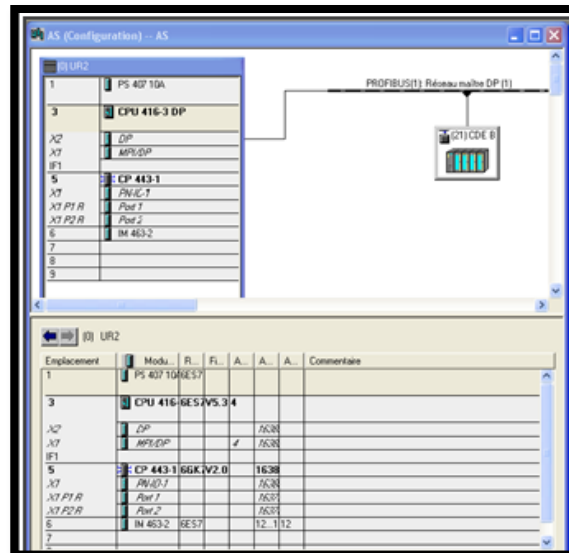


Figure 3.9 : Configuration matérielle AS

3.4.2 Configuration de la station OS «station opérateur»

Le contrôle commande d’installation pendant le fonctionnement du processus est assuré par la station opérateur. Le PCS7 met une possibilité de configuration d’ordinateur lequel nous effectuons la configuration ES (stations d’ingénierie) en tant que station PC locale par La procédure suivant :

- Sélectionnons dans l’arborescence PROJECT
- Dans la vue de détail, sélectionnons l’objet «Configuration » et choisissons la commande de menu Edition → Ouvrir objet.
- Illustre la fenêtre HW et on met la configuration suivant :
 - Partir de "Catalogue du matériel" sur PC SIMATIC > IHM > WINCC Application.
 - Encore, le CP choisir à partir de "Catalogue du matériel" : station PCSIMATIC > CP industriel Ethernet > Générale IE > SW V6.2 SP1.
 - Après nous choisissons la commande de menu Station → Enregistrer et compiler [11]

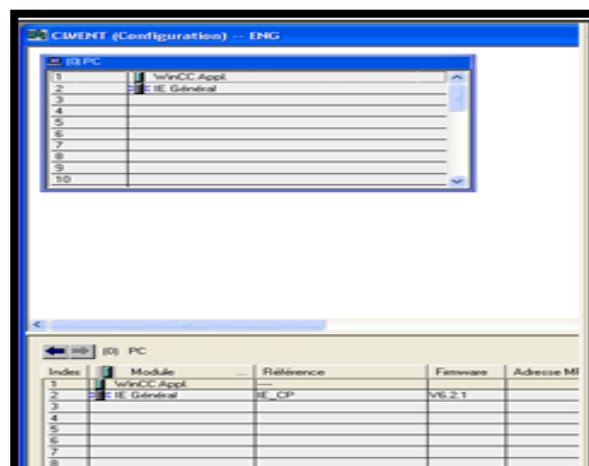


Figure 3.10 : Configuration de l’OS

3.5 Programmation

Après avoir configuré le matériel pour le multi-projet, la programmation peut commencer. La fenêtre par défaut dans le SIMATIC MANAGER est la "Vue composants", mais pour programmer, il est nécessaire d'afficher la fenêtre de la "Vue technologique" en cliquant sur "Affichage", puis sur "Vue technologique".

3.5.1 Création des dossiers hiérarchiques

En cliquant avec le bouton droit de la souris sur la station "AS" dans la fenêtre de la "vue technologique", on peut insérer un dossier hiérarchique en créant un seul dossier pour chaque groupe de notre atelier.

Des blocs "CFC" ainsi que des dossiers hiérarchiques pour mesures, sélections, capteurs et régulation sont créés dans le dossier hiérarchique. Les blocs "CFC" sont ensuite déclarés dans un groupe en fonction du nombre d'équipements.

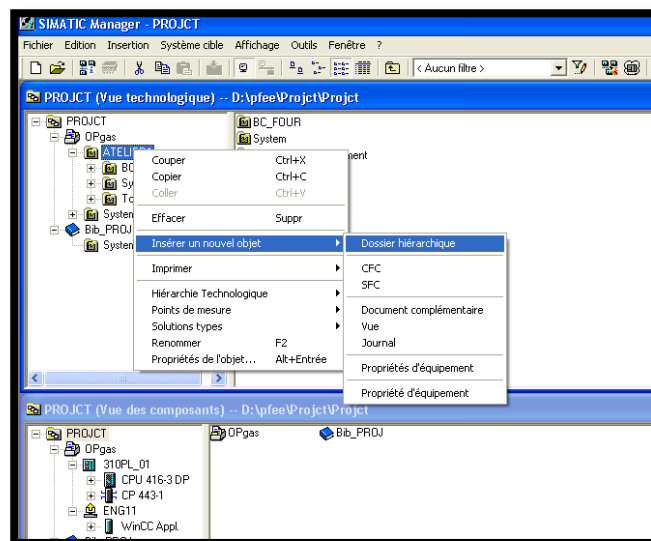


Figure 3.11 : création de dossier hiérarchique

3.5.2 Définition d'un bloc CFC «Continuous Function Chart»

Le CFC, un éditeur graphique intégré dans le logiciel PCS7, permet de concevoir une architecture logicielle complète pour une CPU en utilisant des blocs préprogrammés. En utilisant des diagrammes fonctionnels, on insère, paramètre et interconnecte ces blocs afin de créer une solution de programmation complète. Les connexions permettent le transfert de valeurs de sortie vers une ou plusieurs entrées, ce qui facilite la communication entre les différents blocs et objets.

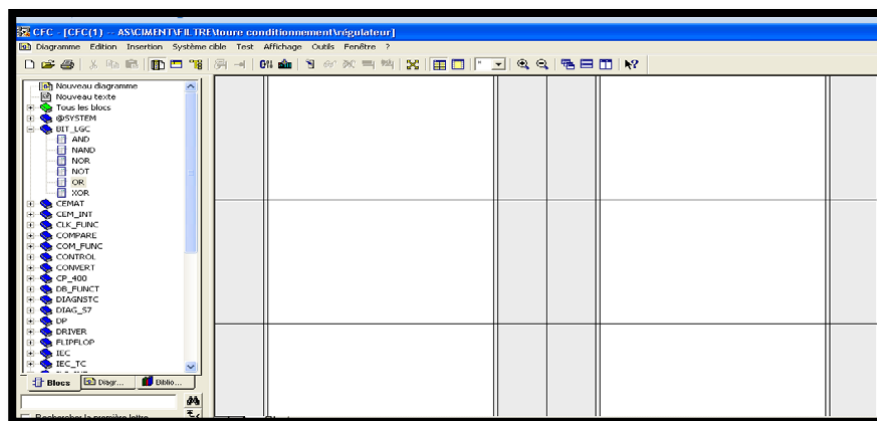


Figure 3.12 : Affichage de bloc CFC

3.5.3 Déclaration de bloc CFC

On déclare les blocs CFC selon notre besoin, ils sont illustrés dans les tableaux ci-dessous.

a) Liste des consommateurs

Tag	Description	Module (bloc CFC)
314PU50MT10	Pompe centrifuge d'injection d'eau «Nord»	C_DRV_1D
314PU50MT20	Pompe centrifuge d'injection d'eau «Sud»	C_DRV_1D
920CM50EC10	Compresseur d'air (Atlas Copco) «Nord»	C_DRV_1D
920CM50EC20	Compresseur d'air (Atlas Copco) «Sud»	C_DRV_1D
BC	Broyeur Cru	C_DRV_1D
Doseur	Doseur	C_DRV_1D
Four	Four	C_DRV_1D
314AW50VN10	Vanne régulée d'eau	C_DAMPER
314AW50VN21	Vanne régulée d'air	C_DAMPER
V14	Volet 14	C_DAMPER
V1BIS	Volet 1 BIS	C_DAMPER
V2	Volet 2	C_DAMPER
VA	Volet allé	C_DAMPER
VR	Volet retour	C_DAMPER
314 PU50VN11	Électrovanne circuit d'eau	C_VALVE
314 PU50VN21	Électrovanne circuit d'air	C_VALVE
314PU50VN12	Électrovanne retour vers citerne	C_VALVE
314TS01VN10	Electrovanne remplissage	C_VALVE

Tableau 3.1 : Les consommateurs de groupe

b) Capteurs

Tag	Description	Module (bloc CFC)
314PU50XZ11	FDC fermeture vanne manuelle sortie citerne	C_ANNUNC
314PU50XZ21	FDC fermeture vanne manuelle en amont de la pompe Nord	C_ANNUNC
314PU50XZ31	FDC fermeture vanne manuelle en amont de la pompe Sud	C_ANNUNC
314PU50XT11	Thermistance pompe Nord	C_ANNUNC
314PU50XT21	Thermistance pompe Sud	C_ANNUNC
920CM50EC10F1	Défaut général compresseur Nord	C_ANNUNC
920CM50EC20F1	Défaut général compresseur Sud	C_ANNUNC
920CM50EC10XX11	Charge décharge compresseur Nord	C_ANNUNC
920CM50EC20XX11	Charge décharge compresseur Sud	C_ANNUNC

Tableau 3.2 : Les capteurs logiques de groupe**c) Groupe et sélections**

Tag	Description	Module (bloc CFC)
314S01	Groupe de la tour de conditionnement	C_GROUP
314S01L01	Sélection pompe d'injection Nord	C_SELECT
314S01L02	Sélection pompe d'injection Sud	C_SELECT
314S01L03	Sélection compresseur d'injection Nord	C_SELECT
314S01L04	Sélection compresseur d'injection Sud	C_SELECT

Tableau 3.3 : Groupe et ses sélections

d) Mesure

Tag	Description	Module (bloc CFC)
314TS01YL11	Niveau réservoir d'eau	C_MEASUR
314PU50YI11	Courant pompe centrifuge Nord	C_MEASUR
314PU50YI21	Courant pompe centrifuge Sud	C_MEASUR
314PU50YP11	Pression de démarrage des pompes	C_MEASUR
314PU50YP12	Pression de sortie circuit d'eau	C_MEASUR
314AW50YZ11	Position vanne d'alimentation circuit d'eau	C_MEASUR
314AW50YP11	Débit circuit d'eau	C_MEASUR
920 PU50YP11	Pression bonbonne air	C_MEASUR
314AW50YP31	Pression d'entrée circuit d'air	C_MEASUR
314AW50YP32	Pression circuit d'air en amont de la vanne a régulé	C_MEASUR
314AW50YP33	Pression sortie circuit d'air	C_MEASUR
314AW50YZ31	Position vanne réguler circuit d'air	C_MEASUR
314AW50YF31	Débit circuit d'air	C_MEASUR
314AW50YI11	Température de régulation tour de conditionnement	C_MEASUR
PosV14	Position Volet 14	C_MEASUR
PosV1BIS	Position Volet 1 BIS	C_MEASUR
PosV2	Position Volet 2	C_MEASUR
PosVA	Position Volet allé	C_MEASUR
PosVR	Position Volet retour	C_MEASUR

Tableau 3.4 : Les mesures de groupe

e) Régulateurs

Tag	Description	Module (bloc CFC)
314AW50R01	Régulation de débit d'air	CTRL_PID
314AW50R02	Régulation de débit d'eau	C_PID3

Tableau 3.5 : Les régulateurs de groupe

3.6 Description et programmation des blocs CFC

En double-cliquant sur le bloc CFC, six pages vides s'affichent, sur lesquelles on peut créer le programme. Pour l'organisation, on utilise la première page pour l'objet (C_GROUP, C_SELECT, C_DRIV, etc.). À gauche de ces pages, se trouve la bibliothèque des blocs de fonctions, également appelée la bibliothèque CIMAT. [11]

3.6.1 CEMAT version 7.0

La bibliothèque CEMAT repose sur SIMATIC PCS7 de Siemens et sert de contrôleur de processus pour l'industrie cimentière. Elle propose une architecture ouverte, moderne et unique qui garantit son utilisation future et offre une solution économique. En utilisant toutes les fonctionnalités de SIMATIC PCS7, CEMAT ajoute une autre philosophie de fonctionnement de l'installation et de diagnostic de défauts. L'intégration de CEMAT à PCS7 a entraîné de nombreuses améliorations. [11]

La cimenterie de MEFTAH utilise la version 7.0 qui est basée sur les composants du système de SIMATIC S7.

3.6.2 C_GROUP

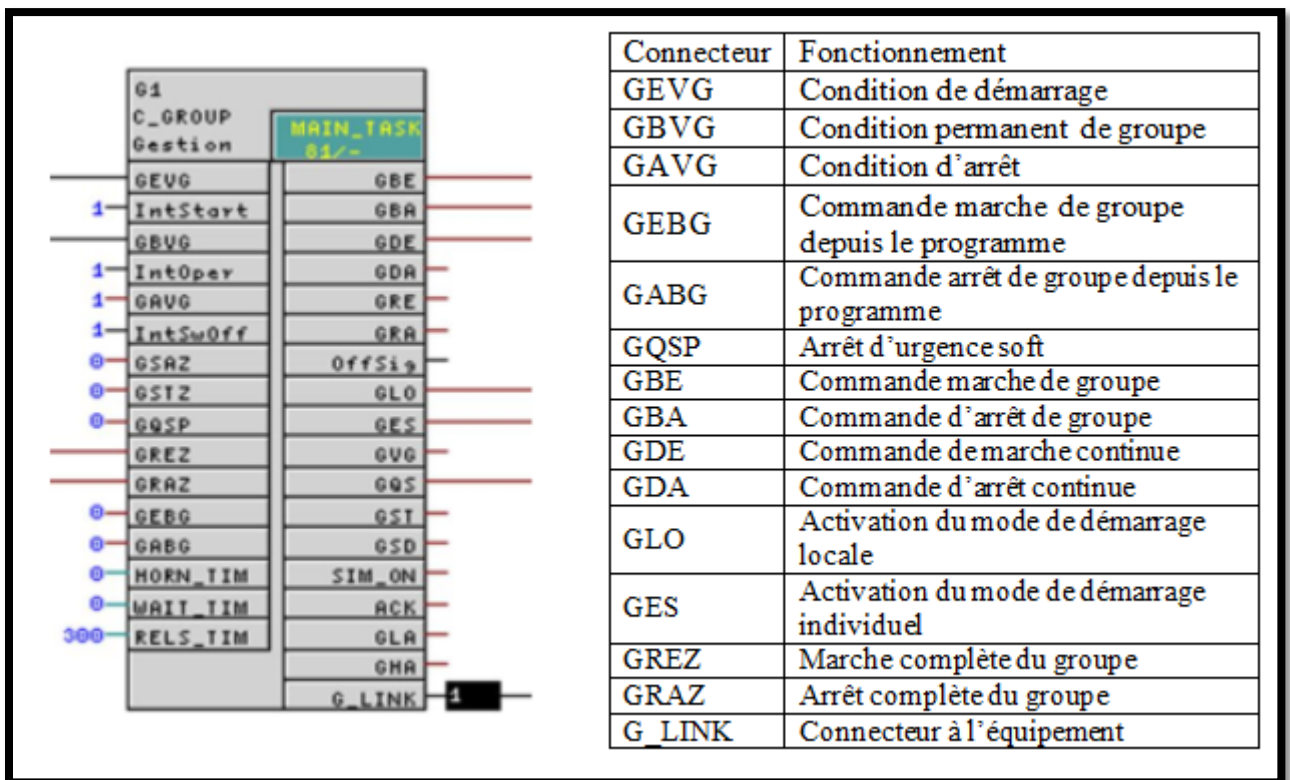


Figure 3.13 : Bloc C_GROUP et ses connecteurs

Ce bloc est conçu pour contrôler l'état de fonctionnement et les conditions de démarrage et d'arrêt d'une partie regroupée. Il existe trois modes de fonctionnement :

Mode individuel : Les consommateurs sont contrôlés individuellement à partir de la salle de commande, avec chaque bloc de consommateur possédant deux boutons soft marche/arrêt qui apparaissent sur son interface lorsqu'on passe en mode individuel.

Mode automatique : Les blocs de consommateurs peuvent être contrôlés depuis la salle de commande via un groupe de boutons souples, comprenant un bouton de démarrage et un bouton d'arrêt pour tous les blocs de consommateurs appartenant à ce groupe.

Mode local : Les consommateurs sont activés et désactivés localement par des boutons de démarrage et d'arrêt dédiés.

3.6.3 C_DRV_1D

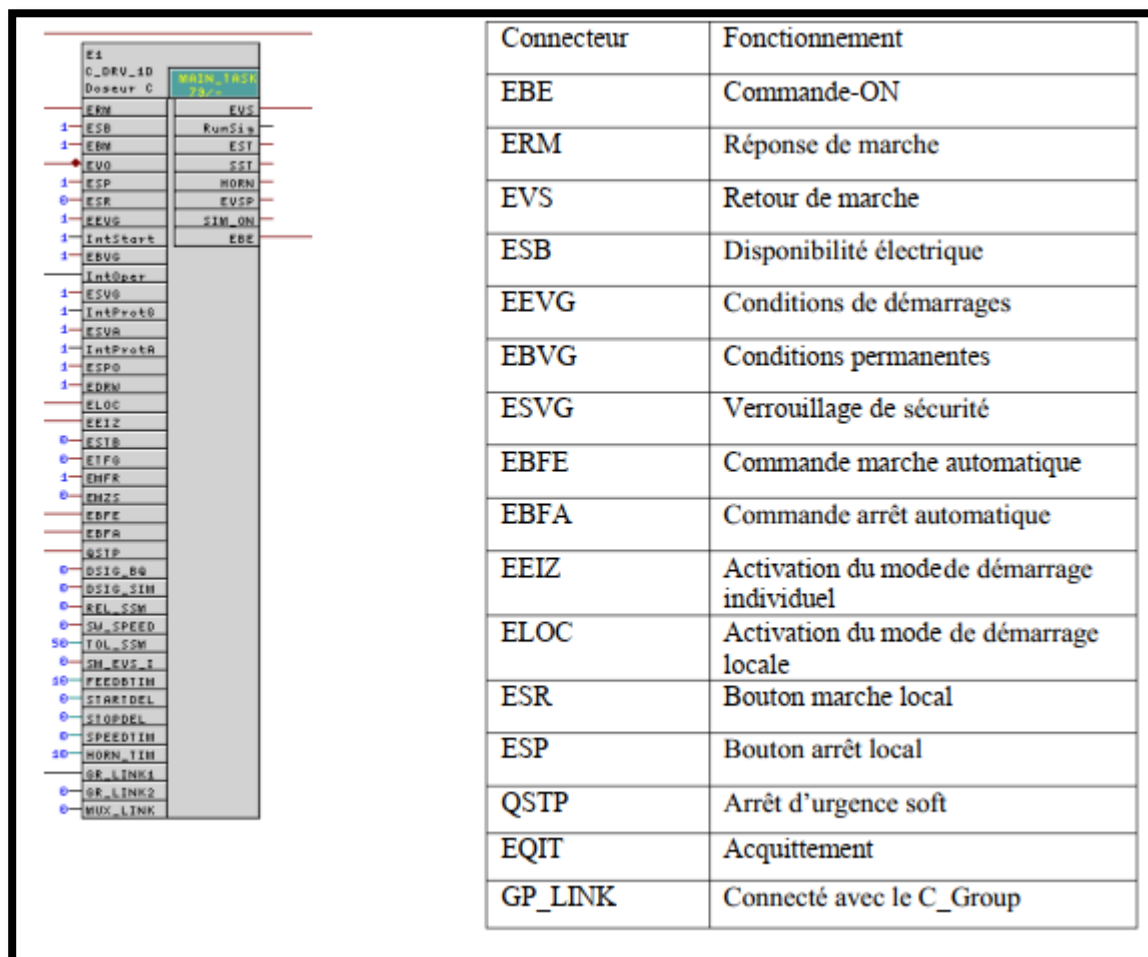


Figure 3.14 : Bloc C_DRV_1D et ses connecteurs

Le bloc **C_DRV_1V** peut être utilisé pour commander tous les moteurs unidirectionnels dans la cimenterie.

3.6.4 C_DAMPER

Le bloc de type **C_DAMPER** peut être utilisé pour commander et contrôler les vérins ou des volets dans la cimenterie.

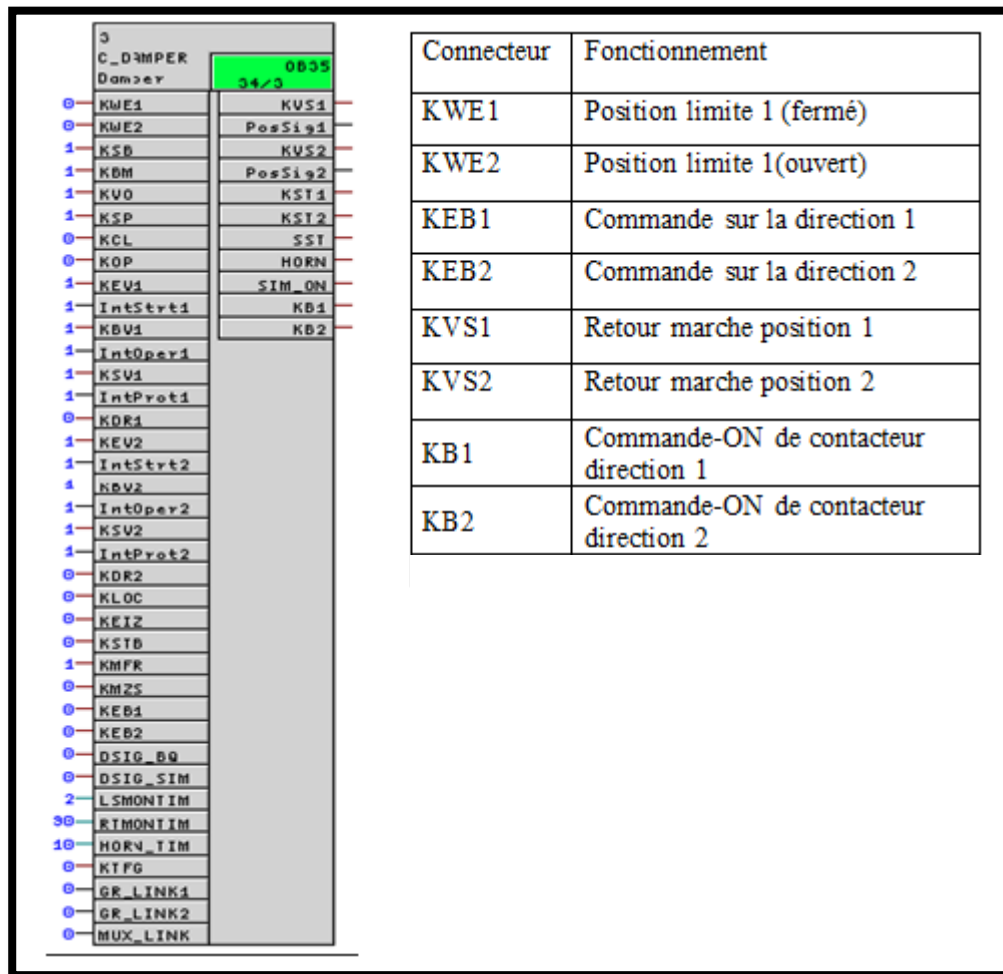


Figure 3.15 : Bloc C_DAMPER et ses connecteurs

3.6.5 C_VALVE

Dans une cimenterie, le bloc **C_VALVE** peut être utilisé pour ouvrir et fermer des vannes pneumatiques.

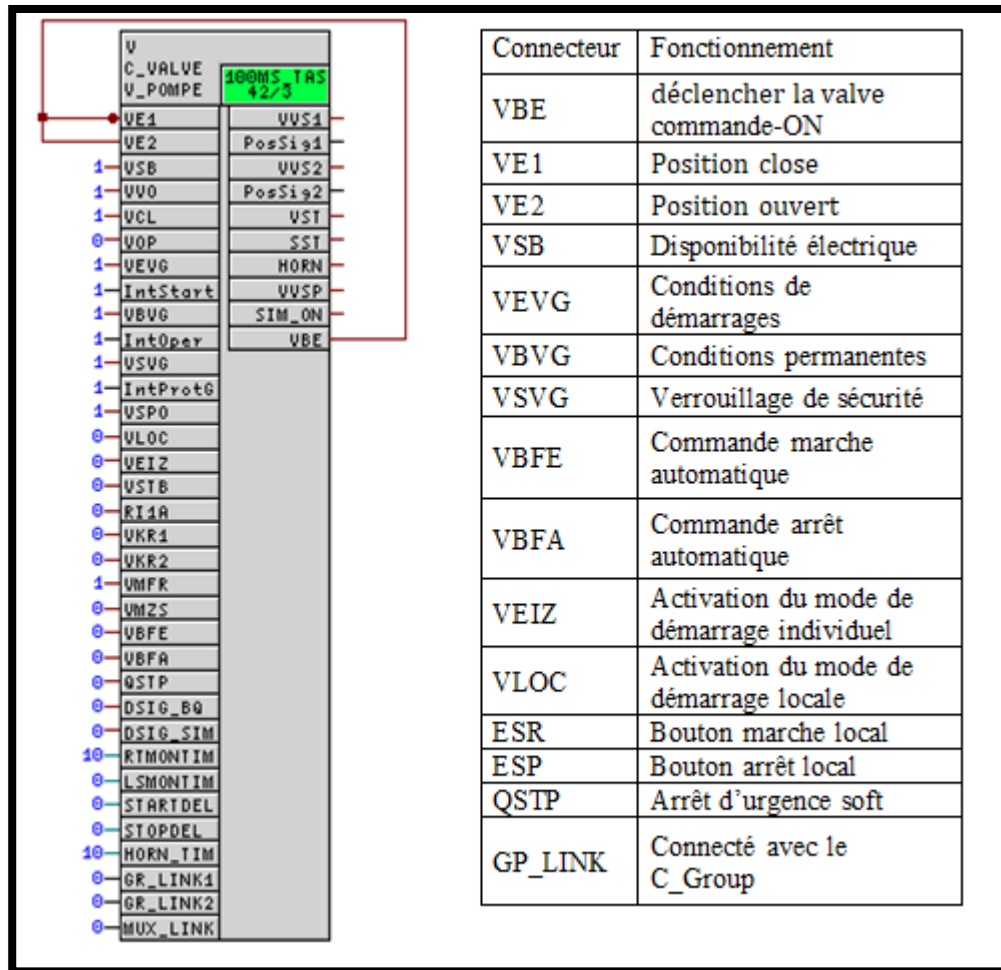


Figure 3.16 : Bloc C_VALVE et ses connecteurs

3.6.6 C_ANNUNC

Ce bloc affiche l'état du capteur logique en fonction de la logique câblée (1 ou 0 =Défaut).

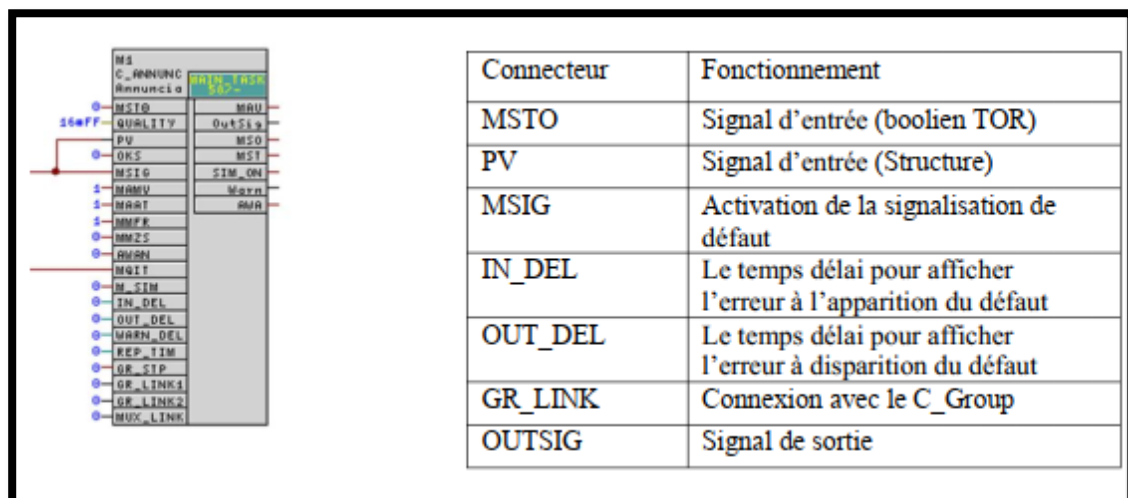


Figure 3.17 : Bloc C_ANNUNC et ses connecteurs

3.6.7 C_MEASUR

Le bloc en question permet d'afficher l'état actuel du capteur analogique qui mesure une grandeur physique telle que le courant, la tension, la température, le niveau ou la puissance.

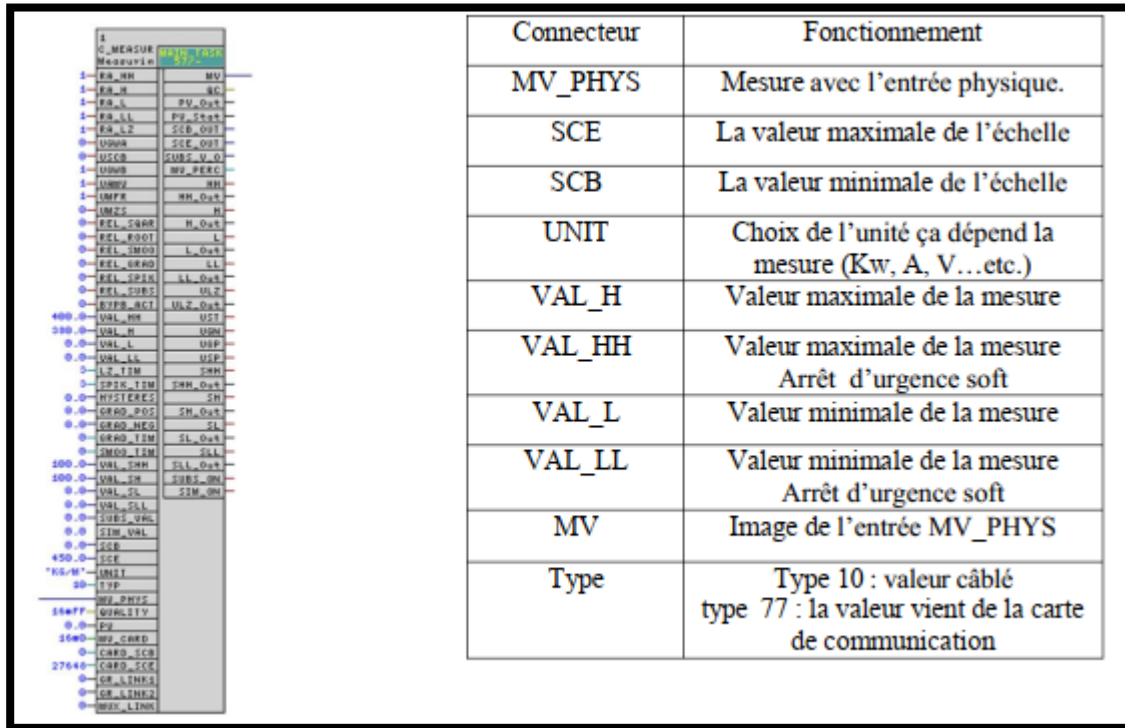


Figure 3.18 : Bloc C_MEASUR et ses connecteurs

3.6.8 C_SELECT

Le module de type C_SELECT est utilisable pour toutes les fonctions de sélection, sans fournir une analyse détaillée des défauts tels que l'appel d'état contrairement à la route. Cependant, il est relativement simple à manipuler et peut être facilement utilisé pour la sélection de disques individuels. La sélection et la désélection peuvent être effectuées à travers la station opérateur ou le programme, avec un signal de sélection AZE défini lors de la sélection, qui peut être utilisé pour verrouiller les lecteurs, par exemple.

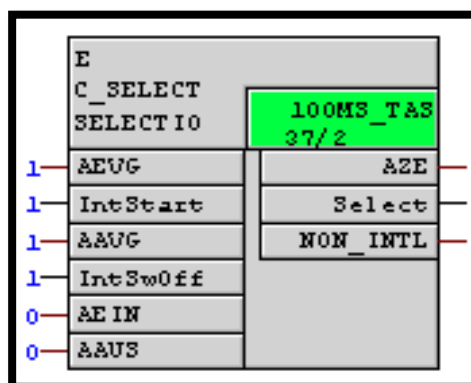


Figure 3.19 : Bloc C_MEASUR

3.6.9 CH_AI/CH_AO

Ce bloc est utilisé pour mettre à l'échelle les entrées/sorties analogiques.

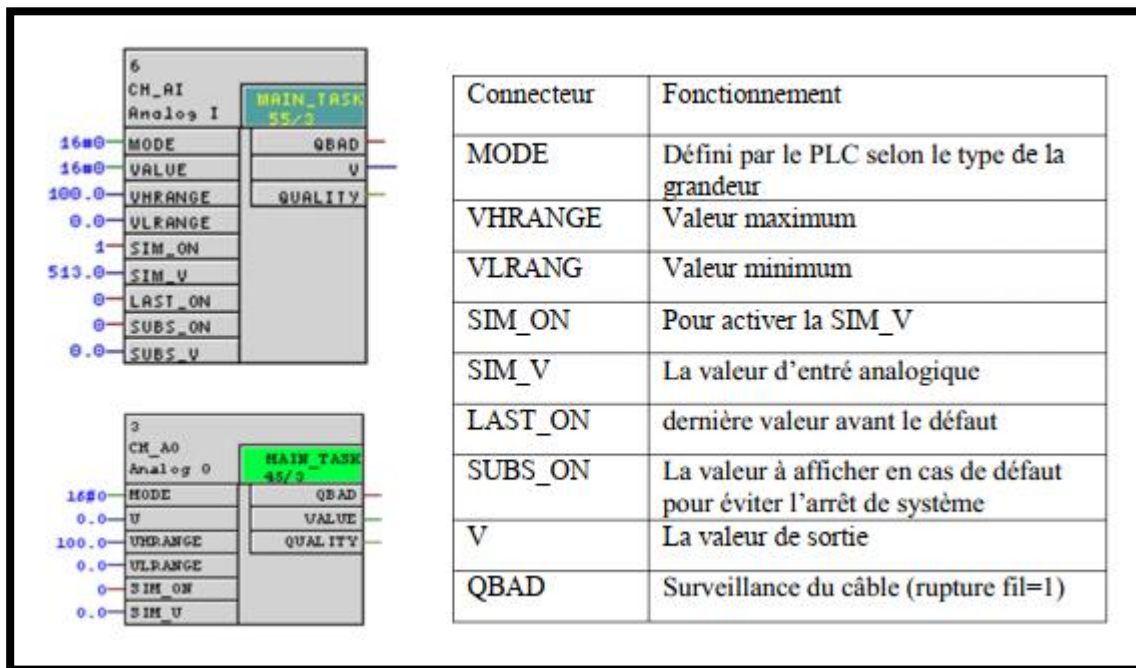


Figure 3.20 : Bloc CH_AI/CH_AO et ses connecteurs

3.6.10 CTRL_PID

Ce bloc a pour fonction d'assurer la régulation, que ce soit en mode automatique ou manuel.

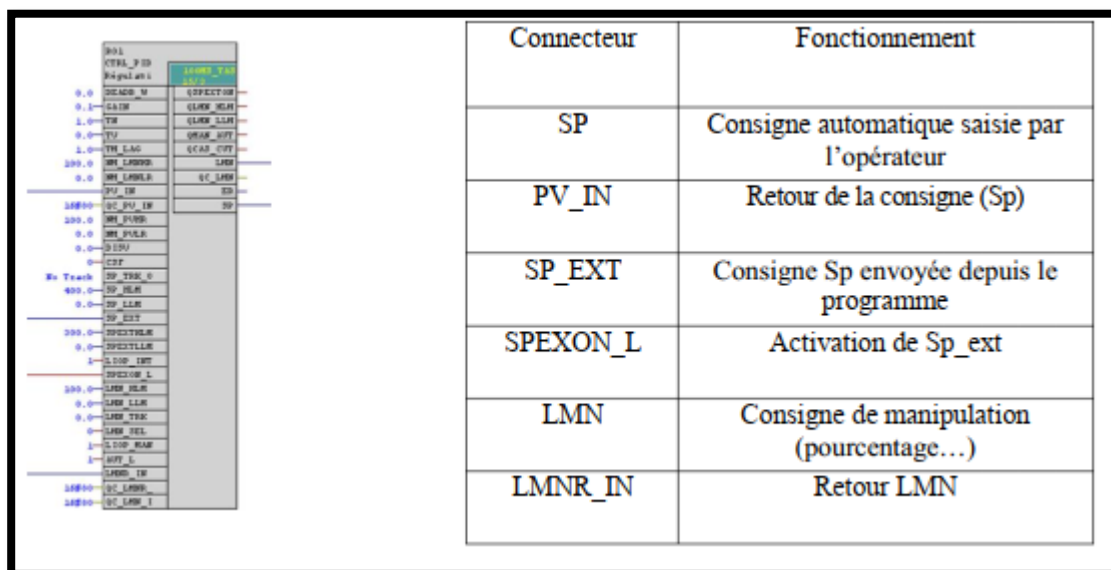


Figure 3.21 : Bloc CTRL_PID et ses connecteurs

3.7 Exemple de programmation

Après avoir effectué l'analyse fonctionnelle, il est nécessaire de déclarer les blocs CFC en leur attribuant un nom d'étiquette unique, puis de commencer la programmation des blocs.

Pour ajouter un bloc à la page blanche du CFC, on ouvre la bibliothèque CEMAT à gauche de l'interface, on recherche le bloc souhaité et on le glisse sur la page blanche à droite. Pour ajouter un commentaire, il suffit de double-cliquer sur le bloc pour ouvrir une fenêtre, puis écrire le commentaire dans l'espace spécifié, ces étapes seront répétées pour chaque bloc.

On crée un exemple de fonctionnement pour faciliter la compréhension de la programmation et du diagnostic.

3.7.1 Programmation groupe avec moteur

Une fois que le bloc C_group est positionné dans le CFC de "314S01" et que le bloc C_DRV_1D est placé dans le CFC de "920CM50EC10", il est nécessaire de connecter tous les connecteurs du bloc C_group au bloc C_DRV_1D.

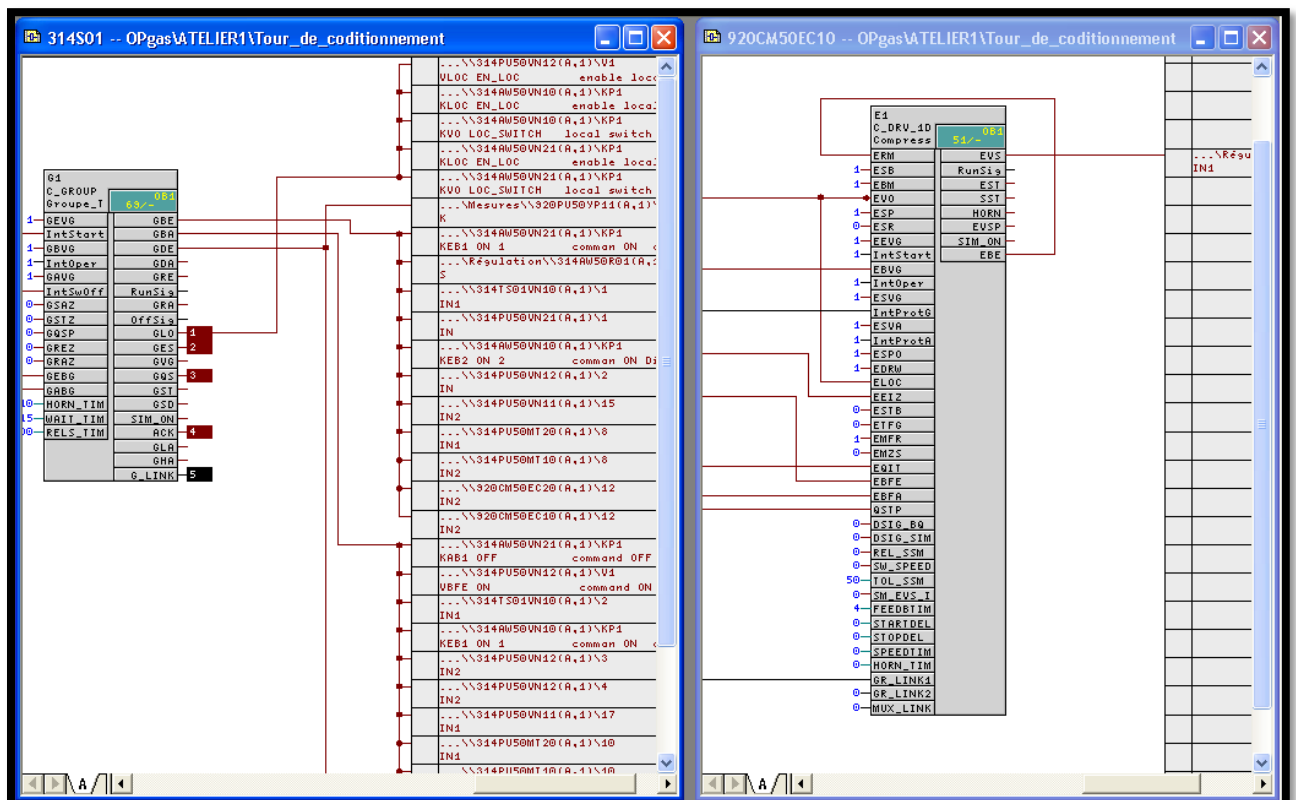


Figure 3.22 : Programmation de C_GROUP avec C_DRV_1D

- GBE →EBFE : Commande de marche.
- GBA→EBFA : Commande d’arrêt.
- GLO→EVO (inversé) : Pour la commande automatique.
- GLO→ELOC : Pour la commande locale.
- GES→EEIZ : Pour la commande individuelle.
- GQS→QSTP : Arrêt d’urgence soft.
- G_LINK→G_LINK1 : Pour connecter le moteur au groupe.

3.7.2 Programmation C_MEASUR « 314AW50YZ11»

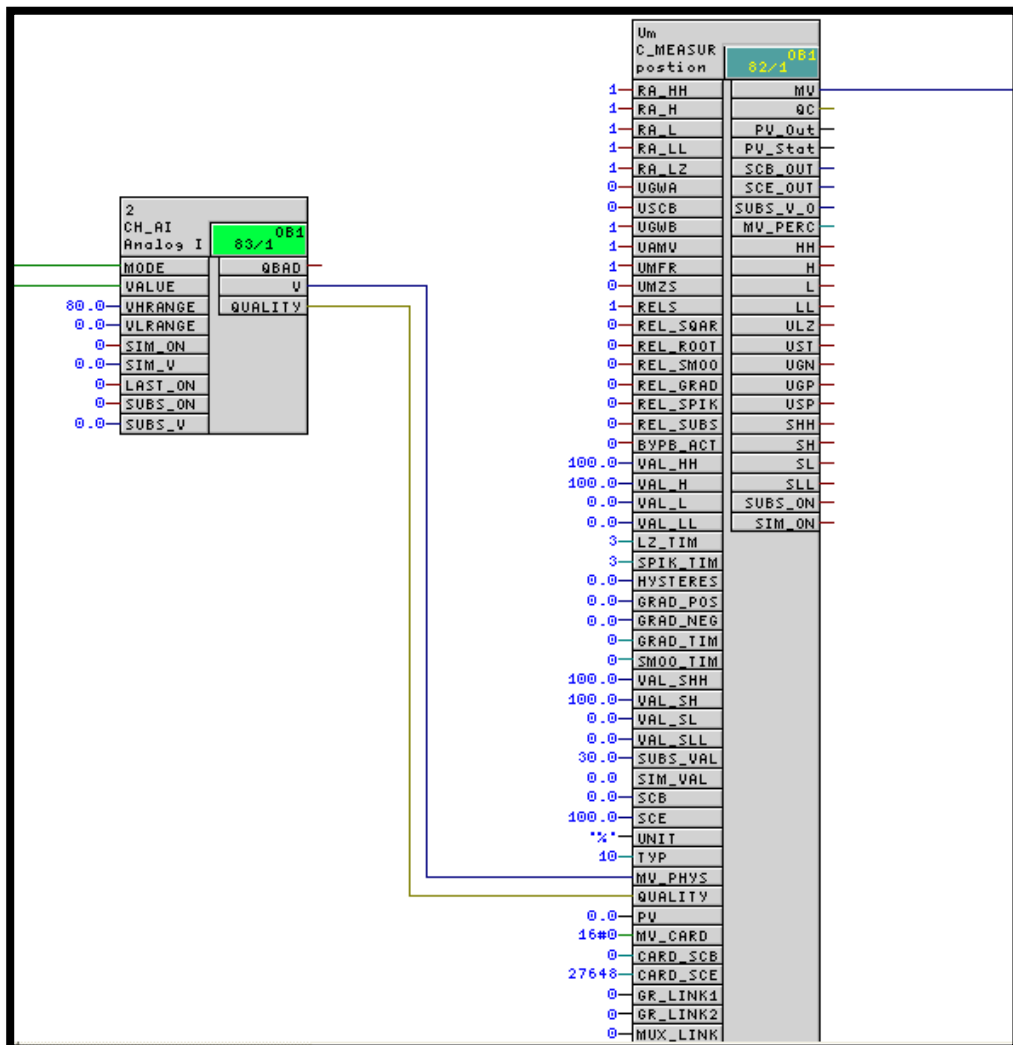


Figure 3.23 : Programmation de C_MEASUR

3.7.3 Programmation C_ANNUNC «920CM50EC10F1»

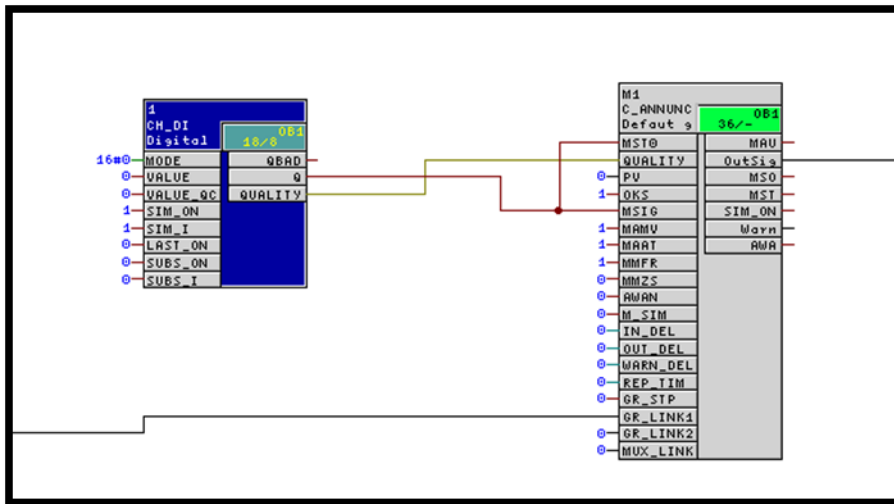


Figure 3.24 : Programmation de C_ANNUNC

3.7.4 Programmation CTRL_PID «314AW50R01 »

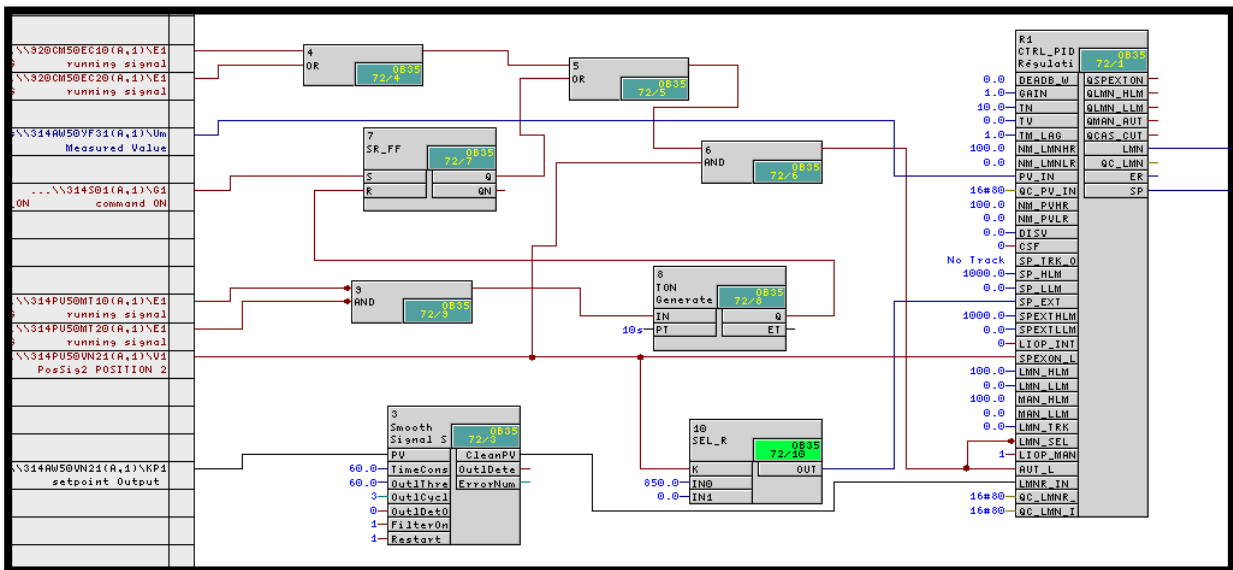


Figure 3.25 : Programmation de CTRL_PID

Le bloc de régulation comporte les possibilités de traitement suivantes en plus la fonction de régulation proprement dite :

- Modes de fonctionnement : manuel, automatique ou poursuite
- Surveillance de la grandeur réglée et de l'écart de régulation quant aux valeurs limites et génération d'un message via le bloc ALARM_8P
- Application d'une perturbation

- Asservissement de la consigne (SP = PV_IN)
- Sélection de la plage de valeurs pour la consigne et la valeur réelle (normalisation physique)
- Sélection de la plage de valeurs pour la grandeur de réglage (dé normalisation physique)
- Zone morte (seuil de signalisation) sur l'écart de régulation
- Actions P, I et D activables et dés activables séparément
- Possibilité de placer les actions P et D dans la chaîne de réaction
- Sélection du point de fonctionnement pour le régulateur P ou PD

3.7.5 Programmation C_PID3 «314AW50R02 »

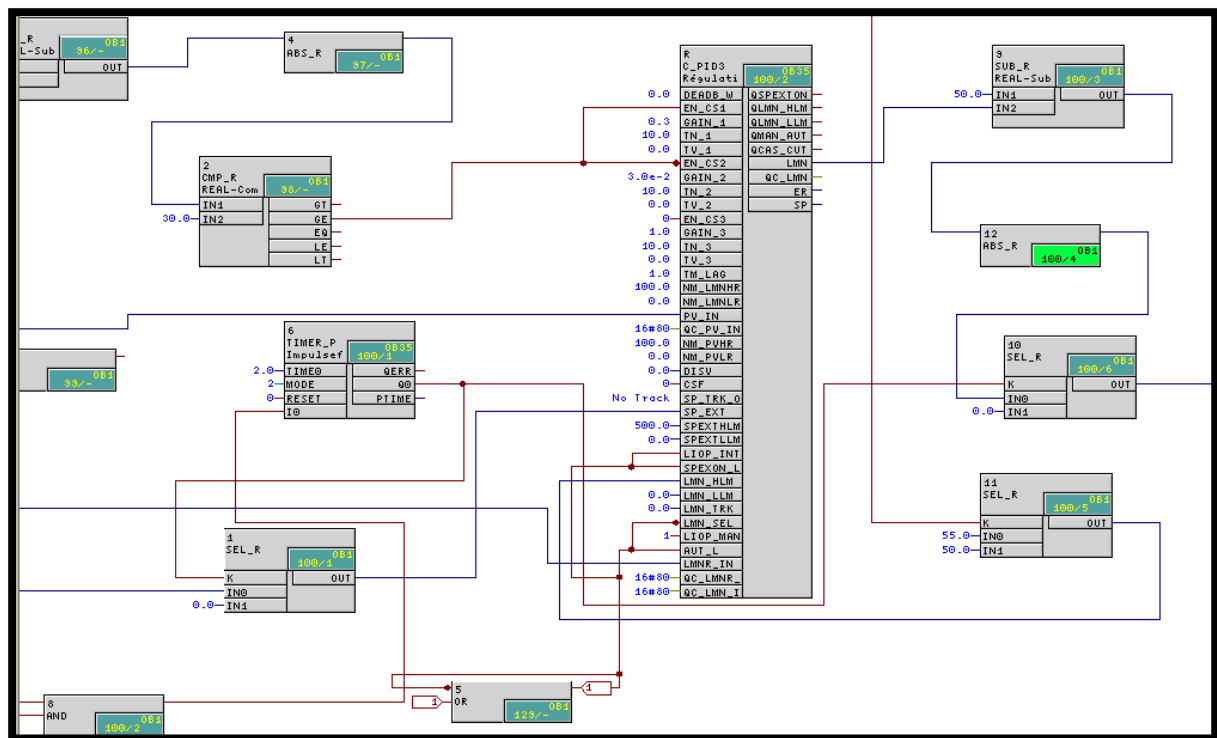


Figure 3.26 : Programmation de C_PID3

Le bloc "C_PID3" améliore les fonctionnalités du contrôleur PID standard en permettant trois ensembles de paramètres de contrôle, à savoir le GAIN, TI (Temps Intégral) et TD (Temps Dérivatif). Chaque ensemble représente une configuration différente de ces paramètres.

En utilisant trois entrées binaires, il devient possible d'activer ou de désactiver chaque ensemble de paramètres de contrôle. Si plusieurs ensembles sont activés, celui avec le numéro le plus bas a la priorité. En l'absence d'ensembles activés, l'ensemble de paramètres par défaut, le jeu 1, est actif.

Le bloc de régulation "C_PID3" offre les fonctionnalités de traitement suivantes en plus de sa fonction de régulation principale :

Algorithme d'auto tuning : Il peut inclure un algorithme d'auto tuning intégré qui permet d'ajuster automatiquement les paramètres du contrôleur PID en fonction des caractéristiques du processus. Cela permet d'optimiser les performances de régulation sans nécessiter de réglages manuels.

Contrôle par retour de sortie : Le bloc peut inclure une fonctionnalité de contrôle par retour de sortie. Cela signifie que le contrôleur peut utiliser la valeur de la sortie du processus pour ajuster les paramètres de régulation, permettant ainsi d'atteindre plus rapidement la consigne souhaitée.

Fonction de limitation : Le bloc peut comporter une fonction de limitation qui permet de limiter les valeurs de sortie du contrôleur. Cela est utile pour éviter des réponses excessives ou instables du système en cas de perturbations importantes.

Filtrage du signal : Le bloc peut inclure des fonctionnalités de filtrage pour atténuer les bruits ou les variations indésirables dans le signal de mesure ou le signal de consigne. Cela permet d'améliorer la stabilité et la précision du contrôle.

Alarmes et diagnostics : Le bloc peut comporter des fonctionnalités d'alarmes intégrées qui permettent de détecter et de signaler les conditions anormales ou les problèmes de fonctionnement.

3.8 Conclusion

Dans ce chapitre, Nous avons exposé l'utilisation du logiciel SIMATIC PCS7 pour programmer l'automate S7-400, dans le but d'automatiser la production de ciment, tout en présentant une solution pour améliorer et réduire les problèmes rencontrés avec la tour de conditionnement.

Nous avons démontré les techniques pour créer un projet sous PCS7 avec des exemples spécifiques et détaillé étape par étape le processus de programmation de notre système basé sur les blocs CFC.

Le chapitre suivant portera sur la supervision et la simulation de notre projet en utilisant WINCC.

Chapitre 4

La Simulation et la Supervision

4.1 Introduction

La supervision est l'enregistrement de façon continue et en temps réel des informations d'un système physique ainsi que la reconnaissance et l'indication des anomalies de son comportement, pour assurer une prise de décisions appropriées, en vue de maintenir son fonctionnement lors de l'apparition de défauts [12].

Dans ce chapitre, nous expliquons les différentes étapes à suivre pour superviser avec le programme Windows control centre «WINCC» le projet déjà programmé dans le chapitre trois

4.2 Présentation du logiciel de supervision WinCC

La supervision se fait à l'aide de Windows Control Center (WinCC) (Figure 4.1) de Siemens, un logiciel de désigne et de création des vues de supervisions pour les stations opérateurs et ingénieurs.

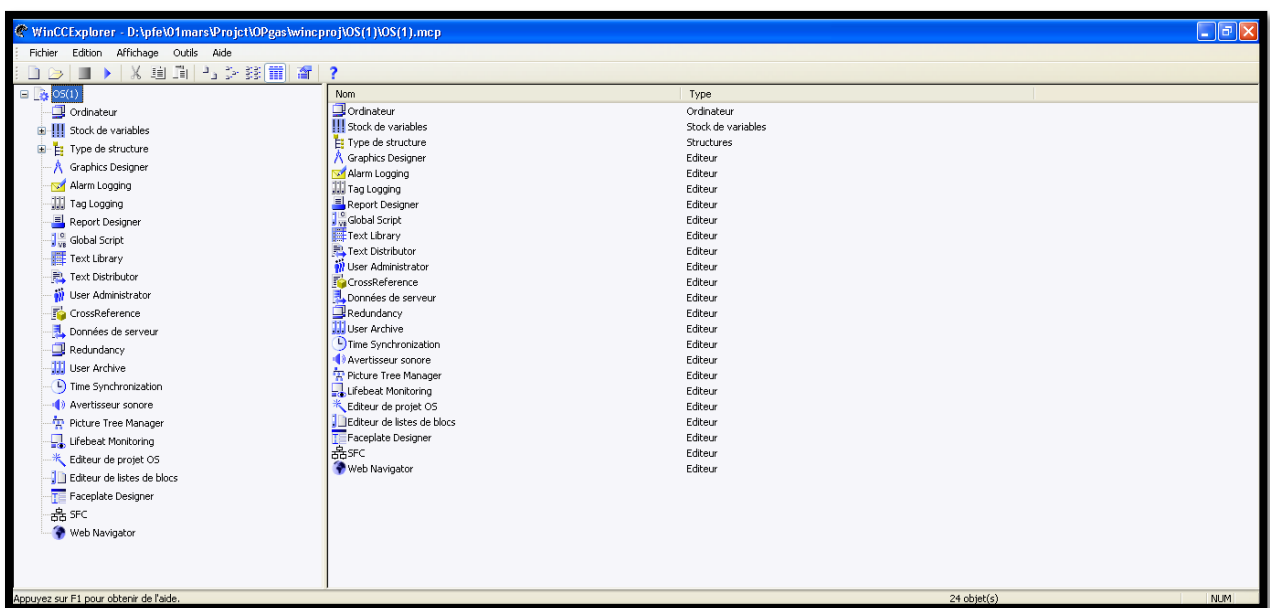


Figure 4.1 : Interface du logiciel SIMATIC Windows Control Center (WinCC)

SIMATIC WinCC est un système de contrôle et d'acquisition de données (SCADA) et interface entre l'homme et la machine développés par Siemens. Le SCADA est utilisé particulièrement dans la surveillance des processus industriels et des infrastructures. Les configurations nécessaires lors de la création d'un nouveau projet sur WinCC sont :

- **Editeur Graphics Designer** : Création des vues.
- **Editeur Picture Tree Manager** : Création des conteneurs dont les vues sont connectées.
- **Editeur de projet OS (Station Opérative)** : Configuration de l’affichage de l’ensemble du projet

4.2.1 Editeur Graphics Designer

Graphics Designer est un éditeur permettant de créer et de dynamiser des vues de processus. Le démarrage de Graphics Designer ne peut être utilisé que pour le projet actuellement ouvert dans WinCC Explorer. Son interface utilisateur se présente ainsi (Figure 4.2) :

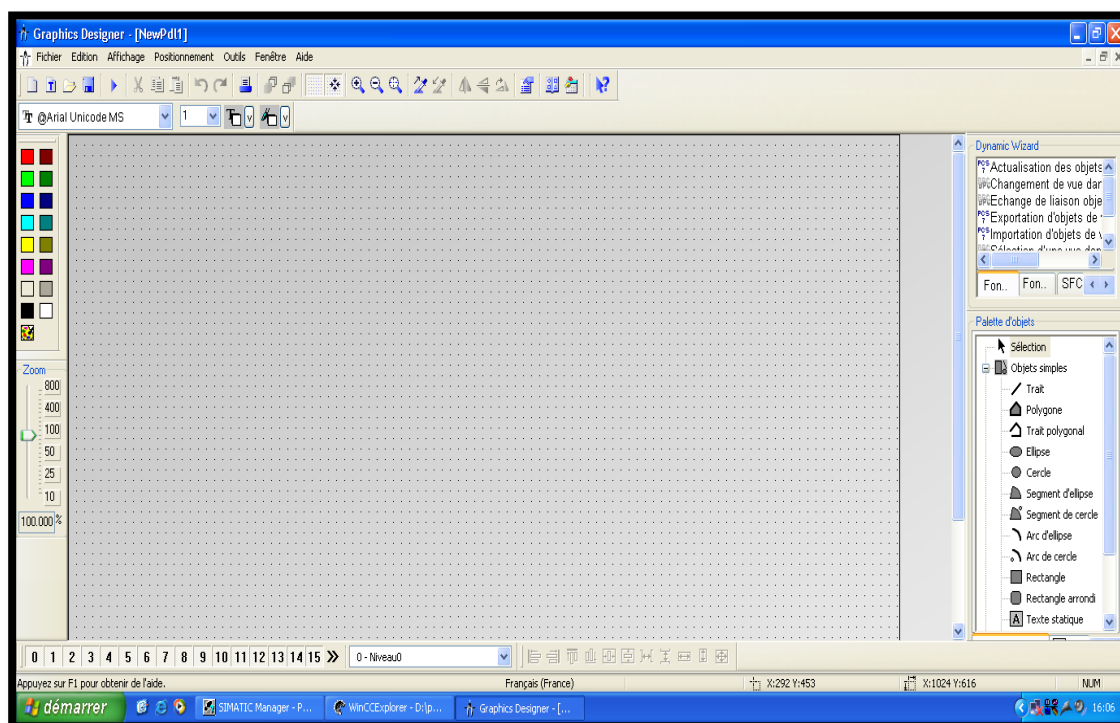


Figure 4.2 : La vue Editeur Graphics Designer

Le Graphics Designer est divisé en deux parties : statiques et dynamiques.

a) La partie dynamique

La partie dynamique (Figure 4.3) symbolise la création des différents moteurs, vannes, groupes, alarmes et boutons, qui seront animés par la simulation. Ils sont créés en compilant des blocs CFC programmés.

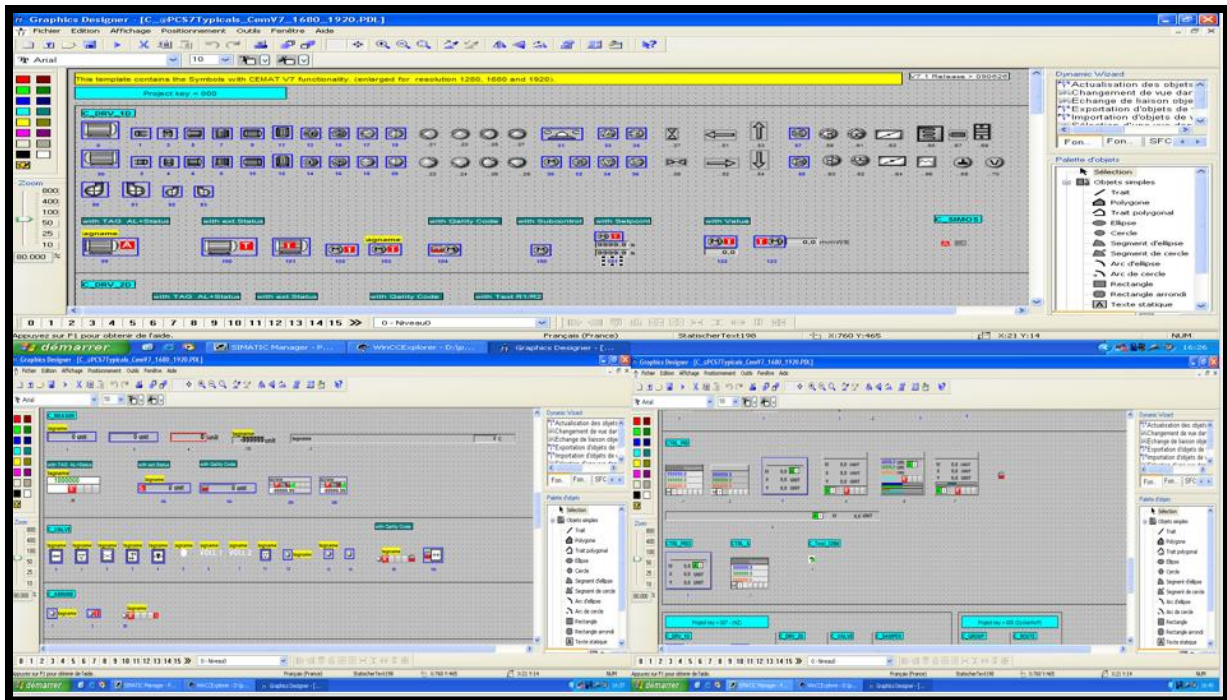


Figure 4.3 : Vue de la bibliothèque dynamique

b) La partie statique :

Elle est constituée des différents tapis que l'on a créés sur le « Graphics designer », grâce à la bibliothèque intégrée (Figure 4.4) dont l'objectif est de mettre la partie figée du processus sous forme d'un schéma en synoptique.

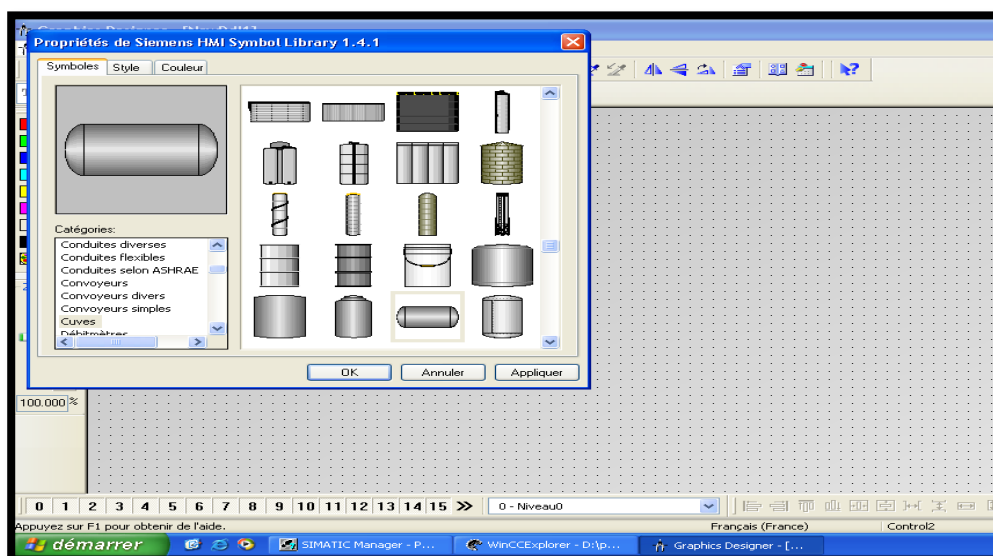


Figure 4.4 : Vue de la bibliothèque statique

4.2.2 Editeur Picture Tree Manager

L'éditeur "Picture Tree Manager" permet de gérer la hiérarchie des installations, des parties d'installations et des vues du Graphics Designer (Figure 4.5).

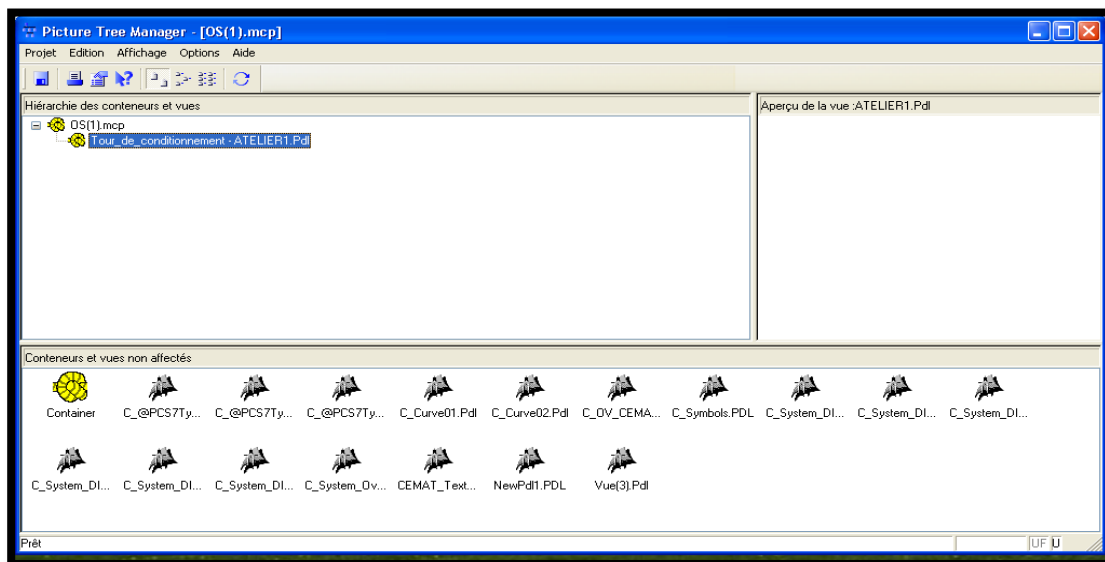


Figure 4.5 : La vue Editeur Picture Tree Manager

Picture Tree Manager offre les fonctionnalités suivantes :

- Créer et modifier les hiérarchies de projet.
- Aide à définir les appareils et les unités.
- Prise en charge lors de l'affectation de vues pour ces installations. Il crée une hiérarchie de vues créées dans Graphics Designer.
- Prise en charge de l'ouverture des vues lors de l'exécution (runtime) via la navigation dans l'arborescence hiérarchique.

4.2.3 Editeur de projet OS

L'éditeur de projet OS permet de configurer le système runtime (voir mention spécial) et le système d'alarmes d'un projet PCS7. Vous pouvez par exemple modifier le nombre et la disposition des fenêtres du runtime ou affecter à une zone le contrôle d'autorisation d'alarmes sans mention de zone (Figure 4.6).

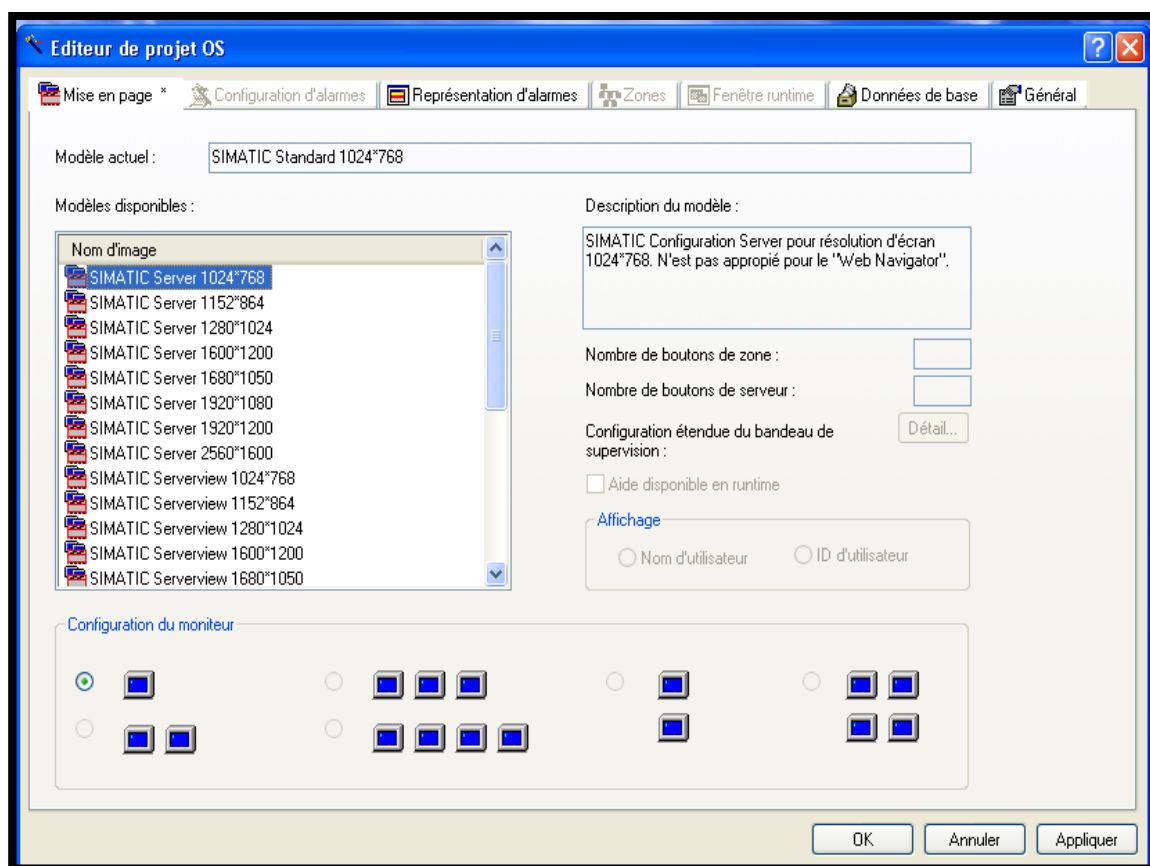


Figure 4.6 : La vue Editeur le projet OS

L'éditeur de projet OS ajoute des vues, actions de script et variables préconfigurées au projet PCS7. Il définit de plus les paramètres typiques à un projet PCS7.

Lors de l'exécution de l'éditeur de projet OS, les tâches suivantes sont effectuées :

- Création des classes d'alarmes PCS7 et des types d'alarme.
- Création des blocs d'alarmes.
- Création des alarmes PCS7.
- Configuration de la liste de démarrage et de la vue d'accueil.
- Copie des assistants de dynamisation et des actions.
- Création de variables pour la commande du comportement au runtime.
- Copie de mises en page d'écran.
- Création du fichier de configuration runtime.

4.3 Création d'un nouveau projet

Pour créer un nouveau projet il faut suivre les étapes suivantes :

1) D'abord, il faut créer la vue dans la vue du composant en cliquant avec le bouton droit sur OS (1), pour cliquer ensuite sur insérer un nouvel objet et après sur vue et enfin on saisit le nom (Figure 4.7) :

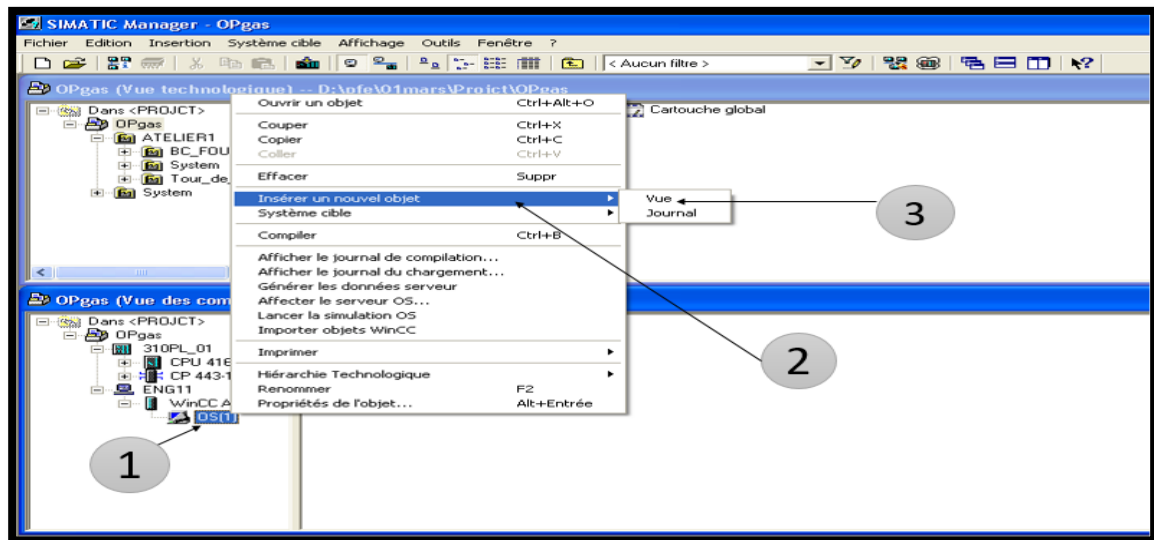


Figure 4.7 : Création d'une vue dans Graphics Designer

2) Ensuite il faut ouvrir la vue qui a été créé. On sélectionne le dossier jaune sur la barre d'outils en haut puis on ouvre le fichier PCS7Typicals_CemV7_1680_1920 (bibliothèque dynamique) ; comme le montre la Figure 4.8 :

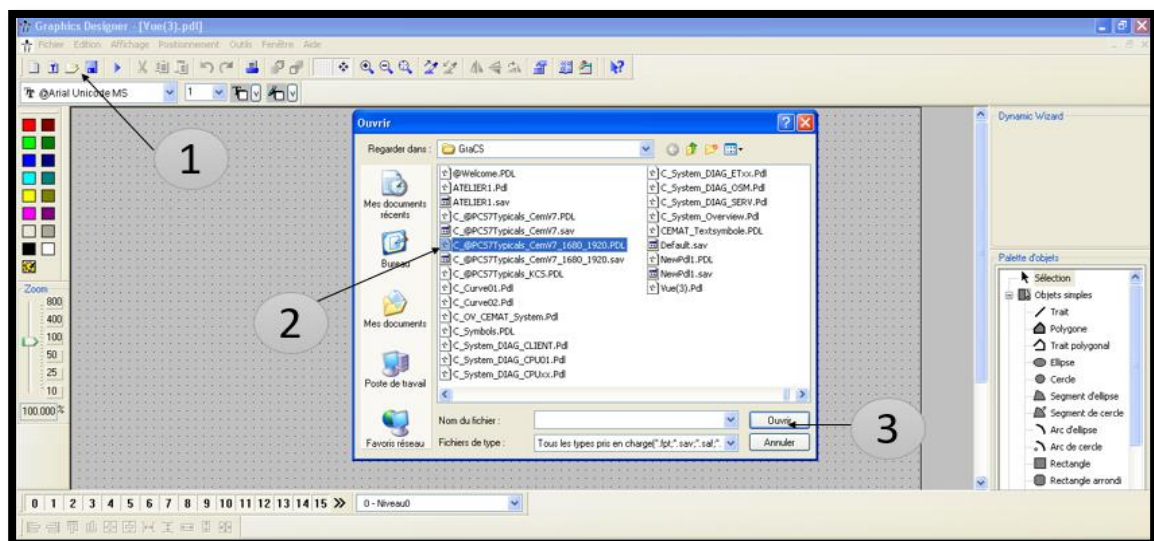


Figure 4.8 : Les étapes de l'ouverture de la bibliothèque dynamique

3) Pour apporter des symboles dynamiques (de la figure 4.3), on copie les symboles dont nous avons besoin. Pour les coller après dans la vue créé (Figure 4.9) :

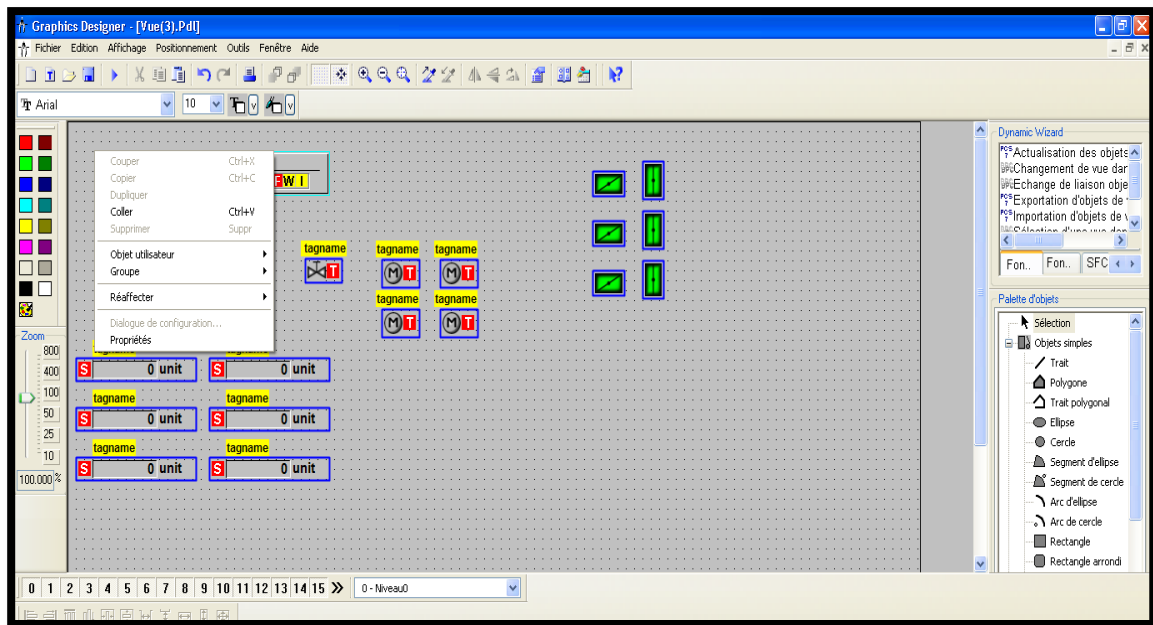


Figure 4.9 : La vue des symboles apportés de la bibliothèque dynamique

4) Pour relier un symbole et sa variable des blocs CFC, on sélectionne le symbole et on clique sur "Dynamics Wizard", puis sur "Relier un prototype à une structure ou renommer le lien", ensuite on ajoute son tag et on valide par terminé (Figure 4.10) :

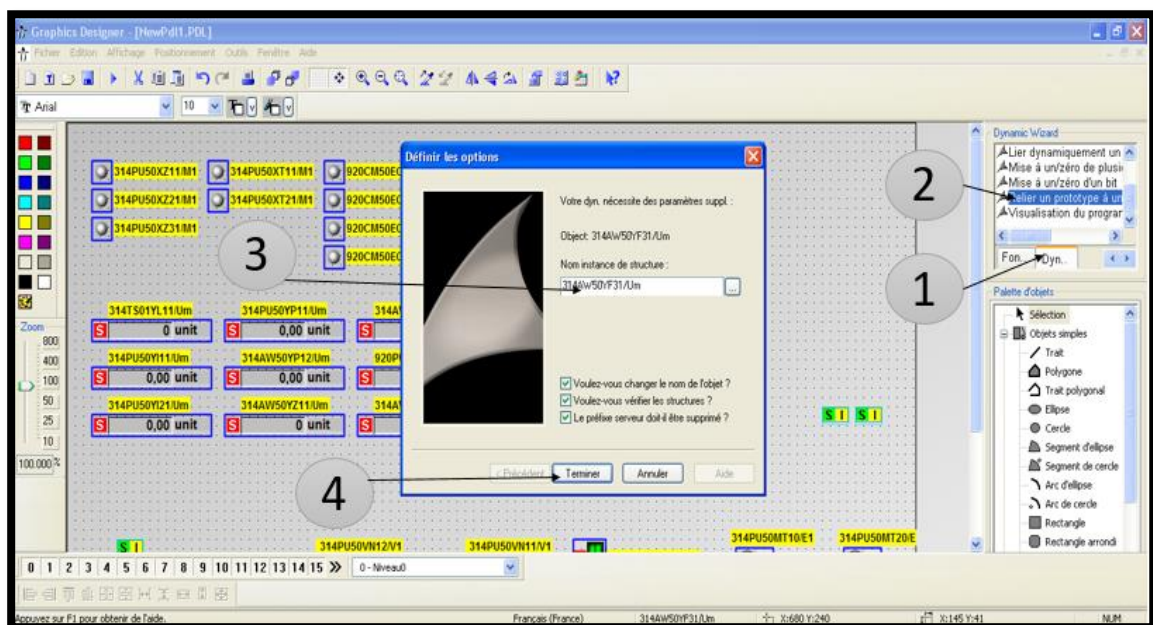


Figure 4.10 : Vue sur les étapes pour relier un symbole et sa variable des blocs CFC

- 5) Enfin on enregistre le travail effectué avant de partir.
- 6) Pour avoir une vue avec un schéma synoptique, on utilise la bibliothèque statique (Figure 4.4).

Pour notre projet, on a créé deux vue :

➤ Vue Tour de conditionnement :

Cette vue nous permet la supervision des deux circuits eau et gaz et leur régulation ainsi que la température de la Tour de conditionnement, comme le montre la figure 4.11 :

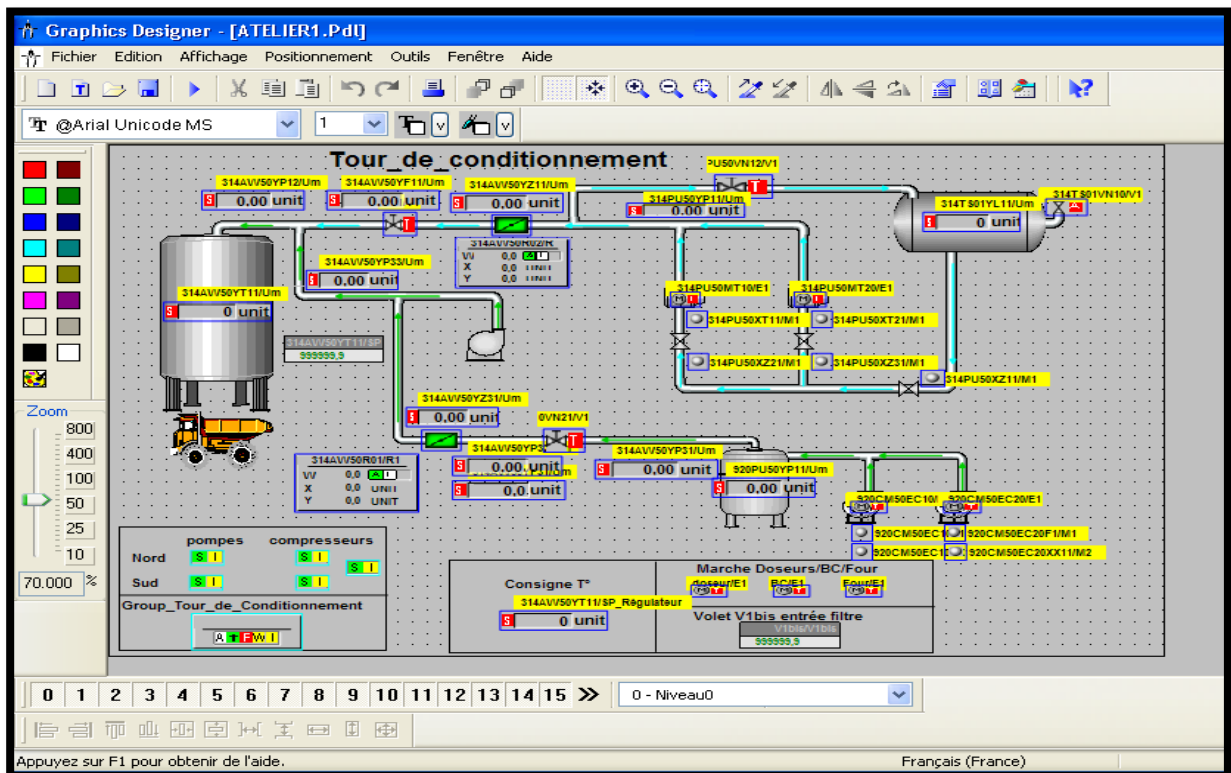


Figure 4.11 : Vue Tour de conditionnement

➤ Vue du Filtre AAF2 :

Cette vue nous permet la supervision des ouverture/fermeture des volets menant au filtre AAF ainsi que l'affichage des messages d'alertes en cas de défaillance d'une pompe ou d'un compresseur, comme c'est représentés dans figure 4.12 :

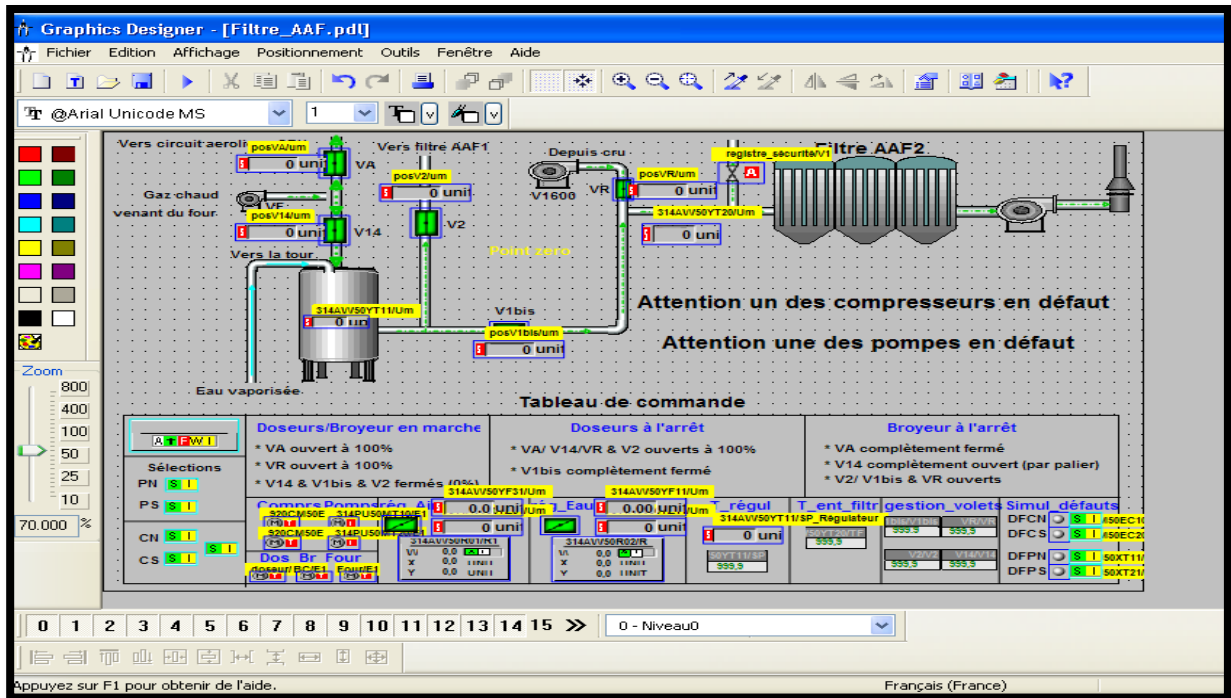


Figure 4.12 : Vue Filtre AAF2

7) Après avoir créé les vues, on ouvre Picture Tree Manager WinCC Explorer, puis au niveau de la hiérarchie et contenu des vues on crée deux nouveaux conteneurs nommés : Tour de conditionnement et Filtre AAF2. Afin de coller les deux vues créées précédemment. On enregistre et on quitte. (Figure 4.13)

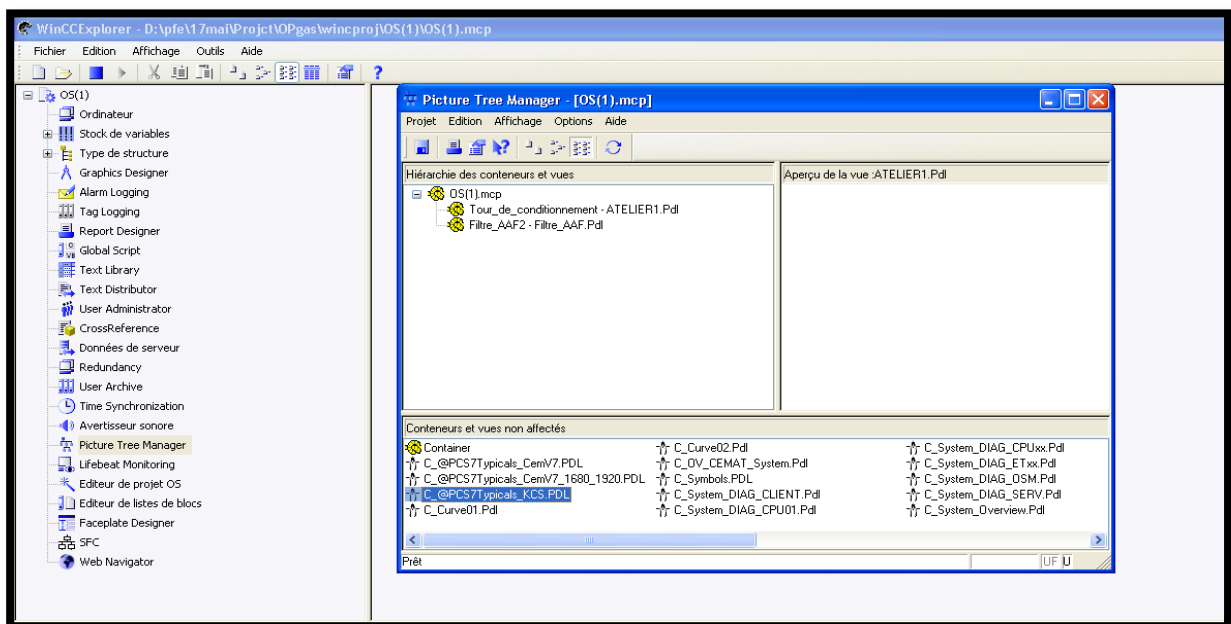


Figure 4.13 : Vue de Picture Tree Manager

8) Toujours au niveau de WinCC Explorer, on ouvre la fenêtre de l'Editeur de projet OS, au niveau de la mise en page on choisit la résolution de l'écran, puis on clique sur détail pour définir le nombre de conteneurs à afficher sur la supervision. On enregistre et on quitte. (Figure 4.14) :

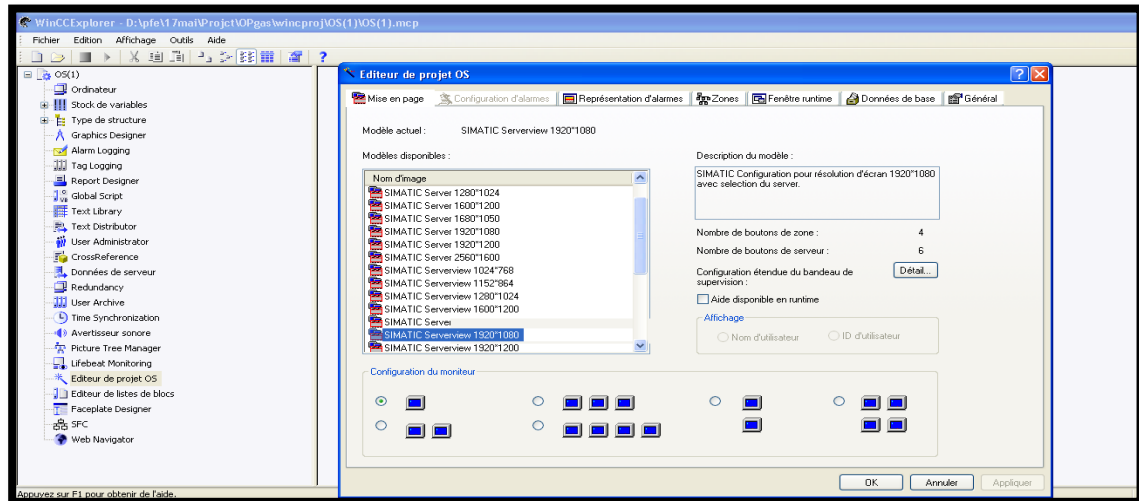


Figure 4.14 : Vue de l'Editeur de projet OS

4.4 Simulation

La simulation est une technique qui permet de reproduire les conditions réelles d'un système ou d'un processus dans un environnement contrôlé, afin de prédire son comportement et d'analyser ses performances.

4.4.1 Simulation avec PLCSIM

Le S7-PLCSIM est un simulateur de modules qui nous permet de tester et d'exécuter le programme dans un automate programmable virtuel, qui est simulé dans l'ordinateur. Etant donné que la simulation est réalisée sur le logiciel PCS7, la liaison avec des matériaux S7 n'est pas obligatoire.

Le simulateur de module S7-PLCSIM possède une interface simple (Figure 4.15), permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés.

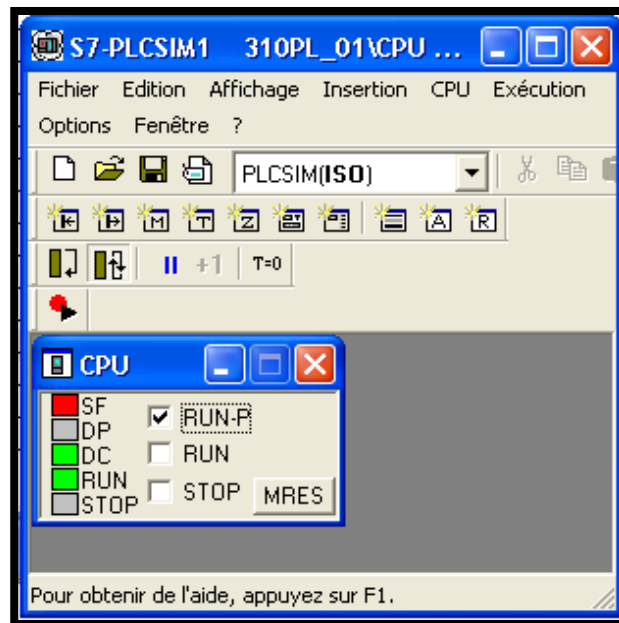


Figure 4.15 : Interface de simulation de PLCSIM

4.4.2 RUNTIME

Une fois le programme créé et les configurations terminées on peut lancer la simulation et cela en allant sur WinCC Explorer et en cliquant sur le triangle bleu en haut dans la barre des outils comme le montre la figure 4.16 :

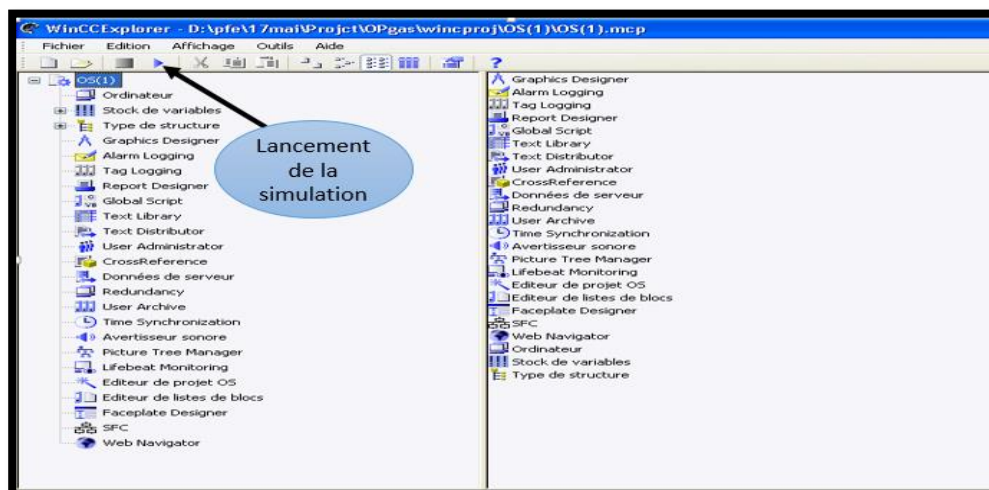


Figure 4.16 : Lancement de la simulation

Une fois la simulation lancée, une fenêtre du RUNTIME s'ouvre. Cette fenêtre est composée de quatre zones comme le montre la figure 4.17, nous permettant de voir de contrôler notre système simulé en temps réel.

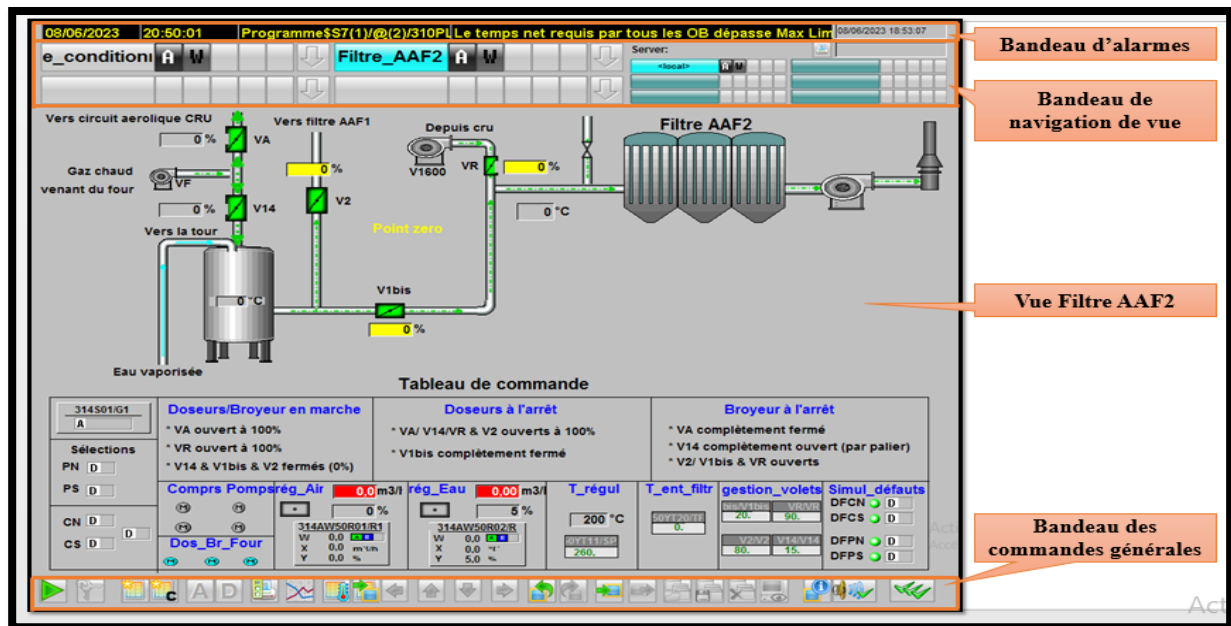


Figure 4.17 : Fenêtre de Runtime

a) Bandeau d'alarme

Le bandeau d'alarme nous permet de voir les cinq plus récentes alarmes, concernant les anciennes elles sont visualisées avec la barre de défilement. Le bandeau d'alarmes est constamment affiché.

b) Bandeau de navigation de vues

On retrouve le bandeau de navigation de vues en haut de l'écran, celui-ci permet l'accès rapide à quelconque vue de l'usine. Il permet également la visualisation des avertissements ou défauts existant avec la zone touchée.

c) Bandeau des commandes générales

Le bandeau des commandes générales comportent plusieurs boutons de raccourcis, pour l'accès au plusieurs commandes, parmi les plus importantes nous avons: l'accès aux commandes secondaires, l'accès aux commandes principale, l'identification de l'utilisateur, vue des alarmes etc....

On retrouve le bandeau de commande en bas de l'écran.

4.4.3 Vue de L'atelier

Cette vue comporte le graphisme dynamisée du schéma synoptique crée dans Graphics Designer, elle nous permet d'avoir les informations sur l'état des moteurs, sélections et des capteurs logique ainsi que les mesures des capteurs analogique et des régulateur.

Pour avoir ces informations il suffit de cliquer sur le graphisme désiré, une interface apparait elle est appelée face plate.

a) Face plate de la séquence (groupe)

La face plate du groupe permet à l’opérateur de piloter la séquence et de connaître tous les informations qu’il désire : démarrage du groupe, état de la séquence, mode sélectionné et même les conditions manquantes, comme le montre la figure 4.18 suivante :

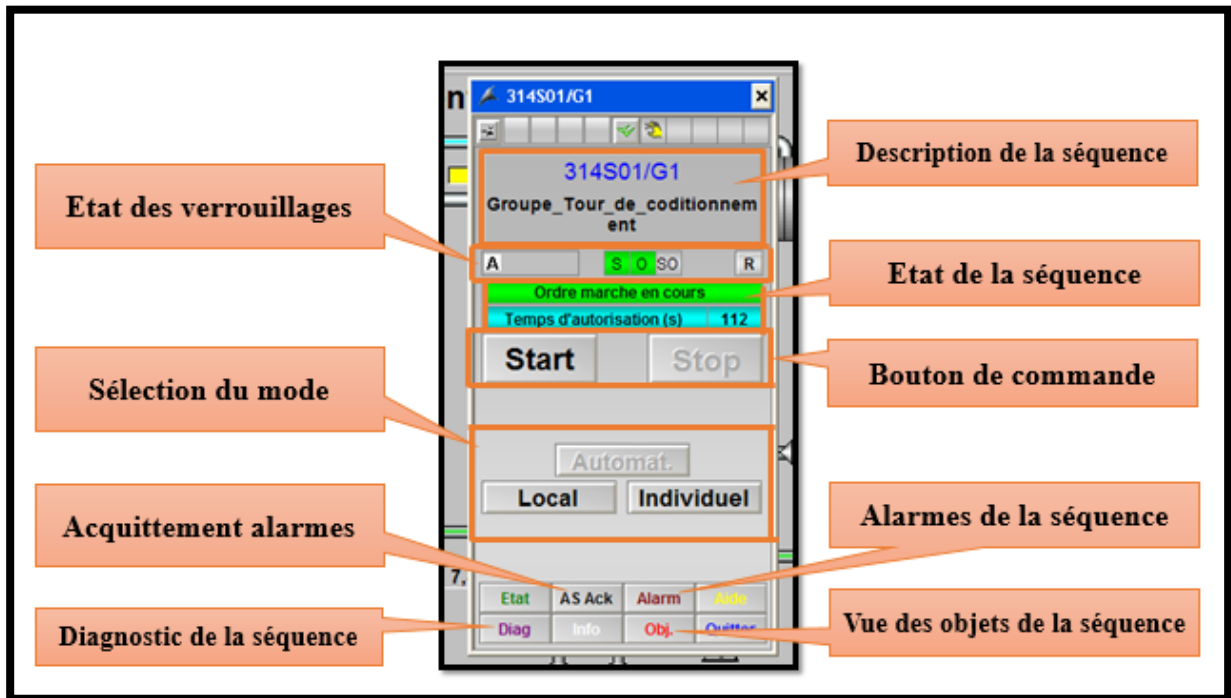


Figure 4.18 : Face plate du groupe

On peut distinguer trois états de la séquence (Tableau 4.1) :

	Séquence en en mode Automatique est arrêtée sans défaut et sans verrouillage.
	Séquence en mode automatique en démarrage.
	Séquence en mode automatique en cours d’arrêt.

Tableau 4.1 : Etats de la séquence

Le groupe a trois modes de fonctionnement :

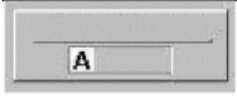

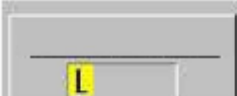
Mode	Symbole	Description
Automatique		Les consommateurs sont contrôlés via la séquence. Tous les verrouillages sont pris en compte.
Individuel		Le passage en mode "Single" se fait via l'interface de groupe afin que tous les consommateurs soient placés dans ce mode simultanément. Chaque consommateur est lancé via son interface. Les verrouillages sont pris en compte.
Local		Le passage en mode "local" se fait via l'interface de groupe afin que tous les consommateurs soient placés dans ce mode simultanément. Chaque consommateur est actionné grâce à son boîtier de contrôle sur le terrain

Tableau 4.2 : Modes de fonctionnement d'une séquence

b) Face plate d'un Moteur

La face plate d'un moteur (figure 4.19) nous permet de le commander et à accéder à son diagnostic afin de connaître son état de fonctionnement et de détecter les défauts.

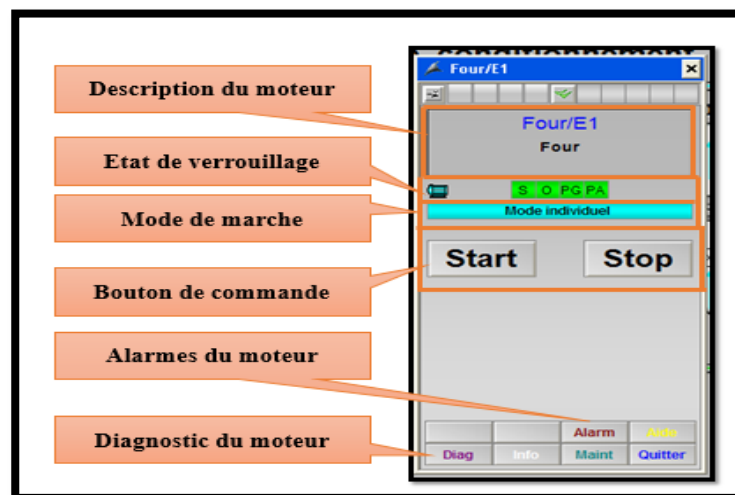


Figure 4.19 : Face plate d'un moteur

On distingue l'état et le mode de fonctionnement du moteur à partir de la couleur prise par son graphisme dynamique selon le tableau suivant :






Symbole	Description
	Moteur en mode automatique en état d'arrêt.
	Moteur en mode automatique en état de marche.
	Moteur en défaut. Un acquittement est nécessaire si le symbole clignote.
	Moteur en mode manuel. Il est en marche si le symbole clignote
	Moteur en mode local. Il est en marche si le symbole clignote.

Tableau 4.3 : Etat et mode de fonctionnement d'un moteur

c) Face plate des capteurs de mesure

La face plate des capteurs (figure 4.20) de mesure nous permet d'avoir les valeurs des seuils d'action et seuils d'alarme.

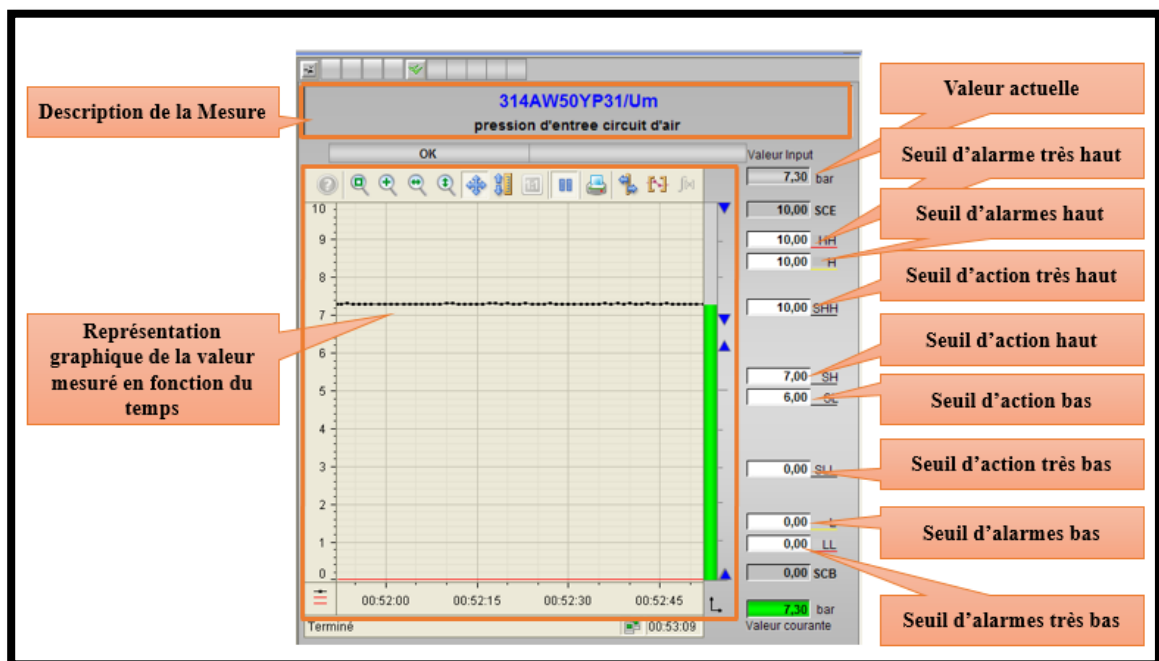


Figure 4.20 : Face plate d'un capteur de mesure

La couleur du symbole dynamique de mesure nous permet de connaître son état, la signification de chaque couleur est expliquer dans le tableau suivant :

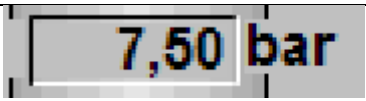


Symbole	Description
	Valeur de la mesure, aucun défaut présent, aucun seuil atteint.
	Valeur de la mesure, un seuil d'alarmes est atteint.
	Valeur de la mesure, un seuil d'avertissement est atteint.

Tableau 4.4 : Etat de la mesure

Concernant les capteurs logiques (annonce) on distingue leur état selon le tableau suivant :


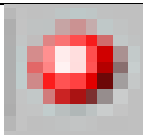
Symboles	Description
	Aucun défaut n'est présent
	Il y a défaut, un acquittement est nécessaire si le symbole clignote.

Tableau 4.5 : Etat de l'annonce

d) Face plate des sélections

La face plate des sélections nous permet de sélectionner ou de désélectionner le consommateur auquel elle est relié. Elle est représentée par la figure 4.21 qui suit :

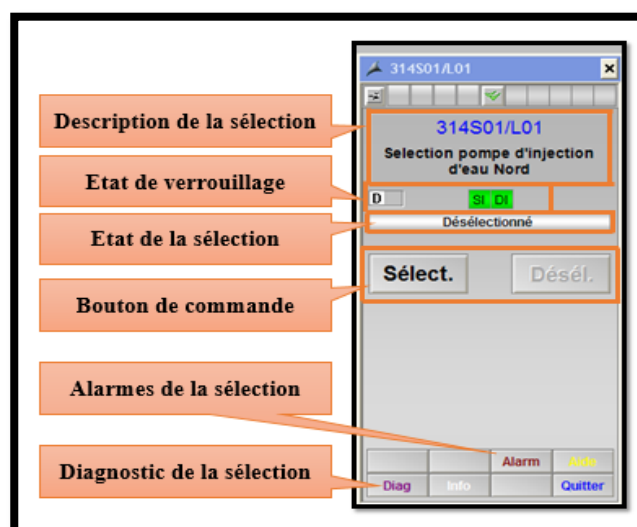


Figure 4.21 : Face plate d'une sélection

On connaît son état grâce à son symbole dynamique selon le tableau suivant :



Symbole	description
	Etat sélectionné.
	Etat désélectionné.

Tableau 4.6 : Etat de la sélection

e) Face plate des champs de saisi

La face plate d'un champ de saisi (Figure 4.22) permet à l'opérateur de saisir la valeur de son choix. Le seuil de libération de ce champ est désigné dans le programme.

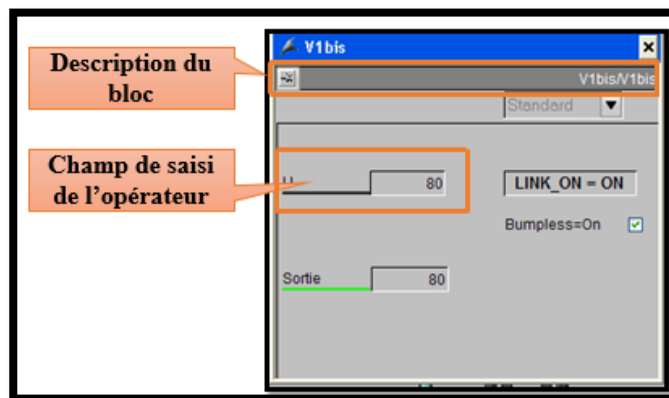


Figure 4.22 : Face plate du champ de saisi

f) Paramètre du régulateur PID

On a utilisé deux régulateur PID de type différent dans notre projet : PID et PID 3. Ils ont une face plate avec les mêmes fonctionnalités comme le montre la figure 4.23 suivante :

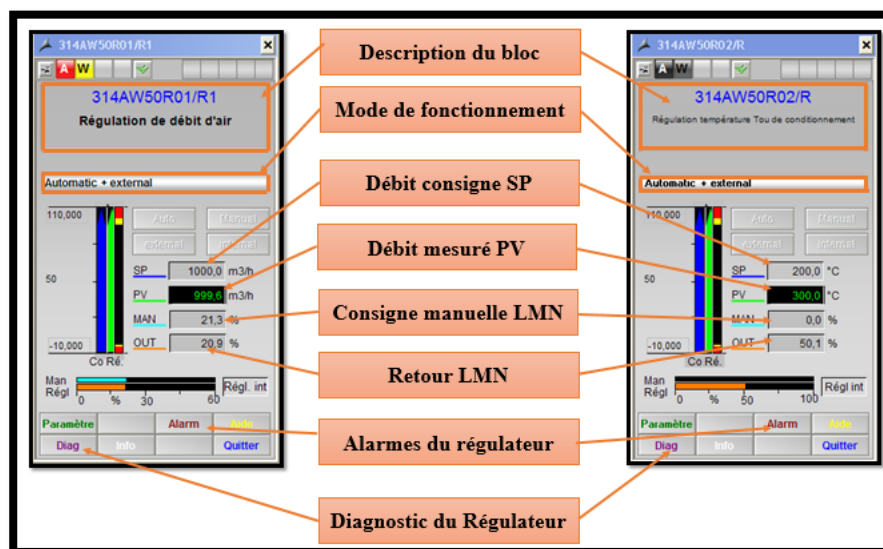


Figure 4.23 : Face plate des régulateurs Air & Eau

Mais au niveau de la fenêtre de diagnostic le régulateur PID 3, il nous montre avec quel paramètre il calcule dans le bloc paramètres de contrôle, comme le montre la figure 4.24 suivante :

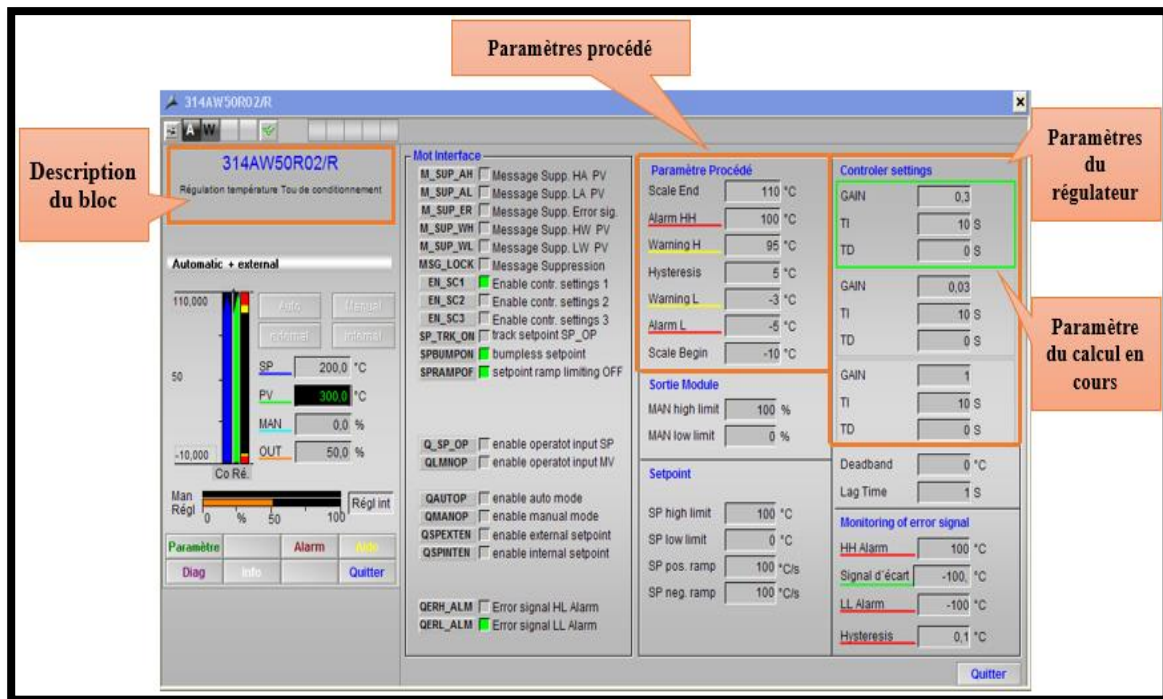


Figure 4.24 : Face plate du diagnostic du régulateur d'eau

4.4.4 La simulation de notre projet

La simulation comportera les trois scénarios de marche :

- 1) Four & Broyeur Cru & Doseur en marche.
- 2) Four & Broyeur Cru en marche & Doseur à l'arrêt.
- 3) Four en marche & Broyeur Cru & Doseur à l'arrêt.

La simulation se fera pour une température de la tour de conditionnement = 300°C.

Les vues avant le démarrage

Toute les mesures (Débit, niveau d'eau, pression, position et régulateur) sont égale à 0, avec aucun défaut, tous les séquences et moteur sont à l'arrêt. Les vues d'avant le démarrage sont représentés dans la figure 4.25 et la figure 4.26 comme suit :

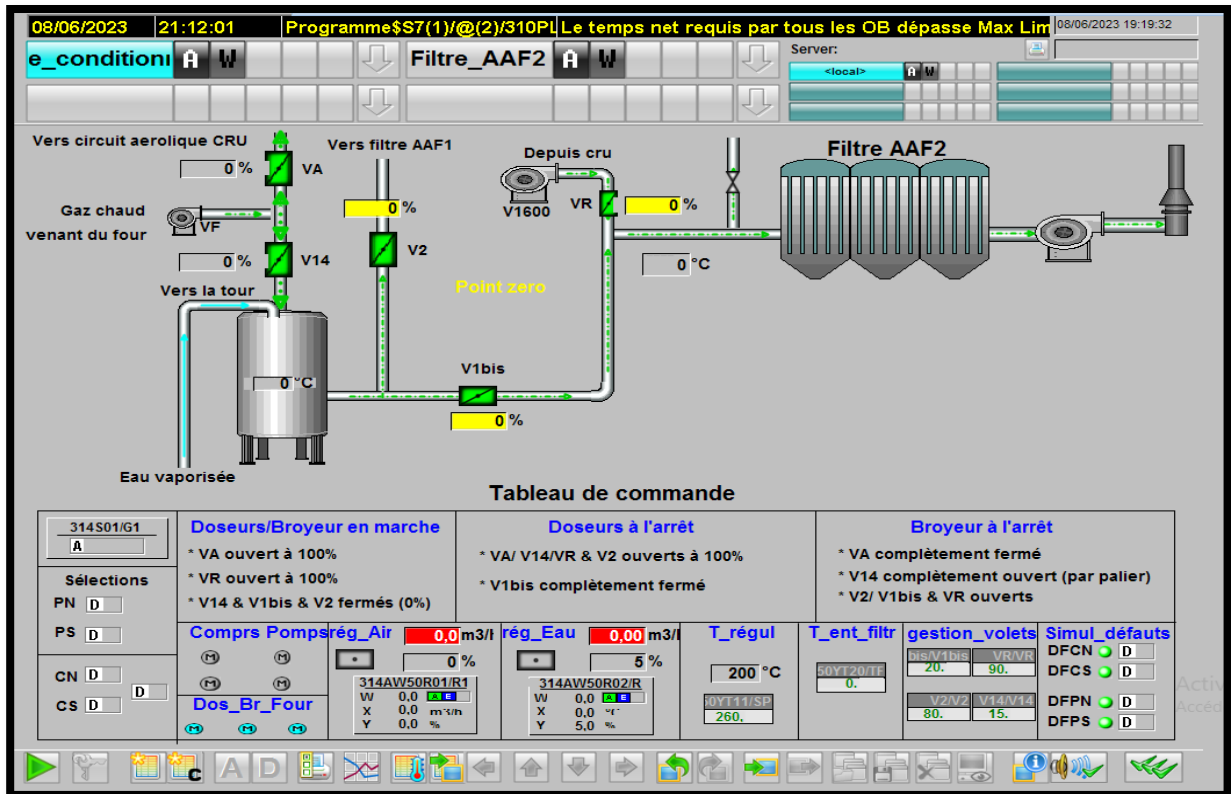


Figure 4.25 : La vue Filtre AAF2

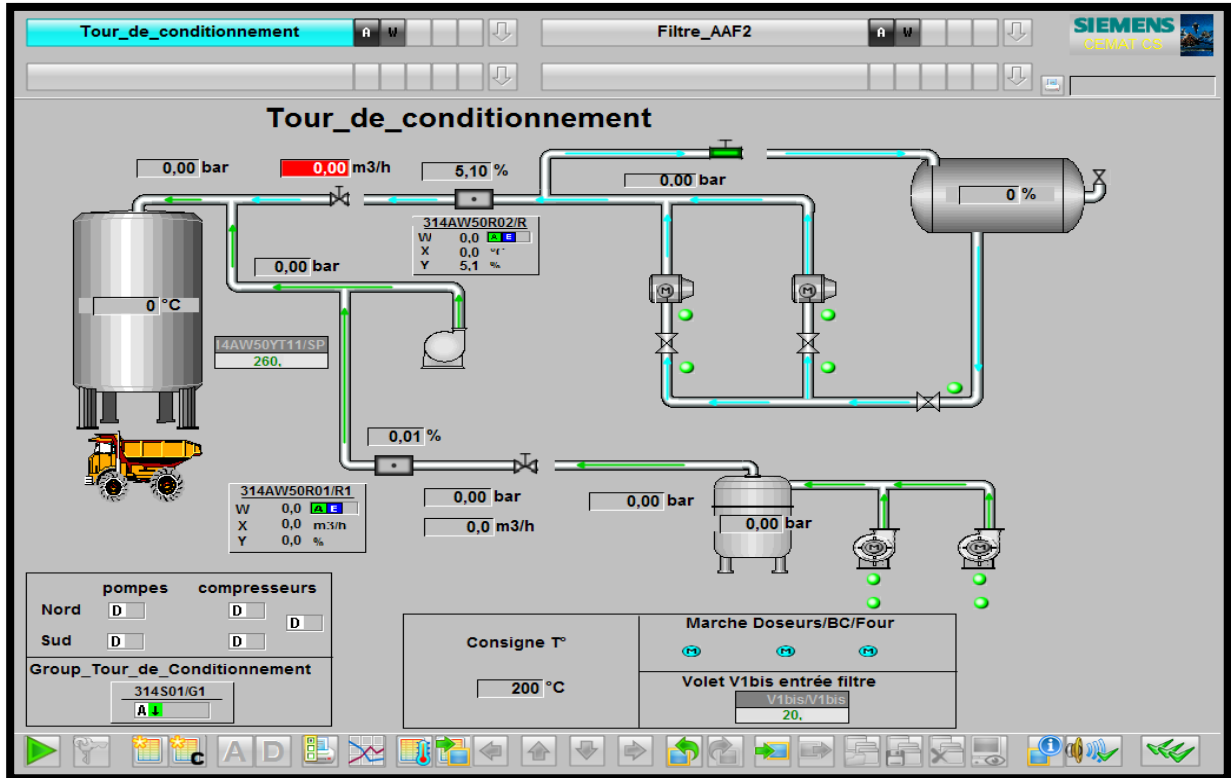


Figure 4.26 : La vue Tour de conditionnement

Les vues après le démarrage pour chaque scenario

On commence par mettre le mode alternance des compresseurs en marche puis on sélectionne une pompe.

Tous nos consommateurs sont en mode automatique sauf le Four, le Broyeur Cru et le Doseur, ils sont en mode individuel, on les démarrera un par un à partir de leur face plate

a) Four & Broyeur Cru & Doseur en marche

Dans ce cas y a pas de changement dans la vue tour de conditionnement, vis-à-vis que le volet V14 est toujours fermé, donc y'as pas d'air chaud qui y rentre, ce qui fait aussi que les volets V2 et V1bis sont égaux à 0 eux aussi. Tandis que les volets VA et VR sont ouvert à 100% et 90% .comme on peut le voir dans les figures 4.27 et 4.28 suivantes :

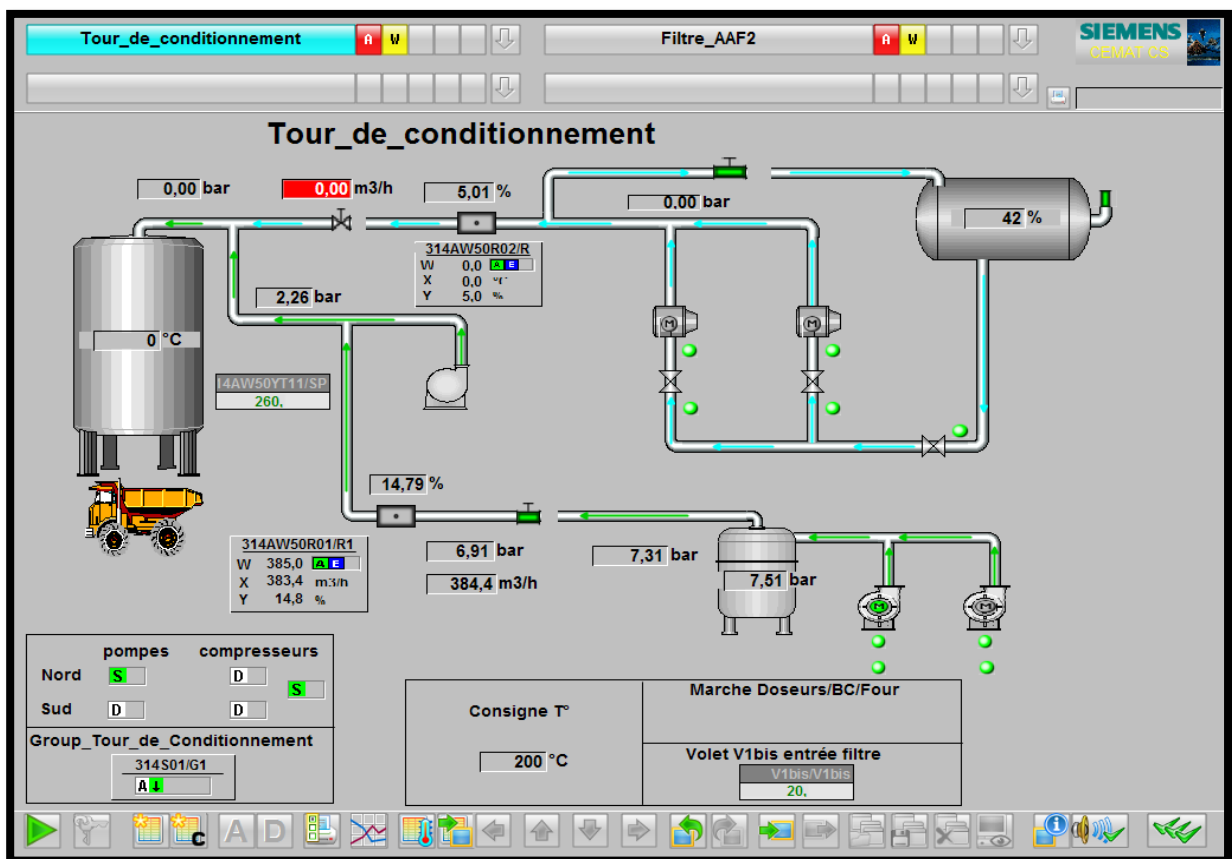


Figure 4.27 : Vue Tour de Conditionnement pour Four & Broyeur Cru & Doseur en marches

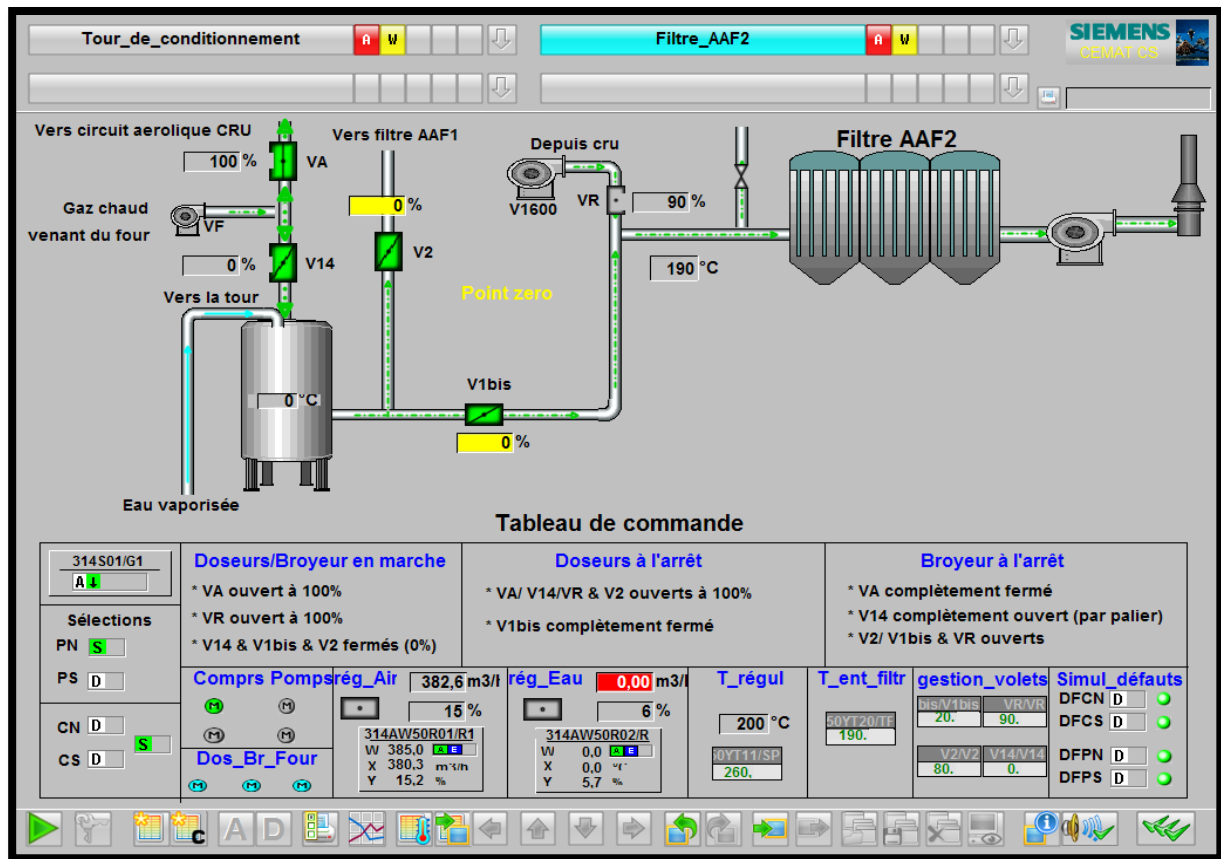


Figure 4.28 : Vue Filtre AAF2 pour Four & Broyeur Cru & Doseur en marches

b) Four & Broyeur Cru en marche & Doseur à l'arrêt

Lors de l'arrêt du doseur, le volet V14 s'ouvre jusqu'à 100% et la main se libère à l'opérateur, il pourra contrôler son ouverture et fermeture, VA et VR ne change pas de valeur : VA=100% et VR=90%, et le V1bis reste fermé. Concernant la tour de conditionnement, dès lors de l'ouverture du volet V14 et l'augmentation de la température (SP +20) la pompe sélectionnée se met en marche et les régulateur commence à calculer le débit pour le réguler, le volet V2 s'ouvre à 80% et libère la main à l'opérateur (libération champ de saisi) comme on peut le voir dans les figures 4.29 et 4.30 :

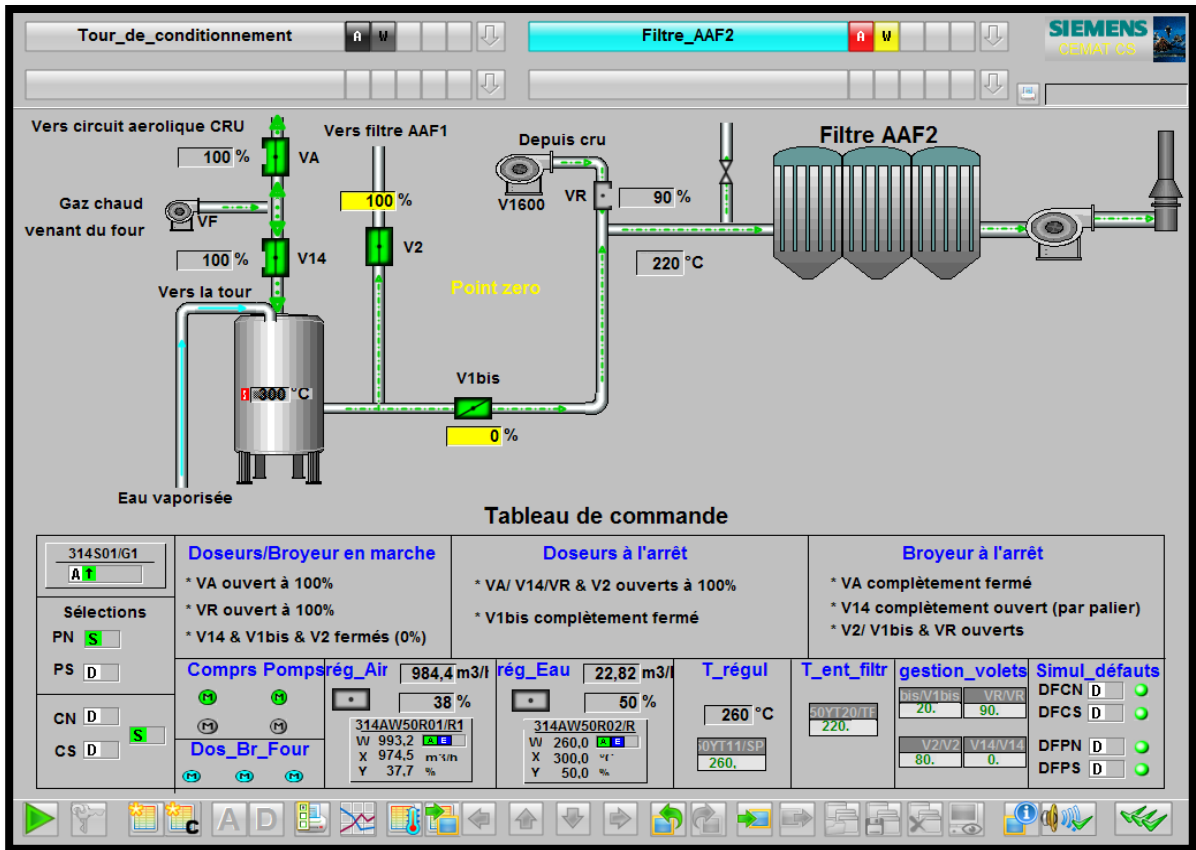


Figure 4.29 : Vue filtre pour le scenario du Doseur à l'arrêt

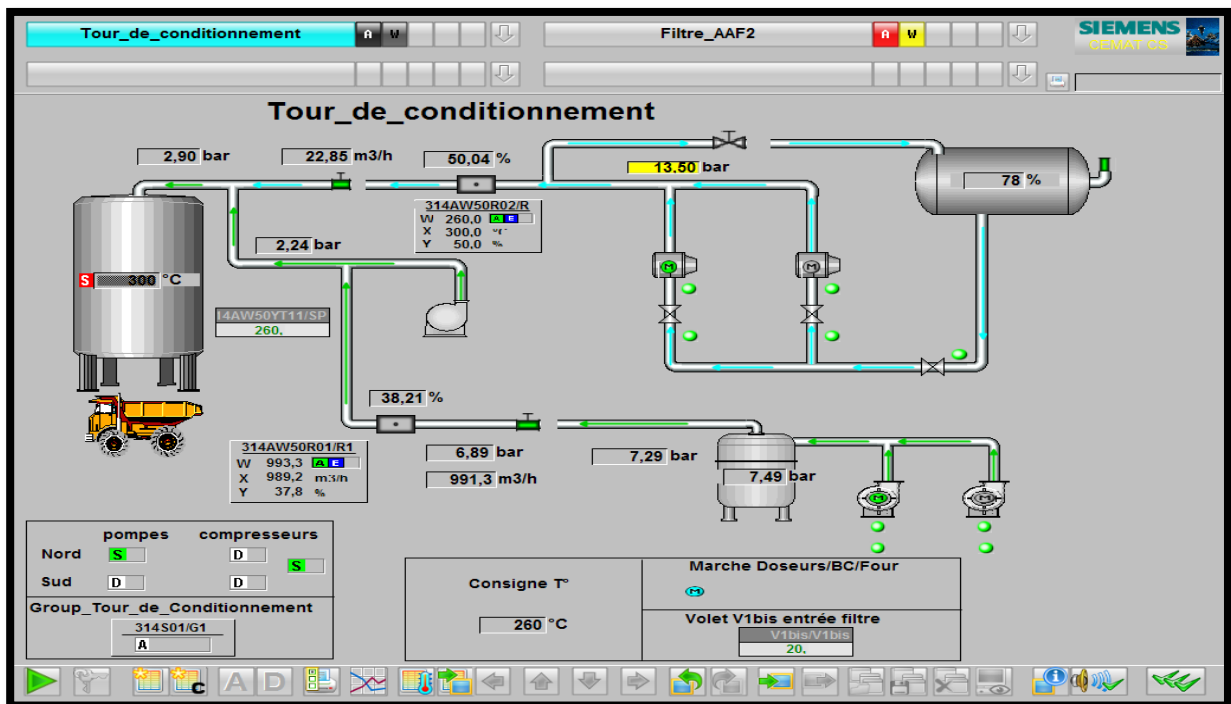


Figure 4.30 : Vue Tour de conditionnement pour le scénario du Doseur à l'arrêt

c) Four en marche & Broyeur Cru & Doseur à l'arrêt

A l'arrêt du broyeur, le volet V1bis s'ouvre et lorsqu'il atteint 20% il libère la main à l'opérateur pour contrôler le pourcentage de l'ouverture selon la température de l'entrée filtre. La tour de conditionnement est toujours en marche. Les figures 4.31 et 4.32 le montre :

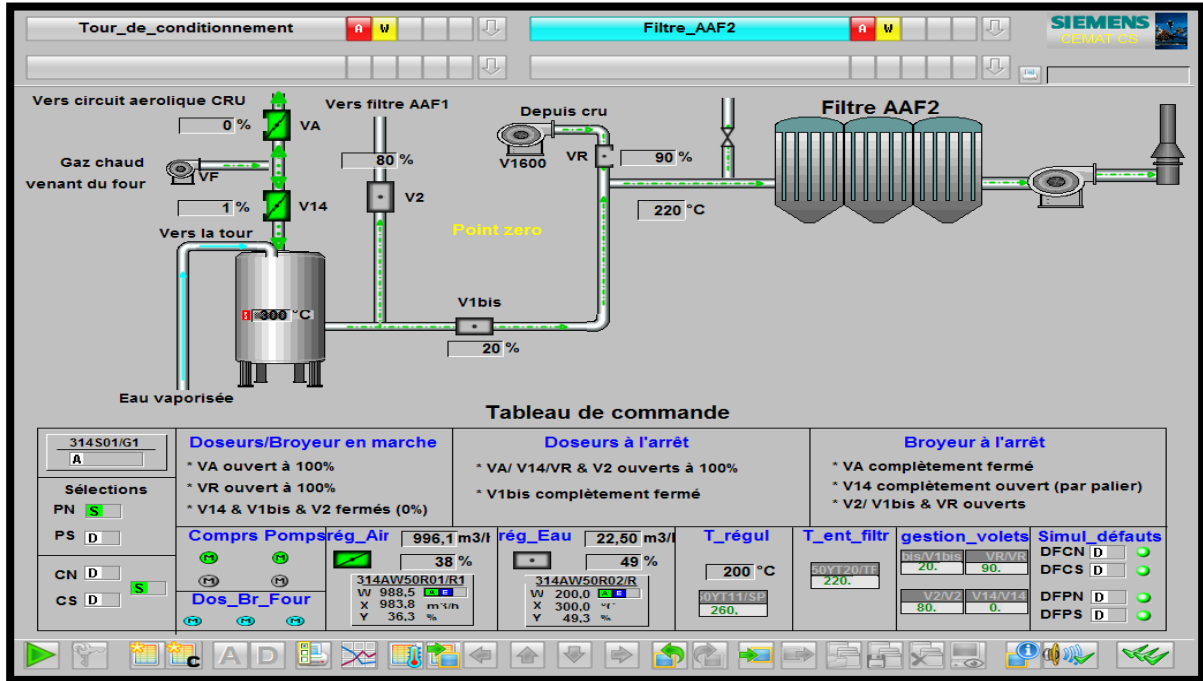


Figure 4.31 : Vue Filtre AAF2 pour le scénario de l'arrêt du broyeur Cru

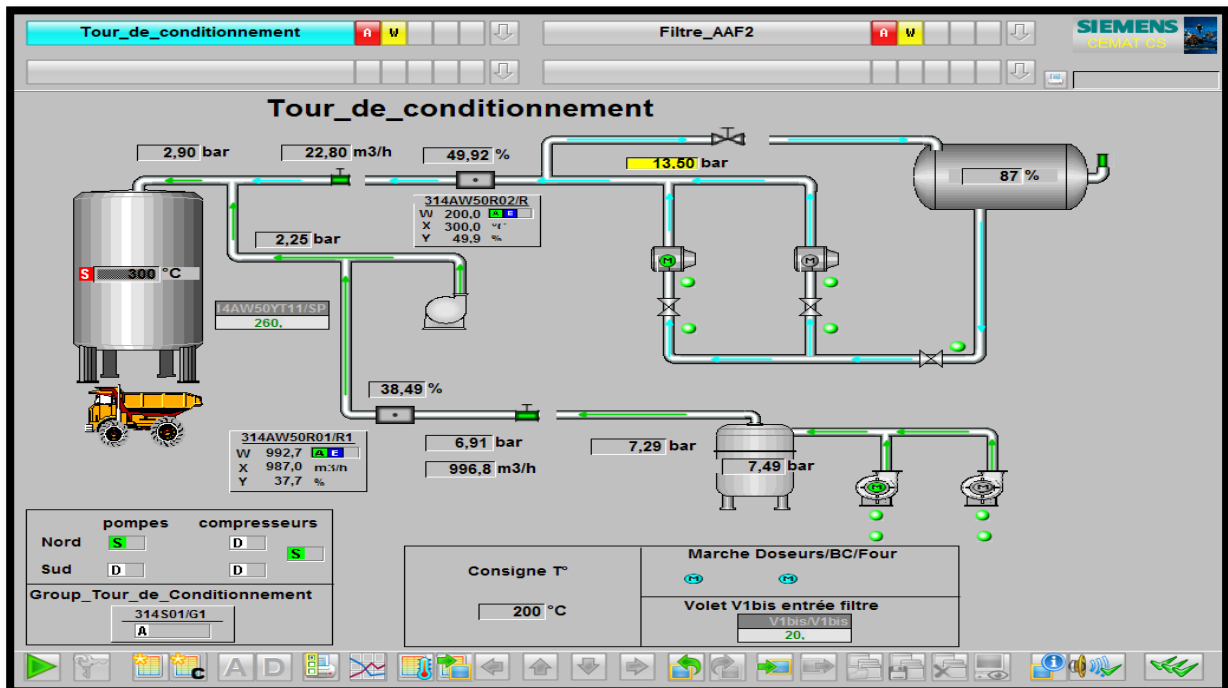


Figure 4.32 : Vue Tour de conditionnement pour le scénario de l'arrêt du broyeur

4.4.5 Les défauts possibles

Si la température de l'entrée filtre atteint 245°C, le ventilateur avant le filtre AAF2 s'ouvre afin de faire entrer de l'air pour refroidir les gaz pour protéger le filtre et si la température de l'entrée filtre dépasse 250°C, cela provoquera l'arrêt du four, comme on le constate dans la figure 4.33 qui suit :

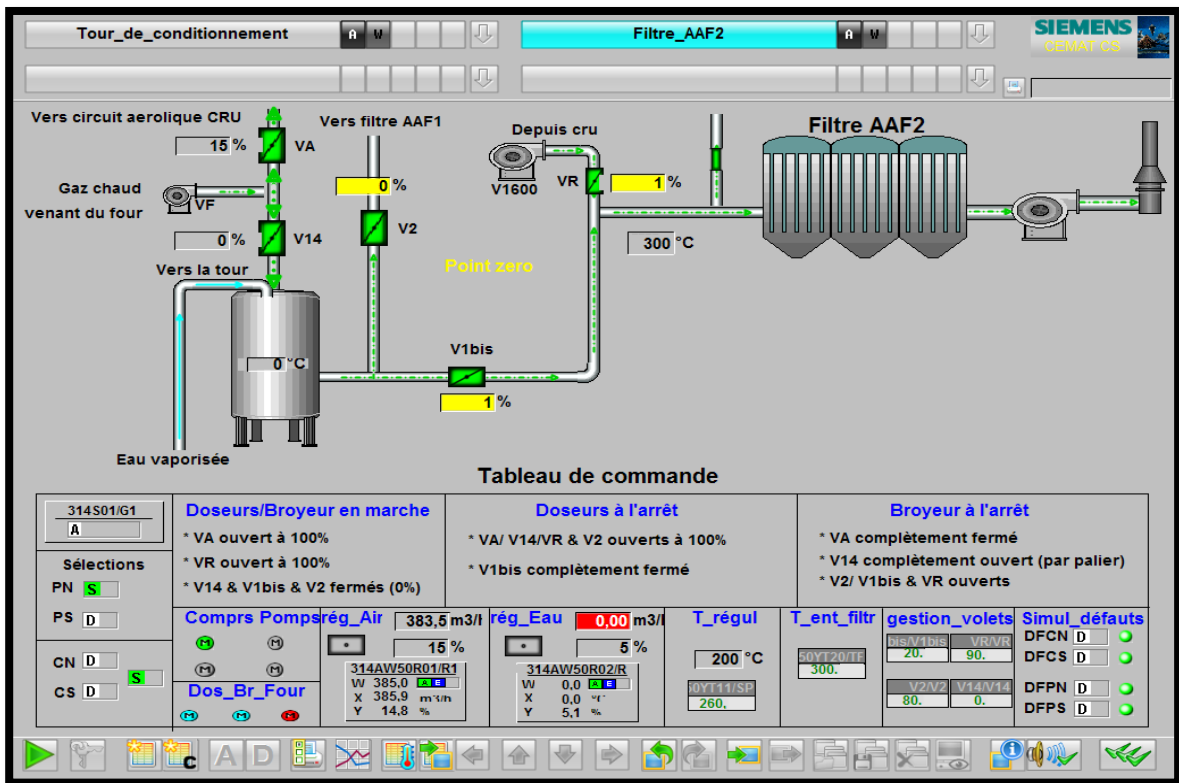


Figure 4.33 : Vue filtre AAF2 pour une de température supérieure à 250°C

La solution pour éviter cela est d'ouvrir les volets V2 et V1bis par palet, en même temps que de fermer le volet VR. Contrôler ces volets à l'aide de l'opérateur permettra d'éviter l'augmentation de la température de l'entrer filtre AAF2.

L'augmentation de la température de tour de conditionnement, cela arrive quand la pompe s'éteint dès qu'elle atteint la consigne SP, et que la température rehausse très rapidement pour cela nous avons laissé la pompe en marche après le baissement de la température jusqu'à 180°C en réduisant la quantité d'eau injectée pour éviter la formation de la boue.

La réduction de la quantité d'eau se fait grâce au calcul du régulateur de débit d'eau qui a deux mode de calcul :

1) Lent (SLOW) : c'est pour le cas où la température est inférieure à SP+30. Comme on le voit dans la figure 4.34 :

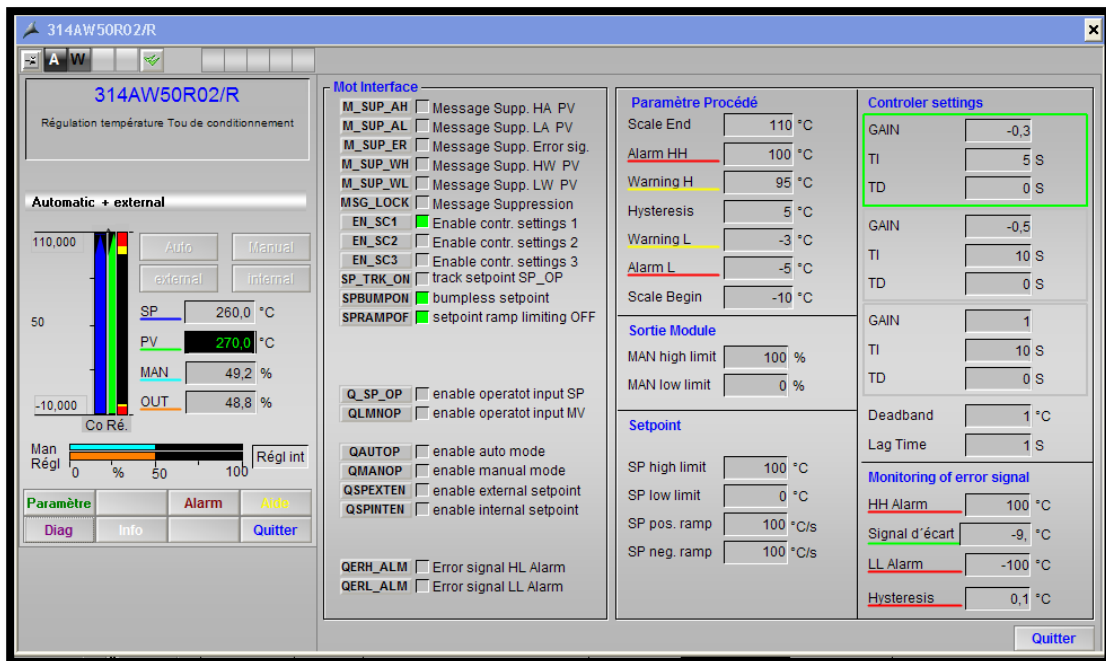


Figure 4.34 : Face plate régulateur de débit d'eau en mode slow

2) Rapide (FAST) : c'est pour le cas où la température est supérieure ou égale à SP+30. Comme la figure 4.35 le montre :

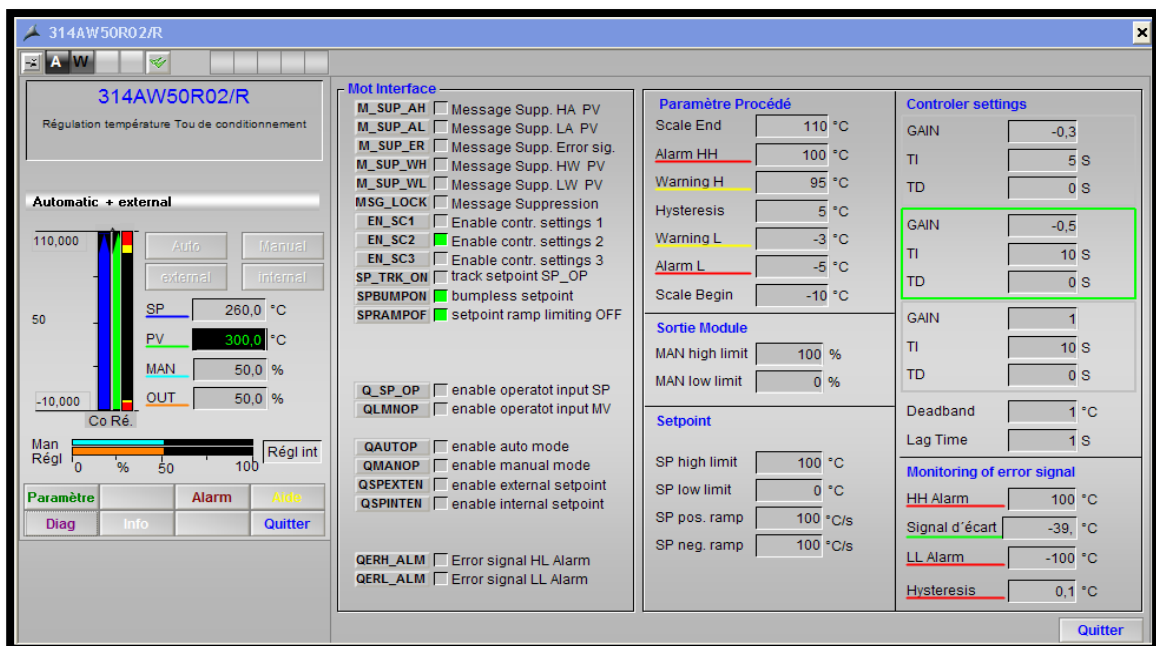


Figure 4.35 : Face plate régulateur de débit d'eau en mode Fast

L'arrêt de l'un des compresseurs peut provoquer l'arrêt de la tour de conditionnement, c'est pour cela on a programmé l'affichage d'un message d'alertes (voir figure 4.36) en cas d'arrêt ainsi que le démarrage du deuxième compresseur jusqu'à la disparition du défaut.

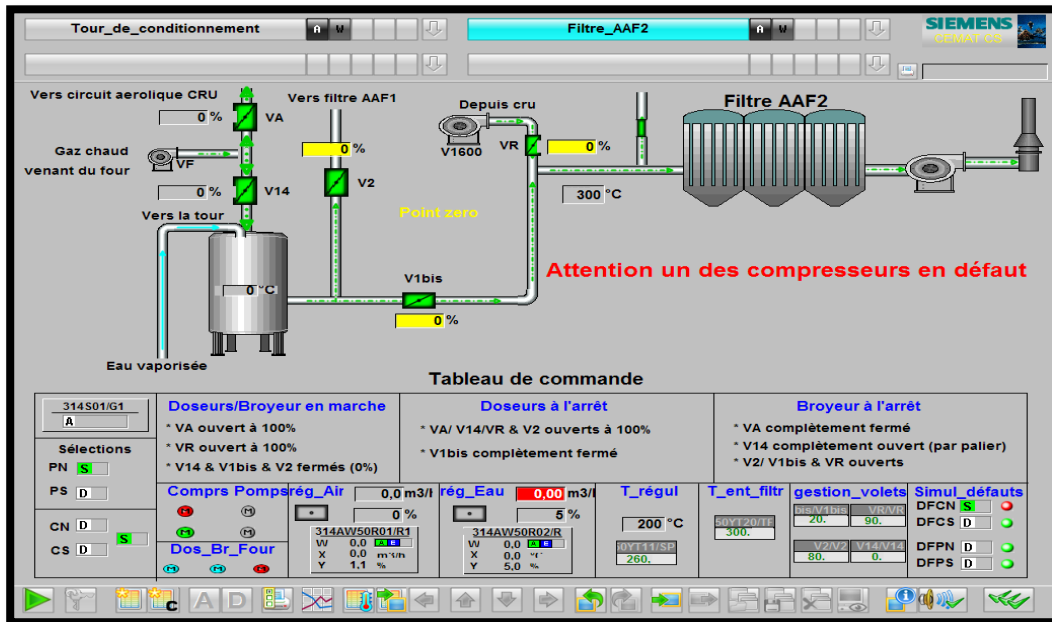


Figure 4.36 : Vue filtre AAF2 pour le compresseur en défaut

L'arrêt de l'une des pompes peut provoquer l'augmentation de la température de la tour de conditionnement, c'est pour cela on a programmé l'affichage d'un message d'alertes (voir figure 4.37) en cas d'arrêt ainsi que le démarrage de la deuxième pompe jusqu'à la disparition du défaut.

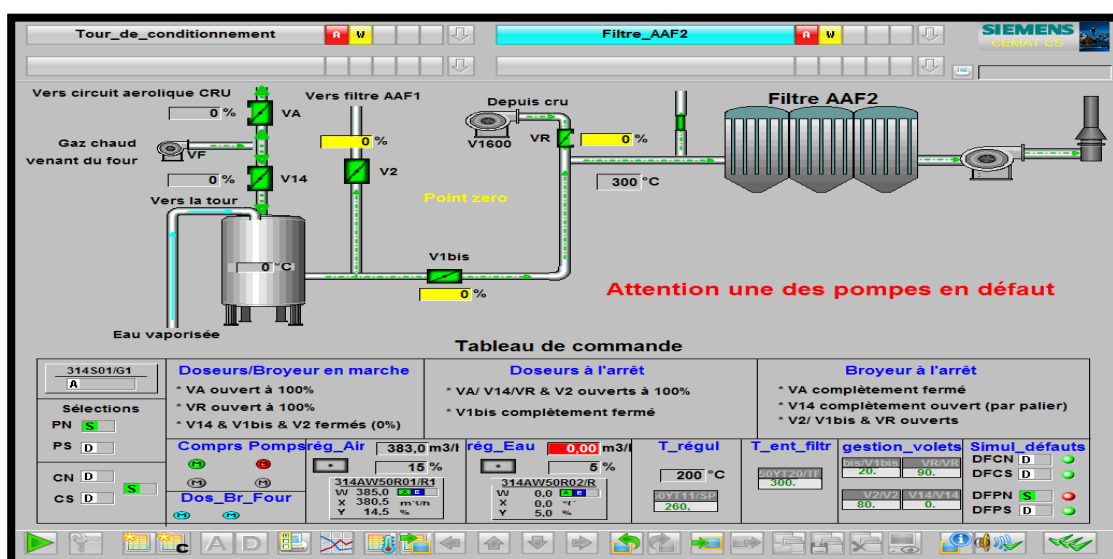


Figure 4.37 : Vue filtre AAF2 pour la pompe en défaut

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons expliqué comment réaliser la supervision d'un projet à l'aide du programme Windows Control Center « WINCC ».

Nous avons aussi programmé notre projet pour tester le logiciel WINCC, le résultat de la supervision et de la simulation a été présenté dans ce chapitre avec sa description et explication sans oublier le défaut qui peuvent être rencontré lors du fonctionnement.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce travail présenté dans ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'automatisation et de la supervision de la tour de conditionnement de la zone Cuisson de la SCMI. Il s'est porté sur la proposition de solutions à la problématique de la tour de conditionnement du circuit aéraulique de la zone Cuisson. L'objectif principal de ce travail est de protéger le filtre à manche AAF2, qui lorsque la température des gaz chauds atteint les 250°C s'arrête, ce qui provoque à son tour l'arrêt du four.

Nous avons atteint notre objectif en étudiant l'instrumentation et le fonctionnement de la tour de conditionnement, puis en proposant des solutions et en réalisant une analyse fonctionnelle. Ensuite, nous avons programmé le système avec le logiciel PCS7 en utilisant SIMATIC Manager et l'automate S7-400. Enfin, nous avons créé un système de supervision et de simulation avec WinCC pour tester le bon fonctionnement de notre programme. A la fin de notre projet, les solutions proposées et mis en œuvre nous ont permis de protéger le filtre AAF2, même dans le cas de défaillance, ce qui nous prouve l'efficacité de notre système. Ses solutions se résume à :

- Laisser les compresseurs marchés sans arrêt et en alternance (12h/12h) dans le but de gagner le temps du démarrage et de charge des compresseurs.
- Laisser la pompe en marche après le baissement de la température jusqu'à 180°C en réduisant la quantité d'eau injectée pour éviter la formation de la boue (limitation de l'ouverture de la vanne à réguler d'eau).
- Eliminer une boucle de régulation (une seule boucle pour les modes Slow/Fast) afin de ne pas perturber l'opérateur (une seule boucle à gérer).
- L'automatisation de l'ouverture et fermeture des volets (V1bis, V2, V14, VR, VA).
- Démarrage automatique de la régulation (mode et saisie de la consigne).
- Affichage des messages d'alertes en cas de défaillance des compresseurs ou des pompes.

Ce travail nous a permis de nous familiariser avec le logiciel de programmation PCS7 et de transformer la théorie en pratique. Il nous a aussi aidés à comprendre un cahier de charge et de le mettre en œuvre.

Nous espérons que ce travail modeste soit profitable et puisse contribuer, d'une façon ou d'une autre, à apporter un plus à la SCMI, ainsi qu'à enrichir le savoir des lecteurs.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Document de **la société de ciment de la Mitidja (SCMI)**.
- [2] Document du groupe LAFARGE.
- [3] CNAM : Conservatoire national des arts et métiers, ‘‘pompeCentrif composants JPG ‘‘, ‘‘ https://sites.cnam.fr/industries-de-procedes/ressources-pedagogiques-ouvertes/hydraulique/co/pompeCentrif_composants_jpg.html ‘‘, consulté le 22/05/2023.
- [4] ‘‘Atlas Copco’’, ‘‘Compresseurs rotatifs à vis lubrifiées ‘‘, ‘‘<https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/local-countries/belgium/documents/oil-injected/Compresseurs-rotatifs-a-vis-lubrifiees-GA-90-160-GA-110-160-VSD.pdf> ‘‘, consulté le 22/05/2023.
- [5] ‘‘ SlideShare’’, ‘‘ 1 actionneur de régulation vanne ‘‘, ‘‘ <https://www.slideshare.net/MustaphaJAKHA/1-actionneurs-de-regulationvanne> ‘‘, consulté le 22/05/2023.
- [6] John G. Webster, ‘‘Sensors and Actuators: A Comprehensive Survey’’, Ed. CRC Press, Floride, USA, 2002.
- [7] ‘‘ [Sondes de température PT100](https://www.prosensor.fr/upload/catalogues/CatPro2016-PT100.pdf) ‘‘, ‘‘<https://www.prosensor.fr/upload/catalogues/CatPro2016-PT100.pdf> ‘‘, consulté le 24/04/2023.
- [8] ‘‘eaton ‘‘, ‘‘Comprendre les interrupteurs de fin de course et capteurs’’, ‘‘<https://www.eaton.com/ca/fr-ca/products/controls-drives-automation-sensors/sensors---limit-switches/understanding-sensors-and-limit-switches--.html>’’, consulté le 22/05/2023.
- [9] ‘‘DREAK4’’, ‘‘KROHNE débitmètre électromagnétique’’, ‘‘http://dreac.nerim.net/documentations/INSTRUMENTATION/KROHNE/KROHNE_DEBITMETRES_ELECTROMAGNETIQUES.pdf’’, consulté le 22/05/2023.
- [10] ‘‘Omega Engineering’’, ‘‘Thermistance : A quoi sert une thermistance ?’’, ‘‘<https://www.omega.fr/prodinfo/thermistances.html>’’, consulté le 22/05/2023.
- [11] J.M.Lainé, C.Lainé, ‘‘Système d’automatisation S7-400 Installation et configuration ‘‘, https://cache.industry.siemens.com/dl/files/849/1117849/att_23818/v1/424ish_f.pdf ‘‘, consulté le 22/05/2023.
- [12] AmroucheBadia, ‘‘ Diagnostic des Systèmes automatiques’’, Cours Master 2 en Automatique & Système, Université Saad Dahleb, Blida, Algérie, 20

