

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION  
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES  
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
École Supérieure en  
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
-تلمسان-

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Automatique  
Spécialité : Automatique

Présenté par : M. KERKAR Abdelmadjid  
M. ZERGA Abdelhamid Ali

Thème

**Automatisation de la zone Cuisson et Régulation  
manuelle de la pression du capot de chauffe par la  
variation de la vitesse du ventilateur d'Exhaure.**

Soutenu publiquement, le 10/09/2020, devant le jury composé de :

Dr CHIALI Anisse

Dr ABDI S.Mohammed

M BOUZIANE Hichem

Dr MEGNAFI Hichem

Dr BRAHAMI Mustapha

M.C.B.

M.C.B.

Ingénieur

M.C.B.

M.A.A.

ESSA. Tlemcen

ESSA. Tlemcen

SCI.Zahana

ESSA. Tlemcen

ESSA. Tlemcen

Président

Directeur de mémoire

Co- Directeur de mémoire

Examineur 1

Examineur 2

Année universitaire : 2019 /2020

# Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail à :

- Mes parents, qui m'ont toujours encouragée et soutenue, que Dieu leur prête longue vie.
- Mes frères et mes deux neveux.
- A toute ma famille.
- A l'équipe pédagogique de l'**ESSAT** qui nous a assuré une formation de qualité.
- A toute l'équipe de **SCIZ** qui nous a aidés à développer et améliorer nos savoir-faire dans le domaine d'automatique.
- A tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin à accomplir ce travail

**M. KERKAR Abdelmadjid**

# Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail à :

- Mes parents, qui m'ont toujours encouragée et soutenue, que Dieu leur prête longue vie.
- A Mes sœurs.
- A toute ma famille.
- A l'équipe pédagogique de l'**ESSAT** qui nous a assuré une formation de qualité.
- A toute l'équipe de **SCIZ** qui nous a aidés à développer et améliorer nos savoir-faire dans le domaine d'automatique.
- A tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin à accomplir ce travail

**M. ZERGA Abdelhamid Ali**

# Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement Monsieur **Ahmed BLIDI** de nous avoir introduits et faciliter l'accès à la société des ciments de Zahana (S.C.I.Z.) pour la réalisation de ce stage pratique.

Nos remerciements iront aussi aux personnes suivantes qui n'ont ménagé aucun effort pour assurer la réussite de notre stage pratique :

Notre Co-encadrant:

- **M. Hichem BOUZIANE**

Pour ses remarques, ses directives, et l'intérêt qu'il nous a porté. Nous tenons à lui exprimer nos sincères remerciements pour son suivi et sa disponibilité.

Ainsi notre encadrant :

- **Dr. Sidi Mohammed ABDI**

Pour ses conseils précieux ainsi pour son orientation.

Ainsi qu'à toute l'équipe de la ligne de production.

- **M. Ahmed LARBI**
- **M. Abdelmalek FIZI**

Et au personnel de chargé de la formation et de l'apprentissage.



## ملخص :

تتكون الأطروحة الحالية من دراسة عملية تصنيع منطقة الطهي في مصنع أسمنت زهانة (SCIZ) ، لتحليل عملها من أجل تصميم برنامج للأتمتة يعتمد على PLC وتطوير خوارزميات التحكم والتنظيم المناسب. أيضا ، إنشاء واجهة إشراف لضمان حسن سير العمل عن طريق إطلاق إنذار في حالة اكتشاف عدم المطابقة. يتكون المشروع من أربعة أجزاء: العرض التقديمي للشركة ، الوصف التكنولوجي والتحليل الوظيفي لورشة الطهي, عناصر الأتمتة وبرمجة التحليل الوظيفي مع الإشراف.

**الكلمات المفاتيح:** 'التحكم – الأوامر'، 'التنظيم'، 'المراقب'، 'Tia Portal V15' ، 'S7-1500'

## Résumé :

Le mémoire présent consiste à étudier le processus de fabrication de la zone cuisson de la cimenterie de Zahana (SCIZ), de faire l'analyse de son fonctionnement afin de concevoir un programme pour l'automatisation basé sur PLC et développer des algorithmes de commande et de régulation adéquats. Ainsi, la création d'une interface de supervision pour assurer la bonne conduite par le déclenchement d'alarme en cas de non-conformité détectée.

Le projet est constitué de quatre parties : présentation de l'entreprise, description technologique et l'analyse fonctionnelle de l'atelier cuisson, les éléments de l'automatisation et la programmation de l'analyse fonctionnelle avec la supervision.

**Mots clés :** 'Contrôle-commande', 'Régulation', 'Automate', 'Tia Portal V15', 'S7-1500'

## Abstract:

The present thesis consists in studying the manufacturing process of the cooking zone of the Zahana cement plant (SCIZ), to analyze its operation in order to design a program for automation based on PLC and to develop control algorithms and adequate regulation. Also, the creation of a supervision interface to ensure proper conduct by triggering an alarm in the event of non-conformity detected.

The project is composed of four parts: company presentation, technological description and functional analysis of the cooking zone, elements of automation and programming of functional analysis with supervision.

**Key words:** 'Control-Command', 'Regulation', 'Controller', 'Tia Portal V15', 'S7-1500'

# Sommaire

<b>Index des figures</b> .....	i
<b>Liste des tableaux</b> .....	iv
<b>Liste des abréviations</b> .....	v
<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Présentation de l'entreprise</b> .....	2
1- Introduction .....	3
2- Présentation générale .....	3
3- Réalisations et actualité .....	3
4- Implantation géographique .....	4
5- La cimenterie et l'environnement .....	4
6- Processus et procédé de fabrication du ciment .....	5
7- Conclusion .....	8
<b>Chapitre II : Description technologique et l'analyse fonctionnelle de l'atelier cuisson</b> .....	9
1- Introduction .....	10
2- Description du processus de la zone cuisson .....	10
2.1- La tour de préchauffage .....	10
2.2- Four rotatif .....	11
2.2.1- Alimentation four .....	11
2.2.2- Four.....	11
2.2.3- Brûleur.....	12
2.2.4- Les joints du four .....	12
2.3- Refroidisseur .....	13
2.3.1- Filtres à manche .....	14
2.3.2- Ventilateur d'Exhaur .....	14
3- Description du circuit des gazs chauds dans l'atelier de cuisson .....	14
3.1- L'influence de l'air exhaure (excès d'air) sur la température de la flamme .....	16
3.2- L'influence de l'air exhaure (excès d'air) sur le capôt de chauffe .....	17
4- Instrumentations de l'atelier cuisson .....	17
4.1- Les capteurs .....	17
4.1.1- Les capteurs TOR .....	18
4.1.1.1- Détecteurs inductifs .....	18
4.1.1.2- Détecteurs à membrane .....	19
4.1.1.3- Détecteurs de niveau .....	19
4.1.1.4- Les fins de courses .....	20
4.1.2- Les capteurs analogiques .....	20
4.1.2.1- La sonde platine PT100 .....	20
4.1.2.2- Transmetteur de pression .....	21
4.1.2.3- Débitmètre .....	21
4.1.2.4- Capteur de pesage .....	22
4.1.2.5- Capteur de niveau (Silopilot) .....	22
4.1.2.6- Le positionneur .....	22
4.2- Les actionneurs .....	23
4.2.1- Moteur asynchrone triphasé .....	23
4.2.2- Réducteur de vitesse .....	24
4.2.3- Variateur de vitesse .....	24

## Sommaire

4.2.4- Ventilateur de tirage .....	24
4.2.5- Servomoteur .....	25
4.2.6- Electrovanne .....	25
4.2.7- Compresseur .....	25
4.3- Les équipements de protection .....	26
4.3.1- Les disjoncteurs .....	26
4.3.2- Les contacteurs .....	26
4.3.3- Les relais thermiques .....	27
4.3.4- Les sectionneurs .....	27
4.3.5- SITOP alimentation .....	27
4.4- Les auxiliaires de commande .....	28
4.4.1- Les commutateurs à cames .....	28
4.4.2- Les boutons poussoirs .....	28
4.4.3- Les armoires de commande .....	28
5- Problématique .....	29
6- Solution .....	29
7- Analyse fonctionnelle .....	29
7.1- Séquence 01 : Dépoussiérage Refroidisseur .....	30
7.1.1- Atelier Echangeur .....	30
7.1.2- Atelier Exhaure .....	32
7.2- Séquence 02 : Dépoussiérage Tour de préchauffage .....	34
7.3- Séquence 03 : Refroidisseur .....	36
7.3.1- Atelier Evacuation Clinker .....	36
7.3.2- Atelier Ventilateurs de soufflage .....	38
7.4- Séquence 04 : Combustible Gaz .....	40
7.5- Séquence 05 : Pré-Calcinateur .....	41
7.6- Séquence 06 : Four .....	43
7.7- Séquence 07 : Alimentation four .....	45
7.8- Asservissement des séquences .....	46
8- Conclusion .....	47
<b>Chapitre III : Les éléments d'automatisations .....</b>	<b>48</b>
1- Introduction .....	49
2- Système automatisé et équipements associés .....	49
3- Automate programmable industriel (API) .....	49
4- Les critères de choix d'un automate .....	50
5- Automate SIMATIC S7-1500 .....	51
5.1- Présentation de la CPU 1513-1 PN de l'automate S7-1500 .....	52
6- Console de programmation .....	53
7- Protocoles de communication .....	53
7.1- MPI (Multipoint Interface) .....	54
7.2- PROFIBUS .....	54
7.3- PROFINET .....	54
8- Logiciel de programmation .....	55
8.1- Présentation du logiciel Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) .....	55

## Sommaire

8.1.1- SIMATIC STEP 7 .....	55
8.1.2- Win CC .....	57
8.2- Vue portail/projet du logiciel Tia Portal .....	57
8.3- Création d'un projet sur Tia Portal .....	59
8.4- Configuration et paramétrage du matériel .....	59
8.5- L'Adressage Ethernet de la CPU .....	60
8.6- Compilation et chargement de la configuration matérielle .....	60
8.7- Vue de réseau .....	61
8.8- L'outil de simulation S7-PLCSIM .....	61
9- P&ID .....	62
10- Conclusion .....	62
<b>Chapitre IV : Programmation de l'analyse fonctionnelle .....</b>	<b>63</b>
1- Introduction .....	63
2- Langages de programmation utilisés .....	63
3- La programmation multi-instances .....	63
4- Le programme utilisateur .....	64
4.1- Description du programme .....	64
4.2- La table des mnémoniques .....	64
4.3- Structure de programme .....	65
4.4- La programmation des blocs .....	66
4.4.1- Les blocs fonctionnels (FB) .....	66
4.4.2- Les fonctions (FC) .....	77
4.4.3- Le bloc d'organisation (OB1) .....	93
5- Supervision et simulation .....	93
5.1- Déclaration des variables .....	93
5.2- Création des vues .....	94
6- Régulation manuelle .....	99
7- Conclusion .....	100
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>101</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>102</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>103</b>

# Index des figures

## Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Figure I.1 : La société des ciments de Zahana .....	1
Figure I.2 : Localisation de la S.Cl.Z .....	3
Figure I.3 : Filtres à manches .....	3
Figure I.4: Composants ciment .....	4
Figure I.5 : Etapes de fabrication du ciment .....	4
Figure I.6 : Zone concassage .....	5
Figure I.7 : Zone Cru .....	5
Figure I.8 : Zone Cuisson .....	6
Figure I.9 : Zone Ciment .....	7
Figure I.10 : Stockage et expédition .....	7

## Chapitre II : Description technologique et l'analyse fonctionnelle de l'atelier cuisson

Figure II.1 : La tour de préchauffage .....	8
Figure II.2 : Four rotatif .....	9
Figure II.3 : Les étapes de la cuisson .....	10
Figure II.4 : Combustible Gaz .....	10
Figure II.5 : La boite à fumée (joint amont).....	10
Figure II.6 : Le capot de chauffe (joint aval) .....	11
Figure II.7 : Vue technique refroidisseur .....	11
Figure II.8 : Refroidisseur .....	12
Figure II.9 : Les zones d'un refroidisseur .....	13
Figure II.10 : Les gazs chauds .....	13
Figure II.11 : Circulation des gazs dans le four .....	14
Figure II.12 : L'influence de l'air exhaure sur la flamme .....	14
Figure II.13 : L'influence de l'air exhaure sur le capot de chauffe .....	15
Figure II.14 : Fonctionnement du capteur .....	16
Figure II.15 : Capteur inductif .....	16
Figure II.16 : Contrôleur de rotation .....	17
Figure II.17 : Capteur à membrane .....	17
Figure II.18 : Capteur de niveau .....	18
Figure II.19 : Les fins de courses .....	18
Figure II.20 : Capteur de température PT100 .....	19
Figure II.21 : Transmetteur de pression .....	19
Figure II.22 : Débitmètre .....	19
Figure II.23 : Jauge de contrainte de pesage .....	20
Figure II.24 : Silopilot .....	20
Figure II.25 : Positionneur .....	21
Figure II.26 : Moteur asynchrone triphasé .....	21
Figure II.27 : Réducteur de vitesse .....	22
Figure II.28 : Variateur de vitesse (ABB ACS) .....	22
Figure II.29 : Servomoteur .....	23
Figure II.30 : Electrovanne .....	23
Figure II.31 : Compresseur d'air .....	24
Figure II.32 : Disjoncteur .....	24
Figure II.33 : Conctacteur .....	24

## Index des figures

<b>Figure II.34</b> : Relais thermique .....	25
<b>Figure II.35</b> : Sectionneur .....	25
<b>Figure II.36</b> : SITOP Alimentation .....	25
<b>Figure II.37</b> : Les commutateurs à cames .....	26
<b>Figure II.38</b> : Les boutons poussoirs .....	26
<b>Figure II.39</b> : Armoire de commande .....	26
<b>Figure II.40</b> : P&ID atelier échangeur .....	28
<b>Figure II.41</b> : P&ID Exhaure .....	29
<b>Figure II.42</b> : P&ID dépoussiérage tour de préchauffage .....	30
<b>Figure II.43</b> : P&ID atelier évacuation clinker .....	32
<b>Figure II.44</b> : P&ID ventilateurs de soufflage .....	33
<b>Figure II.45</b> : P&ID combustible gaz .....	35
<b>Figure II.46</b> : P&ID pré-calciateur .....	36
<b>Figure II.47</b> : P&ID four .....	37
<b>Figure II.48</b> : P&ID alimentation four .....	38
<b>Chapitre III : Les éléments d'automatisation</b>	
<b>Figure III.1</b> : Système automatisé .....	41
<b>Figure III.2</b> : CPU 1513-1 PN de l'automate S7-1500 .....	45
<b>Figure III.3</b> : Tia Portal V15 .....	47
<b>Figure III.4</b> : Vue portail .....	50
<b>Figure III.5</b> : Vue projet .....	50
<b>Figure III.6</b> : Création d'un projet sur Tia Portal .....	51
<b>Figure III.7</b> : Configuration matériels .....	51
<b>Figure III.8</b> : Adressage Ethernet .....	52
<b>Figure III.9</b> : Compilation et chargement .....	52
<b>Figure III.10</b> : Vue réseau .....	53
<b>Figure III.11</b> : PLCSIM V15 .....	53
<b>Chapitre IV : Programmation de l'analyse fonctionnelle</b>	
<b>Figure IV.1</b> : Programmation unique instance .....	56
<b>Figure IV.2</b> : Programmation multi instance .....	56
<b>Figure IV.3</b> : Table des variables .....	57
<b>Figure IV.4</b> : Vue d'ensemble du programme .....	57
<b>Figure IV.5</b> : Bloc moteur FB1 (réseau 1) .....	58
<b>Figure IV.6</b> : Bloc moteur FB1 (réseau 7) .....	59
<b>Figure IV.7</b> : Bloc moteur FB1 (réseau 2, 3 et 4) .....	59
<b>Figure IV.8</b> : Bloc moteur FB1 (réseau 5 et 6) .....	60
<b>Figure IV.9</b> : Appel du bloc moteur FB1 en multi instance .....	61
<b>Figure IV.10</b> : Bloc Equipment FB2 (concasseur) .....	61
<b>Figure IV.11</b> : Bloc de donnée du bloc moteur DB2 .....	62
<b>Figure IV.12</b> : Bloc groupe FB3 (réseau 1) .....	63
<b>Figure IV.13</b> : Bloc groupe FB3 (réseau 2,3 et 4) .....	64
<b>Figure IV.14</b> : Appel du bloc groupe FB3 en multi instance .....	65
<b>Figure IV.15</b> : Bloc séquence FB4 (groupe évacuation clinker) .....	65
<b>Figure IV.16</b> : Bloc de donnée du bloc séquence DB1 (groupe évacuation clinker) .....	66
<b>Figure IV.17</b> : Bloc moteur application FB5 (réseau 7) .....	66

## Index des figures

<b>Figure IV.18</b> : Bloc moteur application FB5 (réseau 8) .....	67
<b>Figure IV.19</b> : Bloc Equipement application FB6 (chaîne remplissage clinker) .....	67
<b>Figure IV.20</b> : Bloc Equipement application FB6 (chaîne trainante) .....	68
<b>Figure IV.21</b> : Fonction disponibilité .....	69
<b>Figure IV.22</b> : Fonction marche totale .....	69
<b>Figure IV.23</b> : Fonction pour les défauts de la séquence .....	70
<b>Figure IV.24</b> : Fonction pour les acquittements de la séquence .....	70
<b>Figure IV.25</b> : Fonction pour forçage des conditions de verrouillage .....	71
<b>Figure IV.26</b> : Fonction pour affichage des mesures (réseau 4-1) .....	72
<b>Figure IV.27</b> : Fonction pour affichage des mesures (réseau 1,2 et 3) .....	72
<b>Figure IV.28</b> : Fonction pour affichage des mesures (réseau 4-2) .....	73
<b>Figure IV.29</b> : Fonction pour le brûleur.....	74
<b>Figure IV.30</b> : Fonction pour le pré-calcinateur .....	74
<b>Figure IV.31</b> : Fonction pour dynamiser les moteurs .....	76
<b>Figure IV.32</b> : Fonction pour la montée/descente du four (réseau 1) .....	77
<b>Figure IV.33</b> : Fonction pour la montée/descente du four (réseau 2) .....	78
<b>Figure IV.34</b> : Fonction pour la montée/descente du four (réseau 3) .....	78
<b>Figure IV.35</b> : Fonction pour les consignes-mesures (réseau 2) .....	79
<b>Figure IV.36</b> : Fonction pour les consignes-mesures (réseau 3) .....	79
<b>Figure IV.37</b> : Générateur d'impulsion 20Hz .....	80
<b>Figure IV.38</b> : Démarrage ventilateur d'Exhaure .....	80
<b>Figure IV.39</b> : Forçage des consignes .....	81
<b>Figure IV.40</b> : Fonction pour la régulation (calcul de la mesure 1) .....	81
<b>Figure IV.41</b> : Fonction pour la régulation (calcul de la mesure 2) .....	82
<b>Figure IV.42</b> : Fonction pour affichage des messages (vue application) .....	82
<b>Figure IV.43</b> : Fonction pour affichage des messages (vue globale 1) .....	83
<b>Figure IV.44</b> : Fonction pour affichage des messages (vue globale 2) .....	83
<b>Figure IV.45</b> : Fonction pour affichage des messages (vue globale 3) .....	83
<b>Figure IV.46</b> : Le bloc d'organisation .....	84
<b>Figure IV.47</b> : Vue du PC System sur Tia Portal V15 .....	84
<b>Figure IV.48</b> : Les variables IHM .....	85
<b>Figure IV.49</b> : Vue d'ensemble des vues .....	85
<b>Figure IV.50</b> : Vue globale .....	86
<b>Figure IV.51</b> : Vue globale (Simulation) .....	86
<b>Figure IV.52</b> : Vue statique .....	87
<b>Figure IV.53</b> : Application bloc moteur .....	88
<b>Figure IV.54</b> : Application bloc moteur (Simulation) .....	88
<b>Figure IV.55</b> : Courbes .....	89
<b>Figure IV.56</b> : Configuration des alarmes IHM .....	89
<b>Figure IV.57</b> : Archive des messages .....	90
<b>Figure IV.58</b> : Régulation manuelle .....	90

## Liste des tableaux

### Chapitre II : Description technologique et l'analyse fonctionnelle de l'atelier cuisson

Tableau II.1 : La liste des consommateurs atelier échangeur .....	28
Tableau II.2 : La liste des capteurs logiques atelier échangeur .....	28
Tableau II.3 : La liste des capteurs analogiques atelier échangeur .....	29
Tableau II.4 : Verrouillage de l'équipement atelier échangeur .....	29
Tableau II.5 : La liste des consommateurs atelier exhaure .....	29
Tableau II.6 : La liste des capteurs logiques atelier exhaure .....	29
Tableau II.7 : La liste des capteurs analogiques atelier exhaure .....	30
Tableau II.8 : Verrouillage de l'équipement atelier exhaure .....	30
Tableau II.9 : La liste des consommateurs dépoussiérage tour de préchauffage .....	31
Tableau II.10 : La liste des capteurs logiques dépoussiérage tour de préchauffage .....	31
Tableau II.11 : La liste des capteurs analogiques dépoussiérage tour de préchauffage .....	31
Tableau II.12 : Verrouillage de l'équipement dépoussiérage tour de préchauffage .....	31
Tableau II.13 : La liste des consommateurs atelier évacuation clinker .....	32
Tableau II.14 : La liste des capteurs logiques atelier évacuation clinker .....	33
Tableau II.15 : La liste des capteurs analogiques atelier évacuation clinker .....	33
Tableau II.16 : Verrouillage de l'équipement atelier évacuation clinker .....	33
Tableau II.17 : La liste des consommateurs ventilateurs de soufflage .....	34
Tableau II.18 : La liste des capteurs logiques ventilateurs de soufflage .....	34
Tableau II.19 : La liste des capteurs analogiques ventilateurs de soufflage .....	34
Tableau II.20 : Verrouillage de l'équipement ventilateurs de soufflage .....	34
Tableau II.21 : La liste des consommateurs combustible gaz .....	35
Tableau II.22 : La liste des capteurs logiques combustible gaz .....	35
Tableau II.23 : La liste des capteurs analogiques combustible gaz .....	35
Tableau II.24 : Verrouillage de l'équipement combustible gaz .....	36
Tableau II.25 : La liste des consommateurs pré-calciateur .....	36
Tableau II.26 : La liste des capteurs logiques pré-calciateur .....	36
Tableau II.27 : La liste des capteurs analogiques pré-calciateur .....	36
Tableau II.28 : Verrouillage de l'équipement pré-calciateur .....	37
Tableau II.29 : La liste des consommateurs four .....	37
Tableau II.30 : La liste des capteurs logiques four .....	37
Tableau II.31 : La liste des capteurs analogiques four .....	38
Tableau II.32 : Verrouillage de l'équipement four .....	38
Tableau II.33 : La liste des consommateurs alimentation four .....	38
Tableau II.34 : La liste des capteurs logiques alimentation four .....	38
Tableau II.35 : La liste des capteurs analogiques alimentation four .....	38
Tableau II.36 : Verrouillage de l'équipement alimentation four .....	39
Tableau II.37 : Asservissement des séquences .....	39
<b>Chapitre III : Les éléments d'automatisation</b>	
Tableau III.1 : Les types de variables .....	48
<b>Chapitre IV : Programmation de l'analyse fonctionnelle</b>	
Tableau IV.1 : Code couleur pour la dynamisation des moteurs .....	75



## Liste des abréviations

<b>API</b>	Automate programmable industriel.
<b>APS</b>	Atelier pré broyage et séchage.
<b>BK</b>	Broyeur clinker.
<b>CONT</b>	Contact à schéma.
<b>CP</b>	Modules de communication.
<b>CPU</b>	Computer Processing unit.
<b>DB</b>	Data Block (Bloc de données).
<b>DTI</b>	Diagramme de tuyauteries et d'instrumentation.
<b>E/S</b>	Entrée/Sortie.
<b>FB</b>	Bloc fonctionnel.
<b>FC</b>	Fonction.
<b>F.C.B</b>	Fives-Cail Babcock.
<b>G.I.C.A</b>	Groupe industriel des ciments de l'Algérie.
<b>IHM</b>	Interface Homme Machine.
<b>IL</b>	Liste d'instructions
<b>MPI</b>	Multipoint interface.
<b>OB</b>	Bloc d'Organisation
<b>PC</b>	Partie commande.
<b>PO</b>	Partie opérative.
<b>P&amp;ID</b>	Piping and instrumentation diagram.
<b>PT100</b>	Platine 100 ohms.
<b>PROFIBUS</b>	Process Field Bus.
<b>PROFINET</b>	Process Field Network.
<b>RS</b>	Reset-Set.
<b>S.C.I.Z</b>	Société des ciments de Zahana.
<b>S.P.A</b>	Société par actions.
<b>SIMATIC</b>	Système d'automatisation industriel.
<b>TIA Portal</b>	Totally Integrated Automation Portal.
<b>TOR</b>	Tout ou rien.
<b>Win CC</b>	Windows control command.

## Introduction générale

L'industrie du ciment, dont la production mondiale ne cesse de s'accroître, constitue par ses tonnages, les quantités d'énergie mécanique et de combustible qu'elle utilise, les capitaux qu'elle immobilise, une des plus importantes branches de l'économie industrielle. Cette dernière a connu une évolution remarquable ces derniers temps, avec l'apparition de nouvelles unités.

Dans le cadre de la mise en œuvre du programme de formation pour l'obtention du **diplôme d'ingénieur d'état** dans la spécialité **Automatique à l'Ecole Supérieure en Sciences Appliquées de Tlemcen**, nous avons souhaité de réaliser notre stage de fin d'étude dans une entreprise répondant aux enjeux du futur, qui encourage l'innovation et le développement des processus de fabrication, particulièrement dans le domaine industriel, tout en les automatisant pour faciliter les tâches et obtenir un rendement plus important en un peu de temps.

Ce stage pratique de cinquième année a pour objectif d'acquérir une expérience en milieu industriel au sein d'une grande entreprise.

Pour ce stage (conventionné) de trois (03) mois, nous avons sollicité la direction de l'entreprise **SCIZ** pour nous permettre d'effectuer ce stage au sein de son usine et que je remercie vivement pour son accord favorable.

L'objectif de notre travail est la conception d'un programme afin d'automatiser la zone cuisson, cette tâche consiste à étudier le système et de faire l'analyse de son fonctionnement afin de développer des algorithmes de commande et régulation adéquats qui répondent à nos exigences et besoins. Et la réalisation d'une interface de supervision que l'opérateur va se servir d'elle pour assurer la conduite du processus de fabrication.

Notre travail se porte sur la réalisation d'un système de régulation pour **la commande de la pression au niveau du capot de chauffe par la variation du ventilateur d'Exhaure (mode manuel)** afin d'assurer le bon fonctionnement de l'atelier cuisson.

Le plan de notre travail se constitue par les parties suivantes :

Dans le premier chapitre, nous allons présenter l'entreprise dans laquelle notre stage de fin d'études est déroulé.

Le second chapitre décrit le processus technologique et l'analyse fonctionnelle de la zone cuisson.

Le troisième chapitre comporte les éléments qui nous ont servi à automatiser cette zone.

Dans le dernier chapitre, nous allons implémenter l'analyse fonctionnelle par un programme avec la concrétisation d'une supervision.

---

# Chapitre I

Présentation de l'entreprise

---

## 1- Introduction :

L'industrie cimentière est considérée parmi les industries les plus importantes à cause de la demande sur le ciment, ce dernier est considéré comme l'élément indispensable pour la construction des infrastructures.

Dans ce présent chapitre, nous allons présenter la société accueillante SCIZ ainsi que les différentes étapes de la production du ciment.

## 2- Présentation générale :

La société des ciments de Zahana, dénommée « S.C.I.Z. », est une filiale du groupe industriel des ciments de l'Algérie (G.I.C.A.).



**Figure I.1 :** La société des ciments de Zahana.

- **Raison Sociale:** Société des Ciments de Zahana par Abréviation S.C.I.Z.
- **Activités:** Production et commercialisation des ciments ordinaires et spéciaux.
- **Forme Juridique:** Société Par Actions (S.P.A.).
- **Capital Social:** 1 920 000 000 DA, actuellement détenu à 100% par le Groupe Industriel des Ciments d'Algérie (G.I.C.A.).
- **Effectif:** 730 employés.
- **Certification :** ISO 9001.
- **Date de début d'activité:** 1948.
- **Terrains exploités :** Elle dispose d'une superficie d'environ 31 hectares, ajoutant à cela trois carrières (Carrière BENGHABRA Marne, Carrière Djebel-Meskine Calcaire et Carrière Domaine Si-Boussefiane Argile) [1].

## 3- Réalisations et actualité :

- Mise en œuvre de deux (02) lignes de production à voie humide de 2 x 200.000 tonnes/an de ciment **LAFARGE** de 1947 à 1953.
- Extension d'une ligne de production à voie sèche de 1.000.000 de tonnes/an de ciment en 1977 par la société **FCB France**.
- Rénovation d'une ligne de production à voie humide de 200.000 tonnes/an et mise en service en 1995 par la société **FLS**.
- Mise à l'arrêt du deuxième four à voie humide de 1947, depuis 1988 [1].

- Le passage a une exploitation qui se résume en deux lignes de productions, une a voie sèche et l'autre a voie humide depuis 1995.
- Mise à l'arrêt de la ligne a voie humide depuis 2019.
- Elargissement de l'usine a travers une nouvelle ligne a voie sèche, réalisé par l'entreprise chinoise **CBMI** où elle a commencé à voir vie en 2016. La mise en marche est prévue pour mars 2020, soit une production de 1.500.000 tonnes/an [1].

#### 4- Implantation géographique:

Dénommée « S.C.I.Z », La société des ciments de Zahana, filiale du groupe GICA est siégée en Algérie, plus précisément dans la wilaya de Mascara à proximité de la route nationale N°13 et du réseau ferroviaire reliant les villes d'Oran et de Sidi-Bel-Abbès. Elle est située au nord de Mascara à environ 40 km de la wilaya d'Oran [1].



Figure I.2 : Localisation de la S.C.I.Z

#### 5- La cimenterie et l'environnement :

La SCIZ est dotée d'une Politique Environnementale, qui est une Déclaration écrite et signée par La Direction affichant clairement :

- Sa volonté d'améliorer l'état environnemental de l'usine
- Un cadre à son action pour atteindre ses objectifs et cibles environnementaux.
- Un acte d'engagement de la SCIZ envers les autorités et les habitants.

La SCIZ met tous les moyens technologiques pour maîtriser le niveau des émissions de poussières (filtres à manches) [1].



Figure I.3: Filtres à manches.

6- Processus et procédé de fabrication du ciment :

- Qu'est ce qu'un ciment ?

Le ciment est une poudre minérale fine obtenue au terme d'un processus de fabrication très précis.

Les matières premières nécessaires à sa fabrication sont le calcaire (CaCO<sub>3</sub>), la marne (argile), minerai de fer et deux ajouts le gypse et la pouzzolane [1].

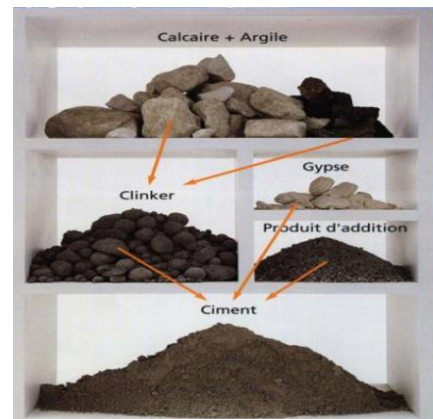


Figure I.4: Composants ciment.

- Processus de fabrication :

L'usine possède trois lignes de productions : une voie humide, deux voies sèches (PS : l'une d'elles est encore en phase d'essai).

Durant notre stage, nous nous sommes intéressés à la voie sèche, donc les étapes à suivre sont :

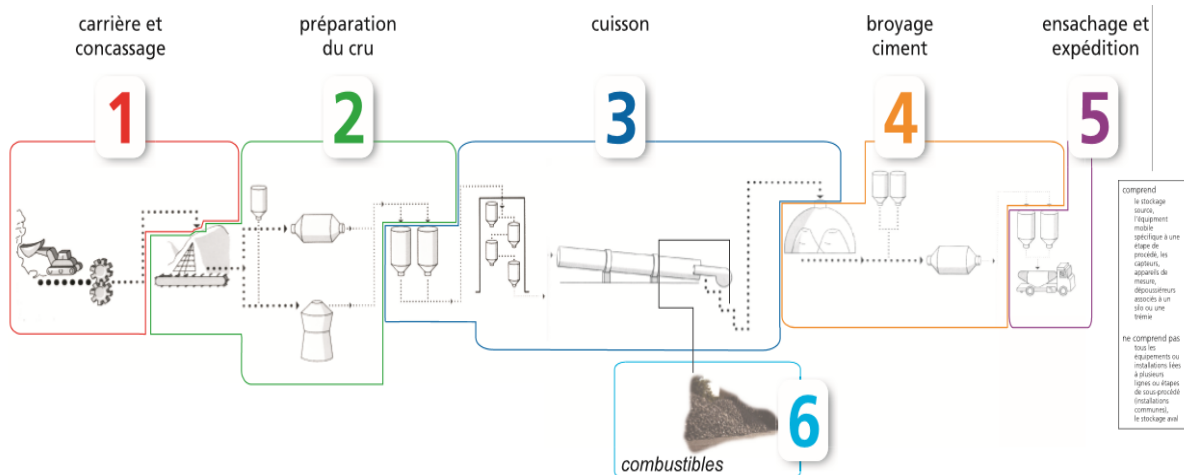


Figure I.5: Etapes de fabrication du ciment.

a) Extraction des matières premières et concassage :

L'extraction des matières premières pour ciment se fait généralement à ciel ouvert. Les matières premières sont concassées.

Le concassage est une opération destinée à la réduction des blocs de matières qui sont obtenus pendant l'extraction. Ils se concassent à des petits morceaux à la sortie.

Après concassage, les matières sont transportées à l'usine par des tapis roulants ou dans un dumper, elles sont stockées dans des halls [1].



Figure I.6: Zone concassage.

### b) Préparation, broyage du cru et homogénéisation :

Ces éléments quittent leurs halls de stockage à l'aide des gratteurs portiques, ces derniers grattent la matière en se déplaçant en translation de tas en tas, puis l'envoi à travers des bandes transporteuses vers leurs trémies correspondantes là où la matière est versée suivant un système automatique de dosage (régulation de charge et/ou de vitesse). Pour produire du ciment d'une qualité constante, les matières premières doivent être très soigneusement échantillonnées, dosées et mélangées de façon à obtenir une composition parfaitement régulière dans le temps. Sa qualité peut varier d'une cimenterie à une autre en fonction de la qualité du gisement exploité, la composition du cru reste dans des proportions bien définies :

- Carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) : de 77 à 83 %
- Silice ( $\text{SiO}_2$ ) : de 13 à 14%
- Alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) : de 2 à 4%
- Oxyde ferrique ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) : de 1,5 à 3 %

Avant la pré homogénéisation, on ajoute aussi du calcaire HT et le minerai de fer, le mélange se verse par les doseurs sur un tapis. Le principe de l'APS est la diminution du taux d'humidité des matières, surtout celui du calcaire et de l'argile de 10% jusqu'à 7% ainsi que le pré broyage, cet atelier est essentiel dans la zone cru.

Pour favoriser les réactions chimiques ultérieures, les matières premières doivent être séchées et broyées très finement (quelques microns) dans des broyeurs à meules verticaux qui permettent un séchage plus efficace.

La farine est stockée et homogénéisée dans 2 silos du type chambre de mélange [1].

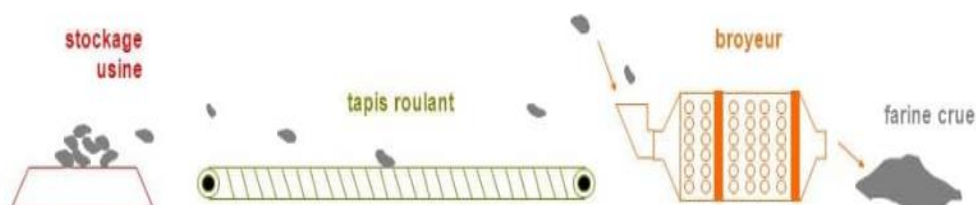


Figure I.7: Zone Cru.

### c) Alimentation four et Cuisson :

La farine sous forme pulvérulente venant de l'homogénéisation par aéroglissières et élévateur jusqu'à une trémie peseuse. Sous cette trémie, sont installés 3 ensembles de

dosage par goulottes peseuses et élévateurs pneumatiques (dont 1 secours) pour alimenter un échangeur à 4 étages, composé de cyclones et des gaines.

La zone cuisson est constituée de trois équipements : Un préchauffeur, un four rotatif et un refroidisseur [1].

- Le préchauffage de la farine s'effectue par l'échange calorifique entre la matière crue et les gaz chauds, dans une tour de quatre étages avant de pénétrer le four. Les gaines et les cyclones, sont traversés de haut en bas par le mélange cru et de bas en haut par les gaz chauds venant du four rotatif, ces gaz chauds cèdent leurs chaleurs aux matières pulvérulentes déjà séchées, ce transfert de chaleur permet une déshydratation et une décarbonatation de 30% de la matière avant la pénétration du four à une température de 840°C, au niveau de l'amont du four.
- Le four est un cylindre de 84 m de longueur et de 5.6 m de diamètre, il a un degré d'inclinaison de 3% par rapport à l'horizontal, et trois bondages qui reposent sur des galets. A l'intérieur du four, la matière préchauffée passe par des étages de cuisson. Au début la farine entre à une température de 1200°C jusqu'à 1300°C permettant sa décarbonatation, ensuite l'étape de clinkérisation au milieu du four à une température de 1450°C.
- Le clinker sortant du four à une température de 1450°C et tombe sur les grilles où il est refroidit par une batterie de ventilateurs de soufflage dans les chambres de la partie basse du refroidisseur qui ramène cette température à 60°C.

Le clinker avance avec le mouvement de va et vient des grilles. Chaque grille est commandée par deux vérins tandis que l'air passe à travers la couche de clinker et s'échauffe. La partie la plus chaude est aspirée par le four et sert d'air secondaire. L'excès d'air est aspiré à l'Exhaure du refroidisseur. A l'extrémité des grilles, le clinker est concassé par un concasseur à rouleaux, de manière à avoir une granulométrie convenable pour être transporté, stocké dans des silos et introduit dans le broyeur à ciment.

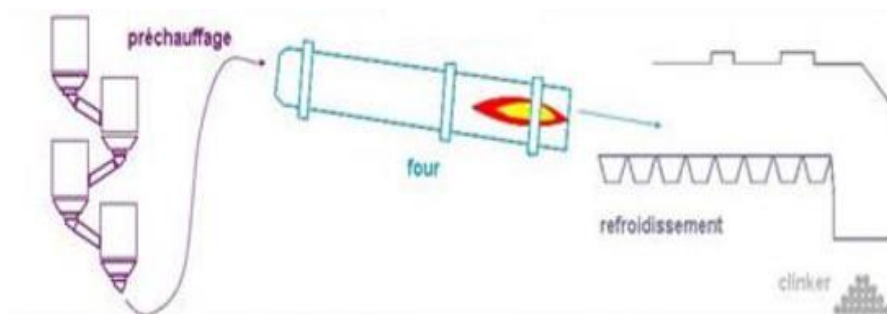


Figure I.8: Zone Cuisson.

#### d) Broyage ciment :

Cet atelier est composé de deux lignes identiques **BK5** et **BK6** où le clinker doit être à son tour broyé très finement. Ce broyage s'effectue dans des broyeurs à boulets. Les corps



broyant sont constitués de boulets d'acier qui, par choc, font éclater les grains de clinker et amènent progressivement le ciment à l'état de fine farine, ne comportant que très peu de grains supérieurs à 40 microns. A la sortie du broyeur, un cyclone sépare les éléments suffisamment fins des autres qui sont renvoyés à l'entrée du broyeur.

C'est également lors du broyage que l'on ajoute au clinker le gypse (3 à 5%) indispensable à la régulation de prise du ciment et la pouzzolane pour réduire la consommation du clinker afin d'obtenir un ciment plus économique [1].

Le produit fini (ciment), sera acheminé par l'aéroglossière principale vers les silos de stockages d'expédition.

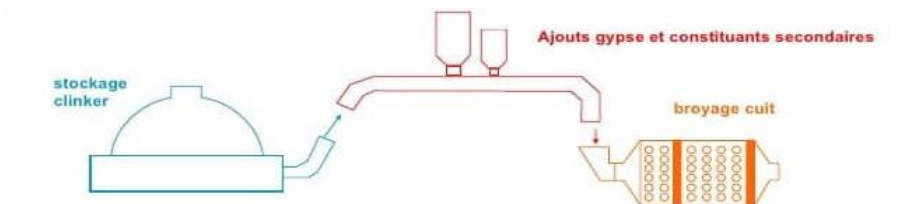


Figure I.9: Zone Ciment.

#### e) Expéditions :

Après le broyage, le ciment extrait des Silos de stockages passe vers l'étape suivante qui est l'expédition. Il est vendu soit dans des sacs en papier de 50Kg (30% de production) par des ensacheuses, soit en vrac (70%) où Le remplissage se fait par un flexible, branché au fond d'une trémie, et qui est dirigé par l'opérateur pour le mettre à l'intérieur de la bouche de la cocotte des camions pour les remplir [1].

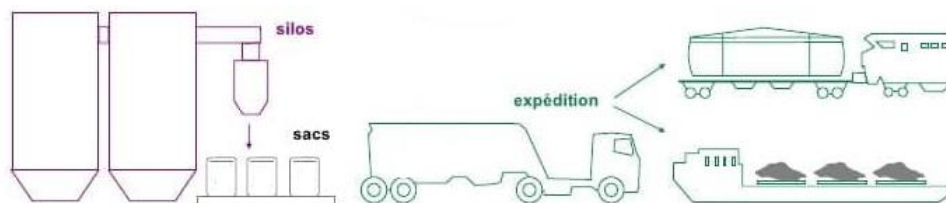


Figure I.10: Stockage et expédition

#### 7- Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons décrit le processus de fabrication du ciment après l'avoir divisé en cinq zones principales et cela nous a permis de mieux cerner la zone qui est l'objectif de notre projet.

Dans le prochain chapitre nous allons présenter le processus technologique de l'atelier Cuisson et son analyse fonctionnelle, toute en identifiant l'instrumentation utilisée dans ce système.

---

# Chapitre II

Processus technologique et analyse  
fonctionnelle de l'atelier cuisson

---

## 1- Introduction :

Dans le présent chapitre nous allons présenter l'atelier cuisson de la cimenterie sujet de notre étude puis nous allons détailler l'ensemble des équipements qui le constituent ainsi que, leurs rôles et leurs spécificités.

Ce chapitre consiste à étudier le système et de faire l'analyse de son fonctionnement afin de développer des algorithmes de commande et régulation adéquats qui répondent à nos exigences et besoins.

## 2- Description du processus de la zone cuisson :

Cette zone est constituée essentiellement d'un four et d'un refroidisseur, mais avant que la farine n'arrive à l'entrée du four, elle passe par la tour de préchauffage, cette tour a été conçu dans le but de diminuer le taux de l'humidité et de la pré-décarbonatation de la farine.

### 2.1- La tour de préchauffage :

L'échangeur de chaleur est constitué de plusieurs étages (05 étages dans notre cas d'étude) de cyclones ayant pour rôle essentiel, le dépoussiérage des gaz après qu'ils aient transmis une partie de leurs calories à la poussière lors d'un bref séjour dans la gaine reliant un étage à un autre. Notons que 80% de l'échange thermique a lieu dans la gaine de gaz et 20% dans le cyclone, où il y a séparation du gaz et de la matière.

Les gaz dépoussiérés quittent le cyclone par la gaine pour reprendre à nouveau la matière plus froide de l'étage du dessus. La farine quittant le cyclone par la descente matière se retrouve finalement dans le four.

Les descentes matières sont connectées dans la partie la plus basse de la gaine gaz et cela afin de garantir un temps de séjour maximum de la farine pour assurer son préchauffage et ultérieurement sa décarbonatation partielle (35 à 40 % de taux de décarbonatation).

Notons que le préchauffage dans la tour se fait à courant parallèle, c.à.d. les gaz parcourent l'édifice de bas en haut alors que la matière le parcourt en sens inverse [2].

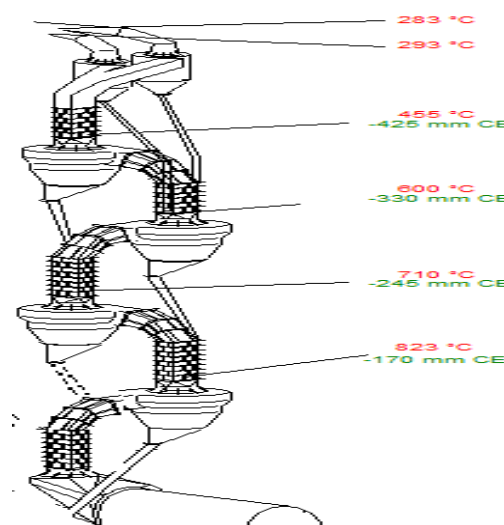


Figure II.1 : La tour de préchauffage

Une décarbonatation plus complète peut être obtenue par l'ajout d'un foyer complémentaire situé dans le cyclone inférieur « **Pré-Calcinat** ». La poudre est ainsi portée à une température comprise entre 800 °C et 1000 [2].

## 2.2- Four rotatif :

Que le four soit raccordé à un préchauffeur avec ou sans Pré-Calcinat, il est quand même divisé en plusieurs zones plus ou moins longues, en rapport directe avec le procédé et assurant le reste de la décarbonatation puis la cuisson du cru en clinker.

### 2.2.1-Alimentation four :

La farine est extraite des silos de stockage ou homogénéisation par équipement composé de : vanne à casque (tout ou rien) ou Aéroglisseur + souffleur d'air.

A travers cet équipement, la farine sera acheminée vers la trémie peseuse pour être transportée, à l'aide d'un élévateur vers la tour de préchauffage où elle subit des transformations physico-chimiques.

Au travers des cyclones le tirage des fumées réalisés par les ventilateurs, ces derniers extraient les gaz chauds du four.

La farine passe dans les cyclones à étages puis par la boîte à fumée pour gagner en calorie par l'élévation de la température progressivement, pour être prête aux réactions du « Clinkerisation » dans le four.

Les gaz tirés par le ventilateur « IDFAN » en passant par un filtre à manche afin de filtrer les gaz poussiéreux.

### 2.2.2-Four :

Le four est un cylindre de 63 m de longueur et de 4.4 m de diamètre, il a un degré d'inclinaison de 3% par rapport à l'horizontal avec une vitesse de rotation de 3.5 tr/mn, à environ 20 minutes et trois bondages d'appui qui reposent sur des galets.

Le four est entraîné en rotation par un moteur et réducteur, agissant sur un pignon engrainé avec la couronne d'entraînement [2].

Avec un système hydraulique de graissage qui assure le bon fonctionnement mécanique, et une pompe butée afin de bien positionner le four.

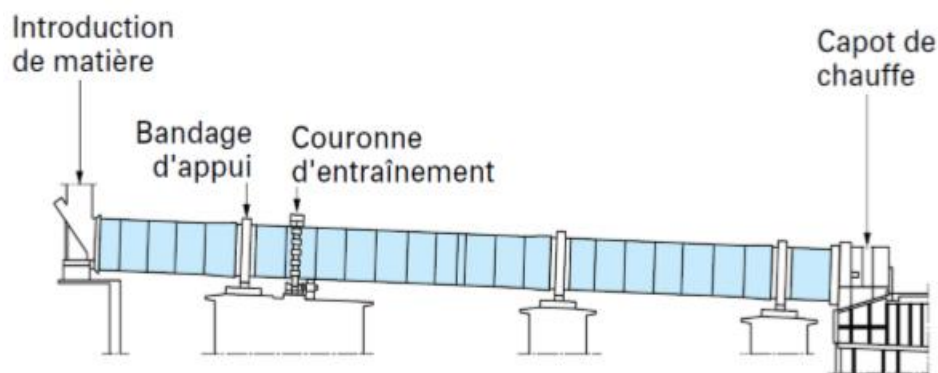


Figure II.2 : Four rotatif

La cuisson se produit dans le four, ce dernier est constitué de quatre zones ; la zone de décarbonatation (à 900°C), la zone de transition, la zone de cuisson (à 1450°C) qui

représente l'étape de « clinkérisation » au milieu du four, et il vient par la suite à la sortie du four la zone de refroidissement (à 1200°C) [2].

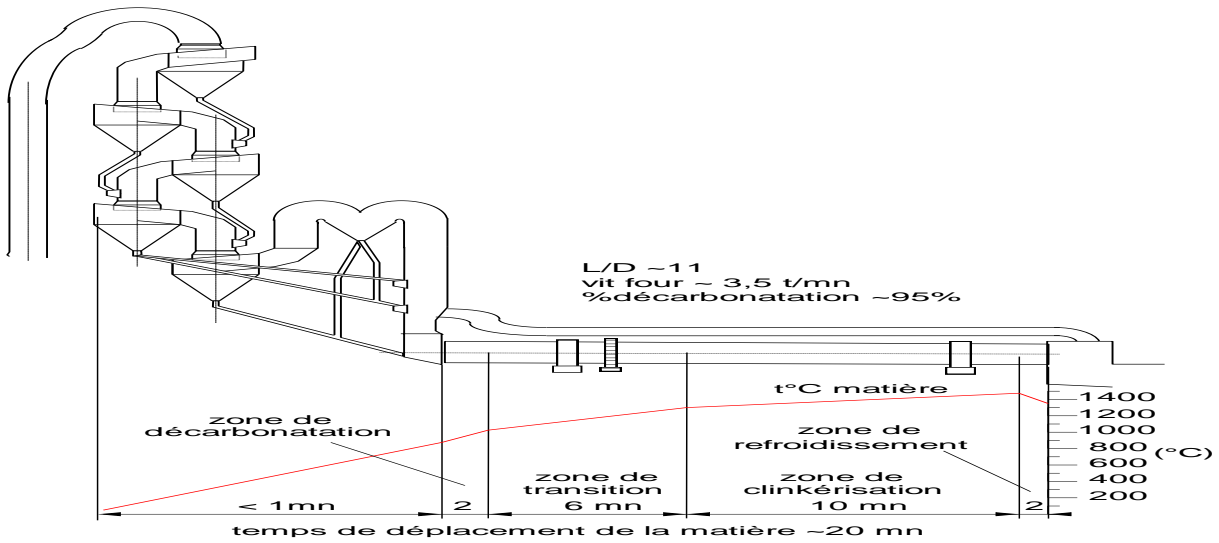


Figure II.3 : Les étapes de la cuisson

**2.2.3-Brûleur :**

La tuyère a pour but d'injecter le combustible dans le four, d'assurer au mieux son mélange avec l'air secondaire et de définir la forme de la flamme.

Le brûleur à une importance capitale dans le déroulement de la combustion. Il permet en effet de produire une flamme constamment stable pour tous les débits, ce qui a pour conséquence un croûtage stable et par la même, une protection du réfractaire [2].



Figure II.4 : Combustible Gaz

**2.2.4-Les joints du four :**

En amont, la liaison entre le four et le préchauffeur, est réalisée par le biais de la boîte à fumée qui est une gaine en chaudronnerie, revêtue intérieurement de matériaux réfractaires.

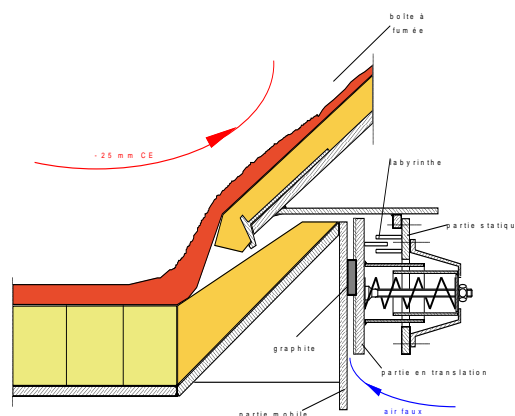


Figure II.5 : La boîte à fumée (joint amont)

En aval, il est relié avec le refroidisseur par le capot de chauffe, réalisé aussi en chaudronnerie, il est revêtu intérieurement de matériaux réfractaires.

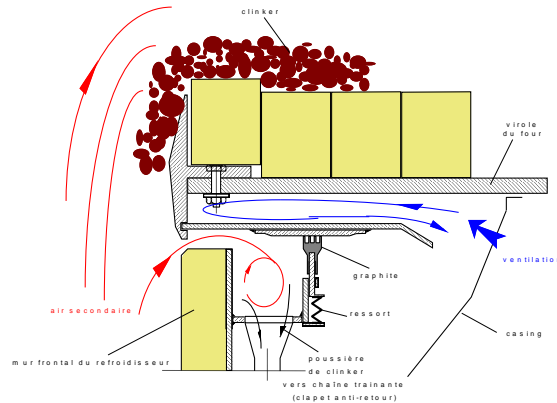


Figure II.6 : Le capot de chauffe (joint aval)

Dans le capot de chauffe, le clinker est déversé du four rotatif au refroidisseur de clinker. Simultanément, les gaz de processus sont dirigés du refroidisseur au four rotatif par le capot de chauffe. Les conduites d'air tertiaire sont principalement raccordées au capot de chauffe.

Le rôle principal des joints du four est d'assurer l'étanchéité du four face à l'entrée d'air faux, qui peut entraîner des problèmes de qualité de la matière à cuir [2].

### 2.3- Refroidisseur :

Le clinker sortant du four à une température de 1450°C et tombe sur les grilles où il est refroidit par une batterie de ventilateurs de soufflage dans les chambres de la partie basse du refroidisseur qui ramène cette température à 60°C.

Le clinker avance avec le mouvement de va et vient des grilles. Chaque grille est commandée par deux vérins tandis que l'air passe à travers.

L'air passe à travers la couche de clinker et s'échauffe. La partie la plus chaude est aspirée par le four et sert d'air secondaire. L'excès d'air est aspiré à l'Exhaure du refroidisseur.

A l'extrémité des grilles, le clinker est concassé par un concasseur à rouleaux, de manière à avoir une granulométrie convenable pour être transporté, stocké dans les silos de clinker et introduit dans le broyeur à ciment.



Figure II.7 : Vue technique refroidisseur

### 2.3.1-Filtre à manche :

Les filtres à manches sont des collecteurs de poussières à air pulsé les plus utilisés pour l'extraction des particules sèches de l'air du processus et de ventilation générale.

La tendance aujourd'hui est à l'utilisation des manches verticales plutôt longues (> 5 m), avec un décolmatage par air pulsé, une captation des poussières côté externe et des gaz qui circulent de bas en haut.

L'instrumentation nécessaire à une bonne conduite des filtres consiste d'abord en un capteur de pression différentielle, un capteur de température qui pourra servir à déclencher un by-pass d'urgence et, éventuellement, un analyseur de CO dans la trémie pour prévenir tout risque d'incendie.

### 2.3.2-Ventilateur d'Exhaure :

L'air exhaure tiré par le ventilateur d'Exhaure, sorti du refroidisseur passe par un échangeur en diminuant sa température et un filtre pour séparer la poussière ascendante et le gaz, les éléments major qui réalisent cette opération sont les ventilateurs d'exhaure permettant:

- De régler le débit d'air exhaure à l'aide des registres d'entrée des ventilateurs de soufflages.
- D'assurer la régulation entre pression capot de chauffe (joint aval) pour une valeur de **-3 mbar** et le % d'ouverture des registres qui permettent de régler le débit de ce ventilateur en fonction de la température de sortis en laissant sa vitesse constante.

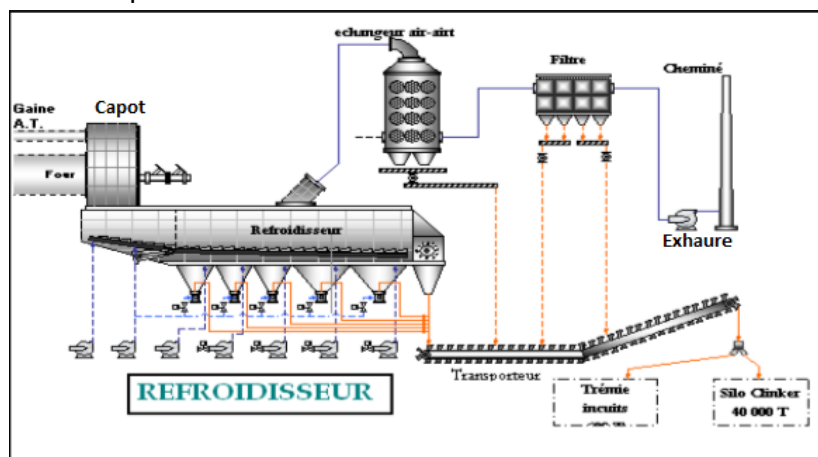


Figure II.8 : Refroidisseur

### 3- Description du circuit des gaz chauds dans l'atelier de cuisson :

Le procédé de fabrication repose sur la voie sèche qui est la plus rentable et plus optimale au niveau énergétique. Ce procédé a permis d'atteindre les avantages suivants :

- Récupération optimale de la chaleur.
- Faible consommation thermique.

La récupération de l'énergie thermique (gazs chauds) libérée par le clinker sortant du four tournant se fait grâce au refroidisseur à grilles jouant le rôle d'un échangeur de chaleur, qui fonctionne selon le principe du courant transversal, c'est-à-dire que la matière traverse horizontalement le refroidisseur tandis que l'air est soufflé verticalement.

Des ventilateurs de soufflage fournissent l'air de refroidissement nécessaire à l'obtention de la température finale désirée, chaque chambre est soufflée de l'air frais de l'extérieur par son ventilateur [5].

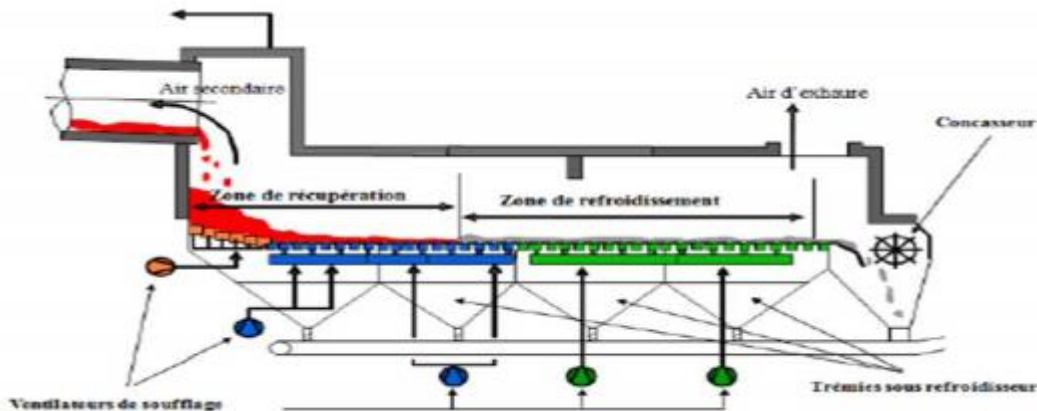


Figure II.9 : Les zones d'un refroidisseur

Ce schéma de refroidisseur présente deux zones :

- La zone de refroidissement : assure le refroidissement optimale du clinker et aussi réduire l'impact chaleur sur les processus suivants (transport de clinker et broyage de ciment).
- La zone de récupération : Permet la récupération des calories pour minimiser la consommation thermique et obtenir la température d'air de combustion, qui doivent être recyclées au four grâce aux petites chambres de soufflages.

Le refroidissement brusque du clinker sortant du four de cuisson permet le réchauffement de l'air ambiant de soufflage qui va se diviser selon divers processus :

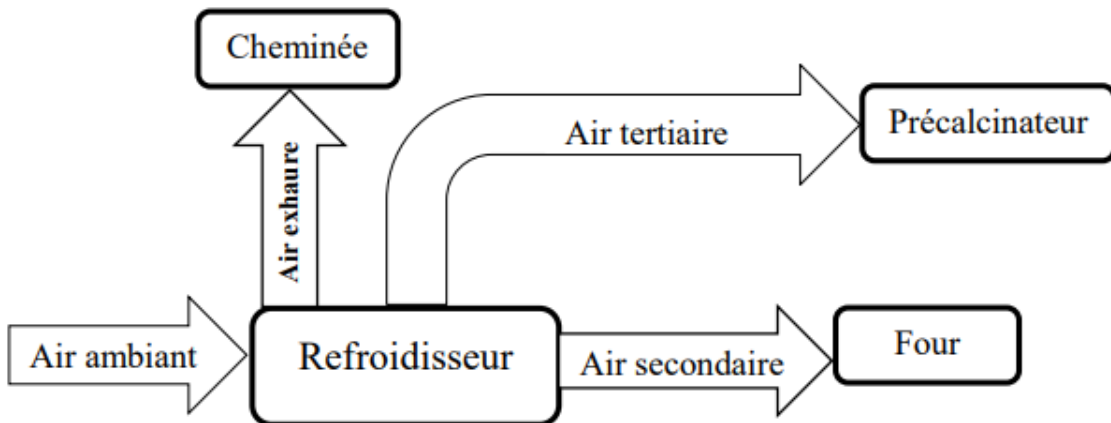


Figure II.10 : Les gaz chauds

**a) L'air secondaire :**

L'air récupéré dans la première partie de la grille sert comme air secondaire de combustion pour le four. Il pénètre par la zone du capot de chauffe.

Le mélange de l'air secondaire et l'air primaire permettant une combustion immédiate du combustible gaz. La flamme résultante se trouve à l'extrémité plus basse du four, ainsi que la matière est introduite à l'autre extrémité, et avance lentement sous l'effet de la rotation et l'inclinaison de ce dernier.





Figure II.11 : Circulation des gaz dans le four

Au fur et à mesure de l'avancement de la matière, des réactions chimiques (décarbonatation et clinkérisation) se produisent à haute température s'accompagnant par une libération des gaz pour qu'ils traversent par la suite le four à contre-courant avec la matière, afin de s'évacuer au niveau de pré-calcinateur.

**b) L'air tertiaire :**

C'est l'air provenant de la deuxième partie de la grille, en traversant une conduite vers le pré-calcinateur qui représente le bruleur secondaire, conçus pour mélanger le combustible et l'air tertiaire ainsi que les gaz chauds ascendant du four.

La température des gaz à ce point (pré-calcinateur) est élevée varie entre 800 à 1000°C, favorisant la calcination et la décarbonatation partielle de la matière.

**c) L'air exhaure :**

C'est l'air qui est en excès et qui n'a plus d'utilisation, il sera acheminé vers l'échangeur air/air qui assure son refroidissement, afin de diminuer sa température de 200°C à 100°C.

Donc il est refroidi, puis évacué dans l'atmosphère par la cheminée après un dépoussiérage dans un filtre à manches.

Le mode de cette circulation des gaz s'appelle le **mode direct**, il existe un autre qui est le **mode composé** dans lequel ils sont transportés vers le broyeur vertical (zone cru) passant par le four et la tour de préchauffage qui servent à sécher la farine cru au niveau du broyeur. Dans le mode composé, les gaz circulent par le même parcours du mode direct, mais la seule différence est que les gaz traversent avant sa filtration le broyeur cru parce qu'il est en marche.

**3.1- L'influence de l'air exhaure (excès d'air) sur la température de la flamme :**

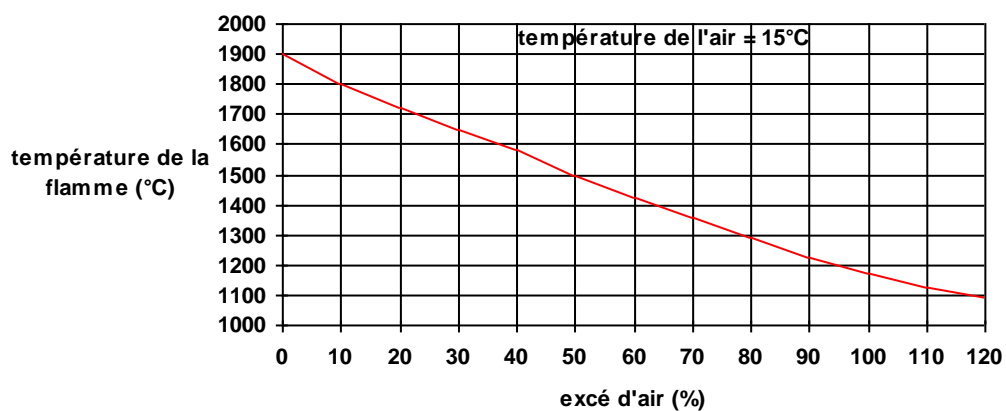


Figure II.12 : L'influence de l'air exhaure sur la flamme

A partir de cette courbe, nous constatons que chaque fois que l'air augmente de 10% la température chute de 100°C pour les hautes températures.

Ceci implique que des consignes de tirage excessif des ventilateurs de soufflage, en provoquant une augmentation de l'excès d'air abaisse assez fortement la flamme pour que le four se retrouve à la limite des possibilités de la cuisson et parfois même assez froid pour produire des incuits, et qu'alors, par simple diminution du tirage (ventilateur Exhaure), le four se réchauffe.

Notons aussi que la température de la flamme augmente avec l'augmentation de la température de l'air secondaire. Qu'à ce niveau aussi, pour une faible couche de clinker dans le refroidisseur, la température de l'air secondaire chute et fait chuter la température de la flamme d'où parfois un refroidissement du four.

### 3.2- L'influence de l'air exhaure (excès d'air) sur le capôt de chauffe :

Dans la courbe ci-après est représentée la chaleur contenue dans l'air secondaire en fonction de la température :

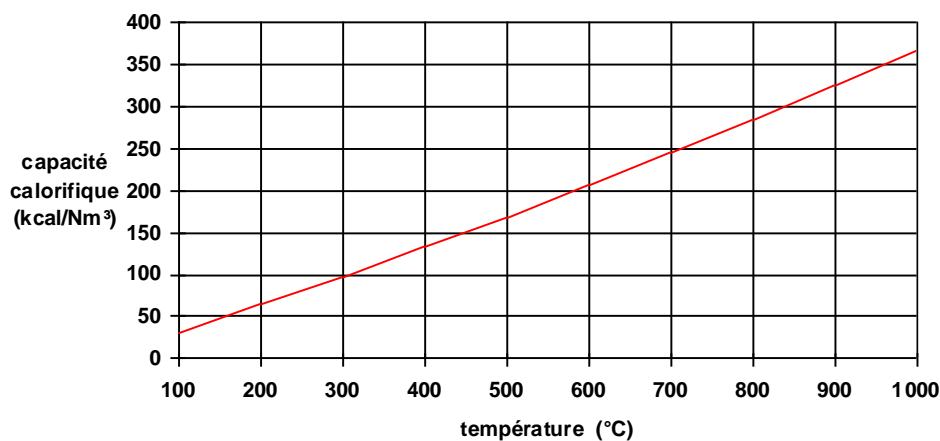


Figure II.13 : L'influence de l'air exhaure sur le capôt de chauffe

L'excès d'air augmente la température de l'air secondaire par accumulation de la chaleur, donc cette dernière va augmenter la capacité calorifique qui provoque la mise en pression du capôt de chauffe du four qui peut entraîner une explosion.

## 4- Instrumentations de l'atelier cuisson :

### 4.1- Les capteurs :

Ce sont les constituants de l'automatisme. Dans une ligne de production automatisée, les capteurs forment le lien entre la machine et le monde extérieur. Ils transmettent au système de traitement de l'information les conditions de fonctionnement d'une machine. Les capteurs sont donc des éléments indispensables à tout projet d'automatisation d'où leur nombre important dans diverses applications.

Les capteurs sont les premiers éléments rencontrés dans une chaîne de mesures, Ils transforment les grandeurs physiques ou chimiques d'un processus ou une installation en signaux électriques.

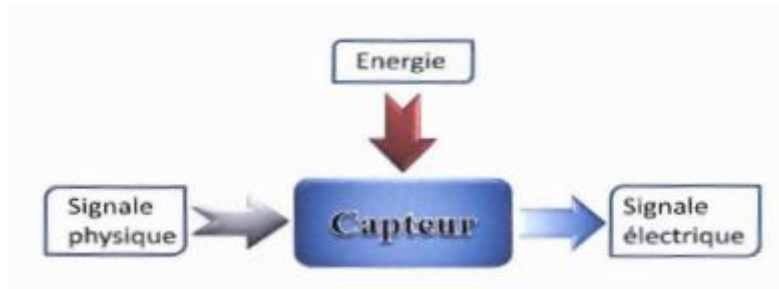


Figure II.14 : Fonctionnement du capteur

Le capteur est le composant qui permet d'informer la partie commande d'un état de la partie opérative ou du milieu extérieur.

La grande diversité des informations à mesurer fait que la grandeur de sortie du capteur peut varier :

- De manière binaire (vraie ou fausse), l'information est sous la forme Tout ou Rien (TOR).
- De manière progressive, l'information est sous une forme analogique.

**4.1.1-Les capteurs TOR :**

Ces capteurs génèrent une information électrique de type binaire (vraie ou fausse) qui caractérise le phénomène à détecter ou capter.

Les détecteurs délivrent donc un signal binaire (deux états possibles : 0 ou 1) à la partie commande.

L'atelier cuisson contient les capteurs de type TOR suivants :

**4.1.1.1- Détecteurs inductifs :**

S'utilise pour détecter une position ou une rotation dans notre cas d'étude. Les détecteurs inductifs utilisent l'effet physique du changement d'état d'un circuit résonnant dû aux pertes de courant de Foucault dans des pièces conductrices. Un circuit oscillant génère un champ alternatif de haute fréquence qui se dégage de la face active du détecteur. Lorsqu'une pièce conductrice pénètre dans ce champ, les courants de Foucault sont formés selon la loi relative à l'induction et enlèvent de l'énergie au circuit oscillant. De ce fait, l'amplitude d'oscillation est réduite. Ce changement est converti en un signal de commutation. Par ce principe, tous les matériaux métalliques peuvent être détectés qu'ils soient en mouvement ou non [9].

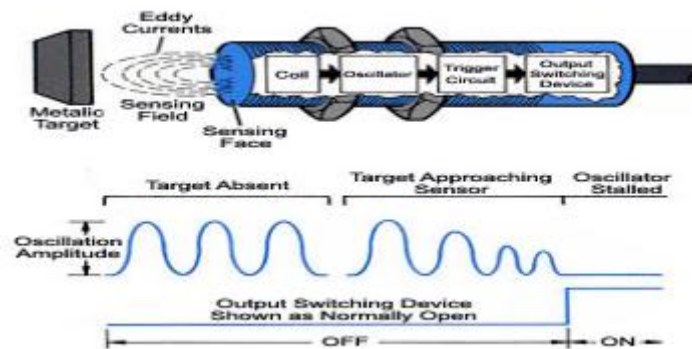


Figure II.15 : Capteur inductif

Dans notre processus le capteur de proximité inductif est un contrôleur de rotation :



Figure II.16 : Contrôleur de rotation

#### 4.1.1.2- Détecteurs à membrane :

S'utilise pour détecter un bourrage de matière en sortie de vis, pied d'élévateur à godets, jetée d'aéroglossière, goulotte ... par simple pression de la matière sur la membrane. Les détecteurs de niveau et de bourrage sont des instruments simples et économiques pour le contrôle des niveaux de produit par mise en marche ou arrêt des systèmes d'alimentation. Ils sont constitués d'un boîtier en aluminium fondu, muni d'une membrane flexible en acier ou en néoprène. Ils sont utilisés dans le contrôle des niveaux minimum et maximum de produit en vrac, poussiéreux, granuleux ou poudreux.

Le fonctionnement du contrôleur est très fiable, à condition que, lors du remplissage, les produits se répartissent sur la surface et que l'angle à la base du cône soit suffisamment grand pour que la pression exercée sur la membrane permette le basculement du contact [9].



Figure II.17 : Capteur à membrane

#### 4.1.1.3- Détecteurs de niveau :

La technologie de l'arrêt de remplissage de silos par détecteurs de niveau à fonctionnement mécanique constitue un système très simple, fiable et particulièrement économique pour la détection de niveau de multiples solides et pulvérulents.

Il suffit de suspendre le détecteur de niveau en position verticale pour obtenir le contact lorsque la poussée des grains provoque sur l'appareil une inclinaison d'environ  $10^\circ$  par rapport à la verticale. L'appareil retrouve sa position verticale lors de la disparition des produits [9].



Figure II.18 : Capteur de niveau

#### 4.1.1.4- Les fins de courses :

Les fins de course mécaniques sont les capteurs de position les plus simples, ils permettent de contrôler la position d'un élément de machine.

C'est un commutateur, commandé par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). Lorsque le corps d'épreuve est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique solidaire du corps d'épreuve. De nombreux modèles peuvent être associés au corps: tête à mouvement rectiligne, angulaire ou multi direction associée à différents dispositifs d'attaque (à poussoir, à levier ....etc.) [9].

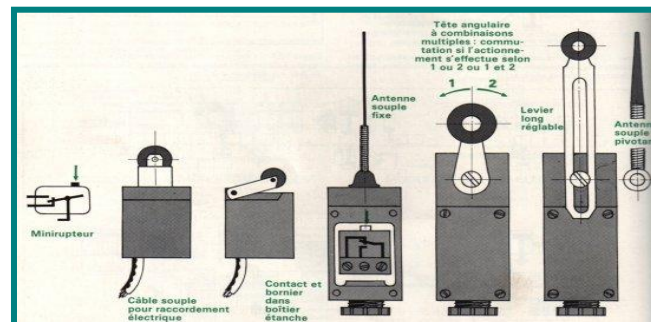


Figure II.19 : Les fins de courses

#### 4.1.2- Les capteurs analogiques :

La grandeur électrique délivrée par ce type de capteur est en relation directe avec la grandeur physique à capter. Ces grandeurs peuvent avoir plusieurs valeurs comprises entre deux bornes (supérieures et inférieures).

Les capteurs analogiques existant dans notre processus sont présentés ci-dessous.

##### 4.1.2.1- La sonde platine PT100 :

La sonde Pt 100 est un capteur de température qui est utilisée dans le domaine industriel pour mesurer la température.

Ce capteur est constitué d'une résistance en Platine (Pt). La valeur initiale du Pt100 est de 100 ohms correspondant à une température de 0°C. La pt100 fait (100 ohms à 0°C), (119,4 ohms à 50°C), (138,5 ohms à 100°C) et ainsi de suite. Ce n'est pas parfaitement linéaire, mais à chaque température sa résistance avec une plage qui varie entre -200°C à 1000°C [9].



Figure II.20 : Capteur de température PT100

#### 4.1.2.2- Transmetteur de pression :

Un capteur de pression est un système qui permet de convertir une pression mécanique en une valeur électrique.

Un fluide va agir sur une membrane qui va se déformer, cette déformation est ensuite mesurée par un élément sensible comme une jauge de déformation (montage en pont complet), un élément piézo-électrique ou autre.

Cette valeur peut être lue directement (exemple capteur en mV/V) ou plus généralement, conditionnée par une électronique interne. Le signal est alors exploitable en tension (0-10 Vcc) ou courant (4-20 mA). Il existe également des capteurs à sortie numérique. L'unité de la pression est le Pascal (Pa) suivant le système International, 100 000 Pa = 1 bar [9].



Figure II.21 : Transmetteur de pression

#### 4.1.2.3- Débitmètre :

Un débitmètre est un appareil conçu pour mesurer le débit d'un fluide (liquide ou gazeux). Les débitmètres massiques et volumétriques utilisent le principe de la pression différentielle dans un champ de flux laminaire pour déterminer le débit massique.

Ils expriment un volume par rapport à une unité de temps : Nm<sup>3</sup>/h. Ce débit est dépendant des conditions de température et de pression (un gaz pouvant se dilater ou se compresser en fonction des paramètres de température et de pression) [9].



Figure II.22 : Débitmètre

#### 4.1.2.4- Capteur de pesage :

Un capteur de pesage est un système qui convertit une charge ou un effort en signal électrique (Pont de Wheatstone). Précaution doit être prise de ne pas exposer le capteur de pesage à une charge dépassant sa capacité. La gamme du capteur de pesage en compression sélectionnée doit être appropriée à la charge maximale (incluant les forces transitoires) qui peut lui être appliquée [9].



Figure II.23 : Jauge de contrainte de pesage

#### 4.1.2.5- Capteur de niveau (Silopilot) :

Le Silopilot est un palpeur électromécanique. En fonction du contrepois, le niveau peut être mesuré dans des trémies, des silos de solides pulvérulents, à faible ou à forte granulométrie.

Il mesure le niveau du solide dans une plage, plutôt qu'à un seul point, ce qui produit une sortie analogique qui est directement corrélée au niveau du silo. Pour créer un système de gestion de niveau, le signal de sortie est relié à une boucle de commande de procédé et à un indicateur visuel [9].



Figure II.24 : Silopilot

#### 4.1.2.6- Le positionneur :

Le positionneur est intéressant lorsqu'une vanne est rarement utilisée. Ce dispositif est utilisé pour vérifier la disponibilité de la vanne motorisée de manière régulière.

Le positionneur consiste à réaliser un très court déplacement. La position de départ ainsi que l'amplitude du positionneur sont programmables. La commande peut être soit manuelle soit transmise par le bus de terrain [9].





Figure II.25 : Positionneur

#### 4.2- Les actionneurs:

Un actionneur est un organe de commande qui permet de changer l'état d'un paramètre agissant directement sur le procédé. Il peut être à commande électrique, pneumatique ou hydraulique.

Les différents actionneurs utilisés dans notre atelier sont les suivants :

##### 4.2.1- Moteur asynchrone triphasé :

C'est un moteur qui se caractérise par le fait qu'il est constitué d'un stator (inducteur) alimenté en courant alternatif et d'un rotor (induit) soit en court-circuit, soit bobiné aboutissant à des bagues dans lesquelles le courant est créé par induction. Ces moteurs ont la particularité de fonctionner grâce à un champ tournant.

On distingue 2 catégories de moteur asynchrones en fonction du type de rotor :

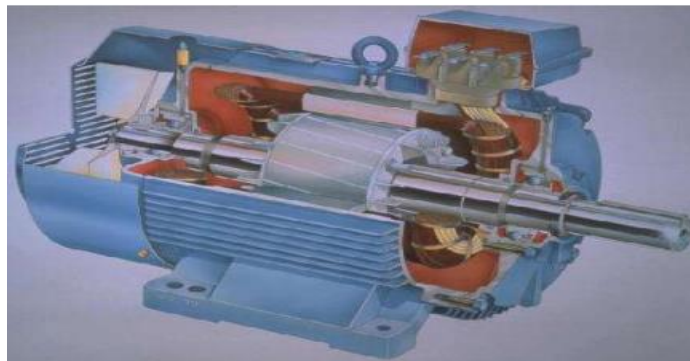


Figure II.26 : Moteur asynchrone triphasé

- Les moteurs asynchrones à rotor en court-circuit, de faible puissance.
- Les moteurs asynchrones à rotor bobiné à bagues dans lesquelles l'enroulement du rotor aboutit à des bagues par l'intermédiaire desquelles on peut insérer des résistances. Ils sont de grande puissance.
- Les moteurs asynchrones peuvent démarrer par leurs propres moyens s'ils sont polyphasés.
- Le couple de démarrage des moteurs asynchrones est faible.

C'est un moteur dont la vitesse est proportionnelle à la fréquence du courant :

$$N = F / P$$

Où : N = fréquence de rotation ; F = fréquence du courant et P = nombre de paires de pôles [9].



#### 4.2.2-Réducteur de vitesse :

Le réducteur de vitesse est un organe mécanique qui permet de transmettre le mouvement de rotation de l'arbre du moteur jusqu'à l'arbre de sortie. La réduction de la vitesse est assurée par la différence des diamètres des roues dentées [9].

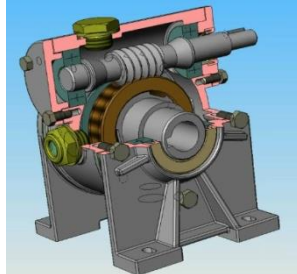


Figure II.27 : Réducteur de vitesse

#### 4.2.3-Variateur de vitesse :

Un variateur de vitesse est un dispositif électronique destiné à commander la vitesse d'un moteur électrique. Il est constitué principalement d'un convertisseur statique et d'une électronique de Commande.

L'électronique de commande réalise la régulation et l'asservissement du ventilateur à travers le convertisseur statique de sorte que l'utilisateur puisse commander directement une vitesse.

Sa conception dépend essentiellement de la stratégie de commande choisie. Dans le cas de notre atelier, on trouve les variateurs de vitesse ABB de type ACS [9].



Figure II.28 : Variateur de vitesse (ABB ACS)

#### 4.2.4- Ventilateur tirage :

Le ventilateur centrifuge est constitué de deux parties principales : une roue à aubes entraînée par un moteur tourne dans un stator épousant la roue, ce stator comporte deux ouvertures, la première alimente la partie centrale de la roue en fluide, lequel pénètre par dépression et est soufflé par effet centrifuge par le deuxième orifice. Ils permettent d'atteindre une pression par accélération de l'air dans des roues à aubes en rotation puis par décélération dans les diffuseurs à large rayon de courbure. Ces ventilateurs permettent une régulation modulée du débit d'air en maintenant une pression constante par simple action d'une vanne en aspiration [9].

#### 4.2.5- Servomoteur :

Un servomoteur est un moteur capable de maintenir une opposition à un effort statique et dont la position est vérifiée en continu et corrigée en fonction de la mesure. C'est donc un système asservi.

Le servomoteur intègre dans un même boîtier, la mécanique (moteur et engrenage), et l'électronique, pour la commande et l'asservissement du moteur. La position est définie avec une limite de débattement d'angle de 180 degrés, mais également disponible en rotation continue. Il est répandu pour les vannes industrielles.



Figure II.29 : Servomoteur

#### 4.2.6- Electrovanne :

Ce sont des dispositifs qui transforment le signal d'entrée en un signal pneumatique de sortie. Elles sont équipées des bobines et des plongeurs qui déplacent le clapet à l'intérieur de la vanne.

La bobine est alimentée, sous l'action de champ magnétique ainsi créée, le noyau plongeur soulève le clapet du côté de la membrane, ce qui permet le passage du fluide [9].



Figure II.30 : Electrovanne

#### 4.2.7- Compresseur :

Le principe de fonctionnement du compresseur est basé sur l'aspiration de l'air de l'atmosphère qui passe par un filtre puis entre dans le bloc à vis basse pression où elle est comprimée et chauffée jusqu'à une température très élevée, et pour refroidir l'air il faut passer par un échangeur intermédiaire, on peut trouver des compresseurs avec un marge de pression à 7 bar pour les airs chocs, et d'autres d'une marge de 2.5 bar pour le système de refroidissement [9].



Figure II.31 : Compresseur d'air

#### 4.3- Les équipements de protection :

##### 4.3.1- Les disjoncteurs :

Un disjoncteur est un interrupteur très perfectionné maintenu fermé par un verrouillage, mais capable de s'ouvrir automatiquement en cas de défaut et de couper les courants de court-circuit, il constitue l'appareil de protection par excellence, permet la protection des machines et des réseaux contre tous les défauts [9].



Figure II.32 : Disjoncteur

##### 4.3.2- Les contacteurs :

L'intérêt du contacteur est de pouvoir être commandé à distance au moyen de contacts, peu encombrants et sensibles, actionnés manuellement ou automatiquement. Le contacteur est un appareil mécanique de connexion ayant une seule position repos, commandé autrement qu'à la main, capable d'établir, y compris les conditions de surcharge en service.



Figure II.33 : Contacteurs

##### 4.3.3- Les relais thermiques :

Les relais thermiques comprennent un bilame qui s'échauffe sous l'effet du courant qui va le parcourir, son rôle est de protéger le circuit de puissance de toute surcharge en coupant

l'alimentation au niveau du contacteur pour éviter la charge ne soit soumise à un échauffement inadmissible.

Les relais thermiques sont toujours équipés d'un contact d'ouverture et d'un contact de fermeture, l'actionnement de ces contacts est effectué par l'intermédiaire d'un mécanisme de que les éléments de commande de la bobine de contacteur, donc de déclencher celui-ci et le contact de fermeture est utilisé pour la commande d'éléments de signalisation



Figure II.34 : Relais thermique

#### 4.3.4- Les sectionneurs :

Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant n'est nul ou pratiquement nul afin d'isoler la partie de l'installation en aval du sectionneur.



Figure II.35 : Sectionneur

#### 4.3.5- SITOP alimentation :

Les SITOP smart monophasées et triphasées sont des alimentations standard performantes et universelles pour la construction de machines et d'installations. En dépit de leur forme compacte, elles présentent un excellent comportement en surcharge et permettent d'avoir:

- Alimentations monophasées, 24 V CC/2,5 A, 5 A, 10 A et 20 A ainsi que 12 V/7A et 14 A.
- Alimentations triphasées, 24 V CC/5 A, 10 A, 20 A et 40 A.
- Tension de sortie réglable pour la compensation des chutes de tension.

Pour alimenter les composants de l'armoire électrique (API, E/S déportée, ...) [9].



Figure II.36 : SITOP Alimentation

#### 4.4- Les auxiliaires de commande :

##### 4.4.1- Les commutateurs à cames :

Ces commutateurs comprennent une série de contacts fixes et autant de contacts mobiles Actionnés par la rotation manuelle d'un arbre à cames. On les utilise pour la commande Manuelle des moteurs (Mode local).



Figure II.37 : Les commutateurs à cames

##### 4.4.2- Les boutons poussoirs :

Les boutons poussoirs sont des commutateurs actionnés par une pression du doigt et qui ouvrent ou ferment deux ou plusieurs contacts. Habituellement, ils ouvrent ou ferment momentanément un circuit.



Figure II.38 : Les boutons poussoirs

##### 4.4.3- Les armoires de commande :

Cet équipement est destiné à la commande et contrôle de l'atelier. Les armoires électriques sont des boîtiers robustes utilisés pour protéger les composants électriques ou électroniques et les appareillages de commutation. Ils protègent ainsi l'alimentation électrique contre l'eau, la poussière et la chaleur, mais aussi contre le vandalisme par des personnes non autorisées.



Figure II.39 : Armoire de commande

### 5- Problématique :

Lorsque le combustible gaz et le refroidisseur sont en marche, l'air secondaire est envoyé vers le four passant par le capot de chauffe (joint aval) afin d'assurer la combustion du gaz, mais quand le refroidisseur est en marche et le ventilateur d'Exhaure est à faible vitesse, l'excès d'air va s'accumuler sous forme des gaz chauds au niveau du capot qui peut engendrer l'arrachement de la flamme.

Dans le cas où le ventilateur d'Exhaure est à grande vitesse, Le four se refroidit à cause de la diminution de la flamme avec possibilité de faire un retour vers le joint aval de cette dernière.

La gestion de la quantité de l'air secondaire est liée avec celui du ventilateur d'Exhaure (Air exhaure).

Ces cas peuvent provoquer beaucoup de dégâts, en citant quelqu'une :

- la mise en pression du capot de chauffe et du refroidisseur qui peuvent entraîner une explosion.
- L'arrêt du combustible gaz.
- Des arrêts fréquents du four qui peuvent avoir de mauvaises conséquences.
- Le retardement de la production.
- L'endommagement des équipements chers.
- L'élévation du cout de la maintenance.

### 6- Solution :

Suite à ce problème-là, il faut faire une boucle de régulation, donc la solution est comme suite :

- Une boucle de régulation fermée pour contrôler la dépression du capot de chauffe via la variation de la vitesse du ventilateur d'Exhaure.

### 7- Analyse fonctionnelle :

Dans cette partie, on va aborder et détailler la chronologie et le fonctionnement de chaque équipement et de chaque séquence.

Le principe de fonctionnement de la zone cuisson est basé sur sept (07) séquences :

- ❖ Séquence 01 : Dépoussiérage Refroidisseur
  - Atelier Echangeur
  - Atelier Exhaure
- ❖ Séquence 02 : Dépoussiérage Tour de préchauffage
- ❖ Séquence 03 : Refroidisseur
  - Atelier Ventilateur de soufflage
  - Atelier Evacuation clinker
- ❖ Séquence 04 : Combustible gaz
- ❖ Séquence 05 : Pré-Calcinateur
- ❖ Séquence 06 : Four
- ❖ Séquence 07 : Alimentation Four



313. HE.FA03.MT03	Moteur ventilateur Echangeur	4	6	
313. HE.FA04.MT02	Moteur ventilateur Echangeur	5	5	
313. HE.FA05.MT05	Moteur ventilateur Echangeur	6	4	
313. HE.FA06.MT06	Moteur ventilateur Echangeur	7	3	
313. HE.FA07.MT07	Moteur ventilateur Echangeur	8	2	
313. HE.FA08.MT08	Moteur ventilateur Echangeur	9	1	

**Tableau II.1 :** La liste des consommateurs atelier échangeur

❖ Capteur (numérique ou analogique) :

➤ Numérique :

Code	True=1	False=0	Remarque
313DG12_CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
313DG12_AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
313DG12_AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
313DG12_MR	Marche local OK	Marche local ALARME	
313HE.FA_CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
313HE.FA_AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
313HE.FA_AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
313HE.FA_MR	Marche local OK	Marche local ALARME	

**Tableau II.2 :** La liste des capteurs logiques atelier échangeur

➤ Analogique :

Code	Description	Eng.units			Alarm limits				Remarque
		Low	High	Unit	LL	L	H	HH	
313HE.FA_YT1	Température entrée Ech	0	280	°C			280	300	
313HE.FA_YP1	Dépression entrée Ech	-8	0	mbar					

**Tableau II.3 :** La liste des capteurs analogiques atelier échangeur

c) Sélection de l'opérateur :

d) Description du mode de fonctionnement :

- Détails de démarrage: Démarrer en tant que séquence de démarrage de la liste de consommateurs.
- Détails de fermeture: Arrêter en tant que séquence d'arrêt de liste de consommateurs.

e) Verrouillage de l'équipement :

Code	CD	ASSERV	SG	SA	Remarque

**Tableau II.4 :** Verrouillage de l'équipement atelier échangeur



7.1.2-Atelier Exhaure :

a) P&ID :

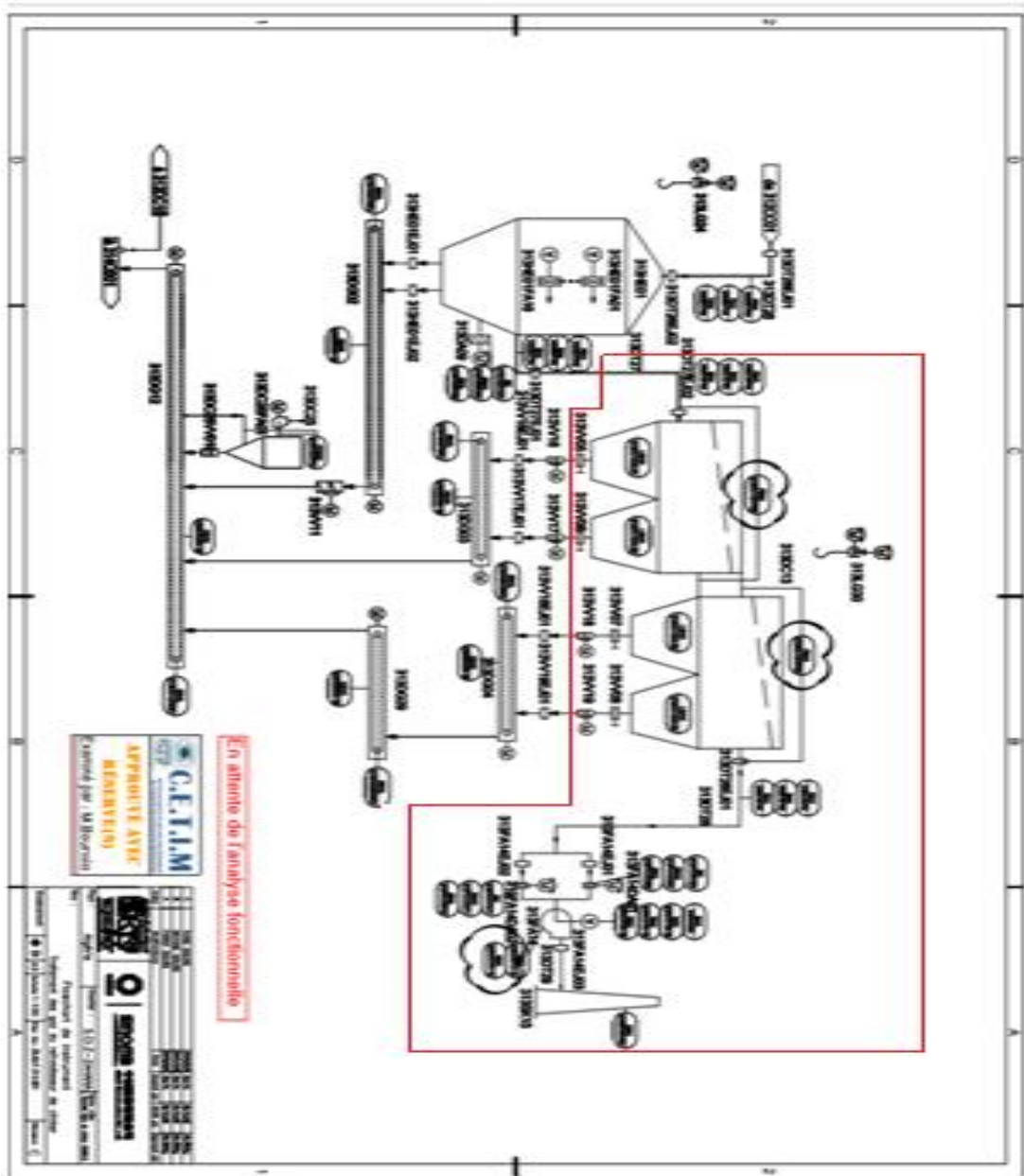


Figure II.41 : P&ID Exhaure

b) Consommateur et instrument :

❖ Consommateur :

Code	Description	Début	Arrêt	Remarque
313. DC13	Armoire Filtre de processus	1	2	
313. FA14.MT01	Moteur ventilateur Exhaure	2	1	

Tableau II.5 : La liste des consommateurs atelier exhaure

❖ Capteur (numérique ou analogique) :

➤ Numérique :

Code	True=1	False=0	Remarque
313FA14_CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
313FA14_AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
313FA14_AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
313FA14_MR	Marche local OK	Marche local ALARME	

**Tableau II.6** : La liste des capteurs logiques atelier exhaure

➤ Analogique :

Code	Description	Eng.units			Alarm limits				Remarque
		Low	High	Unit	LL	L	H	HH	
313FA14_YV1	Vitesse Ventilateur Exhaure	0	1000	t/m			900	950	
313FA14_YF2	Débit Air Ventilateur Exhaure	0	100K	Nm <sup>3</sup> / h					
313FA14_YI1	Intensité Ventilateur Exhaure	0	300	A					
313FA14_YV2	Vibration Ventilateur Exhaure	0	6	mm/s			5	6	
313DC13_YT1	Température entrée Filtre	26.5	140	°C				140	
313DC13_YT2	Température sortie Filtre	27.2	136	°C				136	
313DC13_YP1	Dépression entrée Filtre	-15	0	mbar				-14.7	
313DC13_YP2	Dépression sortie Filtre	-21	0	mbar				-20.2	
313DC13_YP3	Différence de Dépression	0	6	mbar				5.5	ΔP=E-S
313SK15_YX01	Analyseur de CO	0	10	Mg/h <sup>3</sup>			0.5		

**Tableau II.7** : La liste des capteurs analogiques atelier exhaure

**c) Sélection de l'opérateur :**

**d) Description du mode de fonctionnement :**

- Détails de démarrage: Démarrer en tant que séquence de démarrage de la liste de consommateurs.
- Détails de fermeture: Arrêter en tant que séquence d'arrêt de liste de consommateurs.

**e) Verrouillage de l'équipement :**

Code	CD	ASSERV	SG	SA	Remarque
313. HE.FA08.MT08		✓			

**Tableau II.8** : Verrouillage de l'équipement atelier exhaure

7.2- Séquence 02 : Dépoussiérage Tour de préchauffage

a) P&ID :

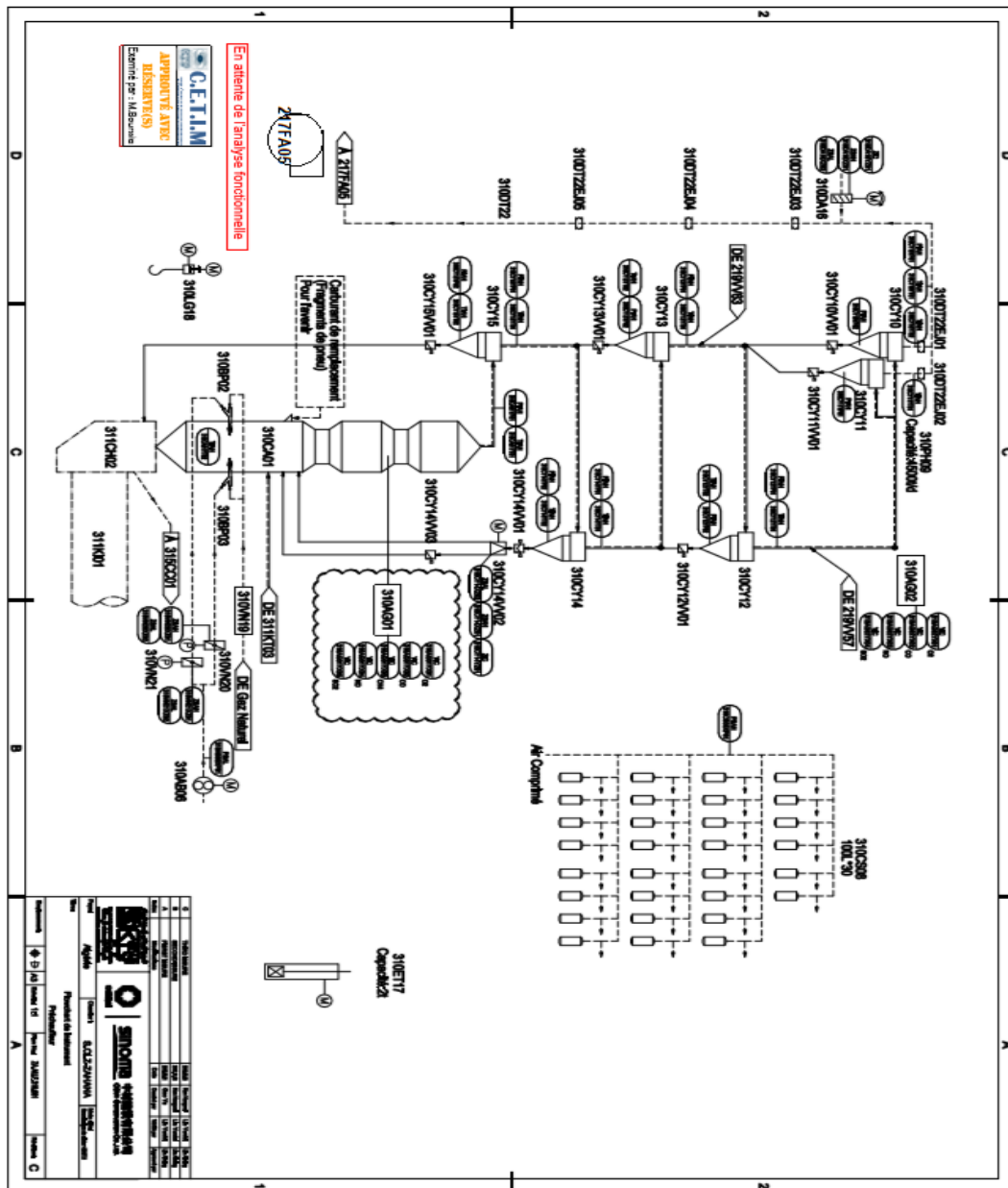


Figure II.42 : P&ID dépoussiérage tour de préchauffage

b) Consommateur et instrument :

❖ Consommateur :

Code	Description	Début	Arrêt	Remarque
217. FA05.MT01	Moteur ventilateur IDFAN	1	1	

Tableau II.9 : La liste des consommateurs dépoussiérage tour de préchauffage

❖ Capteur (numérique ou analogique) :

➤ Numérique :

Code	True=1	False=0	Remarque
217FA05_CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
217FA05_AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
217FA05_AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
217FA05_MR	Marche local OK	Marche local ALARME	

Tableau II.10 : La liste des capteurs logiques dépoussiérage tour de préchauffage

➤ Analogique :

Code	Description	Eng.units			Alarm limits				Remarque
		Low	High	Unit	LL	L	H	HH	
217FA05_YV1	Vitesse Ventilateur IDFAN	0	1000	t/m			900	950	
217FA05_YF2	Débit Air Ventilateur IDFAN	0	100K	Nm <sup>3</sup> /h					
217FA05_YV3	Vibration Ventilateur IDFAN	0	6	mm/s			5	6	
217FA05_YI1	Intensité Ventilateur IDFAN	0	300	A					
310CY11_YT01	Température cyclone 01	0	600	°C			400	520	
310CY11_YP01	Dépression cyclone 01	-150	0	mbar					
310CY12_YT01	Température cyclone 02	0	800	°C					
310CY12_YP01	Dépression cyclone 02	-150	0	mbar					
310CY13_YT01	Température cyclone 03	0	800	°C					
310CY13_YP01	Dépression cyclone 03	-150	0	mbar					
310CY14_YT01	Température cyclone 04	0	1000	°C					
310CY14_YP01	Dépression cyclone 04	-150	0	mbar					
310CY15_YT01	Température cyclone 05	0	1200	°C					
310CY15_YP01	Dépression cyclone 05	-150	0	mbar					

Tableau II.11 : La liste des capteurs analogiques dépoussiérage tour de préchauffage

c) Sélection de l'opérateur :

d) Description du mode de fonctionnement :

- Détails de démarrage: Démarrer en tant que séquence de démarrage de la liste de consommateurs.
- Détails de fermeture: Arrêter en tant que séquence d'arrêt de liste de consommateurs.

e) Verrouillage de l'équipement :

Code	CD	ASSERV	SG	SA	Remarque

Tableau II.12 : Verrouillage de l'équipement dépoussiérage tour de préchauffage

7.3- Séquence 03 : Refroidisseur

7.3.1-Atelier Evacuation clinker :

a) P&ID :

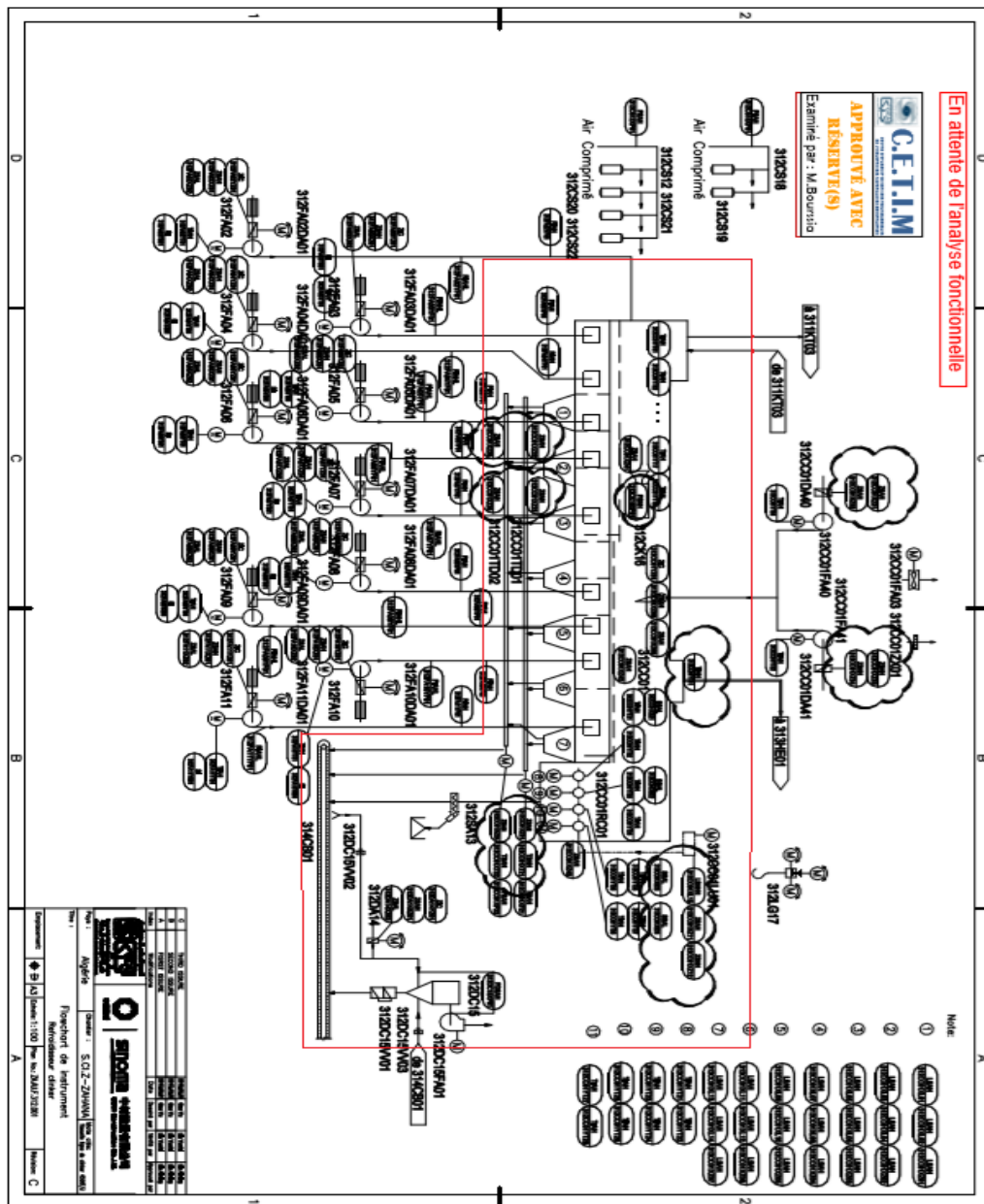


Figure II.43 : P&ID atelier évacuation clinker

b) Consommateur et instrument :

❖ Consommateur :

Code	Description	Début	Arrêt	Remarque
314.CB01.MT01	Moteur Chaîne Remplissage Clinker	1	4	
312.CC01.TD01.MT01	Moteur Chaîne Trainante	2	3	
312.CC01.RC01.MT01	Moteur Concasseur	3	2	
312.CC01.MT01	Moteur Grille	4	1	

Tableau II.12 : Verrouillage de l'équipement dépolluissage tour de préchauffage

❖ Capteur (numérique ou analogique) :

➤ Numérique :

Code	True=1	False=0	Remarque
314CB01_.CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
314CB01_.AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
314CB01_.AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
314CB01_.MR	Marche local OK	Marche local ALARME	
312CC01.TD01_.CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
312CC01.TD01_.AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
312CC01.TD01_.AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
312CC01.TD01_.MR	Marche local OK	Marche local ALARME	
312CC01.RC01_.CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
312CC01.RC01_.AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
312CC01.RC01_.AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
312CC01.RC01_.MR	Marche local OK	Marche local ALARME	
312CC01_.CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
312CC01_.AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
312CC01_.AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
312CC01_.MR	Marche local OK	Marche local ALARME	
314SO20_.XL01	Détecteur de niveau OK	Détecteur de niveau ALARME	
314SO21_.XL01	Détecteur de niveau OK	Détecteur de niveau ALARME	
314SO22_.XL01	Détecteur de niveau OK	Détecteur de niveau ALARME	

Tableau II.13 : La liste des consommateurs atelier évacuation clinker

➤ Analogique :

Code	Description	Eng.units			Alarm limits				Remarque
		Low	High	Unit	LL	L	H	HH	
314SO20_.YL01	Niveau Silo 1	0	20	m				20	
314SO21_.YL01	Niveau Silo 2	0	20	m				20	
314SO22_.YL01	Niveau Silo 3	0	20	m				20	
314CB01_.YF01	Débit Clinker	0	300	t/h			180		

Tableau II.14 : La liste des capteurs logiques atelier évacuation clinker

**c) Sélection de l'opérateur :**

- S1: sélection pour le transport vers le silo 314SO20.
- S2: sélection pour le transport vers le silo 314SO21.
- S3: sélection pour le transport vers le silo 314SO22.

**d) Description du mode de fonctionnement :**

- Détails de démarrage: Démarrer en tant que séquence de démarrage de la liste de consommateurs.

Démarrer en tant que séquence de démarrage de la liste de consommateurs. Si 314SO20\_YL01 >= H, alors basculement vers 314SO21.

- Détails de fermeture: Arrêter en tant que séquence d'arrêt de liste de consommateurs.

e) Verrouillage de l'équipement :

Code	CD	ASSERV	SG	SA	Remarque
312. FA01.MT01		✓			
312. FA02.MT01		✓			

Tableau II.15 : La liste des capteurs analogiques atelier évacuation clinker

7.3.2- Atelier ventilateurs de soufflage :

a) P&ID :

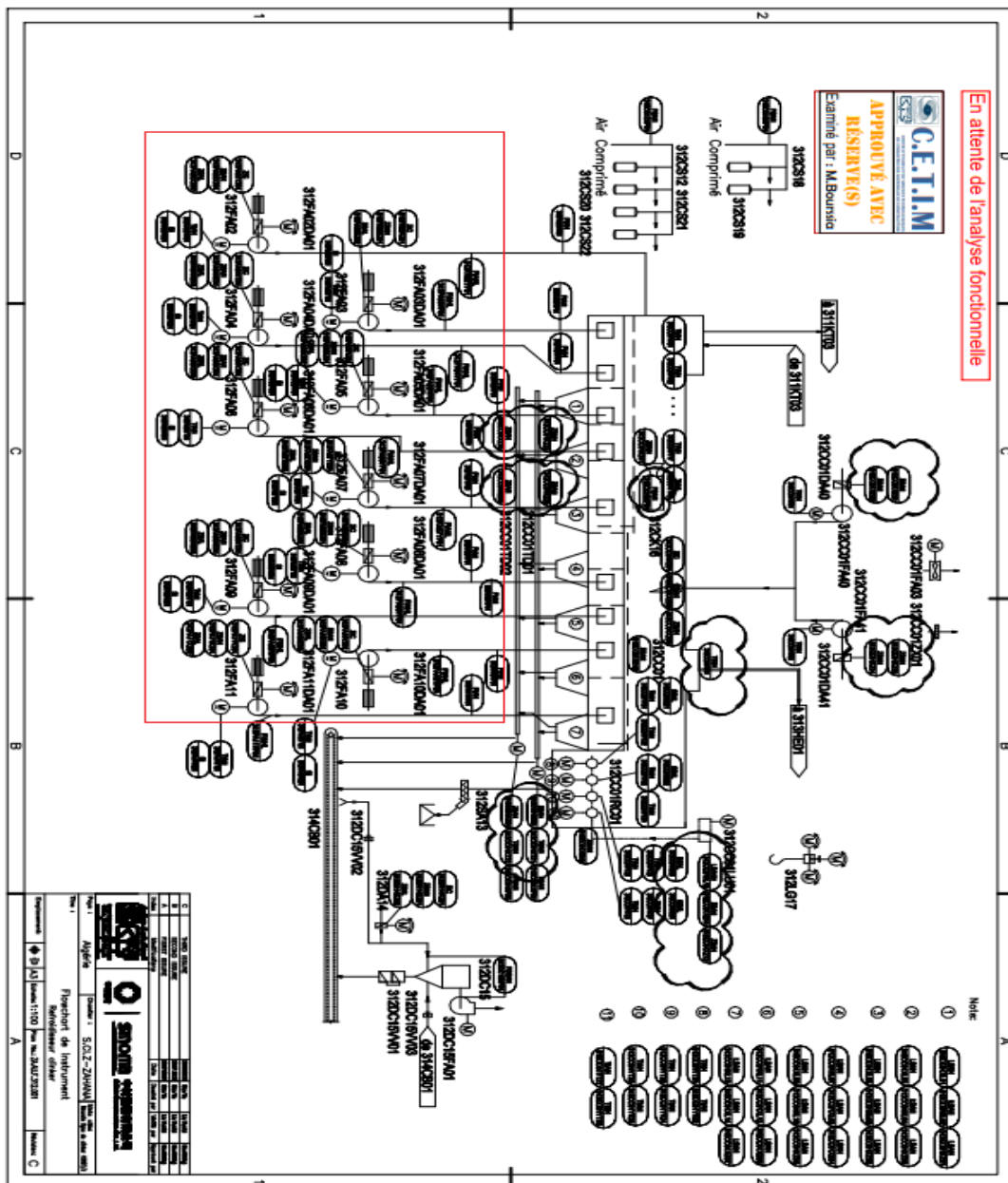


Figure II.44 : P&ID ventilateurs de soufflage

**b) Consommateur et instrument :**

❖ Consommateur :

Code	Description	Début	Arrêt	Remarque
312. FA01.MT01	Moteur du ventilateur soufflage	1	4	
312. FA02.MT01	Moteur du ventilateur soufflage	2	3	
312. FA03.MT01	Moteur du ventilateur soufflage	3	2	
312. FA04.MT01	Moteur du ventilateur soufflage	4	1	

**Tableau II.17 :** La liste des consommateurs ventilateurs de soufflage

❖ Capteur (numérique ou analogique) :

➤ Numérique :

Code	True=1	False=0	Remarque
312FA_CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
312FA_AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
312FA_AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
312FA_MR	Marche local OK	Marche local ALARME	

**Tableau II.18 :** La liste des capteurs logiques ventilateurs de soufflage

➤ Analogique :

Code	Description	Eng.units			Alarm limits				Remarque
		Low	High	Unit	LL	L	H	HH	

**Tableau II.19 :** La liste des capteurs analogiques ventilateurs de soufflage

**c) Sélection de l'opérateur :**

- V1: sélection pour le transport vers le silo 312. FA01.MT01
- V2: sélection pour le transport vers le silo 312. FA02.MT01
- V3: sélection pour le transport vers le silo 312. FA03.MT01
- V4: sélection pour le transport vers le silo 312. FA04.MT01

**d) Description du mode de fonctionnement :**

- Détails de démarrage: Démarrer en tant que séquence de démarrage de la liste de consommateurs.
- Détails de fermeture: Arrêter en tant que séquence d'arrêt de liste de consommateurs.

**e) Verrouillage de l'équipement :**

Code	CD	ASSERV	SG	SA	Remarque

**Tableau II.20 :** Verrouillage de l'équipement ventilateurs de soufflage



7.4- Séquence 04 : Combustible Gaz

a) P&ID :

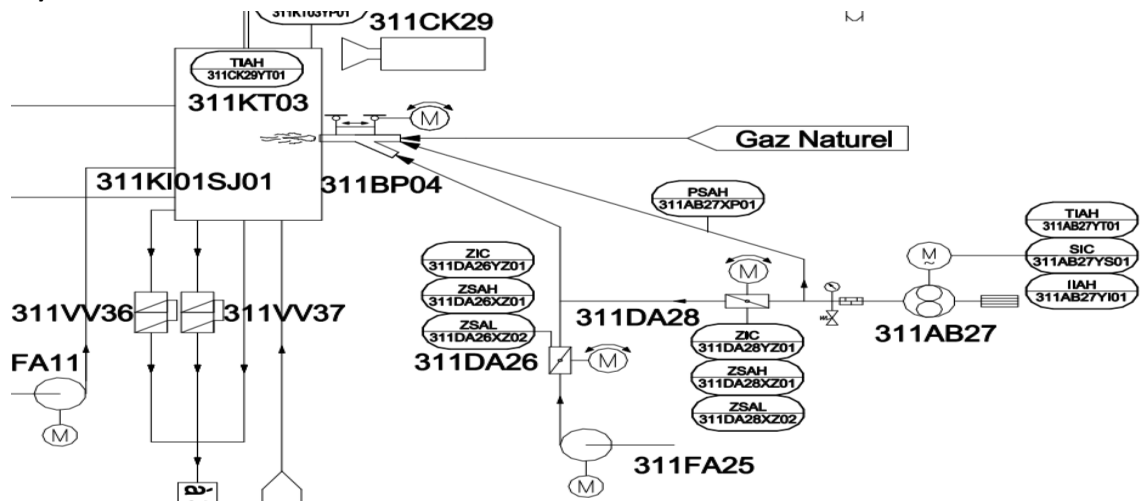


Figure II.45 : P&ID combustible gaz

b) Consommateur et instrument :

❖ Consommateur :

Code	Description	Début	Arrêt	Remarque
311.FA25.MT01	Moteur ventilateur Air primaire	1	5	
311.EV09	Electrovanne Gaz	2	4	
311.EV10	Electrovanne Gaz	3	3	
311.EV11	Electrovanne Echappement Gaz	4	2	
311.DA28	Servomoteur Gaz	5	1	

Tableau II.21 : La liste des consommateurs combustible gaz

❖ Capteur (numérique ou analogique) :

➤ Numérique :

Code	True=1	False=0	Remarque
311FA25_CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
311FA25_AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
311FA25_AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
311FA25_MR	Marche local OK	Marche local ALARME	

Tableau II.22 : La liste des capteurs logiques combustible gaz

➤ Analogique :

Code	Description	Eng.units			Alarm limits				Remarque
		Low	High	Unit	LL	L	H	HH	
311FA25_YF01	Débit Gaz	0	10K	Nm <sup>3</sup> / h					
311DA28_XZ01	Position register	0	100	%					
311KT03_YP01	Dépression Capôt	-4.5	0	mbar			1	4	
311KT03_YT01	Température Capôt	0	1200	°C					

Tableau II.23 : La liste des capteurs analogiques combustible gaz



**b) Consommateur et instrument :**

❖ Consommateur :

Code	Description	Début	Arrêt	Remarque
310.DA06.MT01	Servomoteur Gaz	1	1	

**Tableau II.25 :** La liste des consommateurs pré-calciateur

❖ Capteur (numérique ou analogique) :

➤ Numérique :

Code	True=1	False=0	Remarque

**Tableau II.26 :** La liste des capteurs logiques pré-calciateur

➤ Analogique :

Code	Description	Eng.units			Alarm limits				Remarque
		Low	High	Unit	LL	L	H	HH	
310CA01_YF01	Débit Gaz	0	10K	Nm <sup>3</sup> /h					
310CA01_XZ01	Position register	0	100	%					

**Tableau II.27 :** La liste des capteurs analogiques pré-calciateur

**c) Sélection de l'opérateur**

**d) Description du mode de fonctionnement**

- Détails de démarrage: Démarrer en tant que séquence de démarrage de la liste de consommateurs.
- Détails de fermeture: Arrêter en tant que séquence d'arrêt de liste de consommateurs.

**e) Verrouillage de l'équipement**

Code	CD	ASSERV	SG	SA	Remarque
311FA25_YF01 > =500				✓	

**Tableau II.28 :** Verrouillage de l'équipement pré-calciateur

7.6- Séquence 06 : Four

a) P&ID :

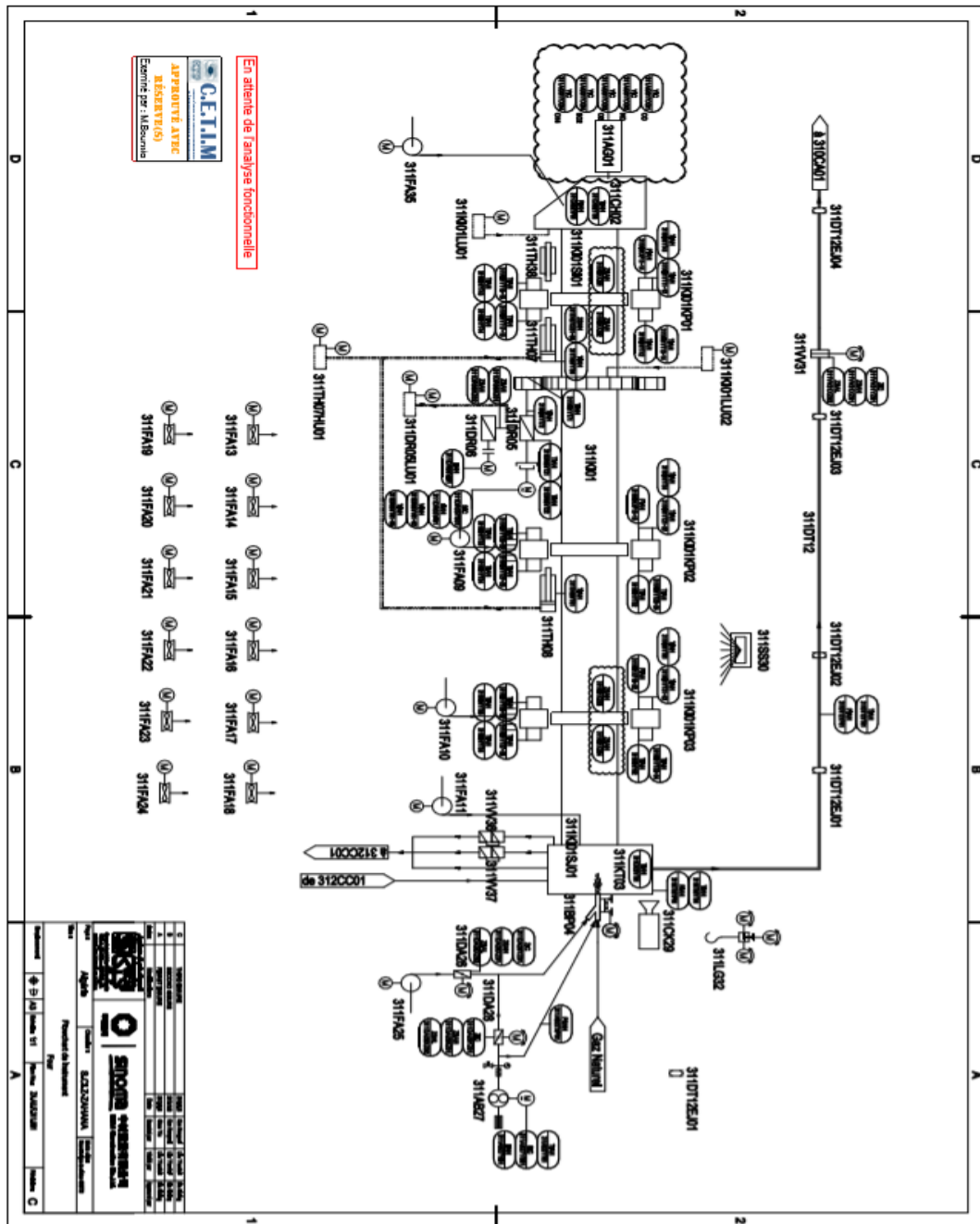


Figure II.47 : P&ID four

b) Consommateur et instrument :

❖ Consommateur :

Code	Description	Début	Arrêt	Remarque
311.DR04.MT01	Moteur graissage galets du four	1	3	
311.DR05.MT02	Moteur graissage réducteur entrainement	2	2	
311.DR05.MT01	Moteur entrainement four	3	1	
Hors de la sequence				
311.TH07.MT01	Moteur pompe butée			
311.TH07.VA01	Electrovanne de purge			

**Tableau II.29** : La liste des consommateurs four

❖ Capteur (numérique ou analogique) :

➤ Numérique :

Code	True=1	False=0	Remarque
311DR04_CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
311DR04_AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
311DR04_AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
311DR04_MR	Marche local OK	Marche local ALARME	
311DR05_CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
311DR05_AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
311DR05_AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
311DR05_MR	Marche local OK	Marche local ALARME	
311DR05_XZ01	Commutateur de position OK	Commutateur de position ALARME	

**Tableau II.30** : La liste des capteurs logiques four

➤ Analogique :

Code	Description	Eng.units			Alarm limits				Remarque
		Low	High	Unit	LL	L	H	HH	
311DR05_YV01	Vitesse four	0	5	Tr/m					
311DR05_YI01	Intensité moteur four	0	600	A					

**Tableau II.31** : La liste des capteurs analogiques four

c) Sélection de l'opérateur :

d) Description du mode de fonctionnement :

- Détails de démarrage: Démarrer en tant que séquence de démarrage de la liste de consommateurs.
- Détails de fermeture: Arrêter en tant que séquence d'arrêt de liste de consommateurs.

e) Verrouillage de l'équipement :

Code	CD	ASSERV	SG	SA	Remarque
313. FA14.MT01		✓			
217. FA05.MT01		✓			
312. FA01.MT01	✓				
312. FA02.MT01	✓				
312.CC01.MT01	✓				
310CY11_YT01			✓		T_CY1 > 380°C
314. CB01. MT01				✓	Après 5 min
311.DA28			✓		

**Tableau II.32** : Verrouillage de l'équipement four

7.7- Séquence 07 : Alimentation four

a) P&ID :

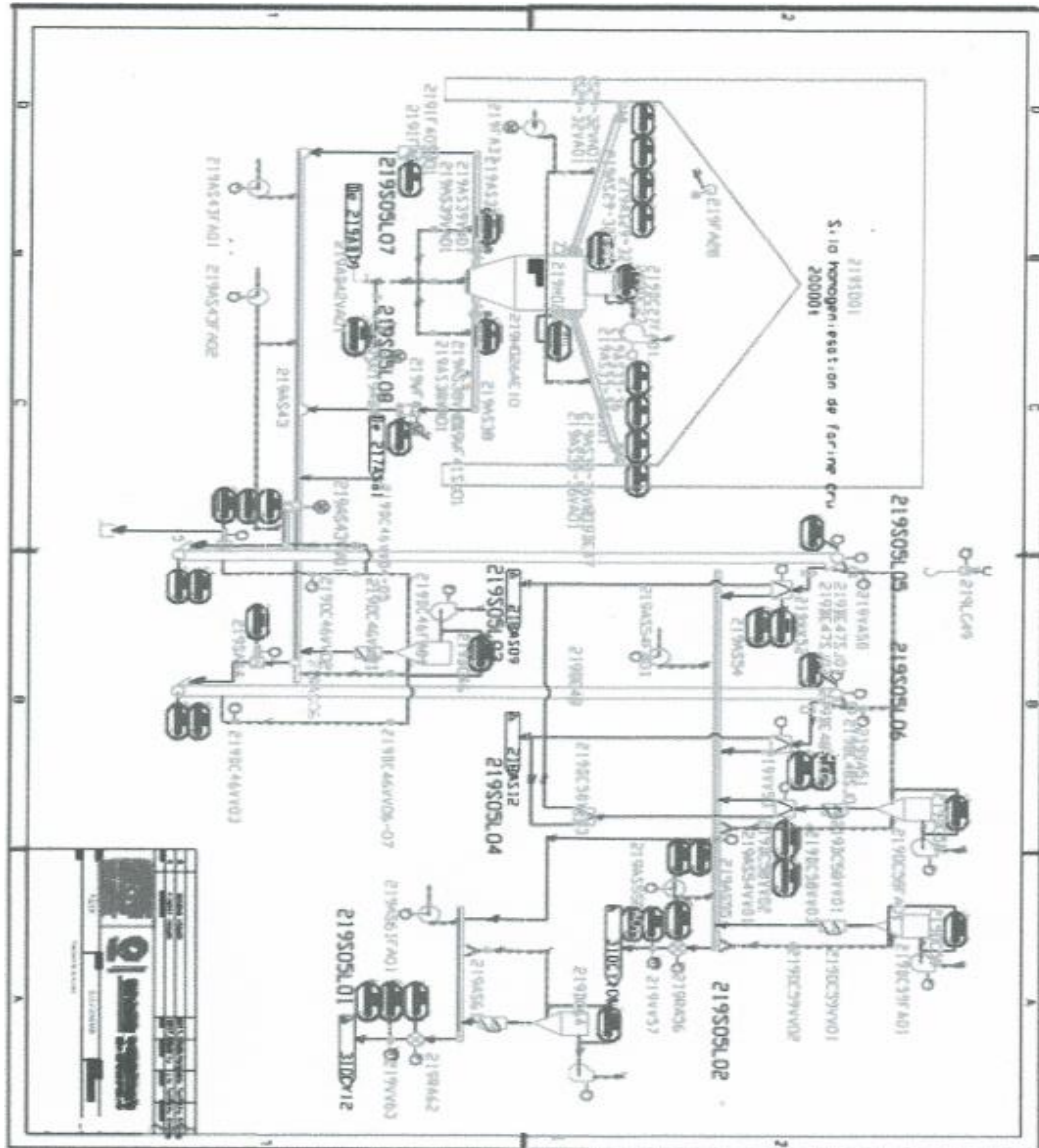


Figure II.48 : P&ID alimentation four

b) Consommateur et instrument :

❖ Consommateur :

Code	Description	Début	Arrêt	Remarque
219.BE48.MT01	Moteur Elévateur à Godets	1	2	
219.IF40.EC10	Doseur	2	1	

Tableau II.33 : La liste des consommateurs alimentation four

❖ Capteur (numérique ou analogique) :

➤ Numérique :

Code	True=1	False=0	Remarque
219BE48_CR	Contrôleur rotation OK	Contrôleur rotation ALARME	
219BE48_AL	Arrêt local OK	Arrêt local ALARME	
219BE48_AU	Arrêt d'urgence OK	Arrêt d'urgence ALARME	
219BE48_MR	Marche local OK	Marche local ALARME	
219BE48_XL01	Détecteur de bourrage OK	Détecteur de bourrage ALARME	

Tableau II.34 : La liste des capteurs logiques alimentation four

➤ Analogique :

Code	Description	Eng.units			Alarm limits				Remarque
		Low	High	Unit	LL	L	H	HH	
219IF40_YF01	Débit matière	0	300	t/h				312	
219BE48_YZ01	% Amperage élévateur	0	100	%					

Tableau II.35 : La liste des capteurs analogiques alimentation four

c) Sélection de l'opérateur :

d) Description du mode de fonctionnement :

- Détails de démarrage: Démarrer en tant que séquence de démarrage de la liste de consommateurs.
- Détails de fermeture: Arrêter en tant que séquence d'arrêt de liste de consommateurs.

e) Verrouillage de l'équipement :

Code	CD	ASSERV	SG	SA	Remarque
311.DR05.MT01		✓			

Tableau II.36 : Verrouillage de l'équipement alimentation four

### 7.8- Asservissement des séquences :

Le démarrage des séquences de la zone cuisson est présenté dans le tableau suivant :

Séquence	Description	Début	Arrêt	Remarques
01	Atelier Echangeur	1	9	
01	Atelier Exhaure	2	8	
02	Dépoussiérage Tour de préchauffage	3	7	
03	Atelier Ventilateur de soufflage	4	6	
03	Atelier Evacuation clinker	5	5	
04	Combustible gaz	6	4	
05	Pré-Calcinateur	7	3	
06	Four	8	2	
07	Alimentation four	9	1	

Tableau II.37 : Asservissement des séquences

Ces étapes de démarrage ne sont utilisées que par l'opérateur comme référence. De toute façon, l'opérateur prendra une décision en fonction de la situation du site [3].

**8- Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté notre système qui est une ligne de cuisson et leurs principaux composants, avec l'instrumentation utilisée concernant le type des capteurs et actionneurs, et nous avons aussi expliqué l'analyse de fonctionnement de l'atelier afin d'élaborer un cahier des charges pour développer sa commande.

La solution proposée pour contrôler cet atelier afin d'améliorer son fonctionnement du système, sera présentée dans le prochain chapitre.



---

# Chapitre III

Les éléments d'automatisation

---

### 1- Introduction :

Ce chapitre est consacré à la description de l'automate SIEMENS S7-1500, ses caractéristiques (mémoire, les entrées/sorties), discuter les raisons qui nous ont poussé à choisir cet automate ainsi que le logiciel TIA portal V15. Il est dédié à l'évolution de chaque étape à suivre dans ce logiciel pour créer un projet. On fera ressortir les langages de programmation qui nous avons utilisés dans ce logiciel.

### 2- Système automatisé et équipements associés :

Un système automatisé est un système réalisant des opérations et pour lequel l'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage afin de réaliser des tâches complexes ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches pénibles ou répétitives ou encore gagner en efficacité et en précision [6].

Ce système peut être décomposé en trois grandes parties :

- **Une partie opérative (PO) :** que l'on appelle également partie puissance, c'est la partie visible du système (corps) qui permet de transformer la matière d'œuvre entrante. Elle est composée des éléments mécaniques, d'actionneurs (vérins, moteurs), des pré-actionneurs (distributeurs et contacteurs) et des éléments de détection (capteurs, détecteurs).
- **Une partie commande (PC) :** c'est le cerveau du système qui permet le traitement les informations.
- **Une interface homme / machine :** permettant de définir les consignes et de surveiller l'évolution.

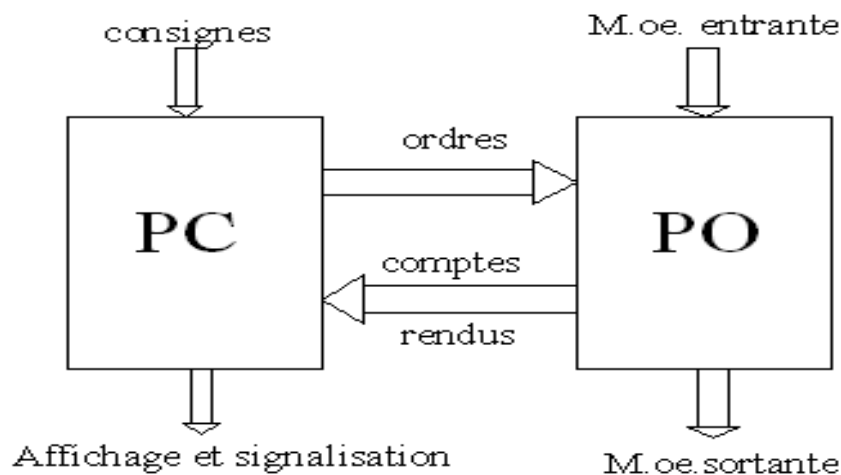


Figure III.1 : Système automatisé

### 3- Automate programmable industriel (API) :

L'automate programmable est un composant électronique adapté aux conditions industrielles. Il intègre des fonctions et des modules qui facilitent son interaction avec l'environnement extérieur.

Il revient à l'utilisateur d'établir le cahier des charges de son système, et de regarder sur le « marché » l'automate le mieux adapté aux besoins, tout en considérant un certain nombre de critères importants :

- **Nombre et types d'entrées / sorties** : tension de sorties des capteurs et tension d'entrées des actionneurs ainsi que le nombre de voies nécessaire.
- **Type de CPU** : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales intégrés.

Une fois que nous avons chargé notre programme, la CPU contient la logique nécessaire au contrôle et à la commande des appareils dans notre application.

Elle surveille les entrées et modifie les sorties conformément à la logique de notre programme utilisateur, qui peut contenir des instructions booléennes, des instructions de comptage, des instructions de temporisation, des instructions mathématiques complexes ainsi que des commandes pour communiquer avec d'autres appareils intelligents.

- **Fonctions ou modules spéciaux** : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de soulager le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).
- **Fonctions ou modules de communication (CP)** : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (PROFIBUS, PROFINET...).
- **Alimentation** : il doit couvrir les besoins énergétiques de l'unité centrale et de toutes les extensions. Quand elle existe sur l'automate de base, elle ne couvre pas les besoins d'un nombre important d'extension et il faudra rajouter une deuxième alimentation [6].

#### 4- Les critères de choix d'un automate :

Dans les projets en automatisme que ce soit dans des secteurs comme les matériaux de construction, les machines spéciales ou l'automobile, nous sommes souvent confrontés au problème de choix d'automates programmables. Pourquoi choisir un tel automate et pas un autre? Ainsi, le choix d'un automate va se faire suivant des critères qui peuvent être différents suivants les personnes et suivants les projets. Concernant ces critères, on peut citer ci-dessous une liste de quelques critères à prendre en compte lors du choix d'un automate :

- **Nombres d'entrées/sorties intégrés.**
- **Capacité de la mémoire.**
- **Nombre de compteurs.**
- **Nombre de temporisateurs.**
- **La localisation** : certains pays utilisent la plus souvent telle marque d'automate face à un autre : les automates Rockwell sont par exemple très utilisés aux états unis.

Ainsi si on développe un projet pour ces pays, on sera peut être obligé de se conformer au choix du client.

- **Le critère de familiarité** : on est plus familier à une certaine marque d'automate, on a donc tendance à choisir un automate car on le maîtrise déjà.
- **Le temps de cycle** : certains automates ont des temps de cycle plus rapides face à d'autres, ce qui peut être important pour des systèmes nécessitant une certaine réactivité.

- **L'intuitivité de l'environnement de développement** : certains automates ont des logiciels de programmation plus aboutis comparés à d'autres. Cela permet un gain de temps énorme lors des développements.
- **Le critère de standardisation** : si on développe des standards de programme sur un type d'automate particulier, on a intérêt à se focaliser sur un type d'automate spécifique.
- **La disponibilité en termes de SAV et de composants de rechange** : certaines marques d'automates ont plus d'autorité ce qui leur permet d'offrir des services après ventes et d'accompagnement client meilleurs.
- **Le critère de renommé** : certaines marques d'automates sont plus connues que d'autres ce qui témoigne de leur qualité de service.
- **Le critère de coût** : pour de petit projet d'automatisation, il est préférable de choisir des micros ou mini automates ce qui va nous empêcher "d'acheter un char pour tuer une moustique".
- **Les bus industriels et interfaces de communication disponibles en natif sur l'API** : si on veut travailler sur un réseau de terrain spécifique, on a intérêt à choisir un automate qui supporte ce mode de communication en natif ce qui va empêcher d'acheter des modules supplémentaires.

À part le critère de prix qui fait partie des critères les plus considérés lors du choix d'un automate, le choix définitif dépendra du **cahier des charges** et des spécificités techniques du projet. La plupart des fabricants d'automates proposent plusieurs gammes d'automates allant du micro, mini jusqu'au méga ce qui permet de couvrir une diversité de projets. Certains automates se démarquent légèrement du lot de par leur puissance, d'autres sont très plébiscités dans des domaines précis comme la domotique ou le GTB/GTC etc.

### 5- Automate SIMATIC S7-1500 :

Le système d'automatisation **SIMATIC S7-1500** offre la flexibilité et la puissance nécessaires à un large éventail d'applications d'automatisation dans la construction de machines et d'installations. Sa structure modulable vous permet d'adapter votre automate aux conditions sur site et son important jeu d'instructions en font une solution idéale pour la commande d'applications très variées.

Il est conçu pour offrir une facilité d'utilisation maximale, grâce à des multiples innovations jusque dans les moindres détails, le contrôleur peut être monté, raccordé et mis en service simplement et rapidement. L'intégration harmonieuse au TIA Portal l'ingénierie, la conception de projets et l'utilisation des nouvelles fonctions plus simples .elle offre un concept d'utilisation homogène, permettant ainsi une gestion des données commune et cohérente [8].

Et en plus SIMATIC S7-1500 contient :

- **Design innovant et maniement simple** : pour une utilisation et une mise en service aisée ainsi qu'un fonctionnement sûr.
- **Diagnostic système intégré** : pour une transparence totale sur l'état de l'installation, généré automatiquement et affiché de manière homogène.
- **Performance système** : remarquable pour des temps de réaction très courts et une qualité de régulation maximale.
- **Technologie intégrée** : pour une intégration parfaite des entraînements via les fonctions motion control et PROFIdrive.
- **TIA Portal** : pour une efficacité maximale de l'ingénierie afin d'abaisser les coûts des projets.

Les CPUs de la famille d'automates **SIMATIC S7-1500** offrent une performance élevée allée à une grande convivialité. Avec les interfaces PROFINET/PROFIBUS intégrées, le serveur Web et les fonctions intégrées telles que Motion Control, régulateur PID et régulateur de température, elles conviennent à une multitude d'applications dans le secteur de l'automatisation. Nous avons aboutis pour le choix de la **CPU 1513-1 PN** pour l'automate de notre cas d'étude (Atelier cuisson).

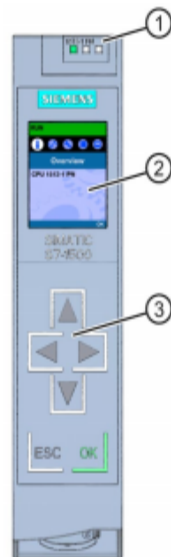
### 5.1- Présentation de la CPU 1513-1 PN de l'automate S7-1500 :

La CPU combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré, des E/S rapides de commande de mouvement, ainsi que des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact en vue de créer un contrôleur puissant [8].

La vue d'ensemble de cette CPU :

- CPU dotée d'une mémoire de programme 300 Ko et 1.5 Mo de données avec temps d'opération sur bits 40 ns destinée à des applications complexes présentant des exigences élevées en termes d'étendue du programme et de mise en réseau.
- Fonctions technologiques intégrées : Motion Control, Régulation, Comptage&Mesure.
- Utilisée pour des tâches d'automatisation interprofessionnelles dans la construction de machines de série, de machines spéciales et d'installations industrielles.
- Utilisation comme commande centralisée dans les lignes de production avec périphérie centralisée et décentralisée.
- Interface PROFINET IO RT/IRT avec commutateur 2 ports.
- Automate PROFINET IO pour l'exploitation d'une périphérie décentralisée sur PROFINET.
- L'interface PROFINET X2 peut être utilisée pour le raccordement d'autres périphériques PROFINET IO RT ou pour une communication rapide en tant que périphérique I. L'interface PROFINET X2 permet de transférer des données avec une vitesse de 1 Gbit/s.
- Serveur OPC UA (Data Access) comme option Runtime pour la connexion simple de SIMATIC S7-1500 à des appareils/systèmes tiers.

- Fonctionnalités Motion Control intégrées pour la commande des axes de vitesse et de positionnement, prise en charge d'encodeurs externes, du synchronisme précis entre axes par réducteur électronique.
- Serveur Web intégré pour le diagnostic avec la possibilité de créer des pages Web définies par l'utilisateur.
- Dotée aussi d'un écran d'affichage pour des réglages.
- Programmation avec STEP 7 Professional V13 ou supérieur.



- ① LED de signalisation pour l'état de fonctionnement
- ② Ecran
- ③ Touches de fonction

Figure III.2 : CPU 1513-1 PN de l'automate S7-1500

## 6- Console de programmation :

Chaque automate se programme par une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur :

- **PC** : C'est généralement un PC où est installé un logiciel de programmation spécifique à l'API. Ce logiciel permet d'éditer le programme, et de le compiler et de le transférer à l'automate
- **Console (PG)** : offre une solution simple et pratique pour programmer en langage Booléen et effectuer des modifications.

## 7- Protocoles de communication :

Dans le monde industriel on rencontre de nombreux protocoles de communication permettant à divers équipements industriels de communiquer. Un protocole est un ensemble de règles préétablis qui régissent une communication entre un ou plusieurs équipements/services.

Lorsque deux ou plusieurs équipements industriels communiquent, les protocoles spécifient quels types de données peuvent être envoyés, comment chaque type de message sera identifié, quelles actions peuvent ou doivent être entreprises par les participants à la conversation etc....

Ainsi, pour que deux équipements puissent communiquer ensemble, ils doivent tous les deux être compatibles avec le protocole utilisé pour réaliser les échanges. Par exemple pour qu'un automate et un afficheur puissent communiquer via le protocole modbus, ils doivent tous les deux être compatibles avec le protocole modbus.

Dans le monde industriel, on rencontre plusieurs protocoles de communication par lesquels on peut citer quelques un :

### 7.1- MPI (Multipoint Interface) :

Le réseau MPI (Multi Point Interface) est utilisé pour les interconnexions de faible étendue aux niveaux terrain et cellule. Il ne peut cependant être utilisé qu'avec les automates SIMATIC S7. Celle-ci a été conçue comme interface de programmation, elle atteint rapidement ces limites lorsque les exigences de la communication sont sévères [6].

### 7.2- PROFIBUS :

Le réseau PROFIBUS (Process Field Bus) est le nom d'un type de bus de terrain propriétaire et de son protocole, inter-automates et de supervisions. Il est devenu peu à peu une norme de communication dans le monde de l'industrie ces dix dernières années, mais son usage tend à disparaître au profit d'autres bus de terrain ou de réseaux. Un bus de terrain est un système d'interconnexion d'appareils de mesure, capteurs, actionneurs, etc. On trouve souvent, la notion de classement suivant :

- Niveau capteur : Tous ce qui est capteurs/actionneurs.
- Niveau contrôle commande : Automates.
- Niveau supervision.

Notons que les bus de terrain se trouvent entre le niveau 1 et 2, remontent donc les informations des capteurs et retournent les ordres des automates.

### 7.3- PROFINET :

Réfère à l'utilisation des protocoles Ethernet standards avec ses connecteurs robustes et les commutateurs de température étendue dans un environnement industriel pour l'automatisation ou le contrôle de processus. Les composants utilisés dans les zones de traitement de l'usine doivent être conçus pour fonctionner dans des environnements difficiles, d'extrêmes températures, d'humidité et des vibrations dépassent les plages limite des équipements de technologie de l'information destinés à être utilisés dans des environnements contrôlés [6].

Dans notre projet, nous allons utiliser **PROFINET** car c'est un standard complet, qui répond à toutes les exigences relatives à la mise en œuvre d'Ethernet dans l'automatisation et couvre des besoins qui vont du niveau terrain au niveau conduite.

## 8- Logiciel de programmation :

### 8.1- Présentation du logiciel Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) :

La plateforme « **TIA Portal** » est le nouvel environnement de travail de Siemens qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant les logiciels **SIMATIC STEP 7** et **SIMATIC Win CC** [7].

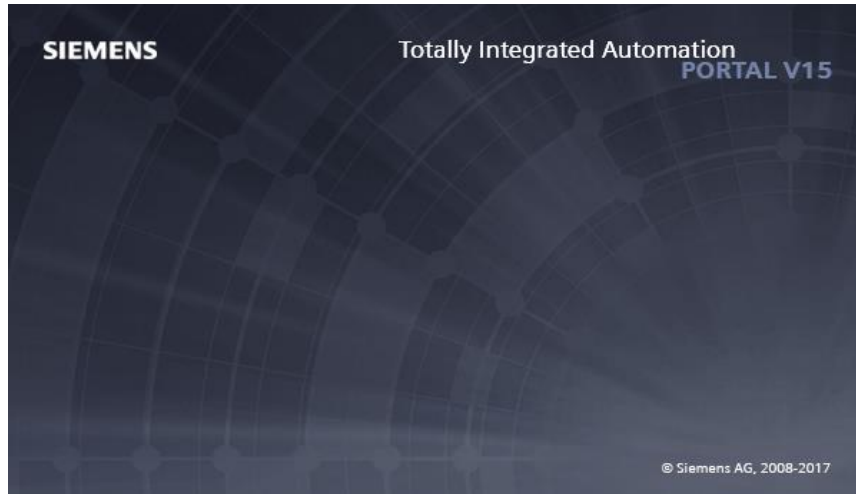


Figure III.3 : Tia Portal V15

#### 8.1.1- SIMATIC STEP 7 :

STEP 7 fournit un environnement convivial pour concevoir, éditer et surveiller la logique nécessaire à la commande de notre application, et notamment les outils pour gérer et configurer tous les appareils dans notre projet, tels que des automates et appareils IHM. Pour nous aider à trouver les informations dont on a besoin, STEP 7 fournit un système d'aide en ligne complet.

Avec STEP 7 Professional, les fonctions suivantes peuvent être utilisées pour automatiser une installation:

- Configuration et paramétrage du matériel.
- Paramétrage de la communication.
- Programmation.
- Test et mise en service, dépannage avec les fonctions d'exploitation et de diagnostic.
- Documentation.
- Génération d'écrans de visualisation pour les **Panels SIMATIC** avec **Win CC** intégré et il est également possible de générer des écrans de visualisation pour les PCs et d'autres Panels à l'aide d'autres progiciels Win CC.

Le logiciel dispose aussi de plusieurs opérations qui sont utiles à la programmation. Ces opérations peuvent être illustrées en suivant :

- Opérations sur blocs.
- Opérations logiques.
- Opérations arithmétiques.
- Opérations de conversions.
- Opérations de comptages.
- Opérations de saut.



- Opérations de transfert.
- Opérations sur bits.
- Opérations de comparaisons.

Il existe plusieurs types de variables distinctes dans le STEP 7, ces variables sont déclarées préalablement avant chaque début de programme. Le tableau suivant réunit ces différentes variables :

TYPE	TAILLE
Bool	1 bit
Real	32 bits
Int	16 bits
Byte	8 bits
Word	16 bits
DWord	32 bits
DInt	32 bits
Char	8 bits
Time	32 bits
S5Time	16 bits
Date	16 bits
Time of Day	32 bits

**Tableau III.1** : Les types de variables

Dans un programme STEP7, on utilise des opérandes comme des signaux d'E/S, des mémentos 'M', des compteurs, des temporisateurs, des blocs utilisateurs.

- **Mnémonique** : Les mnémoniques sont les noms que l'on attribue aux variables de l'API. L'emploi des mnémoniques améliore considérablement la lisibilité et la clarté d'un programme et aide à isoler des défauts éventuels.
- **Mémentos** : Les mémentos sont des éléments électroniques bistables qui servent à mémoriser les états logiques. Des mémentos sont utilisés pour les opérations internes de l'automate pour lesquelles l'émission d'un signal n'est pas nécessaire.
- **Mémentos de cadence** : permettent d'effectuer des clignotements de fréquence variable en fonction du bit associé.
- **Blocs utilisateurs** : Ces blocs permettent d'organiser et structurer le programme utilisateur (**Programmation unique instance ou multi-instance**). Cette structuration est réalisée par la subdivision du programme en différents blocs : Bloc d'Organisation (OB), Bloc fonctionnel (FB), Fonction (FC) et Bloc de données (DB).

On peut accéder à ces opérandes par adressage absolu dans le programme, toutefois, la lisibilité du programme sera grandement améliorée si nous faisons plutôt appel à des mnémoniques (Remplissage de la tables de variables), Il est alors possible d'accéder aux opérandes du programme utilisateur via ces mnémoniques.

Les entrées et sorties des automates sont la plupart du temps regroupées en groupe de huit entrées ou sorties TOR ; ce groupe de huit est appelé un « Octet », ce dernier reçoit un numéro que l'on appelle l'adresse d'octet. Chaque octet est devisé en huit bits.

Il comprend des langages de programmation standard (séquentiels et combinatoires), ce qui s'avère très pratique et efficace pour la mise au point du programme de commande de notre application.

Nous intéressons aux langages de programmation combinatoires, qui sont :

- **CONT (schéma à contacts)** est un langage de programmation graphique. Sa représentation se base sur des schémas de circuits.
- **IL (Listes d'instructions)** Le langage Liste d'instructions, est un langage textuel de bas niveau à une instruction par ligne.
- **LOG (logigramme)** est un langage de programmation se fondant sur les symboles logiques graphiques utilisés en algèbre booléenne.
- **SCL (Structured Control Language)** est un langage de programmation littéral évolué.

Lorsqu'on crée un bloc de code, on doit sélectionner le langage de programmation à utiliser par ce bloc. Notre programme utilisateur peut utiliser des blocs de code créés dans n'importe lequel des langages de programmation disponibles [7].

### 8.1.2- Win CC :

Intégré au TIA Portal, **Win CC** est le logiciel de supervision pour toutes les applications de supervision (IHM), des simples solutions de commande par Basic Panels (monoposte) aux visualisations de processus sur systèmes multipostes à base de PC. Il fait partie d'un nouveau concept d'ingénierie intégré qui offre un environnement d'ingénierie homogène pour la programmation et la configuration de solutions de commande, de visualisation et d'entraînement. C'est un système :

- **Graphique** : afficher et commander les vues de processus.
- **De courbes** : analyser le processus.
- **D'alarmes** : diagnostiquer le processus.
- **De journaux** : documenter le processus.
- **D'archives** : enregistrer et afficher les valeurs de processus, les alarmes et les journaux.

### 8.2- Vue portail/projet du logiciel Tia Portal :

Lorsqu'on lance TIA Portal, l'environnement de travail se décompose en deux types de vue :

- La vue du portail : elle est axée sur les tâches à exécuter et sa prise en main est très rapide.
  - La vue du projet : elle comporte une arborescence avec les différents éléments du projet.
- Les éditeurs requis s'ouvrent en fonction des tâches à réaliser. Données, paramètres et éditeurs peuvent être visualisés dans une seule et même vue [7].

- **Vue portail :**

Chaque portail permet de traiter une catégorie de tâches (actions). La fenêtre affiche la liste des actions pouvant être réalisées pour la tâche sélectionnée.

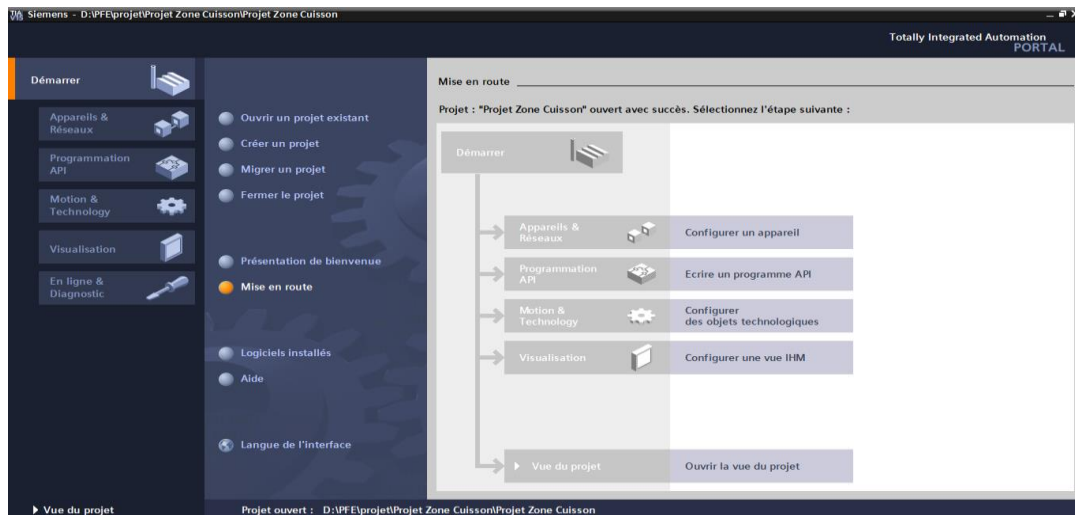


Figure III.4 : Vue portail

- **Vue projet :**

L'élément « Projet » contient l'ensemble des éléments et des données nécessaires pour mettre en œuvre la solution d'automatisation souhaitée.

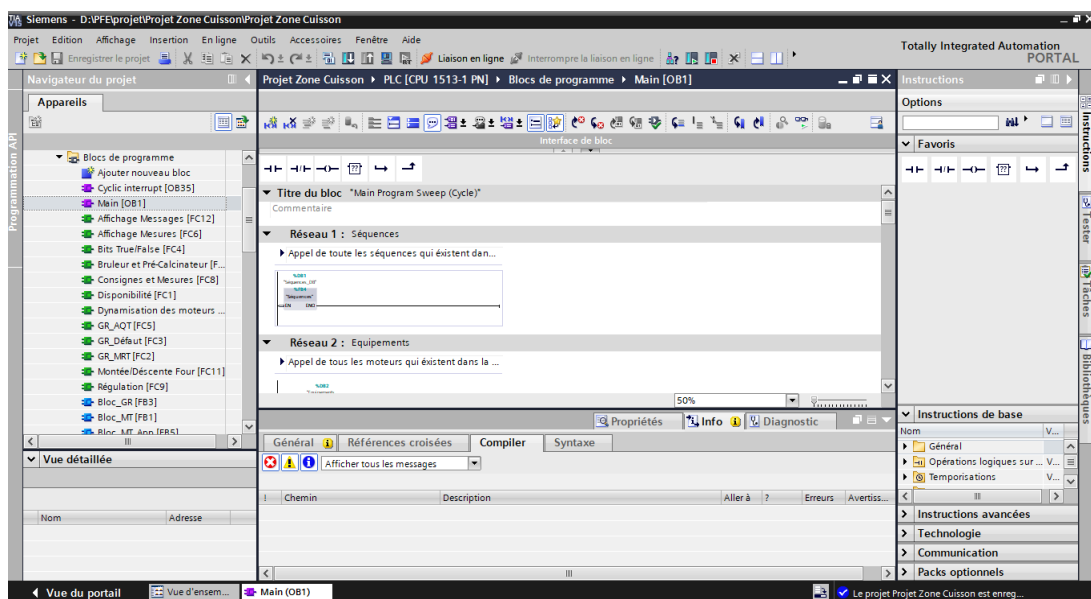


Figure III.5 : Vue projet

- **La fenêtre de travail** permet de visualiser les objets sélectionnés dans le projet pour être traités. Il peut s'agir des composants matériels, des blocs de programme, des tables des variables, des HMI,...
- **La fenêtre d'inspection** permet de visualiser des informations complémentaires sur un objet sélectionné ou sur les actions en cours d'exécution (propriété du matériel sélectionné, messages d'erreurs lors de la compilation des blocs de programme,...).
- **Les onglets de sélection de tâches** ont un contenu qui varie en fonction de l'objet sélectionné (configuration matérielle → bibliothèques des composants, bloc de programme → instructions de programmation). Cet environnement de travail contient énormément de données. Il est possible de masquer ou réduire certaines de ces

fenêtres lorsqu'on ne les utilise pas. Il est également possible de redimensionner, réorganiser, désancrer les différentes fenêtres.

### 8.3- Création d'un projet sur Tia Portal :

Pour créer un projet dans la vue du portail, il faut sélectionner l'action « Créer un projet ». On peut donner un nom au projet, choisir un chemin où il sera enregistré, indiquer un commentaire ou encore définir l'auteur du projet. Une fois que ces informations sont entrées, il suffit de cliquer sur le bouton « créer ».

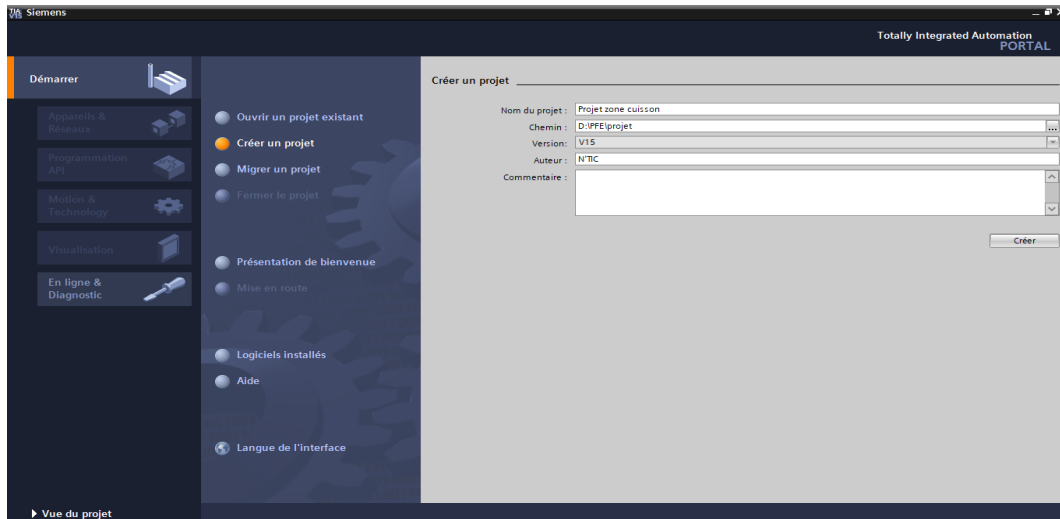


Figure III.6 : Création d'un projet sur Tia Portal

### 8.4- Configuration et paramétrage du matériel :

Une fois le projet créé, on peut configurer la station de travail. La première étape consiste à définir le matériel existant.

Pour cela, on peut passer par la vue du projet et cliquer sur « ajouter un appareil » dans le navigateur du projet. La liste des éléments que l'on peut ajouter apparaît (API, HMI, système PC). On commencera par faire le choix de notre CPU pour ensuite venir ajouter les modules complémentaires (alimentation, E/S TOR ou analogiques, module de communication AS-i,...). Les modules complémentaires de l'API peuvent être ajoutés en utilisant le catalogue. Si l'on veut ajouter un écran ou un autre API, il faut repasser par la commande « ajouter un appareil » dans le navigateur du projet.

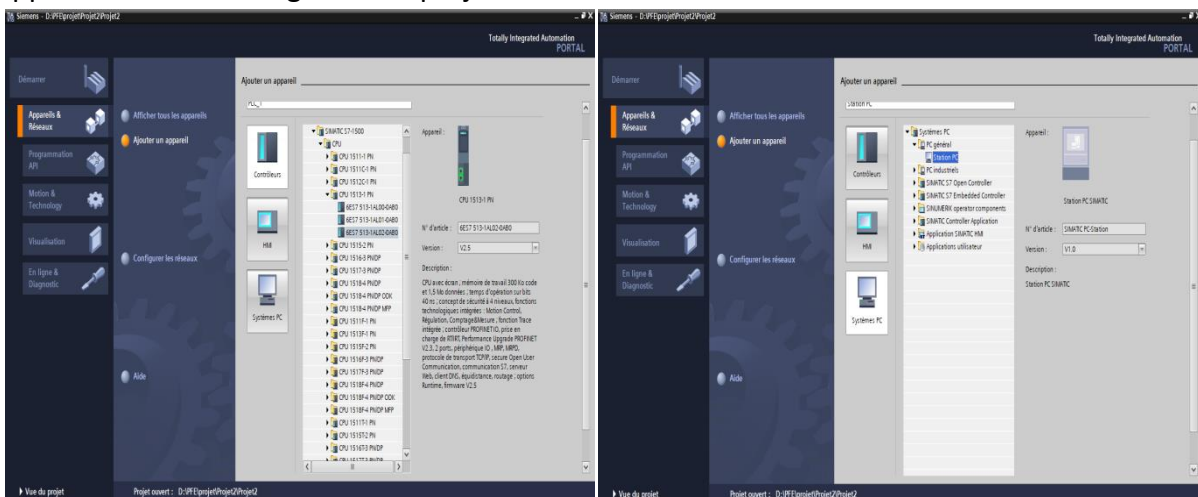


Figure III.7 : Configuration matériels

**8.5- L'Adressage Ethernet de la CPU :**

Parmi les propriétés de la CPU, il est possible de définir son adresse Ethernet. Double-cliquez sur le connecteur Ethernet du poste de travail, une fenêtre de vérification apparaîtra et on pourra définir ses propriétés. Afin d'établir une connexion entre la CPU et la PG, les deux appareils doivent se voir attribuer des adresses appartenant au même réseau. L'adresse « **192.168.0.2** », a été consacré à l'automate.

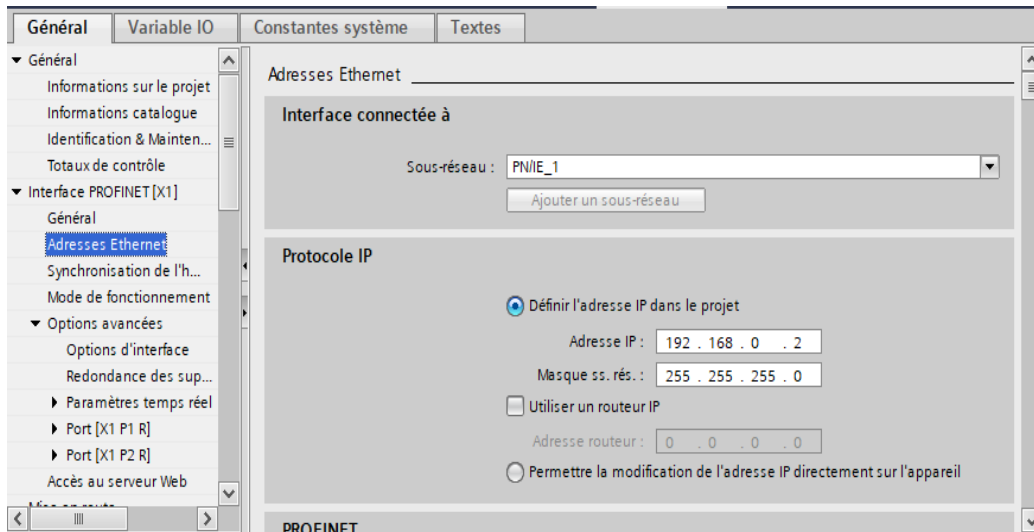


Figure III.8 : Adressage Ethernet

**8.6- Compilation et chargement de la configuration matérielle :**

Une fois la configuration matérielle réalisée, il faut la compiler et la charger dans l'automate. La compilation se fait à l'aide de l'icône « compiler » de la barre de tâche. On sélectionne l'API dans le projet puis on clique sur l'icône « compiler ».

En utilisant cette manière, on effectue une compilation matérielle et logique.

Une autre solution pour compiler est de faire un clic droit sur l'API dans la fenêtre du projet et de choisir l'option « Compiler → Configuration matérielle ».

Pour charger la configuration dans l'automate, on effectue un clic sur l'icône « charger dans l'appareil ». La fenêtre ci-dessous s'ouvre et on doit faire le choix du mode de connexion (PN/IE, Profibus, MPI). Si on choisit le mode PN/IE, l'API doit posséder une adresse IP.

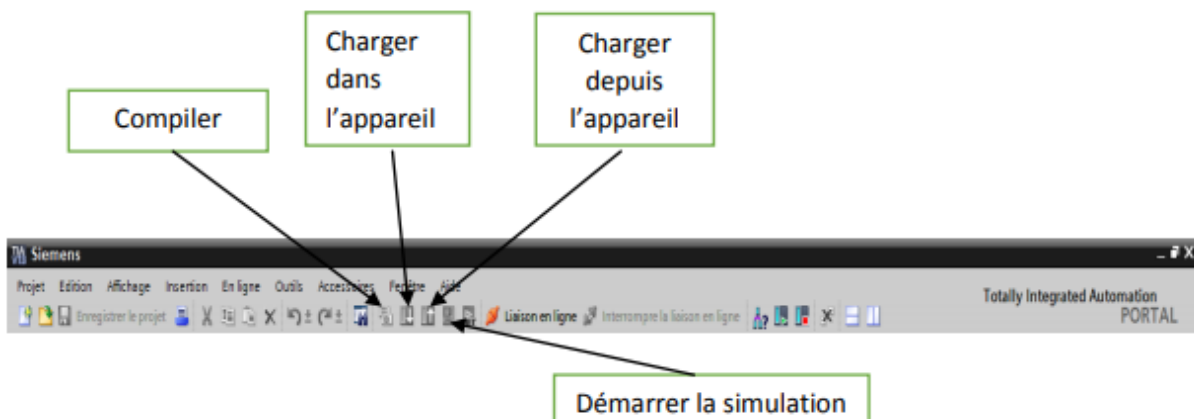


Figure III.9 : Compilation et chargement

### 8.7- Vue de réseau :

La vue réseau est utilisée pour configurer la communication dans l'installation. Elle permet de définir graphiquement, très clairement les liens de communication entre les différentes stations.

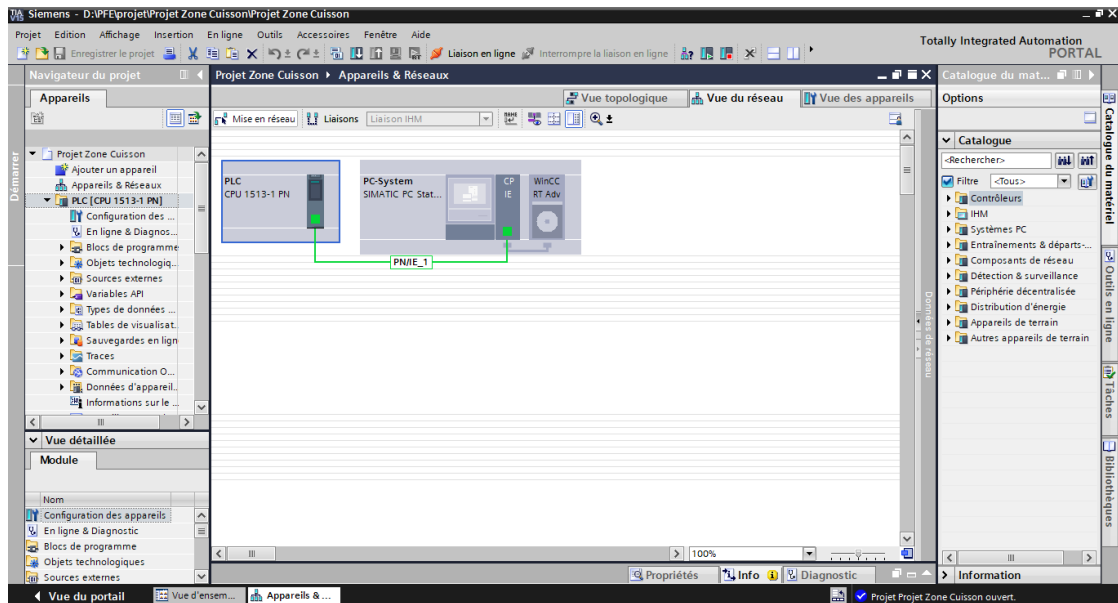


Figure III.10 : Vue réseau

### 8.8- L'outil de simulation S7-PLCSIM :

Le logiciel TIA PORTAL fournit un outil de simulation appelé **PLCSIM**. Il vous permet d'exécuter et de tester tout en simulant le programme d'un projet sur un ordinateur ou une console de programmation avant de le charger dans un véritable automate programmable. Puisque la simulation est entièrement réalisée dans le logiciel TIA PORTAL, il n'est donc pas nécessaire d'interagir avec le matériel S7. L'avantage de cet outil, est que toutes les erreurs peuvent être détectées et remédiées.

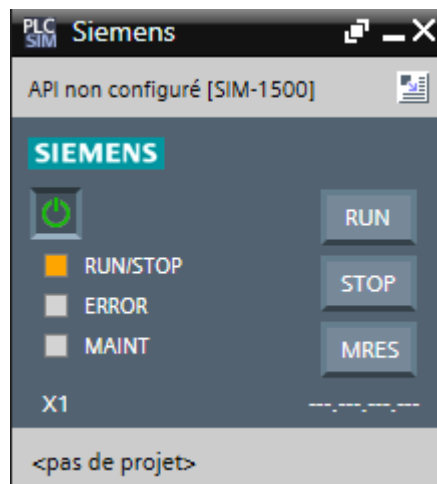


Figure III.12 : PLCSIM V15

**9- P&ID :**

Pour pouvoir identifier les équipements et instruments d'une manière simple pour la supervision, avoir de plus une idée sur la régulation (Contrôleurs PID) et le sens d'évolution de cette dernière. Nous nous servons d'un outil qui est communément connu aux sigles P&ID est ce qui définit comme un diagramme de tuyauteries et d'instrumentation (DTI) aussi connu de la langue anglaise comme Piping and Instrumentation Diagram/Drawing (P&ID), est un diagramme qui montre le flux du processus dans les tuyauteries, ainsi que les composants installés.

**10-Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté une vue d'ensemble de l'automate programmable industriel S7-1500 et logiciel TIA PORTAL, création d'un projet, Les langages de programmation disponible dans l'automate S7-1500, ainsi que les protocoles de communications.

---

# Chapitre IV

Programmation de l'analyse fonctionnelle

---



### 1- Introduction :

Afin de piloter l'atelier cuisson, nous allons réaliser un programme et l'implanter dans notre automate grâce au logiciel de conception de programmes pour des systèmes d'automatisation TIA Portal V15 de SIEMENS.

Dans ce chapitre, nous allons élaborer à partir de l'analyse fonctionnelle un programme d'automatisation, ainsi que la création de la supervision dédié au processus de cette zone.

### 2- Langages de programmation utilisés :

Afin de décrire les différentes étapes que nous avons élaborées pour la programmation, nous avons fait appel à deux langages **Ladder (CONT)** et **Liste d'instructions (IL)** pour détailler le fonctionnement correspondant.

- **Langage Ladder :**

Le langage Ladder ou schéma à contacts est un langage de programmation graphique très populaire auprès des automaticiens, Il ressemble un peu aux schémas électriques, et est facilement compréhensible. Il existe 3 types d'éléments de langage :

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

- **Langage Liste d'instructions :**

Le langage Liste d'instructions, est un langage textuel de bas niveau à une instruction par ligne. Il est particulièrement adapté aux applications de petite taille. Les instructions opèrent toujours sur un résultat courant (ou registre IL).

L'opérateur indique le type d'opération à effectuer entre le résultat courant et l'opérande. Le résultat de l'opération est stocké à son tour dans le résultat courant.

### 3- La programmation multi-instances :

Afin d'optimiser notre programme ou à cause de la capacité mémoire de la CPU utilisée, nous avons opté pour la programmation « **multi-instances** ».

- **Notions de la multi-instance dans la programmation :**

L'appel d'un bloc fonctionnel est appelé instance. Pour chaque appel d'un FB, une zone mémoire lui est affectée, un DB d'instance, contenant les données utiles au traitement du bloc. Ainsi, les paramètres locaux et les données statiques des FB sont stockés à l'intérieur. Les variables déclarées dans le FB déterminent la structure du DB d'instance [15].

Les blocs de données d'instance peuvent être affectés comme suit :

- Appel en tant qu'instance unique : Un DB d'instance différent pour chaque instance d'un FB.

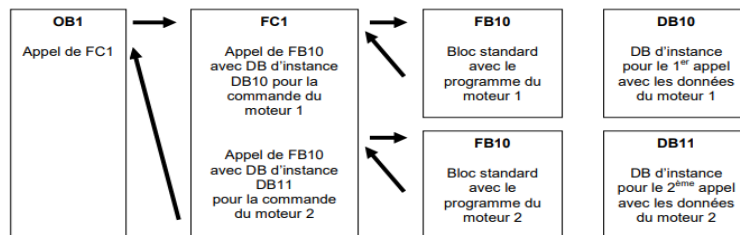


Figure IV.1 : Programmation unique instance

- Appel en tant que multi-instance : Un seul DB d'instance pour plusieurs instances d'un ou plusieurs FB.

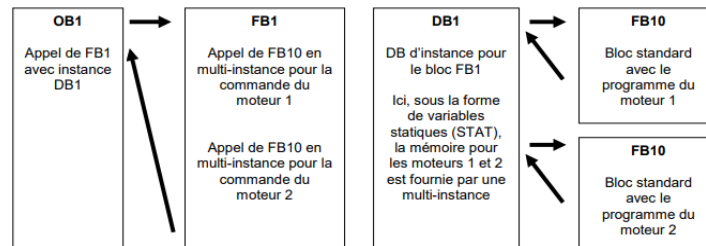


Figure IV.2 : Programmation multi instance

La figure ci-dessus montre deux moteurs contrôlés par un bloc fonctionnel FB10 qui est appelé deux fois. Les différentes données des deux moteurs (par exemple marche, arrêt, temps réponse de marche.....) sont stockées en tant que multi-instances dans un seul bloc de données d'instance DB1 du bloc fonctionnel FB1 appelant.

#### 4- Le programme utilisateur :

##### 4.1- Description du programme :

Afin de répondre au besoin du cahier de charge et à l'exigence du processus, nous avons développé un programme afin d'arriver à la solution d'automatisation recherchée.

Pour cela, nous avons réparti le travail en cinq phases essentielles :

- La première phase : consiste à choisir la configuration matérielle requise en définissant la CPU (comme il est indiqué dans le chapitre précédent).
- La deuxième phase : concerne à attribuer une liste des mnémoniques à chaque adresse d'entrée/sortie (des mémentos dans notre cas d'étude).
- La troisième phase : est la plus importante, elle permet de développer le programme d'exécution en utilisant toutes les blocs fonctionnels et blocs de données nécessaires au déroulement du processus.
- La quatrième phase : consiste à réaliser une supervision. Cette dernière, sert à visualiser le processus de manière à être compréhensible par l'utilisateur.
- La dernière phase : comprend la phase de la régulation.

##### 4.2- La table des mnémoniques :

Avant de commencer la programmation, il est préférable de créer une table de mnémoniques dans laquelle nous avons attribué à chaque opérande, une mnémonique et un commentaire afin de faciliter la compréhension et l'organisation de l'application.

La figure suivante représente notre table de mnémonique créée dans le projet.

Variables API										
	Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Ecritu...	Visibl...	Surveilla...	C...
1	Forçage(1)	Table de variabl...	Bool	%M1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	False	Table de variables s...	Bool	%M1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	True	Table de variables s...	Bool	%M1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Disponibilité(1)	Table de variables s...	Bool	%M1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Exhaure_1	Table de variables s...	Int	%MW20		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	Mesure Exhaure	Table de variables s...	Real	%MD26		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	Consigne Exhaure	Table de variables s...	Real	%MD30		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	IDFAN_1	Table de variables s...	Int	%MW34		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	IDFAN_2	Table de variables s...	Dint	%MD36		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	Mesure IDFAN	Table de variables s...	Real	%MD40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	Consigne IDFAN	Table de variables s...	Real	%MD44		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	Four_1	Table de variables s...	Int	%MW48		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	Four_2	Table de variables s...	Dint	%MD50		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	Mesure Four	Table de variables s...	Real	%MD54		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	Consigne Four	Table de variables s...	Real	%MD58		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	Matière_1	Table de variables s...	Int	%MW62		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	Matière_2	Table de variables s...	Dint	%MD64		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	Mesure Matière	Table de variables s...	Real	%MD68		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
19	Consigne Matière	Table de variables s...	Real	%MD72		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
20	Gas_1	Table de variables s...	Int	%MW76		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21	Gas_2	Table de variables s...	Dint	%MD78		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
22	Mesure Gas	Table de variables s...	Real	%MD82		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
23	Consigne Gas	Table de variables s...	Real	%MD86		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
24	Pré-Ca_1	Table de variables s...	Int	%MW90		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
25	Pré-Ca_2	Table de variables s...	Dint	%MD92		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figure IV.3 : Table des variables

4.3- Structure du programme :

Après avoir déclaré les mnémoniques, on entame maintenant le programme d'exécution. La méthode la plus efficace pour une bonne organisation de projet est de créer des fonctions et d'attribuer à chacune une tâche particulière à exécuter. La structure de projet en un ensemble de fonctions est montrée sur la figure qui suit :

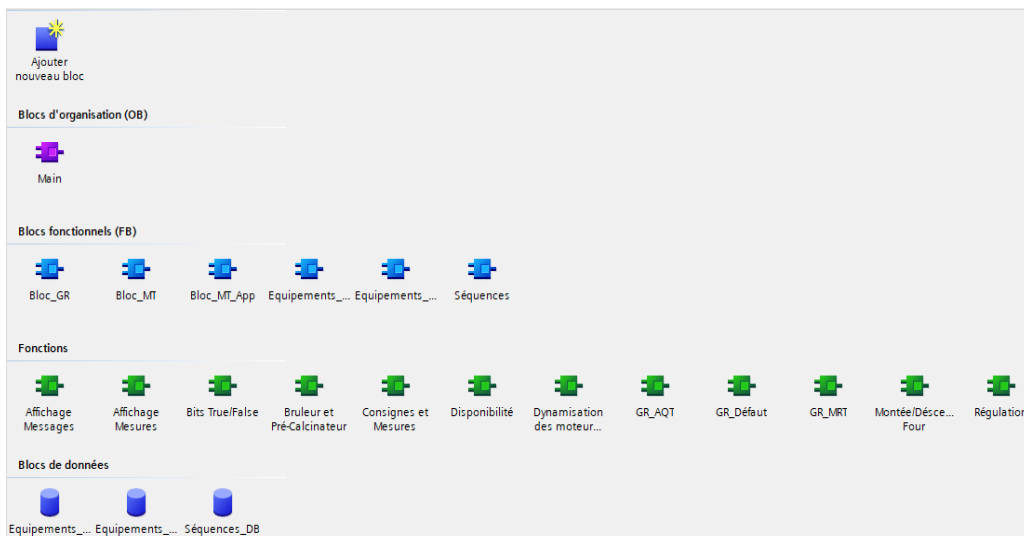


Figure IV.4 : Vue d'ensemble du programme

4.4- La programmation des blocs :

Nous allons commencer par programmer les blocs fonctionnels, puis on développe les fonctions et enfin nous allons les appeler dans le bloc d'organisation.

4.4.1- Les blocs fonctionnels (FB) :

- Bloc\_MT (FB1) :

L'atelier cuisson contient plusieurs équipements avec des moteurs où le principe de fonctionnement est identique. Alors pour une meilleure approche et la flexibilité de la commande des entraînements des actionneurs de cette zone, il suffit de concevoir et programmer un model standard d'un moteur et de faire l'appel de ce dernier pour tous les équipements de l'atelier afin de faciliter le côté programmation.

Ce bloc est construit comme suit :

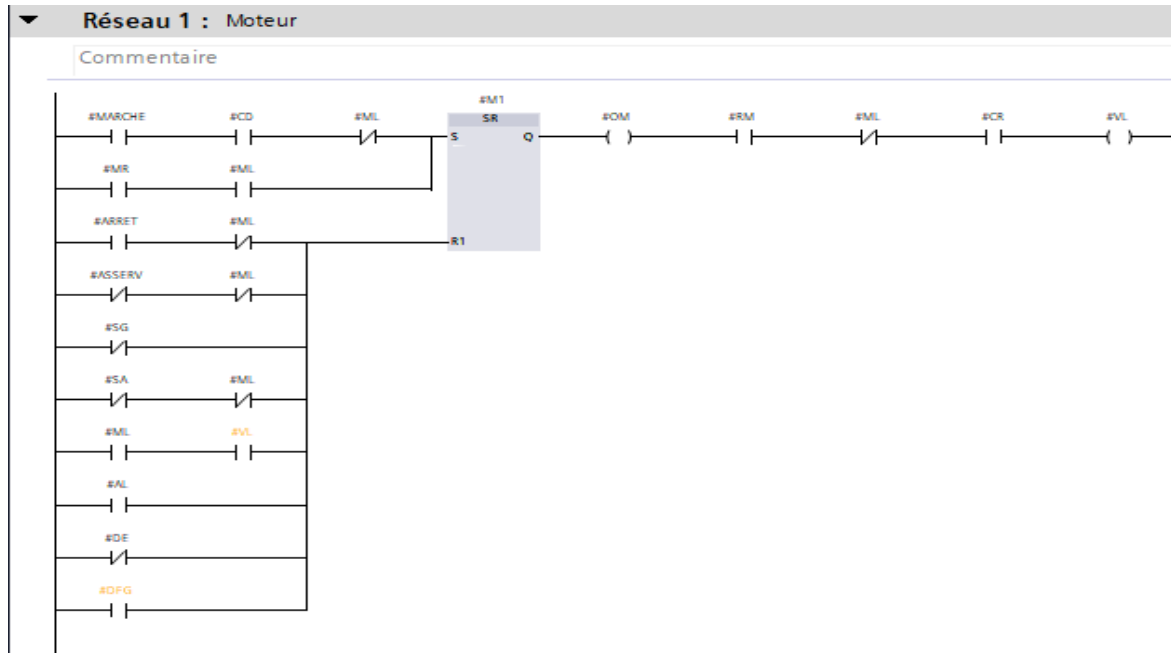


Figure IV.5 : Bloc moteur FB1 (réseau 1)

Dans ce premier réseau, nous avons fait appel à la bascule 'SR' afin de bien programmer le fonctionnement du moteur pour les raisons suivantes :

- Un maintien à la sortie car le contact marche est impulsionnel.
- La priorité de l'arrêt en cas d'une mauvaise conduite ou un défaut.

Les lignes qui entrent dans le 'S' de la bascule assurent le démarrage du moteur, dont la première ligne représente le démarrage de l'équipement en mode distance en vérifiant les conditions de démarrage (CD). La deuxième ligne est le cas d'un démarrage local après la sélection de l'opérateur du mode local.

Passant à les lignes qui entrent dans le 'R' de la bascule qui permettent l'arrêt du moteur sont :

- o L'arrêt du moteur en mode distance.
- o Absence de l'asservissement entre les équipements en mode distance (ASSERV).
- o Absence de la sécurité générale dans les deux modes (SG).
- o Pas de sécurité en mode automatique (SA).
- o Le passage en mode local.
- o L'arrêt du moteur en mode local.
- o L'arrêt d'urgence par mesure de sécurité.
- o Indisponibilité électrique du moteur.
- o Un défaut général (chute du contacteur, pas de réponse du contrôleur de rotation...).

Donc pour avoir un moteur en service, il faut assurer la validation de ce dernier en mode automatique par l'obtention d'un retour de marche (RM) et une réponse du contrôleur de rotation (CR) afin de confirmer l'ordre de marche du moteur.

Le défaut général « DFG » est composé de cinq (05) défauts qui représentent les défauts internes du moteur, ils sont montrés dans la figure suivante :

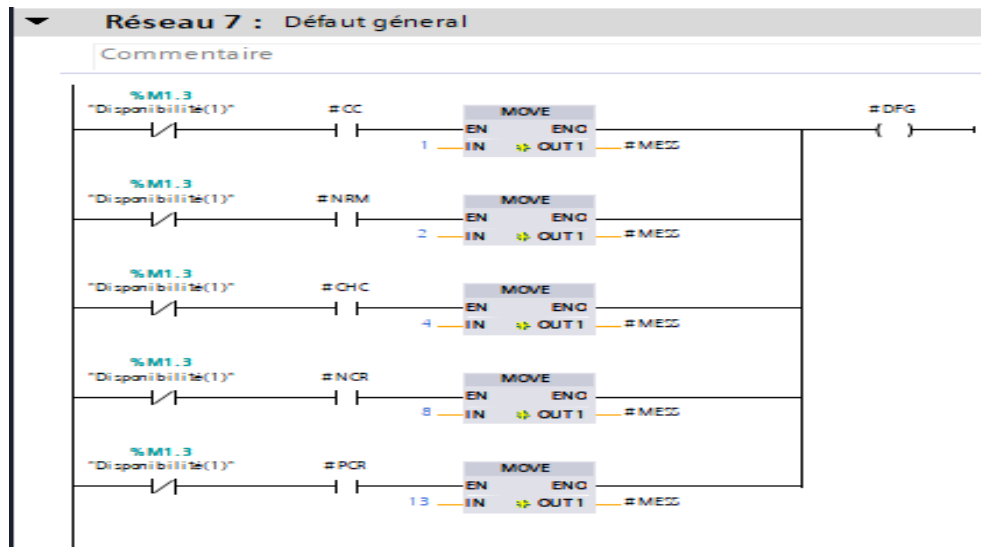


Figure IV.6 : Bloc moteur FB1 (réseau 7)

Ils existent les défauts de la réponse de marche (RM) comme : la chute du contacteur (CHC), pas de réponse de marche (NRM) ou un contacteur collé (CC)

Et les défauts du contrôleur de rotation qui sont : la perte du contrôleur (PCR) ou pas de réponse de ce dernier (NCR)

**NB :** Nous avons utilisé l'instruction « Move » pour afficher les messages des défauts dans la supervision et le contact (Disponibilité(1)) afin d'isoler ces défauts dans la vue globale pour confirmer la disponibilité de tous les équipements.

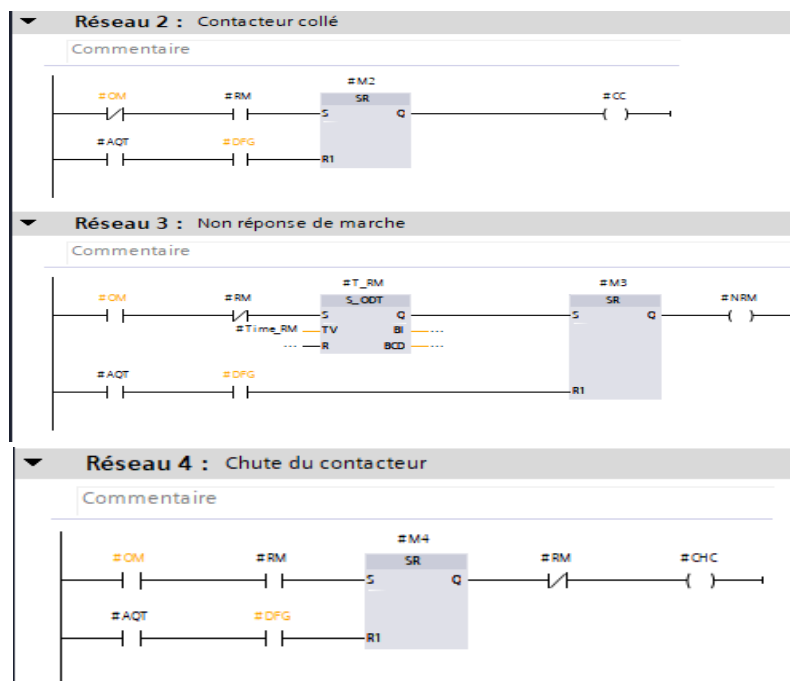


Figure IV.7 : Bloc moteur FB1 (réseau 2, 3 et 4)

Les réseaux de la figure au-dessus représentent les défauts qui se produisent par le contacteur qui sont :

- **Contacteur collé (CC)** : La présence de la réponse de marche sans un ordre de marche.

- **Non réponse de marche (NRM)** : L'absence de la réponse de marche avec présence de l'ordre après une temporisation d'attente.
- **Chute du contacteur (CHC)** : Perte de la réponse de marche après avoir été obtenu.

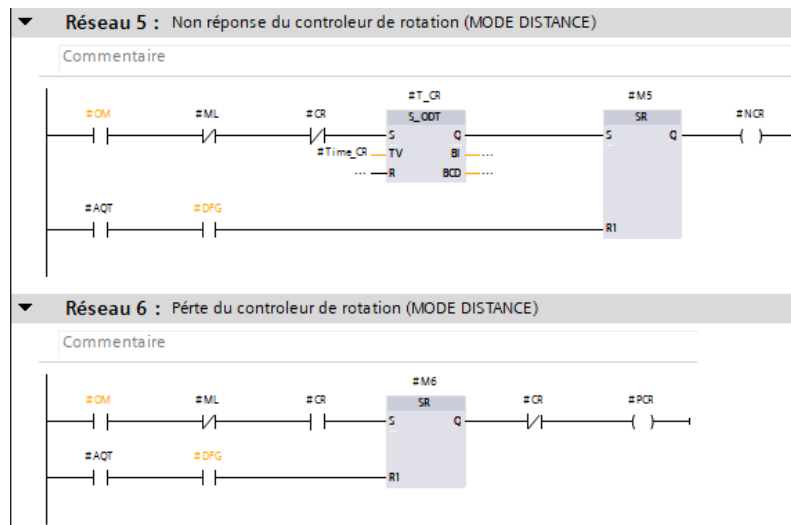


Figure IV.8 : Bloc moteur FB1 (réseau 5 et 6)

La présence des défauts du contrôleur est seulement en mode distance, ils sont présentés comme suite :

- **Non réponse du contrôleur de rotation (NCR)** : La présence de l'ordre et pas de réponse du contrôleur de rotation après un temps écoulé, nous confirmons l'absence du contrôleur en mode distance.
- **Perte du contrôleur de rotation (PCR)** : Perte du contrôleur après avoir été obtenu.

**Instructions utilisés :**

- **Bascule SR** : L'instruction "Bascule 'mise à 1/mise à 0'" permet de mettre à 1 ou à 0 le bit d'un opérande spécifié quel que soit l'état logique aux entrées S et R1. Si l'état logique est égal à "1" à l'entrée S et est égal à "0" à l'entrée R1, l'opérande indiqué est mis à "1". Quand l'entrée S est à "0" et l'entrée R1 à "1", l'opérande spécifié est remis à "0". L'entrée R1 a la priorité sur l'entrée S. Quand les deux entrées S et R1 sont à "1", l'opérande spécifié est mis à "0".
- **Move** : L'instruction "Copier valeur" vous permet de transférer le contenu de l'opérande à l'entrée IN dans l'opérande à la sortie OUT1. Le transfert s'effectue toujours dans le sens croissant des adresses.
- **S\_ODT ou TON** : L'instruction "Retard à la montée" vous permet de retarder la mise à 1 de la sortie Q de la durée programmée PT. L'instruction est démarrée lorsque le résultat logique (RLO) à l'entrée IN passe de "0" à "1" (front montant). La durée PT programmée débute au démarrage de l'instruction. Une fois la durée PT écoulée, la sortie Q fournit l'état logique "1". La sortie Q reste à 1 tant que l'entrée de démarrage fournit "1". Lorsque l'état logique à l'entrée de démarrage passe de "1" à "0", la sortie Q est remise à 0. La fonction de temporisation est redémarrée lorsqu'un nouveau front montant est détecté à l'entrée de démarrage.

- **Equipement\_MT (FB2) :**

Ce bloc sert à appeler le bloc\_MT pour tous les équipements qui existent dans l'atelier afin de vérifier les conditions de verrouillage de l'équipement (CD, ASSERV, SG et SA) et assurer la mise en service du moteur.

Alors, nous appelons le bloc moteur en multi-instance comme le démontre la figure suivante :

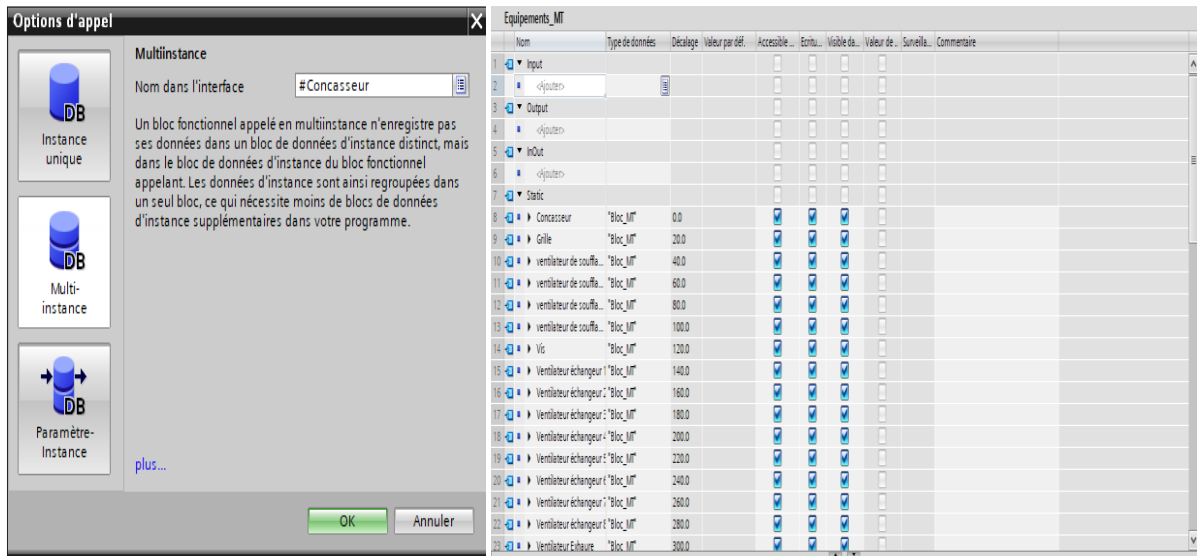


Figure IV.9 : Appel du bloc moteur FB1 en multi instance

On obtient un bloc avec l'interface que on a définie, une interface de bloc (multi-instance) et les connexions EN et ENO est inséré dans le réseau du bloc fonctionnel.

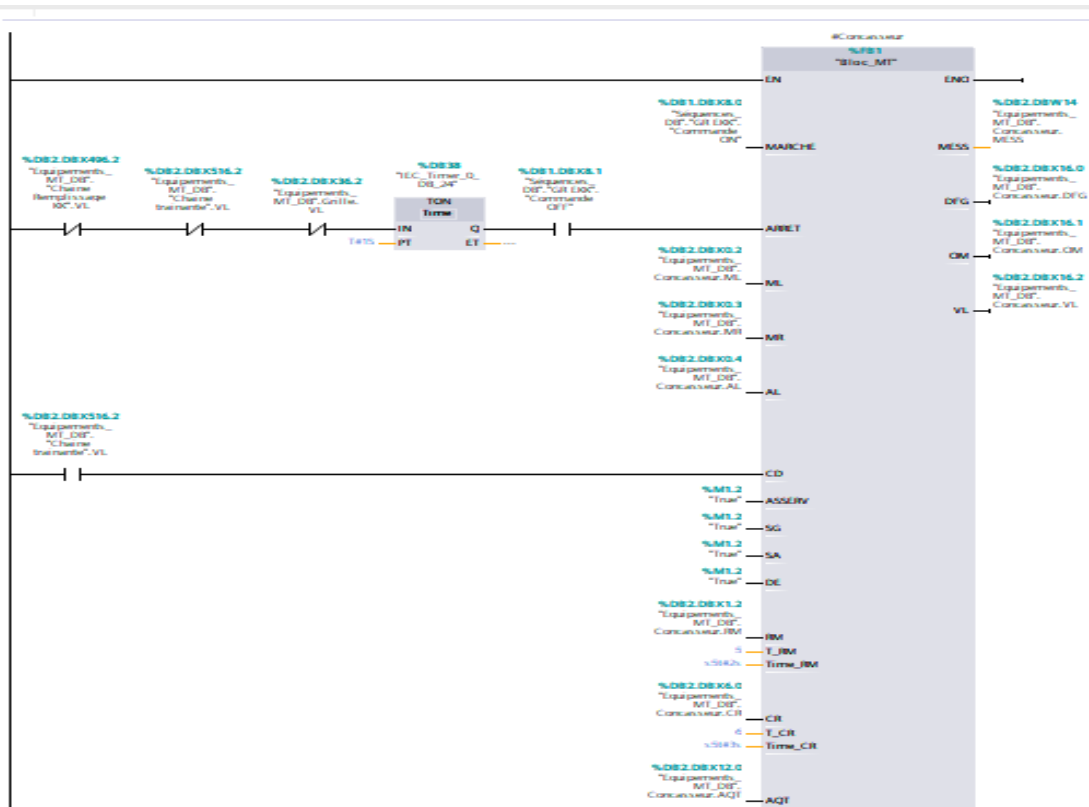


Figure IV.10 : Bloc Equipment FB2 (concasseur)

Pour connecter le bloc avec les variables globales, on appelle cette fonction dans le bloc d'organisation (OB1) afin de créer un bloc de données Equipement\_MT\_DB (DB2).

Nom	Type de données	Décalage	Valeur de départ	Rémanence	Accessible...	Ecritu...	Visible da...	Valeur de ...	Surveilla...	Commentaire
1	Input									
2	Output									
3	InOut									
4	Static									
5	Concasseur	"Bloc_MT"	0.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Grille	"Bloc_MT"	20.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	ventilateur de souffla...	"Bloc_MT"	40.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	ventilateur de souffla...	"Bloc_MT"	60.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	ventilateur de souffla...	"Bloc_MT"	80.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	ventilateur de souffla...	"Bloc_MT"	100.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Vis	"Bloc_MT"	120.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Ventilateur échangeur 1	"Bloc_MT"	140.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Ventilateur échangeur 2	"Bloc_MT"	160.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Ventilateur échangeur 3	"Bloc_MT"	180.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Ventilateur échangeur 4	"Bloc_MT"	200.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Ventilateur échangeur 5	"Bloc_MT"	220.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	Ventilateur échangeur 6	"Bloc_MT"	240.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	Ventilateur échangeur 7	"Bloc_MT"	260.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	Ventilateur échangeur 8	"Bloc_MT"	280.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	Ventilateur Exhaure	"Bloc_MT"	300.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	Séquenceur	"Bloc_MT"	320.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	Ventilateur Air Primaire	"Bloc_MT"	340.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23	Graisage	"Bloc_MT"	360.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	Entraînement Four	"Bloc_MT"	380.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25	Elevateur	"Bloc_MT"	400.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
26	Donneur	"Bloc_MT"	420.0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figure IV.11 : Bloc de donnée du bloc moteur DB2

Dans cet équipement, nous avons ajouté comme conditions au bloc :

- L'arrêt du concasseur sera après une deuxième commande OFF par mesure de protection du moteur (électrique et mécanique) car il fait parti des grands moteurs de l'atelier, pour éviter le redémarrage après la maintenance des moteurs de la même séquence.
- La chaîne trainante en service représente une condition de démarrage au concasseur.

Les conditions ajoutées aux autres équipements de l'atelier seront présenté dans l'Annexe.

#### • Bloc\_GR (FB3) :

Une fois les équipements sont créés, on va les regrouper dans des séquences en décomposant l'atelier à un nombre de groupes des équipements où chaque groupe va assurer une partie de l'analyse fonctionnelle.

Dans notre cas d'étude l'atelier cuisson se compose de sept (07) séquences, on va suivre la même démarche effectuée dans la programmation des moteurs.

On va concevoir un modèle de groupe et on fait l'appel de ce dernier pour le nombre de séquences voulus.

Le bloc est construit comme suit :



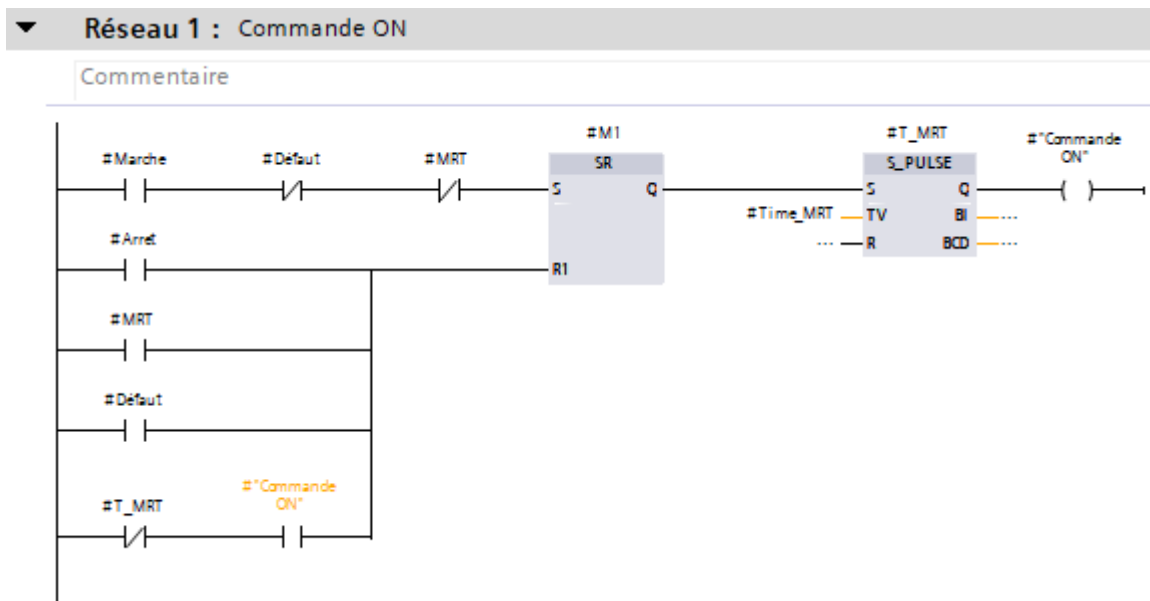


Figure IV.12 : Bloc groupe FB3 (réseau 1)

La sortie est impulsionnelle. Donc la commande ON est maintenue tant qu'il y a un ordre de marche de la séquence sans défaut et le groupe n'est pas complètement en service pour assurer le démarrage de tous les moteurs.

Une fois le temps écoulé de la marche totale, la commande ON n'est plus maintenue pour éviter le redémarrage d'un moteur en cas d'un arrêt volontaire.

Le groupe est arrêté par les conditions suivantes :

- L'arrêt volontaire de la séquence par la commande OFF.
- La marche totale qui assure que tous les moteurs sont en service après un temps écoulé elle annule la commande ON.
- Un défaut qui se produit.
- La présence de la commande ON après l'écoulement du temps de la marche totale.

Si le temps d'activation de la variable « **MRT** » dépasse le temps de mise en marche de toute la séquence, qui veut dire la somme du temps écoulé de réponse des contrôleurs de rotation(CR) adéquat à tous les moteurs de la séquence, la variable « **commande\_ON** » sera désactivé. Et si au contraire la « **MRT** » arrive avant le temps prévu pour le démarrage de la séquence cela implique qu'il y a un problème et donc entraîne aussi la désactivation de la « **commande\_ON** ».

Il faut mentionner que la « **commande\_ON** » est une réponse impulsionnelle dédiée qu'au démarrage du bloc moteur. Cependant la « **MRT** » permet de l'annuler.

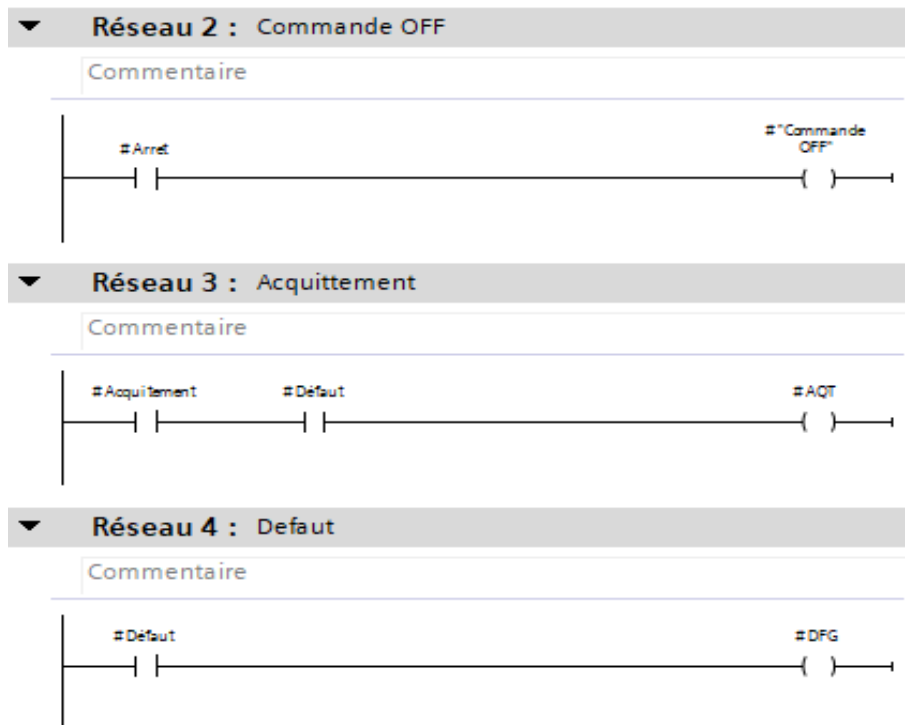


Figure IV.13 : Bloc groupe FB3 (réseau 2,3 et 4)

- Le premier réseau, l'ordre d'arrêt d'une séquence sera la commande OFF d'un équipement d'une séquence donnée.
- Le deuxième réseau, il représente l'acquittement des défauts du groupe des moteurs.
- Le troisième réseau, il nous indique la présence des défauts dans la séquence.

#### Instructions utilisés :

- **S\_Pulse ou TP** : Avec l'instruction "Paramétrer et lancer la temporisation 'Impulsion'", vous démarrez une temporisation programmée quand un changement de "0" à "1" (front montant) est détecté sur le résultat logique (RLO) à l'entrée S. La temporisation s'écoule pendant la durée programmée (TV) tant que l'entrée S est à l'état logique "1". Si l'entrée S passe à "0" avant l'écoulement de la durée programmée, la temporisation est stoppée. Dans ce cas, la sortie Q est à l'état logique "0".

- **Séquences (FB4) :**

Ce bloc sert à appeler le bloc\_GR pour tous les séquences qui existent dans l'atelier afin de donner la commande ON ou OFF à tous les moteurs d'une séquence pour assurer l'ordre de marche ou d'arrêt d'un équipement et l'acquiescement des défauts en cas d'une présence.

Alors, nous appelons le bloc groupe en multi-instance comme le démontre la figure suivante :

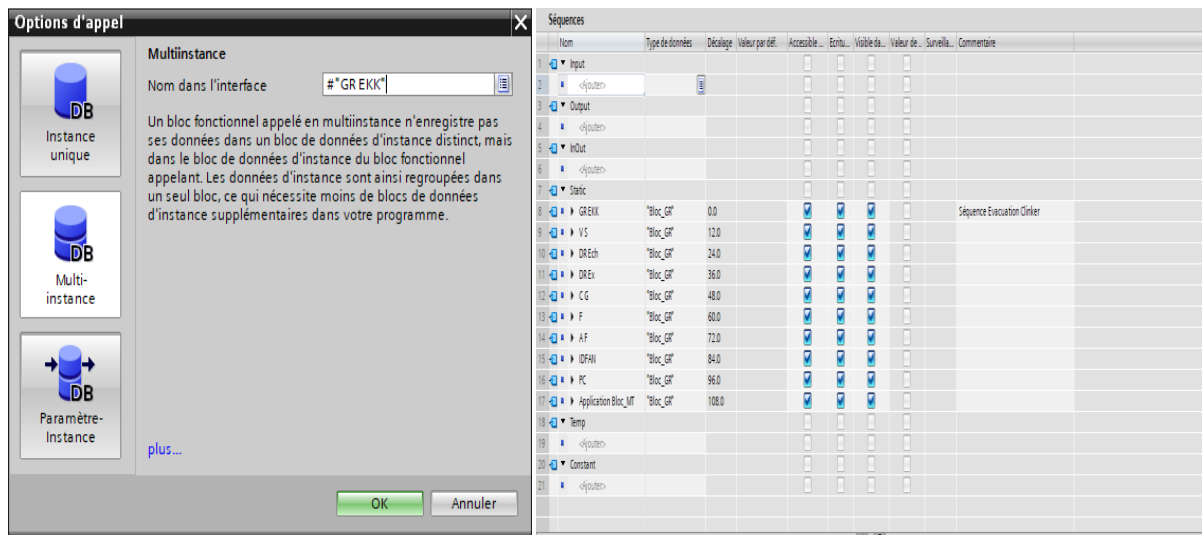


Figure IV.14 : Appel du bloc groupe FB3 en multi instance

On obtient un bloc avec l'interface que on a définie, une interface de bloc (multi-instance) et les connexions EN et ENO est inséré dans le réseau du bloc fonctionnel.

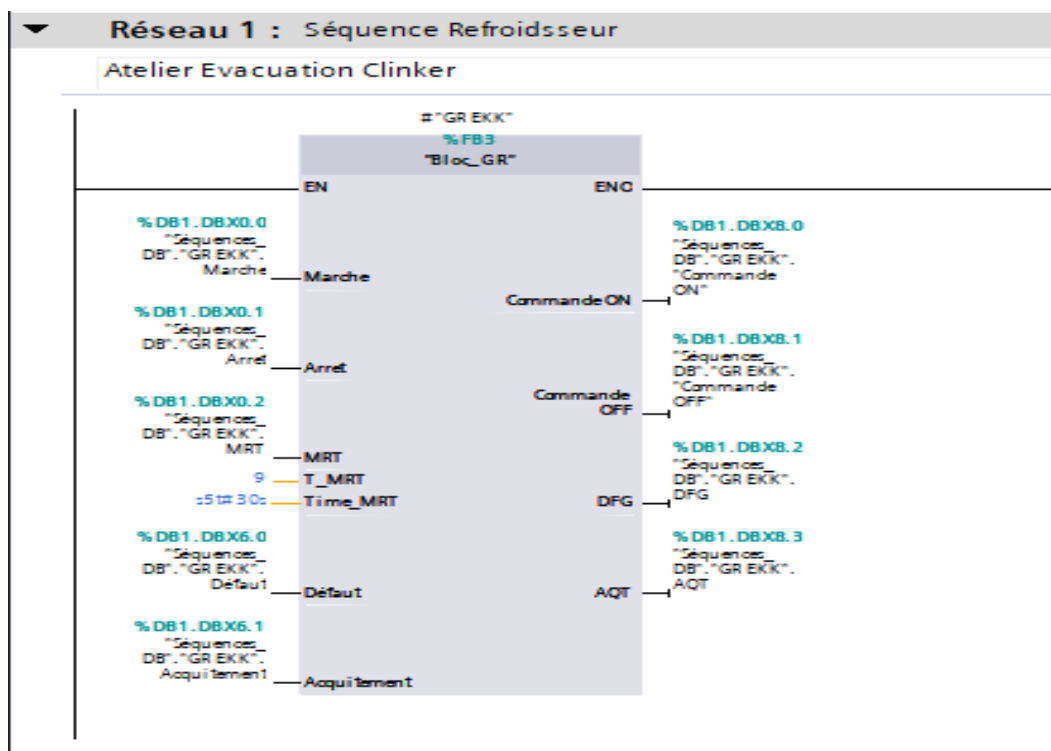


Figure IV.15 : Bloc séquence FB4 (groupe évacuation clinker)

Pour connecter le bloc avec les variables globales, on appelle cette fonction dans le bloc d'organisation (OB1) afin de créer un bloc de données Séquences\_DB (DB1).

Nom	Type de données	Décalage	Valeur de départ	Rémanence	Accessible...	Ecritu...	Visible da...	Valeur de...	Surveilla...	Commentaire
1	Input									
2	Output									
3	InOut									
4	Static									
5	GREKK	"Bloc_GR"	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Séquence Evacuation Clinker
6	V S	"Bloc_GR"	12.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
7	DR Ech	"Bloc_GR"	24.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
8	DR Ex	"Bloc_GR"	36.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
9	C G	"Bloc_GR"	48.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
10	F	"Bloc_GR"	60.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
11	A F	"Bloc_GR"	72.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
12	IDFAN	"Bloc_GR"	84.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
13	PC	"Bloc_GR"	96.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
14	Application Bloc_MT	"Bloc_GR"	108.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			

Figure IV.16 : Bloc de donnée du bloc séquence DB1 (groupe évacuation clinker)

• **Bloc\_MT\_App (FB5) :**

Ce bloc est identique au Bloc\_MT, nous avons ajouté ce bloc afin de faire apparaître les défauts internes du moteur et leurs messages dans la vue Application Bloc\_MT qui représente le mode réel des moteurs.

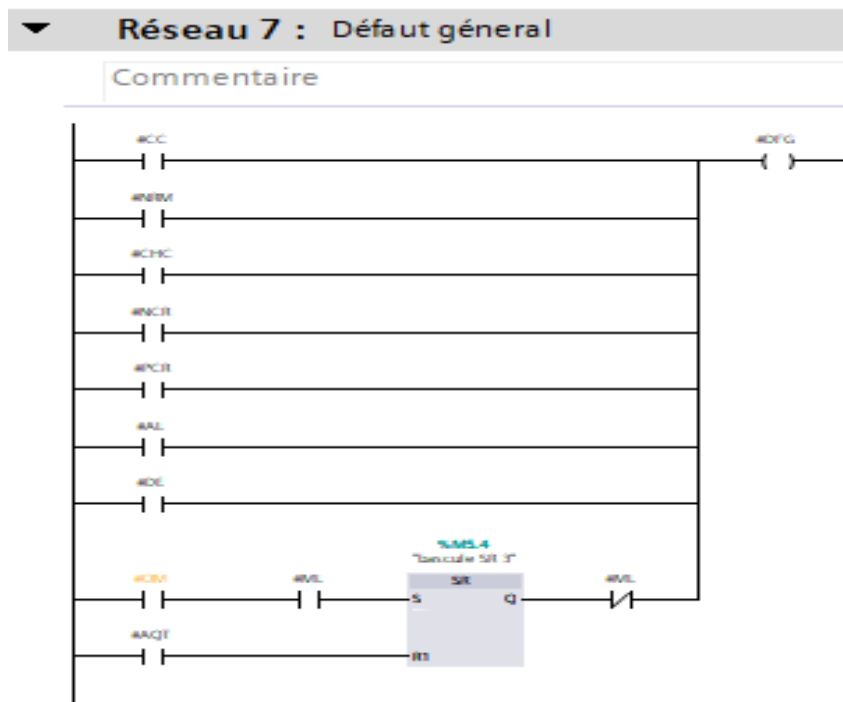


Figure IV.17 : Bloc moteur application FB5 (réseau 7)

Nous avons gardé les mêmes défauts en incluant l'arrêt local, ainsi l'indisponibilité électrique avec un défaut supplémentaire qui est le passage du mode local au mode distance.

L'affichage des messages sera à partir de la variable (Mess) de type 'Word' avec indication des bits comme le représente la figure au-dessous.

**NB :** le contact (Activer\_Message\_par\_Vue) est utilisé pour faire disparaître les messages dans les autres vues de la supervision.

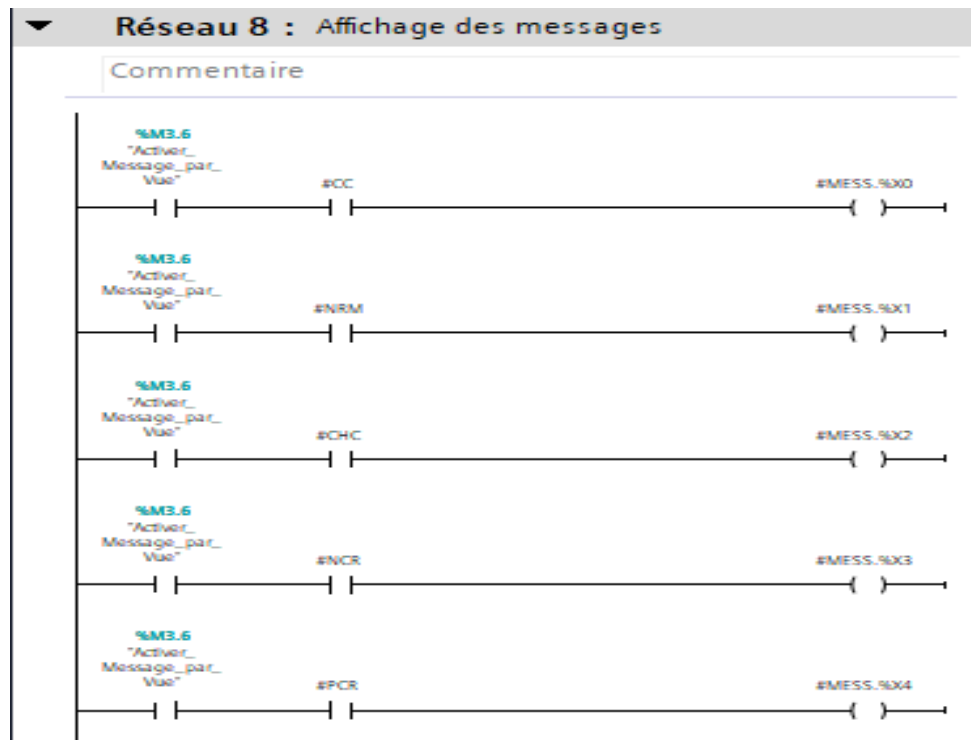


Figure IV.18 : Bloc moteur application FB5 (réseau 8)

- **Equipements\_MT\_App (FB6) :**

Ce bloc est identique à l'Equipements\_MT, est utilisé pour appeler le bloc moteur application pour le mode réel dans la vue Application Bloc\_MT.

Donc nous avons créé deux équipements pour ce mode qui sont : la chaîne remplissage clinker et la chaîne trainante.

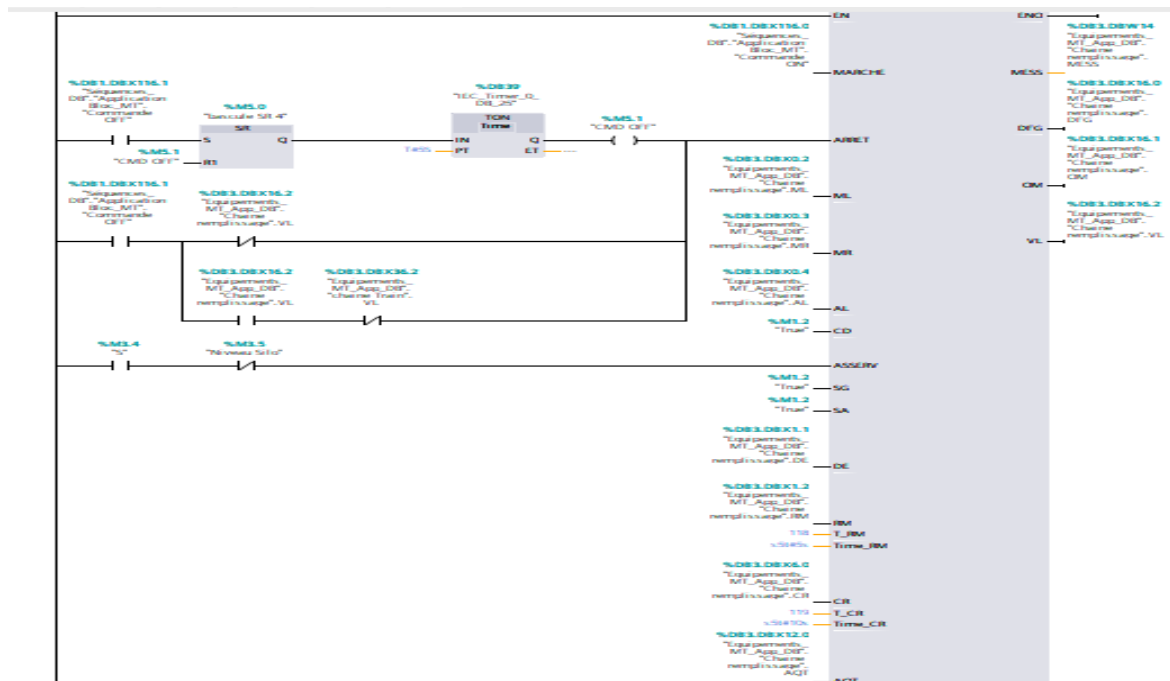


Figure IV.19 : Bloc Equipement application FB6 (chaîne remplissage clinker)

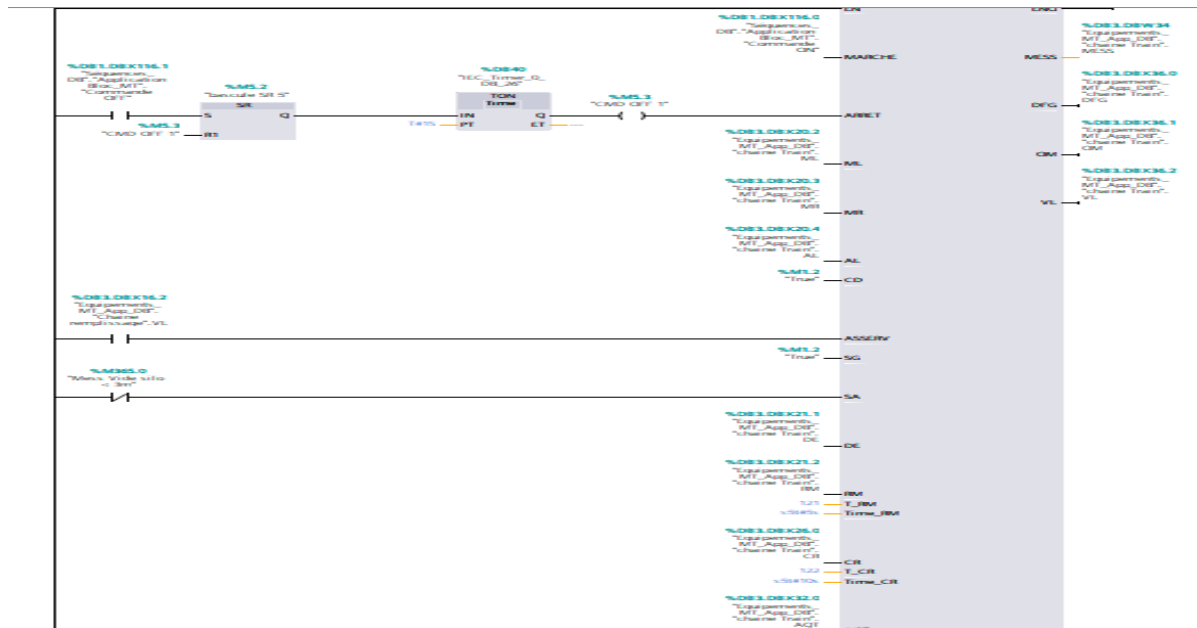


Figure IV.20 : Bloc Equipment application FB6 (chaîne trainante)

Pour ces deux équipements du mode réel, nous avons ajouté des conditions comme :

- L'arrêt du moteur après un temps pour ne pas déclencher les équipements simultanément (suivant l'analyse fonctionnelle).
- L'arrêt de la chaîne remplissage entraine des défauts pour différents cas.
- La sélection qui assure l'asservissement de la chaîne remplissage ainsi le niveau plein du silo peut engendrer un défaut.
- Le déclenchement de la chaîne trainante par mesure de sécurité en cas où le silo est plein.

4.4.2- Les fonctions (FC) :

• Fonction de disponibilité (FC1) :

En industrie, afin de démarrer un équipement, l'opérateur ou l'ingénieur doit d'abord lui procuré un ordre de marche(OM), de façon à vérifier qu'il reçoit de l'électricité avec un retour de marche(RM) reçu du contacteur, ensuite s'assurer que son moteur tourne réellement a l'aide d'un signal subvenu du contrôleur de rotation(CR). En ayant ces deux validations avec aucun défaut apparent, l'équipement peut enfin démarrer et la validation de ce dernier sera générée au moteur qui le suit directement pour qu'il puisse démarrer à son tour, dans le cas ou on est en présence d'un système asservis.

Puisque notre projet consiste à créer un modèle de simulation, on ne dispose pas réellement d'équipements du coup la validation du (RM) et (OM) doit se faire a travers un programme, alors on était en mesure de créer une fonction appelée « disponibilité » qui permet de valider ces deux là a l'aide d'un **TIMER** générant un signal après une durée de **2 secondes** pour le (RM) et **3 secondes** pour le (CR). Au début de chaque nouvelle simulation, la fonction de disponibilité doit être absolument activée sinon aucun équipement ne démarrera. En absence de cette fonction on est obligé d'activer le (RM) et le (CR) de chaque

moteur et cela demande beaucoup plus de temps. Elle remplace le contacteur et le capteur de rotation en même temps.

L'activation de cette fonction programmer en langage **LIST**, se fait à travers la variable « **Disponibilité(1) %M1.3** » affecté au bouton « Disponibilité » en haut a droite de la vue globale en synoptique (PS : Vert→Activer / Rouge→Désactiver).

Step	Instruction	Address
1	A "Disponibilité(1)"	%M1.3
2	A "Equipements_MT_DB"."Chaine Remplissage KK".OM	%DB2.DEX496.1
3	L s5t#2s	s5t#2s
4	SD "tempo1"	%T110
5	NOP 0	
6	NOP 0	
7	NOP 0	
8	A "tempo1"	%T110
9	= "Equipements_MT_DB"."Chaine Remplissage KK".RM	%DB2.DEX481.2
10	A "Disponibilité(1)"	%M1.3
11	A "Equipements_MT_DB"."Chaine Remplissage KK".OM	%DB2.DEX496.1
12	L s5t#3s	s5t#3s
13	SD "tempo2"	%T111
14	NOP 0	
15	NOP 0	
16	NOP 0	
17	A "tempo2"	%T111
18	= "Equipements_MT_DB"."Chaine Remplissage KK".CR	%DB2.DEX486.0

Figure IV.21 : Fonction disponibilité

• **Fonction Marche totale « MRT » (FC2) :**

Cette fonction permet de s'assurer que tous les équipements mise en marche par la séquence sont en état de fonctionnement, après avoir reçus l'ordre de démarrage à travers la variable « **commande\_ON** » de la séquence en question.

La fonction sera activer dans le cas ou tous les équipements de la séquence sans exception, obtiennent leurs validation(VL).

Step	Instruction	Address
1	A "Equipements_MT_DB"."Chaine Remplissage KK".VL	%DB2.DBX496.2
2	A "Equipements_MT_DB"."Chaine trainante".VL	%DB2.DBX516.2
3	A "Equipements_MT_DB".Concasseur.VL	%DB2.DBX16.2
4	A "Equipements_MT_DB".Grille.VL	%DB2.DBX36.2
5	= "Séquences_DB"."GR EKK".MRT	%DB1.DBX0.2

Figure IV.22 : Fonction marche totale

• **Fonction Groupe défauts (FC3) :**

Chaque équipement de l'atelier dispose de ces propres défauts (**05 défauts interne du moteurs et d'autres défauts pour la sécurité d'asservissement considérés comme externe par différentes variables**). Pour ne pas trop encombrer notre bloc séquence et procéder d'une façon beaucoup plus organisée, on a donc décidé de créer une fonction qui permet d'englober toutes les variables, de façon à ce que chaque défaut d'équipements représenté par la variable « **DFG** » de la séquence, sera regroupé dans une seule variable qui est « **défaut** ».

Du coup si un seul équipement de la séquence représente une anomalie, la séquence sera automatiquement en état d'arrêt, cela est effectué à l'aide de l'instruction **O** qui représente le « OU / OR » en langage **LIST**. À ce moment là, on doit analyser et régler les problèmes présents, puis les acquittés pour enfin pouvoir relancer la séquence en question.

Réseau 1 : Défaut Séquence Evacuation Clinker			
Commentaire			
1	O	"Equipements_MT_DB"."Chaine Remplissage KK".DFG	§DB2.DBX496.0
2	O	"Equipements_MT_DB"."Chaine trainante".DFG	§DB2.DBX516.0
3	O	"Equipements_MT_DB".Concasseur.DFG	§DB2.DBX16.0
4	O	"Equipements_MT_DB".Grille.DFG	§DB2.DBX36.0
5	=	"Séquences_DB"."GR EKK".Défaut	§DB1.DBX6.0

Figure IV.23 : Fonction pour les défauts de la séquence

- **Fonction Groupe acquittement (FC5) :**

La création de cette fonction présente la même intention que celle qui la précède (FC3), qui veut dire : éviter l'encombrement du bloc séquence et procéder d'une façon beaucoup plus organisée. Sauf que celle-ci est adoptée pour une toute nouvelle utilité.

L'objectif principal de cette fonction est d'acquitter tous les défauts de la séquence à travers une seule variable (un seul bouton), quel que soit l'équipement présentant l'anomalie.

Afin de mieux assimilé le fonctionnement voici notre explication :

- Le contacteur dédié à la variable « AQT », représente l'acquitterment des défauts de la séquence. étant normalement ouvert, dès qu'on change son état, le signal passe et devra attendre la suite.
- La suite est un enchaînement de contacteurs normalement ouverts, l'un parallèle à l'autre (OU/OR), où chacun d'eux est dédié à la variable qui représente le défaut générale « DFG » de chaque équipement de la séquence.
- Une fois le défaut présent sur l'un ou plusieurs équipements de la séquence, la variable « DFG » change d'état et sera donc fermée.
- Du coup en voulant acquitter le ou les défauts, un changement d'état des variables « AQT » sera prévu et donc le signal passera et excitera à son tour les bobines adressées à l'acquitterment de chaque équipement.



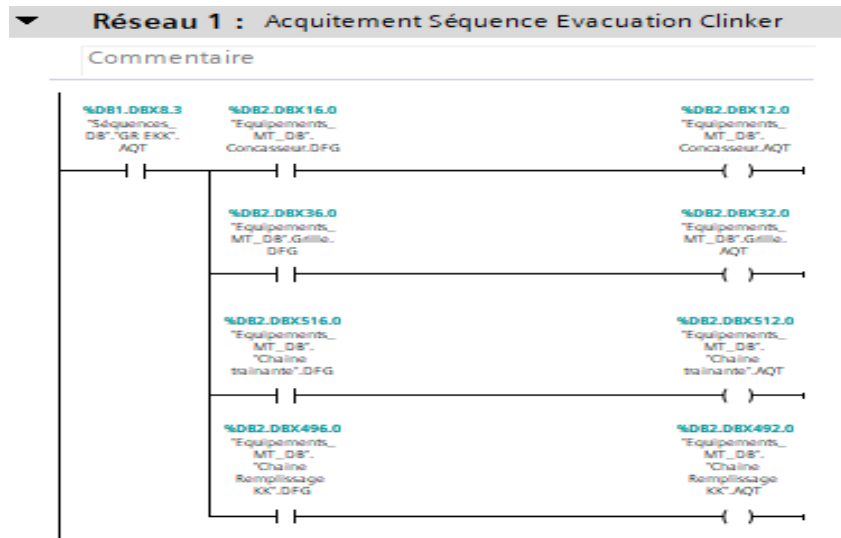


Figure IV.24 : Fonction pour les acquittements de la séquence

• **Fonction Bits True / False (FC4) :**

Lors de notre programmation on s’est rendu compte qu’on avait plusieurs variables qui devaient être forcé, qui veut dire soit les activer, soit le contraire et cela devra être en permanence.

Le logiciel « TIA PORTAL V15 » présente plusieurs moyen de le faire, mais on a voulu procédé d’une manière plus simple et rapide. Ce qui nous a poussés à créer cette fonction, contenant deux variables booléennes avec deux bits d’états différents, l’une toujours active (laisse passer le signal) et l’autre toujours inactive (ne laisse pas passer le signal) effectuée à l’aide d’une porte logique **NOT**.

- Variable dont l’état du bit 1 est **inactif** : %M1.1 → FALSE.
- Variable dont l’état du bit 2 est **actif** : %M1.2 → TRUE.

Donc à l’aide de cette fonction, si on veut activer ou bien désactiver l’état de fonctionnement d’une variable, option dans un bloc...etc. on a qu’à lui affecter l’une de ces deux variables, selon notre cahier de charge.

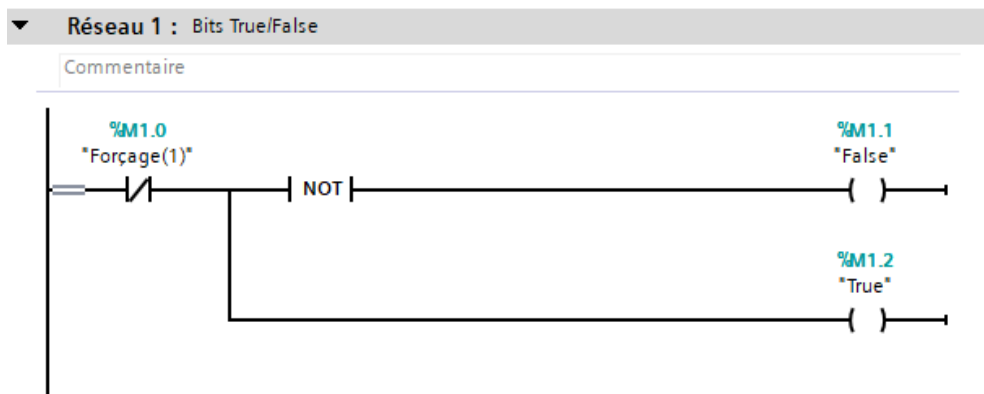


Figure IV.25 : Fonction pour forçage des conditions de verrouillage

• **Fonction Affichage mesures (FC6) :**

En sachant que la simulation est un outil utilisé pour étudier les résultats d'une ou plusieurs actions sur divers éléments sans réaliser l'expérience sur l'élément réel. La présence de données et de mesures, représente des informations primordiales pour notre

analyse, car c'est ce qui nous permet d'étudier l'état et le comportement de notre système (process) d'une façon numérique.

La privation de ces paramètres, présentes en réalité (sur le terrain) grâce à des capteurs. En simulation, elle se fait à l'aide d'un algorithme programmé par l'ingénieur en chef tout en s'inspirant des faits et valeurs réels. La programmation se fait soit à l'aide des blocs dédiés aux opérations mathématiques, où bien à travers des fonctions de transferts.

La variation de chaque paramètre est différente de l'autre. Elle dépend de l'influence des autres grandeurs sur ce facteur et de son comportement.

Prenant comme exemple, la **variation de la température du cyclone 1 de la tour de préchauffage**. Après avoir étudié et bien visualiser le comportement des paramètres de notre atelier (Zone Cuisson), Voici comment ce facteur doit-il réagir :

- Plusieurs grandeurs lui y sont influentes :
  - Débit Gaz, Débit Pré-calciateur et Vitesse IDFAN : d'une façon proportionnelle.
  - Mesure Matière : d'une façon inversement proportionnelle.
- Elle doit être initialisée par la valeur de **26 °C** à l'aide du **Bloc MOVE** qui permet d'affecter une valeur à une variable, afin d'afficher la température ambiante du cyclone avant démarrage et ne variera que si l'une des grandeurs influentes est changée.

L'utilisation des comparateurs sert à avoir que des valeurs supérieur à la température ambiante du cyclone, ce qui est crédible.

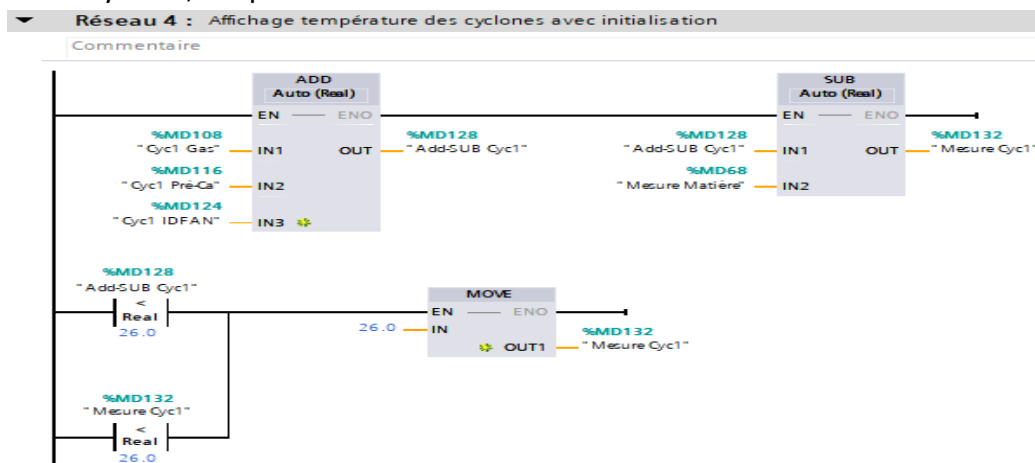
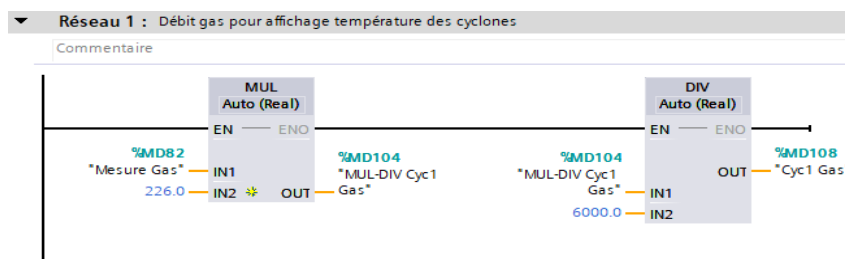


Figure IV.26 : Fonction pour affichage des mesures (réseau 4)

- Chaque grandeur, agit sur la température avec une règle de trois (opération mathématique) propre à elle, effectuée avec les Blocs **MUL** pour la multiplication et **DIV** pour la division.



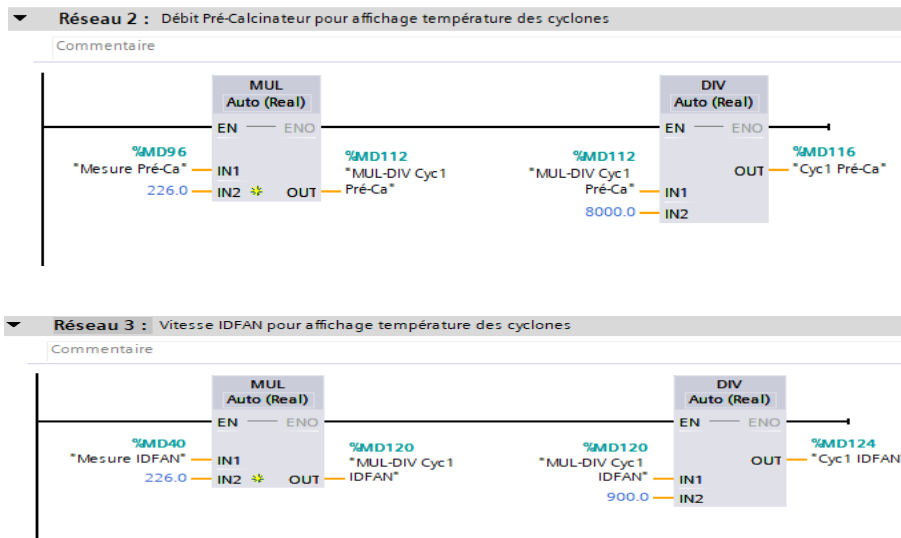


Figure IV.27 : Fonction pour affichage des mesures (réseau 1,2 et 3)

- On peut aussi citer que la température du cyclone 1 influe sur tous les autres températures de cyclones restants (Cyclone 2, 3,4 et 5) de façon a ce qu'on ajoute à chaque température de cyclone à étage inferieur une valeur plus élevée à l'aide du Bloc **ADD**.

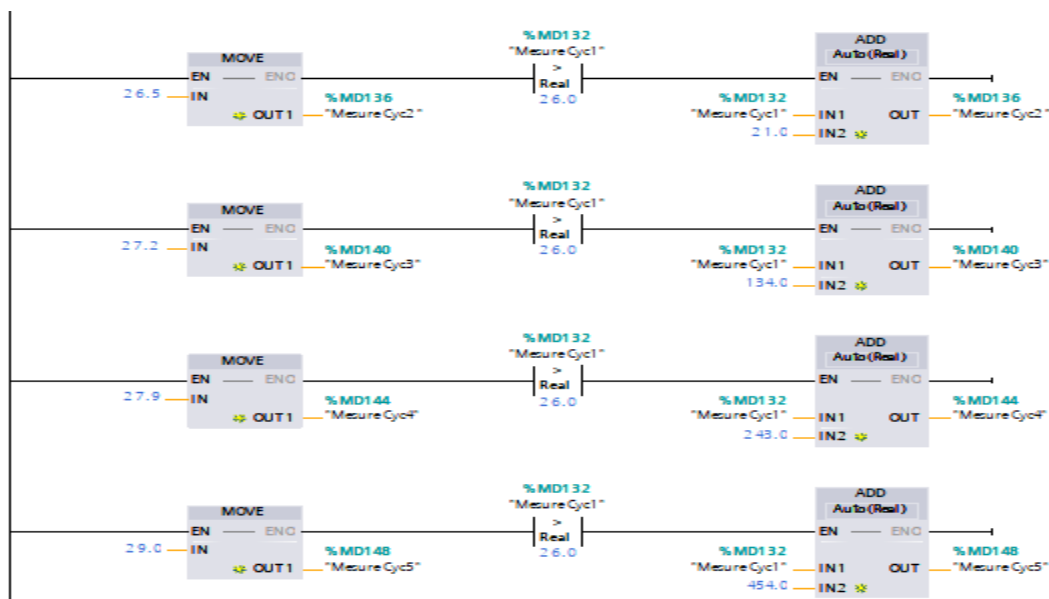


Figure IV.28 : Fonction pour affichage des mesures (réseau 4)

Ici les comparateurs sont utilisés comme des conditions, de manière à ce que la variation des températures des autres cyclones ne varie que si la température du cyclone 1 « **MesureCyc1** » soit supérieur à sa température ambiante (26 °C)

Finalement, les variables « **MesureCyc (numéro du cyclone)** », sont ceux qui vont être affichés comme températures des cyclones en synoptique.

- **Fonction Bruleur / Pré-calcinateur (FC7) :**

Destinée à deux équipements, la fonction (FC7) incarne deux réseaux :

- Réseau 1 et 2 : Concerne le fonctionnement de la flamme et des équipements incarnés dans le bruleur.

La partie Bruleur comporte un ventilateur d'air primaire, c'est le premier élément à démarrer dans la séquence, car sans présence d'air, la combustion des gaz sera quasi-impossible.

Une fois démarré, la vanne d'échappement gaz « EV11 » placée entre les deux vannes de conduite se referme automatiquement, puis il enclenche l'ouverture de la première vanne « EV10 » puis la deuxième « EV9 » après une durée de **2 secondes**, de façon à ce que le gaz circule dans les conduites.

Doté d'un cerveau moteur, le registre pourra enfin avoir l'autorisation d'ouvrir, après deux secondes que « EV9 » et « EV10 » seront en fonctionnement. La flamme s'allumera et apparaîtra en animation, une fois la position d'ouverture du registre soit supérieure à 5%. Le pourcentage d'ouverture du registre dépend de la mesure de la flamme.

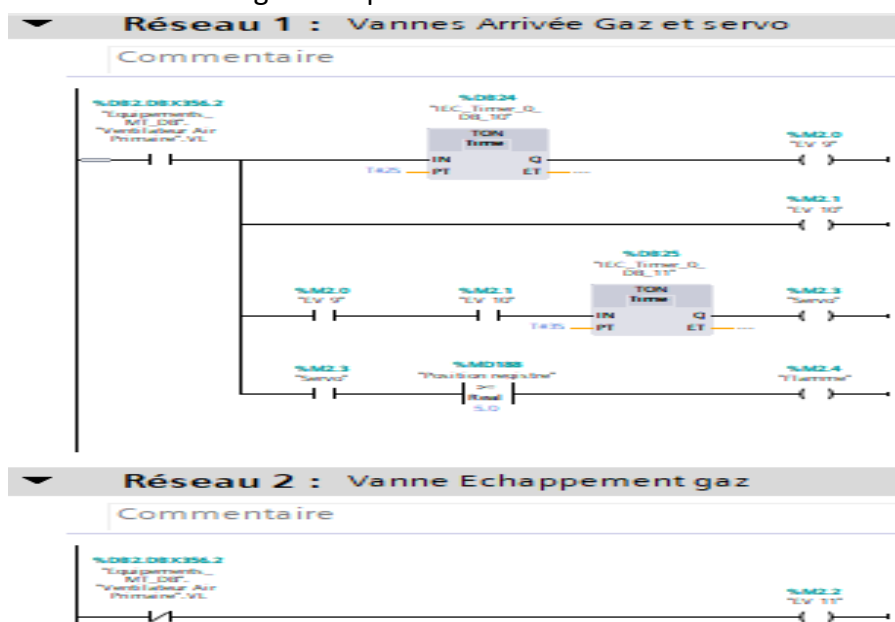


Figure IV.29 : Fonction pour le brûleur.

Par mesure de sécurité, il existe deux vannes de conduite et une vanne d'échappement utilisée en cas de danger signalé, afin de soustraire les gaz vers l'extérieur. Son agissement dépend de la variable de validation du ventilateur d'air primaire, de sorte que « EV11 » reste toujours ouverte, une fois le ventilateur d'air primaire démarre, elle ouvre automatiquement et vice-versa.

- Réseau 2 : Concerne le fonctionnement de la flamme du Pré-calciateur.

Ce réseau traduit que la flamme du Pré-calciateur s'allume une fois que la validation de l'équipement est présentée et la mesure supérieure ou égale à 300 Nm<sup>3</sup>/h.

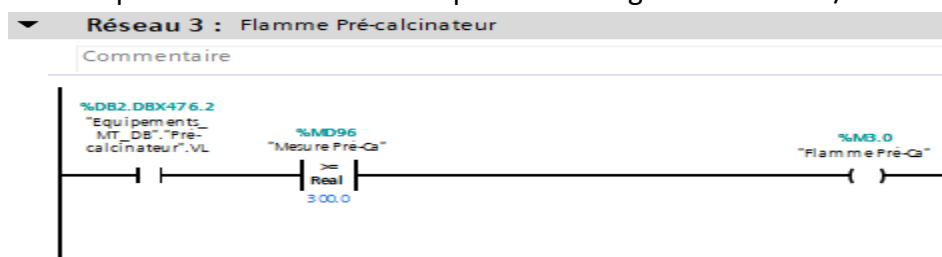


Figure IV.30 : Fonction pour le pré-calciateur

- **Fonction Dynamisation Bloc Moteur (FC10) :**

Afin de différencier entre les différents états que peut prendre le moteur, on a décidé de créer cette fonction dans l'intention de réserver à chaque situation du moteur, une couleur qui la distingue des autres, d'un point de vue visuel. Cette fonction facilite énormément la tâche aux opérateurs et ingénieurs lors de la manipulation.

Le code couleur qu'on a choisi est comme suit :

État	Conditions	Couleur
<b>Arrêt</b>	- Absence d'ordre de marche(OM). - Absence de validation(VL). - Absence de défauts(DFG).	Gris
<b>Arrêt avec défauts</b>	- Présence de défauts(DFG).	Rouge
<b>Marche en mode distance</b>	- Présence de validation(VL).	Vert
<b>Marche en mode local(ML)</b>	- Être en mode local(ML). - Absence de défauts(DFG). - Absence du retour de marche(RM).	Jaune
<b>En attente de validation(VL) en mode distance</b>	- Ne pas être en mode local(ML). - Présence d'ordre de marche (OM). - Absence de validation(VL).	Vert clignotant
<b>En attente du retour de marche(RM) en mode local</b>	- Être en mode local(ML). - Présence d'ordre de marche (OM). - Présence du retour de marche(RM).	Jaune clignotant

**Tableau IV.1** : Code couleur pour la dynamisation des moteurs

Pour les moteurs de la simulation (Vue globale) on peut appliquer la même démarche.

On prend comme exemple : **La dynamisation du moteur de la chaîne de remplissage clinker**. Pour la partie programme, on a créé une variable memento « **%MW378** » de type « WORD/MOT » qui veut dire qu'elle dispose d'une taille de 16 bits. Chaque bit de cette variable, lui est affecté une situation notée de 0 à 5, par l'utilisation du **Bloc MOVE**.

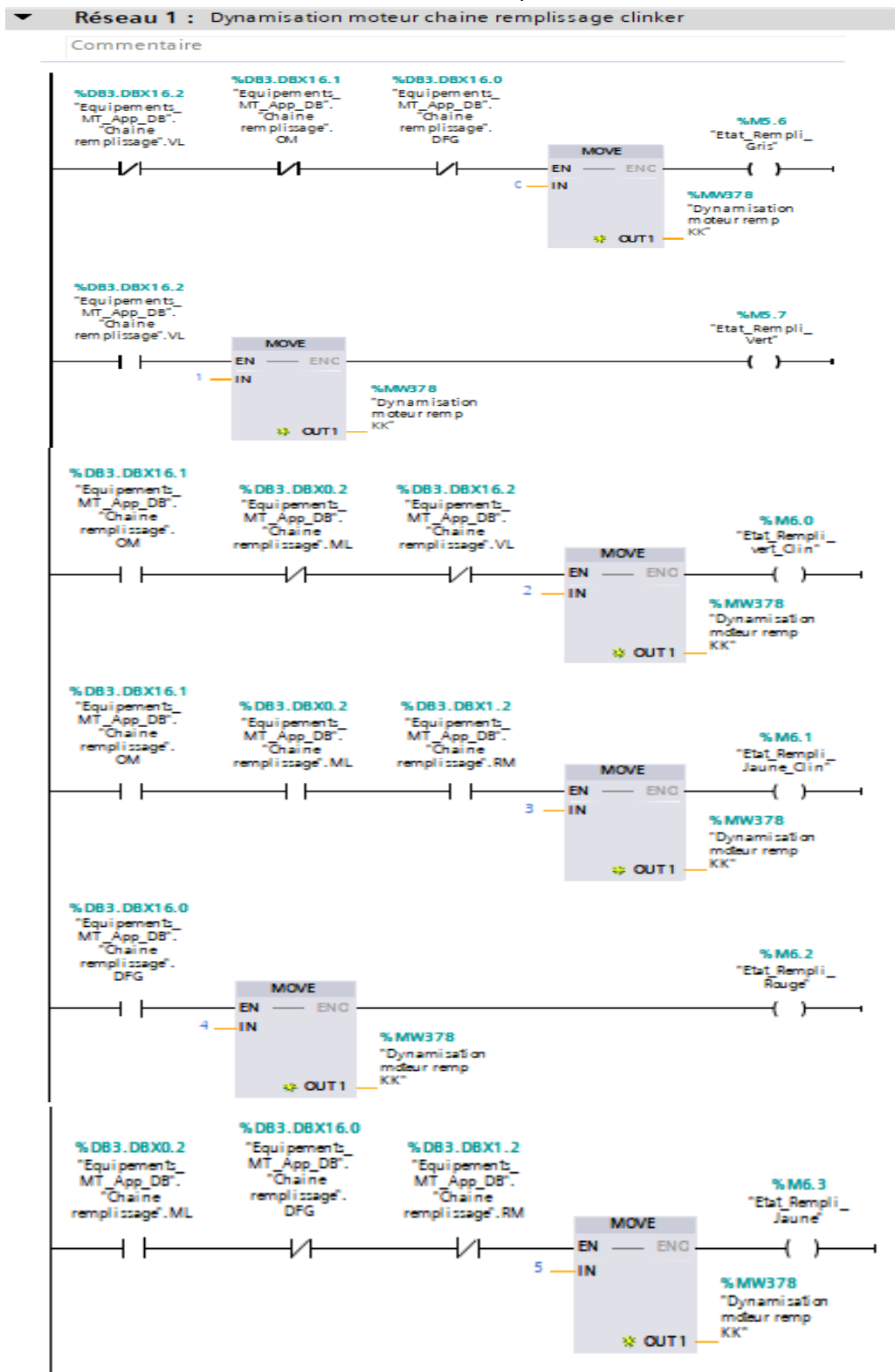


Figure IV.31 : Fonction pour dynamiser les moteurs

- **Fonction Montée/Descente Four (FC11) :**

Lorsque notre atelier démarre et on est assuré que tout fonctionne comme il se doit. Le four en particulier ne reste pas statique, mais change de position tout au long de son exploitation à l'aide d'une pompe **Butée**, de bas en haut et de haut en bas selon l'environnement auquel il est confronté et cela dépend aussi de plusieurs paramètres.

Dans notre cas, on a tranché à ce que le changement de position du four suit un cycle répétitif en boucle fermée, et la mise en place de ce choix est traduite par cette fonction.

L'ordre de position que suit le four pendant un cycle complet adopte les étapes suivantes:

- Dès sa validation reçue, Le four démarre avec une position **intermédiaire « I »** et doit y resté pendant 10 secondes écoulées avec une fréquence de 1 Hz, cela est possible en utilisant :
  - **Un compteur CTU** initié par la valeur 0. Il est utilisé pour compter la durée entre chaque transition.
  - **Un comparateur** pour fixé le temps de changement entre chaque position.
  - **Memento de cadence « M0 »**, pour changer la vitesse de comptage, de sorte que chaque bit de cette variable lui est dédié une fréquence particulière (Nous avons opté pour une fréquence de 1 Hz, dédiée au bit 5 « **M0.5** »).
  - **Une bascule SR** pour maintenir et réinitialiser le signal lors d'un changement de position.
- Une fois les 10 secondes écoulées, le four passe en position **bas « B »** pour une durée de 15 secondes et enclenche avec lui la pompe butée.
- Puis passera de nouveau en position **intermédiaire « I »**.
- La dernière étape avant de retourner en position initiale, serai de passer à la position **haut niveau « H1 »** pour 10 secondes et enclenche avec lui l'électrovanne de purge. avec les mêmes étapes précédentes.
- Puis passera de nouveau en position **intermédiaire « I »**, en réinitialisant la bascule SR « **Butée-B** » dédiée à la position précédente (**bas « B »**).

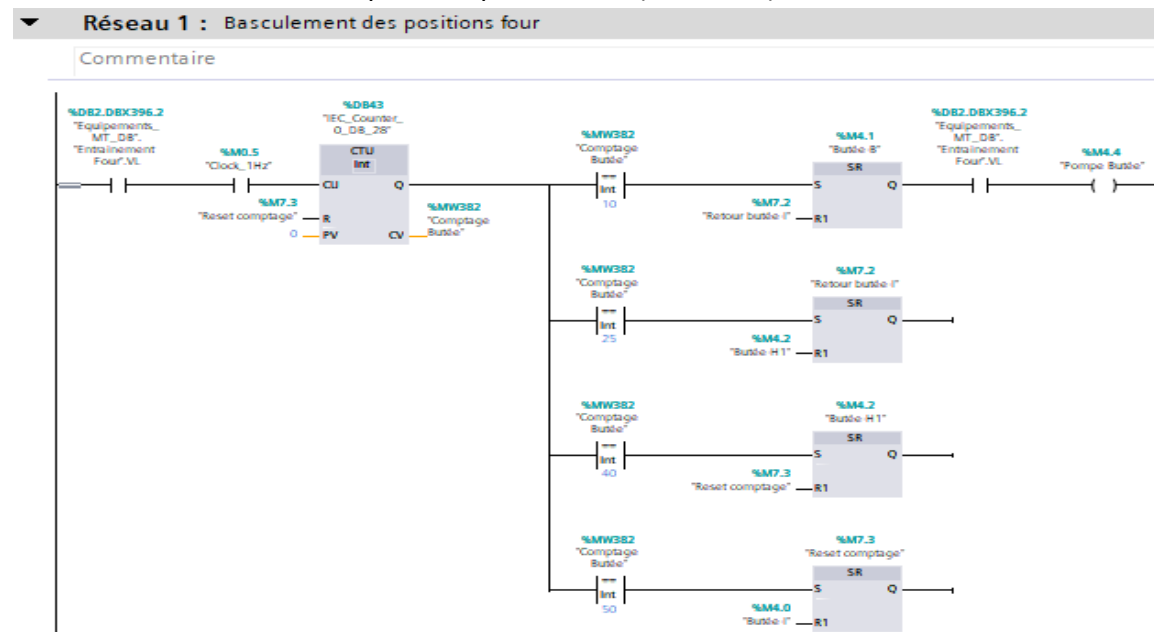


Figure IV.32 : Fonction pour la montée/descente du four (réseau 1)

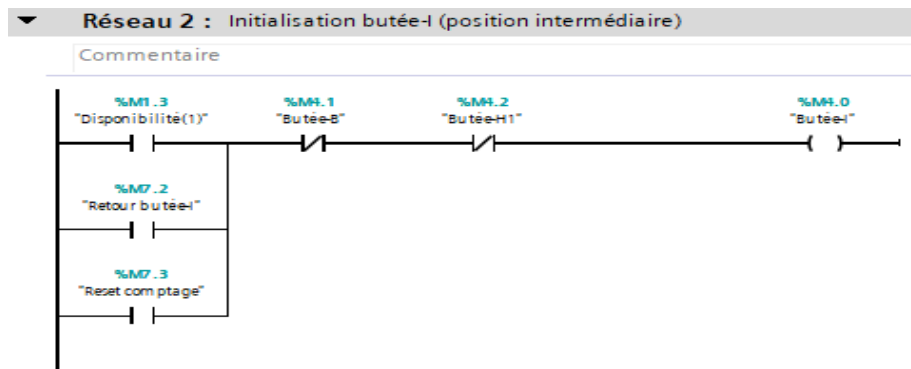


Figure IV.33 : Fonction pour la montée/descente du four (réseau 2)

Concernant l'électrovanne de purge, elle dispose d'un **compteur-décompteur « CTUD »**, utilisé que pour décomptage. Cette option est ajoutée, pour qu'une fois le moteur passera en position « H1 », le temps écoulé pour une vidange sera visualisé en HMI.

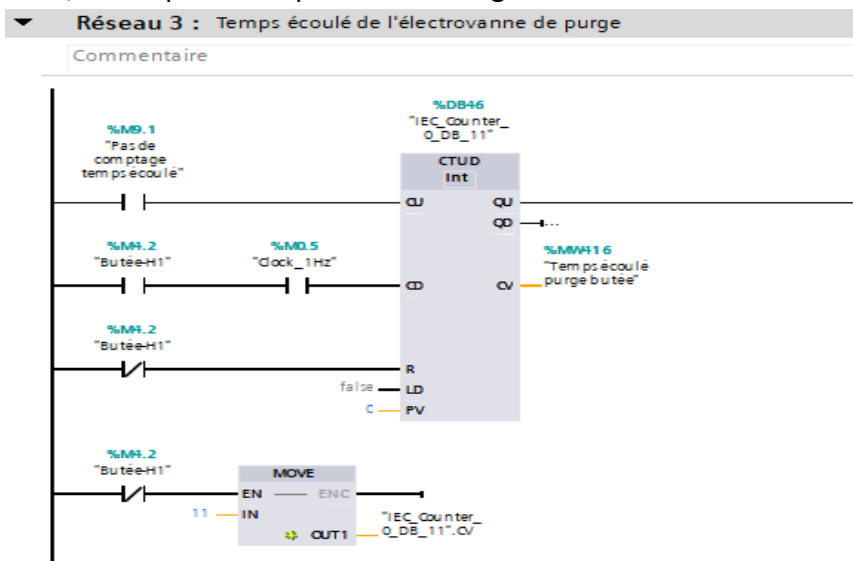


Figure IV.34 : Fonction pour la montée/descente du four (réseau 3)

• **Fonction Consigne-Mesure (FC8) :**

Le principe de base d'un asservissement est de mesurer, en permanence, l'écart entre la valeur réelle de la grandeur à asservir et la valeur de consigne que l'on désire atteindre

La consigne ou référence est la grandeur d'entrée d'une boucle d'asservissement ou de régulation que la grandeur contrôlée doit suivre. Elle doit impérativement être de même nature physique que la mesure pour pouvoir lui être comparée.

Dans l'intention de créer ce phénomène lors de notre simulation de projet. La solution était d'ajouter une fonction au programme, qui permet à une grandeur contrôlée d'atteindre sa propre consigne.

Le Bloc « CTUD », représente l'élément essentiel de la fonction il sert à faire le comptage et décomptage de la grandeur mesurée. Prenant comme modèle la vitesse du ventilateur Exhaure.



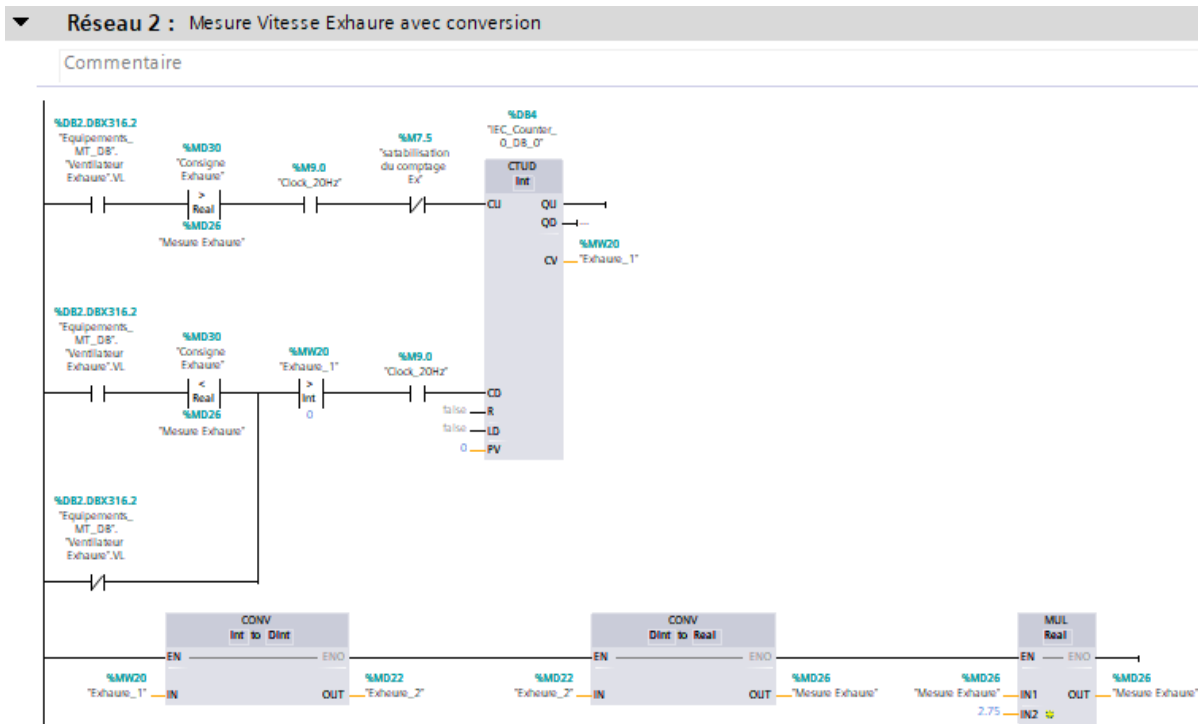


Figure IV.35 : Fonction pour les consignes-mesures (réseau 2)

- Concernant le comptage « CU », plusieurs conditions doivent être validées :  
 Tout d’abord, s’assurer que l’exhaure est en marche par sa validation(VL). Ensuite que la consigne doit être supérieur à la mesure et enfin la stabilisation du comptage ne soit pas active.

À propos de la stabilisation du comptage. On lui a consacré un réseau, car elle sert à stopper et stabiliser le comptage pour minimiser les variations de la mesure de façon à ce que, dès que la consigne soit égale à la mesure, le comptage sera stoppé.

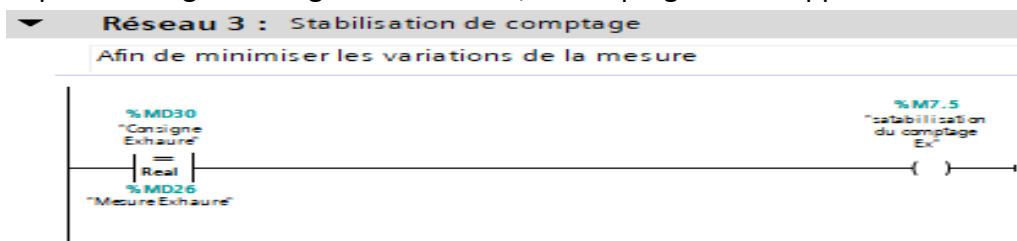


Figure IV.36 : Fonction pour les consignes-mesures (réseau 3)

- Même chose pour Le décomptage « CD », il s’effectuera aussi par validation de plusieurs conditions :

Dans un premier temps, l’exhaure doit être en fonctionnement, puis avoir une consigne inférieure à la mesure, contrairement au comptage. Finalement, une valeur de comptage supérieure à 0, pour ne pas avoir des valeurs négatives comme mesure.

- Une fois la valeur de comptage « Exhaure\_1 » sortie du Bloc « CTUD », elle devra être convertie d’un nombre entier(Int) à un nombre réel(Real) pour l’affichage et multipliée par un gain choisi, d’une valeur de 2,75. Cette étape est possible en utilisant un Bloc « CONV » pour la conversation et d’un Bloc « MUL » pour la multiplication.

Cette valeur sera affichée comme Mesure de la vitesse d’Exhaure « Mesure Exhaure / %MD26 ».

- Pour ce qui est fréquence de comptage et décomptage, les mémentos de cadences proposés ne sont pas aussi rapides que l'on souhaite employer dans notre cas. Du coup, on a voulu créé notre propre générateur d'impulsion « %M9.0 », à l'aide d'un Bloc « TON ». Elle permet d'avoir un signal d'une fréquence de 20 Hz entre chaque impulsion.

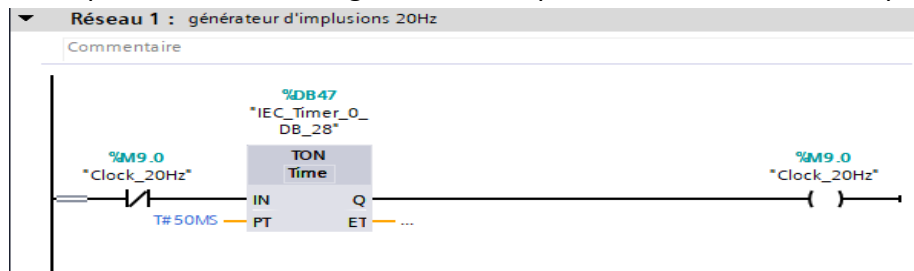


Figure IV.37 : Générateur d'impulsion 20Hz

- Lors du démarrage du ventilateur Exhaure. Sa consigne doit être Mini, avec une vitesse de 50 tr/min, et elle ne peut être modifiée que 5 secondes après le démarrage de l'appareil, sinon elle doit être nulle à l'arrêt.

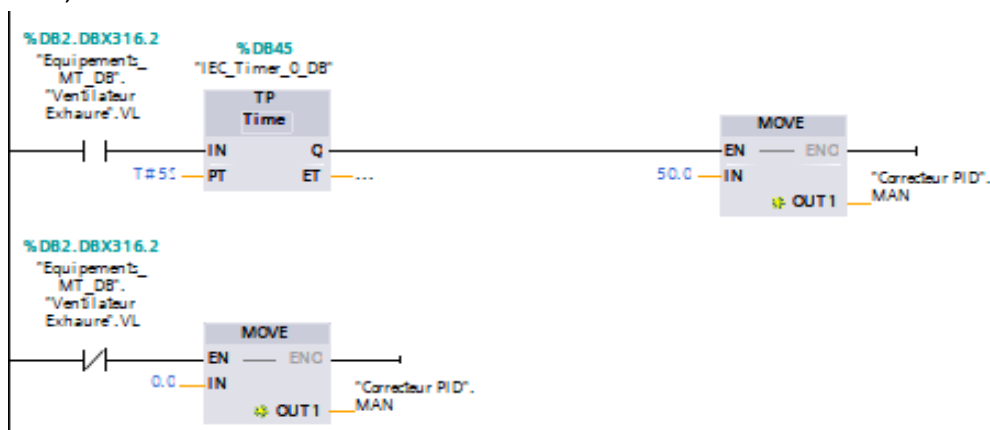


Figure IV.38 : Démarrage ventilateur d'Exhaure

La fonction (FC8) contient un réseau dédié pour l'équipement « four ». Pour des raisons de sécurité, il est utilisé afin de forcer certaines consignes d'appareils à être minimisées et grisées lorsque le four ne fonctionne plus. Les consignes a données sont :

- Cosigne Four → fixée à 0.2 tr/min.
- Consigne matière → fixée à 0.0 t/h.
- Consigne IDFAN → 50 tr/min, maintenue pendant 8 secondes, puis pourra être modifiée.
- Consigne Gaz → 500 Nm<sup>3</sup>/h maintenue pendant 8 secondes, puis pourra être modifiée.
- Consigne Pré-calcainateur → 300 Nm<sup>3</sup>/h, maintenue pendant 8 secondes, puis pourra être modifiée.

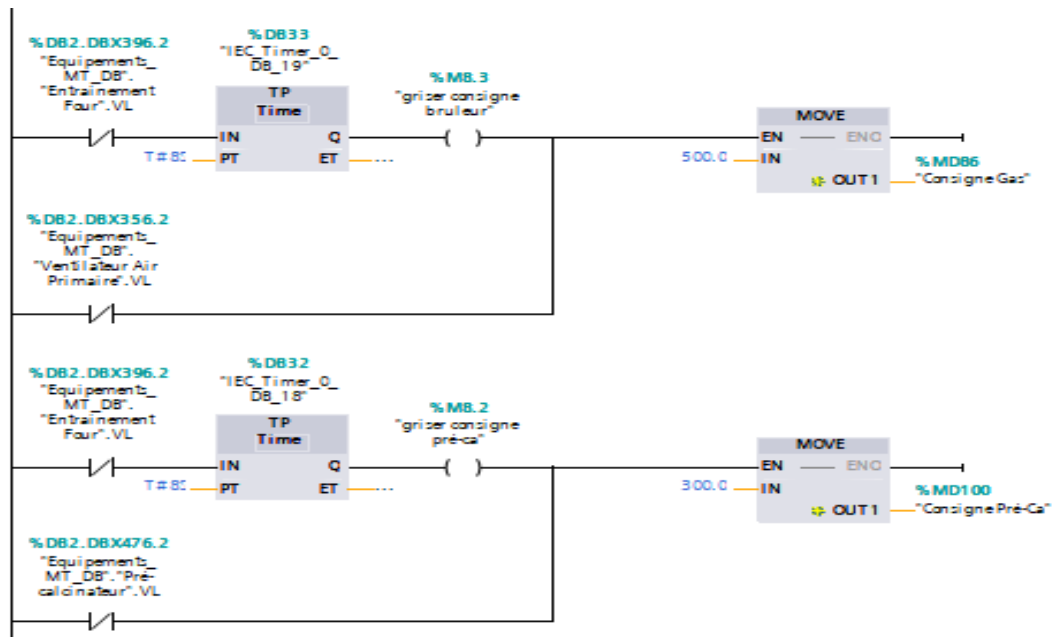


Figure IV.39 : Forçage des consignes.

• Fonction Régulation (FC9) :

Nous vous rappelons que le sujet de notre projet de recherche porte sur **la régulation de la pression du manteau chauffant**, par conséquent, afin de rendre la commande réaliste, nous devons injecter les paramètres qui affecteront sur cette régulation (pression).

Trois paramètres influent sur la pression de capot de chauffe, dont un qui représente la grandeur réglante :

- La vitesse de l'Exhaure (La grandeur **réglante**).
- La vitesse de l'INDFAN (elle peut être considérée comme une **perturbation** du système).

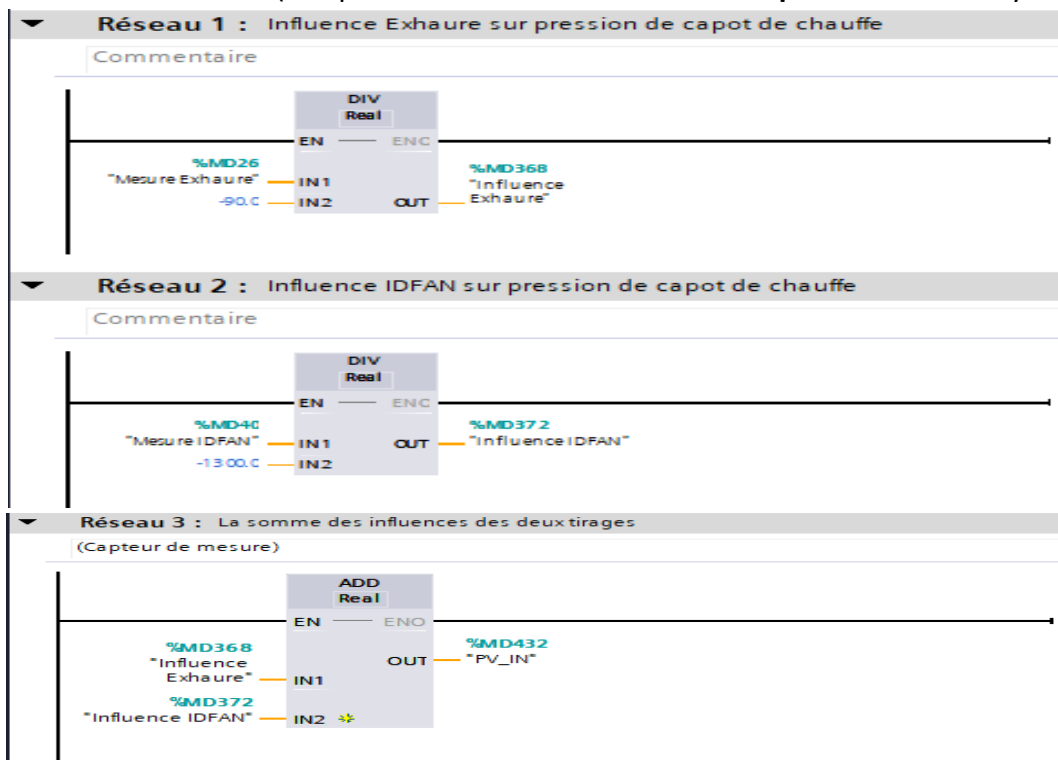


Figure IV.40 : Fonction pour la régulation (calcul de la mesure 1)

- Et les ventilateurs de soufflage (elle peut être considérée comme une **perturbation** du système).

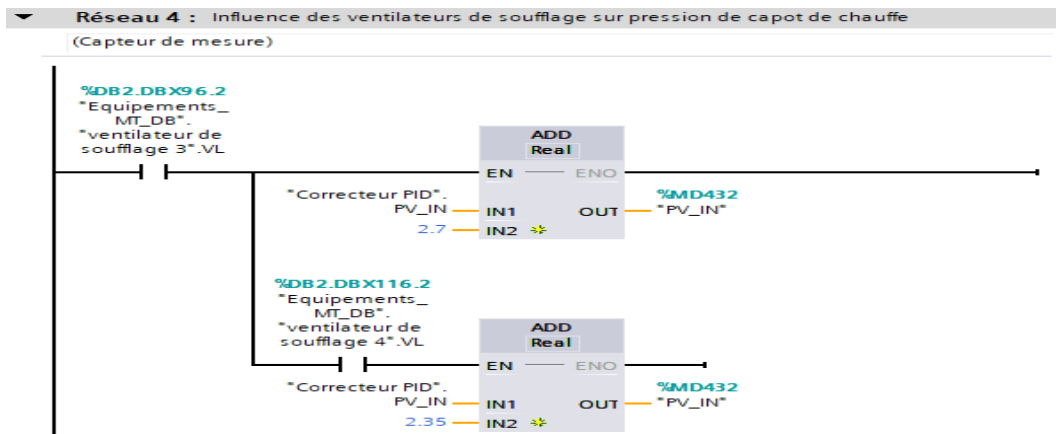


Figure IV.41 : Fonction pour la régulation (calcul de la mesure 2)

La somme de toutes ces grandeurs influentes, sera affectée à la mesure « PV\_IN » (process value).

• **Fonction Affichage des messages (FC12) :**

Lors de l'automatisation d'un atelier ou bien d'une ligne de production entière, il est primordial de se prémunir contre les risques industriels. Pour ce faire, vous devez configurer les messages et alarmes qui seront affichés aux opérateurs et ingénieurs.

La fonction suivante comporte deux réseaux, le premier est dédié aux alarmes HMI du « Bloc\_MT » (Bloc Moteur) de la vue « Application ». Trois alarmes y sont programmées :

- Le vide Silo restant est inférieur à une hauteur de 3 mètres.  
→ Message transmis par un capteur analogique.
- Le Silo est plein.  
→ Message transmis par un capteur logique.
- Sélectionner le Silo à remplir.  
→ Message affiché tant que le Silo n'est pas sélectionner.

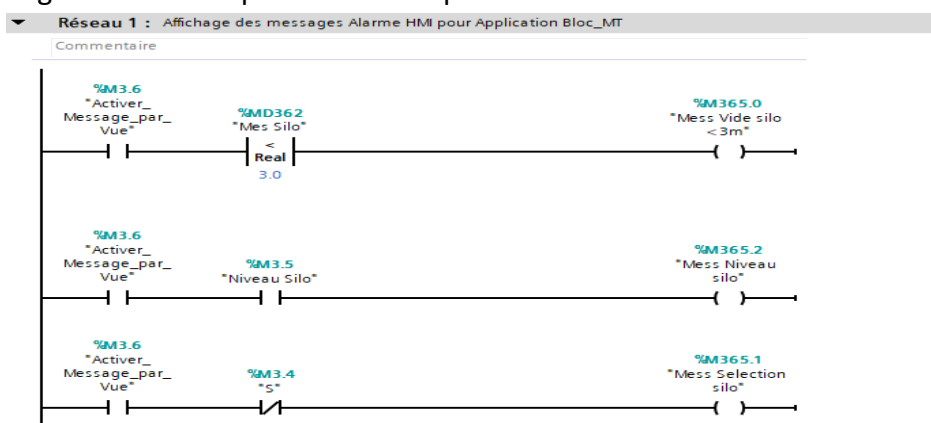


Figure IV.42 : Fonction pour affichage des messages (vue application)

Le deuxième réseau contient des messages d'asservissement et de sécurité, dédiés à la vue «Vue globale». Huit alarmes y sont programmées :

- Température du cyclone 1 supérieure à 380 °C.
- Température du cyclone 1 supérieure à 400 °C entraîne l'arrêt du Four.

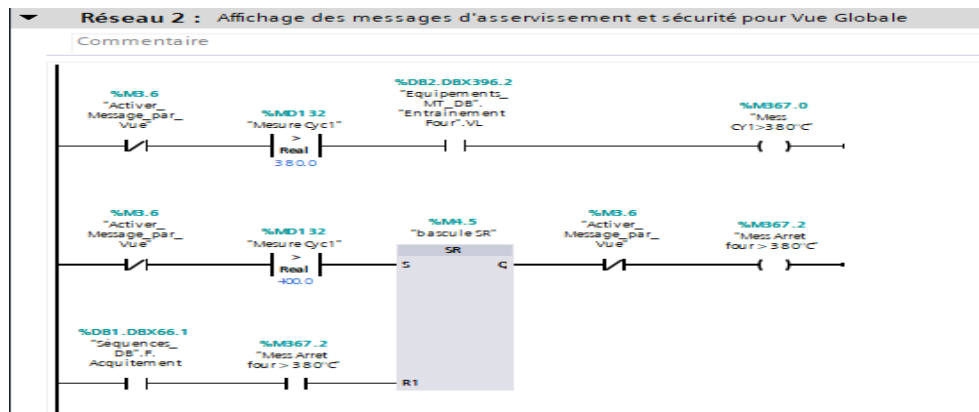


Figure IV.43 : Fonction pour affichage des messages (vue globale 1)

- Arrêt de la grille.
- Four en position haute niveau 1 « H1 ».
- Four en position haute niveau 2 « H2 » entraîne l'arrêt du Four.

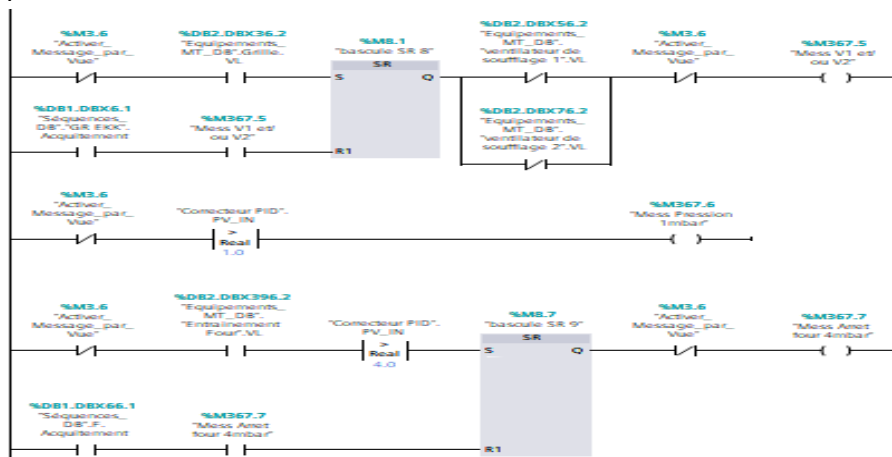


Figure IV.44 : Fonction pour affichage des messages (vue globale 2)

- Absence des ventilateurs de soufflage V1 et/ou V2.
- Pression four supérieure à 1 mbar.
- Une pression du four supérieure à 4 mbar arrêtera le four.

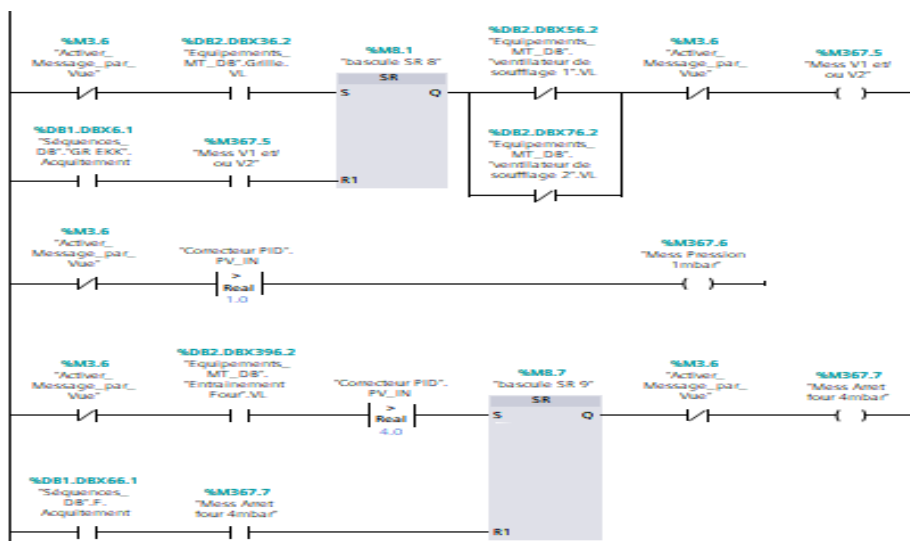


Figure IV.45 : Fonction pour affichage des messages (vue globale 3)

**4.4.3- Le bloc d'organisation (OB1) :**

Ce bloc englobe tous les blocs dédiés à la commande de l'atelier cuisson, il est le bloc de code obligatoire. Il fournit la structure de base pour notre programme utilisateur. Il est défini par défaut pour l'exécution cyclique, la figure suivante donne un aperçu synoptique de cette réalisation.

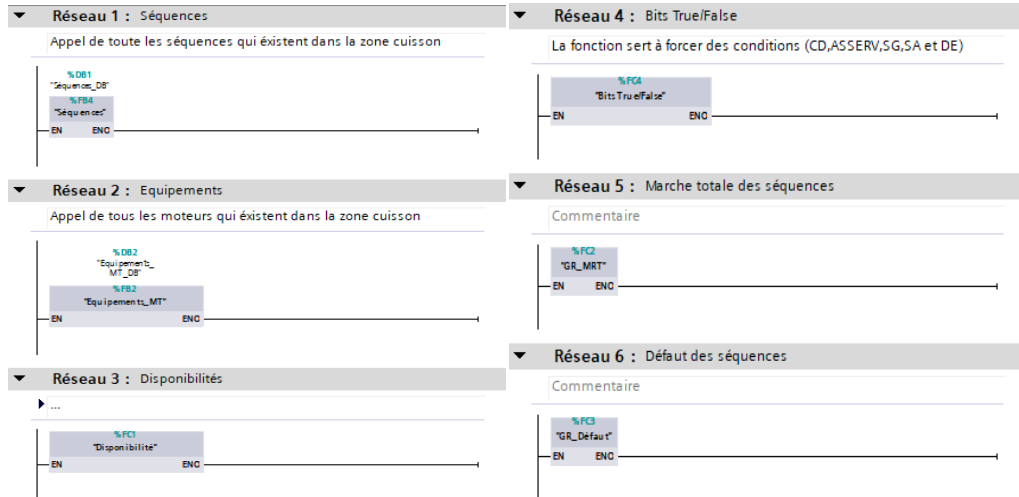


Figure IV.46 : Le bloc d'organisation

**5- Supervision et simulation :**

Dans notre projet, l'interface de supervision **PC Système** est réalisée pour piloter et contrôler les différentes opérations.

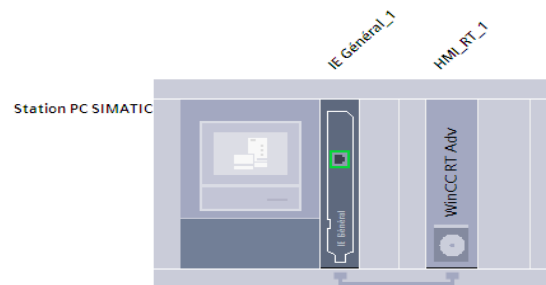


Figure IV.47 : Vue du PC System sur Tia Portal V15

Nous avons configuré une station de supervision par la déclaration d'un **PC Système** équipé d'un **WinCC RunTime Advanced** et l'ajout d'une carte Industriel Ethernet **IE General** afin de communiquer avec l'automate via une adresse **IP**.

Nous allons présenter les étapes suivies pour la création de cette supervision et qui est répartie comme suit :

- Déclaration des variables avec leurs mnémoniques.
- Création des vues d'interface.

Ces étapes seront illustrées par des figures pour comprendre aisément le fonctionnement.

**5.1- Déclaration des variables :**

Les variables permettent de communiquer, c'est à dire d'échanger des données entre les composants d'un processus automatisé, un opérateur et un automate.

La Figure suivante illustre une présentation de la déclaration des variables utilisées.

Nom	Table des variables	Type de données	Connexion	Nom API	Variable API	Adresse	Mode d'accès
Activer_Message_par_Vue	Table de variables: standard	Bool	HMI_Liaison_1 PLC		Activer_Message_par_...		<accès sy...
affichage tag	Table de variables: standard	Bool	HMI_Liaison_1 PLC		"affichage tag"		<accès sy...
Ampérage Exhaure	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Ampérage Exhaure"		<accès sy...
autorisation dallumage	Table de variables: standard	Bool	HMI_Liaison_1 PLC		"autorisation d'allumage"		<accès sy...
bouton tag	Table de variables: standard	Bool	HMI_Liaison_1 PLC		"bouton tag"		<accès sy...
Butée-B	Table de variables: standard	Bool	HMI_Liaison_1 PLC		"Butée-B"		<accès sy...
Butée-H1	Table de variables: standard	Bool	HMI_Liaison_1 PLC		"Butée-H1"		<accès sy...
Butée-H2	Table de variables: standard	Bool	HMI_Liaison_1 PLC		"Butée-H2"		<accès sy...
Butée-I	Table de variables: standard	Bool	HMI_Liaison_1 PLC		"Butée-I"		<accès sy...
consigne exhaure	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Consigne Exhaure"		<accès sy...
consigne Four	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Consigne Four"		<accès sy...
consigne Gas	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Consigne Gas"		<accès sy...
consigne IDFAN	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Consigne IDFAN"		<accès sy...
consigne Matière	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Consigne Matière"		<accès sy...
Consigne Pré-Ca	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Consigne Pré-Ca"		<accès sy...
Controlleur PID_DEADB_W	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Correcteur PID' DEADB_W		<accès sy...
Controlleur PID_ER	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Correcteur PID' ER		<accès sy...
Controlleur PID_GAIN	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Correcteur PID' GAIN		<accès sy...
Controlleur PID_MAN_ON	Table de variables: standard	Bool	HMI_Liaison_1 PLC		"Correcteur PID' MAN_ON		<accès sy...
Controlleur PID_PV_IN	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Correcteur PID' PV_IN		<accès sy...
Controlleur PID_SP_INT	Table de variables: standard	Real	HMI_Liaison_1 PLC		"Correcteur PID' SP_INT		<accès sy...
Controlleur PID_TD	Table de variables: standard	Time	HMI_Liaison_1 PLC		"Correcteur PID' TD		<accès sy...
Controlleur PID_TI	Table de variables: standard	Time	HMI_Liaison_1 PLC		"Correcteur PID' TI		<accès sy...

Figure IV.48 : Les variables IHM

## 5.2- Création des vues :

Dans notre projet, nous pouvons créer plusieurs vues. Chacune est définie afin de présenter un affichage particulier à visualiser sur l'écran par l'utilisateur.

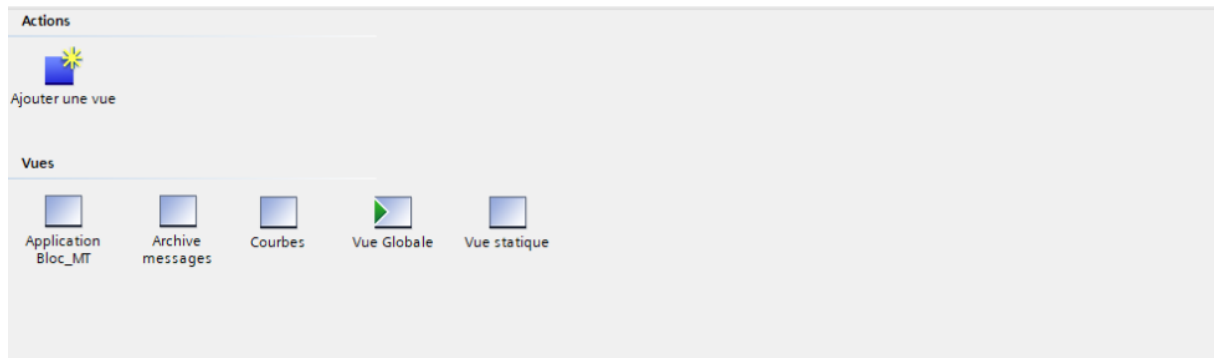


Figure IV.49 : Vue d'ensemble des vues

Les vues créées sont :

- Vue globale.
- Vue statique.
- Application Bloc\_MT.
- Courbes.
- Archive des messages.

Par la suite, nous traiterons en détails toutes les vues citées précédemment.

### • Vue globale :

La figure au-dessous est la première vue qui apparaît juste après le démarrage de la supervision. C'est à partir de cette vue, qu'on peut accéder aux vues créées.

Et à travers le bouton disponibilité, on peut aussi éliminer les défauts des moteurs dans cette vue autrement dit assurer la disponibilité de tous les équipements (mode simulation), le bouton tags pour l'affichage des codes de l'analyse fonctionnelle.

La partie droite de la vue, on trouve les séquences pour le démarrage d'un groupe de moteurs d'une séquence donnée en respectant l'asservissement entre ces dernières.

Cette vue est l'interface que l'opérateur va se servir d'elle pour assurer sa conduite du processus de fabrication.

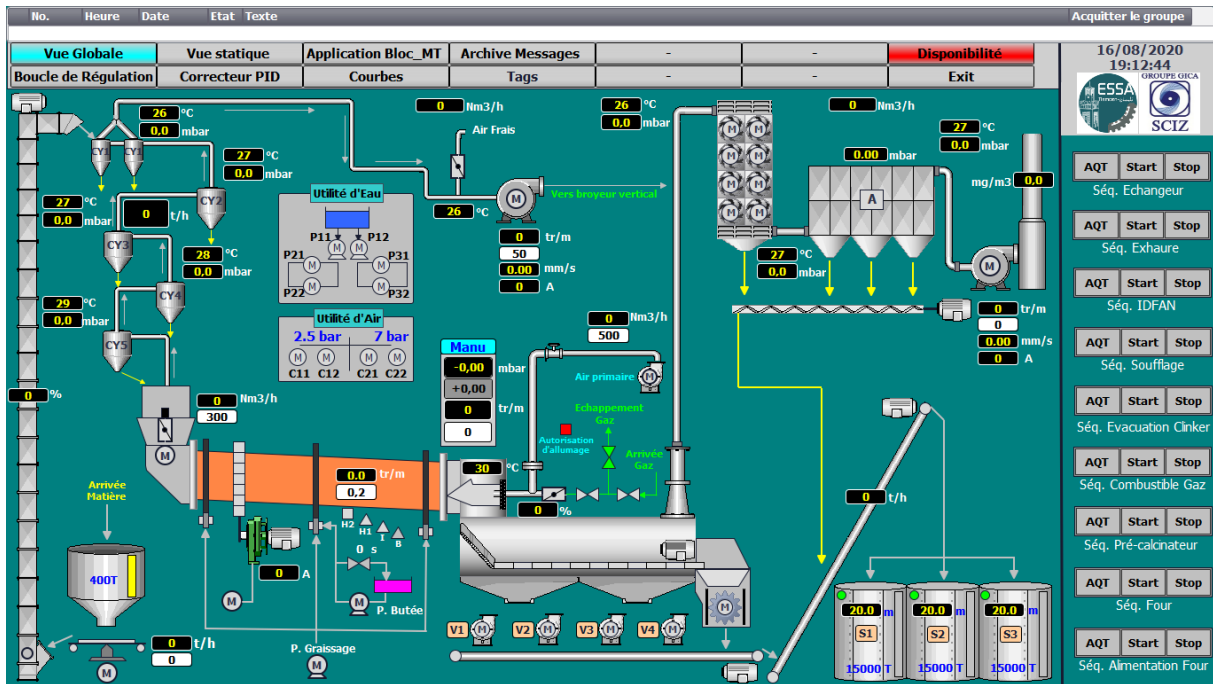


Figure IV.50 : Vue globale

**Simulation :**

Le démarrage est effectué par l'opérateur en suivant l'analyse fonctionnelle et l'asservissement entre les séquences.

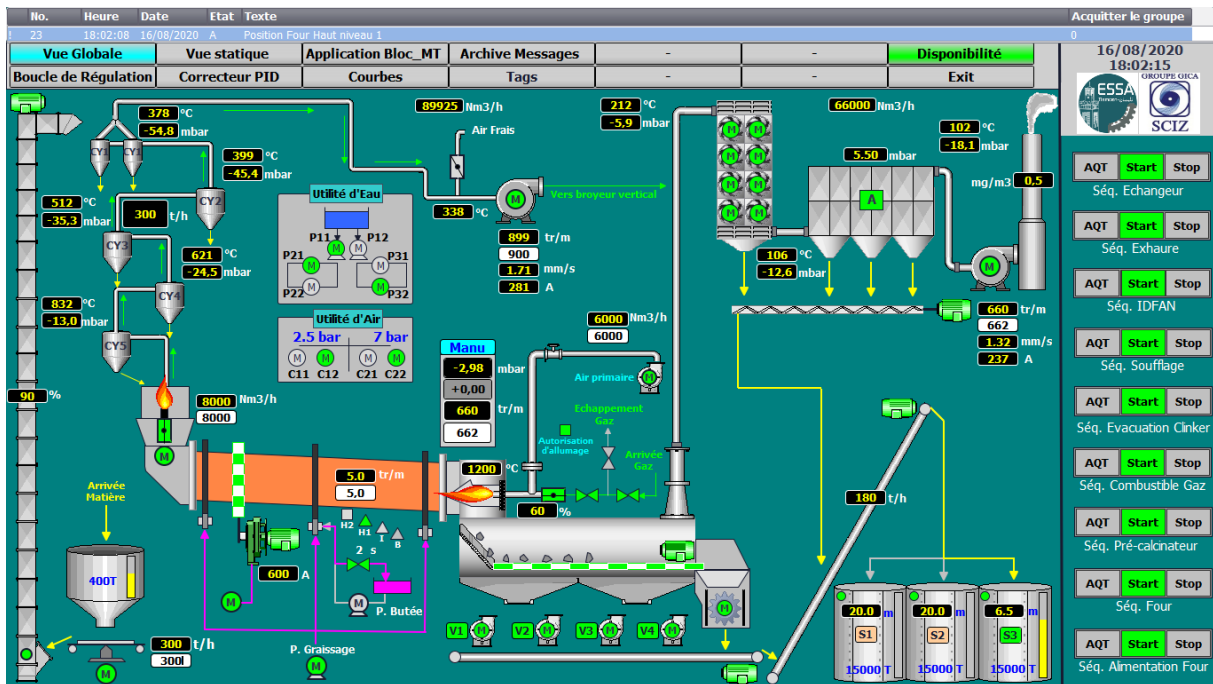


Figure IV.51 : Vue globale (simulation)



- **Vue statique :**

Cette vue représente les objets qui sont des éléments graphiques qui permettent de configurer la présentation de la vue globale du projet.

Elle illustre les équipements statiques qui forment la vue précédente notamment le four rotatif, le refroidisseur, les moteurs .....

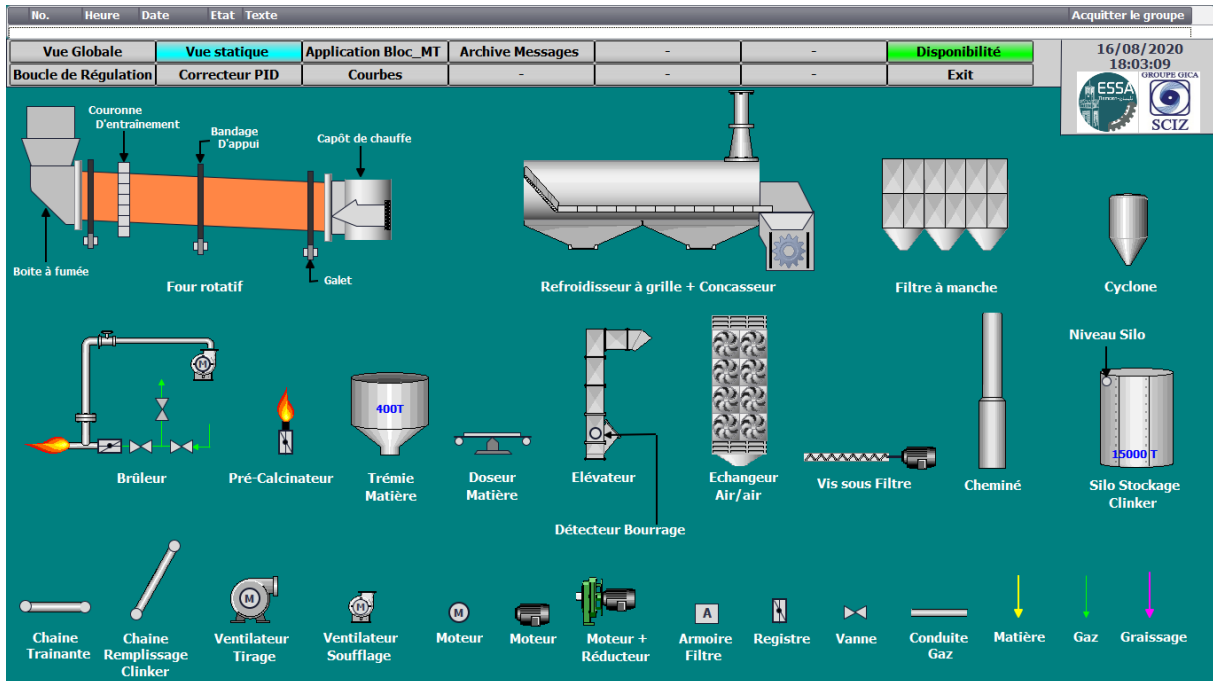


Figure IV.52 : Vue statique

- **Application Bloc\_MT :**

Cette vue représente le mode réel avec lequel le projet fonctionne (Vue globale), cette dernière montre le fonctionnement des moteurs avec la présence des défauts internes notamment la perte de la réponse de marche, non réponse du contrôleur de rotation...

Ainsi, les défauts externes, tels que : silo plein, vide silo est inférieur à 03 mètres ou la désélection du silo...

Autrement dit les défauts qui peuvent engendrer des arrêts ou des déclenchements d'une chaîne.

**NB :** Le bouton (disponibilité) ne fait pas parti de cette vue car on veut bien afficher les défauts du bloc moteur.

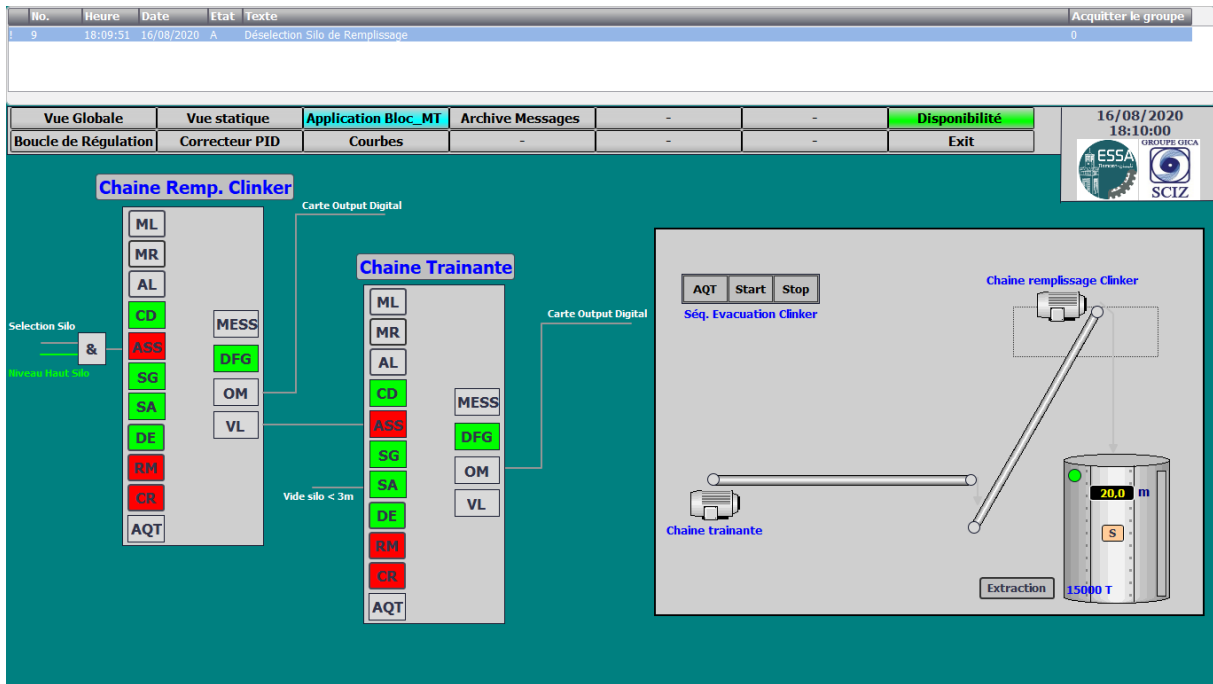


Figure IV.53 : Application bloc moteur

Simulation :

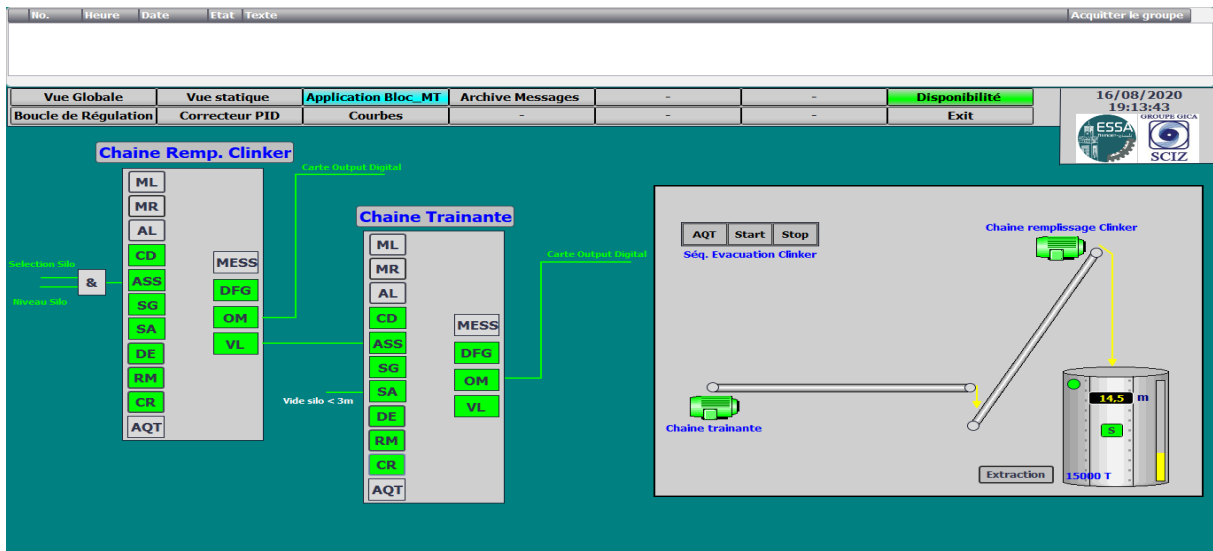


Figure IV.54 : Application bloc moteur (simulation)

• Courbes :

Nous avons ce graphique dans cette vue afin de visualiser le comportement des mesures suivantes :

- Débit gaz brûleur.
- Débit gaz Pré-Calciateur.
- Température Cyclone 01.
- Débit matière première.
- Vitesse Four rotatif.
- Ampérage moteur d'entraînement four.

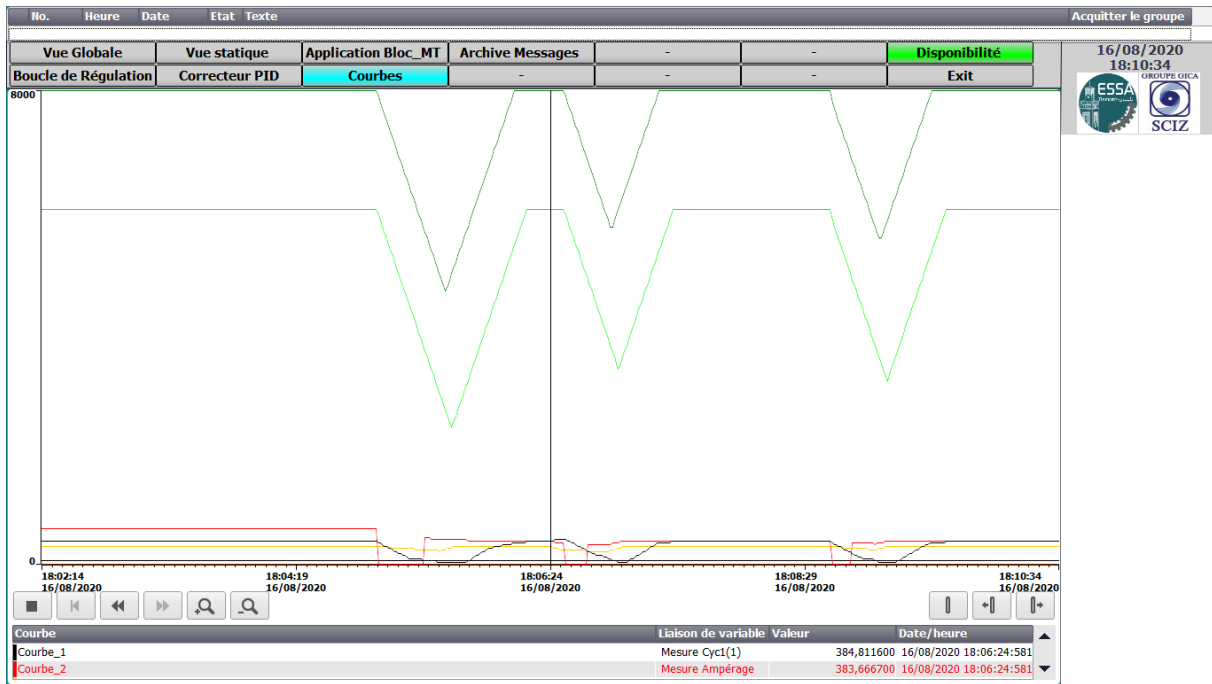


Figure IV.55 : Courbes

- **Archive des messages :**

L'interface de la supervision déclenche une alarme lorsqu'un certain bit est mis à 1 dans l'automate.

Pour cela, nous avons configuré des alarmes de bits dans L'éditeur "Alarmes IHM". Il est possible de rendre obligatoire l'acquiescement des alarmes signalant des états critiques ou dangereux afin de garantir que la personne qui commande l'installation en a bien pris connaissance.

Le moyen pour l'acquiescement des alarmes soit il est automatique après la disparition de l'erreur ou à partir du bouton (AQT) de la séquence.

L'éditeur "Alarmes IHM" affiche les variables utilisés comme le montre la figure suivante :

ID	Nom	Texte d'alarme	Classe d'alar...	Variable de d...	Bit de ...	Adresse de dé...	Variable d'ac...	Bit d'a...	Adresse d'acq...	Journal
1	Chaîne Remplissag...	Contacteur collé de la chaîne Rempl	Errors	Equipeme...	0	Equipements...	<aucune v...	0		<input type="checkbox"/>
2	Chaîne Remplissag...	Non réponse de marche de la chaîn	Errors	Equipements...	1	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
3	Chaîne Remplissag...	Chute contacteur de la chaîne Remp	Errors	Equipements...	2	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
4	Chaîne Remplissag...	Non réponse du controleur de rotati	Errors	Equipements...	3	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
5	Chaîne Remplissag...	Perte controleur de rotation de la ch	Errors	Equipements...	4	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
6	Chaîne Remplissag...	Mode Local chaîne remplissage KK	Errors	Equipements...	5	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
7	Chaîne Remplissag...	Arrêt Local chaîne remplissage KK	Errors	Equipements...	6	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
8	Chaîne Remplissag...	Vide silo < 3m	Errors	Mess Alarme...	0	*Mess Alarme...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
9	Chaîne Remplissag...	Désélection Silo de Remplissage	Errors	Mess Alarme...	1	*Mess Alarme...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
10	Chaîne Trainante	Contacteur collé de la chaîne traina	Errors	Equipements...	0	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
11	Chaîne Trainante 1	Non réponse de marche de la chaîn	Errors	Equipements...	1	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
12	Chaîne Trainante 2	Chute du contacteur de la chaîne tri	Errors	Equipements...	2	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
13	Chaîne Trainante 3	Non réponse du controleur de rotati	Errors	Equipements...	3	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
14	Chaîne Trainante 4	Perte controleur de rotation de la ch	Errors	Equipements...	4	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
15	Chaîne Trainante 5	Mode Local chaîne trainante	Errors	Equipements...	5	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
16	Chaîne Trainante 6	Arrêt Local chaîne trainante	Errors	Equipements...	6	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
17	Chaîne Remplissag...	Indisponibilité électrique chaîne rem	Errors	Equipements...	7	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
18	Chaîne Trainante 7	Indisponibilité électrique chaîne trait	Errors	Equipements...	7	Equipements...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
19	Chaîne Remplissag...	Silo plein "Décteur de niveau silo"	Errors	Mess Alarme...	2	*Mess Alarme...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
20	Vue Globale	Température CY1 > 380°C	Errors	Mess dasserv...	0	*Mess d'asser...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
21	Vue Globale 1	Déclanchement Grille Refroidisseur	Errors	Mess dasserv...	1	*Mess d'asser...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
22	Vue Globale 2	Température CY1 > 400°C ==> Dé	Errors	Mess dasserv...	2	*Mess d'asser...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
23	Vue Globale 3	Position Four Haut niveau 1	Errors	Mess dasserv...	3	*Mess d'asser...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
24	Vue Globale 4	Position Four Haut niveau 2 ==> D	Errors	Mess dasserv...	4	*Mess d'asser...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
25	Vue Globale 5	Arrêt Soufflage (V1 et/ou V2) ==> E	Errors	Mess dasserv...	5	*Mess d'asser...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
26	Vue Globale 6	Pression capot de chauffe > 1 mbar	Errors	Mess dasserv...	6	*Mess d'asser...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>
27	Vue Globale 7	Pression capot de chauffe > 4 mbar	Errors	Mess dasserv...	7	*Mess d'asser...	<aucune vari...	0		<input type="checkbox"/>

Figure IV.56 : Configuration des alarmes IHM

Et la figure au-dessous représente la vue d'archive des alarmes existant dans le projet.

Vue Globale		Vue statique		Application Bloc_MT		Archive Messages		Disponibilité	
Boucle de Régulation		Correcteur PID		Courbes				Exit	
No.	Heure	Date	Etat	Texte				Acquitter le groupe	
26	18:08:43	16/08/2020	(A)D	Pression capot de chauffe > 1 mbar					0
27	18:08:42	16/08/2020	(A)D	Pression capot de chauffe > 4 mbar =====> Déclanchement Four après 10s					0
27	18:08:32	16/08/2020	A	Pression capot de chauffe > 4 mbar =====> Déclanchement Four après 10s					0
23	18:08:32	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
26	18:08:19	16/08/2020	A	Pression capot de chauffe > 1 mbar					0
26	18:07:54	16/08/2020	(A)D	Pression capot de chauffe > 1 mbar					0
23	18:07:52	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
26	18:07:43	16/08/2020	A	Pression capot de chauffe > 1 mbar					0
23	18:07:42	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
26	18:07:41	16/08/2020	(A)D	Pression capot de chauffe > 1 mbar					0
26	18:07:39	16/08/2020	A	Pression capot de chauffe > 1 mbar					0
23	18:07:02	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:06:52	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
22	18:06:38	16/08/2020	(A)D	Température CY1 > 400°C =====> Déclanchement Four, Vitesse IDfan et Gaz mini					0
20	18:06:31	16/08/2020	(A)D	Température CY1 > 380°C					0
22	18:06:26	16/08/2020	A	Température CY1 > 400°C =====> Déclanchement Four, Vitesse IDfan et Gaz mini					0
20	18:06:24	16/08/2020	A	Température CY1 > 380°C					0
23	18:06:01	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:05:51	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
24	18:05:19	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 2 =====> Déclanchement du Four					0
24	18:04:58	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 2 =====> Déclanchement du Four					0
21	18:04:49	16/08/2020	(A)D	Déclanchement Grille Refroidisseur =====> Arrêt Four après 05 min					0
23	18:04:48	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:04:38	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
25	18:04:37	16/08/2020	(A)D	Arrêt Soufflage (V1 et/ou V2) =====> Déclanchement Refroidisseur					0
25	18:04:21	16/08/2020	A	Arrêt Soufflage (V1 et/ou V2) =====> Déclanchement Refroidisseur					0
21	18:04:21	16/08/2020	A	Déclanchement Grille Refroidisseur =====> Arrêt Four après 05 min					0
23	18:03:58	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:03:48	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:03:08	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:02:58	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:02:18	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:02:08	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
20	18:01:35	16/08/2020	(A)D	Température CY1 > 380°C					0
23	18:01:28	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:01:18	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
20	18:01:15	16/08/2020	A	Température CY1 > 380°C					0
23	18:00:38	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
23	18:00:28	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0
23	17:59:48	16/08/2020	(A)D	Position Four Haut niveau 1					0
23	17:59:38	16/08/2020	A	Position Four Haut niveau 1					0

Figure IV.57 : Archive des messages

6- Régulation manuelle :

La régulation de la pression du capot de chauffe par la variation de la vitesse du ventilateur d'Exhaure est faite en mode manuel. C.à.d. nous allons varier la vitesse du ventilateur d'Exhaure afin d'obtenir une pression qui vaut **-3.00 mbar** en incluant l'influence du ventilateur de tirage « IDfan » et la perturbation des ventilateurs de soufflage V3 et V4.

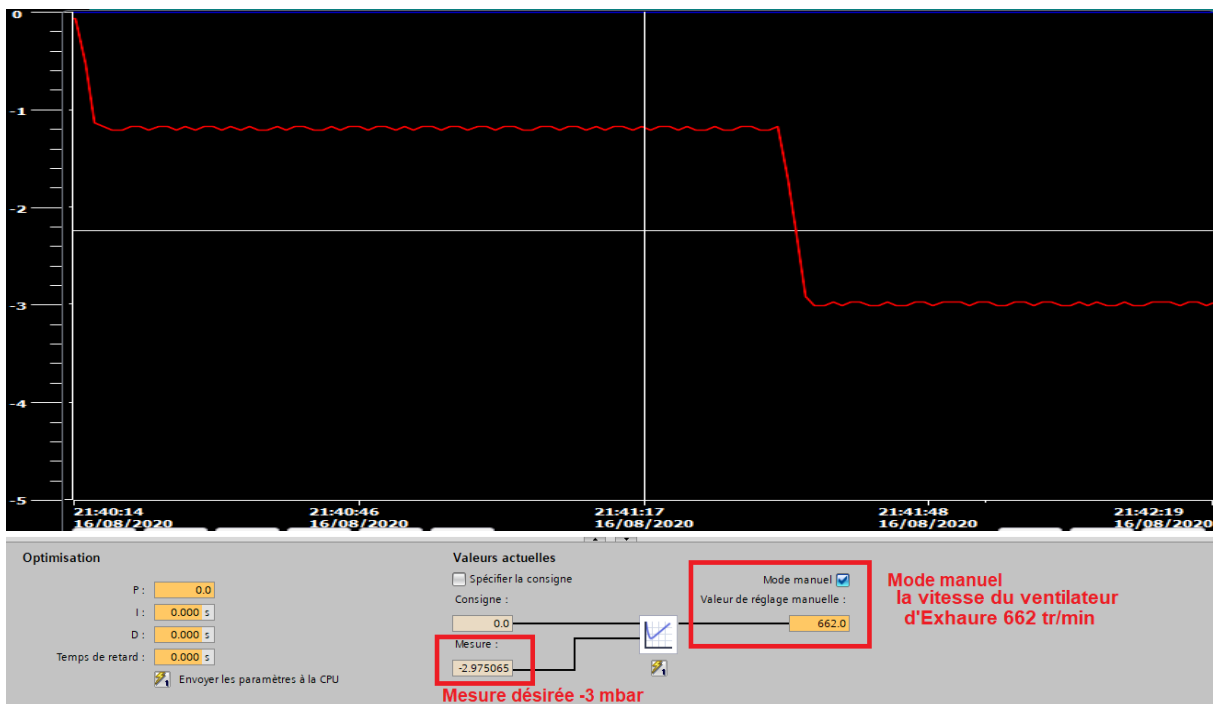


Figure IV.58 : Régulation manuelle

**7- Conclusion :**

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté les différentes étapes de la création de notre programme en donnant un aperçu des blocs utilisés lors de la programmation et sa réalisation.

Nous avons aussi présenté la procédure à suivre pour la création d'une supervision pour le contrôle et la commande de la station.

Ainsi la régulation de la pression du capot de chauffe par la variation de la vitesse du ventilateur d'Exhaure en mode manuel.

## Conclusion générale

Ainsi, nous avons effectués notre stage dans le cadre de projet de fin d'études, autant qu'étudiants ingénieurs en automatisme au sein de l'entreprise du ciment « SCIZ ». Notre projet avait pour ambition de réguler la pression de capot de chauffe présente dans la zone de cuisson, après avoir réussi l'automatisation et la supervision de cet atelier.

Durant cette période, nous avons pu mettre en pratique nos connaissances théoriques acquises durant notre formation, qui s'avèrent très utiles lors de notre modélisation du fonctionnement et mise en œuvre de l'atelier, effectuées à l'aide du logiciel TIA PORTAL V15. Ayant des bases solides en langage de programmation LADDER(CONT), cela nous a permis de le perfectionné et avoir l'envie d'enrichir nos connaissances en apprenant un nouvel langage de programmation (LIST) et l'intégrer dans notre programme PLC.

Du coup nous avons conçu notre propre algorithme multi-instance, permettant d'effectuer des tâches d'automatisation, créer un système asservi et résoudre les problèmes liés à la sécurité du personnel et des équipements dans l'atelier.

Puis, une mise en œuvre d'un protocole de supervision a été réalisée, afin d'assurer une surveillance de l'ensemble de la station en temps réel.

Les travaux décrits dans ce rapport nous permettent de conclure qu'en faisant face aux difficultés réelles du monde du travail et de l'industrie on s'aperçoit que le domaine de l'automatique est très prisé et est devenu indispensables, puisque il permet d'effectuer les tâches les plus ingrates, répétitives et, dangereuses au quotidien. Parfois, ces automatismes sont d'une telle rapidité et d'une telle précision, qu'ils réalisent des actions impossibles pour un être humain, tout en mettant l'accent sur différents domaines techniques tels que : l'électrotechnique, la mécanique et l'électronique. Du coup, pour mener à bien un projet d'automatisation industrielle, il est indispensable de respecter ces cinq étapes :

- **Bien ficeler le besoin.**
- **Faites la liste des composants matériels dont vous aurez besoin.**
- **Analyser quel type d'automate convient le mieux.**
- **Architecturer votre projet.**
- **Architecturer votre programme.**

De plus, le fait d'être en contact avec des experts dans ce domaine, nous a permis d'enrichir les connaissances théoriques que nous avons acquises au cours de nos études, et de favoriser grandement notre compréhension de l'ensemble du processus de fabrication du ciment.

Ce travail ambitionne la conception d'un simulateur (un modèle de comportement du processus) utile à la formation du personnel qui va agir sur le processus de fabrication réel.

## Bibliographie

- [1] : Documentation interne de la société des ciments Zahana (SCIZ) « Présentation de l'entreprise ».
- [2] : Documentation interne de la société des ciments Zahana (SCIZ) « Zone cuisson ».
- [3] : Documentation interne de la société des ciments Zahana (SCIZ) « Analyse fonctionnelle de la zone cuisson ».
- [4] : Les procédés de fabrication du ciment (Lafarge Ciments).
- [5] : Process book de refroidisseur (Lafarge Ciments).
- [6] : Documentation Siemens : <http://www.automation.siemens.com>
- [7] : Documentation Siemens « Guide utilisateur TIA PORTAL Version 15 » ID de la contribution : 109755202, Date de la contribution : 16/10/2018.
- [8] : Documentation Siemens « Manuel S7-1500 CPU 1513-1 PN »  
Code : 6ES7513-1AL01-0AB0 Edition : 09/2016.
- [9] : Documentation Capteurs/Actionneurs et équipements : <https://fr.wikipedia.org>
- [10] : CHLIF Nisrine, "Optimisation du volume des gaz chauds dans la ligne de cuisson de la cimenterie HOLCIM Fès", MEMOIRE DE FIN D'ETUDES Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques.
- [11] : Mr. ALLALI Ahmed Zaki Mr. ALLAM Abdelaziz, "Commande et supervision de la trémie d'alimentation d'un four de cuisson de clincker par un contrôleur flou sous Fuzzy control++ de Siemens" MEMOIRE DE FIN D'ETUDES Pour l'Obtention du Diplôme de Master.
- [12] : Mr. BINE CHAB Aissa Mr. KEBIR Youcef, "Automatisation d'un poste de relèvement d'assainissement des eaux usées de la Station de REGHAIA" MEMOIRE DE FIN D'ETUDES Pour l'Obtention du Diplôme de Master.
- [13] : HASSANIA EL GHARNAJI, "Diminution de la température d'air exhaure sorti du refroidisseur clinker" Projet de Fin d'Etudes LAFARGE CIMENTS USINE DE MEKNES.
- [14] : « Optimisation et régulation de la température du gaz de cyclone C4 Action sur débit combustible précalcinateur (coke) » Stage Technique Larfge ciment usine de meknes.
- [15] : Initiation-2-TIA-Portal-MS1 Lycée MONGE LA CHAUVINIÈRE