



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Automatique  
Automatique et informatique industrielle

Réf. : .....

---

Présenté par :  
**SEBTI Abdelouaheb**

## **Automatisation et supervision du brûleur de four commandé par l'automate siemens s7-1200 programmé par TIA PORTAL**

---

### **Jury :**

M.	MIHI Assia	MCB	Université de Biskra	Président
M.	RECHID Naima	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mr.	SAADOUNE Achour	Pr	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019/2020

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Automatique

Option : *Automatique et informatique industrielle*

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:

**MASTER**

**Thème:**

*Automatisation et supervision du brûleur  
de four commandé par l'automate siemens  
s7-1200 programmé par TIA PORTAL*

Présenté par :

**SEBTI Abdelouaheb**

Proposé et Dirigé Par :

**M<sup>elle</sup>. Rechid Naima**

**Promotion: Septembre 2020**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Automatique

Option : *Automatique et informatique industrielle*

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème:

*Automatisation et supervision du brûleur  
de four commandé par l'automate siemens  
s7-1200 programmé par TIA PORTAL*

Présenté par :

SEBTI Abdelouaheb

Avis favorable de l'encadreur :

Melle. Rechid Naima

*signature*

**Avis favorable du Président du Jury**

Melle MIHI Assia

*signature*

**Cachet et signature**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Automatique

Option : Automatique et informatique industrielle

## *Thème :*

# *Automatisation et supervision du brûleur de four commandé par l'automate siemens s7-1200 programmé par TIA PORTAL*

**Présenté par :** SEBTI Abdelouaheb

**Dirigé par :** Dr. RECHID Naima

### **RESUMES (Français et Arabe)**

#### **Résumé**

Ce travail réalisé au sein de l'usine du ciment Biskria présente l'automatisation et la supervision d'un brûleur de four rotatif de ciment. L'objectif de ce travail est de faire la commande de le brûleur de four par l'automate siemens S7-1200. On a utilisé l'automate programmable industrielle de siemens S7-1200 et programmé par le logiciel TIA Portal et faire une simulation par le simulateur PLCSim , on a élaboré aussi une interface homme-machine (HMI) pour la supervision qui permet a l'opérateur de visualiser, analyser et donner des commandes au système en temps réel. D'autre part, ce travail nous a permis de se familiariser avec l'API S7- 1200, maitriser le langage de programmation LADDER et l'explorateur WINCC qui permet de visualiser et surveiller un processus industrie.

**Mots clés :** Automate programmable industrielle (API), TIA portal, automatisation, supervision, interface homme-machine (HMI), simulateur PLCSIM, supervision WINCC.

## ملخص

يقدم هذا العمل المنفذ في مصنع بسكرية للإسمنت الأتمتة والإشراف على موقد فرن الإسمنت الدوار. الهدف من هذا العمل هو التحكم في موقد الفرن بواسطة PLC SIEMENS S7-1200. استخدمنا وحدة التحكم الصناعية القابلة للبرمجة للبرمجة Siemens S7-1200 والمبرمجة بواسطة برنامج TIA Portal والمحاكاة بواسطة محاكي PLCsim ، كما قمنا بتطوير واجهة بين الإنسان والآلة (HMI) للإشراف الذي يسمح للمشغل لتصور النظام وتحليله وإعطاء الأوامر في الوقت الفعلي. من ناحية أخرى ، سمح لنا هذا العمل بالتعرف على واجهة برمجة التطبيقات S7-1200 لإتقان لغة البرمجة LADDER ومستكشف WINCC الذي يسمح لنا بتصوير ومراقبة عملية الصناعة.

**الكلمات المفتاحية :** وحدة تحكم قابلة للبرمجة الصناعية (API)، بوابة TIA ، أتمتة، إشراف، واجهة الإنسان والآلة (HMI)، محاكي PLCSIM، إشراف WINCC.

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes très chers parents qui m'ont guidé  
Durant les moments les plus pénibles de ce long  
chemin*

*Ma mère et mon père qui ont sacrifié toute leur  
vie afin de me voir devenir ce que je suis*

*Merci mes parents.*

*À mes frères Abderrazzak, Abdeladhim et sœurs*

*À ma petite ange, m'a plus beau sœur Maya.*

*À mes chers amis, chacun en son nom et à tous*

*les amis de ma vie..*

*À tous ceux qui m'aiment et tous ceux que  
j'aime.*

*ABDELOUAHEB*

## REMERCIEMENT

*Nous remercions Allah, le tout puissant, pour nous avoir donné, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaire, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles qui se sont hissés au travers de notre chemin, durant toutes nos années études. Je remercie mes parents qui m'ont aidé et cru en moi et m'ont soutenu dans ma vie.*

*En premier lieu je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon directeur de recherche, madame RECHID Naima. Je la remercie de m'avoir encadrée, orientée, aidée, conseillée et supportée tout au long de cette année.*

*Nos remerciements vont aussi aux membres jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Mr YAAGOUB Ibrahim le promoteur de mon projet et mon tuteur industriel au sein de l'entreprise « Biskria cimenterie ».pour la confiance, l'orientation et la disponibilité qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené à bon port, et surtout pour son et l'équipe aidé tout ou long la période du travail.*

*Je remercie tous les étudiants de notre promo pour Le beau temps que nous avons passé ensemble et le grand soutien entre nous, durant toutes ces années d'études.*

*Sans oublier d'adresser mes respects, tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce projet.*

<b>LISTE DES TABLEAUX</b>
---------------------------

3.1	Tableau des symboles Grafcet niveau 1. . . . .	41
3.2	Tableau des symboles Grafcet niveau 2. . . . .	42
3.3	Tableau des symboles Grafcet niveau 3. . . . .	43
3.4	Tableau des symboles Grafcet niveau 4. . . . .	44

<b>TABLE DES FIGURES</b>
--------------------------

1.1 Photo de SPA Biskria [5]. . . . .	4
1.2 Organigramme de direction de la SPA Biskria Ciment [8]. . . . .	5
1.3 Carrière [8]. . . . .	7
1.4 Concasseur à marteau [1]. . . . .	7
1.5 Pole de stockage de matière [1]. . . . .	8
1.6 Atelier de dosage [1]. . . . .	8
1.7 Broyeur cru vertical à galets [1]. . . . .	9
1.8 Silo de stockage et d'homogénéisation [1]. . . . .	9
1.9 Tour préchauffage [1]. . . . .	10
1.10 Four rotatif [1]. . . . .	10
1.11 Refroidisseur à grilles [1]. . . . .	11
1.12 Silo clinker [1]. . . . .	11
1.13 Broyeur ciment vertical [1]. . . . .	12
1.14 L'ensachage en sacs [1]. . . . .	12
1.15 Livraisons en sacs [1]. . . . .	13
1.16 Livraisons en VRAC [1]. . . . .	13
1.17 Schéma de système automatisé [11]. . . . .	15
2.1 Externe de brûleur [1]. . . . .	18
2.2 Interne de brûleur [1]. . . . .	18
2.3 L'indice de tourbillon [1]. . . . .	19
2.4 Transmetteur de pression [16]. . . . .	20
2.5 Pressostat [1]. . . . .	21
2.6 Débitmètre [1]. . . . .	21
2.7 Détecteur de position [9]. . . . .	22
2.8 Détecteur de flamme FIVES PILLARD [1]. . . . .	22
2.9 Thermocouple [19]. . . . .	23
2.10 Transmetteur de PT100 [1]. . . . .	23
2.11 Codeur rotatif incrémental [20]. . . . .	24
2.12 Codeur rotatif absolu [21]. . . . .	24
2.13 Distributeur pneumatique [23]. . . . .	25
2.14 Contacteur électrique [24]. . . . .	25
2.15 Servomoteur pour une vanne régulatrice [1]. . . . .	26
2.16 Électrovanne [1]. . . . .	27

2.17	Les parties d'une vanne régulatrice [8]. . . . .	28
2.18	Vanne régulatrice [1]. . . . .	28
2.19	Vanne à papillon [1]. . . . .	28
2.20	Schéma synoptique de l'allumeur de flamme [26]. . . . .	29
2.21	Allumeur de flamme [1]. . . . .	29
2.22	Automates programmables [28]. . . . .	30
2.23	API S7-1200 (CPU 1214C AC/DC/RLY) [27]. . . . .	30
2.24	HMI KTP700 Comfort [27]. . . . .	31
2.25	Capture de logiciel TIA Portal V13 [27]. . . . .	32
3.1	Organigramme du processus du système de brûleur de four. . . . .	40
3.2	GRAFCET Niveau 1 (Démarrage ventilateur d'air primaire). . . . .	40
3.3	GRAFCET Niveau 2 (Démarrage d'allumeur de flamme). . . . .	41
3.4	GRAFCET Niveau 3 (Test de fuite de gaz). . . . .	42
3.5	GRAFCET Niveau 4 (Démarrage de Brûleur). . . . .	44
3.6	Création de nouveau projet. . . . .	45
3.7	Configuration des appareils. . . . .	45
3.8	Table de variables des entrées. . . . .	46
3.9	Table de variables des sorties. . . . .	46
3.10	Table de variables des mémoires 1. . . . .	47
3.11	Table de variables des mémoires 2. . . . .	47
3.12	Table de variables des mémoires 3. . . . .	47
3.13	Bloc des données. . . . .	48
3.14	Réseau de pression d'air primaire. . . . .	49
3.15	Réseau de pression de gaz 1. . . . .	49
3.16	Réseau de pression de gaz (test). . . . .	49
3.17	Réseau de pression de gaz 2. . . . .	49
3.18	Réseau de température de gaz. . . . .	50
3.19	Réseau de température de four. . . . .	50
3.20	Réseau de débit de gaz. . . . .	50
3.21	Réseau de vanne à papillon d'air primaire. . . . .	51
3.22	Réseau de moteur refroidisseur. . . . .	51
3.23	Réseau de moteur ventilateur d'air primaire. . . . .	52
3.24	Réseau d'allumeur de flamme. . . . .	52
3.25	Réseau du test fuite de gaz. . . . .	53
3.26	Réseau de la vanne régulatrice. . . . .	53
3.27	Réseau de brûleur de four. . . . .	54
3.28	Réseau de la vanne TOR amont. . . . .	54
3.29	Réseau de la vanne TOR aval. . . . .	55
3.30	Connexion API/HMI/Variateur de vitesse. . . . .	55
3.31	Connexion API/Variateur de vitesse. . . . .	56
3.32	Les réseaux de bloc comparaisons. . . . .	57
3.33	Les réseaux 1, 2 et 3 de bloc Main OB1. . . . .	58
3.34	Les réseaux 4, 5 et 6 de bloc Main OB1. . . . .	59
3.35	Les réseaux bloc Interruption cyclique (PID). . . . .	60
3.36	Barre du simulation de TIA PORTAL. . . . .	61
3.37	Compilation de programme sans erreur. . . . .	61
3.38	Chargement de programme. . . . .	61

---

3.39	Simulateur PLCSIM. . . . .	62
3.40	La liaison en ligne du programme et le simulateur. . . . .	62
3.41	Création de vue principale (accueil). . . . .	63
3.42	Création de vue de station d'air primaire. . . . .	64
3.43	Création de vue d'allumeur de flamme. . . . .	64
3.44	Création du vue de station de gaz. . . . .	65
3.45	Création du vue de brûleur. . . . .	65
3.46	Création du vue de régulateur PID. . . . .	66
3.47	Simulation de l'HMI. . . . .	67
3.48	Forçage des entrées sur PLCSIM. . . . .	68
3.49	Les ordres de commande ventilateur sur HMI. . . . .	68
3.50	Forçage des entrées sur PLCSIM. . . . .	69
3.51	Les résultats de commande ventilateur sur HMI. . . . .	69
3.52	Les résultats de commande ventilateur sur HMI. . . . .	70
3.53	Forçage des entrées sur PLCSIM. . . . .	70
3.54	Les ordres de commande allumeur de flamme sur HMI. . . . .	71
3.55	Les résultats de commande allumeur de flamme sur HMI (1). . . . .	71
3.56	Forçage des entrées sur PLCSIM. . . . .	72
3.57	Les résultats de commande allumeur de flamme sur HMI (2). . . . .	72
3.58	La vue détaillé d'allumeur de flamme sur HMI (2). . . . .	73
3.59	Forçage des entrées sur PLCSIM. . . . .	73
3.60	L'ordre de commande début du test fuite de gaz sur HMI. . . . .	74
3.61	Les résultats de commande test fuite de gaz échoué sur HMI (2). . . . .	74
3.62	Les résultats du commande brûleur de four sur HMI. . . . .	75
3.63	La vue du brûleur de four sur HMI. . . . .	75
3.64	Le résultat du commande de la vanne régulatrice. . . . .	76
3.65	L'ordre du commande pour l'arrêt brûleur de four sur HMI. . . . .	77
3.66	Le résultat du commande pour l'arrêt brûleur de four. . . . .	77
3.67	Réduire l'une des conditions du démarrage de brûleur sur PLCSIM. . . . .	78
3.68	Le résultat du commande pour l'arrêt de défaut du brûleur de four. . . . .	78
3.69	L'ordre de commande pour l'arrêt du brûleur de four sur HMI. . . . .	79
3.70	Le résultat du commande pour l'arrêt du refroidisseur sur HMI. . . . .	79

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**BC** : Biskria Ciment.

**PO** : Partie Opérative.

**PC** : Partie Commande.

**HMI** : Human Machine Interface.

**UV** : Ultraviolet

**TIA** : Totally Integrated Automation.

**WinCC RT** : Windows Control Center Runtime.

**API** : Automate Programmable Industriel.

**SIMATIC** : Siemens Automatique.

**E/S** : Entrée / Sortie.

**PLC** : Automate programmable (Programmable Logic Controller).

**PLCSim** : Programmable Logic Controller Simulator.

**CPU** : Central processing unit (Unité centrale de l'automate).

**Profinet** : Process Field Net.

**Profibus** : Process Field Bus.

**CP** : Processeur de communication.

**CM** : Module de communication.

**BB** : Battery Board.

**SB** : Signal Board.

**SM** Modules de signaux.

**TOR** : Tout ou Rien (Digitale).

**AI** : Entrée Analogique.

**AO** : Sortie Analogique.

**GRAFCET** : GRAF de Commande Etapes-Transitions.

**MPI** : Multi Point Interface.

**PID** : Proportionnel, Intégrateur, Dérivé.

<b>TABLE DES MATIÈRES</b>
---------------------------

**Dédicaces**

**Remerciement**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

**Introduction générale** **1**

<b>1</b>	<b>Description de la cimenterie SPA Biskria Ciment et les systèmes automatisée</b>	<b>3</b>
1.1	Introduction . . . . .	3
1.2	Présentation sur l'usine SPA Biskria ciment . . . . .	3
1.2.1	Description de la cimenterie SPA Biskria . . . . .	3
1.2.2	Production de l'usine SPA Biskria . . . . .	4
1.2.3	Organigramme de l'usine SPA BISKRIA CIMENT . . . . .	5
1.3	Présentation sur le ciment . . . . .	5
1.3.1	Définition du Ciment . . . . .	5
1.3.2	Matières premières du ciment . . . . .	6
1.3.3	Matières d'ajouts du ciment . . . . .	6
1.4	Les étapes de fabrication du ciment . . . . .	6
1.4.1	Zone d'extraction . . . . .	6
1.4.1.1	Carrière . . . . .	6
1.4.1.2	Concassage . . . . .	7
1.4.1.3	Stockage de matières premières . . . . .	7
1.4.2	Zone cru . . . . .	8
1.4.2.1	Dosage . . . . .	8
1.4.2.2	Broyage et le séchage . . . . .	8
1.4.2.3	Silo de stockage et d'homogénéisation . . . . .	9
1.4.3	Zone cuisson . . . . .	9
1.4.3.1	Tour préchauffage (à cyclones) . . . . .	9
1.4.3.2	Four rotatif . . . . .	10

1.4.3.3	Refroidisseur . . . . .	11
1.4.3.4	Stockage du clinker . . . . .	11
1.4.4	Zone ciment . . . . .	12
1.4.5	Zone expédition . . . . .	12
1.5	Les systèmes automatisés . . . . .	13
1.5.1	Définitions : . . . . .	13
1.5.2	Les systèmes automatisés industrielles . . . . .	14
1.5.3	L'objectif d'un système automatisé . . . . .	14
1.5.4	Structure d'un système automatisé . . . . .	14
1.5.4.1	La Partie Opérative . . . . .	15
1.5.4.2	La Partie Commande . . . . .	15
1.6	Conclusion . . . . .	16
<b>2</b>	<b>Étude de la problématique du brûleur de four et son automatisation et supervision</b>	<b>17</b>
2.1	Introduction . . . . .	17
2.2	Présentation du brûleur de four et leur description du son processus et mise en fonctionnement . . . . .	17
2.2.1	Description des brûleurs . . . . .	17
2.2.1.1	Déférents types des brûleurs . . . . .	17
2.2.1.2	Constitution d'un brûleur . . . . .	17
2.2.1.3	Spécifications technique . . . . .	18
2.2.2	Description du processus et mise en fonctionnement du brûleur . . . . .	18
2.3	Description des déférents éléments de système . . . . .	20
2.3.1	Les capteurs . . . . .	20
2.3.1.1	Transmetteur de pression . . . . .	20
2.3.1.2	Pressostat . . . . .	21
2.3.1.3	Débitmètre . . . . .	21
2.3.1.4	Détecteur de position . . . . .	22
2.3.1.5	Contrôleur de flamme . . . . .	22
2.3.1.6	Capteurs de température . . . . .	23
2.3.1.7	Codeurs rotatifs . . . . .	23
2.3.2	Les pré-actionneurs . . . . .	24
2.3.2.1	Les variateurs de vitesse . . . . .	24
2.3.2.2	Les distributeurs pneumatiques . . . . .	25
2.3.2.3	Les contacteurs . . . . .	25
2.3.2.4	Les servomoteurs . . . . .	25
2.3.3	Les actionneurs . . . . .	26
2.3.3.1	Les moteurs asynchrones . . . . .	26
2.3.3.2	Les électrovannes . . . . .	26
2.3.3.3	Les vannes régulatrices . . . . .	27
2.3.3.4	Les vannes à papillon . . . . .	28
2.3.3.5	Allumeur de la flamme de torche (Petite flamme) . . . . .	29
2.3.4	L'automate programmable industriel (API) . . . . .	30
2.3.5	L'interface Homme-Machine (HMI) . . . . .	31
2.4	Les outils de l'automatisation et la supervision . . . . .	31
2.4.1	L'automatisation . . . . .	31
2.4.2	La supervision . . . . .	32

2.5	Conclusion	33
<b>3</b>	<b>L'application de l'automatisation et la supervision</b>	<b>34</b>
3.1	Introduction	34
3.2	Description de cahier de charges	34
3.3	Organigramme correspondant au cahier de charge	36
3.4	Le GRAFCET du cahier des charges	40
3.4.1	Grafcet Niveau 1	40
3.4.2	Grafcet Niveau 2	41
3.4.3	Grafcet Niveau 3	42
3.4.4	Grafcet Niveau 4	43
3.5	La programmation de système	45
3.5.1	Création de projet	45
3.5.2	Configuration de l'appareil	45
3.5.3	Création des variables de système	46
3.5.4	Création du programme	48
3.5.4.1	Définition des blocs	48
3.5.4.2	Bloc des entrées analogiques	48
3.5.4.3	Bloc de l'automatisation du brûleur de four	50
3.5.4.4	Bloc de commande du moteur de ventilateur par le variateur de vitesse	55
3.5.4.5	Bloc des comparaisons	56
3.5.4.6	Bloc Main OB1	57
3.5.4.7	Bloc Interruption cyclique (PID)	60
3.6	Compilation et simulation du programme	61
3.7	Création de la supervision	63
3.7.1	Etablissement et liaison d'une HMI	63
3.7.2	Création des vues d'HMI	63
3.7.2.1	Création vue d'Accueil	63
3.7.2.2	Création vue de simulation PID	66
3.7.3	Simulation de l'HMI	67
3.8	La simulation et la supervision du système	67
3.8.1	Démarrage de ventilateur d'air primaire	67
3.8.2	Démarrage d'allumeur de flamme	70
3.8.3	Démarrage du test fuite de gaz	73
3.8.4	Démarrage du brûleur de four	75
3.8.5	Commande du la vanne régulatrice par régulateur PID	76
3.8.6	L'arrêt du brûleur de four	77
3.8.6.1	Cas d'arrêt normal	77
3.8.6.2	Cas d'arrêt de défaut	78
3.8.7	L'arrêt du refroidisseur	79
3.9	Conclusion	80
	<b>Conclusion générale</b>	<b>81</b>
	<b>Bibliographie</b>	

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Au cours des dernières décennies, les procédés industriels ont connu un essor considérable, grâce à l'automatisme. C'est ce qui incite les entreprises à automatiser leurs processus de production, afin d'assurer leur pérennité, tout en améliorant les conditions de travail de leur personnel, en éliminant les tâches pénibles et répétitives.

Depuis plus d'une décennie, les entreprises Algériennes ont commencé à renouveler et à automatiser leurs installations. La cimenterie SPA BISKRIA CIMENT a fait un grand pas dans ce domaine, Elle prend actuellement le défi pour améliorer ces performances, par la proposition des solutions correctives de l'état actuel, qui visent le doublement de la capacité de production de l'usine.

L'automatisme est le domaine scientifique et technologique qui exécute contrôle des tâches techniques, par des machines fonctionnant sans intervention humaine, ou à l'aide d'une intervention réduite. L'automatisation s'est généralisée dans l'ensemble des activités de production, tant dans l'industrie, que dans les activités de services. Quel que soit son domaine d'application et les techniques auxquelles elle fait appel, l'automatisation s'est constamment développée dans l'unique but de réduire la pénibilité du travail humain et d'améliorer la productivité et la qualité des produits.

C'est dans cette direction que notre sujet de projet de fin d'étude s'est orienté. L'objectif de ce travail est de mettre en œuvre l'automatisation et la supervision d'un bruleur de four, tout en assurant le maximum de production et le minimum de pannes avec un temps d'attente réduit.

Pour atteindre notre objectif, nous avons utilisé le logiciel de programmation et de conception TIA PORTAL fourni par la maison SIEMENS. La plateforme TIA PORTAL est le nouvel environnement de travail SIEMENS qui permet de mettre en œuvre des solutions d'automatisation avec un système d'ingénierie intégré comprenant les logiciels SIMATIC STEP 7, PLC SIM et SIMATIC WINCC.

Suite à cela le manuscrit comporte trois chapitres :

**Le premier chapitre** est consacré à la présentation de l'usine SPA Biskria Ciment et processus de fabrication du ciment et une description théorique sur les systèmes automatisés de la production.

**Le deuxième chapitre** consiste à la présentation sur le brûleur de four, des composants de système et enfin on a présenter les outils de l'automatisation et de la supervision.

**Le dernière chapitre** sera consacré à la description du cahier de charge de l'automatisation du système avec l'application de la programmation, de la conception

et de la simulation avec TIA PORTAL pour réaliser ce projet.

Le choix de cet exemple d'application vise à appliquer nos connaissances théoriques à la programmation des processus industriels en utilisant le logiciel TIA PORTAL, qui nous a permis d'expérimenter plus facilement et en toute sécurité des nouvelles solutions, que nous ne pouvons pas exécuter sur le terrain, ainsi, d'approfondir nos connaissances théoriques en automatisation industrielle.

# CHAPITRE 1

## DESCRIPTION DE LA CIMENTERIE SPA BISKRIA CIMENT ET LES SYSTÈMES AUTOMATISÉE

### 1.1 Introduction

Le ciment est le plus important matériau de construction de notre temps. C'est un produit «haute-technologie» issu de la nature, qui a bénéficié d'un développement s'étendant sur des siècles.

Le ciment est plus précisément un liant. Le matériau de construction proprement dit, c'est le béton, qui est basé sur sa composition / qualité sur le ciment ce dernier est le composants le plus chère du béton.

Le but de ce chapitre est de présenter l'entreprise SPA Biskria Ciment, description sur les étapes de fabrication du ciment et une étude théorique sur les systèmes automatisées.

### 1.2 Présentation sur l'usine SPA Biskria ciment

#### 1.2.1 Description de la cimenterie SPA Biskria

La société SPA BISKRIA CIMENT est une entreprise de fabrication et ventes des ciments au Capital social : 870.000.000,00 DA.

— Raison sociale : Société de BISKRIA CIMENT

— Siège Social :

Adresse : DJAR BELAHRACHE, BRANIS, Wilaya de BISKRA 07000, ALGERIE.

Tél : +213 (0) 33 62 74 62 mobile : +213 (0) 560 960 470

Fax : +213 (0) 33 62 73 92.

E-mail : contact@biskriaciment-dz.com

E-mail : biskria.spa@gmail.com

— Forme juridique : SPA, Société par action

Le but de société est d'améliorer notre efficacité au niveau du développement socio-économique en Algérie, et conforter notre avantage concurrentiel au niveau national et international ;

Donc l'objectif en premier lieux consiste à satisfaire le marché national d'un produit local tout en permettant un accès stable aux matériaux de construction en termes de

qualité, de choix, de services à des prix abordables. Et en deuxième lieu d'ouvrir des marchés internationaux.

La cimenterie possède de trois lignes de productions avec une capacité totale de 4 million T/an [2], [3].



FIGURE 1.1 – Photo de SPA Biskria [5].

### 1.2.2 Production de l'usine SPA Biskria

La S.P.A Biskria Ciment produit des ciments de qualité qui sont systématiquement contrôlés par le laboratoire de la cimenterie et périodiquement par le Centre d'Études et de Services Technologiques de l'Industrie des Matériaux de Construction CETIM (selon le référentiel ISO 17025). Les ciments sont subdivisés en 5 catégories principales qui sont repérées par [4] :

- Ciment Portland Composite CEM II/A 42,5 NA 442
- Ciment Portland Composite CEM II/B 32.5 NA 442
- Ciment Résistant aux Sulfates (CRS) CEM I 42.5 – ES NA 443
- Ciment Résistant aux Sulfates (CRS) CEM IV/A-SR 42.5 NA 443
- Ciment Résistant aux Sulfates (CRS) CEM III/B-SR 42.5 NA 443

#### **Ciment Portland Composite CEM II/A 42, 5 NA 442**

Composition :

- 80% à 94% de clinker (K).
- Complément à 100% composé d'un ou plusieurs constituants, tel que pouzzolane (Z), calcaire (L), etc.
- Sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise

#### **Ciment Portland Composite CEM II/B 32, 5 NA 442**

Composition :

- 65% à 79% de clinker (K).
- Complément à 100% composé d'un ou plusieurs constituants, tel que pouzzolane (Z), calcaire (L), etc.
- Sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise

**Ciment Résistant aux Sulfates (CRS) CEM I 42, 5-ES NA 443**

Composition :

- Au moins 95 % de clinker (K).
- Ajouts : la proportion de constitutions secondaires est limitée à 05%.

**Ciment Résistant aux Sulfates (CRS) CEM IV/A-SR 42.5 NA 443**

Composition :

- 65% à 79% de clinker (K).
- Complément à 100% pouzzolane (Z)
- Sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise.

**Ciment Résistant aux Sulfates (CRS) CEM III/B-SR 42.5 NA 443**

Composition :

- 20% à 34% de clinker (K).
- Complément à 100% laitier (S)
- Sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise.

**1.2.3 Organigramme de l'usine SPA BISKRIA CIMENT**

Nous avons l'organigramme qui faire connaître les différents secteurs et les départements de l'usine :

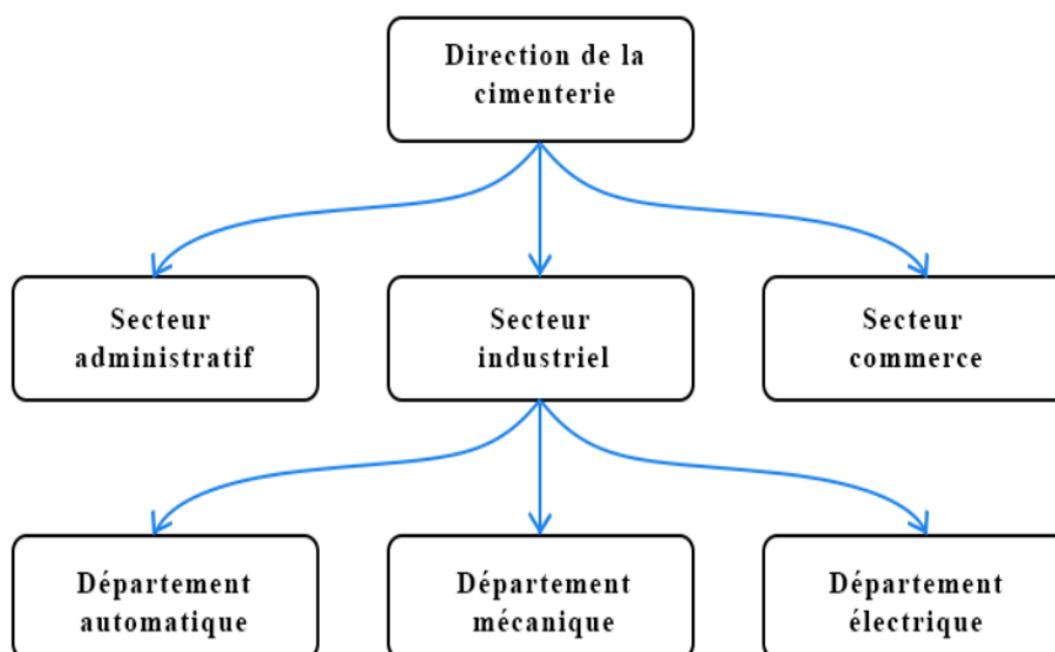


FIGURE 1.2 – Organigramme de direction de la SPA Biskria Ciment [8].

**1.3 Présentation sur le ciment****1.3.1 Définition du Ciment**

C'est un liant hydraulique utilisé dans différents domaines, principalement comme matériau de construction. Il est fabriqué à partir de la cuisson, le mélange et le broyage

de différentes matières premières.

Les ciments usuels sont fabriqués à partir d'un mélange de calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) environ de 80 % et d'argile ( $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ ) environ de 20 %. [6].

### 1.3.2 Matières premières du ciment

Le clinker, principal constituant d'un ciment, est obtenu à partir d'un mélange (appelé «cru») de 80 % de calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) et de 20 % d'argile (silicoaluminate). Ces matières premières sont d'un accès facile et par exemple, en France, elles sont présentes partout, sauf en Bretagne et dans le Massif Central. Elles sont exploitées à ciel ouvert. Des roches naturelles, les calcaires marneux, ont une composition qui est proche de celle du cru. Des correcteurs, minerai de fer qui apporte  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , bauxite pour  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , calcaire pour  $\text{CaO}$ , sable pour  $\text{SiO}_2$  sont ajoutés pour atteindre la composition souhaitée. Les calcaires doivent être exempts de magnésium (teneur  $< 2\%$ ) car  $\text{MgO}$  libre, contrairement à  $\text{CaO}$ , ne se lie pas à  $\text{SiO}_2$ .  $\text{MgO}$ , en s'hydratant lors de la prise augmente fortement de volume provoquant la chute de la résistance mécanique en compression du mortier ou du béton [7].

### 1.3.3 Matières d'ajouts du ciment

**Gypse** : son rôle est de régulariser le temps de prise du ciment.

**Calcaire** : Ajout qui diminue la résistance du ciment.

**Le Schiste** : le gisement de schiste.

**Matières de correction** : Les matières de correction sont en général : le sable et les minerais de fer, elles sont ajoutées à la matière crue, leur coût est élevé car elles sont fournies par des fournisseurs étrangers.

**Pouzzolane** : une matière volcanique, et spécialement utilisée pour la fabrication de tous les types du ciment commercialisé sauf pour le CPJ35.

## 1.4 Les étapes de fabrication du ciment

La fabrication du ciment dans SPA Biskria se distingue en cinq zones principales :

- Zone d'extraction
- Zone cru
- Zone cuisson
- Zone ciment
- Zone d'expédition

### 1.4.1 Zone d'extraction

Cette zone début à la carrière jusqu'à le stockage de la matière première dans les polaires de stockage.

#### 1.4.1.1 Carrière

L'usine SPA Biskria profite de la montagne voisine pour obtenir la matière première (le calcaire). L'extraction de ces roches se fait par abattage à l'explosif. Il consiste à fragmenter le massif exploité à l'aide d'explosifs comme l'indique la Figure 1.3 ci-dessous [9].



FIGURE 1.3 – Carrière [8].

#### 1.4.1.2 Concassage

Le concassage est fait pour l'optimisation et la facilité de stockage et la manutention des matières premières [8].

Dans la société SPA BISKRIA on a trois types de concasseurs :

- concasseur à marteau pour le calcaire.
- concasseur a cylindre pour l'argile et le minerai de fer.
- concasseur a cylindre pour gypse.



FIGURE 1.4 – Concasseur à marteau [1].

#### 1.4.1.3 Stockage de matières premières

Après l'opération de concassage de ces matières premières de base on obtient une granulométrie de 0 à 25 mm, les constituants sont acheminés vers l'usine par des tapis roulant couvert, puis stockés dans des halls de pré-homogénéisation.



FIGURE 1.5 – Pole de stockage de matière [1].

## 1.4.2 Zone cru

Cette zone début à la sortie des polaires de matières jusqu'à le stockage de la farine cru dans le silo d'homogénéisation.

### 1.4.2.1 Dosage

La matière cru est constitué d'un mélange des matière premières de correction dans des proportion qui sont définies suivant les valeurs des modules chimiques de cru, en général la matière cru est constituée de 70 % de calcaire, 20 % d'argile et 10 % entre le sable et le minerai de fer, quatre doseurs sont installés sous les trémies, le calcaire et l'argile et le minerai de fer et le sable sont respectivement extraits par ces doseurs, chaque doseur est systématisé d'une manière automatique [10].



FIGURE 1.6 – Atelier de dosage [1].

### 1.4.2.2 Broyage et le séchage

Après l'opération de dosage, les matières premières extraites sont chargées sur un seul convoyeur à bande puis transportées au broyeur cru. Ce mélange est broyé et séché dans un broyeur horizontal à boulets ou vertical à galets. Cette opération de broyage permet de réduire la granulométrie du mélange. Le séchage de la matière crue à l'intérieur du broyeur est assuré par les gaz chauds du four. Ces gaz sont ensuite dépoussiérés

dans un filtre à manches puis évacués dans l'atmosphère. Le séchage permet de réduire l'humidité de la farine à moins de 1 % [10].



FIGURE 1.7 – Broyeur cru vertical à galets [1].

#### 1.4.2.3 Silo de stockage et d'homogénéisation

A la sortie du broyeur cru, le mélange des matières broyées, appelé farine crue est stocké dans un ou plusieurs silos de stockage et d'homogénéisation. Dans ces silos, la farine crue est homogénéisée par soufflage d'air sur-pressé. Cette opération permet d'améliorer la régularité des caractéristiques de la farine crue afin d'obtenir ensuite un clinker de qualité régulière [10].



FIGURE 1.8 – Silo de stockage et d'homogénéisation [1].

#### 1.4.3 Zone cuisson

La ligne de cuisson est constituée d'une tour à cyclones, un four rotatif, un refroidisseur et un silo de stockage du clinker [9].

##### 1.4.3.1 Tour préchauffage (à cyclones)

La tour à cyclones est un échangeur de chaleur à voie sèche constituée de cinq étages. Elle permet d'effectuer un échange thermique [9].



FIGURE 1.9 – Tour préchauffage [1].

#### 1.4.3.2 Four rotatif

Les systèmes des fours sont conçus, pour la cimenterie, pour répondre aux exigences chimiques du procédé durant lequel la matière crue est transformée en clinker. Le four rotatif est un cylindre en acier reposant sur des stations de roulement, il est garni intérieurement par des produits réfractaires. Durant la cuisson, le four rotatif est animé d'un mouvement de rotation, la disposition en pente du four permet le mouvement de la matière première qui est injectée de l'autre extrémité par rapport à la flamme de chauffe. Durant ce déplacement, la matière se transforme par cuisson tout en avançant de son état initial jusqu'à ce qu'elle devienne clinker à la température de 1450 °C [10].



FIGURE 1.10 – Four rotatif [1].

### 1.4.3.3 Refroidisseur

A la sortie du four, le clinker est introduit dans un refroidisseur à ballonnets ou à grilles où il est refroidi jusqu'à une température de 120 °C. Le rôle des refroidisseurs consiste à garantir la trempe du clinker pour avoir une structure minéralogique et des dimensions de cristaux favorables. Les refroidisseurs permettent aussi de baisser la température du clinker pour faciliter la manutention jusqu'à aux silos de stockage [10].



FIGURE 1.11 – Refroidisseur à grilles [1].

### 1.4.3.4 Stockage du clinker

Une fois refroidit, le clinker est alors stocké dans des silos qui d'une part, confèrent à l'atelier de broyage ciment.



FIGURE 1.12 – Silo clinker [1].

#### 1.4.4 Zone ciment

Le clinker est acheminé vers des trémies de stockage et les ajouts sont repris du stock par un gratteur portique du hall est acheminés par l'intermédiaire de transporteur à bande vers les trimés de stockage et d'alimentation des broyeurs pour Le dosage du clinker, du gypse et des ajouts se fait à l'entrée du broyeur par un système de dosage automatique chargé d'effectuer des tests dans le laboratoire tout au long du processus de production.



FIGURE 1.13 – Broyeur ciment vertical [1].

#### 1.4.5 Zone expédition

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de grands capacités qui alimentent par la suite les ateliers d'ensachage pour les l'expédition en sacs, ou les dispositifs de chargement et livraisons en VRAC. Donc les expéditions comprennent le stockage du ciment, son conditionnement (ensachage) en cas de livraison par sacs ou via un vrac et son chargement sur l'outil de transport (camion, train, bateau...). C'est l'interface de l'usine avec le client.



FIGURE 1.14 – L'ensachage en sacs [1].



FIGURE 1.15 – Livraisons en sacs [1].



FIGURE 1.16 – Livraisons en VRAC [1].

## 1.5 Les systèmes automatisés

### 1.5.1 Définitions :

L'automatisation consiste à « rendre automatique » les opérations qui exigeaient auparavant l'intervention humaine.

Une autre définition : L'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non seulement dans ses efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle.

Ce système est un sous-ensemble d'une machine, destinée à remplacer l'action de l'être humain dans des tâches en générales simples et répétitives, réclamant précision et rigueur. On passe d'un système dit manuel, a un système mécanise, puis au système automatisé [11].

### 1.5.2 Les systèmes automatisés industrielles

Dans l'industrie, les automatismes sont devenus indispensables : ils permettent d'effectuer quotidiennement les tâches les plus ingrates, répétitives et, dangereuses. Parfois, ces automatismes sont d'une telle rapidité et d'une telle précision, qu'ils réalisent des actions impossibles pour un être humain. L'automatisme est donc synonyme de productivité et de sécurité.

Le savoir-faire de l'opérateur est transposé dans le système automatisé, il devient le PROCESSUS.

Un processus peut être considéré comme un système organisé d'activités qui utilise des ressources (personnel, équipement, matériels et machines, matière première et informations) pour transformer des éléments entrants (les intrants) en éléments de sortie (les extrants) dont le résultat final attendu est un produit.

Le système automatisé de production industrielle doit également répondre à des contraintes économiques et donc à une certaine flexibilité.

Il existe deux concepts technologiques :

- Les automatismes séquentiels,
- Les asservissements, la régulation ou « feedback control ».

Cependant, dans la plupart des systèmes complexes modernes, ces deux types d'automatismes se trouvent imbriqués [11].

### 1.5.3 L'objectif d'un système automatisé

Les buts (ou objectifs) de l'automatisation sont donc :

- Éliminer les tâches répétitives,
- Simplifier le travail de l'humain,
- Augmenter la sécurité (responsabilité),
- Accroître la productivité.

C'est également :

- Économiser les matières premières et l'énergie,
- S'adapter à des contextes particuliers : flexibilité,
- Améliorer la qualité.

Donc dans le coté industriel permet de compétitivité de l'entreprise et des produits. Cette compétitivité passe par la qualité, la maîtrise des coûts et l'innovation. Cela induit une disponibilité à tous les niveaux. On cherche donc à améliorer la productivité. L'amélioration des conditions de travail, et surtout la sécurité, fait partie des objectifs de l'automatisation [11].

### 1.5.4 Structure d'un système automatisé

On admet généralement qu'un automatisme est composé de deux sous-ensembles :

- Un organe de décision, nommé « partie commande »,
- Un organe effectuant les actions ordonné par l'organe de commande, nommé « partie opérative » ou organe de puissance qui peut être mécanique, électrique, pneumatique, ou hydraulique, et bien souvent un assemblage de ces technologies.

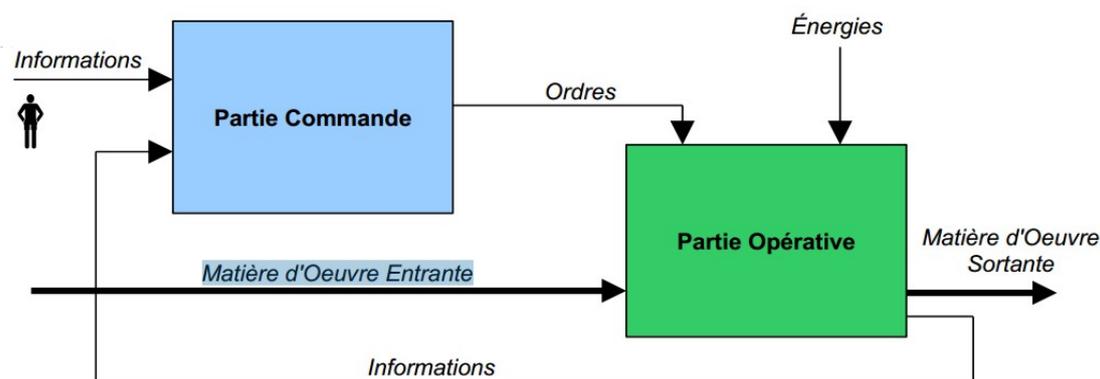


FIGURE 1.17 – Schéma de système automatisé [11].

#### 1.5.4.1 La Partie Opérative

La Partie opérative est une reproduction physique d'un procédé industriel. Elle est soumise aux instructions envoyées de la commande par les Opérateurs Humains de supervision afin d'agir sur les actionneurs et pré actionneurs du procédé. En contrepartie, la PO renvoie les informations du procédé aux Opérateurs Humains de supervision via des capteurs [10].

**Actionneurs :** Ce sont des organes destinés à remplacer l'énergie humaine par une énergie électrique, pneumatique ou hydraulique, ils permettent d'obtenir l'énergie nécessaire au bon du fonctionnement de la machine à partir de l'énergie disponible dans l'équipement.

**Pré-actionneurs :** Les pré-actionneurs distribuent l'énergie aux actionneurs à partir des ordres émis par la partie commandes.

**Capteurs :** Les capteurs fournissent les informations en retour nécessaires pour la conduite du procédé en captant les déplacements des actionneurs ou le résultat de leurs actions sur le procédé. Ils peuvent détecter des positions, des pressions, des températures, des débits, . . . .

#### 1.5.4.2 La Partie Commande

La partie commande d'un système automatisé est un ensemble capable de reproduire un modèle de fonctionnement exprimant le savoir-faire humain. Elle commande la partie opérative pour obtenir les effets voulus, par l'émission d'ordres en fonction d'informations disponibles, comptes rendus, consignes et du modèle construit. Elle peut échanger des informations avec l'opérateur ou d'autres systèmes.

Les principales fonctions assurées par la partie commande sont [12] :

- Echanger des informations avec l'opérateur ;
- Echanger des informations avec d'autres systèmes ;
- Acquérir les données ;
- Traiter les données ;
- Commander la puissance.

Par ailleurs, la Partie Commande est en interaction avec son milieu extérieur par des liaisons informationnelles avec l'environnement humain, au travers de l'Interface Homme Machine (HMI). La PC est construit à partir des constituants électroniques et électriques et s'appuie essentiellement sur des technologies programmées (automates programmables) [10].

## **1.6 Conclusion**

Dans ce chapitre, on a présenté une description sur l'usine BC, on a donné quelque informations sur le ciment, ensuite faire une aperçue sur les différents étapes de fabrications de ciment et enfin nous avons présenté une vue générale sur les systèmes automatisé de la production.

Le chapitre suivant sera consacré à une étude de la problématique du brûleur de four et leur automatisation et supervision.

## CHAPITRE 2

# ÉTUDE DE LA PROBLÉMATIQUE DU BRÛLEUR DE FOUR ET SON AUTOMATISATION ET SUPERVISION

### 2.1 Introduction

Afin de développer un système automatique intégré sachant que tous les aspects soient couverts pour atteindre le niveau requis, on doit étudié attentivement ce système. Pour cela une étude sur le système du brûleur de four et son automatisation et supervision sera faite dans ce chapitre. On va faire une description détaillée sur le brûleur de four, du son processus de sa mise en fonctionnement, des composants du système et les outils d'automatisation et de supervision.

### 2.2 Présentation du brûleur de four et leur description du son processus et mise en fonctionnement

#### 2.2.1 Description des brûleurs

Les brûleurs sont les organes qui assure le mélange air-gaz et de maintenir la stabilité de la combustion [8].

Le mélange nécessite le meilleur réglage pour que le rendement de combustion soit maximum et que la combustion soit la meilleure possible, c'est-à-dire générant le moins possible d'imbrûlés et de polluants [14].

Un brûleur est constitué principalement d'un distributeur d'air de la combustion et d'un injecteur de combustible. Il comprend également d'autres appareils auxiliaires tels que les allumeurs, ... etc , [13].

##### 2.2.1.1 Déférénts types des brûleurs

Généralement ont trouve trois types de brûleur [13] :

- Brûleur a gaz naturel.
- Brûleur a fuel.
- Brûleur mixte.

##### 2.2.1.2 Constitution d'un brûleur

Le brûleur est constitué de deux parties :

- Partie externe au four qui comprend toutes les installations de service à savoir les pompes, les ventilateurs, les appareils de surveillance, les tuyaux de raccordement...etc.



FIGURE 2.1 – Externe de brûleur [1].

- La deuxième partie qui va être à l'intérieur du four et essentiellement un tuyau de 6 à 8 mètres de longueur, ayant un diamètre à nue de 400 mm et un diamètre avec réfractaire de 700 mm. Au bout de ce tuyau on va retrouver un disque support des buses d'injection qui peuvent être au nombre de 24 buses de divers diamètres. Les buses peuvent être éliminé par l'utilisation de buses pleines.



FIGURE 2.2 – Interne de brûleur [1].

### 2.2.1.3 Spécifications technique

Le brûleur utilisé dans le four rotatif fonctionne comme un injecteur, le carburant est injecté au centre et entouré par un jet d'air primaire, en plus un air secondaire est aspiré du refroidisseur dans le four de telle façon que la flamme dégagée se concentre autour de la ligne centrale du four [8].

### 2.2.2 Description du processus et mise en fonctionnement du brûleur

À l'usine SPA Biskria Ciment où j'ai fait mon stage, il y a un brûleur FIVES PILLARD conçu pour être utilisé dans les fours rotatifs à ciment.

Avant le démarrage du brûleur il est important de faire une vérification préliminaire de :

- Toutes les vannes de gaz manuelles sont ouvertes, les vannes de gaz de dérivation sont fermées.
- L'air comprimé fonctionne : la pression d'air est stable à 6 bar.
- L'entrée de pression d'alimentation en gaz du patin des vannes à gaz est stable à 4 bar.
- Fermer les deux vannes de refroidissement manuelles du canal de gaz NOVA-FLAM.
- Le ventilateur d'air primaire est prêt à démarrer.

Il existe deux types d'opérations pour le démarrage du brûleur sont :

**Première opération :** démarrage à froid

**Deuxième opération :** démarrage à chaud

1. Démarrage à froid, procédure d'allumage. Température de l'air secondaire inférieure à 750 ° C ;

Le premier démarrage doit être opéré à partir du panneau local

- Le sélecteur de commande du brûleur est commuté sur «Local» sur le panneau local.
- Démarrer la ventilateur d'air primaire, la pression de refoulement est réglée à 80 mbar
- L'indice tourbillon NOVAFLAM est au minimum

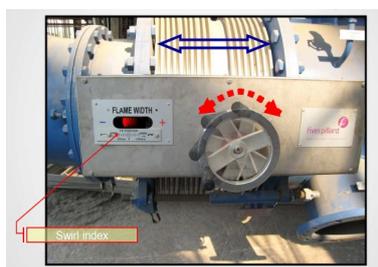


FIGURE 2.3 – L'indice de tourbillon [1].

- La vanne d'air primaire NOVAFLAM est complètement ouverte, la pression du manomètre indique 70 mbar
  - L'indice de l'air centrale réglé à 10 mm, la vanne est complètement ouverte, la pression du manomètre indique 50 mbar
  - L'indice de gaz NOVAFLAM est au minimum et la vanne régulatrice de débit est ouverte à 5% pour un allumage doux.
  - Démarrer l'allumeur de flamme.
  - Démarrer le brûleur à gaz et vérifier la flamme du brûleur.
  - Après la confirmation par l'opérateur du terrain que la flamme est stable. La commande du brûleur peut être basculer sur «à distance» et la salle de contrôle peut régler le débit de gaz.
- Le prochain démarrage peut être opéré à partir de la salle de contrôle.

2. Démarrage à chaud, procédure d'allumage. Température de l'air secondaire supérieure à 750 ° C ;
  - La ventilateur d'air primaire est déjà en fonctionnement pour une protection thermique du brûleur, la pression de refoulement est fixée à 140 mbar.

- Tourbillon NOVAFLAM ne change pas.
- La vanne d'air primaire NOVAFLAM est complètement ouverte, la pression du manomètre indique 120 mbar.
- L'indice NOVAFLAM d'air central réglé à 10 mm, vanne partiellement ouverte, pression du manomètre à 80 mbar.
- L'indice de gaz NOVAFLAM est au minimum, la vanne régulatrice de débit de gaz est forcée à 5% ouverte pour un allumage doux.
- Peut être démarré le brûleur sans l'allumeur de flamme et après la confirmation valider par l'opérateur de terrain.
- Après l'allumage du brûleur à gaz, la salle de contrôle peut augmenter le débit de gaz en fonction de l'alimentation de la ligne. La pression de refoulement de la soufflante d'air primaire sera augmentée jusqu'à atteindre la pression nominale d'entrée d'air primaire NOVAFLAM 165 mbar.

### 2.3 Description des différents éléments de système

Chaque système automatisé a besoin de deux parties selon le chapitre précédent, à savoir, la partie opérative qui inclut les capteurs, les pré-actionneurs et les actionneurs et la partie de commande qui inclut dans ce cas l'automate programmable industrielle(API) et l'interface homme-machine(HMI).

#### 2.3.1 Les capteurs

##### 2.3.1.1 Transmetteur de pression

Le terme "transmetteur de pression" est communément utilisé pour définir un capteur de pression équipé d'interfaces électrique et mécanique et délivrant un signal de sortie standardisé.

Le principe de fonctionnement d'un transmetteur de pression est le suivant : la pression du fluide à mesurer est guidée à travers un raccord processus et s'applique à l'élément de mesure de pression interne. L'électronique interne convertit le signal brut du capteur en un signal filtré, amplifié, compensé en température et standardisé, comme par exemple le signal 4...20 mA. Ce signal de sortie est transmis via un connecteur standardisé ou un câble à une unité de traitement du signal [15].



FIGURE 2.4 – Transmetteur de pression [16].

### 2.3.1.2 Pressostat

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

L'information rendue peut être électrique, pneumatique, hydraulique, et électronique.

Ces appareils sont également appelés manostats, vacuostats électroniques, ou encore manocontacts. Ils transforment une ou plusieurs valeurs de pression déterminées qu'ils subissent en informations électriques, mécaniques ou numériques. Ils sont utilisés dans de nombreuses applications de systèmes de contrôle ou de régulation par exemple en provoquant le démarrage d'un compresseur d'air ou d'une pompe, si la pression du circuit contrôlé descend au-dessous d'une limite déterminée. L'information ainsi transmise dépend de la comparaison entre la valeur ou consigne prédéfinie et la mesure réelle de l'équipement, lorsque cet écart Consigne / Mesure dépasse un seuil, le pressostat envoie un signal qui prend une position de sécurité, et dans le cas contraire, la position revient à la normale, on parle alors de tout ou rien. Les pressostats ont une grande robustesse, ainsi qu'une excellente tenue dans les réglages malgré leur utilisation dans les environnements assez contraignants (c'est un détecteur de seuil de pression).



FIGURE 2.5 – Pressostat [1].

### 2.3.1.3 Débitmètre

Un débitmètre est un instrument utilisé pour mesurer le débit linéaire, non linéaire, massique ou volumétrique d'un liquide ou d'un gaz [17].



FIGURE 2.6 – Débitmètre [1].

### 2.3.1.4 Détecteur de position

En génie électrique, un interrupteur de fin de course est un interrupteur actionné par le mouvement d'une pièce de la machine ou la présence d'un objet. Ils sont utilisés pour contrôler des machines dans le cadre d'un système de contrôle, d'inter verrouillage de sécurité ou pour compter des objets passant un point [8].

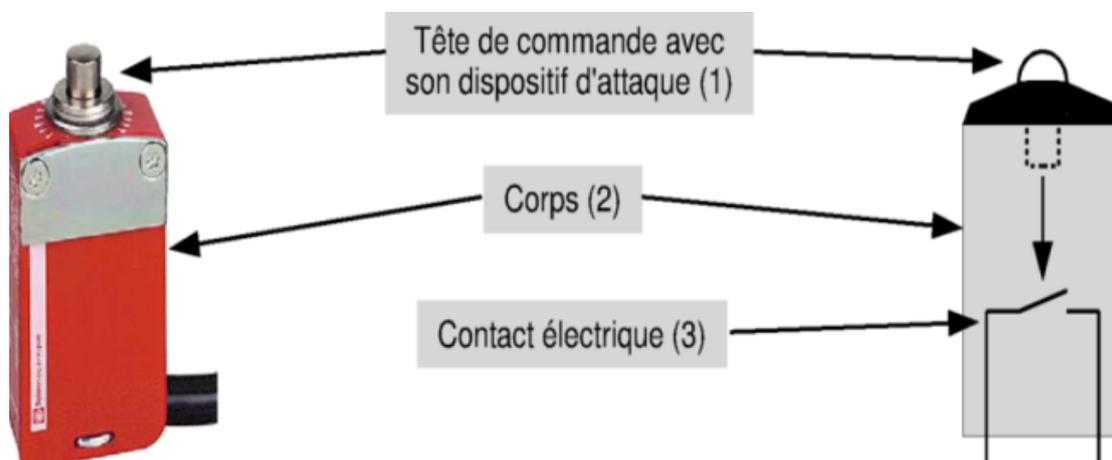


FIGURE 2.7 – Détecteur de position [9].

### 2.3.1.5 Contrôleur de flamme

Le système de contrôle de la flamme permet de détecter la présence de flamme au sein de la chambre à combustion. Le système se compose de deux parties fondamentaux ; le viseur de flamme et le détecteur de flamme. Le viseur de flamme permet de détecter les rayons ultraviolets UV émis par la flamme, puis il transmet l'information sous forme d'un signal électrique vers le détecteur de flamme afin qu'elle soit traitée [26].



FIGURE 2.8 – Détecteur de flamme FIVES PILLARD [1].

### 2.3.1.6 Capteurs de température

Les sondes de température (ou capteurs de température) sont des dispositifs permettant de transformer l'effet du réchauffement ou du refroidissement sur leurs composants en signal électrique.

On compte deux grandes familles de sondes de température qui ont été utilisé dans notre système [18] :

**Les thermocouples** Un thermocouple (ou couple thermoélectrique) est un système constitué de deux fils métalliques de nature différente reliés par des jonctions. Il permet la mesure de température par application de l'effet Seebeck. de la sonde au contraire à résistance, on mesure la force électromotrice pour déterminer la température.



FIGURE 2.9 – Thermocouple [19].

**Les sondes à résistance de platine** La sonde à résistance de platine est constituée d'un filament de platine (Pt), entourant une tige de verre ou non, dont la caractéristique est de changer de résistance en fonction de la température. Sa résistance augmente en même temps que la température. Les sondes les plus couramment utilisées sont de type Pt 100 (100  $\Omega$  à 0 °C. Il en existe de plusieurs tailles et formes en fonction de l'utilisation.



FIGURE 2.10 – Transmetteur de PT100 [1].

Les sondes sont branchées à des convertisseurs qui transforment le faible signal en tension 0-10 V ou en courant 4/20 mA interprétables par les automatismes ou les afficheurs numériques.

### 2.3.1.7 Codeurs rotatifs

Un codeur rotatif ou capteur rotatif est un type de capteur permettant de fournir une information d'angle, en mesurant la rotation effectuée autour d'un axe.

L'information de vitesse peut alors être déduite de la variation de la position par rapport au temps. Plus le codeur rotatif tourne lentement, plus la déduction de vitesse perd en précision.

Il existe deux principaux types de codeurs :

**le codeur rotatif incrémental**, qui ajoute ou soustrait (selon le sens de rotation) une unité à un compteur à chaque rotation supérieure à la résolution du capteur. Le compteur est généralement remis à zéro lorsque l'appareil est allumé. C'est le cas de la souris d'ordinateur à boule ;



FIGURE 2.11 – Codeur rotatif incrémental [20].

**le codeur rotatif absolu**, qui intègre son propre compteur. Ce genre de capteur est généralement calibré et initialisé une seule fois, et il conserve normalement sa valeur lors de l'arrêt de l'appareil. C'est le cas des compteurs kilométriques des automobiles, à la différence du « compteur journalier » qui peut être remis à zéro par l'utilisateur.



FIGURE 2.12 – Codeur rotatif absolu [21].

### 2.3.2 Les pré-actionneurs

Pré-actionneur c'est un organe capable de réaliser la commande d'un actionneur. Il distribue à l'actionneur un courant fort tout en étant commandé par un courant électrique faible provenant de la partie commande. Il est intégré à la partie opérative ou à l'interface et dimensionné en fonction de l'énergie demandée par l'actionneur [14].

#### 2.3.2.1 Les variateurs de vitesse

Un variateur électronique de vitesse est un dispositif destiné à régler la vitesse et le moment d'un moteur électrique à courant alternatif en faisant varier la fréquence et la tension, respectivement le courant, délivrées à la sortie de celui-ci. Leurs applications vont des plus petits aux plus grands moteurs.

Alors qu'environ un quart de la consommation d'électricité mondiale provient des moteurs électriques utilisés par l'industrie, les variateurs de vitesse ne restent que peu répandus, alors qu'ils permettent des réductions de consommation d'énergie conséquente. Dans notre système en utilise le variateur de vitesse pour commander le moteur qui entraînant le ventilateur d'air primaire.

### 2.3.2.2 Les distributeurs pneumatiques

Les distributeurs pneumatiques sont des éléments de la chaîne d'énergie. Ils distribuent de l'air comprimé aux actionneurs pneumatiques (vérins, générateurs de vide, vannes pneumatiques ...) à partir d'un signal de commande (pilotage) [22].



FIGURE 2.13 – Distributeur pneumatique [23].

### 2.3.2.3 Les contacteurs

Un contacteur est un appareil électrotechnique destiné à établir ou interrompre le passage du courant, à partir d'une commande électrique, il est utilisé afin d'alimenter des moteurs industriels de grande puissance [14].



FIGURE 2.14 – Contacteur électrique [24].

### 2.3.2.4 Les servomoteurs

Un servomoteur (souvent abrégé en « servo », provenant du latin servus qui signifie « esclave ») 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.

Les servomoteurs sont répandus pour les vannes industrielles [25].



FIGURE 2.15 – Servomoteur pour une vanne régulatrice [1].

### 2.3.3 Les actionneurs

Dans une machine, un actionneur est un dispositif qui transforme l'énergie qui lui est fournie en un phénomène physique qui fournit un travail, modifiant ainsi le comportement ou l'état d'un système [14].

#### 2.3.3.1 Les moteurs asynchrones

Les moteurs asynchrones triphasés sont les moteurs employés le plus fréquemment dans l'industrie. Ils possèdent en effet plusieurs avantages : simplicité, robustesse, prix peu élevé et entretien facile.

Le moteur asynchrone triphasé (parfois appelé moteur d'induction triphasé) comprend deux parties : le stator (fixe) et le rotor (tournant). Le stator comporte une carcasse en acier renfermant un empilage de tôles identiques qui constituent un cylindre vide, ces tôles sont percées de trous à leur périphérie intérieure.

L'alignement de ces trous forme des encoches dans lesquelles on loge un bobinage triphasé. Le rotor se compose d'un cylindre de tôles poinçonnées à leur périphérie extérieure pour former les encoches destinés à réservoir des conducteur. Il est séparé de stator par un entrefer [14].

#### 2.3.3.2 Les électrovannes

Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe, il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique. Il existe deux types d'électrovannes : tout ou rien et proportionnelle. Les électrovannes dites tout ou rien ont deux états possibles

- Entièrement ouvertes
- Entièrement fermées

L'état change suivant qu'elles soient alimentées électriquement ou non. Il existe deux sortes d'électrovannes tout ou rien :

- Les électrovannes dites normalement ouvertes, qui sont entièrement ouvertes en l'absence d'alimentation électrique (absence de tension) et qui se ferment lorsqu'elles sont alimentées électriquement .
- Les électrovannes dites normalement fermées, qui sont entièrement fermées en l'absence d'alimentation électrique et qui s'ouvrent lorsqu'elles sont alimentées.

De plus, les électrovannes peuvent servir à isoler un circuit [8].



FIGURE 2.16 – Électrovanne [1].

### 2.3.3.3 Les vannes régulatrices

La vanne automatique ou vanne de régulation, est un organe qui relève de la régulation industrielle des procédés physico-chimiques. Elle est commandée par un actionneur dont les variations continues de la position modifient la taille de l'orifice de passage du fluide. De cette façon, la chute de pression aux bornes de la vanne est modulée lors du passage d'un fluide, avec pour conséquence la maîtrise du débit traversant.

Une vanne automatique est composée :

- D'un corps de vanne monté en série sur la canalisation, contenant le clapet et son siège ;
- D'un servomoteur, accouplé au clapet par une tige ou un axe de commande, et dont le rôle est de déplacer le clapet à partir d'un ordre de commande pneumatique, électrique ou hydraulique ;
- D'un positionneur dont le rôle est d'asservir la position de l'obturateur, en fournissant à l'actionneur l'énergie motrice nécessaire pour vaincre les frottements dus au dispositif d'étanchéité et les forces exercées par la poussée du fluide, en fonction d'un signal de commande issu du système de contrôle-commande, électrique analogique ou numérique, voire hydraulique[8].

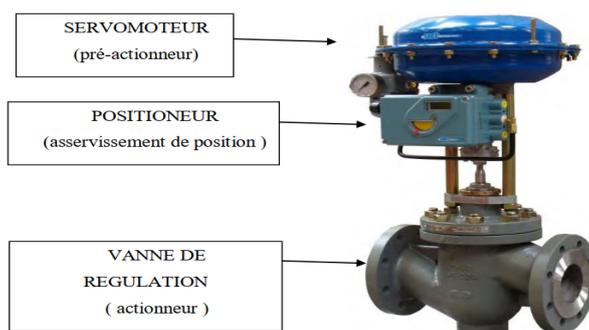


FIGURE 2.17 – Les parties d’une vanne régulatrice [8].



FIGURE 2.18 – Vanne régulatrice [1].

#### 2.3.3.4 Les vannes à papillon

Les vannes sont des dispositifs qui ouvrent, ferment ou régulent le passage d’un fluide dans un conduit d’une machine, d’un dispositif ou d’un instrument. La robinetterie et instrumentation sont formées de valves pour régler, permettre ou empêcher le passage de fluides dans des installations ou machines industrielles et par des appareils de mesure et de contrôle de différentes variables dans ces procédés.



FIGURE 2.19 – Vanne à papillon [1].

### 2.3.3.5 Allumeur de la flamme de torche (Petite flamme)

Le mélange air/fuel reste insuffisant pour créer la flamme principale. Pour cela le brûleur est équipé d'un allumeur d'une petite flamme. L'allumeur se compose d'une électrode chargée de créer une étincelle. La haute tension nécessaire à l'électrode d'allumage est fournie par un transformateur d'allumage indépendant. L'allumeur fonctionne avec le gaz naturel, ce dernier traverse le corps de l'allumeur via un tuyau. La flamme de l'allumeur continue de brûler après que l'étincelle s'éteint [26].

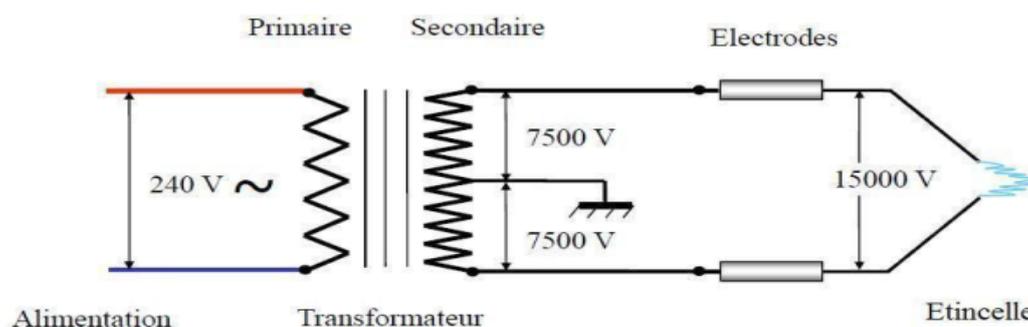


FIGURE 2.20 – Schéma synoptique de l'allumeur de flamme [26].

L'enclenchement de l'étincelle se fait comme suivant : le transformateur élève la tension de 240V à 15000V, lorsque cette tension passe aux bornes de l'électrode, on constate la création un arc électrique (étincelle). Les électrodes d'allumage sont constituées généralement de porcelaine. Le circuit de gaz de propane contient deux électrovannes, qui se charge d'alimenter le l'allumeur en gaz naturel. Lorsque les deux électrovannes reçoivent la consigne de s'ouvrir, le circuit alimente l'allumeur en gaz de propane et avec la présence de l'étincelle on aura une petite flamme. Cette flamme appelé aussi flamme de torche.



FIGURE 2.21 – Allumeur de flamme [1].

### 2.3.4 L'automate programmable industriel (API)

L'automate Programmable Industriel (API) est un dispositif électrique de traitement logique d'informations dont le programme de fonctionnement est effectué à partir d'instructions établies en fonction du processus à réaliser. Il est adapté à l'environnement industriel. Il génère des ordres vers les pré-actionneurs de la partie opérative à partir de données d'entrées (capteurs) et d'un programme [28].

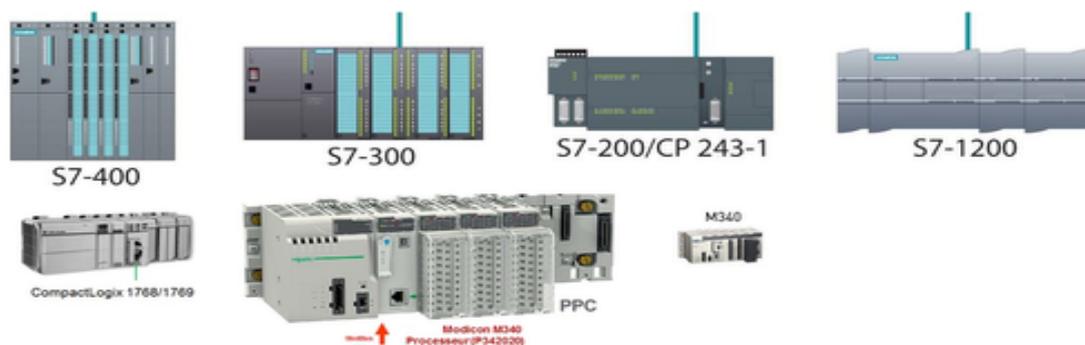


FIGURE 2.22 – Automates programmables [28].

Le contrôleur S7-1200 offre la souplesse et la puissance nécessaires pour commander une large gamme d'appareils afin de répondre à vos besoins en matière d'automatisation. Sa forme compacte, sa configuration souple et son important jeu d'instructions en font une solution idéale pour la commande d'applications très variées (Figure 2.22).

Le CPU combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré.

Le CPU fournit un port PROFINET permettant de communiquer par le biais d'un réseau PROFINET des modules supplémentaires sont disponibles pour communiquer via les réseaux PROFIBUS, RS485 ou RS232. La gamme S7-1200 offre divers modules et cartes enfichables pour accroître les capacités de la CPU avec des E/S supplémentaires ou d'autres protocoles de communication. Module de communication (CM), processeur de communication (CP), Signal Board SB, Battery Board (BB), Module d'entrées-sorties (SM) (Figure 2.23) [27].

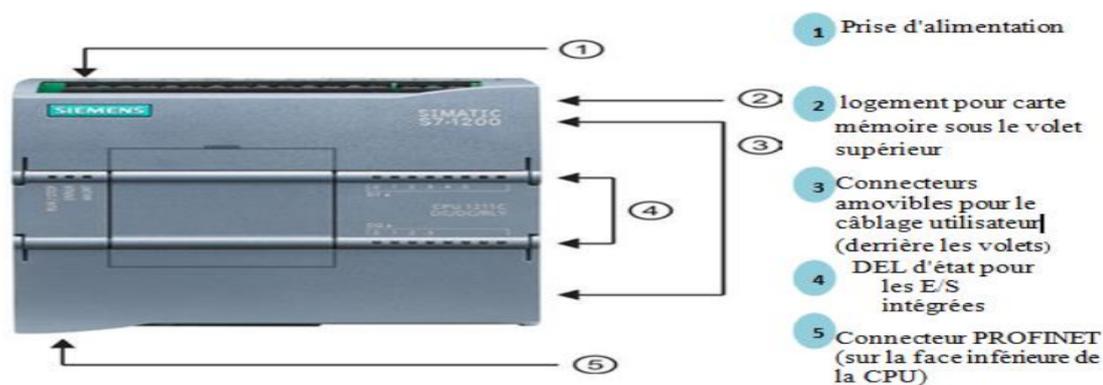


FIGURE 2.23 – API S7-1200 (CPU 1214C AC/DC/RLY) [27].

### 2.3.5 L'interface Homme-Machine (HMI)

Les interfaces homme-machines (HMI) définissent les moyens et outils mis en œuvre afin qu'un humain puisse contrôler et communiquer avec une machine.

Les écrans tactiles sont des HMIs très populaire afin de centraliser le contrôle d'un procédé sur un seul écran. Ainsi, il est possible d'afficher plusieurs informations et de mettre à la disposition de l'opérateur des commandes qui affecteront le procédé. Ils sont surtout utilisés en complément avec un API pour avoir un affichage des états des entrées/sorties et des alarmes du système (Figure 2.24) [14].



FIGURE 2.24 – HMI KTP700 Comfort [27].

## 2.4 Les outils de l'automatisation et la supervision

Pour créer un système automatisé, nous avons besoin d'outils efficaces. Par conséquent, nous devons donner un aperçu de ces outils utilisés dans l'automatisation et la supervision.

### 2.4.1 L'automatisation

Pour la programmation, on a utilisé le logiciel de Siemens STEP 7 Professional V13 (TIA Portal V13). C'est l'outil de programmation des nouveaux automates comme :

- SIMATIC S7-1500
- SIMATIC S7-1200
- SIMATIC S7-400
- SIMATIC S7-300

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

- Configuration et paramétrage du matériel
- Paramétrage de la communication
- Programmation
- Test, mise en service et dépannage avec les fonctions d'exploitation et de diagnostic
- Documentation

Avec le logiciel PLCSim V13 qu'il est intégré aussi sur TIA Portal V13 on peut faire une simulation de programme avant la téléchargement sur l'API [14].

## 2.4.2 La supervision

La supervision est une technique industrielle de suivi et de pilotage informatique des procédés de fabrication à système automatisés. La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine. Elle consiste à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé et des paramètres de commande des processus généralement communiqués à des automates programmables. Dans l'informatique, la supervision est la surveillance du bon fonctionnement d'un système ou d'une activité.

La programmation et la mise en marche d'une installation industrielle automatisée ne sont pas suffisantes, il donc nécessaire de visualiser l'état et le mode de fonctionnement de l'installation.

Il existe plusieurs configurations d'interface de contrôle / commande. La configuration la plus simple est de rassembler toutes les informations sur une Interface Homme-Machine, pour faciliter la tâche de l'opérateur.

SIMATIC WinCC V13 (Windows Control Center) de TIA Portal, est le logiciel qui permet de créer une Interface Homme Machine (HMI) graphique, qui assure la visualisation et le diagnostic du procédé. Il permet la saisie, l'affichage et l'archivage des données, tout en facilitant les tâches de conduite et de surveillance aux exploitants. Il offre une bonne solution de supervision, car il met à la disposition de l'opérateur des fonctionnalités adaptées aux exigences d'une installation industrielle (Figure 2.25) [14].

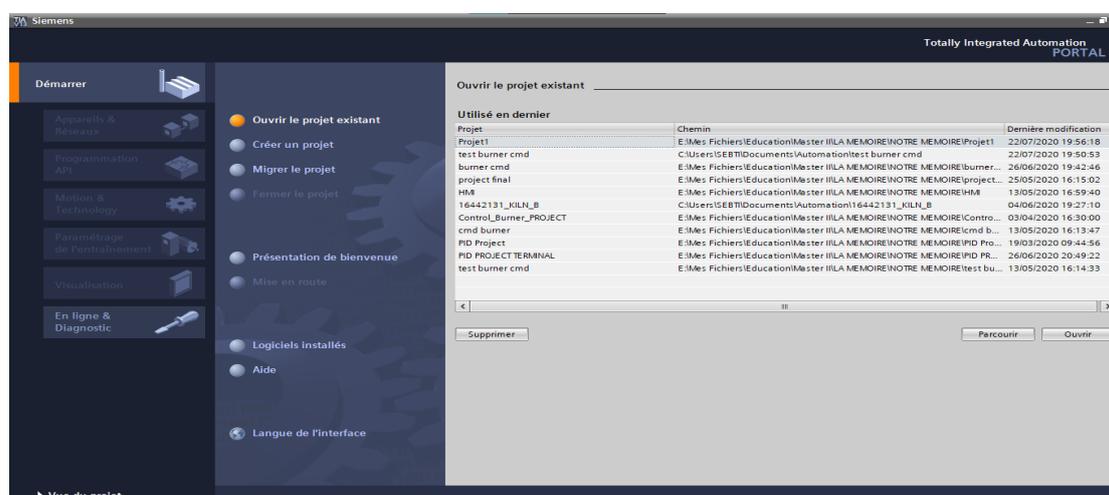


FIGURE 2.25 – Capture de logiciel TIA Portal V13 [27].

## 2.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenter le système que nous allons faire son automatisation et supervision avec une description des composants de ce systeme, ainsi que nous avons également fourni un bref aperçu sur les outils nécessaires utilisés pour la mise œuvre de cette application.

Nous allons voir dans le chapitre suivant les taches effectuées dans l'automatisation et la supervision du ce système.

## CHAPITRE 3

# L'APPLICATION DE L'AUTOMATISATION ET LA SUPERVISION

### 3.1 Introduction

L'application de notre étude consiste à programmer le processus d'allumage du brûleur de four par l'utilisation de l'automatisme. Pour cet objectif, ce chapitre présentera en premier lieu une description du cahier de charge du système automatisé (brûleur de four) puis sa traduction au grafcet et au programme sur TIA Portal. Par la suite, on va faire une conception d'interface homme-machine et enfin une simulation du système pour voir les résultats.

### 3.2 Description de cahier de charges

Le démarrage de brûleur se fait par le processus suivant :

- Démarrage de supprimeur de l'air primaire ;
- Allumage de l'allumeur de flamme si la température de four inférieur a 750 °C, sinon pas obligatoire mais avec vérification locale sur terrain ;
- Faire un test de fuite de gaz sur les tubes de gaz ;
- Démarrage de brûleur normalement.

Avant le démarrage de chaque actionneur, on a besoin de vérifier :

- Le bouton d'urgence en état normale ;
- Le prêt des éléments du système (Supprimeur, Allumeur de flamme, Test de fuite de gaz et le brûleur).

Au début, nous donnons une commande pour allumer le moteur du ventilateur d'air primaire (supprimeur) et pour y parvenir, les conditions suivantes doivent être remplies :

- Le ventilateur d'air de refroidissement n'est pas en marche.
- Arrêt d'urgence non activé.
- La présence du signal "ready supprimeur".

Dans le cas où cela fonctionne, un signal de retour d'état est activé.

En suite l'allumeur de flamme s'allume par une petite flamme et pour cela il faut vérifier :

- Le ventilateur d'air primaire en marche.
- La température de four inférieur a 750 °C.
- La pression de gaz en état normale (entre 4.5 et 8 bar).
- La température de gaz entre 12 et 20 °C.
- La pression de l'air primaire entre 0.1 et 0.3 bar.
- La présence de signal "ready transformateur".

Lorsque les conditions sont vérifiées et après la commande de démarrage, il se produit :

- Ouverture de la vanne de gaz d'allumeur de flamme.
- Le transformateur d'allumage est mis sous tension pendant 30s.

Un signal envoyé à partir d'un détecteur de flamme confirme la mise en marche d'allumeur de flamme.

L'étape suivante est le fonctionnement du brûleur qui se fait par deux phases successives :

**Phase 1 :** faire un test de fuite du gaz pour le démarrage et la sécurité selon les conditions suivantes :

- La détection de la flamme de torche ou bien la température de four soit supérieur à 750 °C.
- La température de gaz entre 12 et 20 °C.
- Une pressostat au niveau bas (4.5 bar).
- Une pressostat au niveau haut (8 bar).

Si les conditions sont remplies et la commande de démarrage du brûleur donnée, les actions suivantes sont activées successivement :

- Ouverture de la vanne de régulation du débit de gaz à pourcentage (5%)
- Ouverture de la vanne de gaz amont :
  - Reçoit un signal via le capteur de fin de course dans les 5 secondes.
- Fermeture de la vanne de gaz amont :
  - Reçoit un signal via le capteur de fin de course dans les 5 secondes.
  - Vérification de l'étanchéité de la vanne d'arrêt de gaz aval (Pression de gaz > Niveau de pression 6.6 bar) dans les 35 secondes.
- Ouverture de vanne de gaz aval :
  - Reçoit un signal via le capteur de fin de course dans les 5 secondes.
- Fermeture de vanne de gaz aval :
  - Reçoit un signal via le capteur de fin de course dans les 5 secondes.
  - Vérification de l'étanchéité de la vanne d'arrêt de gaz amont (Pression de gaz < Niveau de pression 0.4 bar) dans les 35 secondes.

**Phase 2 :** le démarrage de brûleur finalement

Après le succès du test de fuite de gaz, le brûleur va démarrer après les conditions suivantes :

- La détection de la flamme de torche ou bien la température de four soit supérieur a 750 °C.
- Le ventilateur d'air primaire fonctionne.
- Une pressostat au niveau bas (4.5 bar).
- Une pressostat au niveau haut (8 bar).

Si les conditions sont remplies, les actions suivantes sont activées successivement :

- Ouverture de la vanne de gaz amont :
  - Reçoit un signal via le capteur de fin de course dans les 5 secondes.

— Ouverture de la vanne de gaz aval après 10 secondes :

- Reçoit un signal via le capteur de fin de course dans les 5 secondes.

Après le fonctionnement du brûleur et la présence de flamme, l'arrêt de l'allumeur de flamme se fait automatiquement.

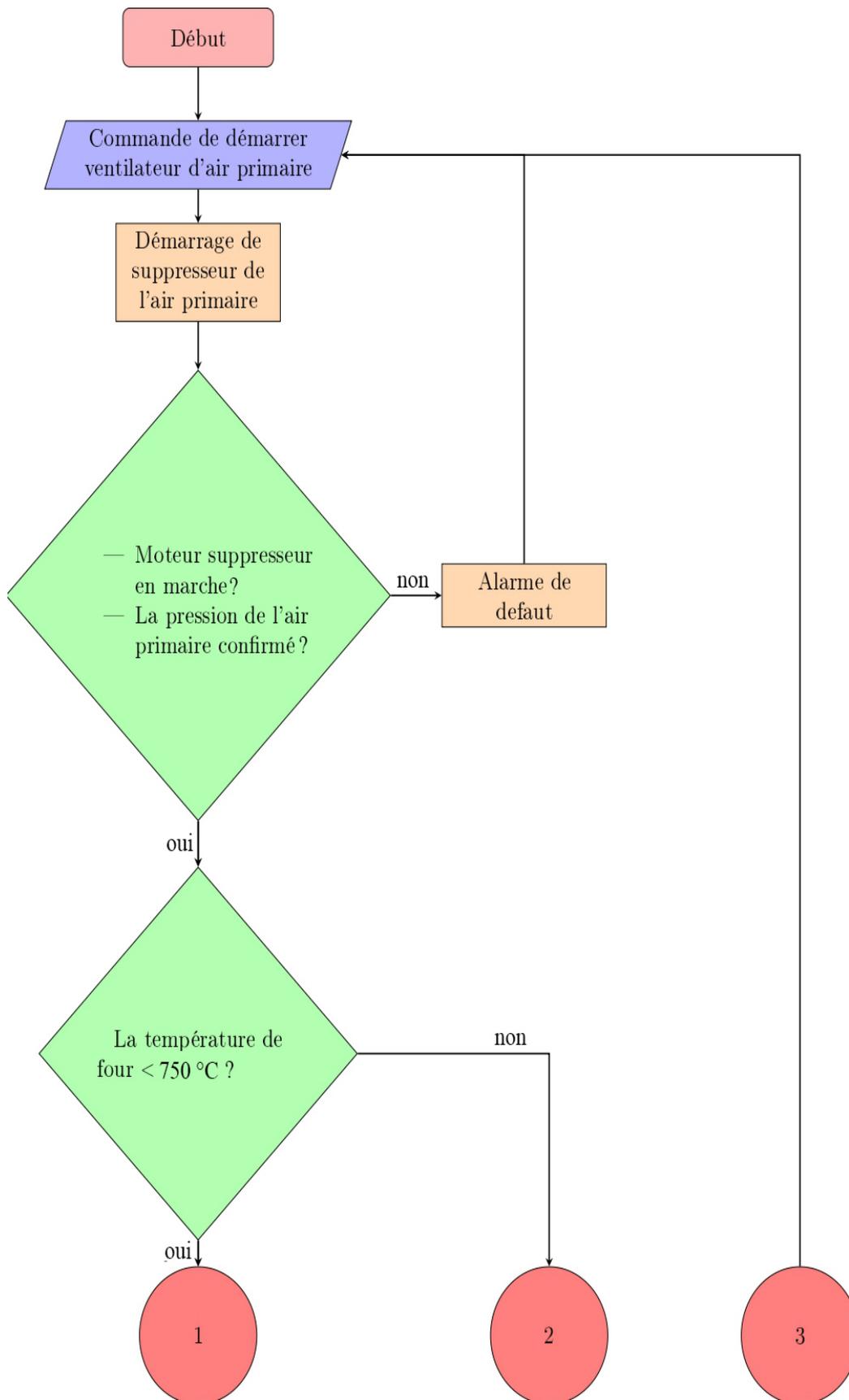
La vanne de régulation du débit de gaz est commandée par l'opérateur qu'il donne la consigne de débit. L'ouverture de la vanne se fait à savoir, automatiquement par un régulateur PID, ou bien manuellement en donnant la consigne en pourcentage.

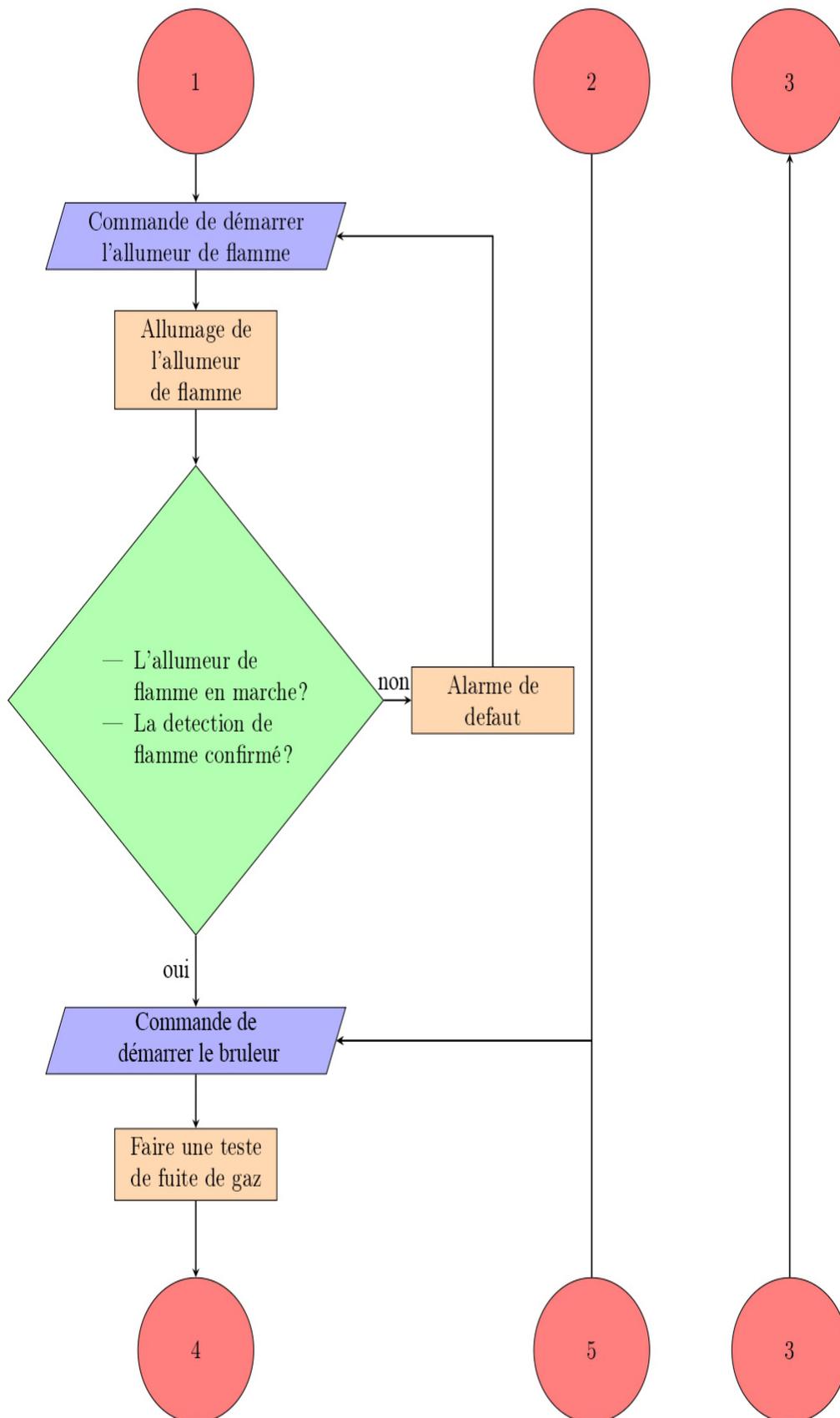
#### **Remarques :**

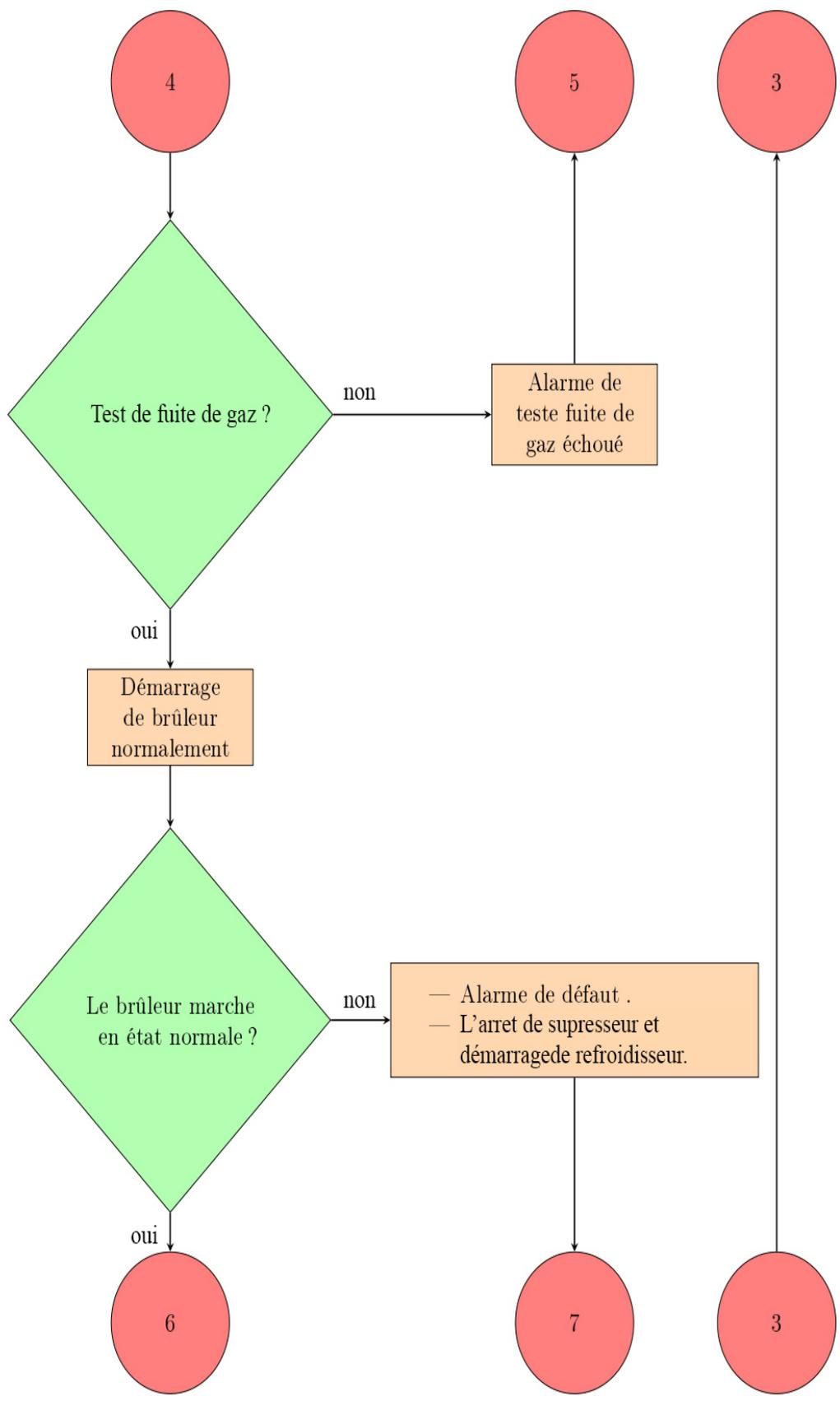
- La rotation du moteur (Suppresseur) est confirmée par un codeur rotatif et la présence de pression de l'air sur la tuyère.
- Si on ne reçoit pas des signaux de retour d'état cela fait des indications d'alarmes.
- En état de fuite de gaz on reçoit une alarme (test échoué).
- En état de l'absence d'une des conditions du brûleur en marche, il se produit :
  - La fermeture de la vanne de gaz amont
  - La fermeture de la vanne de gaz aval
  - L'arrêt du ventilateur d'air primaire et le démarrage du ventilateur d'air de refroidissement qui se font automatiquement.

### **3.3 Organigramme correspondant au cahier de charge**

La Figure 3.1 suivante présente l'organigramme du processus de l'automatisation du système étudié :







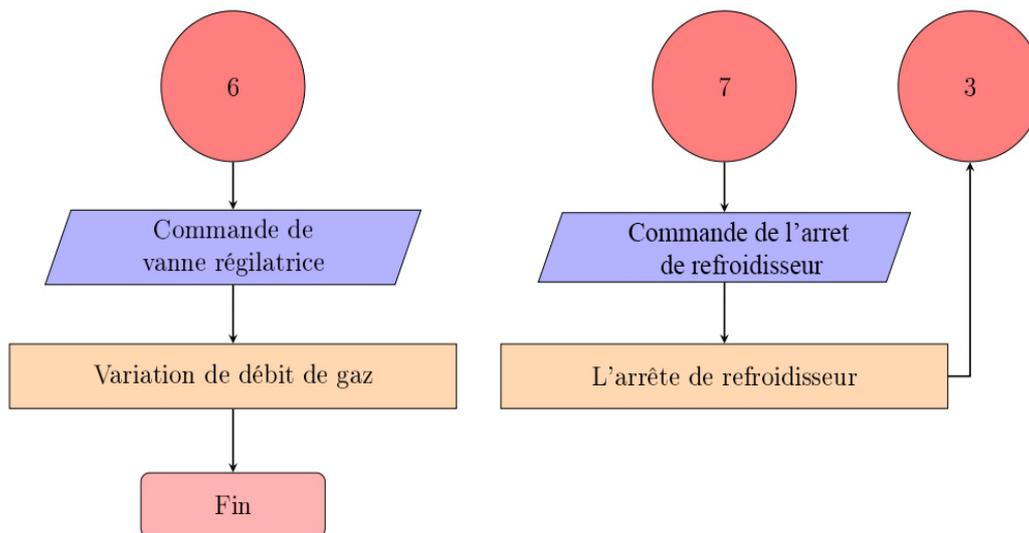


FIGURE 3.1 – Organigramme du processus du système de brûleur de four.

### 3.4 Le GRAFCET du cahier des charges

Dans le but de faciliter la programmation d'API il faut au début de construire le GRAFCET de système étudié.

Pour cela les (Figure 3.2), (Figure 3.2) représentent illustration de GRAFCET réparties a des niveaux :

#### 3.4.1 Grafcet Niveau 1

La (Figure 3.2) suivante représente le grafcet de démarrage ventilateur d'air primaire

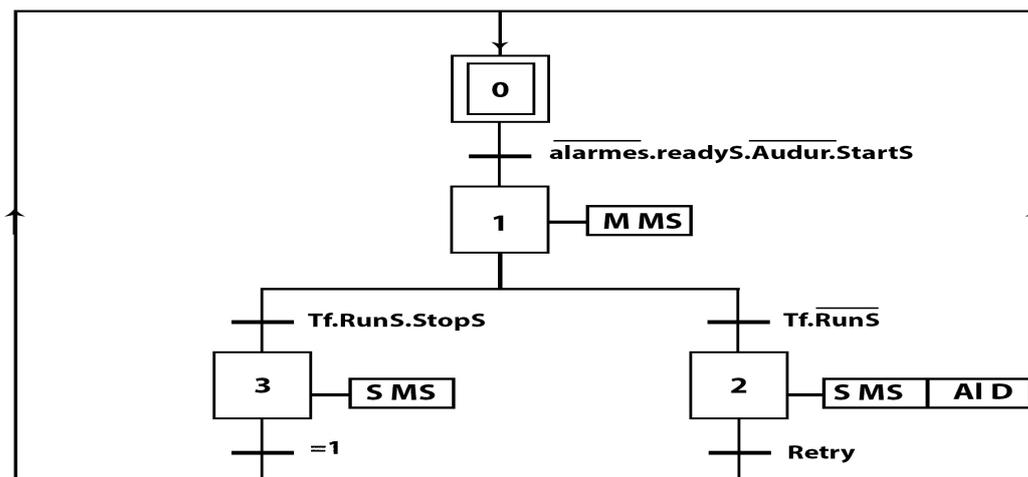


FIGURE 3.2 – GRAFCET Niveau 1 (Démarrage ventilateur d'air primaire).

Le (Tableau 3.1) suivant représente les symboles de grafcet niveau 1 :

TABLE 3.1 – Tableau des symboles Grafcet niveau 1.

Symboles	Description
alarmes	Alarmes des défauts
readyS	Prêt de moteur ventilateur
Audur	Arrêt d'urgence
StartS	Démarrage de ventilateur
Tf	Temps de retard 5 secondes
Run	Marche de ventilateur
StopS	Arrêt de ventilateur
Retry	Réessayer
M MS	Action de marche moteur ventilateur
S MS	Action d'arrêt moteur ventilateur
AI D	Alarme de défaut

### 3.4.2 Grafcet Niveau 2

La (Figure 3.3) suivante représente le grafcet de démarrage du l'allumeur de flamme

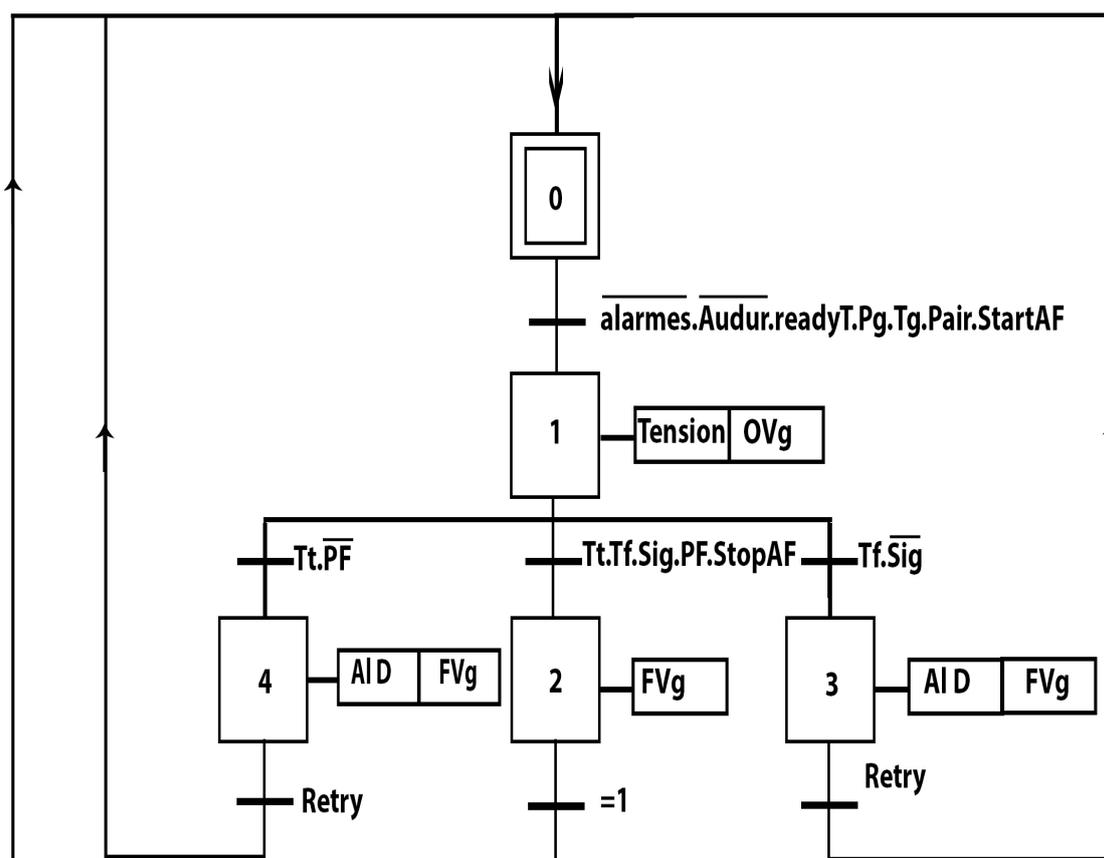


FIGURE 3.3 – GRAFCET Niveau 2 (Démarrage d'allumeur de flamme).

Le (Tableau 3.2) suivant représente les symboles de grafcet niveau 2 :

TABLE 3.2 – Tableau des symboles Grafcet niveau 2.

Symboles	Description
alarmes	Alarmes des défauts
readyT	Prêt de transformateur d'allumeur de flamme
Audur	Arrêt d'urgence
Retry	Réessayer
Tension	Mis en tension le transformateur
Sig	signal indique l'ouverture de vanne gaz d'allumeur de flamme
Pg	Pression de gaz en état normal
Tg	Température de gaz en état normal
Pair	Pression d'air en état normal
DF	Présence de flamme
Tf	Temps de retard 5 secondes
Tt	temps de mis en tension de transformateur
OVg	Ouverture de vanne gaz d'allumeur de flamme
FVg	Fermeture de vanne gaz d'allumeur de flamme
StopAF	L'arrête de l'allumeur de flamme

### 3.4.3 Grafcet Niveau 3

La (Figure 3.4) suivante représente le grafcet de démarrage du test de fuite de gaz :

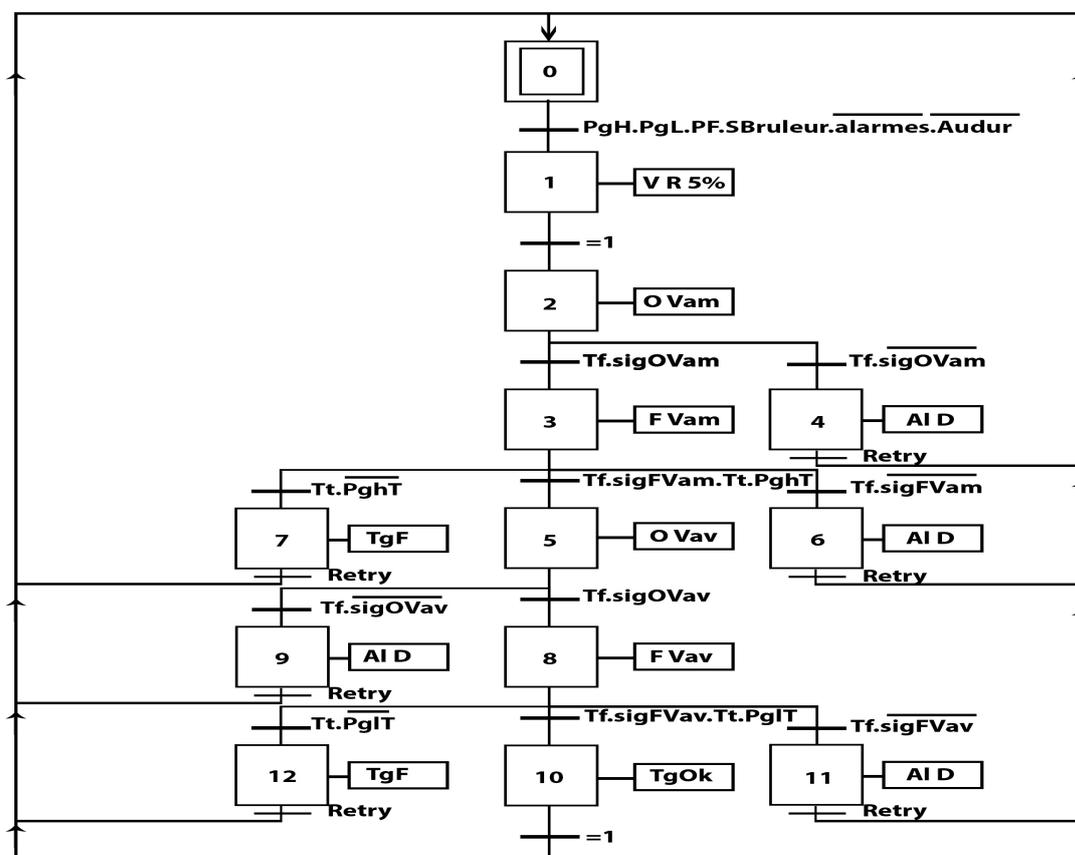


FIGURE 3.4 – GRAFCET Niveau 3 (Test de fuite de gaz).

Le (Tableau 3.3) suivant représente les symboles de grafcet niveau 3 :

TABLE 3.3 – Tableau des symboles Grafcet niveau 3.

Symboles	Description
alarmes	Alarmes des défauts
PgH	Pressostat de gaz en haut
PgL	Pressostat de gaz en bas
Audur	Arrêt d'urgence
Retry	Réessayer
SigOVam	signal indique l'ouverture de vanne amont de gaz
SigOVav	signal indique l'ouverture de vanne aval de gaz
SigFVam	signal indique la fermeture de vanne amont de gaz
SigFVav	signal indique la fermeture de vanne aval de gaz
SBruleur	la commande de démarrage du brûleur
PghT	Test d'étanchéité de gaz en amont
PglT	Test d'étanchéité de gaz en aval
Tf	Temps de retard 5 secondes
Tt	Temps de test 30 secondes
TgF	Test de gaz échoué
TgOk	Test de gaz succès
PF	Présence de flamme
F Vav	Fermeture de vanne aval de gaz
O Vav	Ouverture de vanne aval de gaz
F Vam	Fermeture de vanne amont de gaz
O Vam	Ouverture de vanne amont de gaz
V R 5%	Ouverture de vanne régulatrice

#### 3.4.4 Grafcet Niveau 4

La (Figure 3.5) suivante représente le grafcet de démarrage du test de fuite de gaz :

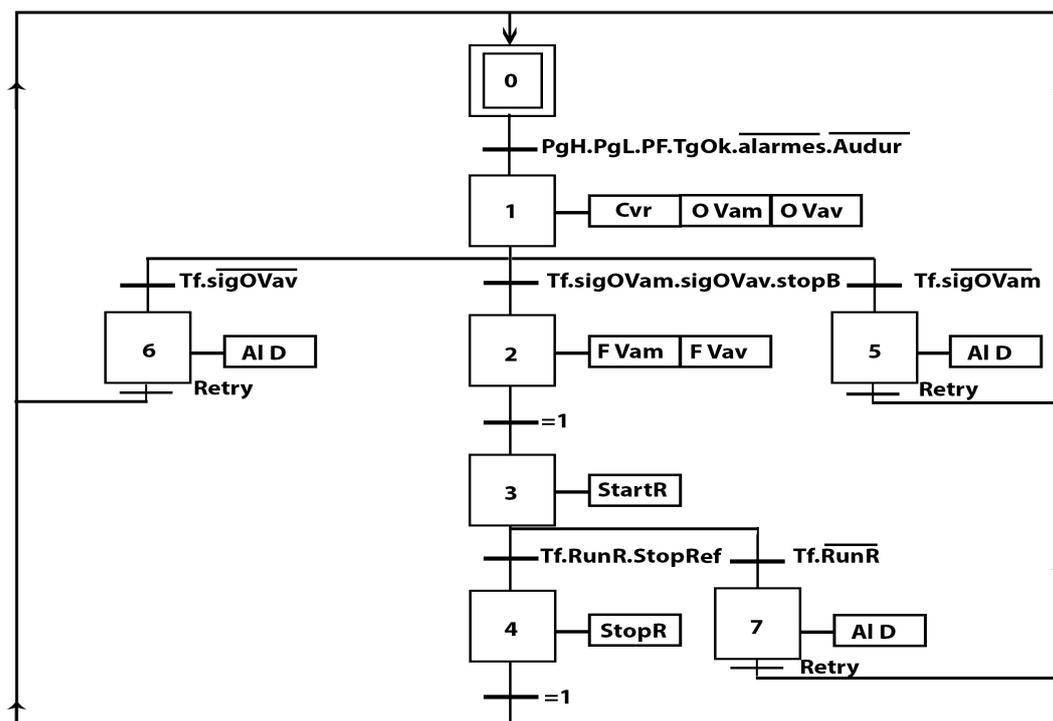


FIGURE 3.5 – GRAFCET Niveau 4 (Démarrage de Brûleur).

Le (Tableau 3.4) suivant représente les symboles de grafcet niveau 4 :

TABLE 3.4 – Tableau des symboles Grafcet niveau 4.

Symboles	Description
alarmes	Alarmes des défauts
PgH	Pressostat de gaz en haut
PgL	Pressostat de gaz en bas
Audur	Arrêt d'urgence
Retry	Réessayer
SigOVam	signal indique l'ouverture de vanne amont de gaz
SigOVav	signal indique l'ouverture de vanne aval de gaz
Tf	Temps de retard 5 secondes
Run	Signal indique la marche de moteur refroidisseur
TgOk	Test de gaz succès
PF	Présence de flamme
F Vav	Fermeture de vanne aval de gaz
O Vav	Ouverture de vanne aval de gaz
F Vam	Fermeture de vanne amont de gaz
O Vam	Ouverture de vanne amont de gaz
Cvr%	Commande d'ouverture de vanne régulatrice
StartR	Démarrage de moteur refroidisseur
StopRef	Commande d'arrêt le moteur refroidisseur
StopR	L'arrête de Refroidisseur

## 3.5 La programmation de système

### 3.5.1 Création de projet

La création d'un nouveau projet selon le logiciel TIA Portal est comme suit (Figure 3.6) :

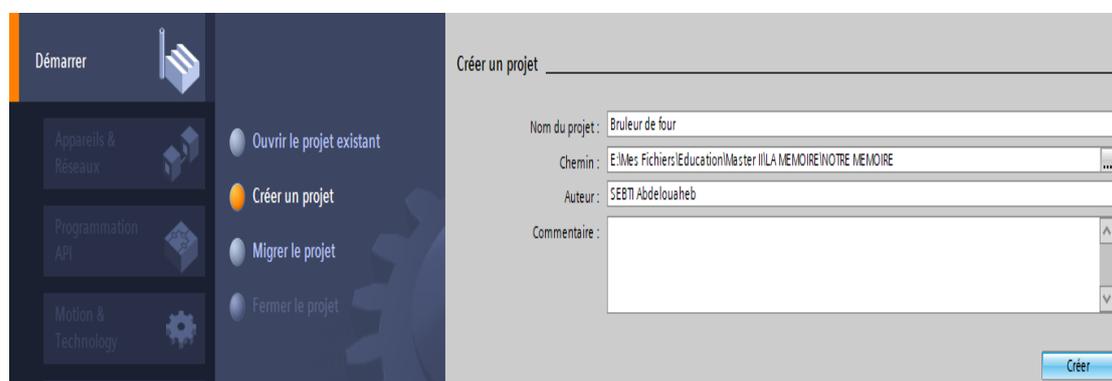


FIGURE 3.6 – Création de nouveau projet.

### 3.5.2 Configuration de l'appareil

La configuration de l'appareil est une étape très importante pour un nouveau projet. Dans cette configuration on fait :

- Choix le CPU de l'API
- Choix les modules d'extensions (SB, CM, SM, ...)
- Configuration les réseaux de communications

Nous avons choisi le CPU 1214 AC/DC/RLY, ajouté un module d'entrée analogique AI 8 × 13BIT\_1 et ajouté un module de sortie analogique AO 4 × 14BIT\_1.

La (Figure 3.7) représente la liste des entrées digitales et analogiques :

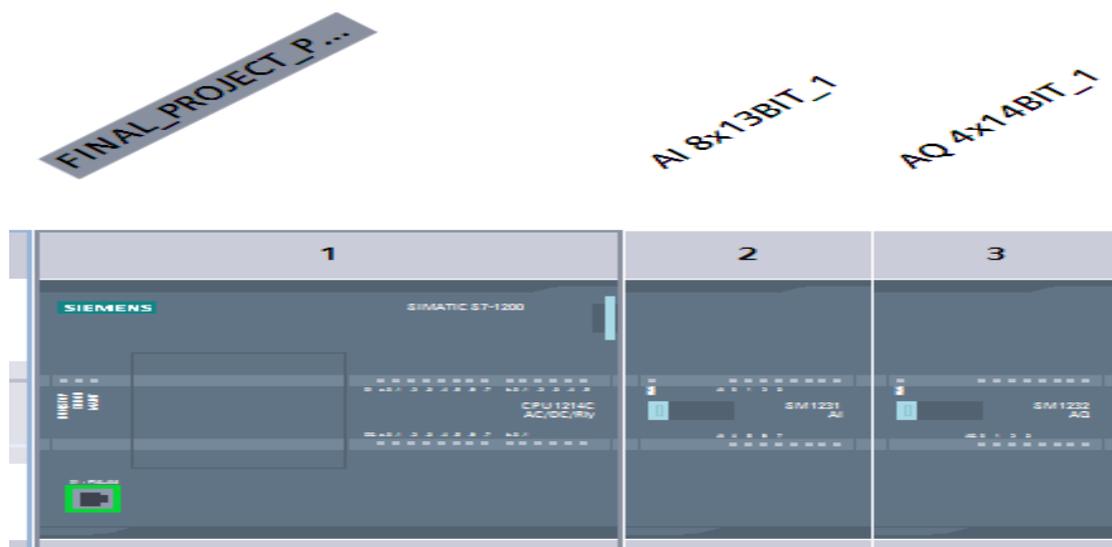


FIGURE 3.7 – Configuration des appareils.

### 3.5.3 Création des variables de système

Pour faire l'automatisation d'un système, il faut définir la liste des variables de ce système (les entrées, les sorties les variables de mémoires)

Les figures suivantes représentent les tableaux des variables utilisés dans notre programme.

La (Figure 3.8) représente la liste des entrées digitales et analogiques :

Variables API							
	Nom	Table...	Typ...	Adr... ▲	Ré...	Ac...	Commentaire
10	fin de course fermé vanne am...	Table...	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	capteur fermeture vanne amont
11	fin de course ouvert vanne am...	Table...	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	capteur ouverture vanne amont
12	fin de course fermé vanne aval	Table...	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	capteur fermeture vanne aval
13	fin de course ouvert vanne aval	Table...	Bool	%I1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	capteur ouverture vanne aval
14	ready refroidisseur	Table...	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	signal de la prêt de moteur refroidisseur
15	running refroi	Table...	Bool	%I1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	signal de la prêt de moteur refroidisseur
16	ready transformateur	Table...	Bool	%I1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	signal de la prêt de transformateur d'allumeur de flamme
17	pression d'air primaire int	Table...	Int	%IW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	capteur de pression d'air primaire
18	pression de gaz en debut int	Table...	Int	%IW98	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	capteur de pression de gaz 1
19	pression de gaz de test int	Table...	Int	%IW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	capteur de pression de gaz pour test
20	pression de gaz en marche int	Table...	Int	%IW102	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	capteur de pression de gaz 2
21	temperature de gaz en debut int	Table...	Int	%IW104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	pt 100 de température de gaz
22	temperature de four int	Table...	Int	%IW106	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	thermocouple de température de four
23	debit de gaz int	Table...	Int	%IW108	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	capteur de débit de gaz

FIGURE 3.8 – Table de variables des entrées.

La (Figure 3.9) représente la liste des sorties digitales et analogiques :

Variables API								
	Nom	...	Typ...	Adresse ▲	Réma...	Visibl...	Acces...	Commentaire
24	commande start refroi	...	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	commande de refroidisseur
25	cmnd tension d'allumeur de fla...	...	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	commande de transformateur d'allumatio
26	cmnd gaz d'allumeur de flamme	...	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	commande d'electrovanne de gaz d'allum.
27	commande ouverture vanne a...	...	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	commande d'ouverture vanne amont
28	commande ouverture vanne ava...	...	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	commande d'ouverture vanne aval
29	Tag_1	...	Word	%QW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	Tag_2	...	Word	%QW66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	drive vanne d'air primaire	...	Int	%QW112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	commande de la vanne d'air primaire
32	commande vanne regelatrice	...	Int	%QW114	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	commande de la vanne regelatrice

FIGURE 3.9 – Table de variables des sorties.

Les figures (Figure 3.10), (Figure 3.11) et (Figure 3.12) représentent la liste des variables mémoires :

Variables API								
	Nom	...	Typ...	Adresse ▲	Réma...	Visibl...	Acces...	Commentaire
33	BIT_0	...	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	BIT_1	...	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35	RETRY frm hmi	...	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36	DRIVE_TOR	...	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
37	START FRM HMI	...	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
38	STOP FRM HMI	...	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
39	supp ready	...	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
40	supp running	...	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
41	etat de suppresseur	...	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
42	START REFROI FRM HMI	...	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
43	etat de refroi	...	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
44	test de gaz en aval	...	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
45	temperature de four en hot	...	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
46	pression d'air normal	...	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
47	temperature de gaz normal	...	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
48	pression de gaz normal	...	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
49	test de gaz en amont	...	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
50	LOCAL PANEL	...	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
51	start allumeur de flamme frm h...	...	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
52	STOP REFROI FRM HMI	...	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
53	stop allumeur de flamme frm h...	...	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
54	stop allumeur frm hmi	...	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
55	default allumeur de flamme	...	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
56	statue de allumeur	...	Bool	%M2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

FIGURE 3.10 – Table de variables des mémoires 1.

Variables API								
	Nom	...	Typ...	Adresse ▲	Réma...	Visibl...	Acces...	Commentaire
56	statue de allumeur	...	Bool	%M2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
57	allumeur de flamme ready	...	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
58	Commande fermé vanne gaza...	...	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
59	allumeur de flamme running	...	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
60	detection manuelle	...	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
61	detection de flamme	...	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
62	Commande ouvert vanne gaza...	...	Bool	%M3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
63	Commande fermé vanne gaza...	...	Bool	%M3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
64	Commande ouvert vanne gaza...	...	Bool	%M3.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

FIGURE 3.11 – Table de variables des mémoires 2.

Variables API								
	Nom	...	Typ...	Adresse ▲	Réma...	Visibl...	Acces...	Commentaire
65	test de gazok	...	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
66	state de test de gaz	...	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
67	temp de marche suppresseur	...	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
68	start bruleur frm hmi	...	Bool	%M4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
69	stop bruleur frm hmi	...	Bool	%M4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
70	statue de bruleur	...	Bool	%M4.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
71	test de gaze choué	...	Bool	%M4.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
72	ready bruleur	...	Bool	%M4.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
73	statue de fermeture vanne aval	...	Bool	%M5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
74	statue ouverture de vanne amo...	...	Bool	%M5.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
75	statue de fermeture vanne amo...	...	Bool	%M5.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
76	statue ouverture de vanne aval	...	Bool	%M5.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
77	temp d'ouverture amont	...	Bool	%M5.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
78	temp de fermeture amont	...	Bool	%M5.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
79	temp d'ouverture aval	...	Bool	%M5.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
80	temp de fermeture aval	...	Bool	%M5.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
81	fin de test de gaz	...	Bool	%M6.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
82	temp de marche refroi	...	Bool	%M6.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
83	commande start supp	...	Bool	%M6.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
84	variation de vitesse ok	...	Bool	%M6.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
85	var drive	...	Int	%MW8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
86	drive in to supp	...	Int	%MW10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
87	commande vanne d'air primaire	...	Real	%MD12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
88	consigne vanne reglatrice	...	Real	%MD16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

FIGURE 3.12 – Table de variables des mémoires 3.

### 3.5.4 Création du programme

Le programme a été créé sous forme de blocs (FC, FB, OB, DB)

#### 3.5.4.1 Définition des blocs

**OBs** Les OB cycliques sont traités de manière cyclique. Il s'agit de blocs de code de niveau supérieur dans le programme, dans lesquels vous pouvez programmer des instructions ou appeler d'autres blocs [27].

**FCs** Les fonctions sont des blocs de code sans mémoire [27].

**FBs** Les blocs fonctionnels sont des blocs de code qui sauvegardent en permanence leurs valeurs dans des blocs de données d'instance afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement du bloc [27].

**DBs** Les blocs de données servent à sauvegarder les données du programme [27].

#### 3.5.4.2 Bloc des entrées analogiques

Ce bloc est crée pour la lecture et la mise en échèle de les entrées analogiques des capteurs pour l'utilisation. On utilise FB pour sauvegarder les données dans un bloc de données d'instances.

Le bloc des entées analogiques est exécuté par le bloc Main(OB 1).

La (Figure 3.13) représente les valeurs du bloc des entrées analogiques :

BLOC_ANALOG_INPUT(4mA-20mA)_DB						
	Nom	Type de données	Valeur de départ	Rémanence	Accessible ...	Visible da...
24	pression d'air primaire	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	pression de gaz en de...	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	pression de gaz en ma..	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	temperature de gaze...	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	temperature de four	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	pression de gaz en test	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	debit de gaz	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

FIGURE 3.13 – Bloc des données.

Les figures suivantes représentent les réseaux du bloc des entrées analogiques :

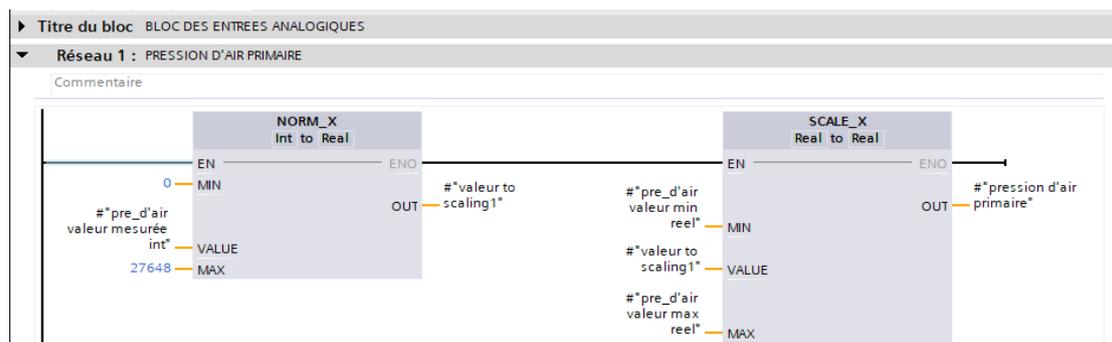


FIGURE 3.14 – Réseau de pression d'air primaire.

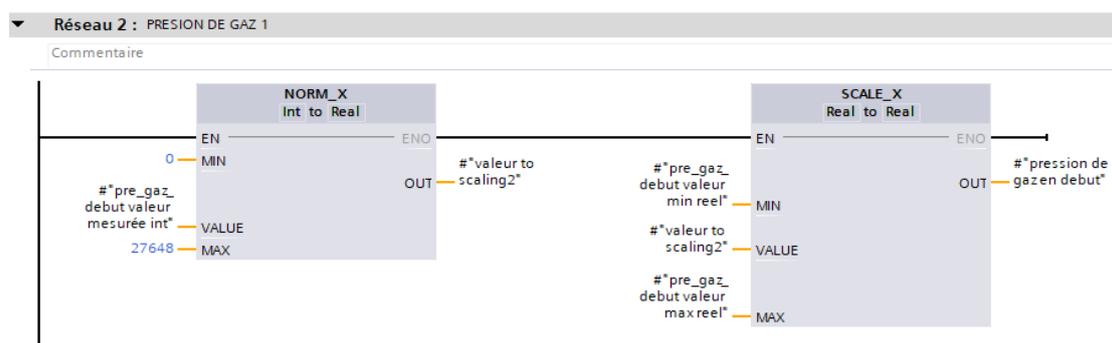


FIGURE 3.15 – Réseau de pression de gaz 1.

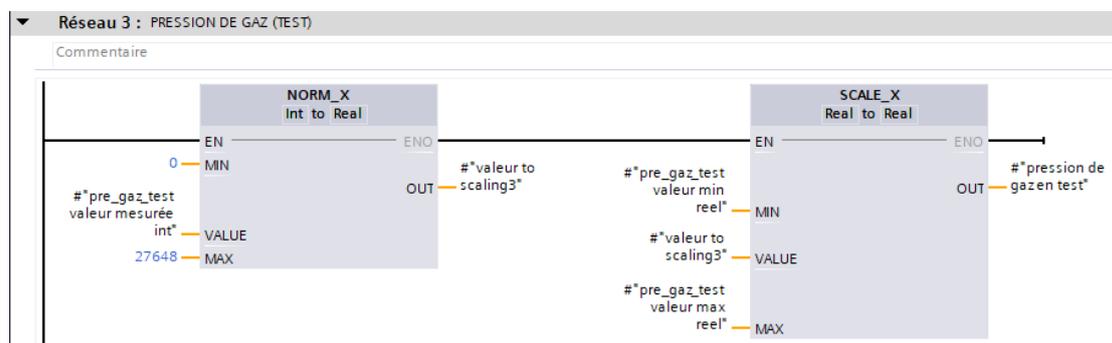


FIGURE 3.16 – Réseau de pression de gaz (test).

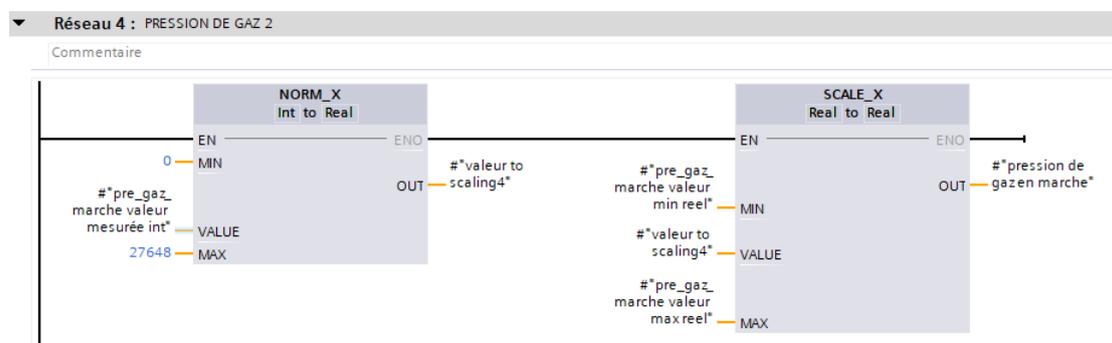


FIGURE 3.17 – Réseau de pression de gaz 2.

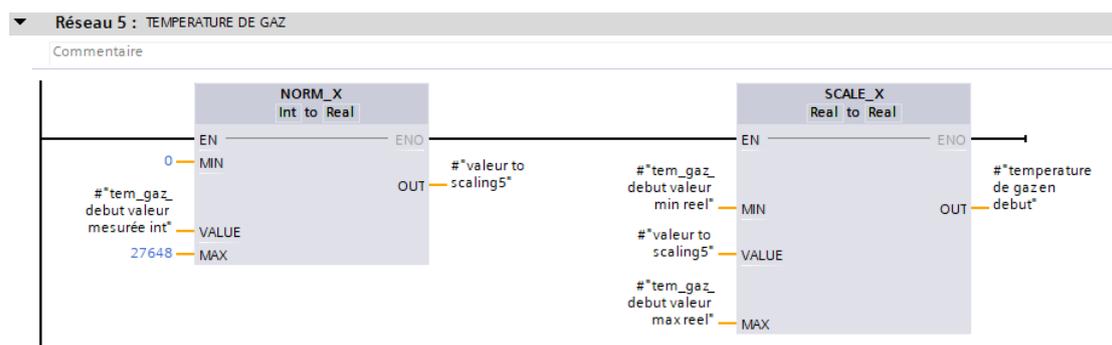


FIGURE 3.18 – Réseau de température de gaz.

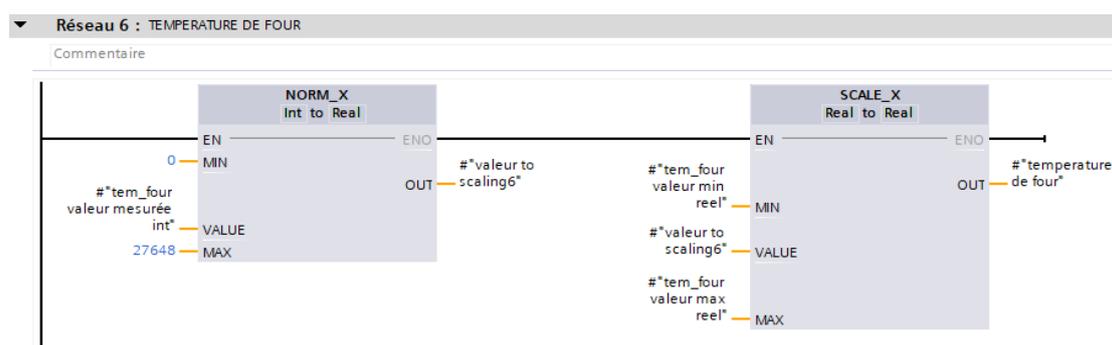


FIGURE 3.19 – Réseau de température de four.

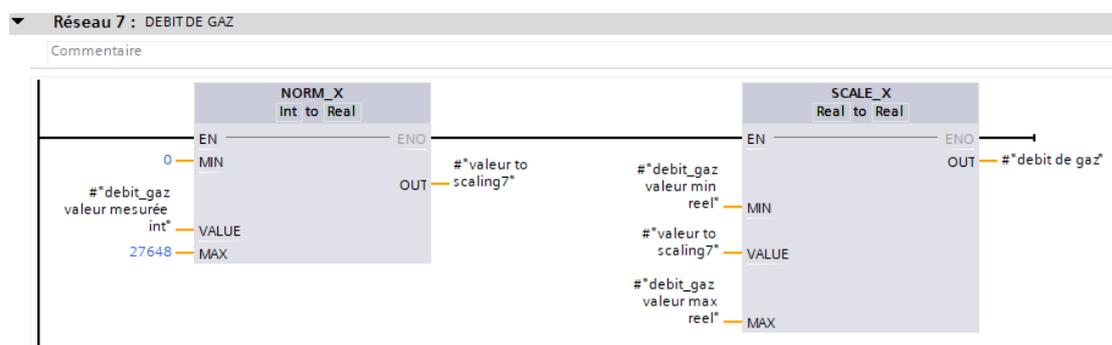


FIGURE 3.20 – Réseau de débit de gaz.

### 3.5.4.3 Bloc de l'automatisation du brûleur de four

Ce bloc est crée pour l'organisation de l'automatisation du brûleur. Il contient tous les processus de ce système par des blocs FB. Ainsi que ses méthodes d'opérations. Ce bloc est exécuté dans bloc Main(OB 1).

Les figures suivantes présentent les réseaux de bloc d'automatisation du brûleur de four :

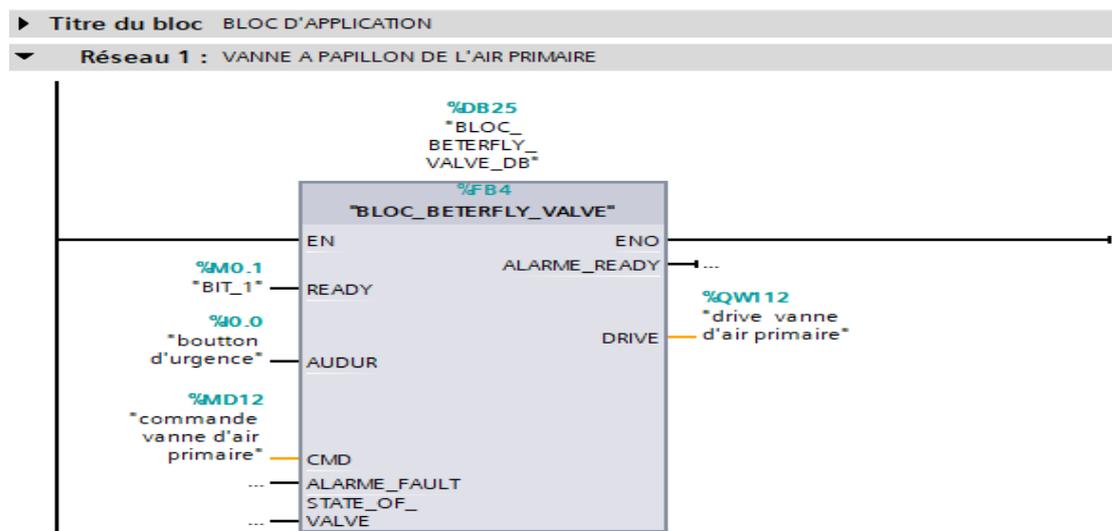


FIGURE 3.21 – Réseau de vanne à papillon d'air primaire.

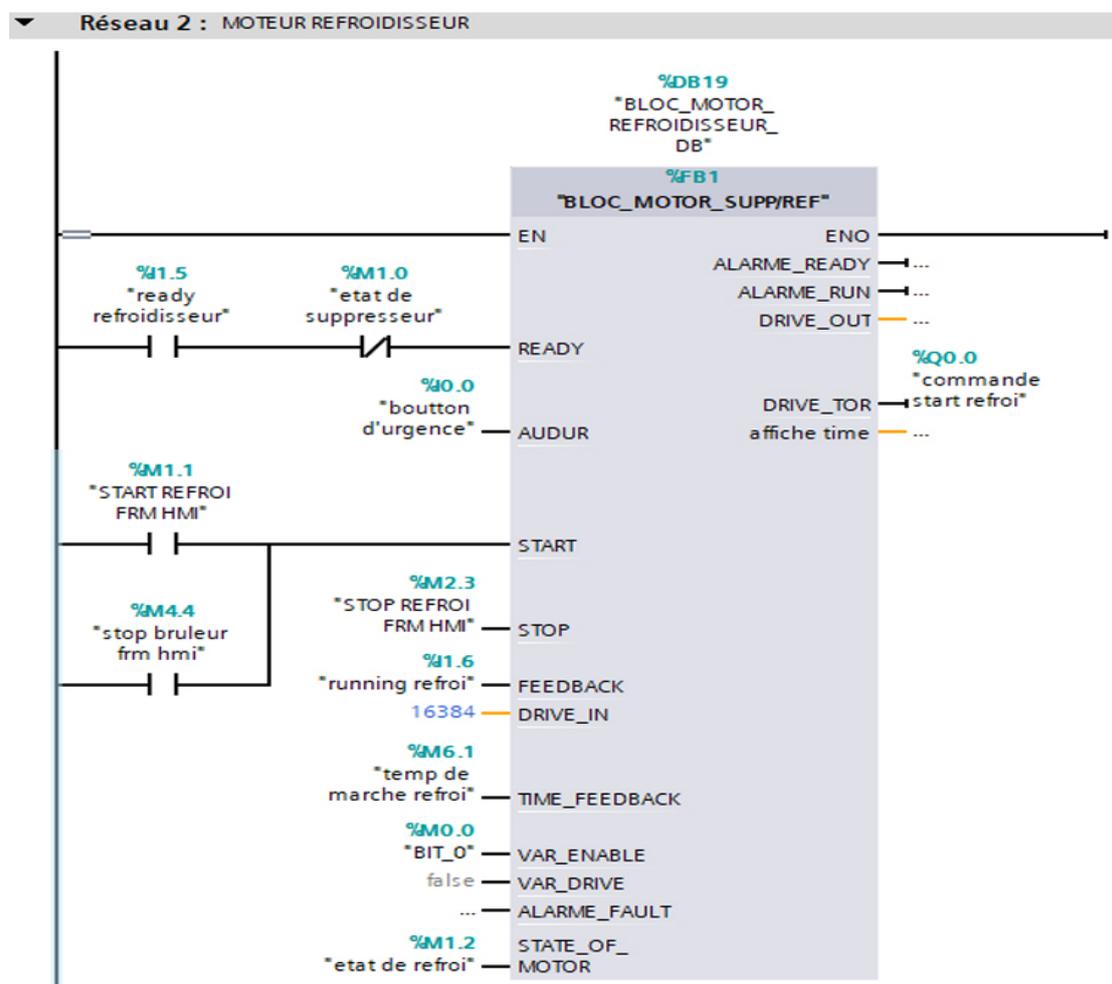


FIGURE 3.22 – Réseau de moteur refroidisseur.

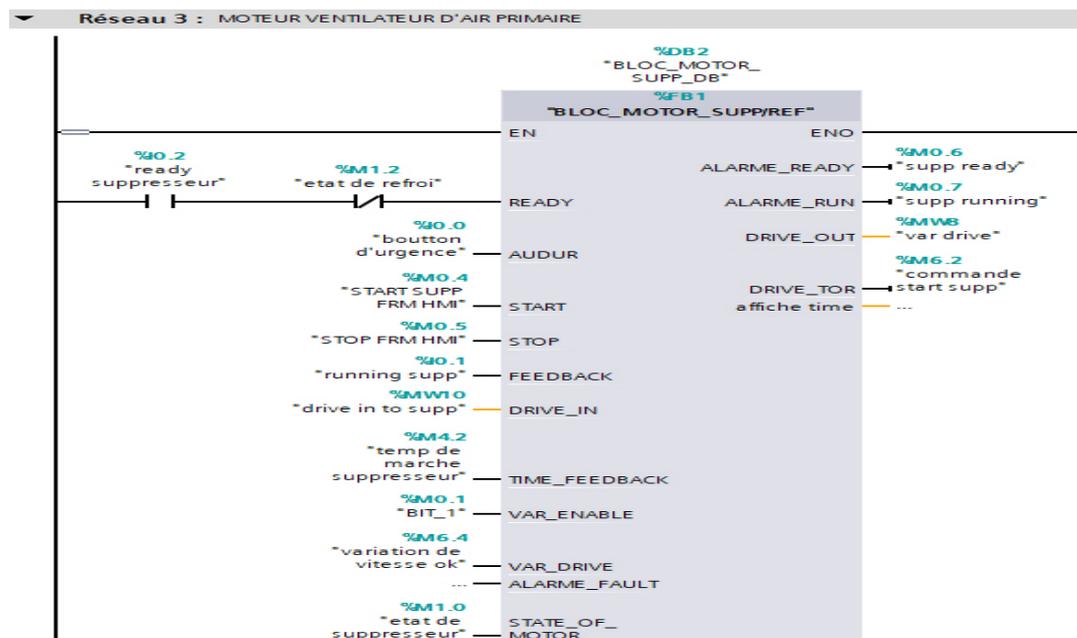


FIGURE 3.23 – Réseau de moteur ventilateur d'air primaire.

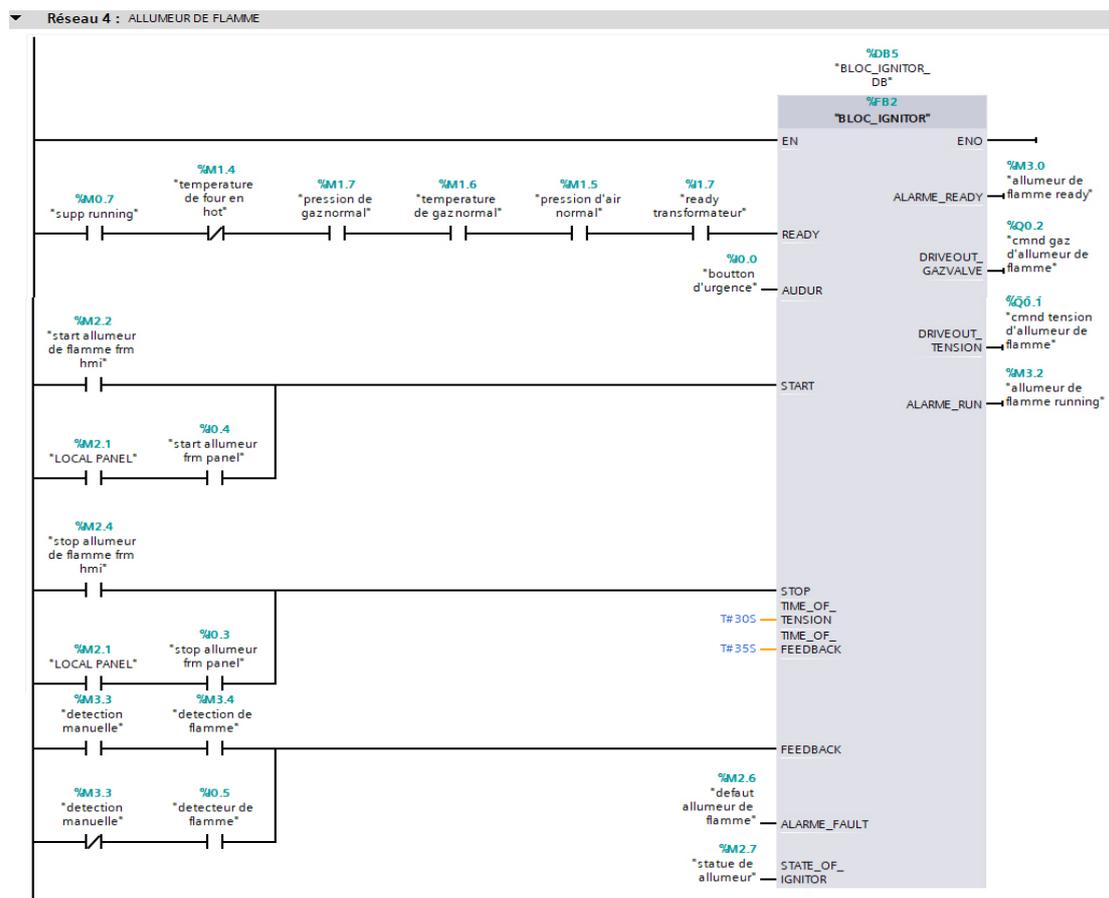


FIGURE 3.24 – Réseau d'allumeur de flamme.

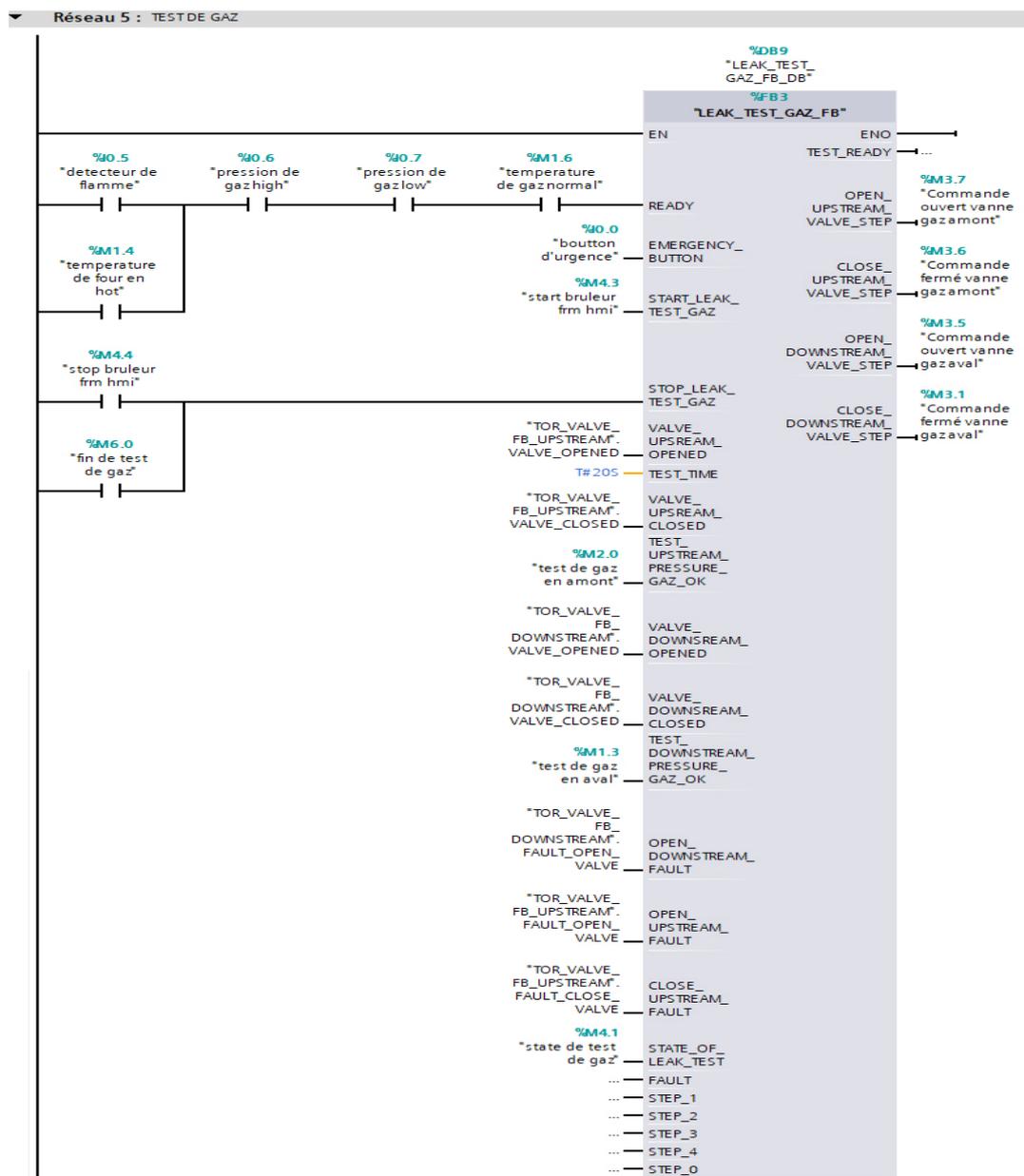


FIGURE 3.25 – Réseau du test fuite de gaz.

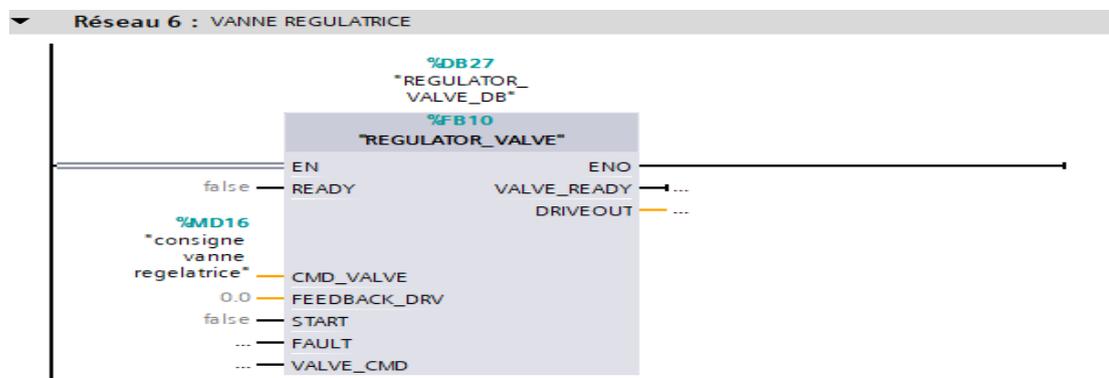


FIGURE 3.26 – Réseau de la vanne régulatrice.

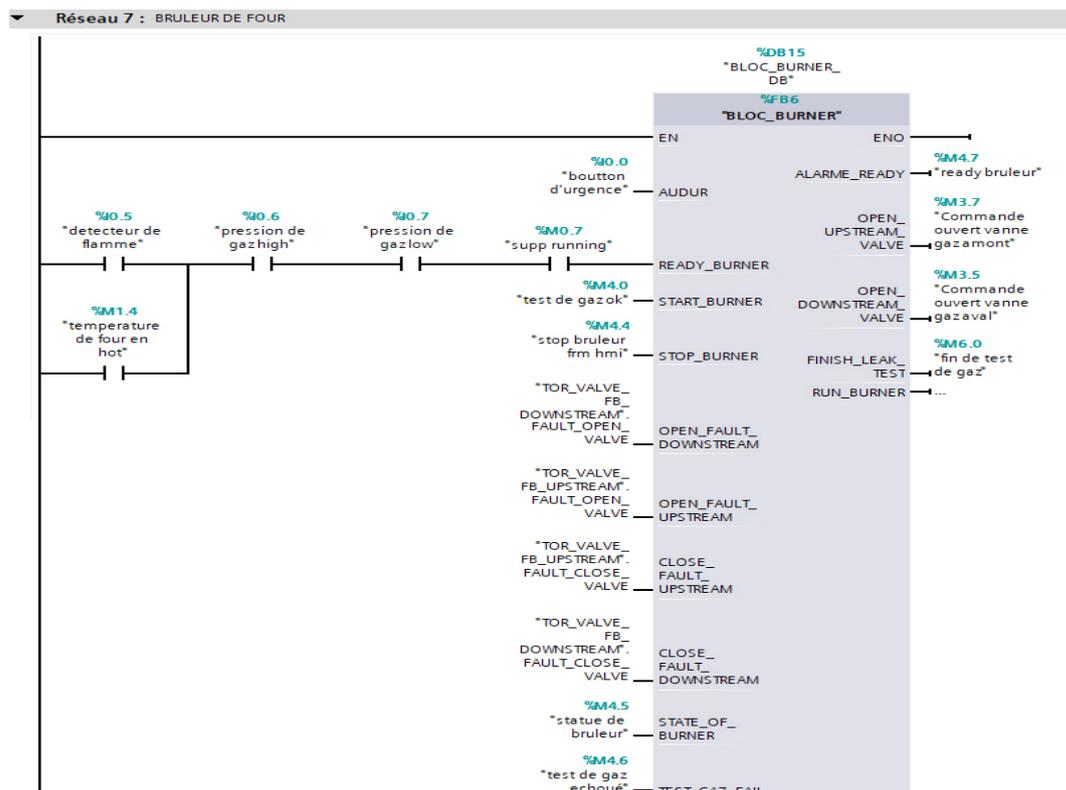


FIGURE 3.27 – Réseau de brûleur de four.

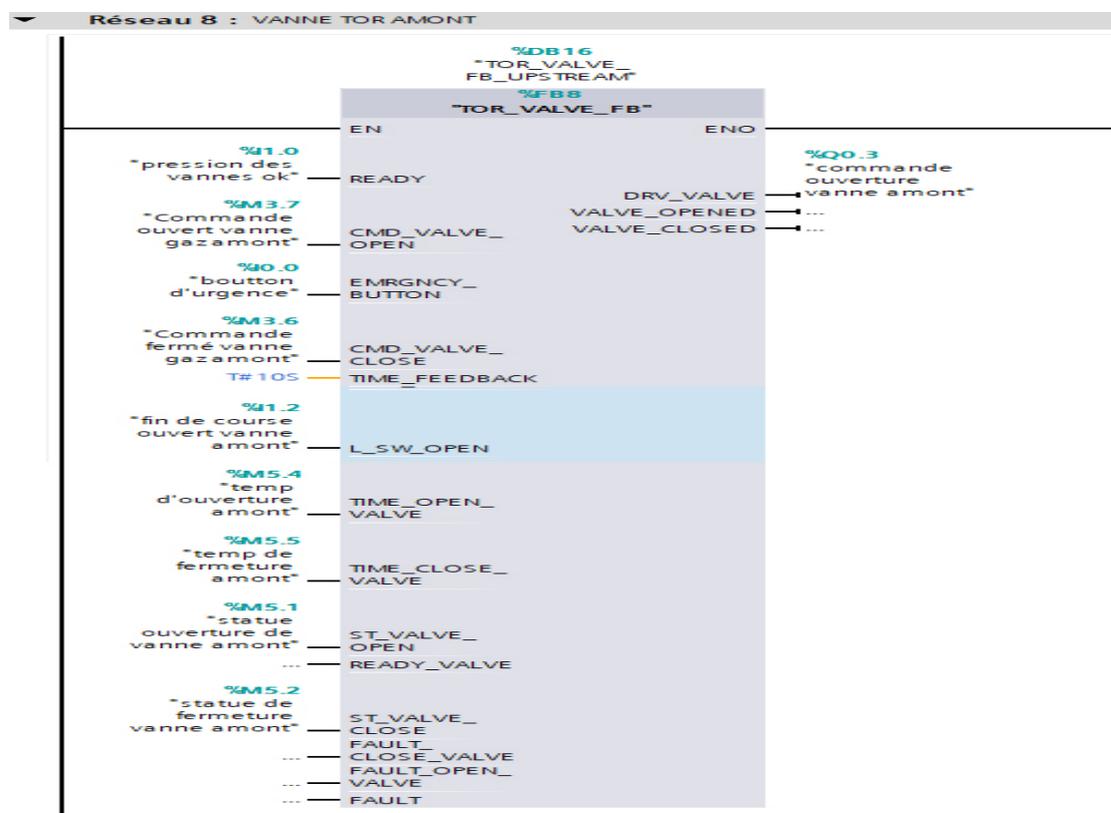


FIGURE 3.28 – Réseau de la vanne TOR amont.

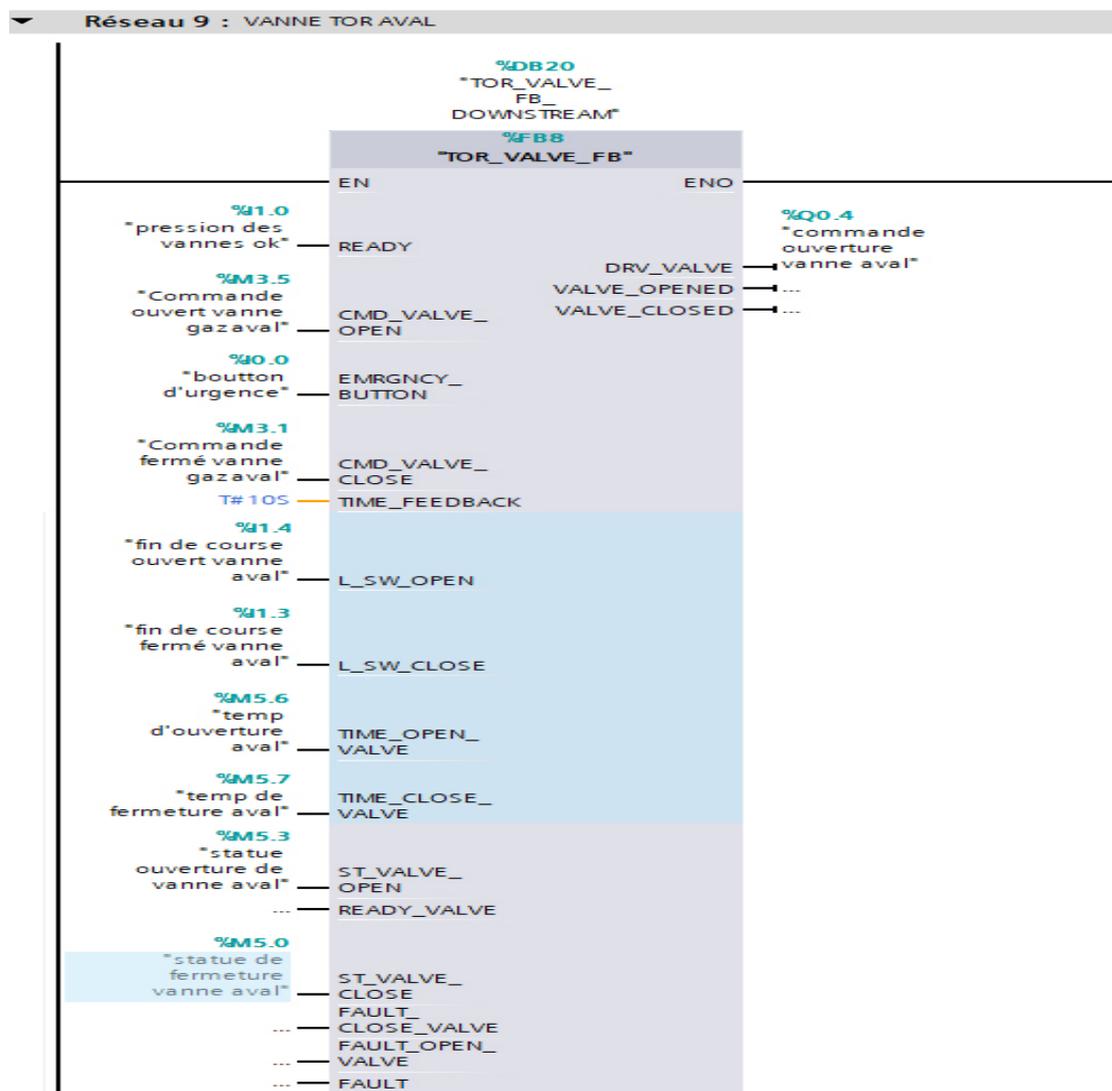


FIGURE 3.29 – Réseau de la vanne TOR aval.

### 3.5.4.4 Bloc de commande du moteur de ventilateur par le variateur de vitesse

Dans ce bloc on donne les instructions pour commander le variateur de vitesse via l'API par le protocole PROFINET.

La figure suivante présente la connexion entre l'API et le variateur de vitesse de SIEMENS :

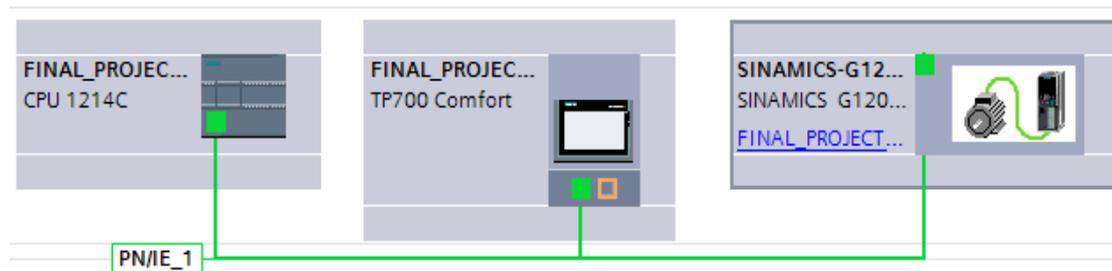


FIGURE 3.30 – Connexion API/HMI/Variateur de vitesse.

La figure suivante présente les réseaux de bloc de connexion API/Variateur de vi-

tesse :

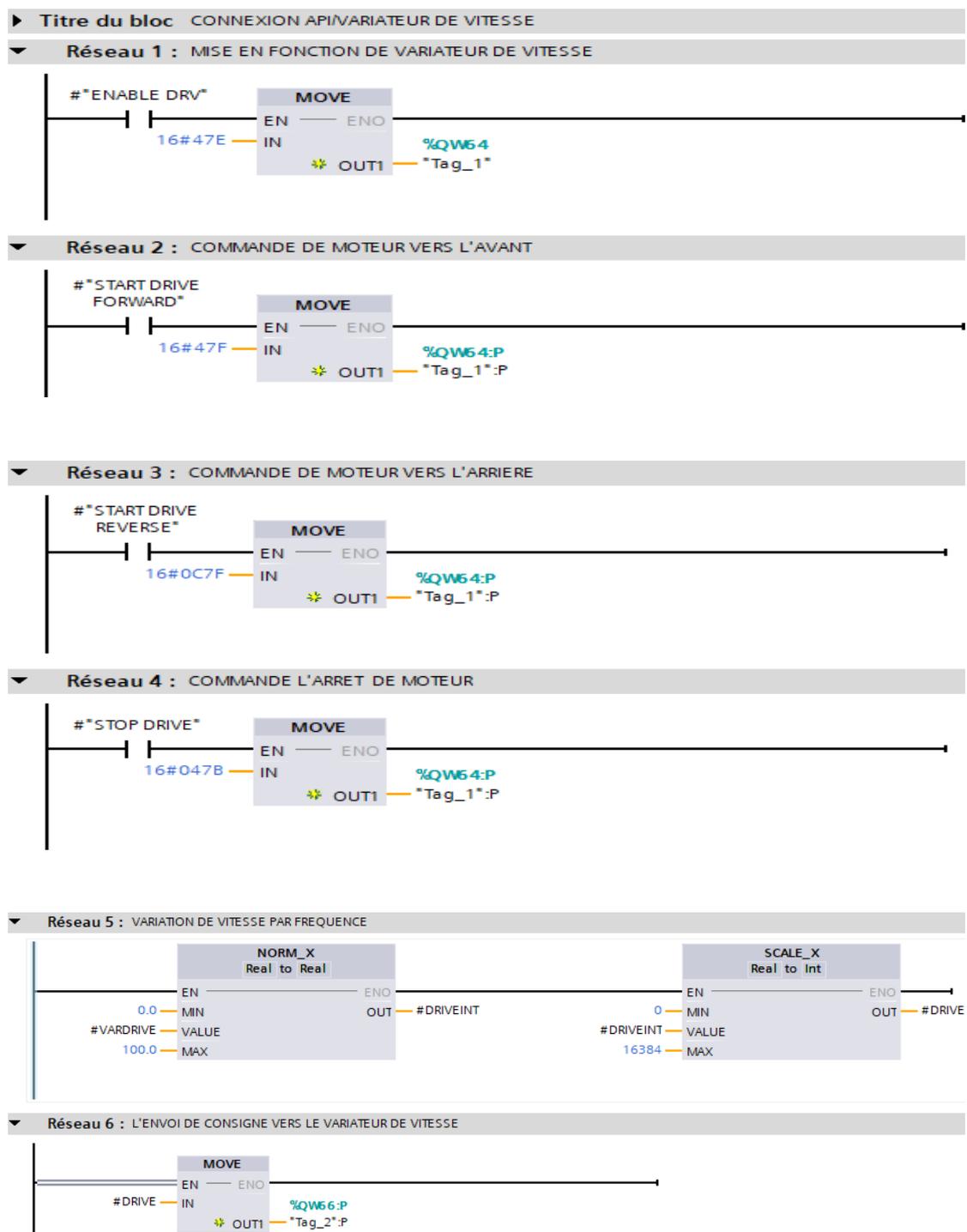


FIGURE 3.31 – Connexion API/Variateur de vitesse.

### 3.5.4.5 Bloc des comparaisons

Ce bloc est crée pour la comparaison entre les entrées et les conditions nécessaires. La figure suivante présente les différents réseaux de bloc :

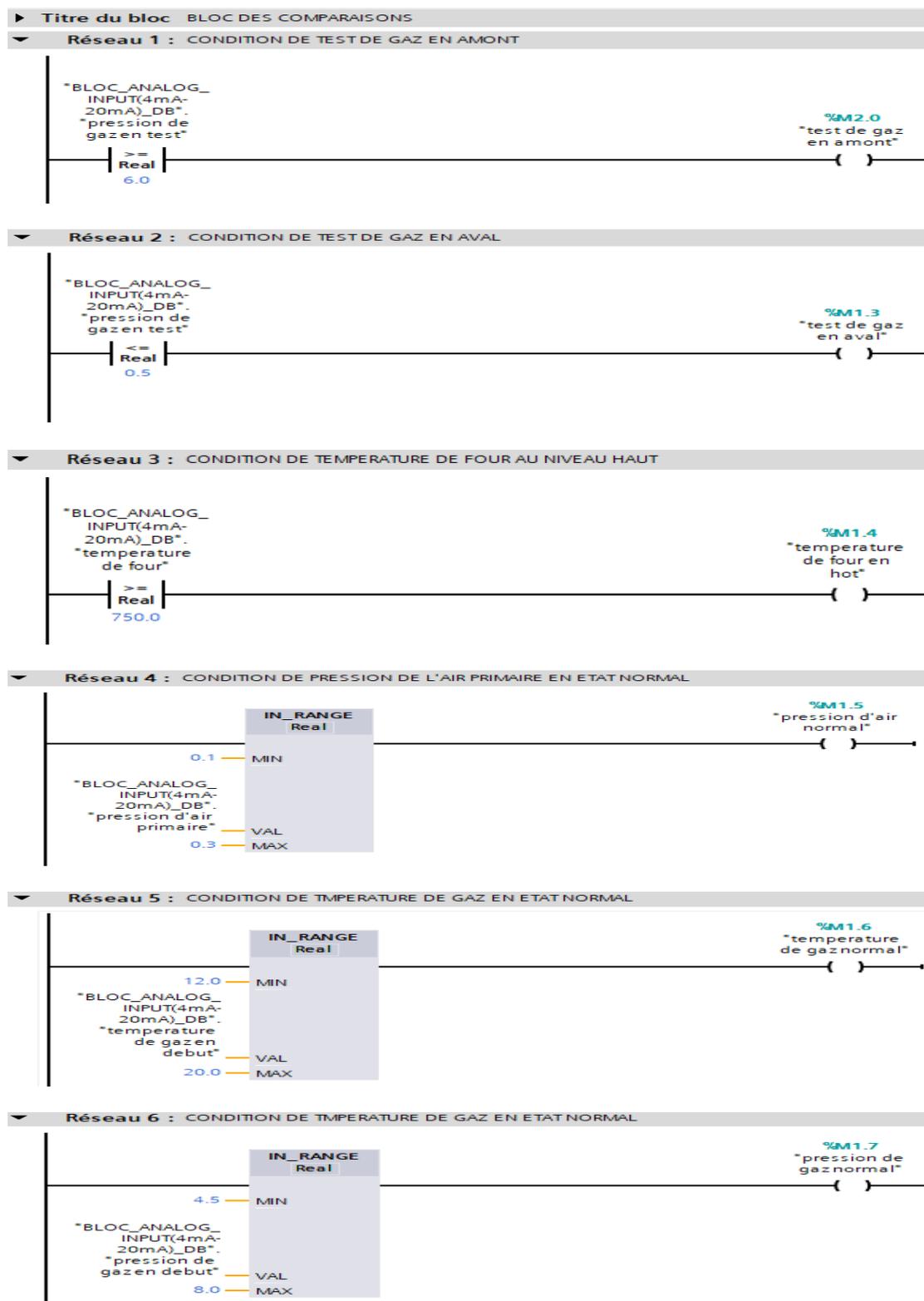


FIGURE 3.32 – Les réseaux de bloc comparaisons.

### 3.5.4.6 Bloc Main OB1

Ce bloc est le programme principale du système. Il contient tous les sous-programmes des déferents processus.

Les figures ci dessous montrent les réseaux du bloc Main OB 1 :

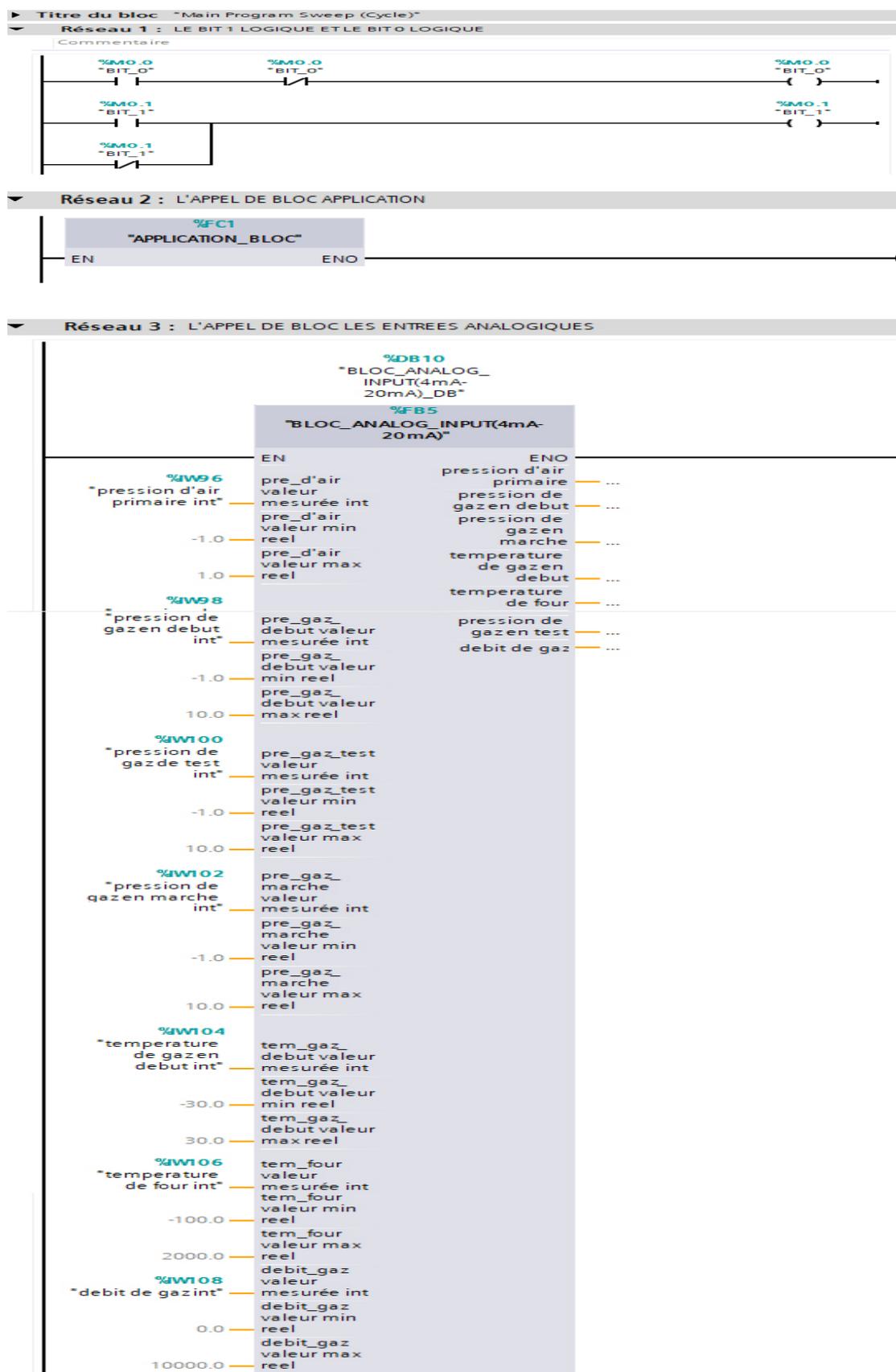


FIGURE 3.33 – Les réseaux 1, 2 et 3 de bloc Main OB1.

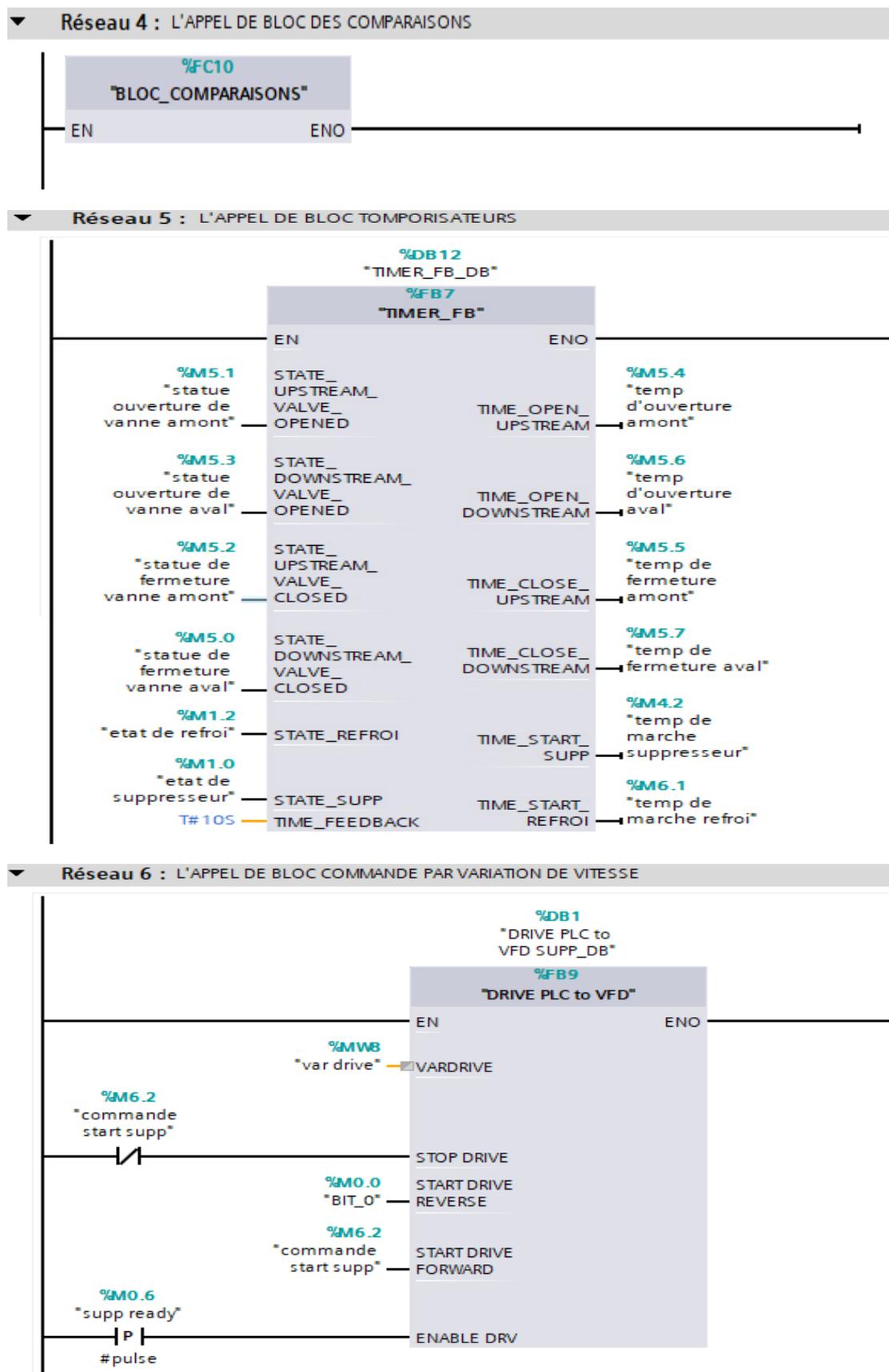


FIGURE 3.34 – Les réseaux 4, 5 et 6 de bloc Main OB1.

### 3.5.4.7 Bloc Interruption cyclique (PID)

**Définition :** Les OB d'alarme cyclique permettent de démarrer des programmes indépendamment du traitement cyclique du programme, dans des intervalles de temps périodiques. Vous pouvez définir ces intervalles de temps dans cette boîte de dialogue ou dans les propriétés de l'OB [27].

Ce bloc crée pour le régulateur PID qui commande la vanne régulatrice du débit de gaz.

Le régulateur PID de siemens est très simple pour l'utilisation ; juste on donne la consigne, la valeur du débit de gaz instantanément (reçue via le capteur de débit) et le régulateur fait la régulation en donnant la valeur de sortie qui commande la vanne.

Le PID effectue une optimisation automatique pour obtenir les paramètres convenables pour le contrôle (Figure 3.35).

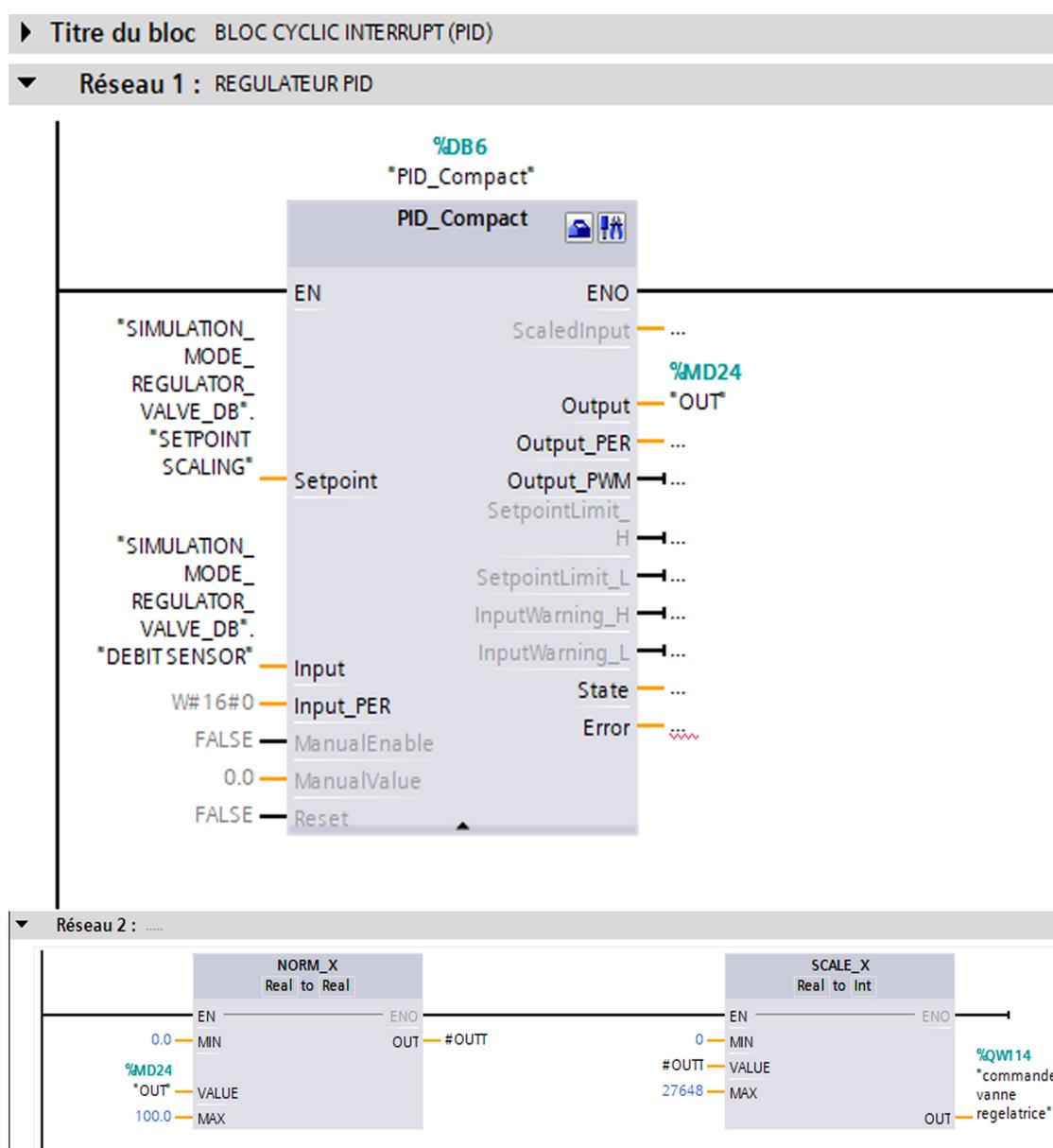


FIGURE 3.35 – Les réseaux bloc Interruption cyclique (PID).

### 3.6 Compilation et simulation du programme

Une fois le système programmé, son efficacité doit être vérifiée. Pour cela on doit faire une compilation de programme et une simulation avant le téléchargement dans l'API.

Le plateforme TIA PORTAL permet de faire une compilation et une simulation pour tester le programme avant le chargement dans l'automate.

La figure suivante présente la barre de simulation :



FIGURE 3.36 – Barre du simulation de TIA PORTAL.

Une fois cliquer sur la compilation le programme est compilé sans erreur :

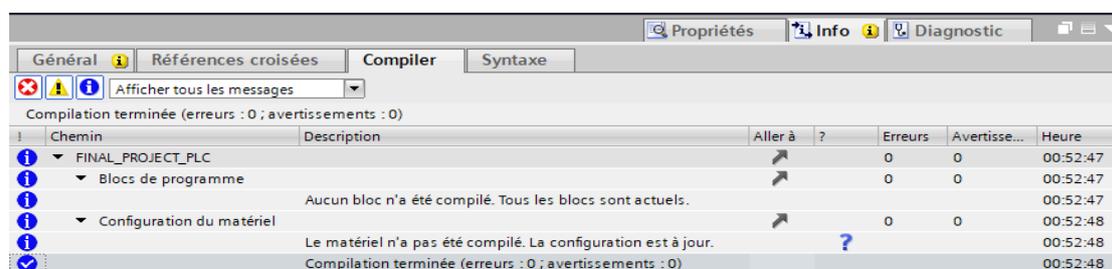


FIGURE 3.37 – Compilation de programme sans erreur.

Maintenant nous pouvons simuler notre programme par PLCSIM qui est intégré sur TIA PORTAL.

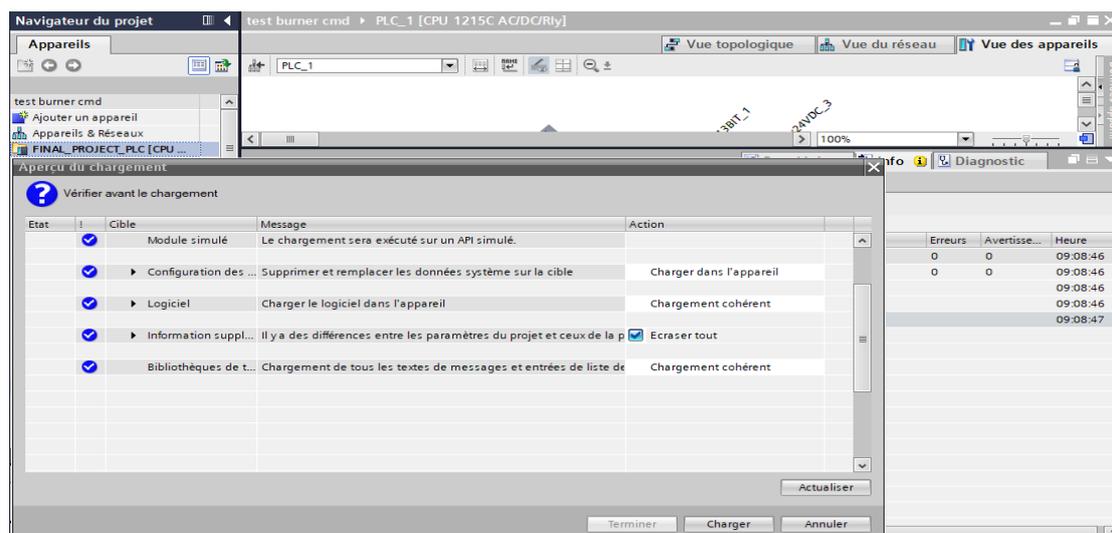


FIGURE 3.38 – Chargement de programme.

Le simulateur PLCSIM s'ouvre et est prêt à fonctionner. La figure suivante présente l'ouverture de simulateur PLCSIM :

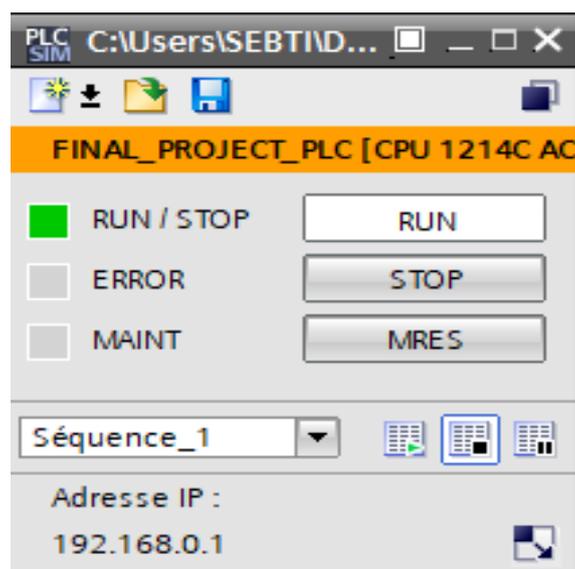


FIGURE 3.39 – Simulateur PLCSIM.

En dernière étape avant le teste de simulation on peut faire la liaison en ligne entre le programme et le simulateur pour voir les changements des entrées et des sorties, et à partir de là, la visualisation du programme en mise en service. La figure découvre la liaison en ligne de programme :

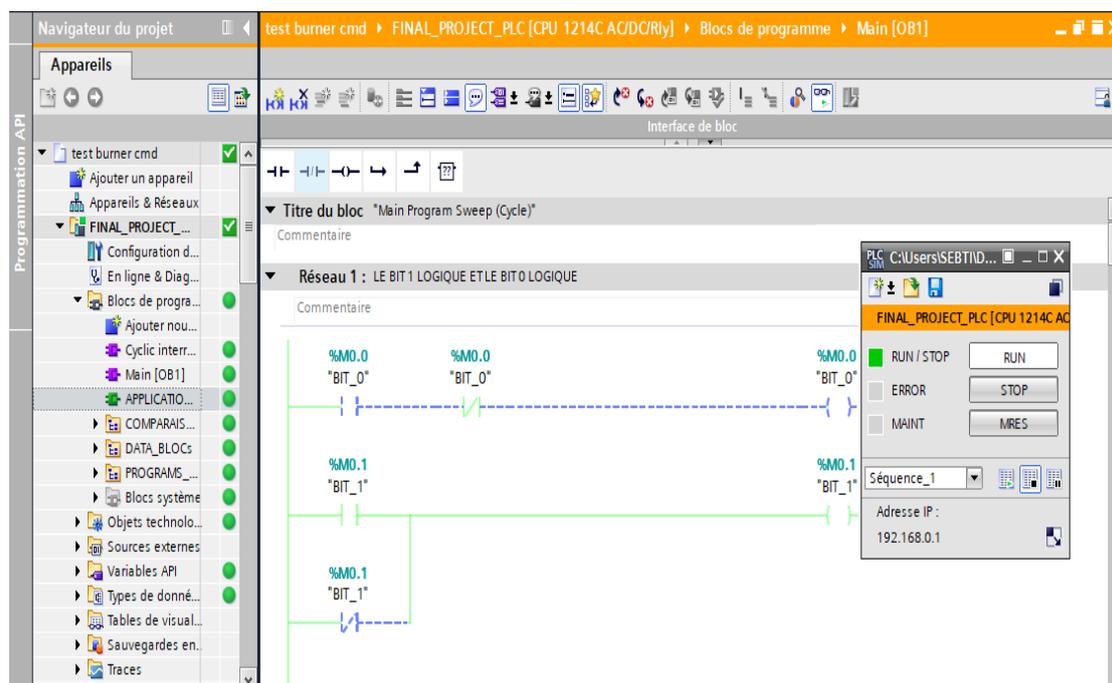


FIGURE 3.40 – La liaison en ligne du programme et le simulateur.

## 3.7 Création de la supervision

### 3.7.1 Etablissement et liaison d'une HMI

L'établissement de l'HMI se fait par l'ajout d'un nouveau écran (KTP700 Comfort), et après une liaison entre l'HMI et l'API. La figure (Figure 3.30) présente la liaison entre eux.

### 3.7.2 Création des vues d'HMI

Pour le suivi et la commande du brûleur de four et ses instruments on doit créer une interface qui permet de visualiser et donner des ordres (commande) aux API pour une commande efficace. Pour cela on utilise les différents éléments (Boutons, Champs d'entrée/sortie, Textes, ...) pour le construire. Chaque élément est lié avec sa variable correspondante de l'API pour faire les événements, les animations, la visibilité et la représentation.

#### 3.7.2.1 Création vue d'Accueil

C'est la vue principale qui nous permet de voir un aperçu du contrôle global du système (Figure 3.41)

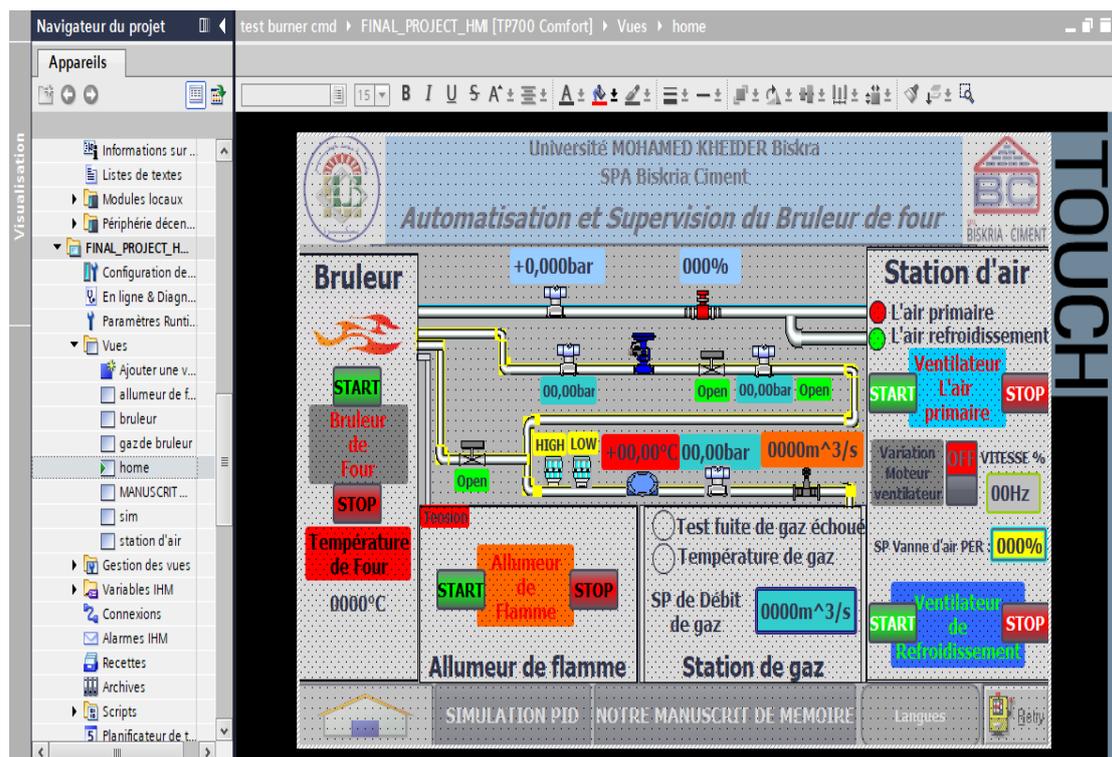


FIGURE 3.41 – Création de vue principale (accueil).

Chaque clique sur une station il peut ouvrir la vue qui correspondent pour plus de détail.

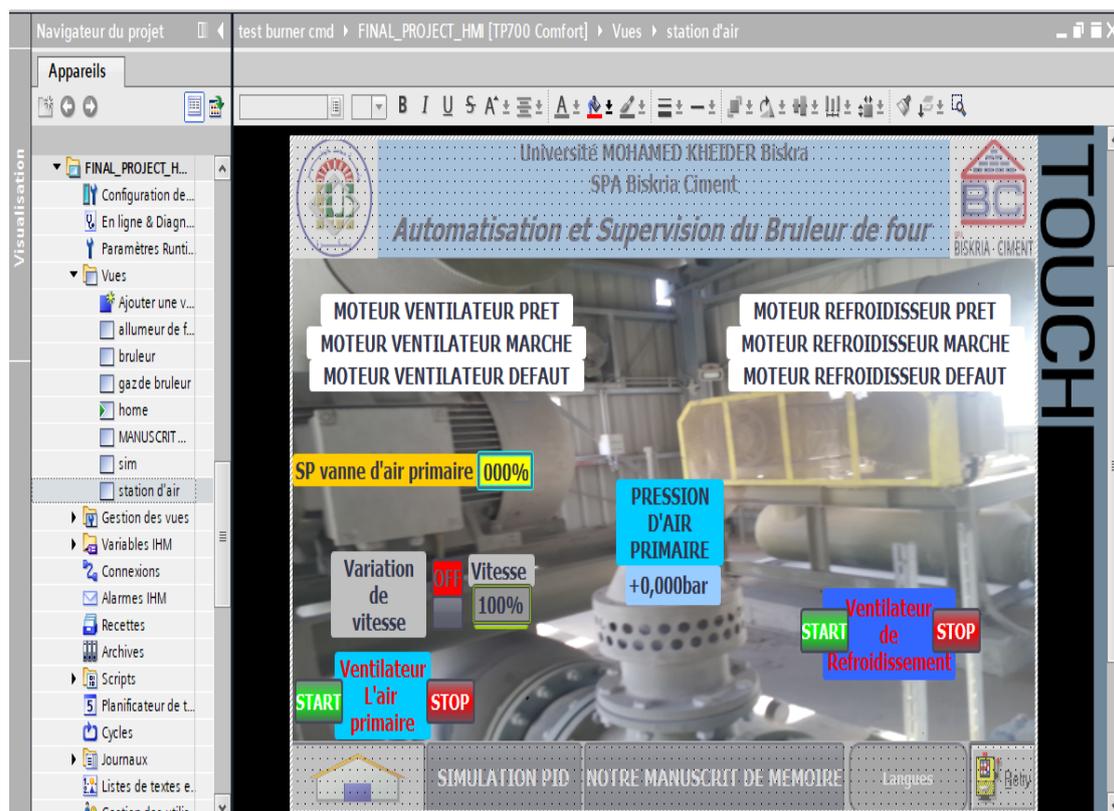


FIGURE 3.42 – Création de vue de station d'air primaire.



FIGURE 3.43 – Création de vue d'allumeur de flamme.

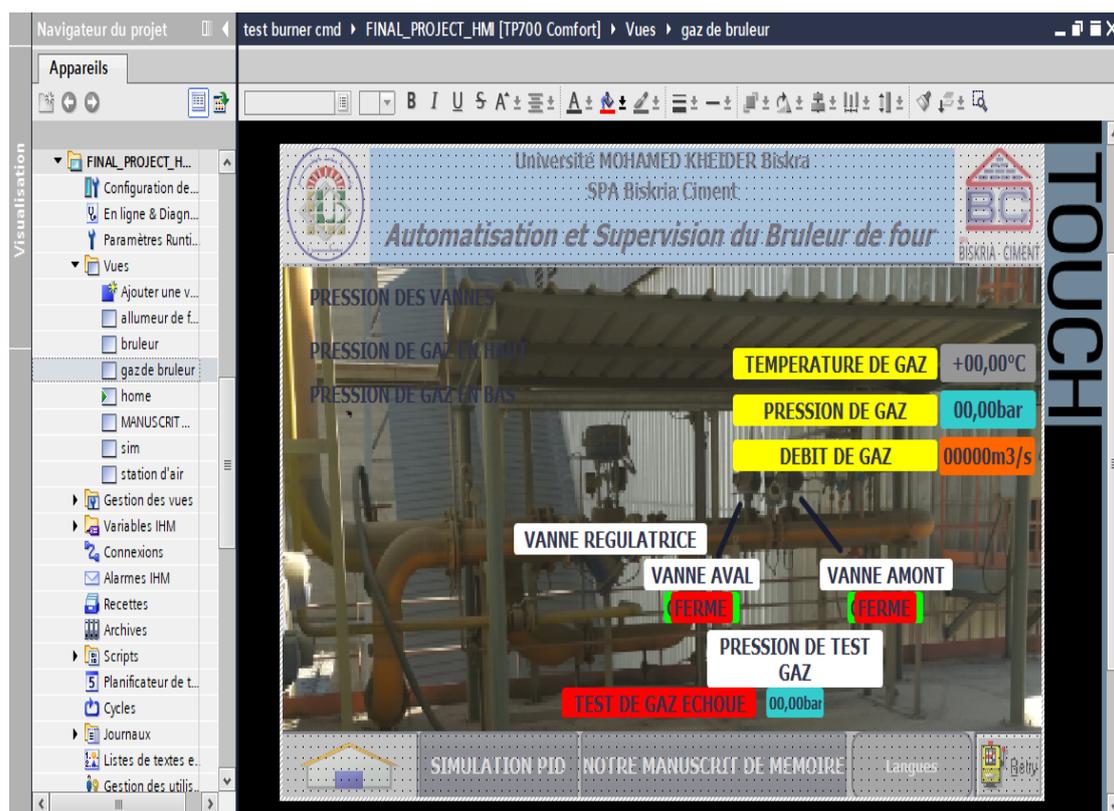


FIGURE 3.44 – Création du vue de station de gaz.



FIGURE 3.45 – Création du vue de brûleur.

### 3.7.2.2 Création vue de simulation PID

Cette vue nous permet de suivre en temps réel les évolutions du régulateur PID (Figure 3.46)



FIGURE 3.46 – Création du vue de régulateur PID.

Dans cette vue, on peut faire une simulation du régulateur PID à travers de donner la consigne du débit de gaz et de varier la valeur d'entrée de débit reçue via le capteur par un curseur et voir les résultats sous forme des courbes à savoir la consigne, la commande, le retour d'état et l'erreur.

### 3.7.3 Simulation de l'HMI

La simulation de l'interface Homme/machine se fait par le Simulateur WINCC RT Advanced l'intégré sur la plateforme TIA PORTAL.

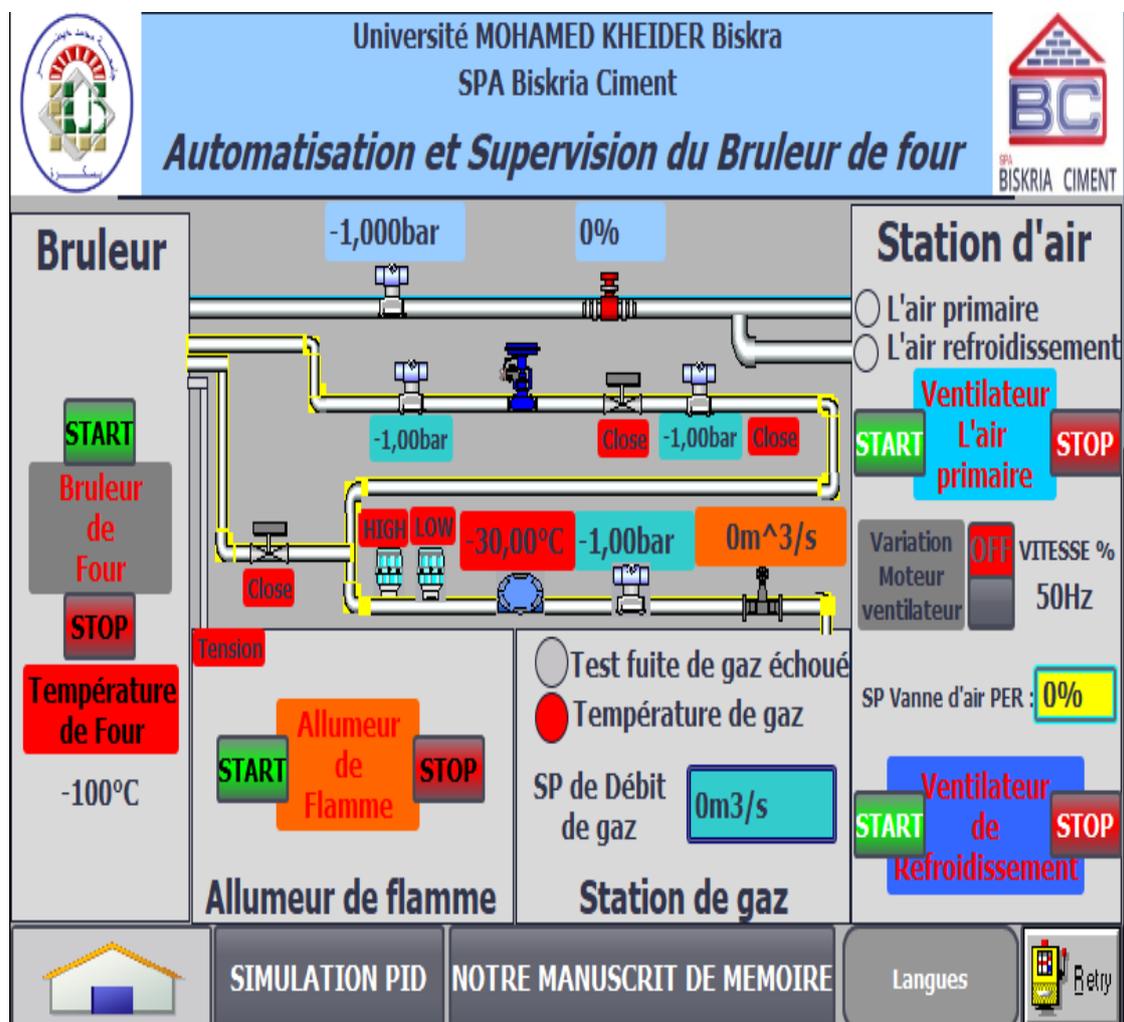


FIGURE 3.47 – Simulation de l'HMI.

## 3.8 La simulation et la supervision du système

Dans le but de l'exécution de notre programme pour voir le fonctionnement de notre commande du brûleur de four, on doit faire la simulation et la supervision de l'API et de l'HMI.

### 3.8.1 Démarrage de ventilateur d'air primaire

Pour le démarrage de ventilateur, nous modifions les entrées, donnons les ordres et voyons les résultats :

La (Figure 3.48) montre la modification de l'entrée pour que le moteur soit prêt à démarrer le ventilateur :

suppresseur					
	Nom	Adresse	For...	Vale...	Bits
<input checked="" type="checkbox"/>	"ready suppre..."	%IO.2	B...	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"etat de refroi"	%M1.2	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"boutton d'urgen..."	%IO.0	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"START SUPP FRM..."	%MO.4	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"STOP SUPP FRM ..."	%MO.5	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"running supp"	%IO.1	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"drive in to supp"	%MD20	Nom...	0	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"temp de march..."	%M4.2	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"variation de vite..."	%M6.4	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"etat de suppress..."	%M1.0	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"supp ready"	%MO.6	Bool	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"supp running"	%MO.7	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"var drive"	%MW8	DEC+/-	50	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	"commande star..."	%M6.2	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>

FIGURE 3.48 – Forçage des entrées sur PLCSIM.

Ensuite on donne le pourcentage d'ouverture de vanne d'air primaire (1) et l'appuyer sur le bouton start (2) sur l'HMI (Figure 3.49) :

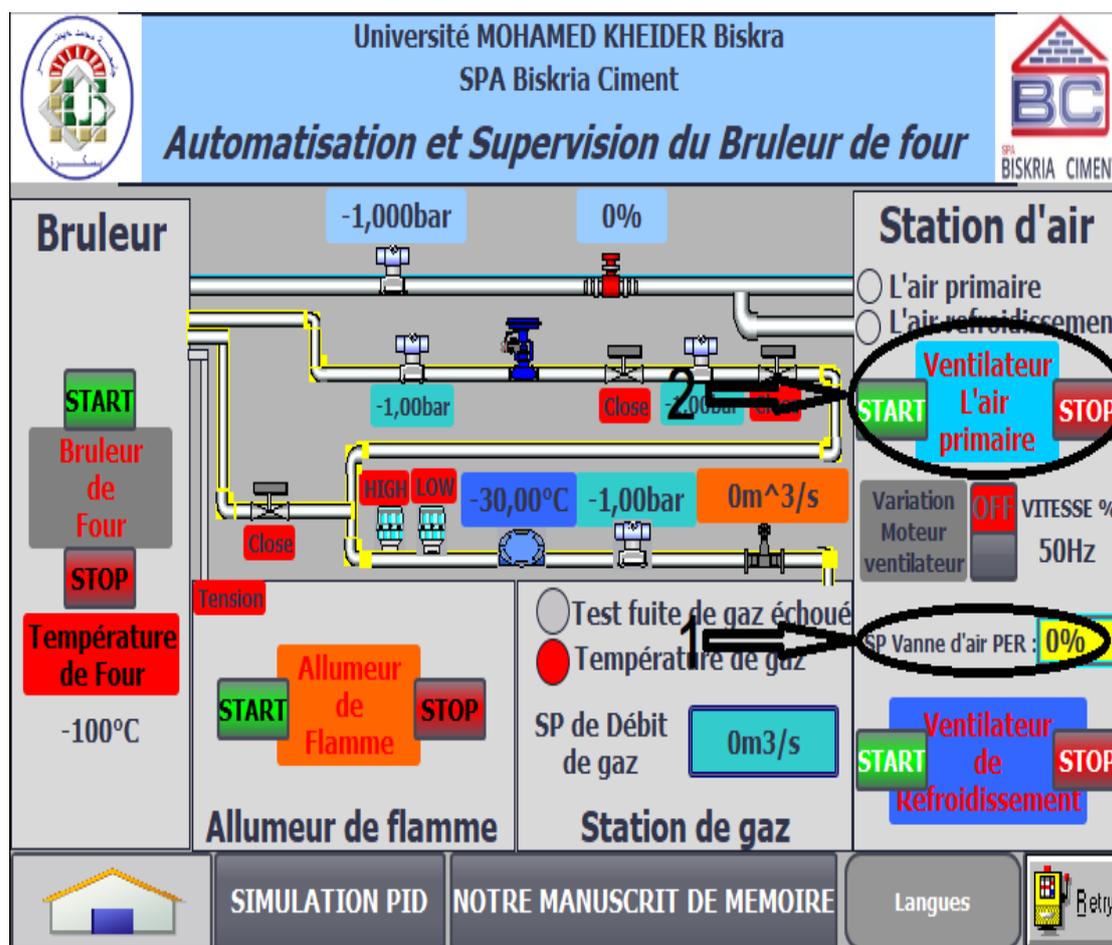


FIGURE 3.49 – Les ordres de commande ventilateur sur HMI.

Après avoir donné les ordres, on modifions les entrées; le signal du retour d'état indique la rotation de moteur (1), la valeur de pression d'air primaire (2) et la valeur de sortie du vanne pourcentage d'air primaire (3) comme suit (Figure 3.50) :

suppresseur						
	Nom	Adres...	For...	Valeur..	Bits	
	"ready supresse...	%IO.2	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"etat de refroi"	%M1.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"boutton d'urgen...	%IO.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"START SUPP FRM...	%M0.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"STOP SUPP FRM ...	%M0.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"running supp"	%IO.1	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"drive in to supp"	%MD...	No...	0		<input type="checkbox"/>
	"temp de march...	%M4.2	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"variation de vite...	%M6.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"etat de suppress..	%M1.0	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"supp ready"	%M0.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"supp running"	%M0.7	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"var drive"	%MWB	DEC...	50		<input type="checkbox"/>
	"commande star...	%M6.2	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"pression d'air pri...	%IW96	DEC...	16000		<input type="checkbox"/>
	"drive vanne d'ai...	%QW...	DEC...	19354		<input type="checkbox"/>

FIGURE 3.50 – Forçage des entrées sur PLCSIM.

Enfin, on note les résultats dans la (Figure 3.51); quand en donnant le pourcentage d'ouverture vanne d'air primaire (1), elle s'affiche (2), dans (3) la couleur d'écriture a changé au vert cela indique que le moteur est en marche, (4) indique la présence de l'air primaire et (5) la valeur du pression qu'elle a changée à partir de la variable d'entrée :

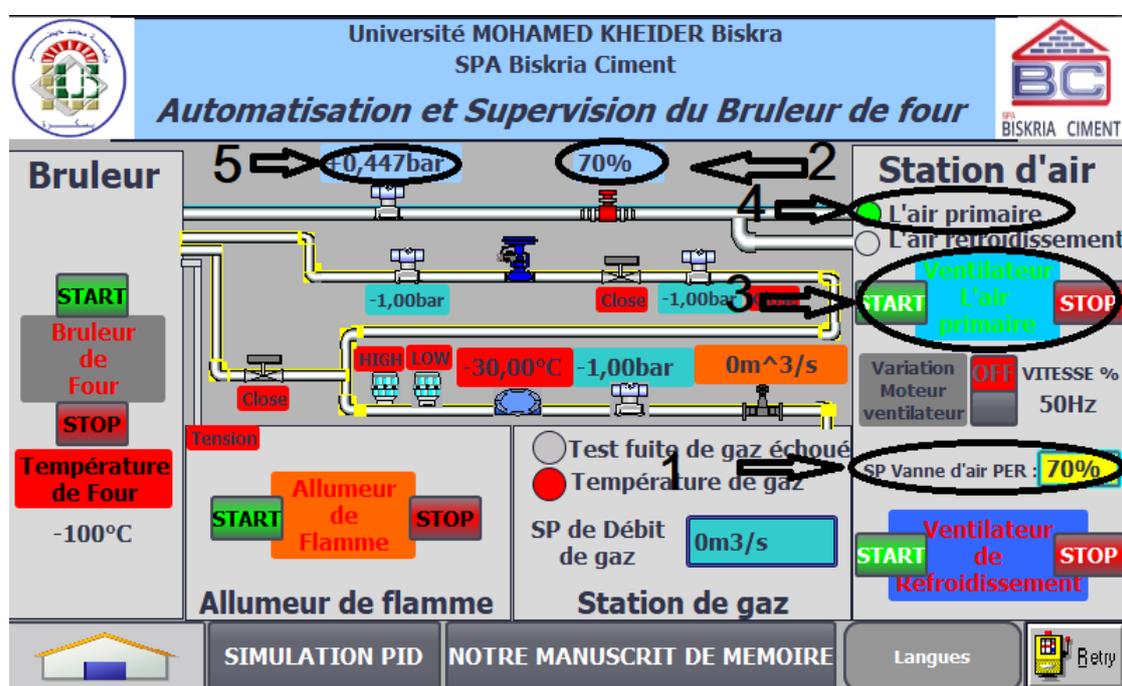


FIGURE 3.51 – Les résultats de commande ventilateur sur HMI.

On peut voir plus de détail sur la station d'air après en cliquant sur l'écriture (Figure 3.52) :

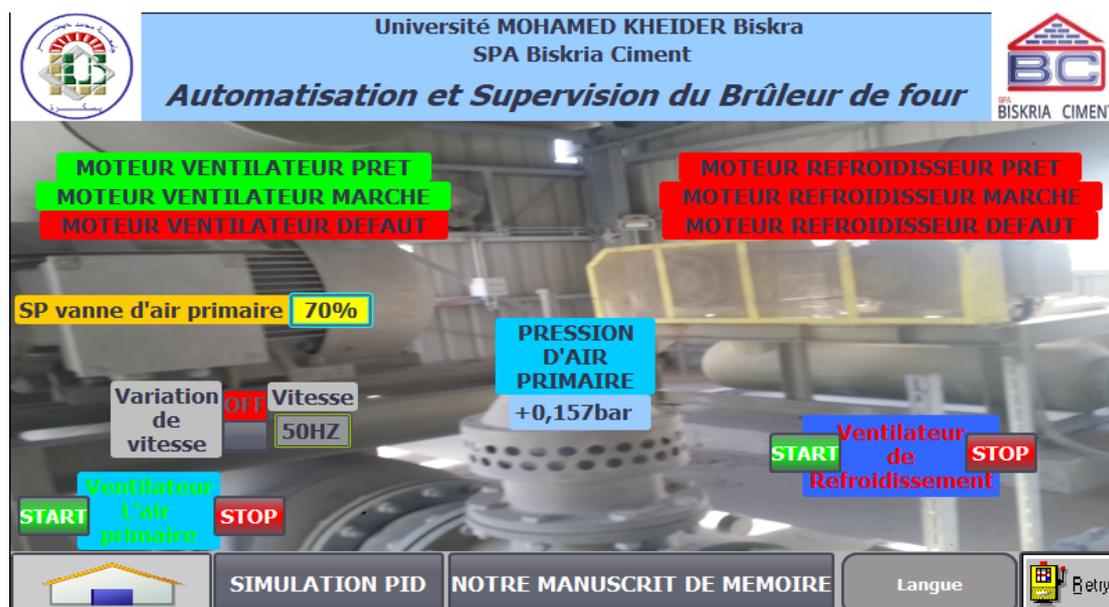


FIGURE 3.52 – Les résultats de commande ventilateur sur HMI.

### 3.8.2 Démarrage d'allumeur de flamme

Toutes fois on modifie les entrées, l'ordre sur l'HMI et voir les résultats de l'allumage de flamme :

Les modifications de l'entrée de transformateur est prête (1), de la température du gaz (2) et la valeur du pression de gaz sont comme suit dans la (Figure 3.53) :

allumeur de flamme						
	Nom	Adres...	For...	Valeur...	Bits	
	"supp running"	%M0.7	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"temperature de ..."	%M1.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"pression de gaz ..."	%M1.7	Bool	TRUE		<input type="checkbox"/>
	"temperature de ..."	%M1.6	Bool	TRUE		<input type="checkbox"/>
	"pression d'air no..."	%M1.5	Bool	TRUE		<input type="checkbox"/>
	"ready transform..."	%I1.7	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"boutton d'urgen..."	%I0.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"start allumeur d..."	%M2.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"LOCAL PANEL"	%M2.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"start allumeur fr..."	%I0.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"stop allumeur fr..."	%I0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"stop allumeur d..."	%M2.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"detection manu..."	%M3.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"detection de fla..."	%M3.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"detection manu..."	%M3.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"detecteur de fla..."	%I0.5	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"defaut allumeur..."	%M2.6	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"statue de allum..."	%M2.7	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"cmnd gazd'allu..."	%Q0.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"cmnd tension d..."	%Q0.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"allumeur de fla..."	%M3.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"pression d'air no..."	%M1.5	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"pression d'air pri..."	%IW96	DEC...	16000		<input type="checkbox"/>
	"temperature de ..."	%M1.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	"temperature de ..."	%IW1...	DEC...	10000		<input type="checkbox"/>
	"temperature de ..."	%M1.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	"pression d'air pri..."	%IW96	DEC...	16000		<input type="checkbox"/>
	"temperature de ..."	%IW1...	DEC...	20000		<input type="checkbox"/>
	"pression de gaz ..."	%IW98	DEC...	18000		<input type="checkbox"/>

FIGURE 3.53 – Forçage des entrées sur PLCSIM.

Ensuite on voit les valeurs de la température et de la pression de gaz après les modifications de (1), de la température de four (2), aussi on voit que la vanne de gaz et la tension ne sont pas activées (3) et on donne l'ordre d'activer l'allumeur de flamme à partir du bouton start (4) (Figure 3.54) :

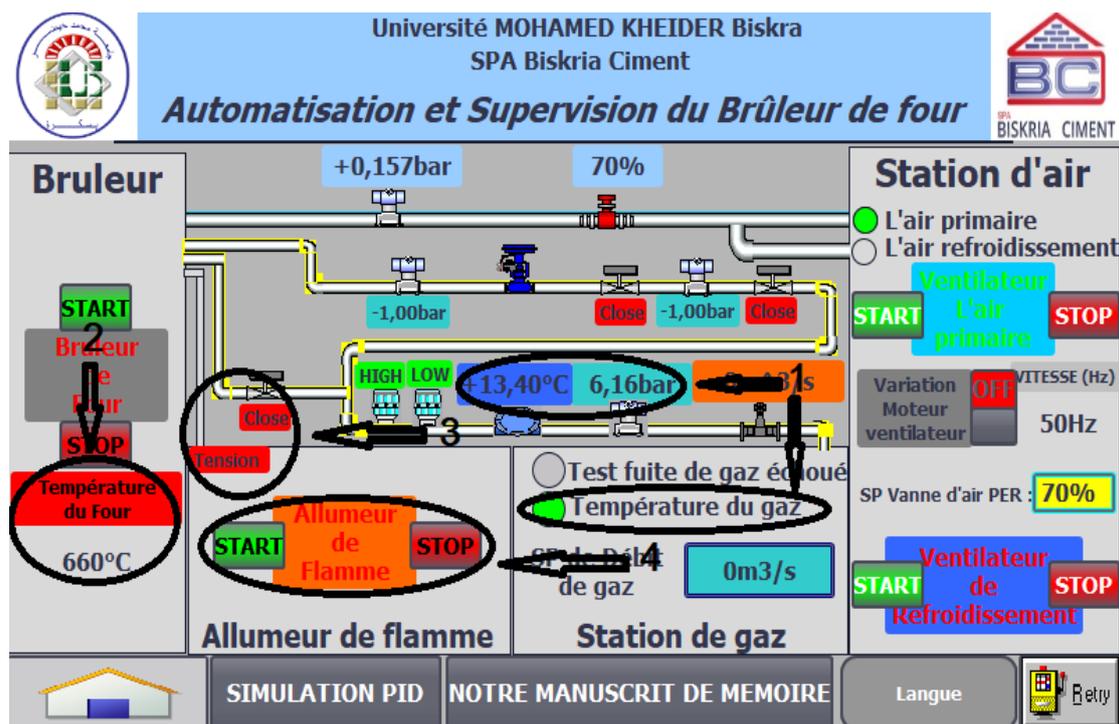


FIGURE 3.54 – Les ordres de commande allumeur de flamme sur HMI.

Quand on clique sur le bouton start du démarrage d'allumeur de flamme on voit la mise en tension de transformateur et l'ouverture du vanne de gaz (Figure 3.55) et modifie l'entrée de capteur qui indique la présence de flamme (Figure 3.56) :

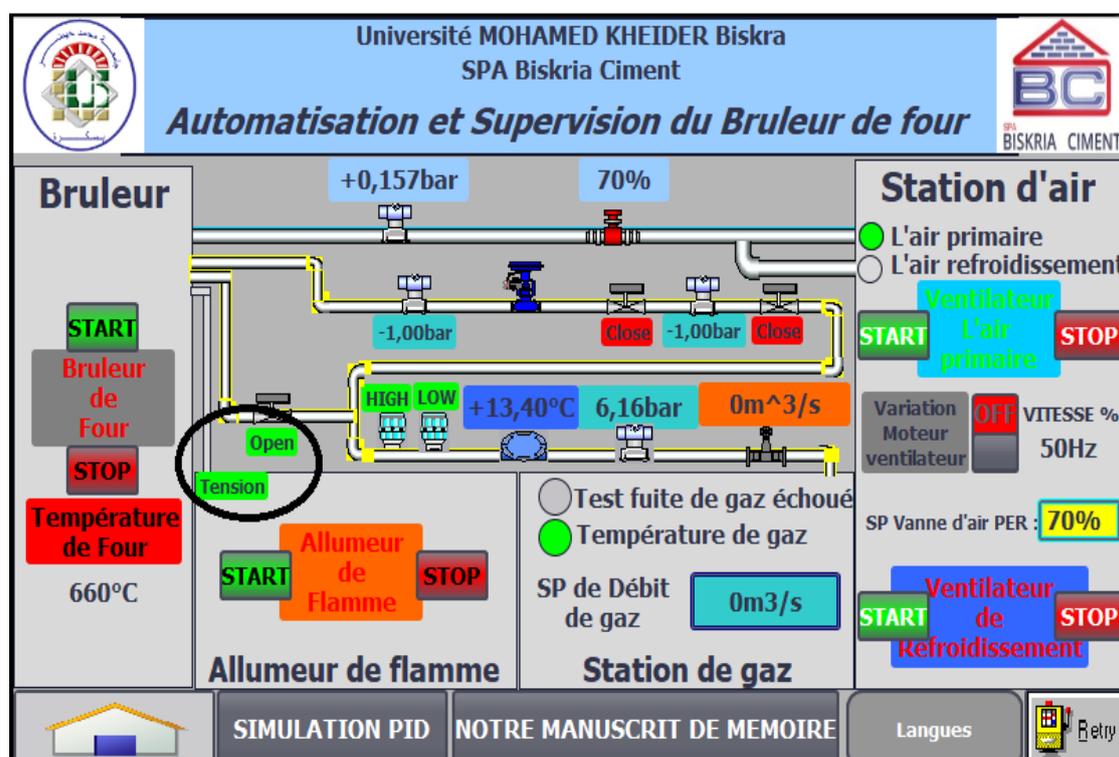


FIGURE 3.55 – Les résultats de commande allumeur de flamme sur HMI (1).

	Nom	Adres...	For...	Valeur...	Bits
01	"supp running"	%M0.7	Bool	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
01	"temperature de ..."	%M1.4	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"pression de gaz ..."	%M1.7	Bool	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
01	"temperature de ..."	%M1.6	Bool	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
01	"pression d'air no..."	%M1.5	Bool	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
01	"ready transform..."	%I1.7	Bool	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>
01	"boutton d'urgen..."	%IO.0	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"start allumeur d..."	%M2.2	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"LOCAL PANEL"	%M2.1	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"start allumeur fr..."	%IO.4	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"stop allumeur fr..."	%IO.3	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"stop allumeur d..."	%M2.4	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"detection manu..."	%M3.3	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"detection de fla..."	%M3.4	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"detection manu..."	%M3.3	Bool	FALSE	<input type="checkbox"/>
01	"detecteur de ..."	%IO.5	...	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>

FIGURE 3.56 – Forçage des entrées sur PLCSIM.

Après le temps d'allumage et la modification du la variable de détecteur de flamme on voie les résultats de la mise hors tension du transformateur (1), le changement du la couleur au vert indique la mise en service d'allumeur de flamme (2) et une émergence d'une image expressive montrant l'allumage de la petite flamme (3) (Figure 3.57) :

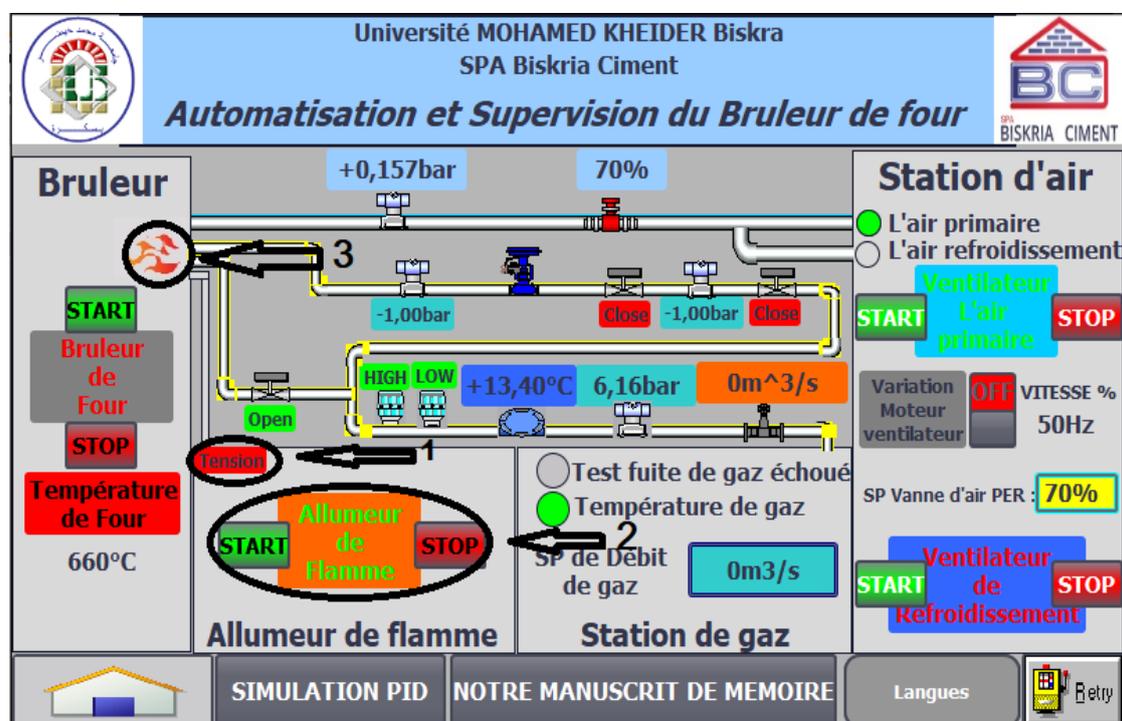


FIGURE 3.57 – Les résultats de commande allumeur de flamme sur HMI (2).

Quand on clique sur l'écriture (Allumeur de flamme) la vue de (Figure 3.58)s'affiche pour plus de détail :



FIGURE 3.58 – La vue détaillé d’allumeur de flamme sur HMI (2).

### 3.8.3 Démarrage du test fuite de gaz

Après l’allumage du la torche et pour le démarrage du brûleur, il faut faire un test pour confirmer qu’il n’y a pas une fuite de gaz.

Les modifications des entrées (pression en haut (1) et en bas (2)) et (pression des vannes (3)) présentées par la figure 3.59 suivante :

test fuite de gaz						
Démarrer						
	Nom	Adres...	For...	Valeur..	Bits	
	*detecteur de fla...	%I0.5	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	*temperature de ...	%M1.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*pression de gaz ...	%I0.6	Bool	TRUE	1	<input checked="" type="checkbox"/>
	*pression de gaz ...	%I0.7	Bool	TRUE	2	<input checked="" type="checkbox"/>
	*temperature de ...	%M1.6	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	*start bruleur frm...	%M4.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*test de gazecho...	%M4.6	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*test de gazok*	%M4.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*state de test de ...	%M4.1	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*commande ouv...	%Q0.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*commande ouv...	%Q0.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*test de gazen a...	%M2.0	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*test de gazen a...	%M1.3	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/>
	*pression de gaz ...	%IW1...	DEC...	0		<input type="checkbox"/>
	*pression des va...	%I1.0	Bool	TRUE	3	<input checked="" type="checkbox"/>
	*fin de course...	%I1.1	...	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*fin de course fer...	%I1.3	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*fin de course ou...	%I1.2	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>
	*fin de course ou...	%I1.4	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>

FIGURE 3.59 – Forçage des entrées sur PLCSIM.

L’ordre du démarrage de test sur l’HMI fait par le clic sur le bouton start du brûleur comme suit (Figure 3.60) :

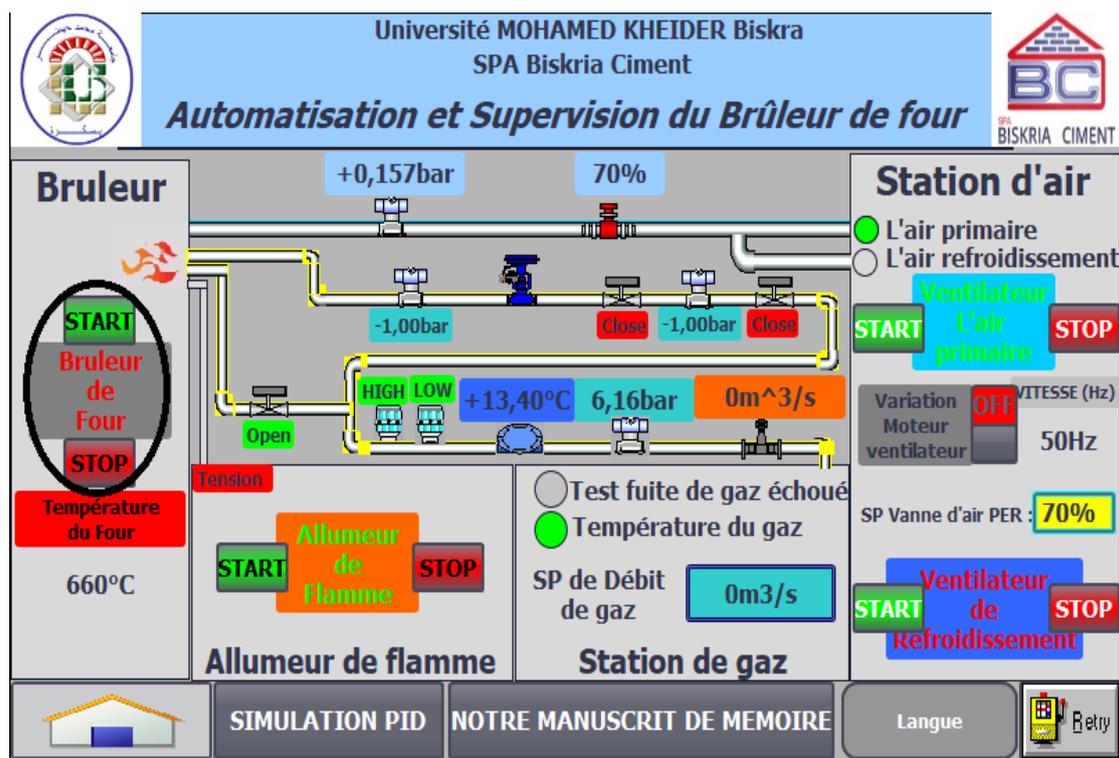


FIGURE 3.60 – L'ordre de commande début du test fuite de gaz sur HMI.

En cas de fuite les résultats sont affichés dans la figure suivante :

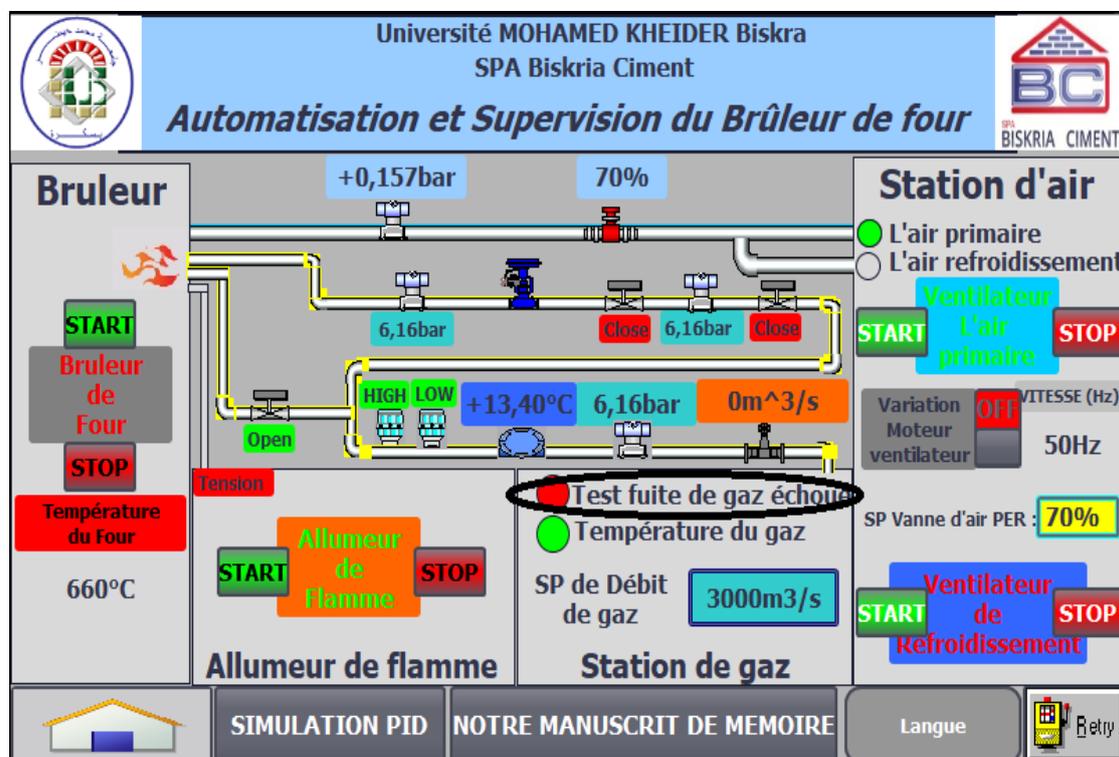


FIGURE 3.61 – Les résultats de commande test fuite de gaz échoué sur HMI (2).

### 3.8.4 Démarrage du brûleur de four

Le brûleur est démarré automatiquement si la condition de test fuite de gaz est faite avec succès selon la figure 3.62 :

On voit que la couleur de l'écriture (brûleur de four) a changé au vert indique la marche du brûleur (1), on peut changer le débit de gaz pour la variation de température du four (2) et aussi on peut arrêter l'allumeur de flamme après la stabilité de la grande flamme (3).

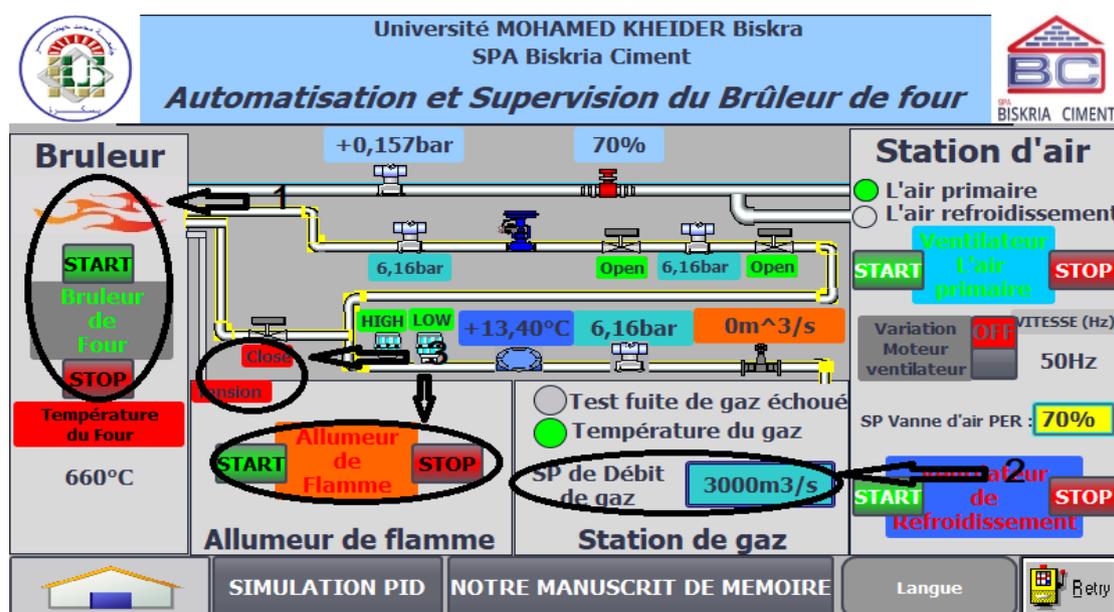


FIGURE 3.62 – Les résultats du commande brûleur de four sur HMI.

La vue détaillé est affichée après le clic sur le mot (Bruleur) sur l'HMI) (Figure 3.63) :

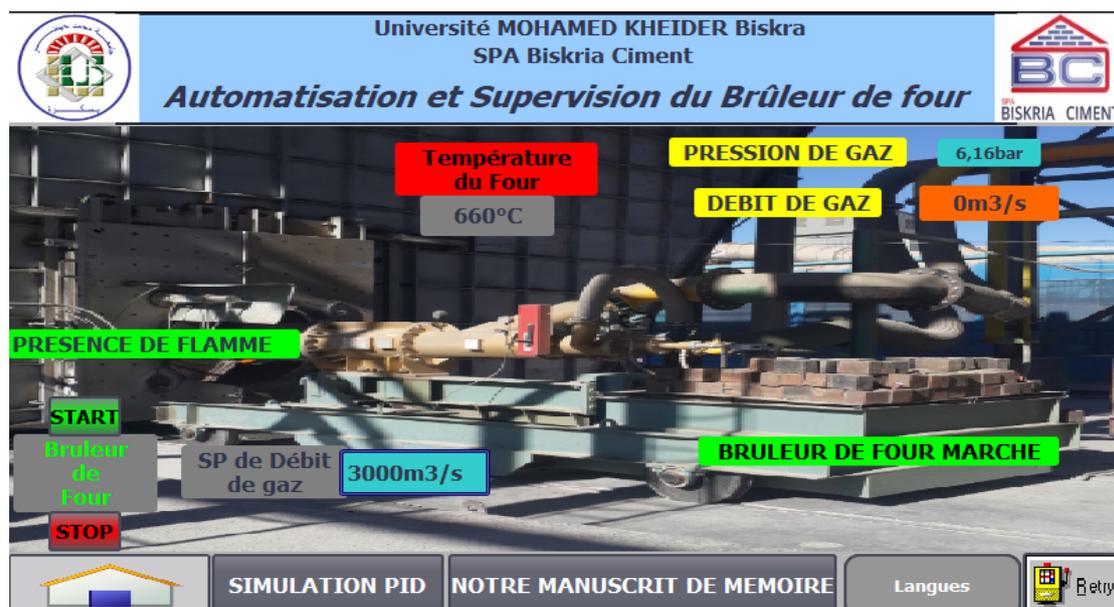


FIGURE 3.63 – La vue du brûleur de four sur HMI.

### 3.8.5 Commande de la vanne régulatrice par régulateur PID

Afin de mieux comprendre le fonctionnement de la vanne régulatrice qui contrôle le débit de gaz, nous avons utilisé une courbe permettant la visualisation de ce fonctionnement.

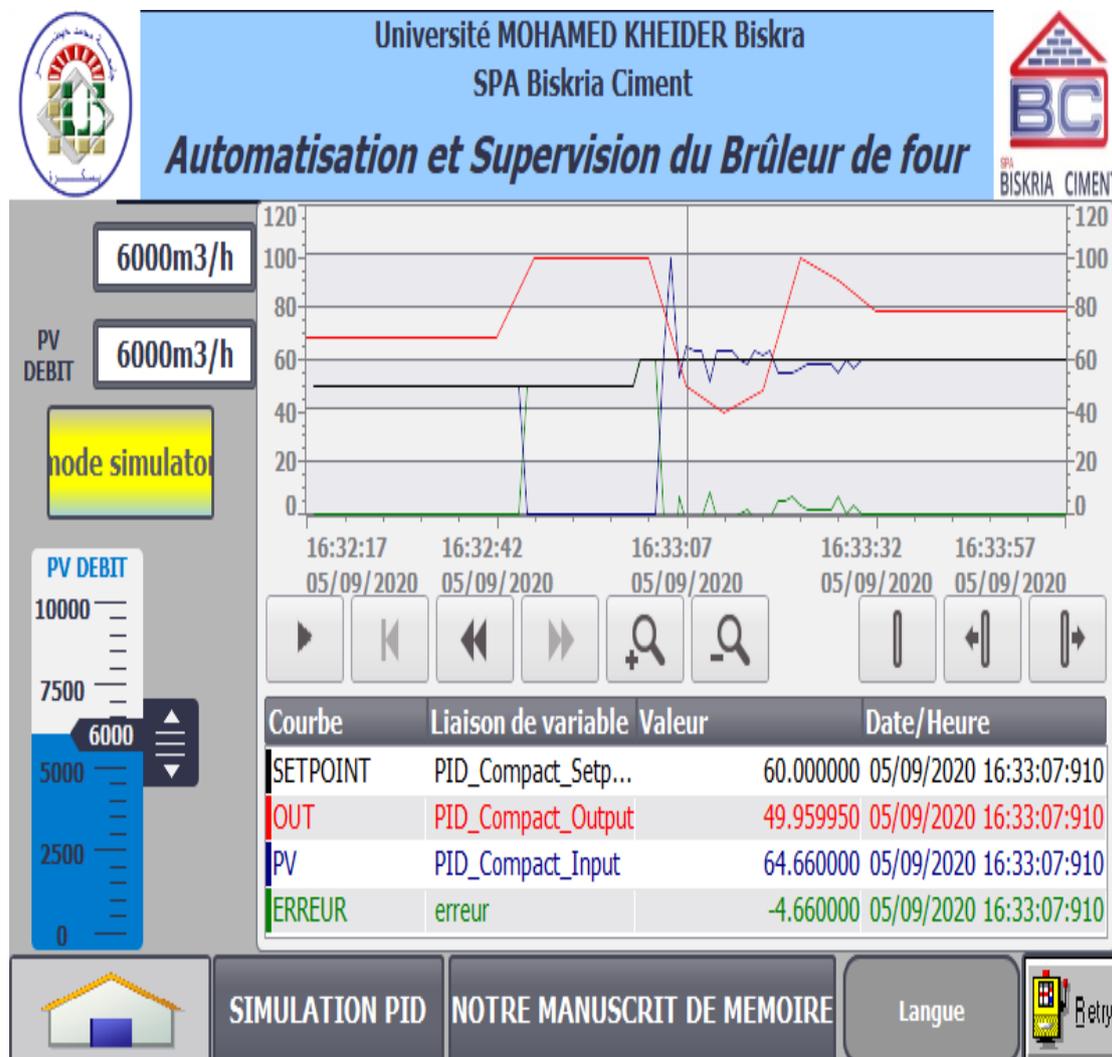


FIGURE 3.64 – Le résultat du commande de la vanne régulatrice.

Dans cette vue, nous présentons les courbes obtenues à partir du contrôle de la vanne régulatrice. Après avoir donné la consigne de débit de gaz 6000 m<sup>3</sup>/h dans ce cas nous la remarquons par la courbe de couleur noire, le régulateur donne la commande présenté par la courbe de couleur rouge, les valeurs de retour d'état indiquées à partir le capteur de débit montrées par la courbe de couleur bleu et la courbe vert montre le signal d'erreur de la commande.

### 3.8.6 L'arrêt du brûleur de four

L'arrêt du brûleur se produit dans deux cas :

#### 3.8.6.1 Cas d'arrêt normal

Dans ce cas on a donné l'ordre de l'arrêt (stop) à partir L'HMI comme suit :

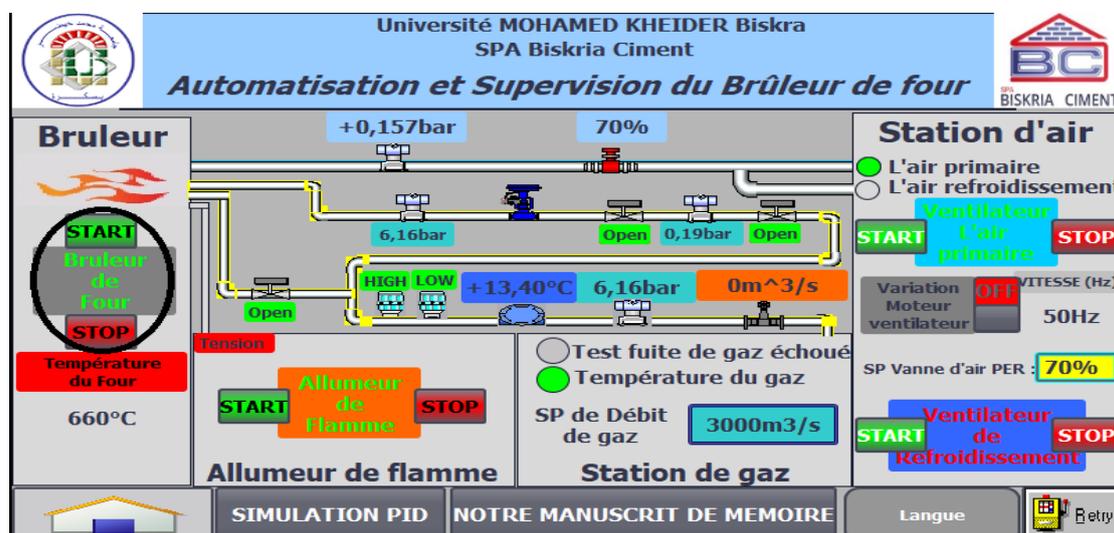


FIGURE 3.65 – L'ordre de la commande pour l'arrêt brûleur de four sur HMI.

Et le résultat est l'arrêt du brûleur avec le démarrage du refroidisseur :

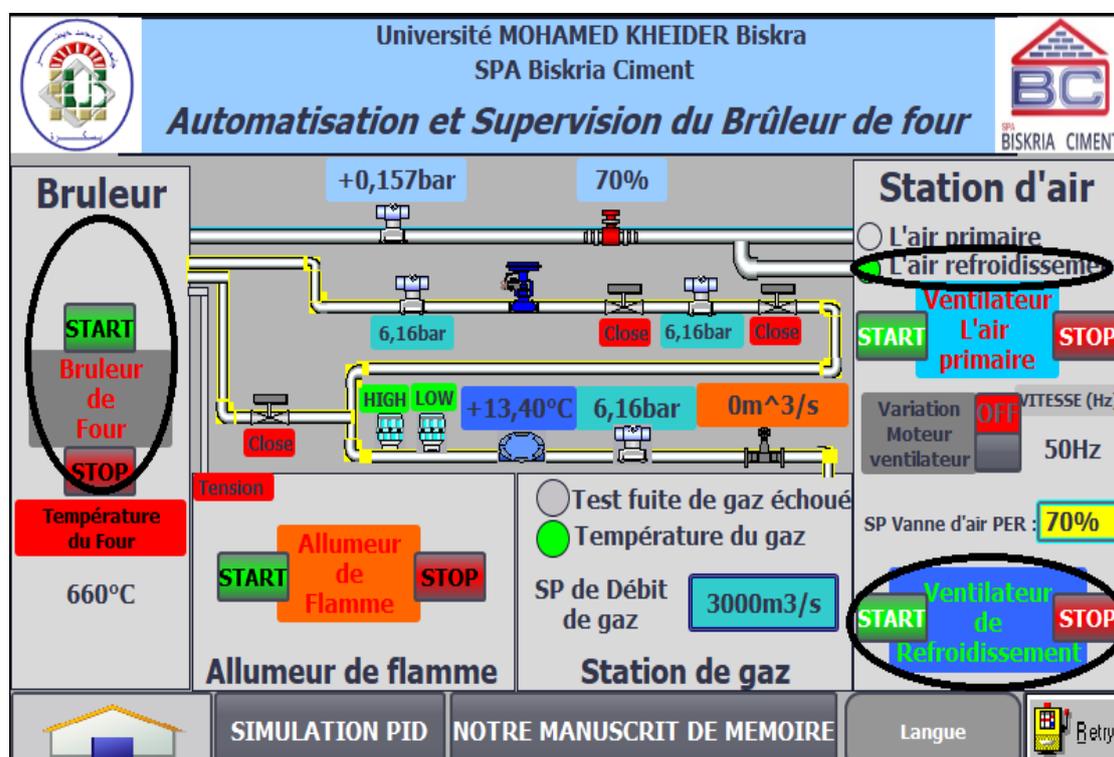


FIGURE 3.66 – Le résultat du commande pour l'arrêt brûleur de four.

### 3.8.6.2 Cas d'arrêt de défaut

L'arrêt de défaut se produit lorsque l'une des conditions est manquantes. Dans ce cas on va déforcer l'entrée (pression de gaz en haut) (Figure 3.67) et voir les résultats; (1) changement de couleur (HIGH) indique l'absence de l'entrée, (2) le brûleur est arrêté et (3) le ventilateur de refroidissement est démarré (Figure 3.68) :

bruleur de four					
	Nom	Adresse	Fo...	Val..	Bits
	"detecteur de flamme"	%I0.5	Bool	TR...	<input checked="" type="checkbox"/>
	"temperature de four en hot"	%M1.4	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"pression de gaz high"	%I0.6	..	FA...	<input type="checkbox"/>
	"pression de gaz low"	%I0.7	Bool	TR...	<input checked="" type="checkbox"/>
	"supp running"	%M0.7	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"boutton d'urgence"	%I0.0	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"test de gazok"	%M4.0	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"stop bruleur frm hmi"	%M4.4	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"statue de bruleur"	%M4.5	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"test de gazechoué"	%M4.6	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"ready bruleur"	%M4.7	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"Commande ouvert vanne gazaval"	%M3.5	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"fin de test de gaz"	%M6.0	Bool	FA...	<input type="checkbox"/>
	"debit de gazint"	%IW108	DE...	12...	<input type="checkbox"/>
	"pression de gazen marche int"	%IW102	DE...	20...	<input type="checkbox"/>
	"pression de gazde test int"	%IW100	DE...	30...	<input type="checkbox"/>
	"ready refroidisseur"	%I1.5	Bool	TR...	<input checked="" type="checkbox"/>
	"running refroi"	%I1.6	Bool	TR...	<input checked="" type="checkbox"/>

FIGURE 3.67 – Réduire l'une des conditions du démarrage de brûleur sur PLCSIM.

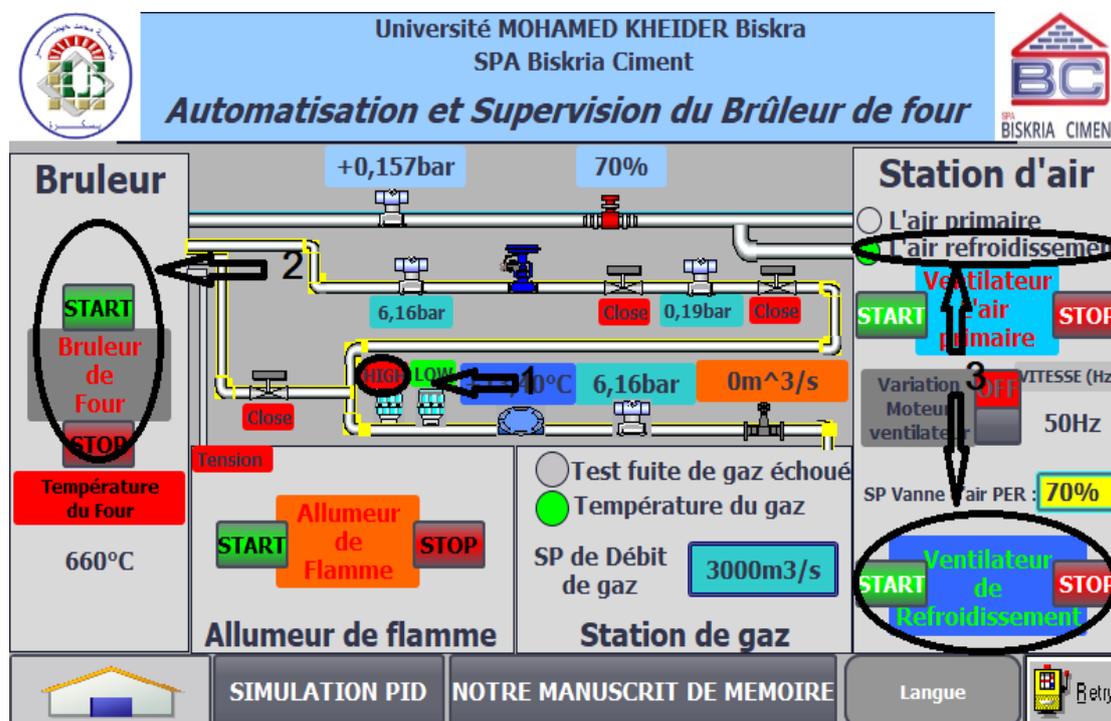


FIGURE 3.68 – Le résultat du commande pour l'arrêt de défaut du brûleur de four.

### 3.8.7 L'arrêt du refroidisseur

L'arrêt du refroidisseur se produit par un ordre d'arrêt (stop) sur l'HMI :

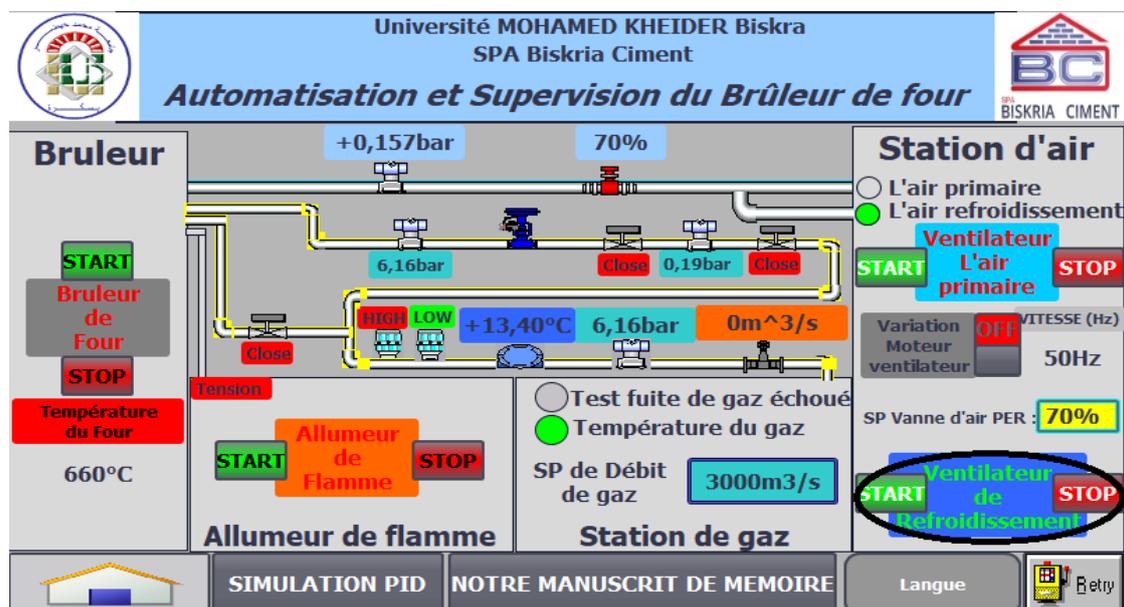


FIGURE 3.69 – L'ordre de commande pour l'arrêt du brûleur de four sur HMI.

Le résultat est l'arrêt du moteur de refroidissement :

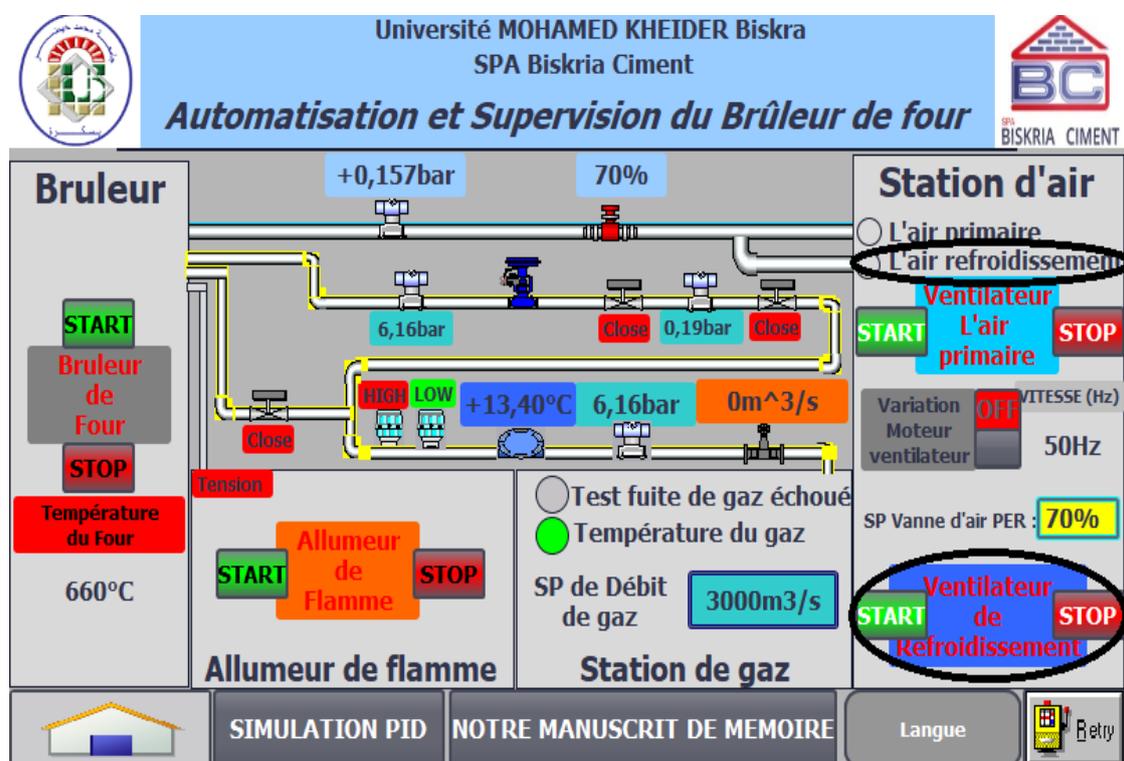


FIGURE 3.70 – Le résultat du commande pour l'arrêt du refroidisseur sur HMI.

### 3.9 Conclusion

Nous avons développé dans ce chapitre l'automatisation d'un processus industriel qui est la commande du brûleur de four. On a décrit notre système par un cahier de charges qui est converti en grafcet puis en un programme à travers le logiciel de programmation et conception TIA Portal, en créent une interface homme-machine (HMI) de supervision. En dernière partie, on a fait une simulation et supervision de notre système pour voir les résultats. Ceci nous a facilité le suivi et le contrôle de notre séquence en temps réel.

Les résultats obtenus étaient acceptables et au niveau requis qui nous permettra à l'avenir de mettre en œuvre notre travail sur le terrain avec quelques améliorations.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Notre projet de fin d'étude qui a été réalisée en grande partie dans l'entreprise SPA Biskria Ciment pour le but d'élaborer une solution de commande et de supervision afin d'améliorer le fonctionnement du brûleur de four. Pour cela, nous avons procédé selon les étapes suivantes :

- Après avoir présenté le lieu de stage et l'entreprise Biskria Ciment et faire une description générale sur le processus de fabrication de ciment, nous avons décrit une présentation théorique sur les systèmes automatisés.
- Ensuite nous avons fait une étude sur le système de commande du brûleur et les comportements de ce dernier pour réaliser son automatisation. Nous avons aussi présenté les outils nécessaires à la réalisation du projet.
- Nous avons créé les blocs fonctionnels par le langage LADDER et FBD sous TIA Portal pour réaliser le requis après avoir fait une description du cahier de charges du système.
- Dans la dernière étape, nous avons pu concevoir la supervision qui aidera l'opérateur à surveiller les conditions de fonctionnement du système et à répondre aux défaillances.

Ainsi, on a utilisé l'automate programmable industriel S7-1200, programmé avec le logiciel TIA Portal qui englobe un ensemble de logiciels tel que chaque logiciel avec sa fonctionnalité.

Ce travail nous a permis d'avoir une très bonne expérience et une nouvelle connaissance qui concerne la programmation des automates S7-1200, la simulation par PLC-SIM et la supervision par le logiciel WinCC.

Ce stage nous a été une expérience enrichissante et bénéfique parce qu'il nous a permis de consolider nos connaissances théoriques et pratiques, de nous confronter à la réalité professionnelle pour notre intégration future, et de développer le sens de la responsabilité en s'engageant dans un projet portant un intérêt pour l'entreprise.

A la fin nous souhaitons que ce travail, concernant l'automatisation avec la supervision soit un exemple aux futurs étudiants, qui vont sans doute l'améliorer et mettre en œuvre d'autres projets plus intéressants dans le domaine industriel d'automatisation.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] SPA Biskria Ciment, *Documents SPA Biskria Ciment*.
- [2] Groupe Amouri, *SPA Biskria Ciment* [En ligne].(2016) Disponible sur :<<http://www.groupe-amouri.com/fr/briqueterie/spa-ciment.htm>> (Consulté le 20/07/2020).
- [3] SPA Biskria Ciment, *Qui sommes-nous?* [En ligne].(2020) Disponible sur :<<http://biskriaciment-dz.com/QuiSommesNous.aspx>> (Consulté le 20/07/2020).
- [4] SPA Biskria Ciment, *Nos produits* [En ligne].(2020) Disponible sur :<<http://biskriaciment-dz.com/Nos-Produits.aspx>> (Consulté le 20/07/2020).
- [5] SPA Biskria Ciment, *Biskria Ciment SPA*, (févr 2018). [Carte] In : Google Maps. Disponible sur :<<https://bit.ly/3jkXjH3>> (Consulté le 20/07/2020).
- [6] ZOUÏ L,ZEMMOURI N. *Automatisation d'un circuit de traitement d'eau de refroidissement*. [En ligne]. LST de Génie Industriel. Département de Génie Industriel : Faculté des Sciences et Techniques de Fès, Soutenu le 11 Juin 2014, 44 p. Disponible sur :<<https://bit.ly/39eDBbw>> (Consulté le 20/07/2020).
- [7] J.-L. VIGNES. *Une vie de ciment : Expériences de chimie sur la mise en œuvre et les propriétés d'un matériau*. [En ligne]. In : *BULLETIN DE L'UNION DES PHYSICIENS*, B.U.P. n° 780 Cachan, Janvier 1996, 24 p. Disponible sur :<<https://bit.ly/30qKvGJ>> (Consulté le 20/07/2020).
- [8] TOUHAMI A. *Programmation de la séquence de concassage et de transport de la matière d'ajout au ciment par l'automate S7-300*. Mémoire de Master, Automatique et informatique industrielle. Biskra : Université Mohamed Khider Biskra, juillet 2019, 94 p.
- [9] BEN HAMZA M-F. *Etude et programmation du Bruleur d'un four commandé par S7-300*. Mémoire de Master, Automatique et informatique industrielle. Biskra : Université Mohamed Khider Biskra, juillet 2019, 91 p.
- [10] MAAKOUF S. *Etude et programmation du la machine MTF10 commandé par S7-300*. Mémoire de Master, Automatique et informatique industrielle. Biskra : Université Mohamed Khider Biskra, juillet 2019, 71 p.
- [11] JOSSIN C. *Buts de l'automatisation*. [En ligne], 4 p. Disponible sur :<<https://bit.ly/2Cxod4v>> (Consulté le 20/07/2020).

- [12] Jean-Dominique Mosser, Jean-Jacques Marchandea, Jacques Tanoh, *Sciences industrielles pour l'ingénieur*, Dunod, Paris, 2015.
- [13] TEBANE M, TEKFA F. *Automatisation d'une chaudière LOOS par un automate programmable S7-300 de complexe cevital*. Mémoire de Master, Automatisme industriel. Bejaia : Université Abderrahmane MIRA, 2012, 103 p.
- [14] CHIKHBAELHADJ B. *Automatisation et supervision d'une station de Thermolaquage par une automate S7-1200*. Mémoire de Master, Automatique. Boumerdes : Université M'hamed Bougara, Juin 2017, 97 p.
- [15] WIKA, *Qu'est-ce qu'un transmetteur de pression ?* [En ligne].(2020) Disponible sur :<<https://blog.wika.fr/produits/produits-pression/quest-ce-un-transmetteur-de-pression/>> (Consulté le 23/07/2020).
- [16] Endress+Hauser, *Capteur - transmetteur de pression absolue et relative Cerabar PMP71*. [Carte] [In :] Endress+Hauser. Disponible sur :<<https://bit.ly/2CGgACu>> (Consulté le 23/07/2020).
- [17] Omega, *Débitmètre* [En ligne].(2003) Disponible sur :<<https://bit.ly/3jBKMd>> (Consulté le 23/07/2020).
- [18] Wikipédia, *Sonde de température* [En ligne].(Modifié le 6 mars 2017) Disponible sur :<[https://fr.wikipedia.org/wiki/Sonde\\_de\\_température](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sonde_de_température)> (Consulté le 23/07/2020).
- [19] Endress+Hauser, *TEC420 Thermocouple*. [Carte] [In :] Endress+Hauser. Disponible sur :<<https://bit.ly/2ZRLTY>> (Consulté le 23/07/2020).
- [20] VIRTUALEXPO Group, *Codeur rotatif incrémental C50*. [Carte] [In :] Direct Industry. Disponible sur :<<https://bit.ly/2E8eImd>> (Consulté le 23/07/2020).
- [21] VIRTUALEXPO Group, *Codeur rotatif pour feedback moteur EDS/EDM35 series*. [Carte] [In :] Direct Industry. Disponible sur :<<https://bit.ly/3eVYb1E>> (Consulté le 23/07/2020).
- [22] HOARAU, Philippe. *Distribuer l'énergie*. Cours, 7p.
- [23] Maroc Automate, *Distributeur pneumatique 3/2 1/4 NF 24 VDC, XCPC MAROC*. [Carte] [In :] Maroc Automate. Disponible sur :<<https://bit.ly/3eOnpPq>> (Consulté le 23/07/2020).
- [24] ManoMano, *Le contacteur de Siemens Pôle 3*. [Carte] [In :] ManoMano. Disponible sur :<<https://bit.ly/32K2n25>> (Consulté le 23/07/2020).
- [25] Wikipédia, *Servomoteur* [En ligne].(Modifié le 1 mai 2020) Disponible sur :<<https://fr.wikipedia.org/wiki/Servomoteur>> (Consulté le 23/07/2020).
- [26] EL-OGRI L. *Etude de la chambre à combustion FIVES PILLARD et proposition des solutions d'amélioration*. Mémoire de Master, Electronique, Signaux et Systèmes Automatisés. Fès : Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 2018, 101 p.
- [27] SIEMENS, *SIMATIC S7-1200 Easy Book Manuel* 2015.
- [28] BELERHMI K. *Automatisation et supervision du système de station d'huile par l'Automate siemens S7-1200 (Biskria cimenterie)*. Mémoire de Master, Automatique et informatique industrielle. Biskra : Université Mohamed Khider de Biskra, 2019, 98 p.