

N° Ordre/FHC/UMBB/2023

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie
Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

Présenté par

Merbai Yassine

Filière : Hydrocarbures

Option : Automatisation des procédés industriels : Commande automatique

Thème

**Automation d'un four de traitement du GPL par un
automate industriel et supervision- Siemens S7-400**

Devant le jury :

BOUMEDINE Moh Said	MCA	UMBB	Encadreur
KHEBLI Abdelmalek	MCB	UMBB	Examineur
AGUIB Salah	Pr	UMBB	Président

Année universitaire 2022/2023

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Département : Automatisation et Electrification des procédés

Filière : Hydrocarbures

Option : Automatisation des procédés industriels : Commande automatique

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

Thème

**Automation d'un four de traitement du GPL par un
automate industriel et supervision- Siemens S7-400**

Présenté par :
Merbai Yassine

Avis favorable de l'encadreur :

Signature

Boumedine Moh Said

Avis favorable du Président du jury

Nom Prénom

Signature

Cachet et signature

REMERCIEMENTS

Toute la gratitude et le merci à mon dieu qui m'a donné la force et la patience pour terminer ce travail.

Mes vifs remerciements vont à mes parents qui ont participé à mon soutien tout au long de la période de préparation de ce mémoire.

Je remercie profondément mon encadreur Ms Boumedine Moh Said, pour son aide et sa contribution tout au long de l'élaboration de ce travail.

Je tiens à remercier tous les membres de jury qui m'ont fait honneur en jugeant ce travail.

Je présente toutes mes expressions de remerciement et ma profonde gratitude à tout l'ensemble du personnel du complexe GP2/Z surtout celui des ateliers instrumentation, service SNCC pour leur orientation et suivie.

Un grand merci à tous ceux qui m'ont soutenu pendant mes études.

Résumé

Les deux Fours C et D sont des équipements stratégiques et qui occupent une place très importante dans notre complexe GP2/Z. Ils permettent la séparation du GPL dans les deux splitters, dans le but de produire le butane et le propane.

Pendant le processus de démarrage de ces deux fours, les opérateurs rencontrent plusieurs difficultés fréquentes, telles que la durée du démarrage et l'absence d'un pupitre local HMI.

Dans ce présent sujet de mémoire et pour but de résoudre ces anomalies, on présente une étude d'automatisation de démarrage par un automate siemens S7-400, cette étude comprend une description sur les instruments utilisés, la description fonctionnelle ainsi que l'élaboration de programme sous le logiciel STEP 7, avec une recommandation d'installer un pupitre local HMI au niveau de deux fours à l'aide du logiciel WinCC Flexible.

Abstract

Furnaces C and D are strategic pieces of equipment that play a very important role in our GP2/Z complex. They are used to separate the LPG in the two splitters, in order to produce butane and propane.

During the start-up process of these two furnaces, the operators frequently encounter a number of difficulties, such as the start-up time and the lack of a local HMI console.

In this thesis, with the aim of resolving these anomalies, we present a study of start-up automation using a Siemens S7-400 PLC. This study includes a description of the instruments used, the functional description and the development of a program using STEP 7 software, with a recommendation to install a local HMI console on two furnaces using WinCC Flexible software.

ملخص

الأفران C و D هي قطع استراتيجية من المعدات التي تلعب دورًا مهمًا للغاية في مجمعنا GP2/Z. يتم استخدامها لفصل غاز البترول المسال في عمودي الفصل، من أجل إنتاج البوتان والبروبان.

خلال عملية بدء تشغيل هذين الفرنين، يواجه المشغلون في كثير من الأحيان عددًا من الصعوبات، مثل الوقت المستغرق لبدء التشغيل وعدم وجود وحدة تحكم HMI محلية.

في هذه الأطروحة، بهدف حل هذه الحالات الشاذة، نقدم دراسة عن أتمتة بدء التشغيل باستخدام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة Siemens S7-400. تتضمن هذه الدراسة وصفًا للأدوات المستخدمة، الوصف الوظيفي وتطوير برنامج باستخدام برنامج STEP 7، مع توصية بتثبيت وحدة تحكم HMI محلية على فرنين باستخدام برنامج WinCC Flexible.

Mots clés: Four, API, GPL, Step 7, HMI, Automatisation,

Sommaire

Introduction générale

CHAPITRE I : Description process

I.1. Introduction	1
I.2. Présentation du Complexe GP2/Z [2].....	1
I-2-1- Introduction	1
I.2.2. Historique du complexe.....	2
I.2.3. Principales installations de l'unité.....	3
I.3. Les utilités du procédé.....	3
I.4. Description process.....	4
I.4.1. Stockage Tampon	4
I.4.2. Section de détente et de déshydratation.....	4
I.4.3. Section de séparation	5
I.4.3.1. Les colonnes de séparation	5
I.4.3.2. Les rebouilleurs	6
I.4.3.2.1. Le circuit d'huile chaude	6
I.4.3.3. Le ballon de reflux.....	7
I.4.4. La section de réfrigération.....	7
I.4.5. La section de stockage et de chargement.....	8
I.4.6. Section de récupération des gaz évaporés (BOG) : "Boil –Off -Gaz"	8
I.5. Conclusion	10

CHAPITRE II : Description des fours du complexe

II.1. Introduction	11
II.2. Généralités sur les fours industriels	11

II.2.1. Définition d'un four	11
II.2.2. Classification des fours	12
II.2.2.1. Fours continus et fours discontinus	12
II.2.2.2 Chauffage direct et chauffage indirect	12
II.2.2.3 Fours à haute et à basse température	13
II.2.2.4 Combustibles	13
II.2.2.5 Par construction	13
II.2.3 Constituants des fours	15
II.2.4. Critère de choix d'un four	16
II.3. Les fours d'huile du complexe GP2Z	17
II.3.1 Description des Fours	18
II.3.2 Les caractéristiques technique des deux fours	18
II.3.3. Principe de fonctionnement.....	19
II.3.3.1 Circuit de caloporteur	20
II-4 Conclusion	21

CHAPITRE III : Description des capteurs et actionneurs

III.1 Introduction	22
III.2. Les capteurs	22
III.2.1. Définition	22
III.2.2. Types de capteurs	23
III.2.3. Le transmetteur	24
III.3. Description des Capteurs et transmetteurs au niveau de four	25
III.3.1. Mesure de température	25
III.3.1.1. Le transmetteur de température.....	25

III.3.1.2. Le thermocouple	25
III.3.1.2. Capteur logique de température	26
III.3.2. Mesure de pression.....	26
III.3.2.1. Le transmetteur de pression	26
III.3.2.2. Le capteur de pression différentielle	26
III.3.2.3. Le manomètre	26
III.3.2.4. Capteur de pression de sécurité.....	27
III.3.3. Les détecteurs de flamme.....	27
III.3.4. Les détecteurs de fin de course	28
III.3.5. Les boutons poussoirs	28
III.3.6. Bouton d'arrêt d'urgence	28
III.4 Liste complète des capteurs au niveau de deux fours	29
III.5. Les actionneurs	32
III.5.1. Définition	32
III.5.2. Description des actionneurs utilisés dans les fours	32
III.5.2.1. Les vannes	32
III.5.3 Liste des actionneurs	34
III.6. Conclusion	35

CHAPITRE IV : Description fonctionnelle et l'automate existant

IV.1. Introduction	36
IV2 Description fonctionnelle des séquences de démarrage	36
IV21. Logique de fonctionnement des deux fours	36
IV22 Les séquences de démarrage de deux fours	36
IV221. Définition	36

IV222	Description des circuits d'allumage	37
IV23.	Les séquences de démarrage des fours de complexe	38
IV3.	Les automates programmables industriels API	42
IV31.	Introduction	42
IV32	Définition	42
IV33.	Architecteur des API	43
IV33.1.	Aspect extérieur	43
IV332	Structure d'un système complet	43
IV33.	Aspect interne d'un API	44
IV34.	Principe de fonctionnement ou le cycle de l'API.....	46
IV35.	Langage de programmation.....	46
IV36	Choix d'un API.....	47
IV4.	L'automate programmable Siemens S7-400	48
IV41.	Introduction	48
IV42	Présentation	48
IV43.	Les caractéristiques du S7-400	49
IV44.	Les différents composants du S7-400	50
IV45.	Les principaux avantages de S7-400	52
IV5.	Conclusion.....	53
 CHAPITRE V : Développement software		
V.1.	Introduction	54
V2.	Présentation de SIMATIC Manager Step7	54
V21.	Introduction	54
V22	SIMATIC STEP7	54

V23. Langages de programmation	55
V24. Les blocs d'utilisateurs	56
V.2.6. Création des Mnémoniques sous STEP 7.....	56
V.2.5. Cycle automate.....	57
V.2.7. Simulateur des programmes S7-PLCSIM.....	57
V3. Procédure de la réalisation de programme	58
V3.1. Introduction	58
V3.2 Développement software	58
V3.2.1. Création du projet dans SIMATIC Manager.....	58
V3.2.2 Configuration matérielle	59
V-3-2-3. Création de table mnémonique.....	60
V.3.2.4 Les blocs de programmation.....	61
V.3.2.5. Elaboration de programme de démarrage des fours.....	61
V.4 Conclusion.....	70

CHAPITRE VI : Supervision HMI

VI.1. Introduction.....	71
VI.2. Choix du fournisseur	72
VI.3. Pourquoi WINCC Flexible	72
VI.4. Généralités sur WinCC Flexible	72
VI.4.1 Définition	72
VI.4.2 Les systèmes d'automatisation avec WinCC flexible	72
VI.4.3. La communication	74
VI.4.3.1. Réseaux de terrain	74
VI.5. La procédure de réalisation	75

VI.5.1. Les étapes de réalisation	75
VI.4.2. Les vues créées sous le pupitre	83
VI.5. Réalisation et cout de l'opération	87
IV.6. Conclusion	88

Conclusion générale

Liste des figures

Figure 1.1 : vue générale de complexe GP2/Z	1
Figure 1.2 : Unité de déshydratation	5
Figure 1.3 : Colonne de distillation sur site	6
Figure 1.4 : Schéma général d'une colonne de distillation	6
Figure 1.5 : Rebouilleur sur site.....	6
Figure 1.6 : Rebouilleur de type KETTLE	6
Figure 1.7 : Ballon de reflux sur site.....	7
Figure 1.8 : Schéma générale de process GP2Z	9
Figure 2.1 : les fours verticaux	13
Figure 2.2 : Les fours cabines à bruleurs sur les parois	14
Figure 2.3 : Les fours dits cabine à tubes horizontaux	14
Figure 2.4 : Les constituants d'un four	16
Figure 2.5 : Les fours de complexe GP2Z	17
Figure 2.6 : Circuit d'huile avec le rôle des fours	20
Figure 3.1 : Constitution d'un capteur	23
Figure 3.2 : Le thermocouple et ses composantes	25
Figure 3.3 Le transmetteur de température sur site (TE+TT)	25
Figure 3.4 : Transmetteur de pression	26
Figure 3.5 : Manomètre sur site	26
Figure 3.6 : PSSL sur site	27
Figure 3.7 : Détecteur de flamme sur site (BE)	27
Figure 3.8 : Panneau local sur site	28
Figure 3.9 : Illustration d'une électrovanne sur site	32

Figure 3.10 : Vanne régulatrice sur site	33
Figure 4.1 : Circuit pilotes sur site	37
Figure 4.2 : Circuit brûleurs sur site	38
Figure 4.3 : Panneau local four D sur site	40
Figure 4.4 : Panneau local de four C sur site	41
Figure 4.5 : Vue de four D, salle de contrôle	41
Figure 4.6 : API type compact	43
Figure 4.7 : L'environnement d'un API.....	43
Figure 4.8 : Structure interne d'un API.....	44
Figure 4.9 : Automate siemens S7-400	48
Figure 4.10 : Les différents composants de S7-400	52
Figure 5.1 : Illustration des divers types de langues de programmation	55
Figure 5.2 : Cycle automate	57
Figure 5.3 : Assistant de step 7	58
Figure 5.4 : Espace de travail après création de projet	58
Figure 5.5 : Configuration matérielle	59
Figure 5.6 : Configuration Matérielle avec les références et les adressages	60
Figure 5.7 : Table mnémonique.....	61
Figure 5.8 : le bloc de donnée DB50 correspond au pilote 401	66
Figure 6.1 : Espace de configuration de type de pupitre	75
Figure 6.2 : Le pupitre choisisse et l'espace de travail	76
Figure 6.3 : Création des vues : ici vue des bruleurs	78
Figure 6.4 : Les touches configurés et le vue des pilotes	78
Figure 6.5 : Les touches de bascule entre les deux fours	79

Figure 6.6 : La liaison entre HMI et PLC	79
Figure 6.7 : La communication entre PLC et le pupitre	80
Figure 6.8 : Configuration de nœud DP	80
Figure 6.9 : Intégration sous Step7	81
Figure 6.10 : Simulateur de Step7	82
Figure 6.11 : Démarrage de Runtime WinCC	82
Figure 6.12 : Vue de Runtime.....	82
Figure 6.13 : Vue HOME.....	83
Figure 6.14 : Vue pilotes.....	83
Figure 6.15 : Vue vannes bruleurs.....	84
Figure 6.16 : Vue bruleurs.....	84
Figure 6.17 : Vue avertisseurs lumineux.....	85
Figure 6.18 : Vue séquence 1 ‘ Autorisation démarrage de four et purge’	85
Figure 6.19 : Vue séquence 2 ‘ Autorisation et allumage pilotes’	86
Figure 6.20 : Vue Séquence 3 ‘Autorisation et allumage bruleurs’	86

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Les caractéristiques techniques des fours	18
Tableau 3.1 : liste des thermocouples [TE]	29
Tableau 3.2 : Liste des transmetteurs de température [TT]	29
Tableau 3.3 : Liste des contacteurs de température [TSH]	30
Tableau 3.4 : Liste des transmetteurs de pression [PT]	30
Tableau 3.5 : Liste des contacteurs de pression [PSLL/PSHH]	30
Tableau 3.6 : Liste des Manomètres [PG]	31
Tableau 3.7 : Liste des détecteurs : [BE] [ZSH/ZSL] [HS]	31
Tableau 3.8 : Liste des Vannes installées sur site	34
Tableau 4.1 : Les caractéristiques de l'API S7-400	49
Tableau 5.1 : Les blocs d'utilisateurs	56
Tableau 6.1 : Les instruments et leurs états de marche	77

Introduction générale

Le marché du pétrole et du gaz est de plus en plus compétitif, et la tendance actuelle consiste à fournir des produits de haute qualité tout en assurant la sécurité du personnel, des équipements et de l'environnement. En conséquence, la demande en hydrocarbures ne cesse de croître, ce qui pousse les producteurs à améliorer considérablement leurs performances afin de satisfaire tous leurs clients.

Au cours de mon stage en Mars 2023, j'ai eu l'opportunité de découvrir l'un des équipements les plus stratégiques du complexe GP2/Z, à savoir les deux fours d'huile C et D. Lors de notre étude sur ces deux fours, nous avons constaté certaines difficultés lors du processus de démarrage, bien que celles-ci ne soient pas aussi complexes qu'elles le paraissent actuellement.

Problématique

La commande existante pour la conduite et sécurité four est réalisé par des automates de types Triconex. Vu que ces automates sont vieillissants ; En outre le système de supervision HMI n'est pas réalisé pour la conduite de ce procédé. SONATRACH tend à les changer par une commande à base d'API S7-400.

Solution Projetée

La commande projetée dans le cadre de cette étude sera réalisée par un API S7/400 qui va supplée la commande existante, afin de pallier aux contraintes pertinentes qui contravenent la bonne marche des fours C et D utiles aux bons fonctionnement des systèmes de traitement gaz « GPL ».

Contraintes soulevées

Parmi les anomalies rencontrées lors du démarrage, on a recensé les aléas suivants :

- L'opérateur sur site chargé du démarrage des fours doit simplement suivre les instructions de l'opérateur de la salle de contrôle, qui pilote le démarrage à distance.
- Cet opérateur est relié à la salle de contrôle par une communication radio VHF, et il ne dispose d'aucune information locale sur le déroulement du démarrage.
- L'opérateur de la salle de contrôle se consacre exclusivement au démarrage, alors qu'il a d'autres tâches plus importantes à accomplir.

Introduction générale

- Le temps alloué au démarrage est excessivement long pour une opération aussi simple.
- Plusieurs anomalies se produisent, par exemple, une mauvaise détection de la flamme du pilote, qui nécessite une intervention d'urgence de l'équipe de maintenance. Cette équipe est également pilotée depuis la salle de contrôle, sans avoir d'informations locales, ce qui entraîne une augmentation du nombre d'intervenants, ce qui est excessif pour un démarrage aussi simple.

Toutes ces anomalies surviennent à chaque démarrage et à chaque arrêt normal des deux fours du complexe.

Objectif

Dans cette optique, cette étude vise à présenter une étude d'automatisation approfondie du processus de démarrage des fours en utilisant un automate Siemens S7-400. De plus, une proposition et étendue de l'étude seront alloués à la mise en place d'un pupitre local de visualisation HMI au niveau des deux fours d'huile afin de résoudre les difficultés rencontrées lors des opérations de lancement et mis en marche des fours.

La réalisation de cette étude a été subdivisée en six chapitre :

- **Le premier chapitre** : est dédié à la présentation de complexe GP2Z ainsi que la description de son process et les différentes unités.
- **Le deuxième chapitre** : est consacré pour une description général des fours industriels, notamment, leur rôle, fonctionnement et ses caractéristiques.
- **Le troisième chapitre** : est dédié à la présentation de l'instrumentation installé aux deux fours.
- **Le quatrième chapitre** : aborde d'une part la description fonctionnelle de la commande séquentielle de démarrage de deux fours, et d'autre part la description détaillée sur l'API préconisé à base de S7-400
- **Le cinquième chapitre** : est dédié au développement du logiciel de programmation SIMATIC STEP 7 pour la commande de démarrage / arrêt de deux fours.
- **Le sixième chapitre** : est dédié à la supervision HMI et sur insertion d'une pupitre local type MP270 au niveau des deux fours.

Introduction générale

Cette étude couvre d'une manière complète les différents aspects liés à l'automatisation et à l'amélioration du processus de démarrage des fours, en fournissant des informations détaillées sur le complexe, les fours eux-mêmes, les capteurs et actionneurs, la commande séquentielle, la programmation, ainsi que la configuration et la supervision HMI.

CHAPITRE I

Description process

I.1. Introduction

L'industrie pétrolière et gazière joue un rôle majeur dans l'économie mondiale. L'utilisation de Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL) est de plus en plus populaire en raison de sa commodité de transport et de son efficacité énergétique. Le GPL est considéré comme étant un mélange de gaz liquéfiés. Il est constitué essentiellement de propane et de butane en des proportions différentes selon la nature des gisements du pétrole traité. La composition moyenne en général des GPL algériens se situe autour de 60% de propane et 40% de butane (dépendant de la provenance des GPL) avec des traces d'eau. Ce dernier produit dans les unités du sud notamment à HASSI MESSAOUD et HASSI RMEL. Cet hydrocarbure constitue une source d'énergie, est transporté à l'aide d'un oléoduc d'une longueur de l'ordre de 900 Km. [1]

Dans ce chapitre, nous allons présenter le complexe GP2/Z, l'un des deux complexes de séparation GPL, et explorer son processus pour produire des produits finis C3 et C4.

I.2. Présentation du Complexe GP2/Z [2]

I-2-1- Introduction

Le complexe GP2/Z (Fig 1.1) est l'un des deux complexes de séparation de GPL pour la production du propane et du butane commerciaux, de la division liquéfaction de la branche LQS aval (ex LTH). Situé à Arzew sur une superficie de 28 hectares, est implanté sur le plateau de l'ancienne plage « les sablettes » entre GL4-Z (la Kamel) au nord/ouest et l'AMONIAC au sud/est. Il est situé à environ 4 Km de la ville d'ARZEW.

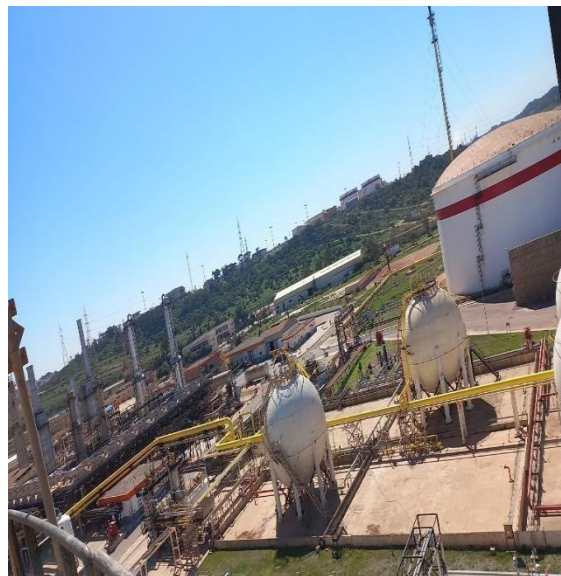


Figure 1.1 : vue générale de complexe GP2/Z

Ce complexe a été construit par la société anglaise C.J.B (Constructor John Brown) et mis en service en 17 mars 1973. Il comporte deux trains (semi-modulaires) et un autre nouveau train en arrêt, utilisant le procédé de distillation sous pression pour produire du propane et du butane. Construite à l'origine pour traiter une charge composée d'un mélange GPL/condensât.

I.2.2. Historique du complexe

Le complexe GP2/Z a passé par plusieurs phases afin de s'adapter avec le marché mondial.

- En 1973 : Démarrage de l'usine pour le traitement d'une capacité de 4 millions de tonnes par an de mélange de GPL/ Condensât.
- En 1984 : Arrêt de l'usine au mois de Juillet suite à la mise en service des unités de stabilisation des condensât au niveau des champs du sud et au démarrage de GP1/Z.
- En 1990 : Redémarrage de l'usine au mois de novembre pour le traitement du GPL seul après modification du procédé pour une capacité de 0.6 millions de tonnes par an.
- En 1993 : La direction d'engineering prend en charge la rénovation et le développement du complexe pour arriver à une production de 1,2 millions de tonnes par an.
- En 1996 : Augmentation de la capacité de traitement de l'usine à 1,2 millions de tonnes par an.
- En 2000 : Le complexe a connu, après la première phase d'augmentation de la capacité de 0,6 MTA à 1,2 MTA (objectif atteint en octobre 1996), une deuxième phase pour arriver à une capacité de traitement de 1,8 MTA. Cet objectif a été atteint en décembre 2000.
- En 2003 : Projet en vue de l'augmentation de la capacité de l'unité à 2,5 millions de tonnes par an, pour permettre au complexe d'être structurée en deux unités modulaires, chaque unité traitera 1,25 MTA.
- En 2005 : Prévision possible de 3,5 Millions de tonnes par an. La concrétisation des projets au sud a révélé un nouveau profil de charge qui n'est pas en adéquation avec les capacités de séparation existantes au nord. Pour être prêt à recevoir ces charges en 2005, le complexe a proposé un nouveau projet d'extension qui allait porter sa production à 3,5 MTA. Ce projet sera concrétisé par la construction de 02 nouveaux bacs de stockage, d'une capacité de 70.000 m³ chacun et la réhabilitation des anciennes colonnes.
- En 2007 : le complexe GP2/Z a subi quelques modifications suite au projet de rénovation fait par les IHI (société japonaise), afin de sécuriser le complexe GP2/Z tout en maintenant la production à 1.3 MT/a.

- En 2009 : Certification ISO 9001/2008 et l'ISO 14001/2004.

I.2.3. Principales installations de l'unité

Le complexe GP2Z est constitué par les installations suivants :

- Un bac de stockage de propane réfrigéré de 70 000m³.
- Un bac de stockage de butane réfrigéré de 70 000m³.
- Quatre sphères pour le stockage Tampon de GPL, et deux autres pour le butane ambiant.
- Un réservoir d'eau incendie de 35 000 m³ avec pompes.
- Une section de déshydratation du GPL.
- Quatre colonnes de séparation de GPL.
- Deux trains de séparation.
- Une section de réfrigération.
- Trois compresseurs de Boil-off.
- Une salle de contrôle DCS.
- **Deux fours** d'huile qui seront l'objet de notre travail.

I.3. Les utilités du procédé

Ils s'agissent de :

- Le méthanol : utilisé pour liquéfier le produit (Propane, Butane) en cas de gel.
- Le GPL : la charge GPL est composée en grande partie de propane et butane et d'un faible taux de méthane, éthane. Il provient du sud via RTO.
- Le fuel gaz : souvent de type GNL, utilisé comme combustible dans le four, les chambres de combustion de la turbine et les torches. Il est utilisé notamment dans les bacs et les sphères pour maintenir la pression constante à l'intérieur.

I.4. Description process [2]

La charge GPL provenant des champs du sud Algérien est transportée par RTO jusqu'à l'unité avec une pression de 24 bars et une température ambiante, en suite cette charge sera détendue pour abaisser la pression jusqu'à 12 bars à l'aide d'une vanne de détente et filtré des impuretés (sables, l'eau libre ...) par un coalesceur ; une partie de cette charge est stockée dans deux sphères de 1200 m³ chacune (stockage tampon).

Une autre partie va vers la section de déshydratation pour être démunie de l'eau qu'elle contient puis passe dans la section de séparation. La séparation se fait dans les colonnes de séparation où le C1 (Méthane) et le C2 (Ethane) en quantités négligeables étant légers sont récupérés à la tête de la colonne pour être ensuite évacués vers la ligne torchère ; le C3 (Propane) et le C4 (Butane) étant plus lourds sont récupérés du fond de la colonne.

Une partie du Butane ambiant va vers le stockage dans une sphère pour être expédiée vers la rampe de chargement de camion afin d'alimenter le marché national.

Le Propane ainsi que le Butane restants passent à la section réfrigération où ils sont réfrigérés à des températures respectives de -41°C et -17°C afin d'être liquéfiés et stockés à la pression atmosphérique dans les bacs de stockage pour alimenter ensuite le marché international par voie navale à travers les bras de chargement des navires sur les jetées. (Fig. 1.8)

I.4.1. Stockage Tampon

Utilisé comme stock de sécurité dans le cas où RTO aura des problèmes au niveau des stations de pompage. Il se fait au niveau des sphères 420/6105/A/B.

I.4.2. Section de détente et de déshydratation

A ce stade, le GPL se détend de 22 bars au niveau de la sphère 420/6105A d'une capacité de 1220 m³.

Le GPL contenant des molécules d'eau, une grande quantité de ces dernières est éliminée par le coaliser 440/6203. Notons bien que tout ceci se fait grâce aux pompes de charge 425/6205 A/B/C qui aspirent la charge GPL de la sphère via le coaliser sous une pression de 20/23 bar maintenue.

L'unité de déshydratation (Fig. 1.2) est constituée de deux colonnes de forme cylindrique 440/6202 contenant des lits de tamis moléculaire reposant sur des supports ; afin d'atteindre une teneur d'eau inférieure à 5ppm. Les déshydratants fonctionnent en alternance ; l'un en service l'autre en génération qui dure opérationnellement 36heures tout en respectant des séquences bien déterminées.



Figure 1.2 : Unité de déshydratation

Il faut savoir qu'en cas de saturation des tamis, on effectue une régénération par le fuel gaz.

I.4.3. Section de séparation

L'unité de séparation a été conçue pour séparer le mélange de la charge de GPL en propane commercial comme produit de tête de colonne, et en butane commercial comme produit de fond de colonne.

Avant d'arriver à la colonne de séparation, la charge GPL se trouve à une pression de 20,5 bars et passe par le préchauffeur A où elle est préchauffée par le butane venant du fond de la colonne.

La séparation du GPL est assurée par deux trains A et B, dont chacun est composé essentiellement des éléments suivants : colonne, rebouilleur, ballon de reflux et les batteries d'aérocondenseurs.

I.4.3.1. Les colonnes de séparation

Il existe deux actuellement en service appelés splitters A et B (fig. 1.3) parfaitement identiques. Chaque colonne est composée de 46 plateaux dont 22 plateaux type vortex pour la section fractionnement et 24 plateaux de type super vrac pour la partie d'épuisement (Fig. 1.4). On notera que chaque colonne est recouverte par du calorifuge afin que la température ambiante n'affecte pas les conditions de séparation.

La colonne est alimentée par le GPL au niveau du 24eme plateau à partir du sommet sous une température bien définie



Figure 1.3 : Colonne de distillation sur site

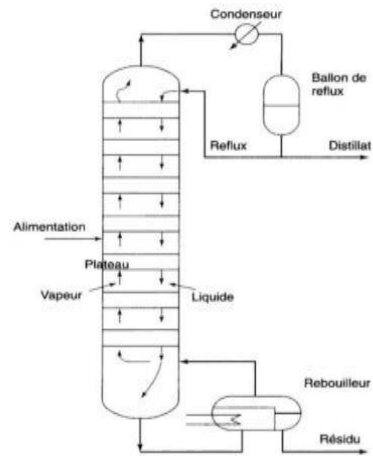


Figure 1.4 : Schéma général d'une colonne de distillation

I.4.3.2. Les rebouilleurs

Afin de maintenir une température adéquate au fond de la colonne pour pouvoir évaporer les gaz légers, on utilise un rebouilleur de préchauffage à l'huile au niveau de chaque train.

Une fois que le butane pénètre dans le rebouilleur il y a un échange thermique et le butane liquide est réinjecté au fond de la colonne.

I.4.3.2.1. Le circuit d'huile chaude

Elle contient Deux fours 401/6201 C et D afin de produire l'huile chaude nécessaire pour chauffer le butane à travers le rebouilleur 405/6224 (des deux trains A et B) Pour avoir une bonne séparation du GPL. (Voir fig. 1.5 et fig. 1.6)



Figure 1.5 : Rebouilleur sur site

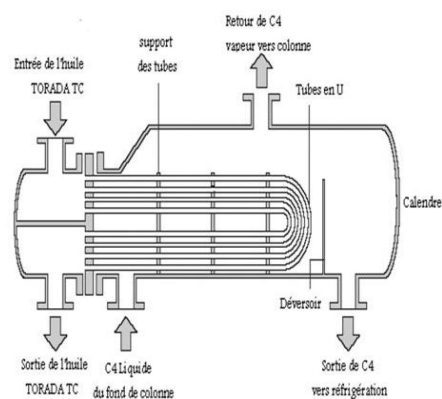


Figure 1.6 : Rebouilleur de type KETTLE

I.4.3.3. Le ballon de reflux

Pour maintenir une température nécessaire au sommet de la colonne et aussi au fond de la colonne (pour condenser les lourds) ; on utilise un ballon de reflux (Fig. 1.7). Au niveau de la sortie du ballon, une voie qui est contrôlé par un régulateur assure l'expédition du propane vers la section de réfrigération.



Figure 1.7 : Ballon de reflux sur site

I.4.4. La section de réfrigération

Cette section est composée essentiellement de 3 turbocompresseurs, de 5 chillers et des aérocondenseurs, cette zone est commune aux deux trains A et B.

❖ Les chillers

Les produits finis sont refroidis par une boucle de propane pur (propane réfrigérant) afin de pouvoir les stocker à basse température et à une pression atmosphérique. Le propane est refroidi graduellement en trois refroidisseurs : Primaire, secondaire et final correspondant respectivement aux ballons d'aspiration haute, moyenne et basse pression pour atteindre une température de -41°C .

Le butane est refroidi graduellement en deux refroidisseurs : primaire et secondaire correspondant respectivement aux ballons d'aspiration haute et moyenne pression. Le dernier stade « MP », le butane est refroidi à température de -10° à -14° .

❖ Les turbos compresseurs

Il y a trois turbos compresseurs de type S1 SULZER ayant respectivement les items 430/6201 A, 430/6201 B, 430/6201 C, dont deux fonctionnent en parallèle et le troisième en stand-by. Comprimer les vapeurs du C3 pure venant des ballons HP, MP et BP.

La turbine est formée de : turbine de charge, turbine de puissance et compresseur axial.

I.4.5. La section de stockage et de chargement

Les produits réfrigérés finis seront acheminés vers la zone de stockage composée d'un bac de propane et d'un bac de butane d'une capacité de 70000m³ chacun.

A partir de ces bacs les produits finis sont acheminés vers les quais de chargement navires à l'aide des motopompes.

I.4.6. Section de récupération des gaz évaporés (BOG) : "Boil –Off - Gaz"

Comme l'indique son nom boil off gaz " vapeur du gaz", son rôle est de récupérer les vapeurs des bacs de stockage 420/6104 et 420/6105, afin de les condenser puis les réinjecter par la suite dans les bacs.

Les vapeurs de C4 issues du bac de stockage 420/6105 sont comprimées par les compresseurs BOG YORK 430/6101A/B et entièrement condensées au niveau de condenseur (405/6103). Le butane liquide ainsi obtenu passe dans un séparateur 410/6108 et retourne sous contrôle au niveau de bac du butane (420/6105).

Similairement, les vapeurs de propane du bac de stockage 420/614 sont aspirées et comprimées par l'un des compresseurs de boil off COOPER 430/612E/D puis condensées par l'aérocondenseur 405/6104, ensuite elle traverse le chiller de propane de réfrigération 406/6102. Finalement ces dernières sont condensées dans le ballon 410/6102. Les liquides sont réinjectés dans le bac de stockage 420/6105 et les vapeurs C1, C2, et une trace de C3 alimente le four.

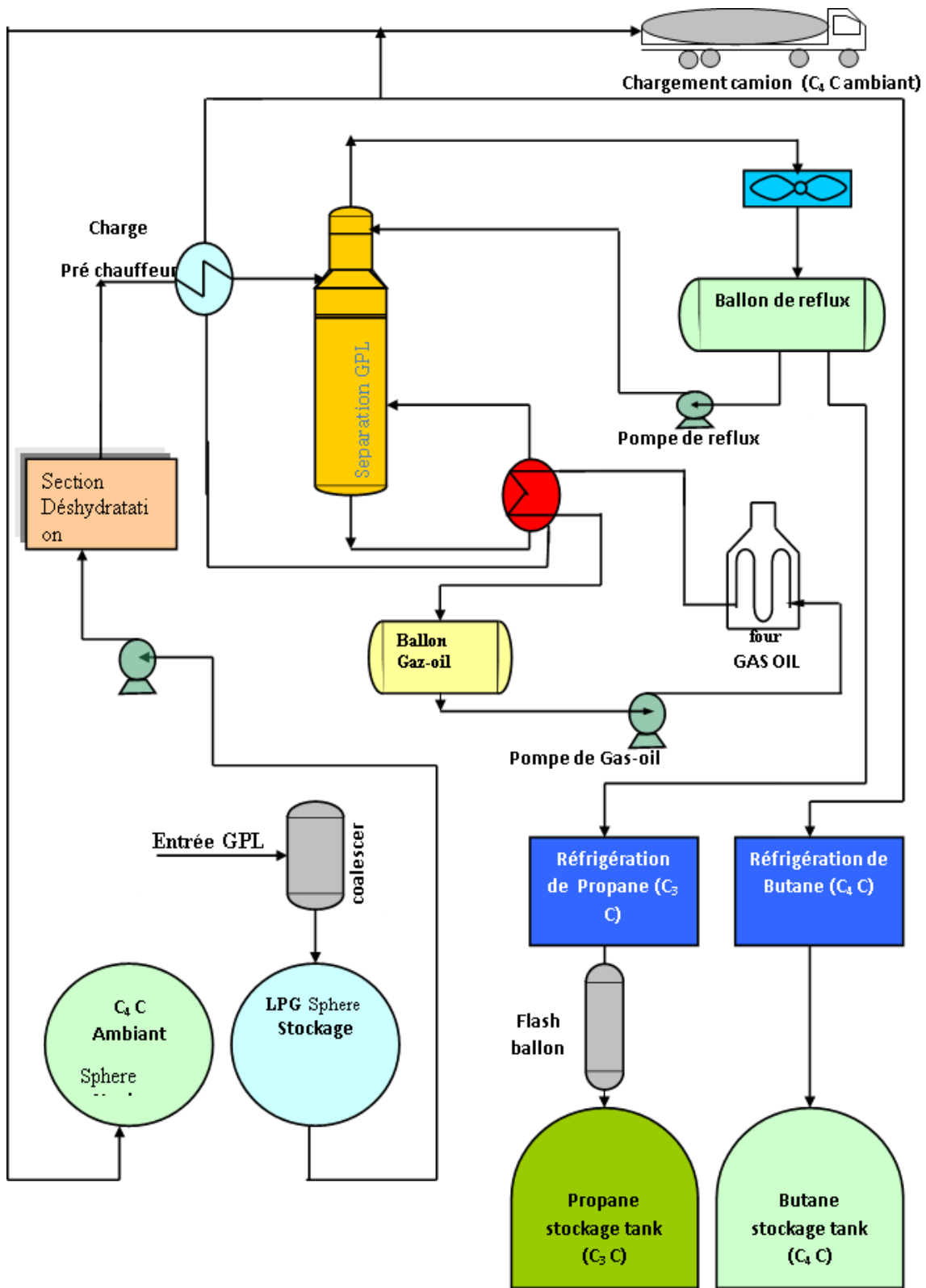


Figure 1.8 : Schéma générale de process GP2Z

I.5. Conclusion

Après avoir donné une présentation succincte sur le complexe SONATRACH GP2Z et son procédé de fonctionnement portant sur la production et la séparation de GPL, ce qui nécessite l'utilisation des équipements de traitements physico- chimique. Les transformations en produits fini nécessitent des traitements thermiques réalisés par des fours industriels dont les paramètres de conduites sont traités par des systèmes automatisés à base d'automate programmable.

CHAPITRE II

Description des fours
du complexe

II.1. Introduction

La grande majorité des opérations réalisées dans l'industrie de la pétrochimie utilise la température comme une des variables opératoires principales. En effet, que ce soit pour vaporiser une coupe d'hydrocarbures lors d'une distillation ou pour faire réagir certaines molécules à transformer, il est toujours nécessaire d'ajuster la température au niveau requis par l'opération à réaliser. Ainsi, les équipements qui permettent d'ajuster cette variable opératoire sont indispensables à différents nombreux points du procédé.

Pour réaliser tous ces ajustements, on dispose en général de deux types d'équipements :

- Les échangeurs de chaleur, qui permettent de récupérer au maximum l'énergie thermique contenue dans les divers flux du procédé et ainsi d'ajuster les niveaux de température en tous points des schémas de procédé.
- Les fours, qui produisent sous forme de chaleur à température élevée, la majorité de l'énergie requise par les diverses opérations de séparation.

La première partie de ce chapitre présente des généralités sur les fours de l'industrie pétrolière. Quant à la deuxième, elle est consacrée à la description des deux fours C et D, objet de notre étude.

II.2. Généralités sur les fours industriels [3]

II.2.1. Définition d'un four

Le four est une enceinte ou un équipement muni d'un système de chauffage puissant, qui cède la chaleur produite par la combustion pour transformer les produits en produits raffinés soit par exemple :

- Par le réchauffage d'acier avant la déformation plastique.
- Par fusion de fer ...
- Etc....

Les fours ont généralement de grandes dimensions et on les trouve dans un très grand nombre d'activité industrielle. Ce sont des équipements clefs dans l'industrie de transformation et grâce à leur conception on distingue suit des fours :

- De l'industrie sidérurgie ;

CHAPITRE II : Description des Fours du complexe

- De traitement thermique des métaux ;
- De raffinage et d'industrie chimique.

II.2.2. Classification des fours

La classification des fours se distingue par leurs fonctions :

- De la manutention des produits : fours continus et discontinus ;
- Du procédé de chauffage direct et indirect.
- Du niveau de température.
- Du combustible.
- Construction.

II.2.2.1. Fours continus et fours discontinus

C'est la manutention et la circulation du produit qui est ici le critère.

- a. **Fours continus** : Le produit à chauffer entre par une des extrémités et en ressort de l'autre côté. Ce sont des fours tunnels. C'est le cas :
 - i. Des fours à réchauffage de semi-produits ;
 - ii. Des fours de l'industrie chimique et du raffinage ;
 - iii. Des fours rotatifs de l'industrie cimentière
- b. **Fours discontinus** : Le produit à chauffer est immobile dans le four, il est chargé et déchargé au même endroit. C'est les cas :
 - i. Des fours à sole mobile de forge.
 - ii. Des fours à sole fixe de traitement thermique.
 - iii. Des fours à cloches mobiles et élévateurs.

Cette différence dans la manutention entraîne des différences notables du point de vue thermique. Dans un four continu, un point du four sera toujours (ou à peu près) à la même température ; dans un four discontinu la température en un point donné du four évoluera en fonction du cycle de chauffage que l'on veut faire subir au produit.

II.2.2.2 Chauffage direct et chauffage indirect

Comme le four est un outil utilisé pour élever la température d'un produit, cette dernière (manipulation) diffère entre chauffage direct et chauffage indirect :

- a. **Four à chauffage direct** : Il y a un contact issu de la combustion et les produits à chauffer. Du point de vue thermique, cela entraîne une partie du

CHAPITRE II : Description des Fours du complexe

transfert de la chaleur s'effectue par convection. Cette dernière provoque des phénomènes à la surface du produit qui peut lui être préjudiciables.

- b. **Four à chauffage indirect** : L'interaction entre les gaz de combustion et les produits n'existe plus. Par contre, il s'introduit une résistance supplémentaire au transfert de chaleur qui doit se faire par conduction à travers de la paroi protectrice, puis par rayonnement et éventuellement convection vers la charge. C'est le cas des fours à moufle et des fours équipés de brûleurs à tubes radiants.

II.2.2.3 Fours à haute et à basse température

La classification est ici plus arbitraire car une même température peut être considérée comme haut dans un type d'activité et basse dans une autre activité. Au-dessus de 1000°C , le transfert de chaleur se fait essentiellement par rayonnement. Au-dessous de 700°C , la part de la convection devient non négligeable et on cherchera à l'améliorer par mise en circulation des gaz autour du produit.

II.2.2.4 Combustibles

On peut également classer les fours en fonction de l'énergie utilisée, a en effet, un impact important sur la conception, l'utilisation et l'exploitation des fours. On trouvera dans le domaine des fours industriels, avec plus ou moins d'importance selon les activités, toutes les formes d'énergie par exemple : des fours électriques, des fours à gaz (naturel...), à combustible liquide....

II.2.2.5 Par construction [3][4]

Il existe une grande variété de fours qui diffèrent notamment par leur géométrie.

On mentionnera les types suivants :

a. **Les fours cylindriques verticaux (Fig. 2.1)**

La zone de radiation se présente sous la forme d'un cylindre à axe vertical. Les brûleurs sont placés sur la sole, à la base du cylindre. La surface d'échange couvre les parois verticales et présentes donc une symétrie circulaire par rapport au groupe de chauffage.

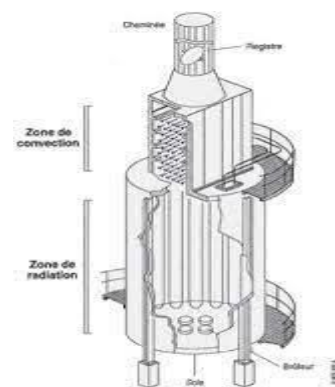


Figure 2.1 : les fours verticaux.

b. Fours cabines à bruleurs sur les parois

Certains procédés exigent un apport de chaleur intense au faisceau tubulaire et à un niveau de température élevé. Pour atteindre cet objectif il est nécessaire de répartir l'apport de chaleur sur toute la hauteur du four ce qui conduit à disposer des bruleurs sur toute la surface de la paroi, le faisceau tubulaire est alors situé dans le plan médian du four. *Fig. 2.2*

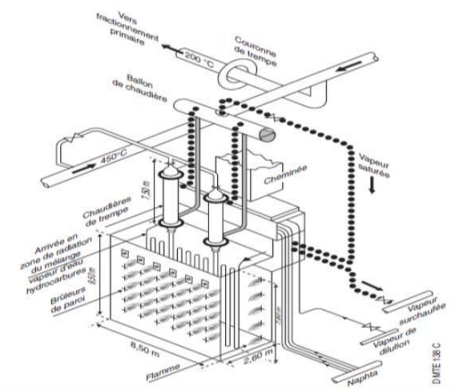


Figure 2.2 : Les fours cabines à bruleurs sur les parois.

c. Les fours dits (cabines) à tubes horizontaux

Dans ces fours, la forme générale de la zone de radiation est celle d'un parallélépipède, dans la plus grande longueur est horizontale. Les tubes sont placés horizontalement le long des parois latérales les plus longues. Dans ces fours, la forme générale de la zone de radiation est celle d'un parallélépipède. Les brûleurs sont situés sur la sole, la surface d'échange couvre les parois verticales latérales. Les brûleurs sont situés sur la sole, ou sur la partie inférieure des murs latéraux les plus longs, ou encore sur les murs d'extrémités ne recevant pas les tubes. *Figure 2.3.*

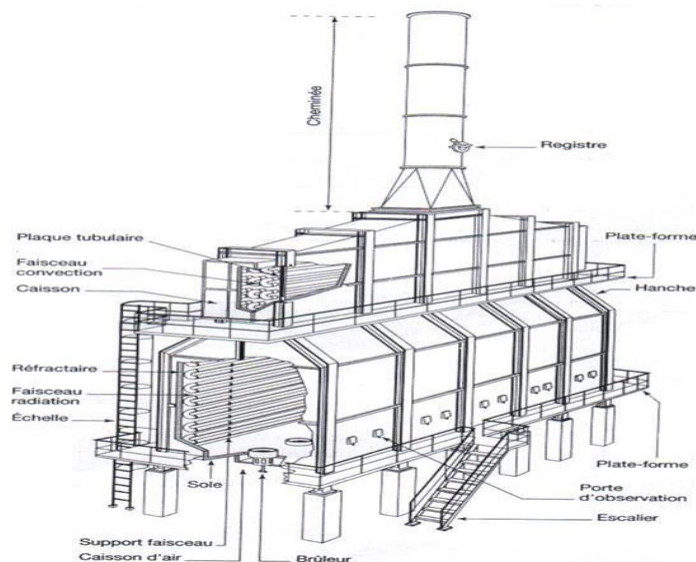


Figure 2.3 : Les fours dits cabine à tubes horizontaux

II.2.3 Constituants des fours [3][4]

D'une façon générale, les fours comportent les parties principales suivantes *Fig. 2.4*:

- i. **Zone de radiation** : Constituée essentiellement d'une chambre de combustion (C'est une enceinte capable de résister à de brusques changements de pression et de température dans laquelle on déclenche volontairement une combustion entre des substances chimiques déterminée.), dans laquelle des tubes sont disposés. Les tubes, non jointifs, sont reliés entre eux par des coudes.
- ii. **Zone de convection** : Afin de récupérer la chaleur sensible des fumées, ces dernières circulent à vitesse élevée à travers un faisceau de tubes, où l'échange s'effectue principalement par convection. Ces tubes peuvent être garnis d'aiguilles, afin d'augmenter la surface d'échange du côté des fumées.
- iii. **Zone d'évacuation** : la cheminée, elle est utilisée pour la bonne dispersion des gaz et des différentes matières particulaires en suspension dans une zone importante l'auteur de cette dernière augmente au fur et à mesure à l'augmentation de la dimension de four.
- iv. **Le brûleur** : Le brûleur est un élément indispensable dans le four vu à son rôle très important qui est fait pour fournir l'énergie thermique au four et à la charge et il prépare la mise en contact du combustible et du comburant ainsi qu'il provoque la circulation des gaz brûlés favorisant l'égalisation de température dans l'enceinte. Il existe plusieurs types de brûleurs qui dépendent de type de four et de combustible.
- v. **Le pilote** : Est une petite flamme qui brûle en permanence dans le four industriel pour allumer le brûleur principal.
- vi. **Le caisson** : Le four est constitué d'une enveloppe métallique de formes divers, souvent parallélépipède métallique, étanche et calorifugée constituant la chambre de chauffe.
- vii. **Réfractaire et isolants** : Ce sont des matériaux ou des substances qui montre une très grande résistance à la haute température et qui ne produira aucune réaction chimique avec les autres matériaux qui se trouvent à ses proximités.

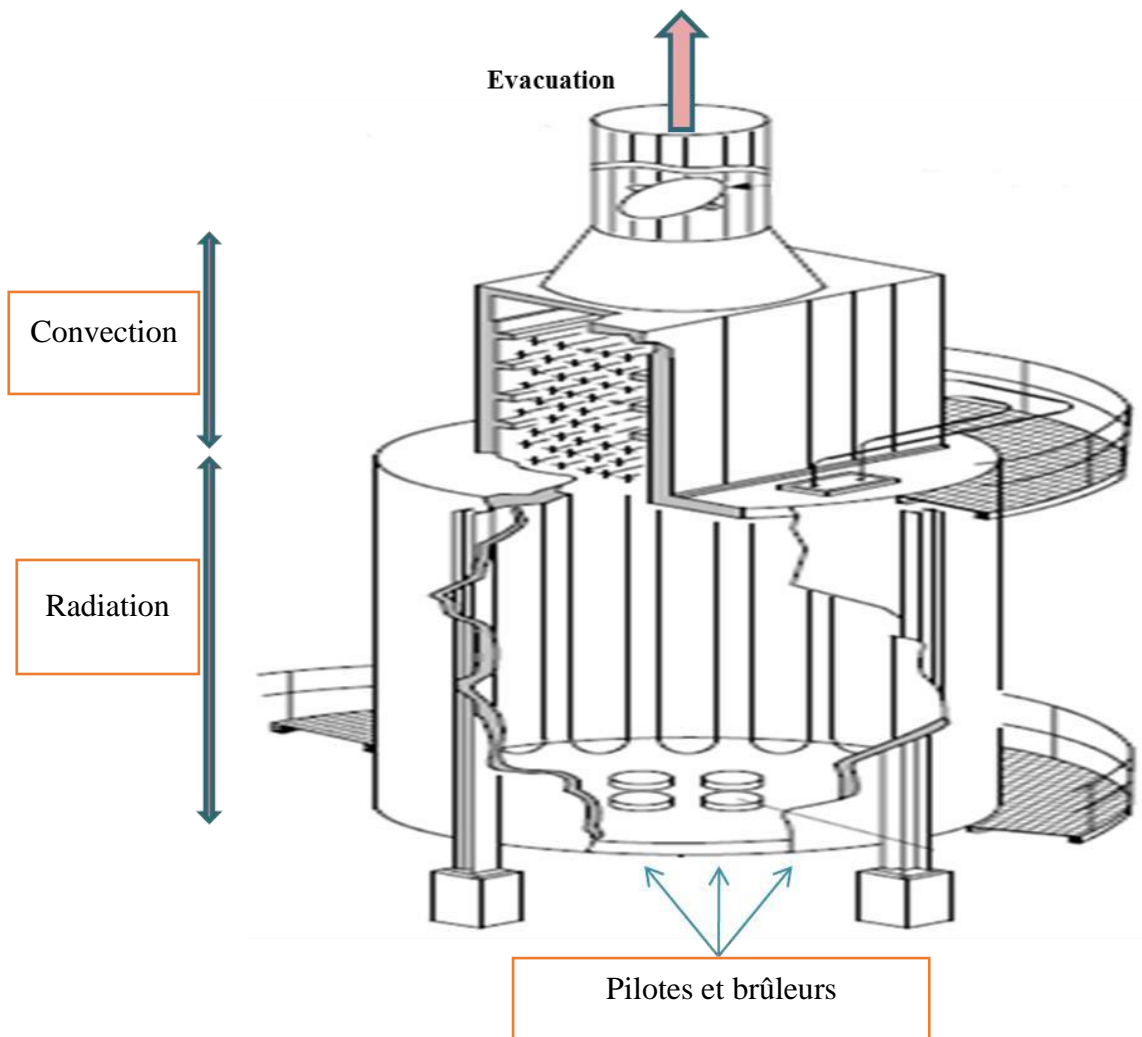


Figure 2.4 : Les constituants d'un four.

II.2.4. Critère de choix d'un four [3]

De certains fours modernes, on voit qu'il y a intérêt de bien choisir notre four selon notre besoin :

- Caractéristiques chimiques du fluide.
- Condition de service (température, pression, pertes de charges admissibles, taux de vaporisation)
- Type d'écoulement lié au fluide.
- Emplacement disponible dans l'unité.
- Technologie particulière à certains procédés.
- Cout de l'investissement.
- Type de combustion.

II.3. Les fours d'huile du complexe GP2Z [5]

Il n'y a pas un système de séparation du GPL qui ne fasse appel à au moins un four. Ce dernier est un élément primordial pour le traitement du propane et du butane, en effet le four occupe une place importante dans le complexe, hors fait il existe deux fours au niveau du complexe GP2/Z « Le four C et le four D ». *Figure 2.5.*

Le four a été conçu et calculé pour permettre de transférer au fluide caloporteur une quantité de chaleur bien déterminée, le débit et les températures d'entrée et de sortie étant fixées à l'avance. Le rôle du four est de produire une quantité de chaleur suffisante, pour réchauffer le fluide caloporteur et transférer la chaleur disponible au fluide dans des conditions tel que celui-ci ne soit pas détérioré.

L'huile TORADA-TC « fluide caloporteur » venue du ballon aspiré par les pompes via le four pour être chauffée, a pour but de chauffer le butane dans les rebouilleurs pour maintenir la chaleur en bas de la colonne.



Figure 2.5 : Les fours de complexe GP2Z.

II.3.1 Description des Fours

Les fours du complexe GP2/Z sont de type atmosphérique constitué d'une enveloppe métallique de forme cylindrique, ils sont composés d'une chambre de radiation verticale cylindrique où les tubes sont directement exposés à la flamme. La chaleur principalement échangée par radiation des produits de la combustion installée au-dessous d'une zone de convection horizontale. Huit rangées de douze tubes effectuent l'échange thermique dans cette zone. Puis, le fluide procède entre en radiation par des tubes de liaisons internes pour atteindre à la sortie 180 °C.

Les fours est également muni d'une cheminée avec registre qui assure le tirage de l'air par la dépression qu'il cause et permette l'évacuation des fumées générées par la combustion.

Les fours possèdent un équipement de chauffe qui est constitué de 10 pilotes, 10 brûleurs pour le four C et 12 pilotes, 12 brûleurs pour le four D situés à la sole de la chambre de combustion, d'un ensemble de vannes manuelles, d'électrovannes, d'instruments de contrôle et de mesure pour assurer la sécurité des fours.

II.3.2 Les caractéristiques technique des deux fours

Tableau 2.1 : Les caractéristiques techniques des fours

	Four 401/6201C		Four 401/6201D	
	Convection	Radiation	Convection	Radiation
Nombre de tube	36	72	36	84
Nombre de passe	6	6	6	6
Diamètre des tubes (pousse)	5	6	6	6
Nombre de pilot	10		12	
Nombre de brûleur	10		12	

II.3.3. Principe de fonctionnement [5]

Les fours du complexe sont agencés d'une quantité nécessaire de combustible. Ils comportent 10 pilotes et 10 brûleurs pour le four C, 12 pilotes et 12 brûleurs pour le four D qui réalisent le mélange air/combustible pour la combustion. Le combustible utilisé est un mélange de vapeurs de propane non condensées récupérées de la section Boil Off et du gaz naturel provenant du réseau Fuel gaz. L'admission de l'air de combustion dans le four est obtenue par la dépression qui règne à l'intérieur du four. Cette dépression est elle-même due au tirage de la cheminée.

Les échanges thermiques à l'intérieur du four se font à la fois par les trois mécanismes : radiation, convection et conduction.

La combustion de l'huile et du propane BOG génère la chaleur qui sera cédée aux tubes par radiation et convection. A travers les parois des tubes, le transfert se fait par conduction ; à l'intérieur des tubes, c'est la convection qui intervient de nouveau ; enfin, les pertes calorifiques à travers les murs du four se font par conduction.

La zone de radiation est celle où les tubes sont directement exposés à la flamme et reçoivent la chaleur principalement par radiation des produits de la combustion. En fait, la zone de radiation n'est autre qu'une chambre de combustion où se développe la flamme.

C'est dans la zone de convection où se fait la récupération de la chaleur sur les fumées qui fonctionne finalement comme un échangeur tubulaire. La TORADA-TC rentre en zone de convection pour être préchauffée par la chaleur de la fumée montante puis elle est chauffée à la température requise au niveau des faisceaux de la zone de radiation.

Les fours sont également munis d'une cheminée avec registre qui assure le tirage de l'air par la dépression qu'ils causent et permettent l'évacuation des fumées générées par la combustion.

II.3.3.1 Circuit de caloporteur

Le circuit du fluide caloporteur TORADA TC se fait en boucle fermée. A partir du ballon tampon 410/6211, la TORADA TC est pompée vers les deux fours C et D par l'une des pompes de circulation les 425/6215/E/D. après l'échauffement la TORADA TC circule jusqu'à les deux rebouilleurs 405/6224/A et 405/6224/B et retourne au ballon.fig2.6.

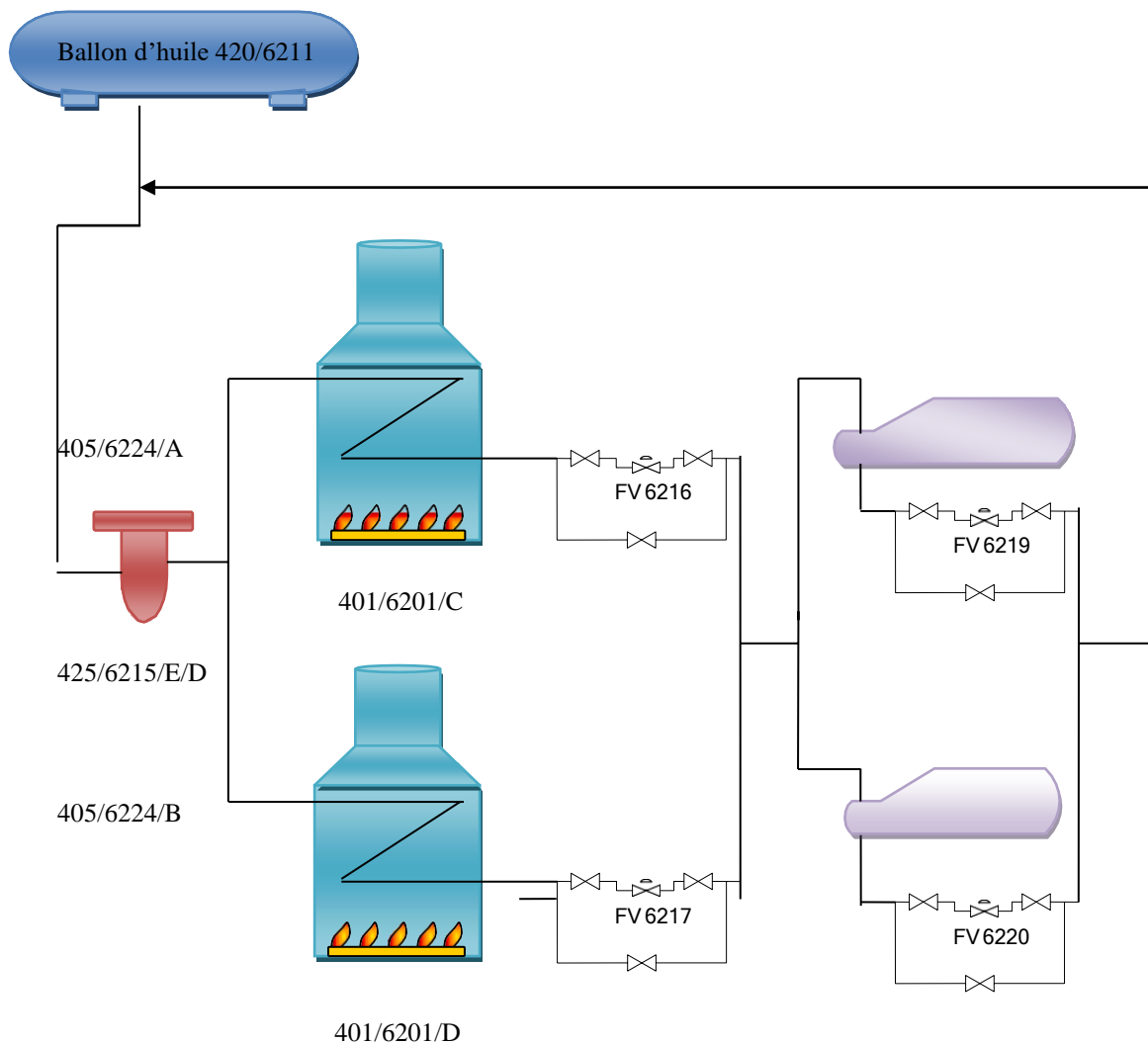


Figure 2.6 : Circuit d'huile avec le rôle des fours.

II-4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une description générale sur les fours et une description spécifique sur nos fours 401/6201C et 401/6201D, ainsi que leur importance dans le site du complexe GP2/Z. Ce travail nous a permis, aussi, de comprendre le fonctionnement d'un four tubulaire.

Dans le chapitre suivant nous découvrons les instruments utilisés dans le four pour assurer le bon démarrage.

CHAPITRE III

Description des
capteurs et actionneurs

III.1 Introduction

L'automatisation des processus industriels est aujourd'hui devenue une nécessité pour améliorer l'efficacité et la sécurité des installations. Dans ce contexte, le démarrage des fours est une étape cruciale pour de nombreuses industries, telles que l'industrie existe de notre complexe 'Séparation de GPL'. L'automatisation de cette étape permet d'optimiser les coûts et de réduire les risques d'erreurs humaines.

Pour réaliser cette automatisation, il est nécessaire d'établir les différents composants du système automatisé. Dans ce chapitre, nous nous intéresserons à la description des capteurs et actionneurs installés pour la conduite du mode de démarrage de deux fours. Les capteurs sont des dispositifs électroniques qui permettent de mesurer une grandeur physique, tandis que les actionneurs permettent de réaliser une action à partir d'un signal électrique. Dans un premier temps, nous présenterons les différents types de capteurs utilisés pour le démarrage des fours, ainsi que leur principe de fonctionnement. Nous aborderons également les différents types d'actionneurs.

L'objectif de ce chapitre est de fournir une compréhension détaillée des capteurs et actionneurs utilisés pour le démarrage des fours, afin de permettre la sélection des meilleurs choix pour le projet.

III.2. Les capteurs

III.2.1. Définition [6]

Un capteur est un dispositif électronique, mécanique, optique ou autre, conçu pour mesurer ou détecter une grandeur physique, telle que la température, la pression, le débit, la lumière, etc. Les capteurs transforment une grandeur physique en une grandeur généralement électrique, et qui peuvent être interprétés par un dispositif de contrôle commande.

Le capteur est constitué de :

- **Un corps d'épreuve** : Est celui en contact direct avec le mesurande, génère une grandeur physique intermédiaire, Figure 3.1.
- **Un transducteur** : Il traduit la grandeur physique en une grandeur électrique.

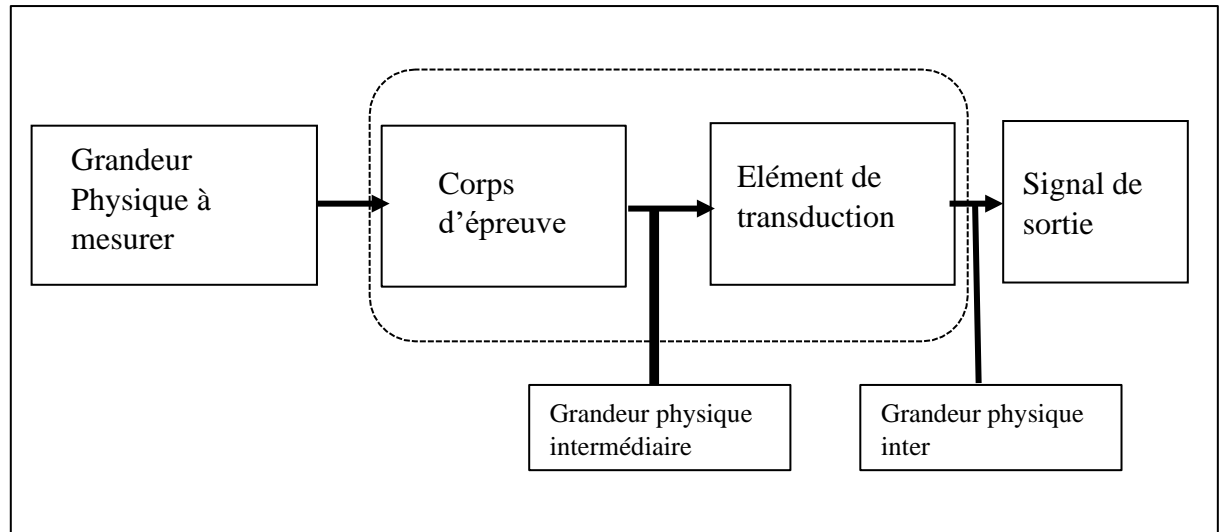


Figure 3.1. : Constitution d'un capteur.

III.2.2. Types de capteurs [7]

Dans la très grande majorité des cas, les signaux issus d'un capteur seront électriques, ce qui veut dire qu'ils peuvent être des tensions ou des courants.

On rencontre habituellement trois types de signaux, à savoir :

- Signal binaire.
- Signal analogique.
- Signal numérique.

Il y a 3 familles des capteurs :

- Les capteurs Tout ou Rien (TOR)** : Ils génèrent un signal de type binaire (donc deux états 0 ou 1). L'avantage est qu'ils sont peu coûteux mais ils sont spécialisés dans un type précis de mesure. Par exemple, ils informent sur la présence d'une pièce, si un tapis roulant est bien en fonctionnement, si un appareil se trouve à une distance fixe d'un mur. Ils ne permettent pas de mesurer sur toute une plage. Ces types de capteurs sont des « Détecteurs logiques », définis comme étant :

- ✓ **Capteur avec contact** : Ce type de capteur est extrêmement répandu. Lorsque le levier rentre en contact avec l'objet celui-ci va actionner le bouton (évident...). Le signal est aussitôt envoyé à l'unité centrale.
- ✓ **Capteur sans contact** : Dans d'autres cas, on souhaite ne pas avoir de contact par exemple : détecteur inductif, détecteur photoélectrique...
- b. **Les capteurs analogiques** : La grandeur de sortie est en relation directe avec la grandeur d'entrée. Le capteur est linéaire sur sa plage de fonctionnement. Il délivre un signal 4-20mA ou 0- 5volt. L'avantage est que nous avons la possibilité de mesurer sur toute une plage et non pas simplement un seuil.
- c. **Les capteurs numériques** : Ce type de capteur délivre en sortie une information électrique à caractère numérique, image de la grandeur physique à mesurer, c'est à dire ne pouvant prendre qu'un nombre limité de valeurs distinctes (comme tout signal numérique...).

III.2.3. Le transmetteur [6]

D'après la norme NF C 46-303, un transmetteur est un appareil qui, recevant une mesure, la reproduit dans un signal normalisé pouvant. Le transmetteur converti le signal de sortie du capteur (grandeur physique) en un signal de mesure standard (électrique 4-20mA).

- Le transmetteur est constitué globalement un amplificateur, un filtre à des fins de traitement du signal. Le transmetteur complète ainsi la chaîne de mesurage du capteur.

Le couple « **capteur + transmetteur** » réalise la relation linéaire entre la grandeur mesurée et son signal de sortie.

III.3. Description des Capteurs et transmetteurs au niveau de four

III.3.1. Mesure de température

La température varie considérablement dans différentes parties du four (entrée de four, peau tube, sortie de four, etc...), et il est important de la mesurer avec précision. Les deux capteurs utilisés pour la régulation de la température et son maintien dans des conditions de fonctionnement optimales sont :

III.3.1.1. Le transmetteur de température

Généralement lorsque l'on parle du "transmetteur de température", on fait référence à l'ensemble du système composé du transmetteur et du capteur (le thermocouple). Le capteur est le composant qui mesure la température et le transmetteur est celui qui convertit le signal du capteur en un signal électrique standard. (Figure 3.2.)

III.3.1.2. Le thermocouple [8]

Le thermocouple est composé de 2 fils métalliques de nature différente, isolés sur toute leur longueur. L'une des extrémités est soudée, c'est la jonction de mesure ou soudure chaude. L'autre extrémité, la jonction de référence ou soudure froide est reliée au circuit de mesure, voir Figure 3. Une différence de température entre la soudure chaude et la soudure froide provoque une différence de potentiel (force électromotrice) proportionnelle à l'écart de température. La température du point de mesure est alors déduite à partir de la connaissance de la température de la jonction de référence.

Il existe huit types de thermocouple normalisé codifiés par une lettre : K, J, T, N, E, S, R, et B.

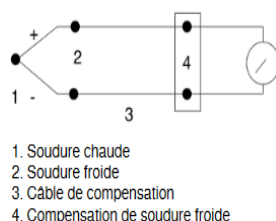


Figure 3.2 : Le thermocouple et ses composants.



Figure 3.3. Le transmetteur de température sur site (TT+TE).

III.3.1.2. Capteur logique de température [9]

Les capteurs logiques de température ou thermostats (température switch) sont des instruments de détection (TOR) capables de détecter le franchissement d'un seuil de température. Sur l'installation du four, ils sont installés pour la sécurité et notamment pour le déclenchement et l'arrêt du four dans le cas où la température dépasse un seuil prédéterminé. On les trouve dans les peaux tubes et dans la sortie de four.

III.3.2. Mesure de pression

La mesure de pression est une autre mesure importante. La pression doit être surveillée avec précision pour garantir un fonctionnement optimal et sécurisé des fours.

III.3.2.1. Le transmetteur de pression

Le capteur transmetteur de pression différentielle est illustré par la figure 3.4.

III.3.2.2. Le capteur de pression différentielle [6]

Les capteurs de pression différentielle sont des dispositifs qui mesurent la différence de pression entre deux points d'une installation ou d'un équipement.

Les pressions HP et BP appliquées sur chaque membrane isolante sont transmises par l'intermédiaire d'une huile de silicone à la membrane déformable, ce qui entraîne une variation différentielle (ΔP) de capacité entre les électrodes des condensateurs et la membrane déformable qui permet de déterminer la pression précise.



Figure 3.4 : Transmetteur de pression.

III.3.2.3. Le manomètre

Un manomètre est un instrument de mesure de la pression d'un fluide (liquide ou gaz) dans un système fermé ou ouvert. Le principe de fonctionnement d'un manomètre est basé sur la mesure de la déformation d'un élément élastique tel qu'un tube ou un ressort sous l'effet de la pression



Figure 3.5 : Manomètre sur site

CHAPITRE III : Description des capteurs et actionneurs

exercée par le fluide, voir Figure 3.5.

III.3.2.4. Capteur de pression de sécurité [9]

Le capteur de pression de sécurité est un contacteur de pression (Pressure switch) (Figure 3.6). C'est un organe de contrôle fonctionnant en tout ou rien qui détecte la pression d'un fluide ou d'un gaz et active une sortie lorsque cette pression dépasse une valeur prédéterminée. Les pressostats sont utilisés pour surveiller la pression durant le démarrage de four. S'il y a une chute de pression ou une haute pression le four va déclencher.



Figure 3.6. : PSSL sur site

III.3.3. Les détecteurs de flamme [10]

Un détecteur de flamme est un type de capteur capable de détecter et de réagir à la présence d'une flamme. Les détecteurs optiques de flammes réagissent aux rayonnements invisibles, comme l'ultraviolet (UV) ou l'infrarouge (IR) émis par tous types de flammes. On utilise ce type de détecteur pour détecter la flamme de pilote lors de démarrage des fours. (Fig. 3-7).



Figure 3.7 : Détecteur de flamme sur site (BE).

III.3.4. Les détecteurs de fin de course

Un capteur de fin de course est un type de capteur TOR, utilisé pour détecter la position finale d'un objet ou d'un mécanisme. Le capteur est généralement installé à l'extrémité du parcours ou de la course de l'objet et détecte son mouvement lorsque celui-ci atteint cette position finale. Dans les fours, on les utilise avec chaque électrovanne pour confirmer l'ouverture et la fermeture de ces vannes au niveau de l'API. Ils assurent la fonction de recopie de position.

III.3.5. Les boutons poussoirs

Il en existe de deux types : les boutons poussoirs à fermeture et les boutons poussoirs à ouverture. Ils servent à ouvrir ou fermer un circuit électrique. Dès qu'on les relâche ils reviennent dans leur position initiale. Voir figure 3.8.

III.3.6. Bouton d'arrêt d'urgence

Un bouton d'arrêt d'urgence est un dispositif de sécurité qui permet d'arrêter rapidement un équipement, une machine ou un système en cas d'urgence ou de danger imminent. Voir figure 3.8.

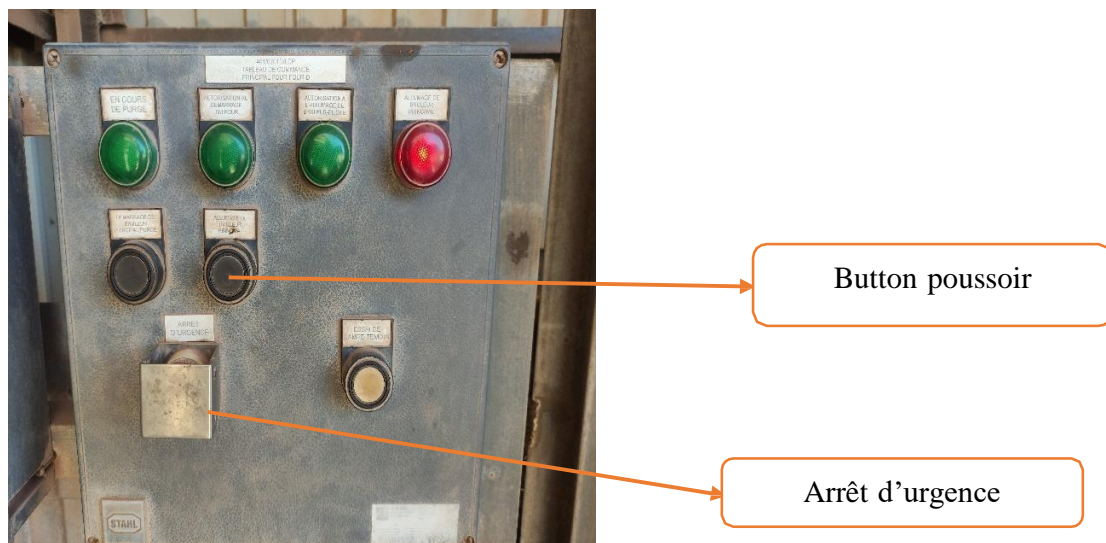


Figure 3.8 : Panneau local sur site.

CHAPITRE III : Description des capteurs et actionneurs

III.4 Liste complète des capteurs au niveau de deux fours

Dans notre projet d'automatisation de démarrage de deux fours C et D, nous avons uniquement mentionné les capteurs et actionneurs du four C car les équipements sont les mêmes pour les deux fours. Toutefois, on peut consulter les équipements du four D dans les annexes.

❖ Les thermocouples

📊 **Tableau 3.1** : liste des thermocouples [TE]

REPERE	SPEC.N° VOLUME 3	SERVICE DESCRIPTION	FABRICANT	MODELE	TYPE
TE.301/1	0401-FS-805	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01638BR	K
TE.301/2	0401-FS-805	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01638BR	K
TE.301/3	0401-FS-805	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01638BR	K
TE.301/4	0401-FS-805	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01638BR	K
TE.301/5	0401-FS-805	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01637BL	K
TE.301/6	0401-FS-805	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01637BL	K
TE-300	0401-FS-804	TEMPERATURE DE VOUT	CORREGE	D01642	K
TE-301	0401-FS-804	CONVECTION FOUR	CORREGE		K
TE-302	041-FS-804	CHEMINEE FOUR	CORREGE	D01642	K
TE-603	041-FS-804	SORTIE GAZ OIL	CORREGE	D01642	K
TE -606	041-FS-804	ENTREE GAZOIL	CORREGE	D01649	K
TE-730	041-FS-804	ENTREE GAZ NATUREL	CORREGE	D01648	K
TE-740	041-FS-804	TEMPERATURE ECONOMISEUR	CORREGE	D01648	K

❖ Les transmetteurs de température

📊 **Tableau 3.2** : Liste des transmetteurs de température [TT]

REPERE	SPEC.N° VOLUME 3	DESCRIPTION SERVICE	SIGNAL	FABRICANT	MODELE	CALIBRATION (°C)
TT-301/1	041-FS-810	PEAU DE TUBE	4-20 mA	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TT-301/2	041-FS-810	PEAU DE TUBE	4-20 mA	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TT-301/3	041-FS-810	PEAU DE TUBE	4-20 mA	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TT-301/4	041-FS-810	PEAU DE TUBE	4-20 mA	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TT-301/5	041-FS-810	PEAU DE TUBE	4-20 mA	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TT-301/6	041-FS-810	PEAU DE TUBE	4-20 mA	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TT-603	041-FS-804	SORTIE FOUR	4-20 mA	HONEYWELL	STT350	0-300
TT603-1	041-FS-810	SORTIE FOUR	4-20 mA	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-300

CHAPITRE III : Description des capteurs et actionneurs

❖ Les contacteurs de température

📌 **Tableau 3.3** : Liste des contacteurs de température [TSH]

REPERE	SPEC.N° VOLUME 3	DESCRIPTION SERVICE	SIGNAL	FABRICANT	MODELE	CALIBRA TION (°C)
TSH-301/1	041-FD-801	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-301/2	041-FD-801	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-301/3	041-FD-801	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-301/4	041-FD-801	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-301/5	041-FD-801	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-301/6	041-FD-801	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH603	041-FD-801	SORTIE FOUR	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-300

❖ Les transmetteurs de pression

📌 **Tableau 3.4** : Liste des transmetteurs de pression [PT].

REPERE	SPEC.N° VOLUME	DESCRIPTION SERVICE	SIGNAL	FABRICANT	MODELE	CALIBRATION (BAR)
PT-600	041-FS-803	ALIMENTATION PROCESS	DE/4-20mA	HONEYWELL	ST 140	0-20
PT601	041-FS-803	SORTIE PROCESS	DE/4-20mA	HONEYWELL	STG-94L	0-20
PT 603	041-FS-803	GAZ VERS BRULEUR	DE/4-20mA	HONEYWELL	STG-94L	0-3
PT700	041-FS-803	SORTIE GAZ NATUREL	DE/4-20mA	HONEYWELL	STG -94L	0-20
PT306	041-FS-803	GAZ PILOTE	DE/4-20mA	HONEYWELL	STD294	0-0.6
PT301	041-FS-803	PRESSION VOUTE DE FOUR	DE/4-20mA	HONEYWELL	STD120	-20/20mmH2O

❖ Les contacteurs de pression

📌 **Tableau 3.5** : Liste des contacteurs de pression [PSLL/PSHH].

REPERE	SPEC.N° VOLUME	DESCRIPTION SERVICE	SIGNAL	FABRICANT	MODELE	CALIBRATION (BAR)
PSLL 306	041-FD-802	ALIMENTATION PILOTE	TOR	UNITED ELECTRIC	QJ120-171	0.15
PSLL304	041-FD-802	ALIMENTATION BRULEUR	TOR	UNITED ELECTRIC	QJ120-171	0.1
PSHH305	041-FD-802	ALIMENTATION BRULEUR	TOR	UNITED ELECTRIC	QJ121-191	2.2

CHAPITRE III : Description des capteurs et actionneurs

❖ Les manomètres

📊 **Tableau 3.6** : Liste des Manomètres [PG].

REPERE	SPEC.N° VOLUME 3	DESCRIPTION SERVICE	UNITEE	FABRICANT	MODELE	ECHELLE
PG-309	041-FS-808	ALIMENTATION BRULEUR	KG/CM2	RUEGER		0-6
	041-FS-808	ALIMENTATION PILOTE	KG/CM2	RUEGER		0-1.6
PG 306	041-FS-808	ALIMENTATION PILOTE	BAR	TASS		0-6
PG-606	041-FS-808	ALIMENTATION FOUR	BAR	ASHCROFT	T5500	0-25
PG-601	041-FS-808	SORTIE FOUR	BAR	ASHCROFT	T5500	0-25
PG-710	041-FS-808	ALIMENTATION GN CONV	BAR	ASHCROFT	T5500	0-25
PG-700	041-FS-808	SORTIE GN CONV	BAR	ASHCROFT	T5500	0-25

❖ Les détecteurs

📊 **Tableau 3.7** : Liste des détecteurs : [BE] [ZSH/ZSL] [HS].

Tag Capteur	Indications des capteurs de position /détecteurs logiques									
Détecteur de flamme	BE301	BE302	BE303	BE 304	BE305	BE 306	BE307	BE3 08	BE 30 9	BE 31 0
Fin de course	ZSH- 300	ZSL- 300	ZSH 300E	ZSL - 300 E	ZSH- 301	ZSL- 301	ZSH- 306	ZSL- 306		
Button poussoir	HS30 0	HS420	HS401	Au	HS410	HS310	HS 421			

III.5. Les actionneurs

III.5.1. Définition

Un actionneur est un élément de régulation conçu pour agir sur une variable du processus, en réponse à un signal de commande, en utilisant l'énergie qu'il reçoit. Ils peuvent être :

- Actionneur électrique.
- Actionneur pneumatique.
- Actionneur hydraulique.

III.5.2. Description des actionneurs utilisés dans les fours

III.5.2.1. Les vannes [11]

Les vannes sont des organes de contrôle de débit et comportent un orifice de dimension variable. Elles permettent le réglage des débits de fluide. Dans le projet d'étude, nous avons préconisé les deux types de vannes à installées sur le site :

- **Les électrovannes** : Ce sont des vannes TOR à commande électrique utilisées pour commuter les circuits de fluide moteur (air instrument ou huile) des vannes. (Figure 3.9.). Son principe de fonctionnement repose sur l'excitation d'une bobine. Quand la bobine est sous tension (état actionné ou travail), le noyau magnétique est attiré, comprime le ressort et ouvre le circuit, et dans le cas où la bobine n'est pas sous tension (état repos ou normal), la clappe solidaire du noyau est rappelée par le ressort et ferme le circuit.



Figure 3.9 : Illustration d'une Electrovanne sur site

CHAPITRE III : Description des capteurs et actionneurs

- **Vanne régulatrice** : Elles permettent de contrôler d'une façon progressive le débit d'un fluide. Elle répond au signal de commande provenant du système de contrôle du processus. Elle est constituée de trois parties : le corps, le servomoteur et l'arcade reliant ces parties. Voir la figure 3.10.

Son principe de fonctionnement est de contrôler le débit d'un fluide en utilisant un obturateur (comme un disque ou une bille) qui est déplacé par une tige ou une tige filetée en réponse à un signal de commande. Lorsque la vanne est ouverte, le fluide peut passer librement à travers la canalisation. Lorsque la vanne est fermée, l'obturateur bloque complètement le passage du fluide. Enfin, lorsqu'elle est partiellement ouverte, l'obturateur limite le débit de fluide en fonction de sa position, permettant un réglage fin de la quantité de fluide qui passe à travers la vanne.



Figure 3.10 : Vanne régulatrice sur site

III.5.3 Liste des actionneurs

Les vannes automatiques TOR sont équipées de dispositifs (dans notre cas les capteurs de fin de course) pour connaître leur état (Ouvert, Fermé ou Intermédiaire), consulter le Tableau III.8.

 **Tableau 3.8 :** Liste des Vannes installées sur site

REPÈRE	DESCRIPTION SERVICE	TYPE D'INSTRUMENT	SIGNAL	FABRICANT	POSITIONNEUR (METSO)
XV-300	GAZ COMBUSTIBLE BRULEUR	VANNE TOR	TOR	METSO	DJ40/SR4
XSV-300	GAZ COMBUSTIBLE BRULEUR	ELECTROVANNE	TOR	ASCO JOUCOMATIC	
XV-300E	MISE A L'ATMOSPHERE	VANNE TOR		METSO	DJA10/SR4
XSV 300E	MISE A L'ATMOSPHERE	ELECTROVANNE	TOR	ASCO JOUCOMATIC	
XV-301	GAZ COMBUSTIBLE BRULEUR	VANNE TOR		METSO	DJ40/SR4
XSV-301	GAZ COMBUSTIBLE BRULEUR	ELECTROVANNE	TOR	ASCO JOUCOMATIC	
XV-306	GAZ COMBUSTIBLE PILOTE	VANNE TOR		METSO	DJ30/SR4
XSV-306	GAZ COMBUSTIBLE PILOTE	ELECTROVANNE	TOR	ASCO JOUCOMATIC	

CHAPITRE III : Description des capteurs et actionneurs

III.6. Conclusion :

La description des capteurs et actionneurs présentée dans ce chapitre donne un aperçu non exhaustif sur toute l'instrumentation destinée à l'automatisation du four. On a mis en évidence de certains composants dans l'automatisation de démarrage des fours.

Dans le prochain chapitre nous allons présenter la description fonctionnelle de la commande séquentielle du four.

CHAPITRE IV

Description fonctionnelle
et l'automate existant

IV.1. Introduction

Après avoir présenté les capteurs et actionneurs utilisés dans nos deux fours, nous allons maintenant nous intéresser à leur description fonctionnelle. Cette étape est cruciale pour comprendre le fonctionnement global de ces équipements et pour mettre en évidence les interactions entre les différents éléments constitutifs. Dans ce chapitre constitué de trois parties, nous allons décrire les différentes séquences de démarrage des fours. Nous verrons également comment les différents capteurs et actionneurs sont intégrés dans ces séquences, afin d'assurer une gestion optimale de ces équipements. Ensuite, nous fournirons une présentation complète des automates programmables industriels et finalement nous concentrerons sur le système de contrôle logique utilisé pour le démarrage des fours qui est Siemens S7-400 en donnant une description détaillée.

IV.2. Description fonctionnelle des séquences de démarrage [5] [12]

IV.2.1. Logique de fonctionnement des deux fours

Le système de contrôle des deux fours C et D est élaboré par trois systèmes numériques différents :

- DCS « HONEYWELL » TDC-3000 : Contrôle la partie régulation du procédé : Il se résume en une seule boucle de contrôle permettant de réguler la température de sortie d'huile du four
- ESD « TRICONEX » : Système de sécurité. A pour rôle de surveiller le fonctionnement des deux fours.
- PLC « SIEMENS » S7-400 : Assure le contrôle de la partie logique du procédé : A pour rôle de gérer le démarrage et l'arrêt des deux fours.

IV.2.2. Les séquences de démarrage de deux fours

IV.2.2.1. Définition

On l'appelle aussi la commande séquentielle qui est une méthode de contrôle qui consiste à exécuter une série d'étapes prédéfinies, une à la fois, en réponse à des signaux d'entrée, pour effectuer une tâche.

IV222 Description des circuits d'allumage

➤ Circuit pilotes

L'alimentation du circuit pilotes se fait via l'électrovanne principale XV356 (four D) et XV 306 (four C) (Figure 4.1). Chaque pilote est doté de sa propre électrovanne qui s'ouvre par action du bouton d'allumage. Les pilotes doivent être allumés un par un, localement et à l'aide d'un système électrique.

Après allumage de tous les pilotes, l'autorisation d'allumage des Brûleurs est activée.



Figure 4.1 : Circuit pilotes sur site.

➤ Circuits brûleurs

Une fois le voyant « Autorisation allumage brûleurs » sur le panneau local est activé, actionner le bouton HS-301.

Un ordre de commande est de :

- ❖ Fermeture des vannes d'évent : XV 300E (four C) et XV350E (fourD)
- ❖ Ouverture des vannes d'alimentation : XV300-301 (four C) et XV350-351 (four D)

L'autorisation d'allumage des brûleurs n'est donnée que si tous les pilotes sont en service. L'allumage des brûleurs se fait manuellement (en ouvrant les vannes manuelles de chacun d'eux), Voir la figure 4.2.



Figure 4.2 : Circuit brûleurs sur site

IV.23. Les séquences de démarrage des fours de complexe

Les séquences de démarrage du four listées ci-dessous sont gérées par l'automate programmable Siemens S7-400.

1. Autorisation de démarrage

- Activer l'autorisation de démarrage à partir du DCS « RTS BMS ».
- La lampe témoin sur le tableau de commande local s'allume.

❖ Conditions

- L'ordre de purge n'est pas actif.
- Signal d'ouverture vers la vanne de sectionnement du fuel gaz vers les pilotes n'est pas actif.

2. Purge

- Appuyer sur le bouton poussoir (Purge start up) sur le tableau de commande local. (Figure 4.3)
- La lampe « Purge ON » s'allume. Cette séquence dure 30 secondes.

❖ Conditions

- Séquence précédente (Autorisation de démarrage)

3. Autorisation allumage pilotes « RTS PIL »

- Activer l'autorisation allumage pilote « RTS PIL » à partir du DCS par HS310 (four C) et HS472 (four D).
- Ouverture de la vanne d'alimentation des pilotes en fuel gaz XV356 (four D), XV306 (four C).
- Un temps de 5s est alloué une fois la commande d'ouverture est émise.

❖ Conditions

- Fin de la séquence de purge
- Le signal de retour indiquant l'ouverture de la XV356 ou XV306 (ZSH356 ou ZSH306) doit être présent dans les 5 secondes qui suivent la commande, sinon le four déclenche par défaut XV356 ou XV306.

4. Allumage pilotes

- Appuyer sur les boutons poussoirs (HS 401 HS410) pour le four C et (HS451 HS462) pour le four D de chaque pilote, un par un (FigureIV-4)
- Ouverture de l'électrovanne correspondante à chaque pilote.
- Excitation du transformateur électrique de chaque pilote pour générer l'étincelle pendant 10 secondes, cela se fait parallèlement à l'action précédente.

❖ Conditions

- Autorisation d'allumage pilotes.
- Signal de retour indiquant l'ouverture de la XV356 ou XV306 doit être présent.
- La flamme doit être dans les 20 secondes qui suivent la commande d'enclenchement des pilotes. Si la flamme n'est pas détectée après 20secondes de l'ordre, le four déclenchera par défaut pilote.

❖ N.B

Les électrovannes des pilotes peuvent être ouvertes à partir du DCS, mais l'enclenchement de l'étincelle se fait localement.

5. Autorisation allumage brûleurs « RTS BRN »

- La lampe témoin sur le tableau local s'allume. (Figure 4.3)

❖ Conditions

- Toutes les flammes pilotes sont détectées.
- Aucune flamme brûleur n'est détectée.

6. Allumage brûleurs

- Appuyer sur le bouton poussoir HS 421 (C), HS471(D) sur le tableau local ou bien activer « RTS BRN » à partir du DCS.
- Fermeture de la XV350E/XV300E (vanne de purge du collecteur fuel gaz brûleurs).
- Ouverture des XV350 et XV351.

❖ Conditions

- Le feedback de fermeture de la vanne de purge du collecteur, le ZSL 350 doit se présenter pendant les 5 secondes qui suivent l'ordre d'allumage, faute de quoi le four disjoncte par défaut vanne XV350E /XV300E.
- L'arrivée du feedback de la fermeture de la XV350E/XV300E est une condition nécessaire pour donner l'ordre d'ouverture des vannes de sectionnement, c-à-d l'ouverture des XV350 et XV351 / XV300 et XV301 débute après la fermeture totale de la XV350E.
- Les signaux d'ouverture (feedback) des deux vannes de 15 secondes qui suivent l'activation de l'ordre d'allumage brûleurs (Action sur HS471), le four déclenchera dans le cas contraire.

❖ N.B

Une fois les ZSH350 et ZSH351/ ZSH300 et ZSH301 sont présents, un timer de 30 minutes s'enclenche si aucun brûleur n'est allumé, le four déclenche par défaut flamme principal brûleur.

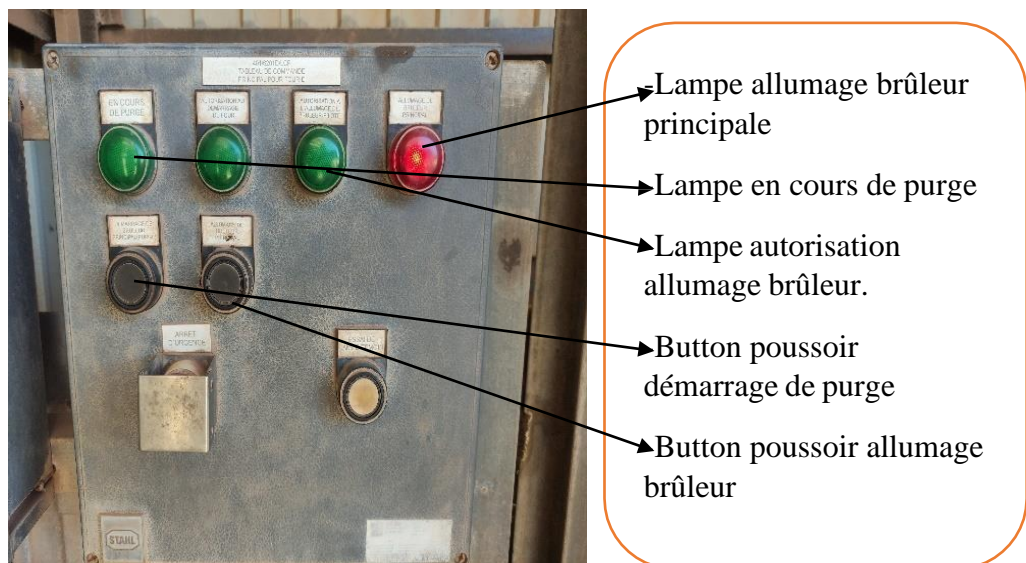


Figure 4.3 : Panneau local four D sur site.



Figure 4.4 : Panneau local de four C sur site

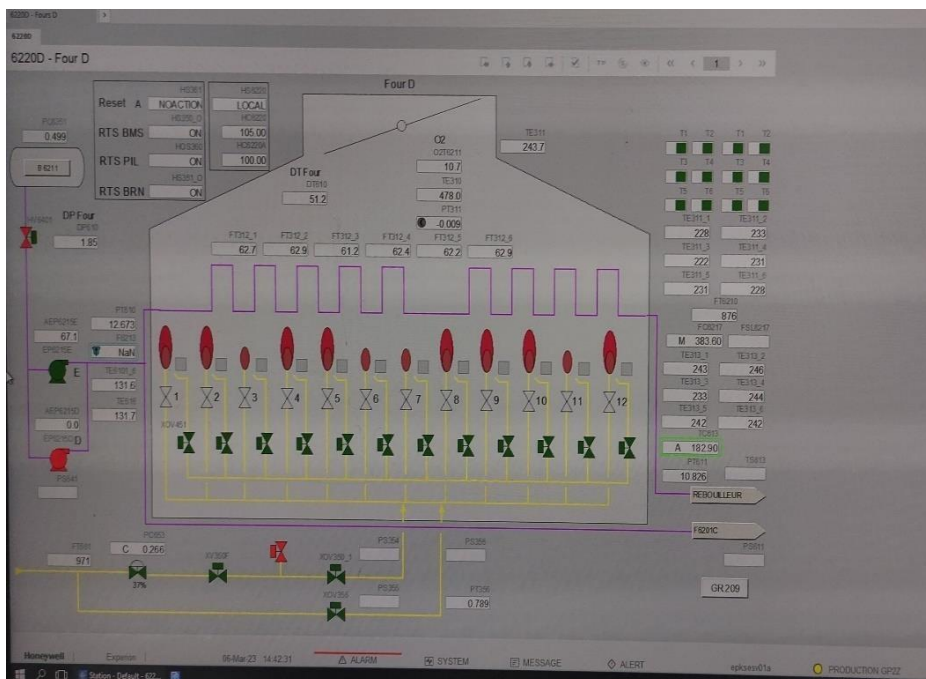


Figure 4.5 : Vue de four D, salle de contrôle

IV3. Les automates programmables industriels API [13]

IV31. Introduction

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons examiné en détail la description fonctionnelle et la commande séquentielle des deux fours C et D. Dans cette seconde partie, nous allons nous concentrer sur les automates programmables industriels (API) qui permettent de mettre en œuvre ces séquences de démarrage. Nous commencerons par une introduction aux (API), en décrivant leur fonction générale, leurs formes matérielles et leur architecture interne.

IV32. Définition

Un automate programmable industriel API est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs (partie opérative) à partir de données d'entrées (partie commande), de consignes et d'un programme informatique.

Les avantages

- L'automatisation de la production consiste à transférer tout ou partie des tâches de coordination, auparavant exécutées par des opérateurs humains, dans un ensemble d'objets techniques appelé PARTIE COMMANDE.
- La partie commande exploite un ensemble d'informations prélevées sur la Partie Opérative pour élaborer la succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions souhaitées.

Les objectifs

- Accroître la productivité du système c'est-à-dire augmenter la quantité de produits élaborés pendant une durée donnée.
- Améliorer la flexibilité de production.
- Améliorer la qualité du produit grâce à une meilleure répétitivité de la valeur ajoutée.
- Augmenter la sécurité, etc.
- En d'autres termes ramener le manque et couvrir les inconvénients de l'ancien système.

IV33. Architecteur des API

IV33.1. Aspect extérieur

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

❖ Type compact (figure 4.6)

Les automates type compact ou micro automates intègrent le processeur, l'alimentation, les interfaces d'entrées / sorties. Selon les modèles et les fabricants, ils peuvent réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.



Figure 4.6 : API type compact.

Ces automates sont de fonctionnementsimple et sont généralement destinés à la commande de petits automatismes

Exemples : LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, S7-200 de Siemens...

❖ Type modulaire

Les automates type modulaire, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs).

IV33.2 Structure d'un système complet

La figure 4.7 représente un A.P.I. avec divers périphériques et auxiliaires qui représentent son environnement.

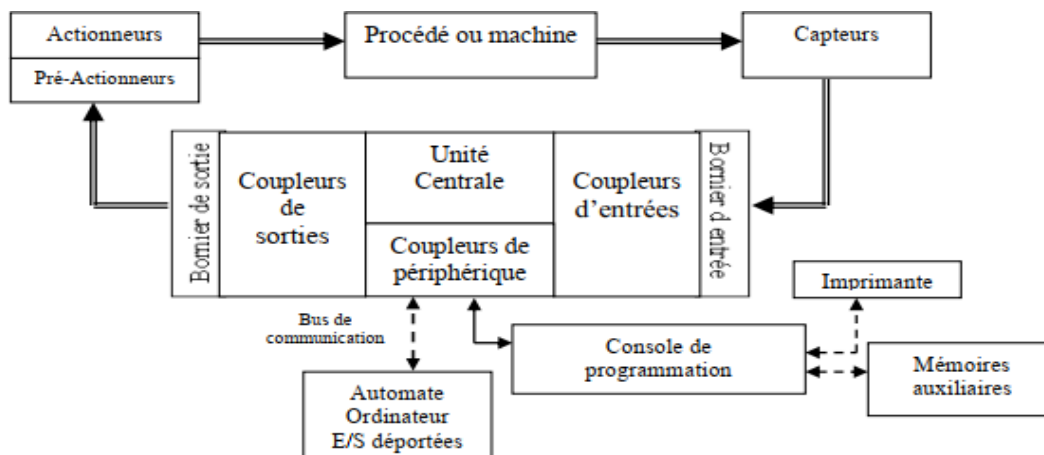


Figure 4.7 : L'environnement d'un API

IV33. Aspect interne d'un API

L'A.P.I. est constitué principalement de trois parties représentées par la figure IV-8 :

- **Une unité centrale** qui est le cerveau qui se trouve derrière toute prise de décision logique.
- **Des coupleurs d'entrées/sorties** qui assurent la liaison entre l'unité centrale et le monde extérieur (capteurs, pré-actionneurs, etc...).
- **Des coupleurs de périphériques.**

Ces éléments communiquent par un bus appelé Bus d'entrées/sorties.

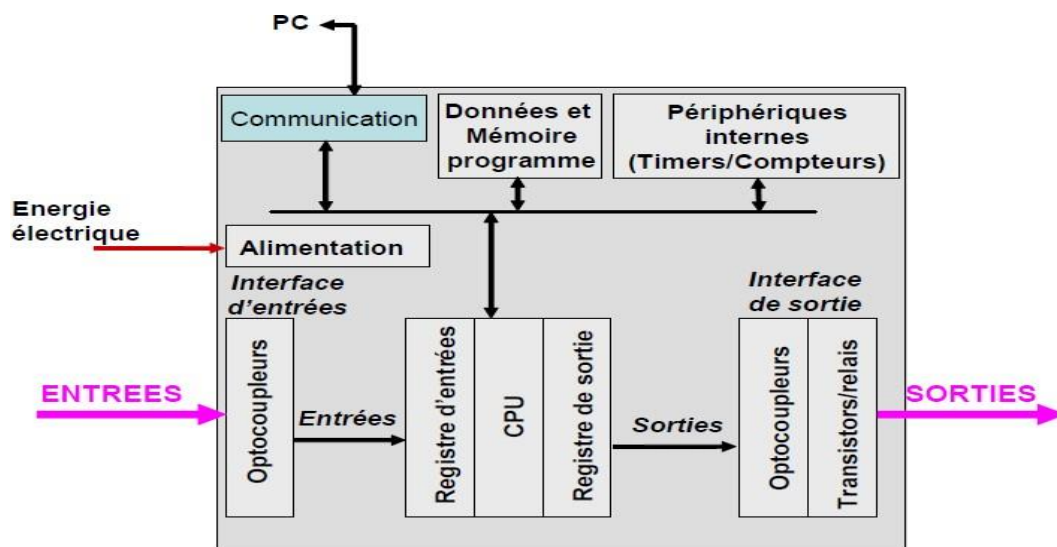


Figure 4-8 : Structure interne d'un API

- a. **L'unité centrale ou CPU (Central Processing Unit)** : Assure le traitement de l'information et la gestion de l'ensemble des unités.

Ce module comporte un microprocesseur, des circuits périphériques de gestion des entrées/ sorties, des mémoires RAM et EEPROM, nécessaire pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de configuration du système. Elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et le traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).

- b. **Un module d'alimentation** : Il assure la distribution d'énergie aux différents modules à partir d'une tension 220 V, 50 Hz ou dans certains cas de 24 V fournit des tensions continues +/- 5V, +/- 12 V ou +/- 15 V nécessaires au bon fonctionnement du système.

CHAPITRE IV : Description fonctionnelle et L'automate existant

- c. **Les interfaces d'entrées/sorties** : Les interfaces d'entrées/sorties permettent à l'unité centrale de communiquer avec l'environnement ou les périphériques.
- i. **Les module d'entrée logique** : Les cartes d'entrées tout ou rien ne permet de raccorder à l'automate les différents capteurs à deux états (ouvert ou fermés) qui sont assimilés aux états logiques 0 ou 1 tels que :
Boutons poussoirs et Interrupteurs, Fins de course, Capteurs de proximité inductifs ou capacitifs, etc.
 - ii. **Les modules de Sortie logiques (tout ou Rien)** : Une interface de sortie a pour rôle de transformer les informations numériques (signaux de commandes) pour commander des composants de puissance capables d'actionner les éléments externes liés à la partie opérative du système.
Les modules ou cartes de sortie logiques « tout ou rien » permettent de raccorder, à l'automate, les différents prés actionneurs tels que :
Vanne Électromagnétique, Contacteurs, Voyants et les Électrovannes.
- d. **Bus** : Un bus est un chemin de transmission servant à relier plusieurs stations entre elles. Avec des cartes de communication les données sont échangées en série ou en parallèle à travers des conducteurs électriques ou à fibres optiques. Comme dans un système informatique classique, l'unité centrale dispose de trois bus :
- i. Le bus de données.
 - ii. Le bus d'adresses.
 - iii. Le bus de commandes.
- e. **Modules de communication** : (ou coupleurs) comprenant :
- i. Interface(s) série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, les liaisons RS-232 ou RS422/RS485 pour assurer la connexion à des terminaux (console, ou PC), pour assurer la communication Homme/Machine (programmation, supervision ...).
 - ii. Terrains (Modbus, Profibus, Hart, Fip, fieldbus ...).
 - iii. Interface d'accès à un réseau Ethernet.

IV34. Principe de fonctionnement ou le cycle de l'API

Lorsque l'on a affaire à un ordinateur l'exécution du programme se fait en général ligne par ligne et d'une façon asynchrone.

Une des caractéristiques de l'automate est de fonctionner différemment c.à.d. de façon cyclique. En effet avant d'exécuter quoi que ce soit, l'automate lit entièrement son programme ; et une fois l'exécution terminée recommence les mêmes opérations.

On définit alors la notion de cycle et de temps de cycle (entre 1ms et 30ms environ).

Il existe plusieurs types de cycle mais le plus répandu comprend 5 phases lesquelles :

- Phase 1 : Lecture ou Acquisition des entrées : Prise en compte des informations des modules d'entrées et écriture de leur valeur dans RAM (zone DONNEE).
- Phase 2 : Exécution du programme ou Traitement des données : Lecture du programme (située dans la RAM programme) par l'unité de traitement, lecture des variables (RAM données), traitement et écriture des variables (internes, sorties ...) dans la RAM données.
- Phase 3 : Traitement de toute demande de communication
- Phase 4 : Exécution du test d'auto--diagnostic (Gestion du système Autocontrôle de l'automate)
- Phase 5 : Ecriture des sorties : Lecture des variables de sorties dans la RAM données et transfert vers le module de sorties.

IV35. Langage de programmation

Malheureusement il n'y a pas eu d'unicité chez les constructeurs quant au langage de programmation. Néanmoins 4 langages sont parmi les plus utilisés (selon la norme CEI 61131-3) :

- Le langage LADDER (LD : Ladder diagram)
- Le langage booléen (FBD : Function Bloc Diagram)
- Le langage GRAFCET (SFC : SequentialFunction Chart)
- Le langage mnémorique (IL : Instruction list)

IV36. Choix d'un API

Les critères de choix essentiels d'un automate programmable industriel sont :

- Les compétences/expériences de l'équipe d'automaticiens en mise en œuvre et en programmation de la gamme d'automate.
- La qualité du service après-vente.
- Les capacités de traitement du procédé (vitesse, données, opérations, temps réel..).
- Le type des entrées/sorties nécessaires.
- Le nombre d'entrées/sorties nécessaires.

IV.4. L'automate programmable Siemens S7-400 [14]

IV.4.1. Introduction

Après avoir décrit la fonctionnalité de démarrage de deux fours et ensuite, présenté quelque généralité sur les API, nous entrons maintenant dans le cœur du sujet en abordant l'automate Siemens S7-400 le responsable sur la réalisation des séquences de démarrage. Dans cette section, nous explorerons les caractéristiques clés, les composants et les avantages de cet automate.

IV.4.2. Présentation

Le S7-400 est un contrôleur de processus conçu pour les solutions système dans les domaines de la fabrication et de l'automatisation de processus. Il est idéal pour les tâches intensives en données qui sont particulièrement typiques de l'industrie des processus. Les contrôleurs SIMATIC S7-400 sont synonymes de sécurité d'investissement à long terme. Siemens a systématiquement développé la série pour s'assurer que le bon contrôleur sera toujours disponible pour une vaste gamme de solutions d'automatisation dans l'industrie des processus, voir la figure IV-9.

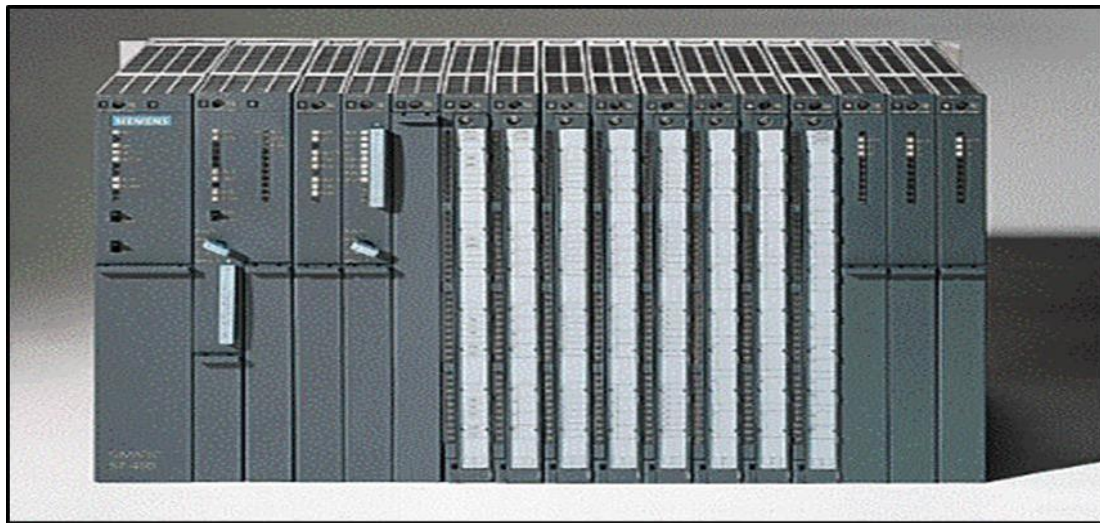


Figure IV-9 : Automate siemens S7-400

IV43. Les caractéristiques du S7-400

Le S7-400 réunit tous les avantages de ses prédécesseurs avec les avantages que confèrent un système et un logiciel actualisés, mentionné au tableau au-dessous :

Tableau 4.1 : Les caractéristiques de l'API S7-400

Caractéristiques	Références
Réf CPU	CPU 412-1 à 417-4
Mémoire de travail pour programme et pour données	48 ko à 2M
Temps d'exécution pour 1K d'instructions sur 1bit	De 0.2 ms à 0.1 ms
Nombre Mémentos	4096 à 16384
Nombre compteurs	256 à 512
Nombre Temporisations	256 à 512
Nombre Entrées /Sorties TOR maxi	4096 à 131072
Nombre Entrées/Sorties ANALOG maxi	2048 à 8192
Interface de communication (selon CPU)	MPI Profibus DP Ethernet
Horloge	Sur toutes les CPU

IV.4. Les différents composants du S7-400

Le système de base comprend les composants matériels nécessaires à un automate à haute disponibilité. La figure représente les composants de la configuration. Le système de base peut être complété avec des modules standards du S7-400. Les modules de fonction et les modules de communication sont soumis à certaines limitations.

- a. **Module d'alimentation PS-400** : Ce module alimente la CPU ainsi que les autres cartes périphériques de l'automate en 24 et 5,1 volts. Il existe plusieurs modules de puissance différents (4, 10,20A) qui occupent un à trois emplacements, caractérisé par :
 - i. On le choisit en fonction de la puissance totale à fournir aux cartes
 - ii. Il est possible de mettre des modules d'alimentation sur les châssis d'extension si les coupleurs ne transmettent pas l'alimentation
 - iii. Ces modules ne doivent pas alimenter les capteurs et les actionneurs d'une installation
 - iv. Cette alimentation communique avec la CPU
- b. **La CPU S7-400** : Les CPU S7-400 sont les plus puissantes. Elles possèdent des temps d'exécution extrêmement courts. Leurs systèmes d'exploitation offrent des fonctions de configuration très vastes.
 - i. Cette gamme existe en série H : automate haute disponibilité par architecture redondante
 - ii. Elle existe aussi en série F : automate de haute sécurité. En cas de défaillance, le système se replie dans un état prédéfini
 - iii. Les fonctions de la série F se combinent avec celles de la série H pour former la série FH
 - iv. Ces séries F, H et FH nécessitent des logiciels optionnels
 - v. Le S7-400 peut fonctionner en multiprocesseur

c. **Les cartes périphériques du S7-400** : Sont externes à la CPU sont l'interface entre le process et la CPU. Ces cartes sont brochables et débroschables sous tension. Cependant la configuration de l'automate et le programme utilisateur doivent prévoir cette éventualité.

1) **SM « Signal Module »** : Ce sont des cartes d'entrées/sorties numériques (DI/DO) ou d'entrées/sorties analogique (AO/AI). Il existe plusieurs références qui se différencient généralement par :

- Le nombre de signaux 16 ou 32 (E/S TOR).
- La tension des signaux d'entrées 24 ou 120 volts (TOR).
- La nature du courant : alternatif ou continu.
- La séparation en groupe de signaux qui ont une tension commune.
- Le courant maximum admissible (Sortie TOR).
- Le nombre de signaux analogique.
- La plage des signaux analogique +/- 1 volt, +/- 10 volts, +/- 20mA, 4-20mA.

2) **FM « Function Module »** : Ces cartes possèdent des fonctions particulières telles que :

- Le comptage.
- Le positionnement.
- Régulation.
- Commande de moteur pas à pas.

3) **CP « Communication Processor »** : Ces cartes ont des fonctions de communication :

- Point à point.
- Profibus.
- Ethernet.

4) **IM « Interface Module »** : Ces cartes ou coupleurs permettent la liaison avec les châssis d'extension. Plusieurs modules se différencient par les critères suivants :

- Distance entre les deux châssis.
- Nombre de châssis d'extension raccordable en série.
- Transmission ou non de l'alimentation 5 volt.

CHAPITRE IV : Description fonctionnelle et L'automate existant

- Un IM émetteur dans le premier châssis est raccordé à son IM récepteur dans un second châssis.
- 5) **Les châssis du S7-400** : Le châssis d'un S7-400 assure deux fonctions indispensables pour l'automate : fig.4.10.
- Mécaniquement, il permet le montage des cartes.
 - Électriquement, il connecte les cartes entre elles.

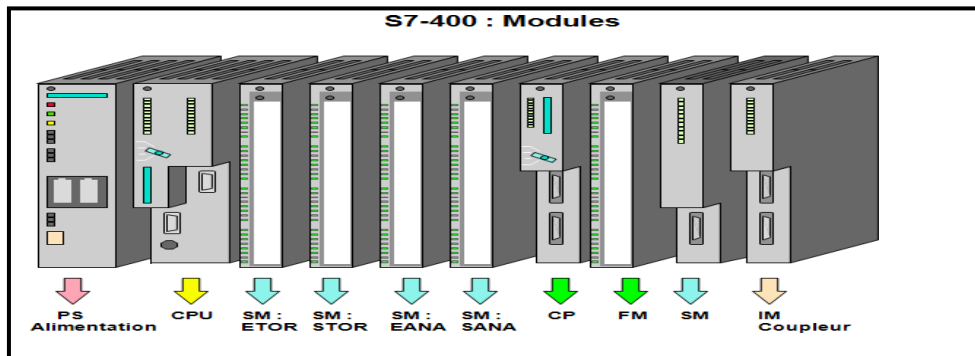


Figure 4.10 : Les différents composants de S7-400

IV.45. Les principaux avantages de S7-400

On distingue les avantages suivants :

- ❖ **Pas de point unique de défaillance** : La défaillance d'un composant de l'architecture n'affecte pas le fonctionnement du système.
- ❖ **Haut niveau de sécurité** : Sa puissance de diagnostic la place dans un niveau de sécurité de niveau 3 SIL 2 (SIL : System Integrity Level) norme IEC 61508.
- ❖ **Coût de maintenance réduit** : Les modules faisant défauts sont détectés automatiquement (système de diagnostic intégré) ; il n'est pas nécessaire de faire recours à des techniciens hautement qualifiés.
- ❖ **Haut niveau de disponibilité** : Les modules défaillants peuvent être remplacés sans interruption du fonctionnement du système.
- ❖ **Transparence** : Le PLC S7-400H est un ensemble matériel avec deux systèmes de contrôle parallèles distincts pour l'utilisateur. Un seul programme est développé pour les deux systèmes, chargé en une seule opération. En cas de défaillance, le second système prend automatiquement le relais. Le PLC S7-400H offre ainsi une redondance de système pour une fiabilité accrue.

IV5. Conclusion

En conclusion, Dans ce chapitre, nous avons approfondi les différentes séquences de démarrage des fours et mis en lumière l'importance de l'automate programmable industriel dans leur gestion, ainsi que sa description, avec une attention particulière portée aux caractéristiques clés de notre système Siemens S7-400. En somme, ce chapitre fournit une compréhension approfondie de la gestion et du contrôle des processus de démarrage de four.

Ce chapitre constitue une introduction à la suite de notre travail, où nous aborderons l'étape essentielle du développement software.

CHAPITRE V

Développement software

V1. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons vu en détail la description fonctionnelle et la commande séquentielle des deux fours C et D, ainsi que l'utilisation de l'automate programmable industriel Siemens S7-400 pour gérer ces processus. Dans ce nouveau chapitre, nous allons explorer le développement de logiciels pour les automates programmables industriels, en mettant l'accent sur le logiciel de programmation STEP7. Nous aborderons les différents aspects de ce logiciel, de sa configuration à la création de projets de programmation, pour élaborer un programme de démarrage de four fonctionnel et efficace.

V2. Présentation de SIMATIC Manager Step7 [15]

V21. Introduction

Les séquences de démarrage et de l'arrêt normal des fours d'huile du complexe, sont contrôlées par un automate programmable Siemens de type S7/ 400. Le matériel et le pro- logiciel utilisé appartiennent à la gamme SIMATIC.

Le STEP-7 est le nom du logiciel de programmation pour les systèmes SIMATIC S7/M7 et par conséquent le logiciel de programmation du S7-400.STEP-7. Il nous offre toutes les fonctionnalités nécessaires pour configurer, paramétrer et programmer l'automate programmable S7-400. Au fur et à mesure que nous avançons dans la programmation, on trouve plusieurs fonctions d'assistance qu'il met à notre disposition, pour résoudre efficacement nos problèmes d'automatisation.

V22. SIMATIC STEP7

Il permet de faciliter ces fonctionnalités suivantes :

- Possibilité de paramétrage de modules fonctionnels et de modules de communication.
- Forçage et fonctionnement multiprocesseur.
- Communication par données globales.
- Transfert de données commandé par événement à l'aide de blocs de communication et de blocs fonctionnels.
- Configuration de liaisons.

V23. Langages de programmation

Il existe pour les automates SIEMENS trois types de langages de représentations équivalentes pour la programmation, (Figure 5.1) :

- **LOG** : L'éditeur Logigramme (LOG) nous permet de visualiser les opérations sous forme de boîtes logiques ressemblant à des schémas de porte logique à courants.
- **LIST** : l'éditeur Liste d'instructions (LIST), permet d'entrer des abréviations d'opérations quand on crée des programmes de commande. Généralement, l'éditeur LIST convient mieux aux programmeurs expérimentés, habitués aux automates programmables et à la programmation de code. L'éditeur LIST permet également de créer des programmes qu'il n'est pas possible de représenter avec les éditeurs CONT ou LOG. En effet, avec cet éditeur, on programme dans un langage natif de la CPU et non dans un éditeur graphique où des restrictions sont nécessaires pour que les schémas soient tracés correctement.
- **CONT** : L'éditeur Schéma à contacts (CONT, LADDER) vous permet de créer des programmes qui ressemblent à un schéma de câblage électrique.

La programmation en CONT est la méthode choisie par de nombreux programmeurs d'automates programmables et par le personnel de maintenance, c'est un langage qui convient également très bien aux programmeurs débutants.

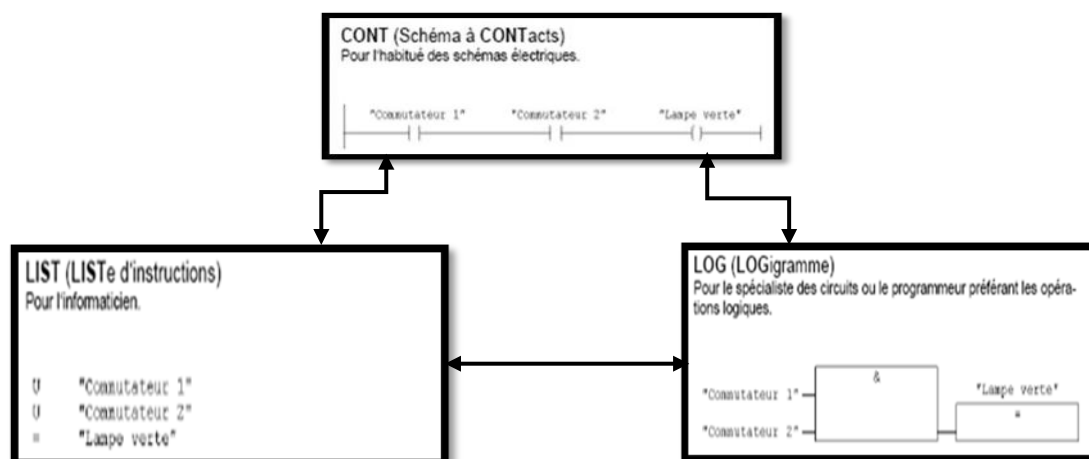


Figure 5.1 : Illustration des divers types de langages de programmation.

V24 Les blocs d'utilisateurs

Afin de structurer, d'organiser et bien gérer de grosses quantités de ligne, le programme peut être divisé en bloc numéroté. Il existe trois grands types de bloc de code : Tableau 5-1.

🚦 **Tableau 5.1. :** Les blocs d'utilisateurs

Type et nom	Description
OB :bloc d'organisation	Ils constituent l'interface entre le système et le programme utilisateur. Ils gèrent le comportement de l'automate lors de l'apparition d'évènement.
FC : fonction	Les blocs FC contiennent le programme utilisateur. Ils permettent la transmission de paramètres entre le bloc appelé et le bloc appelant. Les variables locales utilisées dans ce bloc ne sont pas sauvegardées. C'est un bloc de code sans mémoire.
FB :bloc fonctionnel	Les blocs FB sont semblables aux FC. Les variables locales utilisées dans ce bloc sont sauvegardées dans un bloc de données appelé bloc de donnée d'instance. C'est un bloc de code mémoire.
DB :bloc de données	Les blocs de données ne contiennent pas d'instruction. Ils permettent de regrouper et de mémoriser les données utilisateur dans une « table »

V.2.6. Création des Mnémoniques sous STEP 7

Les mnémoniques sont les représentations symboliques de toutes les entrées, sorties et tous les marqueurs pris dans la liste des mnémoniques, ainsi que tous les blocs de données globaux des programmes S7 associés.

V.2.5. Cycle automate

Le système d'exploitation gère l'ensemble des tâches de l'automate dans un ordre précis et ce le plus rapidement possible. Voici ci-dessous (Figure 5-2) un cycle simplifier de l'automate pour l'exécution du programme :

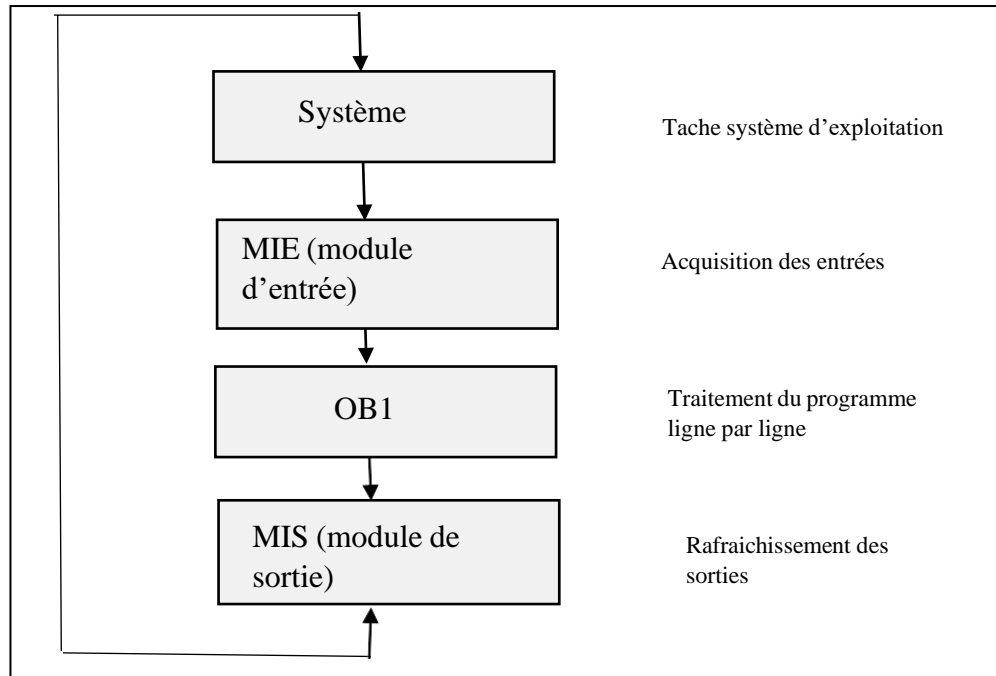


Figure 5-2 : Cycle automate

V27. Simulateur des programmes S7-PLCSIM

Il offre plusieurs tâches :

- Le programme utilisateur STEP 7 est exécuté et sera essayé dans un automate programmable simulé. La simulation étant réalisée entièrement dans le logiciel STEP7, l'utilisateur n'a pas besoin de matériel S7.
- Exécute la simulation des programmes utilisateur STEP7 qui ont été développés pour les automates S7-300 et S7-400.
- Offre une interface simple au programme utilisateur STEP7 servant à visualiser et à modifier différents objets tels que les variables d'entrée et de sortie.
- Comprend également un objet COM appelé S7ProSim pour accéder par programme à un système cible simuler.

V3. Procédure de la réalisation de programme

V3.1. Introduction

Cette dernière étape consiste à concevoir le programme qui pilotera le processus de conduite du four, qui sera implanté dans l'automate S7- 400.

Dans cette dernière partie, nous allons décrire les différentes étapes suivies afin de réaliser le programme.

V3.2. Développement software

Les logiciels et différents outils SIMATIC utilisés lors de la réalisation du programme, ont été définis dans la première partie précédente.

V3.2.1. Création du projet dans SIMATIC Manager

Tout d'abord, nous pouvons lancer le logiciel en cliquant sur l'icône correspondante sur le bureau de l'ordinateur. Ensuite, nous pouvons sélectionner "Fichier" et choisir "Nouveau" si nous souhaitons créer un nouveau projet, ou "Ouvrir" si nous voulons travailler sur un projet existant. (Figure 5.3).

Lors de la création d'un nouveau projet, l'assistant nous demandera de sélectionner la CPU que nous utiliserons, de choisir les blocs de programmation et de nommer notre projet. Dans notre cas, nous pouvons cliquer sur "Insertion" et sélectionner la station SIMATIC400, puis choisir la CPU414-2 DP. (Figure 5.4).

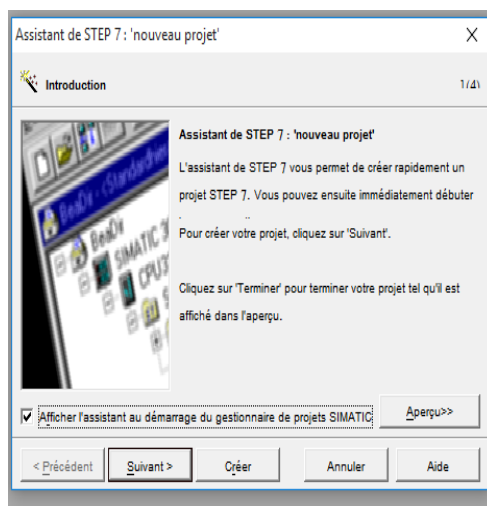


Figure 5.3 : Assistant de step 7

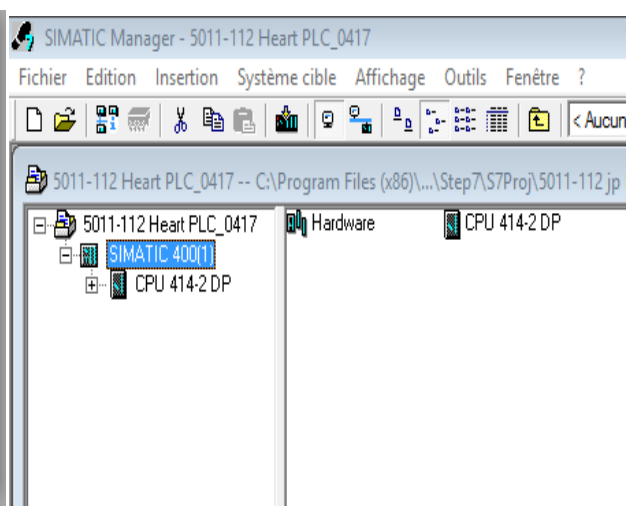


Figure 5.4 : Espace de travail après création de projet

V322 Configuration matérielle

Après avoir créé la station SIMATIC400, on passe à la configuration matérielle en appuyant sur l'icône Matériel/Hardware.

Nous avons ajouté à l'automate S7-400 doté d'une CPU412-2 DP, la configuration suivante : (Voir la figure 5.5)

- Deux sources d'alimentation PS407 10A.
- Un CPU 414-2 DP.
- Six modules d'entrées et cinq modules de sorties de 32 bits.

On peut consulter les références de chaque module et les adressages de chaque modules entrées/sorties (figure 5.6). :

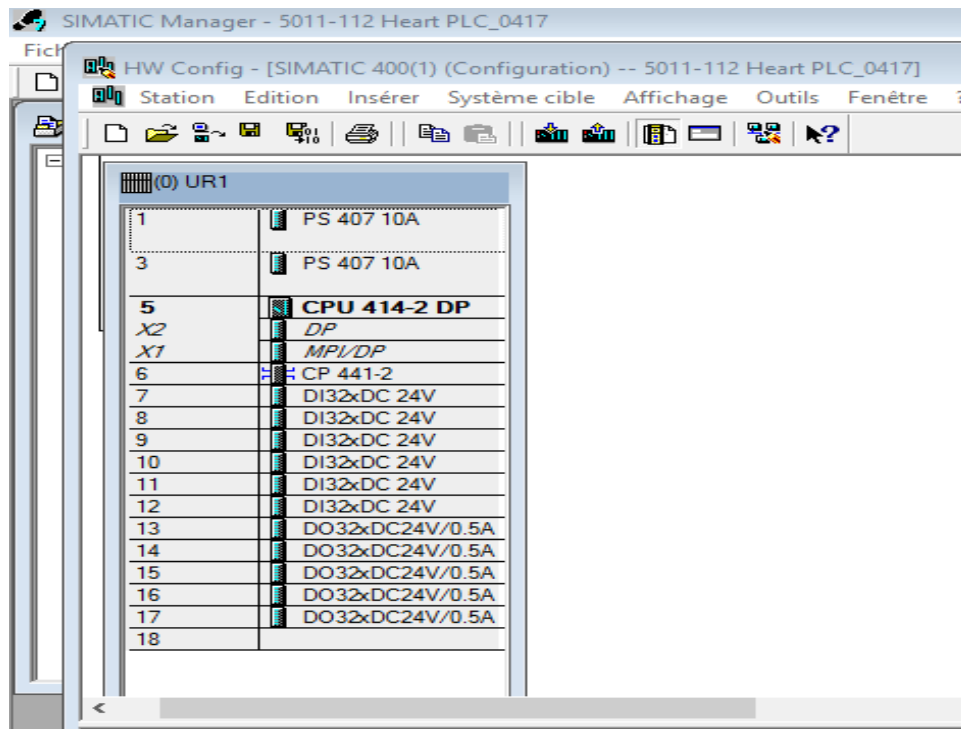


Figure 5.3 : Configuration matérielle

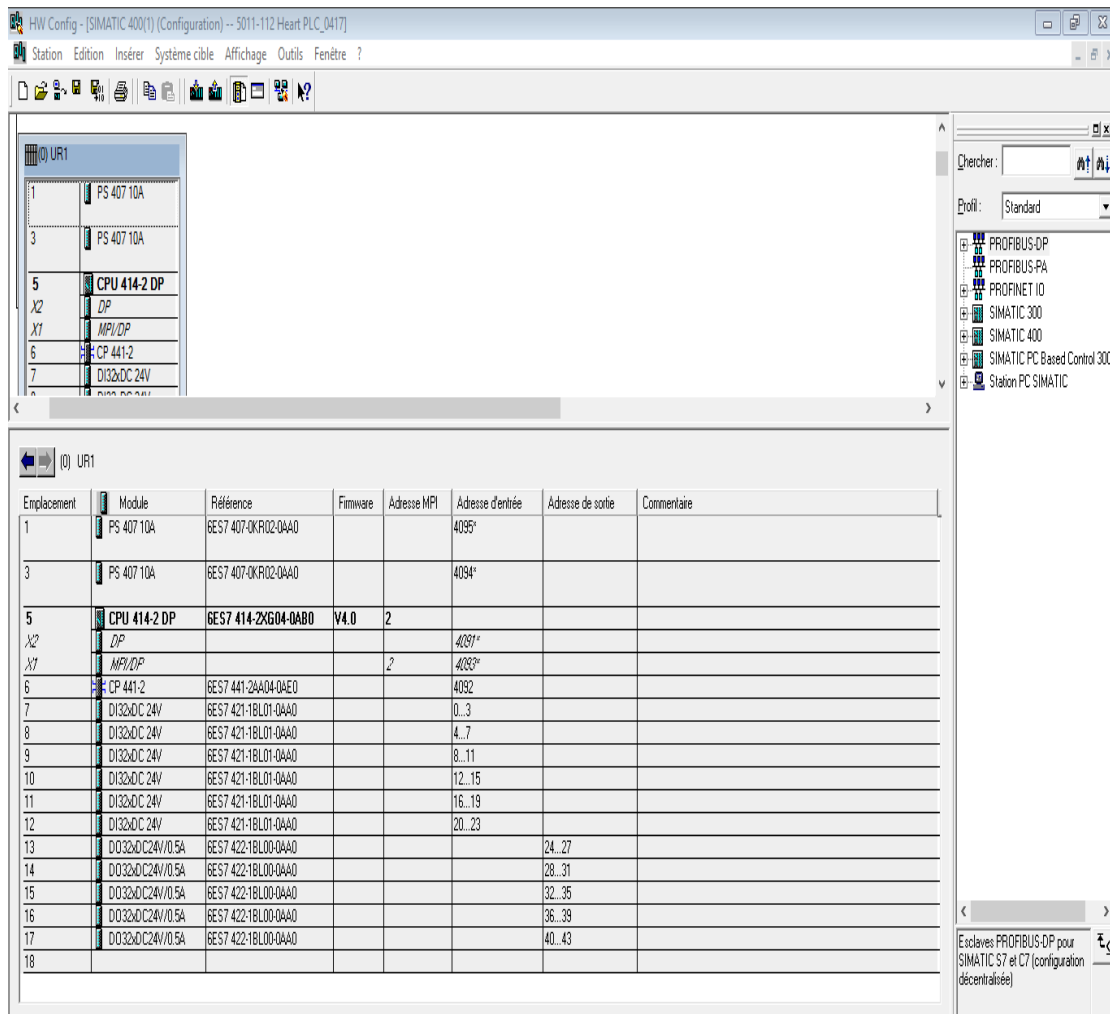


Figure 5.4 : Configuration Matérielle avec les références et les adressages.

V-3-2-3. Création de table mnémorique

Le processus que nous utilisons implique plusieurs éléments, à savoir des entrées et des sorties. Les entrées consistent en les signaux émis par les capteurs qui sont reçus par notre automate, tandis que les sorties sont les ordres que l'automate envoie aux actionneurs. Tous ces éléments, appelés mnémoniques, sont de type tout ou rien (TOR) et sont identifiés par un nom ou une abréviation ainsi qu'une adresse, qui sont répertoriés dans une table des mnémoniques, la figure 5-5 au-dessous :

	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		0.1S CLOCK	M 101...	BOOL	
2		0.2S CLOCK	M 101...	BOOL	
3		0.4S CLOCK	M 101...	BOOL	
4		0.5S CLOCK	M 101...	BOOL	
5		0.8S CLOCK	M 101...	BOOL	
6		1.0S CLOCK	M 101...	BOOL	
7		1.6S CLOCK	M 101...	BOOL	
8		2.0S CLOCK	M 101...	BOOL	
9		3SEC LIFE BIT_1	T 2	TIMER	
10		3SEC LIFE BIT_2	T 3	TIMER	
11		AFTER 1SEC OFF	M 100...	BOOL	
12		AFTER 1SEC OF...	T 1	TIMER	
13		AFTER 1SEC ON	M 100...	BOOL	
14		AFTER 1SEC ON ...	T 0	TIMER	
15		BE-300 Q	A 25.2	BOOL	
16		BE-301	E 0.0	BOOL	
17		BE-302	E 0.1	BOOL	
18		BE-303	E 0.2	BOOL	
19		BE-304	E 0.3	BOOL	
20		BE-305	E 0.4	BOOL	
21		BE-306	E 0.5	BOOL	

Nombre de mnémoniques : 1021/1021

Figure 5-5 : illustration de la Table mnémonique

V.3.2.4 Les blocs de programmation

Une fois que nous avons configuré notre matériel et créé une table des mnémoniques, nous pouvons commencer la programmation en créant des blocs. Pour écrire le programme, nous pouvons cliquer sur les blocs OB1, FC ou FB en boucle. Une fois que le programme est complet, nous pouvons l'enregistrer.

V325. Elaboration de programme de démarrage des fours

Remarque

Il est établi que les programmes des deux fours sont identiques et fonctionnent selon le même principe, alors seul le programme du four D sera élaboré.

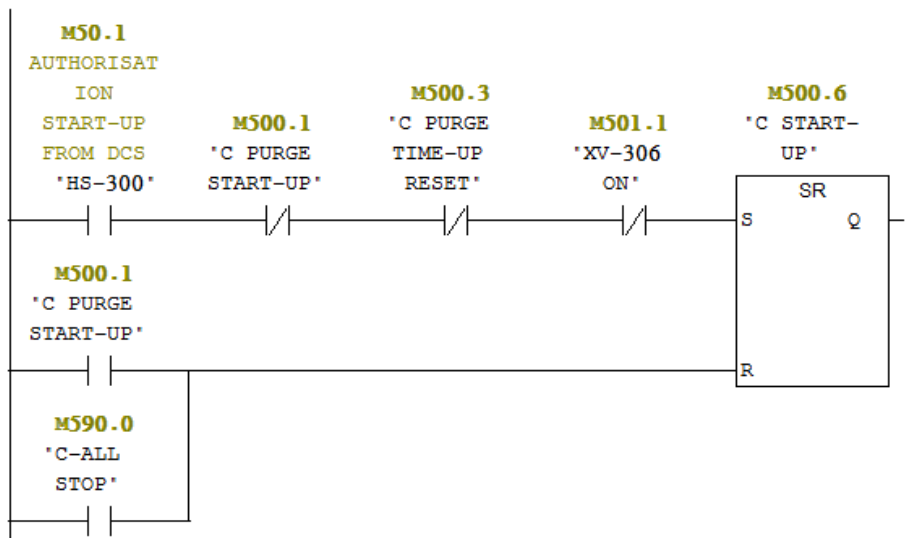
A. Autorisation de démarrage

☐ Réseau 2 : LAMP TEST



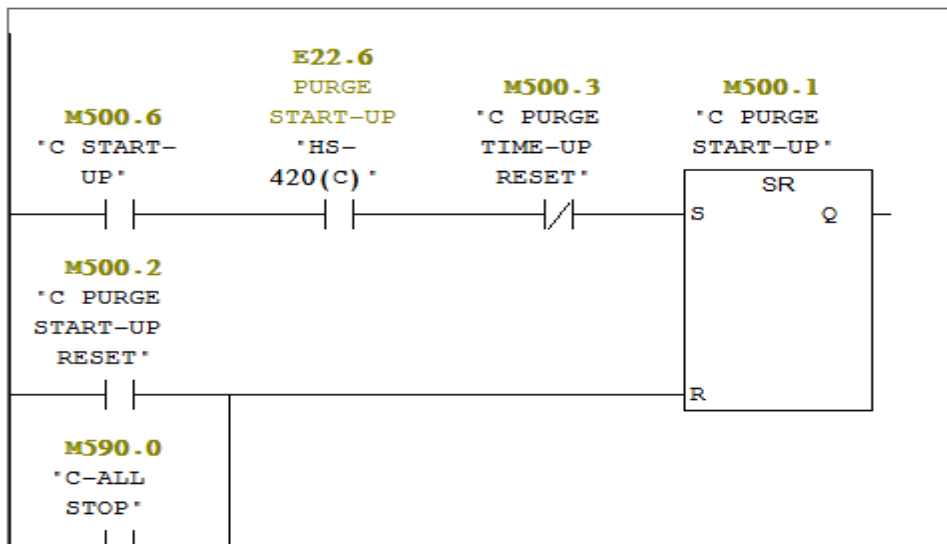
CHAPITRE V : Développement Software

Réseau 4 : C START-UP



B. Purge

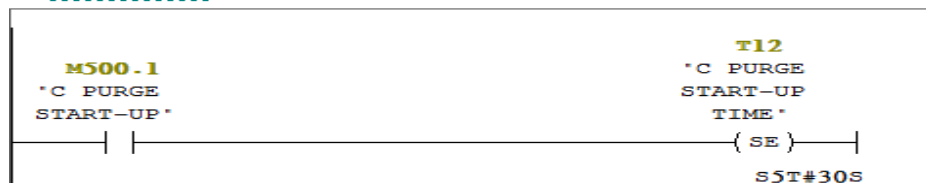
Réseau 5 : Purge start-up



Réseau 6 : Purge Timer start-up

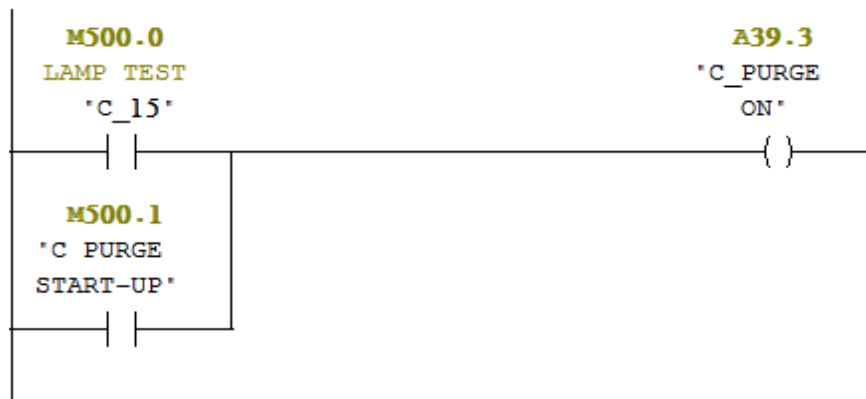


Réseau 7 : Titre :

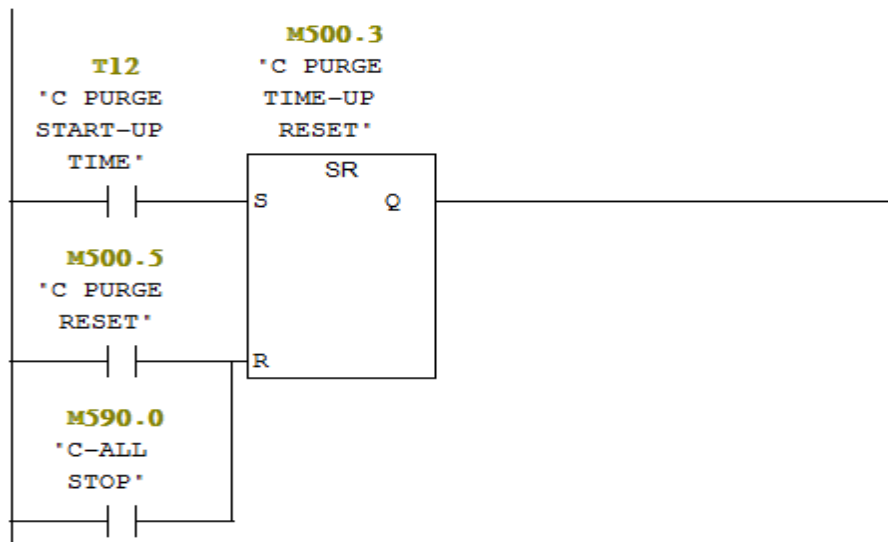


CHAPITRE V : Développement Software

▣ Réseau 11 : lamp purge on

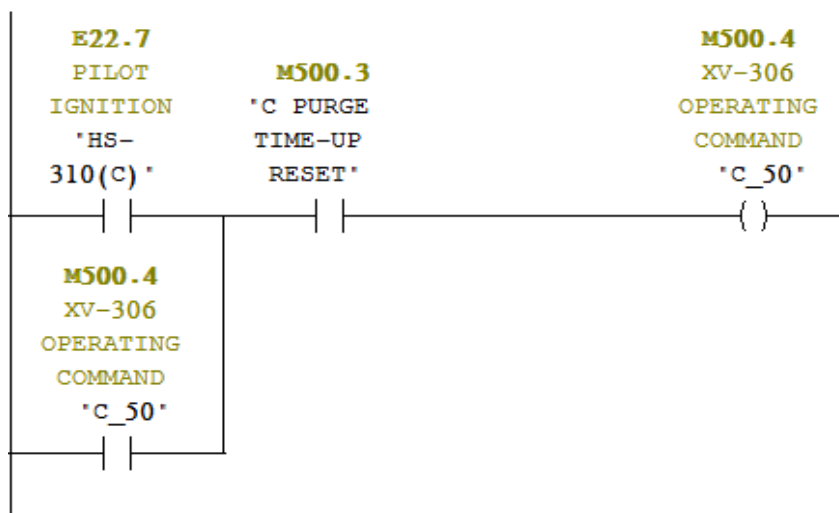


▣ Réseau 8 : Time-up reset (Purge end)



C. Autorisation allumage pilotes

▣ Réseau 9 : XV-306 OPERATING COMMAND / Pilot ignition authorization



CHAPITRE V : Développement Software

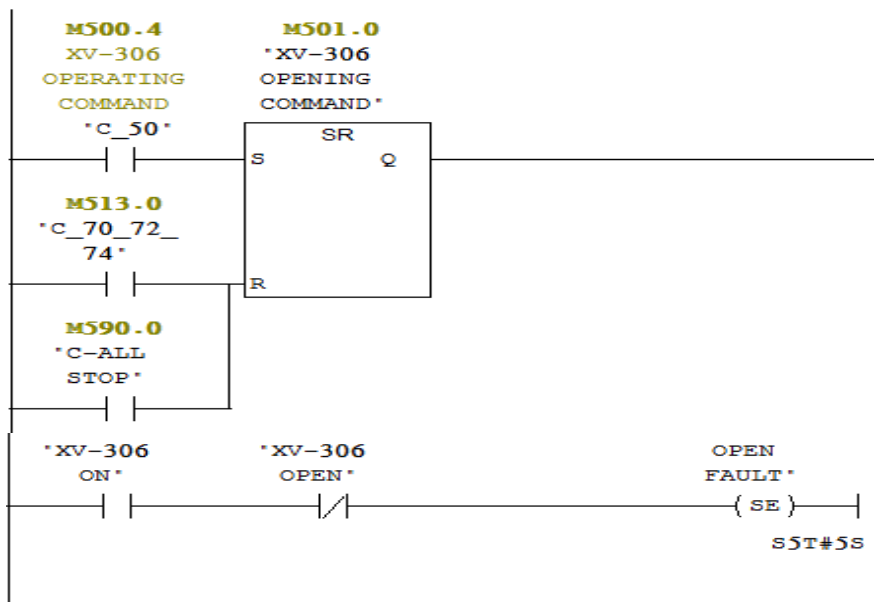
☐ Réseau 13: lamp témoin pilot ignition



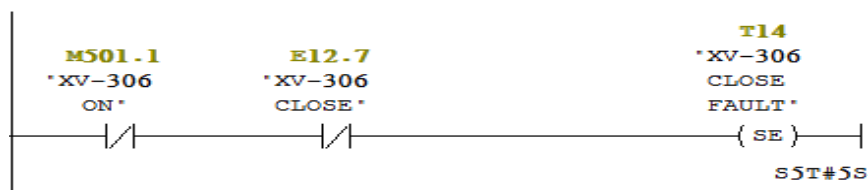
D. Allumage Pilotes

i. Ouverture d'électrovanne principale XV-306

☐ Réseau 1: XV-306 Openning and confirmation.



☐ Réseau 4: Time for opening 5 sec



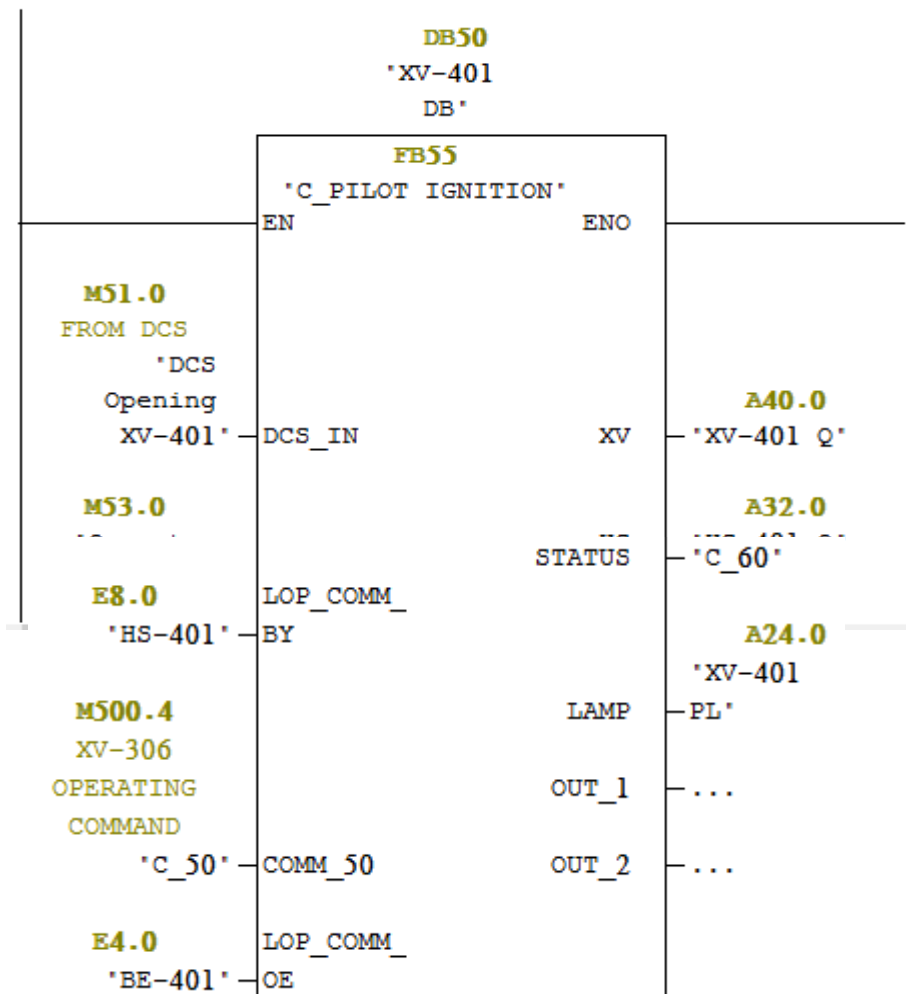
CHAPITRE V : Développement Software

☐ Réseau 5 : fault program: in case of a problem.

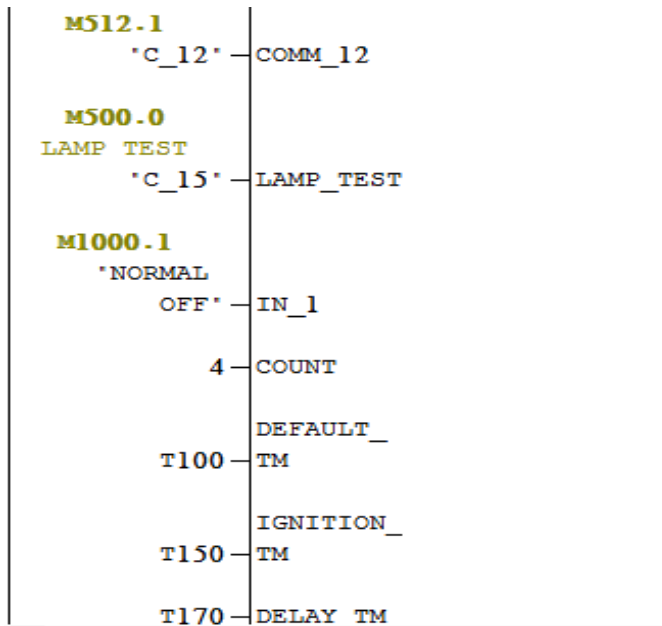


ii. **Ouverture des électrovannes de chaque pilote** : Nous allons procéder à l'ouverture du pilote (401) et les autres pilotes sont de même principe. Chaque pilote fait l'appel d'un bloc de donnée correspond.

☐ Réseau 1 : XV-401 OPERATION



CHAPITRE V : Développement Software



Le bloc DB 50

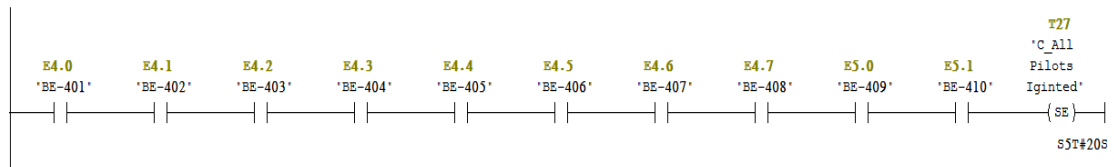
	Adresse	Décl.	Nom	Type	Valeur initial	Valeur en c	Commentaire
1	0.0	in	DCS_IN	BOOL	FALSE	FALSE	
2	0.1	in	OP_...	BOOL	FALSE	FALSE	
3	0.2	in	LOP_...	BOOL	FALSE	FALSE	
4	0.3	in	COM...	BOOL	FALSE	FALSE	
5	0.4	in	LOP_...	BOOL	FALSE	FALSE	
6	0.5	in	COM...	BOOL	FALSE	FALSE	
7	0.6	in	LAM...	BOOL	FALSE	FALSE	
8	0.7	in	IN_1	BOOL	FALSE	FALSE	
9	2.0	in	COUNT	INT	0	0	
10	4.0	in	DEF...	TIMER	T 0	T 0	
11	6.0	in	IGNI...	TIMER	T 0	T 0	

Figure V.6 : illustration du bloc de données DB50 correspond au pilote 401.

CHAPITRE V : Développement Software

E. Autorisation allumage bruleurs

☐ Réseau 16 : les pilotes sont tous allumés après 20 sec



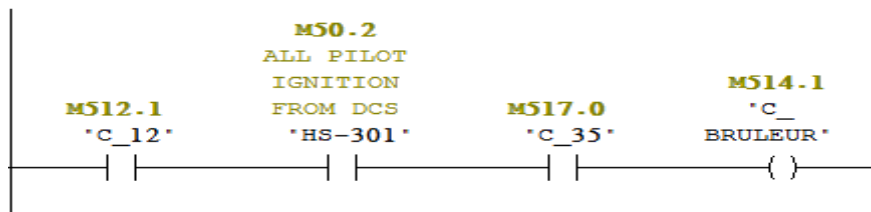
☐ Réseau 17 : lamp témoin



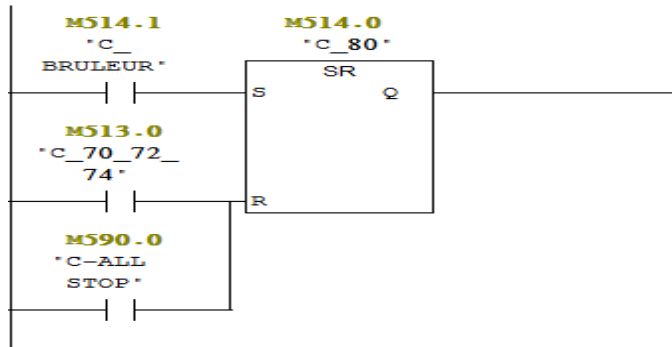
☐ Réseau 1 : burner ignition



☐ Réseau 2 : Titre :

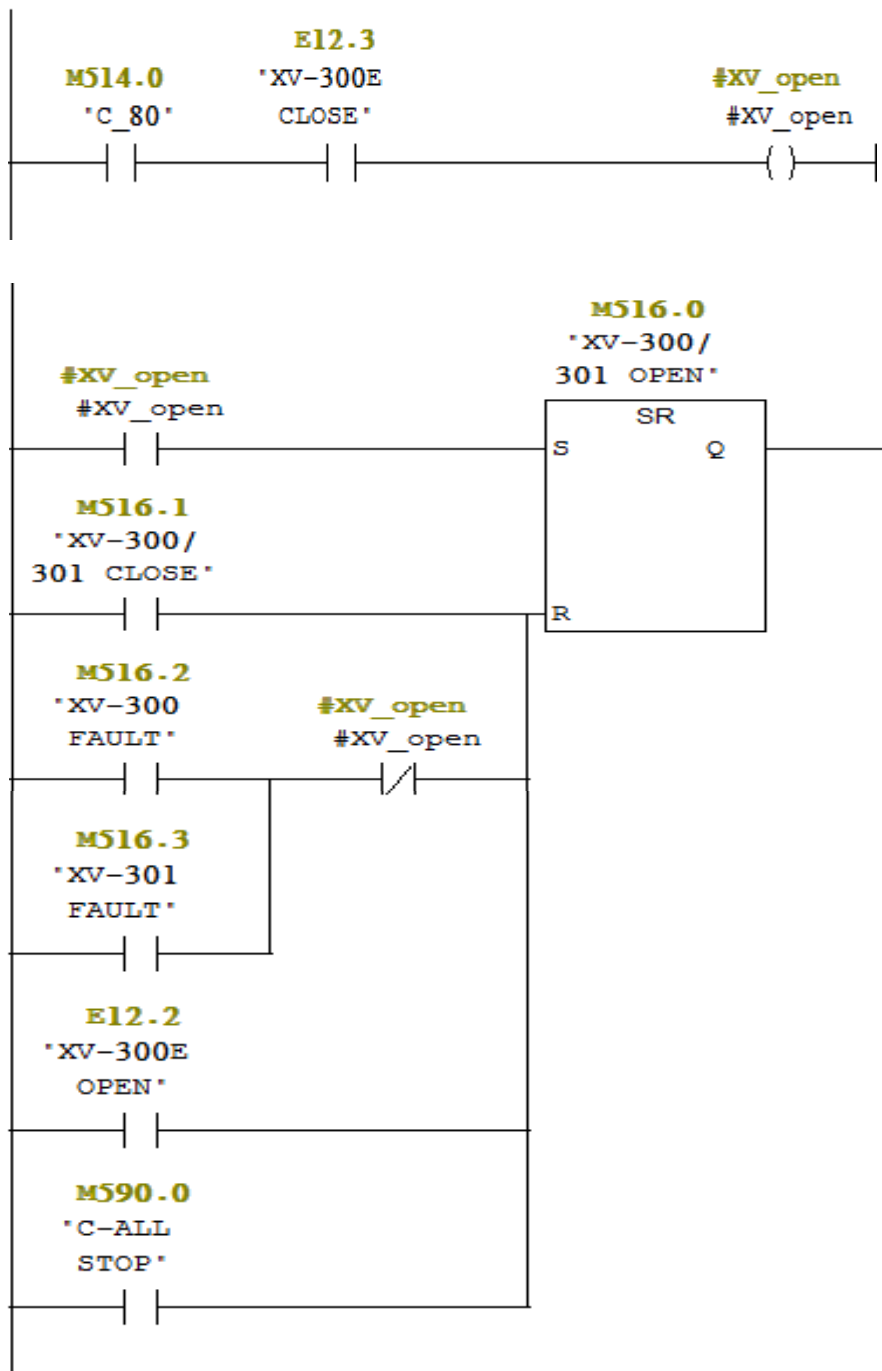


☐ Réseau 3 : Titre :



F. Allumage bruleur

☐ Réseau 1 : close xv300E and open xv300/301



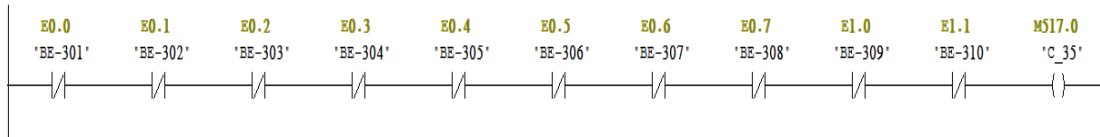
CHAPITRE V : Développement Software



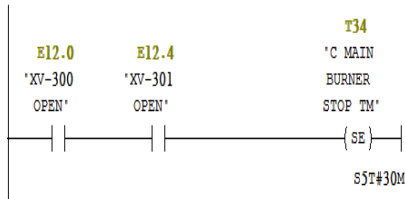
☐ Réseaux 11 et 12 : Timer for both xv300/301



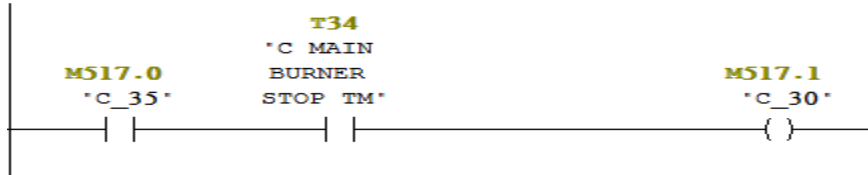
☐ Réseaux 13 : all pilotes are ON



☐ Réseaux 14 : a 30-minute timer starts if no burner is on



☐ Réseaux 15 et 16 : If timer stop, no burner in ON donc 'C' trigge:



☐ Réseaux 17 : Titre :



V.4 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons d'abord présenté le logiciel de programmation SIMATIC STEP 7, ses caractéristiques et son utilité. Nous avons ensuite expliqué comment réaliser un programme de démarrage pour les fours, en nous concentrant sur le four C, mais en soulignant que les étapes sont identiques pour le four D. Nous avons illustré chaque étape de la création du programme sous SIMATIC MANAGER à l'aide de captures d'écran.

CHAPITRE VI

Supervision HMI

VI.1. Introduction

Lorsque les processus deviennent plus complexes et que les machines et les installations doivent satisfaire à des spécifications de fonctionnalité de plus en plus strictes, il est essentiel pour l'opérateur de disposer d'une transparence maximale. Cette transparence peut être obtenue grâce à l'utilisation d'une Interface Homme-Machine (IHM).

Comme mentionné précédemment, l'absence d'un pupitre de visualisation local pour les deux fours d'huile du complexe GP2/Z entraîne des difficultés lors de la manipulation de certaines opérations qui devraient normalement être simples, telles que le démarrage, l'arrêt normal et la maintenance.

Pour cela nous avons proposé d'ajouter et de configurer un pupitre opérateur pour minimiser le nombre d'intervenants lors du déroulement des opérations citées ci-dessus.

Notre système de contrôle est constitué des éléments d'automatisme suivants :

- Un automate S7-400 basé sur une architecture redondante, permettant l'acquisition des données depuis les modules E/S déportées pour la gestion des fours.
- Modules d'entrée TOR déportées permettant l'acquisition des informations locales tout ou rien (switch, fin de course ...).
- Modules de sorties TOR déportées permettant la commande des actionneurs
- Un pupitre de visualisation de type MP270 10" Key.
- Une connexion EtherNet, reliant l'API avec le PC de supervision.
- Un réseau d'acquisition de type Profibus redondant, reliant l'API au pupitre de visualisation.
- La communication entre le pupitre et l'API sera effectuée par un support optique.

VI.2. Choix du fournisseur

Les séquences de démarrage et de l'arrêt normal des fours d'huile du complexe, sont contrôlées par un automate programmable Siemens type S7-400, donc chaque matériel et chaque logiciel doivent appartenir à la gamme SIMATIC. Ce qui nous a pousser à opter pour les produits de ce fournisseur afin d'ajouter le pupitre opérateur au niveau des deux fours.

VI.3. Pourquoi WINCC Flexible

WinCC flexible est le logiciel IHM pour la réalisation, par des moyens d'ingénierie simples et efficaces, de concepts d'automatisation évolutifs, au niveau machine. WinCC flexible réunit les avantages suivants :

- Simplicité.
- Ouverture.
- Flexibilité.

VI.4. Généralités sur WinCC Flexible [16]

VI.4.1 Définition

WinCC flexible : est un logiciel de configuration pour les écrans HMI utilisé pour la visualisation de processus sous des pupitres opérateurs ou des pupitres tactiles.

WinCC flexible Runtime : Runtime est le logiciel de visualisation de process. Dans Runtime, vous exécutez le projet en mode procès.

VI.4.2 Les systèmes d'automatisation avec WinCC flexible

WinCC assurent la configuration de divers concepts d'automatisation. Nous pouvons en particulier réaliser les concepts suivants de manière standard :

a. Système d'automatisation avec un pupitre opérateur

On appelle système monoposte, un pupitre opérateur directement relié à un automate via le bus système.

Généralement intégrés à la production, les systèmes monopostes peuvent cependant également assurer le contrôle-commande de processus indépendants ou de parties d'installations.

b. Configurer

Configurer consiste à créer des images et des messages, et à établir les connexions correspondantes avec le programme de l'automate. Cela permet de visualiser les opérations en cours et d'intervenir si nécessaire.

c. Images/vues

Les images fournissent une représentation visuelle du processus, permettant à l'opérateur de comprendre rapidement le contexte et d'intervenir si nécessaire. Les informations textuelles accompagnent les différentes parties des images. Des graphiques, tels que des courbes ou des histogrammes, illustrent les variations telles que la température ou le niveau de remplissage. Les images peuvent être activées pour afficher les valeurs provenant de l'automate, tandis que l'opérateur peut également saisir des valeurs qui sont ensuite transmises à l'automate.

d. Messages

Les messages sont utilisés pour informer l'opérateur de l'état de fonctionnement ou des alarmes dans le processus. Ces messages sont affichés automatiquement pour attirer l'attention de l'opérateur.

e. Touches

Les pupitres opérateurs possèdent un pavé de touches système. Il comporte les touches permettant la commande du pupitre opérateur, par exemple le déplacement du curseur ou la saisie. Des fonctions peuvent être affectées aux touches de fonction au cours de la configuration. C'est ce qui permet de réaliser l'enchaînement des commandes proprement dit.

VI.4.3. La communication

Les performances des systèmes d'automatisation ne dépendent actuellement plus uniquement des automates mais aussi en grande partie de l'environnement. Celui-ci est constitué de la visualisation de procédé, du contrôle-commande et surtout d'un système de communication performant.

VI.4.3.1. Réseaux de terrain

- i. **Profibus-DP** : Profibus-DP est un système de bus ouvert selon la norme (CEI 61158 : Ed3 type 3), utilisant le protocole de transmission spécifique : "DP" (DP signifie Périphérique Décentralisée). Sur le plan physique, PROFIBUS-DP est constitué, soit d'un réseau électrique formé d'un câble à 2 fils blindés (RS 485), soit d'un réseau formé de fibres optiques. Le protocole de transmission "DP" assure un échange de données rapide, cyclique, et si nécessaire acyclique entre l'unité centrale et les périphériques décentralisés.
- ii. **Réseau MPI** : Le Multi Point Interface - Siemens (MPI) est une interface propriétaire des automates programmables industriels SIMATIC S7 de la compagnie Siemens. Elle est utilisée pour le raccordement des stations de programmation (PG ou PC), les pupitres opérateurs, ainsi que pour d'autres appareils appartenant à la famille SIMATIC. C'est cette technologie qui a inspiré le développement du protocole Profibus.
- iii. **Réseau Ethernet Industriel** : Ethernet est envisagé pour les applications industrielles, caractérisé par :
 - Fiabilité : Ethernet est un standard ouvert bien défini qui simplifie l'interopérabilité et accepte des composants provenant de sources multiples. Ouvert et transparent, Ethernet permet l'utilisation simultanée de plusieurs protocoles sur un réseau unique.
 - Rapidité : Des débits de 10 Mbit/s et de 100 Mbit/s ainsi que les nouvelles solutions Gigaoctets sont aujourd'hui monnaie courante – les protocoles de bus de terrain les plus rapides peuvent atteindre un débit de 12 Mbit/s, mais la plupart communiquent à moins de 2 Mbit/s.

VI.5. La procédure de réalisation

VI.5.1. Les étapes de réalisation

1. On lance le logiciel de configuration **WinCC Flexible** en appuyant sur l'icône.
2. Après avoir ouvert le logiciel WinCC, des boîtes de dialogues vont défiler pour configurer le pupitre qu'on va travailler avec, Figure 6-1.
3. Pour créer des images, on double clique sur l'icône « vues » puis sur « **Ajouter vue** ». Fig 6.2.

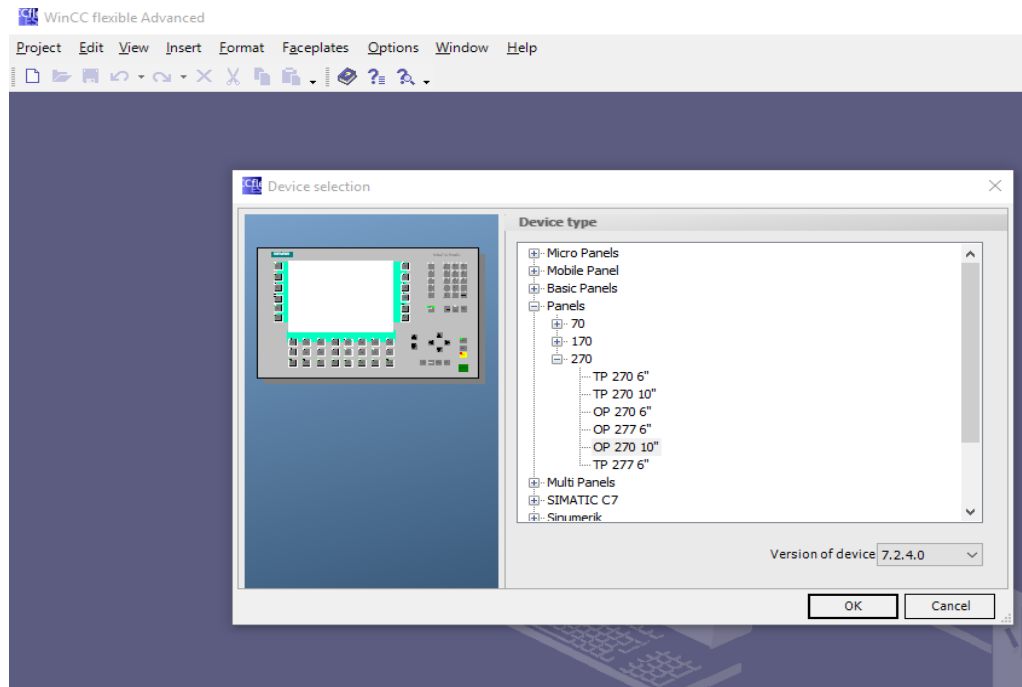


Figure 6.1 : Espace de configuration de type de pupitre

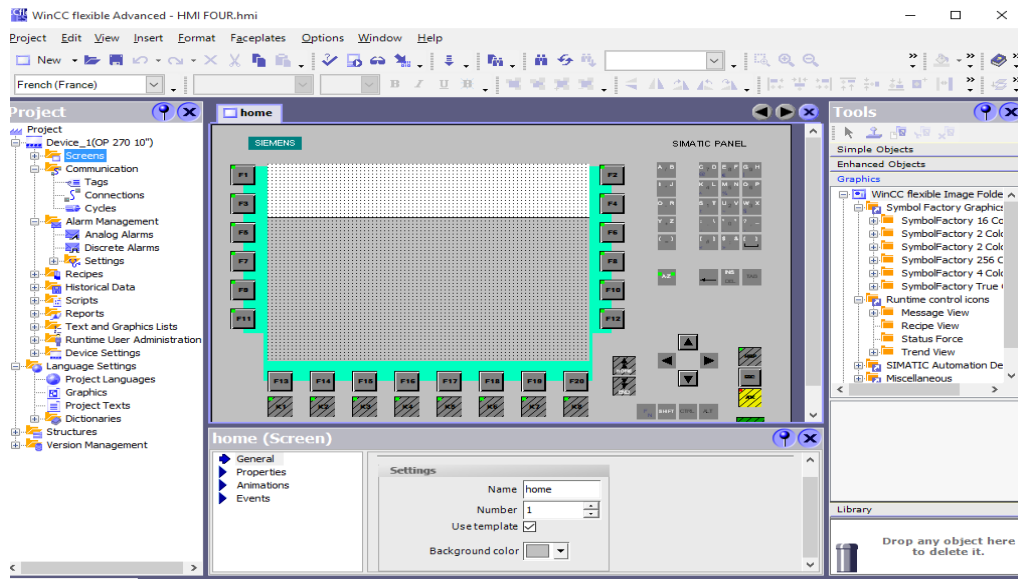










Figure 6.2 : Le pupitre choisie et l'espace de travail

4. Après avoir ouvert les vues, on commence à les configurer :
 - Pour cela nous avons ouvert la bibliothèque du WinCC, et on a sélectionné les objets qu'on va travailler avec (vannes, conduites, des flammes...), consulter le tableau T6-1 au-dessous.
 - Après avoir copié tous les objets, on commence à leurs affecter des mnémoniques et des adresses.

Tableau VI-1 : Les instruments et leurs états de marche

Objet	Son état
	Four en Arrêt
	Four en Marche
	Pilote Éteint
	Pilote Allumer
	Vanne Bloquée
	Vanne Bloquée
	Vanne Fermé
	Vanne Ouverte

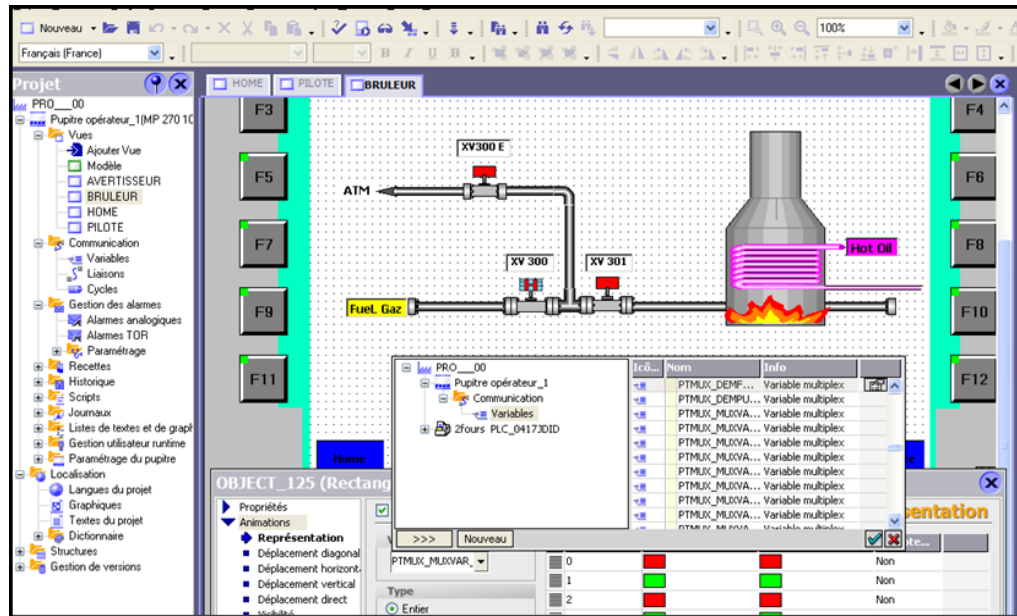


Figure 6.3 : Création des vues : ici vue des bruleurs.

- Dès qu'on a créé toutes les vues du pupitre, on entame la configuration des touches F13, F19, F20, F15, F16, F17 et F2 pour établir une liaison entre ces vues, (figure 6-4/ figure 6-5).

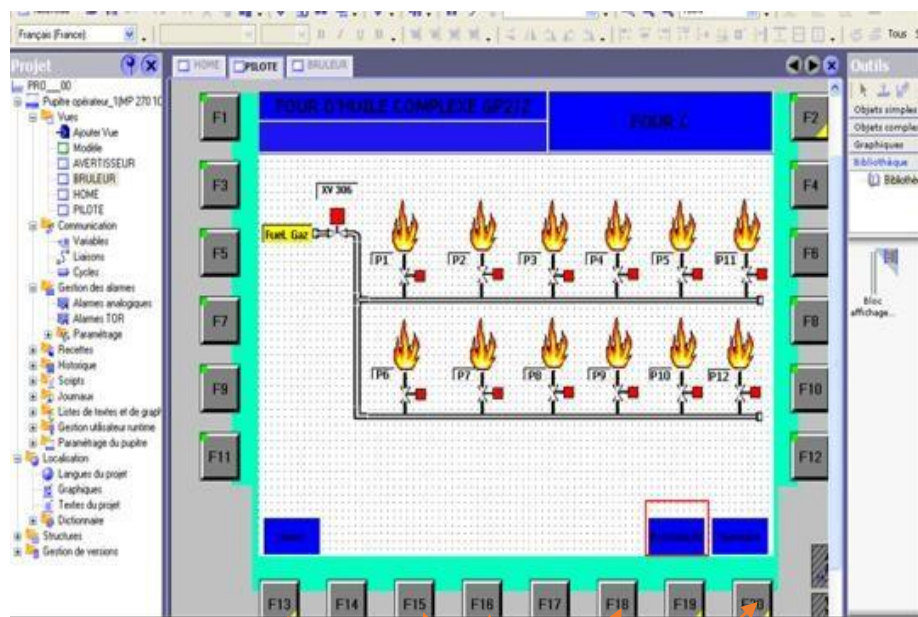


Figure 6-4 : Les touches configurés et le vue des pilotes

Les touches configurées

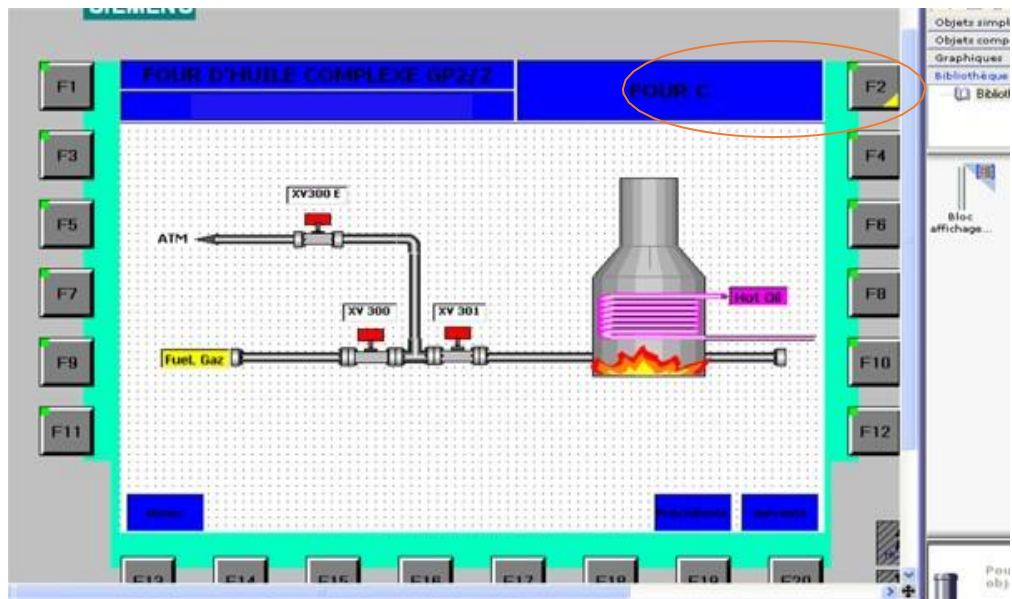


Figure 6.5 : Les touches de bascule entre les deux fours

5. Pour configurer les liaisons entre l'HMI et le PLC, on appuie sur l'icône : « liaisons » et on enregistre. (Figure 6.6 au-dessous)

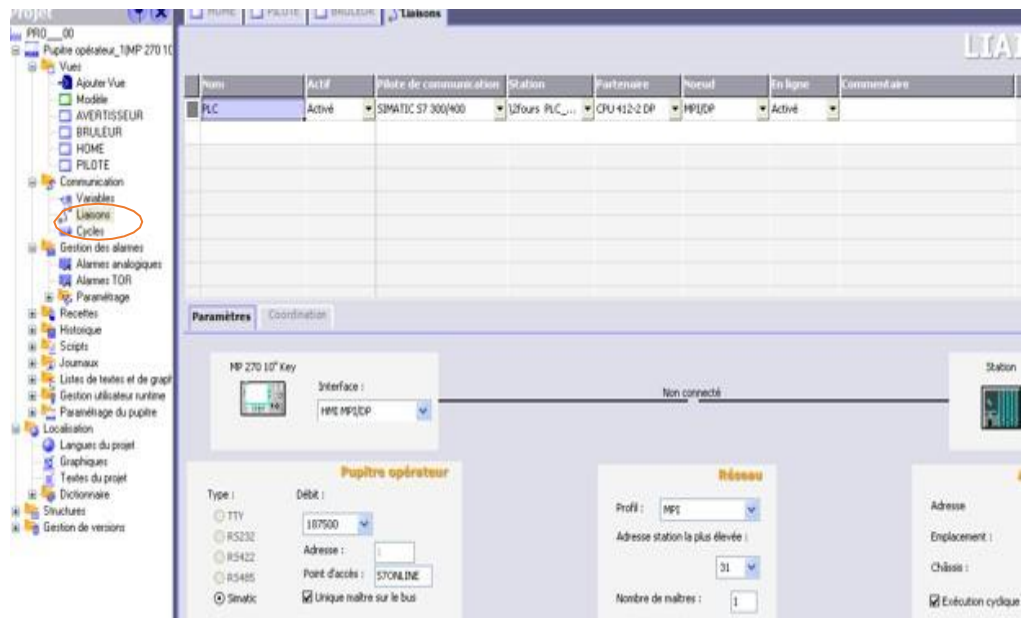


Figure 6.6 : La liaison entre HMI et PLC.

CHAPITRE VI : Supervision HMI

6. Après avoir terminé la configuration de notre pupitre, on passe au step7 pour la partie communication entre l'HMI et le programme de deux fours (Figure6.7).

- On appuie sur : **Insertion** → **Sous-réseau** → **Profibus**.
- Après avoir créé un sous-réseau Profibus, on configure les nœuds des deux paramètres (PLC, HMI) puis on les enregistre. (Figure 6.8)

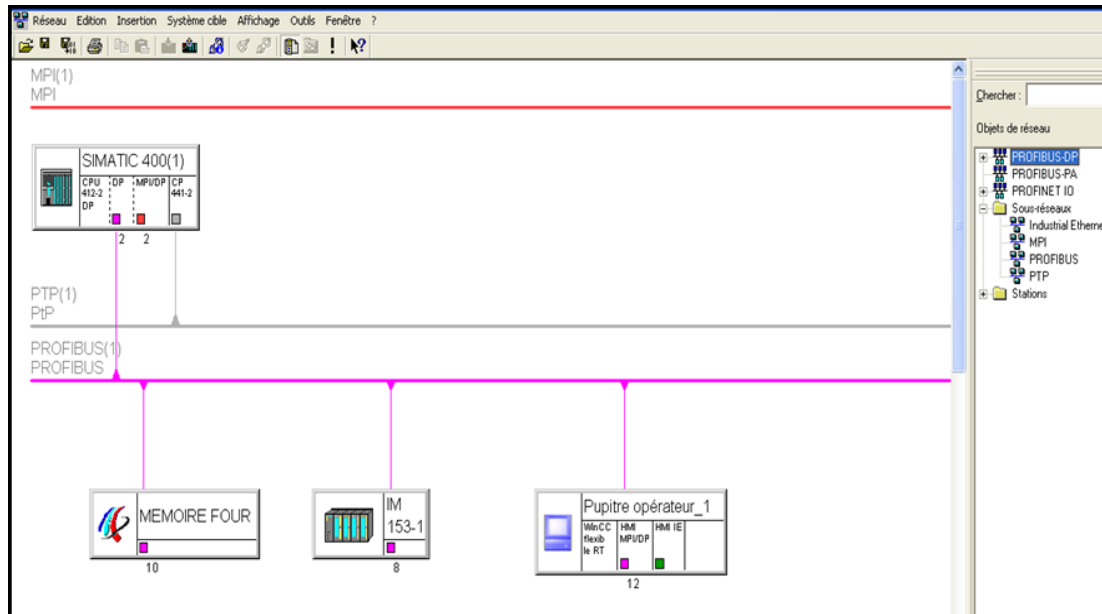


Figure 6.7 : La communication entre PLC et le pupitre

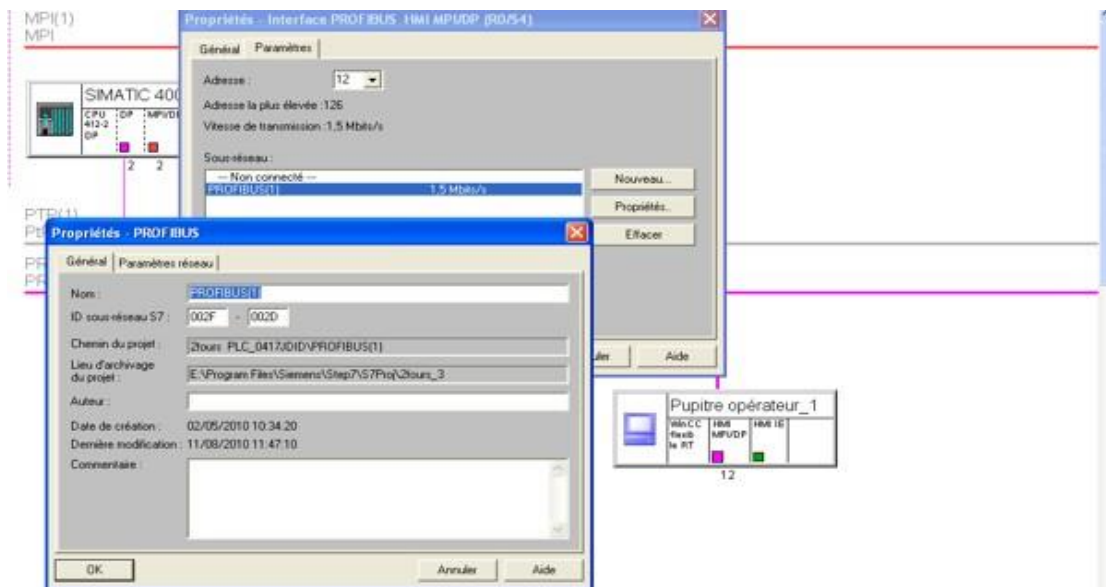


Figure 6.8 : Configuration de nœud DP

CHAPITRE VI : Supervision HMI

7. Pour intégrer le projet fait sur WinCC dans step7.
 - Sur la fenêtre WinCC, on appuie sur : **Projet** ➔ **Intégrer dans le projet step7**. (Figure 6.9).
 - Puis on sélectionne notre projet four qui se trouve sur step7 pour terminer complètement la création des liaisons entre le PLC (Hard et Soft) avec celles de l'HMI (Hard et Soft)

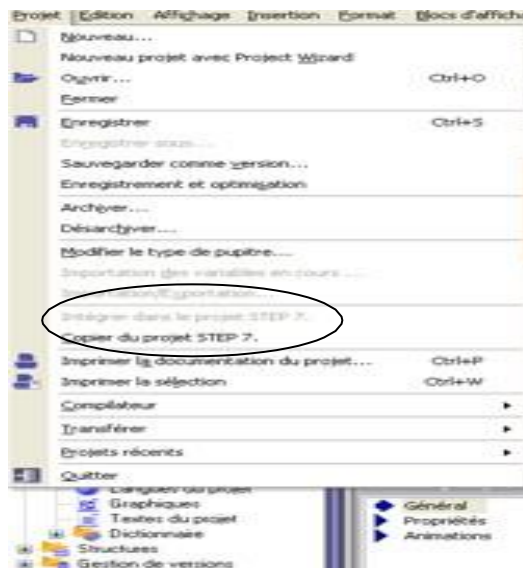


Figure 6.9 : Intégration sous Step7

8. Pour simuler notre projet, on procède comme suit :
 - On lance le simulateur du step7, (Figure 6.10).
 - On charge le programme à partir du step7
 - On démarre le Runtime du WinCC, (figure6.11).
9. Dès que le simulateur du WinCC est lancé, on peut forcer les adresses des objets configurés sur le pupitre à partir du simulateur step7. On obtient la vue de Runtime (Figure6.12).

CHAPITRE VI : Supervision HMI

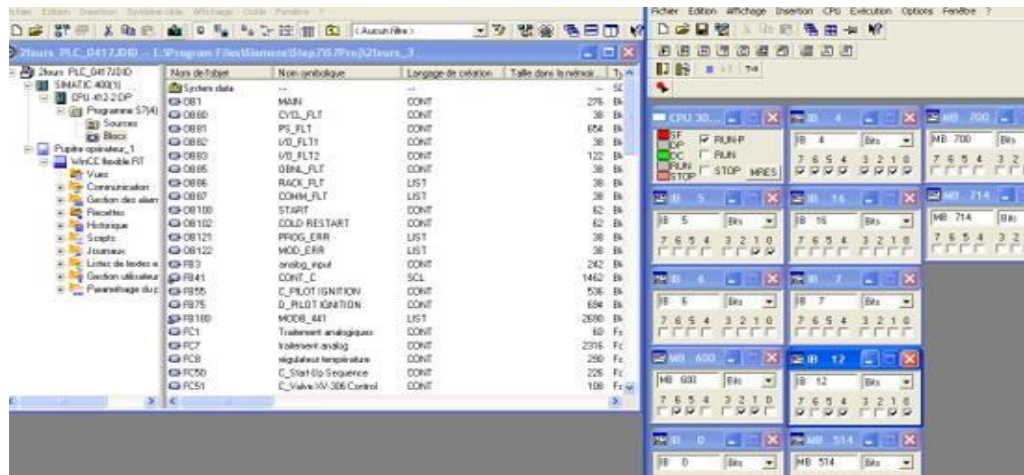


Figure 6.10 : Simulateur de Step7

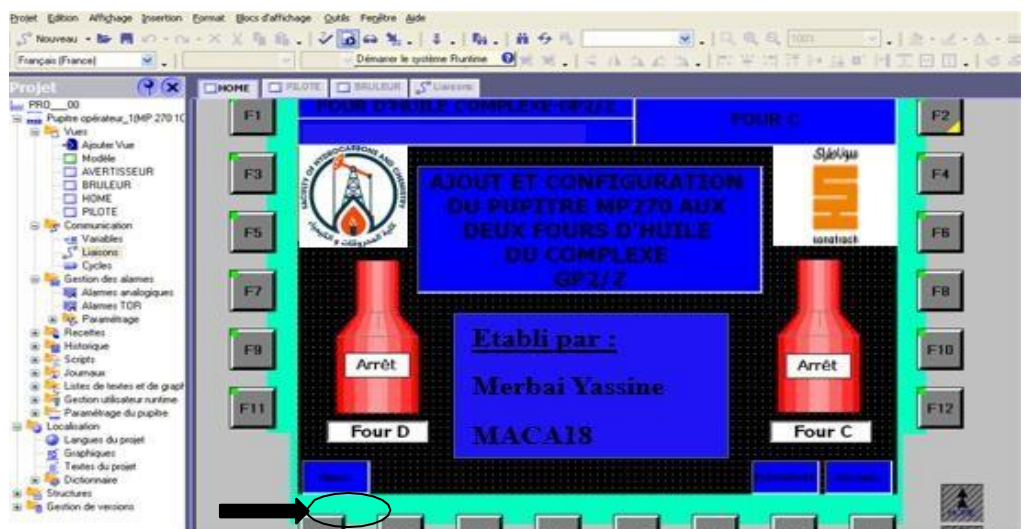


Figure 6.11 : Démarrage de Runtime WinCC

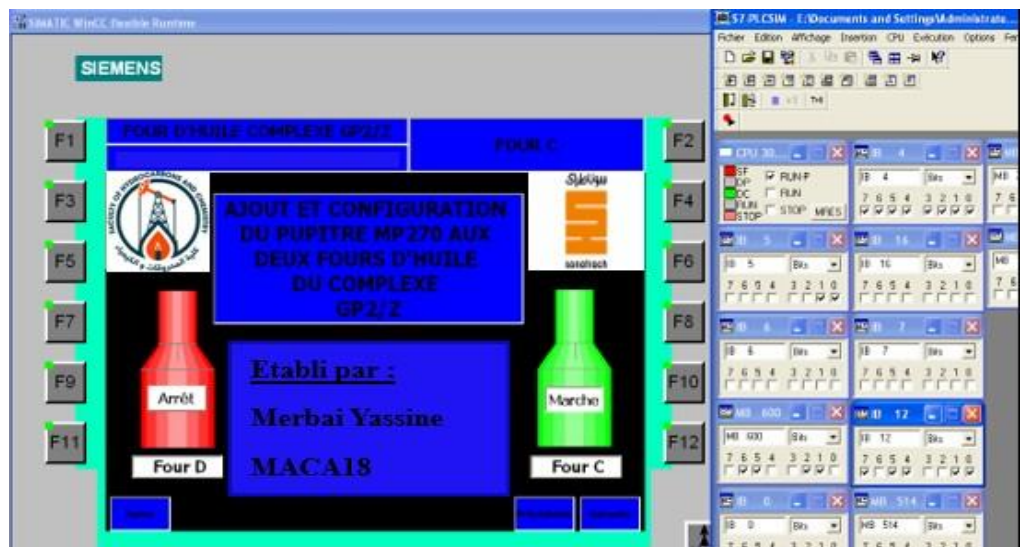


Figure 6.12 : Vue de Runtime

VI.4.2. Les vues créées sous le pupitre

1. Le vue d'HOME : elle représente une vue générale de l'état des deux fours du complexe.



Figure 6.13 : Vue HOME

2. Le vue des pilotes : représente l'état des pilotes deux fours.

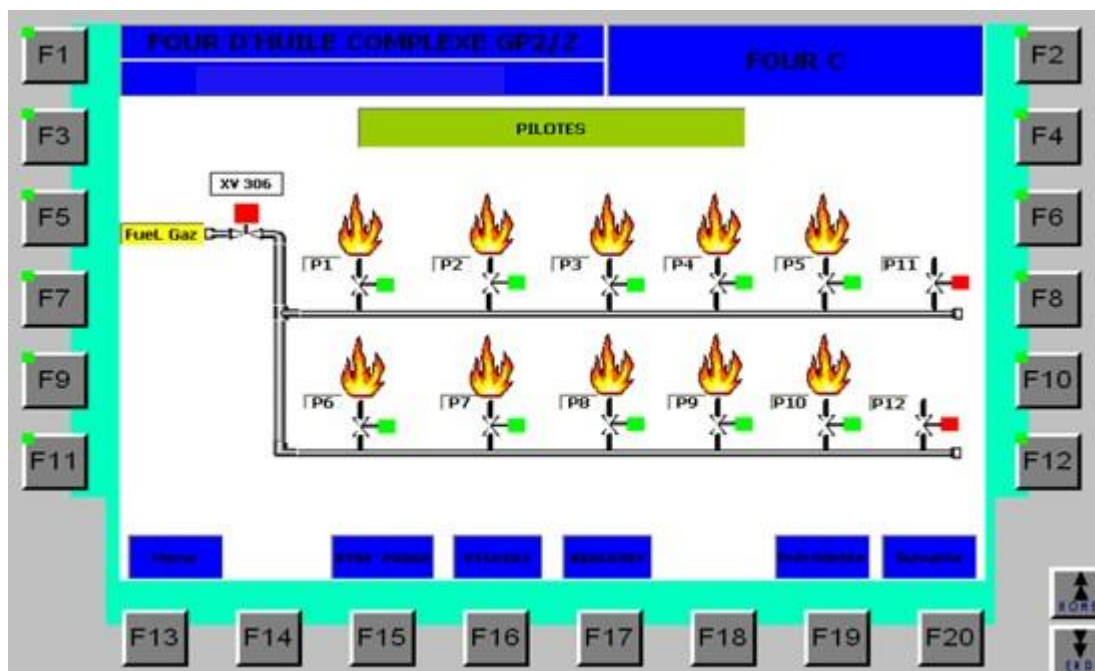


Figure 6.14 : Vue pilotes

CHAPITRE VI : Supervision HMI

3. Le vue des vannes bruleurs : représente l'état des vannes bruleurs des deux fours.

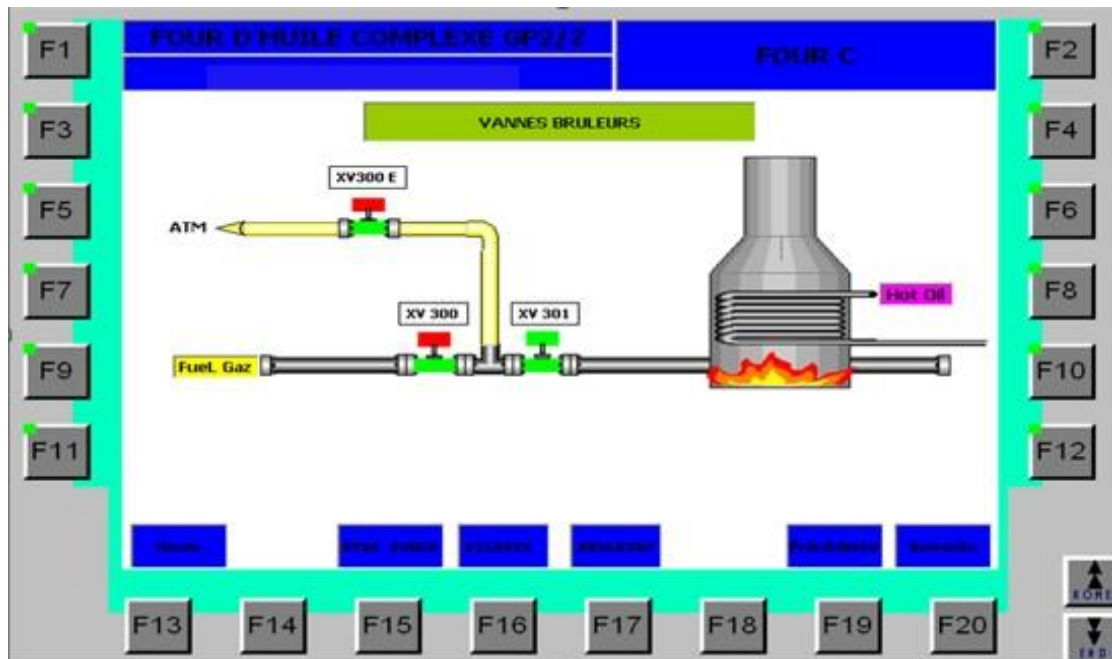


Figure 6.15 : Vue vannes bruleurs

4. Le vue des bruleurs : représente l'état des bruleurs des deux fours.

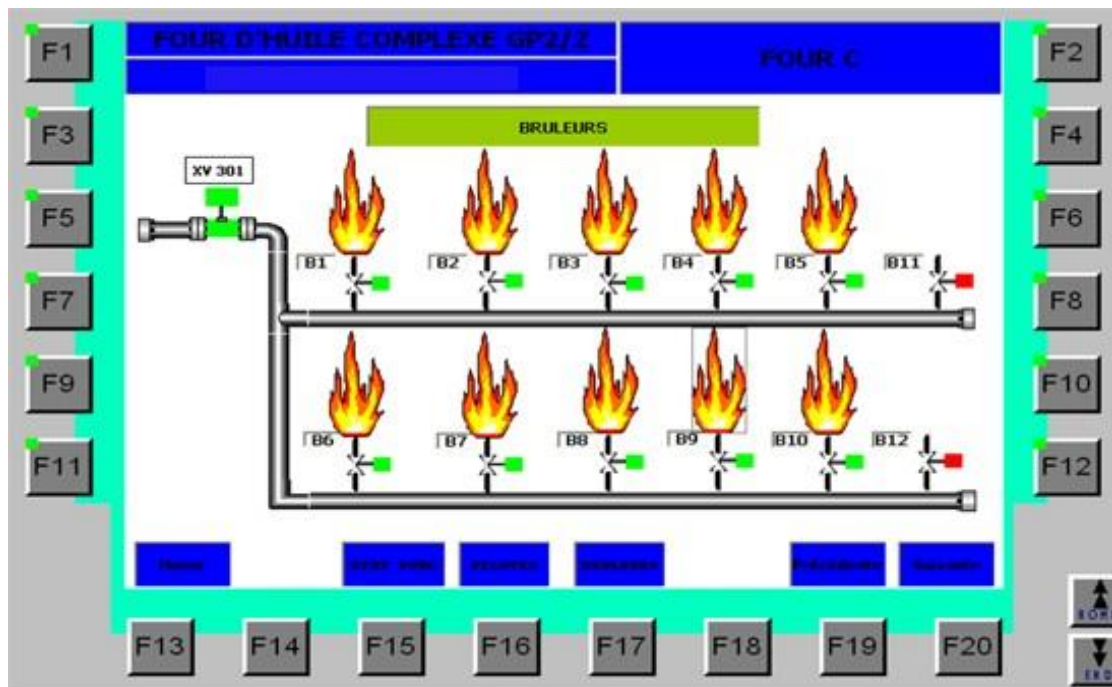


Figure 6.16 : Vue bruleurs

5. Le vue des avertisseurs lumineux

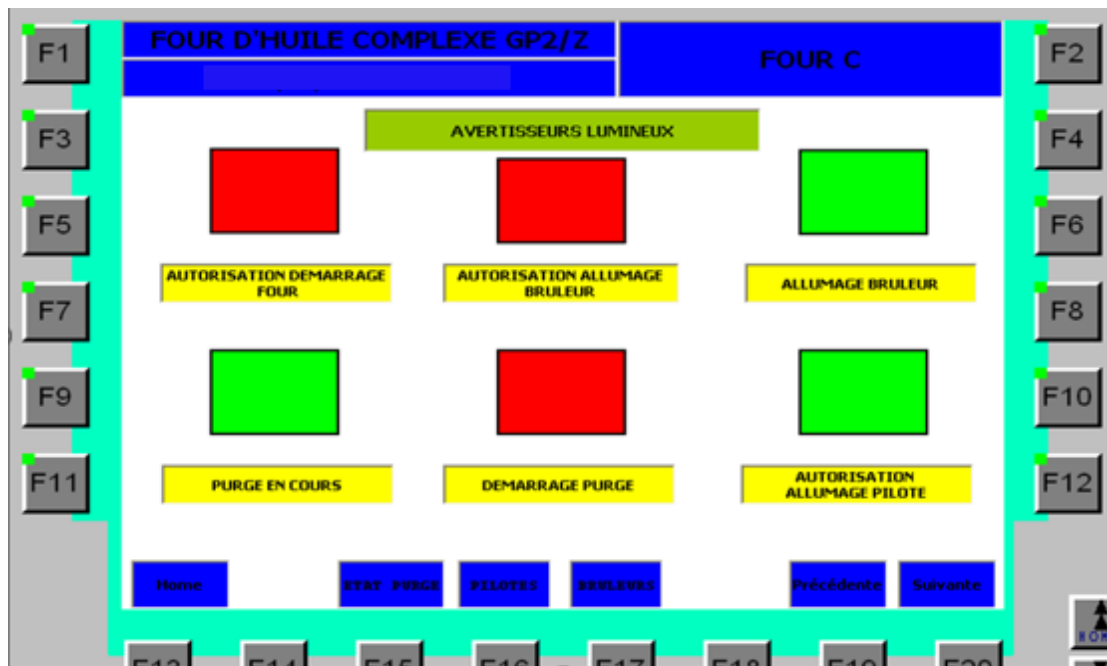


Figure 6.17 : Vue avertisseurs lumineux

6. Les vues des séquences de démarrage



Figure 6.18 : Vue séquence 1 'Autorisation démarrage de four et purge'

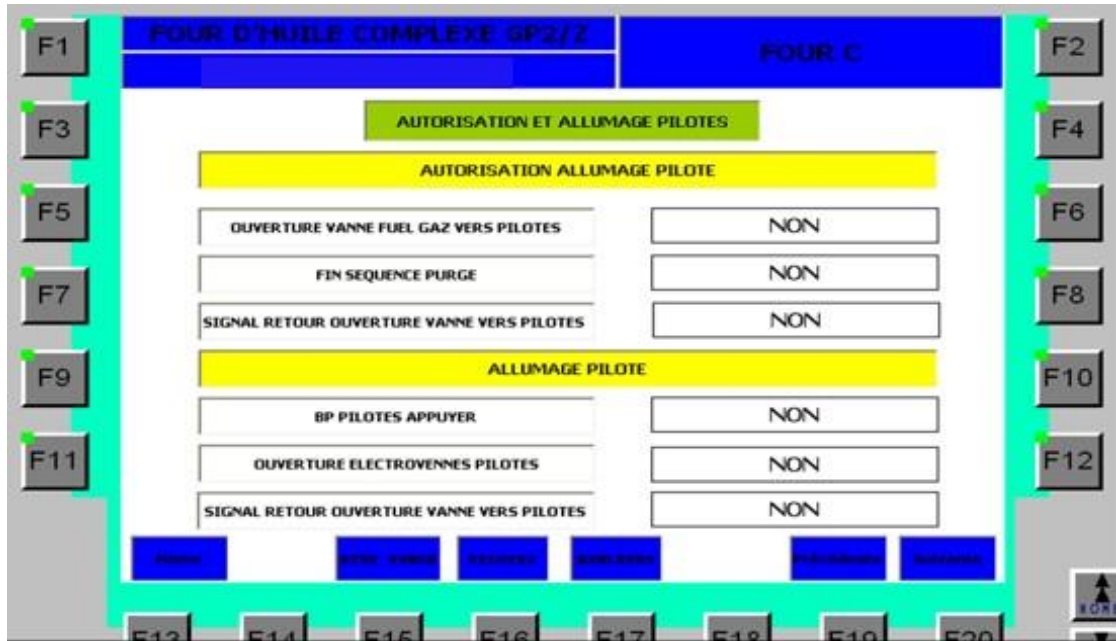


Figure 6.19 : Vue séquence 2 'Autorisation et allumage pilotes'



Figure 6.20 : Vue Séquence 3 'Autorisation et allumage bruleurs'

VI.5. Réalisation et cout de l'opération

- **Installation de l'armoire contenant le pupitre**
 - ❖ 2 chaudronniers, 2x8h : durée 32h
- **Tirage du câble et installation du pupitre et ses accessoires**
 - ❖ Connexion alimentation électrique du pupitre (2 électriciens, 2x8h : durée 16h)
 - ❖ Connexion de la fibre optique (2 instrumentistes, 2x8h : durée 16h)
- **Mettre le pupitre en service**
 - ❖ Fin des travaux : mobilisation personnel maintenance et production (2 opérateurs « tableau et site », 1 instrumentiste et 1 électricien. Durée 32h)
- **Le travail de réalisation**

Rentre dans le cadre courant de la maintenance avec les moyens propres, sans aucune assistance extérieure donc pas d'impact de coût. Le matériel (armoire, pupitre, câble et les accessoires) existe au niveau des magasins approvisionnement, aucun procura n'est envisageable.

IV.6 Conclusion

En conclusion, la supervision HMI joue un rôle essentiel dans le fonctionnement efficace de système de démarrage des deux fours de complexe GP2Z. Grâce à l'utilisation de logiciel de configuration WinCC flexible, nous pu mettre en place un pupitre d'opérateur convivial et intuitif. Cette solution offre une interface graphique claire et une navigation facile permettant aux opérateurs de surveiller et de contrôler le processus de démarrage de manière efficace et sécurisé.

Conclusion Générale

En guise des tâches qui sont assignées dans la problématique et les contraintes soulevées, l'apport de notre contribution de choix et recommandation de l'API S7/400 contribuera fortement dans la conduite automatisée du système thermique, des deux fours C et D.

Cette étude a fourni une solution complète d'automatisation du processus de démarrage des fours d'huile C et D, en utilisant l'automate Siemens S7-400 et en installant un pupitre local de visualisation HMI.

En perspective cette étude approfondie contribuera à atteindre certains des objectifs souhaités tel que :

- Minimiser le temps accordé à la procédure de démarrage des fours.
- Mettre devant l'opérateur sur site toutes les données qu'ils lui sont nécessaires afin d'assurer un démarrage réussi.
- Réduire le temps de réaction lors d'une manifestation d'anomalies.
- Élever le niveau de sécurité, puisque la procédure de démarrage va être supervisée de deux endroits différents « salle de contrôle et localement à partir du pupitre ».
- Libérer l'opérateur tableau pour des tâches récurrents et pénibles plus importantes autres que le démarrage du four.
- Fournir une maintenance accrue pour la bonne conduite des fours.
- Superviser par une pupitre opérateur les tâches aches indépendamment de la salle de contrôle comme est le cas actuellement.

En somme, cette étude de mise en situation professionnelle a été une expérience enrichissante qui nous a permis d'approfondir nos connaissances techniques sur l'instrumentation, les produits SIMATIC (STEP7, WINCC Flexible...) et les protocoles de communication. De plus, ce stage au complexe GP2/Z nous a donné une vision concrète de l'industrie pétrolière, tant sur le plan du processus de traitement du GPL que de l'organisation et du fonctionnement de cette industrie.

Conclusion Générale

Ce travail modeste est succinct n'est pas exhaustif, et il reste de nombreuses questions à solutionner dans le domaine d'engineering du procédé de traitement gazier.

Nous pensons que nous avons répondu aux tâches qui nous ont été alloués pour parfaire aux manquements de la commande existante.

Références bibliographiques

- [1] : Traitement des hydrocarbures « Institut Algérien du Pétrole ».
- [2] : Manuel opératoire ; process : volume 1 et 2. Document GP2-Z.
- [3] : Isidore JACUBOWIEZ « four industriel » Ingénieur Conseil en énergie et environnement au groupe Elf Aquitaine et à l'Association Technique Énergie Environnement (ATEE).
- [4] : C. Bonnet, Le Raffinage du Pétrole : Matériels et Équipements, Technip, Institut français du pétrole. Paris, 1999, Tome 4
- [5] : Manuels Opératoires d'exploitation du complexe GP2/Z.
- [6] : Instrumentationetregulationen30fiches.
- [7] : http://sti.tice.ac-orleans-tours.fr/spip2/IMG/pdf/Les_capteurs.pdf.
- [8] : www.citec.fr/cbx/_ftp/62001gnralitsthermocouples.
- [9] : ENSPM Formation Industrie : Capteurs-transmetteurs Tout Ou Rien.
- [10] : www.gazdetect.com/installations-fixes/detecteurs-optiques-de-flammes.
- [11] : IFP Training : Formation Professionnalisante PRO/RCP3. Hassi Messaoud - Base 23 – 23-28 Mai 2015 ; M. Henri MULLOT.
- [12] : Soft four C.
- [13] : Automatismes logiques Industriels-CRS-El Hammoumi
- [14] : S7-400 Système d'automatisation S7-400 Caractéristiques des modules
- [15] : Programmer avec STEP 7. (Manuel)
- [16] : www.Siemens.com

ANNEXE

Liste complète des capteurs au niveau de four D

Les thermocouples :

REPERE	SPEC.N° VOLUME 3	SERVICE DESCRIPTION	FABRICANT	MODELE	TYPE
TE/TT310	62-BJ-T-106	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01638BR	K
TE/TT311	62-BJ-T-106	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01638BR	K
TE/TT311/1	62-BJ-T-107	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01638BR	K
TE/TT311/2	62-BJ-T-107	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01638BR	K
TE/TT311/3	62-BJ-T-107	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01637BL	K
TE/TT311/4	62-BJ-T-107	PEAU DE TUBE	CORREGE	D01637BL	K
TE/TT311/5	62-BJ-T-107	TEMPERATURE DE VOUT	CORREGE	D01642	K
TE/TT311/6	62-BJ-T-107	CONVECTION FOUR	CORREGE		K
TE/TT313/1	62-BJ-T-107	CHEMINEE FOUR	CORREGE	D01642	K
TE/TT313/2	62-BJ-T-107	SORTIE GAZ OIL	CORREGE	D01642	K
TE/TT313/3	62-BJ-T-107	ENTREE GAZOIL	CORREGE	D01649	K
TE/TT313/4	62-BJ-T-107	ENTREE GAZ NATUREL	CORREGE	D01648	K
TE/TT310	62-BJ-T-107	TEMPERATURE ECONOMISEUR	CORREGE	D01648	K

Les contacteurs de température :

REPERE	DESCRIPTION SERVICE	SIGNAL	FABRICANT	MODELE	CALIBRA TION (°C)
TSH-351/1	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-351/2	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-351/3	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-351/4	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-351/5	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH-351/6	PEAU DE TUBE	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-360
TSH653	SORTIE FOUR	TOR	PHENIX CONTACT	MCR-TUE	0-300

Les transmetteurs de pression

REPERE	SPEC.N° VOLUME	DESCRIPTION SERVICE	SIGNAL	FABRICANT	MODELE	CALIBRATION (BAR)
PT611	62-BJ-M-108	ALIMENTATION	DE/4-20mA	HONEYWELL	ST 140	0-20
PT653	62-BJ-M-108	PROCESS	DE/4-20mA	HONEYWELL	STG-94L	0-20
PT356	62-BJ-M-108	SORTIE PROCESS	DE/4-20mA	HONEYWELL	STG-94L	0-3
PT610	62-BJ-M-108	GAZ VERS BRULEUR	DE/4-20mA	HONEYWELL	STG -94L	0-20
PT311	62-BJ-M-108	SORTIE GAZ NATUREL	DE/4-20mA	HONEYWELL	STD294	0-0.6
PT611	62-BJ-M-108	GAZ PILOTE	DE/4-20mA	HONEYWELL	STD120	-20/20mmH2O

Les contacteurs de pression

REPERE	SPEC.N° VOLUME	DESCRIPTION SERVICE	SIGNAL	FABRICANT	MODELE	CALIBRATION (BAR)
PSHH355	62-BJ-C-112	ALIMENTATION PILOTE	TOR	UNITED ELECTRIC	QJ120-171	0.15
PSLL354	62-BJ-C-112	ALIMENTATION BRULEUR	TOR	UNITED ELECTRIC	QJ120-171	0.1
PSLL356	62-BJ-C-112	ALIMENTATION BRULEUR	TOR	UNITED ELECTRIC	QJ121-191	2.2

Les manomètres

REPERE	DESCRIPTION SERVICE	UNITEE	FABRICANT	MODELE	ECHELLE
PG 616	ALIMENTATION BRULEUR	KG/CM2	RUEGER		0-6
PG 353	ALIMENTATION PILOTE	KG/CM2	RUEGER		0-1.6
PG 351	ALIMENTATION PILOTE	BAR	TASS		0-6
PG 355	ALIMENTATION FOUR	BAR	ASHCROFT	T5500	0-25
PG356	SORTIE FOUR	BAR	ASHCROFT	T5500	0-25
PT 610	ALIMENTATION GN CONV	BAR	ASHCROFT	T5500	0-25
PG 616	SORTIE GN CONV	BAR	ASHCROFT	T5500	0-25

Les détecteurs :

Tag Capteur	Indications des capteurs de position /détecteurs logiques									
	BE351	BE352	BE353	BE 354	BE355	BE 356	BE357	BE3 58	BE 359	BE 36 0
Détecteur de flamme										
Fin de course	ZSH-350	ZSL-350	ZSH 350E	ZSL-350E	ZSH-351	ZSL-351	ZSH-356	ZSL-356		
Button poussoir	HS350	HS470	HS451	Au	HS460	HS360	HS 471			

Les vannes

REPERE	DESCRIPTION SERVICE	TYPE D'INSTRUMENT	SIGNAL	FABRICANT
XV-350	GAZ COMBUSTIBLE BRULEUR	VANNE TOR	TOR	METSO
XSV-350	GAZ COMBUSTIBLE BRULEUR	ELECTROVANNE	TOR	ASCO JOUCOMATIC
XV-350E	MISE A L'ATMOSPHERE	VANNE TOR		METSO
XSV 350E	MISE A L'ATMOSPHERE	ELECTROVANNE	TOR	ASCO JOUCOMATIC
XV-351	GAZ COMBUSTIBLE BRULEUR	VANNE TOR		METSO
XSV-351	GAZ COMBUSTIBLE BRULEUR	ELECTROVANNE	TOR	ASCO JOUCOMATIC
XV-356	GAZ COMBUSTIBLE PILOTE	VANNE TOR		METSO
XSV-356	GAZ COMBUSTIBLE PILOTE	ELECTROVANNE	TOR	ASCO JOUCOMATIC