

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Mouloud MAMMARI, Tizi-Ouzou**



**Faculté de Génie Electrique et d'Informatique**  
**Département d'Automatique**

**Mémoire de Fin d'Etudes**

En vue de l'obtention du diplôme

*D'Ingénieur d'Etat en Automatique*

***Thème***

***Automatisation du Fonctionnement d'un Four Industriel  
par un Automate Programmable Industriel "TRICONEX"***

Proposé par : **Mr FEKHAR Brahim**

Présenté par :

Dirigé par : **Mr MAIDI Ahmed**

**MAMAR Abderrahmane**  
**TADJER Omar**

Soutenu le : 10 /07/2011

***Promotion 2011***

Ce travail a été préparé au complexe de traitement du gaz naturel de Hassi R'mel

# Remerciements

Nous remercions tout d'abord par excellence sa grandeur « **le Bon Dieu** », qui nous a donné le courage et la patience tout au long de notre vie.

Nos premiers remerciements vont à notre promoteur **M<sup>r</sup> MAIDI Ahmed**, qui a veillé sur le bon déroulement de ce travail avec ses conseils et ses remarques constitutives. Ainsi qu'à notre Co-promoteurs **M<sup>r</sup> FEKHAR Brahim** pour ses conseils avisés ce qui nous a permis de réaliser notre travail dans sa meilleure forme.

Je tiens à exprimer aussi mes vifs remerciements à **Mr. Charif** pour son aide et sa contribution.

Nos remerciements s'adressent également au personnel de la division maintenance « **MPP1** » **SONATRACH** de la région de Hassi R'mel et particulièrement aux membres du service Instrumentation du MPP1, **M<sup>r</sup> BITOUR Djelloul** et **M<sup>r</sup> BESSAID** Ainsi que tout le personnel d'exploitation qui ont contribué à notre formation durant tout le stage.

Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont collaborés à notre formation universitaire, pour le riche savoir qu'ils nous ont transmis avec rigueur et dévouement.

Notre respect aux membres de jury, qui nous feront l'honneur d'accepter et de juger ce modeste travail, et d'apporter leurs réflexions et leurs critiques scientifiques.

Enfin, nous tenons à remercier également toute personne ayant contribué de près ou de loin afin de mener ce projet à terme.

# DEDICACE

J'ai toujours **pensé** faire où **offrir** quelque chose à mes parents en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour me voir réussir, et voilà, l'occasion est venue.

**A ceux** qui m'ont donné la **vie**, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de patience.

**A ceux** qui sont la source de mon **inspiration** et de mon **courage**, à qui je dois de l'**amour** et de la **reconnaissance**.

- © A mes **parents**.
- © A mes frères **HAKIM, FOUAD** et **AMINE**.
- © A mes sœurs **LILA, SOUHILA, SAMIA** et **YASMINE**.
- © A toute ma famille **MAMAR** et **MERBAH**.
- © A tout les gens de mon **village** (Sid Ali Bounab).
- © A tous mes **Amis sans exception**.
- © Aux gens de : **Hassi R'mel** pour leurs accueille chaleureux.
- © A mon camarade **OMAR** ainsi que sa famille, et à toutes ces personnes et à celles que j'ai peut être oublié.

*MAMAR Abderrahmane*



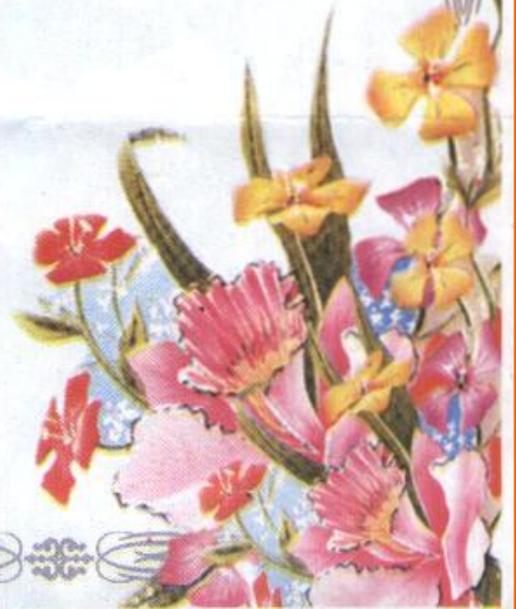
# DEDICACE

J'ai toujours **pensé** faire où **offrir** quelque chose à mes parents en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour me voir réussir

A **ceux** qui sont la source de mon **inspiration** et de mon **courage**, à qui je dois de l'**amour** et de la **reconnaissance**.

- ☉ A mes **parents**.
- ☉ A mes frères
- ☉ A mes sœurs
- ☉ A toute ma famille **TADJER** et **KENAN**.
- ☉ A tous mes **Amis sans exception**.
- ☉ Aux gens de : **Hassi R'mel** pour leurs accueille chaleureux.
- ☉ A mon camarade **Abderrahmane** ainsi que sa famille, et à toutes ces personnes et à celles que j'ai peut être oublié.

*TADJER Omar*



# Sommaire

DESIGNATIONS  
INTRODUCTION GENERAL

## CHAPITRE I : présentation du complexe de HASSI R'MEL

<b><u>1 Le gaz naturel en Algérie :</u></b> .....	5
1.1 Introduction .....	5
1.2 Richesse algérienne en gaz :.....	5
1.3 Composition du gaz naturel :.....	5
<b><u>I.2Présentation du champ de HASSI R'mel :</u></b> .....	6
2.1 Situation Géographique :.....	6
2.2 Historique du champs de Hassi R'Mel :.....	7
2.3 Développement du champ de Hassi R'Mel :.....	7
2.4 Les installations gazières à Hassi R'Mel :.....	9
2.5 Organigramme de la direction régionale de Hassi R'Mel :.....	10
<b><u>3 PROCEDE DE TRAITEMENT DE GAZ DU MODULE 1:</u></b> .....	11
3.1 PRESENTATION DU MODULE 1:.....	11
3.2 Traitement du gaz brut :.....	12
3.3 Circuit gaz : .....	12
3.2 Présentation du Boosting : .....	12
3.3 Diffuseur V 201 ;.....	12
3.4 Séparateur V 202 :.....	12
3.5 Batterie d'échangeurs : .....	13
3.6 Les Chiller :.....	14
3.7 Séparateur V204 :.....	14
<b><u>I.4 Circuit condensât :</u></b> .....	14
4.1 Séparateur V202 ;.....	14
4.2 Dééthaniseur T201 :.....	15
4.3 Débutaniseur T202 :.....	16
4.4 PROCEDE PRICHARD :.....	17
4.5 Capacité de production : .....	17
4.6 La phase B (LES COMMUNS):.....	17
<b><u>I.5 Schéma globale d'un train du Module 1 :</u></b> .....	18

## CHAPITRE II : description général du four H201

<b><u>1 Introduction :</u></b> .....	19
<b><u>2 Description générale du four H 201 :</u></b> .....	19
2.1 Les modes de transmission de la chaleur dans un four: .....	20
2.1 .1 La convection: .....	20
2.1.2 Le rayonnement (radiation):.....	21
2.2 Les parties différentes du Four:.....	23
2.2 1 Partie rebouilleur:.....	23
2.2.2 Description du circuit fuel gaz: .....	23
2.2.3 Circuit pilote:.....	23
2.2.4 Circuit bruleur principal:.....	23
<b><u>3 Alarmes, sécurité, signalisations :</u></b> .....	24
3.1 Tableau local:.....	24
3.2 Signalisations: .....	24
3.3 Alarme:.....	25
3.4 Salle de contrôle:.....	25
<b><u>4 Séquence de démarrage :</u></b> .....	27
4.1 Ventilation : .....	27
4.2 Allumage des pilotes : .....	29
4.3 Allumage des bruleurs : .....	30
<b><u>5 Action de sécurité :</u></b> .....	32
5.1 Arrêt bruleurs : .....	32
5.2 Arrêt général : .....	32
5.3 BY PASS de sécurité de flamme : .....	33
<b><u>6.Circuit condensât :</u></b> .....	34
<b><u>7 Instrumentations :</u></b> .....	35
7.1 Les capteurs : .....	35
7.1.1 Capteurs de pression : .....	35
7.1.2 Transmetteur de débit : .....	36
7.1.3 Capteurs de température : .....	38
7.1.4 Détecteur de flamme : .....	39
7.1.5 Fin de course : .....	40
7.2 Les actionneurs : .....	40
7.2.1 Les électrovannes : .....	40
7.2.2 Vanne tout ou rien (TOR):.....	41
7.2.3. Bouton poussoir : .....	42

## **CHAPITRE III : automate programmable industriel « Triconex »**

<b><u>1 Introduction :</u></b> .....	44
<b><u>2. Définition de l'Automate Programmable Industriel (API):</u></b> .....	44
<b><u>3 TRICONEX:</u></b> .....	45
3.1 Architecture Triplée Modulaire Redondante (TMR) de TRICONEX:.....	46
3.2 Principe de fonctionnement : .....	46
3.3 Configuration du système : .....	48
3.4 Bus système et distribution de l'alimentation: .....	48
3.5 Bus systèmes sur fond de panier, châssis principal TRICON et bus de distribution:.....	49
<b><u>4. Modules d'alimentations :</u></b> .....	50
<b><u>5. Modules processeurs principaux :</u></b> .....	51
<b><u>6. Modules d'entrées:</u></b> .....	54
6.1. Modules d'entrées logiques :.....	54
6.2 Modules d'entées analogiques : .....	55
6.3. Modules d'entrées impulsions : .....	56
<b><u>7. Modules de sorties:</u></b> .....	57
7.1. Modules de sorties logiques: .....	57
7.2 Modules de sorties analogiques : .....	59
<b><u>8 Modules de communications:</u></b> .....	60
<b><u>9. Diagnostic des voteurs des modules de sorties en « DC » et « AC »:</u></b> .....	61
<b><u>10 .Conclusion :</u></b> .....	62

## **CHAPITRE IV: Logiciel de programmation «Tristation 1131»**

<b><u>1. Introduction :</u></b> .....	67
<b><u>2. Logiciel de programmation Tristation 1131:</u></b> .....	67
<b><u>3. Caractéristiques de Tristation 1131:</u></b> .....	67
<b><u>4. Application logiciel et protocole:</u></b> .....	68
4 .1. Application d'accès au système Tricon TSAA (Tricon System Access Application):.....	68
4.2. Serveur réseau DDE :.....	68
4.3. Consignateur d'états (SOE) « Sequence of Event » :.....	69
4.4. Archivage des données (SER) « Séquence Event Recorder » :.....	69
4.5. Synchronisation du temps : .....	69
<b><u>5. Langages de programmation:</u></b> .....	69
5.1 Langage Bloc ou Diagramme Fonctionnel FBD:.....	69
5.2 Langage LD « Ladder Diagram », ou schéma à relais:.....	70
5.3 Langage ST « structured text » ou texte structuré :.....	71
5.4 Cause and Effect Matrix Programming Language Editor 'CEMPLE':.....	71
<b><u>6. Création du projet :</u></b> .....	72
<b><u>7.Conclusion:</u></b> .....	82

## **CHAPITRE V : Programmation et simulation**

<b><u>I. Introduction</u></b> :.....	83
<b><u>2 Configuration matériel</u></b> :.....	83
<b><u>3 Les entrées et sorties</u></b> :.....	84
3.1 Les entrées :.....	84
3.2 Les sorties :.....	87
3.3 Listes des relais :.....	88
<b><u>4 Simulation</u></b> : .....	93
4.1 Séquence de ventilation :.....	93
4.2 Autorisation Allumage Pilote:.....	94
4.3 Allumage Pilote1-3:.....	95
4.4 Allumage Pilote4-6:.....	96
4.5 Allumage Pilote7-9:.....	97
4.6 Allumage Pilote10-12:.....	98
4.7 Sécurité flammes: .....	99
4.8 Séquence bruleurs:.....	100
4.9 Sécurité flammes: .....	101
4.10 Electrovanne gaz pilotes: .....	102
4.11 Electrovanne gaz bruleurs: .....	103
4.12 Commande ventilation: .....	104
<b><u>5.Modélisation a l'aide GRAFCET</u></b> : .....	105
5.1 : Définition de GRAFCET .....	105
5.2 Séquence de démarrage du four H201 sur GRAFCET :.....	105
5.3: Désignation.....	109
<b><u>6.Conclusion</u></b> :.....	109
<b><u>Conclusion général</u></b> :.....	109
<b><u>Bibliographie</u></b> :.....	111
<b><u>Annexe 1</u></b> :.....	112
<b><u>Annexe 2</u></b> :.....	113



## Désignations

---

- **GPL** : Gaz Pétrole Liquéfier.
- **GNL** : Gaz Naturel Liquide.
- **CSTF** : Centre de Stockage et de Transfert des Fluides
- **CTH** : Centre de Traitement d'Huile
- **CTG** : Centre de Traitement de Gaz
- **MPP**: Module Processing Plant.
- **SBN**: station Boosting Nord.
- **SBC**: station Boosting Centre.
- **SBS**: station Boosting Sud.
- **SRGA** : Stadion de Récupération Des Gaz Associés.
- **CNDG** : Centre National de Dispatching Gaz.
- **SCN** : Station de Compression Nord.
- **SCS** : Station de Compression Sud.
- **R** : relai
- **V** : Ballon.
- **P** : Pompes.
- **K** : vantelle
- **T** : Colonnes de distillation.
- **H** : Four.
- **T** : stockage (bac de stockage).
- **E**: Echangeur.
- **KT**: Turbine.
- **L**: Level (Niveau).
- **T**: Température.
- **F**: Flow (débit).
- **P**: pression (pression).
- **I**: Indicateur.
- **C**:controleur.
- **LIC**: Contrôleur de Niveau.
- **PIC**: Contrôleur de pression.
- **TIC**: Contrôleur de Température.
- **FIC**: Contrôleur de Débit.
- **TI** : indicateur de Température.
- **PI** : indicateur de Pression.
- **LI** : indicateur de Niveau.
- **FI** : indicateur de Débit.
- **ON-Spec** : condensat prêt a l'expédition.
- **OFF-Spec** : condensat pas prêt a l'expédition.
- **P/I** : convertisseur Pression en Courant.
- **I/P** : convertisseur Courant en Pression.
- **Z** : Déclanchement.
- **A** : Alarme.
- **AL** : Alarme basse.
- **AH** : Alarme Haute.
- **AUT** : position Automatique..
- **R** : Régulateur.

## Désignations

---

- **DCS** : System de control distribué.
- **HIM** : Hiway Interface Module
- **TSAA**: Tricon System Access Application.
  
- **ACM** : Advanced Communication Modul
- **SMM** : Safety Manager Module
- **V net**: Very High frequency network (bus de communication entre HIS et la FCS).
- **FCS**: Field Control Station.
- **FCU**: Field Control Unit (unité central de traitement).
- **RIO bus** : Remote Input Output ( bus de communication entre FCU et les nœud ).
- **RISC**: Reduced Instruction Set Computer.
- **CPU** : Control Processor Unit.
- **RS**: Send Receive (communication RS 232/422/485).
- **LC**: Logic Chart.
- **ST**: Séquence Table.
- **TMR**: Triple Module Redondant
  
- **MTBF**: Mean Time Between Failure
  
- **SDV** : Switch Device Valve
- **PCV** : Pressure Control Valve
- **FCV** : Flow Control Valve
- **MHS** : Mise Hors Service
- **PAHH** : Pression très haute.
- **PALL** : Pression très basse.
- **TAHH** : Température très haute.
- **TAH** : Température haute
- **FAH** : Débit haut
- **FAL** : Débit bas
- **FSL** : Débit très bas.
- **PAL** : Pression basse
- **TOR** : Toute Ou Rien
- **BP** : Bouton Poussoir
- **API** : Automate programmable Industrielle

## **1-Gaz naturel en Algérie**

### **1-1-Introduction**

Le gaz naturel est la source d'énergie fossile qui a connu la plus forte progression depuis les années 70. Elle représente un cinquième de la consommation énergétique mondiale. En raison de ses avantages économiques et écologiques, le gaz naturel devient chaque jour plus attractif pour beaucoup de pays. Il peut être employé dans des domaines très variés. Traditionnellement, la fourniture de chauffage et d'électricité en sont les principaux débouchés. En outre, les préoccupations grandissantes liées à la protection de l'environnement a conduit à accroître le recours au gaz naturel dans les transports et l'industrie.

### **1-2- Richesse algérienne en gaz :**

Plus qu'un pays producteur de pétrole, l'Algérie est avant tout un pays exportateur de gaz. Avec des réserves estimées à plus de 3000 milliards de  $m^3$ , l'économie algérienne s'appuie sur un patrimoine énergétique où prédomine largement le gaz naturel, 61% des réserves récupérables contre 15% pour le pétrole brut.

On distingue deux types de gaz :

Le gaz humide, riche en fractions condensables, et le gaz dit sec essentiellement constitué de Méthane. Pour le gaz sec le traitement consiste simplement à en éliminer les impuretés avant de le commercialiser. Le gaz humide, découvert en même temps qu'un gisement d'huiles, est qualifié de gaz associé. Mais ce gaz humide peut également se trouver dans des gisements de gaz uniquement. Il est alors dénommé gaz humide non associé.

Les gaz de pétrole liquéfié (GPL) et les liquides de gaz naturel (GNL) sont très recherchés par les raffineurs et sont essentiellement utilisés comme matière première dans la pétrochimie.

HASSI R'mel, avec une teneur en hydrocarbures liquides d'environ 220 grammes par mètre cube de gaz, permet chaque année l'extraction de plus de 19 millions de tonnes de (GNL) et d'environ 4 millions de tonnes de GPL. Quand à la production de gaz naturel elle est estimée à 100 milliards de mètres cubes aujourd'hui.

### **1-3- Composition du gaz naturel :**

Le gaz naturel à la sortie des puits n'est pas directement utilisable. C'est un mélange souvent très riche en méthane et qui contient des proportions décroissantes de tous les hydrocarbures saturés. Il renferme également des proportions variables, d'azote, de gaz carbonique, d'hydrogène sulfuré, de mercaptans et autres composants sulfurés ainsi que de l'eau provenant des couches productrices.

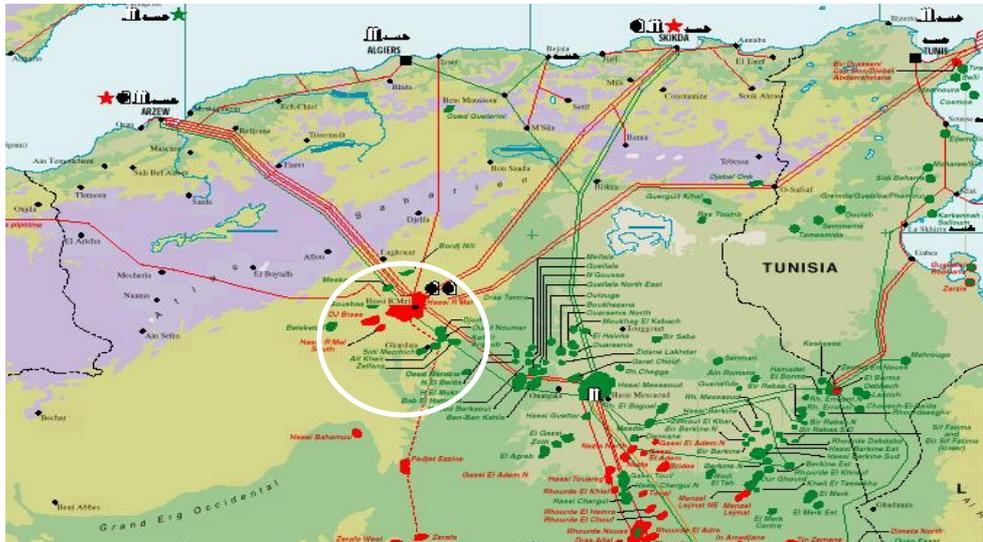
<b>Composition</b>	<b>Fraction moléculaire (% molaire)</b>
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>5.56</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>0.20</b>
<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>78.36</b>
<b>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></b>	<b>7.42</b>
<b>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub></b>	<b>2.88</b>
<b>I-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></b>	<b>0.62</b>
<b>N-C<sub>4</sub> H<sub>10</sub></b>	<b>1.10</b>
<b>I-C<sub>5</sub> H<sub>12</sub></b>	<b>0.36</b>
<b>N-C<sub>5</sub> H<sub>12</sub></b>	<b>0.48</b>
<b>C<sub>6</sub> H<sub>14</sub></b>	<b>0.59</b>
<b>C<sub>7</sub> H<sub>16</sub></b>	<b>0.56</b>
<b>C<sub>8</sub> H<sub>18</sub></b>	<b>0.45</b>
<b>C<sub>8</sub> H<sub>18</sub></b>	<b>0.37</b>
<b>C<sub>9</sub> H<sub>20</sub></b>	<b>0.27</b>
<b>C<sub>11</sub> H<sub>24</sub></b>	<b>0.21</b>
<b>C<sub>12</sub> H<sub>26</sub></b>	<b>0.57</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>

**Figure I.7 : Spécification du gaz brut à traiter par l'usine.**

## **2-Présentation du champ de HASSI R'mel**

### **2-1 Situation Géographique :**

Le gisement de Hassi R'Mel est situé à 525 km au sud d'Alger, entre les Wilayas de Ghardaïa et Laghouat (Figure1). Dans cette région relativement plate du Sahara l'altitude moyenne est d'environ de 750m au dessus du niveau de la mer. Le climat est caractérisé par une pluviométrie faible (140 mm/an) et une humidité moyenne de 19% en été et 34% en hiver, les amplitudes thermique sont importantes varient de 0°C en hiver à 45°C en été, les vents dominants sont de direction ouest.



- Hassi R'Mel est situé à 525 km au sud d'Alger.
- Le champ s'étale sur plus de 3500 km<sup>2</sup>.
- Découvert en 1956, il est l'un des plus grands gisements de gaz à l'échelle mondiale.

Figure I.1 : Situation géographique du Hassi R'mel

Le gisement de Hassi R'Mel est l'un des plus grands gisements de gaz à l'échelle mondiale. Il a une forme d'ellipse s'étale sur plus de 3500 km<sup>2</sup>, 70 x 150 km de direction Sud ouest - Nord est, il se situe à une profondeur de 2132 m, la capacité de récupération du gisement est de l'ordre :

- ✓ 2600 milliards mètre cubes de gaz sec.
- ✓ 448 millions de tonnes de condensât.
- ✓ 120 millions de tonnes GPL (gaz pétroliers liquéfier).
- ✓ 20 millions de tonnes d'huile.

## 2.2 Historique du champs de Hassi R'mel :

Dans les champs de Hassi R'mel le premier puits (HR1) a été foré en 1956, ce puits a mis en évidence la présence de gaz riche en condensât à une pression de 310 bars et à une température de 90° C. De 1957 à 1960 sept puits (HR2, HR3, HR4, HR5, HR6, HR7 et HR8) ont été forés, et en 1961, le gisement de Hassi R'mel a commencé à produire.

## 2-3 Développement du champ de Hassi R'mel :

Le développement du gisement de Hassi R'mel a été réalisé en plusieurs étapes, répondant à l'évolution économique du pays et au développement technologique du marché du gaz naturel.

**1961- 1969** : Mise en exploitation de 06 unités de traitement de gaz d'une capacité de 04 Milliards de m<sup>3</sup> par an.

**1972-1974** : Mise en exploitation de 06 unités supplémentaires pour atteindre une capacité de 14 milliards m<sup>3</sup> par an.

**1975-1980** : Mise en œuvre et réalisation du :

- Quatre modules (usines de traitement de gaz) dont la capacité nominale unitaire est de 20 milliards m<sup>3</sup> de gaz sec par an (modules 1, 2, 3 et 4).
- Deux stations de réinjections de gaz dont la capacité nominale unitaire est de 30 milliards m<sup>3</sup> par an de gaz sec (station nord et sud).
- Un centre de stockage et de transfert de condensât et de GPL (CSTF).

**Octobre 1981** : construction et mise en exploitation de centre de traitement d'huile (CTH1) à cause de la découverte de l'anneau d'huile (pétrole brut) qui entoure le gisement de gaz en 1980.

**1985** : Réalisation et mise en service d'une unité (la phase B) pour la récupération des gaz torchés et la production du GPL des modules 0 et 1.

**Juin 1987** : Démarrage du centre de traitement de gaz CTG/Djebel-Bissa d'une capacité de 1,4 milliards m<sup>3</sup> par an.

**Novembre 1989** : mise en service de Centre de Traitement d'huile N°2 (CTH2).

**Octobre 1992** : mise en service de Centre de Traitement d'huile N°3 (CTH3).

**Juillet 1993** : mise en service de Centre de Traitement d'huile N°4 (CTH4).

**1995 – 1999** : Mise en service des unités de déshydratation de gaz de SBAA (ADRAR) et IN SALAH.

**Avril 1999** : Démarrage de la Station de récupération des gaz associés (SRGA) d'une capacité de 1,2 milliards m<sup>3</sup> par an.

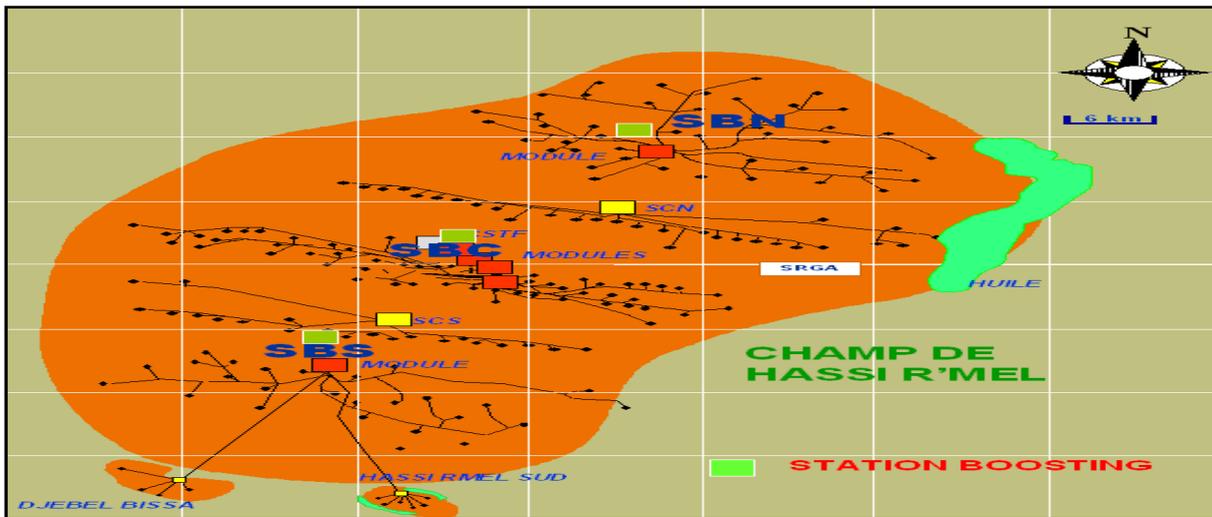
**Janvier 2000** : Démarrage du centre de traitement de gaz CTG/HR-Sud d'une capacité de 2,4 milliards m<sup>3</sup> par an.

**Actuellement** : la capacité totale de traitement est de 98 milliards m<sup>3</sup> par an.

Après un quart de siècle d'exploitation du gisement de Hassi R'Mel, la politique actuelle consiste au maintien du niveau de production par la mise en place des stratégies suivantes :

- Introduction de la récupération secondaire au moyen de la recomparaisons.
- Mise en place du projet Boosting pour le maintien de la pression et l'exploitation des unités en place sans changement du process.

## 2-4 Les installations gazières à Hassi R'Mel :



**Figure I.2 : Les installations gazières au champ Hassi R'Mel**

Le plan d'ensemble des installations gazières implantées sur le champ de Hassi R'Mel est élaboré de façon à avoir une exploitation rationnelle du gisement et pouvoir récupérer le maximum de liquide. Les cinq modules de traitement de gaz (0, 1, 2, 3, et 4) sont disposés d'une manière alternée par rapport aux deux stations de compression (station nord et sud), pour la raison d'un meilleur balayage du gisement.

Les installations mises en œuvre sont comme suit :

### Zone Centre :

- Module de traitement de gaz 0, 1 et 4 et les installations communes (commun).
- Centre de stockage et de transfert par faciliter (CSTF).
- Centre national de dispatching de gaz (CNDG).
- Station de récupérations des gaz associés (SRGA).
- Station boosting de compression ( SBC).

### Zone Nord :

- Module de traitement de gaz 3
- Station de compression nord (SCN).

### Zone Sud :

- Module de traitement de gaz 2.
- Station de compression sud (SCS).
- centre de traitement de gaz CTG/Djebel-Bissa.
- centre de traitement de gaz CTG/HR-Sud.

2-5 Organigramme de la direction régionale de Hassi R'Mel :

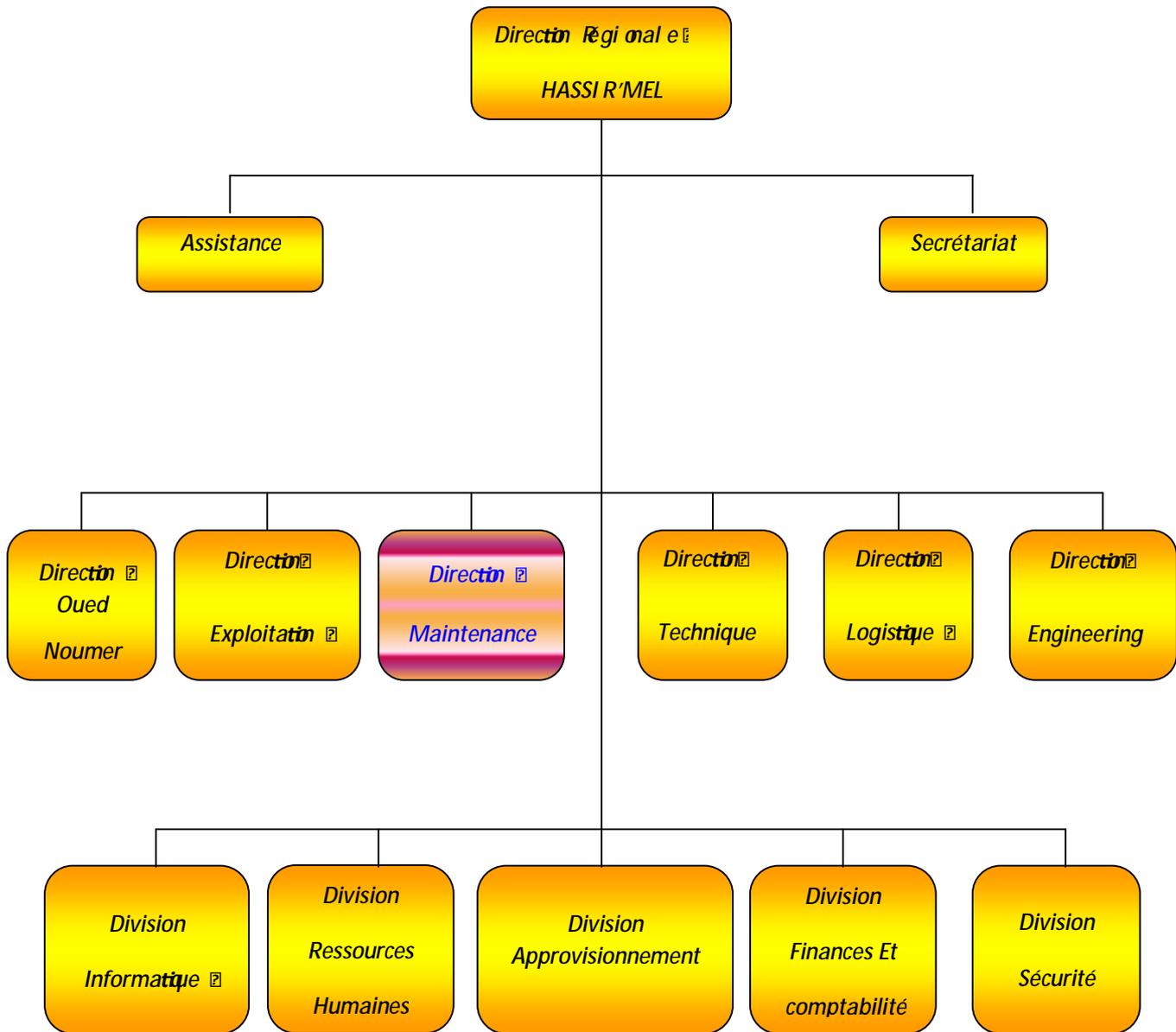


Figure I.3 : Organigramme de la direction régionale de Hassi R'mel.

### 3-procède de traitement de gaz du module 1:

#### 3-1 présentation de module 1 :



**Figure I.4 : module 1.**

Le module 1 a été **conçu** par les américains et mis en service en 1978. Sa **tâche** principale est de traiter le gaz brut et récupérer le maximum de condensât y associé.

Le module 1 est divisé en trois trains identiques où l'on traite le gaz brut. Étant donné que les trois trains sont identiques, dans ce qui suit nous allons nous intéresser uniquement au train 1.

**Dans tous les modules**, on trouve une salle de contrôle dotée du système DCS (Distribution Contrôle Système).

La salle de contrôle assure le contrôle des trois trains ainsi que la section des utilisées.

En plus des trois trains, on trouve une unité de glycol (préparation et régénération) une unité des utilités (air instrument et service, eau anti-incendie, eau de refroidissement) et enfin une unité de stockage.

### 3-2 Traitement du gaz brut :

#### 3-2-1 Circuit gaz :

Le module 1 est alimenté par 35 puits environ, le gaz arrive à une température de 60 °C et 95 kg/cm<sup>2</sup> de pression, le manifold assure la collecte (regroupement) du gaz .On trouve six collecteurs :

1 de l'est et 5 de l'ouest.

Le gaz est composé de deux fractions :

- fraction gazeuse :

C'est la plus légère composé essentiellement du méthane et l'éthane, propane et butane.

- Fraction liquide : on distingue deux phases :
  - Condensât (hydrocarbures C<sub>5</sub><sup>+</sup>).
  - Eau.

Au paravent le gaz en provenance du manifold pénètre directement dans la rentrée du train à une pression de 130 kg/cm<sup>2</sup>, Vue l'exploitation excessive du gisement, la pression ne cessait de Chuter, Actuellement elle est de 95 kg/cm<sup>2</sup>, ceci a conduit à l'installation de l'unité boosting.

#### 3-2-2 Présentation du Boosting :

C'est une unité installée récemment à fin d'augmenter la pression en comprimant jusqu'à 110 a 112 kg/cm<sup>2</sup> pour pouvoir alimenter les modules.

Au niveau du Boosting le gaz est débarrassé d'une grande partie d'eau libre et le condensât dans des ballons de séparation.

Le gaz est envoyé vers la rentrée du module.

#### 3-2-3 Diffuseur V 201 :

C'est un ballon ayant comme taches principale d'homogénéiser la charge ainsi de répartir le débit entrant en provenance du Boosting en trois parties égale et distribuer vers les trois trains.

A la sortie du V 201 y a trois pipe-lines alimentant chacun un train à 110 Kg/cm<sup>2</sup> et 60°C.

#### 3-2-4 Séparateur V 202 :

C'est un séparateur tri-phasique permettant la séparation du gaz, eau, condensât par différence de densité.

Le gaz en provenance du V 201 pénètre dans le V 202 où il est flashé. Le gaz passe au sommet du ballon tandis que le condensât et l'eau au fond. La structure du ballon permet la bonne séparation des trois phases.

La pression et la température sont maintenues comme à la rentrée. A la sortie du V202 le gaz est acheminé vers une série d'échangeurs.

### 3-2-5 Batterie d'échangeurs :

Le gaz en provenance du V 202 a une température de 60 °C et une pression de 110-112 kg/cm<sup>2</sup> pénètre dans trois batteries d'échangeur :

- E201 : 04 échangeurs en parallèle gaz/gaz.
- E202 : 04 échangeurs en parallèle gaz/gaz.
- E203 : 02 échangeurs en parallèle gaz/liquide.



**Figure I.5 : Batterie d'échangeurs.**

Le but est de refroidir le gaz et le ramener à des températures assez faible de l'ordre de -3°C la pression reste à 110 kg/cm<sup>2</sup>.

Le gaz du V 202 est réparti en 03 parties :

**Ü Première partie :** vers le E201 du coté tube de l'échangeur cédant ses calories au gaz froid présent dans le coté calandre de l'échangeur.

**Ü Deuxième partie :** vers l'E 202 de la même manière.

A la sortie des échangeurs la température atteint les -3 à -4 °C.

Etant donné que le gaz renferme toujours des quantités d'eau résiduelle, il y a risque de givrage du coté tube de l'échangeur.

Pour remédier à ce problème on prévoit l'injection du glycol (antigivrant) à la rentrée du E 201 et E202.

L'éthylène glycol présente une grande affinité pour l'eau et empêche le givrage.

Ü **Troisième partie** : Cette partie pénètre dans le E 203 du coté tube cédant ces calories au liquide froid provenant du V204.

### 3-2-6 Les Chiller :

Après la première série d'échangeurs le gaz passe dans des Chiller E204 et E205.

Les Chiller sont des échangeurs utilisant du propane liquide en provenance des communs pour refroidissement du gaz.

Le gaz refroidi en E201 plus une partie de celui refroidit au niveau d'E203 **passé** dans l'E205. Tandis que celui refroidit en E202 plus une partie qui reste à E203 passe dans le deuxième Chiller E205.

A la sortie des Chiller la température du gaz atteint les  $-6^{\circ}\text{C}$  à  $-7^{\circ}$ , ce dernier est acheminé vers un séparateur V204.

### 3-2-7 Séparateur V204 :

Le gaz pénètre vers le ballon V204. A la rentrée une vanne appelée « Joule Thomson » assure une détente adiabatique du gaz, la pression chute jusqu'à  $78 \text{ kg/cm}^2$  et la température a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Au sein du V204 on sépare deux phases :

Ü Le gaz froid :

Il passe dans le coté calandre du E201 et du E202 Pour refroidir le gaz d'entrée en cédant ces frigories à ce dernier. Le gaz froid se réchauffe jusqu'à  $18^{\circ}\text{C}$ , sa pression est de l'ordre de  $75 \text{ kg/cm}^2$ , il est ensuite acheminé vers le pipe-line gaz de vente.

Ü Le condensât :

Passé dans le coté calandre du E203 assurant ainsi le refroidissement du gaz chaud.

## 4- Circuit condensât :

### 4-1 Séparateur V202 :

Au niveau du V202 on sépare entre eau, gaz et condensât par différence densité. L'eau est récupéré du fond du ballon, elle est évacuée vers un puisard S210 puis vers zone bourbier module 0.

Le condensât pénètre dans le dééthaniseur T201. En **effet, il** y a deux alimentations

Ü Alimentation chaude :

Les hydrocarbures liquides (condensât et GPL) en provenance du V 202A  $60^{\circ}\text{C}$  et  $110 \text{ kg/cm}^2$  passe dans un deuxième séparateur ou ils sont détendus adiabatique ment jusqu'à  $30 \text{ kg/cm}^2$  et  $60^{\circ}\text{C}$ . A la sortie du V203 ils sont

mélangés avec les hydrocarbures liquides en provenance du Boosting le tout vers la T 201 en passant par un échangeur de préchauffe E216 du coté calandre.

Du coté tube on du condensât chaud issue de la T202 (débuthaniseur). Les gaz récupéré au niveau du V203 alimentent aussi la T201.

**Ü Alimentation froide :**

Le condensât récupéré ainsi que le glycol du V204 passe à travers une vanne de détente où ils sont détendus jusqu'à 25 kg/cm<sup>2</sup> et une température de -30°C. Après échange au niveau des 203 passes dans un ballon de séparation du glycol V205.

Le V205 fonctionne à 25 kg/cm<sup>2</sup> et 30 °C (paramètre de séparation de glycol). Le mélange condensât, glycol est séparé par différence de densité.

Le glycol est acheminé vers le S214 (unité de régénération) en passant par une vanne de détente.

Le condensât est acheminé vers le dééthaniseur T201 à une température de 30°C et une pression de 25 kg/cm<sup>2</sup>.

**4-2 Dééthaniseur T201 :**

(Tête 18°C, fond 168° C, P: 21 kg/cm<sup>2</sup>, hauteur: 60 m)

C'est une colonne de distillation fractionnée ayant comme tâche principale de récupérer les légers C1, C2.

Sous l'effet de la température les légers passent en tête, tandis que les lourds (condensât et GPL) restent au fond de la colonne.

La T201 comprend trois parties :

**Ü Zone de rectification :**

C'est la partie supérieure comprenant 15 plateaux cette partie est refroidie par deux reflux (latéral, principal).

Le but du reflux est de condenser tout le lourd entraîné avec le gaz léger

**Ü Zone de flash :**

C'est la zone d'alimentation de la colonne constituée de deux plateaux, dans laquelle pénètre le gaz et le condensât.

**Ü Zone d'épuisement :**

Zone inférieure de la colonne comprenant 17 plateaux, son rôle est d'évaporer les légers se trouvant au fond de la colonne grâce à des rebouilleurs principal et latéral.

**✓ Rebouilleur et zone d'épuisement :****Ü Rebouilleur latéral :**

Le liquide sort de la partie inférieure du 26<sup>ème</sup> plateau et revient vers sa partie supérieure.

**Ü Rebouilleur principal :**

Une partie du liquide est aspirée de la partie inférieure de la colonne par des pompes (P201 a/b/c) à une température de 160 °C puis refoulé vers un four H 201.

✓ **Refroidissement de la zone de rectification :**

ü **Reflux latéral :**

Le liquide est aspiré par la pompe (P 202 a/b), et refoulé vers un Chiller de refroidissement E207 en fin vers le 5<sup>ème</sup> plateau de la colonne.

ü **Reflux principal :**

Il est assuré par les produits froids du ballon tampon V208 refroidit au niveau des Chiller E208 jusqu'à une température de 12 °C.

Une fois refroidit les produits sont refoulés vers la tête de la colonne.

ü **Les gaz de tête :**

Les gaz de tête sortent à une température de 18 °C et une pression de 21 kg/cm<sup>2</sup>; ils sont dirigés vers le collecteur gaz de tête unité des communs, où ils sont comprimés à fin de les injecter dans le pipe-line gaz de vente.

ü **Résidu (condensât instable C<sub>5</sub><sup>+</sup>) :**

Les résidus de la T201 sont envoyés vers la deuxième colonne T202.

**4-3 Débutaniseur T202 :**

(Tête : 60 °C, fond 180 °C, P : 12 kg/cm<sup>2</sup>, Hauteur : 40m)

Au niveau de la T202 on sépare le GPL C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> du condensât C<sub>5</sub><sup>+</sup>.

**La colonne est constituée de 3 zones :**

ü **Alimentation :**

Les produits du fond de la T201 débarrassés du C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> sont préchauffés dans l'échangeur de préchauffe E 217 puis dirigés vers le débutaniseur T202 au 24<sup>ème</sup> plateau.

ü **Rebouilleur principal :**

Les produits du fond de la T201 débarrassés du C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> sont aspirés et refoulés par la pompe (P20 4a/b) à une température de 170°C vers le four H202 ayant la même conception que le H201.

Le liquide suit le même Chemin décrit pour le H201, passant par la zone de convection (370°C), zone de radiation (620°C) à la fin il retourne à la colonne à une température de 185°C.

ü **Le reflux de tête :**

Les C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> sont récupérés en tête de la colonne sont refroidis dans des aéro-refroidisseur puis dirigés vers un ballon intermédiaire (tampon) V209.

Une partie du GPL du V209 est aspirée par la pompe P205 (a, b, c) à la température de 45°C puis refoulée en tête de la T202, en vue de condenser les gaz lourds C<sub>5</sub><sup>+</sup> entraînés avec le GPL en tête.

**Ü Gaz de tête :**

Les gaz de tête passe à travers les aéro-refroidisseur E211 en vue d'un refroidissement de 60°C à 45°C, ils sont acheminés ensuite vers le V209, une partie du GPL vers le reflux l'autre partie vers le stockage.

**Ü Le résidu de la T202 (condensât stabilisé C<sub>5</sub><sup>+</sup>) :**

Le condensât stabilisé passe à travers le E217, le E206 et le E216 pour refroidissement. Il pénètre ensuite dans l'aéro-refroidisseur E210 puis vers le V208 à une température de 30 °C. Une partie est refoulée par la V208 pour reflux principal de la T201 l'autre partie vers stockage.

**4-4 procede prichard :**

Le traitement du gaz suit le procédé PRICHARD, utilisant une série d'échangeur G/G, des Chiller à fin de refroidir le gaz avant d'être détendu adiabatiquement au niveau de la vanne Joule Thomson.

Les liquides récupérés sont débarrassés des léger au niveau d'un dééthaniseur puis fractionnés en GPL et condensât dans un débutaniseur.

**4-5 Capacité de production :**

Le module 1 possède une grande capacité de production répartie comme suit :

-60 millions de m<sup>3</sup> / jour de gaz sec.

-10 000 tonnes /jour condensât.

- 2000 tonnes de GPL.

**4-6 La phase B (LES COMMUNS) :**

Depuis sa conception en 1978, le MODULE (1) était conçue pour travailler avec une pression de gaz d'entrée de 140Kg/Cm<sup>2</sup>, ce qui donnait une détente iso-enthalpique dans la vanne de JOULE THOMSON assez importante ( $\Delta P = 60\text{Kg/Cm}^2$ ), donc l'utilisation de la boucle du propane était inutile sauf pour les reflux du dééthaniseur, et elle fonctionnait à 40% de sa capacité normale.

Avec le temps, la quantité du gaz dans le gisement a **diminué**, par conséquent la pression à diminuer aussi jusqu'à 96 Kg/Cm<sup>2</sup>, ce qui a réduit la détente ( $\Delta P = 20\text{Kg/Cm}^2$ ).

Donc l'apport complémentaire de frigories par la mise en service des Chiller au propane liquide est nécessaire, actuellement le taux d'utilisation de la boucle du propane est porté à 100%, et c'est l'unité des COMMUNS qui fournit au module(1) le propane, qui est tiré des gaz de tête du dééthaniseur.

## 5- Schéma globale d'un train du Module 1 :

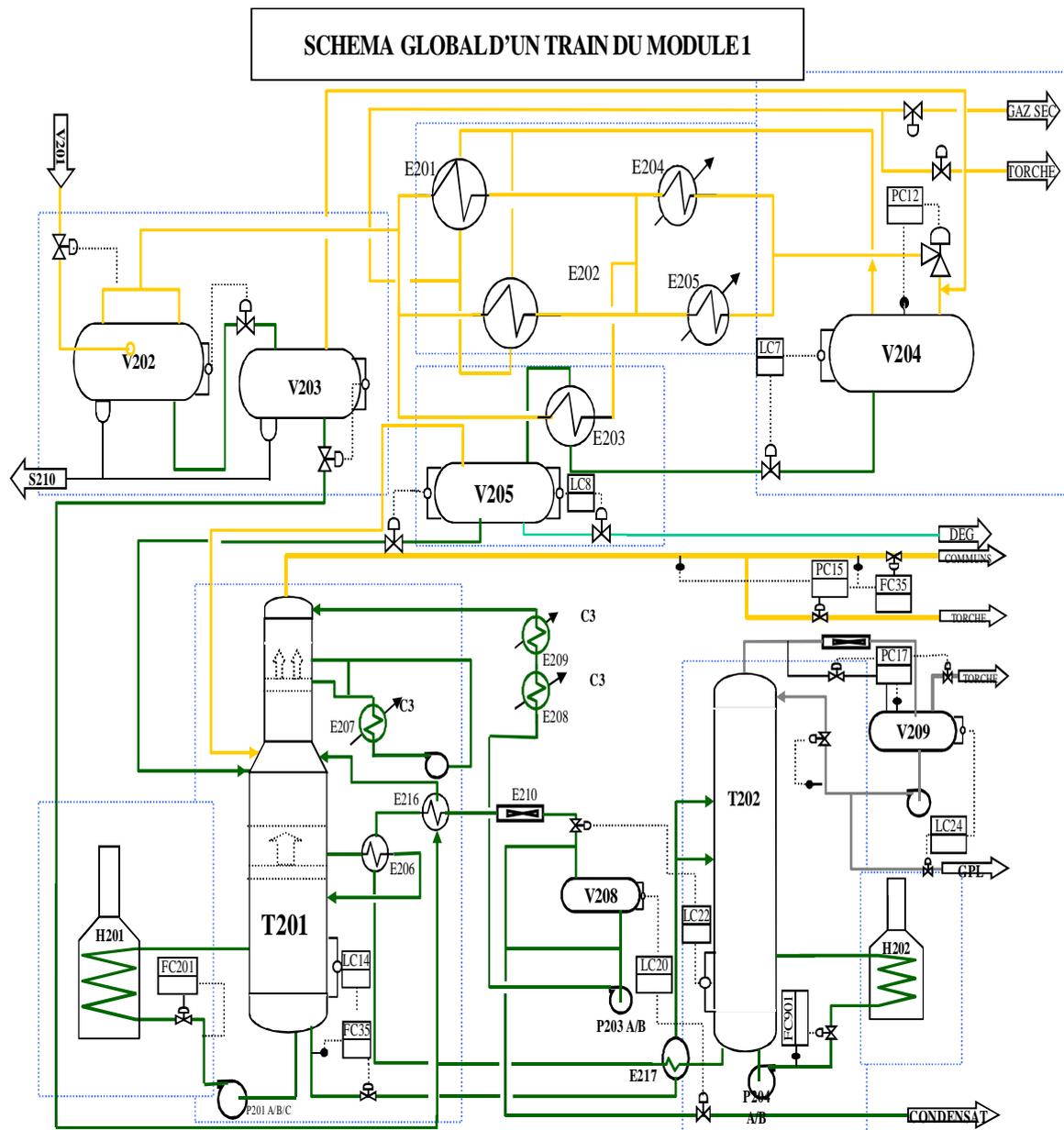


Figure I.6 : Schéma globale d'un train du Module 1.

**Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons décrit le champ de Hassi R'mel et expliqué aussi le procédé du traitement de gaz, cela va nous aider pour la description du Four H201 et sa programmation dans le prochain chapitre.

### 1. Introduction :

Les rebouilleurs sont des équipements incontournables dans les unités de traitement du gaz brut, ils permettent de réchauffer le fond des colonnes (dééthaniseur et débuthaniseur).

Les séquences de fonctionnement et de sécurité sont assurées par un système à relais.

Les facteurs de déclenchement sont intégrés à différents niveaux pour une protection maximale de ces équipements



**Figure II.1 : Vue de face du four H201.**

### 2. Description générale du four H 201 :

H 201 c'est un four comprenant 12 brûleurs à fuel gaz. Le four est revêtu de brique réfractaire résistant à la chaleur.

Le condensat entre du haut du four à travers dix passes pour avoir une surface d'échange maximal. Il traverse la zone de convection (345°C), pour se réchauffer, puis passe dans la zone de rayonnement (radiation) (547°), et il sort de la partie inférieure du H201 à une température de 170°. Le four est composé essentiellement de trois parties différentes :



Figure II.2 : Les différentes parties du Four H201.

## 2.1 Les modes de transmission de la chaleur dans un four

### 2-1-1 La convection:

Le transfert de chaleur par convection met en jeu le mouvement des fluides (gaz ou liquide). Ce mouvement permet l'échange de chaleur entre le fluide et une paroi et facilite, la diffusion de la chaleur au sein de l'ensemble du fluide grâce à l'agitation produite. Dans le transfert de chaleur par convection le fluide se comporte comme un véhicule de la chaleur.

La convection est dite naturelle ou libre lorsque le mouvement du fluide est créé par les différences de masse volumique existant au sein de fluide du fait des différences de températures. Lorsque le mouvement est communiqué par une machine agitateur, pompe, compresseur ou ventilateur, la convection dite forcée.

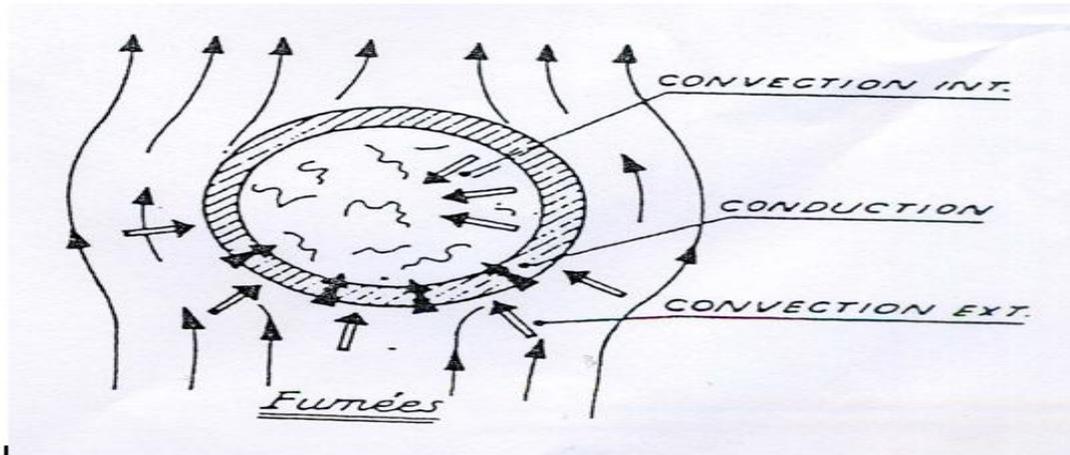


Figure II-3 : Description de la zone de convection

### 2-1-2 Le rayonnement (radiation):

Le transfert de chaleur par rayonnement correspond au transfert d'énergie thermique sous forme d'ondes électromagnétiques analogues à celles de la lumière.

En effet, tout corps, même placé dans le vide, émet de l'énergie thermique sous forme d'un rayonnement qui est véhiculé sans support matériel. Cette émission est d'autant plus importante que la température du corps émetteur est élevée. Elle n'est cependant notable qu'à partir de 700 à 800 °C. Dans le cas du soleil, dont la température superficielle est de l'ordre de 6000 °C, l'émission thermique est particulièrement importante.

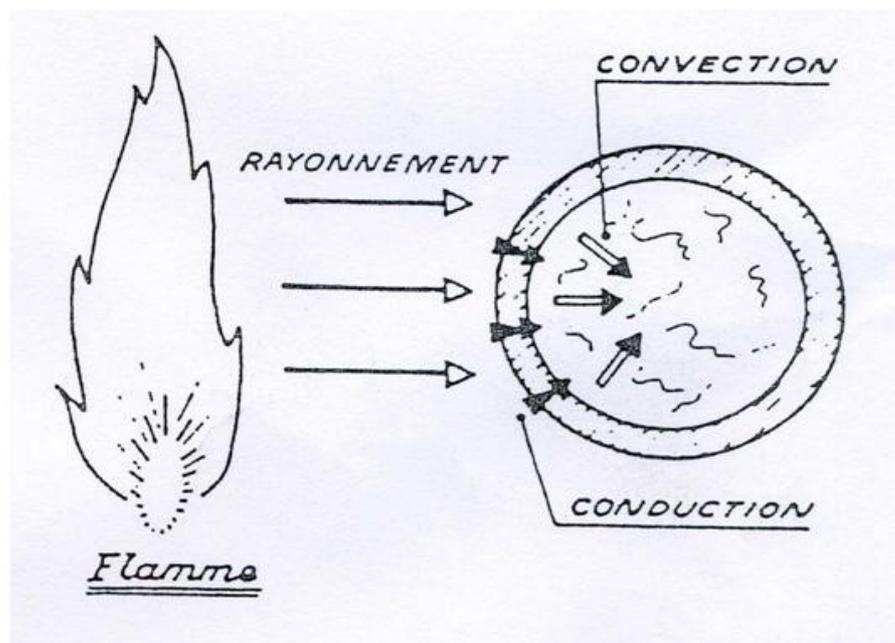


Figure II-4 : Description de la zone de radiation

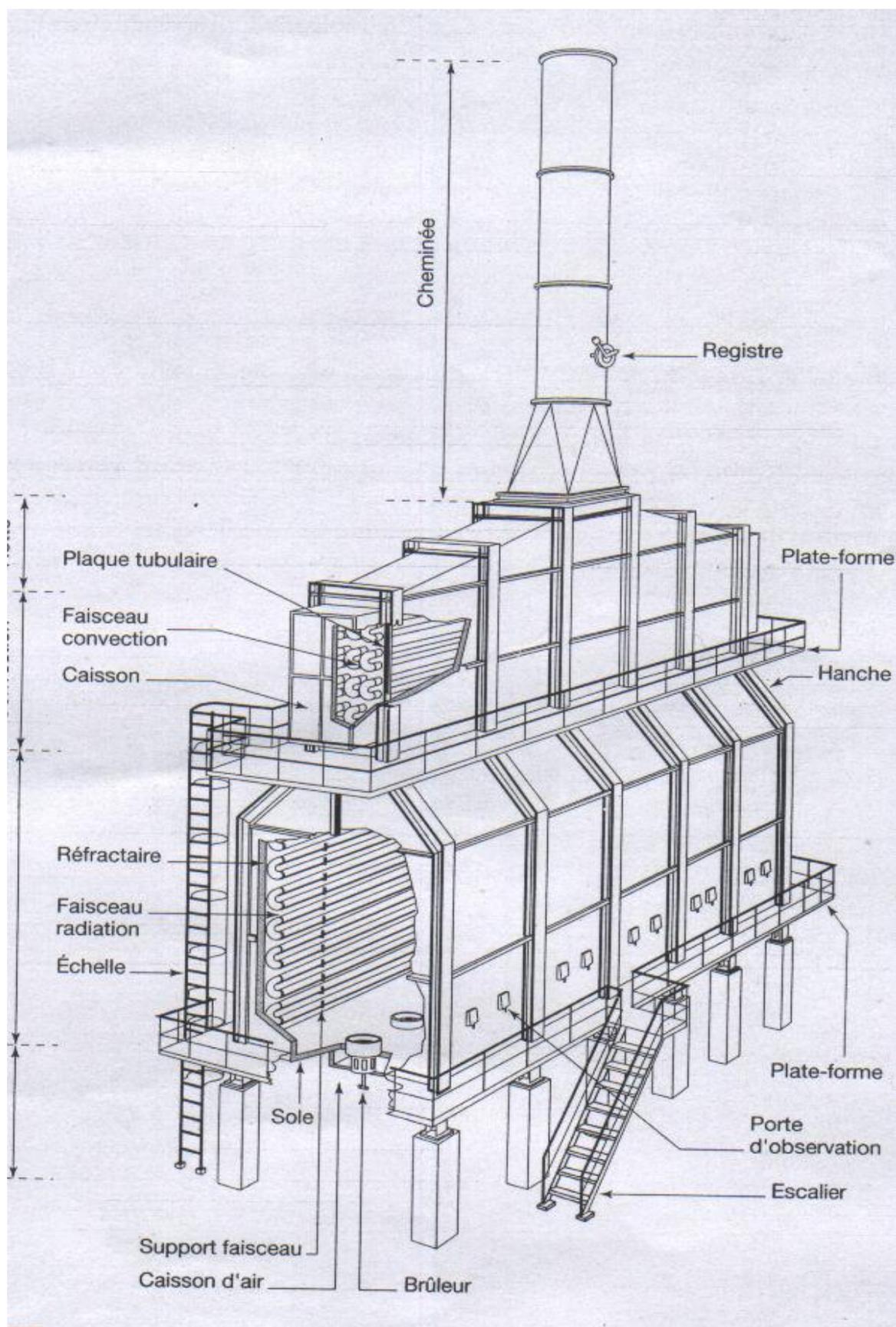


Figure II-5: Vue d'un Four horizontale

**2-2 Les parties différentes du Four :****2-2-1 Partie rebouilleur :**

Cette partie contient les éléments nécessaires pour l'allumage du four.

ü 12 brûleurs pilotes.

ü 12 brûleurs principaux.

**2-2-2 Description du circuit fuel gaz :**

Le fuel gaz passe par deux circuits différents :

**2-2-3 Circuit pilote :**

Le passage de fuel gaz dans ce circuit est commandé par les vannes tout ou rien (SDV 241, SDV 251, SDV 231 et SDV 271-1 à 12), la pression du fuel gaz est contrôlée par une vanne PCV 221.

**2-2-4 Circuit brûleur principal :**

Le passage du fuel gaz dans ce circuit est commandé par les vannes tout ou rien (SDV 211, SDV 221, SDV 231 et FV 281-1 à 12) et une vanne de débit FCV 271.

La présente spécification concerne la séquence de démarrage, les sécurités, et les différentes consignes relatives aux fours rebouilleurs : H201 A /B/C.

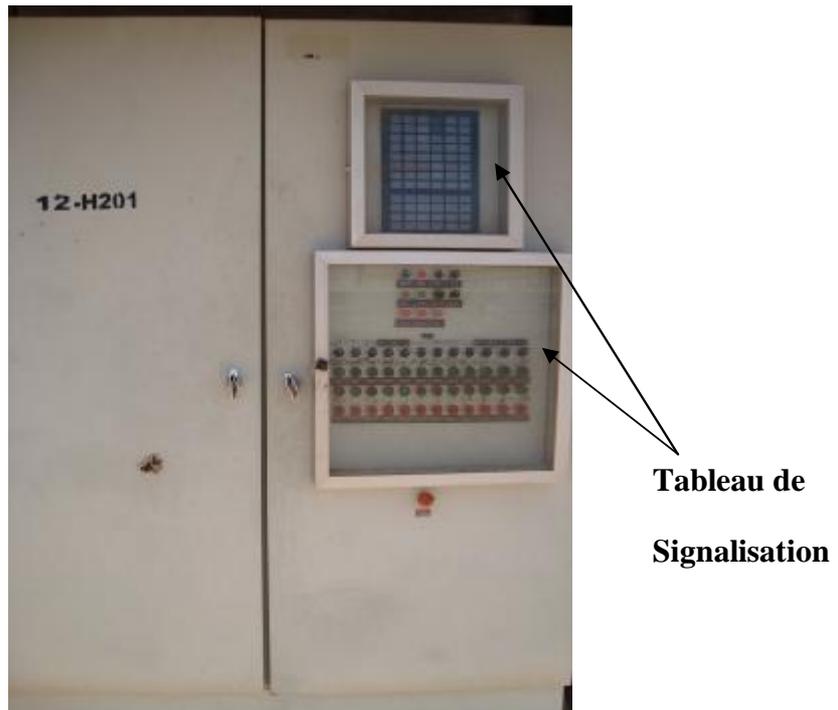
Le principe de démarrage et de conduite de chaque four est la suivante :

- Ø Mise en condition de démarrage et allumage des pilotes et brûleurs en local par action manuelles sur les organes locaux, ou sur la face avant du tableau de commande local.
- Ø Conduite du four depuis la salle de contrôle par surveillance des diverses indications de températures, pressions, débit, ainsi que les différentes alarmes présentes au tableau de contrôle.

La seule action possible depuis la salle de contrôle concernant les sécurités est l'arrêt du four par action sur bouton poussoir de **Mise Hors Service** du four. Cette action à pour conséquences de fermer les vannes automatiques d'alimentation en gaz des pilotes et des brûleurs.

### 3-Alarmes, sécurité, signalisations :

#### 3-1 Tableau local :



**Figure II-6 : tableau local.**

#### 3-2 Signalisations :

Un certain nombre de signalisations sont reportées sur le tableau local afin de faciliter le démarrage et la surveillance du four depuis les unités.

- Position fermée de chaque électrovanne pilote (12).
- Position ouverte de chaque électrovanne pilote (12).
- Position ouverte de chaque électrovanne d'alimentation des pilotes (3).
- Position fermée de chaque électrovanne d'alimentation des pilotes (3).
- Position ouverte de chaque vanne manuelle bruleur (12).
- Position fermée de chaque vanne manuelle bruleur (12).
- Position ouverte de chaque électrovanne d'alimentation des bruleurs(3).
- Position fermée de chaque électrovanne d'alimentation des bruleurs (3).
- Position ouverte du registre de la cheminée.
- Position fermée du registre de la cheminée.

- Position ouverte des vannes d'arrivée d'air.
- Présence individuelle de flamme pour chaque pilote.
- Autorisation de ventilation.
- Ventilation en cours.
- Arrêt ventilation.
- Autorisation allumage pilotes.
- Autorisation allumage brûleurs.

### 3-3 Alarme :

Seules les alarmes ayant des actions de sécurité sont signalées au tableau local, en parallèle avec la signalisation du tableau de salle de contrôle.

- PAHH 201            Pression très haute du gaz combustible.
- PALL 201            Pression très basse du gaz combustible.
- PAHH 231            Pression très haute sortie condensat.
- TAHH 231            Température très haute sortie condensat.
- FSSL 201            Débit très bas condensat.
- TAHH 281            Température très haute entre convection/radiation.
- TAHH 271            Température très haute fumées.
- Arrêt d'urgence    Hors service SDC.
- BAL 201            Arrêt manque de flammes.
- BAL 211            Alarme défaut de flammes.
- BAL 221            Ouverture brûleur non autorisé.

Ces alarmes sont regroupées sur un ensemble de verrines, sur la partie supérieure du tableau local, au dessus des différents boutons poussoirs, commutateurs, voyants, utilisés pour les séquences d'automatisme.

### 3-4 Salle de contrôle :

La seule action de sécurité accessible au tableau de la salle de contrôle est la mise hors service du four, soit pour des conditions de sécurité en cas d'arrêt d'urgence, soit pour un arrêt normal à distance. Cet arrêt est toujours suivi d'actions locales, pour la mise en sécurité du four, par fermeture manuelle de toutes les vannes d'alimentation de gaz sur les circuits pilotes et brûleurs.

Toutes les indications de mesures, tous les enregistrements, sont faits uniquement en salle de contrôle. Aucune mesure analogique n'est indiquée localement sur le tableau situé au pied du four. Les seules indications locales sont données par les manomètres et thermomètres situés directement sur les tuyauteries, ou sur le four.

Les alarmes sont regroupées dans une centrale d'alarmes qui actionne le circuit Klaxon en cas de situation anormale

Situation	Voyant	Klaxon
Normal	Eteint	Hors service
Apparition	Clignotant	En service
Acquittement	Clignotant	Hors service
Effacement	Fixe	Hors service
Disparition	Eteint	Hors service

**Tableau 3.1 : Regroupement des alarmes à la salle de contrôle.**

§ Séquence d'alarmes :

Tous les défauts fugitifs sont mémorisés. Les défauts ayant des actions de sécurité sont signalés par des voyants de couleur **rouge**, les autres défauts sans en action directe sur le fonctionnement du four, sont signalés par des voyants de couleur **orange**

§ Liste des alarmes :

- FAL 201 Débit bas condensat.
- FALL 201 Débit très bas condensat.
- PAL 201 Pression très basse combustible.
- PALL 201 Pression très basse combustible.
- PAH 201 Pression haute combustible.
- PAHH 201 Pression très haute combustible.
- TAH 211 Température haute convection/radiation.
- TAHH 271 Température très haute convection/radiation.
- PAL 211 Pression basse gaz pilote.

- TAH 221-1 à 10 Température de peau de tube radiation.
- TAH 231 Température haute sortie condensat.
- TAHH 231 Température très haute sortie condensat.
- TAH 241 Température haute cheminée.
- TAHH 281 Température très haute cheminée.
- Arrêt d'urgence Mise hors service.
- PAH 231 Pression haute condensat.
- PAHH 231 Pression très haute sortie condensat.
- FAL 271 Débit bas combustible.
- FAH 271 Débit haut combustible.
- XA 201 Défaut électrique.
- BAL 201 Arrêt manque de flammes.
- BAL 211 Alarme défaut de flammes.
- BAL 221 Ouverture bruleur non autorisé.

#### 4- Séquence de démarrage :

##### 4-1 Ventilation :

L'entrée d'air



**Figure II.7 : Soufflant d'air.**

Chaque nouvel allumage du four passe **obligatoirement** par une séquence de ventilation.

**Préparation à la ventilation :**

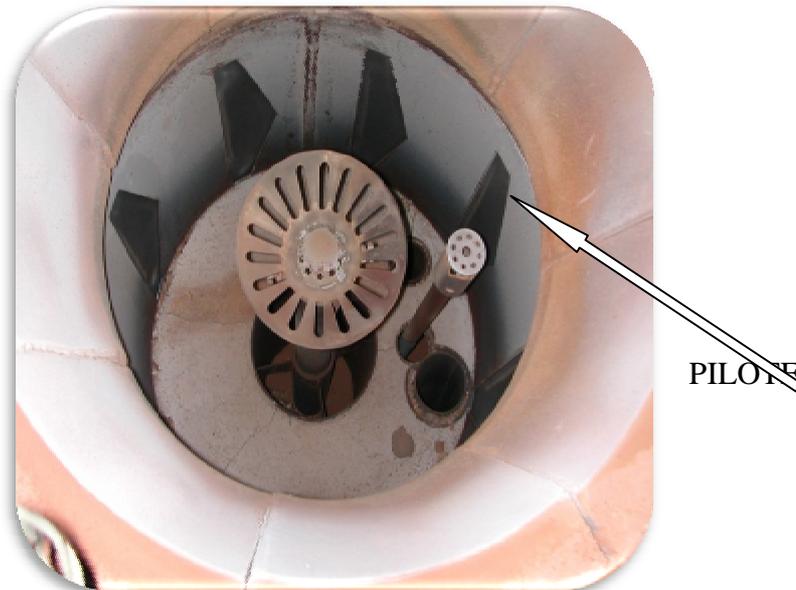
- ∅ Ouverture complète du registre de cheminée (action manuelle) avec contrôle de la signalisation du contact de fin de course au tableau : ZLO 291.
- ∅ Ouverture complète des vannes d'admission d'air (action manuelle) avec contrôle des signalisations des contacts de fin de course au tableau : ZLO 292, ZLO 293.
- ∅ Vérification avec contrôle des voyants lumineux de fin de course au tableau local, des fermetures de :
  - Vanne de gaz : FCV 271.
  - Vannes manuelles d'isolement de la vanne : FCV 271.
  - Vannes manuelles d'isolement de la vanne: PCV 221.
  - Vannes manuelles individuelles de chaque bruleur : FV 281-1 à 12.
  - Vannes d'alimentation du circuit bruleur : SDV 211 /221.
  - Electrovanes individuelles de chaque pilote: SDV 271-1 à 12.
  - Electrovanes d'alimentation du circuit pilote : SDV 241/251.
- ∅ Vérification avec contrôle des voyants lumineux de fin de course au tableau local, des ouvertures de :
  - Mise à l'aire libre du circuit gaz bruleurs : SDV 231.
  - Mise à l'air libre du circuit pilotes : SDV 261.

L'ensemble de ces conditions autorise la ventilation du four (relais R25activé), le voyant « Autorisation ventilation » est allumé, le démarrage des ventilateurs K 201 et K 202 peut s'effectuer depuis les boutons poussoirs de marche situés en face avant du tableau local.

La mise en marche des deux ventilateurs est signalée par le voyant « Ventilation en cours » allumé.

Après une durée de 10 minutes, les ventilateurs sont automatiquement arrêtés, le voyant « Arrêt ventilation » est allumé, ce voyant restera activé pendant 3 minutes.

#### 4-2 Allumage des pilotes :



**Figure II.8: Vue au dessus d'un Pilote.**

Dès la fin de la séquence de ventilation, l'opérateur dispose de 3 minutes pour allumer le premier pilote.

Le voyant « Autorisation pilotes » est allumé.

#### Les actions effectuées sont les suivantes :

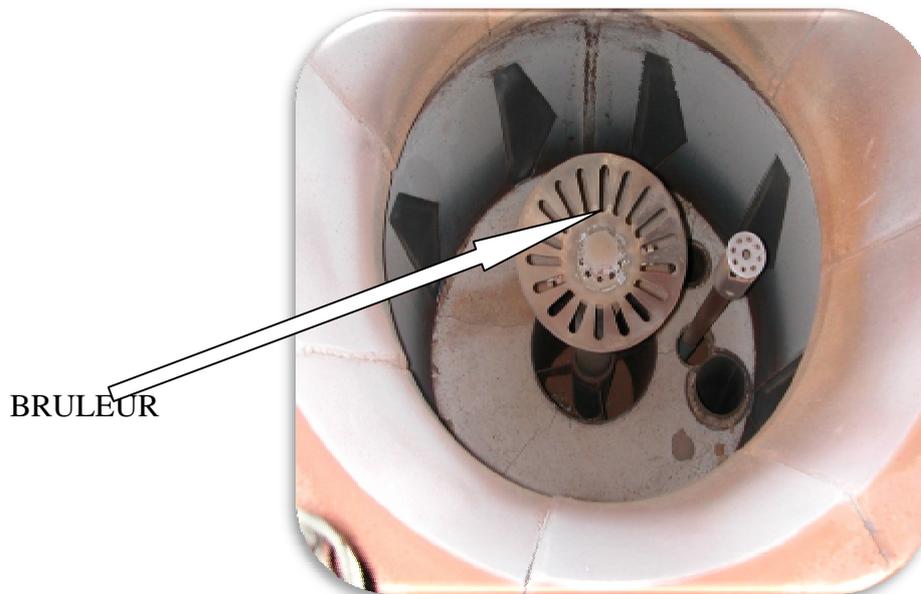
- Ü Fermeture du registre de cheminée (action manuelle).
- Ü Fermeture des vannes d'arrivée d'air.
- Ü Ouverture automatique des électrovannes d'alimentation du circuit pilotes (R27).
- Ü Ouverture de la première électrovanne pilote depuis le tableau local.
- Ü L'action sur le bouton poussoir lumineux « Allumage pilote » correspondant doit allumer le pilote concerné.
- Ü Le voyant « Détection flamme » inclus dans le bouton poussoir s'allume en cas de présence de flamme correspondante.

L'allumage d'un premier pilote autorise l'allumage des suivants sans aucune limite dans le temps, la minuterie de 3 minutes se trouvant by-passer par la première détection de flamme, le voyant « Autorisation pilotes » reste allumé.

**En cas d'échec dans l'allumage d'un pilote pendant les 3 minutes :**

- Ø Extinction automatique du voyant « Autorisation pilotes ».
- Ø Refermeture automatique de toutes les électrovannes individuelles et d'alimentation du circuit gaz pilotes (SDV 271-1 à 12, SDV 241/251).
- Ø Réouverture automatique de l'électrovanne de mise à l'air libre du circuit pilote (SDV 261).

Une nouvelle séquence de ventilation se déclenchera automatiquement.

**4-3 Allumage des bruleurs :**

**Figure II.9 : Vue au dessus d'un Bruleur.**

Dès que tous les pilotes sont allumés, le voyant « flamme allumée » s'allume. La séquence d'allumage des bruleurs peut être commencée.

**Préparation des circuits :**

- § Ajustage de l'ouverture du registre de cheminée pour obtenir une dépression de -2mm CE (colonne d'eau) à hauteur de la voute, en zone radiation.

- § Vérifier que toutes les vannes manuelles, précédemment contrôlées avant la ventilation sont bien restées fermées.
- § Vérifié que la vanne FCV 271, ainsi que ses vannes manuelles d'isolement sont bien restées fermées.
- § Ouverture des vannes d'alimentation du circuit gaz bruleur par action sur

Le bouton poussoir « Autorisation bruleurs » au tableau local.

- § Mettre le réseau principal sous gaz jusqu'aux vannes individuelles des bruleurs par le circuit « Débit mini » de la vanne PCV 211, en ouvrant ses vannes manuelles d'isolement.

### **Allumage proprement dit :**

Chaque bruleur est allumé avec un débit **faible** par ouverture progressive de sa vanne individuelle d'alimentation.

Cette action doit se faire avec précaution pour éviter de souffler la flamme du pilote correspondant.

Dès l'établissement de la flamme au débit mini, il convient de procéder à un contrôle visuel de la qualité de la flamme :

- Ø Réglage des registres air primaire/ air secondaire.
- Ø Stabilité de la flamme.
- Ø Forme de la flamme.

### **Passage au débit normal :**

- Ü La vanne FCV 271 est pilotée en position fermée.
- Ü Les vannes manuelles d'isolement de la vanne FCV 271 sont ouvertes.
- Ü La vanne FCV 271 est ouverte progressivement, depuis l'opérateur sur site.

Un contrôle visuel se fait simultanément pour vérifier la qualité des flammes de l'ensemble des bruleurs au four et à mesure de l'augmentation du débit de gaz.

- Ü Le four est en état de fonctionnement normal, sa conduite et sa surveillance se fait depuis le tableau local et la salle de contrôle.

**5- Action de sécurité :****5-1 Arrêt bruleurs :**

Le four étant en fonctionnement normal :

- Pilotes allumés.
- Bruleurs allumés.
- Ventilateurs arrêtés.

Un certain nombre d'alarmes entraîne l'arrêt immédiat des bruleurs, par fermeture des vannes d'alimentation du réseau gaz bruleur (SDV 211/221), et ouverture de la mise à l'aire libre (SDV 231) :

- PAHH 201                      Pression très haute de gaz combustible.
- PALL 201                      Pression très basse de gaz combustible.
- PAHH 231                      Pression très haute sortie condensat.
- TAHH 231                      Température très haute sortie condensat.
- FSLL 201                      Débit très bas condensat.
- TAHH 281                      Température très haute entre convection/radiation
- TAHH 271                      Température très haute fumés.
- BAL 201                      Alarme manque de flamme.

Dans ces conditions, seuls les pilotes restent allumés.

La fermeture du registre de cheminée entraîne également l'extinction des bruleurs, par fermeture des vannes de gaz. Cette action n'est pas signalée par alarme, car elle résulte d'une action manuelle de l'opérateur.

**5-2 Arrêt global :**

L'arrêt général du four est obtenu soit depuis le tableau local, soit depuis le tableau de la salle de contrôle par action sur le bouton poussoir de mise Hors service.

Cette action entraîne la fermeture de toutes les électrovannes des circuits de gaz pilotes et bruleurs, ainsi que des électrovannes individuelles des pilotes.

Dans ces conditions, le four se trouve avec les pilotes et les bruleurs éteints, mais avec toutes les vannes manuelles ouvertes.

La mise en sécurité complète du four demande une action locale sur toutes les vannes manuelles.

Tout redémarrage du four demande de recommencer complètement toutes les séquences depuis la séquence de ventilation.

**5-3 BY PASS de sécurité de flamme :**

Il est recommandé de ne pas travailler avec plus de 2 bruleurs contigus non utilisés, afin de ne pas déséquilibrer la chauffe du four, et d'avoir toujours un bruleur en état de fonctionnement normal voisin d'un bruleur non allumé.

Tout autre type de fonctionnement est considéré comme marche anormale du four laissée à la responsabilité complète de l'exploitant.

Chaque sécurité de détection de flamme peut être by-passée par un commutateur en face avant du tableau local. Cette action peut être utilisée pour des interventions dues, aux opérations de maintenance, ou à la mal fonction d'un pilote ou d'un bruleur.

Pour autoriser ce type de fonctionnement, les détections de flammes sont regroupées en trois parties différentes :

Ü 1 <sup>ère</sup> série : détecteurs	1	4	7	10	12
Ü 2 <sup>ème</sup> série : détecteurs	2	5	8	11	
Ü 3 <sup>ème</sup> série : détecteurs	1	3	6	9	12

L'alarme « Manque de flamme BAL 201 », qui entraîne l'arrêt du four, est déclenchée lorsque les trois séries sont en défaut simultanément.

Lorsqu'un détecteur de flamme est en situation de by-pass, il est interdit d'ouvrir la vanne manuelle du bruleur concerné. Dans ce cas l'alarme « Ouverture bruleur non autorisé BAL 221 » est activée en salle de contrôle et au tableau local, sans interrompre la marche du four.

Une alarme « Défaut de flamme BAL 221 » est activée dans le cas d'un défaut sur une seule détection de flamme non by-passée. Cette alarme ne déclenche pas d'action de sécurité.

6-Circuit condensât :

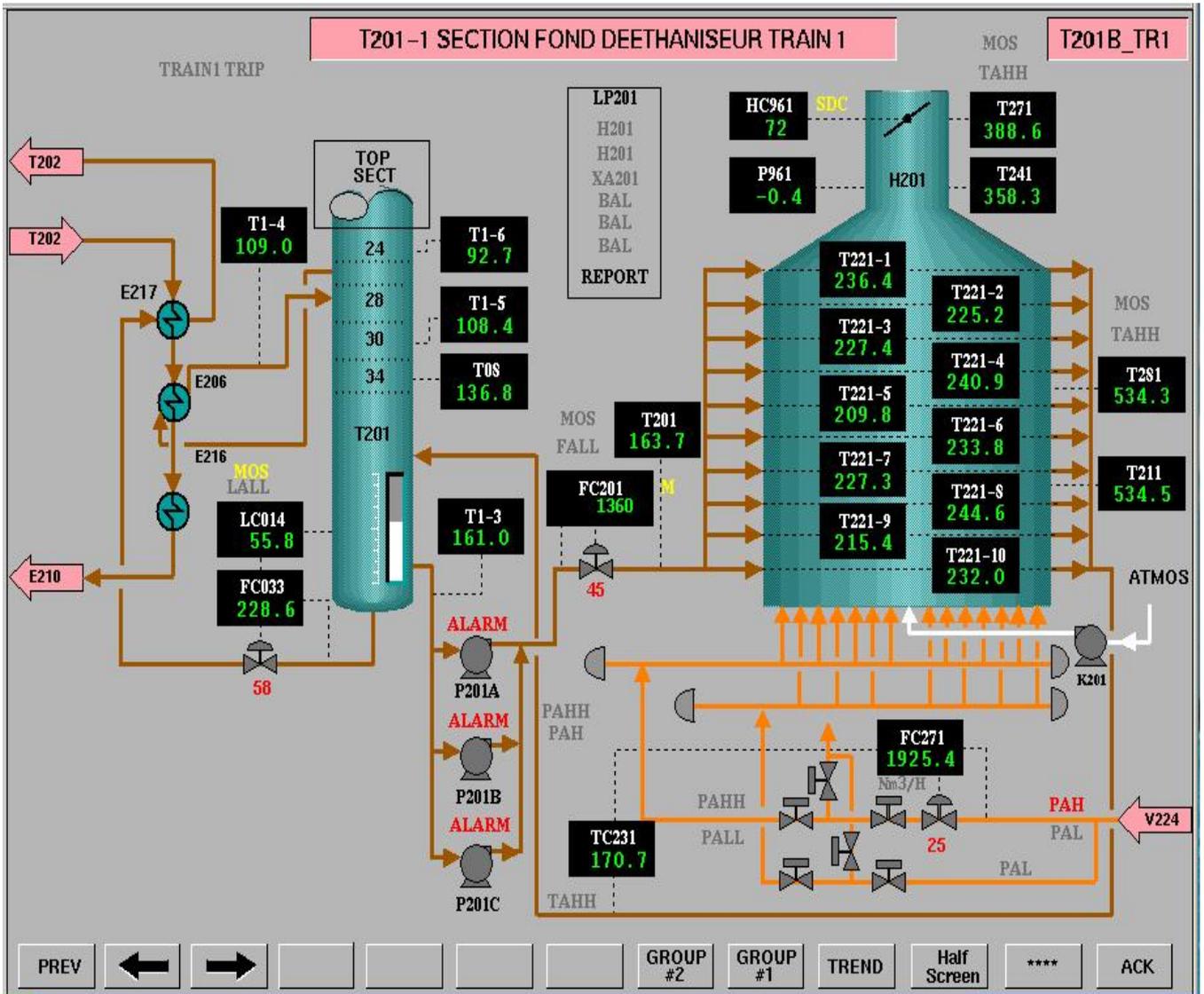


Figure II.10 : Circuit condensât.

**7- Instrumentations :****7-1- Les capteurs :****7.1.1. Capteurs de pression :** les capteurs de pression utilisés sont :**Ø Les manomètres :**

Les manomètres utilisés sont de type de bourdon à indication locale, le principe de fonctionnement de ces capteurs est le suivant : le tube de bourdon est brasé, soudé ou vissé avec le support de tube qui forme généralement une pièce complète avec le raccord. Par l'intermédiaire d'un trou dans le raccord, le fluide à mesurer passe à l'intérieur du tube. La partie mobile finale du tube se déplace lors de changement de pression (effet bourdon). Ce déplacement qui est proportionnel à la pression à mesurer, est transmis par l'intermédiaire du mouvement à l'aiguille et affiché sur le cadran en tant que valeur de pression.



**Figure II.11: Manomètre.**

**Ø Les pressostats :**

Un pressostat est un dispositif comprenant un commutateur électrique dans lequel le mouvement des contacts est réalisé pour une valeur prédéterminée de la pression du fluide.

Les pressostats utilisés sont des instruments robustes de haute fiabilité ayant un mécanisme de contact à déclic double. Ils sont munis d'un tube de Bourdon spécial ayant une excellente durabilité et de micro-interrupteurs à haute sensibilité.

On trouve deux modèles, celui à un contact et celui à deux contacts, ces pressostats sont de type résistant au feu par sa construction contre l'explosion.

Ils sont montés sur la ligne d'alimentation de fuel gaz et utilisés pour les alarmes (exemple PAHH/LL - 4750), pour donner une alarme en cas de très haute ou de très basse pression (PSHH/LL - 4750), son principe de fonctionnement est le suivant :

Par l'action du tube Bourdon, le micro-interrupteur est entraîné directement pour ouvrir ou fermer le circuit. La pression de tirage peut être changée en faisant glisser le porte-micro-interrupteur au moyen d'une vis de réglage.

Ces pressostats délivrent une tension de 24 VCC en cas d'anomalie.



**Figure II.12: Pressostat**

#### **7.1.2. Transmetteur de débit :**



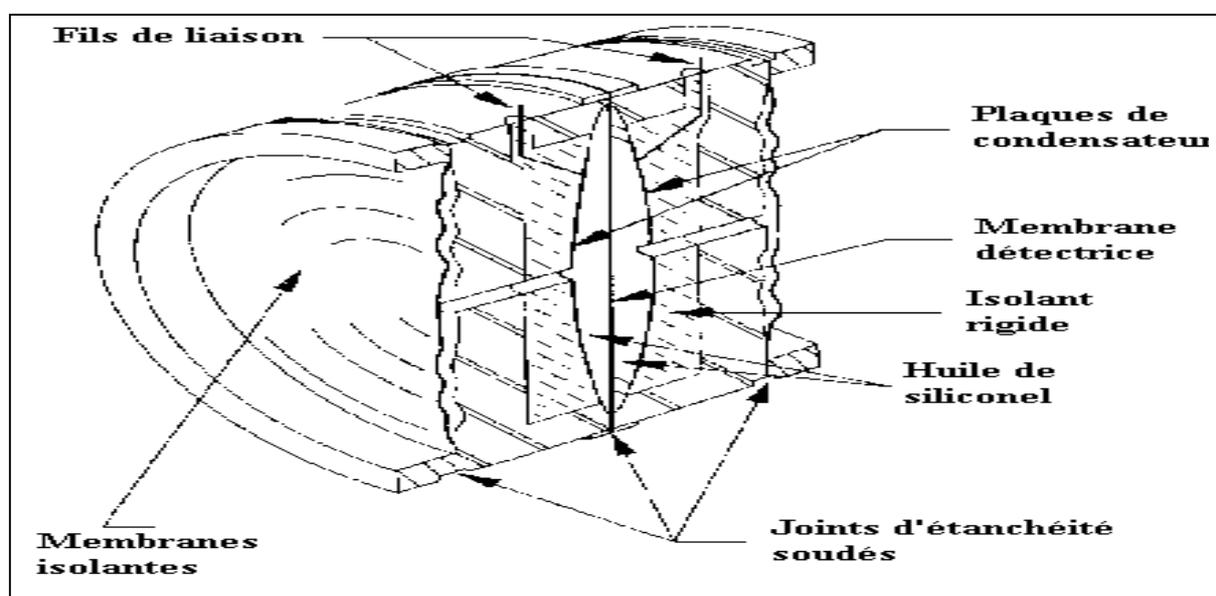
**Figure II.13: Transmetteur de débit**

Pour mesurer le débit au niveau de la ligne de charge d'entrée on utilise un transmetteur de pression différentielle Rosemount (FT- 4007), le principe de fonctionnement est le suivant (Figure II.14) :

Le principe utilisé est celui de la technique capacitive à deux fils. La pression du procédé est transmise à travers les membranes isolantes et un fluide de remplissage constitué d'huile de silicone à une membrane détectrice placée au centre de la cellule.

La membrane détectrice agit comme un ressort étiré qui fléchit en réponse à une pression différentielle qui la traverse.

Le déplacement de la membrane détectrice est proportionnel à la pression différentielle. Sa position est détectée par les plaques de condensateur qui sont situées de part et d'autre de la dite membrane. La différence de capacité entre la membrane détectrice et les plaques de condensateur est convertie électriquement en un signal 4-20 mA.



**Figure II.14 : Transmetteur de pression différentielle**

Deux sources de pression agissent de chaque côté du capteur à diaphragme. Les différences de pression d'un côté à l'autre déplaceront le diaphragme et l'aimant qui lui est fixé en fonction du changement de débit. Un aimant à flèche, situé dans une cavité séparée du corps, est mis en rotation par le mouvement de l'aimant du capteur et indique la pression différentielle sur le cadran d'un galvanomètre.

### 7.1.3. Capteurs de température :

#### Ø Les thermocouples:

Le thermocouple est la liaison de deux (2) métaux différents par une soudure chaude soumis à la différence de la température  $\Delta T$ . Il est utilisé pour assurer et indiquer la température. Il existe deux fonctions distinctes dans l'utilisation de ces appareillages :

- Indication de température de peau des tubes.
- Indication de température des fluides.



**Figure II.15: Thermocouple**

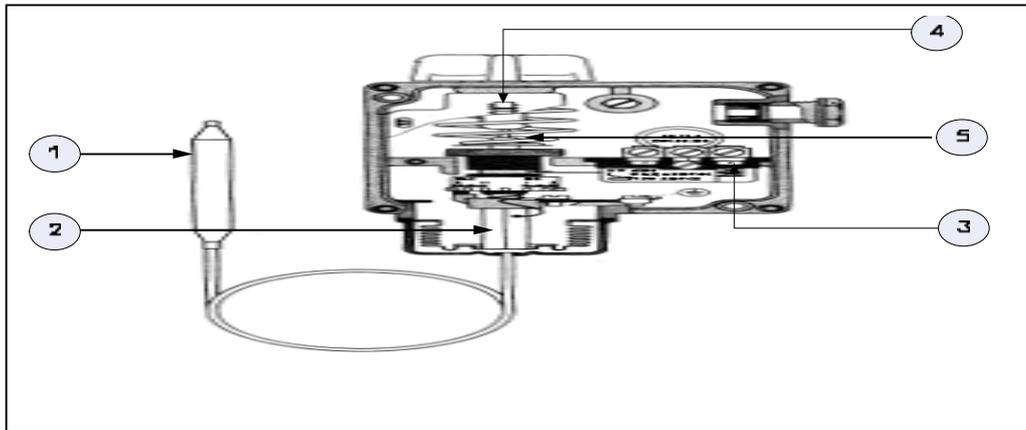
Les thermocouples sont accessibles et facilement remplaçables.

#### Ø Les thermostats:

Les thermostats ou contacteurs de température sont des appareils capables de détecter le franchissement d'un seuil de température utilisés pour protéger des systèmes, appareils contre les températures qui sont susceptibles de provoquer des anomalies. Ils sont de type à bulbe sensible, capillaire sur soufflet ou membrane (Figure II.16).

Le thermostat est constitué principalement de :

- 1- Sonde (élément capteur).
- 2- Un piston mobile (commandé par la dilatation du liquide).
- 3- Un micro-Switch.
- 4- Vis de réglage de seuil.
- 5- Un ressort contre réaction.



**Figure II.16: Thermostat**

Le liquide se trouvant à l'intérieur de la sonde se dilate sous l'action de la température, ceci provoque une pression qui s'exerce sur le piston, qui à son tour agit sur le micro-Switch. La distance entre le micro-Switch et le piston caractérise le seuil de thermostat. Cette distance est commandée par une vis de réglage de seuil.

#### **7.1.4. Détecteur de flamme:**

La détection de flamme est un facteur de déclenchement de l'unité elle est assurée par des détecteurs ultraviolets « purple peeper » transistorisés qui sont situés au niveau de chaque brûleur. Dans les atmosphères dangereuses son boîtier est anti-déflagration. Le détecteur est monté hors de la chambre de combustion grâce à son tube de perception qui détecte la radiation ultraviolette produite et ensuite il produit un signal qui sera envoyé à l'amplification situé dans la commande.



**Figure II.17: Détecteur de flamme**

### 7.1.5. Fin de course:

Les fins de course sont des contacts intégrés sur les vannes qui nous indiquent la position du corps. Il indique l'ouverture ou la fermeture de la vanne, existant en deux modèles celui du 110 VCC et 24 VCC (Figure II.18).



Figure II.18: Fin de course.

## 7.2. Les actionneurs:

### 7.2.1. Les électrovannes:

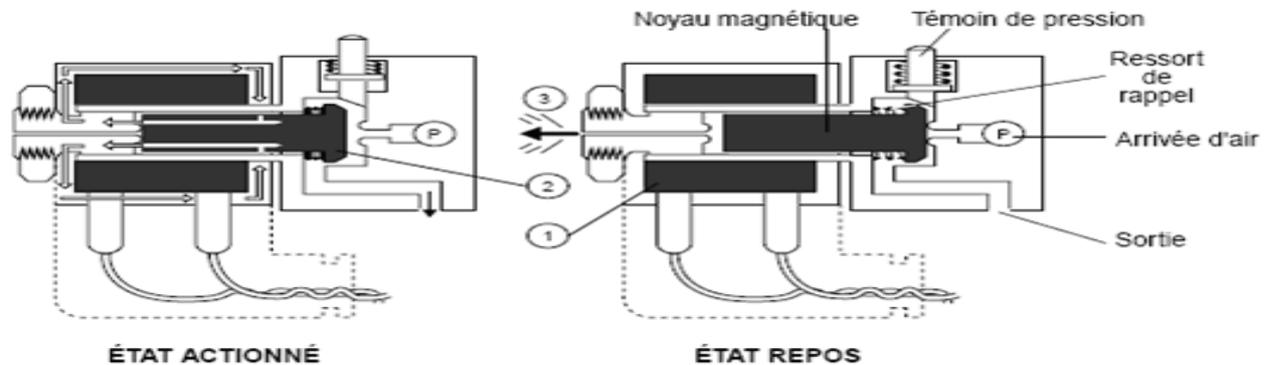
Une électrovanne est composée de quatre éléments principaux (Fig II.19) :

- ü le corps
- ü le tube culasse en forme de cheminée supportant la tête magnétique
- ü la tête magnétique comprenant le circuit magnétique et la bobine surmoulée
- ü un noyau mobile portant la tige et les clapets

Son principe de fonctionnement est le suivant :

Ce sont des dispositifs monostables, c'est-à-dire qu'elles sont à simple effet. L'électrovanne s'ouvre lorsque la bobine est excitée par un courant électrique de commande. Le champ

magnétique de la bobine provoque le déplacement d'une palette et d'un électroaimant qui actionne le clapet, un ressort rappelant le noyau en position repos après la disparition du signal électrique de commande.

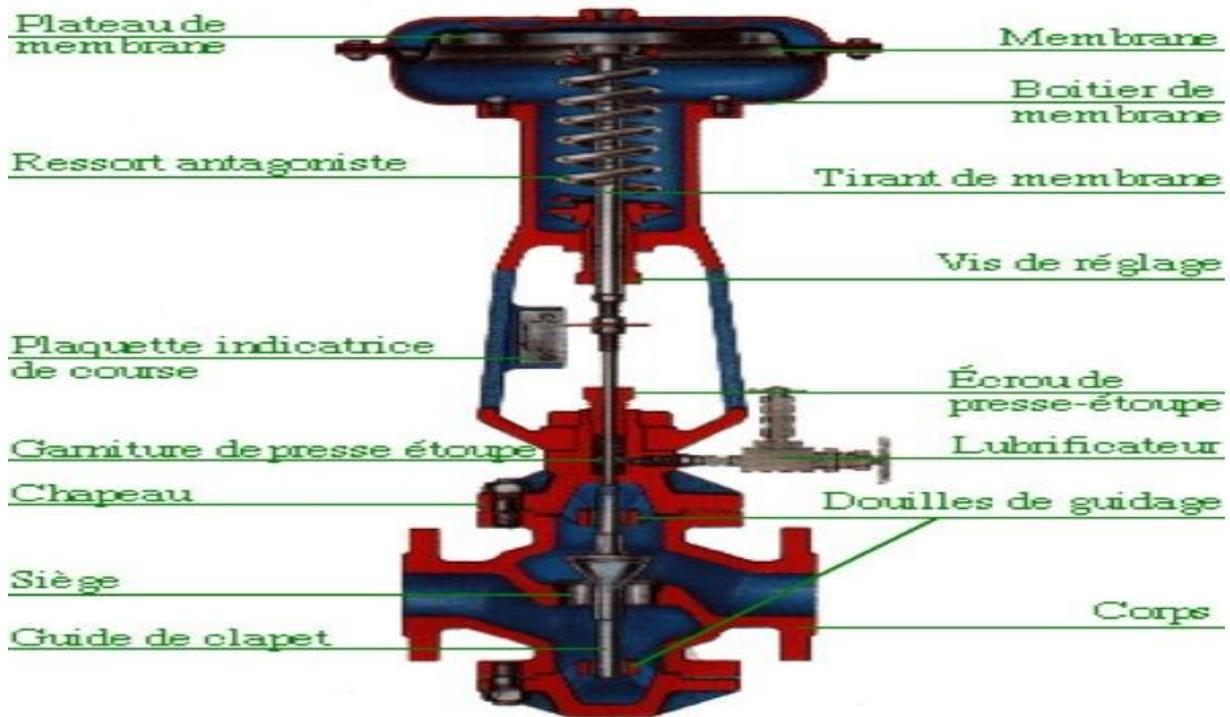


**Figure II.19 :** Electrovanne

- Quand la bobine 1 est sous tension “ÉTAT ACTIONNÉ”, le noyau est attiré et autorise l’arrivée d’air,
- Quand la bobine 1 n’est pas sous tension “ÉTAT REPOS”, l’orifice de sortie communique avec l’orifice de mise à l’échappement 3 et le clapet 2, solidaire du noyau, obture l’arrivée d’air.

### 7.2.2. Vanne tout ou rien (TOR):

Les vannes automatiques tout ou rien UV - 4750, UV- 4751 vannes de fermeture d’urgence, UV- 4752 vanne d’ouverture d’urgence, sont montées sur le circuit fuel gaz dont le rôle est d’interrompre ou de permettre le passage du fuel gaz.



**Figure II.20: Vanne tout ou rien**

On distingue des autres composantes de la vanne qu'ils n'existent pas sur le schéma:

- Ø Un contacteur de début et de fin de course ;
- Ø Une recopie de la position ;
- Ø Un filtre détendeur ;
- Ø Un positionneur: il régule l'ouverture de la vanne en accord avec le signal de commande.

### 7.2.3. Bouton poussoir :

Les boutons poussoirs sont des commutateurs actionnés par les doigts qui ouvrent ou ferment des contacts. Habituellement, un ressort ramène le bouton poussoir à sa position normale dès qu'il est relâché.



**Bouton poussoir**



**Bouton d'arrêt d'urgence**

**Figure II.21: Bouton poussoir**

**1. Introduction :**

L'automate programmable industriel (API) est aujourd'hui le constituant le plus répandu des automatismes. On le trouve dans tous les secteurs de l'industrie. Il répond aux besoins d'adaptation et de flexibilité de nombreux d'activités économiques actuelles.

**2. Définition de l'Automate Programmable Industriel (API) :**

Les API sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués.

Un API se distingue d'un ordinateur par le fait qu'il s'agit d'un système électronique programmable spécialement adapté pour les non-informaticiens. Il est en général destiné à être mis entre les mains d'un personnel dont la formation a été surtout orientée vers l'électronique. L'API s'est substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse (mise en œuvre, évolution...), mais aussi parce que dans les automatisations de commande complexe, les coûts de câblage et de mise au point devenaient trop élevés.

Les automatismes sont réalisés en vue d'apporter des solutions à des problèmes de nature technique, économique ou humaine:

- Eliminer les tâches dangereuses et pénibles, en faisant exécuter par la machine les tâches humaines complexes ou indésirables.
- Améliorer la productivité en asservissant la machine à des critères de production, de rendement ou de qualité.
- Piloter une production variable, en facilitant le passage d'une production à une autre.
- Renforcer la sécurité en surveillant et contrôlant les installations et machines.

On distingue dans tout système automatisé la machine ou l'installation et la partie commande constituée par l'appareillage d'automatisme. Cette partie commande est assurée par des constituants répondant schématiquement à quatre fonctions de base:

- L'acquisition des données ;
- Le traitement des données ;
- La commande de puissance ;
- Le dialogue homme machine.

L'automate programmable industriel est un appareil qui traite les informations selon un programme préétabli.

Son fonctionnement est basé sur l'emploi d'un microprocesseur et de mémoires.

Parmi les fabricants des automates dédiés à la sécurité on trouve TRICONEX, HIMA, ROCKWEL (SafetyGuard), HONEYWELL, ABB, SIEMENS.

### 3. TRICONEX :



**Figure III.1 : Automate programmable (TRICONEX)**

TRICONEX, est un automate programmable d'Invensys, un leader mondial en gestion de la performance des actifs dans le secteur industriel. Les objectifs sont à la fois la sécurité (typiquement SIL 3 selon IEC 61508). Le Triconex est utilisé dans des installations à sécurité critique, ou le niveau de sécurité exigé est très élevé tel que les installations de raffinage, de traitement de gaz, les turbomachines, installations nucléaires...

Depuis que son commencement en 1983, la compagnie a installé des milliers de systèmes de sécurité et solutions du contrôle critique dans une large variété d'industries et d'applications. Aujourd'hui, TRICONEX, opèrent globalement dans plus de 7000 installations. TRICONEX est le Système de Sécurité du Système du Contrôle de l'Entreprise Infusion.

### 3.1 Architecture Triplée Modulaire Redondante (TMR) de TRICONEX :

Le système TRICON TMR est composé de trois systèmes de contrôle parallèles distincts intégrés dans un même ensemble matériel. Le vote des données logiques de types deux sur trois garantit un fonctionnement en continu à haut niveau d'intégrité et sans erreur.

Pour l'utilisateur, le système TRICON constitue un seul ensemble matériel, ce qui permet de développer ainsi qu'un seul programme d'application et de le charger dans les trois processeurs en une seule opération. Les signaux au niveau des modules d'entrée sont échantillonnés et traités par trois chaînes indépendantes puis transmis aux trois processeurs par des chemins de communication distincts. Une fois le programme d'application exécuté, les modules de sortie effectuent un vote de type 2 sur 3, ainsi les valeurs calculées des sorties transmises par les trois modules processeurs, puis envoient le résultat aux borniers de sorties et de là aux organes à commander sur site. (Voir Figure III.1)

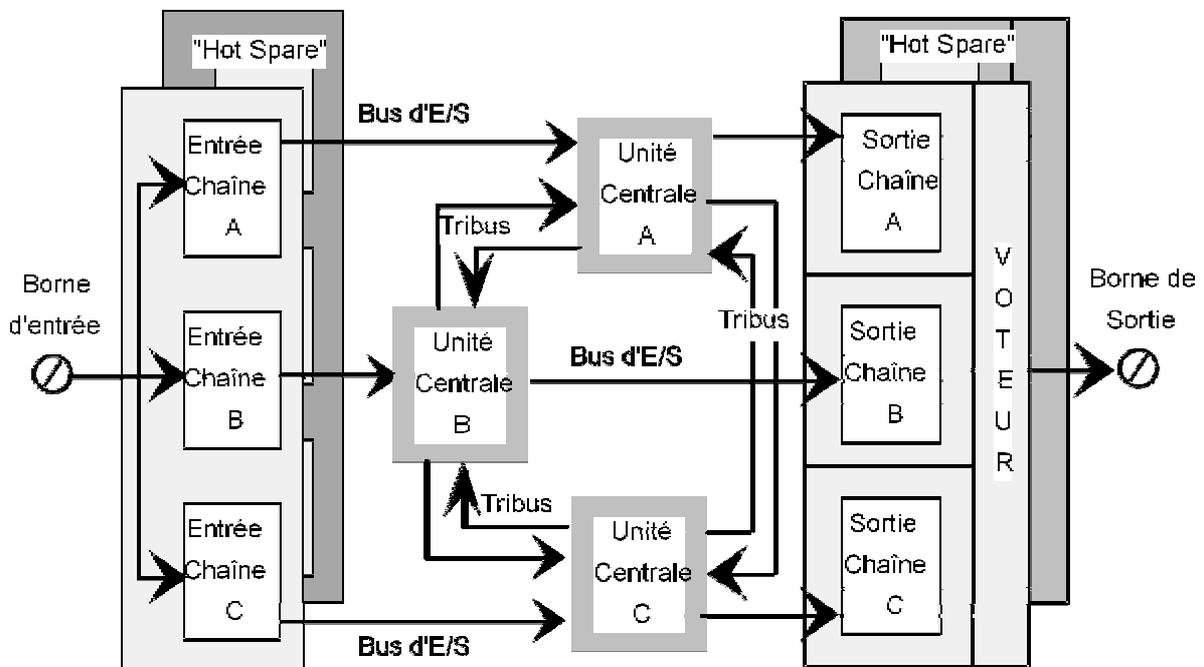


Figure III.2: Architecture Triplée Modulaire Redondante (TMR).

### 3.2. Principe de fonctionnement :

Le TRICONEX est un système tolérant aux fautes grâce à son architecture Triplée Modulaire Redondante TMR. Le TRICONEX garantit un contrôle en continu, sans erreur en cas de défaillance des composants d'origines internes ou externes.

Le TRICONEX a été conçu autour d'une architecture triplée totale, depuis les points d'entrées jusqu'aux points de sorties en passant par les processeurs principaux.

Chaque module d'entrée /sortie contient trois chaînes de traitement redondantes et indépendantes. Chaque chaîne de traitement des modules d'entrées lit les données du procédé et transmet cette information au module processeur principal auquel elle est rattachée. Les trois processeurs principaux échangent leurs données par l'intermédiaire du bus à haute vitesse appelé TRIBUS.

Une fois par période de scrutation, les trois processeurs principaux se synchronisent et communiquent entre eux par le TRIBUS. Le TRIBUS vote les données d'entrées logiques, compare les données de sorties et envoie une copie des valeurs d'entrées logiques à chaque processeur principal (Figure III.2). Les processeurs principaux exécutent le programme d'application et transmettent les valeurs calculées aux modules de sorties. Outre le vote des données d'entrées, le TRICONEX vote également les données de sorties. Cette opération est effectuée au niveau des modules de sorties juste en amont des borniers de raccordement ce qui permet de détecter et corriger toute erreur éventuelle entre le vote au niveau du TRIBUS et de la sortie.

Pour chaque module d'entrée/sortie, il est possible de loger une pièce de rechange à chaud, qui prend la main si une faute est détectée au niveau du premier module en activité. La pièce de rechange à chaud peut aussi être utilisée pour la maintenance de tout module de même modèle qui manifeste un défaut n'importe où dans la configuration du système.

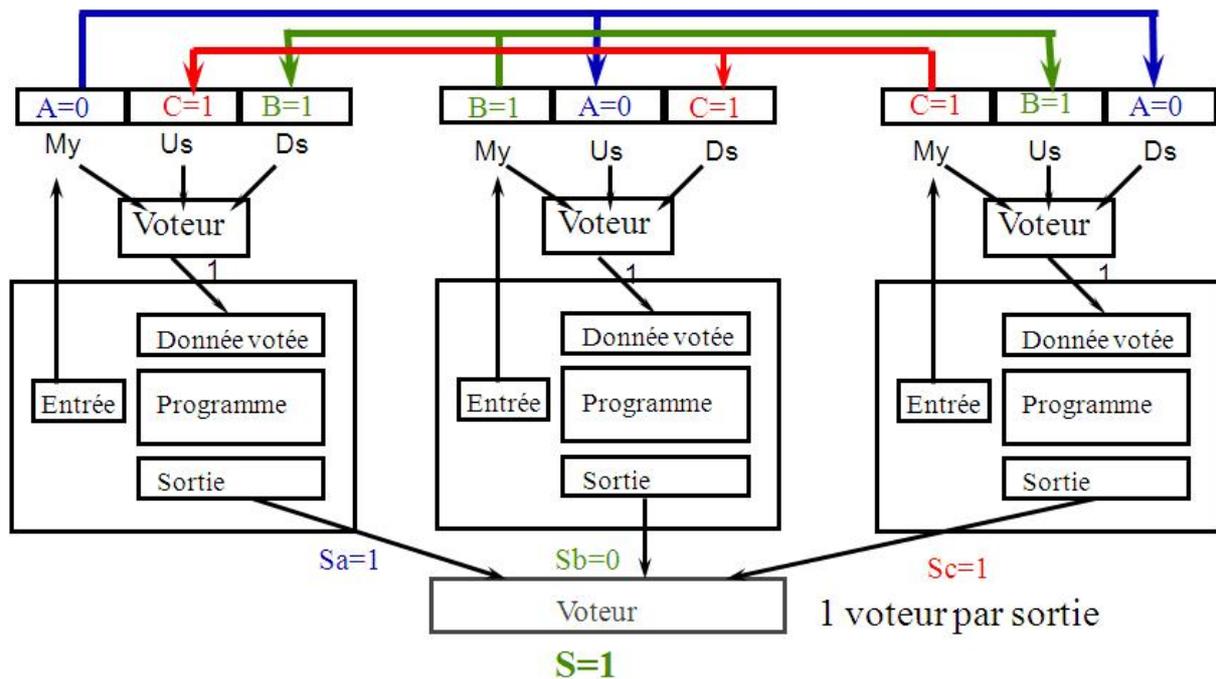


Figure III.2 : Illustration du système de vote de TRIBUS

### 3.3. Configuration du système :

Les systèmes de la version 9 existent sous deux formes de configuration : les systèmes mono châssis avec un seul châssis principal haute densité et des systèmes multi-châssis qui peuvent intégrer jusqu'à 15 châssis au total. Les configurations suivantes existent :

- § Châssis principal haute densité : ce châssis héberge trois processeurs principaux et prévoit un emplacement pour un module de communication (sans option pour les pièces de rechange à chaud) et six emplacements fonctionnels pour les modules d'entrée/sorties.
- § Châssis d'extension haute densité : ce châssis héberge des modules d'entrées/sorties supplémentaires qui peuvent être déportés jusqu'à 30 mètres du châssis principal. Chaque châssis est constitué de huit emplacements fonctionnels pour les modules d'entrées/sorties. Chaque emplacement est pourvu de deux rails, l'un pour le module actif, l'autre pour la pièce de rechange à chaud.
- § Châssis RXM haute densité : ce châssis héberge les modules d'entrées/sorties supplémentaires qui peuvent être déportés jusqu'à 12 kilomètres du châssis principal. Chaque châssis RXM compte trois modules RXM (primaires ou secondaires) et six emplacements fonctionnels pour les modules d'entrées/sorties. Chaque emplacement est pourvu de deux rails, l'un pour le module actif, l'autre pour la pièce de rechange à chaud.

### 3.4. Bus système et distribution de l'alimentation:

Trois bus systèmes triplés sont gravés sur le fond de panier du châssis : le TRIBUS, le bus d'entrées/sorties et le bus de communication COMM.

Le TRIBUS est composé de trois liaisons série indépendantes qui fonctionnent à 4 Mbaud. Les fonctions du TRIBUS sont les suivantes :

- § Rendez-vous des processeurs au début de chaque cycle ;
- § Gère la rééducation automatique des processeurs ;
- § Vote les informations discrètes (logiques) entre les processeurs et positionne un bit de discordance
- § Transfère et vote les A.I (Analogique Input) entre les processeurs
- § Transfère les diagnostics et les données programmés entre les processeurs.
- § Transfère les messages de communications entrants entre les processeurs.

Il convient de noter que le TRICON permet grâce à son architecture TMR qu'une même mesure, en provenance d'un transmetteur unique, d'un paramètre du procédé soit

échangée entre les trois modules processeurs principaux. Ainsi, cette caractéristique garantit que les données reçues sont identiques pour tous les processeurs.

Chaque module d'entrée/sortie transfère les signaux des capteurs ou des organes à piloter via le bornier de raccordement qui lui est associé. Chaque emplacement d'un châssis est constitué de deux sous-emplacements ou rails qui logent le module en activité et la pièce de rechange à chaud. Le même bornier de raccordement et les mêmes voies du bus d'entrées/sorties sont utilisés quel que soit le module opérationnel.

Les modules de droite et de gauche fonctionnent de manière active où assure la fonction de pièce de rechange à chaud alternativement toutes les heures.

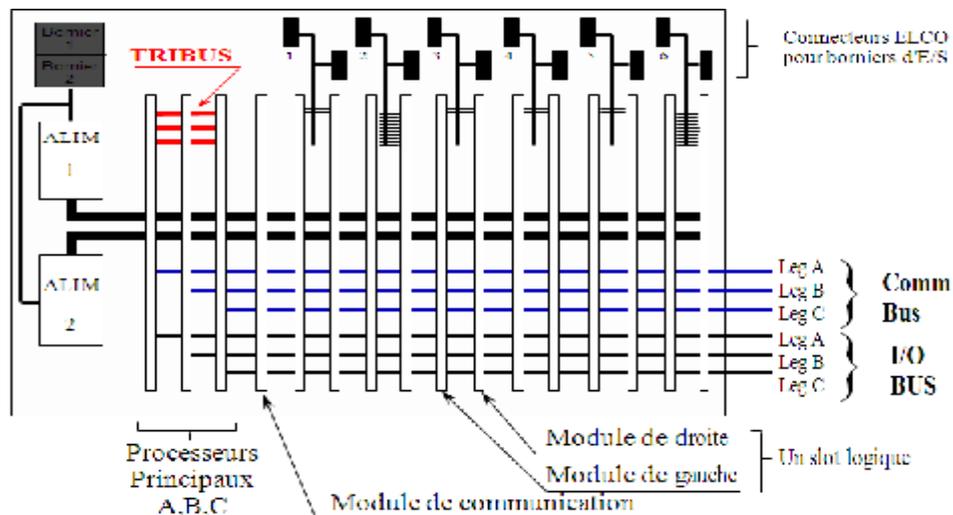
### **3.5. Bus systèmes sur fond de panier, châssis principal TRICON et bus de distribution:**

Les câbles de connexion sont reliés aux connecteurs du bornier au-dessus du fond de panier du châssis. Chaque connexion s'étend du bornier de raccordement à un module d'entrée/sortie actif et à la pièce de rechange à chaude associée (Figure III.3).

Par conséquent les deux modules reçoivent les mêmes signaux à travers le même câblage.

Le bus d'entrées/sorties à 375kbaud assure le transfert des données entre les modules d'entrées/sorties et les processeurs principaux. Le bus d'entrées/sorties triplé se situe sur la partie inférieure du fond de panier. Chaque chaîne de bus d'entrées/sorties relie l'un des trois processeurs principaux et la chaîne correspondante des modules d'entrées/sorties. Le bus d'entrées/sorties peut être étendu entre les châssis avec un jeu de trois câbles.

Le bus de communication COMM à 2 Mbaud relie, les processeurs principaux et les modules de communication et permet l'échange d'informations vers les autres systèmes TRICON en réseau ou vers des systèmes hôtes.



**Figure III.3 : Illustration de fond de panier du TRICON**

#### 4. Modules d'alimentations:

L'alimentation du châssis est distribuée par deux rails d'alimentation distincts situés sur la partie centrale du fond de panier. Par ailleurs chaque module est équipé d'un circuit de régulation dual. Une défaillance au niveau d'un module ou d'un rail d'alimentation n'a aucune incidence sur la performance du système (Figure III.4).

##### -Caractéristiques :

- Alimentations duales, chacune est capable de supporter la charge du châssis ;
- Alarme de température ;
- Alarme de pile de sauvegarde ;
- 2 régulateurs par chaînes (6 par module)
- Immunité totale au bruit ;
- Changement de l'unité en ligne.

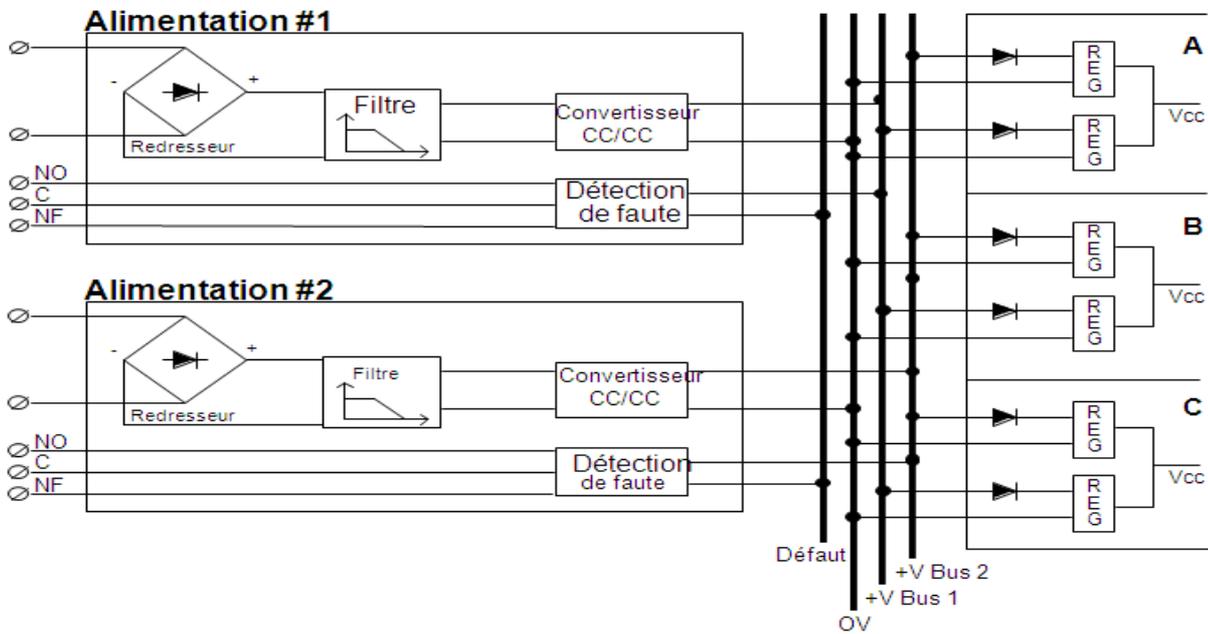
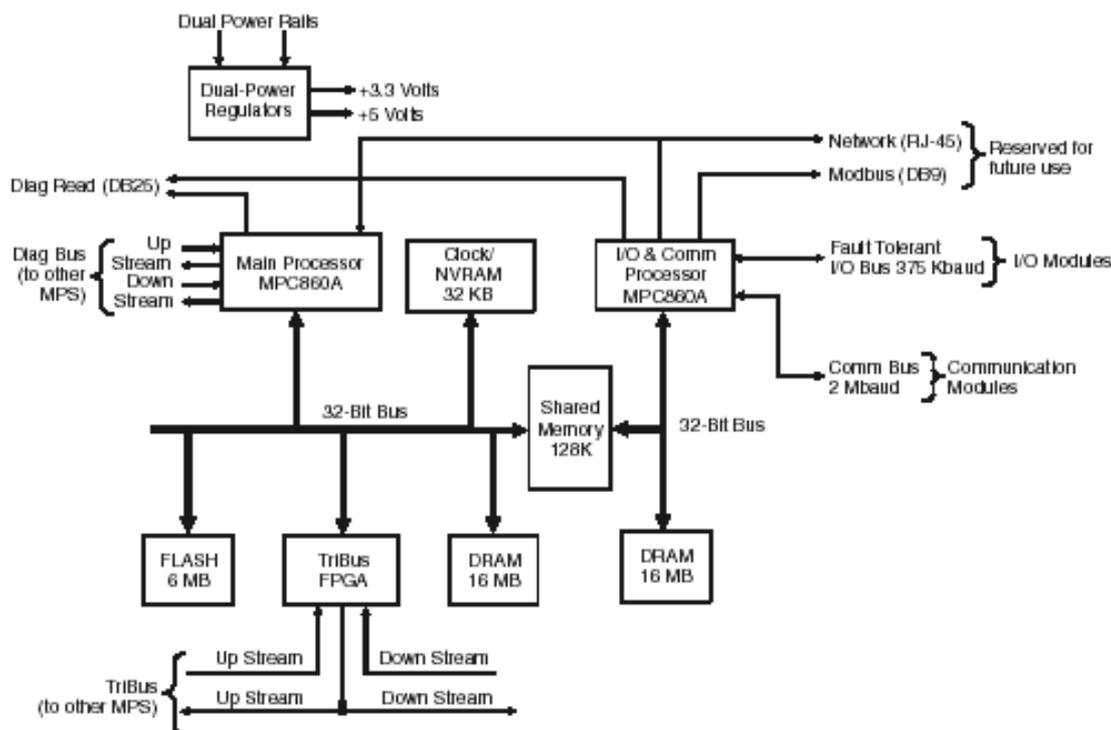


Figure III.4: Architecture des modules d'alimentation.

### 5. Modules processeurs principaux:

Un système TRICON comporte trois modules processeurs principaux ou Main Processeur MP, chacun contrôle l'une des trois chaînes distinctes du système. Chaque processeur principal fonctionne en parallèle avec les deux autres, comme un membre d'une triade (Figure III.5).

Un microprocesseur de communication d'entrées/sorties dédié sur chaque processeur principal gère les données échangées entre les modules processeurs principaux et les modules d'entrées/sorties. Un bus d'entrées/sorties triplé situé sur le fond de panier du châssis est étendu d'un châssis à l'autre par l'intermédiaire des câbles du bus d'entrées/sorties.



**Figure III.5: Architecture de processeur principal (modèle 3008)**

Au début de chaque période de scrutation, les points d'entrées sont échantillonnés à la demande des trois modules processeurs principaux, via les trois chaînes du bus d'entrées/sorties. Les données de chaque modules d'entrées sont collectées dans une table au niveau de chaque processeur principal et stockées en mémoire afin d'être utilisées lors du vote.

La table d'entrées de chaque processeur principal est transférée aux deux processeurs principaux adjacents par l'intermédiaire du TRIBUS. Le vote physique des valeurs d'entrées logiques est effectué pendant le transfert. Le TRIBUS a recours à une unité programmable d'accès mémoire directe pour synchroniser, transmettre, voter et comparer les données entre les trois processeurs principaux.

En cas de point de désaccord, la même valeur du signal trouvée dans des trois tables prévaut et la troisième table est corrigée en conséquence. Le système TRICON est capable de distinguer les différences ponctuelles dues aux variations de synchronisation de la période d'échantillonnage des différences répétées. Les trois modules processeurs principaux assurent la maintenance des données lorsque des corrections sont nécessaires dans la mémoire locale. Toute disparité est repérée et exploitée à la fin de la période de scrutation par les routines de

l'analyseur de fautes intégré afin de déterminer l'existence et la localisation d'un possible faute.

Après le transfert et les corrections éventuelles lors du vote des valeurs d'entrées par le TRIBUS, les résultats obtenus sont utilisés par les processeurs principaux comme les nouvelles entrées du programme d'application. (Le programme d'application est développé dans la Tristation 1131 et téléchargé dans les processeurs principaux.) Le microprocesseur principal 32 bits et le co-processeur arithmétique de chacun des trois modules exécutent en parallèle le programme d'application. Au fur et à mesure de l'exécution du programme d'application, une table des valeurs de sorties est générée.

A partir de la table des valeurs de sorties, le processeur de communication d'entrées/sorties de chaque processeur principal génère des sous-tables, chacune correspondant aux valeurs de chaque point de sortie d'un même module. Chacune de ces sous-tables est transmise par chaque chaîne au module de sortie à travers le bus d'entrées/sorties. Ainsi, le processeur principal A transmet la sous-table qui convient à la chaîne de chaque module de sorties via le bus d'entrées/sorties A. La transmission des données de sorties est prioritaire sur l'opération d'échantillonnage de tous les modules d'entrées/sorties.

Le processeur de communication d'entrées/sorties traite les données échangées entre les modules processeurs principaux et ceux de communication à travers le bus de communication qui supporte le mode « *broadcas* ».

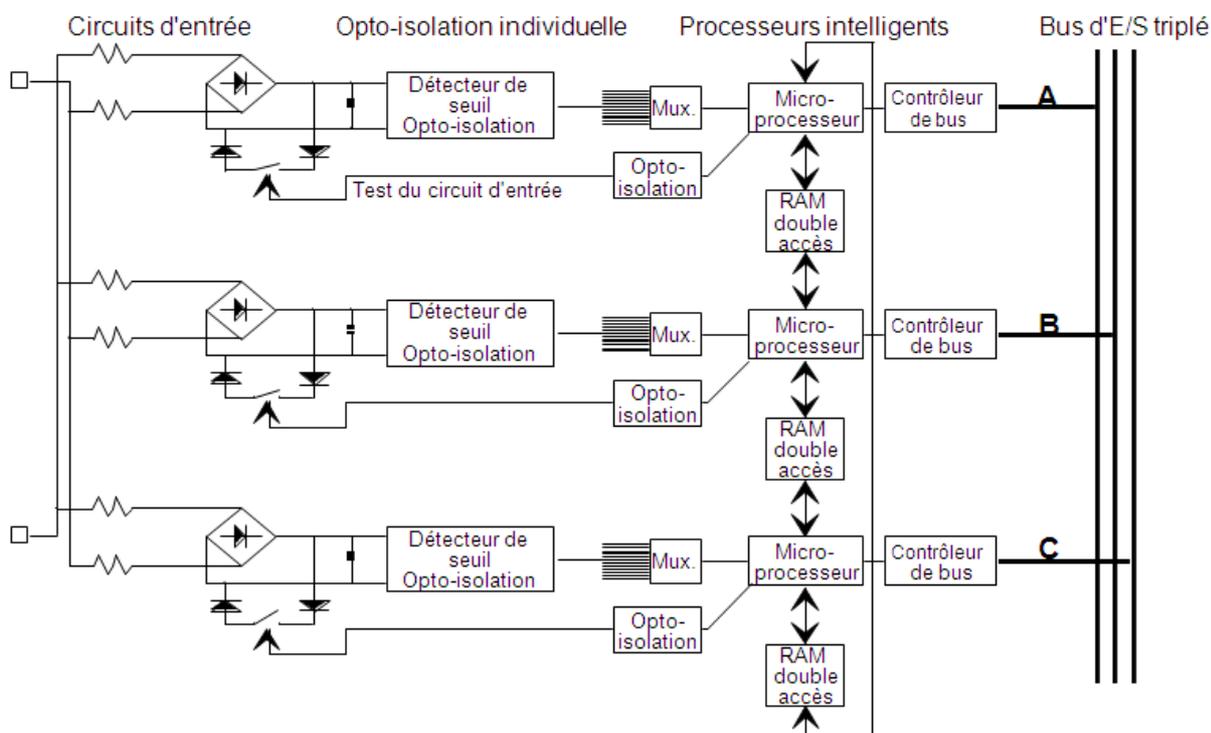
La capacité mémoire SRAM est de 2 M octets pour chaque module processeur principal modèle 3006, des systèmes TRICON V9, et de 1 M octet seulement pour chaque module processeur principal modèle 3008 des systèmes TRICON V9 mono-châssis. Dans la mémoire SRAM réside le programme d'application écrit par l'utilisateur, les données des consigneurs d'états, les données d'entrées/sorties, les résultats des diagnostics et les registres de communication. En cas de perte de l'alimentation externe, la mémoire SRAM est sauvegardée grâce à deux piles au lithium installées sur le fond de panier du châssis principal. Ces piles garantissent l'intégrité du programme et la conservation des variables dites rétentrice pour une durée d'au moins six mois en l'absence d'alimentation du TRICON.

Les modules processeurs principaux sont alimentés par les alimentations duales via les rails d'alimentation du châssis principal.

## 6. Modules d'entrées:

### 6.1. Modules d'entrées logiques:

Il existe deux types de modules d'entrées logiques de base : le module TMR et le module simple. Les paragraphes suivants décrivent en premier lieu les généralités communes des modules d'entrées logiques puis les spécificités des modules TMR et « single » (Figure III.6).



**Figure III.6 : Architecture d'un module d'entrées logiques TMR.**

Chaque module héberge les circuits électroniques identiques des trois chaînes de traitement (A, B et C). Même si ses chaînes se trouvent sur le même module, elles sont totalement isolées les unes des autres et fonctionnent indépendamment les unes des autres. Une faute constatée sur une chaîne ne peut pas se transmettre à une autre. De plus, chaque chaîne est dotée d'un microprocesseur 8 bits, appelé processeur de communication d'entrées/sorties, qui assure la communication avec le module processeur principal qui lui est associée. Chacune des trois chaînes d'entrée A, B et C mesure séparément les signaux de chaque point sur le bornier de raccordement, identifie les états respectifs des signaux d'entrées et les stockés dans sa table d'entrées. Chaque table d'entrées est régulièrement échantillonnée via le bus d'entrées/sorties, situé sur le module du processeur principal correspondant. Par exemple, le processeur A interroge la table des valeurs et des états d'entrées de la chaîne A des modules via le bus d'entrées/sorties.

Sur les modules d'entrée logiques TMR, tous les éléments des circuits électroniques sont totalement triplés pour garantir une sécurité optimale et une disponibilité maximale. Chaque chaîne conditionne les signaux séparément et isolation optique entre capteurs et le système TRICON est assurée. (Le module d'entrées logiques haute densité 64 points est l'exception qui confirme la règle, il n'est pas isolé.)

Les modèles en tension continue (DC) des modules d'entrées logiques TMR exécutent des diagnostics afin de détecter les conditions d'états figés à l'appel ou ON des circuits d'isolation lorsque les contacts sur site demeurent fermés pendant de longues périodes. Etant donné que la plupart des systèmes de sécurité sont configurés pour répondre à la condition du sécurité, la détection des points correspondant à l'état OFF est une fonction essentielle. Pour tester et identifier les entrées figées dans l'état ON, un circuit qui fait partie intégrante du module force l'entrée à zéro et permet de détecter une condition de défaut de l'opto-coupleur. Le dernier relevé de données est gelé dans le processeur de communication d'entrées/sorties pendant le déroulement du test.

Pour les modules d'entrées logiques *single*, seules les sections des chaînes de traitement des signaux nécessaires pour garantir un fonctionnement en toute sécurité sont triplées. Les modules *single* sont optimisés pour les applications critiques pour lesquelles le critère coût d'investissement prime sur le niveau de disponibilité. Des circuits d'autodiagnostic spécifiques détectent en moins de 500milli-secondes toutes les conditions de défauts ON ou OFF dans les sections non triplées. Cette caractéristique obligatoire est à la base même de la conception d'un système de sécurité qui doit détecter toutes les fautes de manière immédiate et qui, lorsqu'une erreur est détectée, doit forcer la valeur d'entrée mesurée pour replier en position de sécurité. Comme le TRICON est optimisé pour les applications *sécurité à manque*, la détection d'une faute dans le circuit d'entrée force le passage à l'état OFF de la valeur transmise par chaque chaîne aux modules processeurs principaux.

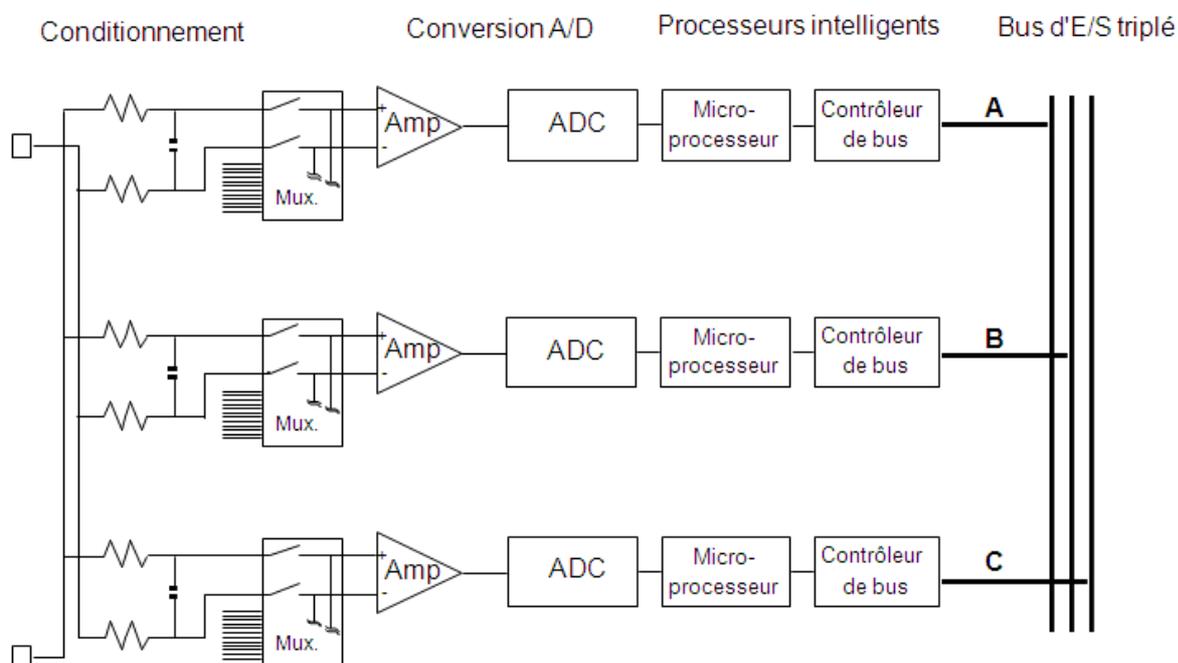
### **6.2 Modules d'entrées analogiques:**

Sur un module d'entrées analogiques, chacune des trois chaînes mesure de manière asynchrone les signaux d'entrée et inscrit les résultats dans une table de valeurs d'entrées (Figure III.7).

Chacune des trois tables d'entrées est transmise au module processeur principal qui lui est associé via le bus d'entrées/sorties correspondant. La table d'entrées de chaque module

processeur principal est transmise à ses voisins via le TRIBUS. Chaque module processeur principal sélectionne la valeur médiane et la table d'entrées de chaque module processeur principal est corrigée en conséquence. En mode TMR les valeurs médianes sont exploitées par le programme d'application, en mode duplex, c'est la valeur moyenne qui est exploitée.

Chaque module d'entrée analogique est équipé d'un circuit qui permet la compensation automatique du décalage du zéro du convertisseur analogique numérique. Les modules d'entrées analogiques et les borniers de raccordements associés sont disponibles pour supporter une large gamme de signaux d'entrées analogiques, qu'il s'agisse de versions isolées ou non: 0-5 Volts CC, 0-10 Volts CC, 4-20 mA, thermocouples (types K, J, T et E), et sondes à résistance RTD.



**Figure III.7 : Architecture d'un module d'entrées analogiques TMR.**

### 6.3. Modules d'entrées impulsions:

Le module d'entrées impulsion est utilisé avec des capteurs de vitesse installés sur des machines tournantes comme les turbines ou les compresseurs. Le module compte les impulsions du capteur de vitesse, en général une bobine à induction située à proximité d'une roue dentée sur un arbre tournant. La sortie impulsion du capteur est proportionnelle à la vitesse de rotation de l'arbre et au nombre de dents de l'engrenage (Figure III.8).

Le module d'entrées impulsion est totalement triplé comme l'illustre le schéma. Chaque chaîne du module accumule un nombre précis d'impulsions du capteur d'entrée (en général un nombre entier multiplié par de dents de l'engrenage affecté à la mesure). Le temps nécessaire pour accumuler le nombre d'impulsion voulu est également mesuré par un compteur à une  $\mu$  seconde près. Pour calculer la vitesse, il suffit de diviser le nombre d'impulsions accumulées par le temps nécessaire à leur accumulation, puis de multiplier le résultat obtenu par un facteur d'échelle égal au nombre d'impulsions par révolutions de l'arbre compte tenu de la précision du calcul du et sachant que le temps d'accumulation est généralement compris entre 20 et 40 millisecondes, il est possible de mesurer la vitesse avec un niveau de précision égal à 0,01% de la vitesse de fonctionnement d'une turbine ou d'un compresseur classique.

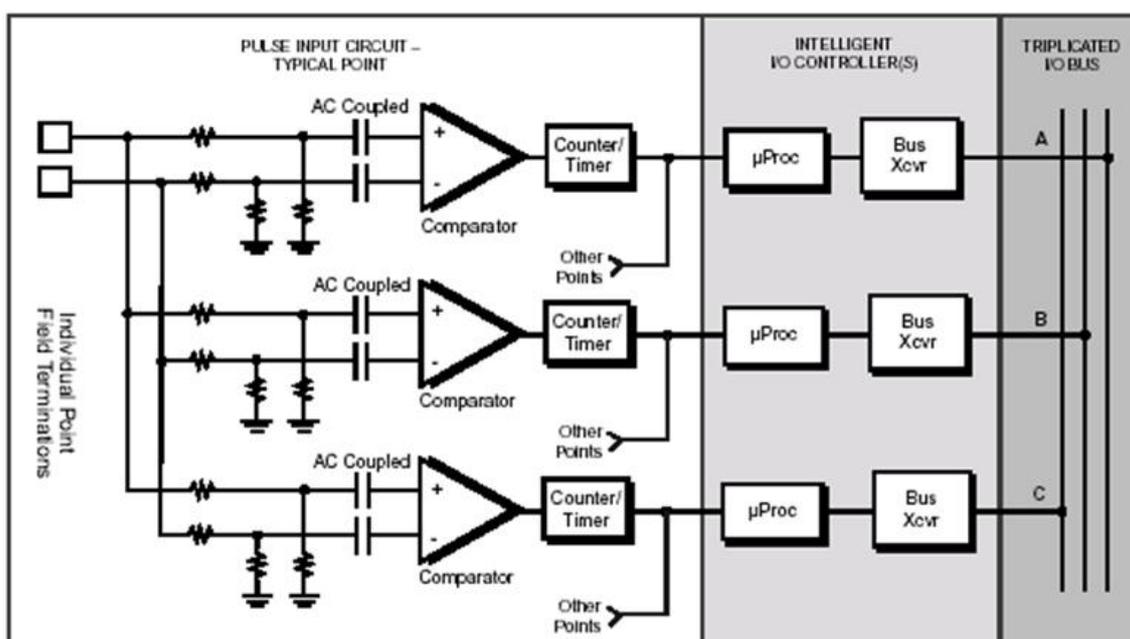


Figure III.8 : Architecture d'un module d'entrée Impulsion TMR.

## 7. Modules de sorties:

### 7.1. Modules de sorties logiques:

Il existe trois types de modules de sorties logiques : le TMR, le dual et le supervisé. Ces modules sont disponibles aussi bien en tension continue qu'en tension alternative Voir la (Figure III.9).

Chaque module de sorties logiques est constituées de trois chaînes de traitement identiques est isolées. Chaque chaîne est dotée d'un microprocesseur d'entrées/sorties qui reçoit sa table de valeur de sorties du processeur de communication d'entrées/sorties résidant sur le module processeur principal qui lui est associé. Tous les modules de sorties logiques, à l'exception

des duales en tension continue, sont dotées d'un circuit de sortie à quatre éléments qui effectue un vote du signal physique envoyé sur l'organe de sortie à piloter. Ce circuit de vote est un montage série parallèle qui transmet l'alimentation. Si les drivers des chaînes A et B, ou B et C, ou encore A et B leur donnent l'ordre de se fermer. La redondance du circuit de vote garantit une sécurité et une disponibilité optimale.

Chaque module de sorties logiques effectue pour chacun de ses points un diagnostic complet du voteur de sortie, OVD (Output Voter Diagnostic). La chaîne de contre réaction de chaque point d'un module permet à chaque microprocesseur de relire la valeur du signal de sortie et de la comparer à la valeur votée et par là même de déceler l'existence d'une faute éventuelle.

Les modules de sorties logiques duals sont pourvus d'un voteur à deux éléments montés en série. Chacun des éléments ou interrupteur est piloté par le résultat d'un autre vote de type deux sur trois (2/3). Alors que le circuit de vote à quatre éléments offre une redondance multiple qui garantie à la fois la sécurité et la disponibilité, le circuit dual se limite à fournir la redondance nécessaire pour garantir un fonctionnement sécurisé. Les modules duals sont optimisés pour les applications critiques pour lesquelles l'aspect coût d'investissement prévaut sur l'aspect disponible.

Les modules de sorties logiques supervisées sont équipés de boucles de tests de mesure en tension et en courant, ce qui permet une couverture complète des fautes aussi bien pour les conditions de défaut par appel ON que par le manque OFF. De plus, le module de sorties logique supervisé vérifie la présence de la charge en effectuant en permanence des vérifications au niveau de la continuité de la boucle. Toute perte de charge ou court-circuit est indiqué par le module quel que soit l'état de la commande.

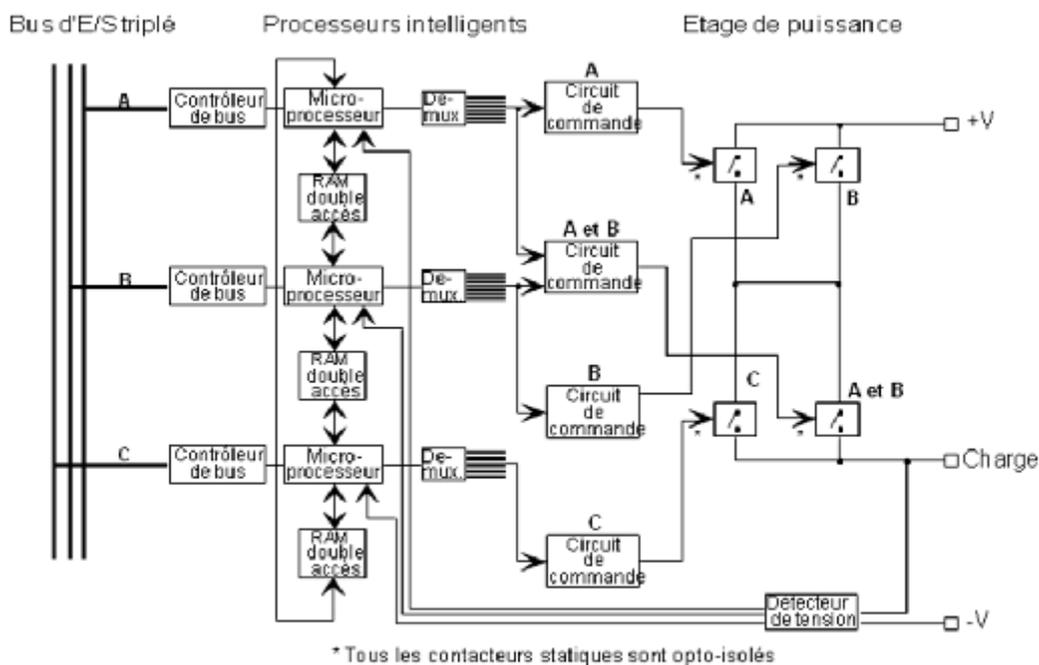


Figure III.9 : Architecture d'un module de sorties logiques TMR.

## 7.2 Modules de sorties analogiques

Le module de sorties analogiques reçoit trois de valeurs de sorties, une table pour chacune de ses chaînes de traitement en provenance du module processeur principal correspondant (Fig.III.10).

Chaque chaîne a son propre convertisseur numérique/analogique. Une des trois chaînes est sélectionnée pour piloter les sorties analogiques. Les sorties sont continuellement vérifiées à l'aide d'un circuit de contre réaction présent sur chaque point relues. Si une faute se manifeste au niveau de la chaîne pilote, cette chaîne est déclarée en faute et une nouvelle chaîne est sélectionnée pour piloter l'organe à commander. Chaque chaîne est tour à tour chaîne pilote ce qui permet de tester toutes les chaînes.

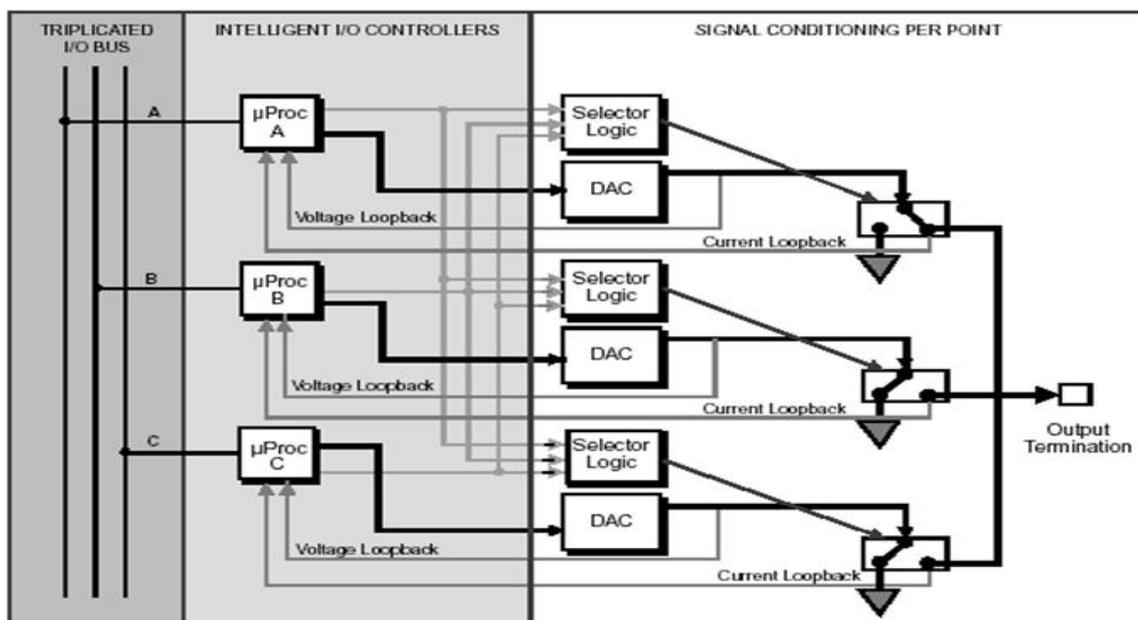


Figure III.10 : Architecture d'un module de sorties analogiques TMR

### 8. Modules de communications:

Les systèmes TRICON sont conçus pour pouvoir s'interfacer avec des systèmes variés, y compris avec d'autres systèmes TRICON, le poste Tristation 1131, les systèmes numériques de contrôle centralisé SNCC et systèmes tiers compatibles avec les protocoles 802.3 IEEE LAN et MODBUS.

- Connectivité avec les Systèmes Numériques de Contrôle Centralisé, SNCC (DCS)

- **Module d'interface bus hiway, HIM (Hiway Interface Module)**

Ce module est une interface intégrée entre le système TRICON et le Data Hiway du SNCC TDC 3000 de Honeywell et propose la même capacité fonctionnelle, quatre (4) adresses DHP étendues. La redondance des connections est supportée.

- **Module de gestion de sécurité, SMM (Safety Manager Module)**

Ce module est une interface haute vitesse intégré entre le système TRICON et le réseau Universal Control Network, UCN, du SNCC TDC 3000 de Honeywell. Deux ports assurent une liaison redondante. Le module SMM permet au réseau de UCN d'identifier le système TRICON comme un nœud sécurisé ce qui permet l'échange de données du procédé et d'utiliser les résultats du diagnostic du système TRICON et son exploitation n'importe où sur le TDC 3000.

- **Module de communication avancée, ACM (Advanced Communication Modul) :**

Ce module est une interface haute vitesse intégré entre le TRICON et le Nodebus du SNCC Série I/A de FOXBORO. Deux ports assurent une liaison redondante. Le module ACM permet au Nodebus d'identifier le TRICON comme un nœud sécurisé ce qui permet l'échange de données du procédé et d'utiliser les résultats du diagnostic du système TRICON et son exploitation n'importe où sur le I/A série.

Par ailleurs, d'autres ports permettent d'assurer la liaison avec le poste Tristation 1131, la liaison avec le réseau TRICON TSAA (Tricon System Access Application) et tout autre système qui supporte le protocole de communication TCP/IP.

- Le module ACM prévoit un port supplémentaire 802.3 pour assurer la connexion avec un réseau 802.3 sur lequel on peut raccorder le poste de Tristation ou des systèmes tiers .Le module ACM compte également deux ports série RS-232/422 pour la liaison maître/esclave MODBUS vers des systèmes tiers, ou une fois encore vers le poste Tristation 1131.

### **9. Diagnostic des voteurs des modules de sorties en « DC » et « AC »:**

Les modules de sorties logiques à courant continu (DC) ont été spécialement conçus pour contrôler les équipements dont les points demeurent figés dans un même état de commande pendant de longues périodes.

Les diagnostics exécutés (OVD) sur un module de sorties de tension continue garantissent une couverture totale des fautes même si l'état des points ne change jamais. Lors de l'exécution des tests, les sorties basculent dans l'état opposé à celui commandé pendant une durée inférieure à deux (2) millisecondes (en général 500  $\mu$  secondes). Le comportement est totalement transparent pour la plus grande part des organes pilotés sur un site industriel. (Exceptionnellement, certains organes peuvent ne pas tolérer un changement d'état du signal quel qu'il soit. Dans ce cas, il est possible d'inhiber la fonction de diagnostic (OVD).

Sur les modules de sorties logiques en tension alternative (AC), lorsque le diagnostic (OVD) identifie un interrupteur du voteur en faute, le signal de sortie change d'état et passe à l'état opposé pendant un laps de temps égal à la moitié d'un cycle de l'alimentation. Parfois ce changement d'état peut ne pas être transparent pour tous les organes pilotés. Le cas échéant, il est possible d'inhiber la fonction de diagnostic (OVD). Il est alors recommandé de procéder au basculement d'état des sorties lors de campagnes de tests afin de garantir une couverture

totale des fautes. Dans tous les cas, une fois qu'une faute a été détectée, le module interrompt les itérations suivantes du diagnostic (OVD).

**10-Conclusion:**

Dans ce chapitre on a décrit l'API Triconex d'une façon générale, de son architecture TMR (principes de fonctionnement), et ses différents modules (processeurs principaux, alimentations, entrées, sorties). Cette étude nous aidera pour élaborer la configuration matérielle pour la programmation.

## 1. Introduction :

Comme tout système à microprocesseur, les automates programmables fonctionnent sur la base d'un programme qui lui définit les tâches à exécuter. La structure logicielle qui assure le fonctionnement d'un automate se compose de deux parties bien distinctes :

• Programme système (ou système d'exploitation).

• Programme utilisateur.

Programmer un API, c'est écrire dans sa mémoire la description du travail qu'il aura à accomplir. Dès sa création, une attention particulière a été portée à la méthode de programmation. La devise technique stipule que le système devrait être facilement et rapidement programmable et reprogrammable grâce à son logiciel de programmation Tristation 1131.

## 2. Logiciel de programmation Tristation 1131:

Le logiciel de développement des applications utilisateur résidant dans l'automate de sécurité TRICON est la Tristation 1131. La Tristation 1131 propose des langages de programmation conforme à la norme IEC 1131-3. Les langages Diagramme Fonctionnel, à contact et littéral sont mis à disposition.

## 3. Caractéristiques de Tristation 1131:

Le système TRICON Version 9 est compatible avec la Tristation 1131 dont les principales caractéristiques sont les suivantes:

- Fonctionne avec le système d'exploitation Windows NT.
- Trois langages de programmation conforme à la norme CEI 1131-3 relative aux langages de programmation pour les automates programmables.
- Compatible avec un grand nombre de type de données comme :
  - Les entiers 16 et 32 bits ;
  - Les réels à virgules flottante 32 et 64 bits ;
  - Les chaînes de caractères et les bits ;
  - Les durées, date et heure du jour.
- Composition d'un programme d'application à partir d'instances programmes.
- Offre une bibliothèque standard avec les fonctions suivantes : arithmétiques, logiques, conversion des données, décalage, sélection et comparaison. Les types de bloc

comprennent les éléments bistables, les détecteurs de front, les temporisations et les compteurs ;

- Permet aux utilisateurs de développer leurs propres fonctions, blocs fonctionnels, programmes et bibliothèques personnalisées ;
- Permet l'émulation hors ligne des programmes sur le poste de travail Tristation ;
- Contrôle l'accès de l'utilisateur aux projets et différents niveaux de fonctionnement de la Tristation 1131 par l'intermédiaire d'un système de sécurité intégré qui demande le nom et le mot de passe de l'utilisateur à chaque session de travail ;
- Met à disposition un historique pour vérifier les modifications de version des programmes, avec possibilité d'annotation ;
- La Tristation 1131 est certifiée classe 5 et 6 par la TÜV ;
- Tristation peut se connecter au système TRICON avec une liaison série RS-232/422 (via le protocole MODBUS), directement par les modules EICM ou ACM ou via un réseau 802.3 supporté par un module NCM ou ACM ;
- Modules de communication en réseau NCM et ACM. À travers le réseau 802.3 assurent la synchronisation du temps et la communication entre les systèmes TRICON. La communication entre les systèmes permet l'échange de données critiques.

#### **4. Application logiciel et protocole:**

La suite logicielle et les protocoles proposés par Triconex permettent aux utilisateurs de collecter, transférer et d'afficher les valeurs de données des systèmes TRICON. Par ailleurs, l'utilisateur peut développer ses propres drivers de communication pour accéder aux données du système TRICON d'une manière personnalisée.

##### **4.1. Application d'accès au système Tricon TSAA (Tricon System Access Application)**

Le protocole maître/esclave qui permet à un système TRICON maître de communiquer avec les systèmes TRICON esclave du réseau. Chaque système est maître à tour de rôle. Ce réseau n'est pas accessible à tout système tiers.

##### **4.2. Serveur réseau DDE**

Ce serveur d'échange de données dynamiques permet aux applications clientes DDE Windows comme Excel par exemple, de lire et d'écrire des données dans des registres mémoire TRICON.

### **4.3. Consignateur d'états (SOE) « Sequence of Event »**

Collecte les changements d'états des données entrées, mémoire, d'un système TRICON et transmet à la demande ces données aux postes externes dédiés à l'archivage l'analyse et l'édition d'états. Ces données peuvent être transmises via un réseau 802.3 pouvant supporter jusqu'à dix systèmes TRICON.

### **4.4. Archivage des données (SER) « Séquence Event Recorder »**

Permet aux utilisateurs d'extraire un historique d'évènements ainsi que des données d'un système TRICON unique et de les stocker dans un fichier historique sur un poste externe. Les données archivées peuvent ensuite être affichées et/ou imprimées suivant différents formats. La suite logicielle SER utilise une liaison 802.3 pour transférer les données depuis le système TRICON vers le poste dédié SER.

### **4.5. Synchronisation du temps**

Le protocole TSAA maître/esclave permet d'assurer la synchronisation du temps entre les systèmes TRICON installés en réseau et raccordés entre eux à l'aide d'un module NCM, ou encore entre un système numérique de contrôle centralisé SNCC et le système TRICON.

## **5. Langages de programmation:**

Tristation 1131 possède quatre langages de programmations pour développer, tester et documenter les applications qui sont exécutées sur un contrôleur Triconex :

- Langage Bloc Diagramme Fonctionnel FBD (Function Block Diagram) ;
- Langage à Contact LD (Ladder Diagram) ;
- Langage Littéral ST (Structured Text) ;
- Matrice Cause et Effet CEMPLE (Cause and Effect Matrix).

Les langages FBD, LD et ST sont conformes à la norme IEC 61131-3 niveau international sur les langages de programmation pour les Contrôleurs Programmables.

CEMPLE est un langage optionnel spécifique à TRICONEX.

### **5.1. Langage Bloc ou Diagramme Fonctionnel FBD:**

Ce langage permet de programmer graphiquement à l'aide de blocs, représentant des variables, des opérateurs ou des fonctions. Il permet de manipuler tous les types de variables

Les éléments utilisés dans ce langage sont des blocs installés ensemble pour former des circuits (Figure IV.1).

Les connexions entre blocs peuvent communiquer binaire et autres types de données entre les éléments FBD. Dans FBD, un groupe d'éléments visiblement interconnecté par les liaisons (wires) est connu comme un réseau. Un FBD diagramme peut contenir un ou plusieurs réseaux.

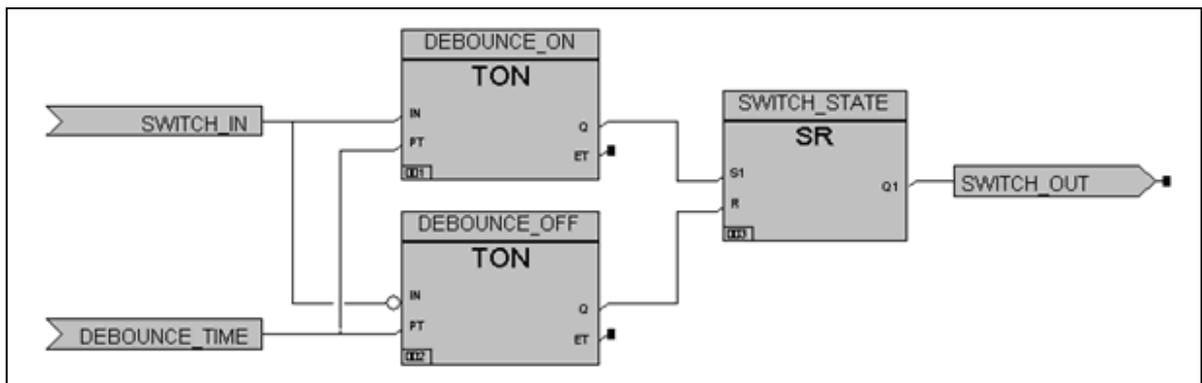


Figure IV.1 : Réseau FBD simple.

## 5.2. Langage LD « Ladder Diagram », ou schéma à relais

Ce langage graphique est essentiellement dédié à la programmation d'équations booléennes (true/false), qui utilise un ensemble standard de symboles pour représenter la logique à relais. Les éléments de base sont bobines et contacts qui sont reliés par des liens (Figure IV.2).

Les liaisons de LD sont différentes de celles utilisées dans FBD, parce qu'elles transfèrent seulement des données binaires entre symboles LD, qui suivent les caractéristiques du relais logiques. Les éléments Blocs de fonction qui ont une seule entrée et une seule sortie binaire peuvent être utilisés dans le diagramme LD.

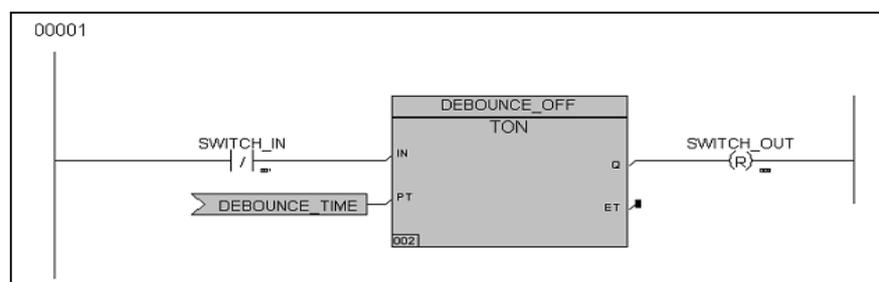


Figure IV.2 : Réseau LD « Ladder Diagram »

### 5.3. Langage ST « structured text » ou texte structuré

Ce langage est un langage textuel de haut niveau. Il permet la programmation de tout type d'algorithme plus ou moins complexe ; semblable au PASCAL ou C (Figure IV.3). Le langage ST est particulièrement utile pour les calculs de l'arithmétique complexes, et peut être utilisé pour rendre effectif des procédures compliquées qui ne sont pas exprimées facilement dans les langages graphiques telles que FBD ou LD.

ST nous permet de créer des expressions booliennes et arithmétiques, aussi bien des constructions telles que les déclarations conditionnelles (SI... ALORS... AUTREMENT).

```

FUNCTION BLOCK DEBOUNCE ST
(* EXTERNAL INTERFACE *)
VAR_INPUT
    SWITCH_IN : BOOL ;
    DEBOUNCE_TIME : TIME ;
END_VAR

VAR_OUTPUT
    SWITCH_OUT : BOOL ;
END_VAR

VAR
    DEBOUNCE_OFF : TON ;
    DEBOUNCE_ON : TON ;
END_VAR

(* Function Block Body *)
DEBOUNCE_OFF(IN := NOT SWITCH_IN, ET := DEBOUNCE_TIME);
IF DEBOUNCE_OFF.Q THEN SWITCH_OUT := FALSE; END_IF;
DEBOUNCE_ON(IN := SWITCH_IN, ET := DEBOUNCE_TIME);
IF DEBOUNCE_ON.Q THEN SWITCH_OUT := TRUE; END_IF;

```

Figure IV.3 : Langage ST

### 5.4. Cause and Effect Matrix Programming Language Editor 'CEMPLE':

CEMPLE est un éditeur de langage de programmation qui est basé sur une méthodologie de matrice de causes et effets .c'est un langage propre à Triconex. Utilisé communément dans l'industrie du contrôle du processus, pour des applications tel que les systèmes du gaz et de feu pour lesquels la logique de la programmation est simple, mais le volume d'entrées, sorties contrôlés est grand.

CEMPLE nous permet d'associer un problème dans un processus avec une action ou plus qui doit être prise pour corriger le problème. Le problème est connu comme une cause et l'action est connue comme un effet. Dans une matrice typique, une cause est représentée par une ligne dans la matrice et un effet est représenté par une colonne. Un X dans l'intersection

d'une ligne de la cause et une colonne de l'effet établit un rapport entre la cause et l'effet (Figure IV.4).

			OR	OR	OR	OR	OR	
			Effect	UNIT_1_ALARM	UNIT_2_ALARM	UNIT_3_ALARM	UNIT_4_ALARM	UNIT_5_ALARM
			Description	High level alarm indicator for tank 1	High level alarm indicator for tank 2	High level alarm indicator for tank 3	High level alarm indicator for tank 4	High level alarm indicator for tank 5
Cause	Description		E01	E02	E03	E04	E05	
LEVEL_1_	TRUE=Fluid level in tank 1 is high	C01	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
LEVEL_2_HI	TRUE=Fluid level in tank 2 is high	C02	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
LEVEL_3_HI	TRUE=Fluid level in tank 3 is high	C03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
LEVEL_4_HI	TRUE=Fluid level in tank 4 is high	C04	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Loc	Terminal	Var/Const	VarType	DataType	Description
C01		P1_LEVEL_1_HI	Tagname	BOOL	

Figure IV.4 : Langage CEMPLE

### 6. Création du projet :

Les procédures qui permettent de créer un projet sous Tristation, sont données par les étapes suivantes :

- Ø **Lancer Tristation1131:** par un double clic sur son icône.

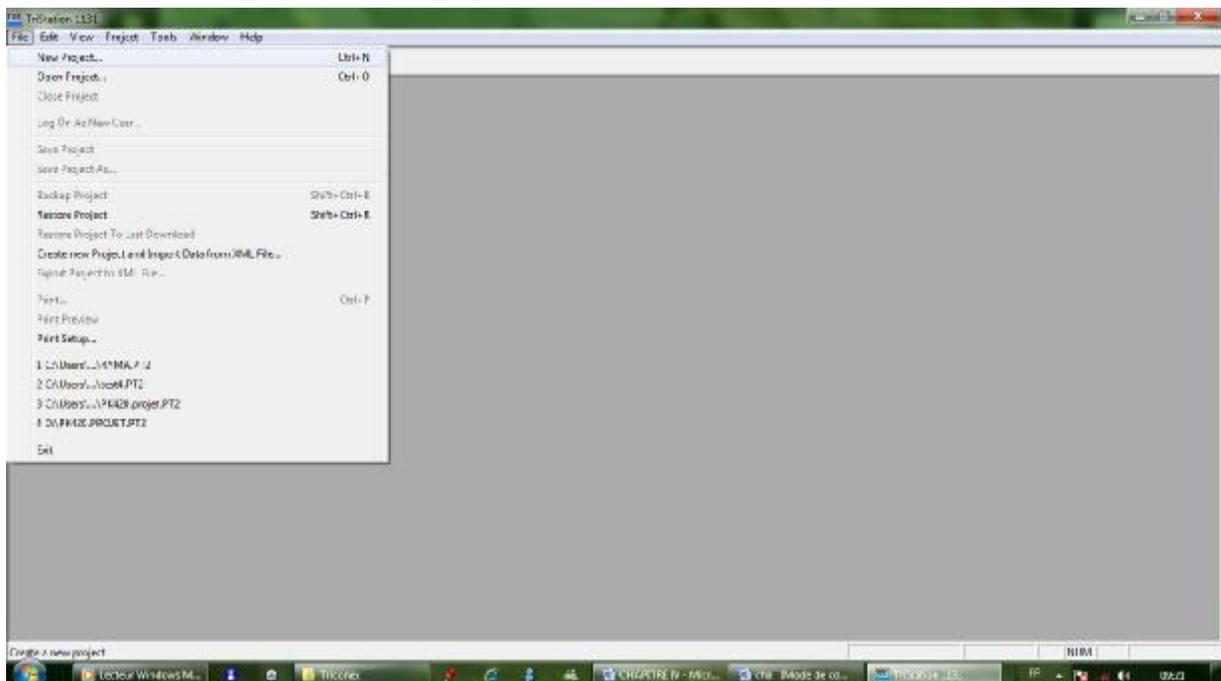


- Ø **La fenêtre suivante permet de passer aux étapes de la création du projet:** en entrant le nom de l'utilisateur et le mot de passe par défaut « MANAGER, PASSWORD » (Figure IV.7).

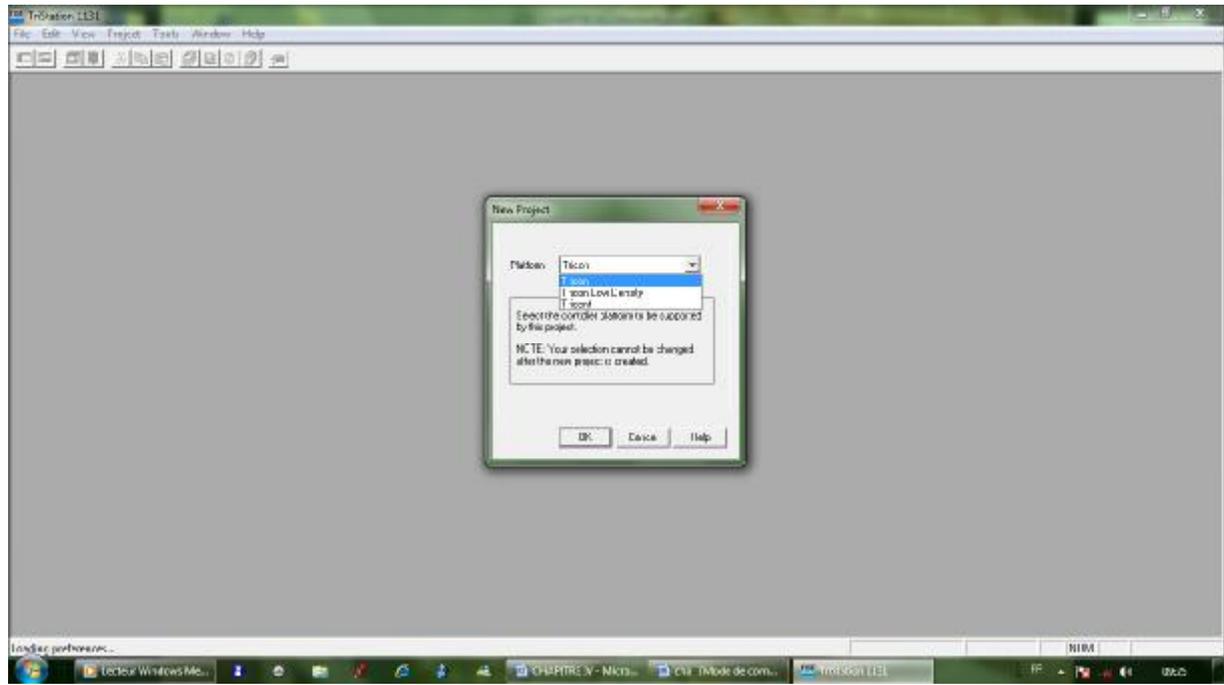


Figure IV.5

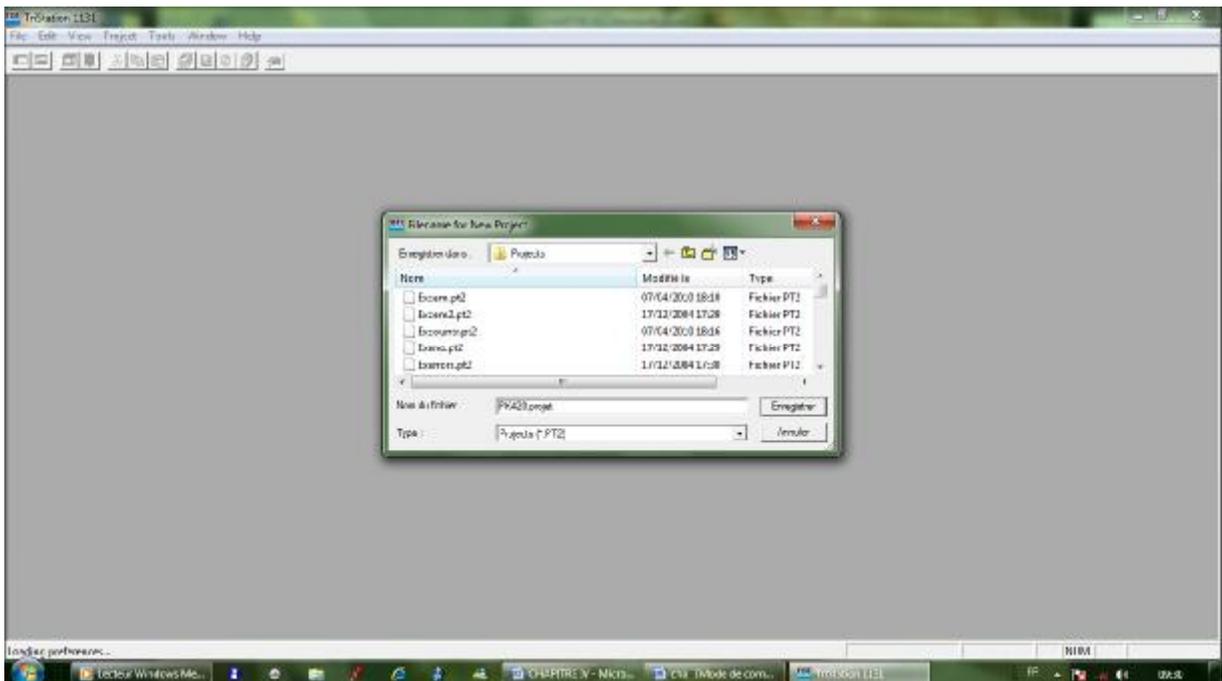
Ø Créer un nouveau projet: Cliquer sur File/ New Project.



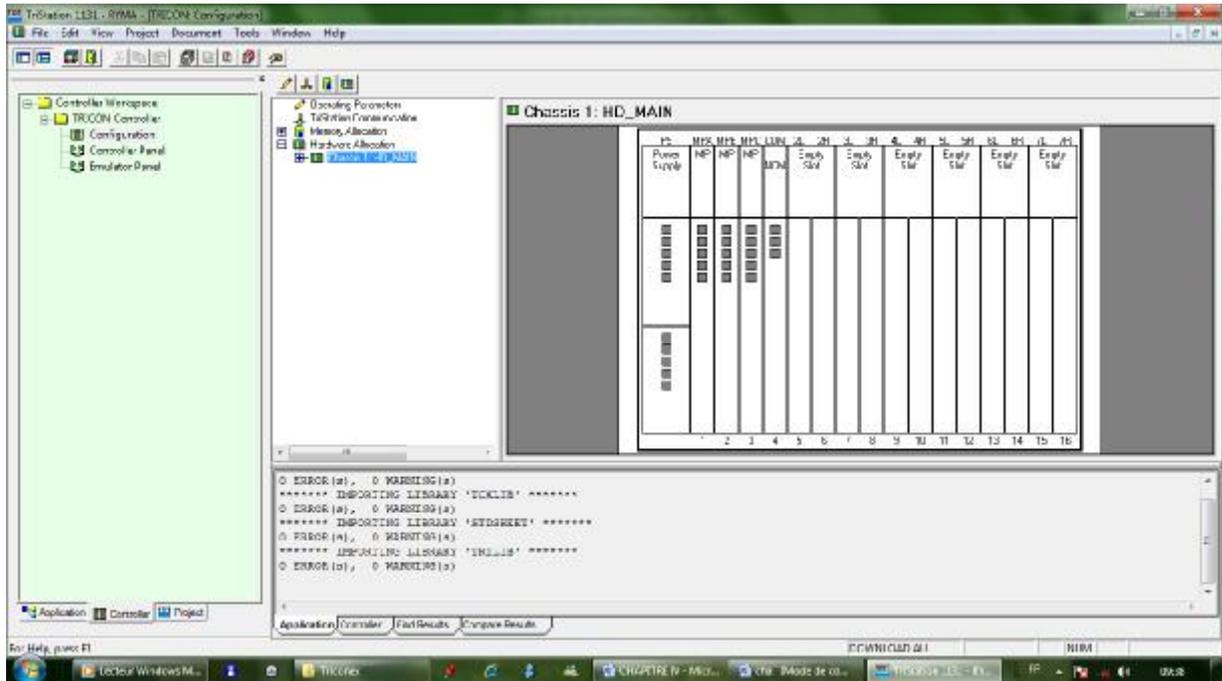
Ø La fenêtre qui s'affiche permet de choisir l'architecture de l'automate.



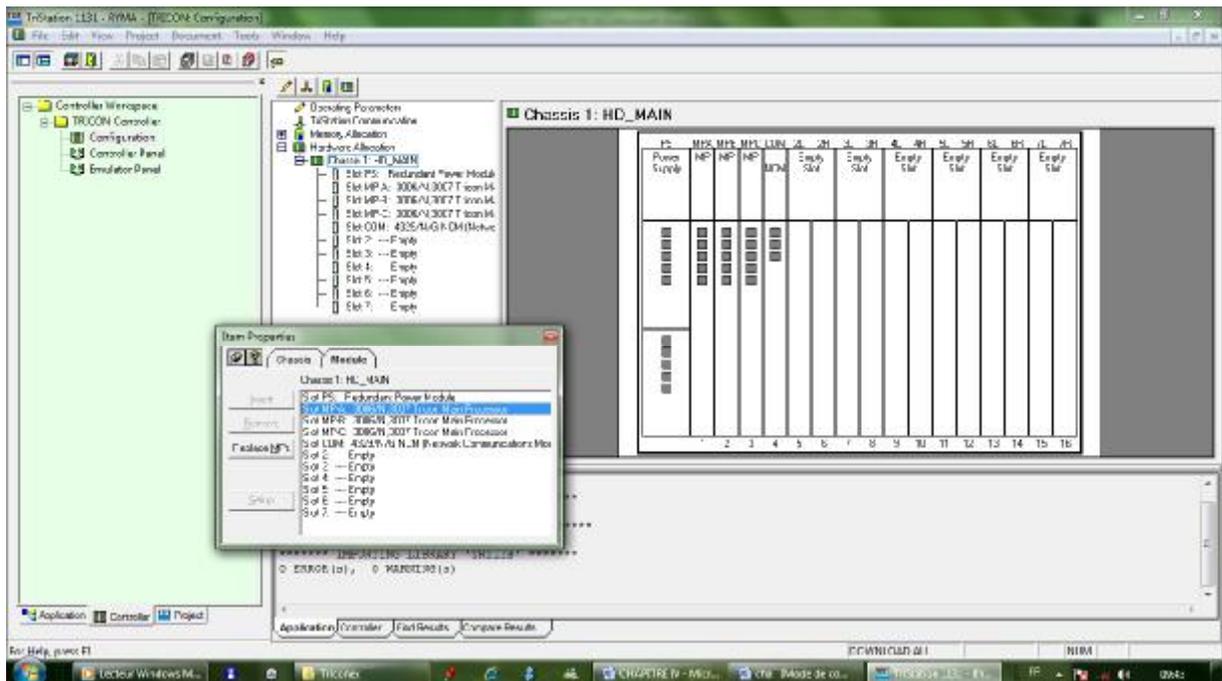
Ø Renommer le projet: H201.proj.



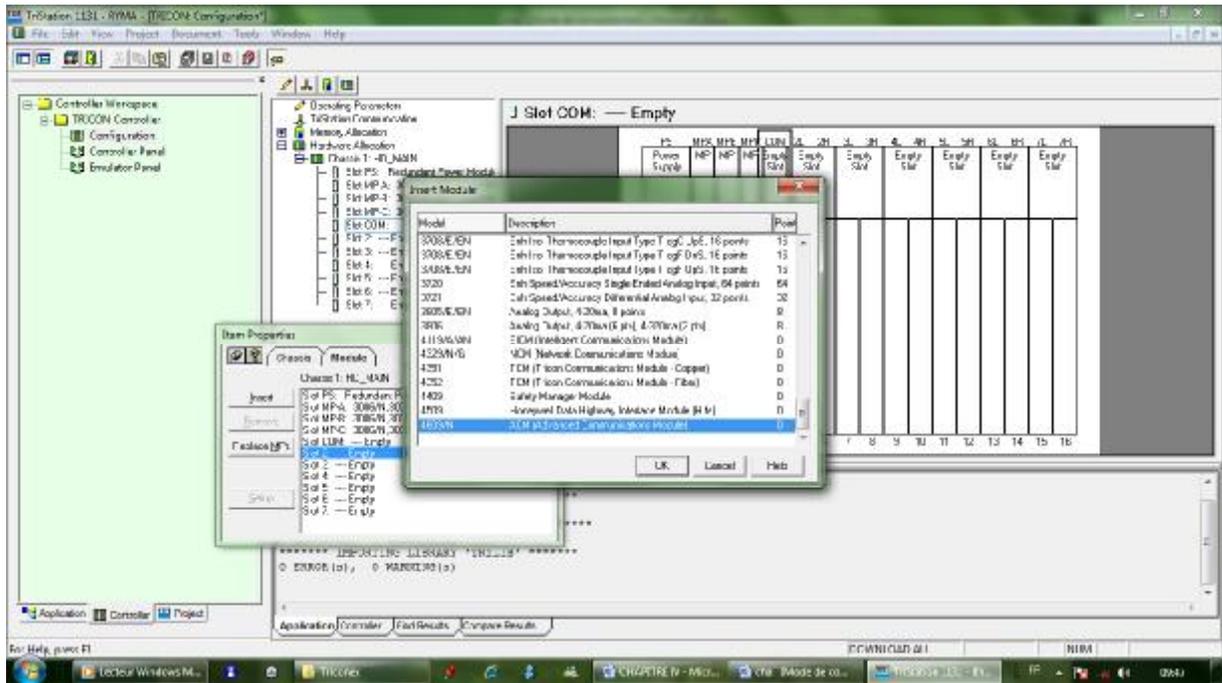
Ø Configuration du HARDWARE du projet "H201.projet".



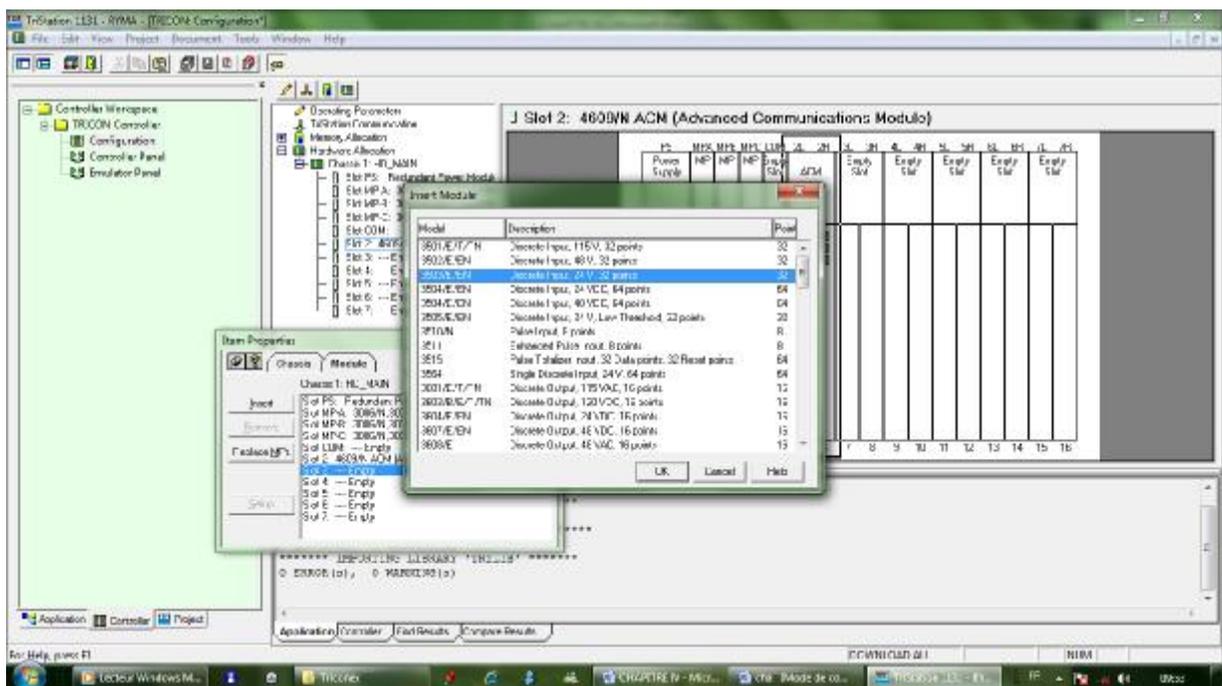
Ø Configuration du type de MP.



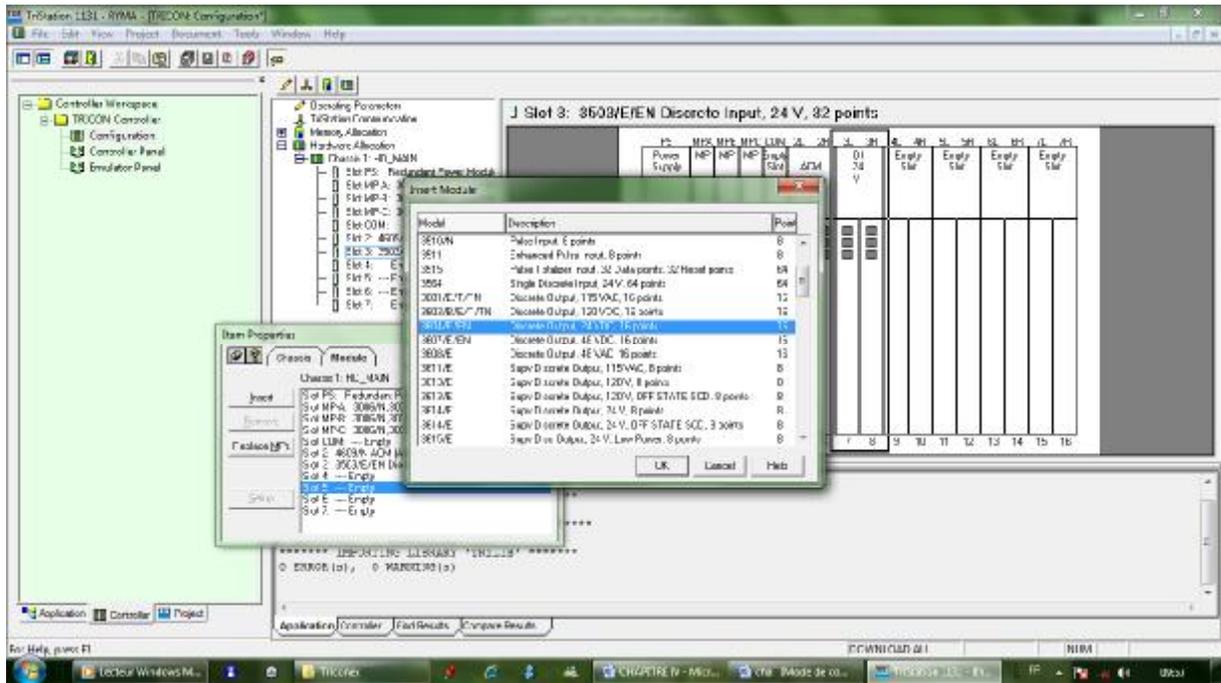
Ø Configuration du type de carte de communication: ACM (Advanced Communications Module).



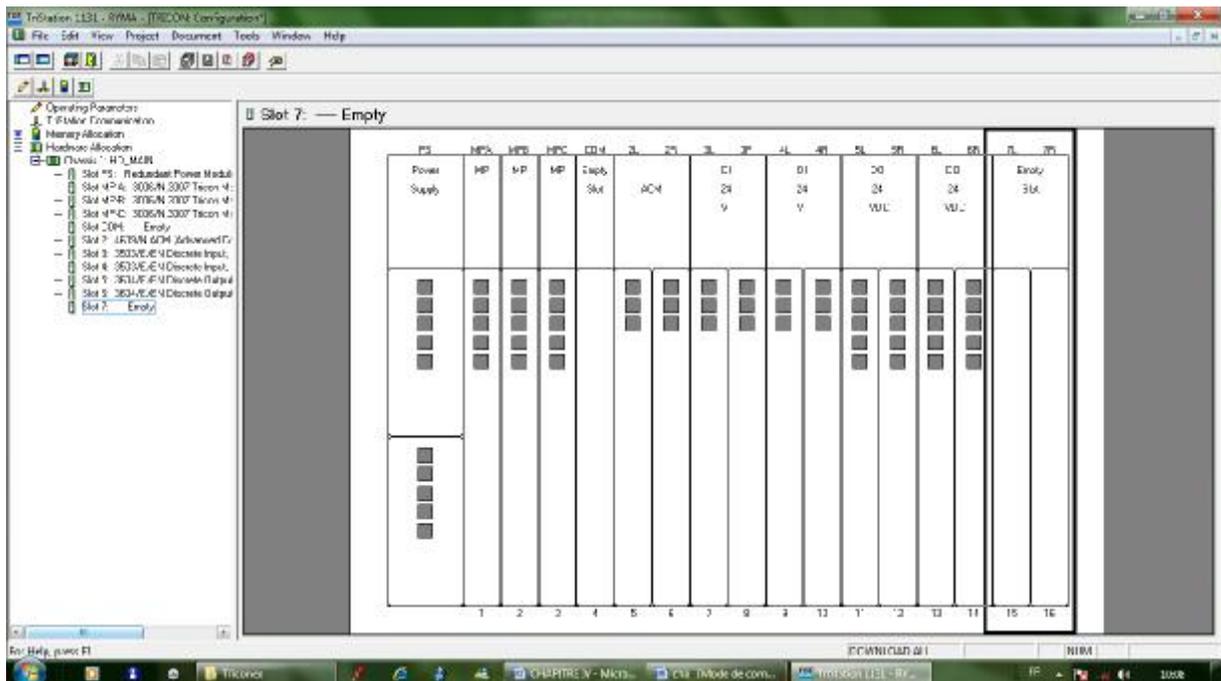
Ø Configuration des types de cartes d'entrées: Discrete Input, 24V, 32 points.



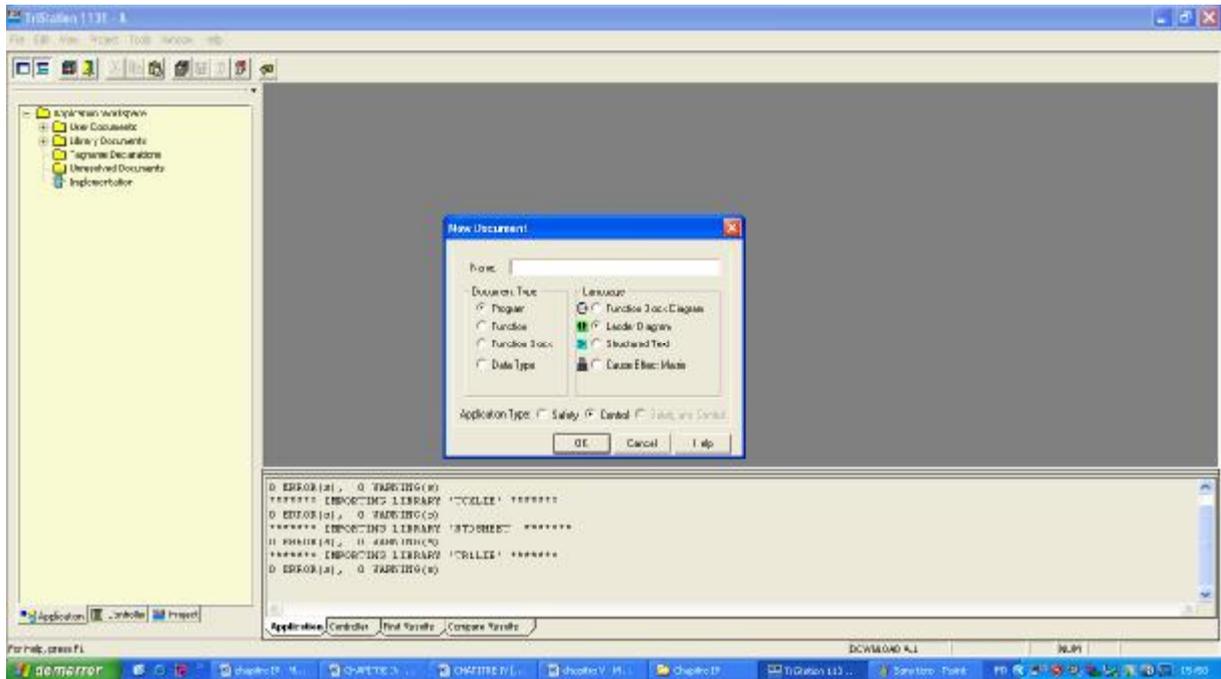
Ø Configuration des types de cartes de sorties: Discrete Output, 24VDC, 16 points.



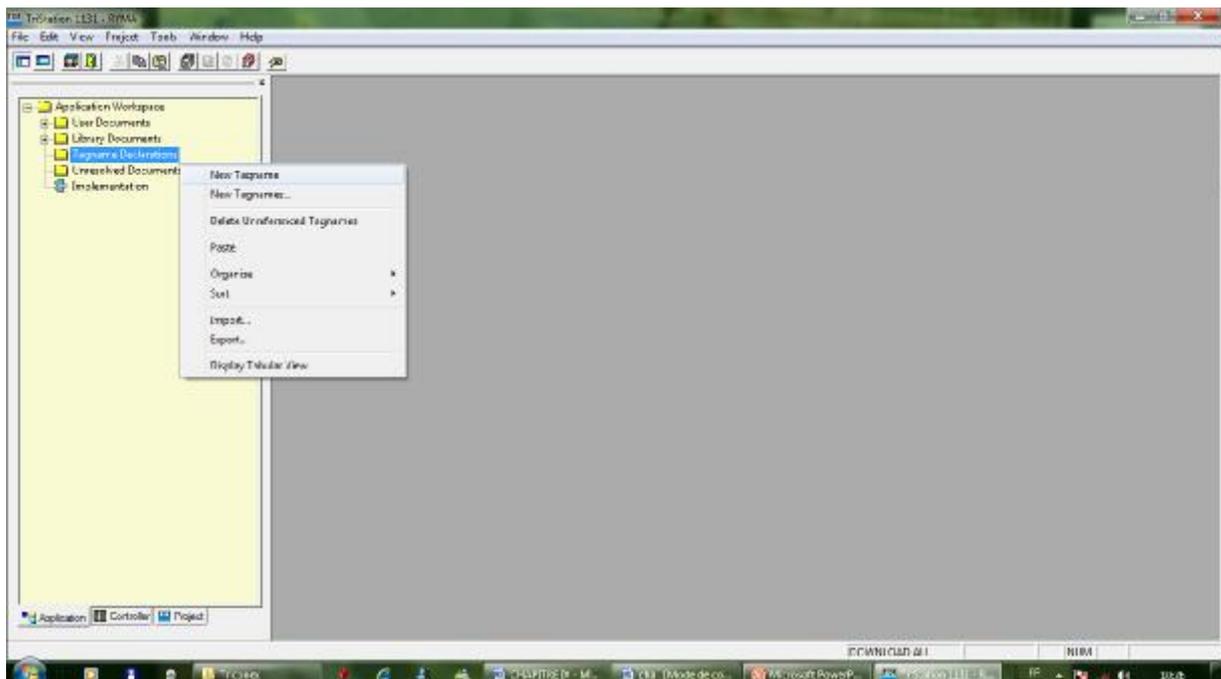
Ø Vue générale du châssis complet.



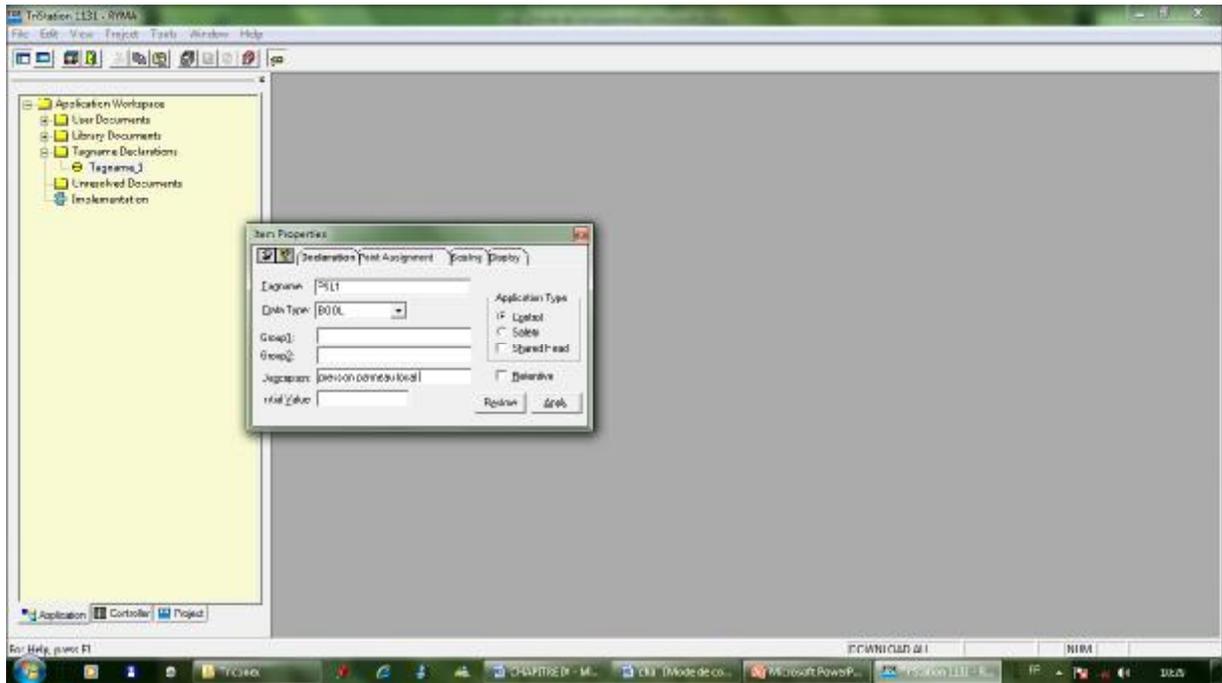
Ø Choix du langage de programmation: LD (Ladder Diagram).



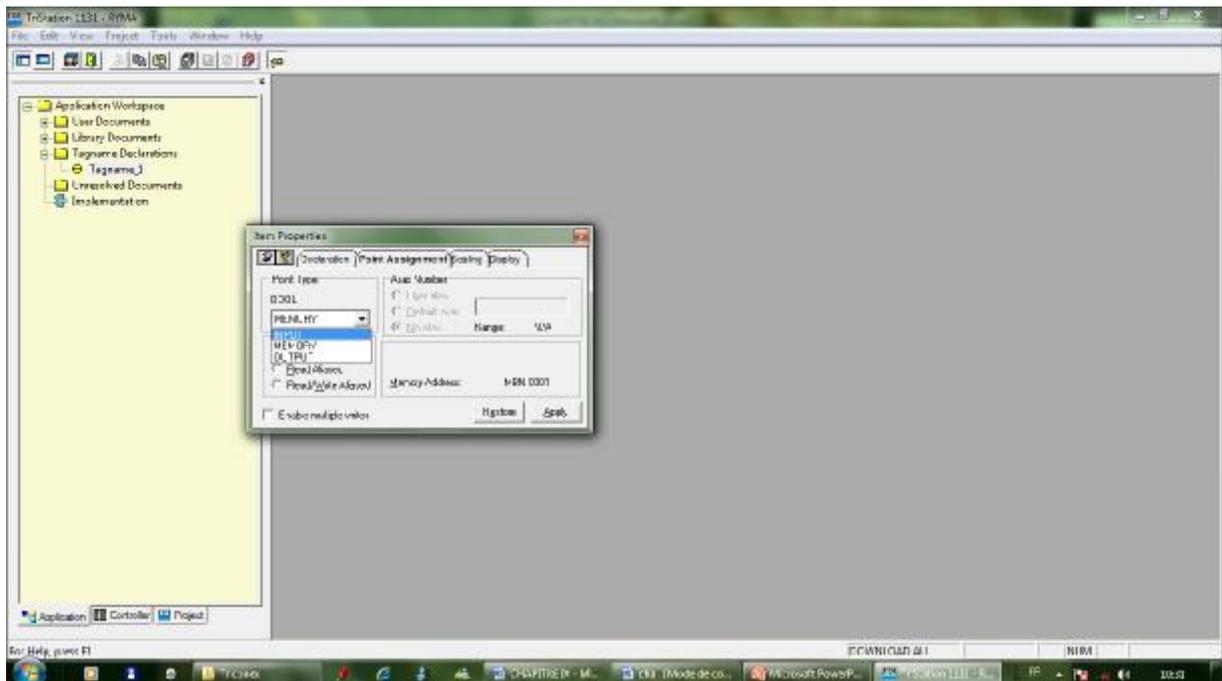
Ø Déclaration des entrées/ sorties:



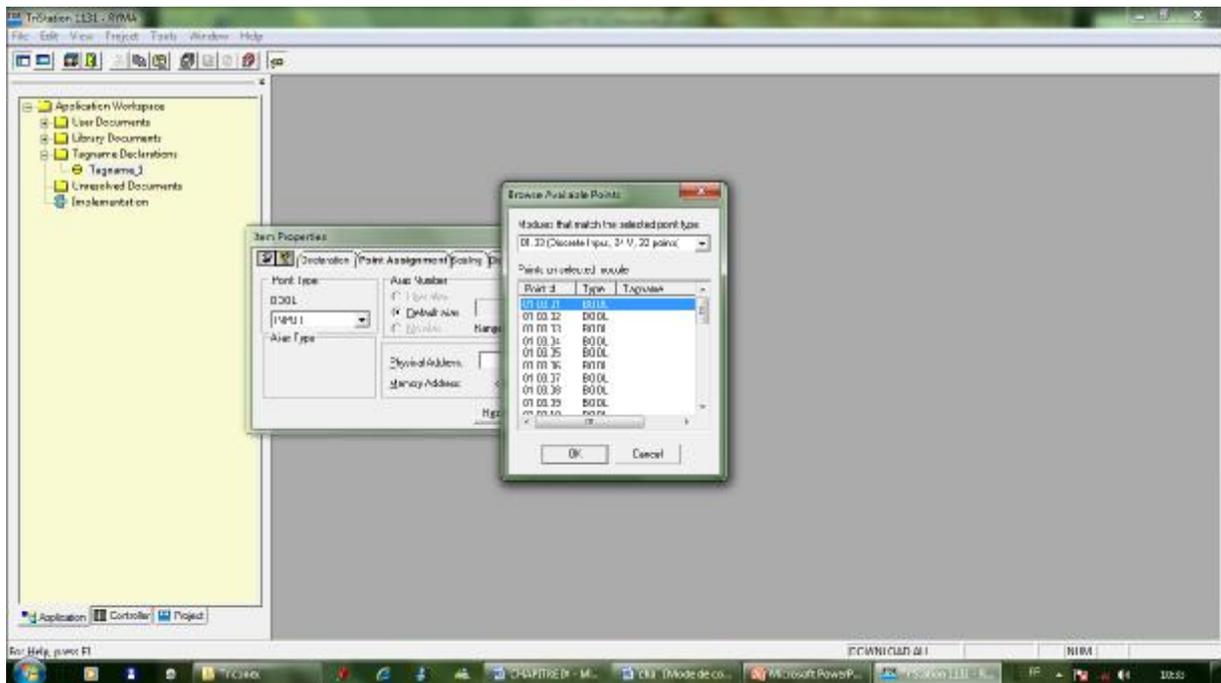
Ø Déclaration du nom d’entrée ou sortie:



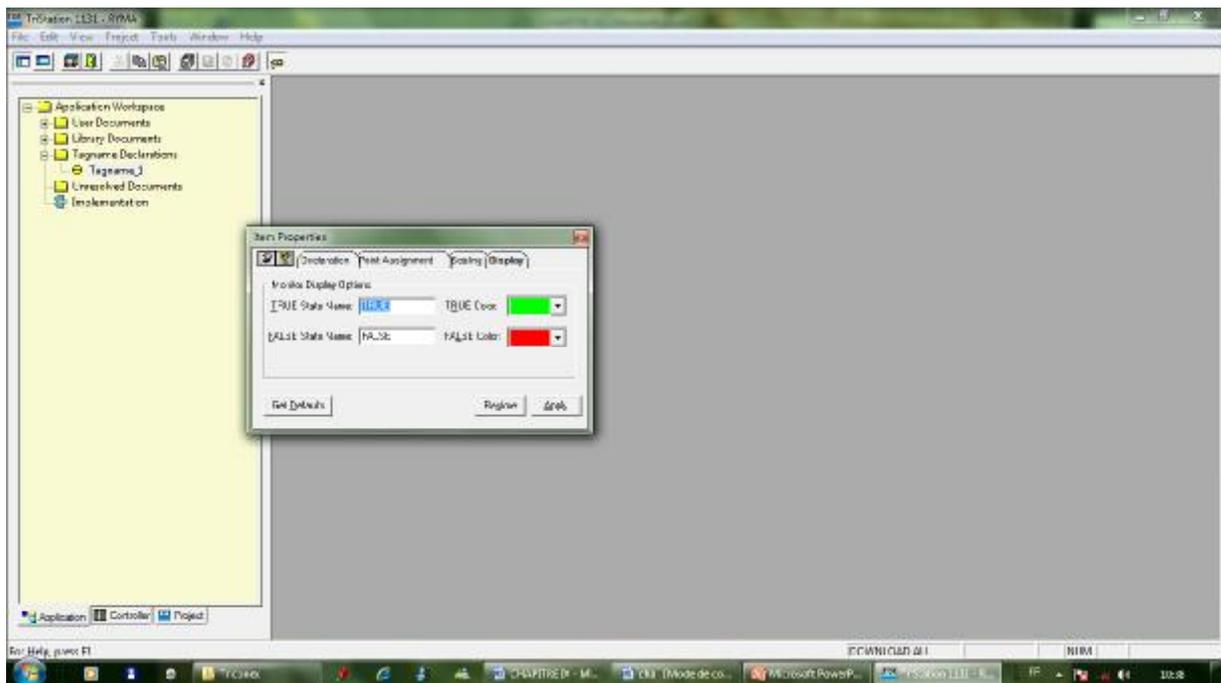
Ø Déclaration du type du point (entrée/sortie):



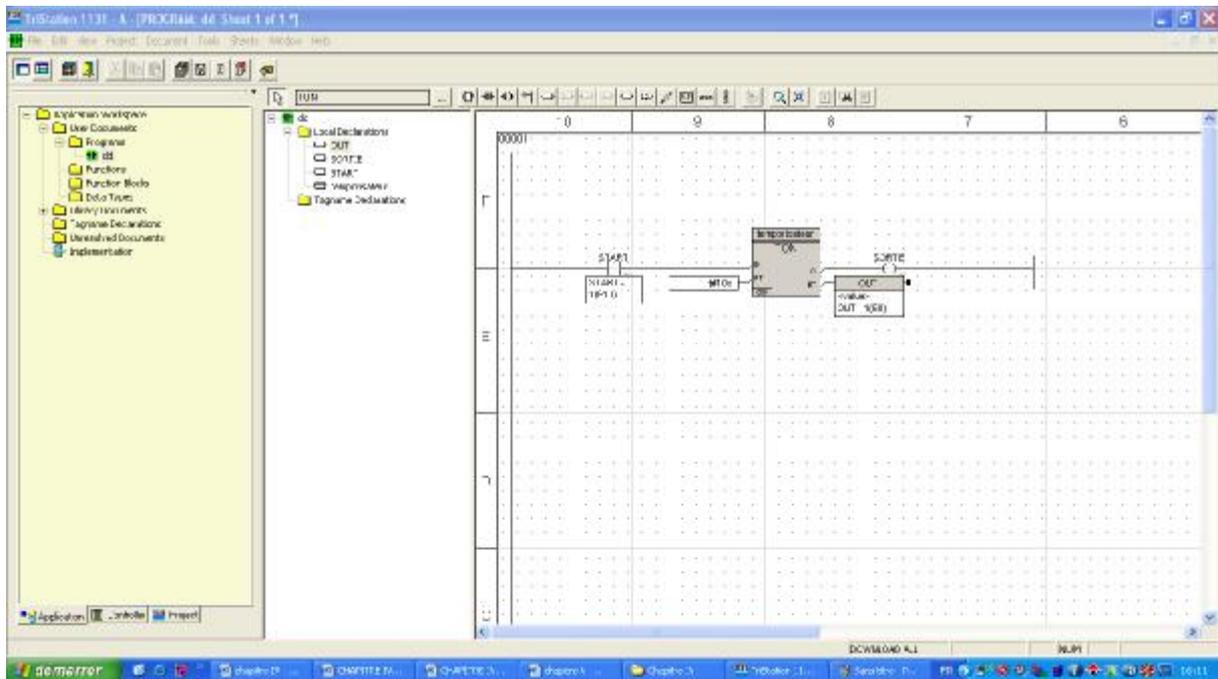
Ø Adressage physique du point:



Ø Choix des couleurs: pour TRUE et FALSE.

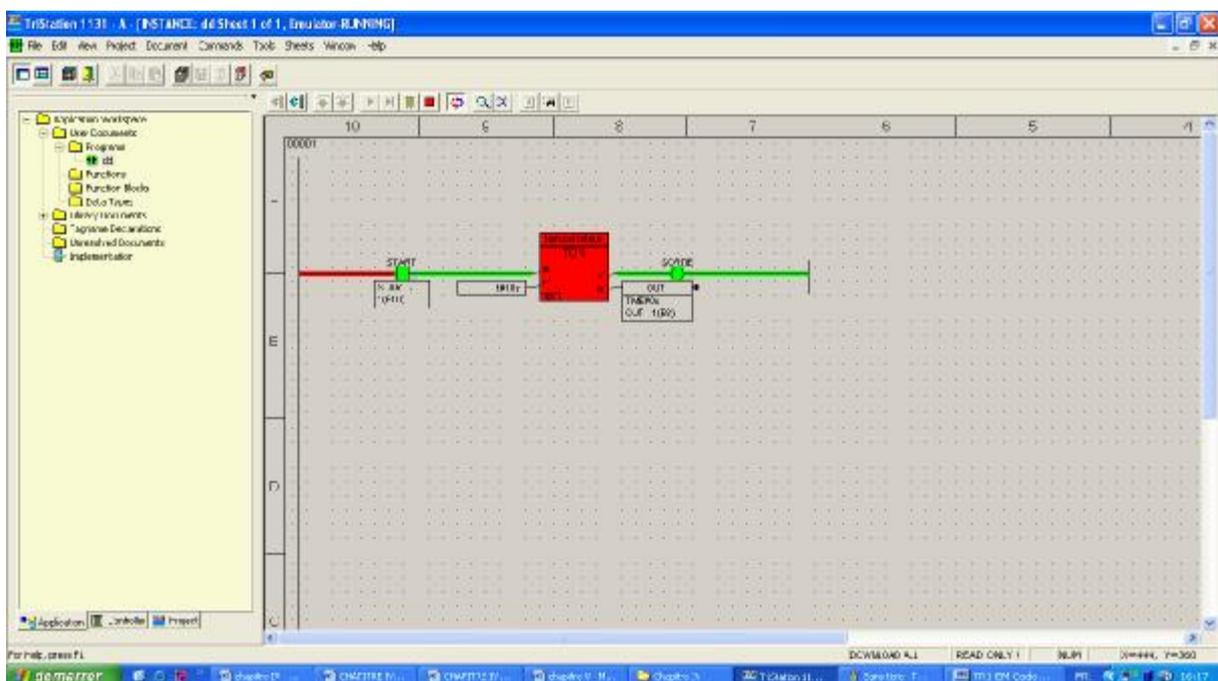






**Sauvegarder et compiler le programme.**

Ø **Faire la simulation:** Connect/ Download all/ Run.



## 7-Conclusion:

Ce chapitre nous a permis de se familiariser avec le logiciel de programmation Tristation 1131 V9, de connaître les différentes étapes de création d’une application et sa simulation. Il représente une base pour le prochain chapitre qui est la programmation et la simulation de la commande du four.

## 1. Introduction :

Après la description du four et son mode de fonctionnement (les séquences de démarrage et d'arrêt), l'API TRICONEX et son logiciel de programmation Tristation131.

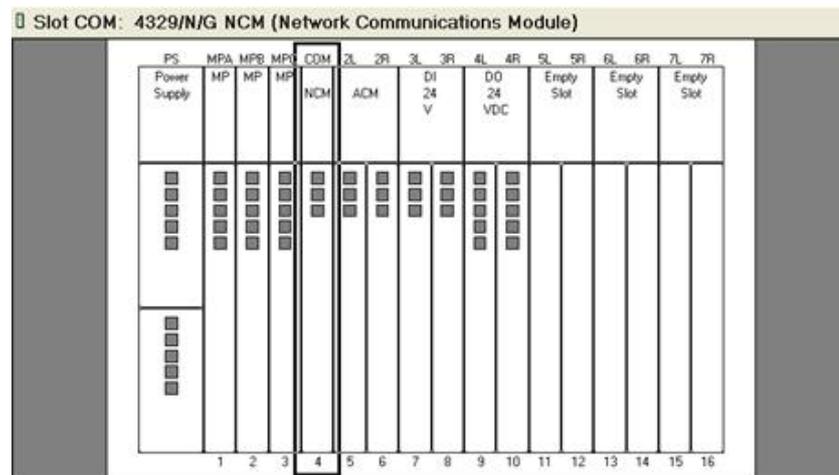
Dans ce présent chapitre on s'intéresse à l'élaboration de programme de commande du four.

Le langage utilisé pour la programmation est le LD « Ladder Diagram »

## 2- Configuration matériel

La configuration des châssis est la suivante :

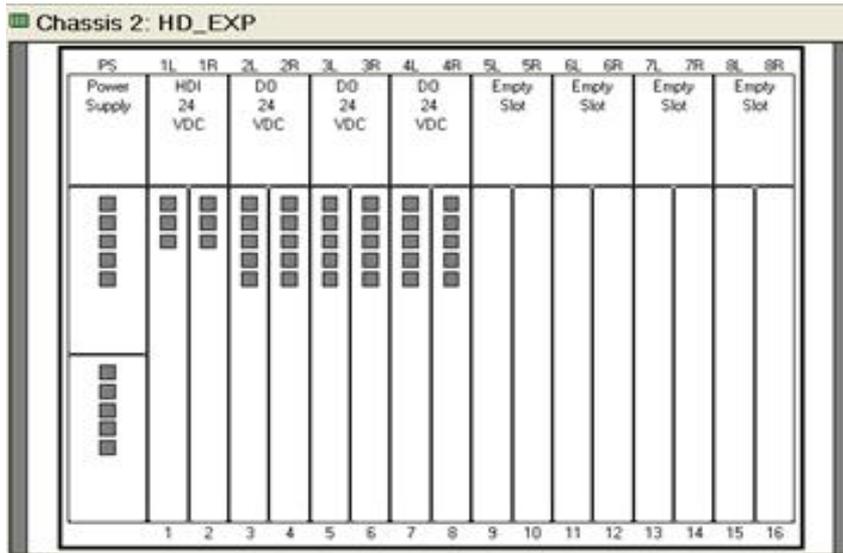
- .châssis 1 : comporte les modules suivant de gauche vers la droite :
  - ü Slot PS : module redondant d'alimentation ;
  - ü Slot MP-A : 3008, Tricon processeur principal ;
  - ü Slot MP-B : 3008,Tricon processeur principal ;
  - ü Slot MP-C : 3008,Tricon processeur principal ;
  - ü Slot 2 :4609/N ACM (Advanced communications module) ;
  - ü Slot 3 : 3503/E/EN discrete input, 24V ,32 points ;
  - ü Slot 4 : 3604/E/EN discrète output, 24V ,16 points ;



**Châssis 1**

- 2 .châssis 2 : comporte les modules suivant de gauche vers la droite :
  - ü Slot PS : module redondant d'alimentation ;
  - ü Slot 1: 3504/E/EN discrète input, 24V ,64 points ;

- ü Slot 2 : 3604/E/EN discrète output, 24V ,16 points ;
- ü Slot 3 : 3604/E/EN discrète output, 24V ,16 points ;
- ü Slot 4 : 3604/E/EN discrète output, 24V ,16 points ;



Châssis 2

**3 Les entrées et sorties:**

**3.1 les entrées :**

Relais	instrument	service
k1	Bouton sur tableau local	Fin de course pilotes
ra1...ra12	ZSC 271/1-12	Fin de course pilote
ra13	ZSC 241	F.D.C Vanne d'alimentation circuit pilotes
ra14	ZSC 251	
ra15	ZSC 261	
k2	Bouton sur tableau local	Fin de course bruleurs
rv1...rv12	ZSC 281/1-12	fin de course bruleurs

rb1	ZSC 211	F.D.C Vanne d'alimentation circuit bruleurs
rb2	ZSC 221	
rb3	ZSO 231	F.D.C mise a l'air libre du circuit bruleur
rb4	ZSO 291	F.D.C du registre de cheminée
rb5	ZSO 292	F.D.C des vanelles d'arrivée d'air
rb6	ZSO 293	
G11	Autorisation ventilation	Lampe témoin
G22	Arrêt ventilation	Lampe témoin
G33	Séquence RT3	Lampe témoin
r11...r22	BSL 201/1-12	détecteurs des flammes
R04	PSHH 201	Pression très haute gaz combustible
R05	PSLL 201	Pression très basse gaz combustible
R06	PSHH 231	Pression très haute sortie condensat
R07	TSHH231	Température très haute sortie condensat
R08	TSHH271	Température très haute fumés
R09	TSHH281	Température/ très haute entre convection/radiation
R10	FSSL201	Débit très bas condensat
B7	Bouton poussoir	Allumages bruleurs
C201/C202	Bouton poussoir	Commande ventilation
SdeC/Tlocal	Bouton poussoir	Arrêt d'urgence
H1	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 1
H2	Bouton poussoir	Fermeture Pilote 2

	lumineux rouge	
H3	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 3
H4	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 4
H5	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 5
H6	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 6
H7	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 7
H8	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 8
H9	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 9
H10	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 10
H11	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 11
H12	Bouton poussoir lumineux rouge	Fermeture Pilote 12
G1	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 1
G2	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 2
G3	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 3
G4	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 4

G5	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 5
G6	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 6
G7	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 7
G8	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 8
G9	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 9
G10	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 10
G11	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 11
G12	Bouton poussoir lumineux vert	Allumage pilote 12
C5	Bouton poussoir vert	Arrêt ventilation K201
C6	Bouton poussoir vert	Arrêt ventilation K202
B5	Bouton poussoir rouge	Marche ventilation K201
B6	Bouton poussoir rouge	Marche ventilation K202
C7	Bouton poussoir rouge	Arrêt pilotes

**Tableau V.1 : liste des entrées.**

### 3.2 Les sorties

Relais	instrument	service
--------	------------	---------

G11	Autorisation ventilation	Lampe témoin
G22	Fin ventilation	Lampe témoin
H11	Ventilation en cours	Lampe témoin
SEF	Arrêt ventilation	Lampe/Arrêt
ARRET RHS	Mise hors service (Arrêt général)	Lampe / déclenchement
G33	Séquence RT3	Lampe témoin
J1	Autorisation allumage	Lampe témoin
H33	Arrêt manque flammes	Lampe/Arrêt
K	Bruleurs non allumés ouvert Bal 211	Lampe témoin
L1	Flammes allumées	Lampe témoin
R29	Défaut général (facteurs de déclenchement)	Lampe / déclenchement

Tableau V.2 : listes des sorties.

### 3.3. Listes des relais

Nom des relais	Services
ra1	ZSC 271-1 (fin de course pilote)
ra2	ZSC 271-2 //
ra3	ZSC 271-3 //
ra4	ZSC 271-4 //
ra5	ZSC 271-5 //

ra6	ZSC 271-6 //
ra7	ZSC 271-7 //
ra8	ZSC 271-8 //
ra9	ZSC 271-9 //
ra10	ZSC 271-10 //
ra11	ZSC 271-11 //
ra12	ZSC 271-12 //
ra13	ZSC 241 Vanne d'isolement
ra14	ZSC 251 Vanne d'isolement
ra15	ZSC 261 Vanne de sécurité
rv1	ZSC 281-1 (fin de course bruleur)
rv2	ZSC 281-2 //
rv3	ZSC 281-3 //
rv4	ZSC 281-4 //
rv5	ZSC 281-5 //
rv6	ZSC 281-6 //
rv7	ZSC 281-7 //
rv8	ZSC 281-8 //
rv9	ZSC 281-9 //
rv10	ZSC 281-10 //
rv11	ZSC 281-11 //
rv12	ZSC 281-12 //
Rb04	ZSO 291 Vanne d'isolement
Rb05	ZSO 292 Vanne d'isolement
Rb06	ZSO 293 Vanne de sécurité

R04	PSHH 201 Pression très haute gaz combustible
R05	PSLL 201 Pression très basse gaz combustible
R06	PSHH 231 Pression très haute sortie condensat
R07	TSHH 231 Température très haute sortie condensat
R08	TSHH 271 Température très haute fumée
R09	TSHH 281 Température très haute entre convection/radiation
R10	FSLI 201 Débit très bas condensat
r11	BSL 201-1 détecteurs de flamme
r12	BSL 201-2 //
r13	BSL 201-3 //
r14	BSL 201-4 //
r15	BSL 201-5 //
r16	BSL 201-6 //
r17	BSL 201-7 //
r18	BSL 201-8 //
r19	BSL 201-9 //
r20	BSL 201-10 //
r21	BSL 201-11 //
r22	BSL 201-12 //
r23	Sécurité SDV pilotes
r24	Sécurité vannes bruleurs

r25	Autorisation ventilation
R26	Arrête ventilation
R27	Autorisation pilote
R28A	Défaut flamme
R28B	Défaut flamme
R29	Défaut général
R30	Autorisation bruleurs
R31	Bruleurs non allumée ouvert
RHS	Mise hors service
RT1	Séquence
RT2	Séquence
RT3	Séquence
R101	SDV 271-1
R102	SDV 271-2
R103	SDV 271-3
R104	SDV 271-4
R105	SDV 271-5
R106	SDV 271-6
R107	SDV 271-7
R108	SDV 271-8
R109	SDV 271-9
R110	SDV 271-10
R111	SDV 271-11
R112	SDV 271-12
R113	SDV 241/251/261

R114	SDV 211/221/231
SDV201	Electrovannes condensat

**Tableau V.3 : listes des relais.**

4- Simulation :

4.1 Séquence de ventilation :

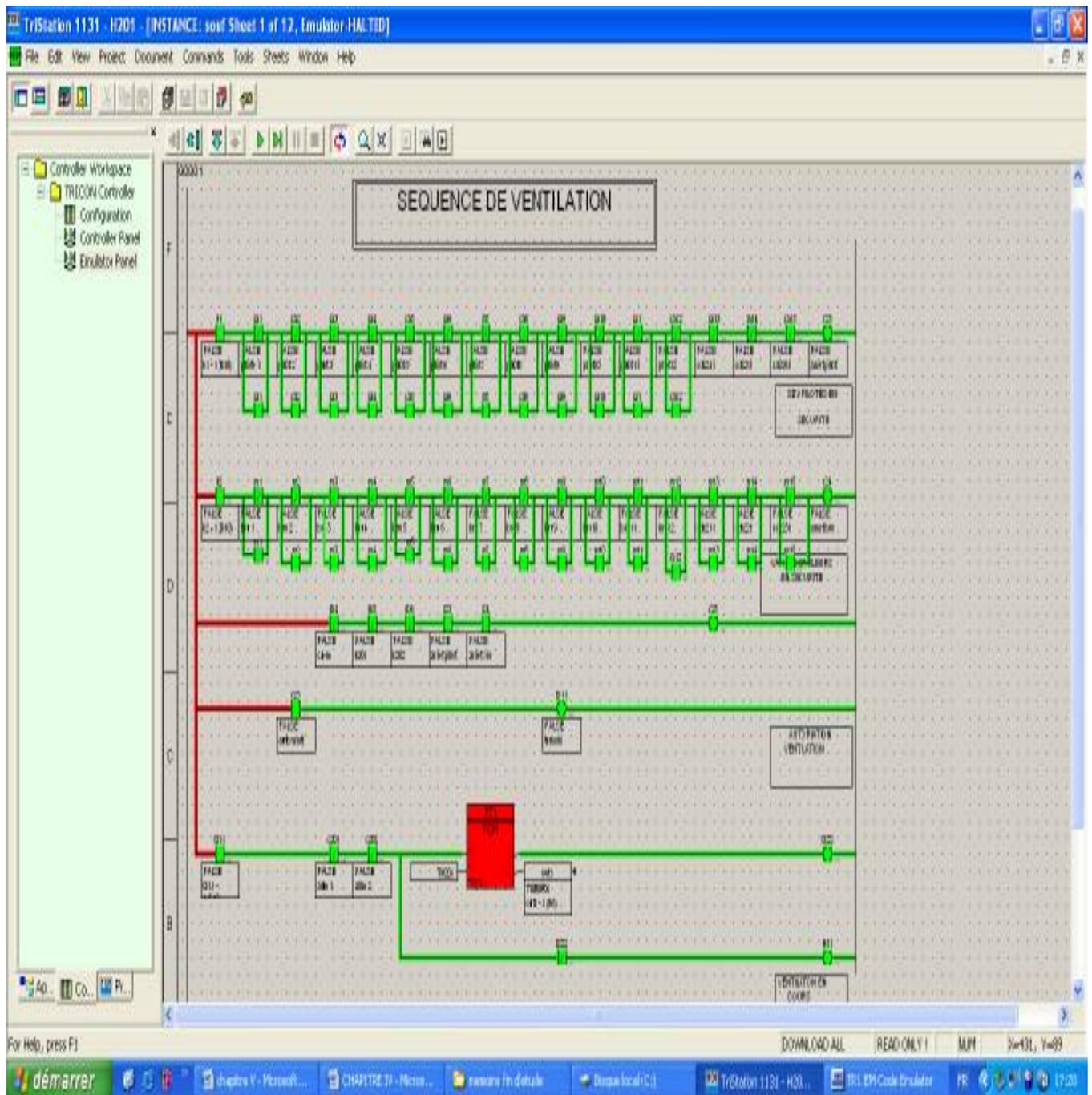


Figure V.1 : Séquence de ventilation.

4.2 Autorisation Allumage Pilote:

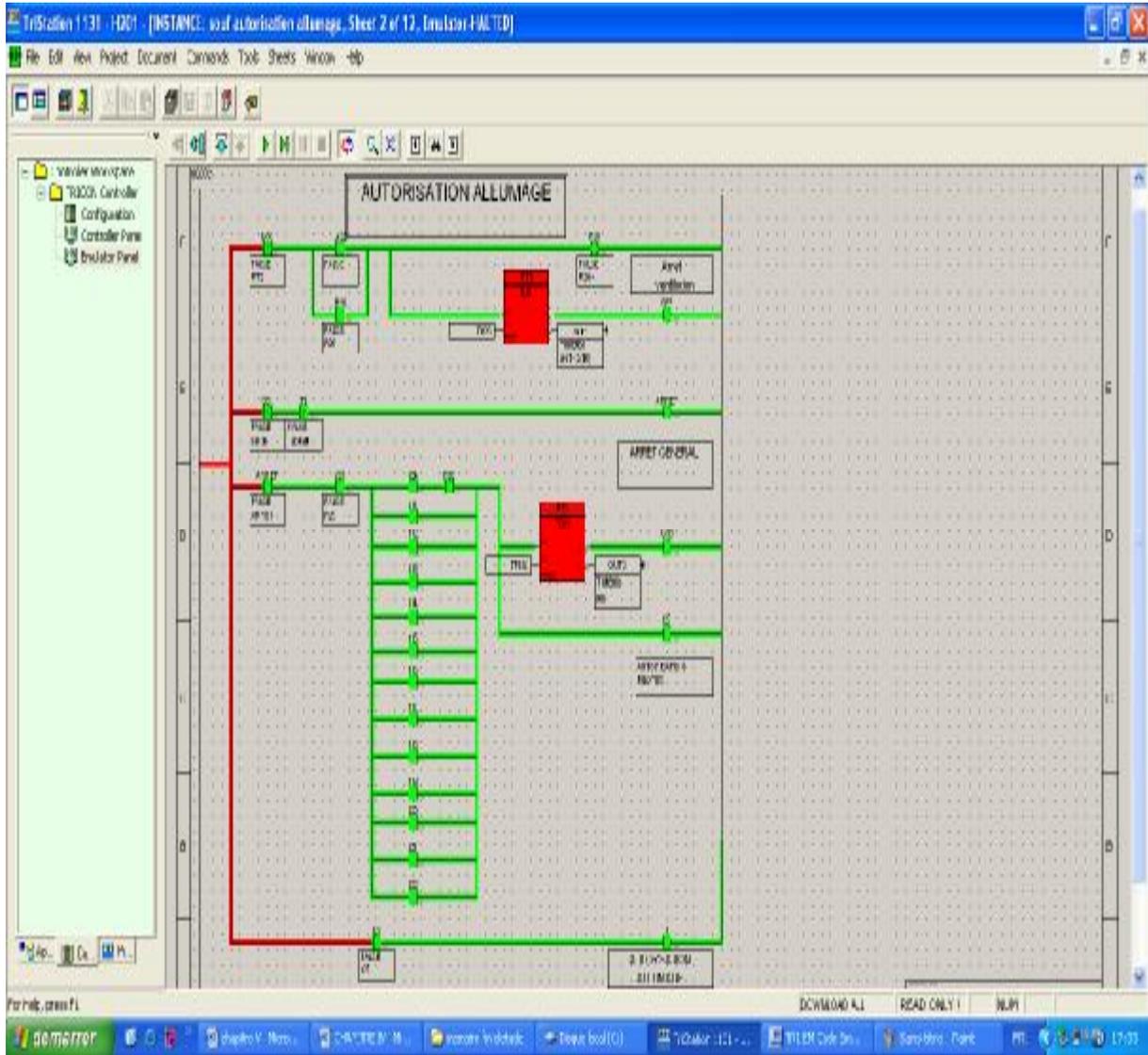


Figure V.2 : Autorisation allumage pilote.

4.3. Allumage Pilote1-3:

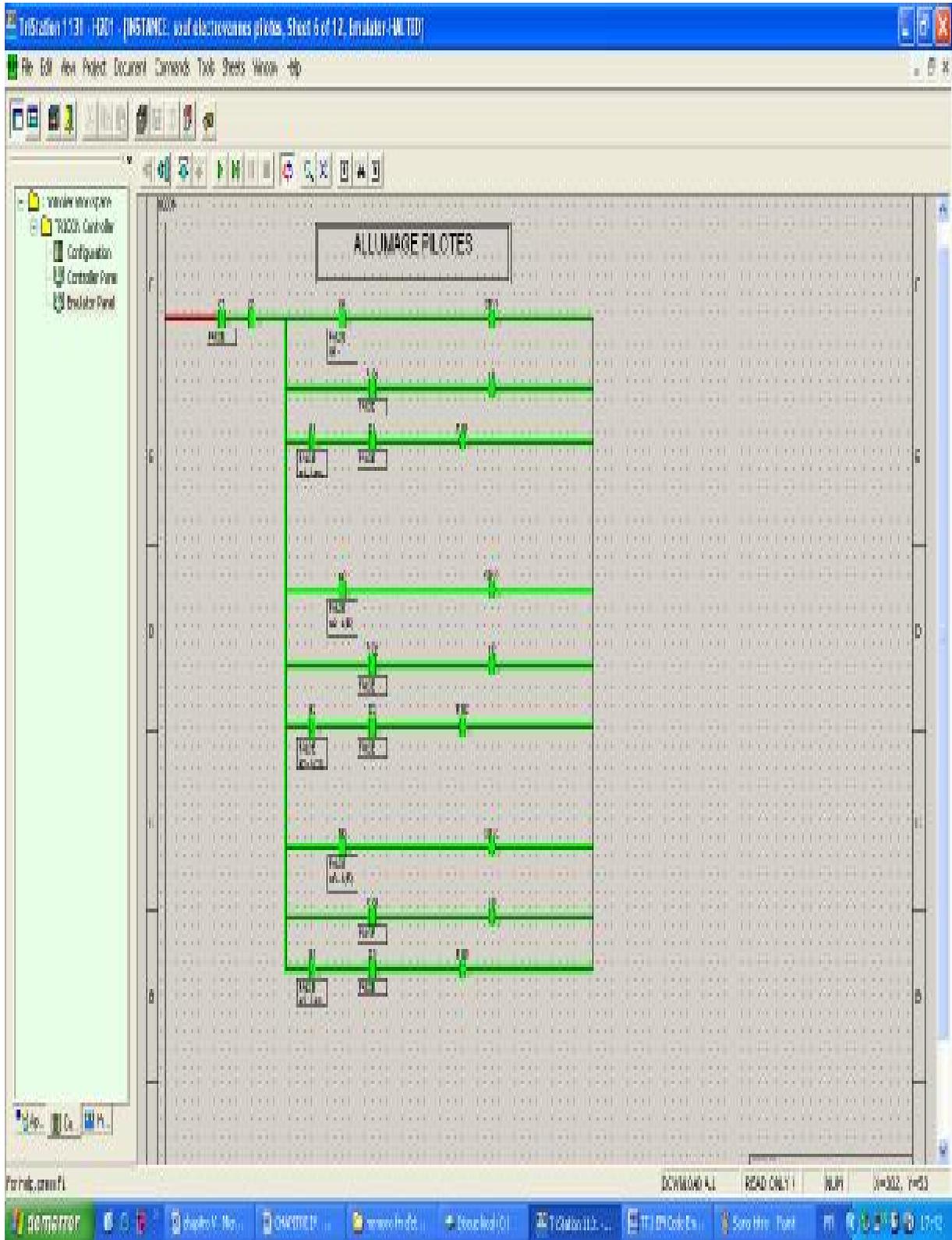


Figure V.3 : Allumage pilote

4.4 Allumage Pilote4-6:

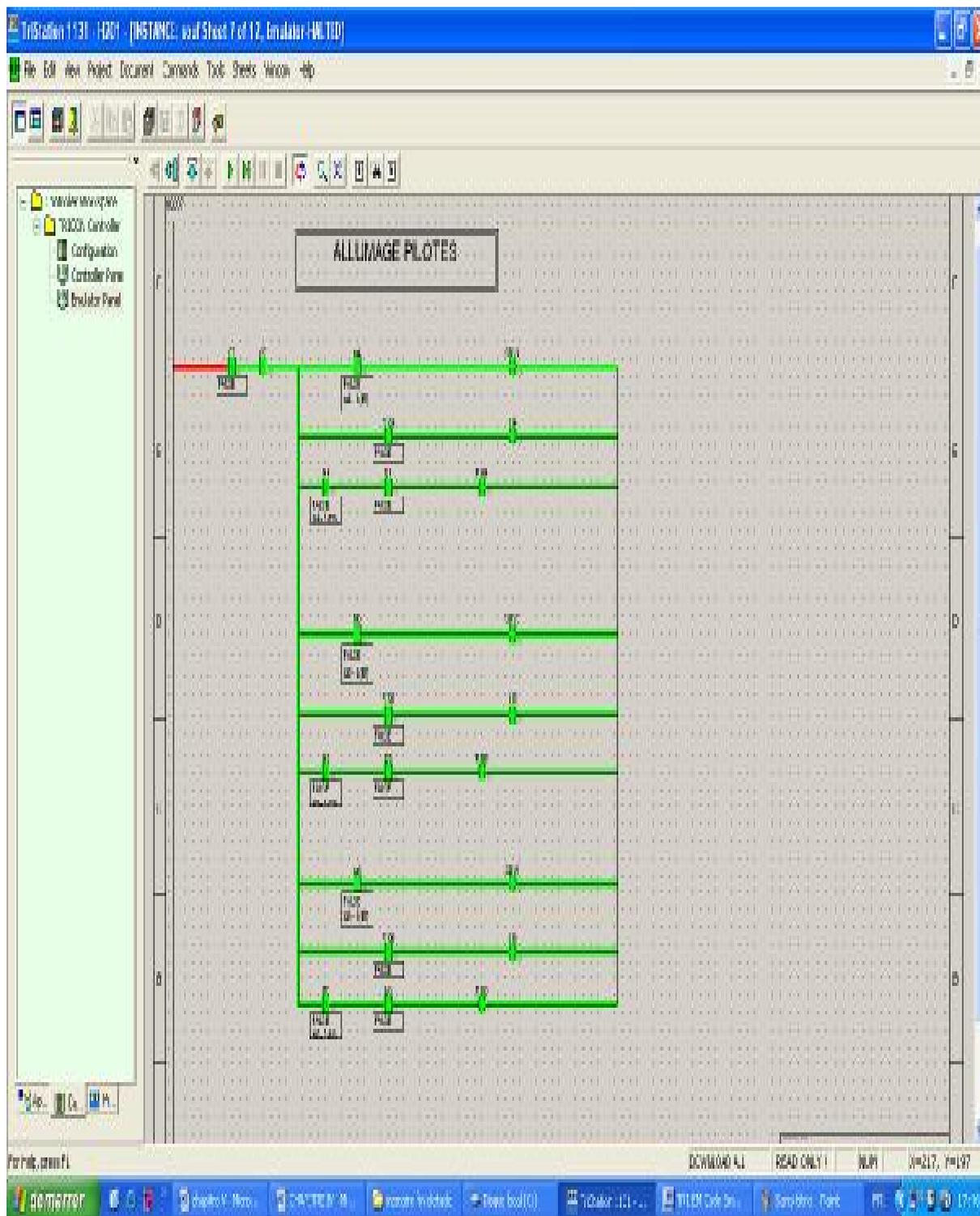


Figure V.4 : Allumage pilote

4.5 Allumage Pilote7-9:

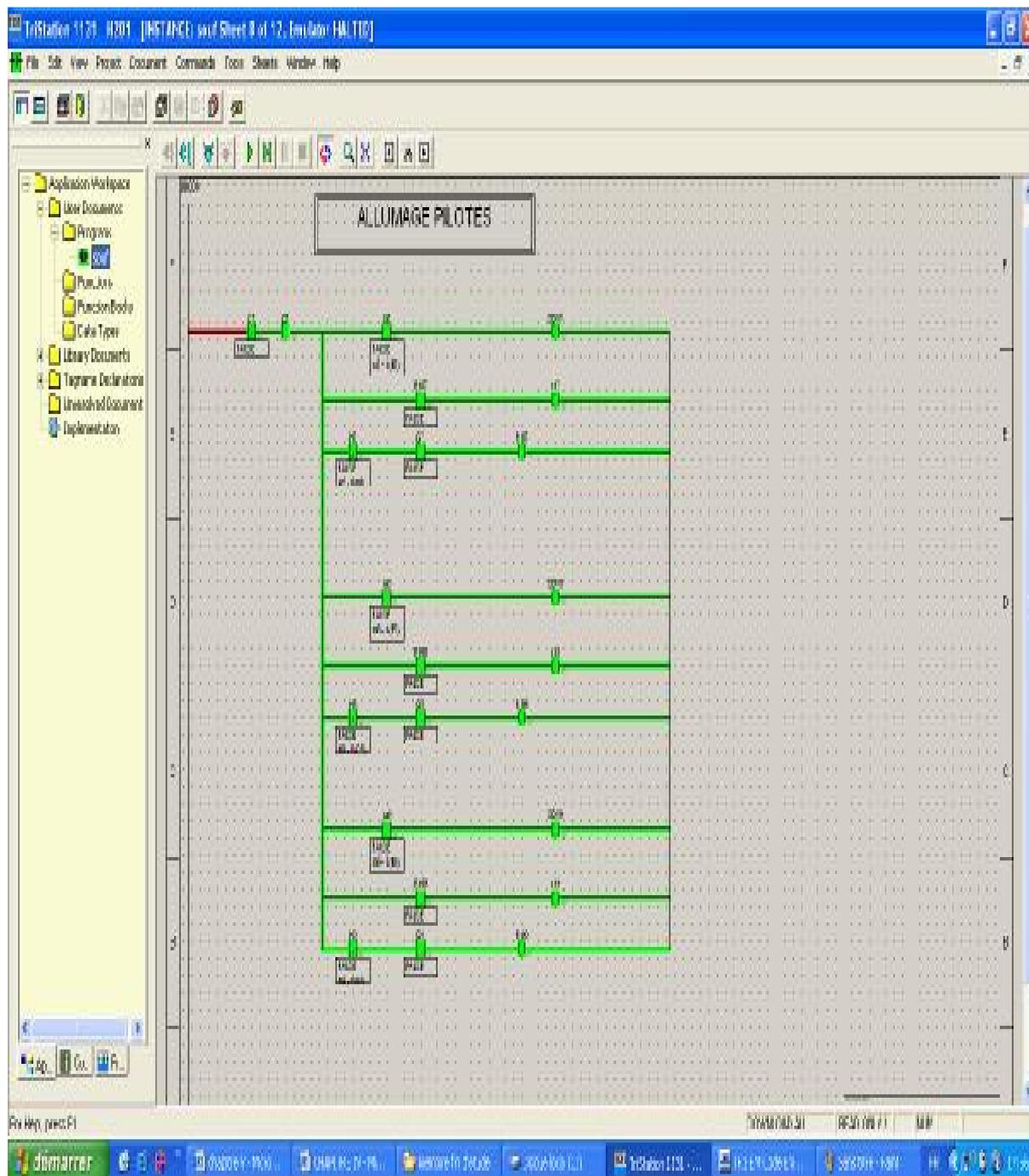


Figure V.5 : Allumage pilote

4.6 Allumage Pilote 10-12:

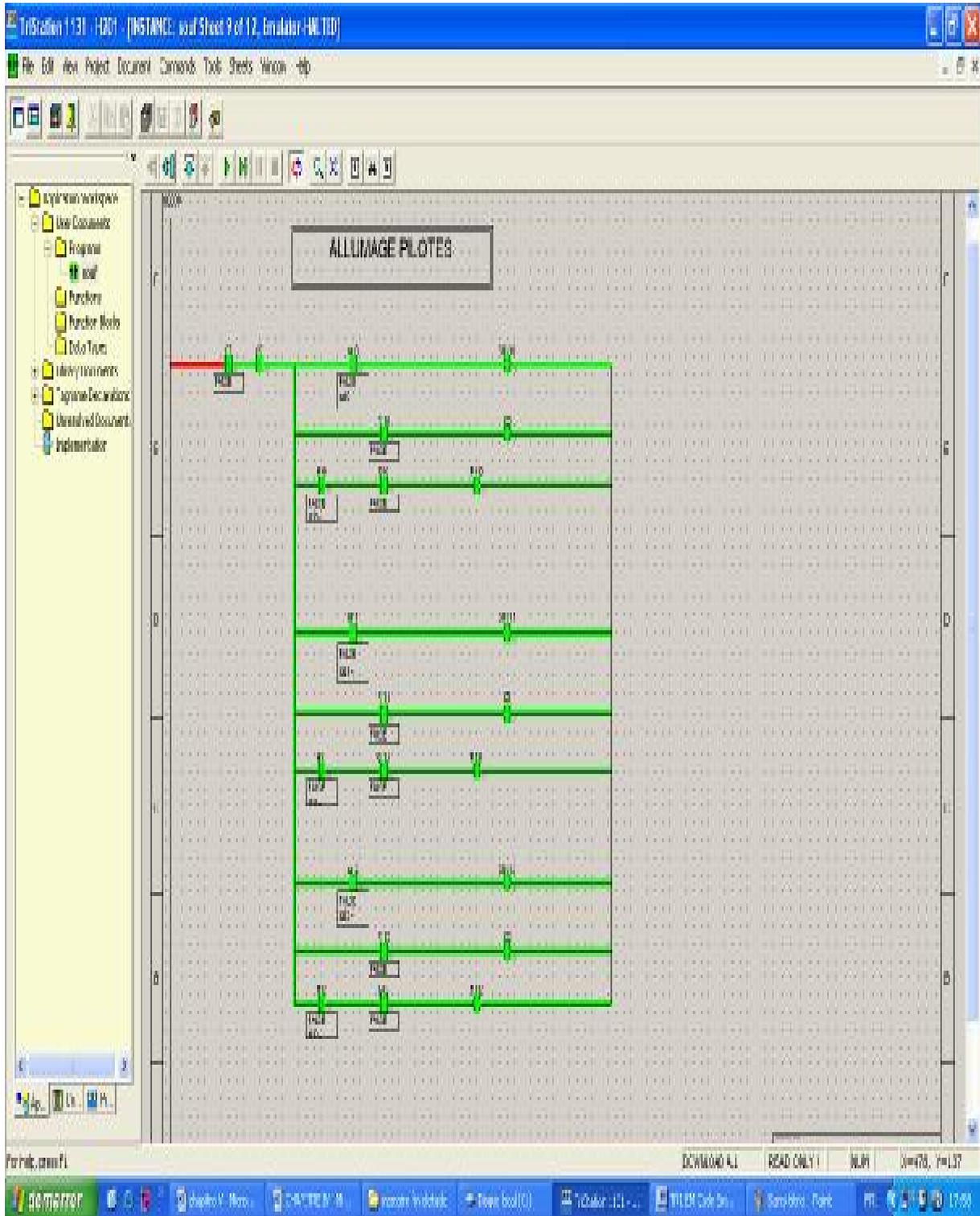


Figure V.6 : Allumage pilote

4.7 Sécurité flammes:

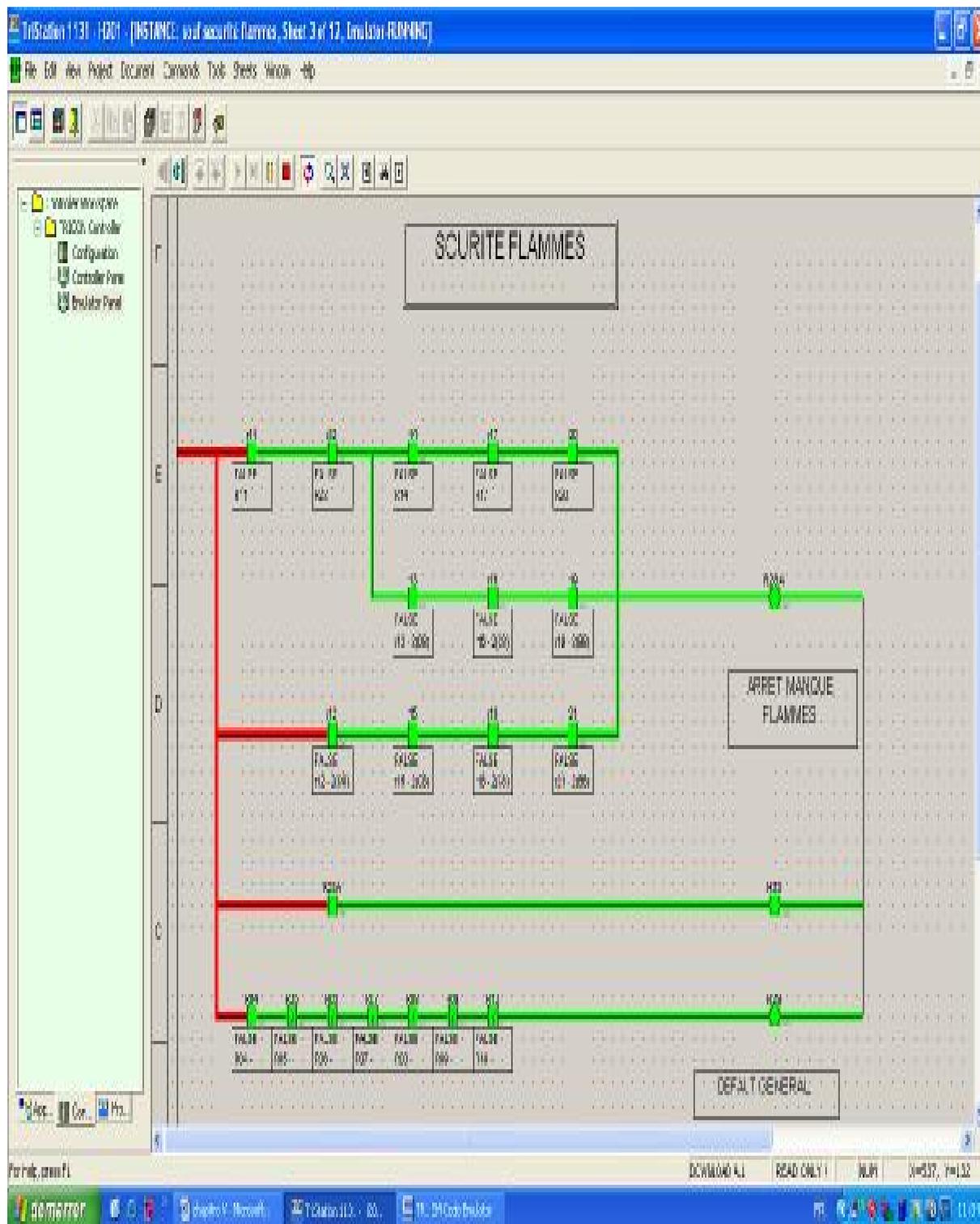


Figure V.7 : Sécurité flammes

4.8 Séquence bruleurs:

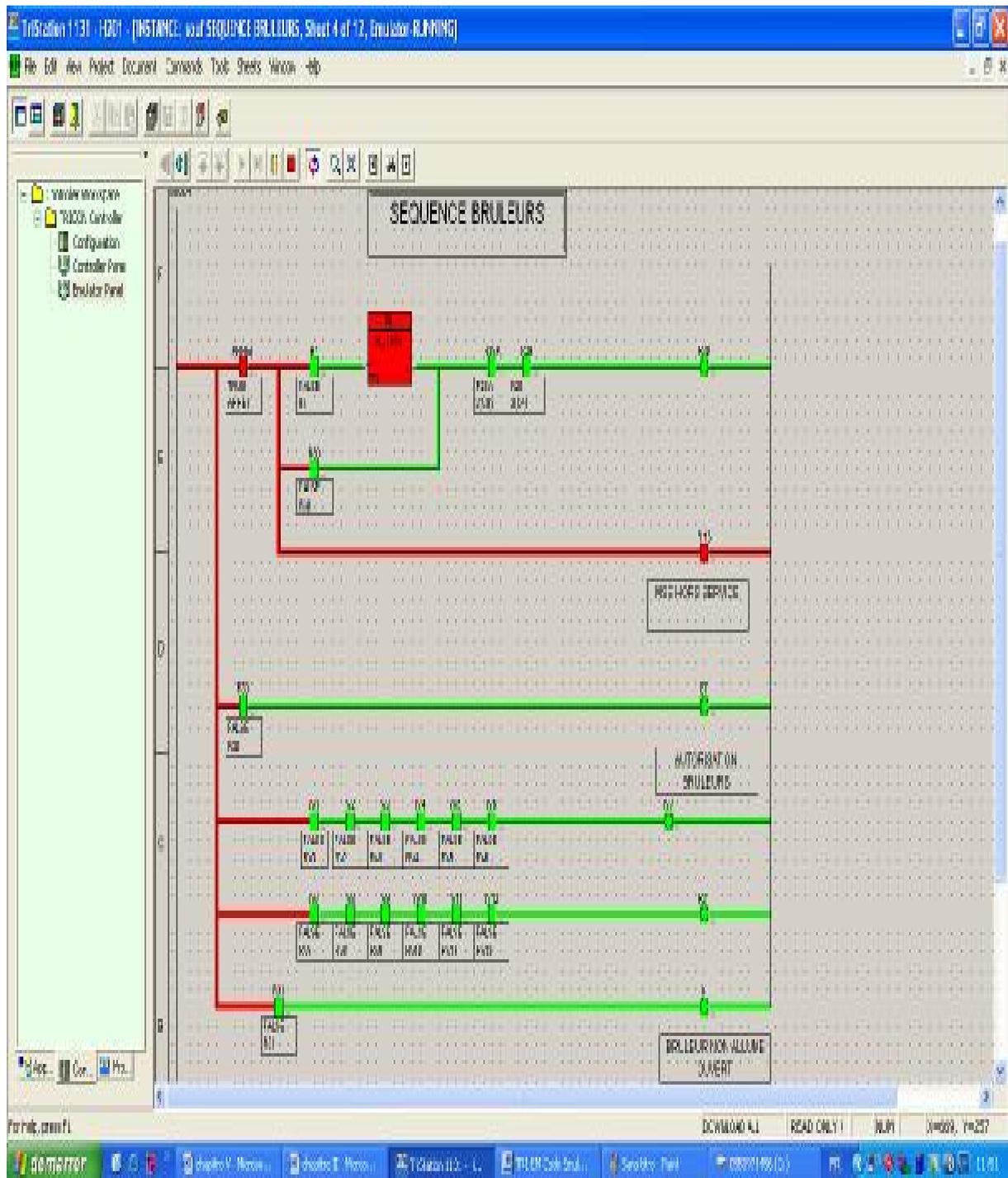


Figure V.8 : Séquence bruleurs

4.9 Sécurité flammes:

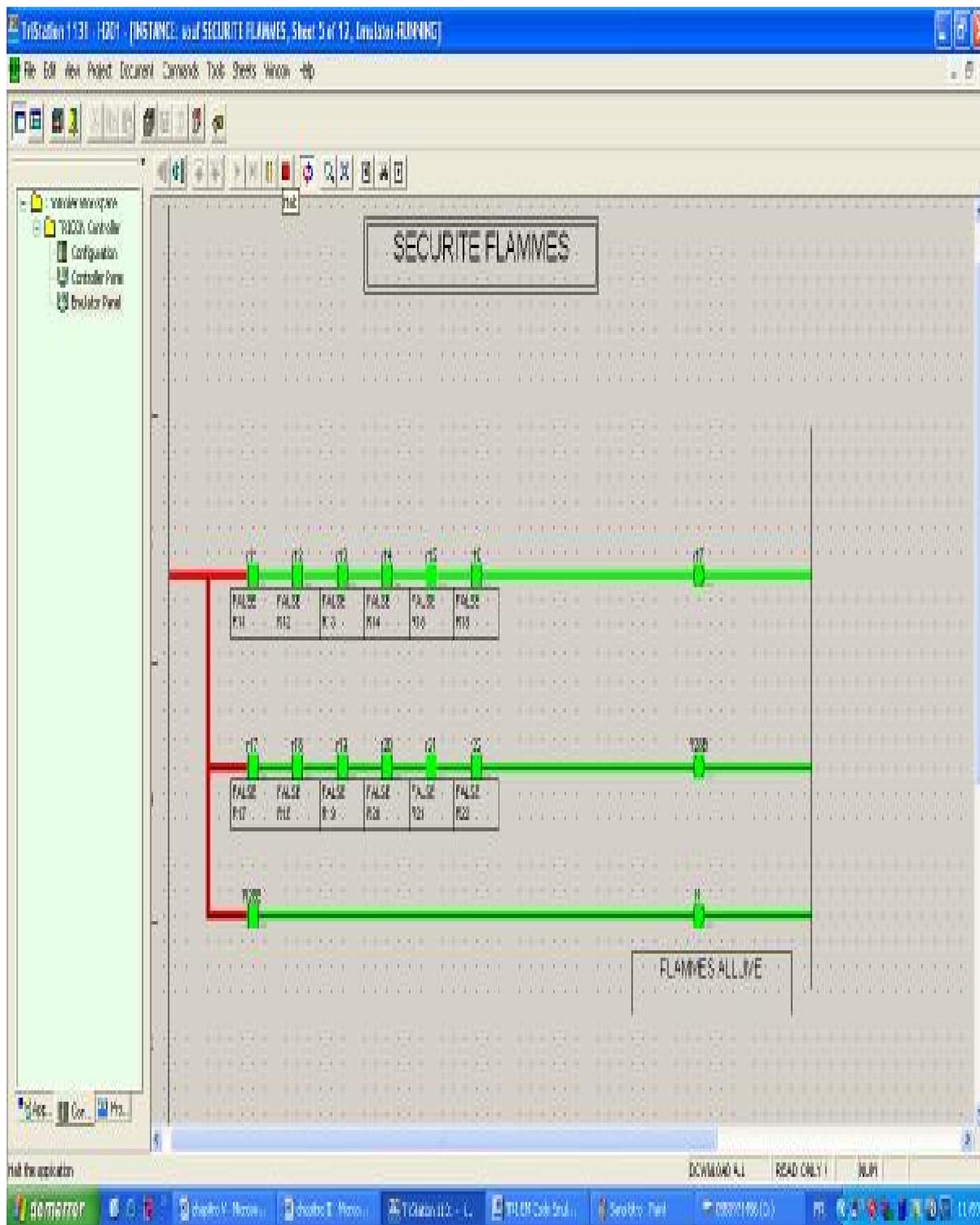
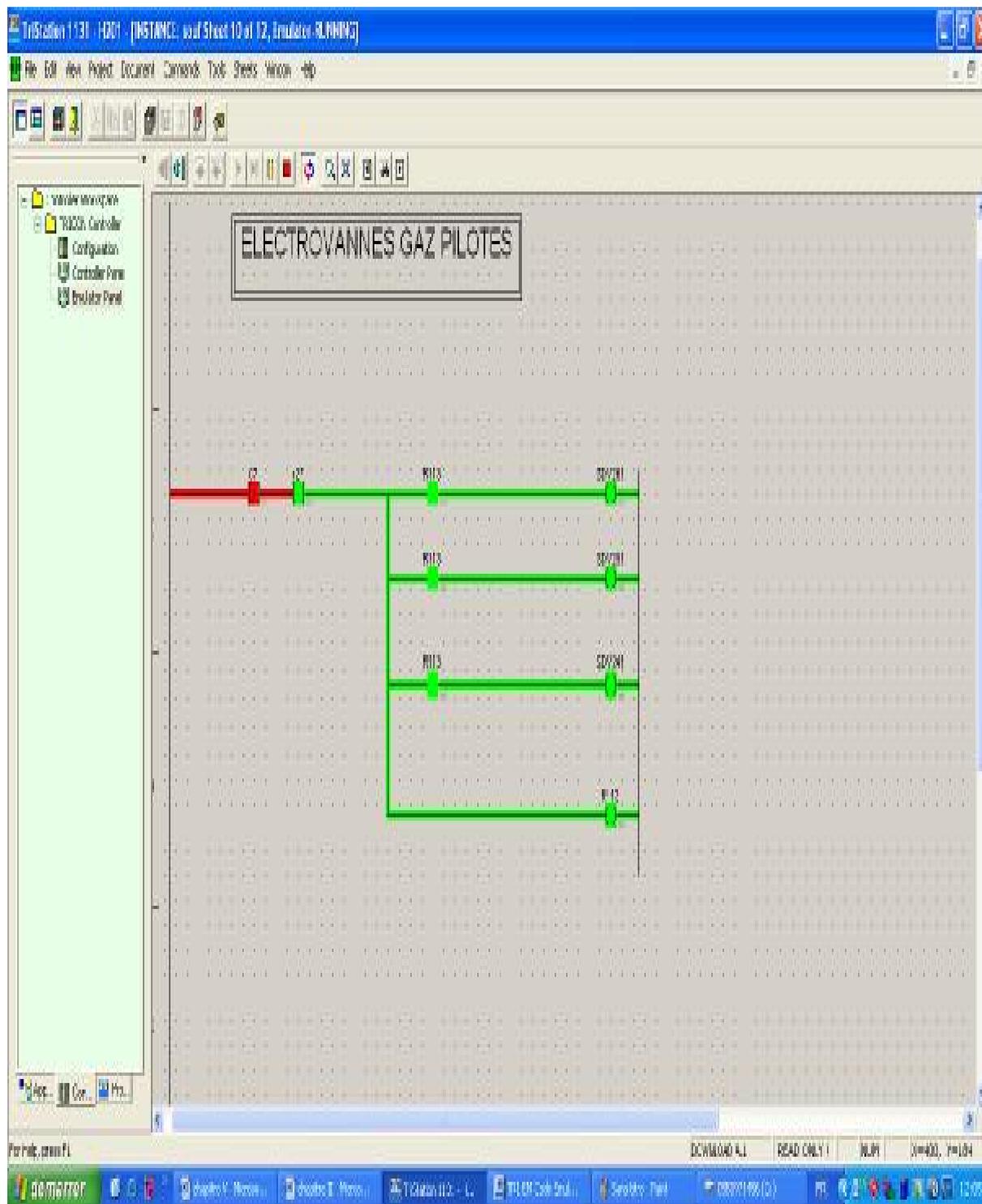
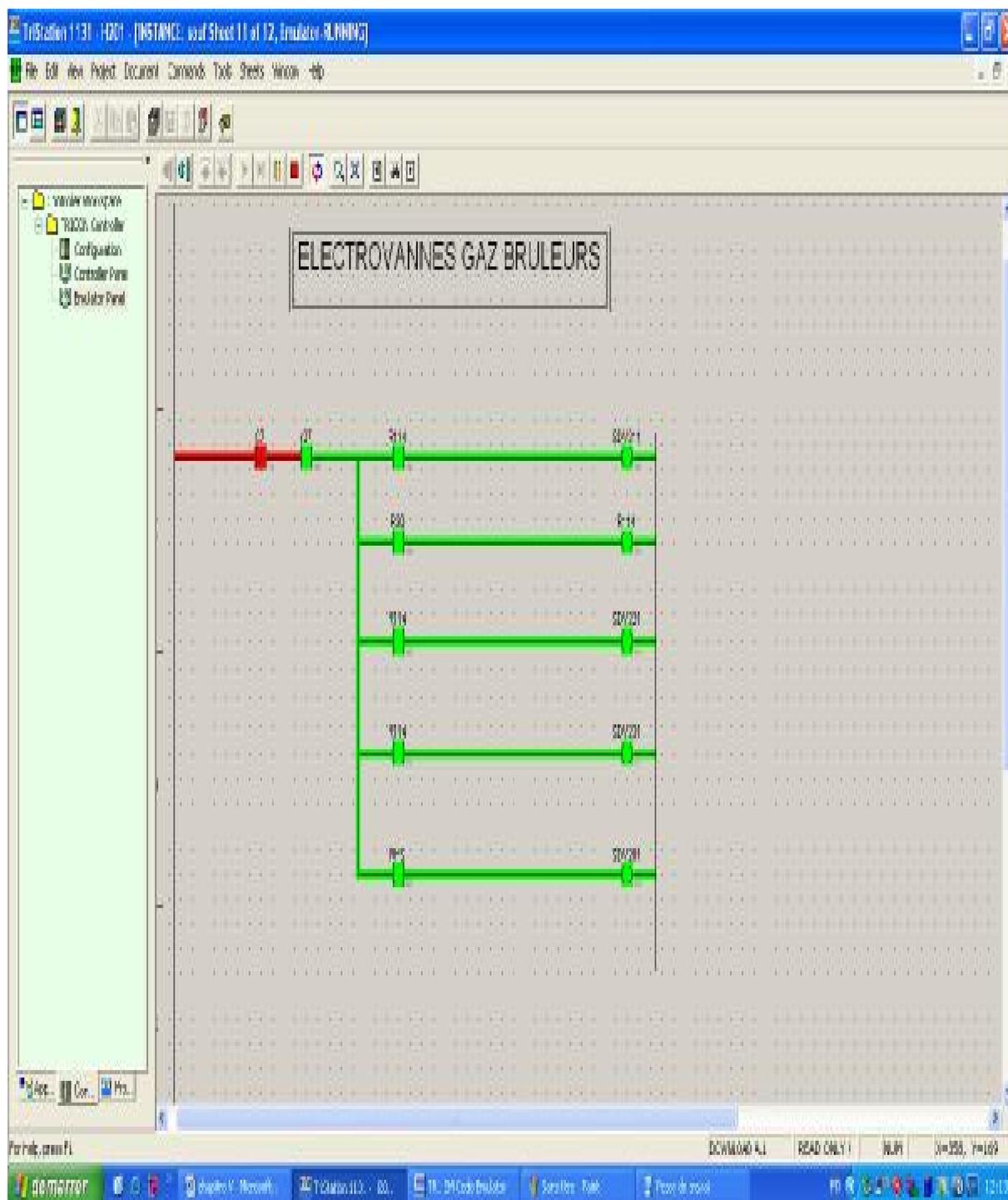
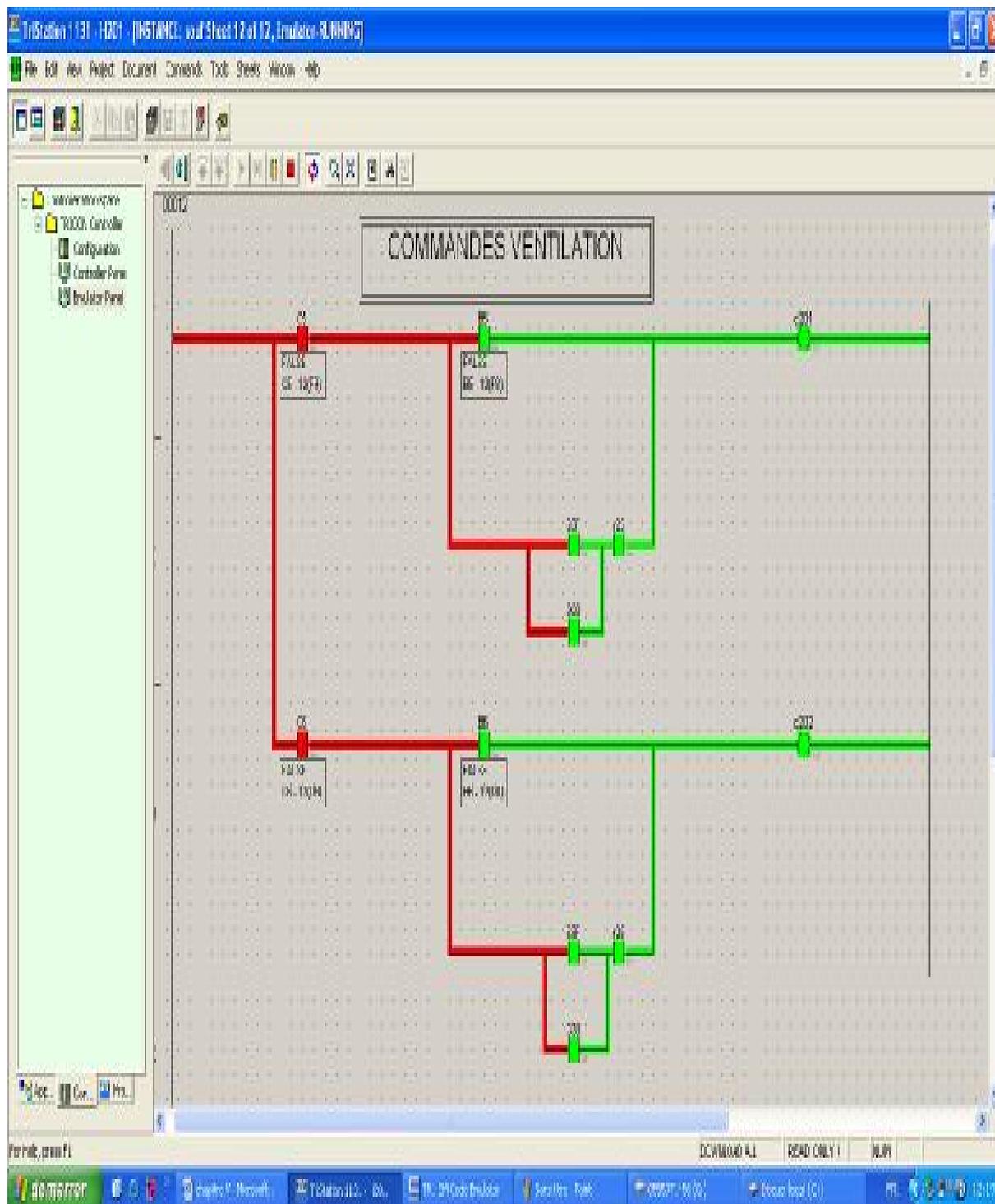


Figure V.9 : Sécurité flammes

**4.10 Electrovanes gaz pilotes:****Figure V.10 : Electrovanes gaz pilotes**

**4.11 Electrovanes gaz brûleurs:****Figure V.11 : Electrovanes gaz brûleurs**

**4.12 Commande ventilation:****Figure V.12 : commande ventlaïon**

## 5-Modélisation à l'aide du GRAFCET

L'automatisation d'un système nécessite la satisfaction du cahier de charge car il décrit son fonctionnement. Outre les contraintes techniques, il comporte des instructions reliant la partie commande à la partie opérative, ainsi que le dialogue avec l'opérateur.

Le problème sera de proposer des solutions faciles à comprendre et à réaliser, qui décrivent les relations entre la partie commande et la partie opérative et qui répondent à l'exigence de cahier de charge. Pour remédier à ce problème les automaticiens utilisent un outil de modélisation graphique qui est « Le GRAFCET ».

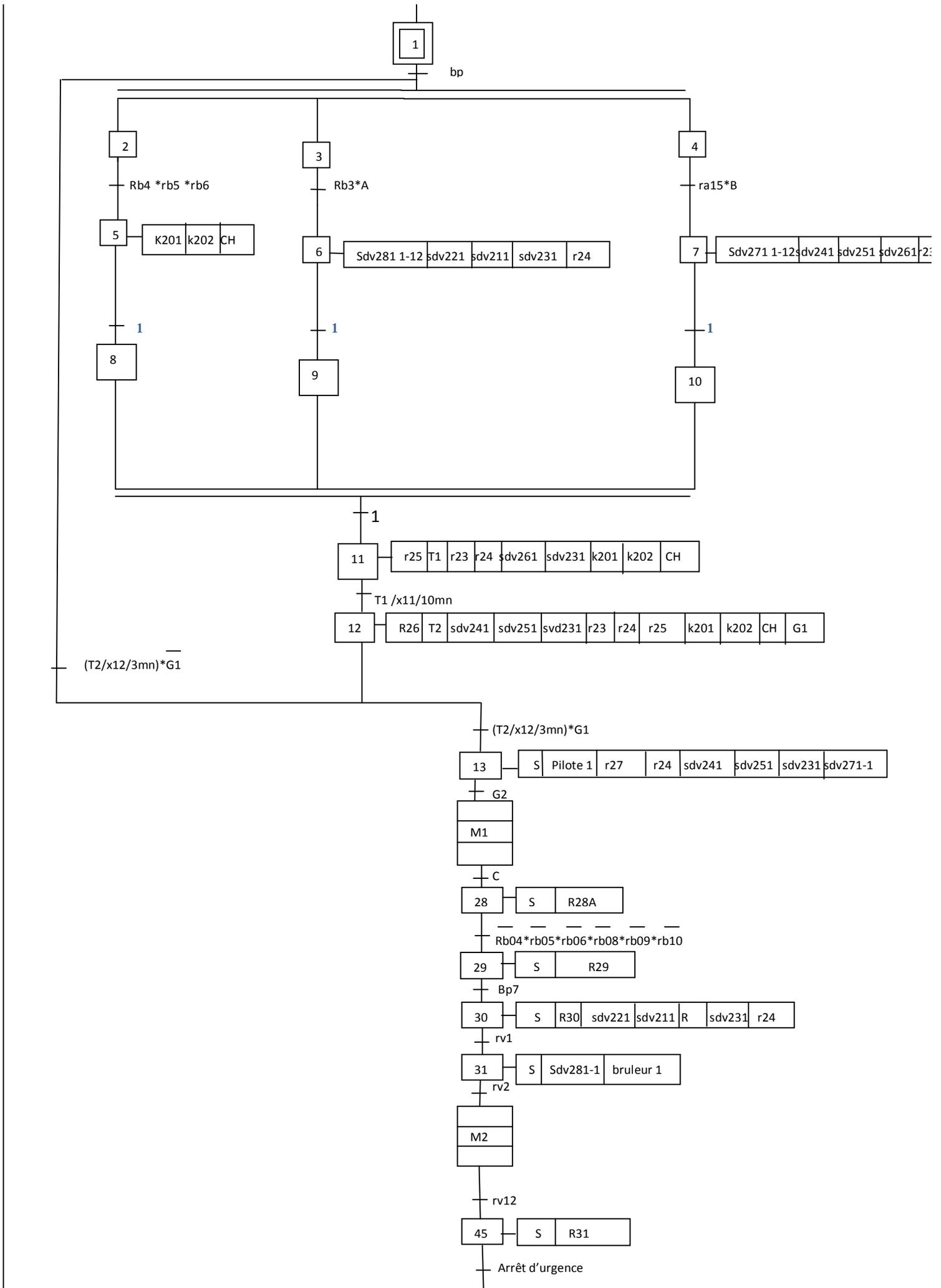
### 5-1 Définition du GRAFCET

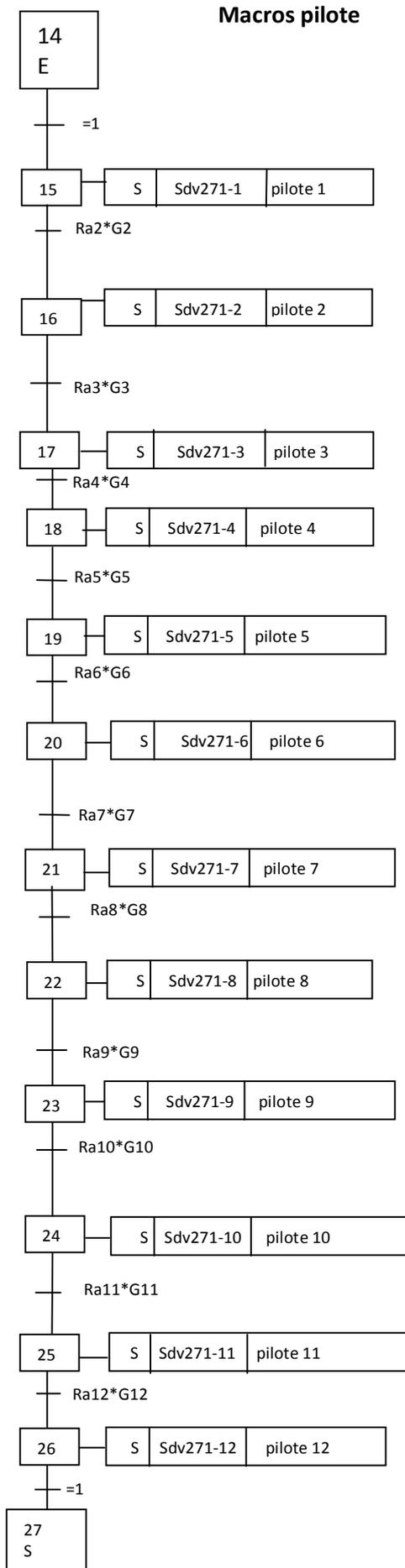
Le GRAFCET « Graphe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions » est un mode qui permet de décrire le comportement séquentiel d'un système automatisé c'est-à-dire décomposable en étapes. À partir de la connaissance des actions à entreprendre, associées à des variables de sortie et des événements qui permettent le passage d'une situation à une autre, associés à des variables d'entrée.

Le GRAFCET représente graphiquement la dynamique d'un système d'une manière simple à comprendre, par un ensemble :

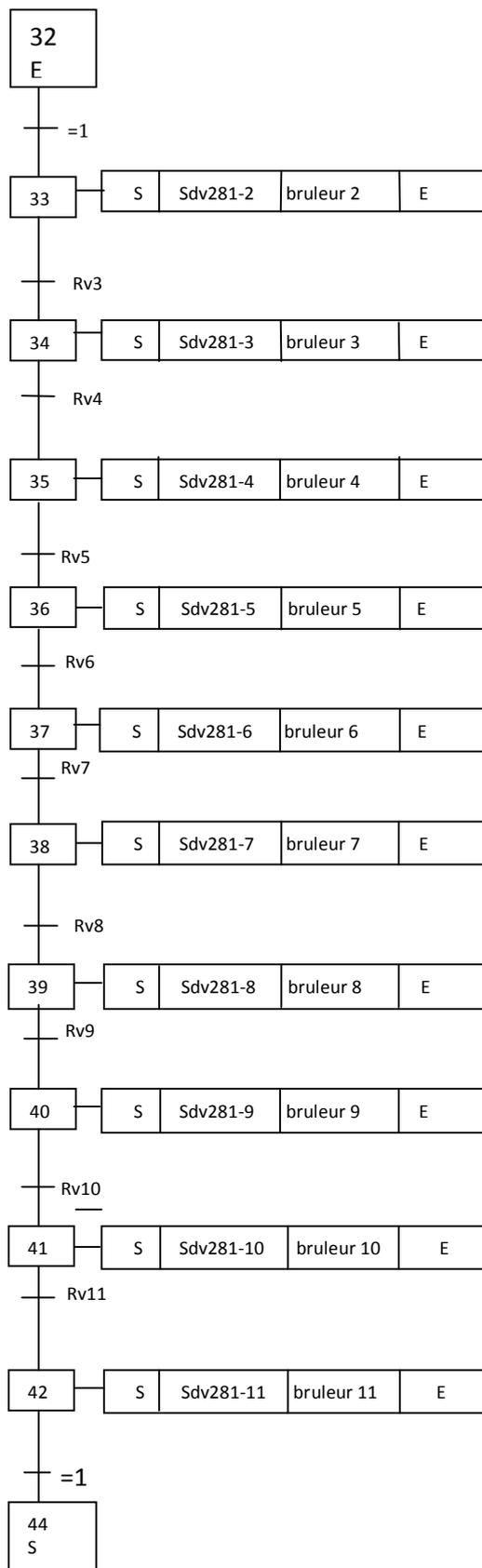
- d'étapes auxquelles sont associées des actions.
- de transitions entre étapes auxquelles sont associées des réceptivités.
- de liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

### 5-2 Sequence de **démarrage** du four H201 sur GRAFCET





**Macros bruleure**



### 5.3- Désignations

Désignation 	Signification  
A	$\overline{Rv1} * \overline{rv2} * \overline{rv3} * \overline{rv4} * \overline{rv5} * \overline{rv6} * \overline{rv7} * \overline{rv8} * \overline{rv9} * \overline{rv10} * \overline{rv11} * \overline{rv12} * \overline{rb1} * \overline{rb2}$
B	$\overline{Ra1} * \overline{ra2} * \overline{ra3} * \overline{ra4} * \overline{ra5} * \overline{ra6} * \overline{ra7} * \overline{ra8} * \overline{ra9} * \overline{ra10} * \overline{ra11} * \overline{ra12} * \overline{ra13} * \overline{ra14}$
C	$[(r14 * r17 * r20) + (r13 * r16 * r19)] * (r11 * r12) + (r12 * r15 * r18 * r21)$
CH	Cheminé

Tableau 8.1 : Désignations  les variables

## 6-Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le programme de commande du four à implémenter dans l'API TRICONEX et son logiciel de programmation Tristation1131 ainsi que son GRAFCET. Le langage utilisé est le LD « Ladder Diagram ». Ce programme a été vérifié en effectuant des tests de simulation.

Le GRAFCET est un outil de modélisation très puissant qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation optionnel.

Le modèle grafcet que nous avons développé est caractérisé par sa fiabilité, sa simplicité à comprendre et à mettre en œuvre.

Le travail réalisé dans ce mémoire a été mené au sein de la division de production de SONATRACH (Hassi R'Mel). L'objectif de notre travail consiste à remplacer une logique câblée d'un four par une logique programmée et à implémenter dans un four.

La commande utilisée est de conception ancienne basée sur des produits actuellement obsolètes dont la maintenance est rendue difficile par la vétusté des appareils et le manque de pièces de rechange.

Basé sur des considérations technico-économiques, notre choix s'est porté sur les produits TRICON d'INVENSYS qui ont déjà un large succès où le niveau de sécurité exigé est très élevé, tel que les installations de raffinage, de traitement de gaz, les turbomachines, installations nucléaire,...

Pour répondre au cahier des charges du projet en termes de commande, nous avons opté pour une architecture modulaire triple redondante à base du Triconex. Ce choix est motivé par les raisons suivantes :

- La défaillance de n'importe quel composant de l'architecture n'a aucune influence sur le bon fonctionnement de l'ensemble du système Tricon ;
- Un très haut niveau de sécurité, grâce à son architecture TMR et sa puissance de diagnostic, le système Tricon atteint le niveau d'intégrité de sécurité (system integrity level, SIL3);
- Un très haut niveau de disponibilité, grâce à son architecture TMR. Les modules en défauts peuvent être remplacés sans interruption de fonctionnement du système. En générale, le temps moyen observé entre deux défaillances (MTTF, Mean Time To Failure) d'un système est de plus de 200 ans selon les calculs effectués à partir des valeurs des taux de défaillance MTL-MSD selon la norme CEI 61508 ;
- Une maintenance à moindre coût, grâce aux systèmes de diagnostic intégrés, qui détectent automatiquement les modules en défaut ;
- Une capacité mémoire étendue allant jusqu'à deux Mégas octets, les processeurs principaux fournissent l'espace suffisant pour le programme d'application et à la configuration d'états ;
- L'architecture des données séquence d'entérinement SER, le consigneur d'état SOE utile à la fois pour la maintenance du système et à l'analyse des causes de l'arrêt du procédé ;

- Des liaisons vers d'autres systèmes Triconex, les systèmes numériques de contrôle centralisés (système numérique de contrôle-commande SNCC) ou (Distributed Control System, DCS) et autres équipements ;
- La possibilité de déporter les châssis jusqu'à 12 Km du châssis principal, par liaison FO (fibre optique).

La configuration de la solution et la programmation ont été effectuées par Tristation 1131 Version 9 de TRICON.

Ce stage pratique a été une occasion pour nous d'appliquer nos connaissances acquises durant notre formation. Cette expérience nous a permis d'une part d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine de la pratique et de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine, et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour l'élaboration des projets d'automatisation des processus industriels complexes où la sécurité est une donnée extrêmement importante.

**Ouvrages :**

[1]. **J. LE NOGUES** « Publication de l'Institut Français du Pétrole » études des fours pétroliers et pétrochimiques, Année 1961.

[2]. **G.MICHEL** « Architecture Applications des Automates Programmables Industriels », Année 1988.

[3]. **Michel BERTRAND** « Technique de l'ingénieur » : Automates Programmables Industriels.

**Documentations internes :**

[4]. Fichier de présentation du champ de Hassi R'mel, Année 2003.A

[5]. Manuel exploitation de procédé (MPP1), Année 1986.

[6]. Manuel du four H201 du MPP1, Année 1986.

[7]. Documentation technique tricon d'invensys, Année 15 juin 2006

[8]. Manuel de formation I/A séries du MPP1, Année 2006.

[9]. Instrumentation-Régulation-Automatique cours de l'Institut Français du Pétrole (IFP).

[10]. Cours d'Instrumentation de l'Institut Algérienne de Pétrole (IAP)

[11]. Logiciel Tristation 1131 version 9 du MPP1, Année 2006.

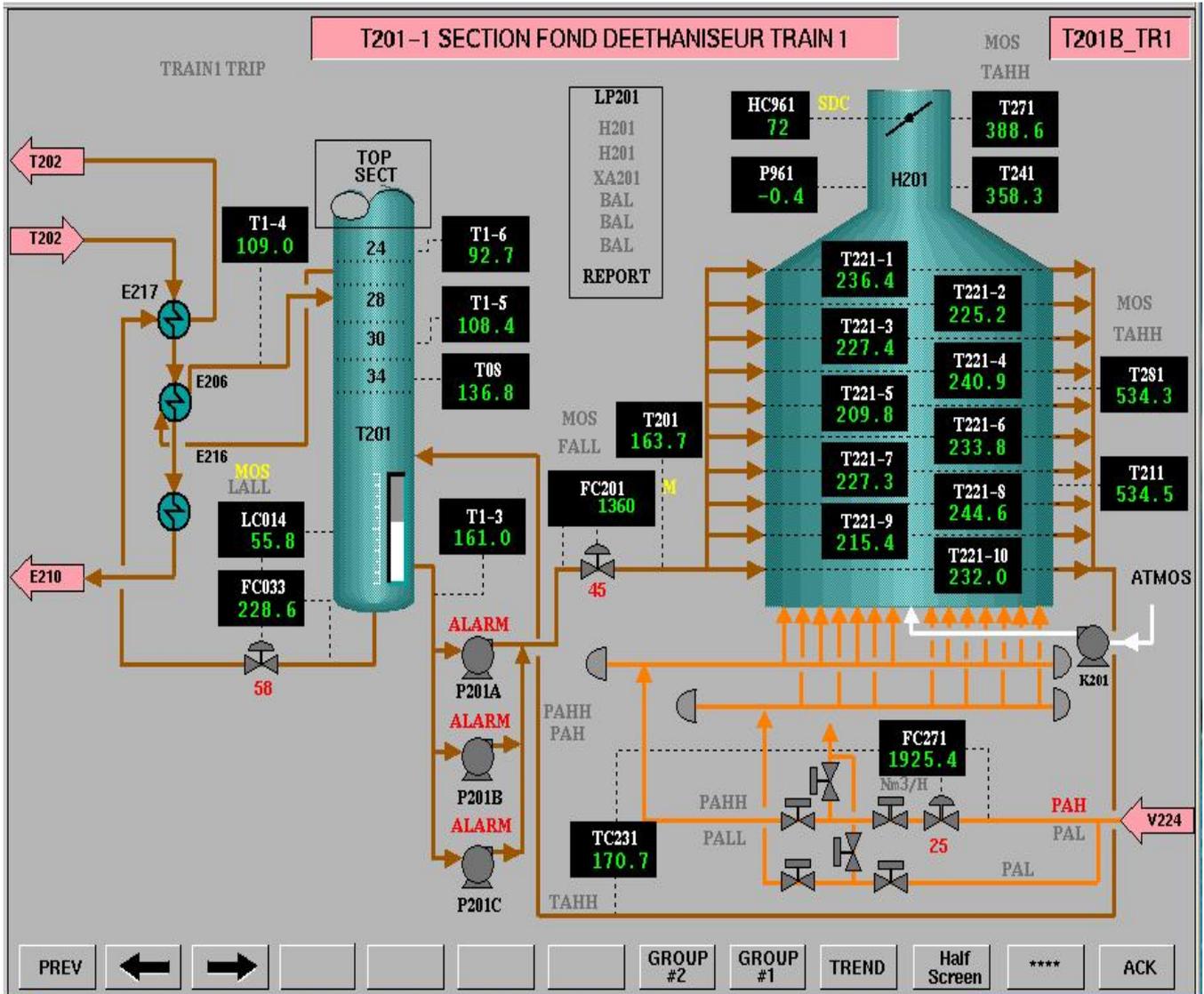
**Sites Web:**

[12]. Site web: [www.tricon.com](http://www.tricon.com).

[13]. Site web: [www.foxboro.com](http://www.foxboro.com).

[14]. Site web: [www.invensys.com](http://www.invensys.com).

Schéma du Circuit condensât sur DCS :



## Schéma globale d'un train du Module 1 :

