

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERY, 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

*Étude et simulation de DCS I /A Séries
de FOXBORO sur le four rebouilleur
H101*

Proposé par : Mr *Djamel Stiti*

Présenté par :

Ferhat Amhis.

Dirigé par : Mr Moussa Charif

Soutenu le : 11 /07 /2011

Promotion 2011

Ce travail a été préparé à : SONATRACH Unité de traitement du gaz naturel Hassi R'mel

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- *Mes parents*
- *Mes sœurs*
- *Mes Oncles*
- *Mes grands parents*
- *Tous mes amis en particulier*
 - *Sofiane*
 - *Saïd*
 - *Mohamed*
- *Tous les camarades de ma promotion.*
- *Tous ceux, qui de loin ou de près, pensent à moi.*
- *Et surtout à la mémoire de nana Djidji*

Remerciements

Tout d'abord nous adressons nos sincères remerciements à notre promoteur « Mr. Moussa Charif » pour avoir accepté de nous diriger tout au long de ce travail, ainsi que pour tous ses judicieux conseils.

Nous remercions aussi notre encadreur « Mr. Djamel Stiti », cadre instrumentiste à SONATRACH pour nous avoir formé au système DCS au cours de notre stage à Hassi R'mel, ainsi que pour ses conseils et les moyens qu'il a mis en œuvre pour mener à bien ma formation.

Nous n'omettrons pas de remercier « Mr. Djouab Hocine », pour sa précieuse aide sans laquelle ce travail n'aurait pas été possible.

Nos remerciements et pas les moindres vont à l'ensemble du personnel du service instrumentation du MPP4.

Enfin, nous remercions tous ceux et celles qui ont, de près ou de loin, participé à l'élaboration de ce mémoire.

SOMMAIRE

NOMENCLATURE

INTRODUCTION GENERAL

CHAPITRE I : Généralités sur le procédé de traitement de gaz naturel à Hassi R'mel.....

I-	Le gaz naturel en Algérie.....	2
II-	Présentation du champ de Hassi R'mel	3
III-	Présentation des secteurs de Hassi R'mel.....	3
IV-	Description générale des unités d'exploitation dans le champ de Hassi R'mel.....	5
V-	Procédé de traitement du gaz.....	5
VI-	Présentation du module IV.....	8
VII-	Description du process de traitement du gaz.....	8
VIII-	Description du Rebouilleur.....	14

Chapitre II : Étude du rebouilleur H101.....

I-	Description du four H101.....	16
II-	Instrumentation de rebouilleurs.....	17
III-	La régulation	21

CHAPITRE III : Présentation du DCS Séries I /A FOXBORO.....

I-	Système de contrôle distribue (DCS).....	25
II-	DSC I/A Séries (Intelligent / Automation) de FOXBORO.....	28
III-	TRICONEX.....	35

CHAPITRE IV : Étude et développement d'une solution sous DCS.....

I-	Présentation de la commande actuelle du Rebouilleur.....	37
II-	Séquence de démarrage du Rebouilleur H101	38
III-	inconvenient de la solution actuelle.....	42
IV-	solution proposée.....	42
V-	Développement d'un programme séquentiel sous HLBL.....	48

Chapitre V : Supervision du rebouilleur sous DCS.....

I-	Constitution d'un système de supervision.....	64
II-	Supervision des vues du Rebouilleur.....	65

Conclusion général.....

68

RESUME

Mon projet de fin d'études intitulé à l'étude et la simulation du rebouilleur H101 tout en automatisant la séquence de démarrage du procédé via un automate programmable et supervisé avec un logiciel nommé DCS I/A Série de FOXBORO

Nomenclature

- GPL: Gaz Pétrole Liquéfier.
- GNL : Gaz Naturel Liquide.
- CSTF : Centre de Stockage et de Transfert des Fluides
- MPP: Module Processing Plant.
- SBN: station Boosting Nord.
- SBC: station Boosting Centre.
- SBS: station Boosting suds.
- SRGA : Stadion de Récupération Des Gaz Associés.
- CNDG : Centre National de Dispatching Gaz.
- SCN : Station de Compression Nord.
- SCS : Station de Compression Sud.
- D : Ballon.
- P : Pompes.
- K : Compresseur.
- C : Colonnes de distillation.
- H : Four.
- T : Tank (bac de stockage).
- E: Echangeur.
- KT: Turbine.
- L : Level (Niveau).
- t : Température.
- F: Flow (débit).
- P: pressure (pression).
- I: Indicateur.
- C:controleur.
- LIC: Contrôleur de Niveau.
- PIC: Contrôleur de pression.
- TIC : temperator indicator control.
- FIC : flow indicator control
- 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.
- DCS : System de control distribué.
- HMI: Humain Interface Station (station operator).
- FBM: Field bas module
- FBI: Field bas interface
- RL : Réseau local
- AW : processeur double application et visualisation.
- WP : processeur de visualisation.
- AP : processeur d'application.
- DNBI : dual nodebus interface

Introduction

L'économie algérienne a connu une progression considérable au cours de ces dernières années. Cette expansion est particulièrement attribuée au fort rendement de l'industrie du pétrole et du gaz. L'Algérie exporte à l'heure actuelle près de 65 milliards de mètre cube par ans de gaz naturel ; ce dernier prend une place importante dans ces exportations en raison de ses avantages économiques et écologiques, il devient le produit le plus attractif pour beaucoup de pays, c'est pourquoi il représente la troisième source d'énergie la plus utilisée dans le monde.

Dans l'industrie moderne, pétrolière plus précisément, des exigences sur la quantité et la qualité des produits finis font que les sociétés investissent beaucoup dans la modernisation et la maintenance de leurs unités industrielles de production, ce qui est le cas de la société SONATRACH où on a eu l'occasion de le constater sur site dans les usines de traitement de gaz naturel à Hassi R'mel.

Les installations industrielles dans le domaine pétrole & gaz présentent des risques pour les personnes, l'environnement et les équipements, d'où la nécessité de mettre en œuvre des systèmes de mise en sécurité de ces installations à risque pour le respect des exigences réglementaires.

DCS, "Distributed Control System" ou système de contrôle distribué, est un ensemble de moyens matériels et logiciels assemblés de façon à partager les fonctions de base pour la conduite des procédés industriels.

Pour mener à bien notre étude, nous avons d'abord étudié le fonctionnement du process de traitement du gaz où nous avons accordé une attention particulière à l'étude du rebouilleur H101. Puis, dans le deuxième chapitre nous avons étudié les différents instruments de mesure permettant le bon fonctionnement du rebouilleur et le type de régulation utiliser.

Pour le contrôle et la supervision du rebouilleur nous avons consacré le troisième chapitre pour l'étude du système DCS de FOXBORO, I/A Série dans sa constitution matérielle et logicielle.

Dans le quatrième chapitre, nous avons analysé la commande actuelle du rebouilleur basée sur la logique câblée, afin de proposer une nouvelle solution de contrôle nous avons élaboré un programme séquentiel pour la visualisation du fonctionnement du four H101 nommé HLBL (High Level Batch Langage), et une solution automatisée pour son démarrage.

Quant au dernier chapitre nous l'avons consacré sur la supervision du procédé en utilisant le logiciel DCS I /A Série de FOXBORO.

Enfin, nous terminons notre mémoire par une conclusion général.

CHAPITRE I

Généralités sur le Procédé de Traitement de Gaz Naturel à HASSI R'mel



Introduction

Le gaz naturel est la source d'énergie qui a connue la plus forte progression depuis les années 70, de ce fait elle représente la troisième dans le rang de consommation mondiale en raison de ces 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 du 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 dans les transports et l'industrie.

I- Le gaz naturel en Algérie

I-1-Ressources de gaz en Algérie

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 m³, 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 fraction condensable, 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 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 hydrocarbure liquide d'environ 220 grammes par m³ permet chaque année l'extraction de plus de 19 millions tonnes de (GNL) et d'environ 4 millions de GPL. Quand à la production de gaz naturel elle est estimée à 100 milliards de m³ aujourd'hui.

I-2-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 sulfure, de mercaptans et autres composants sulfurés ainsi que de l'eau provenant des couches productrices (**Figure 1**).

Composition	N ₂	CO ₂	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	IC ₄ H ₈	NC ₄ H ₁₀	IC ₅ H ₁₂	NC ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄	C ₇ H ₁₈
pourcentage	5.56	0.20	7.42	2.88	0.62	1.10	0.36	0.48	0.59	0.56

C ₈ H ₁₈	C ₉ H ₂₀	C ₁₀ H ₂₂	C ₁₁ H ₂₄	C ₁₂ H ₂₆	TOTAL
0.45	0.37	0.27	0.24	0.57	100

Figure 1 : Composition chimique du gaz brut [1]

Le CH₄ et C₂H₆ représentent le Gaz Sec.

Le C₃H₈ et C₄H₁₀ représentent le GPL.

Le C₅H₁₂, NC₅H₁₂, C₆H₁₄, C₇H₁₆, C₈H₁₈, C₉H₂₀, C₁₀H₂₂, C₁₁H₂₄ et C₁₂H₂₆ représente le GNL.

I- Présentation du champ de HASSI R'mel

II-1- Situation géographique

HASSI R'mel est située à 550 Km au sud d'Alger à une altitude de 750 m, le paysage est constitué d'un vaste plateau rocailleux. Le climat est caractérisé par une pluviométrie faible (200 mm par an) et une humidité moyenne de 20% en été et de 34 % en hiver, les températures variant entre -10 et +5. La région est dominée par des vents violents, accompagnés souvent de tempêtes de sable (**Figure 2**).

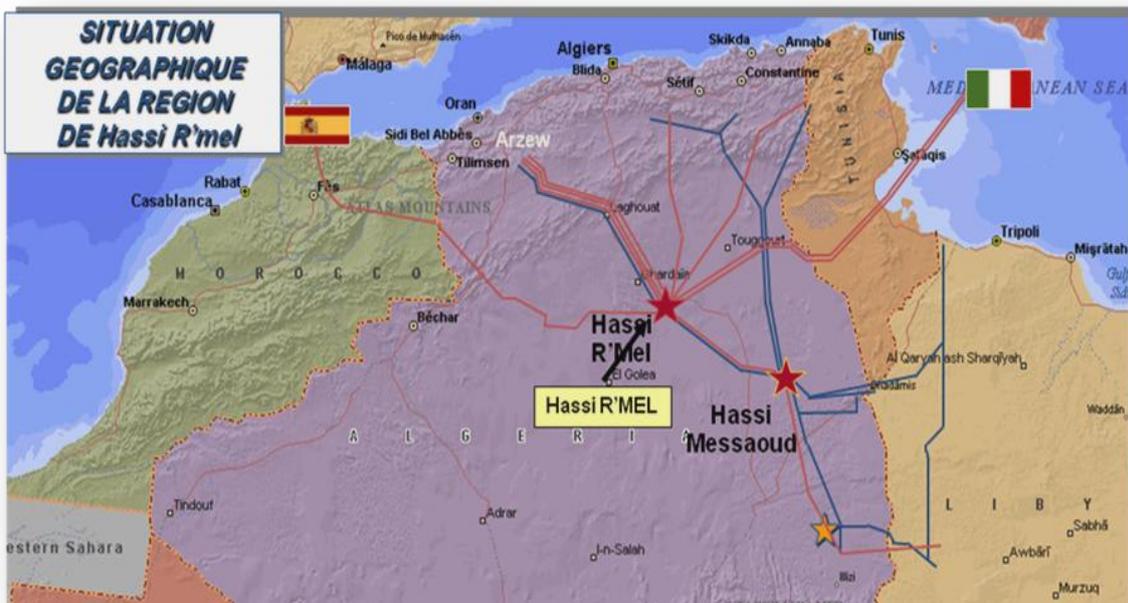


Figure I.2 : Situation géographique de HASSI R'mel [2]

II-2-Historique du champ de HASSI R'mel

Le gisement de HASSI R'mel a été découvert en 1951, le premier puits, HR1, a été réalisé en 1952 à quelques kilomètres de Berriene. Entre 1957 et 1960 sept autres puits ont été forés (HR2, HR3, HR4, HR5, HR6, HR7, HR8).

Le gisement de HASSI R'mel est classé le 1^{er} en Algérie et 4^{ème} au monde, il est d'une superficie de 3500Km² étendu sur 70 Km du nord au sud et de 50 Km de l'est vers l'ouest, avec une énorme réserve de gaz estimée de 3000 milliard de m³. Ce gaz se trouve entre 2110 et 2280 m de profondeur.

II-3-Développement du site de HASSI R'mel

Le développement du champ de HASSI R'mel est étroitement lié au développement de la technologie utilisée en forage dans le monde. Les importantes réserves recelées par ce gisement, 3000 milliard de m³, été un argument persuasif pour le lancement d'une politique d'industrie gazière de grande envergure en Algérie.

Plusieurs phases ont été nécessaires pour accomplir le développement du champ de HASSI R'mel :

- **1961** : réalisation de deux unités de traitement du gaz avec une capacité de 1,3 milliards de m³/an.
- **1969** : réalisation de 4 unités supplémentaires pour augmenter la capacité à 4 milliards de m³/an.
- **1972 -1974** : réalisation de 6 unités supplémentaires pour arriver à une capacité de 14 milliards de m³/an.
- **1975-1980** : Mise en place d'un plan de développement qui a eu comme objectif :
 - Augmenter la capacité de traitement du gaz de 14 milliards de m³/an.
 - Maximiser le GPL et la récupération du condensat par cyclisme partiel du gaz sec.
- **1980** : l'unité de récupération du gaz d'évasement et production du GPL des modules 0 et 1.
- **1981-1993** : réalisation du centre de traitement d'huile.
- **1987-2000** : le début en haut des centres de traitement d'huile.
- **1999** : unités de récupération de gaz associés.
- **2000** : démarrage du projet BOOSTING.
- **2005** : mise en service du BOOSTING.

III-Présentation des secteurs de HASSI R'mel

HASSI R'mel comprend trois principaux secteurs (**Figure 4**).

III-1- Secteur nord

- le module 3.
- l'unité de dépropaniser.
- Une station de compression.

III-2- Secteur centre

Il comprend les unités suivantes :

- Modules 0 ,1 et 4.
- CSTF (centre de stockage transfert facilites).
- CTH (centre de traitement de l'huile).
- L'unité de la phase B.

III-3- Secteur sud

Il comprend les unités suivantes :

- Le module 2.
- Une station de compression.
- Djebel Bessa.
- HR sud.

IV-Description générale des unités d'exploitation dans le champ de Hassi R'mel

IV-1- Les modules

MPP, est le diminutif de module processing plant, est désigne au traitement de gaz naturelle à l'usage industrielle. Dans le champ de HASSI R'MEL il existe cinq modules (0), (1), (2), (3) et (4). Le plus ancien d'entre eux est le module (0) d'une capacité de 30 million de m³ par jours et les autre d'une capacité de 60 million de m³ par jours chacun. Les modules (1) et (0) disposent d'une unité complémentaire commune (phase B) (**Figure 3**).

IV-2- Stockage et l'expédition des produits du gaz brut « CSTF »

Le GNL et le GPL, produit par tous les modules, sont acheminés vers le centre de stockage et de transfert (CSTF) qui est situ au centre de HASSI R'mel, et comptabilisé avant d'être expédié vers ARZEW.

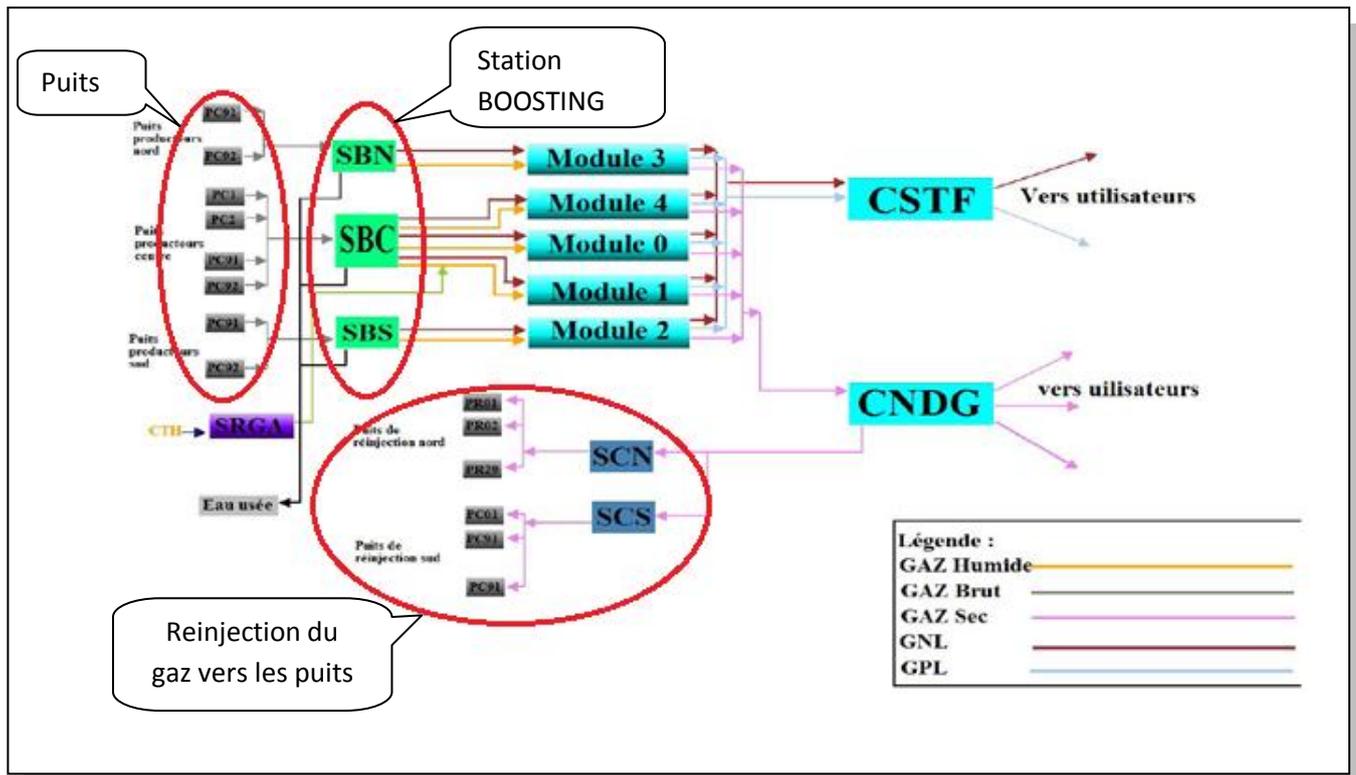


Figure 3 : Schéma du processing industriel à HASSI R'MEL [3]

IV-3- Les stations de compression

Les stations de compression nord et sud ont pour objectif, le maintien de la pression du gisement, afin de récupérer le maximum de liquides (GNL et GPL) et ceci est possible grâce à l'opération de réinjection du gaz.

IV-4- Unité HR-SUD

C'est une unité de traitement de gaz qui est destinée à traiter le gaz brut pour obtenir du gaz sec et la récupération des hydrocarbures liquides estimés à 2830 millions de tonnes par mois.

IV-5- Centre National de dispatching du gaz « CNDG » :

Son rôle est la collecte de toutes les quantités de gaz au niveau de HASSI R'mel et du gaz prévenant de l'extrême sud via GR1 et GR2. Ces quantités sont ensuite distribuées vers les centres de consommation, comme les centres « GNL », « SONELGAZ », et à l'étranger (Italie passant par la Tunisie « GO1, GO2 » et Espagne passant par le Maroc « GME »).

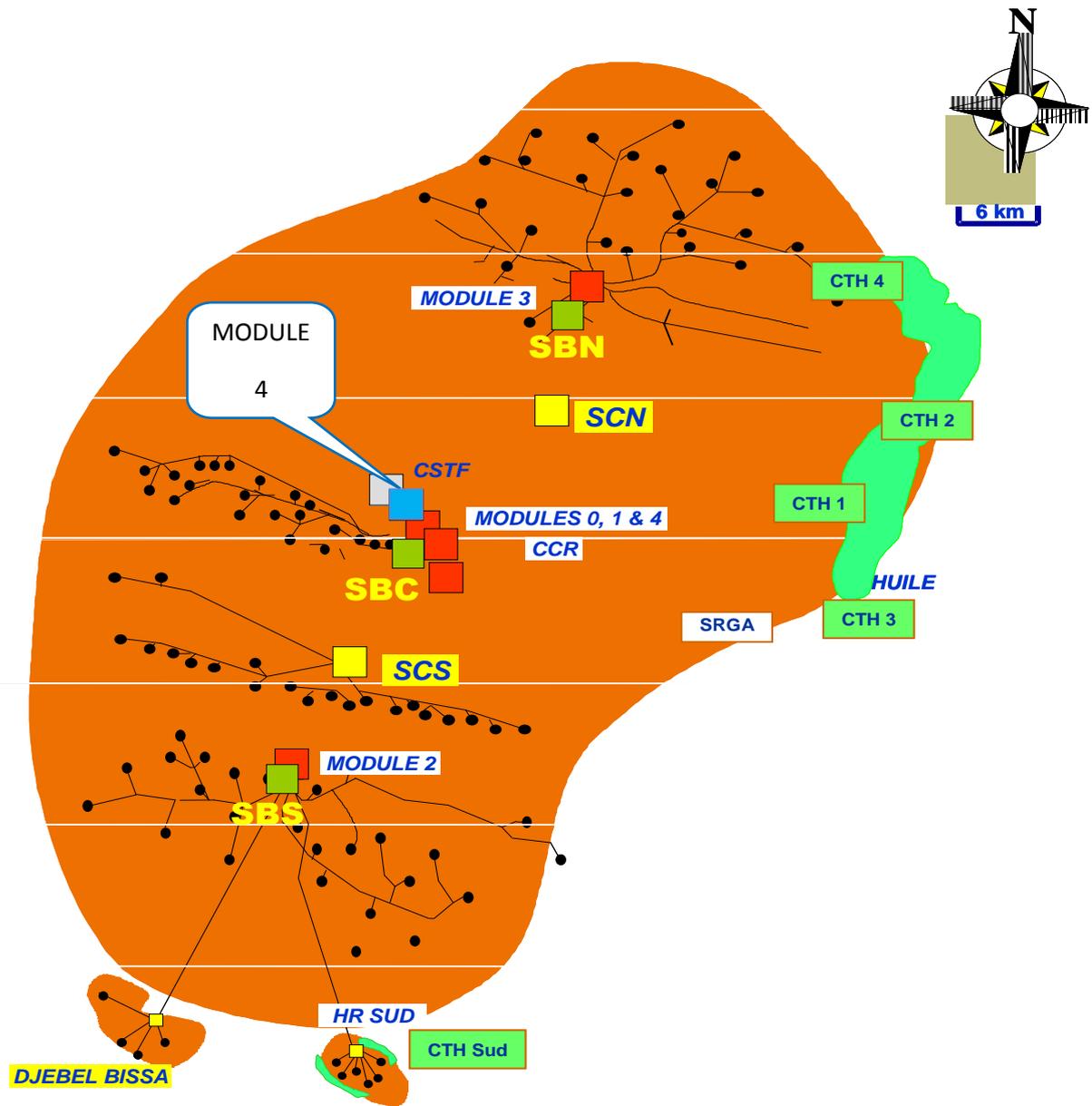


Figure 4 : Emplacement de différentes unités de production. [4]

V- Procédé de traitement du gaz

V-1- Procédé « HUDSON »

Il est basé sur le refroidissement du gaz par échange thermique et par une série de détente.

D'abord une détente au niveau de la vanne de JOULE THOMSON qui permet d'atteindre une température de -15 °C et une autre détente réalisée au niveau d'une autre machine dynamique appelée TURBO-EXPANDER, ou on aura une température de -35°C les enivrant, le TURBO-EXPANDER est le plus performant car il permet une meilleur récupération des hydrocarbures liquides. Il dispose d'un système de refroidissement autonome.

Au niveau de module 4 ou on trouve ce mode de procédé qui le précédé de HUDSON et aussi dans les modules 2 et 3.

V-2- Procédé « PRITCHARD »

Il est basé sur le refroidissement du gaz par échange thermique et par détente avec utilisation d'une boucle de propane comme système réfrigérant pour atteindre une température avoisinante -23°C .

VI- Présentation du module IV

Le module VI est un ensemble d'installation qui est conçu pour le traitement du gaz brut, pour avoir à la fin le maximum des hydrocarbures lourds (condensât et GPL) et le gaz sec.

VII- Description du process de traitement du gaz

VII-1- Section de Boosting

Suite à la chute de pression le gisement de HASSI R'mel, le gaz brute passe par une section appelée section de Boosting (SBC) placée récemment, son rôle est d'augmenter la pression du gaz brut pour assurer le bon fonctionnement des modules du secteur centre.

Les paramètres du gaz sorti de l'unité de Boosting sont : pression d'aspiration 70 Kg/Cm^2 , le gaz est refoulé à 121Kg/Cm^2 , $T = 65\text{C}^\circ$. Ensuite passe dans le ballon D001ou il est dispatché en trois charges identiques pour alimenter chacun des trains du module

VII-2- Description du process d'un train

Le process de traitement de gaz est identique dans les trains. Dans ce qui suit, on va décrire le process d'un seul train.

VII-2-1- Section haute pression

Le gaz brut est refroidi par une batterie d'aéroréfrigérant (E101 A-K) de 60C° à 40C° puis se dirige vers le ballon (D101 A-B) pour la première séparation des hydrocarbures lourds (liquides), les légers (le gaz), et l'eau selon la densité du produit. Le gaz sortant de la tête du séparateur passe par les échangeurs, E102AB/CD/EF et E103AB disposés en série pour refroidir le gaz qui est du côté tube avec celui du gaz froid venu à contre courant coté calandre, la température de sorti est de l'ordre de -6C°, contrôlé par une vanne de régulation (TRC 102) qui règle le débit gaz by passe coté calandre.

Le gaz sortant des échangeurs (pression 107Kg/Cm²) passe à travers une détente appelée la vanne JOULE THOMPSON (PRC 108), et la pression tombe jusqu'à 100Kg /Cm² suivi par la température aussi vers l'ordre de -14C°, puis il se dirige vers un autre ballon (D102 AB) pour une deuxième séparation des hydrocarbures.

Pour éviter la formation d'hydrates dans les tubes des échangeurs de chaleur, on injecte une solution de 80% mono éthylène de glycol et 20% d'eau (%massique) à l'entrée des tubes.

Le gaz du ballon alimente le Turbo-Expander (K101), subit une détente isentropique. la machine tourne sous l'effet de la pression du gaz a une vitesse de l'ordre 9500 TRS /MN

Le mélange gaz / liquide obtenu à la sortie de la machine est récupéré dans le ballon D103 (P=65Kg /Cm², T= -35C°) après sa séparation, la phase gazeuse passe à travers les changeurs E102 coté calandre puis se comprime a travers le Turbo-Expander (coté compresseur) jusqu'à 72Kg/Cm² et envoyé vers le centre national de dispatching de gaz pour être éventuellement vendu au client.

VII-2-1- Section basse pression

Les hydrocarbures liquides évacuent du (D101) sous contrôle de la vanne de régulation de niveau (LIC 101 A), subiront un flash jusqu'à la pression de 32 Kg/cm² et une température de 30C° au niveau du ballon de séparation de condensat riche (D105). On doit noter à titre d'information la présence d'une deuxième vanne de régulation (LIC 101 B) au niveau de (D101), celle-ci s'ouvrira pour l'évacuation de l'excès d'hydrocarbure liquide hors spécification (off spec) vers un ballon tampon de stockage (D003 A) pour lui faire subir un retraitement.

Le gaz sec évacué de la tête du ballon (D105), sera expédié sous contrôle de la vanne de régulation de pression (PIC 116) vers la batterie d'échangeur (E103 AB) coté calandre, puis se dirige vers la station de recomparaisons(K002) pour augmenter la pression, et l'envoyer vers le réseau de gaz de vente.

Les hydrocarbures liquides venus du ballon (D105) passent dans un échangeur liquide\ liquide (E104), coté calandre pour être préchauffé sous contrôle de la vanne de (TIC 104) à une température de l'ordre de 120C° et va alimenter la colonne (C 101).

Les liquides récupérés dans les ballons (D102) et (D103) se dirigent vers le ballon (D104) puis vers la section supérieure de dèethaniseur C101 (cote froid).

Le gaz provenant du séparateur D104 et celui venant de l'accumulateur de reflux du dèethaniseur D107 passent à travers l'échangeur E103, afin de refroidir le gaz brut puis s'écoule vers la section de recomparaissions K002.

VII-2-3-Section de fractionnement

La fonction principale de cette section est d'obtenir du condensât et du GPL à partir des hydrocarbures condensés, le fractionnement est réalisé par deux colonnes de séparation : le Dèethaniseur et Dèbutaniseur.

❖ Dèethaniseur

Les hydrocarbures liquides provenant du séparateur (D104) à une température de -40°C et une pression de 30 Kg /cm^2 , sont préchauffés dans l'échangeur de reflux (E106) puis alimente le dèethaniseur a travers le 5eme plateau.

Les hydrocarbures en provenance du séparateur (D105) à une température 25°C et une pression de 32Kg /cm^2 , sont préchauffes dans l'échangeur (E104) puis alimentent le dèethaniseur au 21eme plateau.

Le gaz sortant de la tête de dèethaniseur passe à travers le condenseur (E 106), les liquides condensés sont séparés du gaz au niveau du ballon accumulateur D107, afin d'éviter la formation des d'hydrates dans le ballon, une injection de solution de glycol est prévenue.

Le liquide descendant des plateaux supérieurs s'accumulent dans le plateau accumulateur, à partir duquel il s'écoule par graviter vers le séparateur (D106), qui permet la séparation gaz /hydrocarbure/ glycol, la pompe (P102) assure le retour des hydrocarbures vers la colonne au 13ème plateau de la partie inferieur du dèethaniseur. Au fond de la colonne une quantité de liquide s'écoule vers le rebouilleur (H101) par biais de la pompe (P 101), pour être réchauffer jusqu'à 150°C puis retourne à la colonne C101, l'autre quantité alimentera la colonne C 102(Débunatiseur) au 21ème plateau.

❖ Débuthaniseur

Les vapeurs de tête de la colonne sont totalement condensées dans le réfrigérant de reflux (E108) pour entrer après dans l'accumulateur de reflux (D108), la pression du liquide sortant de l'accumulateur augmente sous l'action de la pompe (P105). Une partie de ce liquide retourne au tant que reflux froid vers le premier plateau du Débunatiseur (C102), l'autre partie constitue le GPL produit, elle envoie vers le Centre de stockage de transfert des Fluides « CSTF ».

Une quantité du produit du fond de la colonne du Débunatiseur sera transférée par la pompe P104 vers le rebouilleur H102 d'où il sort avec une température de 200°C puis retourne à la partie inférieure de la colonne C102 (Figure 5)

VII-3- Section de recompression et de transfert du gaz

Les écoulements gazeux provenant du (D105), (D104) et du (107) se réunissent pour s'ajouter à ce de même nature qui sortent des deux autres lignes pour se diriger vers le compresseur (K002) afin de le comprimer, puis il sera refroidis à 54,4°C dans le réfrigérant complémentaire du compresseur (E 002) et l'ajouter vers la fin aux gaz issus de la section haute pression.

VII-4- Stockage et expédition du GPL

Le GPL est obtenu de Débunatiseur dans le ballon de reflux (D108), une partie assure le reflux froid de la colonne (C 101), et l'autre partie est envoyé vers le ballon (D005 AB), à partir du quel il est aspiré par les pompes (P004 AC) qui le refoule vers CSTF comme produit final, et parfois une quantité de GPL est refoulée par des pompes (P 005 AC) pour enrichir le gaz de vente.

Concernant le GPL off-spec, il est transféré vers les sphères (T 002 AB), pour qu'il soit retraité au niveau des trains à travers les pompes d'aspiration (P 003AB).

VII-5- Stockage et expédition du condensât

Le module contient trois bacs de stockage T001A/C pour le stockage du condensât on-spec et off-spec. Actuellement le condensât produit, est directement transféré à partir du ballon (D003B) vers le CSTF par le biais des pompes (P002A/C). Le produit off-spec est envoyé vers le bac (T001A) pour être retraité dans le Débunatiseur.

Au niveau des ballons D003A/C se passe le dégazage du condensât vers torches basse pression à travers les (PIC 003) et (PIC 027).

Les bacs de stockages ont aussi, par sécurité, une évacuation des gaz et vapeurs vers la torche très basse pression, par les vannes PIC033A/C

VII-6- Section de régénération de glycol

C'est là où on traite le glycol hydrate venu des trains A, B et C pour sa réutilisation dans le module en raison de son coût important pour l'entreprise.

VIII- Description du Rebouilleur

Le four est l'une des unités qu'on trouve dans l'industrie pétrolière et traitement de gaz, elle occupe une place très importante. Dans bien des cas la défaillance du four entraîne l'arrêt de l'unité. Les conséquences économiques de cet arrêt est plus grand que l'unité est importante.

Les usages des fours sont multiples, mais chaque cas nécessite une étude particulière, dans le but de concevoir le plus économique et le mieux adapté aux conditions imposées. (Figure 6).

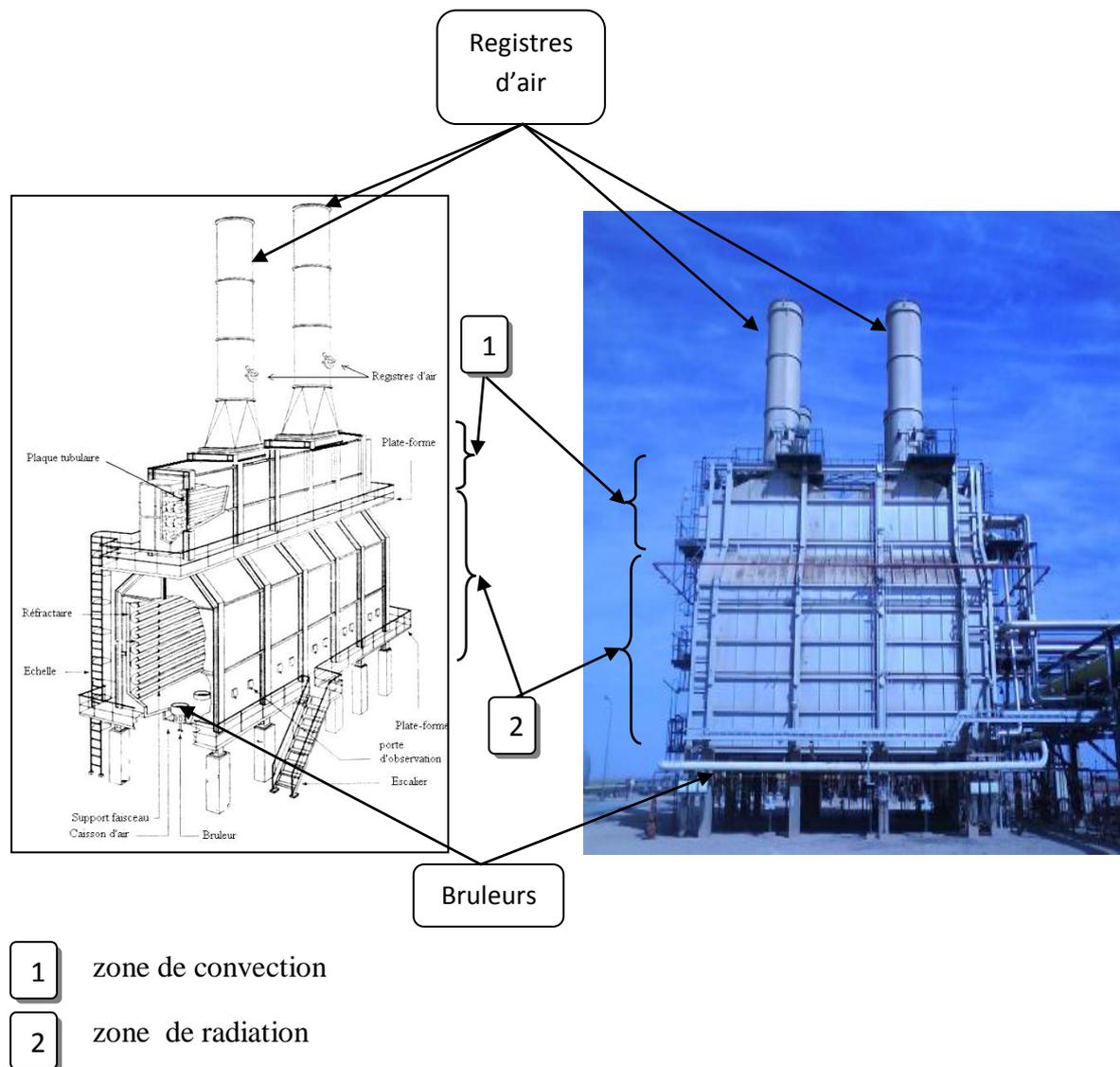


Figure 6: Four rebouilleur H101[6]

Conclusion

Dans ce chapitre Nous avons Présenté le process industriel « MPP4 » et Les différentes unités entrant dans le traitement du gaz. Afin de simplifier l'analyse et l'étude de la suite du projet, le chapitre suivant est consacré à l'étude du four dans une perspective de développement d'une solution de contrôle sécurisé implantable sur DCS série I/A by FOXBORO.

CHAPITRE II

ETUDE DE REBOUILLEUR H101



Introduction

Dans cette partie nous allons nous focaliser sur le four rebouilleur, ou nous présenterons les différentes parties, afin de simplifier la stratégie du contrôle à implanter. Le four rebouilleur H101 est un équipement incontournable dans les unités de traitement de gaz brut. Il a pour rôle de réchauffer les liquides du fond du dèethaniseur C101 jusqu'à une température de 172°C. Il se compose de trois blocs : La chambre de combustion, le caisson et deux cheminées

I- Description du four H101

Le four est compose essentiellement de trois grandes parties :

- Partie rebouilleur
- Partie de commande et signalisation
- Les soufflantes d'air

I-1- Partie rebouilleur

Cette partie contient les éléments nécessaires pour l'allumage des fours

- 10 bruleurs pilotes
- 10 bruleurs principaux

I-2-Partie commande et signalisation

Le panneau de commande se trouve dans le site, il est constitué de boutons poussoirs et de lampes de signalisations (**Figure 7**).

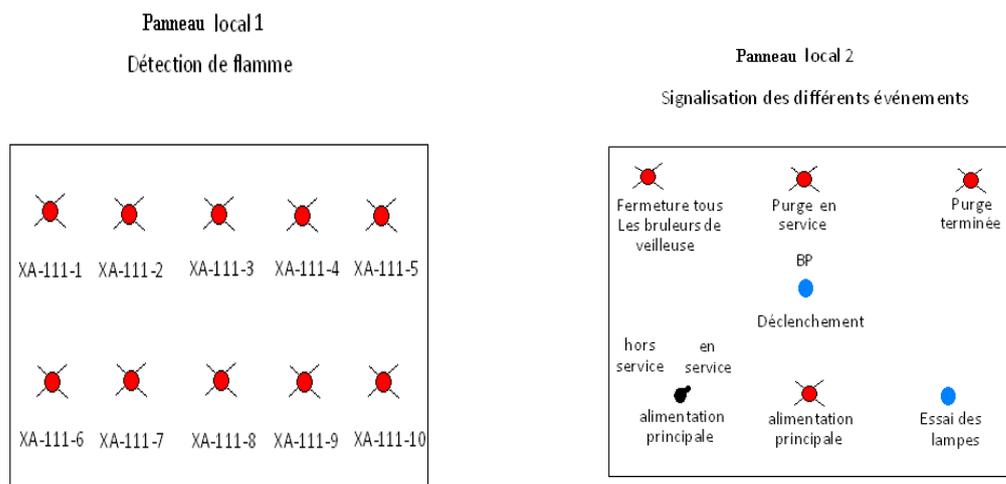


Figure 7: Pannneau de commande et de signalisation [7]

II- Instrumentation de rebouilleurs

Les appareils de mesure donnent la possibilité d'agir sur le procédé de fabrication, de manière à obtenir en qualité et en quantité des produits finis conformément à certaines spécifications dans les meilleures conditions de sécurité, de fiabilité et de rendement.

Nous allons étudier les différents dispositifs de contrôle, transmission et de mesure du rebouilleur H101 des quatre paramètres physiques industriels les plus importants à savoir la pression, le débit, le niveau et la température

II-1- Capteurs-transmetteurs

C'est l'un des éléments essentiels pour le bon déroulement du procédé du système à automatiser. Il a pour rôle de capter les informations (débit, température pression) et ensuite les transmettre au système de traitement d'information à travers un transmetteur.

II-1-1- Détecteur de flamme

La détection de flamme est un facteur de déclenchement du four elle est assurée par des détecteurs ultraviolets « purple peeper » transistorisés, qui sont situés au niveau de chaque bruleur. 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 les radiations ultraviolettes produites, et ensuite un signal est envoyé à l'amplificateur situé dans la commande. (**Figure 08**)

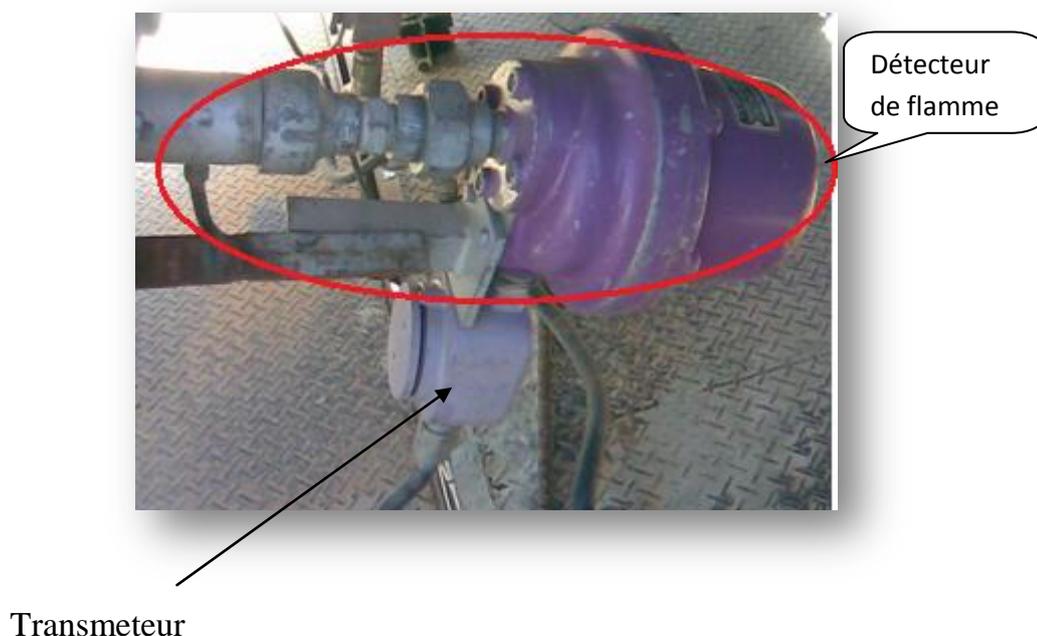


Figure 8 :Image d' un detecteur de flamme [08]

II-1-2- Capteur de température

La détection de la température est attribuée à un thermocouple de type K, relié à un transmetteur qui envoie un signal à la salle de contrôle. Au retour un signal logique sera envoyé dès que la température de seuil est atteinte (**Figure 9**).



Figure 9 : Image de thermocouple de type K [9]

II-1-3- 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.

II-1-4- Capteur de débit

On utilise un débitmètre qui est basé sur le principe de pression différentielle, en exploitant la loi de BERNOULLIE qui indique la relation existant entre le débit et la perte de charge. Le type de débitmètre utilisé est le « Tuyère », les informations enregistrées par le capteur sont transmises via un transmetteur de débit.

Ces dispositifs sont utilisables que lorsque l'écoulement est turbulent. En partant de la relation $Q_v = S \times V$ et en supposant une masse volumique constante (fluide incompressible), on peut écrire l'équation de continuité (**Figure 10**).

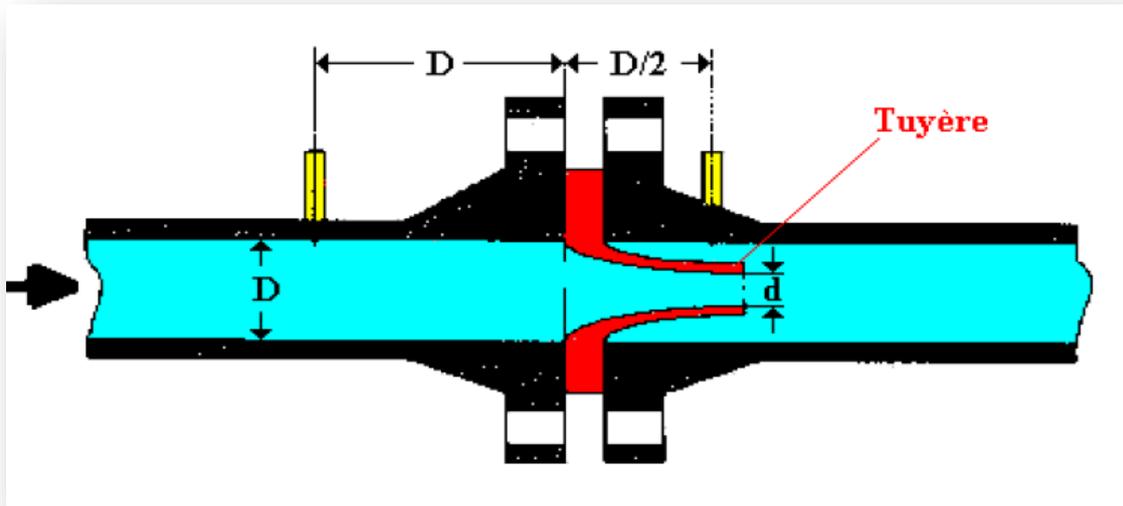
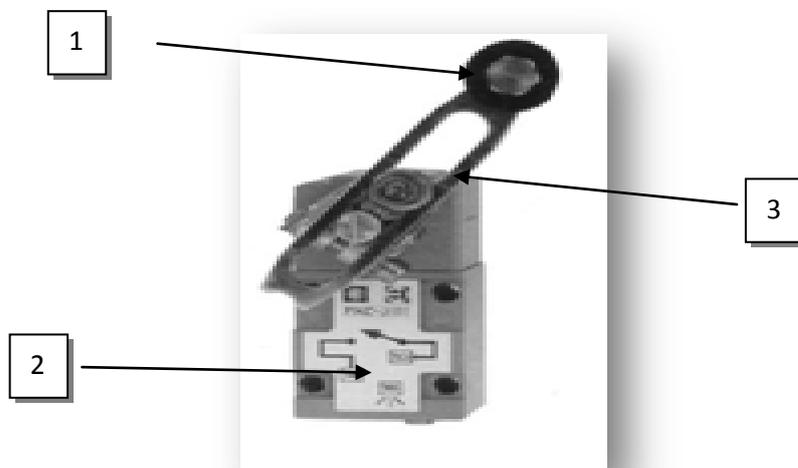


Figure10 : Schéma de principe d'un Tuyère [10]

II-1-4- Fin de course

Les fins de course sont des contacts intégrés dans l'électrovanne qui nous indique la position du corps (l'ouverture ou la fermeture de la vanne) (**Figure 11**).



- 1 La roulette
- 2 Organe de détection
- 3 Arbre de contact

Figure 11 : Image d'une fin de course [11]

II-2- Les actionneurs

II-2-1- Les électrovannes

Ce sont des dispositifs monostables, c'est-à-dire qu'elles sont à simple effet. Equipées par des bobines et des pistons. Le piston agit directement sur la vanne. 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. L'état de fonctionnement de la vanne dépend directement du courant électrique de commande.

II-2-2- 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.

II-3- Les vannes

II-3-1- Les vannes Tout ou Rien

Une vanne «Tout Ou Rien» utilisée pour contrôle de débit des fluides en tout ou rien, c'est à dire elle exécute une action discontinue qui prend deux positions 0 et 1 (ou 0 et 100%), donc soit ouverte ou fermée. Les vannes tout ou rien sont utilisées pour la commande des systèmes ayant une grande inertie où la précision de régulation n'est pas importante. **(Figure 12)**

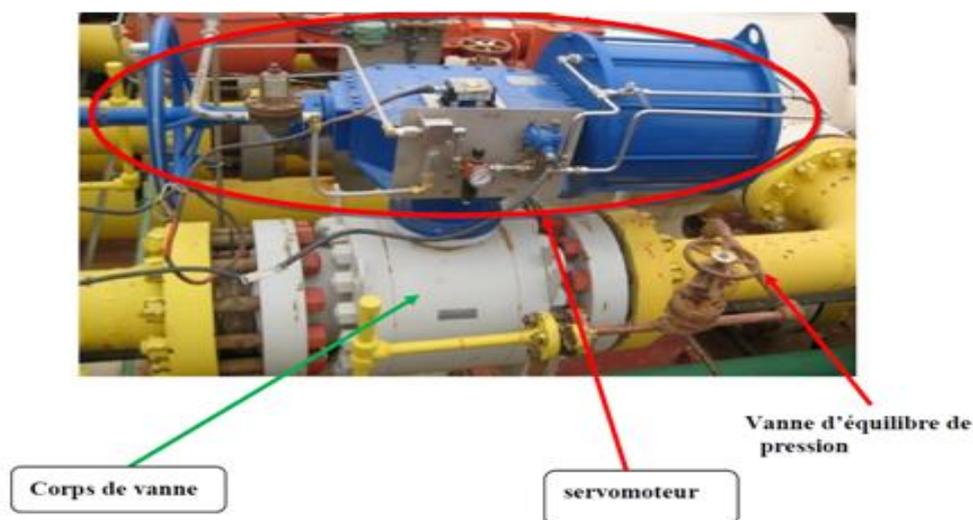
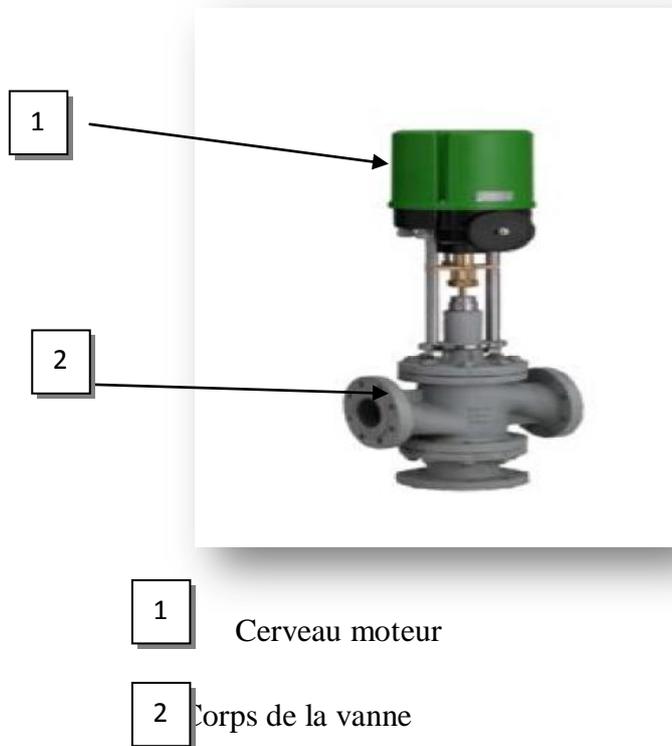


Figure 12 : vanne Toute ou Rien [12]

II-3-2 Vannes Régulatrices

C'est un dispositif conçu pour le réglage des différentes boucles de régulation existant dans le site, comme celui qui règle le débit de fuel gaz du four H101 FRC-109V qui reçoit des signaux par un régulateur TRC-109 (**Figure 13**).



1 Cerveau moteur

2 Corps de la vanne

Figure 13 : Image d'une Vanne régulatrice [13]

III-La régulation

La régulation du procédé est la partie essentielle du fonctionnement et la sécurité d'une centrale, elle regroupe l'ensemble des techniques à utiliser visant à contrôler une grandeur physique : pression, débit, température, niveau...etc.

III-1-Boucle de régulation

Le type de régulation utilisé pour contrôler la température du four H101 est une régulation PID simple, son principe de fonctionnement est la mesure de la température de sortie condensat du four et la comparer à la consigne, afin de calculer le signal de commande TIC - 109 qui va contrôler la vanne régulatrice de débit du fuel gaz FIC-109 (**Figure 14**).

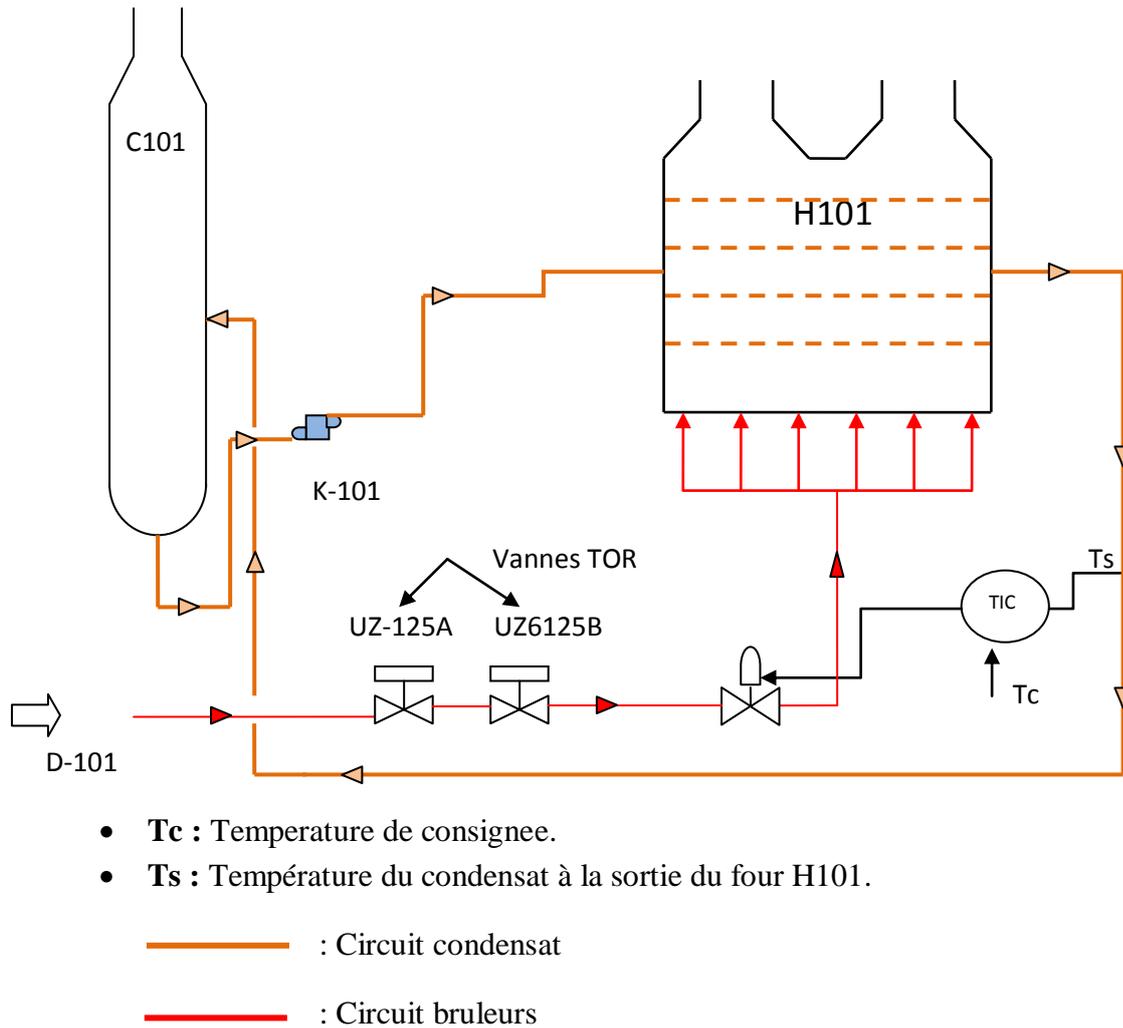


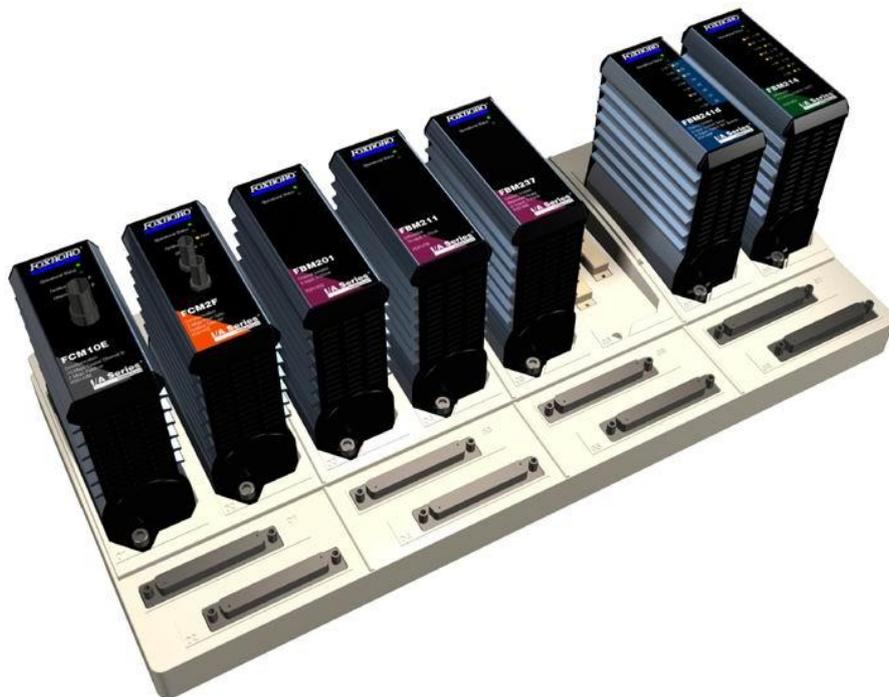
Figure II. 3 : schéma de régulation de four H101 [14]

Conclusion

L'étude des différents instruments de mesure nous a permis d'approfondir les connaissances sur le four rebouilleur H101 et de faciliter d'élaborer une solution sur le procédé dans un système numérique de contrôle et de commande.

CHAPITRE III

Présentation du DCS Série I/A FOXBORO



Introduction

La conduite d'un procédé dans le domaine pétrole & gaz implique la connaissance, la surveillance et la maîtrise de certains paramètres tels que la pression, la température, le débit, ...etc. Chaque procédé possède ses exigences propres, et chaque équipement a ses conditions de fonctionnement. Le système de contrôle commande doit satisfaire ces besoins. Les installations industrielles dans le domaine pétrole & gaz présentent des risques pour les personnes, l'environnement et les équipements, d'où la nécessité de mise en œuvre des systèmes de mise en sécurité de ces installations à risque pour le respect des exigences réglementaires.

On distingue plusieurs zones de variation d'un paramètre quelconque et les systèmes qui interviennent pour le maintenir dans le fonctionnement normale (**figure 15**).

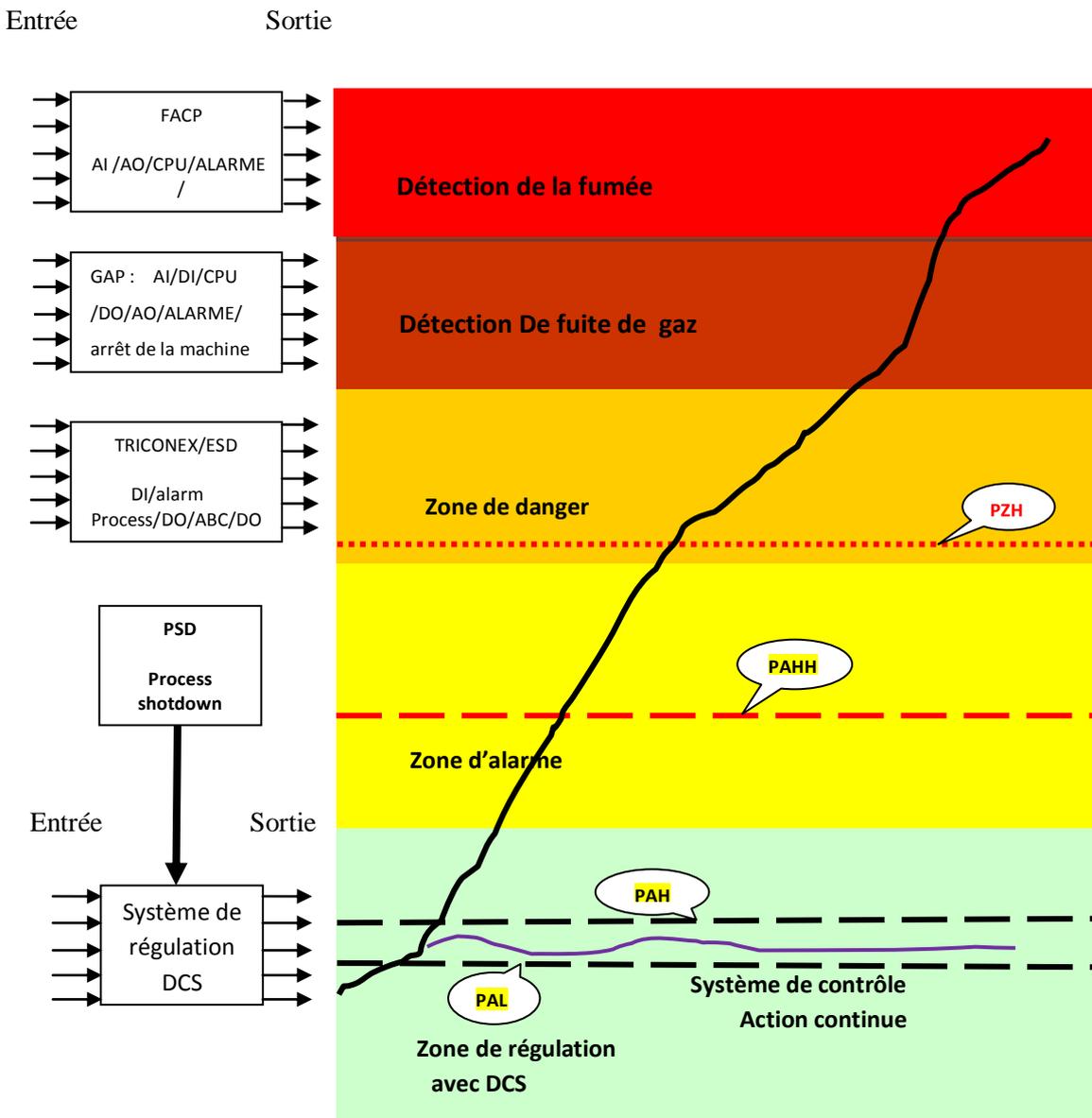


Figure 15 : Zone variation et les systèmes intervenant [15]

- **Zone de régulation** : correspond à la plage de fonctionnement normal d'un paramètre donné. Ce fonctionnement est contrôlé via un système de contrôle.
- **Zone d'alarme** : en cas de dépassement des seuils de fonctionnement normal, l'opérateur est informé et des actions opératives sont engagées pour ramener le procédé dans la zone de fonctionnement normal.
- **Zone de danger** : la mise en sécurité du procédé est assurée par un système d'arrêt d'urgence ESD (Emergency Shot Down).
- **Zone de détection de gaz** : C'est la zone de détection de fuite de gaz dans les installations
- **Zone de détection de flamme** : c'est la zone de détection de flamme début de flemme détecté par des capteurs qui vont faire enclencher automatiquement des équipements anti incendie

I- Système de contrôle distribue (DCS)

I-1- Définition

Le contrôle distribué fait référence à un système de contrôle d'un procédé, dans lequel les éléments régulateurs ne sont pas centralisés mais distribués avec chaque sous-système sous le contrôle d'un ou plusieurs régulateurs. Les éléments du système tout entier peuvent être connectés en réseau pour assurer les fonctions de communication, de conduite, de surveillance et de contrôle des équipements distribués avec ou sans l'intervention à distance d'un operateur humain.

I-2- Description du DCS

Le DCS est constitué de plusieurs sous –systèmes dont :

- Les dispositions d'entrées/sorties
- Les contrôleurs individuels (PLC régulateurs)
- Les interfaces opérateurs (écran, souris, clavier)
- La station de travail ingénieur
- Le réseau de communication (bus) pour l'échange des informations

I-3-Architecture du DCS

L'architecture de bas du DCS se présente sur les quatre niveaux suivants (**figure16**) :

Niveau 1 : Raccordement

- Instruments de mesure et de contrôle.

Niveau 2 : Acquisition des signaux

- Analogiques.
- Digitaux.
- Liaisons séries.

Niveau 3 : Traitement des entrées/sorties

- Exécution des algorithmes

Niveau 4 : Interface opérateur

- Affichage des graphiques, des valeurs numériques et des états digitaux.
- Gestion des alarmes.
- Historisation.
- Passage des consignes.
- Rapports de production.

I-4-Adaptation des signaux d'entrée et sortie

Les signaux industriels sont classés en deux catégories standard :

I-4-1-E/S analogiques

Ce sont les procédés ou les signaux d'E/S quantifiant une mesure ou une action à l'aide d'une valeur électrique. Par exemple : les paramètres (niveau, pression, débit et température) converti en un signal électrique standard 4-20 mA et 0.2-1 Kg/cm pour un signal pneumatique le dispositif technologique utilisé est composé de capteur-régulateur-actionneur.

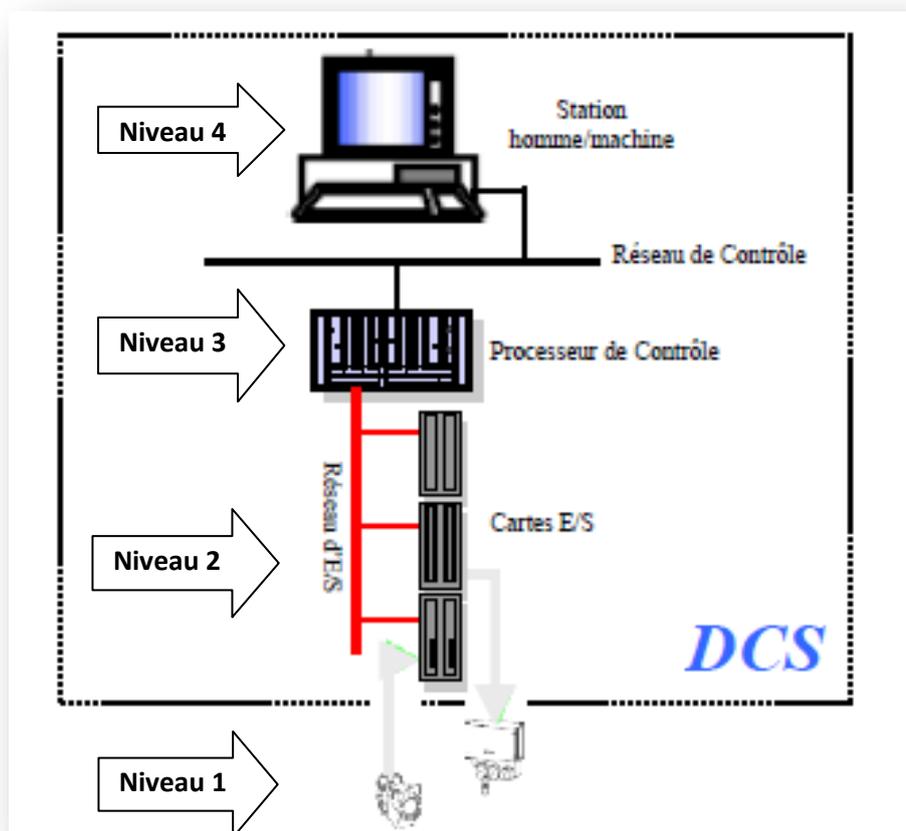


Figure 16 : Architecture de base du DCS [16]

I-4-2- E/S booléennes (numériques)

Ce sont les procédés logiques qui sont caractérisés par la nature (tout ou rien) c'est-à-dire le signal état 0% à 100% par exemple : la tension de 110V pour exciter une électrovanne ce type de procédé est constitué d'un ensemble d'équations logiques qui traitent les données par (0 et 1) logique, exemple : système PLC qui assure les sécurités des ballons, pompe, compresseur. Le dispositif technologique est composé de **capteur-circuit logique compose de relais –actionneur.**

II- DSC I/A Séries (Intelligent / Automation) de FOXBORO

II-1-Historique de la société FOXBORO

Société multinationale créée en 1908 par les américains à Massachusetts, elle a pour objectif le développement et la commercialisation de matériel (instrumentation et système) et logiciel de contrôle-commande de procédés industriels (Pétrochimie, chimie, industries agro-alimentaire, industries papeteries). Elle a un effectif qui dépasse 6000 personnes réparties dans plus de 100 pays, ses principaux concurrents sont :

- YOKOGAWA
- HONEYWELL
- EMERSON

II-2-Fonction de base

Les fonctions de base à réaliser par un système numérique de contrôle de commande de procédés industriels sont :

- Échange de signaux industriels avec le procédé
- Traitement en temps réel des données échangées
- Traitement en temps différé des données échangées
- Interface homme-machine interactive pour la surveillance du système et la conduite du procédé
- Disponibilité d'outils de développement et de mise au point

II-3-Architecture de base de DCS I/A Série de FOXBORO dans de le module MPP4

Cette architecture du DCS englobe les stations, les imprimantes et les réseaux pour le fonctionnement du système. Un système d'arrêt d'urgence « ESD » basé sur un automate PLC est indispensable pour la sécurité du procédé. Ce système indépendant est connecté au DCS via un port de communication juste pour la visualisation de certain paramètre ESD sur les stations d'opération (**Figure 17**).

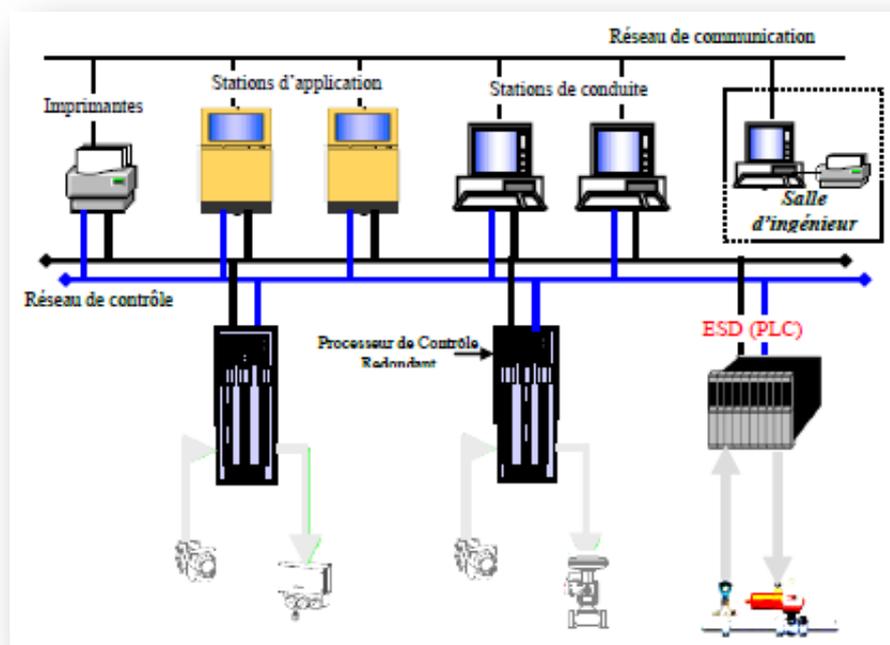


Figure 17 : Architecture de base du DCS I/A Série FOXBORO [17]

II-4-Aspect hardware du DCS SERIE I/A

II-4-1-les cartes d'E/S (FBM)

Les modules d'E/S FBM réalisant les fonctions générales suivantes (**figure 18**)

- Interface entre les signaux industriels du processus automatisé et le processeur de contrôle.
- Convection des signaux industriels en signaux numérique (acquisition) et inversement (commande).
- Mise en repli de sécurité de l'équipement commandé en cas perte de communication avec le CP.
- Certain FBM de type logiciel peuvent réaliser des fonctions applicatives complémentaires :
 - Exécution d'un programme logiciel.
 - Surveillance d'état logique (détection de premier défaut).
 - Comptage d'impulsions.



Figure 18 : Fieldbus modules [18]

Les type de FBM utilisé dans de module mpp4 :

- **FBM01** : entrée module analogique 0-20mA
- **FBM02** : entrée analogique module thermocouple
- **FBM03 /A** : entrée platine et nickel RTD
- **FBM04** : entrée/sortie analogique 0-20mA.

- **FBM06** : impulsion entrée/sortie du module 0-20mA.
- **FBM07/12** : contact d'entrée du module.
- **FBM09/14** : contact entrée/sortie du module

II-4-2-Processeur de contrôle (CP)

Son rôle est de réaliser l'acquisition des entrées, les traiter (automatisme, régulation) et de positionner les sortie. Processeur hautement performant, il est constitué de (**figure 19**).



Figure 19 : Processeur de contrôle [19]

- module d'alimentation.
- carte CPU.
- carte de communication nodebus.
- carte de communication E/S.
- Communication avec les modules et les carte de conversion d'E/S FBM.
- Traitement continu.
- Traitement séquentiel
- Communication avec les autres du réseau.

Performance du CP 40 :

- Processeur central AMD DX5 133 MHZ
- Mémoire 4 Mo
- Type de communication EIA R/S-485
- Vitesse 269 Ko/S
- Support de module maximum 64
- Nombre de bloc a traite 2000.

- Délais d'exécution 2 ms
- Simple redondance ou redondance à tolérance de panne c'est pour la sécurité du CP

II-4-3-Processeur d'application (AP)

Les fonctions d'un processeur d'application sont
Suivantes (**figure 20**) :

- Tuteur des fichiers
- Surveillance du système
- Gestion de base de données
- Exécution de programme applicatif ou utilitaire



Figure 20 : Application Processors [20]

II-4-4- Processeur de communication

Le processeur de communication fournit les fonctions nécessaires aux autres stations du réseau pour communiquer avec :

- des imprimantes.
- des terminaux VT100

II-4-5- Processeur de visualisation (WP)

Le processeur de visualisation réalise l'interface en temps réel entre L'utilisateur et le système I/A séries, c'est l'interface entre homme et la machine.

II-4-6- Processeur double d'application et de visualisation (AW)

Cette station réalise les fonctions d'un processeur d'application et celles d'un processeur de visualisation. Elle peut être connectée à un réseau I/A séries ou utilisée comme station de configuration hors-ligne.

II-5-Aspect communication

II-5-1-Réseau d'E/S : Field Bas

Le rôle de ce réseau est d'assurer la liaison de communication entre le processeur de contrôle CP et les modules d'E/S FBM. Dans les armoires du module (4) les modules sont éloignés du CP mais ils sont reliés envers lui via un module appelé FBI, chacun de ces derniers supporte 24 FBM qui représente une cellule. Le type câble utilisé est coaxial redondant pour la sécurité du réseau (**Figure 21**).

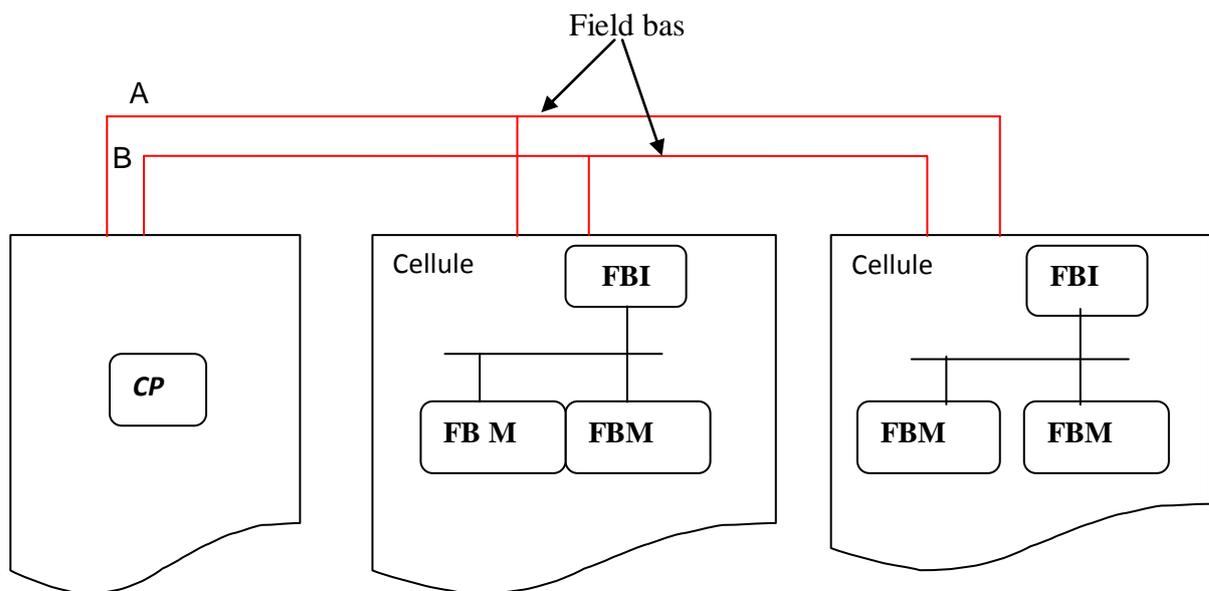


Figure 21 : Réseaux d'E /S [21]

II-5-2-Réseau système local (RL)

Le réseau local permet d'assurer les communications entre des stations du système I/A série pas trop éloignées les unes des autres.

II-5-3-Réseau noed bus

Réseau qui relie le central processeur (CP) des armoires et l'unité centrale (UC) qui se trouve dans la salle de contrôle, via une interface DNBI

II-5-4-Réseau ETHERNET

C'est le réseau LAN interne utilisé pour la connexion des HMI permet

- Le transfert des fichiers de configuration
- Le transfert de données (exemple : liaison du PC du laboratoire avec la base de données I/A série)
- L'acquisition des données du procédé, les messages et les données historiques

II-6- Aspect logiciel

- Système d'exploitation du **CP40** est **VRTX**
- Gestionnaire de visualisation WP : **FOX VIEW**
- Gestionnaire d'alarme : **AW**
- Construction du traitement algorithmique : contrôle cfg.ICC
- Construction du synoptique : Fox Drew
- Génération de la BDD de définition du système : **Système de définition**
- Langage de commande **UNIX**

II-7- Aspect sécurité

II-7-1- Redondance de la liaison de communication

- Double liaison de communication avec le système
- Double liaison de communication avec les E/S
- Modules et processeur à double port de communication

II-7-2-Station critique à tolérance de panne

Son principe est le suivant ; on a deux stations opérationnelles, elles exécutent et traitent le même programme en parallèle. l'une des stations est active et l'autre passive. Vers la fin du traitement on obtient des résultats entre les deux et on les compare si c'est identique l'information est transmise via le réseau actif de la station vers le destinataire. Si ce n'est pas le cas, un programme sera exécuté pour chaque station, pour voir la station qui est défaillante. La station défectueuse se déconnecte automatiquement et l'autre devient active, concernant la station défaillante elle deviendra passive après avoir été réparée.

II-7-3- Repli de sécurité FBM

- Délai critique de perte de communication
- Valeur de repli individuelle ajustable
- Masquage individuelle de replis (gel à la valeur courante)

II-8- Station d'interface homme-machine (station HMI)

La station d'interface homme-machine est construite autour du système d'exploitation Windows. C'est une station de surveillance qui offre une vue d'ensemble du site, elle affiche les variables procédés, les paramètres de contrôle et les alarmes nécessaires à l'exploitation. Elle dispose également de fonctions d'ingénierie et de supervision. Le choix du matériel hardware peut s'orienter vers un PC standard ou vers la console opérateur à la fiabilité éprouvée.

III-TRICONEX

TRICONEX est un automate programmable d'INVENSYS, un leader mondial en gestion de la performance des actifs dans le secteur industriel. 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...etc.

Le système TRICON TMR (redondance triple modulaire) 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 (**Figure 22**).

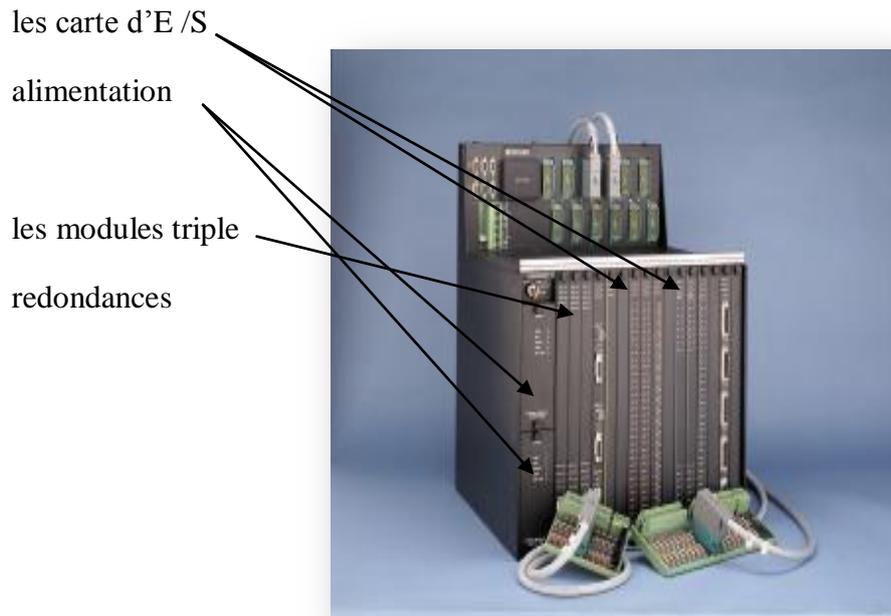


figure 22 : Automate programmable triconex[22]

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu les principales fonctions d'un système de contrôle et de commande des procédés comme le DCS qui sont avant tout d'assurer la surveillance et la maîtrise des industries pétrolières.

Dans ce qui va suivre, nous allons nous approfondir sur le projet d'élaborer un programme de contrôle de process du rebouilleur, ainsi que le développement d'une solution automatisée pour le démarrage du four H101.

CHAPITRE IV

Étude et Développement
d'une Solution sous DCS

Introduction

Actuellement, un panneau local constitué de relais utilisé pour démarrer le four rebouilleur H101. Dans ce chapitre, nous allons proposer une solution afin de remplacer le système actuel par une supervision sur ordinateur à base DCS I /A Série de FOXBORO.

I-Présentation de la commande actuelle du Rebouilleur

I-1- Contrôle du process

Le contrôle du Rebouilleur, se fait par un ensemble de régulateurs pneumatiques. Le tableau suivant répertorie les boucles existantes dans le Deethaniseur C101 et le four H101.

I-1-1- Description du fonctionnement des boucles

Tage Name	Type de Contrôle	Set point	Alarmes Déclenchements		
			Tage Name	Action	Type
LICAL117	Niveau du C101	60 %	LZAL118	Niveau Bas	Arrêt des pompes P101A /B
FICAL136	Débit du condensat	224 T/H	FZAL137	Débit Bas	Fermetures UZV125A/B
FICAL136	Température du condensat	172°C	TZAH108	Température Haute	Fermetures UZV125A/B
PAH126	pression du FUEL GAZ	1,5 Kg /Cm ²	PZAH127	Haute pression	Déclenchement du four
PAL126	Pression du FUEL GAZ	0,4 Kg/Cm ²	PZAL127	Basse pression	Déclenchement du four

I-1-1-a- Contrôle du niveau de la colonne C101 LICAHL117

Le niveau dans la colonne est contrôlé par la boucle LICAHL117, lorsque un niveau bas est détecté le Switch LZAL118 arrête les pompes d'appoint P101 A et B.

Quand le niveau redevient normal les pompes se mettent en marche automatiquement.

I-1-1-b- Contrôle du débit du condensat à l'entrée du rebouilleur

Il est assurée par une vanne pneumatique régulatrice du débit FICA136V contrôlée par le régulateur FRCAL-136.

I-1-1-c- Contrôle de la température du condensat à la sortie du rebouilleur

La régulation du chauffage est la plus importante des fonctions prévues pour le fonctionnement correct d'un Four. Ainsi, pour maintenir la température du fond de la colonne, on réchauffe le condensat à une température de 172°C. La régulation de la température est assurée par la vanne régulatrice TRCA-109V qui contrôle le débit du FUEL GAZ selon le signal qu'elle reçoit du régulateur TRCAH-109.

II- Séquence de démarrage du Rebouilleur H101

Cette séquence de démarrage est faite à base de logique à relais, pour pouvoir démarrer le rebouilleur H101, l'opérateur doit suivre une procédure bien définie. Le panneau de commande se trouve sur site, il est constitué d'un ensemble de boutons poussoirs et de lampes de signalisation.

II-1- Procédure de démarrage du Rebouilleur

II-1-1- Préparation du Rebouilleur

- Remplir la colonne C101 d'hydrocarbure liquide à partir du bac T005.
- Vérifier qu'aucun des facteurs ayant pour effet d'arrêter totalement le rebouilleur n'intervient. Ces facteurs sont les suivants :
 - Facteur provoquant la mise hors service d'UZ-101 (donc la mise hors service de la ligne)
 - Bouton « mise hors service de la ligne »
 - Panne d'électricité
 - Bouton « mise hors service du four » logé dans la salle de contrôle
 - Bouton « mise hors service du four » monté localement
- Alimenter en courant le panneau local de commande et le panneau de contrôle de flamme. Une fois alimentés, la lampe-témoin de la source de courant de chaque appareillage s'allume.
- Placer le sélecteur de by-pass pour chaque dispositif de contrôle de flamme sur la position « by-pass »
- Mettre le régulateur TRC-109 sur la position " minimum " de manière à ce que TRC-109V se ferme au maximum

- Mettre la clé de PZHL-127 sur la position « by-pass » dans la salle de contrôle de manière à interrompre la transmission du signal PZHL-127 sur le circuit “ arrêt du four “

II-1-2- Démarrage du Four

II-1-2- a-Préparation de la purge du four

Purger l'intérieur du four à l'aide des soufflantes d'air (k102A) de la façon suivante :

1- S'assurer que toutes les vannes de sectionnement (HV109 1 à 10) des bruleurs principaux sont fermées.

2- Vérifier que toutes les vannes de sectionnement (UZ-114 1 à 10) des bruleurs pilotes sont fermées. S'assurer que toutes les lampes témoins de fermeture des vannes des bruleurs pilotes sont allumées sur le panneau local et dans la salle contrôle.

3- Ouvrir les registres des cheminées HV-105 et HV-106.

4- Mettre en marche la soufflante d'air de purge K102 A.

5- La lampe –témoin « purge en service » s'allume sur le panneau local.

6- La vanne UZV-125A se ferme et Les vannes UZ-125 B/C s'ouvrent.

7- La lampe-témoin “ purge terminée “ s'allume après 20 minutes de purge.

8- Arrêter la soufflante d'air (K102 A), puis fermer la vanne de refoulement (HV-103 A). La lampe-témoin « purge en service » s'éteint.

- La séquence « purge » ne pourra s'effectuer que si toutes les conditions mentionnées précédemment sont remplies.

II-1-2- b- Allumage des bruleurs pilotes

1- Ouvrir à 50 % les registres d'air de chaque bruleur.

2- Fermer à ¼ les registres des cheminées (HV-105 et HV-106).

3- Préparer une torche d'allumage, choisir un des bruleurs pilotes à allumer, appuyer sur le bouton " vanne pilote ouverte " puis approcher la torche du nez du bruleur pilote : celui-ci s'allume immédiatement (une lampe-témoin confirme la détection de la flamme).

4- Après la détection de la flamme, mettre le sélecteur de by-pass sur la position " normal".

5- Allumer les autres bruleurs pilotes suivant les étapes précédentes.

➤ Parmi les causes possibles d'échec de l'allumage :

Panne du système de contrôle de la flamme (débranchement sur la source d'énergie électrique)

➤ Le bruleur pilot s'éteint dans les cas où :

- Aucun dispositif de contrôle ne détecte la flamme.
- Un facteur ayant pour effet d'arrêter totalement le four intervient.

II-1-2-c- Allumage des bruleurs principaux

Après avoir allumé tous les bruleurs pilotes, vérifier les éléments suivants avant de passer à l'allumage des bruleurs principaux.

❖ Vérification

S'assurer qu'il n'y a aucun des facteurs qui entraînent l'arrêt des bruleurs principaux :

- Une des vannes de sectionnement HV-109 1 à 10 des bruleurs principaux est ouverte.
- le régulateur TRC-109 n'est pas mis sur la position " minimum", avant l'ouverture de la vanne d'isolement UZ-125 A des bruleurs principaux.

- LZL-118 (fond de C101)

❖ Manœuvres

1- activer manuellement le maintient d'ouverture de UZV125A et de fermeture de UZ125B/C, par des limites Switch. (Les lampes –témoins (vertes) s'allume).

2- Ouvrir modérément la vanne TRC-109V de manière à introduire du FUEL GAZ dans les collecteurs à une pression 1Kg/cm² G.

3- Ouvrir la vanne de sectionnement HV-109 du premier bruleur principal de manière à l'allumer.

4- Les limites Switch des vannes UZ125A/B/C sont excitées de manière à conservé leurs états (UZV125A Ouverte et UZV125B/C fermées).

5- Allumer les bruleurs l'un après l'autre suivant le mode d'exécution précédent.

6- Vérifier localement la pression du collecteur de FUEL GAZ du bruleur principal, puis s'assurer qu'elle respecte le tableau suivant :

	Haute pression (H) En kg\cm ² G	Basse pression (L) En kg\cm ² G
PZHL-127	1,9	0,17

Mettre le sélecteur de by-pass de PZHL-127 sur la position "Normal " dans la salle de contrôle.

III- Inconvénient de cette solution

La solution actuelle présente de nombreux problèmes dont on peut citer

- La difficulté de coordination de tous les instruments au démarrage.
- Un très grand nombre de relais et un câblage encombrant très contraignant.
- Un système très sensible aux perturbations du milieu extérieur (température, humidité....etc.).
- L'inexistence d'une supervision en temps réel et l'absence d'une base de données pour l'historique d'événements ce qui ne facilite pas le diagnostic des problèmes.
- Le temps de maintenance considérable.
- La difficulté voir impossibilité de changement de programme (absence de flexibilité).
- Indisponibilité de la pièce de rechange.
- L'impossibilité d'interconnexion avec d'autres systèmes.

IV- Solution proposée

L'importance des procédés dans le secteur des hydrocarbures, la complexité croissante qu'ils présentent et les normes de sécurité imposées à leur utilisation, poussent les entreprises pétrolières à intégrer des systèmes de commande automatisés dans leurs installations. Pour cela nous avons été chargés :

- De proposer une nouvelle solution programmable automatisée de la séquence de démarrage du rebouilleur H101 sous DCS.
- De développer une solution de contrôle et de supervision en temps réel du process et d'intégrer la séquence de démarrage du rebouilleur sous DCS (système de contrôle distribué).

IV-1- Modélisation du Rebouilleur

L'automatisation des procédés industriels ainsi que l'installation des nouveaux systèmes numériques de contrôle nécessitent l'utilisation de nouvelles techniques d'analyses, de modélisation et de programmation telle que l'outil graphique GRAFCET qui est un outil de modélisation des systèmes séquentiels.

IV-1-1- Définition du Grafcet

Le grafcet est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement les différents comportements d'un automatisme séquentiel. Le grafcet est une représentation alternée d'étapes et de transitions (**figure 23**).

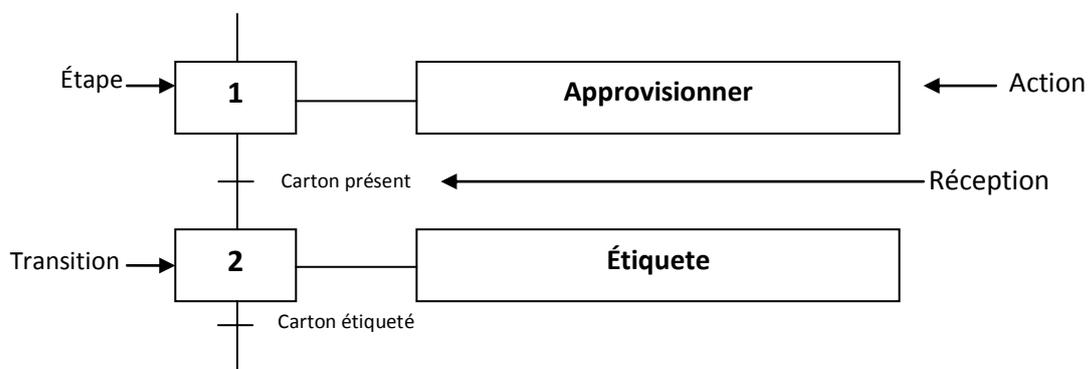
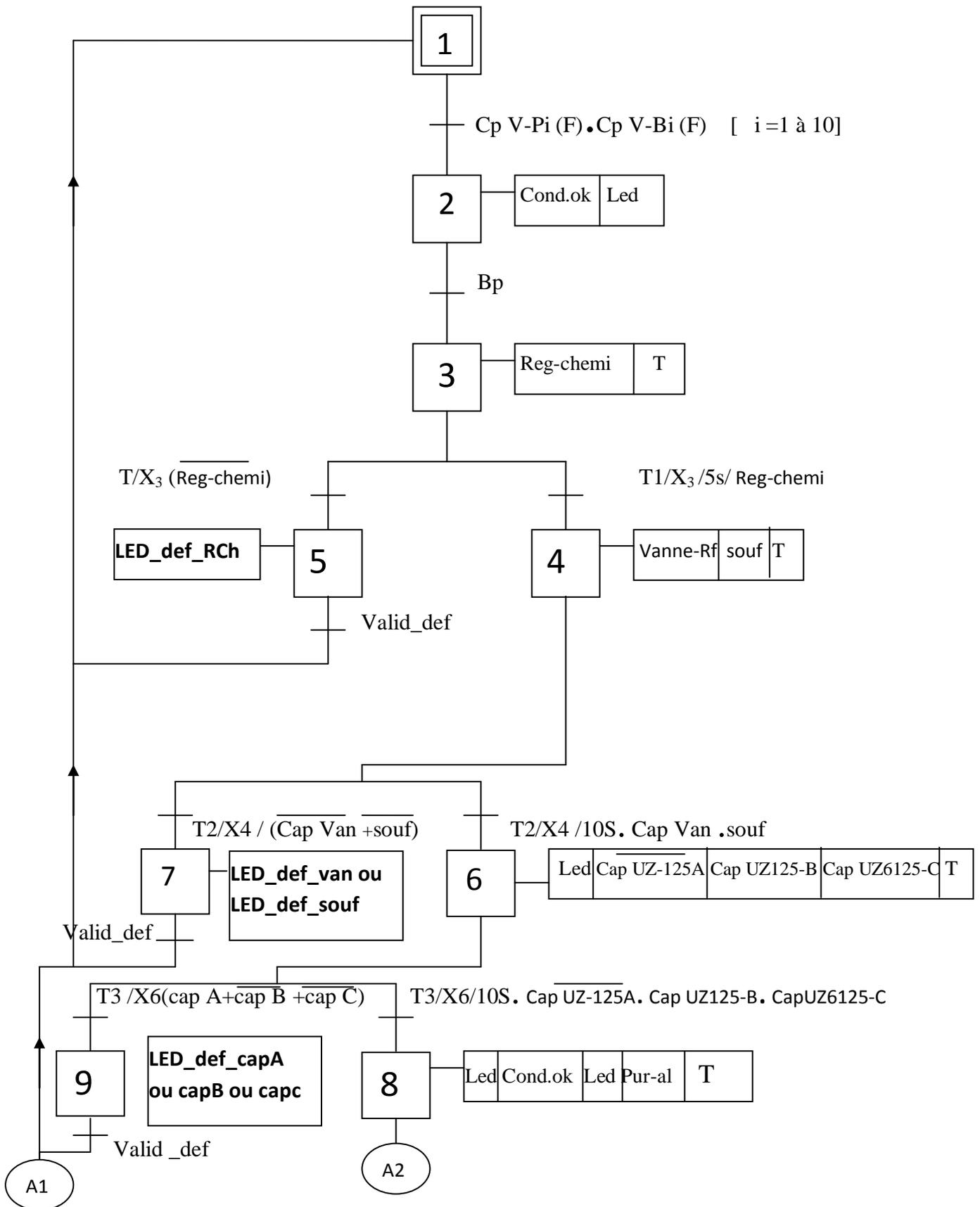
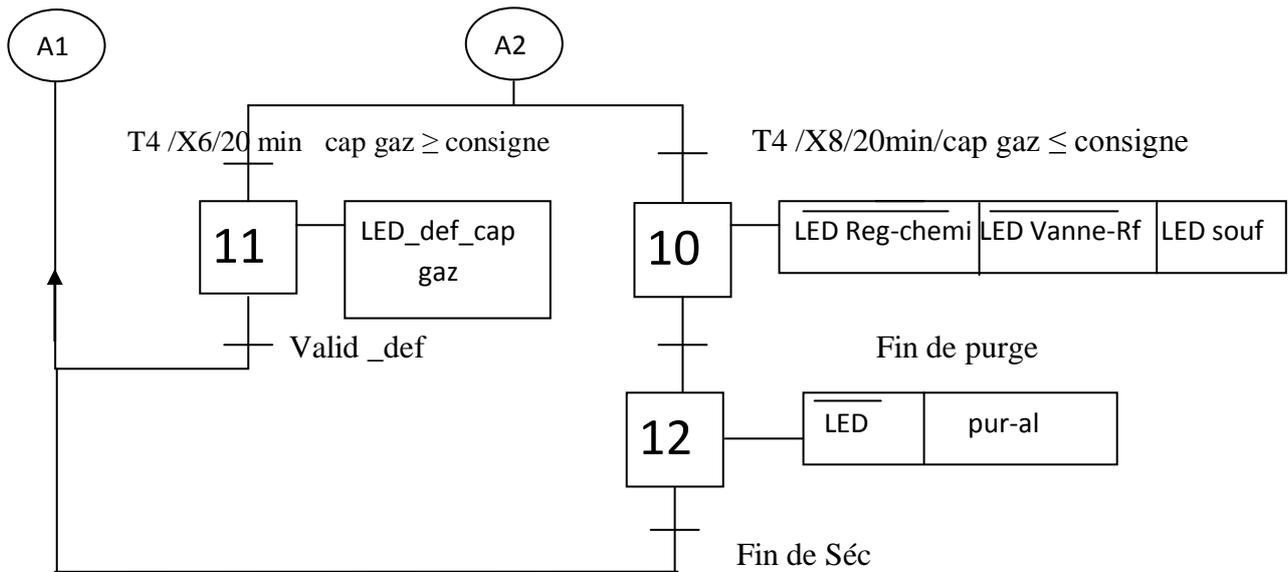


Figure 23 : Exemple d'un grafcet [23]

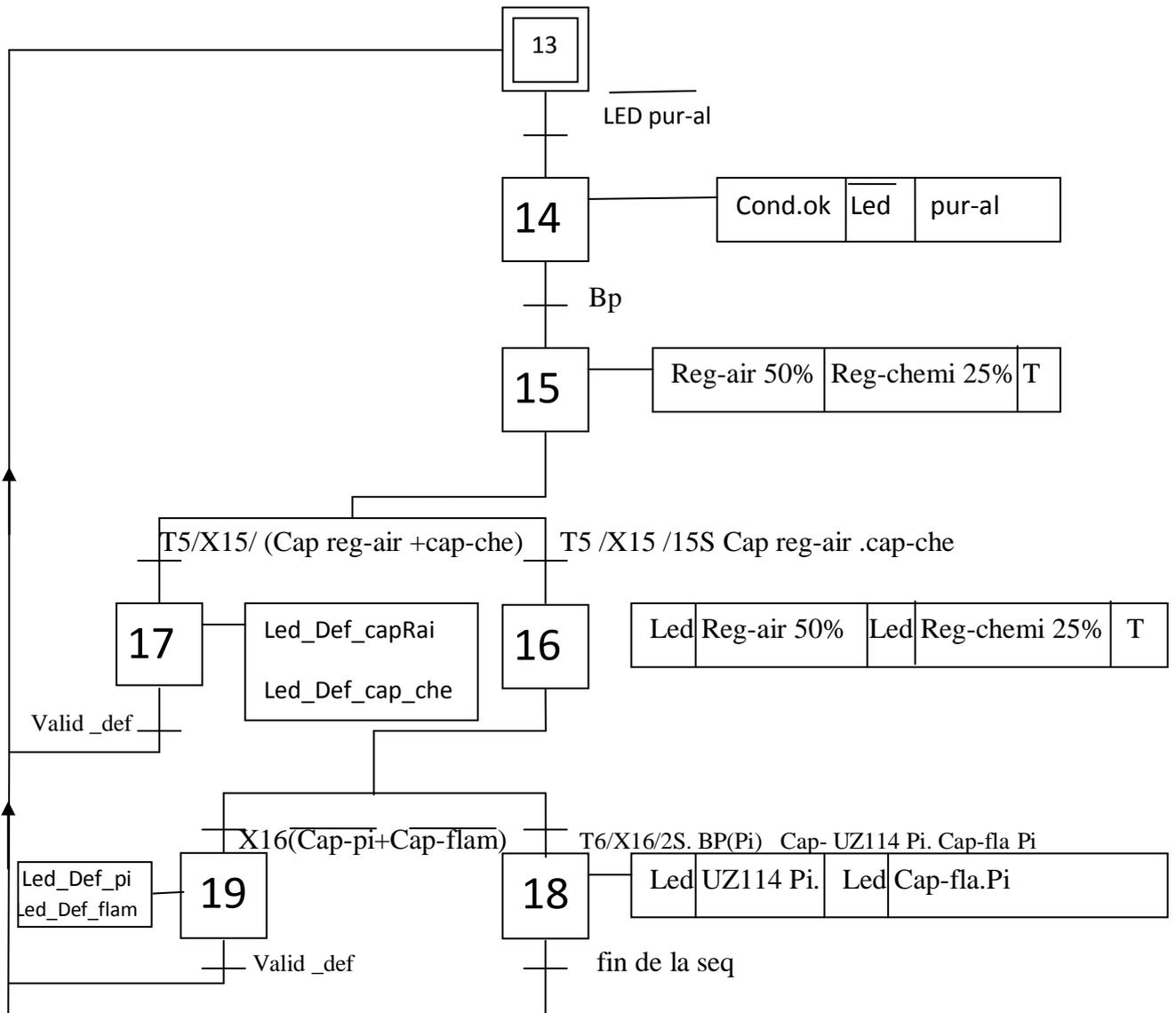
IV-1-2- Modélisation du démarrage du rebouilleur

• Séquence de fonctionnement de la purge

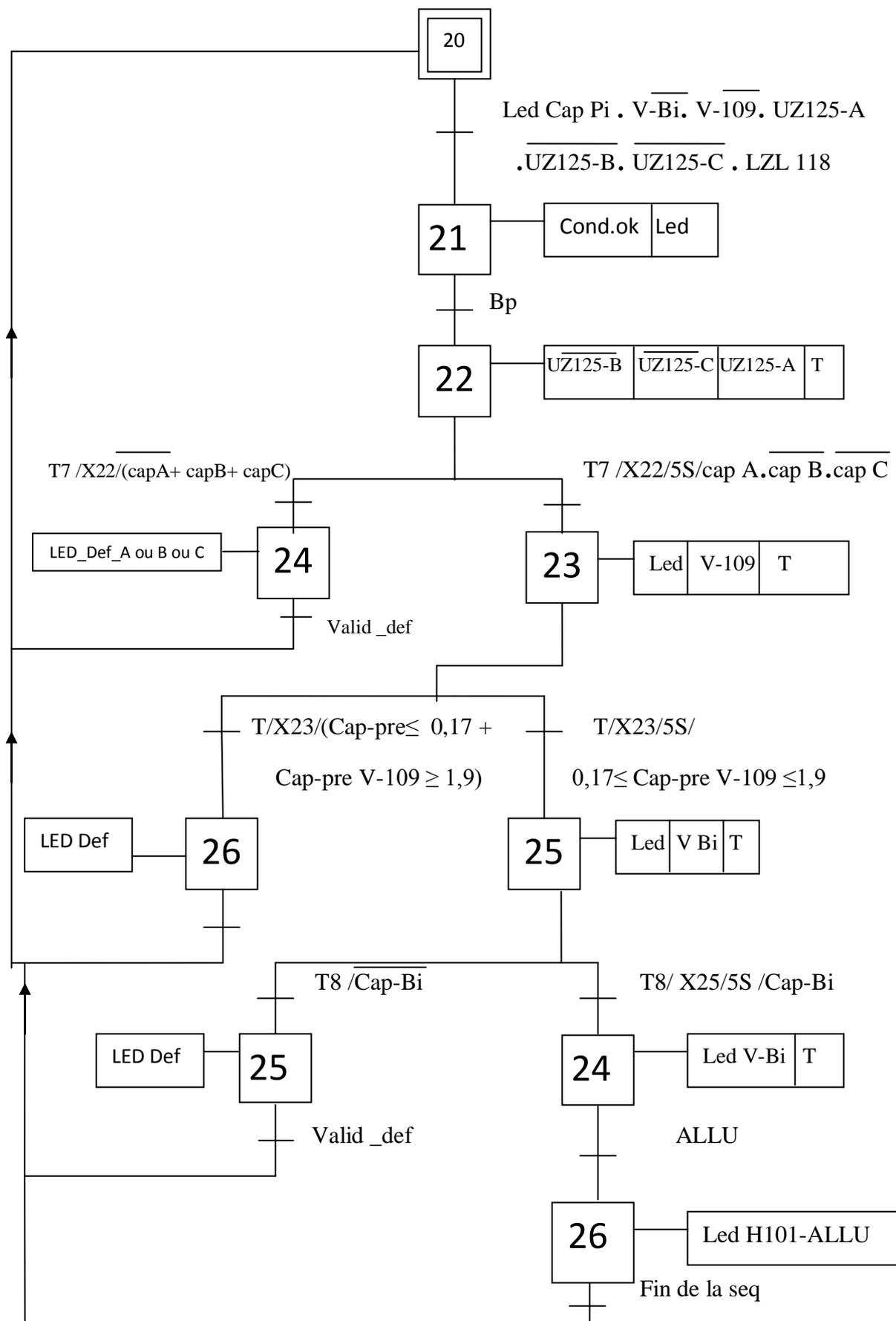




• Séquence de fonctionnement des pilotes

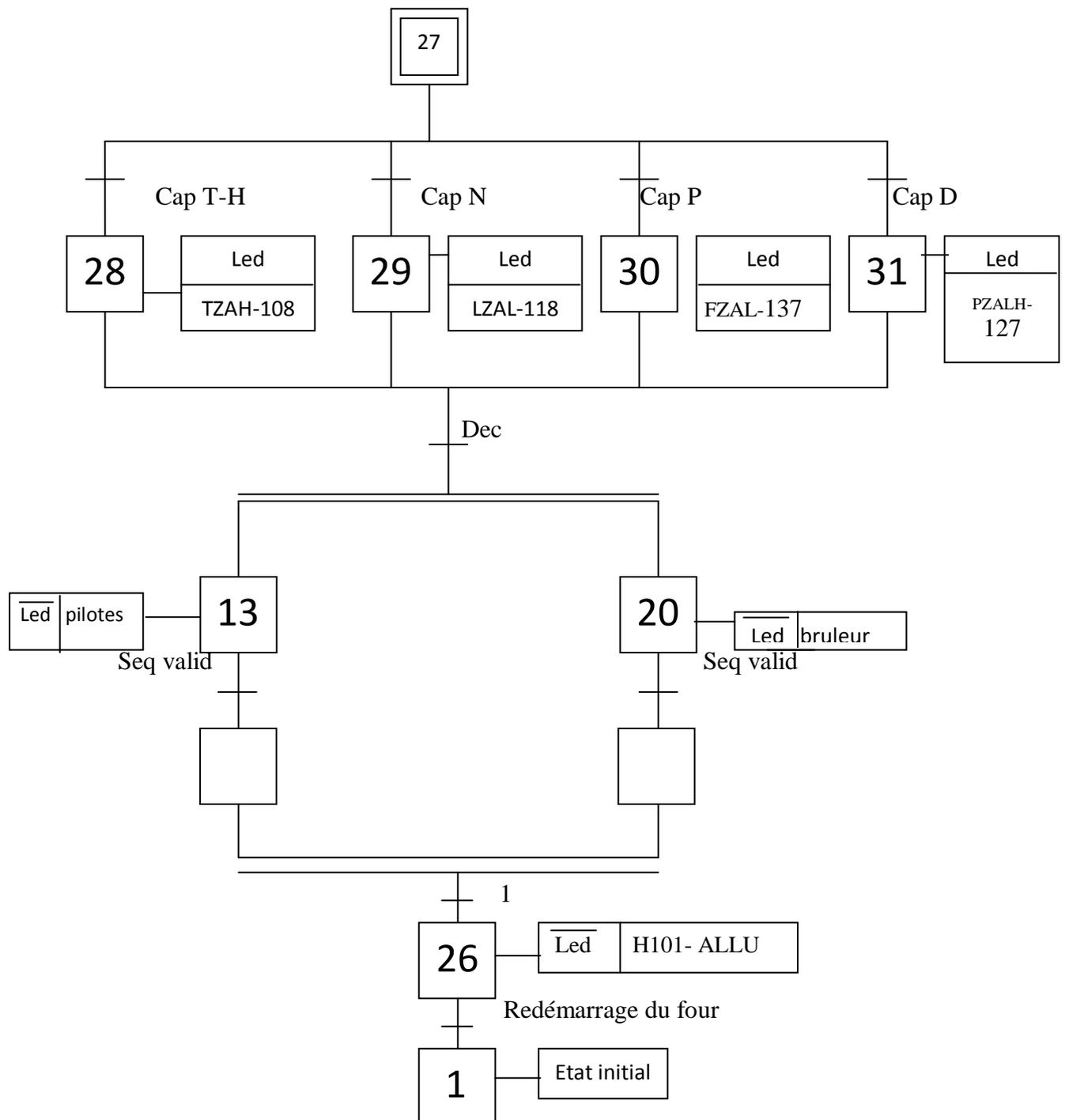


- séquence d'allumage des brûleurs



IV-1-3- Les facteurs du déclenchement du rebouilleur

- Haute température (TZAH-108).
- Bas niveau dans la colonne C101 (LZAL-118).
- Bas débit condensat (FZAL-137).
- Basse pression du FUEL GAZ (PZALH-127).
- Déclenchement de tous les bruleurs.



Le tableau suivant représente les entrées et sorties pour la séquence du démarrage du four rebouilleur H101

TAGE NAME	COMMENTAIRE
PZLH-127	PRESSION DU FUEL GAZ
FZL-137	INDICATEUR BAS DEBIT A L'ENTRRE DU FOUR
TZH-108	INDICATEUR HAUTE TEMPERATURE A LA SORTIE DU FOUR
LZL-118	INDICATEUR BAS NIVEAU DANS LA COLONNEC101
UZV-140(PL)	VANNE BRULEUR PRINCIPALE

HV-109	VANNE BRULEUR PRINCIPALE
HV-105	LES CHEMINE DU FOUR
HV-106	
HC-907	INDICATEUR DE L'OUVERTURE DE LA CHEMINE
UZV125A/B/C	VANNE DU FUEL GAZ
FLF 1 à 10	DETECTEUR DE FLAMME (CELLULE UV)
HV-103A/B	VANNES DE REFOULEMENT DES

HV-104 A/B	SOUFFLANTES
K102A	SOUFFLANTE A
K102B	SOUFFLANTE B
PUR	PURGE EN SERVICE
PURGE	PURGE TERMINER
TZH-110	GAZ COMBUSTIBLE
H101	BOUTON MISE EN MARCHE DU FOUR

V-Développement d'un programme séquentiel sous HLBL

Le HLBL est le diminutif High Level Batch Langage, c'est un langage Pascal qui a été conçu pour mettre en application le procédé existant dans FOX DREW tout en employant une stratégie de commande d'ordre et des articles structurés de textes qui sont exigés pour l'opération d'un processus séquentiel.

I- Les éléments d'animation du synoptique du rebouilleur H101

I-1- La purge

Tag	Compound	Block	Dynamique	Conversion
HV-103B	FOUR1	PURGE	Fill color	Discrète
UZ-125C				
UZ-125B				
P-102				

I-2- Les pilotes

Tag	Compound	Block	Dynamique	Conversion
UZ-921	FOUR 3	Pilotes	Fill color	Discrète
V-P1				
V-P2				
V-P3				
V-P4				

I-3-Circulation à froid du condensat

Tag	Compound	Block	Dynamique	Conversion
K101	FOUR 2	CIR_FROID	Fill color	Discrète
FC-136				

I-3-Bruleur

Tag	Compound	Block	Dynamique	Conversion
UZ-125A	FOUR 4	BRULEUR	Fill color	Discrète
V-B1				
V-B2				
V-B3				
V-B4				

II-Le programme du démarrage du rebouilleur H101

II-1- séquence du démarrage de la purge

(* SEQUENCE DE FONCTIONNEMENT DE LA PURGE *)

```

BO0001 :=TRUE ;
IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN
GOTO ARRET
ELSE

```

```
WAIT 1 ;  
ENDIF;  
  
(* OUVERTURE DE LA VANNE HV-103B *)  
  
BO0002 := TRUE ;  
  
IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
  
ELSE  
  
WAIT 1 ;  
  
ENDIF;  
  
(* OUVERTURE DE LA POMPE P-102 *)  
  
BO0003 := TRUE ;  
  
IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
  
ELSE  
  
WAIT 1 ;  
  
ENDIF;  
  
(* OUVERTURE DE LA VANNE UZ-125B *)  
  
BO0005 := TRUE ;  
  
IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
  
ELSE  
  
WAIT 1 ;  
ENDIF;  
  
(* OUVERTURE DE LA VANNE UZ-125C *)  
  
BO0004 := TRUE ;  
  
IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
  
ELSE  
  
WAIT 1 ;  
  
ENDIF;
```

(* DEMARRAGE DE LA SOUFLANTE *)

BO0007 := TRUE ;

IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 1 ;

ENDIF;

(* ALARME PURGE ALLUMER *)

BO0006 := TRUE ;

IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 1 ;

ENDIF;

IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN

```
GOTO ARRET

ELSE

WAIT 1 ;

ENDIF;
IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 1 ;

ENDIF;

IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 1 ;

ENDIF;

IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 1 ;

ENDIF;

IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 1 ;

ENDIF;

IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET
```

```

ELSE
WAIT 1 ;
ENDIF;
IF(:FOUR1:PURGE.BI0003=FALSE)THEN
GOTO ARRET
ELSE
<< ARRET >>
BO0001 := FALSE ;
BO0002 := FALSE ;
BO0003 := FALSE ;
BO0004 := FALSE ;
BO0005 := FALSE ;
BO0006 := FALSE ;
BO0007 := FALSE ;
ENDIF
ENDSEQUENCE

```

II-1- Séquence du démarrage circuit à froid du condensat

(* SEQUENCE CIRCULATION A FROID *)

```

BO0001:= TRUE ;
BO0005:= FALSE ;
BO0006:= FALSE ;
IF(:FOUR2:CIR_FROID.BI0003=FALSE)THEN
GOTO ARRET
ELSE
WAIT 1 ;
ENDIF ;
(* OUVERTURE DE LA VANNE REGULATRICE *)
BO0002:= TRUE ;
IF(:FOUR2:CIR_FROID.BI0003=FALSE)THEN
GOTO ARRET
ELSE

```

```
WAIT 1 ;
ENDIF ;

(* OUVERTURE DE LA POMPE K101 *)
BO0003:= TRUE ;
IF(:FOUR2:CIR_FROID.BI0003=FALSE)THEN
GOTO ARRET
ELSE
WAIT 1 ;
ENDIF ;

(* INDDICATION D ALARME DE CIRCULATION A FROID *)
BO0004 :=TRUE ;
IF (:FOUR2:CIR_FROID.BI0002=FALSE)THEN
GOTO FERMEE
ELSE
BO0005:=TRUE ;

ENDIF ;
IF(:FOUR2:CIR_FROID.BI0003=FALSE)THEN
GOTO ARRET
ELSE
WAIT 5 ;
ENDIF ;
IF(:FOUR2:CIR_FROID.BI0003=FALSE)THEN
GOTO ARRET
ELSE
WAIT 5 ;
ENDIF ;
IF(:FOUR2:CIR_FROID.BI0003=FALSE)THEN
GOTO ARRET
ELSE
<< ARRET >>
BO0001 := FALSE ;
```

```
BO0002 := FALSE ;  
BO0003 := FALSE ;  
BO0004 := FALSE ;  
BO0005 := FALSE ;  
BO0006 := FALSE ;
```

```
ENDIF
```

```
ENDSEQUENCE
```

II-3- Séquence d'allumage des pilotes

```
(* SEQUENCE D ALLUMAGE Des PILOTES *)
```

```
BO0001:= TRUE ;
```

```
(* OUVERTURE DE LA VANNE UZ-921 *)
```

```
BO0002:= TRUE ;
```

```
IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN
```

```
GOTO ARRET
```

```
ELSE
```

```
WAIT 3 ;
```

```
ENDIF;
```

```
(* OUVERTURE DE LA VANNE PILOTE V-P1 *)
```

```
BO0003:= TRUE ;
```

```
IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN
```

```
GOTO ARRET
```

```
ELSE
```

```
WAIT 3 ;
```

```
ENDIF;
```

```
(* AFFICHAGE DE L ALARME PILOTE V-P1 *)
```

```
BO0007:= TRUE ;  
IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
ELSE  
WAIT 3 ;  
ENDIF;  
  
(* OUVERTURE DE LA VANNE PILOTE V-P2 *)  
BO0004:= TRUE ;  
IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
ELSE  
WAIT 3 ;  
ENDIF;  
  
(* AFFICHAGE DE L ALARME PILOTE V-P2 *)  
BO0008:= TRUE ;  
IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
ELSE  
WAIT 3 ;  
ENDIF;  
  
(* OUVERTURE DE LA VANNE PILOTE V-P3 *)  
BO0005:= TRUE ;  
IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
ELSE
```

```
WAIT 3 ;  
ENDIF;  
  
(* AFFICHAGE DE L ALARME PILOTE V-P3 *)  
  
BO0009:= TRUE ;  
  
IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
  
ELSE  
  
WAIT 3 ;  
ENDIF;  
  
(* OUVERTURE DE LA VANNE PILOTE V-P4 *)  
  
BO0006:= TRUE ;  
  
IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
  
ELSE  
  
WAIT 3 ;  
ENDIF;  
  
(* AFFICHAGE DE L ALARME PILOTE V-P4 *)  
  
BO0010:= TRUE ;  
  
IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
  
ELSE  
  
WAIT 1 ;  
ENDIF;  
  
(* affichage de séquence complète de pilotes *)  
  
BO0011:= TRUE ;
```

IF(:FOUR3:PILOTES.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 3 ;

ENDIF;

II-4-Séquence d'allumage des bruleurs

(* SEQUENCE D ALLUMAGE DES BRULEUR *)

BO0001:= TRUE ;

BO0002:= TRUE ;

```
(* OUVERTURE DE LA VANNE UZ-125A *)  
IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
ELSE  
WAIT 3 ;  
(* ouverture de la vanne régulatrice *)  
BO0003 := TRUE ;  
(* OUVERTUREDE LA VANNE BRULEUR V-B1 *)  
BO0005 := TRUE ;  
ENDIF ;  
IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
ELSE  
WAIT 3 ;  
(* ALARME BRULEUR ALLUMER *)  
BO0009 := TRUE ;  
ENDIF ;  
IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
ELSE  
WAIT 3 ;  
(* OUVERTUREDE LA VANNE BRULEUR V-B2 *)  
BO0006 := TRUE ;  
ENDIF ;  
IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN
```

```
GOTO ARRET

ELSE

WAIT 3 ;

(* ALARME BRULEUR ALLUMER *)

BO0010 := TRUE ;

ENDIF ;

IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 3 ;

(* OUVERTUREDE LA VANNE BRULEUR V-B2 *)

BO0007 := TRUE ;

ENDIF ;

IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 3 ;

(* ALARME BRULEUR ALLUMER *)

BO0011 := TRUE ;

ENDIF ;

IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 3 ;
```

(* OUVERTUREDE LA VANNE BRULEUR V-B4 *)

BO0008 := TRUE ;

ENDIF ;

IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 3 ;

(* ALARME BRULEUR ALLUMER *)

BO0012 := TRUE ;

ENDIF ;

IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 3 ;

(* VANNE REGULATRICE *)

BO0004 :=TRUE ;

ENDIF ;

IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

ELSE

WAIT 3 ;

BO0013:= TRUE ;

ENDIF ;

IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN

GOTO ARRET

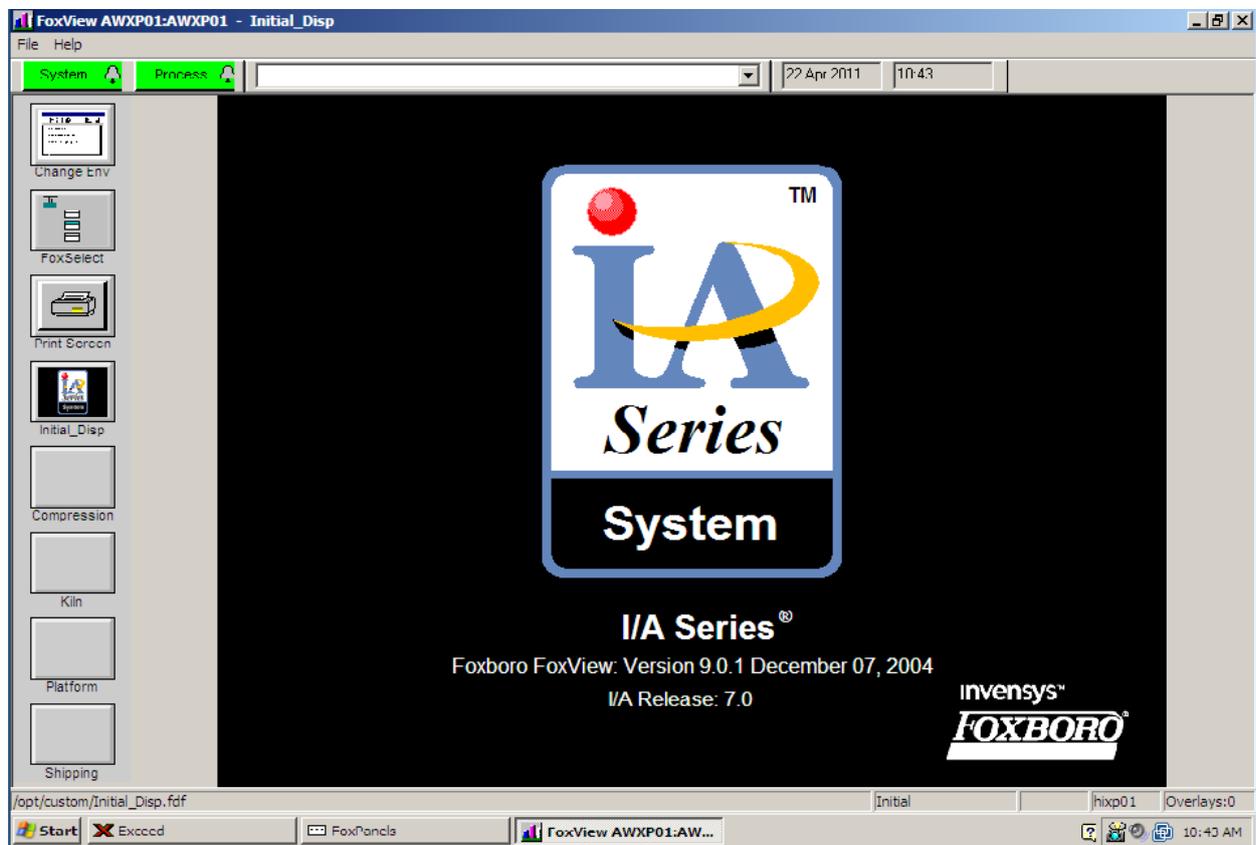
```
ELSE  
WAIT 3 ;  
BO0014:=TRUE ;  
ENDIF ;  
IF (:FOUR4:BRULEURS.BI0003=FALSE)THEN  
GOTO ARRET  
ELSE  
WAIT 3 ;  
ENDIF ;
```

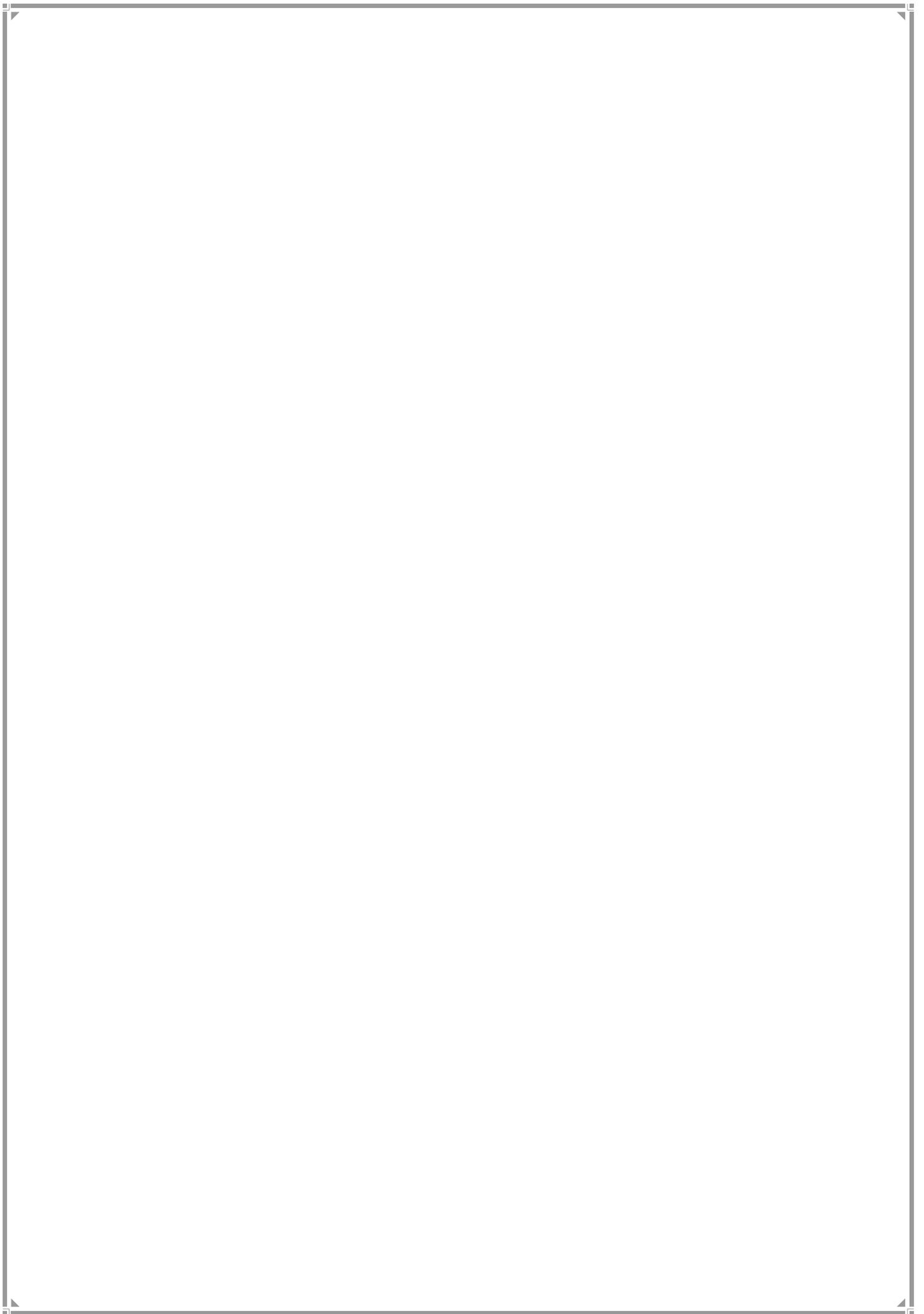
Conclusion

Le but de ce chapitre est d'automatiser la séquence de démarrage du four rebouilleur et surveiller ces facteurs de déclenchement via un automate Tricon, de plus nous avons introduit un programme de supervision du procédé pour voir l'état fonctionnel qui est le (High Level Batch Langage) HLBL, et la supervision du four sera exposé dans le chapitre suivant

CHAPITRE V

Supervision du Four H101 sous DCS





Introduction

La supervision est une technique industrielle de suivi et de pilotage de procédé, la surveillance du bon fonctionnement d'un système en activité. Elle permet intervention directe de l'opérateur sur les instruments avec le système de commande et de contrôle (DCS Série I/A FOXBORO) (figure 22).

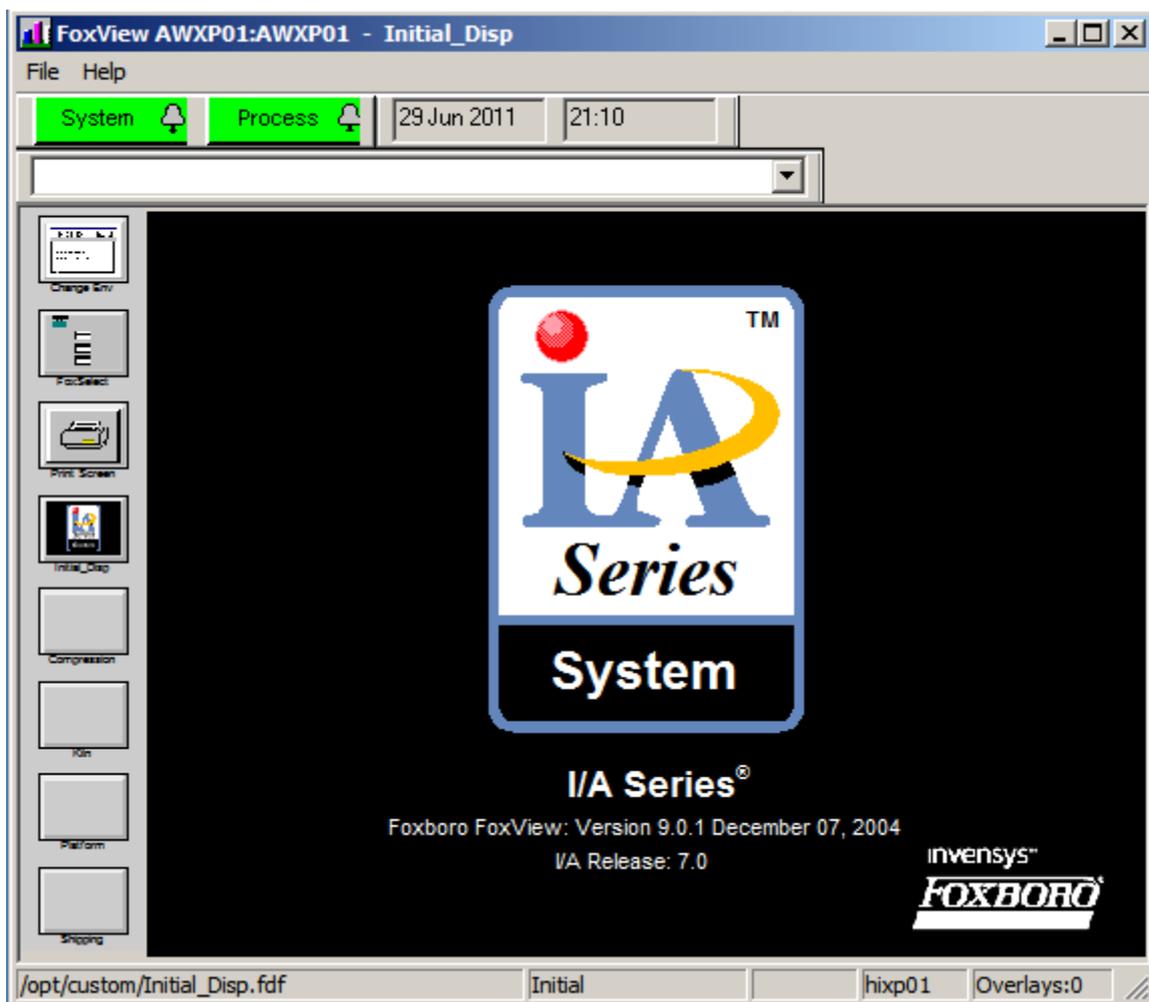


Figure 24 : activation du logiciel [24]

I- Constitution d'un système de supervision

- **Affichage** : Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ses volumes de données instantanées.
- **Archivage** : Il mémorise des données (alarmes et événements) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

- **Traitement** : Il permet de mettre en forme les données afin de les présenter via le module de visualisation aux opérateurs sous une forme prédéfinie.
- **Communication** : Assure l'acquisition et le transfert de données et gère la communication avec périphériques tels que les automates programmables industriels.

II- Supervision des vues du Rebouilleur

Pour la supervision du Rebouilleur nous avons réalisés trois vues que nous présenterons dans les figures qui suit (**figure 25, 26 et 27**) :

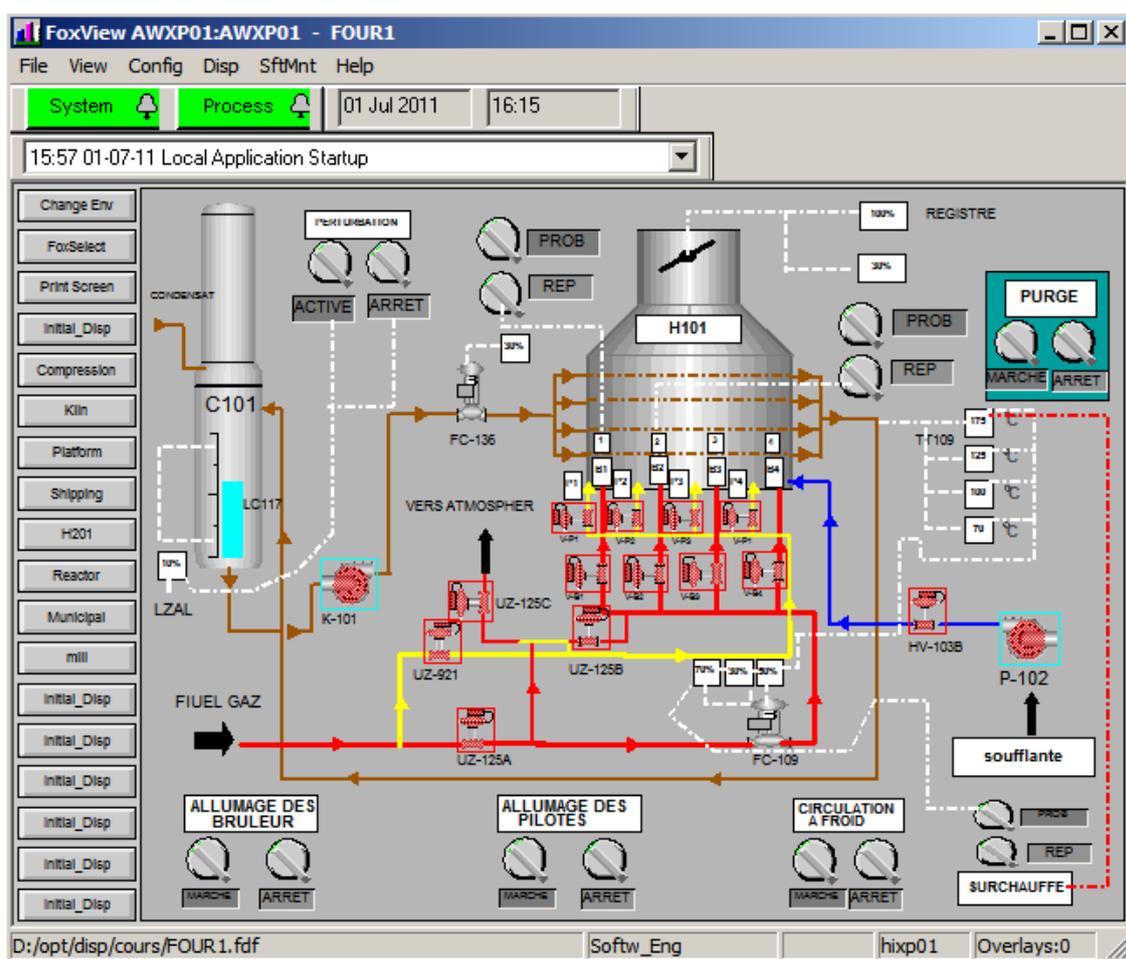


Figure 24 : Rebouilleur en arrêt [24]

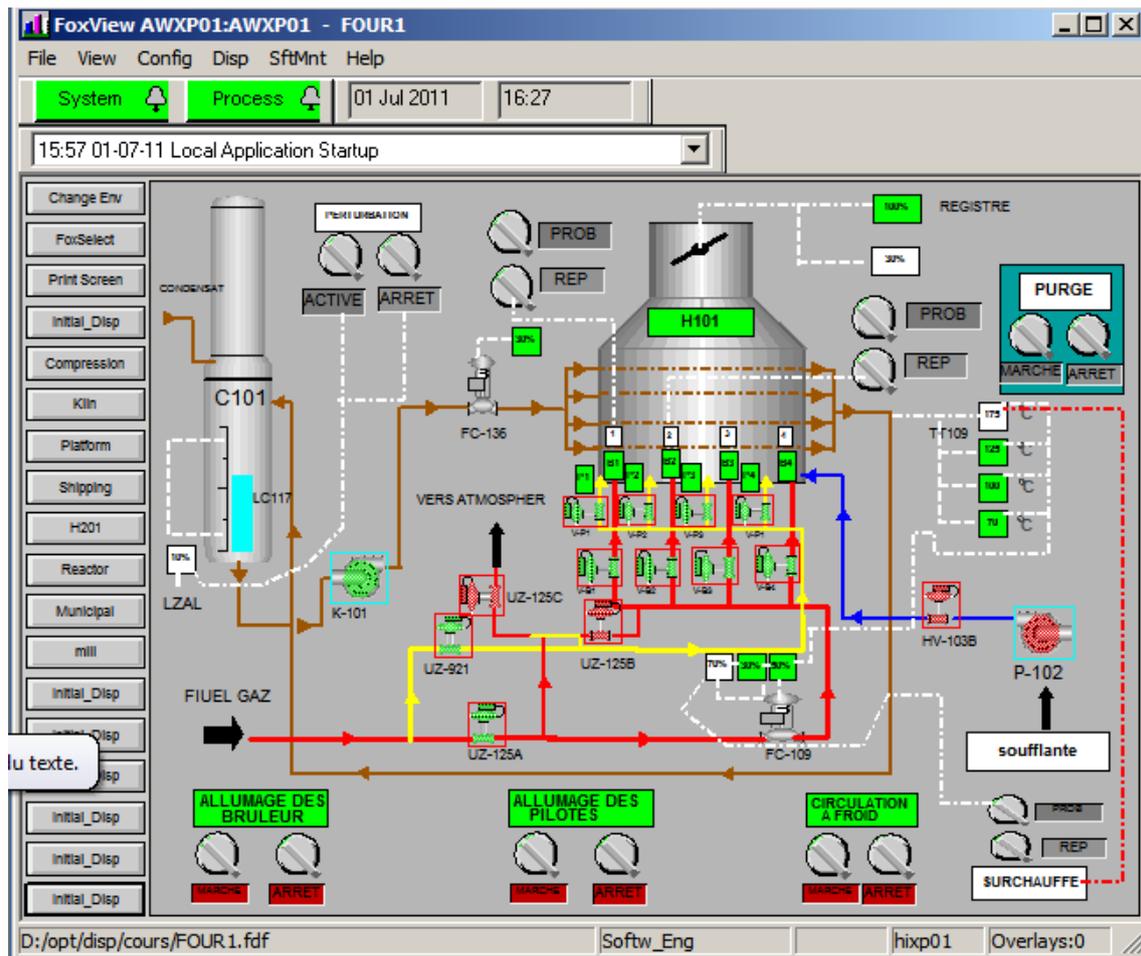
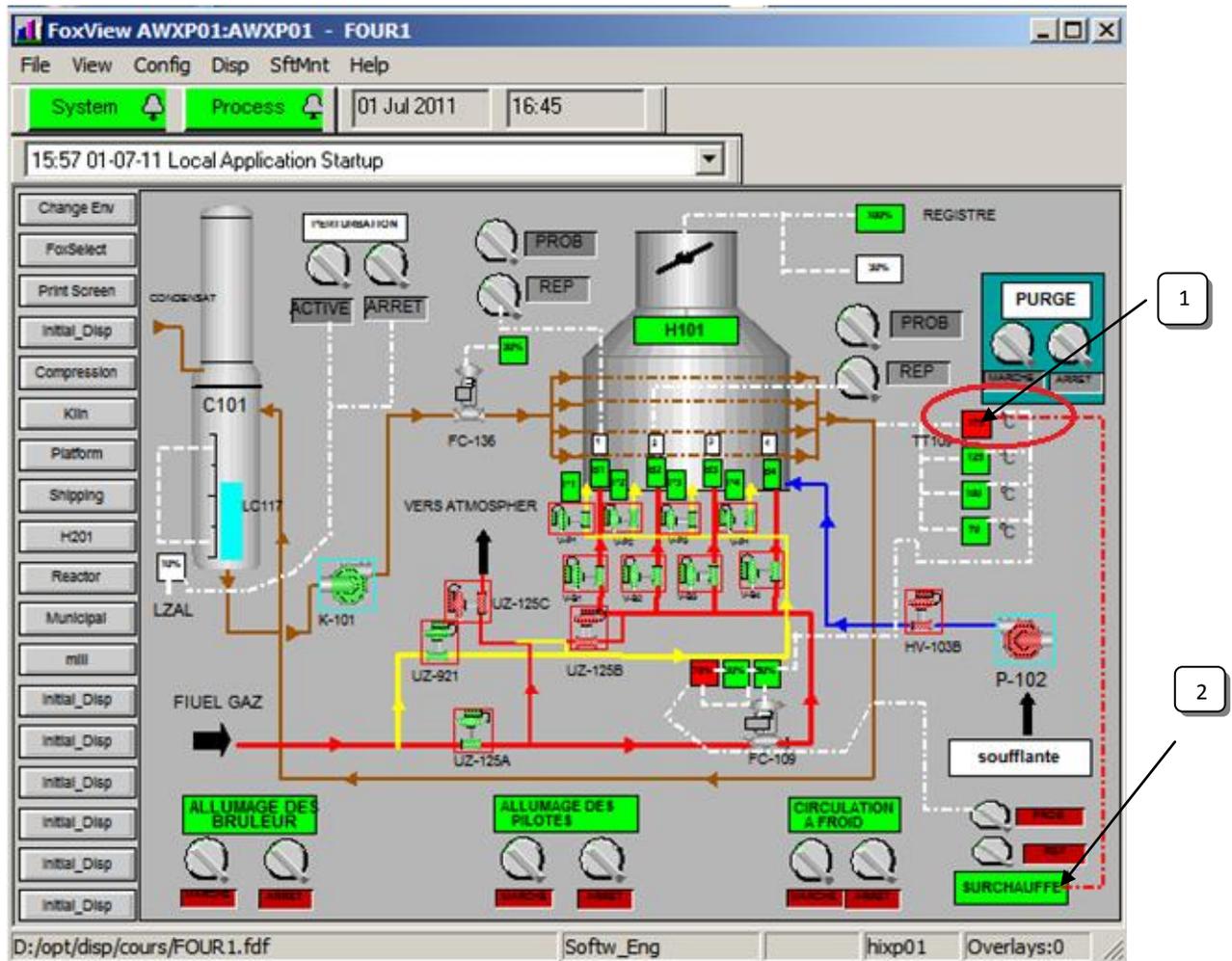


Figure25 : Rebouilleur en marche [25]

- La supervision sous Série I/A FOXBORO s'accompagne d'un ensemble d'outils très puissants de gestion des alarmes, des guides opérateurs et des annonceurs.



1 Facteur de déclenchement du rebouilleur.

2 Alarme du facteur du déclenchement.

Figure 26 : Déclenchement du Rebouilleur [26]

Conclusion

L'analyse détaillée de système de commande actuel nous a permis de proposer une nouvelle solution de supervision. Celle-ci, illustre l'importance de la supervision des procédés industriels et les outils nécessaires pour la réaliser. Nous avons ainsi élaboré les vues qui permettent la visualisation et le contrôle direct du rebouilleur par l'opérateur en temps réels.

Conclusion générale

Ce mémoire constitue un compte rendu du sujet proposé au cours de notre stage de mise en situation professionnelle. Notre projet de fin d'étude portait sur la modification du système de commande du rebouilleur H101 faisant partie d'une unité de traitement de gaz naturel à SONATRACH, Hassi R'mel.

Tout au long de ce travail, nous avons remplacé un système de contrôle grâce à un panneau de commande local par une supervision sur ordinateur en intégrant les commandes à base de logique câblée sous DCS afin de développer une solution automatisée. Ce travail d'intégration du contrôle des boucles de régulation externes et de la séquence de démarrage du Rebouilleur a été validé par une simulation sous Série I/A FOXBORO de l'application que nous avons développée. Les objectifs tracés par le cahier des charges de départ ont été atteints. Ce projet nous a été profitable sur divers plans. Il nous a permis de découvrir et de nous familiariser avec le domaine professionnel ainsi qu'avec les travaux de maintenance et les solutions aux urgences produites sur les différents équipements. Il nous a aussi permis d'apprendre à utiliser le système DCS et le SERIE I/A FOXBORO dans sa constitution matérielle et logiciel.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. Documentation interne SONATRACH, annuaire statique.
- [2]. William D.Mccain, the properties of petroleum fluids, 1960, second edition.
- [3]. Rapport d'activité des operateurs, module IV HASSI R'mel, 2006.
- [4]. Rapport d'activité de la direction d'exploitation, région HASSI R'mel, 2007.
- [5]. J.Laurue et E.Lebas, procédé intégré de traitement de gaz, 1990.
- [6]. Documentation interne, Manuelle opératoire (process), module IV, 1978.
- [7]. Documentation interne, Manuelle opératoire (du Rebouilleur), module IV, 1978.
- [8]. F. TACHI, formation industrie, séminaire « mesure P, Q, L et T », mai 2006.
- [9]. Documentation technique, manuel instruments du Rebouilleur, GGC, 1978.
- [10]. Documentation technique, vanne de régulation électrique, série EDELE 3 E, RC-K52-3E Rev7.
- [11]. Documentation technique, Transmetteur de mesure par organe déprimogène compact Oriflow avec communication HART, Bopp & Reuther Messtechnik GmbH.
- [12]. Documentation interne SONATRACH, stage ingénierie, système DCS Séries I /A FOXBORO
- [13]. Documentation interne SONATRACH, Démarrage du rebouilleur, PRO.HRM.XP.02 Révision 01.