

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DU 20 AOUT 1955 SKIKDA

Faculté de Technologie

Département : Pétrochimie



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master.

Filière : Industrie pétrochimique

Spécialité : Automatisation en industrie pétrochimique

Par : Louam Anis

Khelifi Abdeldjalil

Thème :

**Etude d'une régulation du niveau d'eau d'une chaudière et
implémentation dans un système de contrôle distribué
(DCS) yokogawa Centum VP**

Soutenu publiquement le : 11 / 07 / 2023 devant le jury composé de :

<i>Président</i>	<i>Dr Metatla Hassina</i>	<i>U-Skikda</i>
<i>Rapporteur</i>	<i>Dr Rabbah Amidi</i>	<i>U-Skikda</i>
<i>Examineur</i>	<i>Dr Noureddine Nafir</i>	<i>U-Skikda</i>

Promotion : 2022/2023

Remerciement

Nous remercions **ALLAH** le tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté afin de mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Monsieur **AMIDI RABAH**, pour nous avoir encadrés, pour ses conseils, son aide et son orientation tout au long de notre travail.

Nous remercions également les ingénieurs de **RAIK** qui nous ont aidés pendant la période de stage.

Nous remercions chaleureusement les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer ce modeste travail.

Finalement, nous souhaitons aussi remercier tous les enseignants du Département des industries pétrochimiques qui ont contribué à notre formation, en particulier les enseignants dans la spécialisation de L'automatisation.

LOUAM ANIS

KHELIFI ABD ELDJALIL

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents, qui sont mon inspiration et ma force et qui m'ont tout donné pendant ma carrière scolaire.

À ma chère sœur HADJER et son mari YOUCEF

À mes chers frères HAKOU, SOHAIB, CHERIF

À ma deuxième mère WASSILA et son mari BOUALEM

À ma chère grand-mère OMA LAWABA Dieu le préserve

À toute ma grande famille

À tous mes chers amis (Rami, Reda, Ahmed...)

Et tous mes collègues

Et spécialement équipage de la cité 5 : Aimen, Hichem, Haithem, Houssam, Ramy.

LOUAM ANIS

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents, qui sont mon inspiration et ma force et qui m'ont tout donné pendant ma carrière scolaire.

À ma chère frère KHALED

À ma chers sœurs HASSIBA, MANEL, KHAWLA

À toute ma grande famille

À tous mes chers amis

Et tous mes collègues

KHELIFI ABDELJALIL

Liste des figures

Figure I.1. L'industrie de raffinage en Algérie	04
Figure I.2. Vue aérienne de la zone industrielle de Skikda	05
Figure I.3. Configuration avant réhabilitation de la raffinerie	06
Figure I.4. Configuration après réhabilitation de la raffinerie	07
Figure I.5. L'Organigramme de la Raffinerie de Skikda	08
Figure I.6. L'organigramme de la Sous-direction production	08
Figure I.7. L'Organigramme du Département Production (P3)	09
Figure I.8. L'organigramme du service Utilités 1 (CTE-1) (Lieu de notre stage)	09
Figure I.9. Les différentes unités du complexe RA1/K	10
Figure I.10. Les unités pour lesquelles la CTE fournit ses services	11
Figure I.11. Schémas descriptifs de la section 1050	15
Figure II.1. Exemple de principe général d'une unité de production de vapeur.....	17
Figure II.2. Représentation schématique d'un système de chaufferie	18
Figure II.3. Présentation d'une Chaudière vapeur à tubes de fumées	19
Figure II.4. La Chaudière vapeur à tubes de fumées	20
Figure II.5. La Chaudière vapeur à tubes de fumées	21
Figure II.6. Présentation d'une chaudière à tube d'eau	22
Figure II.7. Schéma d'une chaudière à tubes d'eau	23
Figure II.8. Chaudière à circulation naturelle	24

Figure II.9. Chaudière à circulation assistée	24
Figure II.10. Chaudière à circulation forcée avec ballon de démarrage	25
Figure II.11. Schéma simplifié du réservoir supérieur	28
Figure II.12. Description chaudière à tubes d'eau	29
Figure II.13. Système de contrôle du niveau du ballon à 1-élément	33
Figure II.14. Système de contrôle du niveau du ballon à 2-élément	34
Figure II.15. Système de contrôle du niveau du ballon à 3-élément	36
Figure III.1. Histoire du DCS de Yokogawa	40
Figure III.2. L'architecture de centum vp	41
Figure III.3. FCS (Field Control Station)	42
Figure III.4. Configuration de « pair and spare »	42
Figure III.5. Les composants de FCS	43
Figure III.6. Field Control Unit	44
Figure III.7. Unité de nœud	44
Figure III.8. Borniers et module E/S	46
Figure III.9. Le module analogique AAI143 est un module isolé à 16 canaux de 4 à 20 Ma	46
Figure III.10. La topologie de connexion	49
Figure III.11. Structure de plusieurs domaines dans Vnet/IP	49
Figure III.12. Caractéristiques de HIS	50
Figure III.13. Configuration du système pour le service terminal	51
Figure III.14. L'ingénierie simultanée	52
Figure III.15. La fonction de « Target test »	53

Figure III.16. La fonction de « Virtual test »	53
Figure III.17. Fonctionnement et fonctions de surveillance	54
Figure III.18. Écran d'affichage	55
Figure III.19. Bannière de message du système	55
Figure III.20. Barre du navigateur	56
Figure III.21. Zone de bureau HIS (HIS desktop area)	57
Figure III.22. Vue graphique avec attribut graphique	58
Figure III.23. Vue graphique avec attribut de contrôle	58
Figure III.24. Bloc du contrôleur PID	59
Figure III.25. Bloc indicateur d'entrée PVI	59
Figure III.26. Bloc de chargement manuel MLD	59
Figure III.27. Bloc de commande du moteur à deux positions MC-2	59
Figure III.28. Bloc d'alarme du représentant ALM-R	60
Figure III.29. Bloc de commutation à 5 boutons-poussoirs PBS5C étendu	60
Figure III.30. Vue des tendances	60
Figure III.31. Vue de réglage (Tuning view)	61
Figure III.32. Affichage du message « CAMS for HIS »	62
Figure III.33. Configuration des fonctions de contrôle	63
Figure III.34. Dessin de contrôle avec CENTUM VP	64
Figure III.35. PRM (Plant Resource Manager)	67
Figure III.36. Communication HART	68
Figure IV.1. Schéma fonctionnel du bloc indicateur d'entrée (PVI)	74

Figure IV.2. Schéma fonctionnel du bloc du contrôleur (PID)	75
Figure IV.3. Schéma fonctionnel du bloc de fonction ligne-segment variable (FUNC-VAR) ...	75
Figure IV.4. Architecture des blocs de calcul	76
Figure IV.5. Schéma fonctionnel des blocs de calcul d'usage général (CALCU, CALCU-C) ...	77
Figure IV.6 Schéma fonctionnel du bloc de chargement manuel (MLD)	78
Figure IV.7 Schéma fonctionnel du bloc de chargement manuel (MLD-SW)	79
Figure IV.8 Schéma fonctionnel du bloc d'interrupteur à 5 boutons poussoirs étendu (PBS5C).	80
Figure IV.9 Schéma fonctionnel du bloc racine carrée (SQRT)	80
Figure IV.10. Diagramme fonctionnel du diagramme logique (LC64)	81
Figure IV.11. Schéma fonctionnel du bloc de la table de séquence (ST16, ST16E)	82
Figure IV.12. Création d'un projet (Etape-1)	83
Figure IV.13. Création d'un projet (Etape-2)	83
Figure IV.14. Création d'un projet (Etape-3)	83
Figure IV.15. Création d'une FCS (Etape-1)	84
Figure IV.16. Création d'une FCS (Etape-2)	84
Figure IV.17. Création d'une HIS	84
Figure IV.18. Configuration de l'FCS (Etape-1)	85
Figure IV.19. Configuration de l'FCS (Etape-2)	85
Figure IV.20. Configuration des E/S (Etape-1)	86
Figure IV.21. Configuration des E/S (Etape-2)	86
Figure IV.22. Configuration des E/S (Etape-3)	87
Figure IV.23. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-1)	87
Figure IV.24. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-2)	87

Figure IV.25. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-3)	88
Figure IV.26. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-4)	88
Figure IV.27. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-5)	88
Figure IV.28. Connection (WIRING) des blocs	89
Figure IV.29. L'édition des blocs de calcul (Etape-1)	90
Figure IV.30. L'édition des blocs de calcul (Etape-2)	90
Figure IV.31. L'édition des blocs de diagramme logique (LC64) (Etape-1)	91
Figure IV.32. L'édition des blocs de diagramme logique (LC64) (Etape-2)	91
Figure IV.33. L'édition des blocs de diagramme logique (LC64) (Etape-3)	92
Figure IV.34. L'édition des blocs de diagramme logique (LC64) (Etape-3)	92
Figure IV.35. Le bloc d'indication PVI	93
Figure IV.36. Configuration des commutateurs interne (Switches)	93
Figure IV.37. Le schéma logique de contrôle de niveau	94
Figure IV.38. Synoptique de la logique de contrôle de niveau	95
Figure IV.39. Synoptique de la chaudière	95

Liste des tableaux

Tableau III.1. Les Modules E/S pour FIO	47
Tableau III.2. Blocs de contrôle réglementaire	65

Liste des abréviations

SH: Sonatrach.

GPL: Gaz de pétrole liquéfié

CTE: Centrale thermoélectrique.

DCS: Distributed Control System (Système de contrôle distribué).

PLC: Programmable Logic Controller.

ESD: Emergency Shut Down (Arrêt d'urgence).

HIS: Human Interface Station (poste d'interface humaine).

RISC: Reduced Instruction Set CPU.

CPU: Central Processing Unit.

FCS: Field Control Station (station de contrôle).

CAE: computer- aided engineering.

RMS: Remote Maintenance Service.

ESB: Extended Serial Backboard bus.

ER: Enhanced Remote.

VNET: virtual Network.

IP: Internet Protocol.

LAN: Local Area Network.

NIU: Node Interface Unit.

HKU: House Keeping Unit

FCU: Field Control Unit.

I/O: Input / Output.

E/S: Entrée / sortie.

HART: Highway Addressable Remote Transducer.

FIO: Field Network I/O.

LCD: Liquid Crystal Display.

CRT: Cathode Ray Tube.

PC: Personal Computer.

TS: Terminal Service.

HMI: Human Machine Interface.

ENG: Engineering Work Station (Poste Ingénieur).

PID: Proportional Integral Derivative.

PVI: Process value Indicator.

MLD: Manual Loader.

SV: Set point value.

DV: Deviation value.

MV: Manipulated value.

HH: High High Value.

PH: High Value.

PL: Low Value.

LL: Low Low Value.

DL: Deviation limit.

P: Proportional band.

I: Integral Action.

D: Derivative action.

GW: Gap width.

DB: Dead Band.

CK: Gain Coefficient.

CAMS: Consolidated Alarm Management Software for HIS.

PRM: Plant Resource Manager.

SNCC: Système Numérique de Contrôle- Commande.

API: Automates Programmables Industriels.

IOM: Input Output Module.

P&ID: Piping & Instrument Diagram (Schéma tuyauterie et instrumentation).

ملخص:

باختصار، تركز هذه المذكرة على دراسة وتنفيذ التحكم في مستوى الماء في الأسطوانة العلوية للغلاية البخارية باستخدام نظام

.Yokogawa DCS CENTUM VP

لقد عملنا على نظام تحكم قائم على ثلاثة عناصر لحل مشكلة التحكم بواسطة عنصر واحد وتجنب الظواهر الديناميكية المتمثلة في الانتفاخ والاستقرار. تم تصميم فصول هذه الأطروحة لتقديم عرض تفصيلي للشركة، والغلايات، ونظام CENTUM VP ، بالإضافة إلى تفاصيل حول تنفيذ ومحاكاة نظام التحكم الخاص بنا.

الكلمات المفتاحية: غلاية، بخار، تحكم، DCS، Centum VP .

Abstract:

In summary, this study focuses on the study and implementation of upper drum water level control of a steam boiler using Yokogawa's DCS CENTUM VP.

We have worked on a regulation approach based on three elements to solve a problem of regulation by a single element and avoid the dynamic phenomena of swelling and settling. The chapters of this thesis are structured to provide an in-depth presentation of the company, the boilers, the CENTUM VP system, as well as details on the implementation and simulation of our control system.

Keywords: Boiler, Steam, Regulation, DCS, Centum VP.

Résumé:

En résumé, cette étude se concentre sur l'étude et l'implémentation de la régulation d'eau du niveau du ballon supérieur d'une chaudière à vapeur en utilisant le DCS CENTUM VP de Yokogawa.

Nous avons travaillé sur une approche de régulation basée sur trois éléments pour résoudre un problème de régulation par un seul élément et éviter les phénomènes dynamiques de gonflement et de tassement. Les chapitres de ce mémoire sont structurés de manière à fournir une présentation approfondie de la société, des chaudières, du système CENTUM VP, ainsi que des détails sur l'implémentation et la simulation de notre système de régulation.

Mots Clé : Chaudière, Vapeur, Régulation, DCS, Centum VP.

Table des matières

Remerciement	I
Dédicaces	II
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	IX
Résumés	X
Liste des abréviations	XII
Table des matières	XIII
Introduction générale	1
Chapitre I Présentation du complexe RA1K	
I.1 Introduction.....	3
I.2 Historique de l'Entreprise	3
I.3 Situation géographique	4
I.4 Objectifs assignés au complexe RA1K.....	5
I.5 Réhabilitation, modernisation et adaptation des installations de la RA1K.....	6
I.6 Organigramme du complexe RA1K [2].....	8
I.7 Présentation générale des unités de production [3].....	10
I.8 Centrale thermoélectrique et utilités (CTE).....	11
I.9 Présentation de l'unité 1050	13
I.10 Les équipements principaux de l'unité 1050	13
I.11 Présentation de la chaudières 1050- G- 1/2/3	13
I.12 Conclusion	15
Chapiter II Généralités sur les Chaudières	
II.1 Introduction.....	17
II.2 Description des chaufferies.....	18
II.3 Chaudière à vapeur	19
II.3.1 Les différents types de chaudière	19
II.3.1.1 Chaudière à vapeur à tubes de fumées	19
II.3.1.2 Les Chaudières à tubes d'eau	21
II.3.1.3 Les chaudières à circulation naturelle	23
II.3.1.4 Les chaudières à circulation assistée.....	24

II.3.1.5	Les chaudières à circulation forcée	25
II.4	Description de la chaudière étudiée	26
II.4.1	Le rôle et la construction de chaque élément de la chaudière 1050-G1	26
II.4.2	Le niveau de l'eau dans la chaudière.....	28
II.4.3	Principe de fonctionnement.....	28
II.4.3.1	Le circuit (air – gaz).....	30
II.4.3.2	Le circuit (eau – vapeur) :	31
II.5	La mesure et la régulation du niveau d'eau dans le ballon supérieur	31
II.5.1	Objectif de la régulation	32
II.5.2	Méthodes utilisées pour réglage du niveau du ballon supérieur.....	32
II.5.2.1	Contrôle du niveau du ballon supérieur avec un élément	32
II.5.2.2	Contrôle du niveau du ballon supérieur avec deux éléments	33
II.5.2.3	Contrôle du niveau du ballon supérieur avec trois éléments.....	35
II.6	Conclusion	37
Chapiter III Le système DCS Yokogawa Centum VP		
III.1	Introduction.....	39
III.2	Description du système.....	39
III.3	L'Architecture du DCS Yokogawa CENTUM VP.....	40
III.4	Les principaux composant du Centum VP.....	41
III.4.1	Station de contrôle FCS.....	41
III.4.1.1	Field Control Unit (FCU) :.....	43
III.4.1.2	Unité de nœud :	44
III.4.1.3	ESB bus, ER bus, and Optical ESB bus:.....	45
III.4.1.4	Les Modules d'entrées et de sorties (Field Network I/O) :	45
III.4.1.5	HKU (House Keeping Unit) :	48
III.4.2	La communication du système :	48
III.4.2.1	Le réseau Vnet/IP :	48
III.4.2.2	Commutateurs de niveau 2 (L2SW).....	48
III.4.2.3	Commutateurs de niveau 3 (L3SW).....	48
III.4.2.4	Routeur :	49
III.4.2.5	Topologie de connexion :	49
III.4.2.6	Les domaines dans Vnet/IP	49
III.4.3	Poste Opérateur, Human Interface Station – HIS :.....	50

III.4.3.1	Capacité opérationnelle :.....	51
III.4.3.2	Service terminal :	51
III.4.4	Poste Ingénieur, Engineering Work Station – ENG:.....	52
III.4.4.1	La fonction de test :.....	53
III.5	Fonctionnement et les fonctions de surveillance :.....	54
III.6	Fonctionnement global et les fonctions de surveillance :.....	54
III.6.1	Présentation d'affichage (Display layout).....	55
III.6.2	Bannière de message du système (System message banner).....	55
III.6.3	Barre du navigateur (browser bar).....	56
III.6.4	Zone de bureau HIS (HIS desktop area).....	56
III.7	La Fenêtre de Fonctionnement et surveillance	57
III.7.1	Vue graphique avec attribut graphique.....	57
III.7.2	Vue graphique avec attribut de contrôle.....	58
III.7.3	Vue de la façade (façade de l'instrument).....	59
III.7.4	Vue des tendances	60
III.7.5	Vue de réglage (Tuning view).....	61
III.7.6	Affichage du message « CAMS for HIS »	62
III.8	Fonction de contrôle	63
III.8.1	Configuration des fonctions de contrôle.....	64
III.8.2	Le bloc de fonction.....	64
III.9	Schémas de commande.....	66
III.10	CENTUM VP PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES	66
III.10.1	Extensibilité et dimensionnement.....	66
III.10.2	Gestionnaire des ressources végétales (PRM)	67
III.10.3	Communication HART.....	68
III.11	Conclusion	69
Chapitre IV Implémentation de la stratégie de régulation dans le DCS Yokogawa centum VP		
IV.1	Introduction.....	71
IV.2	Bloc de fonction.....	72
IV.2.1	Bloc de fonction	72
IV.2.2	Types de bloc de fonction.....	72
IV.2.3	Données d'E/S traitées par les blocs de fonction	73

IV.2.4	Valeur des données.....	73
IV.2.5	État des données	73
IV.2.6	Données d'entrée	73
IV.2.7	Données de sortie	74
IV.2.8	Bloc indicateur d'entrée (PVI)	74
IV.2.9	Bloc contrôleur (PID).....	74
IV.2.10	Bloc de fonction de segment de ligne variable (FUNC-VAR).....	75
IV.2.11	Blocs de calcul	76
IV.2.12	Blocs de calcul d'usage général (CALCU, CALCU-C).....	77
IV.2.13	Bloc de chargement manuel (MLD).....	77
IV.2.14	Bloc de chargement manuel avec logiciel Auto/Man (MLD-SW).....	78
IV.2.15	Bloc de commutation à 5 boutons poussoirs étendu (PBS5C)	79
IV.2.16	Bloc racine carrée (SQRT).....	80
IV.2.17	Bloc de diagramme logique (LC64)	81
IV.2.18	Bloc de table de séquence (ST16, ST16E).....	82
IV.3	Implémentation	82
IV.3.1	La création des blocs	82
IV.3.2	L'édition des blocs de calcul	90
IV.3.3	L'édition du Bloc de diagramme logique (LC64)	91
IV.3.4	L'édition d'un Bloc de table de séquence (ST16).....	92
IV.3.5	Le schéma logique de contrôle de niveau d'eau du ballon supérieur.....	94
IV.3.6	Création de l'interface graphique	95
IV.4	Conclusion	96
	Conclusion générale.....	98
	Bibliographie.....	100
	Annexe	

Introduction générale

La régulation efficace du niveau d'eau dans une chaudière à vapeur constitue un défi essentiel dans le domaine industriel. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes penchés sur l'étude et l'implémentation de la régulation du niveau du ballon supérieur d'une chaudière à vapeur à tube d'eau en utilisant le DCS de YOKOGAWA CENTUM VP. Notre objectif était de comparer entre une régulation à un seul élément et celle basée sur trois éléments, afin de prévenir les phénomènes qui peuvent surgir d'une variation rapide dans la consommation de la vapeur en outre les phénomènes dynamiques ; le gonflement et de tassement.

Dans le premier chapitre de ce mémoire, nous avons présenté brièvement la société dans laquelle la chaudière étudiée et installée et sur laquelle nous avons mené nos recherches.

Le deuxième chapitre fournit une vue d'ensemble des chaudières en général, en mettant l'accent sur leur fonctionnement, leurs composants et leur importance dans la production de vapeur. Nous abordons également l'objectif de la régulation du niveau dans une chaudière à vapeur, en soulignant les enjeux et les problèmes associés à une régulation basée sur un seul élément.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté une vue d'ensemble du système DCS de Yokogawa CENTUM VP. Nous avons exploré les fonctionnalités et les avantages de ce système de contrôle distribué, en mettant en évidence sa pertinence dans le cadre de notre étude sur la régulation du niveau du ballon supérieur d'une chaudière à vapeur.

Le quatrième chapitre est consacré à l'implémentation et à la simulation de la régulation du niveau du ballon supérieur sous le système CENTUM VP. Nous avons détaillé les étapes de mise en œuvre de notre approche de régulation basée sur trois éléments, en expliquant les choix techniques et les paramètres considérés.

Et à la fin on termine avec une conclusion générale dans laquelle on donne in constat final des objectifs atteint dans ce modeste travail.

Chapitre I Présentation du complexe RA1K

I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter le lieu de notre stage ; le complexe RA1K de SKIKDA en général [1].

I.2 Historique de l'Entreprise

Avant janvier 1982 le complexe de raffinage de pétrole de SKIKDA était géré par la société nationale SONATRACH.

A partir du 02 janvier 1982 la société SONATRACH a été restructurée en 13 entreprises, parmi ces entreprises ; l'Entreprise nationale de raffinage et de distribution de produits pétroliers l'E.R.D.P créée par décret 80-101 du 06 avril et mise en place le 02 janvier 1982, L'E.R.D.P est placée sous tutelle du ministère de l'énergie et des industries pétrochimiques.

A partir du 02 février 1985 l'E.R.D.P a été transformée sous le nom commercial NAFTAL. Cette dernière est subdivisée en quatre unités à savoir :

- Unité NAFTAL de raffinage.
- Unité NAFTAL de distribution.
- Unité NAFTAL portuaire.
- Unité NAFTAL de maintenance.

A compter du 25 août 1987 et par décret 87-190 fut créée l'entreprise nationale NAFTEC qui a pris en charge une des activités dévolues initialement à NAFTAL en l'occurrence la promotion, le développement, la gestion et l'organisation de l'industrie du raffinage par notamment le traitement du pétrole brut et du condensat ainsi que du brut réduit importé en vue d'obtenir des produits raffinés destinés à la consommation nationale et à l'exportation.

Actuellement l'Entreprise nationale Sonatrach à travers sa division RPC gère l'ensemble des six raffineries situant à Skikda(1 & 2), Alger, Arzew, Adrar et Hassi Messaoud.

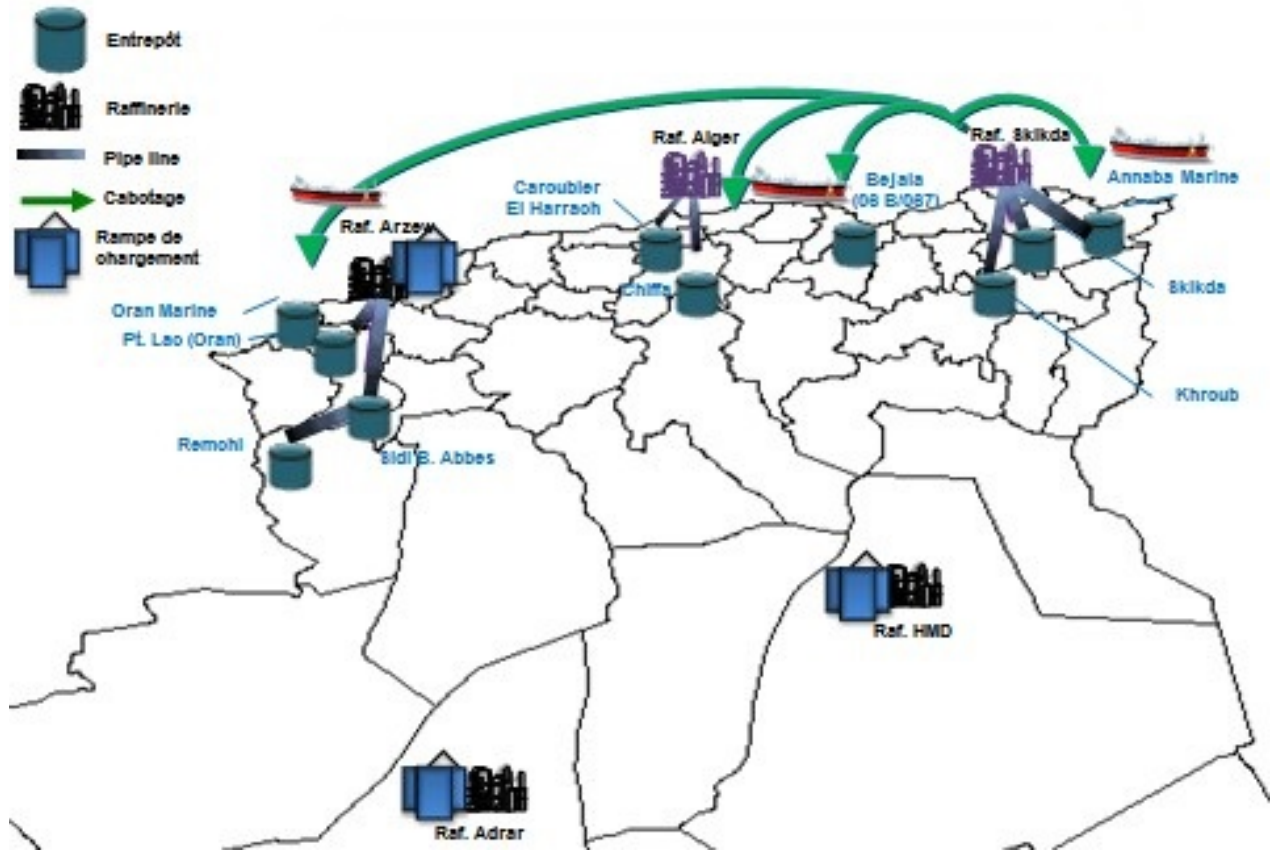


Figure I.1. L'industrie de raffinage en Algérie

I.3 Situation géographique

Cette raffinerie est située dans la zone industrielle à 7 km à l'est de Skikda et à 2 km de la mer, elle est aménagée une superficie de plus de 256 hectares.

Elle est alimentée en brut algérien par l'unité de transport Est RTE de Skikda (qui est une station intermédiaire de HASSI MESSAOUD).

Le transport du pétrole brut est réalisé à l'aide d'une pipe – line à une distance de 760 km des champs pétroliers jusqu'au complexe RA1K.



Figure I.2. Vue aérienne de la zone industrielle de Skikda

I.4 Objectifs assignés au complexe RA1K

Le Complexe de raffinage de pétrole de Skikda baptisé RA1/K a pour mission de transformer le pétrole brut provenant de HASSI MESSAOUD avec une capacité de traitement de (16.5 millions t/an) ainsi que le brut réduit importé (271 100 t/an).

Il emploie à l'heure actuelle environ 1600 travailleurs. La raffinerie de Skikda a été construite en janvier 1976 suite à un contrat signé le 30 avril 1974 entre le gouvernement Algérien et les constructeurs Italiens **SNAM PROGETTI** et **SAIPEM**.

Le coût total de cette réalisation s'est élevé à 3.402.872.000 DA.

I.5 Réhabilitation, modernisation et adaptation des installations de la RA1K

Le Complexe RA1K à bénéficier d'une mise à niveau en vue de :

- Augmenter le niveau de sécurité des installations et lever les contraintes d'exploitation ;
- Adapter l'outil de production à l'évolution des spécifications des produits raffinés ;
- Augmenter les capacités de raffinage de pétrole brut et de production des aromatiques ;
- Moderniser le réseau électrique ;
- Moderniser l'instrumentation ;

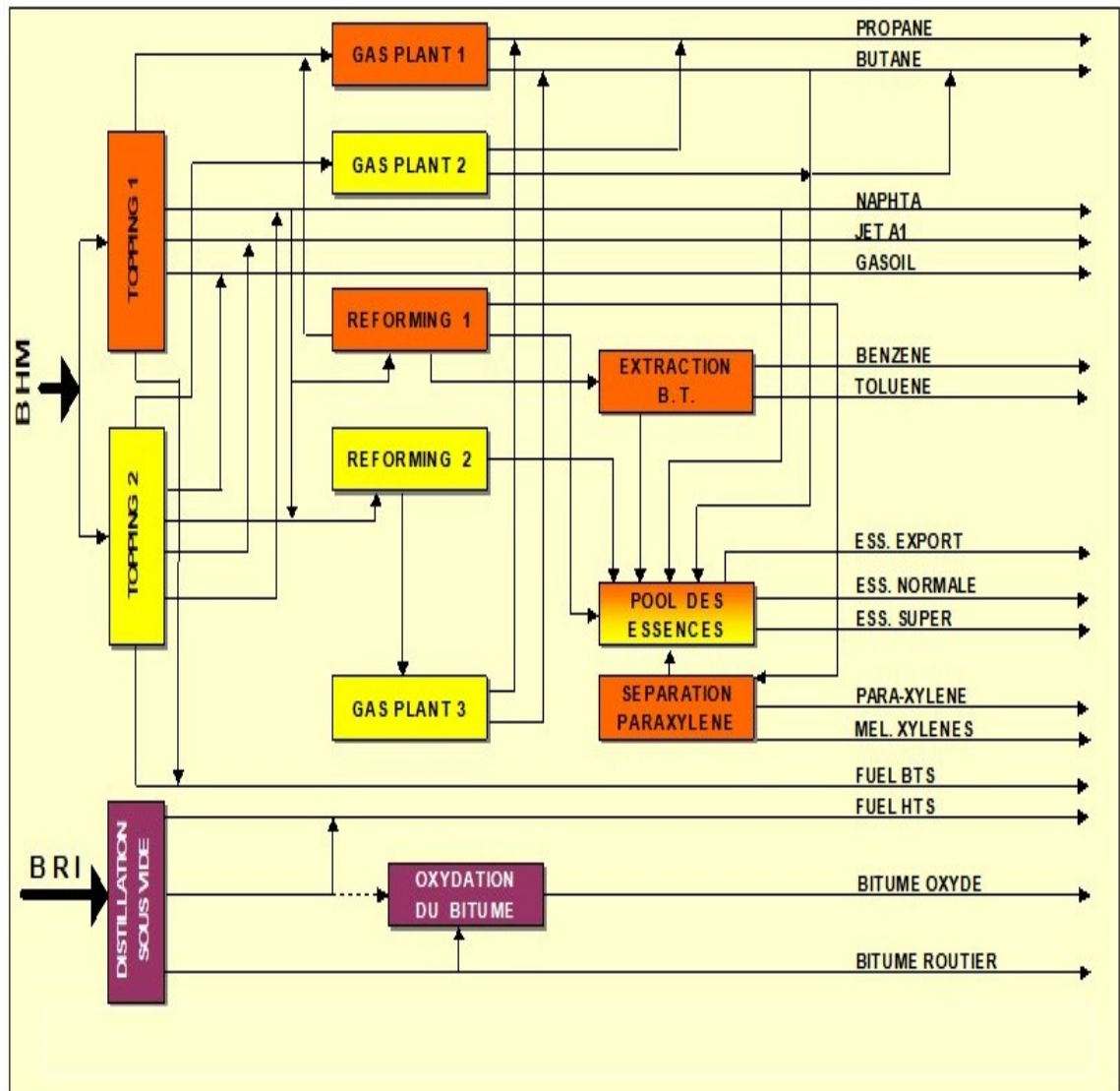


Figure I.3. Configuration avant réhabilitation de la raffinerie

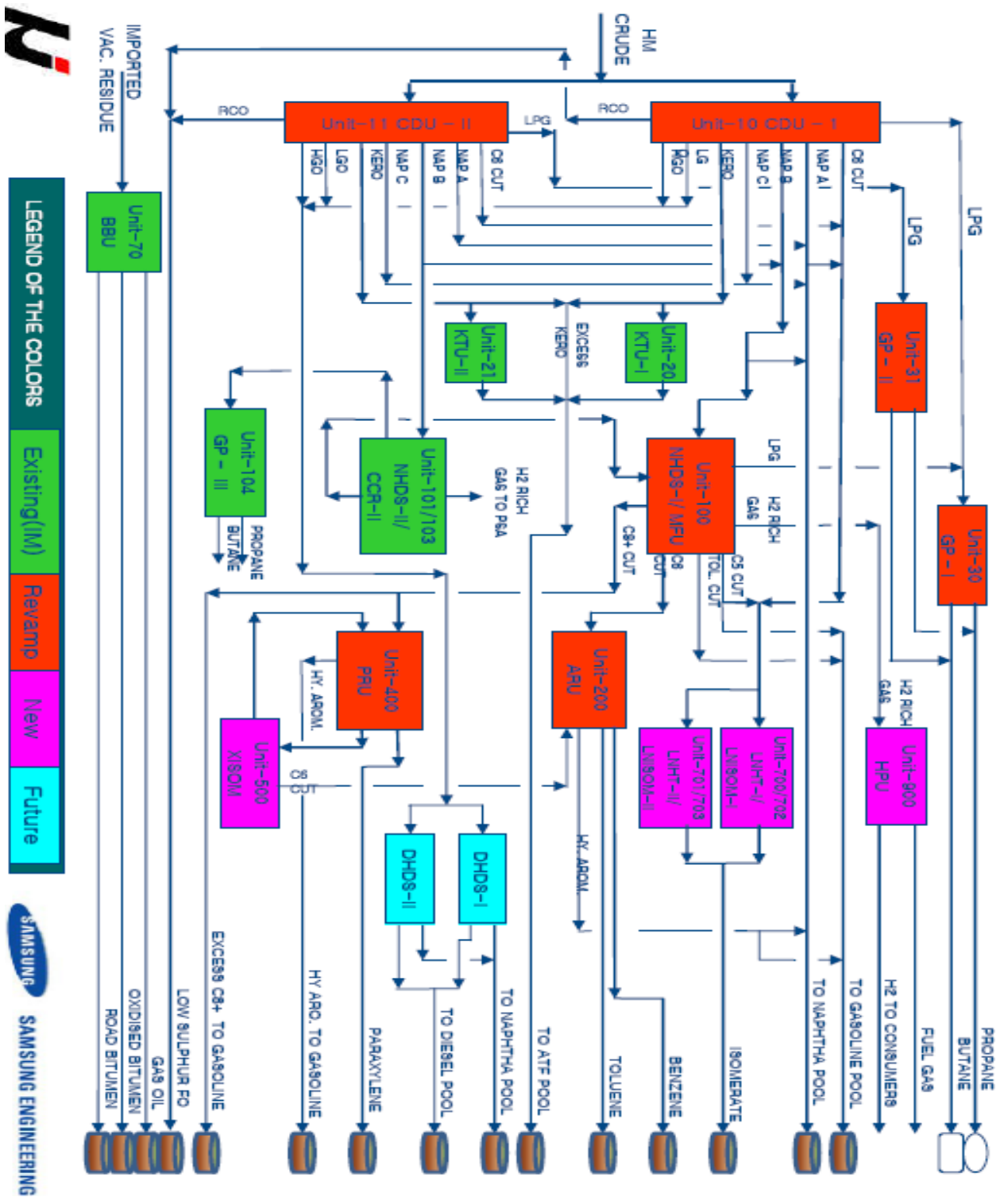


Figure I.4. Configuration après réhabilitation de la raffinerie

I.6 Organigramme du complexe RA1K [2]

La raffinerie de Skikda et le lieu de notre stage sont organisés comme suit :

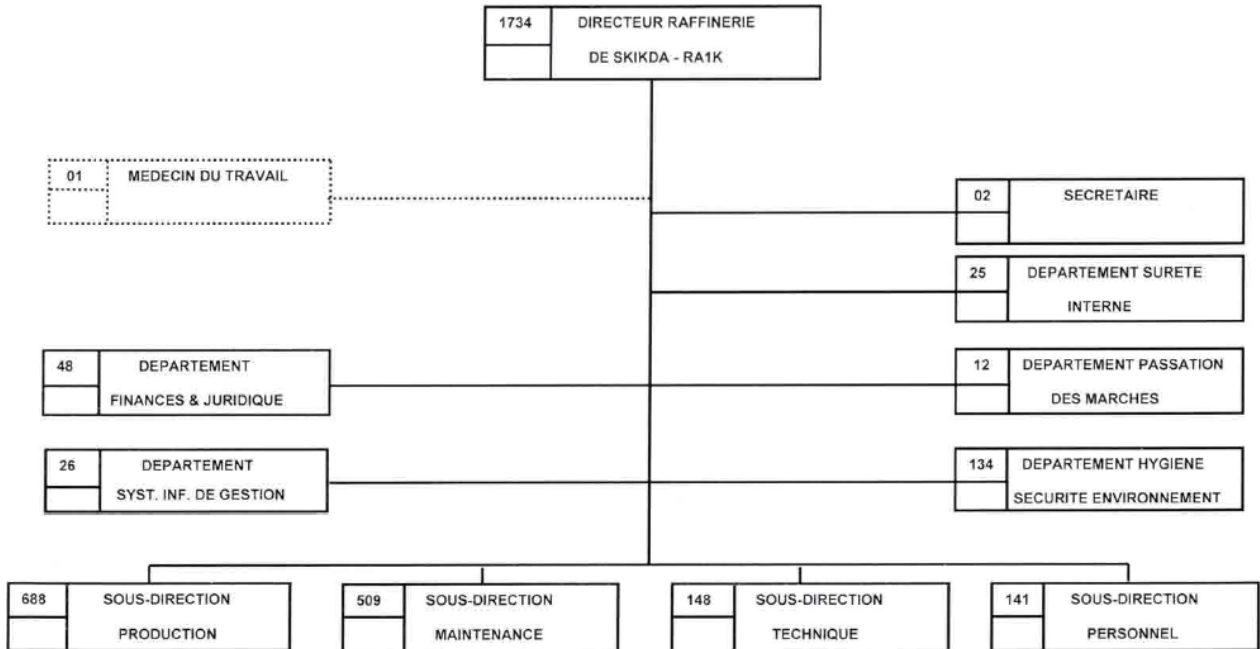


Figure I.5. L'Organigramme de la Raffinerie de Skikda

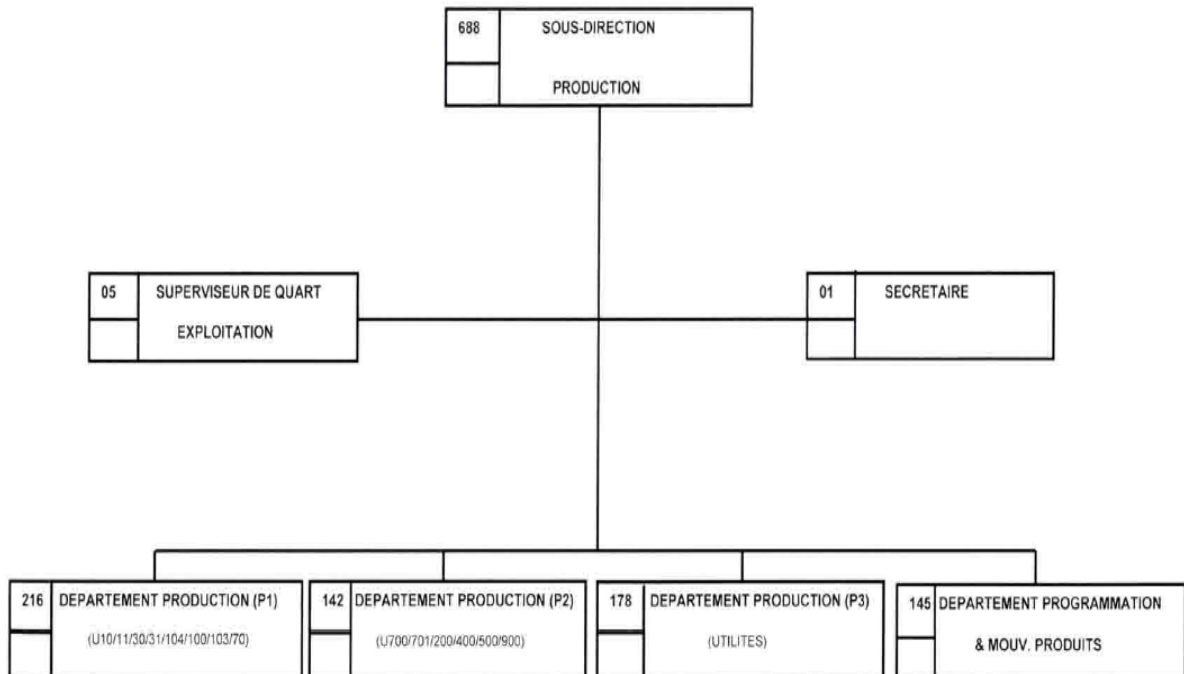


Figure I.6. L'organigramme de la Sous-direction production

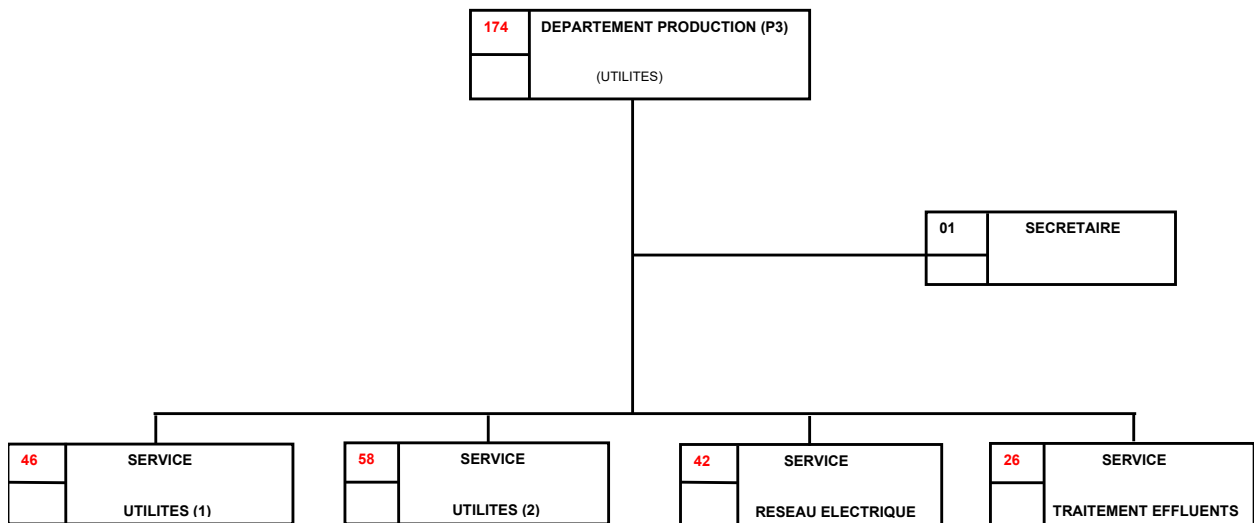


Figure I.7. L'Organigramme du Département Production (P3) [2]

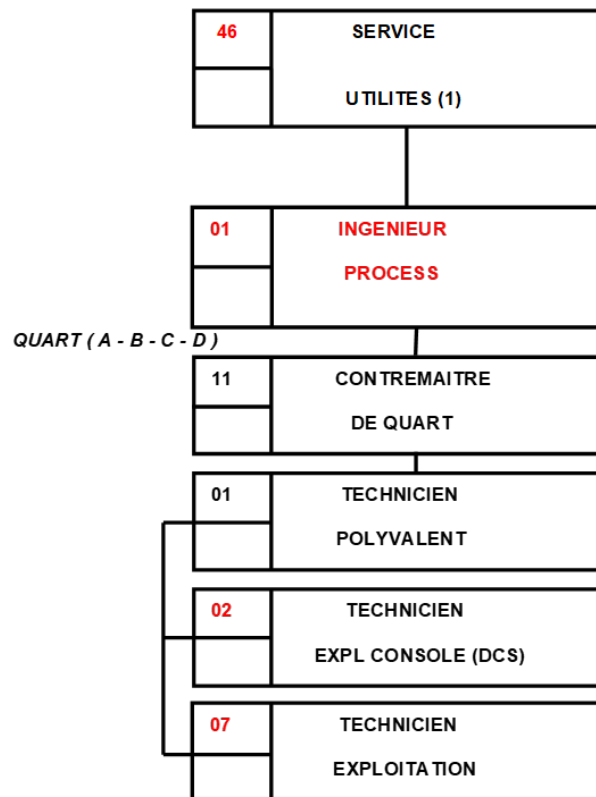


Figure I.8. L'organigramme du service Utilités 1 (CTE-1)
(Lieu de notre stage)

I.7 Présentation générale des unités de production [3]

La raffinerie de Skikda est subdivisée en différentes unités de production, et en outre elle comprend 22 unités principales :

- Unités 10 & 11 de distillation atmosphérique (**Topping**) ;
- Unité 100 de prétraitement et de reforming catalytique (**Magnaforming**) ;
- Unités 101 & 103 de prétraitement et de reforming catalytique (**Platforming**) ;
- Unités 30, 31 & 104 de traitement et séparation des gaz (**GPL**) ;
- Unité 200 d'extraction des aromatiques ;
- Unité 400 de cristallisation et séparation du paraxylène ;
- Unité 500 d'isomérisation du xylène ;
- Unité 70 de distillation sous vide (**Bitume**) ;
- Unité 1050 centrale thermoélectrique (**CTE**) et utilités ;
- Unité 600 de stockage, mélange et expédition (**Melex**) ;
- Unités 700, 701 ,702 et 703 d'hydrotraitement et isomérisation du NAPHTA ;
- Unité 900 de purification d'hydrogène ;
- Unité 1051 nouvelle centrale thermique (**CTE 2**) et utilités 2.

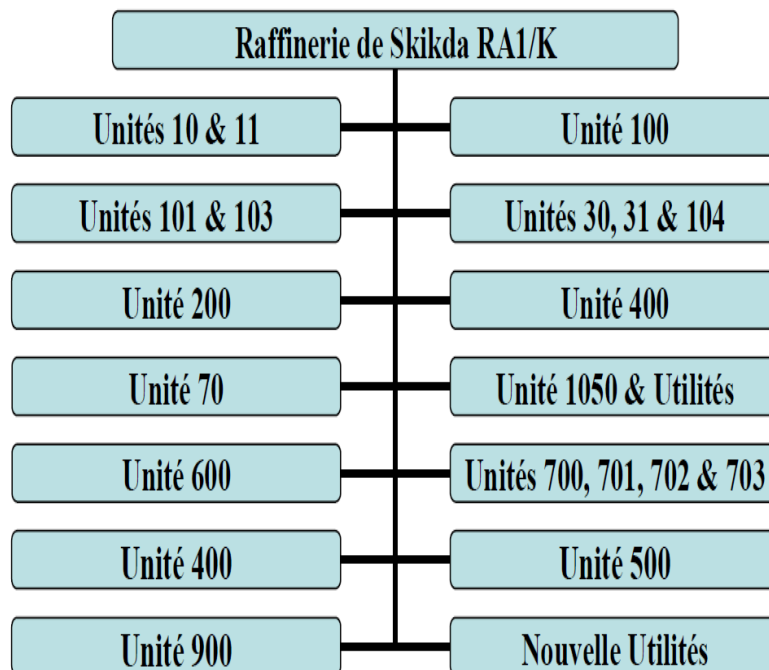


Figure I.9. Les différentes unités du complexe RA1/K

I.8 Centrale thermoélectrique et utilités (CTE)

La centrale thermique électrique et utilité est conçues pour la production, le conditionnement et la distribution au sein de la raffinerie des utilités suivantes :

- Air comprimé.
- Vapeur basse, moyenne et haute pression.
- Tours de refroidissement, eaux potables et anti-incendie.
- Azote (gaz inerte).
- Fuel gaz et gaz naturel.
- Électricité.

On peut résumer tout ça dans l'organigramme suivant :

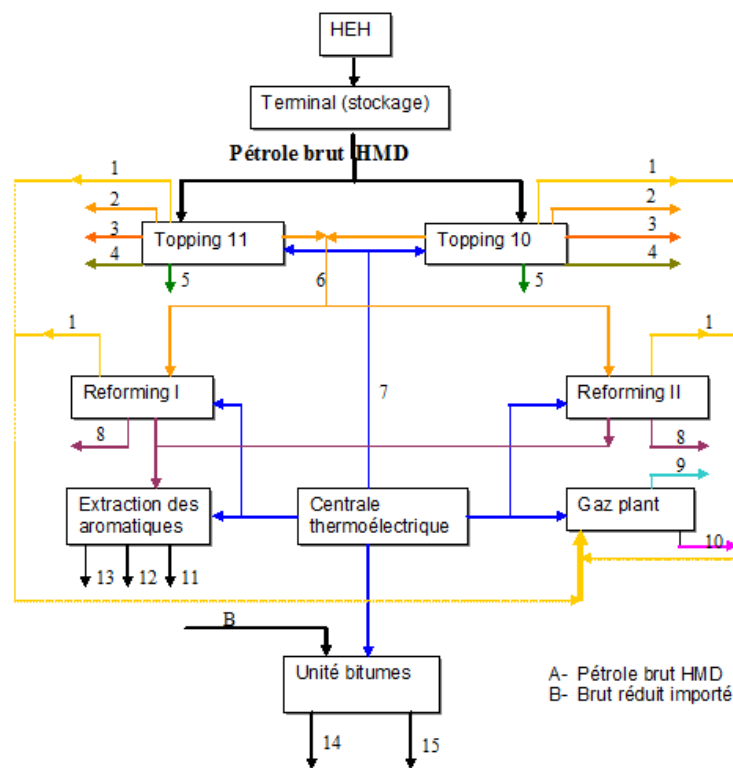


Figure I.10. Les unités pour lesquelles la CTE fournit ses services

1. Gaz vers GPL	9. Gaz secs.
2. Essence vers blending	10. GPL
3. Kérosène vers stockage	11. Paraxylène
4. Gas-oil vers stockage	12. Benzène
5. Résidu atmosphérique vers stockage.	13. Toluène
6. Naphta vers reforming catalytique.	14. Bitume oxydé
7. Utilité (eau, électricité, air et la vapeur)	15. Bitume routier
8. Réformât.	

La **CTE** est une unité primordiale pour la Raffinerie. Elle a été conçue en 1976 pour la production de la vapeur et de l'électricité.

C'est le cœur de la raffinerie, elle assure les utilités indispensables pour la marche de toutes les unités.

Elle comprend les unités suivantes :

- La section **62** pour la production d'eau déminéralisée
- La section **1020** ou tours de refroidissement de l'eau
- La section **1030** pour le stockage et le pompage de l'eau de barrage ou de l'eau potable
- La section **1040** pour le stockage et le pompage de l'eau anti-incendie
- La section **1050** pour la génération de la vapeur « chaudières » et production de l'électricité.
- La section **1060** pour la récupération et le traitement du condensât
- La section **1070** ou système Fuel-gas
- La section **1080** pour la production de l'air instrument et l'air de service
- La section **1100** pour le traitement des effluents
- La section **1110** de production de l'azote (N2)

I.9 Présentation de l'unité 1050

Cette unité fournit :

- L'eau dégazée, nécessaire à la production de la vapeur, par les dégazeurs 1050-V-1 A/B, les pompes d'alimentation 1050-P-1 A/B/C/D et les pompes d'alimentation moyenne pression 1050-P-7 A/B.
- La vapeur à toute la raffinerie, subdivisé en trois réseaux de distribution (haute, moyenne et basse pression), par les chaudières 1050-G-1/2/3 et les stations de réduction et de désurchauffe 1050- ME-3 A/B et 1050- ME- 4 A/B.

I.10 Les équipements principaux de l'unité 1050

L'unité 1050 se compose principalement de :

- Dégazeurs.
- Pompes alimentaires.
- Turboalternateurs.
- Chaudières.

I.11 Présentation de la chaudières 1050- G- 1/2/3

La vapeur est produite par les trois chaudières **1050-G-1/2/3** dont deux sont en fonctionnement et une au repos a la marche normale de la raffinerie.

Chaque chaudière a quatre brûleurs fonctionnant avec fuel gaz combustible et un ventilateur à tirage forcé, équipé d'un moteur électrique et d'une turbine à vapeur.

La chaudière est du type à tuyaux d'eau à circulation naturelle, avec deux corps cylindriques, l'un supérieur, l'autre inférieur, joints par un grand nombre de tuyaux lesquels emmagasinent la plus grande partie de la chaleur contenue dans les gaz de combustion.

La chambre de combustion est du type à écran tubulaire, les tuyaux formant les parois sont à ailettes et sont soudés l'un à l'autre de façon à former une chemise continue.

L'eau d'alimentation arrive au corps cylindrique supérieur et de là est distribuée, à travers plusieurs collecteurs secondaires, à tous les tuyaux de la chaudière.

Au corps cylindrique supérieur arrive la solution de phosphate tri sodique, qui a le but d'abattre les possibles résidus de dureté.

La vapeur qui se forme dans les tuyaux est recueillie dans le corps cylindrique supérieur et acheminée aux deux surchauffeurs et de là au réseau. Les surchauffeurs sont du type à U renversé, vertical, avec collecteurs dans la partie inférieure entre le premier et le deuxième banc de surchauffeurs il y a le désurchauffeur, de type à injection d'eau, pour la régulation de la température.

L'air de combustion fournie par le ventilateur est chauffé par un préchauffeur à vapeur et après par le préchauffeur rotatif du type Lundstrom, qui transfère la chaleur contenue dans les fumées sortant de la chaudière à l'air qui arrive. L'air a la possibilité de by passer le Lundstrom, en passant à travers une autre conduite qui est généralement fermée.

L'air de combustion est réglé sur chaque brûleur par un registre. Le parcours des fumées à l'intérieur de la chaudière peut être subdivisé en trois zones :

Chambre de combustion, zone des surchauffeurs et zone du faisceau de tuyaux des deux corps cylindriques.

Pour éliminer la suie déposée sur les tuyaux de cette zone la chaudière est équipée avec deux souffleurs dont un rétractiles et un autre fixe, fonctionnant avec la vapeur saturée, directement dérivée du corps cylindrique.

Les fumées, après être passées à travers le Lundstrom, sont déchargées à l'atmosphère par une cheminée indépendante pour chaque chaudière.

L'image suivante montre un synoptique détaillée du fonctionnement de la section 1050 :

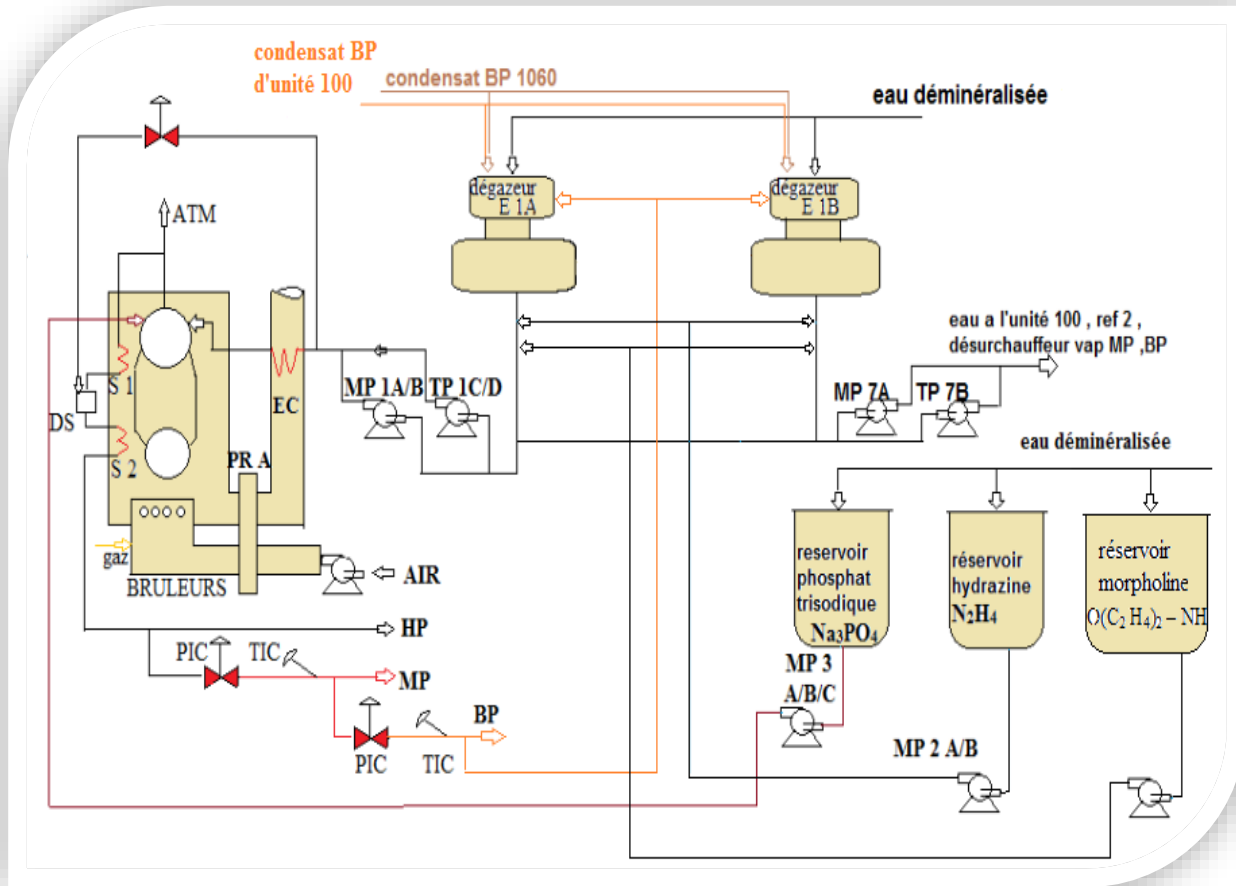


Figure I.11. Schémas descriptifs de la section 1050

I.12 Conclusion

Dans Ce premier chapitre nous avons présenté une introduction à la raffinerie de Skikda, permettant ainsi d'acquérir une meilleure connaissance de cette installation qui est réputée être la plus importante d'Algérie en termes de capacité de production.

Ensuite nous avons présenté la centrale thermoélectrique et ses différents sections et nous nous sommes focalisés sur les chaudières sujet de notre mémoire.

Chapiter II Généralités sur les Chaudières

II.1 Introduction

La vapeur d'eau dans le contexte d'une chaudière industrielle désigne le gaz produit par l'évaporation de l'eau à haute pression et haute température dans le but de fournir de l'énergie thermique à des processus industriels spécifiques. Les chaudières industrielles sont des systèmes complexes conçus pour générer une grande quantité de vapeur d'eau afin de répondre aux besoins de diverses applications, telles que la production d'électricité, le chauffage des locaux industriels, la génération de vapeur pour les procédés chimiques, la stérilisation ou encore la propulsion dans le cas de la marine.

La vapeur d'eau produite dans une chaudière industrielle est caractérisée par des paramètres tels que la pression, la température et le débit. La pression de la vapeur peut varier en fonction des exigences spécifiques du processus industriel et peut atteindre des niveaux élevés pour maximiser l'efficacité énergétique et la performance des équipements utilisant la vapeur. La température de la vapeur est également contrôlée pour s'adapter aux besoins du procédé, en veillant à ce qu'elle soit suffisamment élevée pour fournir la quantité d'énergie thermique requise. Le débit de la vapeur dépend de la capacité de production de la chaudière et de la demande en termes de quantité de vapeur nécessaire. La vapeur d'eau est essentielle pour alimenter les diverses opérations industrielles qui dépendent de la chaleur. Elle est transportée par des conduites et canalisations vers les différents points d'utilisation où elle libère son énergie thermique pour effectuer des tâches spécifiques. La qualité de la vapeur, notamment en termes de teneur en impuretés et de présence de gouttelettes d'eau, est également un aspect important à contrôler pour garantir le bon fonctionnement des processus industriels et la durabilité des équipements.

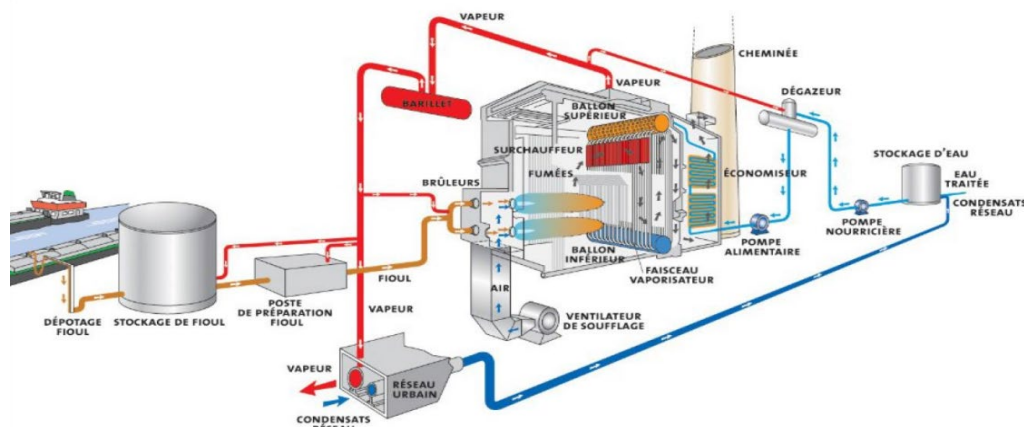


Figure II.1. Exemple de principe général d'une unité de production de vapeur

II.2 Description des chaufferies

Une chaudière comprend un système d'alimentation en eau, un système de production vapeur et un système de carburation.

Le système d'alimentation en eau fournit de l'eau à la chaudière et règle sa quantité automatiquement pour répondre à la demande de vapeur. Différentes vannes offrent un accès pour l'entretien et la réparation. L'eau fournie à la chaudière est convertie en vapeur d'eau.

Le système de production de vapeur collecte et contrôle la vapeur produite dans la chaudière, et la vapeur produite est dirigée à travers un système de tuyauterie vers le point d'utilisation.

A travers l'ensemble du système de chaufferie, la pression de vapeur est réglée à l'aide des vannes et vérifiée avec des transmetteurs de pression de la vapeur.

Le circuit d'alimentation en combustible comprend tout le matériel utilisé pour fournir du combustible pour générer la chaleur nécessaire. Le matériel nécessaire dans le système de carburant est fonction du type de combustible utilisé dans le système [4].

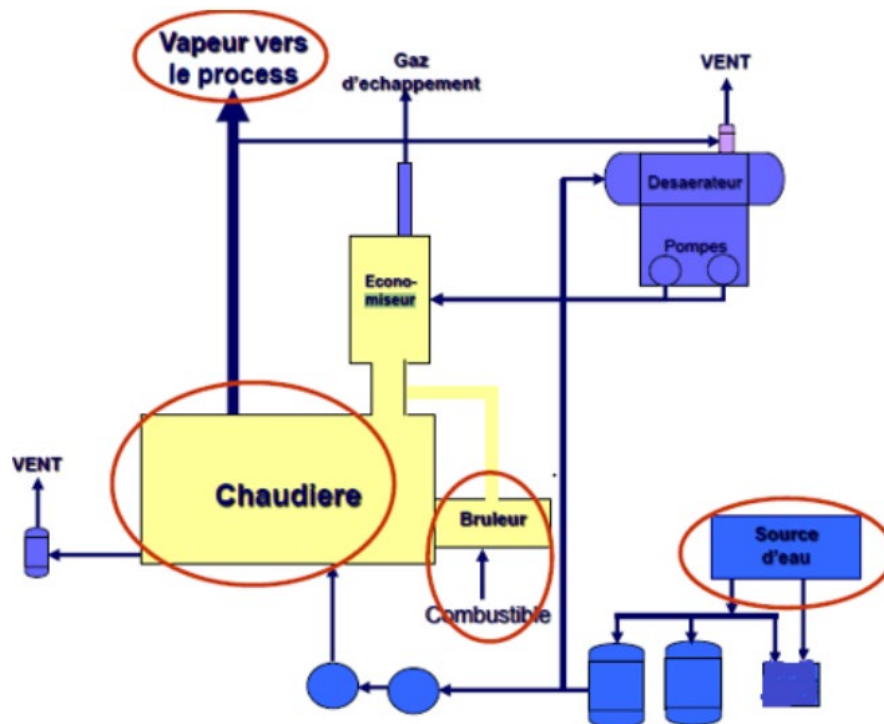


Figure II.2. Représentation schématique d'un système de chaufferie

II.3 Chaudière à vapeur

La chaudière à vapeur ou générateur de vapeur est un appareil d'échange thermique qui est destiné à produire de la vapeur d'eau. Cette vapeur d'eau est ensuite utilisée par des échangeurs de chaleur. La vapeur peut aussi être utilisée pour chauffer un fluide caloporteur d'un autre appareil.

La chaudière à vapeur va réchauffer le circuit d'eau avec son brûleur. Ensuite, des fumées sont générées par cette combustion [5].

L'eau qui entre dans le circuit est plus froide mais elle a pu s'enrichir au passage d'une partie de l'énergie que contiennent les fumées.

II.3.1 Les différents types de chaudière

On retrouve deux principaux types de générateur de vapeur (tube d'eau et tube de fumées). Pour ces deux types d'appareils, un brûleur fournit la chaleur qui fera fonctionner l'ensemble. Les industriels qui sont à la recherche d'une capacité optimale pour l'émission de vapeur optent pour les chaudières à tube. Ces dernières peuvent fournir une fumée allant jusqu'à 300 °C et ont un meilleur rendement par rapport aux autres chaudières. Les vapeurs produites par ces machines sont des vapeurs surchauffées à moyen et forte pression [5].

II.3.1.1 Chaudière à vapeur à tubes de fumées

Ce type de chaudière fournit un débit de vapeur saturée de 1 à 25 tonnes/heure, en basse et moyenne pression. Le combustible utilisé est soit du gaz soit du fioul. [6]

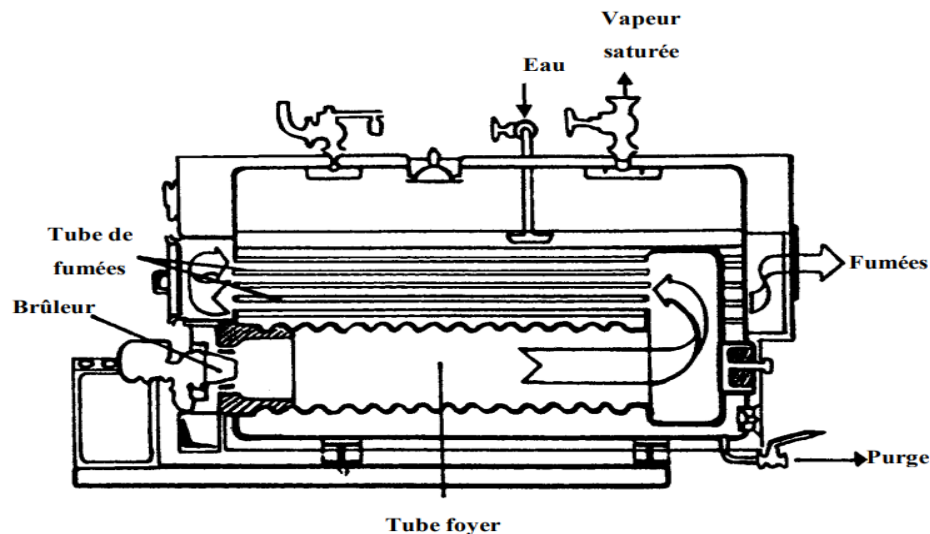


Figure II.3. Présentation d'une Chaudière à vapeur à tubes de fumées

Dans la **chaudière à vapeur à tubes de fumées**, la flamme et les fumées qui résultent de la combustion de gaz ou de fioul, circulent du brûleur jusqu'à la cheminée dans un faisceau de **tubes immergés** dans une calandre formant le réservoir d'eau. La **vapeur** est ainsi produite en chauffant ce volume d'eau à l'aide des fumées produites dans les **tubes de fumées immergés**. C'est la technique la plus classique pour la production de **vapeur saturée** (vapeur surchauffée). Les chaudières à tubes de fumées sont installées dans des processus où la pression ne dépasse pas 30 bar, comme dans l'industrie agro-alimentaire ou les blanchisseries [7].

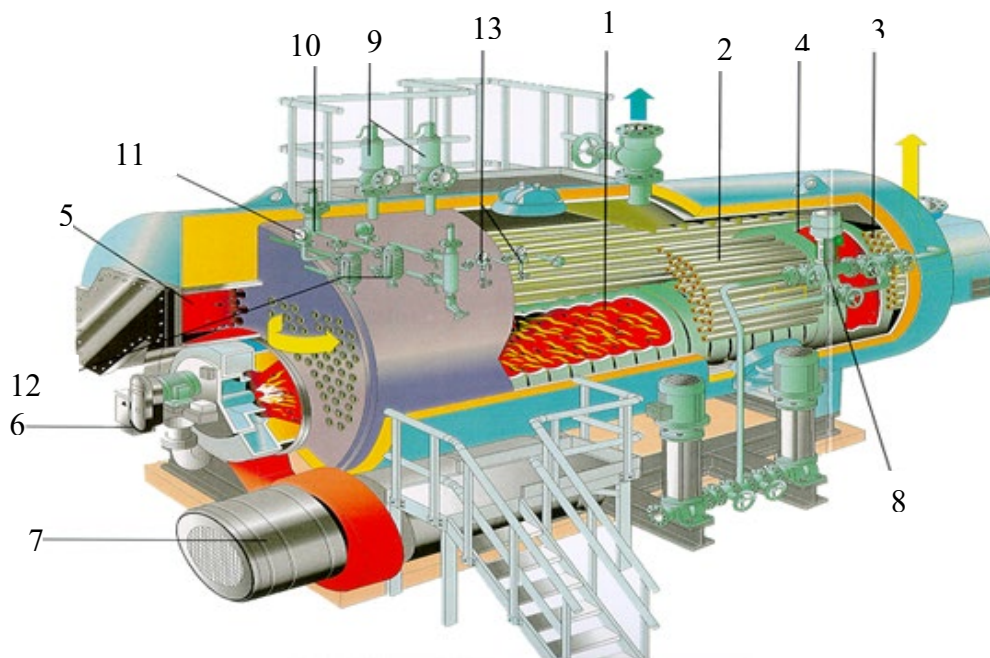


Figure II.4. La Chaudière à vapeur à tubes de fumées

- | | |
|--|--|
| 1. Foyer | 8. Vanne de régulation |
| 2. Tube de fumée 2 ^{ème} passe | 9. Soupape de sécurité |
| 3. Tube de fumée 3 ^{ème} passe | 10. Indicateur de niveau de sécurité d'eau |
| 4. Boîte arrière à refroidissement par eau | 11. Manomètre |
| 5. Chambre de combustion | 12. Indicateur de niveau à glace |
| 6. Brûleur | 13. Bloc d'isolement + manomètre |
| 7. Ventilateur de combustion | |

Les coupes ci-dessous permettent de mieux comprendre les principes constructifs d'une chaudière à vapeur à tubes de fumées :

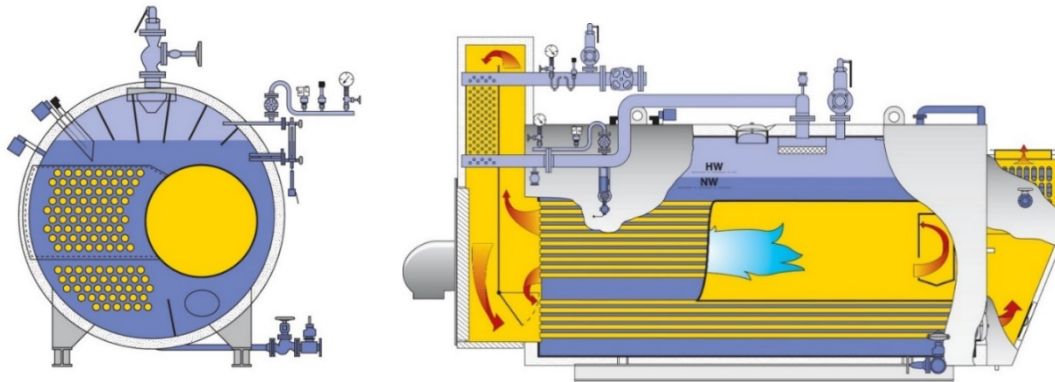


Figure II.5. La Chaudière vapeur à tubes de fumées

La gamme de puissance de ces chaudières s'étend de 0,2 à 40 ... 50 t/h de vapeur environ. Cela correspond à des puissances thermiques de l'ordre de 100 kW à 30 MW.

On voit qu'un premier "tube" de très gros diamètre constitue la chambre ou le foyer dans lequel se développe la flamme. Ensuite les fumées sont canalisées vers des faisceaux tubulaires pour terminer leur cheminement dans un économiseur éventuel qui assure le préchauffage des fumées par récupération sur l'enthalpie résiduelle des fumées. L'ensemble du "tube foyer" et des faisceaux tubulaires est noyé dans le grand volume d'eau contenu dans la virole externe qui constitue le corps de la chaudière.

La principale caractéristique des chaudières de ce type est donc de comporter un grand volume d'eau sous pression (la même que celle de la vapeur produite) avec pour conséquences premières :

- De présenter une grande inertie thermique (démarrage lent).
- D'être très destructive en cas d'explosion (un gros volume d'eau se transforme instantanément en vapeur).

II.3.1.2 Les Chaudières à tubes d'eau

Ce type de chaudière fournit un débit de vapeur saturée supérieur à 20 tonnes/heure, en moyenne et haute pression. Le combustible utilisé est soit du gaz, du fioul, du charbon ou déchets [6].

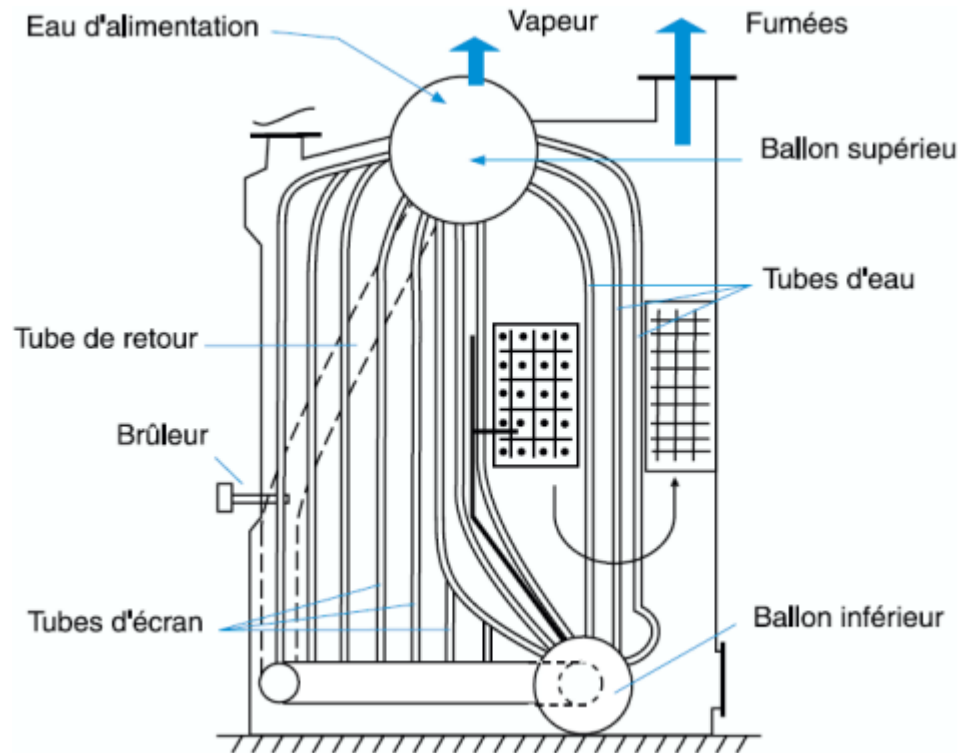


Figure II.6. Présentation d'une chaudière à tube d'eau.

Ce type de chaudière possède deux réservoirs appelés ballon distributeur (en partie inférieure) et ballon collecteur (ou encore ballon de vaporisation, en partie supérieure), reliés par un faisceau de tubes vaporisateurs, dans cet ensemble circule l'eau qui se transforme en vapeur. Les gaz chauds produits par le brûleur sont directement en contact avec les tubes vaporisateurs, à l'intérieur de ceux-ci se produit la vaporisation. La vapeur ainsi générée est collectée dans le ballon supérieur, l'eau excédentaire est ramenée vers le ballon inférieur par des tubes de chute non soumis à la chaleur. Dans le domaine des hautes pressions, une pompe peut être installée pour faciliter cette circulation du haut vers le bas [6]. Il y a donc circulation de l'eau dans des tubes placés à l'intérieur d'une enceinte contenant les gaz chauds.

Les plus importantes chaudières utilisées dans l'industrie de l'énergie, sont les chaudières à tubes d'eau.

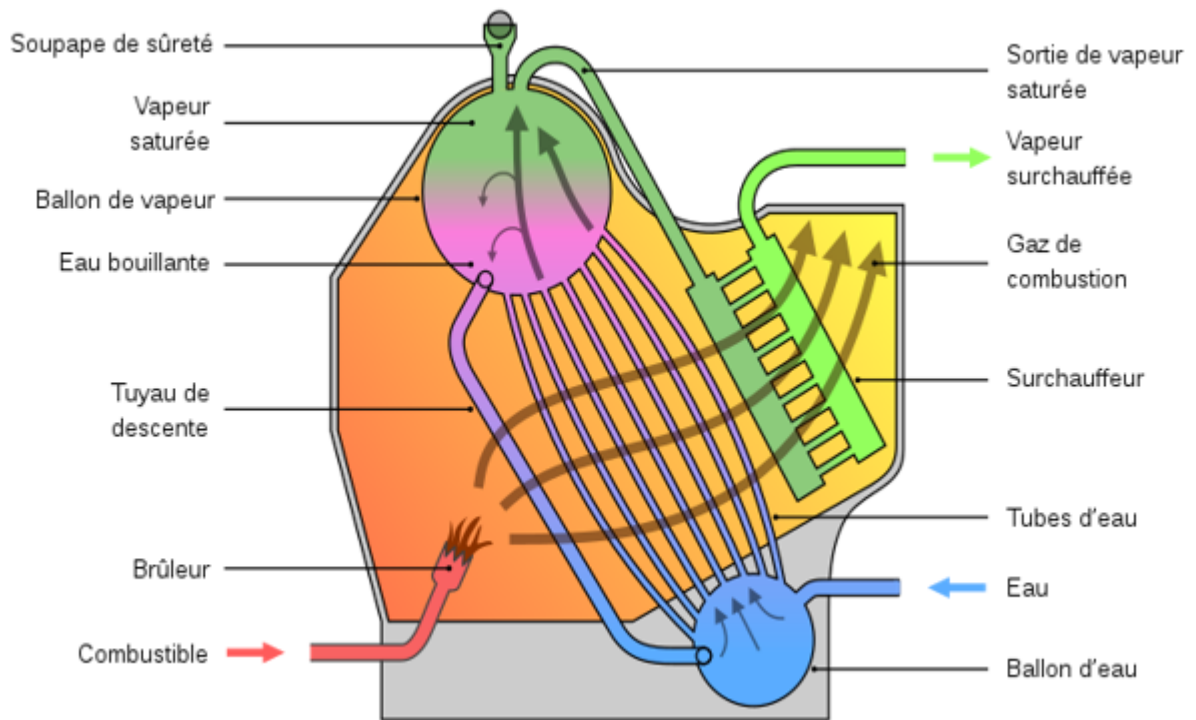


Figure II.7. Schéma d'une chaudière à tubes d'eau

II.3.1.3 Les chaudières à circulation naturelle

Dans les chaudières à circulation naturelle, la circulation du fluide dans l'évaporateur est assurée par la différence de densité entre l'eau qui descend du ballon et le mélange eau vapeur qui remonte vers le ballon. La circulation naturelle est d'autant meilleure que la différence de hauteur entre le ballon et les tubes est grande. Dans le ballon, il y a séparation des phases : la phase vapeur est envoyée vers une éventuelle surchauffe tandis que l'eau à la base du ballon est renvoyée vers l'évaporateur.

La chaudière à un niveau de pression peut donc être divisée en trois zones bien distinctes :

- **L'économiseur** : l'eau liquide est réchauffée jusqu'à la température d'approche qui se situe à quelques degrés sous la saturation. Cette différence de température est une sécurité pour ne pas avoir de vaporisation à l'intérieur des tubes [8].
- **L'évaporateur** : l'eau reprise à la base du ballon est partiellement vaporisée puis renvoyée dans le ballon.
- **La surchauffeur** : la vapeur est soutirée en haut du ballon et est surchauffée jusqu'à la température de consigne.

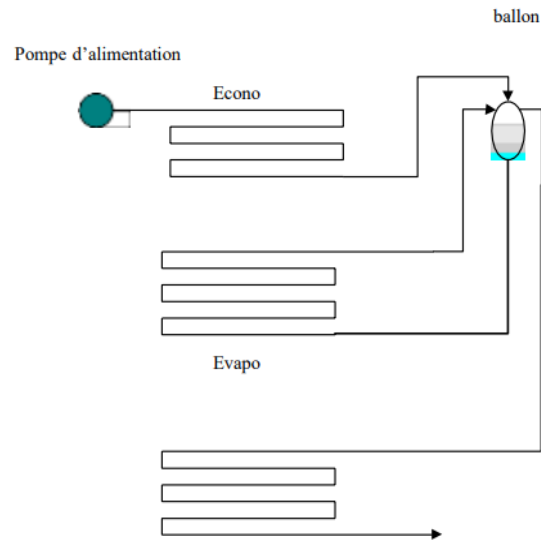


Figure II.8. Chaudière à circulation naturelle

II.3.1.4 Les chaudières à circulation assistée

Lorsque la pression de la vapeur augmente, le tirage naturel dans les tubes de l'évaporateur devient insuffisant. Une pompe de circulation est alors introduite dans la boucle de vaporisation pour vaincre les pertes de charge du mélange eau-vapeur à déplacer. C'est un schéma couramment rencontré pour des pressions comprises entre 100 et 180 bars [8].

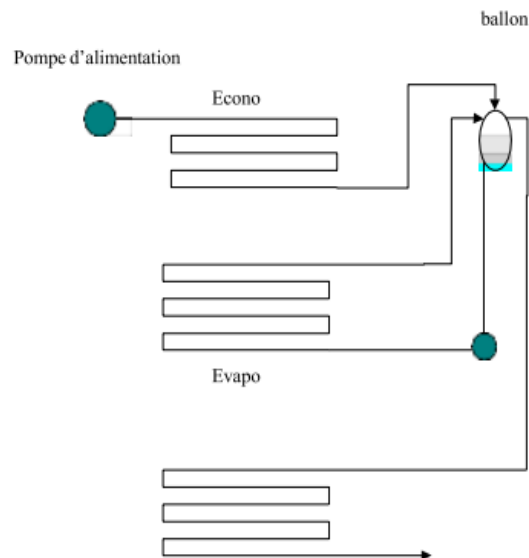


Figure II.9. Chaudière à circulation assistée.

II.3.1.5 Les chaudières à circulation forcée

Les chaudières les plus modernes peuvent être à vaporisation totale (once-through boiler en anglais) : elles ne comportent théoriquement plus de réservoir matérialisant la séparation eau vapeur et sont constituées d'un grand nombre de tubes parallèles à l'intérieur desquels l'eau se réchauffe, se vaporise, et se surchauffe en un seul passage. Une chaudière à circulation forcée diffère d'une chaudière classique, à circulation naturelle ou assistée, de par le nombre d'éléments qui la composent. En effet, une chaudière classique comprend un économiseur, un vaporiseur avec ballon de séparation et un surchauffeur. Dans une chaudière à circulation forcée, on ne peut plus faire la différence entre l'économiseur et le vaporiseur, et s'il subsiste un ballon de séparation, non seulement sa taille est fortement réduite, mais en plus, son utilité est principalement limitée à la phase de démarrage de la chaudière, pendant laquelle l'eau soutirée à la base du ballon est renvoyée vers le dégazeur, la surchauffeur n'étant opérationnel que lorsque le débit de vapeur sortant du ballon est suffisant [8].

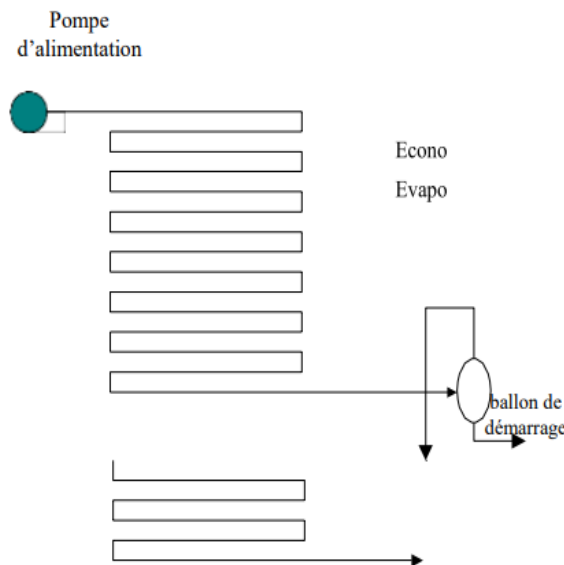


Figure II.10. Chaudière à circulation forcée avec ballon de démarrage

Dans une chaudière à tube d'eau à circulation forcée, l'eau est pompée à travers des tubes à l'intérieur de la chaudière et est exposée à une source de chaleur, généralement des brûleurs à combustion ou des échangeurs de chaleur. La circulation de l'eau est forcée par des pompes, qui maintiennent un débit constant à travers les tubes.

Ce type de chaudière présente plusieurs avantages. Tout d'abord, la circulation forcée de l'eau assure un transfert de chaleur efficace, permettant une production de vapeur plus rapide et une

réponse rapide aux variations de la demande. De plus, la configuration à circulation forcée permet de maintenir des températures et des pressions élevées, ce qui est essentiel pour les applications nécessitant une vapeur d'eau de haute qualité et de haute performance.

Le rôle principal d'une chaudière à tube d'eau à circulation forcée est de produire de la vapeur d'eau à haute pression et haute température de manière efficace, fiable et sécurisée. Grâce à sa conception qui assure une circulation forcée de l'eau à travers les tubes, ce type de chaudière offre des avantages tels qu'un transfert de chaleur efficace, une réponse rapide aux variations de la demande, une meilleure régulation de la pression et une réduction des risques d'encrassement.

II.4 Description de la chaudière étudiée

La chaudière étudiée est implantée dans le complexe RA1K-SKIKDA, elle est de type à tube d'eau à circulation forcée. Elle a pour rôle de fournir de la vapeur sèche pour servir les différentes unités du complexe et leur équipement (Turbocompresseur, turbopompe alimentaire, turbo ventilateur, ...etc.), et pour les échangeurs thermiques ainsi que les vapeurs de service.

II.4.1 Le rôle et la construction de chaque élément de la chaudière 1050-G1

- a- **La surchauffeur** : Permet d'étendre l'efficacité de la chaudière lorsque la demande de vapeur nécessite certaines valeurs de température et d'humidité. Si on a besoin de vapeur pour un processus industriel à une température plus élevée que la saturation (100 degrés centigrades), il est nécessaire de bénéficier d'une surchauffeur de vapeur dans l'installation de la chaudière [9].
- b- **Le désurchauffeur** : Réduisent la température de processus de vapeur surchauffée en introduisant des gouttelettes d'eau finement atomisées dans le flux de vapeur. Comme les gouttelettes s'évaporent, la chaleur sensible de la vapeur d'eau surchauffée est convertie en chaleur latente de vaporisation [10].
- c- **La cheminée** : Le rôle de la cheminée est d'évacuer les gaz de combustion. Ces gaz contiennent principalement du CO₂ et de l'eau mais aussi des composants toxiques comme le CO ou des oxydes d'azote (NO_x) [11].
- d- **Ventilateur air primaire** : Sont utilisés dans presque tous les secteurs industriels. Ils mettent à disposition les quantités d'air primaire et secondaire nécessaires. Les évacuateurs de gaz de fumées aspirent l'air chargé de poussière, de gaz et de substances

nocives. Dans le secteur d'air primaire, des ventilateurs d'aspiration sont utilisés dans les épurateurs, les dépoussiéreurs, les échangeurs thermiques et les installations de désulfurisation [12].

- e- **Les tubes vaporisateurs :** Les tubes de haute (non chauffée) reliant le réservoir collecteur au réservoir distributeur.
- f- **Les écrans vaporisateur :** reliant le réservoir distributeur au réservoir collecteur. C'est dans ces tubes que s'y-produit la vapeur d'eau.
- g- **Chambre de combustion :** C'est une chambre constituée par les tubes d'écrans vaporisateurs, dont le rôle principal est d'assurer la combustion dans des conditions correctes, à savoir une sécurité, un bon rendement, un minimum d'entretien, avec parfois la possibilité d'utiliser soit séparément ou ensemble plusieurs combustibles afin d'assurer une partie non négligeable de l'échange thermique de la chaudière et de préférence une partie importante de la vaporisation [13].
- h- **Le brûleur :** C'est un appareil complexe qui assure le mélange intime comburant-combustible, et lorsque c'est nécessaire, la pulvérisation du combustible. Pour décrire les différentes parties du brûleur et son fonctionnement, nous avons choisi le brûleur mixte, le plus fréquemment utilisé en raffinerie. Il s'agit habituellement de brûleurs qui peuvent fonctionner au gaz ou au fioul [14]. Chaque chaudière est équipée de quatre (4) brûleurs mixtes pour la combustion d'huile comestible, de gaz combustible et de gaz naturel, aussi bien séparément que pour toutes les proportions d'huile combustible et de gaz combustible.
- i- **Le ballon supérieur :** L'eau d'alimentation est introduite à la chaudière par une conduite montée parallèlement à l'axe du ballon et percés de manière appropriée pour pouvoir se mélanger avec l'eau à l'intérieur du ballon. La séparation entre la phase eau et la phase vapeur qui, mélangées l'une à l'autre, arrivent par les écrans d'évaporation, se produit dans le ballon supérieur. La vapeur occupe la partie supérieure du corps cylindrique (ballon) et l'eau celle inférieure.

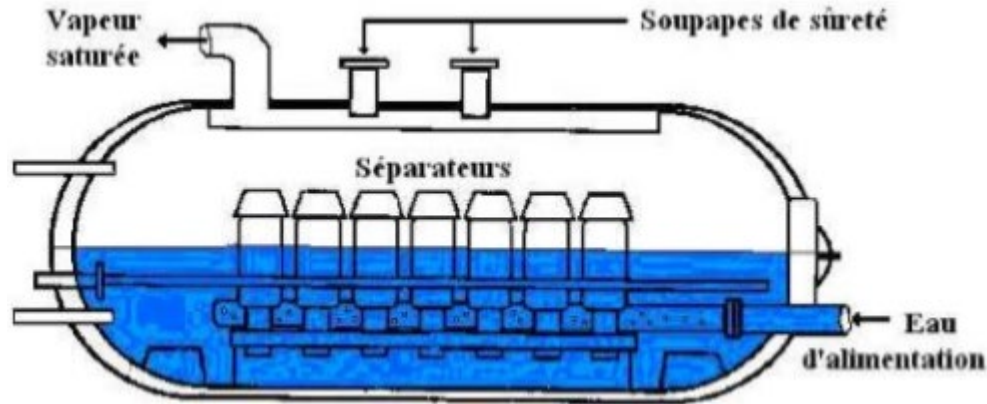


Figure II.11. Schéma simplifié du réservoir supérieur.

II.4.2 Le niveau de l'eau dans la chaudière

- a- **Niveau min** : L'eau doit toujours être supérieure au niveau min. car, au-dessous de celui-ci, les tuyaux de la chaudière commencent à ne pas être complètement remplis. Dans ce cas, les tuyaux n'étant plus efficacement refroidis commencent à se surchauffer et peuvent arriver à la température de rupture. Dans le cas où le niveau descend très au-dessous de la valeur min. il peut y avoir l'explosion de nombreux tuyaux avec des effets désastreux.
- b- **Niveau max** : Si le niveau est au-dessus de ce max. L'eau peut dépasser les séparateurs et entrer dans la surchauffeur. Dans ce cas, on peut avoir les phénomènes suivants : Abaissement de la température de la vapeur surchauffée et dépôts de sels contenus dans l'eau dans les surchauffeurs et les palettes de la turbine (érosion des palettes des turbines).
- c- **Niveau normal** : Le niveau normal dans le corps cylindrique supérieur doit être maintenu à 50 mm au-dessous de la ligne médiane.

II.4.3 Principe de fonctionnement

L'air comburant pris à l'atmosphère est soufflé par un ventilateur de soufflage à travers un préchauffeur d'air vers les équipements de chauffe (brûleurs...) où s'effectue le mélange avec le combustible. Dans la chambre de combustion, le mélange d'oxygène et de combustibles s'enflamme en produisant des gaz chauds. La chambre est souvent tapissée d'écrans vaporisateurs qui absorbent une partie de la chaleur dégagée ; les gaz chauds circulent dans des carneaux où ils rencontrent successivement les différents échangeurs de la chaleur en se refroidissant progressivement en cédant leurs calories à l'eau et à la vapeur. En fin de parcours, pour épuiser

d'avantage la chaleur contenue dans les gaz, on leur fait traverser l'économiseur et en suite le préchauffeur d'air qui sont les seuls échangeurs de la chaudière à ne pas être sous pression. Outre le gain de rendement obtenu, cette disposition permet d'améliorer la combustion.

L'eau pénètre dans un économiseur où elle est préchauffée jusqu'à une température ($\approx 135^{\circ}\text{C}$) un peu inférieure à la température de saturation. A la sortie de l'économiseur, l'eau est envoyée dans le réservoir relié aux faisceaux vaporisateurs dans lesquels s'effectue la transformation de l'eau en vapeur saturée. Ces faisceaux sont constitués essentiellement par les écrans de la chambre de combustion. Le réservoir reçoit de ceux-ci le mélange eau vapeur dans un compartiment ouvert placé vers le bas du ballon. Il est équipé en partie haute d'un compartiment dans lequel sont placés deux rangées de chicanes pour libérer la vapeur des gouttelettes d'eau qu'elle entraîne au moment de la séparation naturelle. La tuyauterie surchauffeurs qui prend en charge la vapeur saturée retourne dans le foyer, les gaz chauds apportent à cette vapeur saturée une énergie supplémentaire qui en élève la température sans en modifier la pression. On obtient ainsi de la vapeur surchauffée à la sortie de la chaudière.

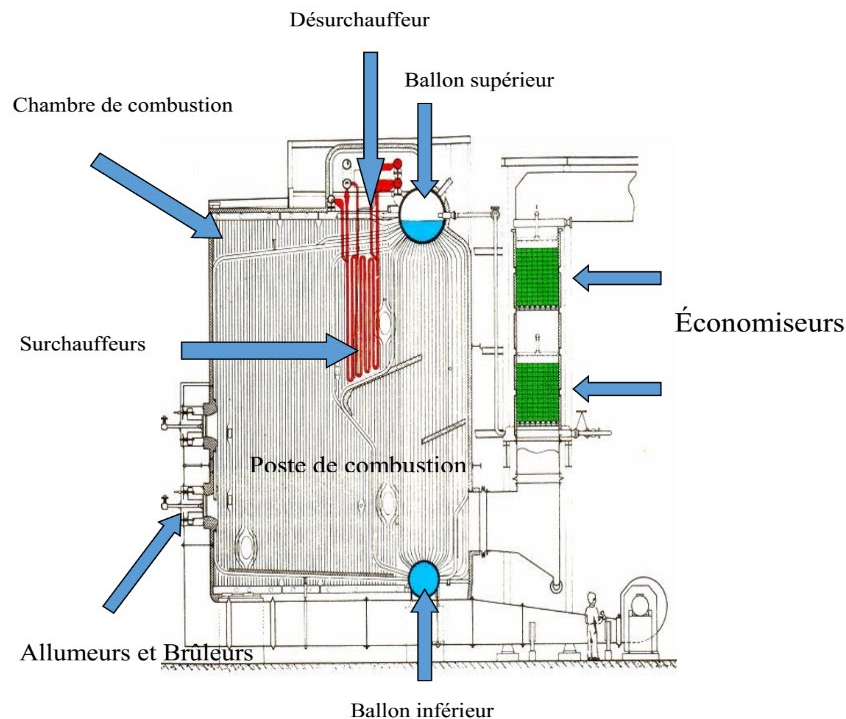


Figure II.12. Description chaudière à tubes d'eau

II.4.3.1 Le circuit (air – gaz)

L'air comburant pris à l'atmosphère est envoyé dans la chaudière par les ventilateurs de soufflage. Ces ventilateurs refoulent dans les préchauffeurs d'Air. A la sortie des préchauffeurs, l'air chaud a un rôle essentiel c'est celui d'un comburant. Suivant le combustible utilisé, il est refoulé dans la chambre de combustion de différentes façons, à savoir :

- Par les brûleurs avec le combustible, c'est l'air primaire (spécifiquement avec le charbon pulvérisé).
- Autour des brûleurs, c'est l'air secondaire.
- Eventuellement, le long du parcours de la flamme, c'est l'air tertiaire.

Dans le cas du charbon pulvérisé, l'air primaire sert également au transport de celui-ci vers les brûleurs.

Dans la chambre de combustion l'oxygène de l'air se combine avec le combustible en produisant de la chaleur et des fumées (la combustion). C'est dans cette chambre que se dégage toute l'énergie calorifique du combustible (zone la plus chaud de la chaudière). Cette chambre est plus généralement tapissée de tubes - écrans appelés aussi écrans vaporisateurs. Les gaz sont véhiculés ensuite dans des carneaux dans lequel sont situés des tubes échangeurs parcourus par la vapeur. Ce sont les surchauffeurs et des resurchauffeurs. Les gaz ont alors cédé une grande partie de leur chaleur à l'eau et à la vapeur.

L'eau alimentant les écrans vaporisateurs est préchauffée dans l'économiseur situé à la sortie des fumées, ce qui diminue encore la température de ces derniers. Afin d'extraire le maximum de chaleur, les gaz traversent un dernier échangeur : le préchauffeur d'air. Les gaz ainsi débarrassés des particules solides en suspension (cendres volantes) peuvent être évacués à l'atmosphère par la cheminée.

Le soutirage naturel de la cheminée n'étant pas toujours suffisant pour assurer la circulation des fumées depuis la chambre de combustion, des ventilateurs de soutirage peuvent être installés dans la cheminée. Tout le circuit des fumées est alors maintenu en dépression.

II.4.3.2 Le circuit (eau – vapeur) :

L'eau d'alimentation entrée avec une pression de (90 bars) et sont température ($T = 125^{\circ}\text{C}$) est préchauffée dans l'économiseur avant d'être envoyée au ballon. Qui alimente en eau l'écran vaporisateurs situés dans la chambre de combustion. C'est là que l'eau se transforme en vapeur. La vapeur est collectée et retourne au ballon.

La circulation de l'eau dans les tubes se fait naturellement. En effet, à mesure que l'eau monte en température elle se charge de myriades de bulles de vapeur et devient de ce fait plus légère. Elle a donc tendance à monter. Par contre, dans les tubes d'alimentation venant du ballon, l'eau est moins chaude, donc plus dense, et de ce fait elle descend.

En fait les générateurs de vapeur ne fonctionnent pas à l'air libre et il règne dans le réservoir une certaine pression donnée par la tension de vapeur. Celle-ci comprime l'émulsion de l'eau-vapeur et augmente ainsi la masse volumique au fur et à mesure que la tension de vapeur s'élève.

Cette circulation donc dépendra de la puissance calorifique à laquelle sont soumis les tubes vaporisateurs dans lesquels il se trouve à un moment donné, non plus de l'eau chaude mais une émulsion eau-vapeur ce qui ne fera qu'accélérer encore la diminution de la masse volumique de ce mélange et favoriser la circulation.

Du ballon, la vapeur passe en suite dans les tubes de surchauffeur primaire et secondaire situés dans la partie la plus chaude du gaz de combustion, ce qui permet sa montée en température. Ainsi, les calories du circuit fumées sont récupérées par les circuits eau-vapeur et air.

II.5 La mesure et la régulation du niveau d'eau dans le ballon supérieur

Lorsqu'on souhaite traduire une grandeur physique en une autre grandeur, on fait appel au capteur. Ce dernier est un organe sensible transformant la grandeur physique à mesurer en un signal électrique ou numérique. Les grandeurs à mesurer dans la chaudière sont la température, la pression et le niveau d'eau.

Le niveau d'eau dans le ballon de la chaudière est le paramètre le plus critique ; c'est pourquoi il est assuré par deux régulateurs PID ; Cependant que les performances des régulations sont en amélioration continue, et pour certains systèmes non classiques, la régulation par des régulateur PID devient très compliquée ; donc il faut réfléchir à des solutions plus adéquates pour ce genre de systèmes.

Dans notre présent mémoire, nous présenterons une étude du mode de régulation du niveau d'eau du ballon supérieur de la chaudière 1050-G1.

II.5.1 Objectif de la régulation

L'objectif de la régulation est de maintenir le niveau presque constant à l'intérieur du ballon supérieur de la chaudière à une consigne fixe. La valeur effective est détectée en permanence par une sonde de niveau et comparée à la consigne dans un boîtier de régulation. En cas de variations de la charge, l'ouverture ou la fermeture de la vanne de régulation de l'eau d'alimentation régule le niveau d'eau à une consigne souhaitée.

Le régulateur effectue une correction de la position de la vanne d'eau alimentaire, en tenant compte de l'écart entre le niveau ballon et la consigne nominale (Régulation 1 seul élément). La consigne est corrigée en fonction du débit de la vapeur pondérée par le débit d'eau (Régulation 3 éléments). Le seuil (débit bas vapeur) provoque le passage à un seul élément de la régulation du niveau d'eau (pas de correction par l'écart débit d'eau/débit vapeur).

Dans ce qui suit nous nous sommes intéressés uniquement à la programmation de la régulation du niveau d'eau avec le DCS de YOKOGAWA vue son importance pour le bon fonctionnement de la chaudière.

II.5.2 Méthodes utilisées pour réglage du niveau du ballon supérieur

II.5.2.1 Contrôle du niveau du ballon supérieur avec un élément

La figure ci-dessous illustre le schéma de contrôle du niveau du ballon à un élément. Dans cette configuration, seul le niveau d'eau dans le ballon est mesuré (d'où le terme « élément unique »). LT- 1 est un transmetteur de pression différentielle électronique avec une plage de pression statique élevée.

Le côté positif du transmetteur est relié au fond du ballon. En raison de la pression statique du ballon, le côté négatif du transmetteur est connecté au sommet du ballon au-dessus de l'interface eau/vapeur. Cela fournit une référence pour le transmetteur en annulant l'effet de pression statique et en ne permettant de mesurer que la pression hydrostatique de l'eau.

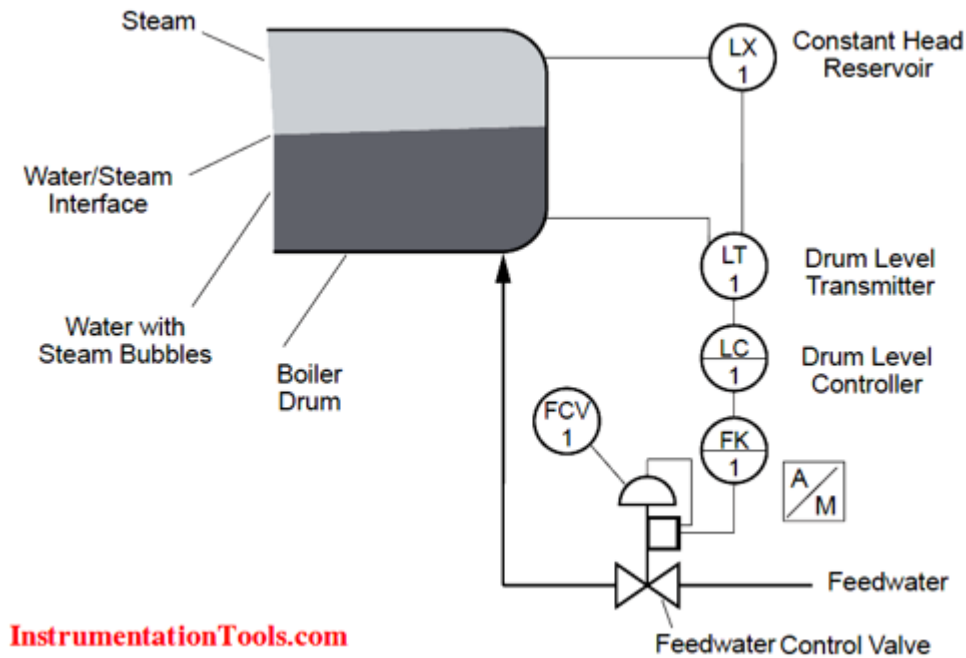


Figure II.13. Système de contrôle du niveau du ballon à 1-élément

Un réservoir à pression constante est nécessaire pour maintenir une pression constante dans la prise de référence du transmetteur. Ceci est souvent appelé une « prise mouillée ». La sortie du transmetteur électronique DP est l'entrée de processus pour le contrôleur (LC-1), et la sortie est ensuite comparée à un point de consigne de niveau du ballon. Tout écart entre le point de consigne et le niveau du ballon provoque une sortie du contrôleur en compensation.

Comme l'action du contrôleur est inversée, à mesure que le niveau du ballon augmente, le signal de sortie qui en résulte diminue pour fermer la vanne de commande de l'eau d'alimentation. La sortie du contrôleur est transmise à la vanne d'eau d'alimentation (FCV-1). Si la vanne d'eau d'alimentation est pneumatique, un convertisseur Courant-Pression (I/P) est nécessaire pour changer la sortie de courant du contrôleur pour s'accommoder à la vanne pneumatique [15].

II.5.2.2 Contrôle du niveau du ballon supérieur avec deux éléments

Un système de contrôle du niveau du ballon à deux éléments est capable d'assurer une adhésion étroite du niveau du ballon à son point de consigne dans des conditions d'équilibre, ainsi que d'assurer le contrôle serré requis pendant un régime transitoire. Sa performance en conditions transitoires permet son utilisation sur de nombreuses applications de chaudières industrielles. Ces applications sont caractérisées par des fûts de taille adéquate utilisés avec des changements de

charge de vitesse et de degré modérés. Ces caractéristiques se retrouvent généralement dans les installations avec des procédés de type continu, et ceux avec des exigences de chauffage et de traitement mixtes. Il faut faire preuve de prudence dans son utilisation sur les systèmes sans pression d'eau d'alimentation raisonnablement constante.

Le terme « deux éléments » est dérivé de deux variables : l'influence du débit de vapeur et du niveau du ballon sur la position de la vanne d'alimentation. Il est souvent classé comme un système mixte de rétroaction directe parce que la demande de débit de vapeur est acheminée vers l'avant comme indice primaire de la position de la vanne d'alimentation. Le signal de niveau du ballon devient la rétroaction qui est utilisée pour réduire constamment la précision du système d'avance et assurer le contrôle final de l'interface eau/vapeur dans le ballon.

La figure ci-dessous présente le schéma de contrôle d'une commande de niveau du ballon à deux éléments. Notez que le côté gauche de la ligne pointillée est identique à celui utilisé dans le contrôle à élément unique. L'équipement supplémentaire requis pour le contrôle du niveau du ballon à deux éléments comprend un appareil de mesure du débit de vapeur, un transmetteur de pression différentielle, un extracteur de racines carrées, un calculateur de débit d'eau d'alimentation et une station de transfert en mode de débit d'eau d'alimentation. [16].

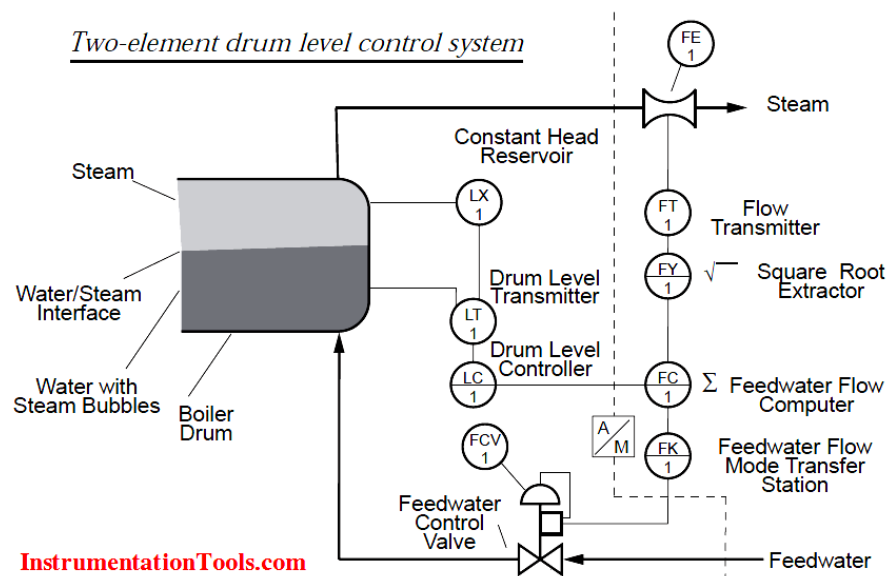


Figure II.14. Système de contrôle du niveau du ballon à 2-élément

Le débit de vapeur est mesuré par le transmetteur de débit de vapeur (FT-1), son signal est transmis au calculateur de débit d'eau d'alimentation ou au contrôleur de débit (FC-1) après traitement par l'extracteur de racine carrée (FY-1) (Remarque : La fonction d'extracteur de racine carrée est une option intégrée utilisée dans l'émetteur ou le contrôleur). Comme dans la commande de niveau à élément unique, le niveau du ballon est mesuré par l'émetteur de niveau (LT-1) et son signal est transmis au contrôleur de niveau du ballon (LC-1). Dans le contrôleur de niveau de ballon, le signal de processus est comparé au point de consigne de niveau de ballon, où un signal de sortie correctif requis pour maintenir le niveau de ballon est produit. Ce signal correctif est envoyé au régulateur de débit d'eau d'alimentation. Le régulateur de débit d'eau d'alimentation combine le signal des deux variables et produit un signal de sortie vers la vanne de commande d'eau d'alimentation (FCV-1). Le transfert automatique/manuel de la vanne de commande de l'eau d'alimentation s'effectue via FK-1 [16].

II.5.2.3 Contrôle du niveau du ballon supérieur avec trois éléments

S'il existe un système d'alimentation en eau instable présentant une pression différentielle variable d'alimentation tête-ballon, ou si de grandes demandes de vapeur imprévisibles sont fréquentes, un schéma de contrôle du niveau du ballon à trois éléments devrait être envisagé.

Comme l'indiquent les renseignements précédents, cette stratégie de contrôle permet de contrôler le débit d'eau d'alimentation par rapport au débit de vapeur. La performance du système de contrôle à trois éléments pendant des conditions transitoires le rend très utile pour les applications industrielles générales et de chaudières de services publics. Il gère des charges présentant des taux de changement larges et rapides. Les installations qui présentent des caractéristiques de charge de ce type sont celles dont les demandes de traitement sont mixtes, continues et par lots. Il est également recommandé lorsque les caractéristiques de charge normales sont assez stables ; mais les perturbations peuvent être soudaines, imprévisibles et/ou une partie importante de la charge [17].

La figure ci-dessous montre le schéma de contrôle du niveau du ballon à trois éléments. A gauche de la ligne pointillée, l'instrumentation est la même que celle du contrôle du niveau du ballon à deux éléments, à une exception presque : la sortie du calculateur de débit d'eau d'alimentation devient désormais le point de consigne du régulateur de débit d'eau d'alimentation (FIC-2). L'équipement requis pour compléter notre système de contrôle du niveau de ballon à

trois éléments comprend un dispositif de débit supplémentaire (FE-2) et un transmetteur de pression différentielle (FT-2) [17].

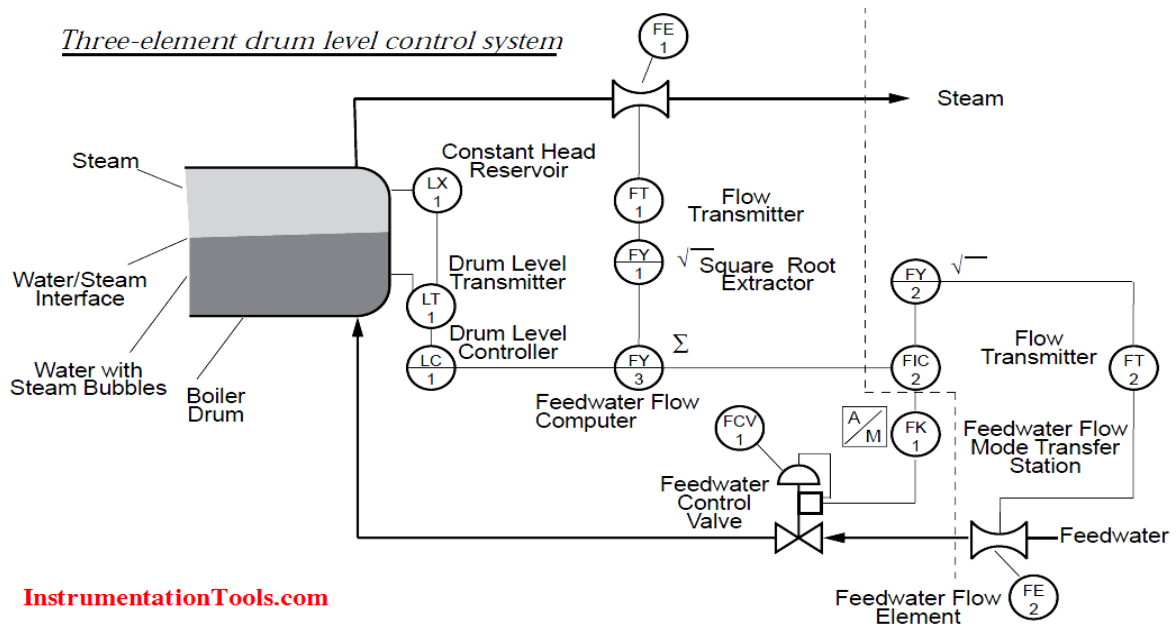


Figure II.15. Système de contrôle du niveau du ballon à 3-élément.

La zone à gauche de la ligne pointillée de la figure fonctionne de la même façon que celle d'une commande au niveau du ballon à deux éléments. Nous pouvons relever l'opération pour ce schéma où le signal de sortie du calculateur de débit d'eau d'alimentation (la combinaison du débit de vapeur et du niveau du ballon) entre dans le contrôleur d'eau d'alimentation (FIC-2).

Cela devient le point de consigne de ce contrôleur. Le débit d'eau d'alimentation est mesuré par le transmetteur (FT-2). Le signal de sortie du transmetteur de débit d'eau d'alimentation est linéarisé par l'extracteur de racine carrée, (FY-2) (Remarque : Maintenant une fonction d'extracteur de racine carrée fourni dans l'émetteur ou le contrôleur en option intégrée). Ce signal est la variable de processus du contrôleur d'eau d'alimentation et est comparé à la sortie de régulateur d'écoulement d'eau d'alimentation (point de consigne). Le régulateur de débit d'eau d'alimentation produit le signal correctif nécessaire pour maintenir le débit d'eau d'alimentation à son point de consigne par le réglage de la vanne de commande d'eau d'alimentation (FCV-1).

Comme dans le schéma de contrôle du niveau du ballon à deux éléments, presque tout le travail nécessaire pour compenser le changement de charge est effectué par le système d'alimentation en aval (c.-à-d. un changement d'eau d'alimentation est effectué pour chaque changement d'écoulement de vapeur). La partie niveau ballon du schéma de commande est utilisée uniquement dans un rôle de compensation. Malgré un rapport volume/débit faible à modéré et une large plage de fonctionnement, le niveau du ballon devrait être maintenu très près du point de consigne. Pour ce faire, il faut utiliser la réponse d'intégration et la réinitialisation dans les contrôleurs de niveau et d'eau d'alimentation du ballon [17].

II.6 Conclusion

Le monde industriel regorge d'équipements dédiés au bon fonctionnement des différents procédés. La pétrochimie ne fait pas l'exception à cette règle, elle présente aussi une multitude de procédés et d'équipements.

C'est dans cet esprit des choses que nous nous sommes intéressés à la chaudière, un équipement indispensable dans les procédés pétrochimiques et ceux du domaine du raffinage.

De part de sa vocation, la production de la vapeur, la chaudière demeure un équipement incontournable et nécessaire à connaître. Les chaudières sont des équipements destinés pour produire de l'énergie sous forme de vapeur d'eau.

L'eau d'alimentation de la chaudière est une eau bien traitée ; une eau qui a des spécifications qu'il faut respectées pour éliminer la présence de plusieurs problèmes rencontrés dans les chaudières (primage, corrosion, etc....).

Le conditionnement de l'eau de chaudière a pour but de protéger la chaudière contre les incidents et d'obtenir une longue durée de vie de la chaudière, ce conditionnement est réalisé par :

- Soit en éliminant les éléments indésirables.
- Soit en ajoutant les éléments manquants Afin de neutraliser les nuisances.

Chapiter III Le système DCS Yokogawa Centum VP

III.1 Introduction

Yokogawa CENTUM VP DCS est le DCS le plus populaire sur le marché de l'automatisation industrielle, notamment dans les industries chimiques et pétrochimiques.

Le DCS (Distributed Control System) Yokogawa CENTUM VP est une plateforme avancée de supervision et de contrôle des processus industriels, développée par Yokogawa Electric Corporation, une entreprise renommée dans le domaine de l'automatisation industrielle. Cette solution de pointe offre une gestion complète et efficace des opérations dans divers secteurs industriels tels que l'énergie, la pétrochimie, l'industrie chimique, les produits pharmaceutiques et bien d'autres.

Avec ce bref chapitre de CENTUM VP, nous espérons donner une bonne compréhension de la base, l'architecture, les principaux composants et les fonctions basées sur le logiciel sans entrer dans des informations trop détaillées.

III.2 Description du système

Le Distributed Control System de Yokogawa - CENTUM - est sorti en 1975 comme le premier vrai système de Control distribuer (DCS) au monde. Depuis lors, il a été continuellement amélioré et mis à niveau, intégrant la technologie de pointe tout en maintenant la continuité et la rétrocompatibilité du système. CENTUM VP en tant que DCS est le composant clé dans le concept de Yokogawa "Enterprise Technology Solutions". Le CENTUM VP est un système vraiment ouvert. Il offre, outre un contrôle de processus simple et d'excellentes capacités pour [18] :

- Intégration de sous-systèmes tels que PLC, analyseurs, etc.
- Gestion intégrée des instruments avec le gestionnaire des ressources végétales
- Intégration sur le réseau de contrôle (Vnet/IP) pour le système ESD (ex : ProSafe-RS)

Dans l'ensemble, il s'agit d'un système de production et de contrôle des installations entièrement intégré, qui fonctionne via un guichet unique. En raison de la modularité et de l'architecture du système, ces fonctions peuvent toutes être mises en œuvre de manière séparée. En utilisant ces caractéristiques de ségrégation, le système de contrôle du processus peut être mis en œuvre de manière à ce que la ségrégation de l'usine se reflète pleinement dans l'architecture du système de contrôle de la production. [18]

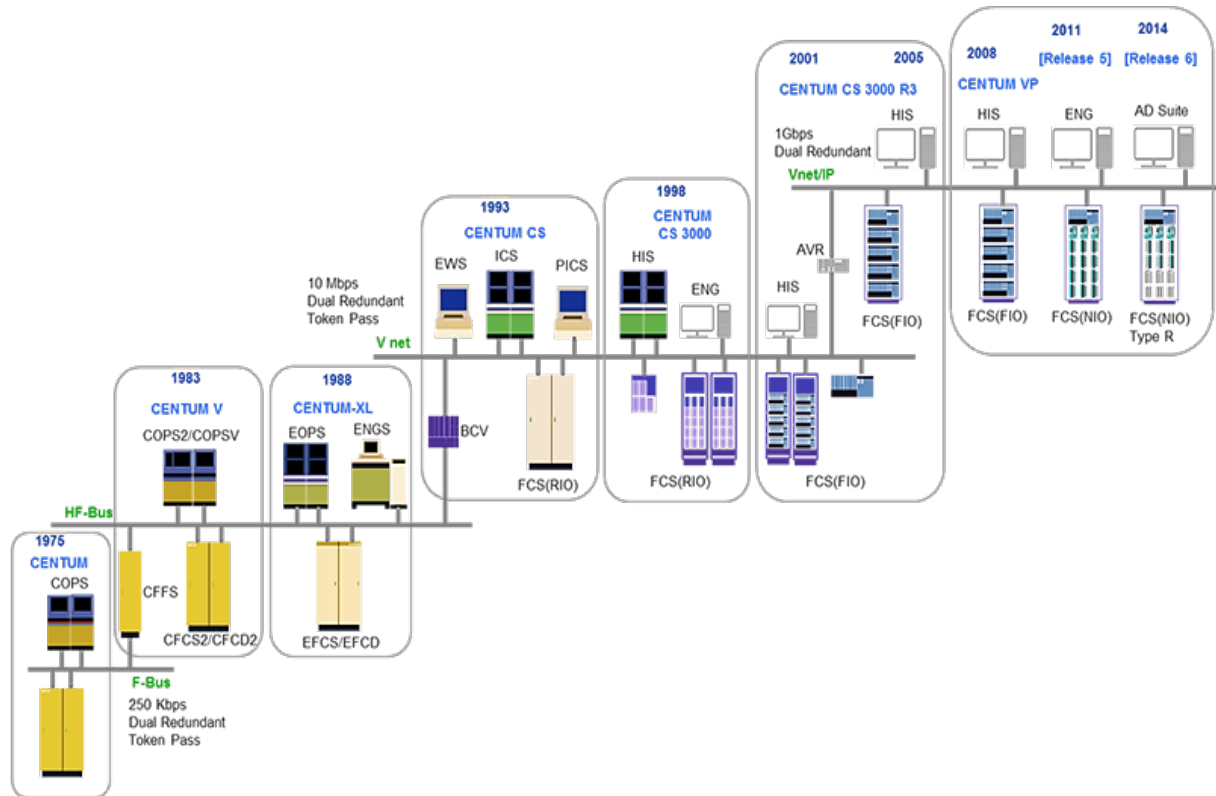


Figure III.1. Histoire du DCS de Yokogawa.

III.3 L'Architecture du DCS Yokogawa CENTUM VP

L'architecture du système CENTUM VP est simple. Des réseaux très flexibles peuvent être conçus à l'aide d'équipements de réseau disponibles dans le commerce, tels que des HUB (couche 2 et couche 3). Bien que les données de communication ouvertes et de contrôle puissent être sur les mêmes câbles Vnet/IP, ces communications sont logiquement séparées afin qu'elles n'aient pas d'effet l'une sur l'autre. Cela permettra l'intégration de composants non CENTUM au réseau.

L'architecture du système permet de gérer jusqu'à 1 000 000 d'étiquettes et 512 stations. Différents domaines peuvent être définis pour séparer les disciplines fonctionnelles au sein de l'organisation de l'utilisateur [18].

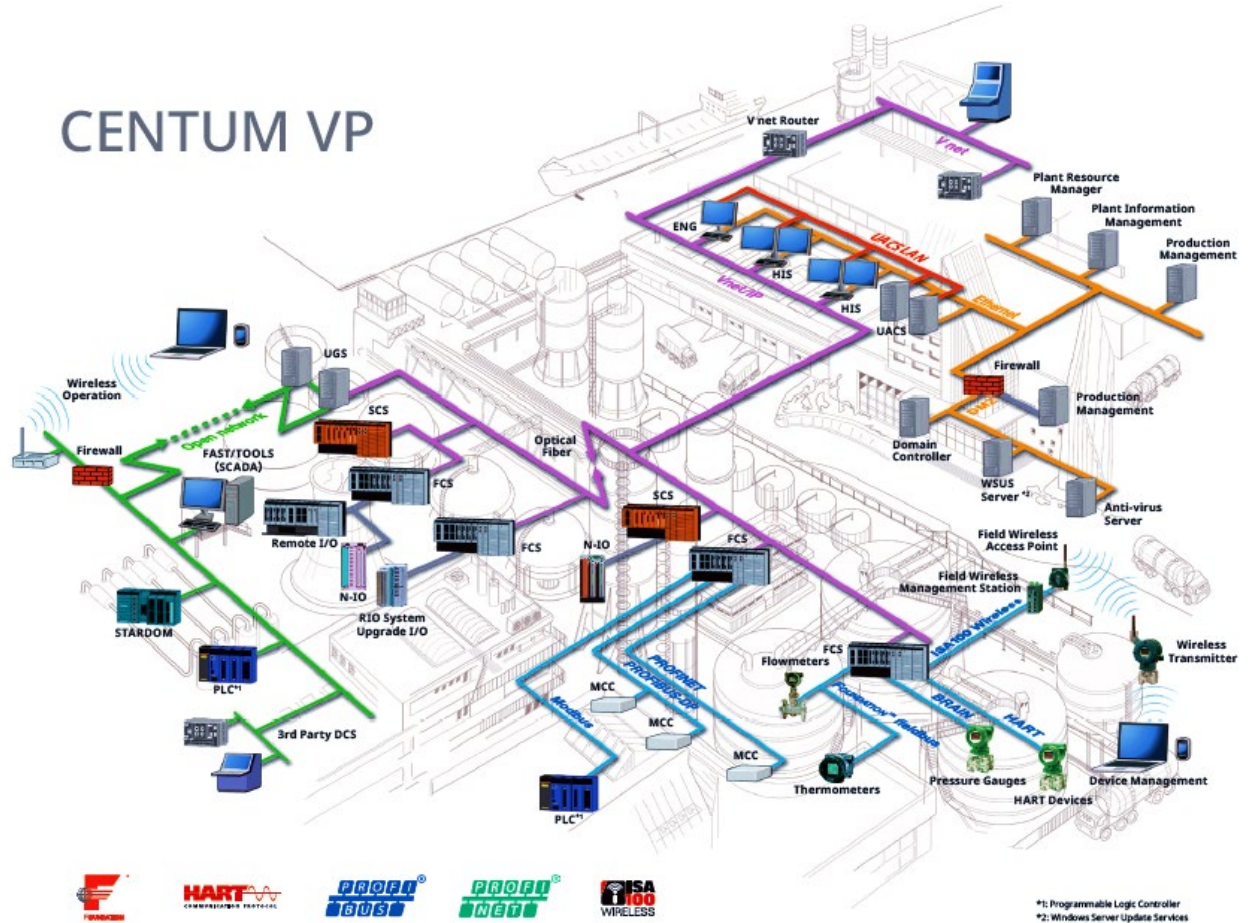


Figure III.2. L'architecture de Centum VP

III.4 Les principaux composant du Centum VP

III.4.1 Station de contrôle FCS

La station de contrôle FCS (Field Control Station) est le cœur du système de contrôle CENTUM VP. Il se compose de deux alimentations, de deux cartes de communication et d'un ou plusieurs processeurs RISC redondants simples ou "paire and spare", selon la disponibilité requise du système [18].

Le FCS effectue toutes les actions liées au contrôle des processus. Il contient le PID et d'autres contrôleurs, commutateurs, logiques, séquences et algorithmes de contrôle avancés. Il communique via le bus ESB/ER avec les NI et via Vnet/IP (le réseau local de contrôle des processus en temps réel (LAN)) avec l'interface opérateur et l'environnement technique [18]. Il se compose d'une unité de contrôle sur le terrain (FCU) et d'unités de nœud pour monter des modules d'entrée/sortie.

Il permet de configurer un système évolutif en connectant plusieurs unités de nœuds dans un FCS conformément à la Points d'entrée/sortie.



Figure III.3. FCS (Field Control Station).

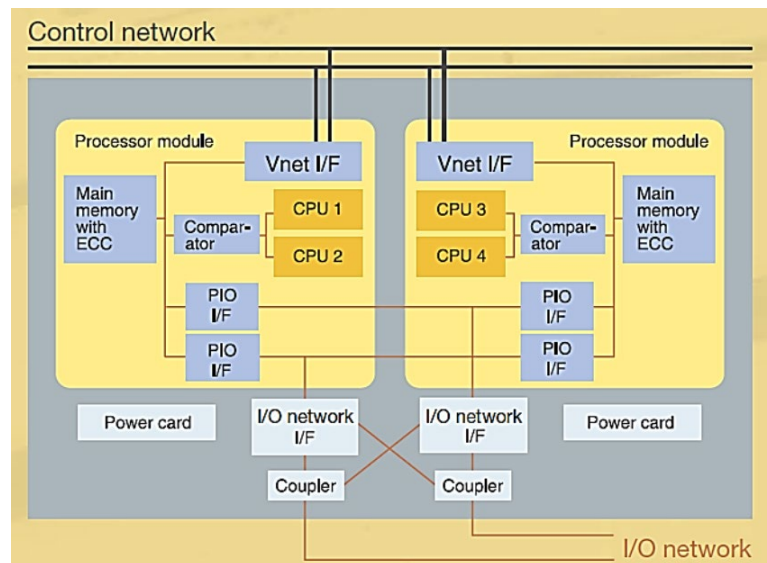


Figure III.4. Configuration de « pair and spare ».

Les composants de Station de contrôle FCS sont :

- FCU (Field Control Unit)
- Unité de nœud (NU)
- ESB bus, ER bus, and Optical ESB bus
- HKU (House Keeping Unit)

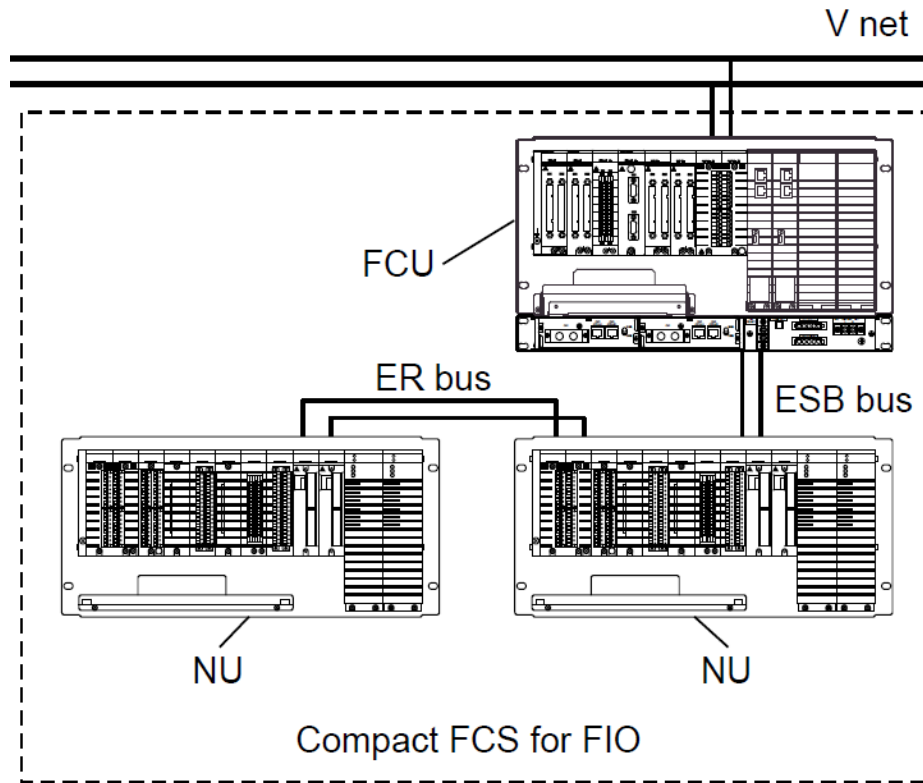


Figure III.5. Les composants de FCS.

III.4.1.1 Field Control Unit (FCU) :

Il s'agit du « cerveau » qui exécute les calculs de contrôle du FCS en tant que noyau et dispose d'un module d'alimentation et de fentes de module E/S pour installer des modules de communication ou des modules d'interface de bus [19].

FCU se compose de cartes et de modules exécutant le calcul de contrôle pour FCS ; pour FCU dupliqué, modules de processeur et de puissance sont duplexés. Modules d'E/S pourraient être montés. Pour l'ajout de nœud unités, un module d'interface de bus est nécessaire [20]

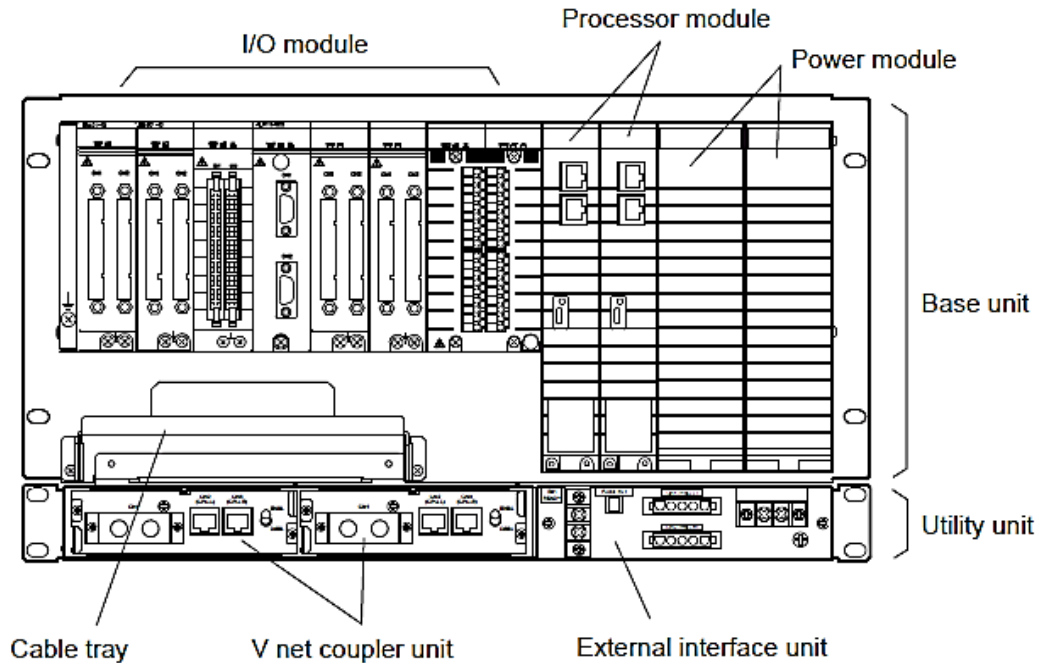


Figure III.6. Field Control Unit.

III.4.1.2 Unité de nœud :

L'unité de nœud (NU) est une unité de traitement du signal qui convertit et transmet les signaux d'E/S de processus analogique ou numérique reçus des dispositifs de terrain au FCU.

L'unité de nœud (NU) comprend l'unité de nœud de bus ESB (nœud local) montée dans la station FCS et l'unité de nœud de bus ER (nœud distant) montée dans des armoires ou des panneaux près du site de l'usine. Le nœud est composé d'un module d'interface esclave de bus ESB ou d'un module d'interface esclave de bus ER, d'un module d'E/S et d'un module d'alimentation [20].

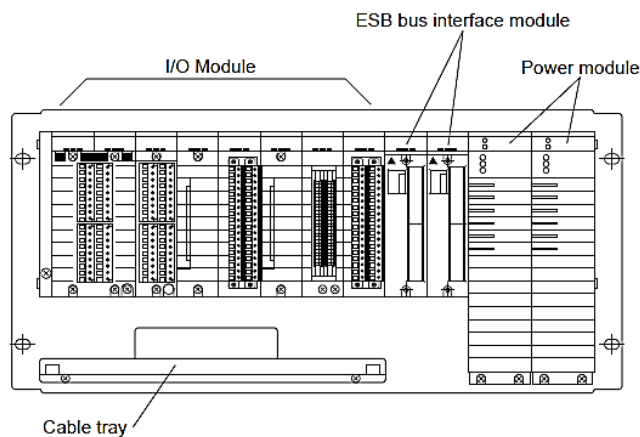


Figure III.7. Unité de nœud.

III.4.1.3 ESB bus, ER bus, and Optical ESB bus:

Le bus ESB (Extended Serial Backboard bus) est un bus de communication disponible pour la connexion dual redundancy des unités de nœud de bus ESB et FCU. Le bus ER (Enhanced Remote bus) est un bus de communication à grande vitesse disponible pour la connexion en double redondance des unités de bus ESB et des unités de bus ER (Le FCS compact pour FIO est capable de connecter un FCU et un nœud de bus ER). En utilisant le bus ER, les unités de nœud peuvent être situées loin de l'armoire FCU ainsi que dans l'armoire. Cette disponibilité pour les nœuds de bus ER sert à des cas comme la localisation des nœuds près des dispositifs de terrain, la limitation de la capacité d'alimentation pour la sécurité, ou la localisation des nœuds séparément en raison de problèmes d'espace. Pour le bus ER, utiliser un câble coaxial compatible Ethernet [20].

En utilisant des câbles optiques ou des répéteurs optiques à usage général, la distance de transmission peut être étendue. En outre, les unités à nœuds peuvent être situées séparément dans une large zone via un réseau sans fil ou un réseau public [20].

Un bus ESB optique permet de transmettre le signal de bus ESB conventionnel sur une longue distance en utilisant un câble à fibre optique et un module répéteur de bus ESB optique. Les types de connexion sont sélectionnables à partir des topologies en chaîne et en étoile pour étendre la distance de transmission du bus ESB jusqu'à 50 km. Un bus ESB optique n'est applicable qu'avec FFCS-V [20].

III.4.1.4 Les Modules d'entrées et de sorties (Field Network I/O) :

Les modules d'entrée convertissent les signaux de processus au format de données numériques utilisé dans le FCS.

Les modules de sortie convertissent le format de données numérique utilisé dans le FCS en signaux analogiques ou de contact. Les modules d'E/S sont disponibles pour tous les types de signaux disponibles dans l'industrie des procédés.

Les modules FIO offrent beaucoup de flexibilité dans le choix de la connexion avec les signaux de champ.

Les bornes de serrage sous pression, les connecteurs MIL et l'adaptateur d'interface KS (le propre câble système de Yokogawa). Une double redondance est possible pour tous les modules

d'E/S et types de signaux. Des modules d'E/S compatibles HART sont disponibles, et réalisent une entrée directe du signal HART au module d'E/S, sans multiplexeur HART intermédiaire, etc [18].

FIO (Field network I/O) est une série de modules d'E/S à faible coût qui ont été développés pour améliorer la densité d'emballage. La large gamme de modules disponibles vous permet de configurer votre système pour répondre aux exigences des signaux de processus, et pour fournir différents niveaux d'isolation [21].

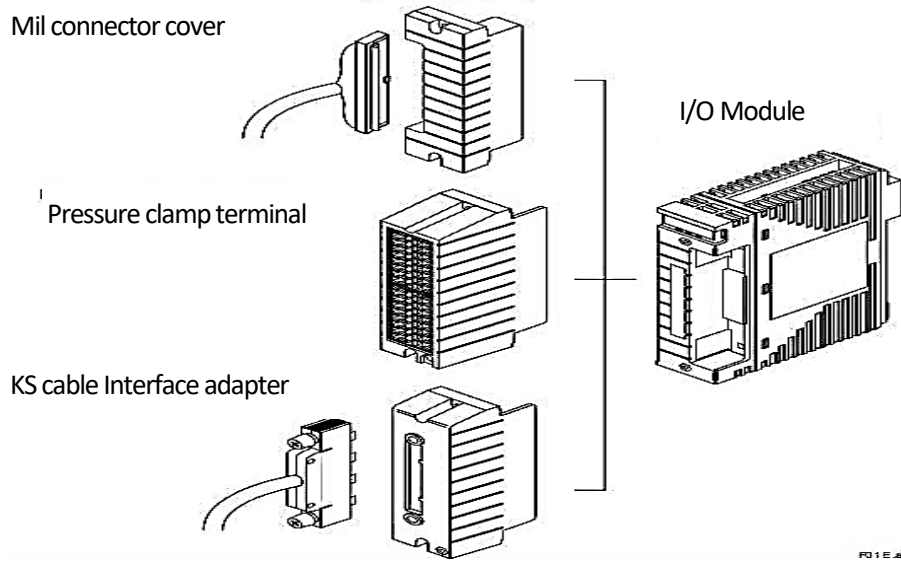


Figure III.8. Borniers et module E/S.

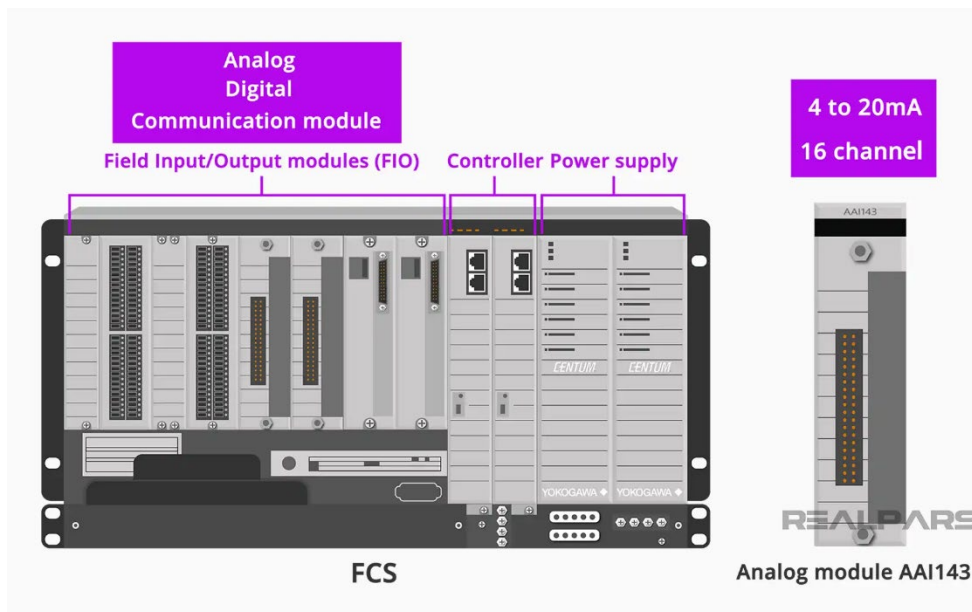


Figure III.9. le module analogique AAI143 est un module isolé à 16 canaux de 4 à 20 Ma.

Tableau III.1. Les Modules E/S pour FIO

Models	Name
Analog I/O Modules	
AAI141	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Non-Isolated)
AAV141	Analog Input Module (1 to 5 V, 16-Channel, Non-Isolated)
AAV142	Analog Input Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Non-Isolated)
AAI841	Analog I/O Module (4 to 20 mA Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAB841	Analog I/O Module (1 to 5 V Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAV542	Analog Output Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Non-Isolated)
AAI143	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAV144	Analog Input Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Isolated)
AAV544	Analog Output Module (-10 V to +10 V, 16-Channel, Isolated)
AAI543	Analog Output Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAT141	TC/mV Input Module (16-Channel, Isolated)
AAR181	RTD Input Module (12-Channel, Isolated)
AAI135	Analog Input Module (4 to 20 mA, 8-Channel, Isolated Channels)
AAI835	Analog I/O Module (4 to 20 mA, 4-Channel Input/4-Channel Output, Isolated Channels)
AAT145	TC/mV Input Module (16-Channel, Isolated Channels)
AAR145	RTD/POT Input Module (16-Channel, Isolated Channels)
AAP135	Pulse Input Module (8-Channel, Pulse Count, 0 to 10 kHz, Isolated Channels)
AAP149	Pulse Input Module for Compatible PM1 (16-Channel, Pulse Count, 0 to 6 kHz, Non-Isolated)
AAP849	Pulse Input Module/Analog Output Module (8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
Analog I/O Modules with HART Communication Function	
AAI141-H	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Non-Isolated)
AAI841-H	Analog I/O Module (4 to 20 mA Input, 4 to 20 mA Output, 8-Channel Input/8-Channel Output, Non-Isolated)
AAI143-H	Analog Input Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAI543-H	Analog Output Module (4 to 20 mA, 16-Channel, Isolated)
AAI135-H	Analog Input Module (4 to 20 mA, 8-Channel, Isolated Channels)
AAI835-H	Analog I/O Module (4 to 20 mA, 4-Channel Input/4-Channel Output, Isolated Channels)

III.4.1.5 HKU (House Keeping Unit) :

CENTUM VP FCS est équipé d'une fonction de maintenance interne qui permet de surveiller l'environnement dans l'armoire où le FCS est monté ou l'état du FCS lui-même. La fiabilité de la FCS est améliorée par cette fonction de HK.

III.4.2 La communication du système :

III.4.2.1 Le réseau Vnet/IP :

La société Yokogawa dispose d'un certain nombre de réseaux, comme Vnet, Vlnet, Mnet et Enet, Ethernet (LAN), ces réseaux sont propriétaires, ce qui facilite leurs configurations et leurs intégrations dans les systèmes automatisés. Dans le cadre de notre projet nous avons utilisé le Vnet/IP qui est le plus récent.

Le Vnet/IP est un réseau temps réel qui supporte deux types de communication, la communication Control-bus et la communication ouverte avec de multiples protocoles standards basés sur Ethernet, il est toujours redondant.

La communication Control-bus est assurée par le bus1, la communication ouverte est assurée par le bus2, si le bus1 (control bus) par défaut est défaillant, les fonctions de control-bus seront effectuées par le bus2 [22].

III.4.2.2 Commutateurs de niveau 2 (L2SW)

Ce type de commutateur est utilisé pour connecter les différents équipements à l'intérieur d'un même domaine VNET/IP. Le commutateur de niveau 2, contrairement à un répéteur multi ports, dispose de fonctions de pont qui permettent d'envoyer des données à un seul destinataire, réduisant ainsi le trafic sur le réseau [23].

III.4.2.3 Commutateurs de niveau 3 (L3SW)

Ce type de commutateur est utilisé pour connecter les différents domaines VNET/IP (max. 16). Il relaye les trames de communication à un autre domaine avec contrôle du chemin de l'adresse IP ou des fonctions de cheminement.

L'interconnexion entre domaines peut être réalisée de manière hiérarchique (les HIS d'un domaine supérieur contrôlent les domaines inférieurs) ou bidirectionnelle (chaque HIS de chaque domaine peut contrôler le domaine voisin) [23].

III.4.2.4 Routeur :

Un routeur avec fonction de sécurité pour assurer la sécurité d'un réseau Vnet/IP est utilisé pour connecter le bus 2 côté avec un réseau externe tel que l'intranet [24].

III.4.2.5 Topologie de connexion :

La topologie de connexion prend la formation d'arbres, les périphériques dans les domaines sont connectés à l'aide de switch 2, dans un Vnet/IP redondant double, bus 1 et 2 sont des sous réseaux indépendants [22].

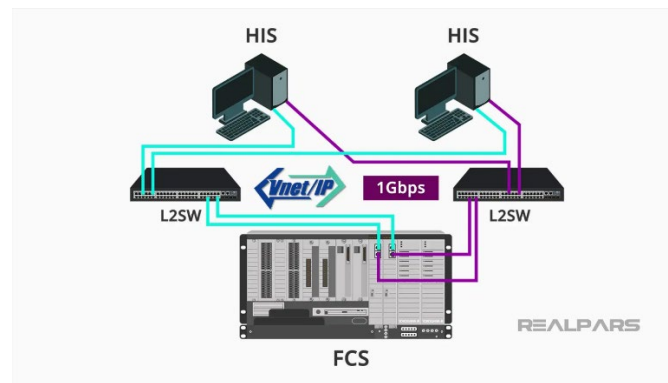


Figure III.10. La topologie de connexion.

III.4.2.6 Les domaines dans Vnet/IP

Un domaine Vnet/IP se compose de deux sous-réseaux indépendants de bus 1 et de bus 2. Dans le CENTUM VP, la combinaison de domaines Vnet/IP et V net/VL net permet de définir jusqu'à 16 domaines. À chaque domaine, jusqu'à 64 stations Vnet/IP et jusqu'à 124 autres dispositifs de communication Ethernet polyvalents (PC, routeurs, etc.) peuvent être connectés [24].

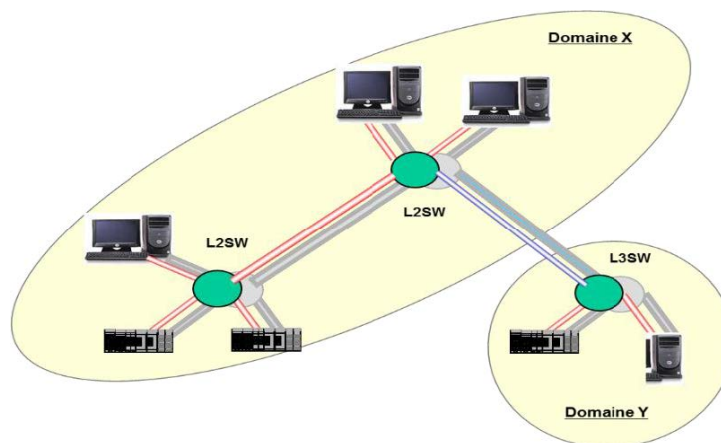


Figure III.11. Structure de plusieurs domaines dans Vnet/IP.

III.4.3 Poste Opérateur, Human Interface Station – HIS :

Le HIS est l'interface opérateur du système. Il fournit des écrans dédiés pour le fonctionnement, la surveillance, les rapports, les tendances, etc. Il est directement connecté à Vnet/IP, assurant la communication en temps réel entre l'interface de l'opérateur et le comportement de l'usine, p.ex. écrans faciaux et alarmes, etc.

Le HIS est également connecté à Ethernet qui interconnecte tous les HIS permettant des fonctionnalités client-server au niveau de l'interface opérateur comme le partage de fichiers de tendances, de bases de données d'événements, etc. [18]

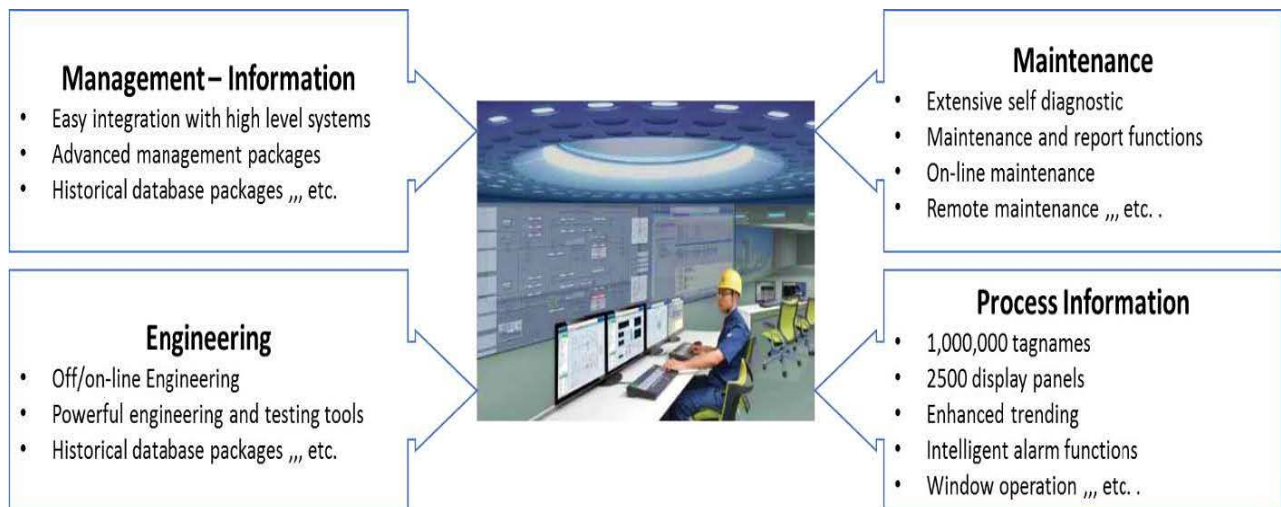


Figure III.12. Caractéristiques de HIS.

Selon les besoins du client, plusieurs plates-formes peuvent être utilisées pour les fonctions HIS, à savoir le type de bureau ou de console. Le type de console Yokogawa avec écran LCD ou CRT empilé double/quadruple est à la fine pointe de la technologie, ergonomiquement conçu pour une facilité d'utilisation et une réponse plus rapide à l'opérateur. Un PC polyvalent est installé à l'intérieur de la console pour obtenir une synergie maximale avec la base installée, minimiser les pièces de rechange et différents contrats de maintenance. Un poste de travail standard compatible mM peut également être utilisé comme poste de travail de l'opérateur [18].

III.4.3.1 Capacité opérationnelle :

Le HIS offre un environnement de fonctionnement puissant par de nombreuses capacités et une grande capacité. Le HIS peut être utilisé comme station autonome sans dépendre d'un serveur central, etc. Chaque opérateur est capable de faire le fonctionnement quotidien indépendamment en utilisant le HIS dédié. Tout HIS a la capacité de communiquer et d'échanger les données nécessaires de manière flexible, et de réaliser une configuration de sauvegarde mutuelle par tout autre HIS [19]. Les capacités fonctionnelles suivantes peuvent être intégrées à chaque station HIS :

- Nombre d'étiquettes : 100 000 (extensible jusqu'à 1 000 000).
- Fenêtre graphique : 4 000 (400 données par fenêtre).
- Fenêtre de tendance : 800 (8 tendances de couleur par fenêtre).
- Fenêtre des points de tendance : 6 400.
- Données sur les tendances Période de sauvegarde : aucune limitation.
- Période de mise à jour de l'affichage de la fenêtre : 1 seconde.
- Message historique Save Période : Aucune limitation.

III.4.3.2 Service terminal :

Le HIS est capable de fournir un Terminal Service (TS) en utilisant la technologie Windows 2003 TS. Le serveur TS permet d'accéder simultanément à l'application CENTUM VP, jusqu'à 8 clients. La fonction de fonctionnement et de surveillance peut être réalisée à partir de PC distants comme le HIS local [19]. Le schéma suivant montre la configuration système typique du TS :

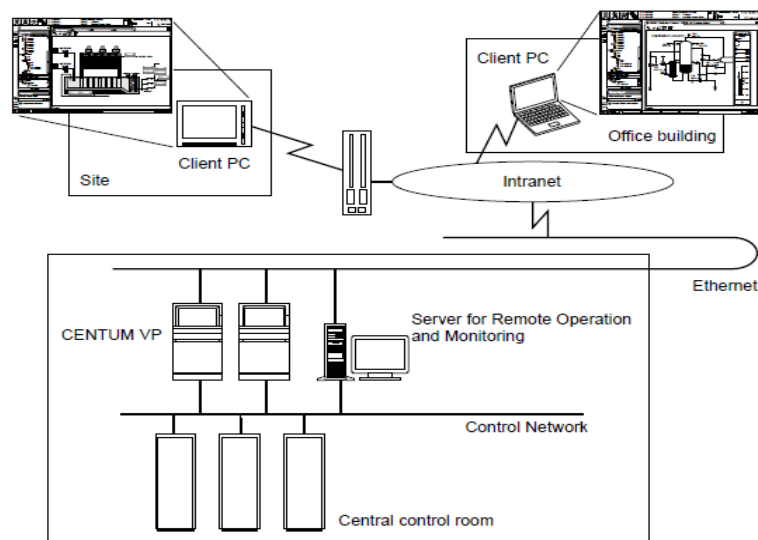


Figure III.13. Configuration du système pour le service terminal.

III.4.4 Poste Ingénieur, Engineering Work Station – ENG:

Un ENG est l'environnement technique du système et contient la base de données principale de l'application. Ce système est basé sur un PC compatible IBM standard.

L'environnement d'ingénierie permet l'ingénierie de manière entièrement graphique. En utilisant les fonctionnalités standard de Windows "pick and click" et "drag and drop", toute la configuration peut être construite de manière graphique, y compris les logiques, séquences, boucles de contrôle, graphiques, etc.

Avec la possibilité d'ingénierie simultanée, plusieurs ingénieurs peuvent travailler sur une configuration simultanément, permettant ainsi de tester, de configurer, etc. en même temps. [18]

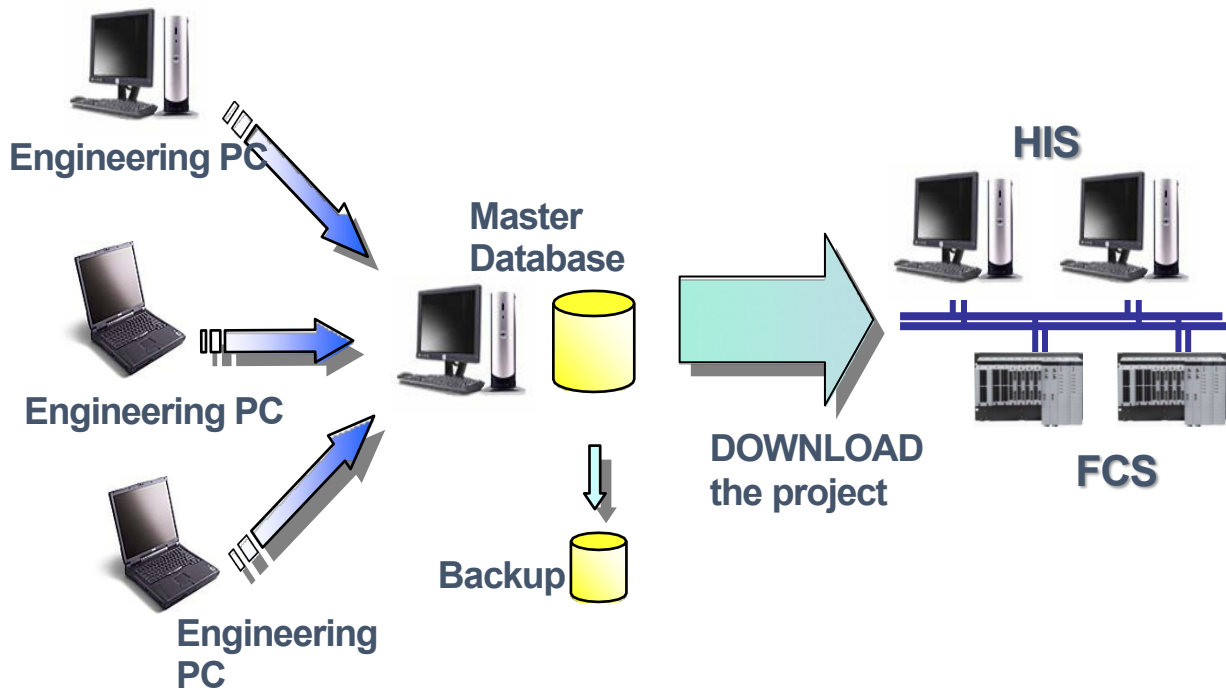


Figure III.14. L'ingénierie simultanée.

III.4.4.1 La fonction de test :

Deux cas peuvent se présenter :

On dispose du matériel, dans ce cas on testera le projet de type « current », ce mode de tests s'appelle « Target test ». La fonction de test utilise alors la FCS, les entrées/sorties procédé peuvent être simulées [23].

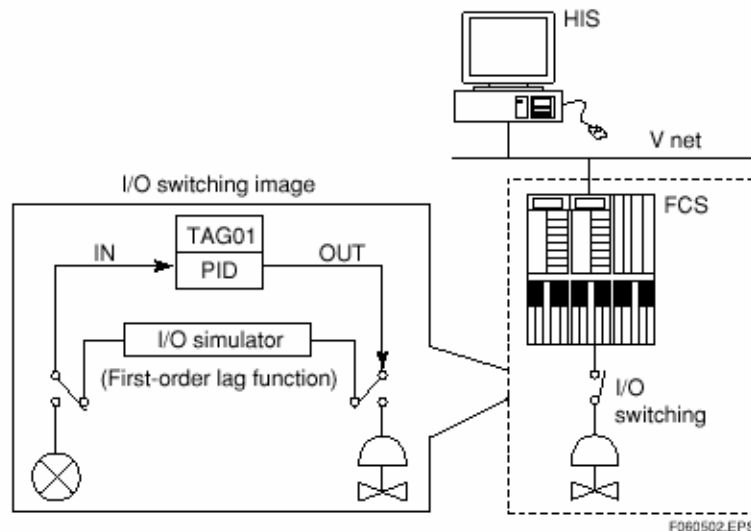


Figure III.15. La fonction de « Target test ».

On ne dispose que d'une station HIS avec les logiciels de configuration et la fonction de test, dans ce cas on testera les projets de type « user define », ce mode de tests s'appelle « Virtual test ». La fonction de test utilise alors un simulateur de FCS [23].

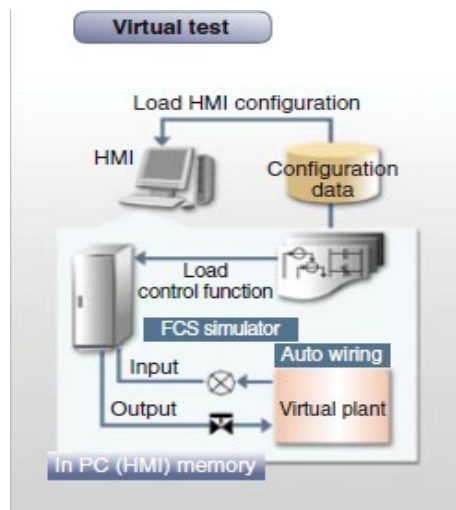


Figure III.16. La fonction de « Virtual test ».

III.5 Fonctionnement et les fonctions de surveillance :

Ce chapitre décrit les fonctions de fonctionnement et de surveillance typiques. La section suivante présente la configuration générale des fonctions de fonctionnement et de surveillance [25].

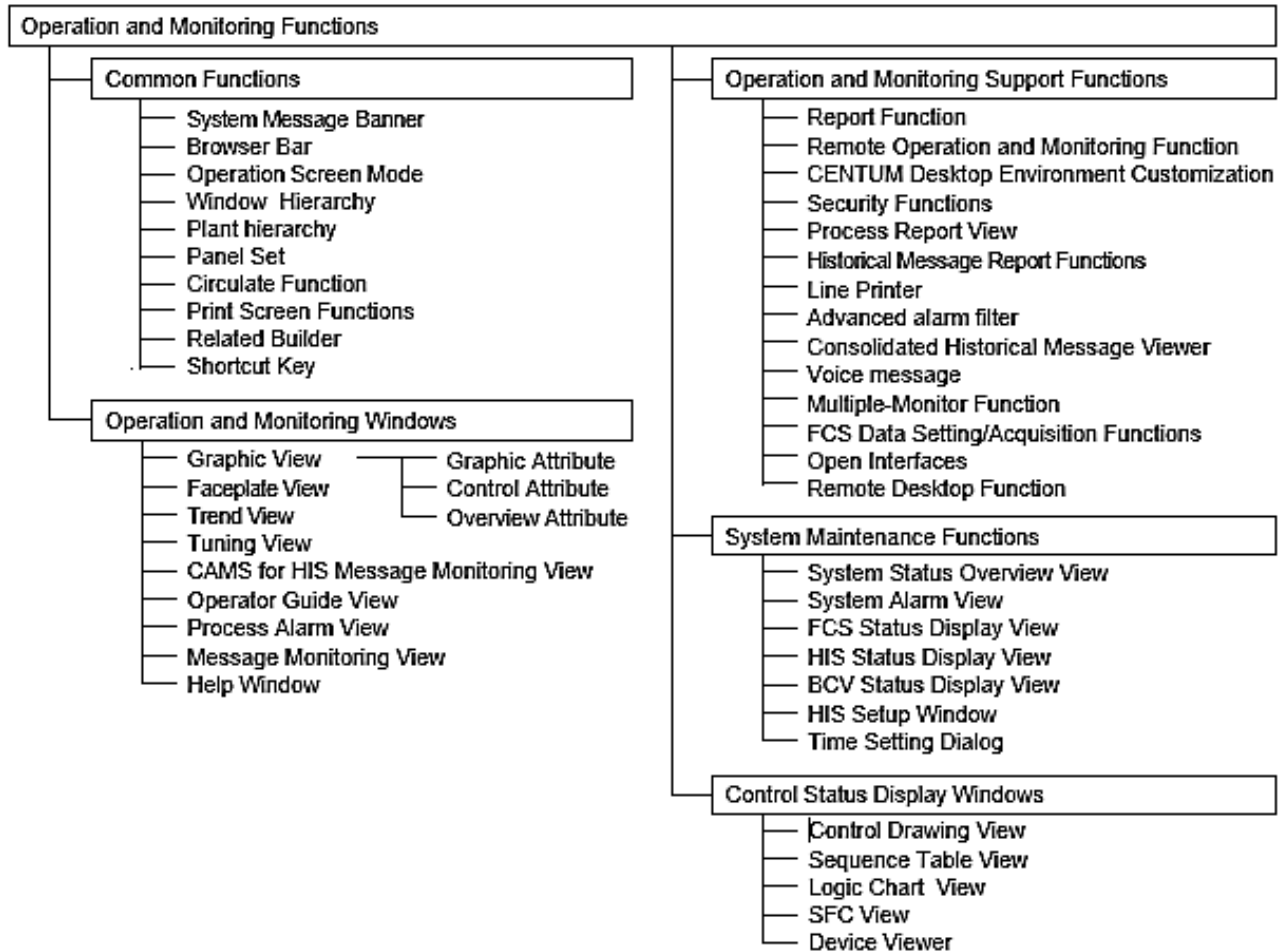


Figure III.17. Fonctionnement et fonctions de surveillance.

III.6 Fonctionnement global et les fonctions de surveillance :

Cette section fournit les fonctions suivantes qui s'impliquent dans le fonctionnement global et les fonctions de surveillance [25].

- Présentation d'affichage (Display layout)
- Bannière de message du système (System message banner)
- Barre du navigateur (browser bar)
- Zone de bureau HIS (HIS desktop area)

III.6.1 Présentation d'affichage (Display layout)

L'affichage HIS est composé d'une bannière de message système, d'une barre de navigateur et d'une zone de bureau HIS comme indiqué ci-dessous [25].

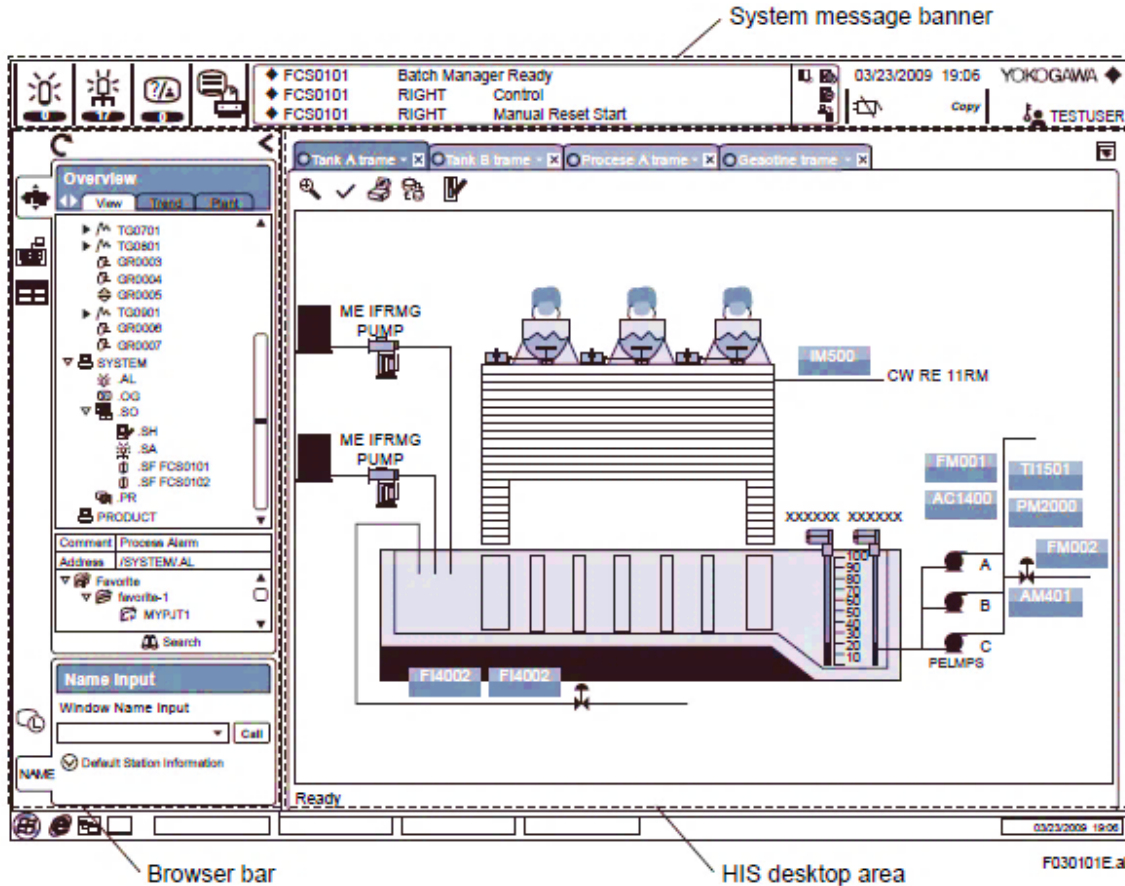


Figure III.18. Écran d'affichage.

III.6.2 Bannière de message du système (System message banner)

La bannière de message système exprime visuellement l'état de l'alarme. L'état de l'alarme est indiqué par les couleurs et le clignotement des boutons de fonctionnement, et l'affichage du message. La bannière de message système est toujours affichée en haut de l'écran, de sorte qu'elle ne sera jamais cachée derrière d'autres fenêtres [25].

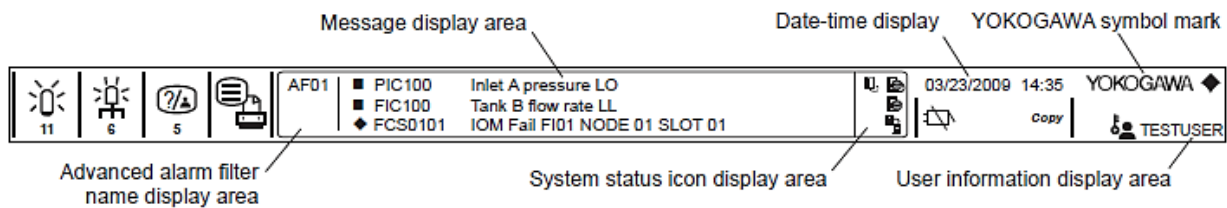


Figure III.19. Bannière de message du système.

III.6.3 Barre du navigateur (browser bar)

La barre du navigateur est utilisée pour appeler les fenêtres de fonctionnement et de surveillance. Il peut afficher une liste d'opérations et de fenêtres de surveillance et de structures hiérarchiques de plantes de manière arborescente, permettant à l'ensemble du système d'être facilement confirmé. En outre, si la barre du navigateur n'est pas utilisée, son affichage peut être minimisé à la fin de l'écran [25].

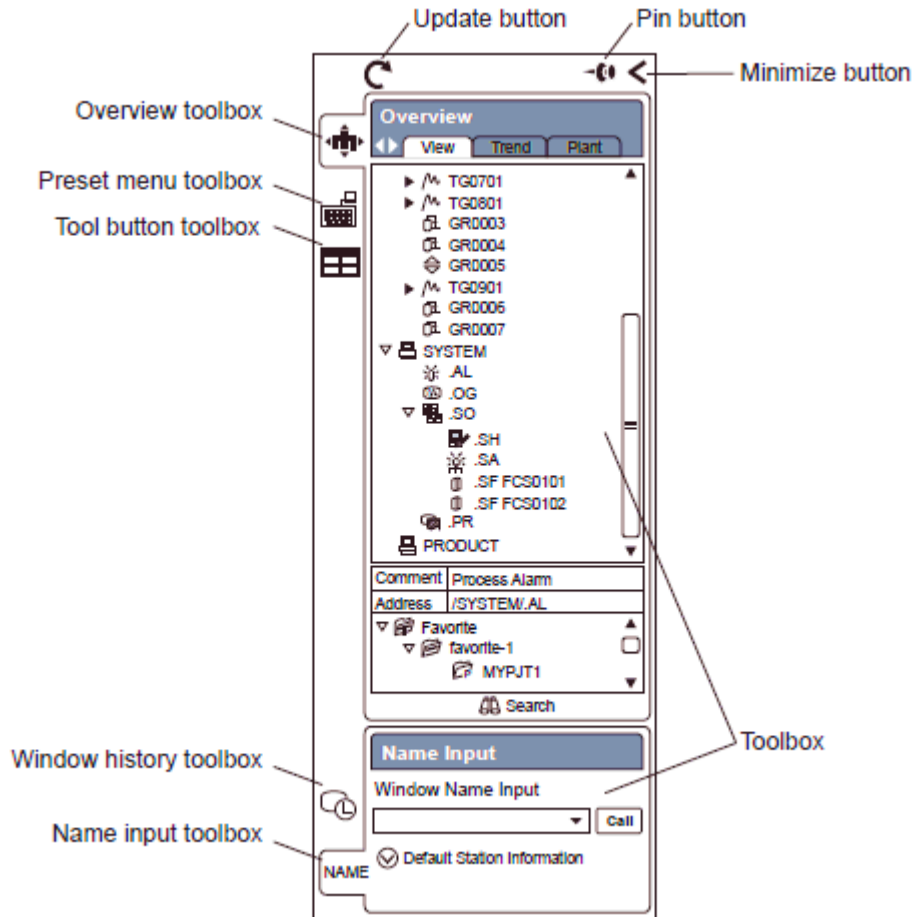


Figure III.20. Barre du navigateur.

III.6.4 Zone de bureau HIS (HIS desktop area)

La zone de bureau du HIS affiche diverses fenêtres de fonctionnement et de surveillance. Elle est composée de la vue, du cadre et de la fenêtre de conteneur comme indiqué ci-dessous [25].

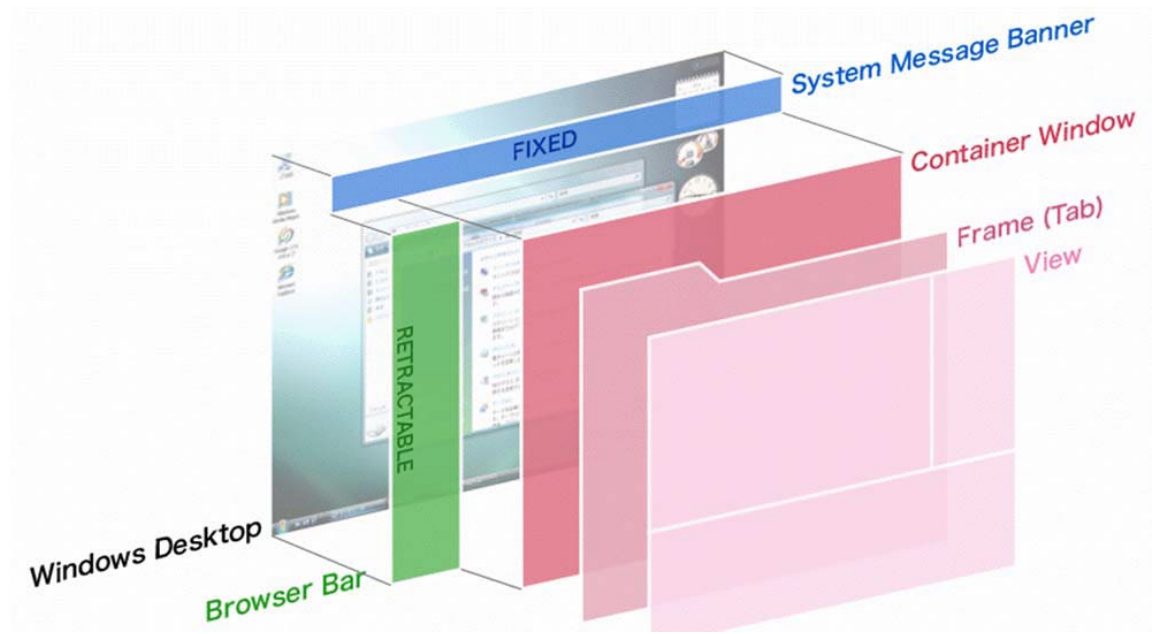


Figure III.21. Zone de bureau HIS (HIS desktop area).

III.7 La Fenêtre de Fonctionnement et surveillance

Cette section décrit l'affichage suivant pour le fonctionnement et la surveillance du processus. [25]

- Affichage graphique (Graphic view)
- Vue de la façade (façade de l'instrument)
- Vue de réglage (Tuning view)
- Affichage du message « CAMS for HIS »

III.7.1 Vue graphique avec attribut graphique

La vue graphique avec attribut graphique affiche les plantes d'une manière visuellement facile à comprendre en utilisant des objets de dessin abondants. Les conditions de la centrale sont affichées graphiquement et peuvent être utilisées et surveillées intuitivement. En outre, différentes fenêtres peuvent être appelées à partir de la vue graphique. [25]

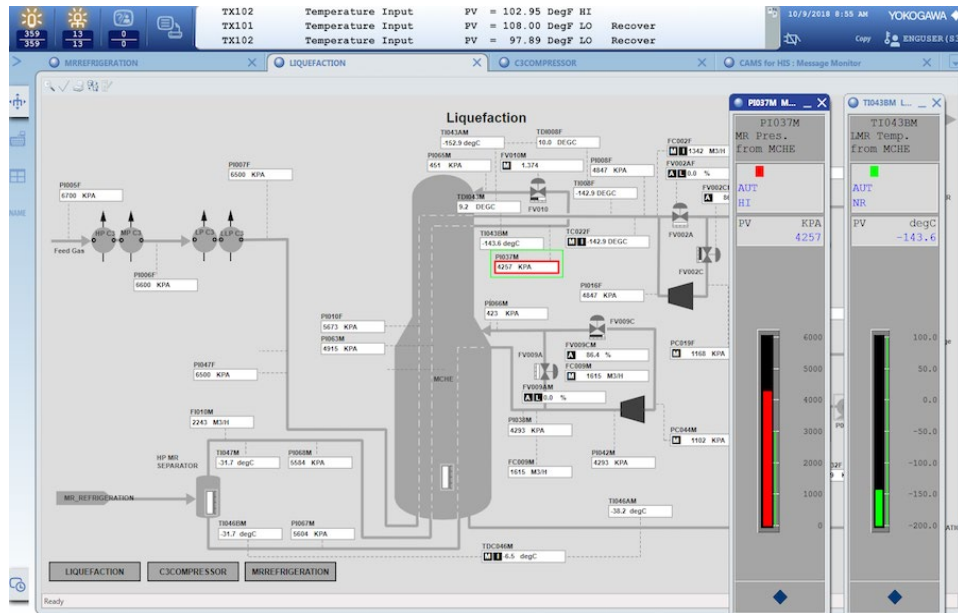


Figure III.22. Vue graphique avec attribut graphique.

III.7.2 Vue graphique avec attribut de contrôle

La vue graphique avec l'attribut control affiche les statuts des blocs de fonctions à l'aide des faces avant de l'instrument. Les faces avant de l'instrument ont deux tailles différentes : Jusqu'à huit faces avant plus grandes peuvent être affichées côte à côte ; tandis que jusqu'à 16 faces avant plus petites peuvent être affichées côte à côte. Les deux tailles de faces de l'instrument peuvent également être affichées simultanément [25].

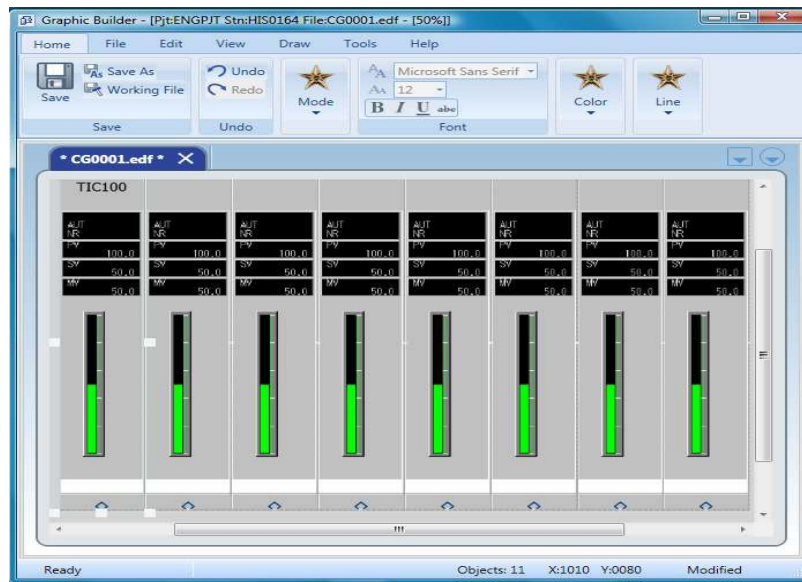


Figure III.23. Vue graphique avec attribut de contrôle.

III.7.3 Vue de la façade (façade de l'instrument)

La vue de face permet des affichages compacts et graphiques des valeurs de données, le mode de blocs de fonction, l'état des entrées de contact, et ainsi de suite [25].

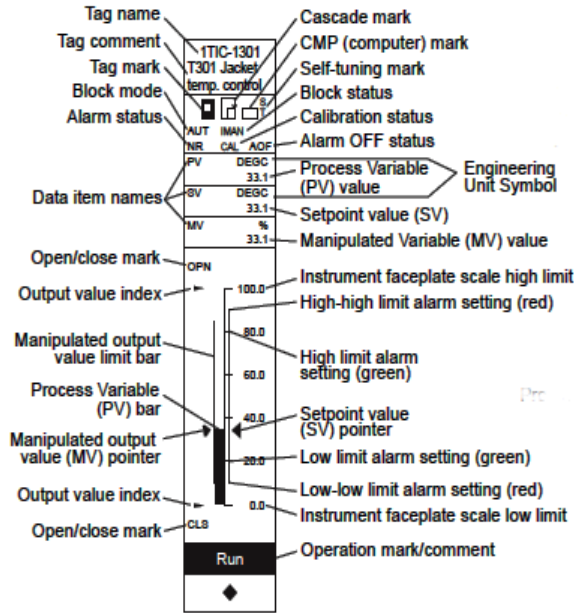


Figure III.24. Bloc du contrôleur PID.

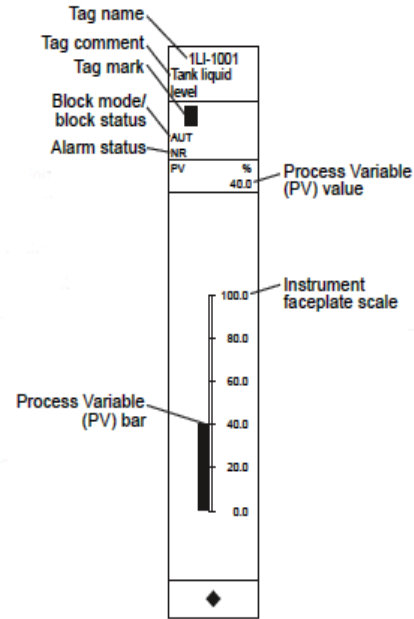


Figure III.25. Bloc indicateur d'entrée PVI.

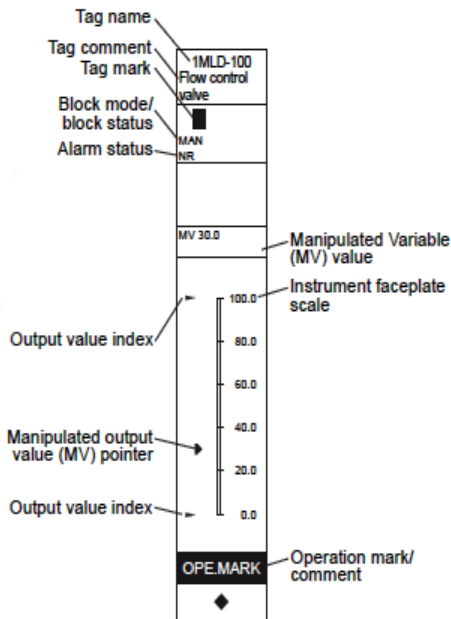


Figure III.26. Bloc de chargement manuel MLD.

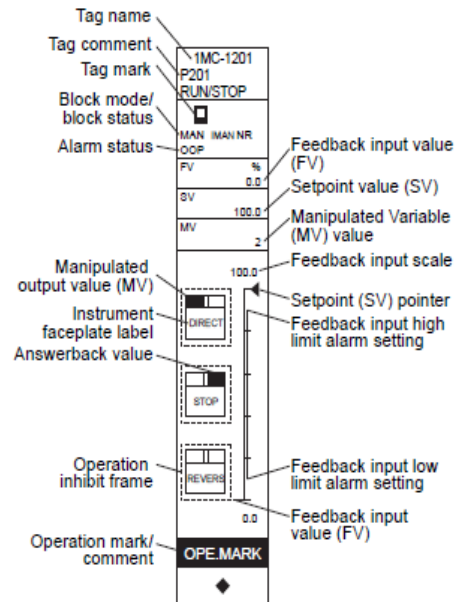


Figure III.27. Bloc de commande du moteur à deux positions MC-2.

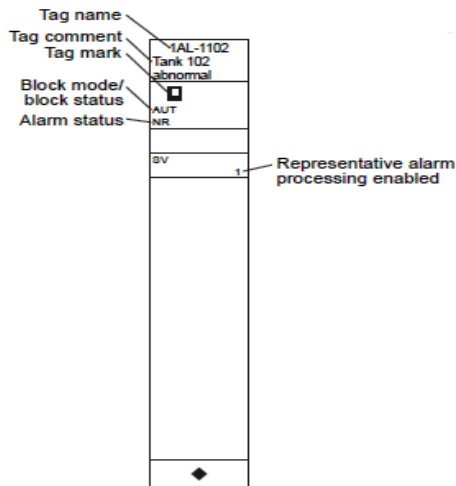


Figure III.28. Bloc d’alarme du représentant ALM-R.

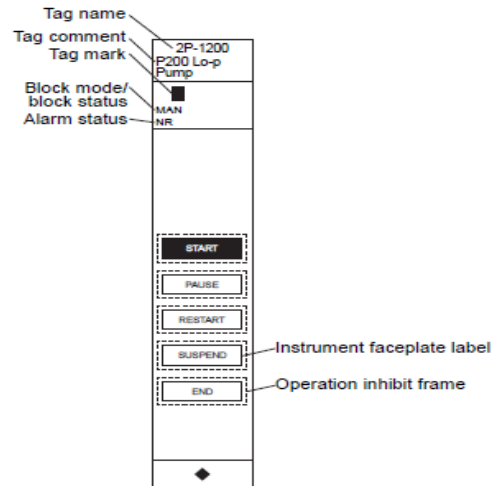


Figure III.29. Bloc de commutation à 5 boutons poussoirs PBS5C

III.7.4 Vue des tendances

La vue de tendance affiche graphiquement divers changements de données de processus avec le temps. Les changements de séries chronologiques dans les données de processus sont appelés données de tendance. La vue des tendances permet de sélectionner et d’afficher jusqu’à huit stylos à partir de plusieurs modes d’affichage des tendances. De plus, les données sur les tendances des différentes périodes d’échantillonnage peuvent être affichées sur une vue des tendances. De plus, les données de tendance peuvent être facilement utilisées dans d’autres applications [25].

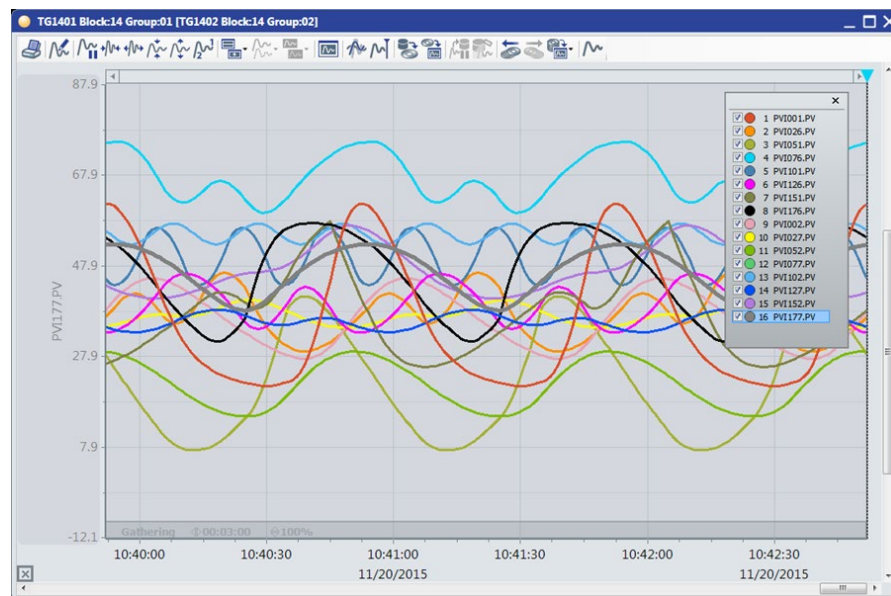


Figure III.30. Vue des tendances.

III.7.5 Vue de réglage (Tuning view)

Une vue de réglage affiche les paramètres de réglage et la tendance de réglage de chaque instrument. L'agrandissement de l'affichage du temps de tendance de réglage et des axes de données peut être modifié. [25]



Figure III.31. Vue de réglage (Tuning view).

- SV : Set point value
- DV : Deviation value
- SUM : Totalizer
- MV : Manipulated value
- HH : High High Value
- PH : High Value
- PL : Low Value
- LL : Low Low Value
- DL : Deviation limit
- VL : Velocity limit
- SVH : Higher Set point limit
- SVL : Lower Set point limit
- SH : Process Value High limit
- SL : Process Value low limit
- P : Proportional band
- I : Integral Action
- D : Derivative action
- GW : Gap width
- DB : Dead Band
- CK : Gain Coefficient

III.7.6 Affichage du message « CAMS for HIS »

Le moniteur de messages CAMS for HIS (Consolidated Alarm Management Software for HIS) affiche les alarmes et les événements regroupés de divers systèmes. Le réglage des conditions de filtre permet de sélectionner et d'afficher uniquement les alarmes et événements nécessaires. En outre, des informations à valeur ajoutée peuvent être affichées pour aider à prendre des mesures pour les alarmes rapidement et avec précision [25].

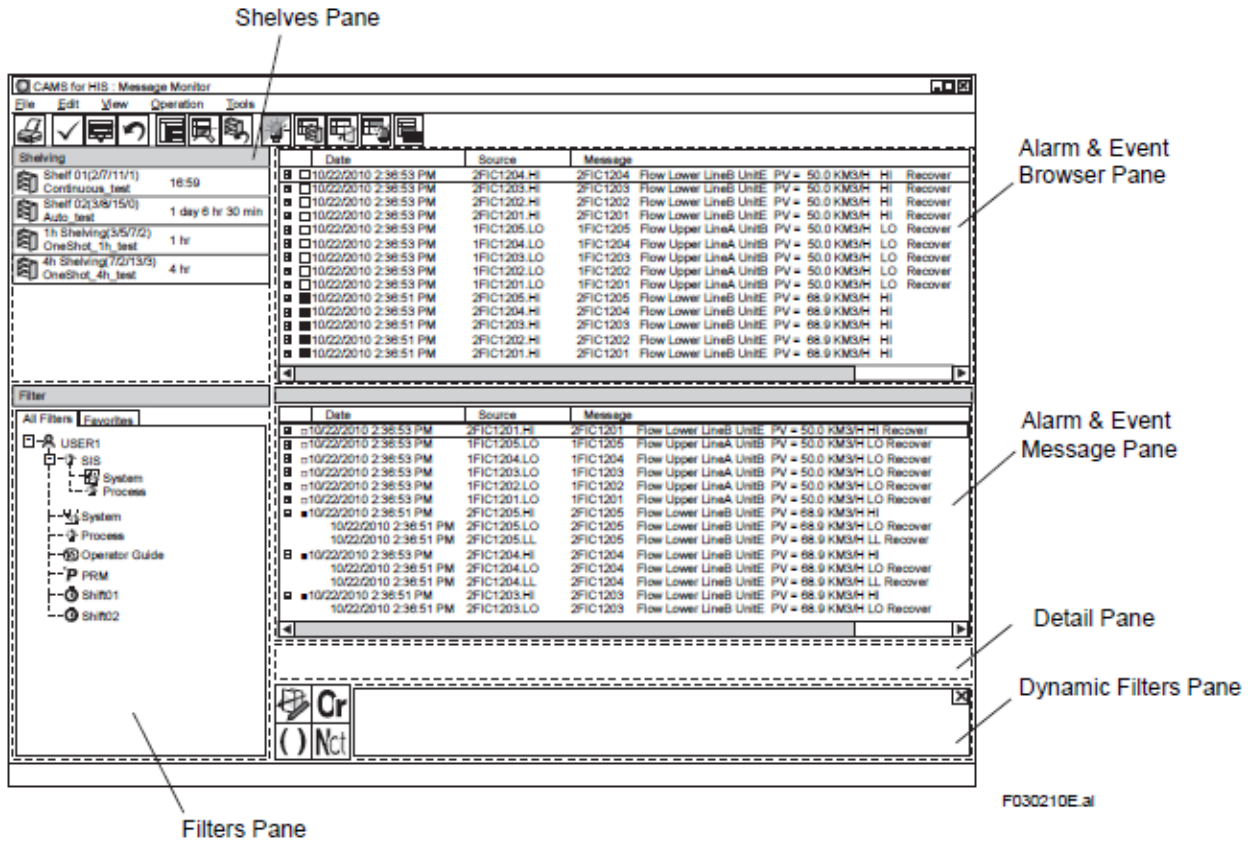


Figure III.32. Affichage du message « CAMS for HIS »

III.8 Fonction de contrôle

La figure suivante montre la configuration des fonctions de contrôle [20].

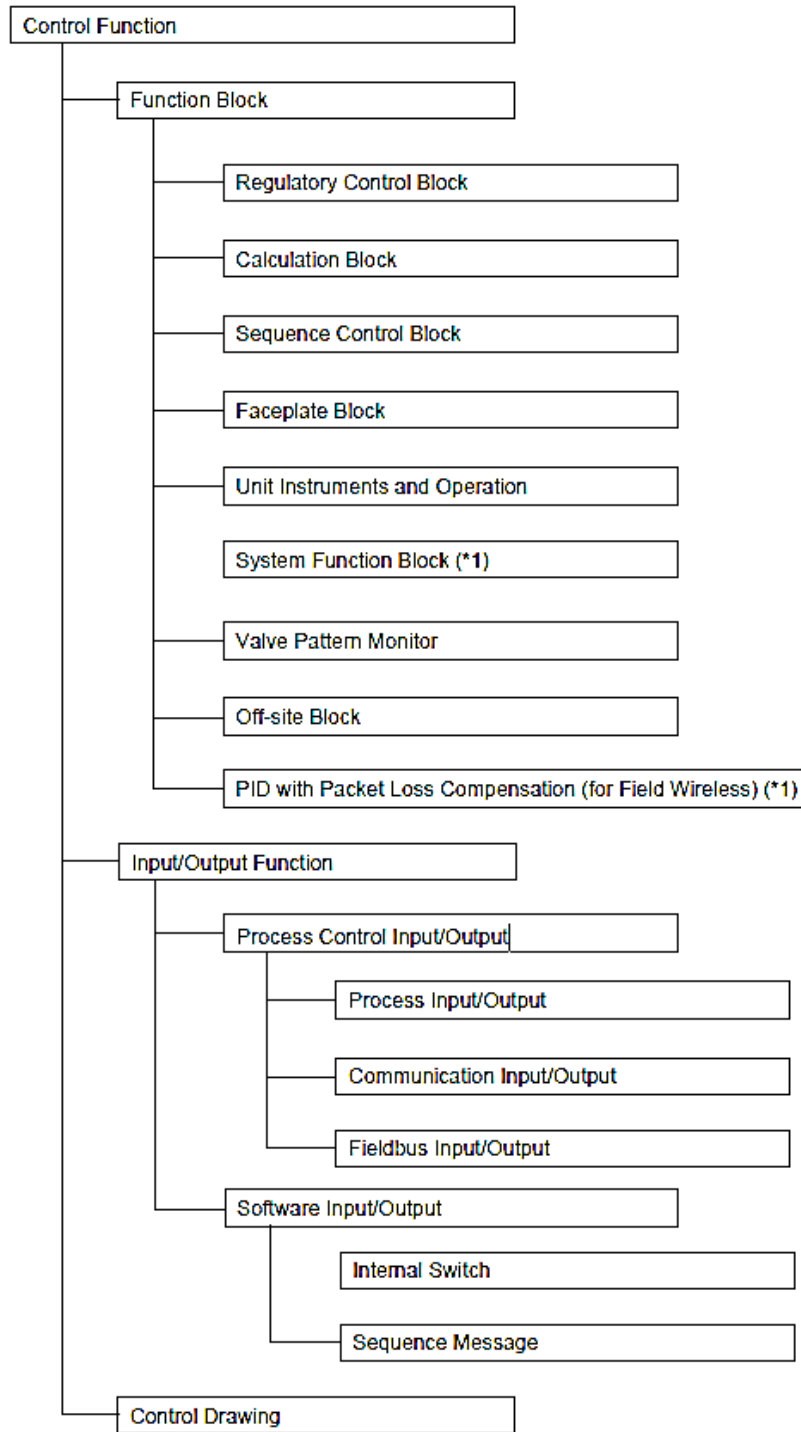


Figure III.33. Configuration des fonctions de contrôle.

III.8.1 Configuration des fonctions de contrôle

Ces fonctions seront programmées en combinant des blocs fonction et en les reliant entre-eux ou à des entrées/sorties procédé dans des schémas de contrôle (drawing) [20].

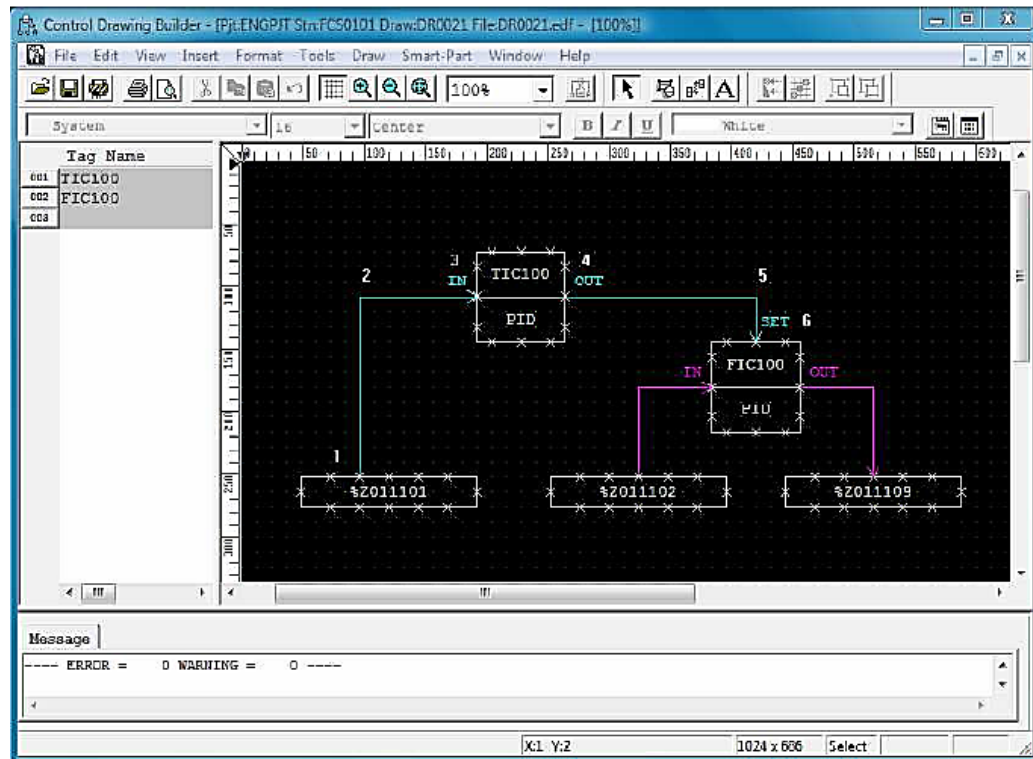


Figure III.34. Dessin de contrôle avec CENTUM VP

III.8.2 Le bloc de fonction

Le CENTUM VP fournit des blocs fonctionnels pour la surveillance, le contrôle, les manipulations, les calculs, les fonctions logiques et les séquences. Non seulement le contrôle continu, mais aussi le contrôle avancé, le contrôle séquentiel compliqué et le contrôle par lots sont tous exécutés dans un environnement de contrôleur redondant, sécurisé et fiable. Les systèmes d'installation peuvent être conçus de manière flexible, de petite à grande échelle, grâce à la combinaison de ces blocs de contrôle [20].

Le bloc de fonction est une unité de base pour le contrôle et les calculs. Le contrôle continu, le contrôle séquentiel (tableaux de séquences et diagrammes logiques) et les calculs sont effectués par blocs de fonctions. Les blocs de commande réglementaires, les blocs de calcul et les blocs de commande séquentielle sont interconnectés d'une manière similaire aux diagrammes de flux des instruments classiques [20].

Tableau III.2. Blocs de contrôle réglementaire

Block type	Model	Name
Input Indicator Block	PVI	Input Indicator Block
	PVI-DV	Input Indicator Block with Deviation Alarm
Controller Block	PID	PID Controller Block
	PI-HLD	Sampling PI Controller Block
	PID-BSW	PID Controller Block with Batch Switch
	ONOFF	Two-Position ON/OFF Controller Block
	ONOFF-E	Enhanced Two-Position ON/OFF Controller Block
	ONOFF-G	Three-Position ON/OFF Controller Block
	ONOFF-GE	Enhanced Three-Position ON/OFF Controller Block
	PID-TP	Time-Proportioning ON/OFF Controller Block
	PD-MR	PD Controller Block with Manual Reset
	PI-BLEND	Blending PI Controller Block
	PID-STC	Self-Tuning PID Controller Block
Manual Loader Block	MLD	Manual Loader Block
	MLD-PVI	Manual Loader Block with Input Indicator
	MLD-SW	Manual Loader Block with Auto/Man SW
	MC-2	Two-Position Motor Control Block
	MC-2E	Enhanced Two-Position Motor Control Block
	MC-3	Three-Position Motor Control Block
	MC-3E	Enhanced Three-Position Motor Control Block
Signal Setter Block	RATIO	Ratio Set Block
	PG-L13	13-Zone Program Set Block
	BSETU-2	Flow-Totalizing Batch Set Block
	BSETU-3	Weight-Totalizing Batch Set Block
Signal Limiter Block	VELLIM	Velocity Limiter Block
Signal Selector Block	SS-H/ML	Signal Selector Block
	AS-H/ML	Auto-Selector Block
	SS-DUAL	Dual-Redundant Signal Selector Block
Signal Distributor Block	FOUT	Cascade Signal Distributor Block
	FFSUM	Feed-Forward Signal Summing Block
	XCPL	Non-Interference Control Output Block
	SPLIT	Control Signal Splitter Block
Alarm Block	ALM-R	Representative alarm (*1)
Pulse Count Input Block	PTC	Pulse Count Input Block

III.9 Schémas de commande

Les petits groupes de contrôle composés de blocs de fonctions et d'entrées/sorties doivent être décrits dans les dessins de contrôle. Les travaux d'ingénierie et de maintenance sont simplifiés en unifiant le contrôle du dispositif de traitement sous forme de dessin de contrôle. La surveillance de l'ensemble de l'installation ou de chaque procédé peut également être spécifiée sous forme de dessins de contrôle au lieu de spécifier une unité de procédé ou des fonctions individuelles entre les différents dispositifs. Les caractéristiques des dessins de contrôle sont décrites ci-dessous [20].

- Connexion des E/S et des blocs de contrôle En connectant une ligne entre les E/S et le bloc de fonctions, ou entre les blocs de fonctions, la définition du flux de données peut être visualisée.
- Définition de l'ordre d'implémentation des blocs de contrôle La priorité d'implémentation ou l'ordre d'exécution peut être déterminé parmi plusieurs blocs de fonction décrits dans le schéma de contrôle.
- Combinaison de contrôle réglementaire et de contrôle séquentiel Le contrôle réglementaire et le contrôle séquentiel peuvent être mélangés dans le schéma de contrôle. Les fonctions de contrôle peuvent être configurées de manière flexible selon les exigences du processus.
- Le flux de signal libre entre le bloc de fonction de dessin de contrôle appartenant à différents dessins de contrôle peut être connecté à un autre dessin de contrôle.

III.10 CENTUM VP PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

III.10.1 Extensibilité et dimensionnement

CENTUM VP fournit une configuration de système hiérarchique pour assurer des extensions de système flexibles. Le concept de base de la configuration hiérarchique du système est illustré ci-dessous. Pour chaque domaine système, un total de 64 FCS et HIS peuvent être connectés. Dans le cas où plus de stations sont nécessaires pour répondre aux besoins de l'utilisateur final, plus de domaines peuvent être spécifiés, jusqu'à un maximum de 31 domaines. Le système global reste cependant entièrement transparent dans tous ces domaines [18].

III.10.2 Gestionnaire des ressources végétales (PRM)

Aujourd'hui, les sites de production en réseau deviennent la norme. Ces réseaux améliorent grandement les travaux de maintenance. Plant Resource Manager (PRM), le logiciel de Yokogawa, propose un nouveau style de maintenance adapté aux avantages des instruments de terrain intelligents. La PRM est appliquée aux installations d'application HART et Fieldbus pour permettre des fonctions de maintenance à distance et automatisées. PRM acquiert l'information de dispositif comprenant l'ID de dispositif, divers paramètres, et l'information d'auto-diagnostic et d'autres détails relatifs dispositif, en plus des données mesurées. [18]

Cette mine de renseignements est utilisée pour l'administration et la supervision de biens comme les appareils de terrain, ainsi que pour les inspections automatisées à distance. PRM transforme le style de maintenance du travail manuel effectué principalement sur site, en gestion automatisée des appareils informatiques. PRM peut aider ses utilisateurs à intégrer l'écart de compétences entre les dernières technologies et les pratiques de maintenance actuelles. [18]

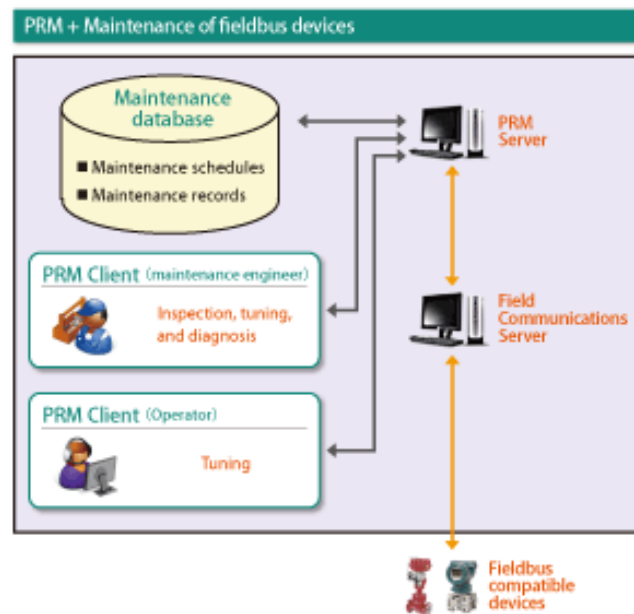


Figure III.35. PRM (Plant Resource Manager).

III.10.3 Communication HART

Le protocole HART (Highway Addressable Remote Transducer) est une norme communément reconnue pour la communication numérique évoluée avec l'instrumentation dans les procédés industriels [26].

Le FCS est capable de connecter des appareils HART directement via des modules d'E/S compatibles HART, sans multiplexeurs intermédiaires. Les données analogiques et la variable HART des dispositifs de terrain sont stockées dans la zone d'image E/S dans le module E/S analogique, et échangées entre le module E/S et le contrôleur FCS. Les variables liées à HART peuvent être transmises sur le réseau de contrôle Vnet/IP et gérées par le système de gestion des actifs PRM. La configuration type avec l'instrumentation HART est illustrée comme suit. [18]

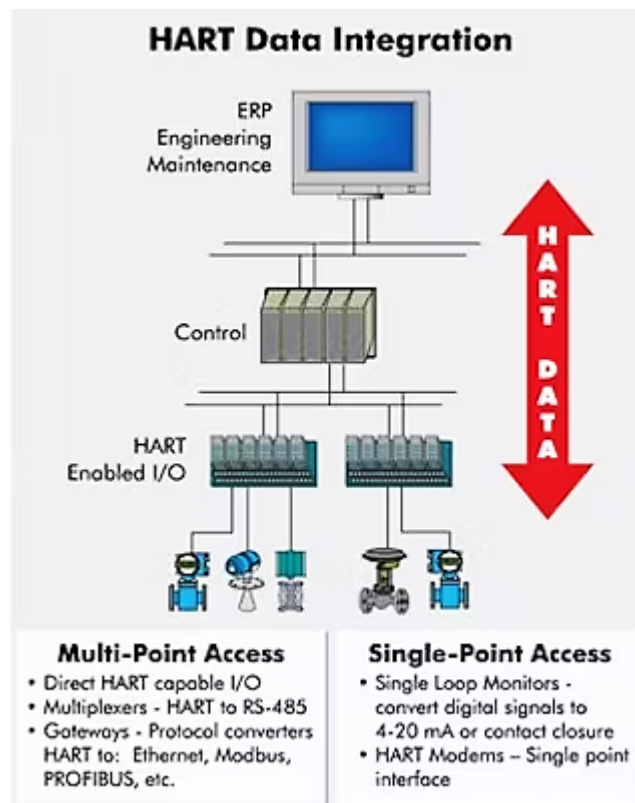


Figure III.36. Communication HART

III.11 Conclusion

En conclusion, la DCS (Distributed Control System) Yokogawa CENTUM VP est une solution avancée et fiable pour la gestion et le contrôle des processus industriels. Avec sa conception modulaire et sa capacité d'intégration étendue, elle offre une flexibilité et une évolutivité remarquables pour répondre aux besoins spécifiques des industries.

La DCS Yokogawa CENTUM VP se distingue par sa convivialité, son interface utilisateur intuitive et ses fonctionnalités avancées telles que la surveillance en temps réel, la gestion des alarmes et des événements, ainsi que l'analyse des données. Elle permet aux opérateurs de prendre des décisions rapides et éclairées, contribuant ainsi à une amélioration de la sécurité, de la productivité et de l'efficacité opérationnelle.

Grâce à sa technologie de pointe et à son architecture redondante, la DCS Yokogawa CENTUM VP garantit une disponibilité maximale du système, réduisant ainsi les temps d'arrêt et les risques associés. De plus, sa capacité de communication avec d'autres systèmes et équipements permet une intégration transparente avec les technologies existantes, facilitant ainsi la modernisation des installations industrielles.

En résumé, la DCS Yokogawa CENTUM VP offre une solution complète et performante pour la supervision et le contrôle des processus industriels. Elle combine des fonctionnalités avancées, une convivialité exceptionnelle et une fiabilité éprouvée pour aider les industries à optimiser leurs opérations, à améliorer leur efficacité et à atteindre leurs objectifs de manière sûre et rentable.

Chapitre IV
Implémentation de la
stratégie de régulation dans
le DCS Yokogawa centum
VP

IV. Partie pratique

IV.1 Introduction

La régulation de niveau dans une chaudière à vapeur est essentielle pour maintenir un fonctionnement sûr et efficace de l'unité. Une méthode couramment utilisée pour contrôler le niveau d'eau est la régulation à trois éléments, qui permet une gestion précise de l'alimentation en eau. Dans ce contexte, l'intégration de la régulation de niveau au ballon supérieur d'une chaudière à vapeur en 3 éléments sous Centum VP, un puissant système de contrôle, joue un rôle crucial.

Centum VP est une plateforme de contrôle distribué développée par Yokogawa, leader dans le domaine des systèmes de contrôle industriel. Ce programme avancé offre une intégration harmonieuse avec les différents composants d'une chaudière à vapeur, y compris le ballon supérieur et les éléments de régulation de niveau. Il permet une surveillance en temps réel, une analyse des données et des capacités de contrôle sophistiquées.

Sous Centum VP, la régulation de niveau en 3 éléments est réalisée en utilisant trois mesures clés : le niveau d'eau dans le ballon supérieur, le débit d'alimentation en eau et le débit de vapeur. Ces mesures sont intégrées dans le programme Centum VP, qui effectue des calculs précis pour déterminer la commande de la vanne d'alimentation en eau afin de maintenir le niveau d'eau souhaité dans la chaudière.

L'intégration de la régulation de niveau au ballon supérieur d'une chaudière à vapeur en 3 éléments sous Centum VP offre de nombreux avantages. Tout d'abord, le programme Centum VP permet une surveillance continue du niveau d'eau, garantissant ainsi la stabilité du processus de génération de vapeur. De plus, il offre des fonctionnalités avancées telles que l'enregistrement des données, la génération de rapports et les alarmes, facilitant ainsi la gestion et l'analyse des performances de la chaudière.

L'intégration de la régulation de niveau au ballon supérieur d'une chaudière à vapeur en 3 éléments sous Centum VP permet aussi d'optimiser le contrôle du niveau d'eau et d'améliorer la performance de la chaudière. Grâce à ce programme avancé, les opérateurs peuvent surveiller et ajuster efficacement les paramètres de la chaudière, assurant ainsi un fonctionnement sûr, stable et économe en énergie.

IV.2 Bloc de fonction

Le bloc de fonction effectue un traitement de calcul de contrôle en utilisant des valeurs de processus analogiques pour le contrôle de processus. Les blocs de fonctions qui assurent la fonction de bloc de fonction sont appelés « regulatory control blocks » [27].

Ce chapitre présente une description détaillée de la fonction de chacun des blocs de fonctions.

IV.2.1 Bloc de fonction

Les blocs de contrôle régulateurs sont les blocs de fonction qui effectuent le traitement de calcul de contrôle principalement sur l'entrée analogique comme signaux d'entrée. Les résultats calculés sont utilisés pour le contrôle des processus [27].

Les blocs de fonctions prennent en charge les types de traitement suivants : traitement d'entrée, traitement de calcul de contrôle, traitement de sortie et traitement d'alarme.

IV.2.2 Types de bloc de fonction

Les blocs de fonctions varient selon les types de données manipulées et les fonctions de calcul de contrôle fournies. Les blocs sont classés dans ces blocs ci-dessous [27].

- Blocs indicateurs d'entrée : PVI (Input Indicator Block).
- Blocs de contrôle : PID (PID Controller Block).
- Blocs de chargement manuel: MLD (Manual Loader Block), MLD-SW (Manual Loader Block with Auto/Man Switch)
- Blocs de réglage des signaux
- Blocs du limiteur de signal
- Blocs sélecteurs de signaux
- Blocs de distribution de signaux
- Bloc d'entrée de comptage d'impulsions
- Bloc d'alarme
- Blocs YS

IV.2.3 Données d'E/S traitées par les blocs de fonction

En règle générale, les données transmises via les terminaux d'E/S traités par les blocs de fonctions doivent être les données de l'unité d'ingénierie. Chaque élément de données comprend la valeur et l'état des données [27].

IV.2.4 Valeur des données

La valeur des données est une donnée numérique qui est transmise dans ou hors d'un bloc de fonction. Les valeurs de données traitées par les blocs comprennent la variable de processus (PV), la valeur de consigne en cascade (CSV) et la valeur de sortie manipulée (MV) [27].

Les valeurs de données traitées par les blocs de fonctions sont des données numériques dans l'unité d'ingénierie. Toutefois, les données reçues des modules d'entrée (à l'exclusion des modules d'entrée pour la mesure de la température ainsi que pour les trains d'impulsions) et les données de consigne envoyées aux modules de sortie analogiques sont données sous forme de valeurs en pourcentage comprises entre 0 % et 100 %.

IV.2.5 État des données

L'état des données est une information d'état qui indique la valeur et la qualité des données d'E/S. L'état des données est transmis sous forme de données E/S d'un bloc de fonction à un autre via une connexion E/S avec une valeur de données [27].

L'état des données est utilisé pour tester l'existence d'événements exceptionnels, tels que des échecs de processus et des erreurs de calcul survenues dans le traitement de calcul de contrôle effectué par les blocs de fonction.

IV.2.6 Données d'entrée

Les données d'entrée sont des données numériques que la fonction bloque à partir des bornes d'entrée. Les types de données d'entrée sont les suivants [27] :

- Variable de processus (PV)
- Valeur de point de consigne (SV), valeur de point de consigne en cascade (CSV), valeur de point de consigne à distance (RSV)
- Valeurs du signal d'entrée (RV1, RV2, RV3)
- Réinitialiser les valeurs limites (RLV1, RLV2)
- Valeur compensée en entrée ou en sortie (VN)

- Commutateur de suivi (TSW)

IV.2.7 Données de sortie

Les données de sortie sont une valeur de données numériques qui est écrite à partir d'un bloc de fonction via un terminal de sortie. Les types de données de sortie sont présentés ci-dessous [27] :

- Valeur de sortie manipulée (MV)
- Valeurs de sortie auxiliaires (PV, Δ PV, MV, Δ MV)
- Variable de processus (PV)

IV.2.8 Bloc indicateur d'entrée (PVI)

Ce bloc de fonction affiche un signal d'entrée des modules E/S ou des autres blocs sous forme de variable de processus (PV). Il peut également produire la variable de processus (PV) à partir du terminal de sortie. Ce bloc ne peut être utilisé que pour indiquer la variable processus. La figure ci-dessous montre un schéma fonctionnel du bloc indicateur d'entrée (PVI) [27] :

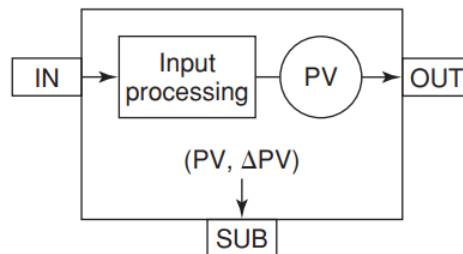


Figure IV.1: Schéma fonctionnel du bloc indicateur d'entrée (PVI)

IN : Entrée de mesure, **OUT** : Sortie variable processus, **SUB** : Sortie auxiliaire.

IV.2.9 Bloc contrôleur (PID)

Le bloc contrôleur PID (PID) fournit la fonction de commande la plus générale pour effectuer un contrôle proportionnel-intégral-dérivé basé sur l'écart de la variable de processus (PV) par rapport à la valeur de consigne (SV). La figure ci-dessous montre un schéma fonctionnel du bloc du contrôleur (PID) [27] :

IV.2.11 Blocs de calcul

Les blocs de calcul reçoivent des signaux analogiques (valeurs analogiques) ou des signaux de contact (valeurs numériques) comme valeurs d'entrée, et effectuent des calculs selon les paramètres définis. Le résultat du calcul est la valeur de sortie calculée (CPV) [27].

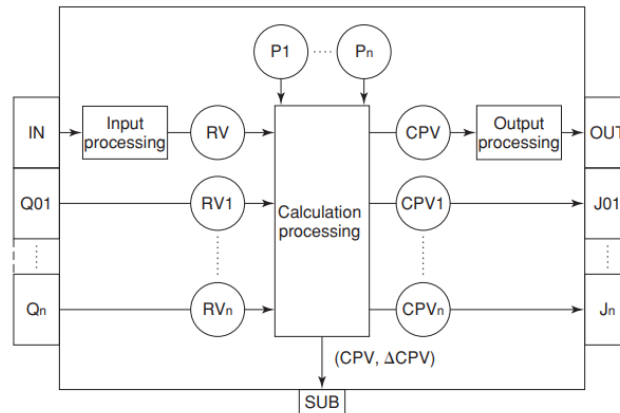


Figure IV.4. Architecture du bloc de calcul

IN : Terminal d'entrée (entrée principale), **RV** : Valeur d'entrée calculée, **OUT** : Terminal de sortie (sortie principale), **RVn** : Valeur d'entrée calculée, **Qn** : Terminal d'entrée (entrée filiale), **CPVn** : Valeur de sortie calculée, **Jn** : Terminal de sortie (sortie filiale), **Pn** : Paramètre de réglage,
CPV : Valeur de sortie calculée, **SUB** : Sortie auxiliaire.

Tous les blocs de calcul sont fournis avec les trois fonctions de traitement suivantes.

- **Traitement des entrées** : Recevoir le signal du terminal d'entrée et convertir le signal en valeur d'entrée de calcul (RV).
- **Traitement du calcul** : Lire la valeur d'entrée du calcul (RV) et effectuer le traitement du calcul, puis produire le résultat en tant que valeur de sortie calculée (CPV).
- **Traitement de sortie** : Lire la valeur de sortie calculée (CPV) et afficher le résultat du calcul comme signal de sortie vers la destination connectée de la borne de sortie.

En outre, pour effectuer le calcul avec les données d'autres blocs de fonction via le réglage des données ou des fonctions de référence des données peut contourner le traitement d'entrée et de sortie.

IV.2.12 Blocs de calcul d'usage général (CALCU, CALCU-C)

Le bloc de calcul général (CALCU) est un bloc de fonction qui exécute des algorithmes de calcul arbitraires prédéfinis. Les algorithmes de calcul sont définis à l'aide du langage général de description des expressions de calcul.

Le Bloc de Calcul avec Chaîne I/O (CALCU-C) a la même fonction que le Bloc de Calcul Général (CALCU), mais le premier a des terminaux E/S qui peuvent traiter les données de chaîne et une partie des données E/S est utilisée uniquement pour les données de chaîne [27].

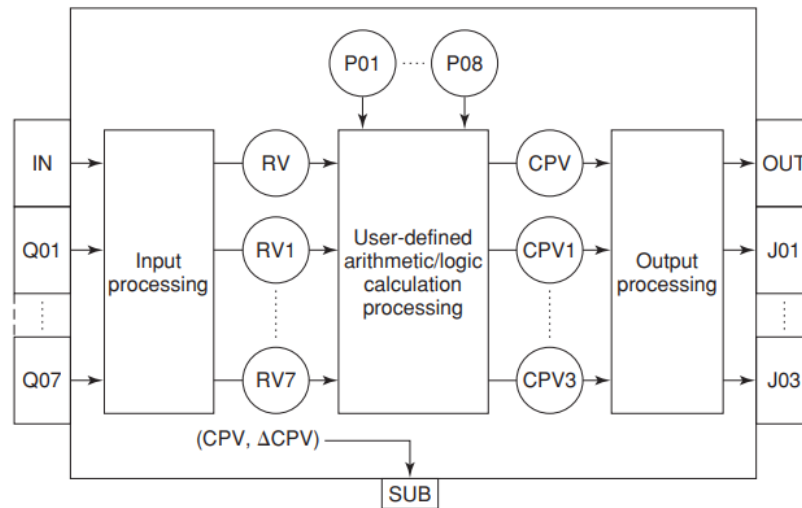


Figure IV.5. Schéma fonctionnel des blocs de calcul d'usage général (CALCU, CALCU-C)

Les blocs CALCU et CALCU-C effectuent le traitement d'entrée, de calcul, de sortie traitement et traitement des alarmes. Les délais de traitement disponibles pour les blocs CALCU et CALCU-C sont périodiques démarrage et un démarrage d'un coup. Sélections disponibles pour la période d'exploration utilisée pour exécuter un le démarrage périodique comprend la période d'acquisition de base, la période d'acquisition à vitesse moyenne et la période de balayage à haute vitesse [27].

IV.2.13 Bloc de chargement manuel (MLD)

Le bloc de chargement manuel (MLD) peut être appliqué à la valeur de sortie manipulée (MV) pour actionner manuellement les éléments de commande finale, tels que les vannes de commande. Sortie du bloc de chargement manuel (MLD) avec valeur de sortie manipulée (MV) définie à partir de la fonction de fonctionnement et de surveillance. En mode de suivi (TRK), le signal d'entrée de suivi reçu du terminal TIN est une valeur de sortie manipulée (MV) [27].

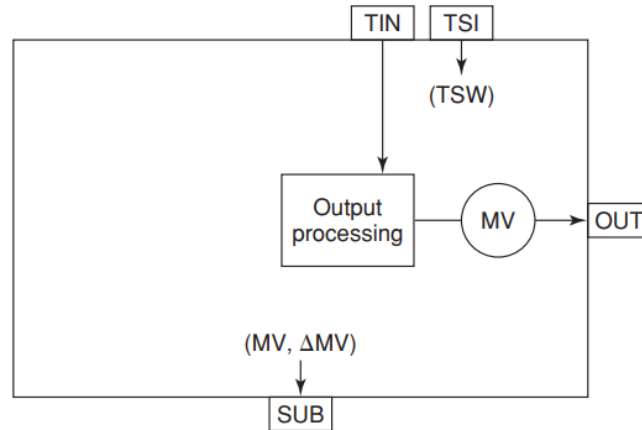


Figure IV.6. Schéma fonctionnel du bloc de chargement manuel (MLD)

OUT : Sortie manipulée, **SUB** : Sortie auxiliaire SUB, **TIN** : Entrée de signal de suivi TIN
TSI : suivi SW Entrée.

Le bloc MLD effectue le traitement des sorties et des alarmes. Le seul temps de traitement disponible pour le bloc MLD est un démarrage périodique. Les sélections disponibles pour la période d'exploration utilisée pour exécuter un démarrage périodique comprennent la période d'exploration de base, la période d'exploration à vitesse moyenne et la période d'exploration à vitesse élevée [27].

IV.2.14 Bloc de chargement manuel avec logiciel Auto/Man (MLD-SW)

Le bloc de chargement manuel avec logiciel Auto/Man (MLD-SW) peut être appliqué en tant que bloc le plus bas en aval dans les boucles de commande composées de plusieurs blocs de fonctions. Le bloc de chargement manuel avec logiciel automatique/manuel (MLD-SW) sélectionne les signaux de sortie manipulés à envoyer aux éléments de commande finale, en commutant entre le signal de sortie reçu d'un contrôleur et son propre signal de sortie manipulé manuellement. En mode manuel (MAN), le bloc de chargement manuel avec logiciel automatique/manuel (MLD-SW) affiche la valeur définie de la fonction de fonctionnement et de surveillance comme valeur de sortie manipulée (MV) pour faire fonctionner l'élément de commande final. En mode automatique (AUT) ou en mode cascade (CAS), il effectue un traitement de calcul de contrôle sur la valeur entrée à partir d'un autre bloc de fonctions (CSV), et produit le résultat sous forme de valeur de sortie manipulée (MV) en mode manuel (MAN) il produit l'ensemble MV à partir de la fonction de fonctionnement et de surveillance [27].

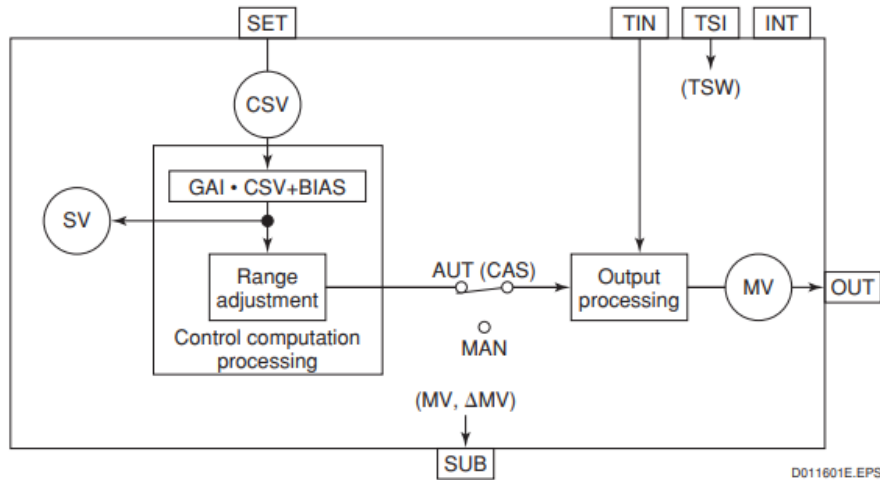


Figure IV.7. Schéma fonctionnel du bloc de chargement manuel (MLD-SW)

Le bloc logiciel MLD effectue le traitement de calcul de contrôle, le traitement de sortie et le traitement des alarmes. Le seul temps de traitement disponible pour le bloc logiciel MLD est un démarrage périodique. Les sélections disponibles pour la période d'exploration utilisée pour exécuter un démarrage périodique comprennent la période d'exploration de base, la période d'exploration à vitesse moyenne et la période d'exploration à vitesse élevée [27].

IV.2.15 Bloc de commutation à 5 boutons poussoirs étendu (PBS5C)

Le bloc de commutation à 5 boutons poussoirs étendu (PBS5C) est un bloc de plaque frontale de séquence qui contient les données d'état de cinq boutons poussoirs.

Le bloc de commutation à 5 boutons poussoirs étendu (PBS5C) est un bloc de plaque frontale de séquence qui contient les données d'état de cinq boutons poussoirs et modifie l'indication sur la plaque frontale de l'instrument en fonction de l'état de chaque bouton-poussoir [27].

Le temps de traitement du bloc PBS5C est de type périodique. La période d'acquisition peut être réglée sur Acquisition de base, Acquisition moyenne vitesse ou Acquisition haute vitesse.

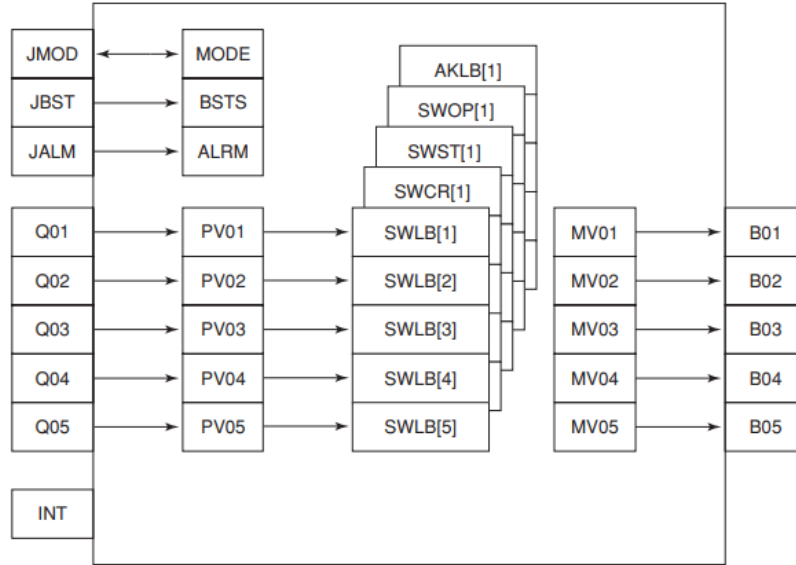


Figure IV.8. Schéma fonctionnel du bloc d'interrupteur à 5 boutons poussoirs (PBS5C)

JMOD : bloc en mode Connexion, **Q05** : PV05 connexion, **JBST** : bloc du Connexion d'état
B01 : MV01 connexion, **JALM** : Connexion de l'état de l'alarme, **B02** : MV02 connexion,
Q01 : PV01 connexion, **B03** : MV03 connexion, **Q02** : PV02 connexion, **B04** : MV04
 connexion, **Q03** : PV03 connexion, **B05** : MV05 connexion, **Q04** : PV04 connexion, **INT** :
 Entrée de l'interrupteur de verrouillage

IV.2.16 Bloc racine carrée (SQRT)

Le bloc racine carrée (SQRT) est utilisé pour obtenir la racine carrée des données d'entrée. Le bloc racine carrée (SQRT) est un bloc de fonction qui obtient la racine carrée des données d'entrée. Le bloc SQRT effectue le traitement des entrées, le traitement des calculs, le traitement des sorties et le traitement des alarmes [27].

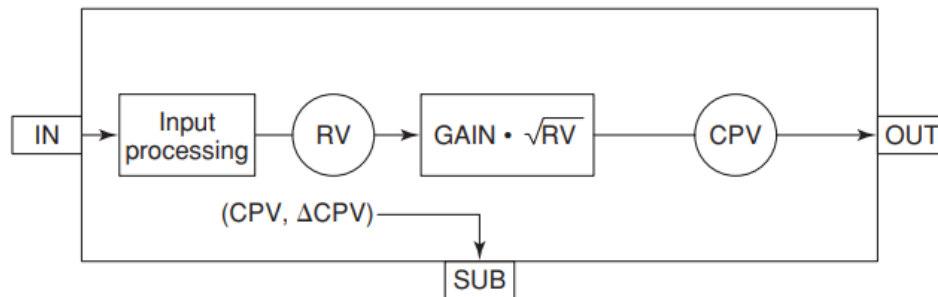


Figure IV.9. Schéma fonctionnel du bloc racine carrée (SQRT)

Le seul temps de traitement disponible pour le bloc SQRT est un démarrage périodique. Les sélections disponibles pour la période d'exploration utilisée pour exécuter un démarrage périodique comprennent la période d'exploration de base, la période d'exploration à vitesse moyenne et la période d'exploration à vitesse élevée [27].

Le bloc racine carrée (SQRT) exécute le traitement de calcul suivant pour obtenir la racine carrée des données d'entrée.

$$CPV = GAIN \cdot \sqrt{RV}$$

IV.2.17 Bloc de diagramme logique (LC64)

Le bloc de diagramme logique (LC64) peut combiner ou organiser les signaux d'autres blocs de fonctions, traiter les E/S et les E/S logiciels dans une application de contrôle de séquence de verrouillage [27].

Le bloc de diagramme logique est le bloc de fonction qui décrit les relations des signaux d'entrée, les signaux de sortie et les opérateurs de calcul logique dans la forme de diagramme de verrouillage, de sorte qu'il peut exécuter sa fonction principale, la commande de séquence de verrouillage utilisant les mêmes expressions que celles utilisées sur les plans bleus du diagramme logique.

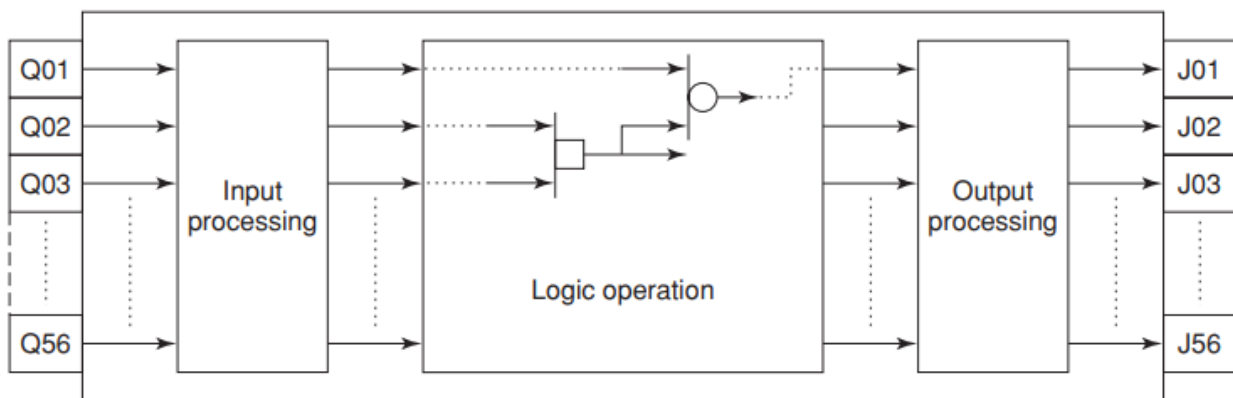


Figure IV.10. Diagramme fonctionnel du diagramme logique (LC64)

IV.2.18 Bloc de table de séquence (ST16, ST16E)

Les blocs de table de séquence (ST16, ST16E) contrôlent la surveillance des séquences de traitement et d'étape de phase en se connectant avec d'autres blocs de fonction, E/S de processus et E/S de logiciel. C'est un bloc de fonction de type table de décision qui décrit la relation entre le signal d'entrée et le signal de sortie de manière Y/N (oui/non). En faisant la connexion de séquence avec d'autres blocs de fonction, ils contrôlent la surveillance des séquences de traitement et d'étape de phase. Les blocs de table séquentielle incluent les bases ST16 et ST16E utilisées uniquement pour l'extension de règles [27].

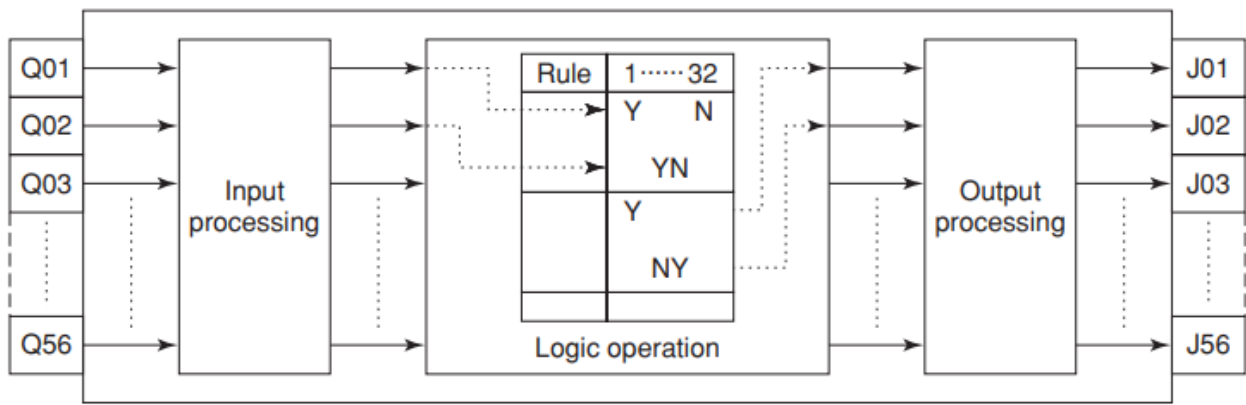


Figure IV.11. Schéma fonctionnel du bloc de la table de séquence (ST16, ST16E)

IV.3 Implémentation

IV.3.1 La création des blocs

Réaliser une application consiste à générer toutes les données nécessaires au fonctionnement d'un système.

- Ces données sont générées par des logiciels appelés configureurs et sont sauvegardées dans des fichiers.
- L'ensemble de ces fichiers constitue un PROJET
- Les projets se trouvent sous le répertoire : C:\CENTUMVP\program\BKESysView.exe
- Un projet est donc propre à un système
- L'accès aux configureurs se fait par l'activation de la fonction System View.

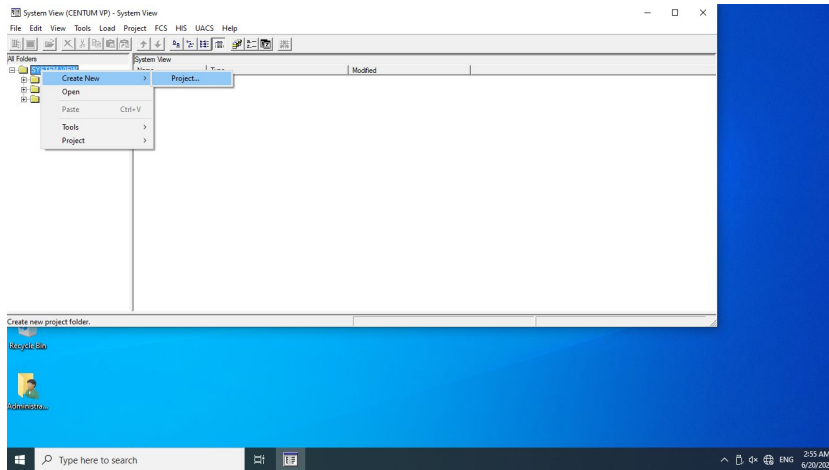


Figure IV.12. Création d'un projet (Etape-1)

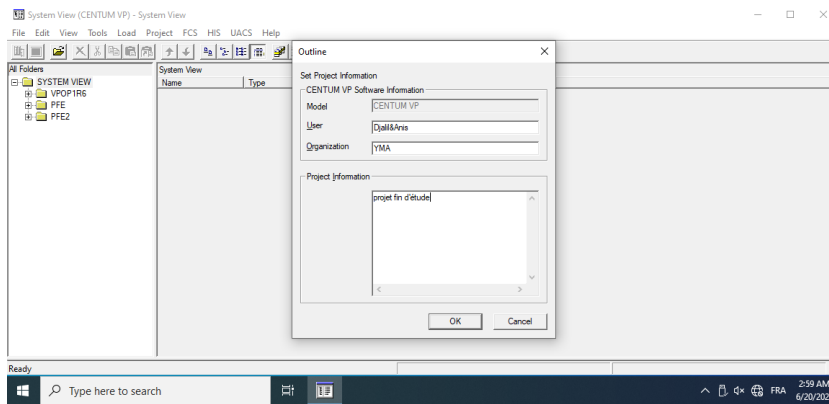


Figure IV.13. Création d'un projet (Etape-2)

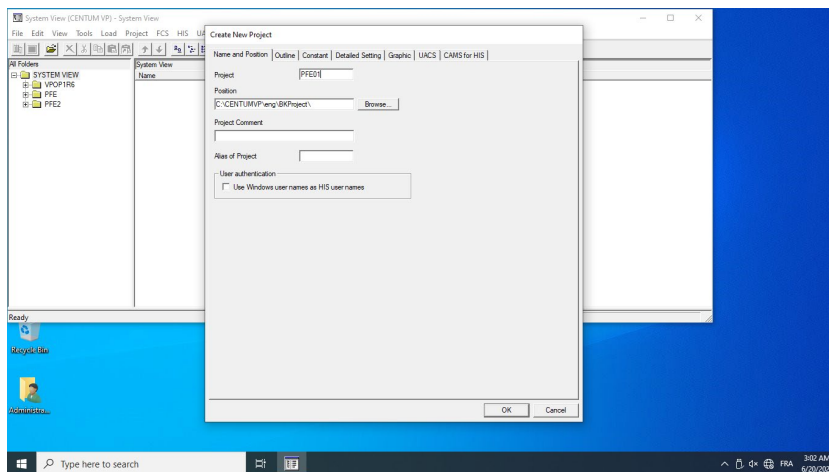


Figure IV.14. Création d'un projet (Etape-3)

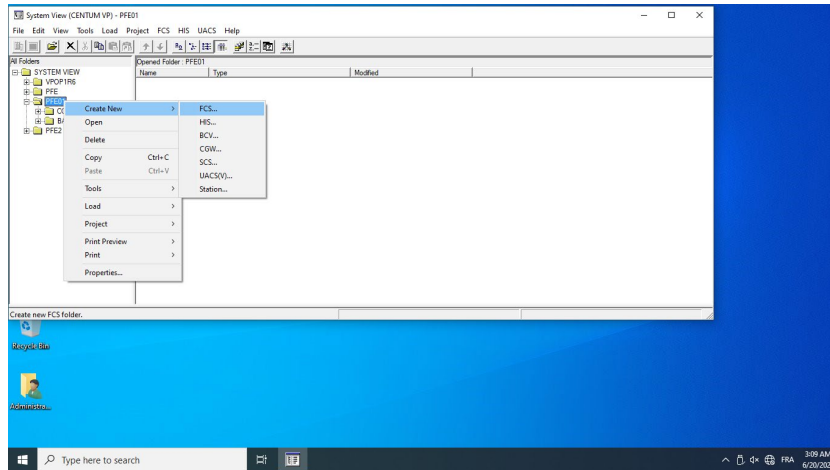
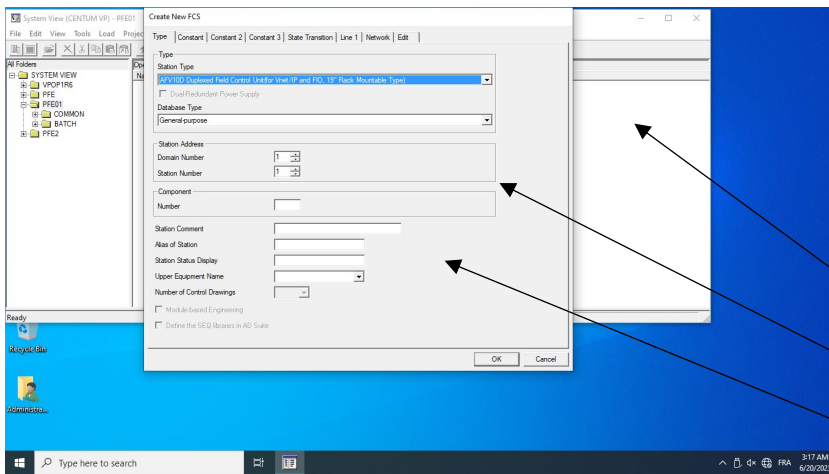
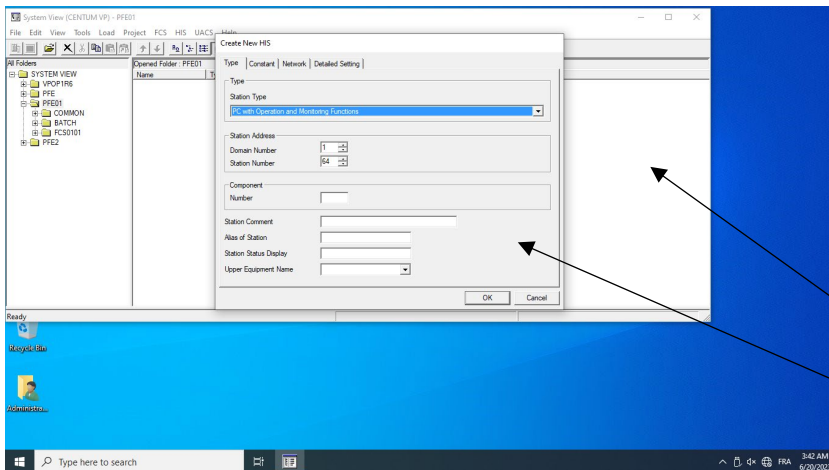


Figure IV.15. Création d'une FCS (Etape-1)



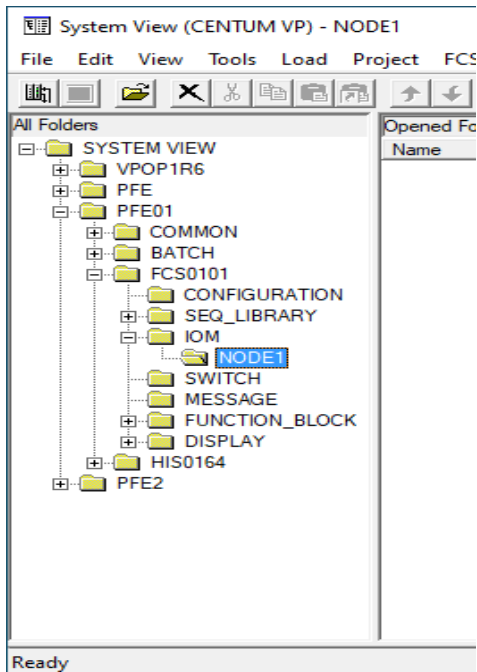
- Définir le type de la :
- FCS
- base de données
- l'adresse de la station

Figure IV.16. Création d'une FCS (Etape-2)



- Définir :
- le type : PC
- l'adresse de la station

Figure IV.17. Création d'une HIS



- CONFIGURATION : paramètres de fonctionnement de la FCS
- IOM : définition des entrées / sorties du procédé
- SWITCH : définition des bits internes et de communication
- MESSAGE : définition des annonceurs, événements, guides opérateur et des sorties imprimante
- FUNCTION_BLOCK : schémas de contrôle
- DISPLAY : vues dynamiques des schémas de contrôle et des schémas logiques

Figure IV.18. Configuration de l’FCS (Etape-1)

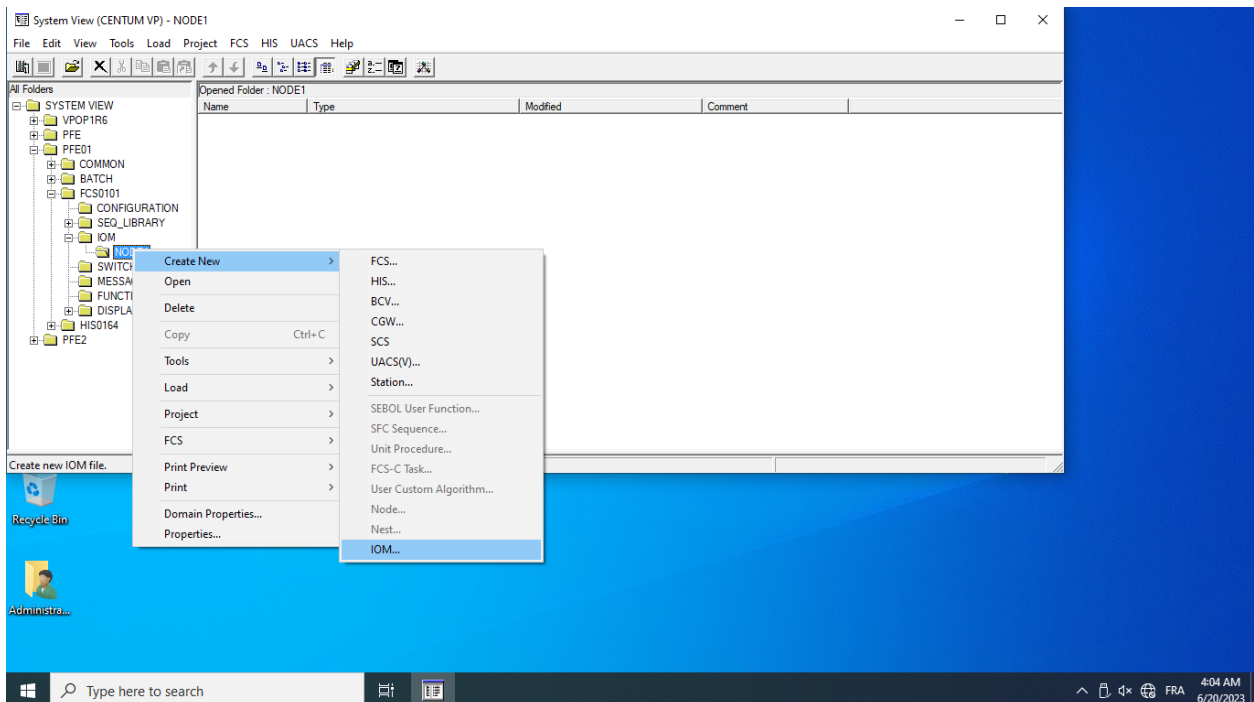


Figure IV.19. Configuration de l’FCS (Etape-2)

- type de boîtier
- type de carte

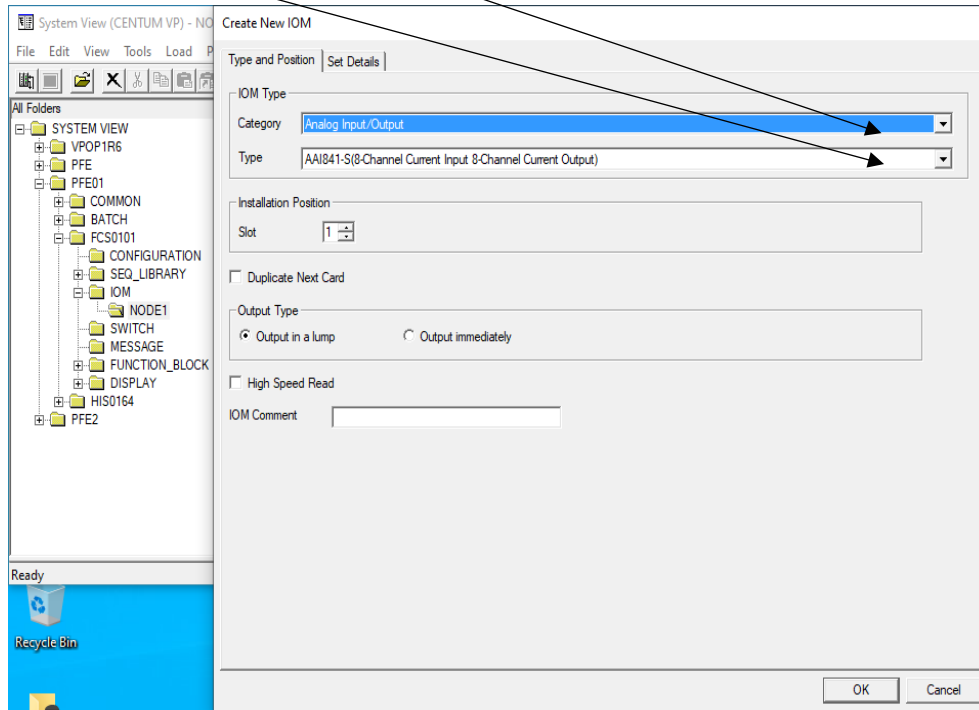


Figure IV.20. Configuration des E/S (Etape-1)

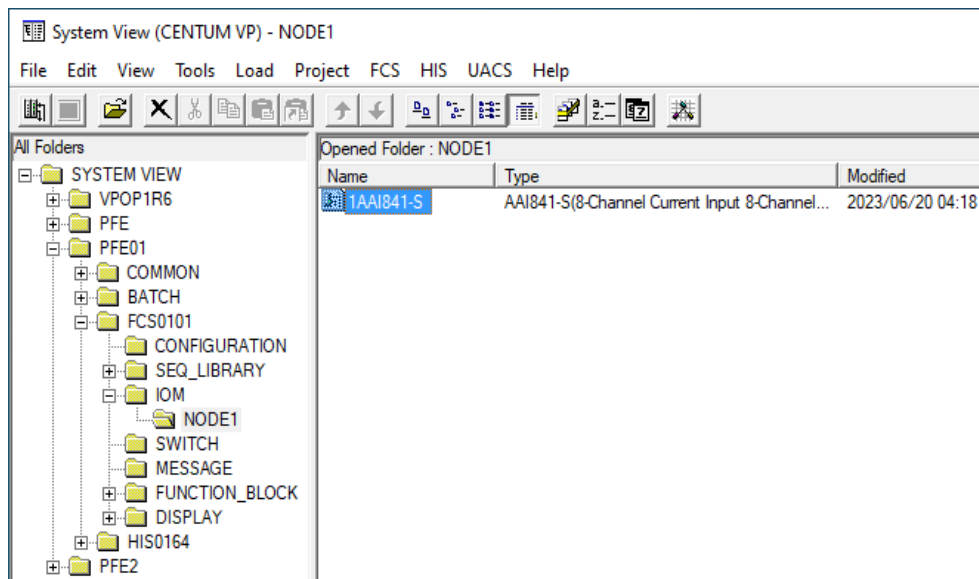


Figure IV.21. Configuration des E/S (Etape-2)

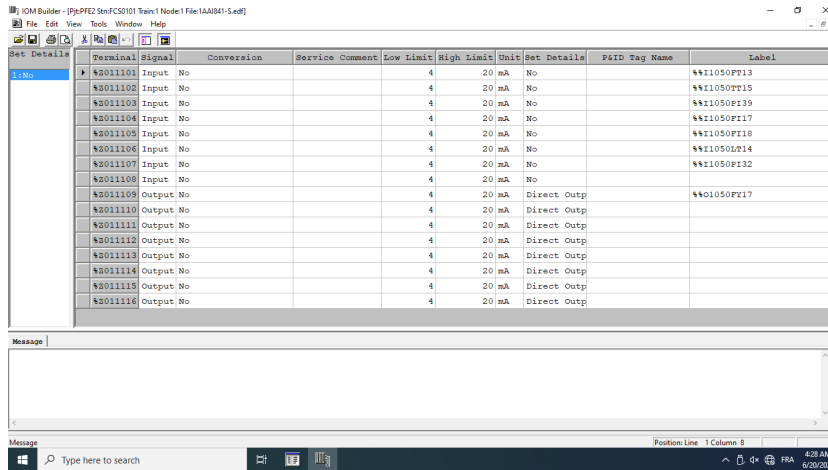


Figure IV.22. Configuration des E/S (Etape-3)

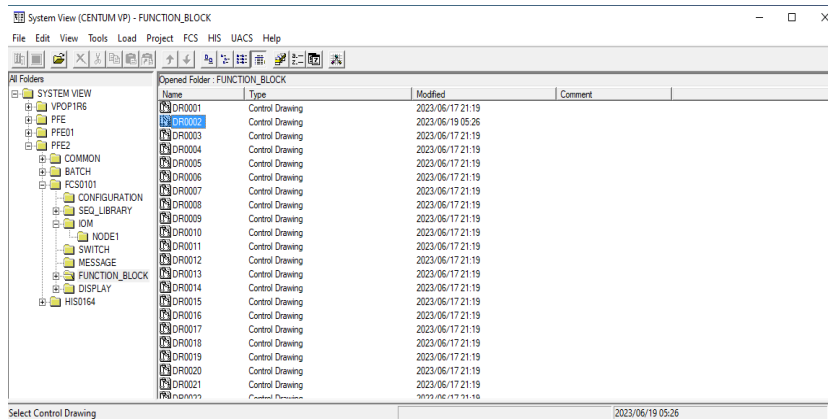


Figure IV.23. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-1)

Création des blocs création des liaisons

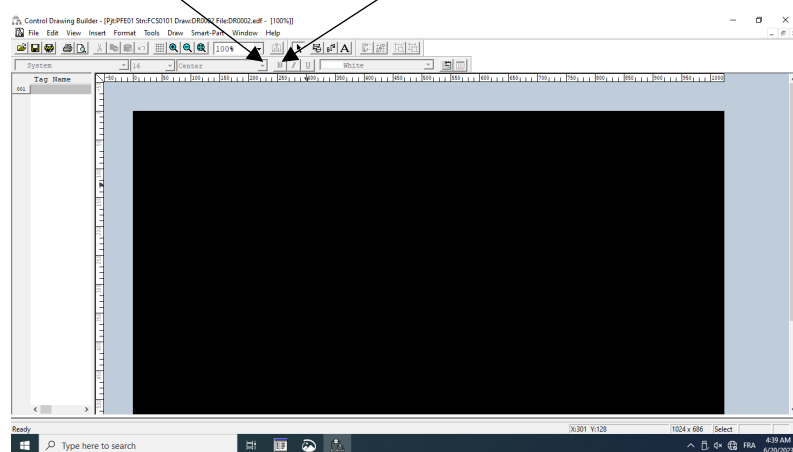


Figure IV.24. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-2)

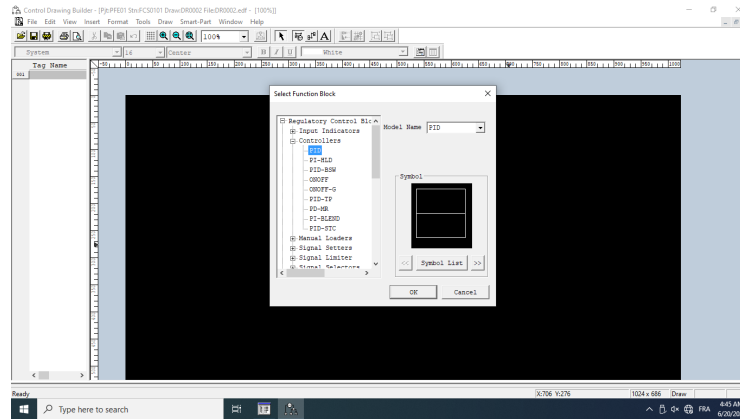


Figure IV.25. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-3)

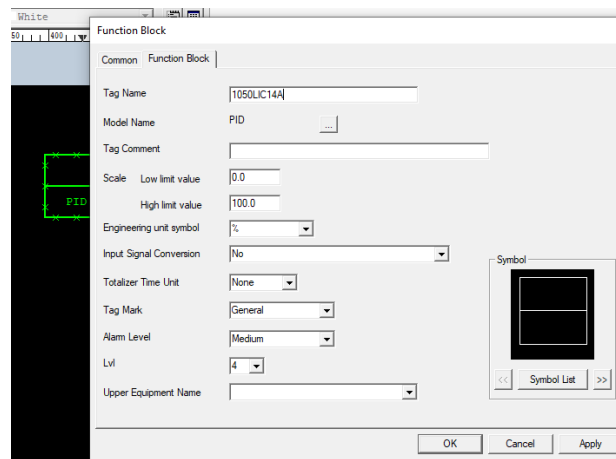


Figure IV.26. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-4)

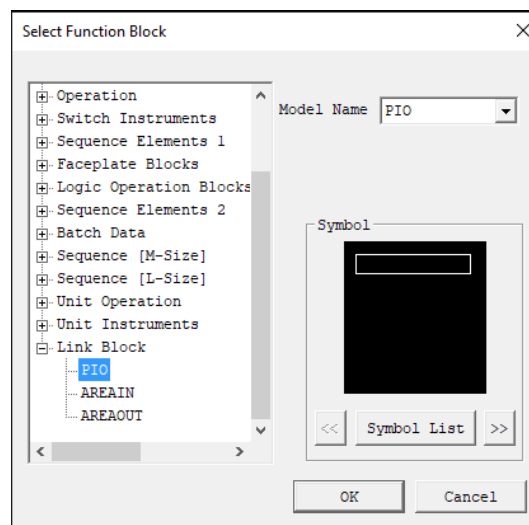


Figure IV.27. Configuration des logiques (Control Drawing) (Etape-5)

Et en fait comme ça pour tous les blocs utilisés :

- Les Blocs contrôleur (PID) : **1050LIC14B, 1050LIC14A, 1050FIC17**
- Les Blocs indicateur d'entrée (PVI) : **1050FI13A, 1050TI15, 1050LI14A, 1050LI14, 1050FI13**
- Les Blocs de fonction de segment de ligne variable (FUNC-VAR): **1050TY15A, 1050PY39A, 1050PY32A, 1050PY32C**
- Les Blocs de calcul (CALCU): **1050FY13, ELEMENT3-G1, 1050FY13A, 1050FY13C, 1050FY17A, 1050LY14A, 1050LIC14BCA, 1050LY14C, 1050LY14B, 1050PY32B**
- Bloc de chargement manuel (MLD) : **1050HIC14B**
- Bloc de chargement manuel avec logiciel Auto/Man (MLD-SW) : **1050FV17**
- Bloc de commutation à 5 boutons poussoirs étendu (PBS5C) : **1050HS14**
- Bloc racine carrée (SQRT) : **1050FY13SQ**
- Bloc de diagramme logique (LC64) : **1050FI13LC**
- Bloc de table de séquence (ST16) : **ST16INIT**

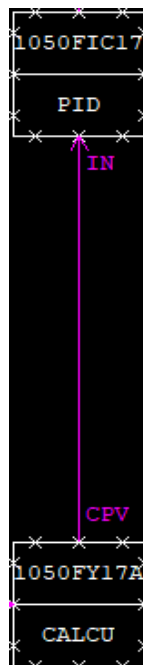


Figure IV.28. Connexion (WIRING) des blocs

IV.3.2 L'édition des blocs de calcul

Après avoir créé tous les blocs, on va dans les blocs de calcul et on clique à droite, puis à gauche, après on clique sur (Edit Détail).

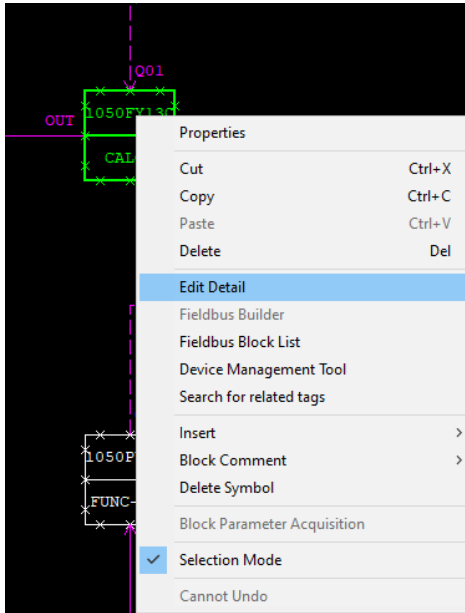


Figure IV.29. L'édition des blocs de calcul (Etape-1)

Afin d'éditer le script pour le calcul de notre bloc.

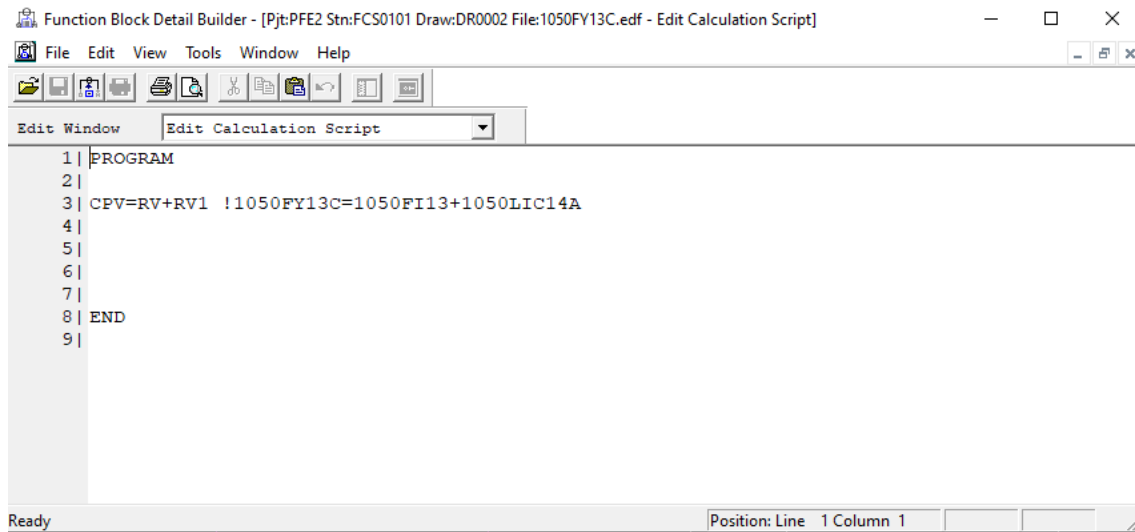


Figure IV.30. L'édition des blocs de calcul (Etape-2)

Et on fait la même opération avec un changement de script pour tous les blocs de calcul utilisés...

IV.3.3 L'édition du Bloc de diagramme logique (LC64)

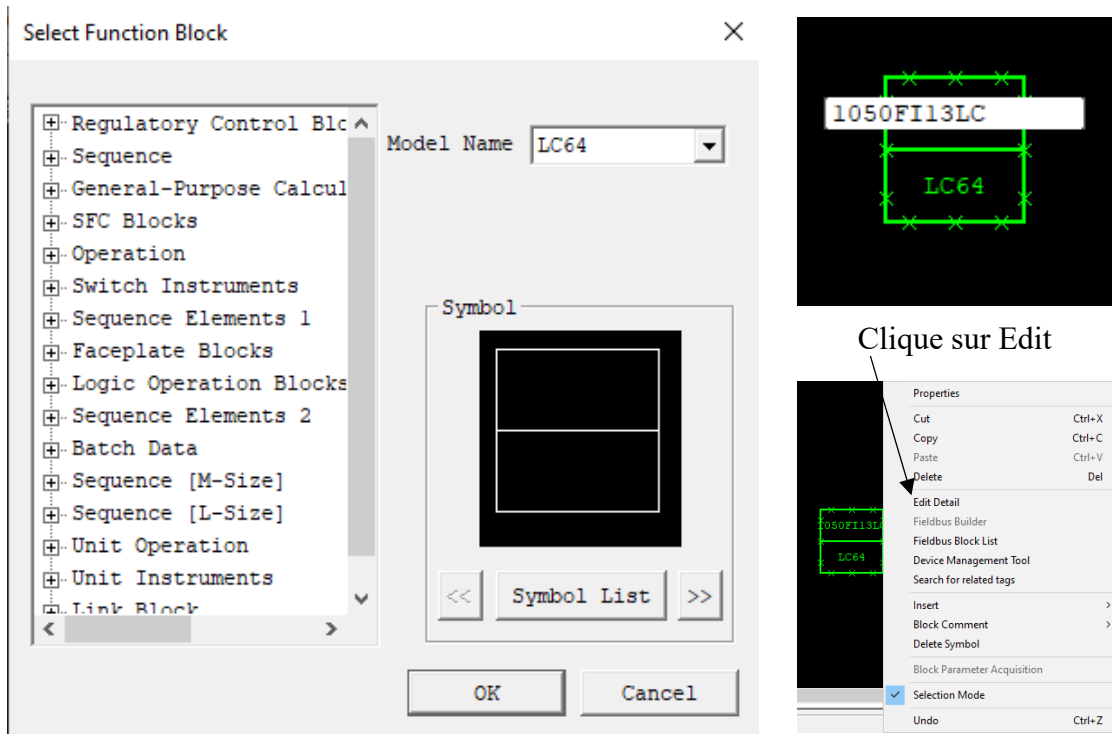


Figure IV.31. L'édition des blocs de diagramme logique (LC64) (Etape-1)

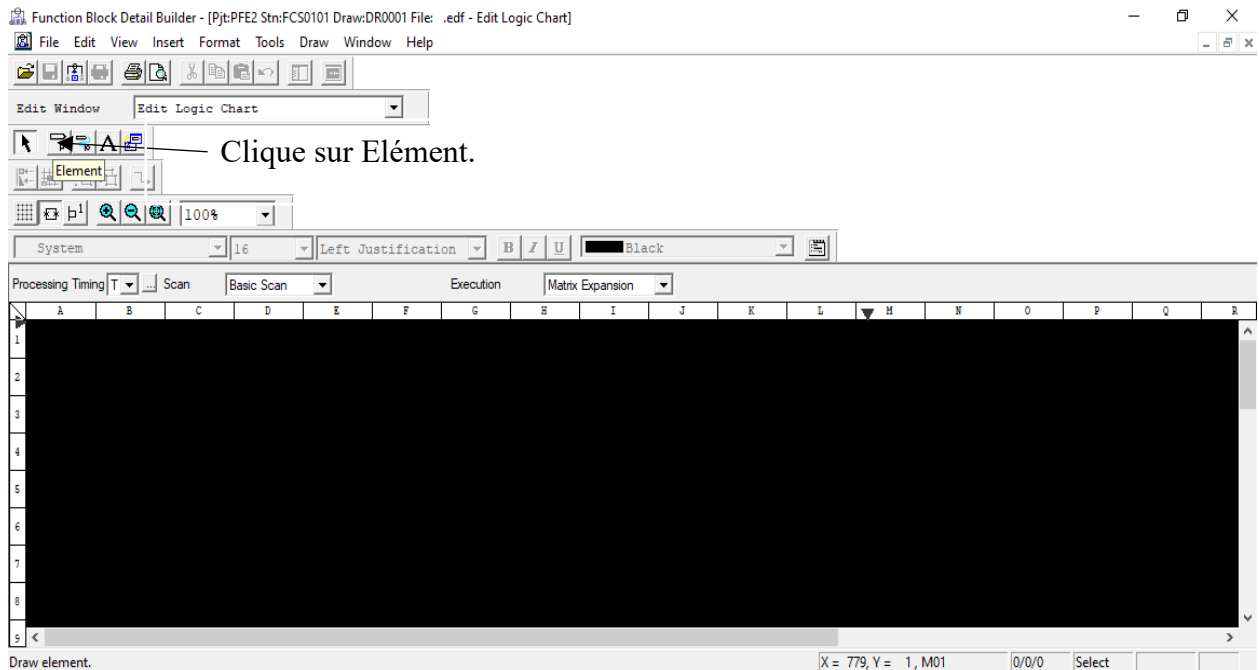


Figure IV.32. L'édition des blocs de diagramme logique (LC64) (Etape-2)

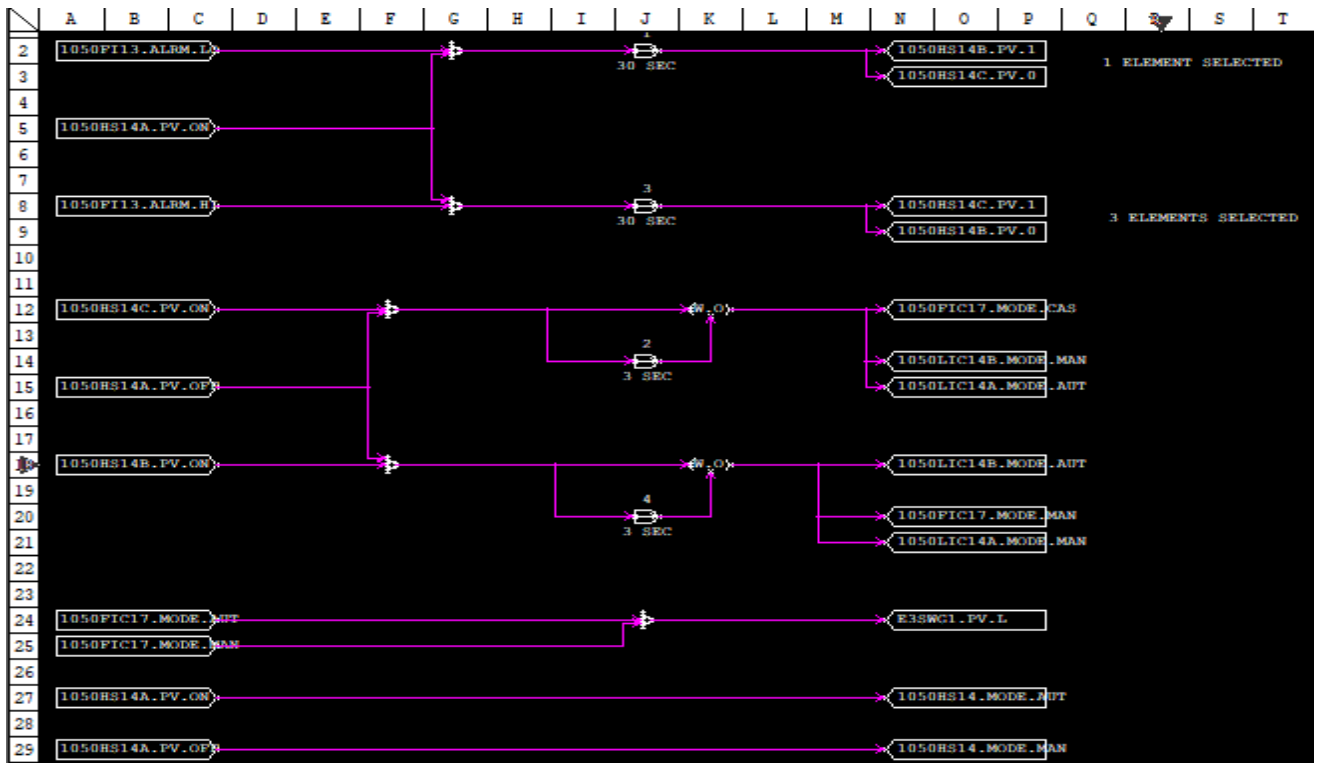


Figure IV.33. L'édition des blocs de diagramme logique (LC64) (Etape-3)

IV.3.4 L'édition d'un Bloc de table de séquence (ST16)

Nous ouvrons un nouveau (Drawing) pour l'édition d'un Bloc de table de séquence (ST16) qui tournent remplis la fonction de type table de décision qui décrit la relation entre le signal d'entrée et le signal de sortie de manière Y/N (oui/non). En faisant la connexion de séquence avec d'autres blocs de fonction, ils contrôlent la surveillance des séquences de traitement et d'étape de phase.

No.	Tag name	Data item	Data
C01			
A01	1050FI13LC.MODE	AUT	Y
A02	ELEMENT3-G1.MODE	AUT	Y
A03	1050FY13.MODE	AUT	Y
A04	1050FY13A.MODE	AUT	Y
A05	1050FY13C.MODE	AUT	Y
A06	1050FY17A.MODE	AUT	Y
A07	1050LIC14BCA.MODE	AUT	Y
A08	1050LY14C.MODE	AUT	Y
A09	1050LY14B.MODE	AUT	Y
A10	1050LY14A.MODE	AUT	Y
A11	1050PY32B.MODE	AUT	Y
A12	1050LIC14A.MODE	AUT	Y
A13	1050LIC14B.MODE	AUT	Y
A14	1050FIC17.MODE	AUT	Y
A15			

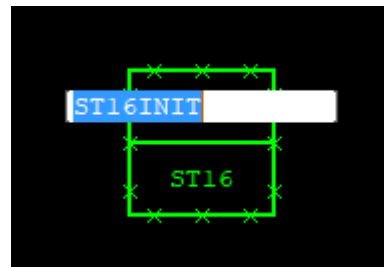


Figure IV.34. L'édition des blocs de diagramme logique (LC64) (Etape-3)

Nous avons également créé des blocs indicateurs d'entrée pour les blocs (AREAIN) que nous avons converti en blocs (PIO) et nous avons connecté chaque entrée avec son bloc indicateur (PVI). Maintenant, nous avons édité tous nos blocs, puis nous connectons et enregistrons le fichier.

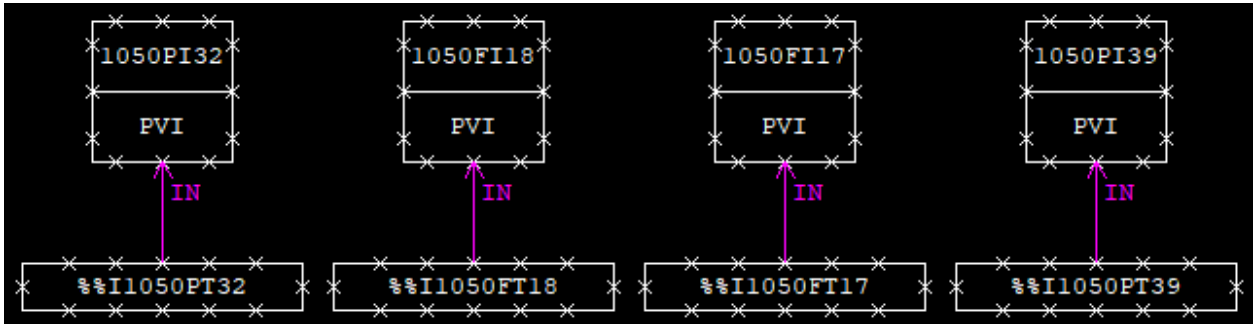


Figure IV.35. Le bloc d'indication PVI

Nous insérons les commutateurs que nous avons via le générateur de commutateurs commun et nous nous assurons qu'il n'y pas des erreurs.

Common Switch Builder - [Pjt:BOILER Stn:FCS0101 File:SwitchDef2.edf]

File Edit View Tools Window Help

Btn2	Element Number	Tag Name	Tag Comment	Switch Position Label	Label	Btn1	Btn2	Lvl
N:Black	%SW1001	1050HS14A		ON,,OFF,ON	Direct	Red	Green	4
R:Red	%SW1002	1050HS14B		ON,,OFF,ON	Direct	Red	Green	4
G:Green	%SW1003	1050HS14C		ON,,OFF,ON	Direct	Red	Green	4
Y:Yellow	%SW1004	E3SWG1		ON,,OFF,ON	Direct	Red	Green	4
B:Blue	%SW1005			ON,,OFF,ON	Direct	Red	Red	4
M:Magenta	%SW1006			ON,,OFF,ON	Direct	Red	Red	4
C:Cyan	%SW1007			ON,,OFF,ON	Direct	Red	Red	4
W:White	%SW1008			ON,,OFF,ON	Direct	Red	Red	4
SB:Steel								
PK:Pink								

Message

Common Switch Builder
 ---- ERROR = 0 WARNING = 0 ----

Figure IV.36. Configuration des commutateurs interne (Switches)

IV.3.5 Le schéma logique de contrôle de niveau d'eau du ballon supérieur

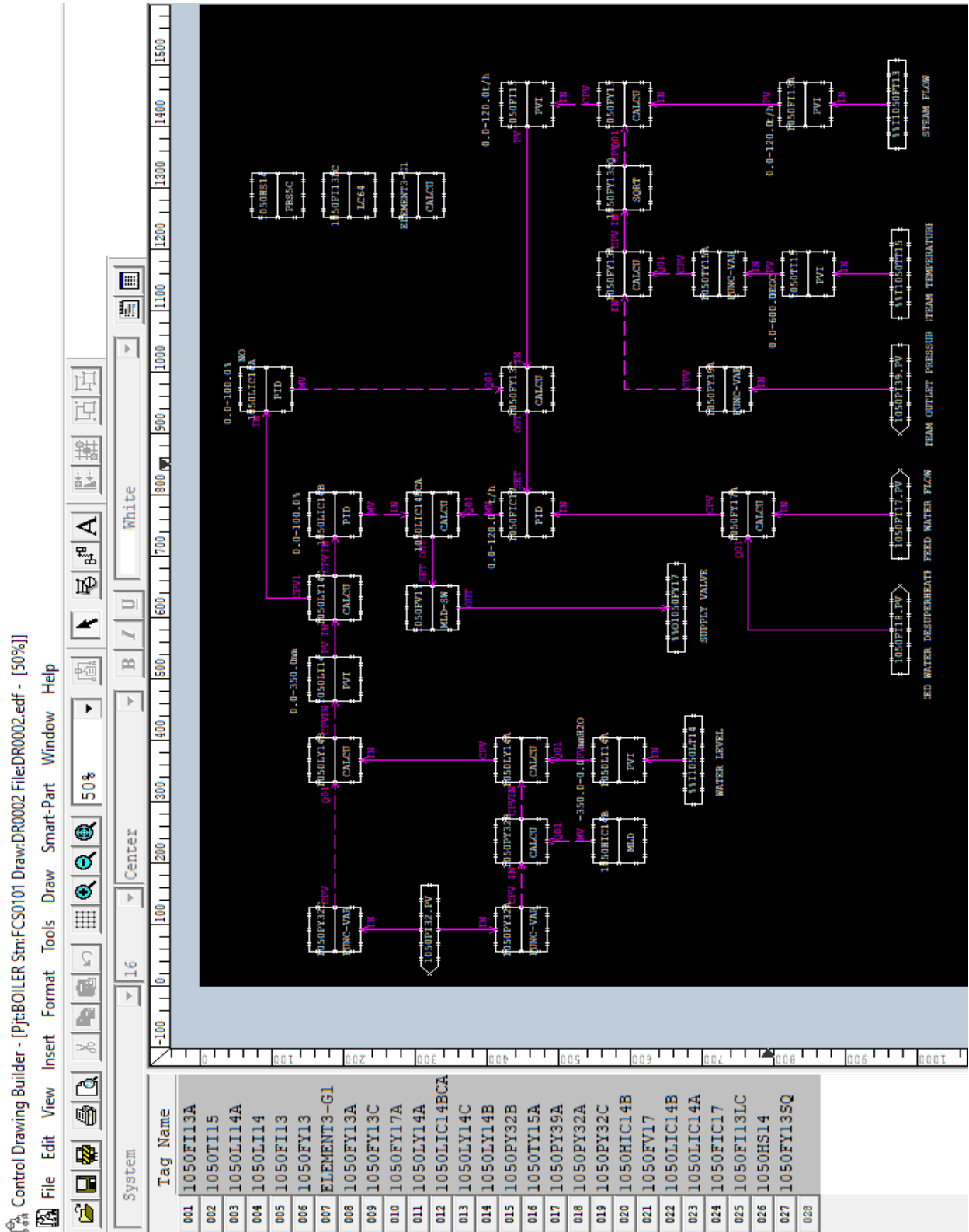


Figure IV.37. Le schéma logique de contrôle de niveau

IV.3.6 Création de l'interface graphique

Ce schéma nous montre les transmetteurs utilisés pour surveiller le contrôle de la chaudière et tous les blocs utilisés pour contrôler la vanne d'alimentation.

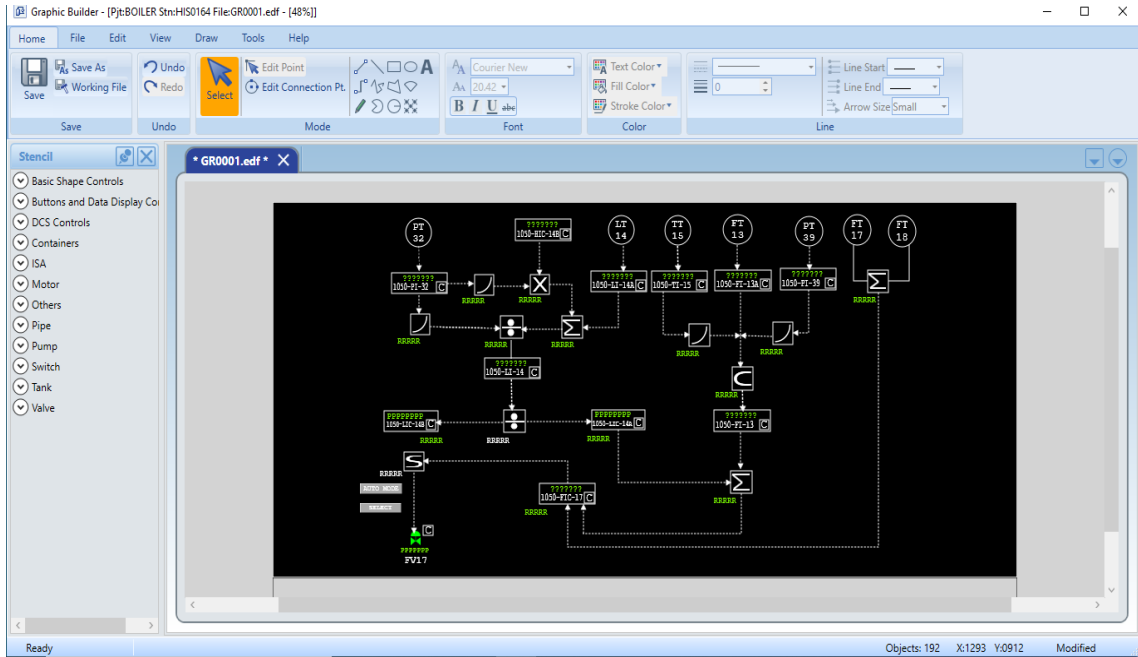


Figure IV.38. Synoptique de la logique de contrôle de niveau

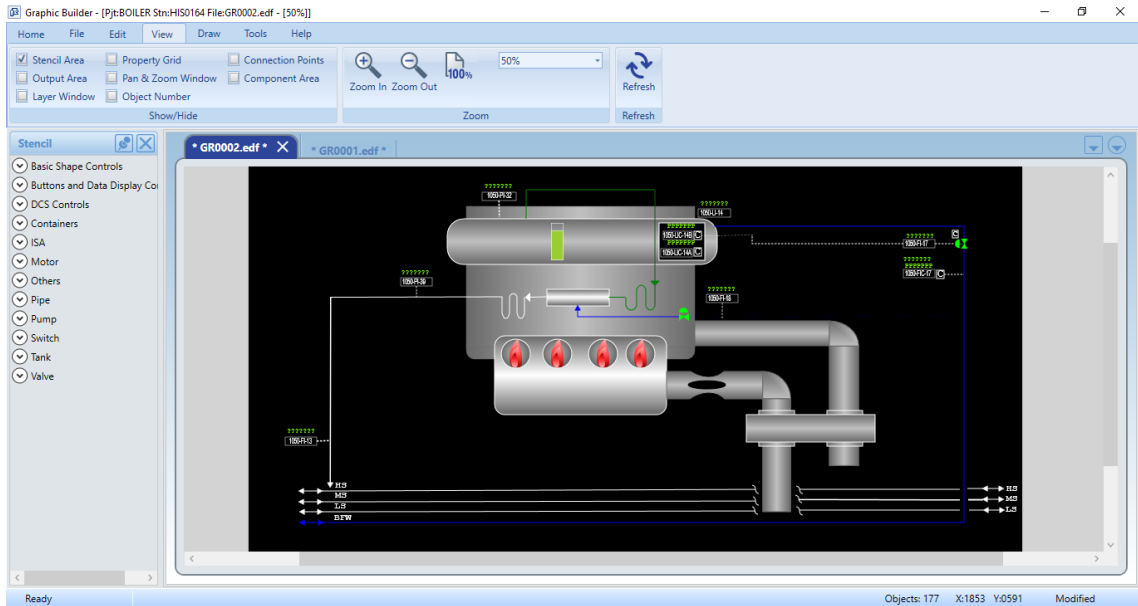


Figure IV.39. Synoptique de la chaudière

IV.4 Conclusion

Ce chapitre est consacré à la création d'un système DCS pour le contrôle et la supervision du niveau du ballon supérieur de chaudière G-1 avec trois éléments.

Nous avons créé une architecture de système, on a réalisé des programmes, et des interfaces graphiques.

A la fin de ce chapitre, nous avons conçu des écrans de surveillance qui témoignent le bon fonctionnement du projet.

Conclusion générale

Dans la plupart des installations industrielles, il est nécessaire de maintenir les grandeurs physiques à des valeurs bien déterminées.

Le niveau d'eau, la température et la pression sont des grandeurs étant par nature variables dans une chaudière, et qui doivent être réglés par des actions convenables.

Le travail effectué dans ce mémoire, à savoir ; l'implémentation de la régulation du niveau d'eau dans le ballon supérieur d'une chaudière à vapeur a tube d'eau dans le DCS de YOKOGAWA CENTUM VP nous a permis de comprendre au mieux la stratégie de régulation adoptée dans la chaudière 1050-G1 sujet de notre étude.

Une étude approfondie de la littérature existante sur la régulation du niveau dans les chaudières à vapeur a été réalisée, permettant de définir les objectifs et les approches pour améliorer la régulation. Une analyse détaillée de la société hébergeant la chaudière a également été effectuée, permettant d'adapter la solution de régulation aux spécificités et aux contraintes de son environnement.

Dans un premier temps, nous avons étudié le fonctionnement général des chaudières et le rôle de leurs divers éléments. Ensuite, nous avons passé en revue les différentes techniques de régulation et particulièrement la stratégie de régulation du niveau d'eau basé sur un élément ainsi que celle basé sur trois éléments.

L'utilisation du système DCS Yokogawa CENTUM VP n'est pas vraiment un choix, néanmoins il est justifié par ses qualités et sa présence sur les lieux. Offrant les fonctionnalités nécessaires pour concevoir et mettre en œuvre une stratégie de régulation efficace.

Nous avons d'abord étudié la configuration du schéma de régulation pour ce faire, nous avons décomposé et analysé le cahier des charges fourni par le constructeur. Ensuite, nous avons établie l'étude matérielle et logicielle nécessaires à l'implantation du schéma de régulation.

Après avoir correctement établi la configuration nécessaire dans le système numérique de contrôle commande. Toutefois, la démarche suivie a été appliquée à un système très complexe, faisant intervenir des phénomènes physico-chimiques et des bilans de matière et de chaleur. La régulation du niveau du ballon de chaudière a été testée en mode simulation.

En conclusion, ce projet nous a permis de mettre en évidence l'efficacité d'une régulation du niveau basée sur trois éléments pour améliorer la performance et la sécurité d'une chaudière à vapeur. En prenant en considération les phénomènes indésirables, cette approche contribue à une exploitation plus fiable et efficace de la chaudière.

Bibliographie

- [1] Quelques mémoires et rapports de stage de RA1K.
- [2] Organigramme de RA1K (AVL-A299 R2-2018).
- [3] Manuel opératoire des unités de production de RA1K.
- [4] **Mr. NEMADIL ALI**, « Exploitation et maintenance des chaudières » Formation Cevital 2009.
- [5] <https://www.usinenouvelle.com/expo/guides-d-achat/la-chaudiere-a-vapeur-industrielle-513>
- [6] **Lycée pilote innovant international**. « Chaudières à vapeur à combustible », Edition du 13/09/11
- [7] <https://rci-chaudieres-vapeur.fr/chaufferie-vapeur-industrielle/chaudiere-vapeur-tubes-fumeetube-eau>
- [8] **Alain RIOU, Jean Pierre DEPAUW** « Différents types de chaudières industrielles » Techniques de l'ingénieur B1 480. 10/02/1990
- [9] « Pourquoi utilise-t-on la surchauffeur de vapeur ? », *attsu*.
<https://www.attsu.com/fr/faqs/pourquoi-utilise-t-on-le-surchauffeur-de-vapeur-.html> (consulté le 24 juin 2023).
- [10] **Spirax sarco**, « desurchauffeur programme dedimensionnement ». [En ligne]. 2013.
- [11] « Choisir la cheminée et la ventilation de la chaufferie », *Energie Plus Le Site*, 23 septembre 2010. <https://energieplus-lesite.be/concevoir/chauffage/choisir-le-chauffage-central-a-eau-chaude/choisir-la-cheminee-et-la-ventilation-de-la-chaufferie/> (consulté le 25 juin 2023).
- [12] « Utilisation des systèmes de lubrification perma : Ventilateurs », *permatec*.
<https://www.perma-tec.com/fr/applications/ventilateurs/> (consulté le 25 juin 2023).
- [13] **Azzoug Mohamed Abdel Hakim**, « Modélisation d'une chaudière à l'aide d'un outil graphique », Mémoire de Master, Faculté de technologie U F A S, 2014.
- [14] **Viessmann France S.A.S.** « Brochure technique "Les chaudières à vapeur" ». 05/2008.
- [15] E. Staff, « Single Element Drum Level Control System », Inst Tools, 1 août 2016. <https://instrumentationtools.com/single-element-drum-level-control/> (consulté le 26 juin 2023).

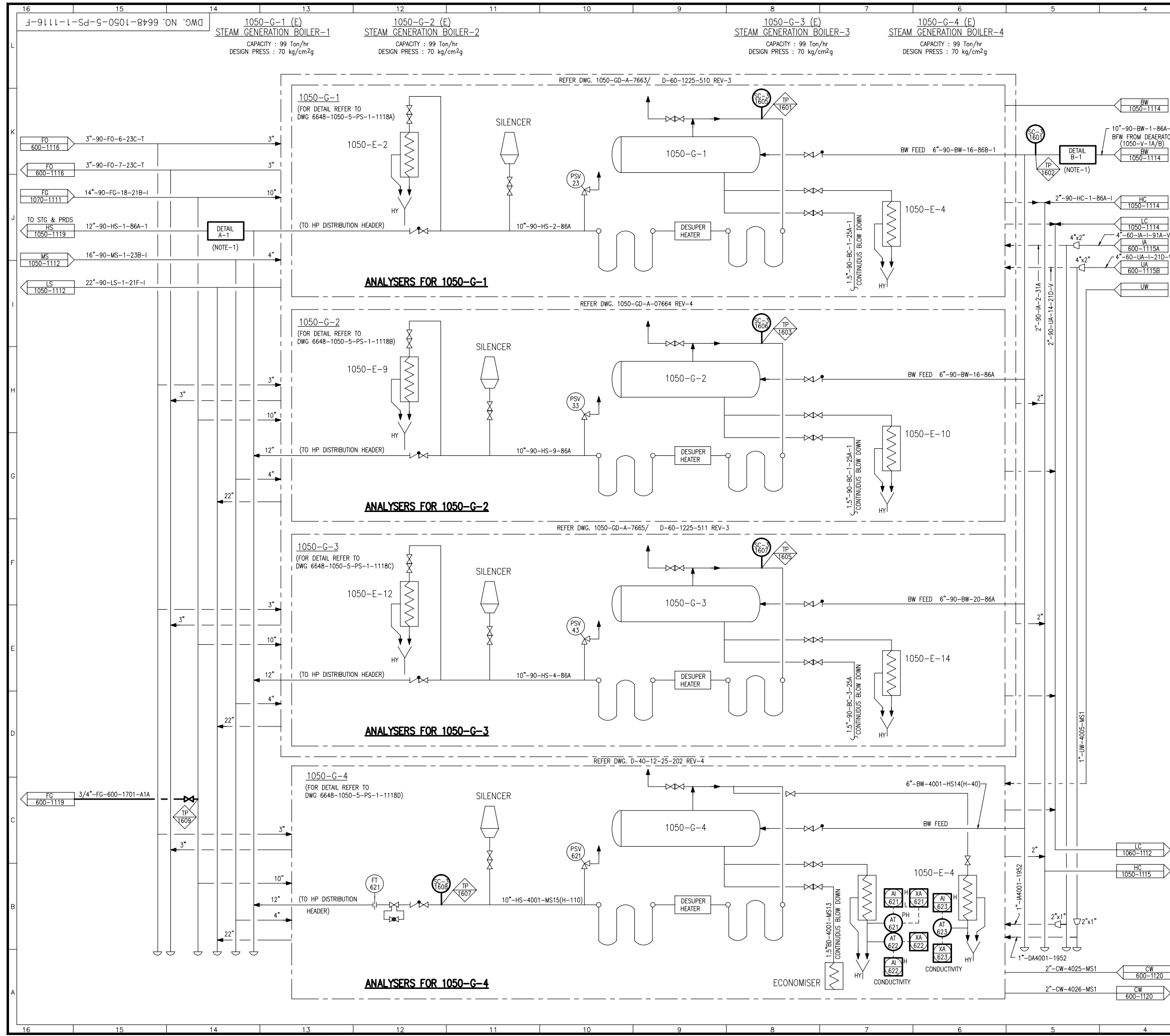
- [16] E. Staff, « Two Element Drum Level Control System », Inst Tools, 1 août 2016. <https://instrumentationtools.com/two-element-drum-level-control-system/> (consulté le 26 juin 2023).
- [17] E. Staff, « Three Element Drum Level Control System », Inst Tools, 1 août 2016. <https://instrumentationtools.com/three-element-drum-level-control-system/> (consulté le 26 juin 2023).
- [18] **East delta electricity production company**. Project: ALSHABAB, “DCS technical proposal overview “, 23.12.2010.
- [19] **CENTUM VP Technical Information**. “Integrated Production Control System CENTUM VP System Overview (FCS Overview) “Release 6 .7th Edition July 2019.
- [20] **CENTUM VP Technical Information**. “Integrated Production Control System CENTUM VP System Overview (FCS Overview) “. Release 5. 1st Edition Sep. 2011.
- [21] https://www.yokogawa.com/solutions/products-and-services/control/control-and-safety-system/distributed-control-systems-dcs/centum-vp/#Details_Controllers-I-O
- [22] **DROUCHE OUSSAMA, MOKHBI HAMZA**, « Automatisation de la vanne d'évacuation des reformats OFF-SPEC de l'unité 200 et implémentation sur DCS YOKOGAWA CS 3000 », Mémoire de fin de formation de professionnalisation en instrumentation pétrolière, INSTITUT ALGERIEN DU PETROLE, Juin 2019.
- [23] **Stage Ingénierie CENTUM VP R4.01/V1-0509**, Yokogawa France SAS, CENTRE DE FORMATION.
- [24] **YOKOGAWA TRAINING CENTRE**. “System overview (overview of Vnet/IP network)”, VPEG_R4_TB_Ed.1_October 2008.
- [25] **CENTUM VP Technical Information**. “Integrated Production Control System CENTUM VP System Overview (HMI Overview) “. Release 5, 2nd Edition Aug. 2015.
- [26] <https://www.rockwellautomation.com/fr-fr/products/hardware/allen-bradley/network-security-and-infrastructure/process-instrumentation-networks/hart--family----for-process.html>
- [27] **DOCMAP CS 1000/CS 3000**. Reference: Function Block Details. IM 33S01B30-01E 16th Edition: Dec.10,2007.

Annexe

P&ID

BFW, STEAM & POWER SYSTEM STEAM &
POWER SECTION (BOILER)

THIS DRAWING EMBODIES PROPRIETARY INFORMATION OF SAMSUNG ENGINEERING CORPORATION THIS DRAWING OR THE MATERIAL DESCRIBED THEREON MAY NOT BE COPIED OR DISCLOSED IN ANY FORM OR MEDIUM TO THIRD PARTIES, OR USED FOR OTHER THAN THE PURPOSE FOR WHICH IT HAS BEEN PROVIDED, IN WHOLE OR IN PART IN ANY MANNER EXCEPT AS EXPRESSLY PERMITTED BY SAMSUNG ENGINEERING CORPORATION.



REFERENCE DRAWING	NO
	6648-02-41-1050-1116

GENERAL NOTES:

- A. ALL INSTRUMENT TAG NUMBERS TO BE PREFIXED BY UNIT NO.
- B. FOR STANDARD SYMBOLS AND NOMENCLATURES, REFER TO P&ID NO. 6648-0000-5-PS-1-1191.
- C. FOR GENERAL NOTES, REFER TO P&ID NO. 6648-0000-5-PS-1-1192.
- D. CONTROL ROOM INDICATION / ALARM BEING ROUTED TO DCS SHALL BE IN CENTRAL CONTROL ROOM.
- E. ALL NEW INSTRUMENT LOOPS (WHETHER ADDED NEW OR REPLACING EXISTING LOOP) ARE SHOWN WITH "CONTINUOUS BOLD LINE". THE INSTRUMENT LOOPS WITH 4 DIGIT TAG NOS. ARE ADDED NEW WHILE THE ONES WITH 1,2 OR 3 DIGIT TAG NOS. ARE REPLACEMENT OF EXISTING INSTRUMENTS.

NOTES:-

1. REFER P&ID NO. 6648-1050-5-PS-1-1117 FOR ANALYSER DETAILS.
2. DELETED.
3. LINE CONNECTION SHALL BE CONFIRMED LATER.

REFERENCE DRAWING

- (1) 1050 GD-A-07663/D-60-1225-510 REV-3
- (2) 1050-GM-A-07664 REV-4
- (3) 1050 GD-A-07665/D-60-1225-511 REV-3
- (4) D-40-1225-202 REV-4

LEGEND

	EXISTING
	NEW
	REPLACED
TP	TI IN POINT

EQUIPMENTS LIST

1050-G-1
1050-G-2
1050-G-3
1050-G-4

REV.	DATE	DESCRIPTION	DWN	CHKD	APPD	PM
F	30.09.14	AS-BUILT	S.H.NAM	T.UJUM	P.S.CHOI	
5	30.12.11	ISSUE FOR CONSTRUCTION (STAGE-2-3)	S.H.NAM	J.H.LEE	K.Y.NAM	
4	25.03.11	ISSUE FOR CONSTRUCTION (STAGE-2-2)	S.H.NAM	J.H.LEE	C.S.KOH	
3	20.08.10	ISSUE FOR CONSTRUCTION (STAGE-2-1)	S.H.NAM	J.H.LEE	C.S.KOH	
2	19.05.10	ISSUE FOR APPROVAL (STAGE-2)	S.H.NAM	J.H.LEE	C.S.KOH	
1	25.01.10	ISSUE FOR HAZOP	S.H.NAM	J.H.LEE	C.S.KOH	
0	11.11.09	1ST ISSUE FOR APPROVAL	S.H.NAM	J.H.LEE	C.S.KOH	

REHABILITATION AND ADAPTATION PROJECT
SKIKDA REFINERY, ALGERIA

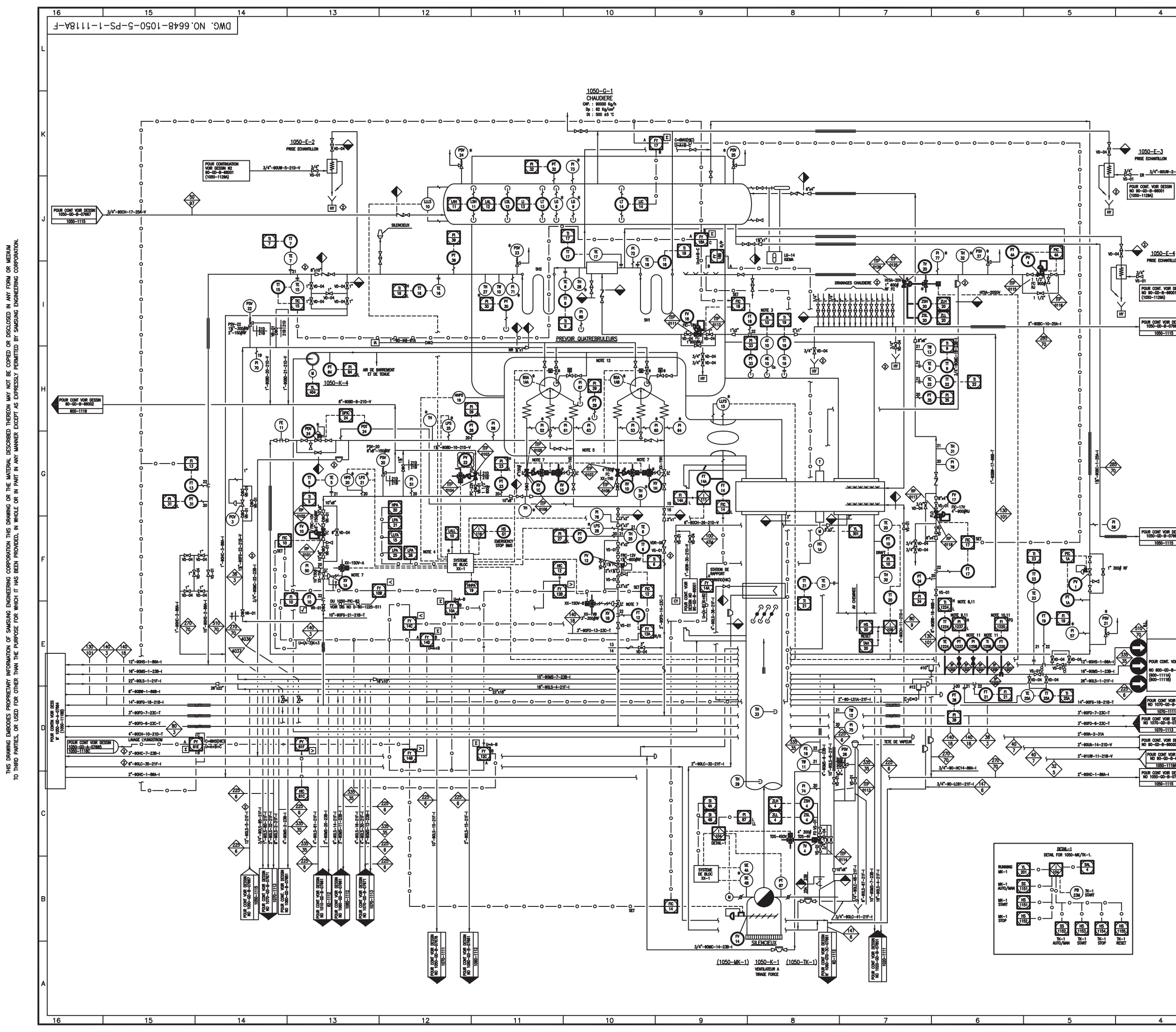
SONATRACH ACTIVITE AVAL-DIVISION RAFFINAGE

SAMSUNG ENGINEERING CO., LTD.
SEOUL, KOREA
JOB NO. S02278
A/C NO.

TITLE : PIPING & INSTRUMENTATION DIAGRAM
BFW, STEAM & POWER SYSTEM
STEAM & POWER SECTION (BOILERS)

SCALE	JOB NO.	UNIT	C	DEPT.	SIZE	SERIAL NO.	REV.
NONE	6648	1050	5	PS	1	1116	F

P&ID
GENERATION DE VAPEUR CHAUDIÈRE-G1
(STEAM GENERATION G1)



THIS DRAWING EMPLOYS PROPRIETARY INFORMATION OF SAMSUNG ENGINEERING CORPORATION. THIS DRAWING OR THE MATERIAL DESCRIBED THEREON MAY NOT BE COPIED OR DISCLOSED IN ANY FORM OR MEDIUM OR REPRODUCED IN ANY MANNER WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN PERMISSION OF SAMSUNG ENGINEERING CORPORATION.

REFERENCE DRAWING	NO
ORIGINAL P & ID NO.	D-60-12.25-510
	1050-GD-A-07663

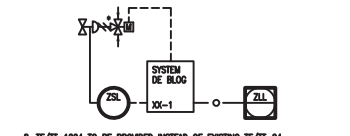
- DELETED.
- THE NUMBER OF P&ID FOR SHIMPOGETTI IS 1050-GD-A-07663
- COVEN ANALYSER (1050-AT-10) WILL BE REPLACED BY SONATRACH
- EXISTING P&ID TO BE REDUCED.
- TWO BURNERS OF TOTAL 4 BURNERS ARE NOT SHOWN ON P&ID WITH FUEL LINE INSTRUMENT ACCESSORIES AS FOLLOWS.

TAG	FLUID	REMARKS	PIP. NO.
IV-1E	FG	NEW	IP-0121,0122
IV-1F	FG	NEW	IP-0123,0124
IV-1L	FG	REUSE	NA
IV-1M	FG	REUSE	NA

8. INTERLOCK DESCRIPTION

INTERLOCK NO.	ACTUATED BY	OPEN TR-20 TO EXISTING BMS TO EXISTING COMPRESSOR	START TR-1	STOP TR-1	START/STOP BMS
I-104	PULL-S7 SAL-4		X	X	
I-108	HS-21	X		X	
I-111	FAL-14A	X			
I-116	HS-01	X			X

- DETAIL OF SOLENOID ON OFF VALVE & LIMIT SWITCH CONNECTED ON BMS (IV-1A,1B,1C,1D,1E,1F,1G,1H,1I,1J)



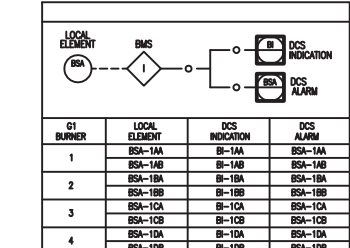
- TE/TT-1224 TO BE PROVIDED INSTEAD OF EXISTING TE/TT-24.
- PT-1237 TO BE PROVIDED INSTEAD OF EXISTING PT-37.
- FE/FT-1220 TO BE PROVIDED INSTEAD OF EXISTING FE/FT-20.
- REFER P & ID 6648-1050-5-PS-1-1-1112.



CONSTRUCTEUR SHIMPOGO

LISTE DES EQUIPEMENTS	
1050-01	1050-TK1
1050-02	1050-MK1
1050-03	
1050-04	
1050-05	
1050-06	
1050-07	
1050-08	

- BURNER-FLAME DETECTOR CONFIGURATION



BURNER	LOCAL ELEMENT	DCS INDICATION	DCS ALARM
1	BSA-1A	BS-1A	BSA-1A
	BSA-1B	BS-1B	BSA-1B
	BSA-1C	BS-1C	BSA-1C
2	BSA-2A	BS-2A	BSA-2A
	BSA-2B	BS-2B	BSA-2B
	BSA-2C	BS-2C	BSA-2C
3	BSA-3A	BS-3A	BSA-3A
	BSA-3B	BS-3B	BSA-3B
	BSA-3C	BS-3C	BSA-3C
4	BSA-4A	BS-4A	BSA-4A
	BSA-4B	BS-4B	BSA-4B
	BSA-4C	BS-4C	BSA-4C

IM P&ID NO. D-60-12.25-510

REV.	DATE	DESCRIPTION	DWN	CHKD	APPD	PM
	30.06.2013	AS-BUILT	WJL/PWK	JLJEE	P.S.CHN	
	30.12.2011	ISSUE FOR CONSTRUCTION (STAGE-2-3)	WJL/PWK	JLJEE	KYJAM	
	30.03.2011	ISSUE FOR CONSTRUCTION (STAGE-2-2)	WJL/PWK	JLJEE	C.S.KOH	
	30.09.2010	ISSUE FOR CONSTRUCTION (STAGE-2-1)	WJL/PWK	JLJEE	C.S.KOH	
	31.05.2010	ISSUE FOR APPROVAL (STAGE-2)	SHJEE	D.S.SONG	C.S.J	
	09.12.2009	1ST ISSUE FOR APPROVAL	SHJEE	D.S.SONG	C.S.KOH	

REHABILITATION AND ADAPTATION PROJECT
SKIKDA REFINERY, ALGERIA



SONATRACH ACTIVITE AVAL-DIVISION RAFFINAGE



SAMSUNG ENGINEERING CO., LTD.
SEOUL, KOREA
JOB NO. S02278
A/C NO.

TITLE : P & I DIAGRAM
GENERATION DE VAPEUR CHAUDIERE G-1
(STEAM GENERATION G-1)

SCALE	JOB NO.	UNIT	C	DEPT.	SIZE	SERIAL NO.	REV.
NONE	6648	1050	5	PS	1	1118A	F