

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Département d'électrotechnique
Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électrotechnique

**Etude et supervision de l'unité de dessalement
du pétrole brut sous DCS FOXBORO I/A
Series.**

Réalisé par :

BOUTAKIL Manel
BOUAOUNE Chems

Encadré par : Pr. BERKOUK El Madjid
Co-encadré par : M. YACEF Nabil

Présenté et soutenu publiquement le (01/07/2024)

Composition du jury :

Président : Pr. BOUGHRARA Kamel ENP
Promoteur : Pr. BERKOUK El Madjid ENP
Examineur : Dr. BELKACEMI Rabie ENP

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique



Département d'électrotechnique
Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électrotechnique

**Etude et supervision de l'unité de dessalement
du pétrole brut sous DCS FOXBORO I/A
Series.**

Réalisé par :

BOUTAKIL Manel
BOUAOUNE Chems

Encadré par : Pr. BERKOUK El Madjid
Co-encadré par : M. YACEF Nabil

Présenté et soutenu publiquement le (01/07/2024)

Composition du jury :

Président : Pr. BOUGHRARA Kamel ENP
Promoteur : Pr. BERKOUK El Madjid ENP
Examineur : Dr. BELKACEMI Rabie ENP

ملخص

الإشراف والتحكم عبر نظام التحكم الموزع (DCS) ضروريان في الصناعة النفطية و الغازية لتحسين العمليات وضمان السلامة. يهدف مشروعنا إلى إنشاء اتصال بين وحدة التحكم PLC من نوع Allen Bradley Compact GuardLogix 5380، التي تتحكم في وحدة إزالة ملوحة النفط الخام، ونظام التحكم الموزع DCS من نوع FoxBoro. نقترح حلاً مادياً بالإضافة إلى حل برمجي، بناءً على تكوين AIN و PAKIN و CIN، بالإضافة إلى تطوير واجهة الإنسان والآلة (HMI) لمختلف مكونات وحدة إزالة الملوحة، مما يعزز التنسيق والإشراف وإدارة العمليات.

الكلمات المفتاحية: الإشراف - التحكم - نظام التحكم الموزع DCS FoxBoro - وحدة التحكم Allen Bradley Compact GuardLogix 5380 - واجهة الإنسان والآلة (HMI).

Abstract

Supervision and control via DCS are essential in the oil and gas industry to optimize operations and ensure safety. Our project aims to establish communication between the Allen Bradley Compact GuardLogix 5380 PLC, which controls the crude oil desalting unit, and the FoxBoro DCS. We propose both a hardware solution and a software solution, based on configuring AIN, PAKIN, and CIN blocks, as well as developing the human-machine interface (HMI) for the various components of the desalting unit, thus improving coordination, supervision, and process management.

Keywords : Supervision - control - DCS FoxBoro - Allen Bradley Compact GuardLogix 5380 PLC - HMI .

Résumé

La supervision et le contrôle via DCS sont essentiels dans l'industrie pétrolière et gazière pour optimiser les opérations et garantir la sécurité. Notre projet vise à établir une communication entre le PLC Compact GuardLogix 5380 d'Allen Bradley, qui contrôle l'unité de dessalement de pétrole brut, et le DCS FoxBoro. Nous proposons une solution matérielle ainsi qu'une solution logicielle, basée sur la configuration des blocs AIN, PAKIN et CIN, ainsi que sur le développement de l'interface homme-machine (HMI) pour les différents composants de l'unité de dessalement, améliorant ainsi la coordination, la supervision et la gestion du processus.

Mots clés : Supervision -contrôle - DCS FoxBoro - PLC Compact GuardLogix 5380 d'Allen Bradley - HMI .

Remerciements

Nous tenons avant tout à remercier Allah, le Tout-Puissant, pour le courage et la patience qu'il nous a accordés pour mener à bien ce modeste travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à monsieur BERKOUK El Madjid pour son encadrement, son aide précieuse et ses conseils avisés.

Nous remercions les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner notre travail.

Nous exprimons également notre profonde reconnaissance à Monsieur ZID Tarek, chef de la division maintenance au sein de Sonatrach - Rhoud El Baguel pour nous avoir donné l'opportunité de réaliser ce projet. Un grand merci à lui, car sans son soutien, ce travail n'aurait pas été possible.

Nos remerciements les plus respectueux vont à notre co-encadrant, monsieur YACEF Nabil, pour avoir accepté de diriger notre travail, pour ses conseils précieux, sa disponibilité et son accompagnement tout au long de notre stage.

Nous remercions toute l'équipe d'ingénieurs, des opérateurs et des techniciens de Rhoud El Baguel qui ont bien voulu mettre à notre disposition leur matériel et leur documentation, ainsi que leurs judicieux conseils pendant toute la durée du stage.

Enfin, nous adressons nos remerciements à nos enseignants et nos collègues.

Merci à toutes et à tous.

Manel et Chems...

Dédicaces

Du fond de mon cœur, je dédie ce travail à mes très chers parents, qui m'ont soutenu tout au long de mes études.

À ma chère maman, source de tendresse, de noblesse et d'affection, pour sa patience, son amour et ses encouragements.

À mon cher papa pour son soutien inconditionnel et ses sacrifices.

À mes chères sœurs, Nour et Yasmine, pour qui ma réussite est très importante. Que Dieu les protège. Je leur souhaite une vie pleine de bonheur, de joie et de succès.

Je dédie ce mémoire à tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

Manel ...

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents, les êtres les plus chers de ma vie, qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et ont éclairé mon chemin par leurs conseils, leur grand amour et leurs encouragements. Merci du fond du cœur d'être toujours présents lorsque j'ai besoin de vous, merci pour votre présence dans ma vie.

À mes petits frères chéris, Oussama, Abd el Salem et Abd Rahim, les personnes qui m'aiment sans condition. Je leur souhaite à tous le succès et le bonheur dans leur vie.

Et à ma grand-mère, qui est une source de joie dans ma vie, que Dieu lui accorde santé, bonheur et une longue vie.

Chems ...

Table des matières

Liste des tableaux

Table des figures

Liste des acronymes

Introduction générale	17
1 Description du champ pétrolier de Rhourd El Baguel	18
1.1 Introduction	18
1.2 Présentation du champ REB	18
1.2.1 Situation géographique du champ REB	18
1.2.2 Historique d'exploitation du Champ REB	19
1.2.3 Organigramme de la région de REB	19
1.2.4 Division Maintenance	20
1.2.4.1 Service Méthodes	20
1.2.4.2 Service Electricité	21
1.2.4.3 Service Instrumentation	21
1.2.4.4 Service Mécanique	21
1.2.4.5 Service Turbo-Machine	21
1.3 Centres de Production	21
1.3.1 Manifolds de production	21
1.3.2 Le centre CPF (Central Production Facilities)	24
1.3.2.1 Description de l'unité CPF	24
1.3.2.2 Une unité de traitement	24
1.3.2.3 Unité d'optimisation	26

1.3.2.4	Torches	26
1.3.2.5	Utilités	27
1.3.3	Le centre TCF (Turbo Compression Facilities)	28
1.3.3.1	Une station Booster MP	28
1.3.3.2	Unité Déshydratation avec TEG(TriEthylèneGlycol)	28
1.3.3.3	Station de compression	28
1.4	Le champ Hassi Bir Rkaiz	29
1.5	Conclusion	30
2	Description de l'unité de dessalement de pétrole brut	31
2.1	Introduction	31
2.2	Le rôle de l'unité de dessalement	31
2.3	Fonctionnement de l'unité de dessalement :	32
2.3.1	Service d'eau (P-4601A/B)	34
2.3.1.1	ENTRÉES / SORTIES	34
2.3.1.2	Description des boucles de contrôle	35
2.3.2	Déshydrateur V-4601	36
2.3.2.1	ENTRÉES / SORTIES	37
2.3.2.2	Description des boucles de contrôle	38
2.3.3	Dessaleur V-4602	38
2.3.3.1	ENTRÉES / SORTIES	39
2.3.3.2	Description des boucles de contrôle	40
2.3.4	Échangeur de chaleur de pétrole brut E-4601	40
2.3.4.1	ENTRÉES / SORTIES	40
2.3.4.2	Description des boucles de contrôle	41
2.3.5	Injection chimique : désémulsifiant V-4611/ V-4612	42
2.3.5.1	ENTRÉES / SORTIES	42
2.4	Spécification de Conception Matérielle	43
2.4.1	Architecture du système de contrôle	43
2.4.2	Switch Ethernet U46-SW001	44
2.4.3	Contrôleur U46-UCP	45

2.4.4	Châssis des cartes des signaux d'entrées/ sorties (E/S)	45
2.4.5	Passerelle Ethernet/IP - Modbus U46-GW001	46
2.4.6	Ordinateur de bureau HMI U46-HMI001	47
2.4.7	Laptop de maintenance U46-LAP001	48
2.4.8	Imprimante U46-PRT001	49
2.5	Philosophie d'architecture matérielle	49
2.6	Conclusion	51
3	Présentation du système DCS FOXBORO	52
3.1	Introduction	52
3.2	Système de contrôle distribué DCS	52
3.2.1	Historique des systèmes de contrôle	52
3.2.2	Définition	53
3.2.3	Differences entre un DCS et un PLC	53
3.2.4	Rôle du DCS dans les industries	53
3.2.5	Entreprises de fabrication de DCS	54
3.2.6	Sécurité d'un DCS	55
3.2.7	Architecture du système DCS	55
3.3	Système de contrôle distribué FOXBORO	56
3.3.1	Architecture du DCS FOXBORO	56
3.3.2	Aspect matériel	58
3.3.2.1	Modules FBM	58
3.3.2.2	Le processeur FCP280	59
3.3.2.3	Armoire réseau	61
3.3.2.4	Stations de travail	61
3.3.3	Aspect logiciel	61
3.3.3.1	FoxView	62
3.3.4	ICC	63
3.3.5	FoxSelect	63
3.3.6	Foxdraw	64
3.4	Conclusion	64

4	Communication série/ModBus	65
4.1	Introduction	65
4.2	Les protocoles de communication	65
4.3	Transmissions série et parallèle	66
4.3.1	Transmission parallèle	66
4.3.2	Transmission série	67
4.3.3	Transmission série asynchrone	68
4.4	Modbus Série	70
4.4.1	Histoire	70
4.4.2	Couches utilisés dans le modèle OSI	71
4.4.2.1	La couche Physique	71
4.4.2.2	Couche Liaison de Données (Data Link)	71
4.4.2.3	La couche Application	71
4.4.3	Modes de Transmission	71
4.4.3.1	Modbus ASCII (American Standard Code for Information Interchange)	72
4.4.3.2	Modbus RTU (Remote Terminal Unit)	72
4.4.3.3	Modbus TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)	72
4.4.4	Transmission des données	72
4.4.4.1	Le modèle maître-esclave	72
4.4.4.2	Le modèle client-serveur	73
4.4.5	Couches Physiques	74
4.4.5.1	RS232	74
4.4.5.2	RS422	74
4.4.5.3	RS485	74
4.4.6	Principe de transmission	75
4.4.6.1	Champ d'adresse	75
4.4.6.2	Champ de fonction	75
4.4.6.3	Champ de données	76
4.4.6.4	Champ Checksum	76

4.5	Modbus RS485	77
4.5.1	Caractéristiques	77
4.5.2	Topologie du réseau	77
4.6	FBM 230	78
4.6.1	Caractéristiques	78
4.6.2	Bloc de raccordement TA (Terminal Assembly)	79
4.6.3	Connection de Cable RS485	79
4.7	Conclusion	80
5	Développement d'une Solution sur DCS Foxboro	81
5.1	Introduction	81
5.2	Développement d'une solution	81
5.2.1	La solution matérielle	81
5.2.2	La solution logicielle	84
5.2.2.1	Notions fondamentales de la configuration	85
5.2.3	Configuration des blocs sous ICC	88
5.2.3.1	Changement d'environnement	88
5.2.3.2	Lancement d'ICC	89
5.2.3.3	Création des Compounds	92
5.2.3.4	Création des Blocs	94
5.2.3.5	Vérification des compounds et des blocs sur FoxSelect	98
5.2.4	Conception d'un synoptique	99
5.3	Conclusion	106
	Conclusion générale	107
	Bibliographie	108
	Annexe	109

Liste des tableaux

2.1	Entrées/Sorties du l'eau de service	35
2.2	Entrées/Sorties de déshydrateur V-4601	38
2.3	Entrées/Sorties de dessaleur V-4602	39
2.4	Entrées/Sorties de l'échangeur de chaleur E-4601	41
2.5	Entrées/Sorties de désémulsifiant V-4611/ V-4612	43
3.1	Entreprises fabricant des Systèmes DCS	54
4.1	Couches utilisés dans le modèle OSI pour le Modbus serie	71
5.1	Principaux Paramètres de Définition du Bloc AIN	86
5.2	Principaux paramètres de définition du bloc CIN	87
5.3	Principaux paramètres de définition du bloc PAKIN	88
1	Tableau des Blocs Analogiques dans le Compound DSLR-AR.	110
2	Tableau des Blocs Analogiques dans le Compound PUMP-TRAN-AR.	110
3	Tableau des Blocs Analogiques dans le Compound FG-AR.	111
4	Tableau des Blocs Analogiques dans le Compound PID-COM.	111
5	Tableau des Blocs numériques dans le Compound PUMPTR-CM-DR.	112
6	Tableau des Blocs Numeriques dans le Compound BOOL-COM-DR.	114
7	Tableau des Blocs Numeriques dans le Compound VALVE-COM-DR.	116
8	Tableau des Blocs Numeriques dans le Compound PID-MODE.	116

Table des figures

1.1	Situation Géographique du Champ de Rhourd El Baguel	19
1.2	Organigramme de la région de REB	20
1.3	Schéma unifilaire de la division maintenance	20
1.4	Liaisons entre les collecteurs	22
1.5	Arrivées des puits.	22
1.6	Les collecteurs	23
1.7	Vue de satellite de CPF et TCF.	23
1.8	Séparation de l'huile.	25
1.9	Stockage de brut dans le réservoir à toit flottant	26
1.10	Schéma simplifié de l'unité d'injection de gaz de TCF	29
1.11	L'installation du séparateur et de l'unité de dessalement	30
2.1	L'unité de dessalement	32
2.2	Unité de dessalement	33
2.3	Pompes eau de service (P-4601A/B)	34
2.4	Diagramme de Contrôle pour TV-4632	35
2.5	Phénomène de polarisation des gouttelettes d'eau	36
2.6	Le déshydrateur	37
2.7	Diagramme de Contrôle pour PV-4601	38
2.8	Diagramme de Contrôle pour PV-4611	40
2.9	Échangeur de chaleur E-4601	40
2.10	Diagramme de Contrôle pour TV-4642	41
2.11	désémulsifiant V-4611/ V-4612	42
2.12	Architecture du système de contrôle	43
2.13	Face avant du l'armoire	44

2.14	Face arrière du l'armoire (marshalling)	44
2.15	SWITCH Ethernet/IP	45
2.16	PLC Compact GuardLogix 5380	45
2.17	Les quatre châssis connectés en série	46
2.18	Passerelle Ethernet/IP - Modbus	47
2.19	HMI U46-HMI001	48
2.20	Laptop de Maintenance U46-LAP001	49
2.21	Architecture matérielle	50
3.1	Architecture du système DCS	56
A.2	Architecture de DCS FOXBORO CPF	57
3.3	Principaux composants de DCS Foxboro.	58
3.4	Les modules FBM	58
3.5	Éléments essentiels assurant la liaison des modules FBM.	59
3.6	Le processeur FCP280	59
3.7	Le processeur FCP280	60
3.8	Tolérance de pannes Foxboro Evo	60
3.9	Station de travail Modèle H92	61
3.10	Logiciel FoxView	62
3.11	Programme ICC	63
3.12	Logiciel Foxselect	64
4.1	Transmission parallèle	66
4.2	Le problème de la distorsion d'horloge et les interférences dans la transmission parallèle	66
4.3	Phénomène de diaphonie	67
4.4	Transmissions série	67
4.5	Principe de transmission	68
4.6	Exemple de transmission d'un octet d'information	69
4.7	Les lignes de controle	69
4.8	Système Maître-Esclaves Modbus Série	73
4.9	La liaison entre les appareils en Modbus série maître-esclave.	73

4.10	Système Client serveur Modbus Ethernet	74
4.11	Système Modbus Maître-Esclaves avec Répéteur	75
4.12	La trame série Modbus	75
4.13	Codes de fonction	76
4.14	Exemple pratique d'une trame Modbus série.	77
4.15	la topologie générale du réseau RS485.	78
4.16	FBM230	78
4.17	TA de FBM230	79
4.18	Connexion de dispositif RS-485 (2 fils)	79
4.19	Étiquettes TA FBM230 pour RS-485	80
5.1	Trois fils sortant du GW001.	82
5.2	Trois fils provenant de GW001 vers le marshalling.	82
5.3	TA du C12115.	83
5.4	Le module C12115 existant.	83
5.5	Organigramme des tâches.	84
5.6	ECB200 du FBM 230 C12115.	85
5.7	Environnement du bloc AIN.	86
5.8	Diagramme simplifié du bloc AIN.	87
5.9	Changement d'environnement.	89
5.10	Lancement d'ICC.	90
5.11	Vue initiale de l'ICC.	90
5.12	Insertion d'un nouveau Bloc ECB.	91
5.13	Définition du Bloc ECB201 MB0116.	91
5.14	Insertion d'un nouveau compound.	92
5.15	L'apparition du nouveau compound.	92
5.16	Modifier les paramètres du compound.	93
5.17	Définition des paramètres du compound.	93
5.18	Les nouveaux compounds.	94
5.19	insertion de nouveau bloc.	94
5.20	Insertion de Nom et type du bloc.	95

5.21	Fenêtre de la configuration des paramètres du bloc LI4603 de Type RIN.	95
5.22	Création du registre.	96
5.23	Définition du registre.	96
5.24	Fenêtre de la configuration des paramètres du bloc LI4601 HH de Type CIN. . .	97
5.25	Fenêtre de la configuration des paramètres du bloc LI4601.	97
5.26	Accéder à FoxSelect.	98
5.27	Vue de la liste des blocs.	98
5.28	Vue de détail d'un bloc.	99
5.29	Lancement de FoxDraw.	99
5.30	Interface graphique de l'unité de dessalement.	100
5.31	Interface graphique -CRUDE OIL HEATER-.	100
5.32	Interface graphique -SERVICE WATER-.	101
5.33	Interface graphique -DEHYDRATOR-.	101
5.34	Interface graphique -DESALTER-.	102
5.35	Interface graphique -CHEMICAL INJECTION-.	102
5.36	Interface graphique -ESD1-.	103
5.37	Interface graphique -ESD2-.	103
5.38	La configuration du transmetteur PIT-4601.	104
5.39	configuration HMI action et update.	104
5.40	configuration HMI-Action.	105
5.41	configuration HMI-Update.	105

Liste des abréviations

- **REB**:Rhourd El Baguel.
- **CPF**:Central Production Facilities.
- **TCF**:Turbo Compression Facilitie.
- **EDR** : Electrolyse réversible
- **HP** : Haute pression.
- **DA4501** : Colonne de stabilisation LP.
- **F5001** : Four.
- **MP** : Moyenne pression.
- **BP** : Basse pression.
- **TEG**:TriEthylèneGlycol.
- **HBR** : Hassi Bir Rkaiz.
- **DCS** : Système de contrôle distribué.
- **CP** : Control Processor.
- **UCP** : Unit Control Panel.
- **HMI** : Interface Homme Machine.
- **PCS** : Process control system.
- **PSS** : Process safety system.
- **RTU** : Remote Terminal Unit.
- **ESD** : Emergency Shutdown.
- **FGS** : Fire and Gas System.
- **FBM** : Fieldbus Module.
- **TA** : Terminal Assembly.
- **AW** : Application Workstation.
- **WP** : Workstation Processor.
- **ICC** : Integrated Control Configurator.
- **RS** : Recommended Standard.
- **TCP/IP** : (Transmission Control Protocol/Internet Protocol.
- **ISO** : Open Systems Interconnection.
- **ECB** : Equipment Control Block.
- **RIN** : Reel input.

Introduction générale

Dans l'industrie moderne, notamment dans le secteur pétrolier, les exigences en termes de quantité et de qualité des produits finis poussent les entreprises à investir considérablement dans la modernisation et la maintenance de leurs installations de production.

C'est le cas de la société SONATRACH, comme nous avons pu le constater lors de notre visite sur le site CPF à Rhoud El Baguel. Ces installations industrielles comportent des risques pour les personnes, l'environnement et les équipements, ce qui rend impérative la mise en place de systèmes de sécurité conformes aux exigences réglementaires.

Le système de contrôle distribué, ou DCS (Distributed Control System), est un ensemble intégrant des équipements matériels et des logiciels, conçus pour assurer le fonctionnement optimal des processus industriels.

Pour notre étude, nous avons structuré notre rapport en cinq chapitres.

Dans le premier chapitre, nous avons examiné en détail le site de Rhoude El Baguel, en détaillant le processus de production de pétrole brut au CPF.

Ensuite, dans le deuxième chapitre, nous avons examiné l'unité de dessalement du pétrole brut, en détaillant ses composants et leur fonctionnement, ainsi que l'architecture de l'UCP chargée de la contrôler.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation du système DCS Foxboro, incluant son architecture matérielle et logicielle, ainsi que ses aspects liés à la communication.

Le quatrième chapitre traite le protocole de communication Modbus, avec une analyse détaillée du Modbus RTU (RS485).

Enfin, le dernier chapitre se concentre sur le développement d'une solution de contrôle et de supervision pour l'unité de dessalement du pétrole brut contrôlée par le PLC Compact GuardLogix 5380 d'Allen Bradley sous le DCS Foxboro. Nous y détaillons les étapes de mise en œuvre de cette solution, comprenant à la fois une solution matérielle et une solution logicielle où nous avons effectué la configuration des compounds et des blocs via le logiciel ICC, ainsi que développé l'interface homme-machine (HMI) à l'aide du logiciel FoxDraw.

En conclusion, nous synthétisons les principaux points abordés dans ce mémoire.

Chapitre 1

Description du champ pétrolier de Rhourd El Baguel

1.1 Introduction

L'industrie de la production pétrolière revêt une importance capitale à l'échelle mondiale, étant donné la nécessité et l'utilité généralisée du pétrole, devenu une matière première incontournable pour une multitude d'applications essentielles à notre quotidien.

A cet effet, la Compagnie Nationale Algérienne, Sonatrach, se positionne comme un acteur majeur de cette industrie en investissant massivement dans des moyens humains et matériels pour la recherche, l'exploitation, le traitement et la transformation du pétrole brut, tout en exploitant plusieurs champs pétroliers stratégiques. Parmi ceux-ci, le champ de Rhourd El Baguel (REB) se démarque particulièrement, émergeant comme l'un des premiers sites exploités dans l'industrie pétrolière en Algérie.

Avant de commencer notre étude prévue à l'unité de production de Rhourd El-Baguel (REB), il est indispensable de dédier un chapitre à une description détaillée du site. Cette étape préliminaire revêt une importance cruciale pour une compréhension approfondie des différentes sections clés du site, indispensables au bon fonctionnement de l'usine.

1.2 Présentation du champ REB

1.2.1 Situation géographique du champ REB

Le champ de RHOURED EL BAGUEL est situé dans la partie Nord-est du Sahara algérien à environ 90 Km au Sud-est de HASSI MESSAOUD, sur la route nationale N53A allant vers EL-BORMA [1].

Le mot Rhourd El Baguel signifie " Grande dune ", la dune se situe à l'entrée du champ et se présente sous la forme d'un anticlinal asymétrique orienté Nord-Est/Sud-Ouest, limité par deux failles majeures [2].

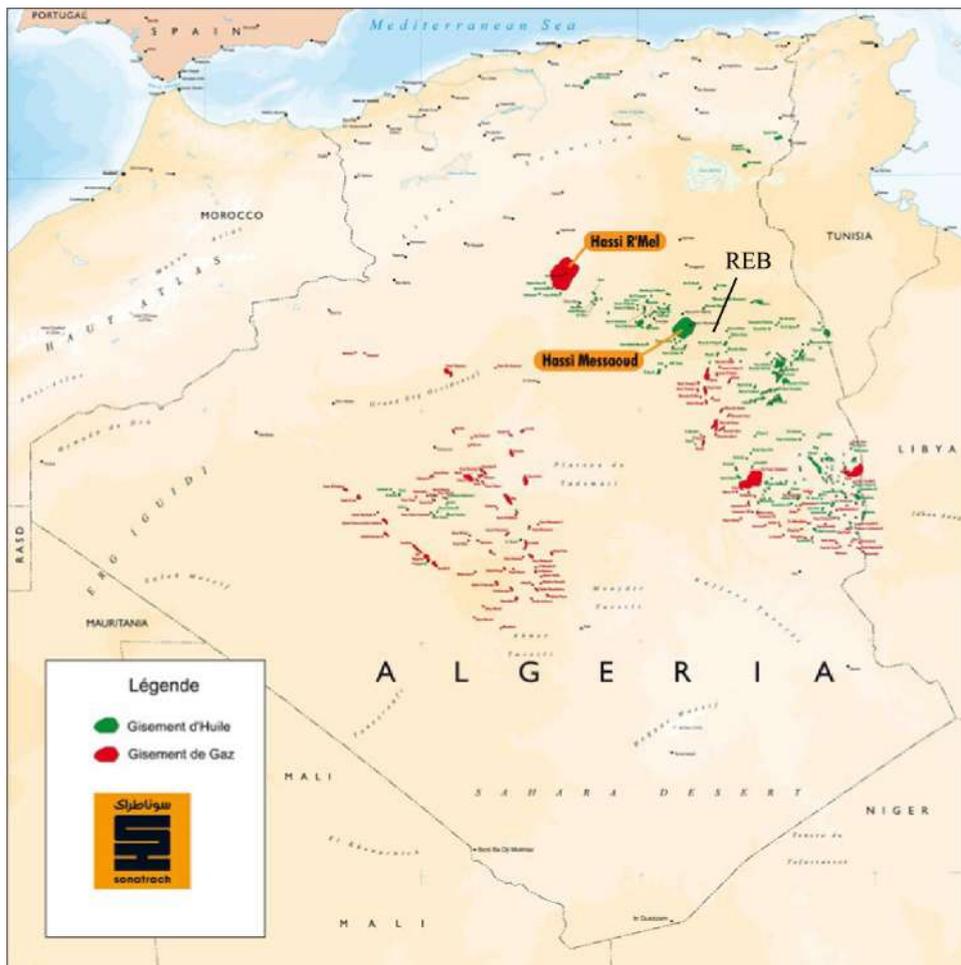


FIGURE 1.1 – Situation Géographique du Champ de Rhourd El Baguel

1.2.2 Historique d'exploitation du Champ REB

Le gisement de Rhourd El Baguel (REB) a été découvert et mis en production en 1962 par la compagnie SINCLAIR-OIL [3].

Son exploitation a connu plusieurs périodes :

- 1962 : Mise en production par la société SINCLAIR OIL.
- 1974 : Départ de SINCLAIR après la nationalisation des hydrocarbures.
- 1974 - 1996 : SONATRACH- Division Production.
- 1996 - 2012 : Association SONARCO (SH - ARCO) .
- 2012- Aujourd'hui : SONATRACH, Division Production.

1.2.3 Organigramme de la région de REB

L'organigramme de la région REB présente une structure hiérarchique classique, avec le directeur régional à la tête de l'organisation. Il est assisté d'un coordonnateur technique, d'un assistant sûreté interne, d'une secrétaire et d'un service juridique, d'une cellule informatique et télécom et des divisions qui travaillent ensemble pour assurer la réussite de la région.

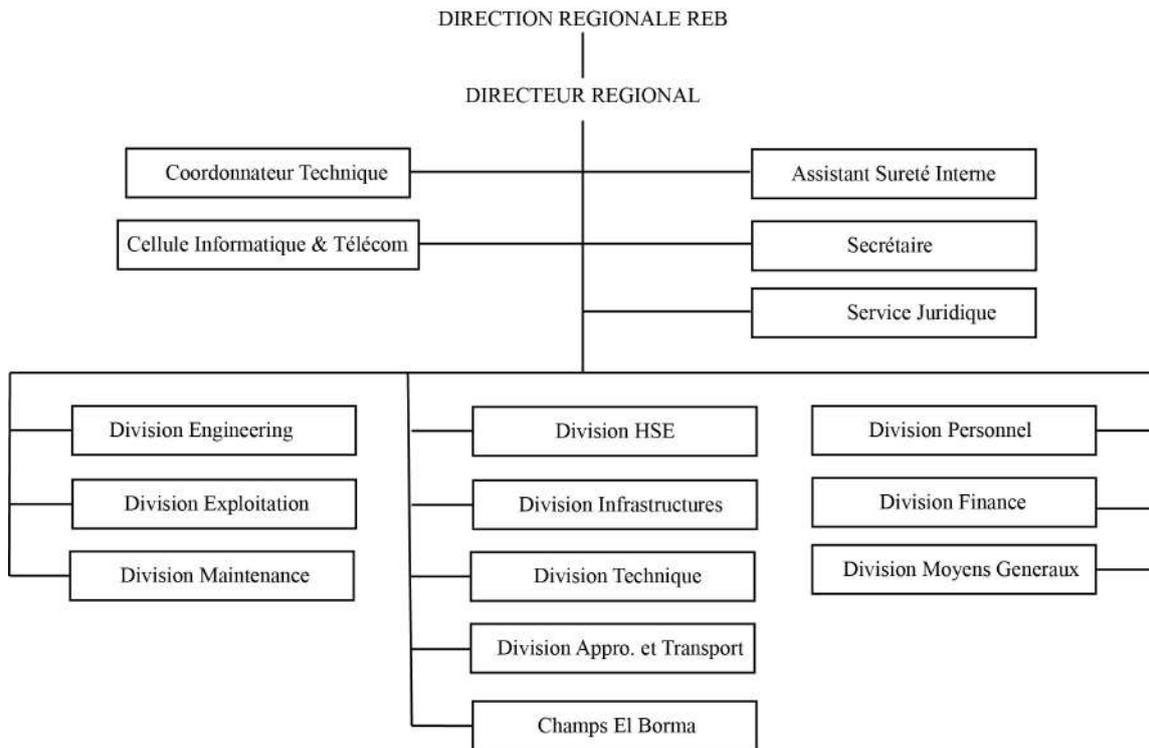


FIGURE 1.2 – Organigramme de la région de REB

1.2.4 Division Maintenance

La division de maintenance est responsable de garantir le bon fonctionnement des équipements opérationnels. Pour atteindre cet objectif, elle opère à travers cinq services distincts :

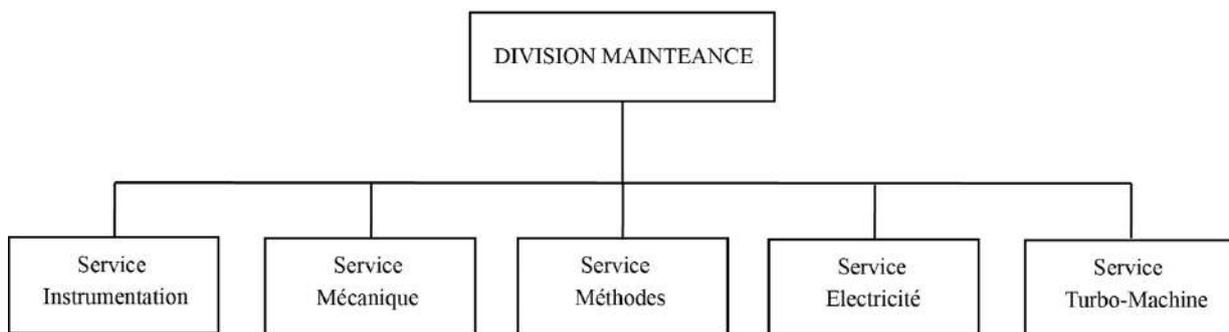


FIGURE 1.3 – Schéma unifilaire de la division maintenance

1.2.4.1 Service Méthodes

Ce service se concentre principalement sur la planification, le suivi des opérations et la gestion des équipements. Il est chargé de créer le calendrier des activités de maintenance préventive et de préparer les plans d'intervention. Les responsabilités clés incluent la programmation des inspections, la planification des activités de maintenance préventive et corrective, le contrôle des

niveaux de stock, la supervision des travaux et leur avancement, ainsi que l'approvisionnement en pièces de rechange. Pour exécuter ces tâches, le département utilise un système informatisé de gestion de la maintenance appelé MAXIMO [4].

1.2.4.2 Service Electricité

Le service électricité joue un rôle essentiel dans le maintien de la fiabilité et de l'efficacité des installations électriques. Responsable de la maintenance préventive et corrective, ce service veille à ce que le système énergétique fonctionne de manière optimale.

Les équipements électriques sont classés en trois secteurs principaux : la production, le transport et la distribution. Dans le secteur de la production, les générateurs et les groupes électrogènes jouent un rôle crucial. Le transport comprend les câbles souterrains et les lignes aériennes, tandis que la distribution englobe les transformateurs de puissance, les disjoncteurs, les sectionneurs ainsi que les moteurs électriques à moyenne et basse tension. La maintenance régulière de ces équipements garantit la continuité des opérations et la sécurité des travailleurs sur le site [4].

1.2.4.3 Service Instrumentation

Il joue un rôle crucial en fournissant des solutions techniques pour mesurer, contrôler et réguler les processus. Il assure la conception, l'installation, la maintenance et la surveillance des équipements d'instrumentation, tels que les systèmes de contrôle (DCS, Mark Vie, ESD, PLC), les capteurs, les transmetteurs et les vannes de régulations, pour garantir la sécurité des opérations, la qualité des produits et l'efficacité des processus.

1.2.4.4 Service Mécanique

Il est chargé d'assurer la maintenance et la gestion des équipements mécaniques statiques tels que les séparateurs, les colonnes et les échangeurs de chaleur, ainsi que des machines entraînées par des moteurs (motopompes, motocompresseurs et les aéroréfrigérants).

1.2.4.5 Service Turbo-Machine

Il se concentre sur la maintenance, la réparation et la gestion des machines rotatives entraînées par des turbines (Turbocompresseur, Turbopompe). Ce service garantit la fiabilité et l'efficacité des turbomachines, aide à maximiser la disponibilité des équipements et à réduire les coûts de maintenance.

1.3 Centres de Production

1.3.1 Manifolds de production

Le champ de Rhour el Baguel compte 49 puits producteurs d'huile, d'où est extrait le pétrole brut. Le liquide extrait est composé de brut, d'eau et de gaz associé.

Les huiles des puits sont regroupées via trois collecteurs (Nord, Plant et Sud), chacun opérant à une pression différente : basse, moyenne et haute. Les manifolds Nord et Sud centralisent le

pétrole des 49 puits de production et l'acheminement vers le centre de production CPF, après un passage par un manifold plant [5].

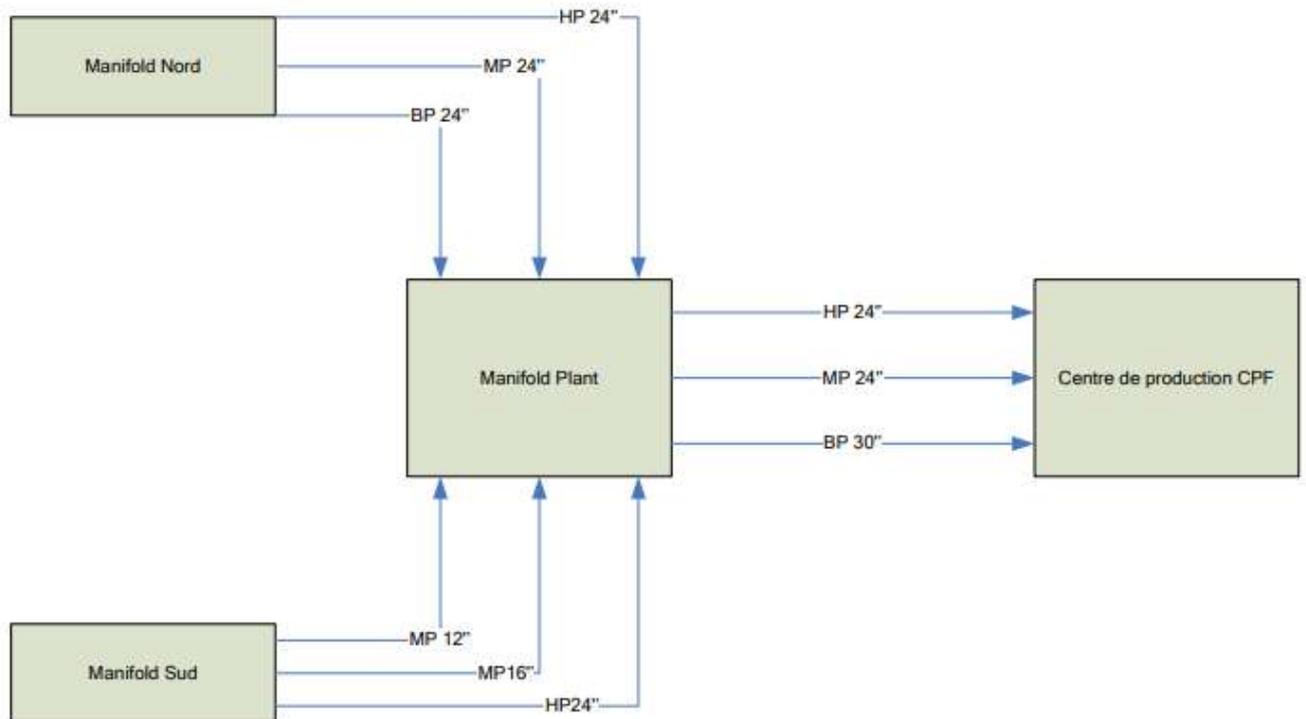


FIGURE 1.4 – Liaisons entre les collecteurs

Le manifold est composé de "5 slots". De là, le pétrole ou le gaz est envoyé aux lignes de production pour être utilisé ou traité.



FIGURE 1.5 – Arrivées des puits.

Chaque "5 slots" comprend :
Trois réseaux principaux de collecte : BP, MP, et HP.

Un réseau supplémentaire de "test" pour les vérifications.

Une ligne de dépressurisation, un dispositif de sécurité, réduisant la pression dans les tuyaux à 1 100 PSI (environ 80 bars) via une soupape tarée. Lorsque la pression dépasse ce seuil, la soupape s'ouvre, libérant l'excès de pression vers un espace appelé le bourbier, conçu pour gérer ces décharges en toute sécurité.

Tout ce qui est transporté dans les cinq canalisations du "5 slots" est collecté dans un collecteur commun spécifique selon sa destination : BP, MP, HP [5].



FIGURE 1.6 – Les collecteurs

Pour stabiliser l'huile et récupérer le gaz, on distingue deux centres d'exploitation :

Phase A : Le centre CPF (Central Production Facilities).

Phase B : Le centre TCF (Turbo Compression Facilities) .

CPF et TCF sont deux installations de traitement du pétrole brut et du gaz d'injection, constituant le noyau de REB.

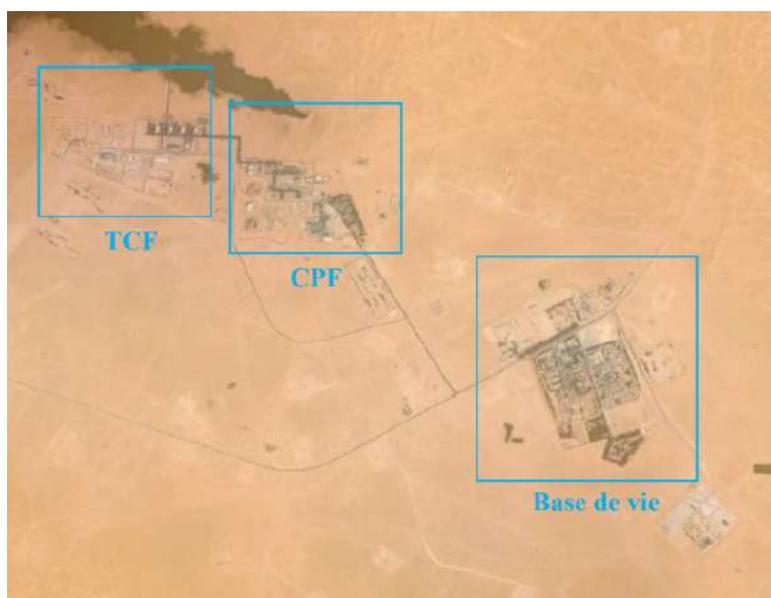


FIGURE 1.7 – Vue de satellite de CPF et TCF.

1.3.2 Le centre CPF (Central Production Facilities)

1.3.2.1 Description de l'unité CPF

Au sein de ce centre, la production de brut s'effectue. Les opérations de traitement et d'optimisation du pétrole et du gaz sont réalisées, ainsi que la production d'utilités telles que l'air instrument, l'air service et l'électricité, en plus du traitement des eaux.

L'unité CPF est le siège des opérations suivantes :

- Une unité de traitement.
- Une unité d'optimisation.
- Torches.
- Utilités.

1.3.2.2 Une unité de traitement

L'unité de traitement est conçue pour traiter l'ensemble des puits de REB à haute, moyenne et basse pression [5].

On distingue deux parties principales dans cette unité :

- Etape de séparation.
- Zone de stockage et d'expédition de brut.

1-Etape de séparation :

L'acheminement de l'huile vers le centre de production CPF s'effectue à partir de trois manifolds distincts (Nord, Sud, Plant). Chacun de ces manifolds transporte l'huile via un Collecteur HP (35 bar), un Collecteur MP (15 bar) et un Collecteur BP (3,2 bar).

L'huile transportée par les manifolds à des pressions différentes est composée de brut, d'eau et de gaz. L'objectif de cette partie est de les séparer en agissant sur leur densité.

Pour assurer une séparation efficace des matières, un processus de séparation à plusieurs étages est nécessaire. Il est important de noter que l'eau, le gaz et le brut sont initialement mélangés en raison de la haute pression. Ainsi, pour les séparer, il est essentiel de réduire la pression à chaque étape du processus de séparation.

L'huile, composée de brut, de gaz et d'eau, est introduite dans le séparateur, qui opère selon le principe d'une séparation triphasique physique par densité. On extrait le gaz en haut du séparateur, le brut au milieu et l'eau au fond [5].

La zone de séparation est équipée de :

- 3 séparateurs HP (V1509, V1523, V1527).
- 3 séparateurs MP1 (V1511, V1521, V1522).
- 3 séparateurs MP2 (V1529, V1530, V1531).
- 1 séparateur BP (V1532).
- 1 séparateur surélevé (V1524).

Séparateurs HP :

Les séparateurs V1509, V1523 et V1527 sont des unités de haute pression (HP) qui reçoivent de l'huile à haute pression et séparent les éléments suivants :

En haut : le gaz à haute pression (30 bars) est dirigé vers les compresseurs HP de l'unité TCF pour une compression supplémentaire .

Au milieu : l'huile à haute pression est directement acheminée vers les séparateurs MP1 en diminuant sa pression .

En bas : L'eau est évacuée vers les réservoirs V3002 ou V3003 pour le déshuilage.

Ces trois séparateurs sont des équipements identiques, et leurs procédures d'exploitation (démarrage, arrêt et isolation) sont similaires.

Séparateurs MP1 :

Les séparateurs V1511, V1521 et V1522 sont des équipements de moyenne pression qui reçoivent de l'huile provenant à la fois des séparateurs HP et de l'huile MP provenant des manifolds. Ils effectuent les opérations suivantes :

En haut : une partie du gaz MP est dirigée vers les compresseurs MP de l'unité TCF, tandis qu'une autre partie est acheminée vers les turbo compresseurs de CPF GBT02.

Au milieu : l'huile est acheminée directement vers les séparateurs MP2, avec une réduction de pression à 10 bars.

En bas : L'eau est drainée vers les réservoirs V3002 ou V3003 pour le déshuilage. Lorsque le compresseur MP booster de l'unité TCF est indisponible, tout le gaz MP1 est dirigé vers GBT02.

Séparateurs MP2 :

Les séparateurs V1529, V1530 et V1531 sont des unités de moyenne pression qui reçoivent de l'huile provenant des séparateurs MP1 et effectuent les opérations suivantes :

En haut : le gaz est dirigé vers l'aspiration du compresseur GBT4501 via FA4507 situé en CPF, conjointement avec l'écoulement provenant du séparateur BP V1532.

Au milieu : l'huile est acheminée vers le séparateur BP V1532.

En bas : L'eau est drainée vers les ballons V3002 ou V3003 pour le déshuilage.

La mise en service des séparateurs MP1 entraîne systématiquement la mise en service des séparateurs MP2 (V1529, V1530 et V1531).

Séparateurs LP :

Le séparateur Basse Pression reçoit l'huile provenant des séparateurs MP2 situés en amont, ainsi que l'huile provenant de l'ensemble des puits LP. Il réalise les opérations suivantes :

En haut : le gaz est dirigé vers l'aspiration du compresseur GBT4501 via FA4507, conjointement avec l'écoulement provenant des séparateurs MP2.

Au milieu : l'huile est acheminée vers la colonne de stabilisation DA4501 via le ballon FA4504.

En bas : L'eau est drainée vers les ballons V3002 ou V3003 pour le déshuilage.

Séparateur surélevé :

Le séparateur V1524 est un séparateur surlevé qui reçoit l'intégralité du brut stabilisé pour le dégazage avant son stockage dans les bacs à toit flottant R1/R2/R3. Il est positionné à une hauteur légèrement élevée du sol pour faciliter l'écoulement du brut dans les bacs de stockage.

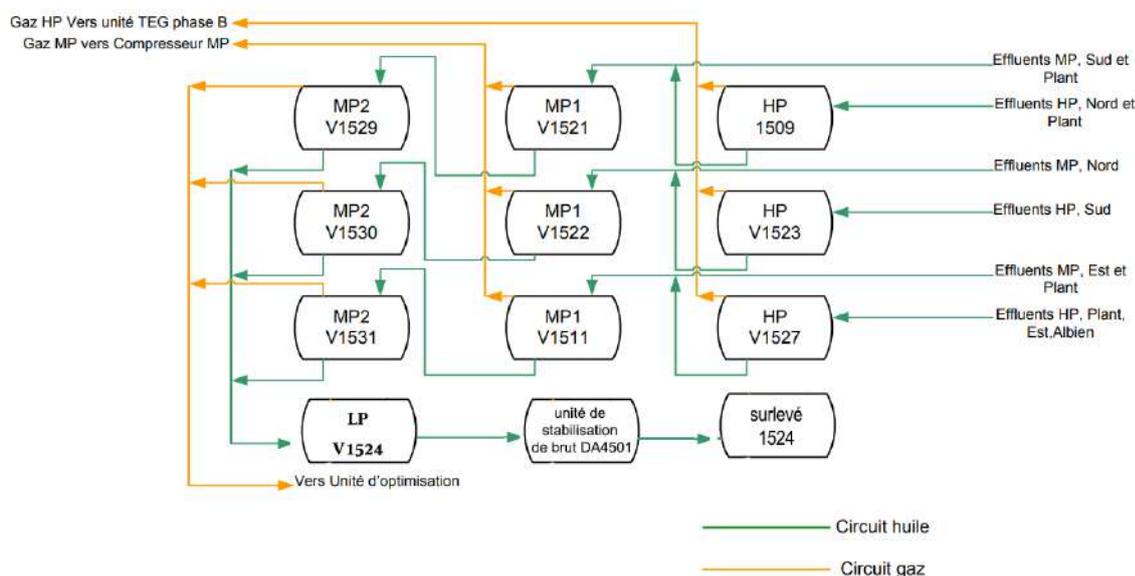


FIGURE 1.8 – Séparation de l'huile.

2- Zone de stockage et d'expédition de brut

Le pétrole brut est conservé à pression atmosphérique et est laissé en décantation pendant 12 heures pour permettre l'élimination de l'eau libre. Ensuite, il est acheminé par pipeline vers Mesdar, situé à 30 km, ou vers Haoud El Hamra (HEH), distant de 110 km, à l'aide de quatre pompes d'expédition [5].



FIGURE 1.9 – Stockage de brut dans le réservoir à toit flottant

1.3.2.3 Unité d'optimisation

On distingue deux sections principales :

1-Unité déshydratation avec TEG (TriEthylèneGlycol)

Le processus se déroule en deux étapes : le séchage du gaz et la régénération du glycol (TEG). Après avoir été comprimé à 40 bar, le gaz est dirigé vers un séparateur pour éliminer les condensats, puis introduit dans le contacteur MV-1403-A1 où le glycol absorbe l'humidité présente dans le gaz. Le TEG humide provenant du bas du contacteur est dirigé vers la section de régénération, tandis que le gaz dégazé est acheminé vers les compresseurs MP de TCF. La section de régénération est conçue pour éliminer toute trace d'humidité en glycol à l'aide de fuel gaz chaud, maintenant la température de rebouillage à 196°C. Le TEG récupéré est refroidi dans des échangeurs de chaleur, puis stocké dans le ballon MV-1403-A3 avant d'être pompé vers le contacteur TEG par les pompes MP-1403-A1/A2.

2-Unité de stabilisation

Le pétrole brut qui émerge du ballon FA4504 est acheminé vers l'unité de stabilisation DA4501. Cette unité a pour fonction de séparer les gaz légers du brut, ce processus vise à améliorer la tension de vapeur du pétrole brut.

1.3.2.4 Torches

L'unité CPF est équipée de deux torches conçues pour brûler les déchets produits par les installations :

- Une torche connue sous le nom de Torche Sèche Froide (TSF).
- Une autre torche désignée sous le nom de Torche Basse Pression [5].

1.3.2.5 Utilités

1-Fuel-gas :

Le gaz de Zina est exploité comme fuel-gas pour différentes applications sur le site de REB. Il est utilisé comme combustible pour alimenter les chambres de combustion des turbocompresseurs, des turboalternateurs, du four, ainsi que le rebouilleur de l'unité TEG.

2-Système d'huile caloportrice :

L'huile est d'abord stockée dans le ballon V5001, puis elle est acheminée à travers deux pompes vers le four F5001, alimenté au fuel-gas, où elle est chauffée jusqu'à atteindre 280°C. Ce processus permet d'obtenir de l'huile chauffée qui sert de fluide caloporteur pour divers équipements tels que les échangeurs et les rebouilleurs. Après utilisation, l'huile est renvoyée au ballon après avoir été refroidie à l'aide d'un aéroréfrigérant.

3-Unité EDR : traitement de l'eau par électrolyse reverse :

Cette installation a été spécialement conçue pour le traitement de l'eau provenant des puits albiens. Ce processus repose sur l'utilisation de l'électrodialyse réversible, qui fait appel à des membranes contenant des électrodes pour éliminer les sels contenus dans l'eau, tels que le NaCl, le CaSO₄, le MgCl₂, et d'autres. Cette élimination permet de rendre l'eau conforme aux normes requises pour son utilisation ultérieure, que ce soit comme eau de service pour le réseau incendie ou pour des applications domestiques sur le site.

4-Air instrument :

Pour cette installation, l'air est acheminé vers trois compresseurs. Après compression, l'air est séparé en deux flux distincts :

- Un flux d'air de service est principalement utilisé pour des opérations de nettoyage.
- Un flux d'air d'instrumentation est dirigé vers les deux sécheurs d'air à tamis moléculaire, destinés à l'instrumentation pneumatique.

5-Production d'azote :

Une fraction de l'air traité dans la section de traitement d'air est dirigée vers l'unité d'azote. Cette étape vise à séparer l'azote de l'oxygène. L'azote ainsi produit est utilisé pour l'inertage, permettant de purger les instruments de toute accumulation d'air et d'éviter ainsi tout risque d'explosion.

6-Production d'énergie :

L'installation se compose de trois turbo-générateurs de type PGT10 (PGT10 A/B/C) d'une puissance de 10 MW. Deux des turbo-générateurs fonctionnent en redondance active, tandis que le troisième est actuellement à l'arrêt. Les turbo-générateurs sont alimentés en gaz combustible provenant de Zina. Cette centrale électrique fournit de l'électricité aux centres de production et à la base de vie sans nécessiter d'alimentation électrique externe de la part de Sonelgaz.

7-Unité API-CPI : Système de récupération des huiles et drainage de l'eau

L'eau extraite pendant le processus est collectée de la manière suivante :

- Si l'huile provient d'un puits de l'Albien, elle est recueillie dans le ballon de dégazage V3003.
- Si l'huile provient d'un puits du Cambrien, elle est stockée dans le ballon de dégazage V3002.

Une fois sortis des réservoirs V3002 et V3003, l'eau est dirigée vers l'unité de déshuilage API-CPI. Ces bassins sont spécialement conçus pour séparer le brut résiduel de l'eau par décantation. Le brut récupéré est soit recyclé vers le ballon FA4504, soit dirigé vers les bacs de stockage. Les gaz sont évacués vers la torche tandis que l'eau est dirigée vers un borbier.

1.3.3 Le centre TCF (Turbo Compression Facilities)

Le gaz extrait de l'huile est dirigé vers l'unité TCF où il est séché et comprimé avant d'être expédié vers les puits de réinjection. Le gaz est traité pour l'élimination des petites quantités de condensats liquides [5].

Son objectif ultime est d'injecter du gaz sec et comprimé à une pression de 220 bars dans les réservoirs. Cette augmentation de pression permettra d'accroître la production de pétrole brut.

Ce centre comprend :

1.3.3.1 Une station Booster MP

Une partie du flux MP1 est dirigée vers le turbocompresseur MP K2005 via le ballon d'aspiration V2007. Ce flux de gaz MP (15 bar) ressort du compresseur K2005 à une pression de 32 bar (HP). En sortie du ballon de refoulement V2008, le gaz à 32 bar se combine avec le flux de gaz HP provenant des séparateurs HP avant d'entrer dans l'unité TEG.

1.3.3.2 Unité Déshydratation avec TEG (TriEthylèneGlycol)

Le gaz transporté contient de la vapeur d'eau qui peut se condenser dans les lignes d'injection vers les puits et les conduites. De plus, il renferme du dioxyde de carbone (CO₂) sous haute pression. En présence d'eau liquide, le CO₂ se transforme en acide carbonique, provoquant la corrosion du matériau des conduites. Pour prévenir ce phénomène, une station de déshydratation nommée station TEG a été installée.

1.3.3.3 Station de compression

L'étape de compression HP est réalisée par quatre turbocompresseurs A, B, C, D entraînés par des turbines à gaz.

Les trains de turbocompresseurs HP reçoivent :

- Le mélange des deux gaz haute pression (HP) sortant du turbocompresseur MP K2005 et du gaz HP provenant des séparateurs HP, après avoir été séché sur les trains de déshydratation au glycol.
- Le gaz HP à 40 bar issu des compresseurs GBT4501 puis GBT4502 déjà séché sur l'unité de déshydratation au TEG de l'unité CPF.
- Le gaz en provenance de ZINA [5].

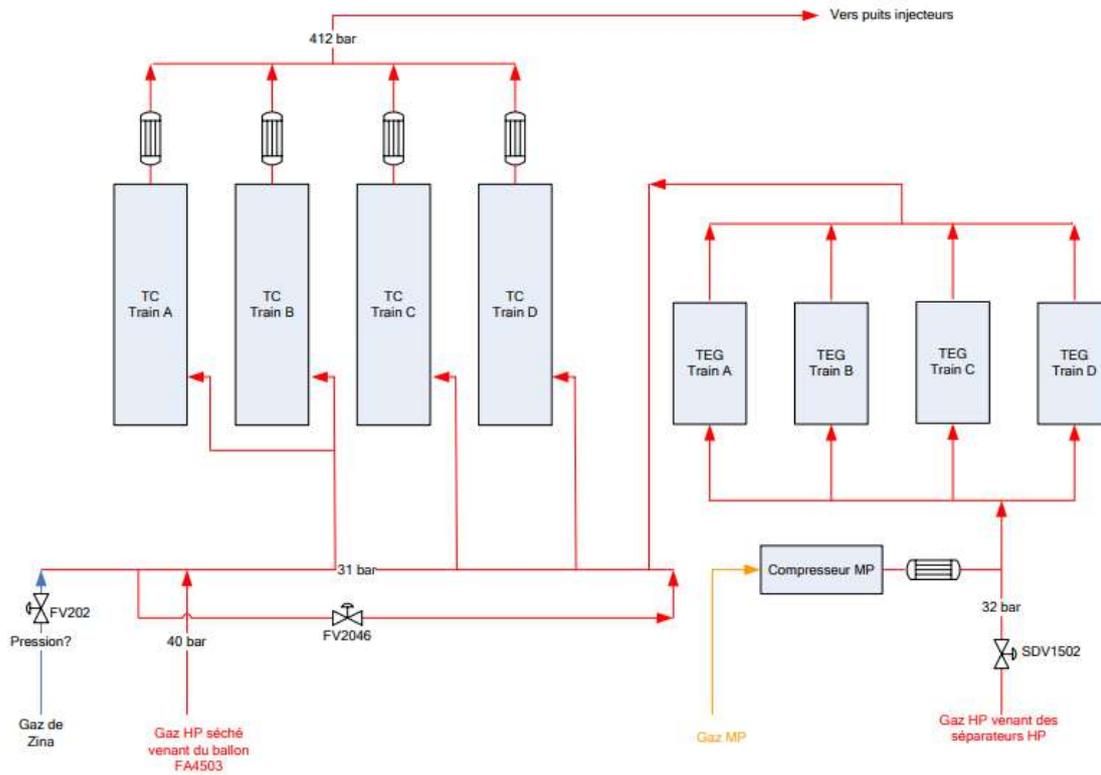


FIGURE 1.10 – Schéma simplifié de l'unité d'injection de gaz de TCF

1.4 Le champ Hassi Bir Rkaiz

Sonatrach, en association avec son partenaire PTTEP (Thaïlande), a annoncé la découverte de pétrole dans le périmètre de Hassi Bir Rkaiz, situé dans le bassin de Berkine. Le développement du champ HBR s'est accéléré et a enregistré des résultats encore plus positifs que ceux attendus lors de la mise en exploitation de ce projet. La première phase de développement de ce projet visait à exporter l'huile provenant de 17 puits de HBR vers Rhourd El Baguel (REB) via un pipeline, donc HBR a installé un séparateur V1901 (slug catcher) à REB. Le gaz extrait du séparateur V1901 a été dirigé vers le compresseur MP K2005. Ensuite, le brut extrait du séparateur V1901 a été dirigé vers le séparateur MP1 V1511.

HBR a également installé une unité de dessalement pour dessaler le brut final issu du séparateur LP V1532 des sels, qui pouvaient provoquer des problèmes au niveau de la production.

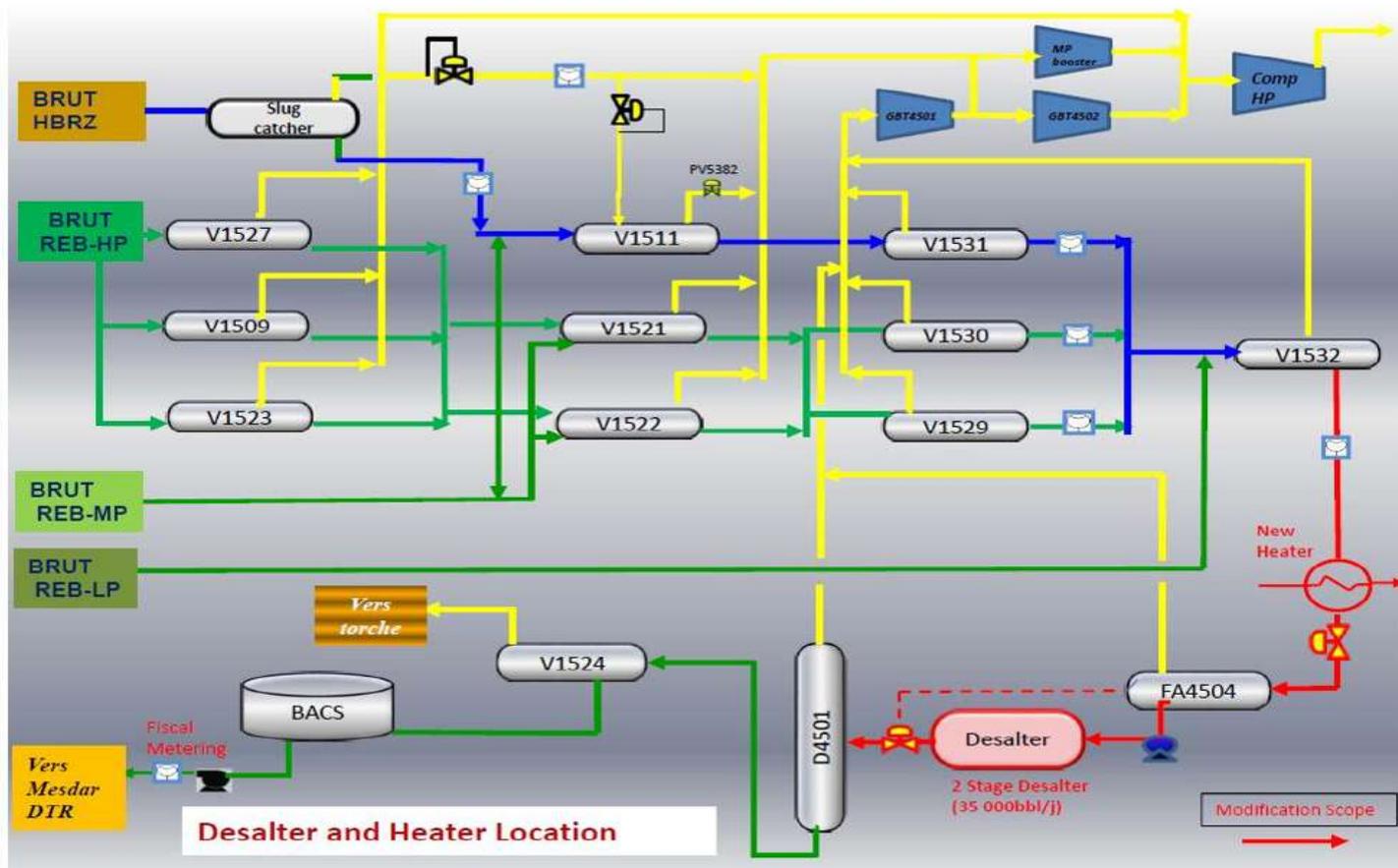


FIGURE 1.11 – L'installation du séparateur et de l'unité de dessalement

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni une présentation détaillée de REB, en débutant par son emplacement géographique et son historique. Ensuite, nous avons décrit le fonctionnement de ses deux unités (CPF et TCF). De plus, nous avons abordé le champ de Hassi Bir Rkaiz ainsi que son projet dans REB, incluant l'installation de son séparateur et de l'unité de dessalement. Dans le prochain chapitre, nous fournirons des détails sur l'unité de dessalement.

Chapitre 2

Description de l'unité de dessalement de pétrole brut

2.1 Introduction

Dans le processus de traitement du brut au niveau du CPF, la présence de sels minéraux constitue un défi majeur. Ces sels, présents dans le brut extrait, peuvent entraîner divers problèmes, notamment en provoquant des corrosions dans les équipements et les conduites.

Afin de pallier ce problème et d'assurer un processus de traitement optimal, une solution a été mise en oeuvre : l'installation d'une unité de dessalement sur le site de REB. Cette unité vise à éliminer les sels minéraux du brut traité, garantissant ainsi la qualité du produit final et la préservation des équipements de production.

Dans ce chapitre, nous explorerons en détail l'importance de cette unité de dessalement, son fonctionnement, ainsi que son impact sur le processus global de traitement du brut au CPF de REB.

2.2 Le rôle de l'unité de dessalement

L'unité de dessalement est essentielle dans le processus de traitement du pétrole brut. Son rôle principal est d'éliminer les sels minéraux présents dans le brut en les lavant à l'eau. Cette opération se déroule dans deux grands décanteurs appelés "Déshydrateur et Dessaleur". La présence de sels dans le brut peut entraîner la formation de dépôts qui ralentissent la production et favorisent les corrosions électriques et chimiques. De plus, il existe des obligations contractuelles pour livrer des bruts avec une faible salinité aux raffineurs. Ainsi, l'unité de dessalement contribue à garantir la qualité du produit final et à protéger les équipements contre les effets néfastes des sels minéraux.

Dans les bruts salés, on considère essentiellement les chlorures :

- MgCl_2 chlorure de magnésium = 20%
- CaCl_2 chlorure de calcium = 10%
- NaCl chlorure de sodium = 70%

2.3 Fonctionnement de l'unité de dessalement :

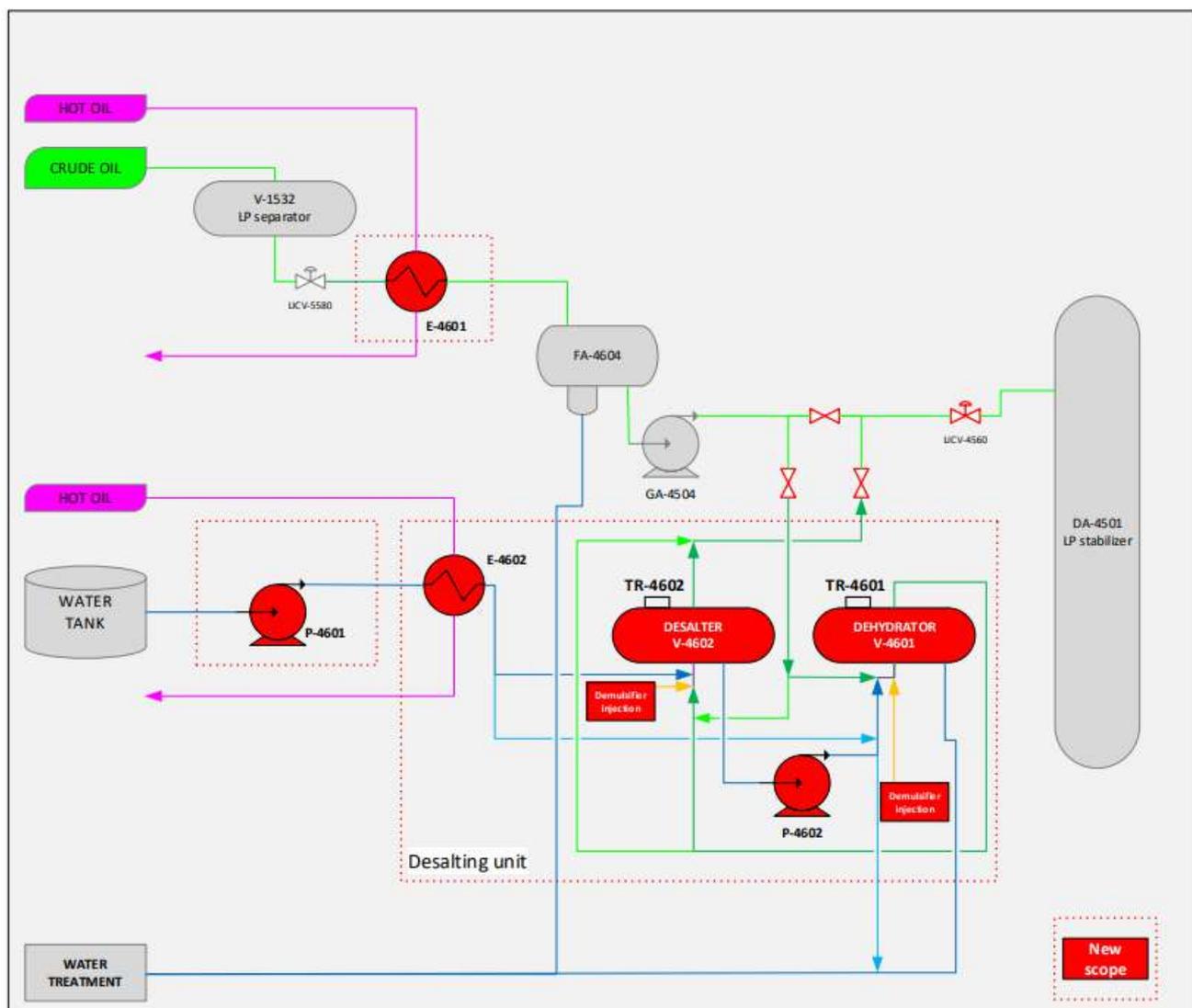


FIGURE 2.1 – L'unité de dessalement

À partir du schéma ci-dessus, la modification du système de traitement d'huile pour le système de dessalement dans REB commence en aval du séparateur LP V-1532.

En rouge sur la figure 2.1, on trouve les détails des principaux composants du nouveau système de dessalement, qui sont :

- Échangeur de chaleur de pétrole brut E-4601
- Système de dessalement (Déshydrateur V-4601 et Dessaleur V-4602)
- Pompes à eau de service P-4601A/B
- Échangeur de chaleur eau de lavage E-4602
- Pompes de recyclage d'eau de lavage P-4602A/B
- Deux ensembles d'injection de désémulsifiant
- Accessoires tels que l'instrumentation, les vannes de contrôle, les vannes manuelles et la tuyauterie.

Le pétrole brut provenant de V-1532 a une température d'environ 23 °C. En hiver, la température du pétrole brut peut être d'environ 10 à 15 °C. Afin de répondre aux exigences d'alimenta-

tion du système de dessalement, un nouveau échangeur de chaleur de pétrole brut E-4601 situé en amont de FA-4504 est nécessaire. Le fluide caloporteur du système d'huile chaude existant est connecté au E-4601 pour augmenter la température du pétrole brut à 50 °C. Le pétrole issu du E-4601 est dirigé vers le ballon tampon FA-4504 pour éliminer le gaz avant d'entrer dans le système de dessalement.

Le contrôle de la température est assuré par une vanne de régulation sur le circuit d'huile chaude du échangeur de chaleur de pétrole brut E-4601.

Le dessalement du pétrole brut se fait en deux étapes. La première se déroule au niveau du Déshydrateur V-4601, et la seconde au niveau du Dessaleur V-4602. Les pompes d'alimentation en stabilisateur GA-4504 fournissent du pétrole brut depuis le ballon tampon FA-4504 à l'unité de dessalement. L'eau de service provenant du réservoir existant FB-4501 est utilisée comme eau de lavage et est dirigée à travers les pompes à eau de service P-4601 A/B vers l'échangeur de chaleur E-4602 afin d'être préchauffée à 50 °C avant d'être mélangée avec le pétrole à l'entrée du Dessaleur. Pour que l'eau de lavage puisse absorber le sel présent dans le brut et former l'émulsion, il est essentiel de mélanger le brut avec l'eau de lavage. C'est pourquoi une vanne d'émulsification est placée à l'entrée à la fois du Déshydrateur V-4601 et du Dessaleur V-4602. L'eau de lavage provenant du Dessaleur est recyclée vers l'entrée du Déshydrateur V-4601 au moyen des pompes de recyclage d'eau de lavage P-4602 A/B. Le pétrole provenant de l'unité de dessalement passe par la vanne de contrôle de niveau LICV-4560 jusqu'au LP DA-4501 (colonne de stabilisation). Un système d'injection chimique est prévu pour injecter un désémulsifiant dans l'unité de dessalement afin d'aider à la séparation de l'huile et de l'eau.



FIGURE 2.2 – Unité de dessalement

2.3.1 Service d'eau (P-4601A/B)

Les pompes P-4601A/B sont utilisées pour faire circuler l'eau de service du réservoir d'eau de service vers l'unité de dessalement. Deux pompes sont en parallèle et sont utilisées à 2x100%. Si l'une des pompes s'arrête, l'autre peut prendre sa rôle [6].



FIGURE 2.3 – Pompes eau de service (P-4601A/B)

2.3.1.1 ENTRÉES / SORTIES

Systemes UCP :

- PCS (process control system) : programme sur PLC gère le process du dessalement.
- PSS (process safety system) : programme sur PLC gère la sécurité du dessalement.

TAG	Description	I/O				Systemes UCP	
		Type	Signal	Range	Unité	PCS	PSS
FIT-4601	Transmetteur de Débit de brut entre V-4601 et V-4602	AI	4-20 mA	0-334	m ³ /h	x	-
FIT-4621A	Transmetteur de Débit sortie P-4601	AI	4-20 mA	0-32	m ³ /h	x	-
FIT-4621B	Transmetteur de débit sortie P-4601 (sécurité)	AIs	4-20 mA	0-32	m ³ /h	-	x
FV-4621	Positionneur de vanne de régulation de débit Bypass de P-4601	AO	4-20 mA	0-100	%	x	-
HZSC-4634	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4634	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4634	Switch de Position ouverture de la vanne ESDV-4634	DI	24 Vdc	-	-	x	-

XSOV-4634	Electro-vanne de l'ESDV-4634	DOs	24 Vdc	-	-	x	x
FIT-4631	Transmetteur de Débit en aval de P-4601A/B sur la ligne d'eau	AI	4-20 mA	0-33	m ³ /h	x	-
HZSC-4633	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4633	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4633	Switch de Position ouverture de la vanne ESDV-4633	DI	24 Vdc	-	-	x	-
XSOV-4633	Electro-vanne de l'ESDV-4633	DOs	24 Vdc	-	-	-	x
TV-4632	Vanne de régulation de température pour le débit d'huile chaude dans le E-4602	AO	4-20 mA	0-100	%	x	-

TABLE 2.1 – Entrées/Sorties du l'eau de service

2.3.1.2 Description des boucles de contrôle

- **TIC-4632 : Contrôle de la température de l'échangeur E-4602** : L'objectif de cette boucle de contrôle est de maintenir l'eau de lavage à la température correcte à la sortie de l'échangeur de chaleur E-4602.

Si la température TIT-4632 à la sortie du E-4602 a tendance à augmenter, le débit d'huile chaude doit diminuer, donc la vanne de régulation se ferme. Si la température TIT-4632 diminue, le débit d'huile chaude doit augmenter pour réchauffer le chauffe-eau, donc la vanne de régulation TV-4632 s'ouvre [6].

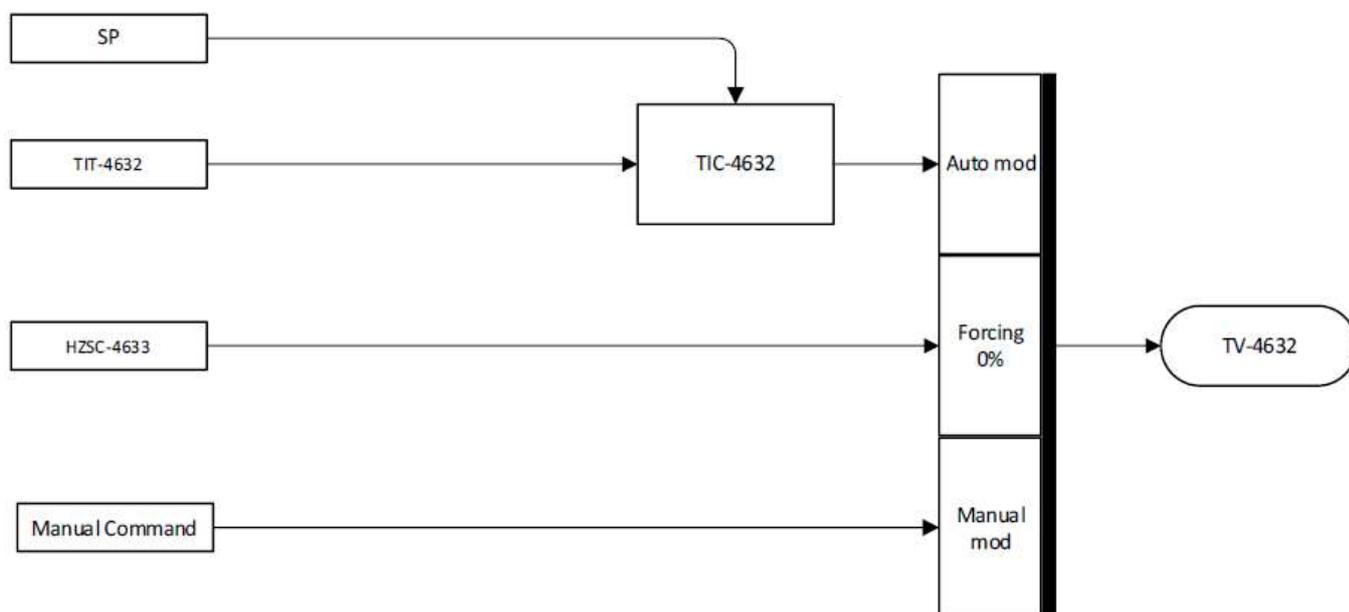


FIGURE 2.4 – Diagramme de Contrôle pour TV-4632

2.3.2 Déshydrateur V-4601

Le déshydrateur constitue la première étape de l'unité de dessalement. Avant d'entrer dans le déshydrateur, le pétrole brut est mélangé avec de l'eau recyclée provenant des pompes de lavage en utilisant la vanne de mélange PV-4601, formant ainsi une émulsion.

L'ajout de désémulsifiant et l'utilisation d'un champ électrostatique avec des grilles d'électrodes installées à l'intérieur de déshydrateur entraînent la polarisation et la coalescence des gouttelettes d'eau, ce qui résulte en la séparation de l'eau et du brut par décantation gravitationnelle, éliminant ainsi les sels solubles dans l'eau (les sels sont dégagés avec celle-ci).

Le pétrole brut dessalé est récupéré au sommet du récipient dans un collecteur de sortie, tandis que l'eau salée se dépose au fond par gravité.

L'eau salée sort du déshydrateur à travers un collecteur, puis elle est dirigée vers l'unité de traitement d'eau. Le pétrole brut dessalé quitte le déshydrateur V-4601 vers le dessaleur V-4602 [6].

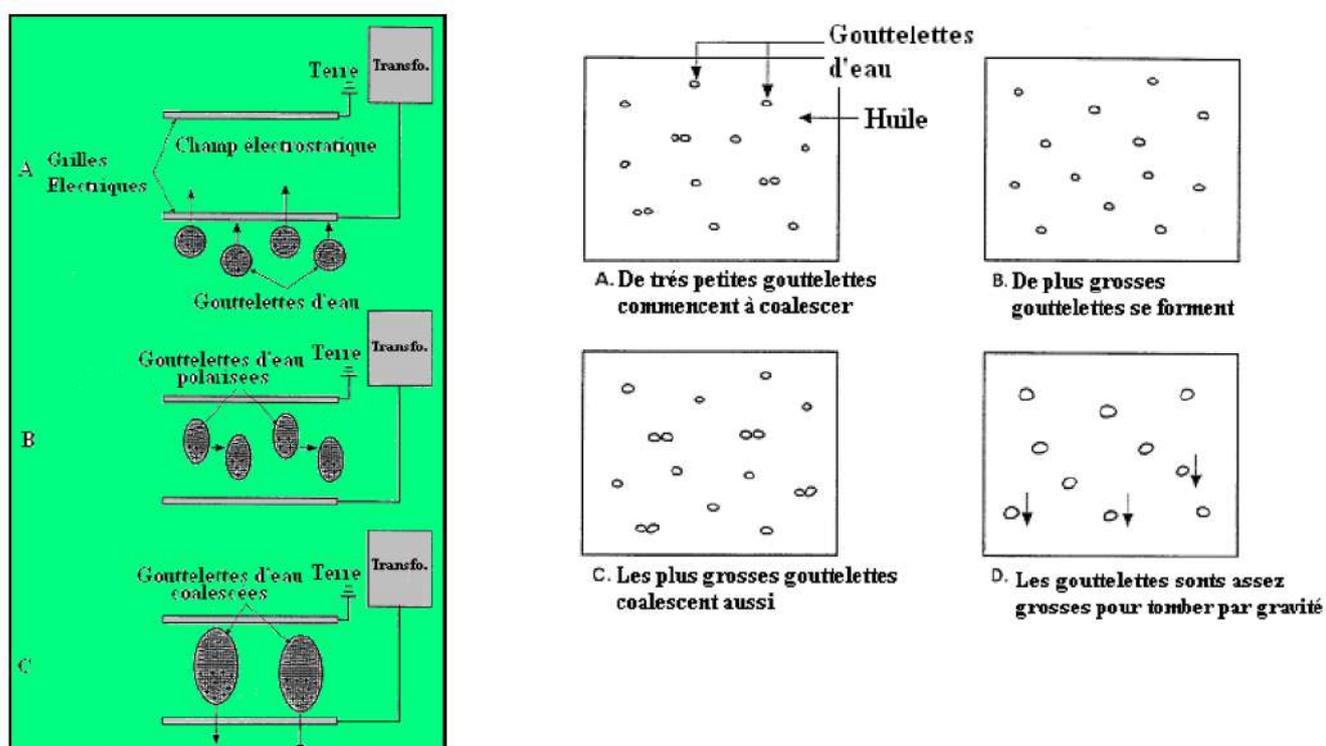


FIGURE 2.5 – Phénomène de polarisation des gouttelettes d'eau

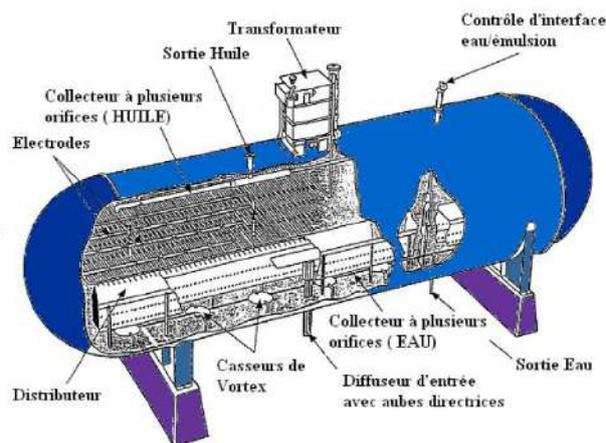


FIGURE 2.6 – Le déshydrateur

2.3.2.1 ENTRÉES / SORTIES

TAG	Description	I/O				Systèmes UCP	
		Type	Signal	Range	Unité	PCS	PSS
PV-4601	Vanne de mélange en amont de V-4601.	AO	4-20 mA	0-100	%	x	-
HZSC-4604	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4604	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4604	Switch de Position d'ouverture de la vanne ESDV-4604	DI	24 Vdc	-	-	x	-
XSOV-4604	Electro-vanne de l'ESDV-4604	DOs	24 Vdc	-	-	-	x
LIT-4603	Transmetteur de niveau à flottant pour la détection de gaz en haut de V-4601	AI	4-20 mA	0-100 (2800-3150)	% (mm)	x	-
LIT-4604	Transmetteur de niveau à flottant pour la détection de gaz en haut de V-4601 (sécurité)	AI	4-20 mA	0-100 (2800 - 3150)	% (mm)	-	x
PIT-4601	Transmetteur de pression à l'intérieur du V-4601 (sécurité)	AI	4-20 mA	0-20	barg	-	x
PIT-4602	Transmetteur de pression à l'intérieur du V-4601	AI	4-20 mA	0-20	barg	x	-
LS-4605	Switch de niveau sur TR-4601	DI	24 Vdc	0-100	%	-	x
TIT-4602	Transmetteur de température sur TR-4601	AI	4-20 mA	0-110	°C	-	x
AT-4601	Transducteur de courant pour le TR-4601	AI	4-20 mA	0-300	A	x	-
VT-4601	Transducteur de tension pour le TR-4601	AI	4-20 mA	0-500	V	x	-

HS-4601	Bouton d'arrêt d'urgence sur le panneau local FCP-4601	DIs	24 Vdc	-	-	-	x
FIT-4601	Transmetteur de débit de brut entre V-4601 et V-4602	AI	4-20 mA	0-332	m ³ /h	x	-
FIT-4602	Transmetteur de débit	AI	4-20 mA	0-100	m ³ /h	x	-
HZSC-4605	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4605	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4605	Switch de Position d'ouverture de la vanne ESDV-4605	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSC-4633	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4633	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4633	Switch de Position d'ouverture de la vanne ESDV-4633	DI	24 Vdc	-	-	x	-
XSOV-4605	Electro-vanne de l'ESDV-4605	DOs	24 Vdc	-	-	-	x

TABLE 2.2 – Entrées/Sorties de déshydrateur V-4601

2.3.2.2 Description des boucles de contrôle

- **PDIC-4601 : Contrôle du mélange de pétrole brut dans le déshydrateur :** Cette boucle de contrôle vise à réguler la chute de pression après la vanne de mélange PV-4601. La variation de pression à travers la vanne est proportionnelle à son ouverture. Si la pression diminue, le régulateur ferme la vanne de mélange. À l'inverse, si la pression augmente, la vanne s'ouvre. La vanne de mélange est limitée mécaniquement à une ouverture maximale de 5 % [6].

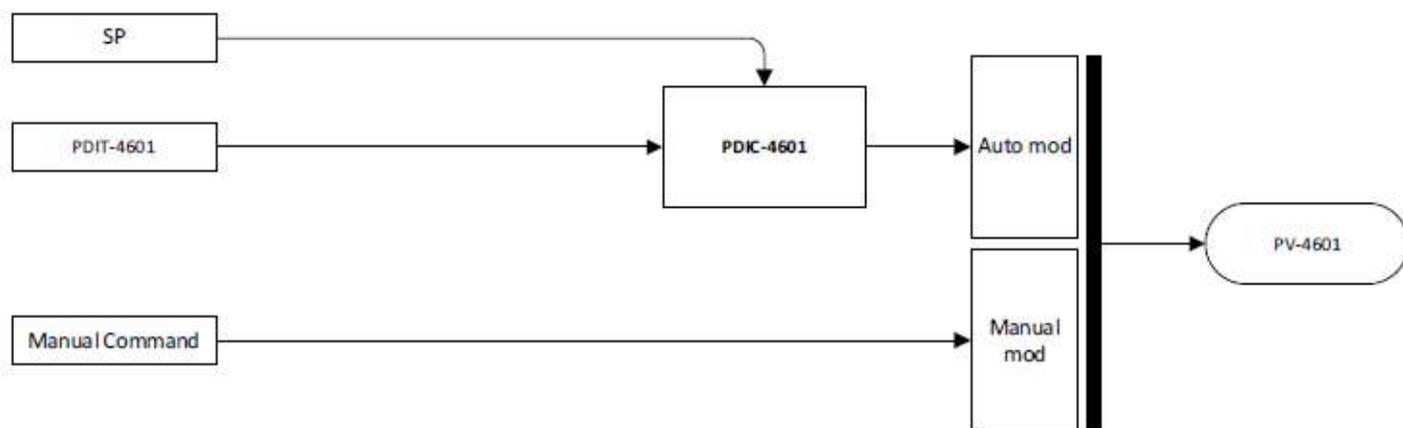


FIGURE 2.7 – Diagramme de Contrôle pour PV-4601

2.3.3 Dessaleur V-4602

Le dessaleur est la deuxième étape de l'unité de dessalement. Il est identique au déshydrateur V-4601. Avant d'entrer dans le dessaleur V-4602, le pétrole brut provenant du déshydrateur

V-4601 est mélangé avec du désémulsifiant et de l'eau de lavage provenant de l'échangeur de chaleur de l'eau E-4602 en utilisant la vanne de mélange PV-4611.

Le pétrole brut dessalé est récupéré au sommet du ballon dans un collecteur de sortie et est dirigé vers la colonne de stabilisation DA4501, tandis que l'eau salée se dépose au fond par gravité. L'eau salée sort du dessaleur à travers le collecteur, puis il est dirigé vers les pompes de recyclage d'eau de lavage P-4602A/B [6].

2.3.3.1 ENTRÉES / SORTIES

TAG	Description	I/O				Systèmes UCP	
		Type	Signal	Range	Unité	PCS	PSS
HZSC-4614	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4614	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4614	Switch de Position ouverture de la vanne ESDV-4614	DI	24 Vdc	-	-	x	-
XSOV-4614	électrovanne sur l'ESDV-4614	DOs	24 Vdc	-	-	-	x
LIT-4612	Transmetteur de niveau d'interface dans V-4602	AI	4-20 mA	0-100 (300-1700)	% (mm)	x	-
PIT-4611	Transmetteur de pression dans V-4602 (sécurité)	AIs	4-20 mA	0-20	barg	-	x
PIT-4612	Transmetteur de pression dans V-4602	AI	4-20 mA	0-20	barg	x	-
PIT-4614	Transmetteur de pression dans TR-4602	AIs	4-20 mA	0-20	barg	-	x
LS-4615	Switch de niveau du TR-4602	DIs	24 Vdc	0-100	%	-	x
TIT-4612	Transmetteur de température du TR-4602	AIs	4-20 mA	0-110	°C	-	x
HS-4601	Bouton d'arrêt d'urgence sur le panneau local FCP-4601	DIs	24 Vdc	-	-	-	x
HZSC-4615	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4615	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4615	Switch de Position ouverture de la vanne ESDV-4615	DI	24 Vdc	-	-	x	-
FIT-4632A	Transmetteur de débit à la sortie de P-4602A/B (sécurité)	AIs	4-20 mA	0-50	m ³ /h	-	x
FIT-4632B	Transmetteur de débit à la sortie de P-4602A/B	AI	4-20 mA	0-50	m ³ /h	x	-

TABLE 2.3 – Entrées/Sorties de dessaleur V-4602

2.3.3.2 Description des boucles de contrôle

- **PDIC-4611 : Contrôle du mélange de pétrole brut dans le dessaleur :** Cette boucle de contrôle vise à réguler la chute de pression après la vanne de mélange PV-4611. La variation de pression à travers la vanne est proportionnelle à son ouverture. Si la pression diminue, le régulateur ferme la vanne de mélange. À l'inverse, si la pression augmente, la vanne s'ouvre. La vanne de mélange est limitée mécaniquement à une ouverture maximale de 5 % [6].

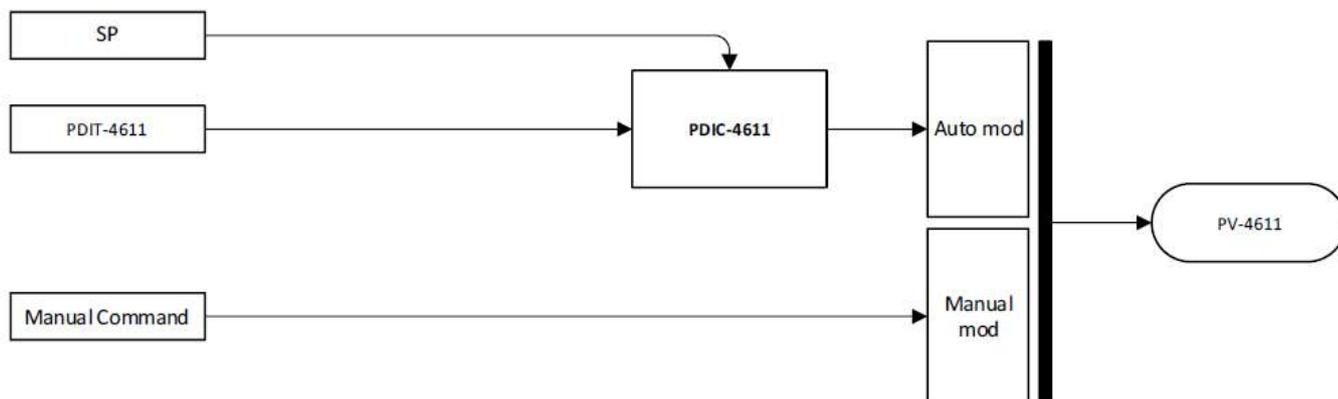


FIGURE 2.8 – Diagramme de Contrôle pour PV-4611

2.3.4 Échangeur de chaleur de pétrole brut E-4601

Le pétrole brut est dirigé vers l'échangeur de chaleur E-4601 pour être chauffé par l'huile chaude, facilitant ainsi le processus de dessalement [6].



FIGURE 2.9 – Échangeur de chaleur E-4601

2.3.4.1 ENTRÉES / SORTIES

TAG	Description	I/O				Systèmes UCP	
		Type	Signal	Range	Unité	PCS	PSS
TIT-4642	Transmetteur de température pour le contrôle de sortie de E-4601	AI	4-20 mA	0-110	°C	x	-
TIT-4643	Transmetteur de température pour le contrôle de sortie de E-4601	AI	4-20 mA	0-110	°C	x	-
HZSC-4643	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4643	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4643	Switch de Position ouverture de la vanne ESDV-4643	DI	24 Vdc	-	-	x	-
XSOV-4643	électrovanne sur l'ESDV-4643	DOs	24 Vdc	-	-	-	x
TV-4642	Vanne de régulation de température pour le débit d'huile chaude dans le E-4601	AO	4-20 mA	0-100	%	x	-

TABLE 2.4 – Entrées/Sorties de l'échangeur de chaleur E-4601

2.3.4.2 Description des boucles de contrôle

- **TIC-4642 : Contrôle de la température du pétrole brut sur l'échangeur de chaleur E-4601** : L'objectif de cette boucle de contrôle est de maintenir le pétrole brut à la température correcte à la sortie de l'échangeur de chaleur E-4601.

Si la température mesurée par TIT-4642 à la sortie du pétrole brut de l'échangeur de chaleur E-4601 tend à augmenter, le débit d'huile chaude doit diminuer, donc la vanne de régulation se ferme. Si la température mesurée par TIT-4642 tend à diminuer, le débit d'huile chaude doit augmenter pour réchauffer l'échangeur de chaleur, donc la vanne de régulation TV-4642 s'ouvre [6].

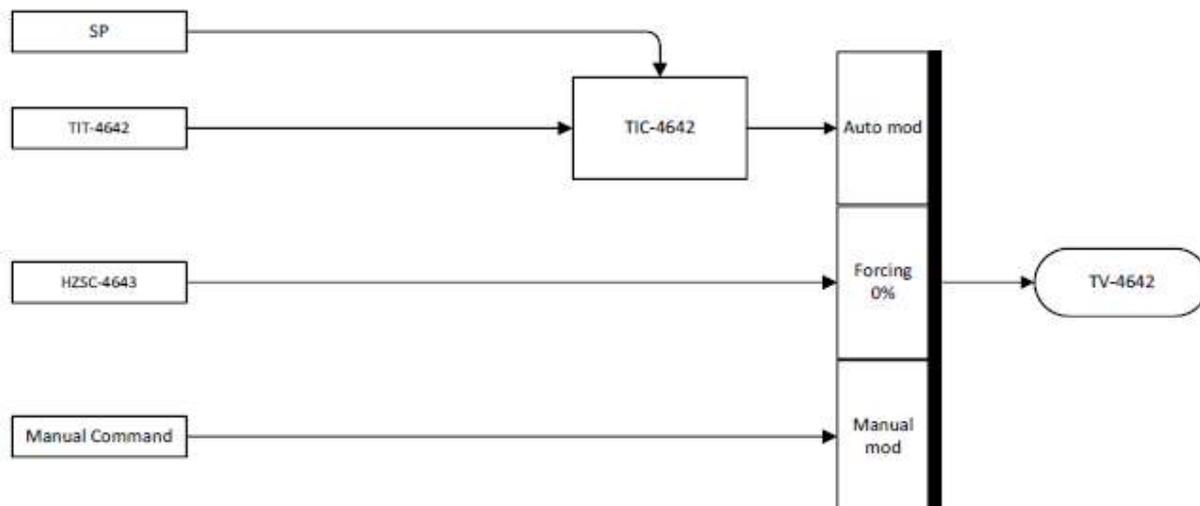


FIGURE 2.10 – Diagramme de Contrôle pour TV-4642

2.3.5 Injection chimique : désémulsifiant V-4611/ V-4612

Le système d'injection de produits chimiques est fourni pour injecter un désémulsifiant dans l'unité de dessalement afin d'aider à la séparation de l'huile et de l'eau. Il existe deux SKIDs d'injection chimique, un pour le déshydrateur et l'autre pour le dessaleur [6].



FIGURE 2.11 – désémulsifiant V-4611/ V-4612

2.3.5.1 ENTRÉES / SORTIES

TAG	Description	I/O				Systèmes UCP	
		Type	Signal	Range	Unité	PCS	PSS
HZSC-4603	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4603	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4603	Switch de Position ouverture de la vanne ESDV-4603	DI	24 Vdc	-	-	x	-
XSOV-4603	Electrovanne de IESDV-4603	DOs	24 Vdc	-	-	-	x
LIT-4651	Transmetteur de niveau du réservoir V-4611 (sécurité)	AIs	4-20 mA	0-100	%	-	x
LIT-4652	Transmetteur de niveau du réservoir V-4611	AI	4-20 mA	0-100	%	x	-
HZSC-4613	Switch de Position de fermeture de la vanne ESDV-4613	DI	24 Vdc	-	-	x	-
HZSO-4613	Switch de Position ouverture de la vanne ESDV-4613	DI	24 Vdc	-	-	x	-
XSOV-4613	Electrovanne de IESDV-4613	DOs	24 Vdc	-	-	-	x
LIT-4661	Transmetteur de niveau du réservoir V-4612 (sécurité)	AIs	4-20 mA	0-100	%	-	x

LIT-4662	Transmetteur de niveau du réservoir V-4612	AI	4-20 mA	0-100	%	x	-
----------	--	----	---------	-------	---	---	---

TABLE 2.5 – Entrées/Sorties de désémulsifiant V-4611/ V-4612

2.4 Spécification de Conception Matérielle

2.4.1 Architecture du système de contrôle

Au sein de la salle de contrôle de CPF REB, se trouve le système dédiée au contrôle et à la supervision de l'unité de dessalement de pétrole brut.

Le système de contrôle de l'unité de dessalement est composé des éléments suivants :

- Switch Ethernet U46-SW001.
- Contrôleur U46-UCP.
- Châssis des cartes des signaux d'entrées/ sorties (E/S).
- Passerelle Ethernet/IP - Modbus U46-GW001.
- Ordinateur de bureau HMI U46-HMI001.
- Laptop de maintenance U46-LAP001.
- Imprimante U46-PRT001.

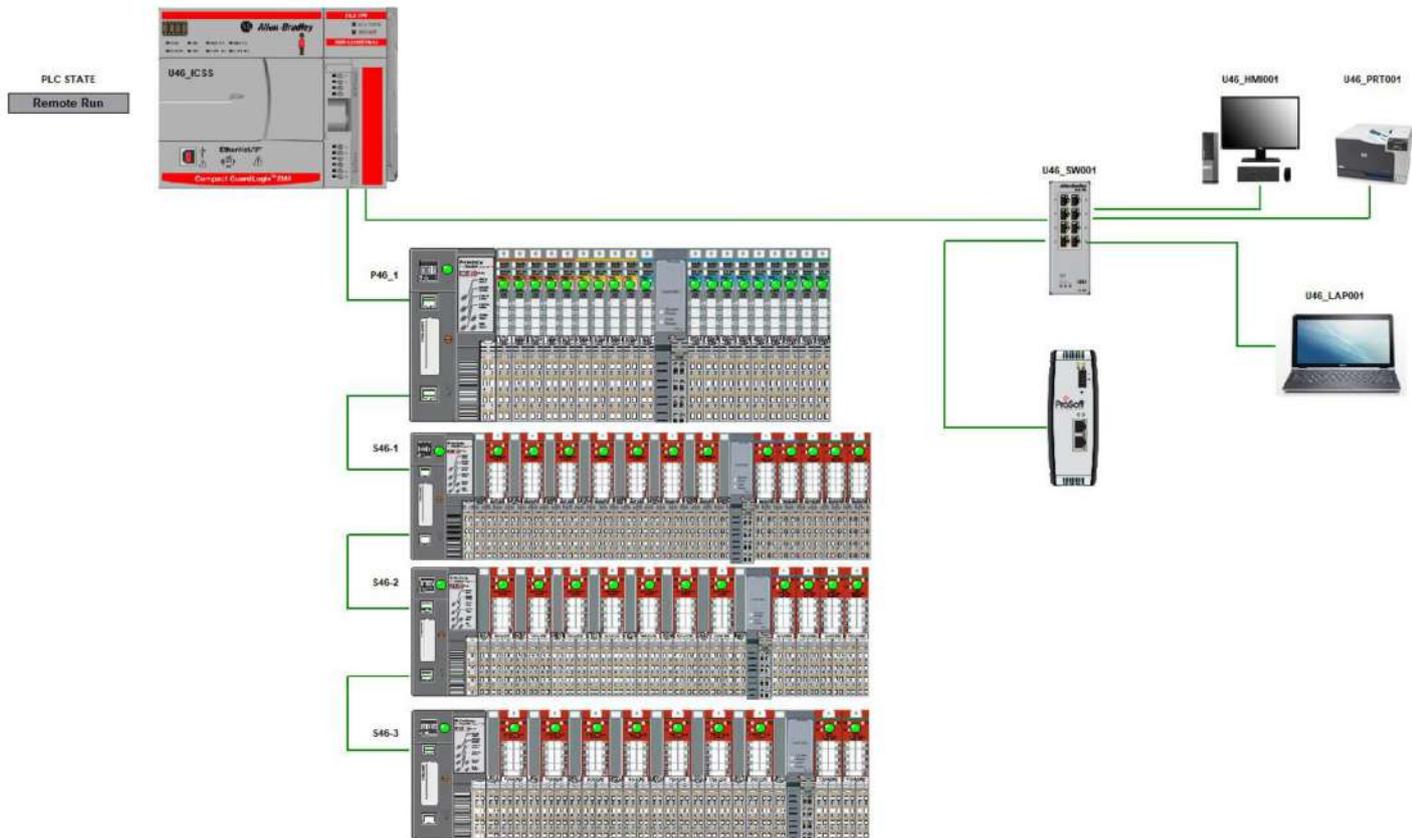


FIGURE 2.12 – Architecture du système de contrôle

L'armoire du système de contrôle (UCP) possède une façade avant et une façade arrière. À la face avant se trouve : Switch Ethernet U46-SW001, Contrôleur U46-UCP, Châssis des cartes des signaux d'entrées/ sorties (E/S) et Passerelle Ethernet/IP - Modbus U46-GW001.

À l'arrière de l'armoire UCP se trouve un marshaling, assurant le câblage ordonné et la connexion sécurisée des différents capteurs, actionneurs et autres dispositifs situés sur le terrain avec les modules d'entrées/sorties du PLC.

Ce marshaling facilite l'installation, la maintenance, l'isolation des signaux et le dépannage en regroupant tous les câbles de manière organisée et en assurant une connectivité efficace entre les équipements de terrain et le système de contrôle.



FIGURE 2.13 – Face avant de l'armoire



FIGURE 2.14 – Face arrière de l'armoire (marshaling)

2.4.2 Switch Ethernet U46-SW001

Le Switch Ethernet U46-SW001 est de modèle Stratix 2500 (Allen Bradley), facilitant la communication et l'échange de données entre les différents équipements de l'unité de dessalement. Switch Ethernet assure une connectivité rapide et fiable, essentielle pour la transmission des données critiques en temps réel.

Le Switch a une adresse IP 192.168.1.100 et possède 8 Ports Ethernet/IP RJ45 :[6]

- Port 1 connecté au U46-UCP.
- Port 2 connecté au U46-GW001.
- Port 3 connecté au U46-LAP001.
- Port 4 Réserve.
- Port 5 connecté au U46-HMI001.
- Port 6 connecté au U46-PRT001.
- Port 7 Réserve.
- Port 8 Réserve.



FIGURE 2.15 – SWITCH Ethernet/IP

2.4.3 Contrôleur U46-UCP

Le contrôleur U46-UCP est un PLC Compact GuardLogix 5380 d'Allen Bradley, véritable cerveau de l'ensemble, offre des capacités mémoire variant de 0,6 à 10 Mo, accompagnées de mémoires de sécurité supplémentaires de 0,3 à 5 Mo, permettant une gestion efficace des données et des fonctions de sécurité.

Ce PLC garantit des performances élevées et une sécurité intégrée, assurant un contrôle précis et fiable des processus de dessalement. L'UCP possède l'adresse IP 192.168.1.10 et doté de deux ports Ethernet RJ45 intégré de 1 gigabit, le Port 0 est connecté au Port 1 du Switch U46-SW001 et le Port 1 est connecté au Port 0 du châssis P46-1 [6].



FIGURE 2.16 – PLC Compact GuardLogix 5380

2.4.4 Châssis des cartes des signaux d'entrées/ sorties (E/S)

Le PLC est connecté aux quatre châssis dans lesquelles sont montées les cartes ou les modules des signaux d'entrées /sorties analogique ou logiques venant de l'unité de dessalement.

Les châssis sont connectés en série entre eux, permettant une extension modulaire du système.

- Châssis P46-1 : possède l'adresse IP 192.168.1.11, le Port 0 est connecté au Port 0 du contrôleur U46-UCP et le Port 1 est connecté au Port 0 du châssis S46-1.
- Châssis S46-1 : possède l'adresse IP 192.168.1.12, le Port 0 est connecté au Port 1 du châssis P46-1 et le Port 1 est connecté au Port 0 du châssis S46-2.
- Châssis S46-2 : possède l'adresse IP 192.168.1.13, le Port 0 est connecté au Port 1 du châssis S46-1 et le Port 1 est connecté au Port 0 du châssis S46-3.
- Châssis S46-3 : possède l'adresse IP 192.168.1.14, le Port 0 est connecté au Port 1 du châssis S46-2 [6].



FIGURE 2.17 – Les quatre châssis connectés en série

2.4.5 Passerelle Ethernet/IP - Modbus U46-GW001

La passerelle U46-GW001 présente dans l'armoire UCP est de marque Prosoft PLX31-EIP-MBS4 qui est une Passerelle Ethernet/IP vers Modbus série offre des transferts de données bidirectionnels entre Modbus série et le réseau Ethernet/IP.

U46-GW001 possède l'adresse IP 192.168.1.12 et ses ports sont connectés comme suit :

- Le Port 0 Ethernet RJ45 est connecté au switch U46-SW001.
- Le Port 1 Série RJ45 est connecté au DCS Foxboro I/A Series à travers le Protocol Modbus RTU.
- Le Port 2 Série RJ45 est connecté au VSD (Variateur de vitesse) des pompes GA-4504 et GA-4504S à travers le Protocol Modbus RTU [6].



FIGURE 2.18 – Passerelle Ethernet/IP - Modbus

Switch Ethernet U46-SW001 est également connecté au Desktop computer U46-HMI001, au Printer U46-PRT001 et à l'Engineers computer U46-LAP001, qui contient le logiciel Studio 5000 permettant à l'ingénieur de modifier et de mettre à jour les programmes du PLC.

2.4.6 Ordinateur de bureau HMI U46-HMI001

U46-HMI001 est un HMI (Human-Machine Interface), qui joue un rôle crucial dans la surveillance, le contrôle et l'interaction avec le processus de dessalement à l'aide du logiciel FactoryTalk View. Ses principales fonctions sont :

- **Surveillance de Process** : il permet aux opérateurs de surveiller les conditions de process de dessalement en temps réel. Cela inclut des visualisations graphiques des équipements, des paramètres de process (tels que les températures, pressions, débits, etc.), et des états des instruments (tels que les pompes, les vannes, etc.).
- **Contrôle de Process** : Les opérateurs utilisent l'HMI pour effectuer des commandes manuelles sur le process. Cela peut inclure le démarrage ou l'arrêt des pompes, l'ajustement des consignes (set points) des vannes, et la modification des paramètres opérationnels.
- **Alarmes et Notifications** : L'HMI affiche les alarmes et les notifications lorsque des conditions anormales ou des dysfonctionnements sont détectés. Cela permet aux opérateurs de réagir rapidement pour corriger les problèmes et éviter des situations dangereuses ou des arrêts de process.

HMI de l'unité de dessalement est un Dell OptiPlex 7070 SFF avec Windows 10 Pro 64 bits, un processeur Intel Core i9 de 9ème génération, 32 Go de mémoire DDR4 et un SSD M.2 PCIe NVMe de 512 Go. Il est équipé de deux cartes réseau Intel I219-LM ce qui permet une communication au switch U46-SW001 à travers le Port 0 (Adresse IP 192.168.1.1). L'affichage est pris en charge par une carte graphique Intel UHD Graphics 630 connectée à un écran Dell P2419H de 24 pouces [6].

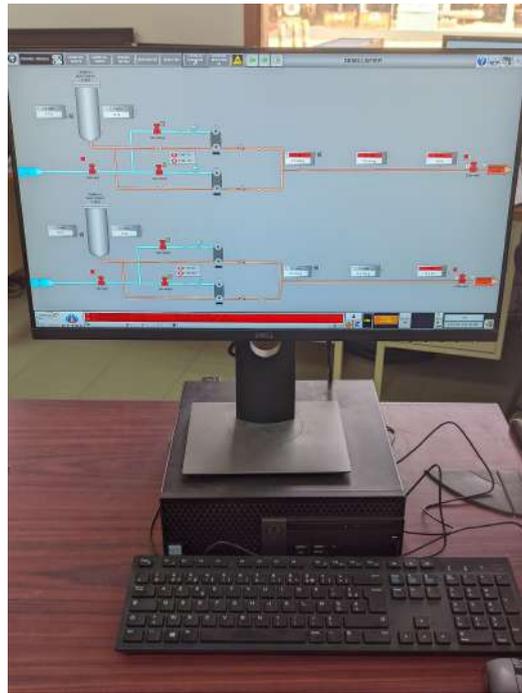


FIGURE 2.19 – HMI U46-HMI001

2.4.7 Laptop de maintenance U46-LAP001

Le Laptop de maintenance est équipé du logiciel Studio 5000 et permet la gestion et le dépannage de PLC Compact GuardLogix 5380 .

Il sert de poste de travail portable aux ingénieurs pour interagir avec le PLC, leur permettant d'effectuer diverses tâches essentielles à la maintenance :[6]

- **Programmation et Configuration** : Le laptop est utilisé pour développer, programmer et configurer le PLC à l'aide de logiciel Studio 5000, qui un environnement de développement intégré (IDE) de Rockwell Automation, permet aux ingénieurs de créer des programmes logiques complexes, de configurer les modules E/S et de paramétrer les périphériques connectés.
- **Téléchargement et Mise à Jour des Programmes** : Les spécialistes utilisent le laptop pour télécharger les programmes sur le PLC et mettre à jour les configurations existantes. Cela inclut la modification des séquences de contrôle et l'ajustement des paramètres opérationnels pour répondre aux besoins changeants de process.
- **Diagnostic et Dépannage** : En cas de dysfonctionnement ou d'arrêt de process, les techniciens peuvent se connecter au PLC pour analyser les erreurs, vérifier les états des entrées et sorties, et identifier les causes des problèmes. Studio 5000 offre des outils de diagnostic intégrés qui facilitent cette tâche.
- **Documentation et Sauvegarde** : Le laptop permet également de documenter les programmes et configurations de PLC. Les techniciens peuvent sauvegarder les programmes, configurations, et journaux de diagnostic, ce qui est essentiel pour la maintenance préventive, les audits et les analyses post-incidents.
- **Sécurité et Gestion des Accès** : on peut gérer les accès et les permissions des différents utilisateurs via le laptop. Studio 5000 permet de définir des niveaux de sécurité, d'authentifier les utilisateurs, et de tracer les modifications apportées aux programmes et configurations, assurant ainsi l'intégrité et la sécurité de système de contrôle.

Le Laptop est un Dell Latitude 5510 équipé du système d'exploitation Windows 10 Pro.

Le laptop est doté aussi d'un port RJ-45 pour connexion au PLC à travers le Switch U46-SW001.



FIGURE 2.20 – Laptop de Maintenance U46-LAP001

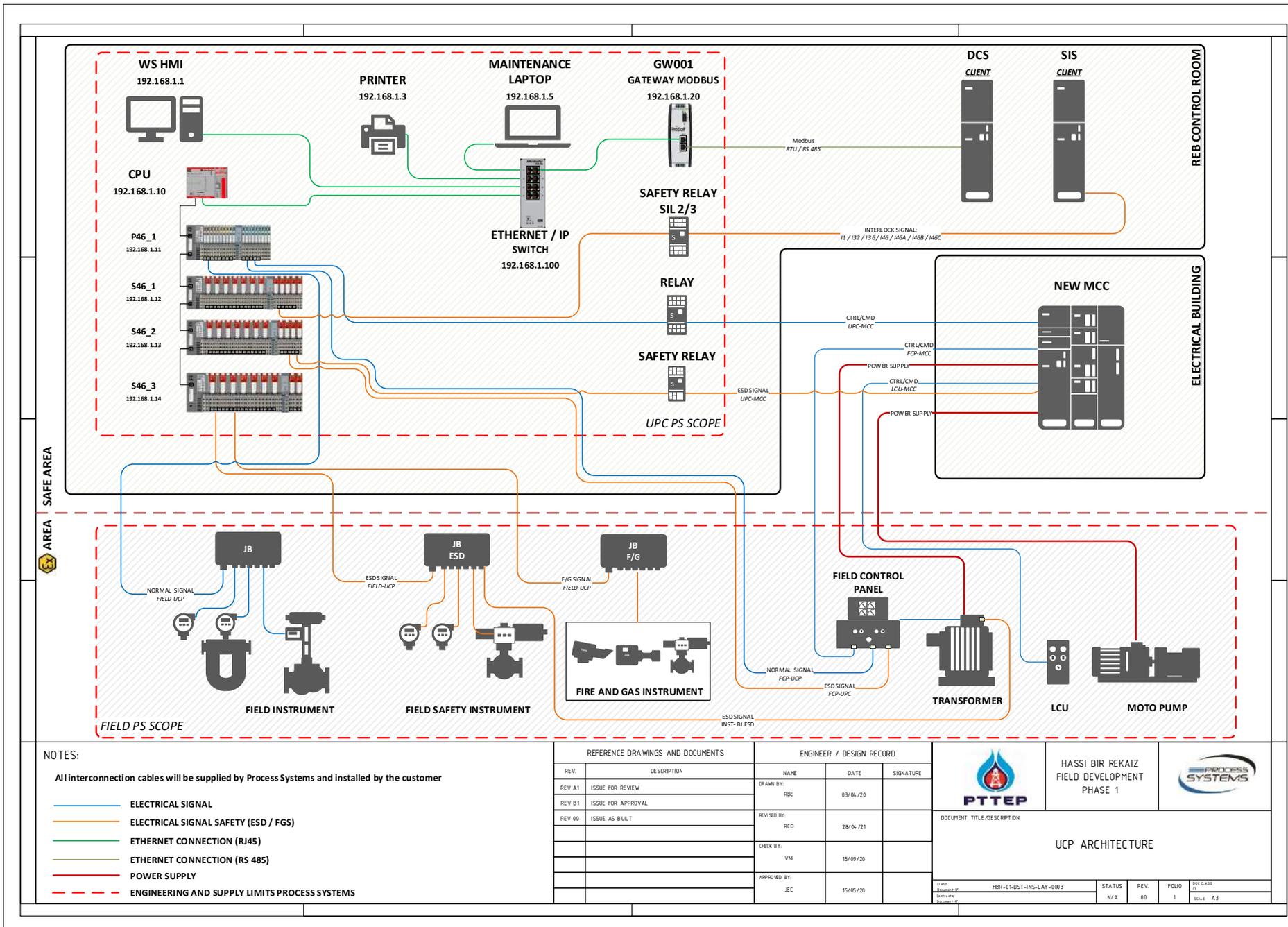
2.4.8 Imprimante U46-PRT001

L'imprimante U46-PRT001 (HP Colour LaserJet Pro M454dn) est connecté au switch U46-SW001 et portant l'adresse IP 192.168.1.3. L'imprimante est utilisée pour générer des rapports de production et de maintenance, elle peut être configurées pour imprimer automatiquement les journaux d'alarmes et les événements critiques. Cela assure une traçabilité et une documentation immédiate des incidents, facilitant ainsi l'analyse des causes et la mise en œuvre de mesures correctives.

2.5 Philosophie d'architecture matérielle

La philosophie d'architecture matérielle est décrit dans la figure 2.21 .
Cette philosophie illustre :

- Le type des câbles utilisés pour l'interconnexion entre les différents systèmes.
- L'utilisation de signaux électriques de sécurité (ESD/FGS) et de relais de sécurité certifiés SIL 2/3.
- Des adresses IP spécifiques sont attribuées aux différents composants du système, facilitant la gestion et la maintenance du réseau.



NOTES:

- All interconnection cables will be supplied by Process Systems and installed by the customer
- ELECTRICAL SIGNAL
- ELECTRICAL SIGNAL SAFETY (ESD / FGS)
- ETHERNET CONNECTION (RJ45)
- ETHERNET CONNECTION (RS 485)
- POWER SUPPLY
- ENGINEERING AND SUPPLY LIMITS PROCESS SYSTEMS

REFERENCE DRAWINGS AND DOCUMENTS		ENGINEER / DESIGN RECORD		
REV.	DESCRIPTION	NAME	DATE	SIGNATURE
REV A1	ISSUE FOR REVIEW	DRAWN BY: RBE	03/06/20	
REV B1	ISSUE FOR APPROVAL	REVISÉ BY: RCO	28/06/21	
REV 00	ISSUE AS BUILT	CHECK BY: VNE	15/09/20	
		APPROVED BY: JEC	15/05/20	

PTTEP

HASSI BIR REKAIZ
FIELD DEVELOPMENT
PHASE 1

DOCUMENT TITLE DESCRIPTION

UCP ARCHITECTURE

Drawn By: HBR-01-DST-INS-LAY-0003	STATUS: N/A	REV: 00	FOLIO: 1	DESIGN CLASS: A3
-----------------------------------	-------------	---------	----------	------------------

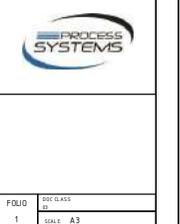


FIGURE 2.21 – Architecture matérielle .

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail l'unité de dessalement, en commençant par son rôle. Ensuite, nous avons décrit son fonctionnement et abordé en détail ses principaux composants. De plus, nous avons conclu par les spécifications de conception matérielle en détaillant l'architecture de l'UCP. Dans le prochain chapitre, nous fournirons une description détaillée de l'architecture du système de contrôle distribué DCS FOXBORO.

Chapitre 3

Présentation du système DCS FOXBORO

3.1 Introduction

Un Système de Contrôle Distribué, ou DCS, est un type de système informatisé utilisé dans les industries pour surveiller et contrôler les processus de production. Nous pouvons l'imaginer comme le cerveau d'une usine, coordonnant différentes tâches et assurant le bon fonctionnement des opérations. Le DCS rassemble des données provenant de capteurs dispersés dans toute l'usine et utilise ces informations pour automatiser les processus, ajuster les paramètres, et garantir une production efficace et sécurisée.

Dans notre étude, nous nous concentrons spécifiquement sur le DCS Foxboro. Le DCS Foxboro est un système largement utilisé dans diverses industries, notamment l'industrie chimique, pétrolière, et de traitement des eaux. Il se distingue par sa fiabilité, sa flexibilité et ses capacités avancées de contrôle et de surveillance. Dans ce chapitre, nous allons aborder le concept du DCS de manière générale, puis nous nous concentrerons sur le DCS FOXBORO en détaillant ses spécifications et ses principales applications.

3.2 Système de contrôle distribué DCS

3.2.1 Historique des systèmes de contrôle

La compréhension de l'évolution des systèmes de commande nous permet de saisir comment la transmission de l'information et la prise de décision ont évolué au fil du temps, et comment ces développements ont considérablement simplifié de nombreuses tâches.

- **Contrôle manuel** : Dans ce mode, l'opérateur manipule directement l'élément de commande sur site, réalisant toutes les actions manuellement.
- **Régulation pneumatique locale** : L'opérateur fournit un point de consigne au régulateur pneumatique local sur place, mais ne manipule pas directement l'élément de commande.
- **Régulation pneumatique centralisée** : L'opérateur supervise et contrôle le processus depuis la salle de contrôle, en fournissant un point de consigne au régulateur pneumatique situé dans cette salle.

- **Régulation électronique analogique et numérique** : L'évolution de l'électronique a introduit des régulateurs électroniques capables de convertir les grandeurs physiques en signaux électriques, permettant une commande via des cartes électroniques.
- **Système d'acquisition de données (DAS)** : Ce système offre des fonctionnalités comme l'animation graphique, l'historique, les tendances et l'enregistrement des données, avec une fonction de contrôle assurée par des régulateurs mono-boucle simples.
- **Système de contrôle distribué (DCS)** : Le DCS (Distributed Control System) est un système informatisé de contrôle utilisé pour superviser et contrôler la production industrielle, où les contrôleurs sont connectés via des réseaux de communication et de surveillance, permettant une gestion centralisée et efficace de la ligne de production [4].

3.2.2 Définition

Le DCS agit comme un système nerveux central au sein des installations industrielles, facilitant la supervision, le contrôle et l'automatisation des opérations.

Le DCS ou SNCC (Système numérique de contrôle et commande) est un système informatisé conçu pour collecter des données en temps réel à partir de capteurs répartis dans une installation industrielle. Ces données sont ensuite analysées et utilisées pour réguler les processus de production. Le DCS assure la coordination entre les équipements, permettant ainsi une production efficace et sécurisée.

3.2.3 Différences entre un DCS et un PLC

- Les PLC (contrôleurs logiques programmables) sont souvent utilisés pour des applications simples et autonomes, tandis que les DCS (systèmes de contrôle distribués) sont conçus pour des systèmes complexes répartis nécessitant une coordination et une communication étendues entre plusieurs zones de contrôle et donc entre plusieurs PLC.
- Les PLC sont moins chers par rapport aux systèmes DCS.
- Les PLC ont un temps de réponse environ 10 fois plus rapide, les rendant adaptés à des actions quasi temps réel, tandis que les DCS prennent plus de temps pour répondre.
- Avec les PLC, les diagnostics vous signalent une panne lorsqu'elle se produit. En revanche, dans les DCS, la gestion des processus vous alerte sur les éventuelles pannes avant qu'elles ne surviennent.
- Les DCS sont conçus pour être configurés tandis que les PLC sont programmables [7].

3.2.4 Rôle du DCS dans les industries

- **Contrôle** : gérer et réguler les processus industriels.
- **Acquisition de données** : recueillir des informations sur les différentes parties du processus.
- **Alarmes** : signaler les situations anormales ou les urgences.
- **Journalisation et génération de rapports** : enregistrer les événements et les données pour l'analyse et la conformité.
- **Stockage des données historiques** : conserver un historique des données pour la référence future et l'analyse des tendances en cas de perte.

- **Diagnostic du système et sécurité** : surveiller le bon fonctionnement du système et assurer sa protection contre les intrusions et les failles de sécurité [4].

3.2.5 Entreprises de fabrication de DCS

Les DCS sont largement utilisés dans divers secteurs tels que le raffinage, les centrales électriques, le pétrole et le gaz, la chimie, les cimenteries, la gestion de l'eau, la fabrication pharmaceutique et bien d'autres.

Voici quelques entreprises de fabrication de DCS : [7]

- Yokogawa
- Emerson Electric
- ABB
- Siemens
- Honeywell
- Schneider Electric
- Rockwell
- General Electric

Nom	Marque DCS	Nom du logiciel DCS	Nom du contrôleur DCS	Industries
Honeywell	Experion	Honeywell Experion et TDC3000 (Legacy)	C300/C200, HPM/APM /CB	Pétrole et gaz, Pétrochimie, Industrie métallurgique, Polymères, etc.
Yokogawa	Centum VP	Centum VP et Centum XL(Legacy)	Centum CS 3000 et 1000	Pétrole et gaz, Pétrochimie, Industrie métallurgique, etc.
Emerson	Delta V, Ovation	Delta V, Ovation et Fisher Provox(Legacy)	DeltaV PK Controller et Ovation Controller	Pétrole et gaz, Applications pharmaceutiques et hydrauliques
Inven-sys (now Schneider)	EcoStruxure Foxboro	EcoStruxure Foxboro	FCP 280, FDC 280	Pétrole et gaz, Énergie, etc.
Siemens	Simatic PCS 7	-	-	Chimique, Pharmaceutique, Énergie
ABB	System 800xA, Symphony Plus	Freelance 800F	AC800M	Énergie, Industrie du ciment
GE	Mark Vie	ControlST	Mark VIe controller	Énergie
Rockwell	PlantPAx	FactoryTalk	Control Logix controller	Pharmaceutique

TABLE 3.1 – Entreprises fabricant des Systèmes DCS

3.2.6 Sécurité d'un DCS

La sécurisation d'un système DCS implique l'adoption d'une stratégie de défense en profondeur, ce qui signifie l'application de plusieurs niveaux de protection au système. Voici quelques mesures de sécurité à prendre :

- Mettre en place des mesures de sécurité physiques telles que des serrures, des clôtures, des caméras de surveillance et des gardes pour empêcher les accès non autorisés ou la falsification.
- Mettre œuvre des mesures de sécurité réseau comme des pare-feu, le chiffrement des données, l'authentification et la segmentation pour isoler et protéger le DCS contre les attaques externes ou internes.
- Appliquer des mesures de sécurité système telles que l'installation d'un antivirus, l'application de correctifs, la sauvegarde et la récupération pour détecter et prévenir les infections par des logiciels malveillants ou la perte de données
- Former et éduquer le personnel sur les politiques et procédures de sécurité, les rôles et responsabilités, les menaces et les risques potentiels, ainsi que les meilleures pratiques et techniques pour réduire les erreurs humaines et renforcer la protection du système DCS [8].

3.2.7 Architecture du système DCS

- **Niveau Capteurs/Actionneurs** : Ce niveau se situe à la base de l'architecture. Il comprend les capteurs qui mesurent les variables physiques du processus et les actionneurs qui agissent sur les équipements pour réguler le processus.
- **Niveau acquisition des signaux** : Les données des capteurs sont collectées et converties en format numérique. Cela inclut les signaux analogiques, tels que la pression et la température, ainsi que les signaux numériques. Cette acquisition se fait généralement via des modules d'entrées/sorties (E/S) connectés aux capteurs du processus.
- **Niveau traitement des entrées/sorties** : Les données collectées à partir des capteurs sont acheminées vers le processeur du DCS pour traitement. À ce niveau, les informations sont analysées et des décisions sont prises en fonction des algorithmes de contrôle préprogrammés. Cela permet de réguler efficacement le processus industriel en temps réel. Les données traitées sont ensuite utilisées pour générer des commandes de sortie qui agissent sur les actionneurs, influençant ainsi le fonctionnement du système.
- **Niveau Interface Homme-Machine (HMI)** : Ce niveau permet aux opérateurs de surveiller et de contrôler le processus. L'HMI fournit une interface graphique conviviale permettant d'afficher les données en temps réel, de configurer le système, de visualiser les alarmes et les historiques, et d'interagir avec le système de manière intuitive [4].

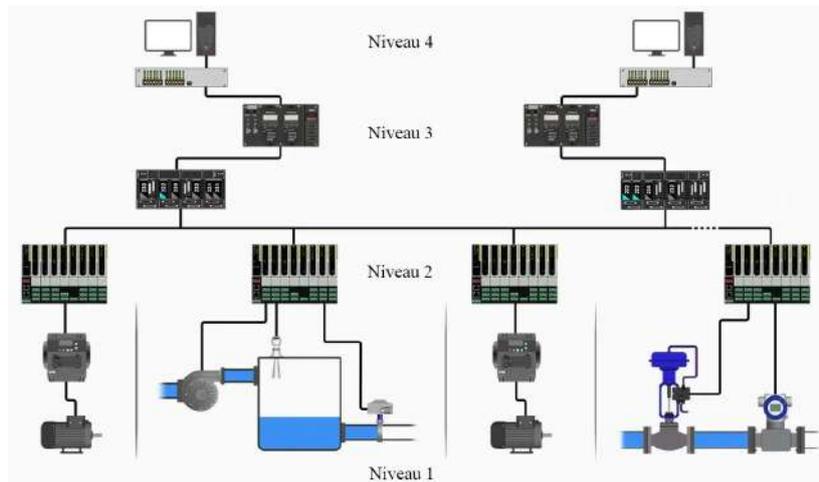


FIGURE 3.1 – Architecture du système DCS

3.3 Système de contrôle distribué FOXBORO

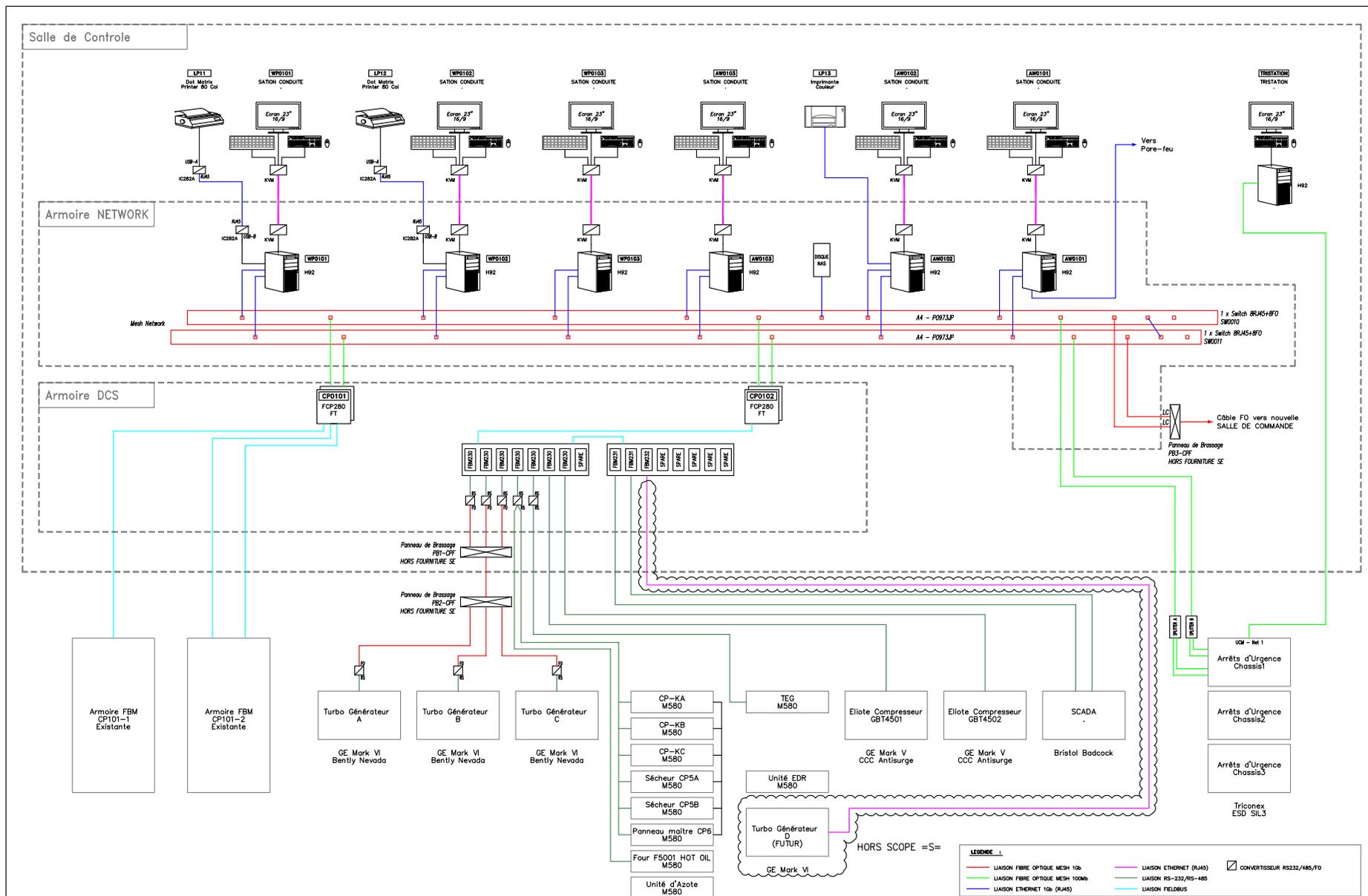
Le DCS I/A Series de FOXBORO, fourni par Invensys, est une plateforme d'application ouverte robuste conçue pour gérer des processus industriels complexes. L'architecture du DCS FOXBORO propose des serveurs et des stations de travail performants, un niveau avancé de contrôle et de gestion des entrées/sorties (E/S) conforme aux normes actuelles, ainsi que des interfaces avec des systèmes de sécurité.

3.3.1 Architecture du DCS FOXBORO

On distingue deux processeurs : un processeur FCP280 redondant (CP0101) lié aux cartes FBM (Fieldbus Module) d'E/S des instruments tels que les capteurs et les actionneurs branchés dans les armoires CP101-1 et CP101-2. Un autre processeur FCP280 redondant (CP0102) dédié à la communication avec d'autres systèmes DCS et PLC (Mark Vie, DCS Honeywell, PLC Siemens, etc) à travers des FBM de communication Modbus et Ethernet (FBM230, FBM231 et FBM232).

Les deux processeurs sont connectés à l'armoire network qui contient deux commutateurs SW0010 et SW0011 essentiels pour assurer la communication, le contrôle, le traitement des données, et la sécurité du système DCS FOXBORO. Les switches dans l'armoire network gèrent les communications entre les différents composants du système, y compris les processeurs, les stations HMI (AW et WP), les modules d'entrées/sorties, et les dispositifs de terrain. Ils assurent que les données circulent de manière fluide et efficace à travers le réseau. Dans l'armoire Network se trouvent aussi les ordinateurs H92 des stations DCS (AW0101, AW0102, AW0103, WP0101, WP0102, WP0103) qui fournissent des interfaces utilisateur qui affichent des informations critiques et permettent d'ajuster les paramètres du système rapidement et facilement. Ils sont souvent responsables du stockage et du traitement des données collectées par le système, hébergeant les bases de données qui enregistrent les données historiques et actuelles des processus, facilitant l'analyse et l'optimisation des performances.

Les serveurs H92 de l'armoire network sont connectés à des écrans de 23 pouces situés dans la salle de contrôle, via des KVM (Keyboard Video Mouse). Ces écrans sont utilisés pour la visualisation, permettant aux opérateurs de surveiller et de contrôler le processus [8].



Ce plan est la propriété de Invenya Systems France SAS; il ne peut être reproduit ou diffusé sans son autorisation.

Schneider Electric
 Systems France
 Schneider Electric Art&Fact
 9, rue Henri Sainte-Claire Deville CS 30323
 92506 Neuilly-Matignon Cedex - France
 Tél : +33 (0)1 41 39 38 00

Client :	SONATRACH
Projet :	RHOUDE EL BAGUEL Modernisation des Systèmes DCS/PLC des unités TCF/CPF

Titre :	SCHEMA ARCHITECTURE CPF
Réf. Affaire	FR16041
Dossier N°	FR16041-100-1
Fichier DWG N°	FR16041-100-1-003
Date	26/09/18
Rév	05
Folio	003

FR16041-100-1-003			
FR16041-100-1-003			

FIGURE A.2 – Architecture de DCS FOXBORO CPF

3.3.2 Aspect matériel

Le DCS Foxboro se compose des éléments clés suivant :

- Modules FBM d'E/S.
- Processeurs de Contrôle et de Commande.
- Armoire réseau.
- Stations de travail.



FIGURE 3.3 – Principaux composants de DCS Foxboro.

3.3.2.1 Modules FBM

Les modules FBM font le lien entre les capteurs et les actionneurs sur le terrain et les processeurs de contrôle, garantissant une communication fluide et précise des données.



FIGURE 3.4 – Les modules FBM

Dans le système DCS Foxboro, il existe trois types de modules FBM :

- FBM destinés aux signaux analogiques : on peut citer : FBM201, FBM201d et FBM237.
- FBM conçus pour les signaux digitaux : Ces modules sont utilisés pour surveiller des états discrets, tels que les contacts (ouverts/fermés). Comme exemples de FBM Tout-ou-rien, il y a

le FBM207b et le FBM242.

-FBM de communication : Chacun de ces types de modules remplit un rôle spécifique dans le système de contrôle distribué, facilitant la collecte, le traitement et la transmission des données. Ils existent des FBM spécifiques pour chaque protocole de communication, comme FBM230/231 pour Modbus RS485 et FBM232/233 pour Ethernet.

Ces modules sont généralement montés sur une baseplate et alimentés par une alimentation de 24V. Un élément essentiel pour l'installation des FBM est le bloc de raccordement TA (Terminal Assembly), qui réalise la connexion avec les signaux industriels et relie les FBM aux équipements de terrain. Différents modèles de TA sont disponibles pour chaque type de FBM pour assurer une compatibilité et une flexibilité dans la configurations et l'installation de ces FBM [9].

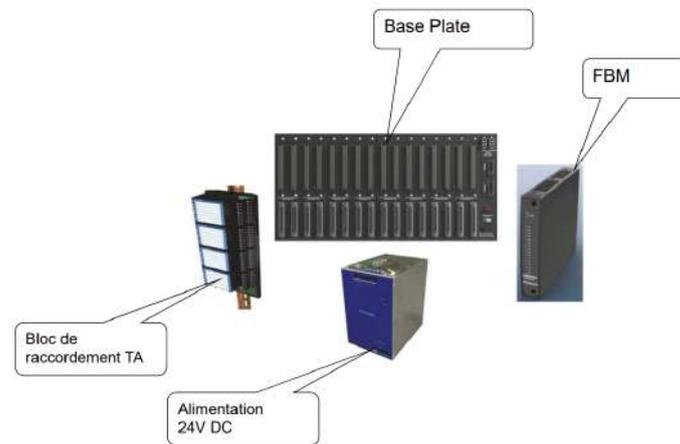


FIGURE 3.5 – Éléments essentiels assurant la liaison des modules FBM.

3.3.2.2 Le processeur FCP280



FIGURE 3.6 – Le processeur FCP280

Le système de contrôle distribué (DCS) Foxboro utilise le Field Control Processor 280 (FCP280) pour assurer une gestion efficace et fiable des processus en temps réel.

Le FCP280 est une station optionnellement tolérante aux pannes qui réalise le contrôle régulateur, logique, temporel et séquentiel en conjonction avec les FBM et d'autres dispositifs d'interface de processus. Il effectue également l'acquisition de données (via les FBM et/ou d'autres dispositifs) et la détection et notification d'alarmes.

Il dispose d'un écran LCD sur sa face avant, qui affiche des informations telles que le numéro de série, les informations sur la révision matérielle, la date de fabrication, la version du système d'exploitation etc. De plus, un ensemble des LED fournit une indication visuelle de l'activité de communication de l'ensemble du réseau de contrôle.



FIGURE 3.7 – Le processeur FCP280

Le système Foxboro de centre CPF repose sur une configuration redondante comprenant deux processeurs un processeur CP0101 redondant, lié aux modules FBM E/S des instruments, et un processeur CP0102 redondant, liés aux modules FBM de communication. Cette redondance permet une maintenance sans interruption, où les processeurs peuvent être remplacés ou entretenus sans arrêter le système, assurant ainsi une fiabilité et des performances optimales dans les environnements industriels critiques.

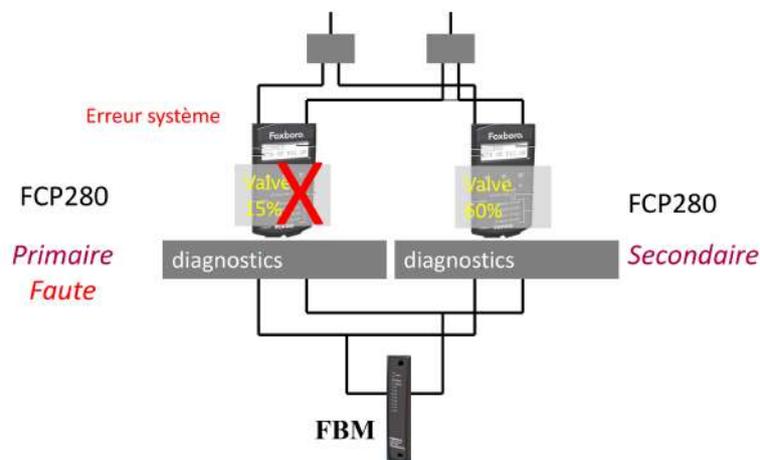


FIGURE 3.8 – Tolérance de pannes Foxboro Evo

3.3.2.3 Armoire réseau

L'armoire réseau contient deux commutateurs, SW0010 et SW0011, essentiels pour assurer la communication, le contrôle, le traitement des données, et la sécurité du système DCS FOXBORO. Ces commutateurs gèrent les communications entre les divers composants du système, tels que les processeurs, les stations HMI (AW et WP), les modules d'entrées/sorties, et les dispositifs de terrain. Leur rôle est d'assurer une circulation fluide et efficace des données à travers le réseau. De plus, l'armoire réseau abrite également les serveurs H92 des stations DCS.

3.3.2.4 Stations de travail

Les stations de travail de système Foxboro à REB (AW0101, AW0102, AW0103, WP0101, WP0102, WP0103) sont de modèle H92. La station de travail modèle H92 se distingue comme un outil indispensable pour une gestion efficace des opérations grâce à ses fonctionnalités avancées. Dotée du logiciel FoxView, elle offre une interface utilisateur intuitive pour le suivi et le contrôle en temps réel des processus. En outre, H92 supporte la gestion multi-écran, permettant aux opérateurs de visualiser simultanément plusieurs flux de données et tableaux de bord, optimisant ainsi la surveillance et la prise de décision.



FIGURE 3.9 – Station de travail Modèle H92

La configuration de base du modèle H92 contient les éléments suivants :

- Processeur Intel Xeon
- 4 Go de RAM DDR-3 ECC (extensible à 16 Go)
- Disque dur SATA de 500 Go (extensible jusqu'à 1,5 To avec un troisième disque dur).
- Disque dur SATA de 500 Go (extensible jusqu'à 1,5 To avec un troisième disque dur)
- Emplacement vidéo PCI Express x16
- Lecteur interne DVD+RW/CD
- Carte graphique prend en charge un ou deux écrans
- Port Ethernet intégré 10/100/1000BaseT
- Ports USB pour : souris, clavier, haut-parleurs audio (en option), écrans tactiles (en option), clavier annonceur (en option).

3.3.3 Aspect logiciel

Le système d'exploitation des stations AW et WP du DCS Foxboro est le Windows 7 64 bits, sous lequel se trouvent les logiciels de base de Foxboro Evo :

- Gestionnaires de visualisation FoxView.
- Gestionnaire d'alarmes de procédé Alarm Manager.
- Surveillance du système System Manager.
- Construction du traitement algorithmique Control_Cfg (ICC).
- Organisation de la base de données du traitement algorithmique FoxSelect.
- Construction de synoptiques FoxDraw.

3.3.3.1 FoxView

FoxView est un gestionnaire de visualisation exécuté dans une station WP ou AW qui réalise l'interface entre le système Foxboro et l'utilisateur, via un poste de travail. Il permet en particulier de réaliser les tâches suivantes :

Surveillance et conduite :

- Réagir aux alarmes procédé et aux alarmes système.
- Surveiller l'état opérationnel du réseau et de ses stations.
- Effectuer des diagnostics en ligne.
- Collecter et interpréter des données
- Modifier les modes (manuel, auto, consigne locale, consigne externe)des boucles de régulation.
- Accéder aux vues de détails des blocs de traitement algorithmique pour en vérifier le paramétrage.
- Produire des rapports.

Développement :

Accéder aux outils de développement (utilitaires de configuration comme ICC).

Dans Foxview, il existe un environnement d'exploitation distinct pour chacune des classes d'utilisateurs d'un poste de travail. Les classes d'utilisateurs communes sont les suivantes : Opérateurs, Personnel de maintenance, Ingénieurs procédé, Ingénieurs de développement (Application) et Administrateur du système.

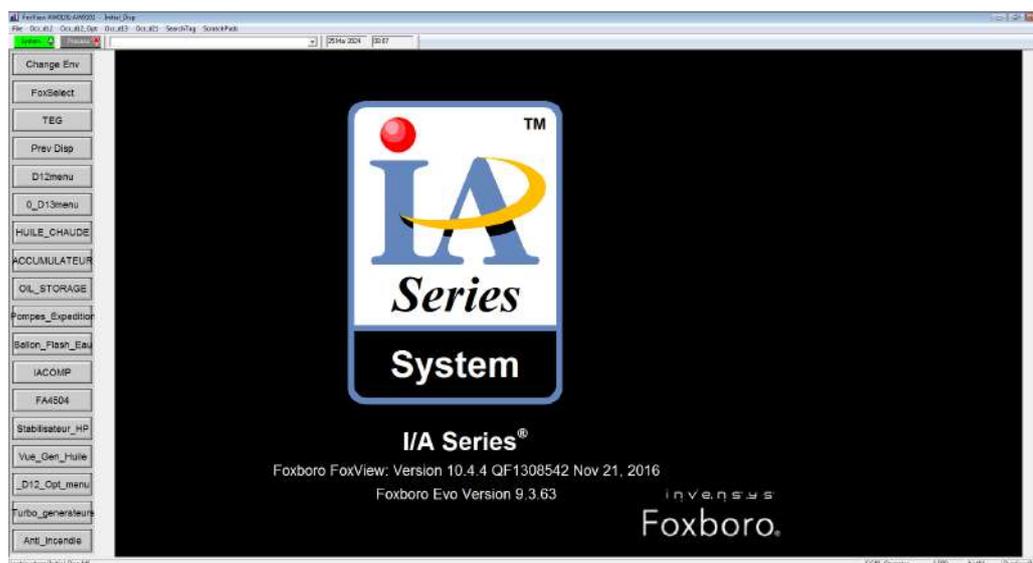


FIGURE 3.10 – Logiciel FoxView

3.3.4 ICC

L'utilitaire de configuration des schémas (également appelés Compound) et des blocs de traitement algorithmique est le programme ICC (Integrated Control Configurator).

ICC permet de créer, modifier et supprimer des compounds et des blocs de traitement algorithmique dans les zones de construction qui lui sont accessibles. Il existe dans les stations Host AW du système. L'utilitaires de configuration ICC est accessible à partir du menu Config dans l'environnement de l'ingénieur procédé ou de l'ingénieur de développement du logiciel FoxView. Pour cela, il faut cliquer Config (Barre de menu) puis Control_Cfg dans le menu affiché.

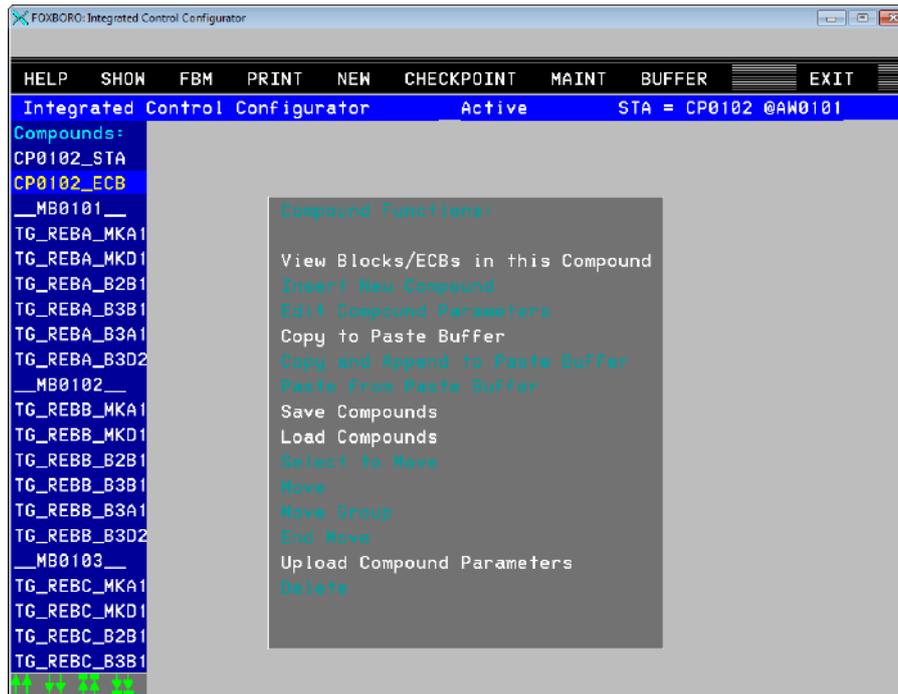


FIGURE 3.11 – Programme ICC

3.3.5 FoxSelect

Dans le système Foxboro, la base de données du traitement algorithmique est organisée suivant la hiérarchie station, compound puis bloc. Le logiciel FoxSelect permet d'accéder aux divers éléments de cette hiérarchie, d'en visualiser la composition détaillée et l'état opérationnel, dans un mode interactif. FoxSelect est activé via le bouton latéral FoxSelect dans FoxView.

La zone d'affichage contient initialement la liste des stations du réseau. Pour faire apparaître la liste des compound existants dans une station connectée, il faut une double clique sur l'icône de la station. Ensuite un autre double clique sur l'icône de compound pour faire apparaître la liste des blocs d'un compound.

Les informations affichées par FoxSelect ne sont pas mises à jour en temps réel mais à la demande en cliquant le bouton Refresh All.

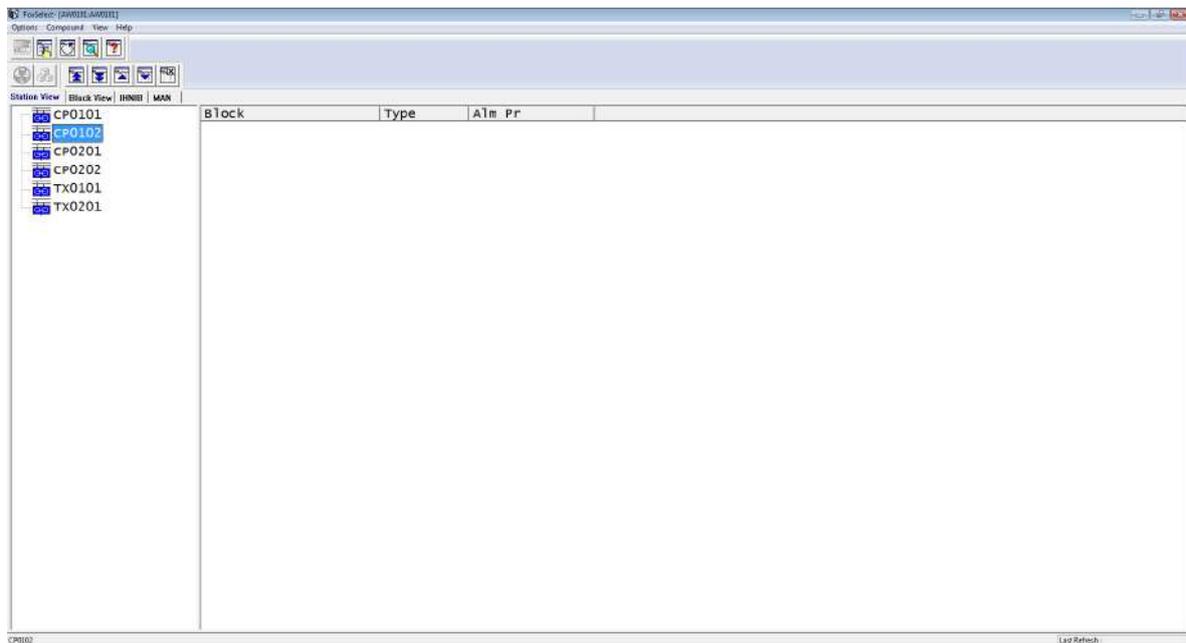


FIGURE 3.12 – Logiciel Foxselect

3.3.6 Foxdraw

FoxDraw est un éditeur d'affichage graphique pour créer et maintenir des synoptiques permettant de visualiser la dynamique du contrôle de processus. Un synoptique est un fichier qui est construit et configuré pour être visualisé depuis FoxView, permettant ainsi l'interaction de l'opérateur avec le processus. Il peut représenter une installation, une zone de processus ou une partie détaillée d'un processus. L'utilitaire FoxDraw est lancé à partir de menu Config de la vue initiale FoxView.

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé les systèmes de contrôle distribué (DCS), explorant leur historique, leur rôle, leur architecture et leur sécurité. Une attention particulière a été portée au système de contrôle distribué FOXBORO, couvrant son architecture, ses principaux composants matériels ainsi que son aspect logiciel. Dans le prochain chapitre, nous parlerons en détail des protocoles de communication, notamment la communication série ModBus.

Chapitre 4

Communication série/ModBus

4.1 Introduction

Dans le cadre de l'automatisation industrielle, les systèmes de contrôle jouent un rôle crucial en permettant la surveillance et la commande des processus. Les protocoles de communication industrielle sont essentiels pour assurer l'échange d'informations entre les différents équipements et systèmes de contrôle, tels que les automates programmables (PLC) et les systèmes de contrôle distribués (DCS). Ces protocoles définissent les règles et les formats de données permettant une interopérabilité efficace entre les dispositifs, assurant ainsi la fiabilité, la rapidité et la sécurité des échanges de données.

Le protocole Modbus RTU RS-485, en particulier, est largement utilisé en raison de sa simplicité, de sa fiabilité et de sa compatibilité avec une grande variété de dispositifs industriels qui permet une communication robuste et efficace, en mode maître/esclave. L'intégration des protocoles de communication comme Modbus RTU RS-485 est fondamentale pour assurer le bon fonctionnement et l'efficacité des systèmes automatisés.

Dans ce chapitre, nous parlerons du protocole de communication Modbus en général, puis nous nous concentrerons sur le protocole Modbus RTU RS-485 en mettant l'accent sur ses fonctionnalités et ses caractéristiques.

4.2 Les protocoles de communication

Un protocole de communication est comme une langue que les dispositifs électroniques utilisent pour se parler. Par exemple si on a deux personnes qui veulent communiquer, elles doivent parler la même langue pour se comprendre. De la même manière, pour que deux machines se comprennent et échangent des informations, elles doivent utiliser le même protocole. Donc, un protocole de communication est un ensemble de règles et de conventions qui permettent à des dispositifs électroniques de communiquer entre eux. Ces règles définissent comment les données sont formatées, transmises, reçues et interprétées. En d'autres termes, les protocoles de communication assurent que les messages envoyés par un dispositif peuvent être correctement compris par un autre dispositif, même s'ils sont fabriqués par des entreprises différentes.

Il existe plusieurs types de protocoles de communication en instrumentation, tels que HART, Modbus, Profibus, Fieldbus et Ethernet/IP. Dans le cadre de notre travail, l'attention sera portée spécifiquement sur le protocole de communication Modbus.

4.3 Transmissions série et parallèle

La communication entre deux systèmes peut s'effectuer de manière parallèle ou série :

4.3.1 Transmission parallèle

La transmission parallèle utilise plusieurs lignes de données pour envoyer des bits simultanément, permettant ainsi de transmettre plusieurs bits à la fois. Bien que cette méthode puisse offrir des vitesses de transmission élevées, elle présente des inconvénients notables, notamment des problèmes de synchronisation. Pour que les données soient correctement reçues, toutes les lignes doivent être parfaitement synchronisées. La distorsion d'horloge se produit lorsque les signaux ne sont pas parfaitement alignés dans le temps, ce qui peut entraîner des erreurs de synchronisation et des données corrompues. De plus, les interférences électromagnétiques (EMI) dues à la proximité des fils peuvent causer des perturbations et des erreurs de données. Les signaux électriques passant par les fils peuvent induire des courants dans les fils voisins, ce qui peut réduire la fiabilité de la communication parallèle. Donc, l'utilisation de la communication parallèle est destinée à réaliser des communications à courte distance, par exemple à l'intérieur d'un ordinateur.

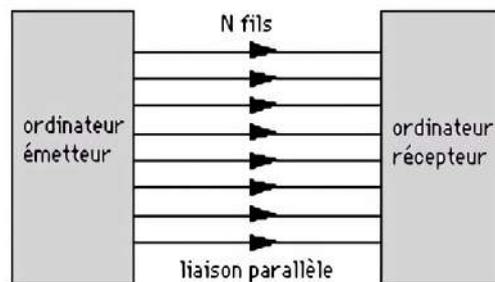


FIGURE 4.1 – Transmission parallèle

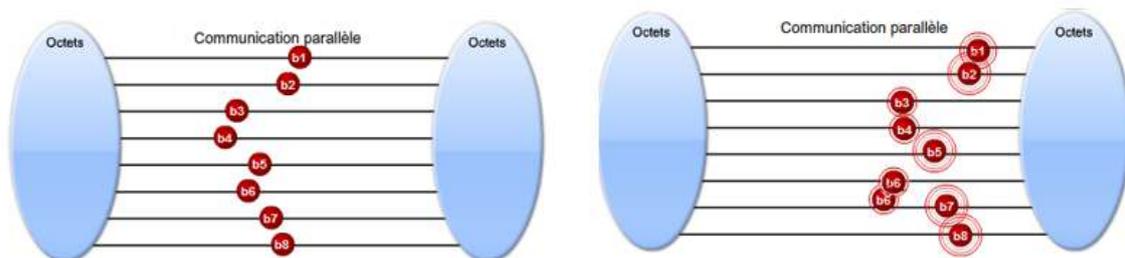


FIGURE 4.2 – Le problème de la distorsion d'horloge et les interférences dans la transmission parallèle

Un type d'interférence est la diaphonie (interférences par phénomène d'induction), où un signal électrique dans un fil induit une perturbation dans un fil adjacent. Cela se produit généralement par induction électromagnétique. Lorsque le courant circule dans un fil, il crée un champ magnétique qui peut induire une tension dans les fils proches, perturbant ainsi les signaux.

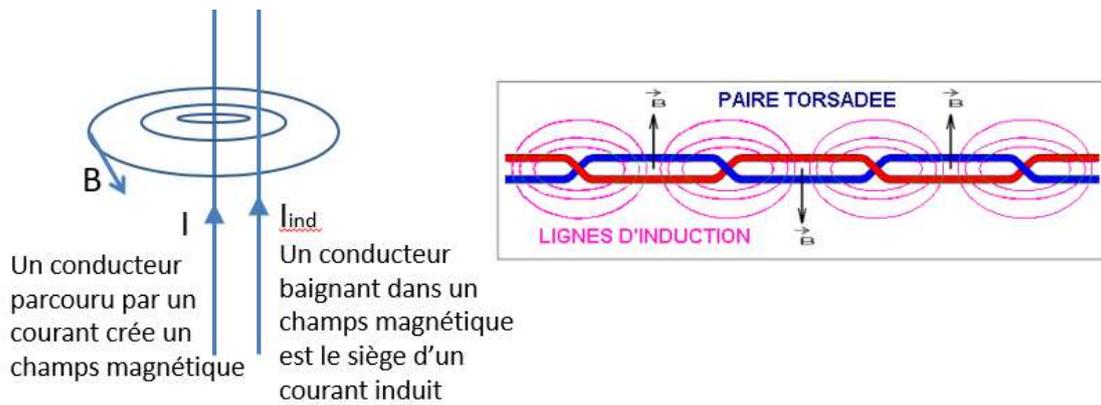


FIGURE 4.3 – Phénomène de diaphonie

Les problèmes tels que la distorsion d'horloge et les interférences peuvent être atténués en choisissant soigneusement le type de câble ou de support de transmission.

4.3.2 Transmission série

La transmission série est une méthode efficace et simple pour envoyer des données sur de longues distances, nécessitant moins de fils et présentant moins d'interférences. Les bits sont envoyés les uns à la suite des autres, en commençant par le bit de poids faible [?]. Il ne faut pas oublier qu'en réalité, dans une configuration physique, elle est plus compliquée. En effet, le signal transmis se traduit par une variation de tension électrique, donc par une différence de potentiel, ce qui nécessite d'avoir un potentiel de base, à savoir la masse. Ainsi, il y aura forcément un deuxième câble pour avoir une référence de potentiel commune. Bien que chaque bit soit transmis individuellement, les techniques modernes de transmission série (comme RS-485, USB, Ethernet) permettent des vitesses très élevées. Comparée à la transmission parallèle, la transmission série est moins sensible aux interférences électromagnétiques, ce qui permet de couvrir de plus longues distances. Elle est très couramment utilisée en instrumentation pour les communications à distance.

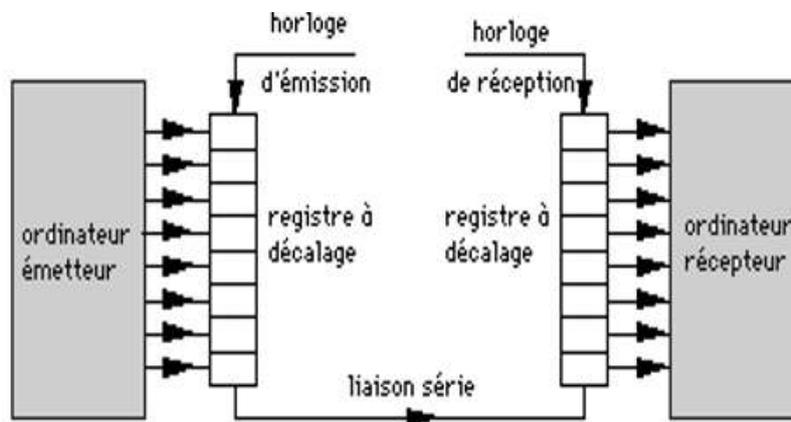


FIGURE 4.4 – Transmissions série

Deux critères permettent de définir une liaison série :

- L'interface (ou support) physique de communication.
- Le format de transfert des données de communication (protocole).

On distingue deux types de liaisons série : synchrone et asynchrone.

4.3.3 Transmission série asynchrone

À la différence de la transmission série synchrone, qui requiert un fil supplémentaire pour transmettre un signal d'horloge commun entre l'émetteur et le récepteur assurant ainsi la synchronisation, la transmission série asynchrone se fait sans ce signal. Les données sont envoyées sous forme de bits individuels sur une seule ligne de communication, sans synchronisation explicite entre les dispositifs. Au lieu de cela, ils utilisent des signaux de départ et d'arrêt, ainsi que des bits de données, pour coordonner la transmission des informations. Elles sont définies par plusieurs paramètres :

- **Les niveaux de tensions**

Les niveaux de tension déterminent les valeurs logiques utilisées pour représenter les bits de données. Par exemple, en RS-232, un niveau de tension de -12V peut représenter un bit logique 1, et +12V peut représenter un bit logique 0.

- **La vitesse de transmission (Baud Rate)**

Le Baud Rate est la vitesse à laquelle les données sont transmises, mesurée en bauds. Un baud correspond à un changement de caractère par seconde.

- **Le format des données**

Le format des données inclut la structure des bits envoyés : le nombre de bits de données, le bit de parité (utilisé pour la détection d'erreurs), et le ou les bits de stop (utilisés pour indiquer la fin d'un caractère).

- **Le mode de fonctionnement (Full-Duplex ou Half-Duplex)**

En Full-Duplex, les deux dispositifs peuvent envoyer et recevoir des données en même temps, tandis qu'en Half-Duplex, un dispositif doit attendre que l'autre ait fini d'envoyer des données avant de pouvoir transmettre les siennes.

Les protocoles les plus fréquemment utilisés pour la transmission série asynchrone sont ceux qui utilisent la norme RS232 et la norme RS485.

Pendant la transmission asynchrone :

- Aucune horloge n'est transmise pour synchroniser la communication.
- Avant chaque octet envoyé, un bit de "START" (0 logique) est ajouté, suivi de l'octet à transmettre, puis un bit de "STOP" (1 logique) est ajouté après l'octet.
- En plus du bit de "STOP", un autre bit est inclus juste avant celui-ci. Ce bit peut être utilisé pour la parité ou comme un deuxième bit de "STOP".

Le registre à décalage transmet 10 ou 11 bits en assurant la transmission à partir du bit de faible poids.

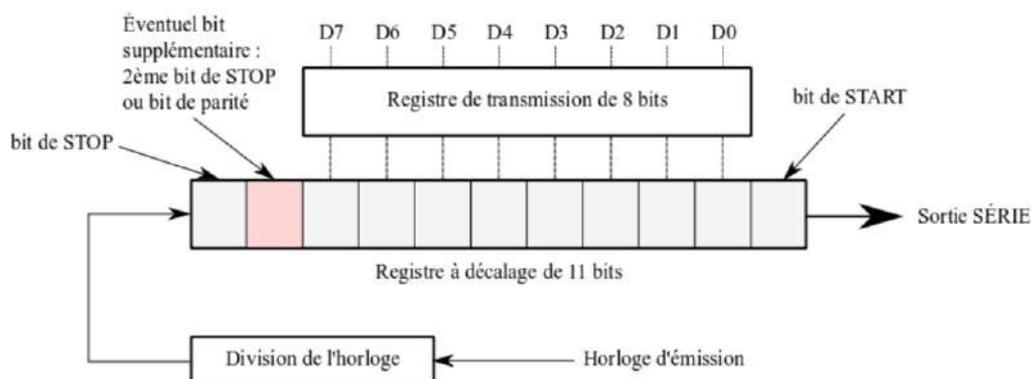


FIGURE 4.5 – Principe de transmission

Par exemple si on doit transmettre l'octet 0x32 sur une ligne de communication en utilisant 8 bits sans parité et avec 1 bit de stop, le résultat serait représenté comme illustré dans la figure suivante.

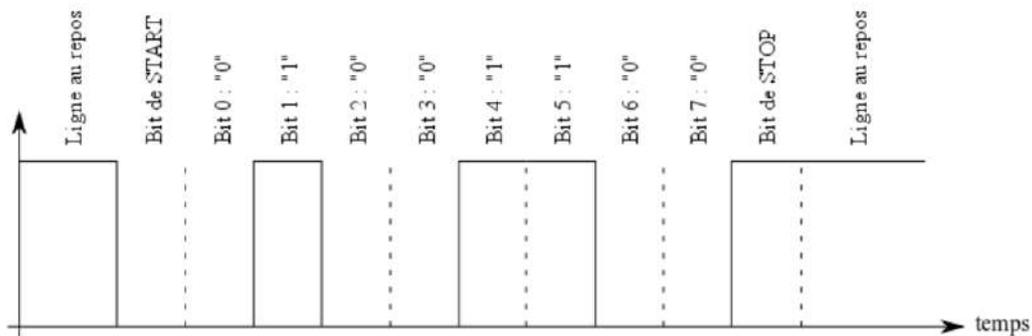


FIGURE 4.6 – Exemple de transmission d'un octet d'information

En plus des lignes de données, des signaux additionnels sont inclus pour contrôler la communication. Ceux-ci sont appelés lignes de contrôle.

Les signaux de transmission de données :

TXD (transmit data) : Données dans un sens.

RXD (receive data) : Données dans l'autre sens.

Les signaux de contrôle de flux de transmission

RTS (request to send) : Demande à émettre.

CTS (clear to send) : Prêt à recevoir.

Des références de potentiels (masse)

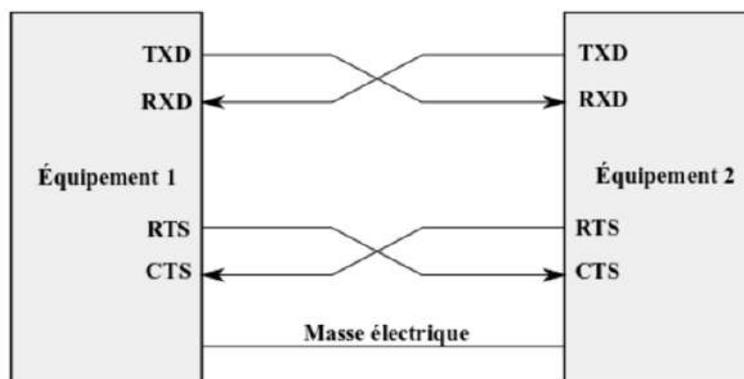


FIGURE 4.7 – Les lignes de controle

L'émetteur informe le récepteur qu'il est prêt à envoyer une donnée en agissant sur RTS et en le mettant à l'état bas (proche de 0 volts), ce qui indique qu'il est prêt à envoyer des données. Le récepteur informe l'émetteur qu'il est prêt à recevoir en mettant le signal CTS à l'état bas. La transmission devient effective.[9]

Cette technique permet d'éviter d'envoyer des données quand le récepteur n'est pas prêt et donc permet d'éviter la perte d'information.

4.4 Modbus Série

4.4.1 Histoire

Le protocole MODBUS est une structure de messagerie créé par la société MODICON pour connecter les automates programmables (PLC) aux outils de programmation. Il est maintenant largement utilisé pour établir une communication maître-esclave entre des dispositifs intelligents[10]. Modbus a traversé plusieurs périodes de développement, les voici :

- **1979 Création par Modicon :**

Tous les capteurs et actionneurs sont alors câblés depuis leur point d'installation jusqu'au DCS. Le système de contrôle central est souvent logé dans la salle de contrôle de l'usine. Les systèmes DCS étaient très coûteux à acheter et à entretenir pour plusieurs raisons, notamment le coût élevé du câblage qui devait être installé depuis chaque capteur et actionneur jusqu'à la localisation centrale.

Pour tenter de réduire ces coûts, le premier automate programmable industriel (API) a été inventé. Les API sont des dispositifs de contrôle beaucoup moins chers mais très puissants, pouvant être installés à différents endroits de l'usine. Ils étaient moins chers à acheter, à installer et à exploiter, et réduisaient considérablement le câblage dans l'usine, car chaque capteur ou actionneur n'avait besoin d'être câblé qu'à son API local et non jusqu'à la salle de contrôle.

L'inconvénient de cette approche était que les différentes parties de l'usine devaient toujours savoir ce que faisaient les autres. Il était donc nécessaire que les différents API puissent communiquer entre eux et partager leurs données. Ainsi, en 1979, Modicon a mis au point le protocole Modbus. Modbus signifie "Modicon+Fieldbus". En utilisant les protocoles Modbus dans l'usine avec un seul câble de communication, les API pouvaient partager leurs données. Donc Modicon a introduit Modbus pour permettre à ses automates programmables de communiquer avec d'autres appareils.

- **1980s Adoption et Expansion :**

Modbus a rapidement gagné en popularité dans l'industrie en raison de sa simplicité et de sa fiabilité. Son utilisation s'est étendue à la surveillance et le contrôle des processus industriels.

- **1990s Modbus ASCII et Modbus Plus**

Pour répondre aux besoins des différentes infrastructures de communication, des variantes comme Modbus ASCII et Modbus Plus ont été développées.

- **1999 Modbus/TCP**

Avec l'avènement de l'Internet et des réseaux IP, Modbus TCP/IP a été introduit pour permettre la communication Modbus sur les réseaux Ethernet.

- **2004 Standardisation**

La Modbus Organization, une association indépendante, a été créée pour superviser la maintenance et l'évolution du protocole. En 2004, Modbus est devenu un protocole de communication ouvert et standardisé, favorisant son adoption par divers fabricants et industries.

- **Aujourd'hui**

Modbus reste l'un des protocoles de communication les plus utilisés dans l'automatisation industrielle.

4.4.2 Couches utilisés dans le modèle OSI

Le modèle OSI (Open Systems Interconnection) est un modèle de communications entre ordinateurs proposé par l'ISO (Organisation internationale de normalisation)[11]. Le modèle OSI, bien que comprenant sept couches en totalité, peut être restreint à trois couches principales pour Modbus Série : Application, Liaison de Données (Data Link), et Physique.

Couche	Modèle OSI selon ISO	Utilisation Modbus
7	Application	Protocole applicatif MODBUS
6	Présentation	vide
5	Session	vide
4	Transport	vide
3	Réseau	vide
2	Liaison	Protocole MODBUS sur ligne série
1	Physique	RS-485 (ou RS-232)

TABLE 4.1 – Couches utilisés dans le modèle OSI pour le Modbus serie

4.4.2.1 La couche Physique

C'est la couche la plus basse. La couche Physique concerne les aspects matériels et les méthodes de transmission des bits de données bruts entre les dispositifs. Pour Modbus Série, cela implique l'utilisation de standards de communication série comme RS-232 et RS-485.

4.4.2.2 Couche Liaison de Données (Data Link)

C'est juste au-dessus de la couche physique. La couche Liaison de Données est responsable de la communication fiable entre deux dispositifs directement connectés. Elle gère la détection et la correction des erreurs.

4.4.2.3 La couche Application

C'est la couche la plus haute. La couche Application est la plus haute des trois couches et concerne l'interaction directe avec l'utilisateur ou les applications industrielles. Elle définit les fonctions spécifiques qui permettent de lire ou écrire des données dans les registres des dispositifs esclaves.

4.4.3 Modes de Transmission

Le Modbus propose plusieurs modes de transmission pour répondre à différents besoins et environnements.

4.4.3.1 Modbus ASCII (American Standard Code for Information Interchange)

Le protocole Modbus a été initialement développé en utilisant des caractères ASCII pour coder les messages. Dans ce mode, chaque élément de données est encodé en deux caractères ASCII, chacun composé de 8 bits. Ce mode trouve une utilité particulière dans les applications nécessitant une compatibilité avec des systèmes ou des appareils hérités tels que les modems, où l'encodage ASCII est prédominant. Cependant, malgré ses avantages, cette version du protocole est moins couramment utilisée aujourd'hui, avec une préférence accrue pour d'autres modes de transmission offrant une efficacité et une vitesse de communication supérieures.

4.4.3.2 Modbus RTU (Remote Terminal Unit)

Le Modbus RTU est le mode de transmission le plus couramment utilisé dans les applications industrielles. Les données sont envoyées sous forme binaire, chaque élément de données étant encodé sur un octet (8 bits), offrant ainsi une efficacité supérieure par rapport au mode ASCII. Cependant, il est important de noter que les deux modes, ASCII et RTU, sont incompatibles. Par conséquent, un appareil configuré en mode ASCII ne peut pas communiquer avec un appareil utilisant le mode RTU. La popularité du Modbus RTU est également renforcée par sa vitesse de transmission plus élevée par rapport au Modbus ASCII, ce qui explique pourquoi ce dernier est beaucoup moins utilisé aujourd'hui[9].

4.4.3.3 Modbus TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

Contrairement aux modes ASCII et RTU qui utilisent des connexions série, le Modbus TCP/IP utilise le protocole Ethernet, permettant la communication sur des réseaux Ethernet. Chaque appareil sur le réseau possède une adresse IP unique, permettant une communication facile et directe. Il utilise un modèle client/serveur.

4.4.4 Transmission des données

La transmission de données en Modbus série se fait par le modèle maître-esclave, tandis qu'un autre modèle, client-serveur, est utilisé pour le Modbus TCP/IP.

4.4.4.1 Le modèle maître-esclave

Le modèle maître-esclave est un modèle de communication où un dispositif central (le maître) contrôle les communications avec un ou plusieurs dispositifs périphériques (les esclaves). Modbus suit ce modèle en mode série (RS-232, RS-485).

Le maître envoie des requêtes pour lire ou écrire des données sur les dispositifs esclaves et attend leurs réponses. Les esclaves, qui sont des dispositifs comme des capteurs, des actionneurs, des relais ou d'autres PLC, ne communiquent jamais de manière autonome mais répondent aux requêtes du maître, chaque esclave possédant une adresse unique sur le réseau pour être identifié. Le cycle de communication commence par une requête du maître envoyée à un esclave spécifique ou diffusée à tous les esclaves. Les esclaves surveillent la ligne de communication et identifient les requêtes qui leur sont adressées, puis l'esclave destinataire traite la requête et envoie une réponse au maître, contenant les données demandées ou une confirmation de l'exécution de la commande.

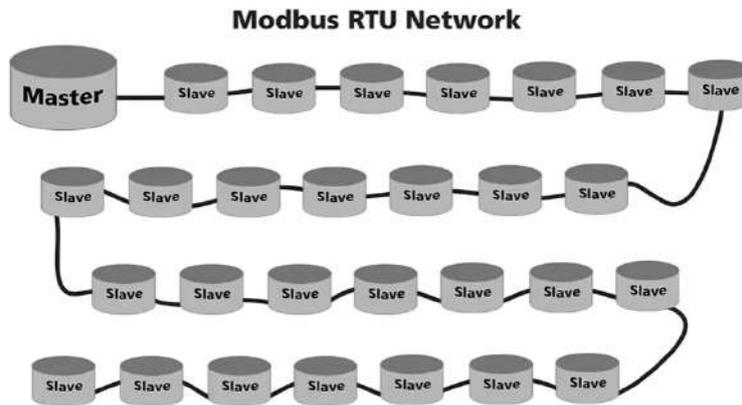


FIGURE 4.8 – Système Maître-Esclaves Modbus Série

Les appareils doivent être connectés en chaîne. Ils ne peuvent pas être connectés dans une topologie en étoile.

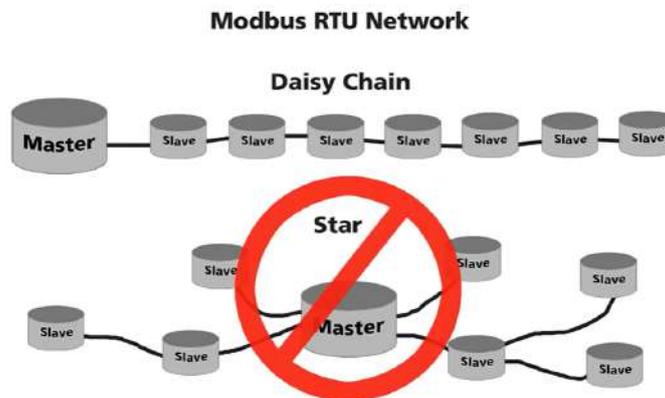


FIGURE 4.9 – La liaison entre les appareils en Modbus série maître-esclave.

4.4.4.2 Le modèle client-serveur

Contrairement à Modbus série qui utilise le modèle maître-esclave, Modbus TCP/IP adopte le modèle client-serveur.

Dans un réseau Modbus TCP/IP, le client, tel qu'un DCS, initie les requêtes pour lire ou écrire des données sur les serveurs. Le serveur, qui est généralement un dispositif d'instrumentation comme un capteur intelligent, un PLC ou un module de communication, attend ces requêtes et y répond en fournissant les données demandées ou en confirmant les actions exécutées. Donc le cycle de communication commence par l'envoi d'une requête TCP/IP du client à l'adresse IP du serveur pour effectuer une opération spécifique, comme la lecture d'un registre ou l'écriture d'une valeur. Le serveur reçoit la requête, la traite, puis prépare et envoie une réponse au client, contenant les données demandées ou une confirmation de l'action exécutée.

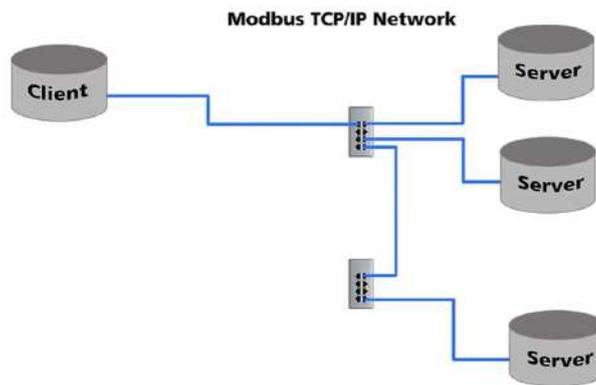


FIGURE 4.10 – Système Client serveur Modbus Ethernet

4.4.5 Couches Physiques

On distingue trois normes en Modbus série RTU : RS232, RS422 et RS485 qui définissent les caractéristiques électriques de la couche physique d'une interface numérique sérielle[9].

4.4.5.1 RS232

La distance entre le maître et l'esclave peut atteindre jusqu'à 50 pieds (15 mètres). On peut établir une connexion avec un seul module (esclave), donc on parle d'une liaison point à point. De plus, la connexion est bidirectionnelle (full Duplex), ce qui signifie que les données peuvent être échangées dans les deux sens en même temps. La vitesse de transmission peut atteindre 20 kbps.

4.4.5.2 RS422

En RS422, il est possible de connecter plusieurs modules avec une distance maximale de 1200 mètres (4000 pieds) pour la liaison totale. On peut connecter jusqu'à 10 modules (10 esclaves) dans ce cas. La liaison dans ce cas est bidirectionnelle (full Duplex). La vitesse de transmission peut atteindre 100 kbit/s.

4.4.5.3 RS485

RS485 permet également d'interconnecter plusieurs modules sur une distance maximale de 1200 mètres (4000 pieds). Dans ce cas, on peut atteindre jusqu'à 32 modules sans répéteur, et un maximum de 247 modules avec un répéteur, chacun ayant une ID esclave unique. La connexion dans ce cas est bidirectionnelle ; elle peut être half-duplex (2 fils) ou full-duplex (4 fils).

La vitesse à laquelle les messages Modbus sont envoyés est appelée débit en bauds ou bits par seconde. Tous les appareils sur un réseau RTU doivent utiliser le même débit en bauds pour assurer une communication efficace et fiable.



FIGURE 4.11 – Système Modbus Maître-Esclaves avec Répéteur

4.4.6 Principe de transmission

La trame du protocole Modbus se compose de quatre parties principales : Adresse, Code Fonction, Données et Parité[9].



FIGURE 4.12 – La trame série Modbus

4.4.6.1 Champ d'adresse

Dans la trame du protocole Modbus série, l'adresse se réfère à l'identification de l'esclave auquel on veut parler. Ce champ varie de 1 à 247. L'adresse zéro est utilisée pour les messages de diffusion (broadcast messages). Cela signifie que si un message est envoyé à l'adresse zéro, il est destiné à tous les esclaves sur le réseau.

Un maître adresse un esclave en plaçant l'adresse de l'esclave dans le champ d'adresse du message. Lorsque l'esclave envoie sa réponse, il place sa propre adresse dans ce champ d'adresse de la réponse pour informer le maître de quel esclave il s'agit qui répond.

4.4.6.2 Champ de fonction

Le code de fonction va de 1 à 127. Dans une demande, le champ du code de fonction indique à l'esclave quel type d'action effectuer.

Dans une réponse normale, l'esclave renvoie simplement le code de fonction original.

Les codes principaux de fonction sont illustrés par la figure suivante.

Code	Function
01 (0x01)	Read n consecutive output bits
02 (0x02)	Read n consecutive input bits
03 (0x03)	Read n consecutive output words
04 (0x04)	Read n consecutive input words
05 (0x05)	Write 1 output bit
06 (0x06)	Write 1 output word
07 (0x07)	Read exception status
08 (0x08)	Access diagnostic counters
15 (0x0F)	Write n output bits
16 (0x10)	Write n output words
23 (0x17)	Read/Write n output words
43 (0x2B)	Read identification

FIGURE 4.13 – Codes de fonction

4.4.6.3 Champ de données

Les données varient en fonction du code de fonction. Dans une demande, le champ de données contient des informations supplémentaires que l'esclave doit utiliser pour effectuer l'action définie par le code de fonction. Cela peut inclure des éléments tels que des adresses de registre, la quantité d'éléments à gérer, etc.

Dans une réponse, si aucune erreur ne se produit, le champ de données contient les données demandées.

Si une erreur se produit, le champ contient un code d'exception que l'application maître utilise pour déterminer la prochaine action à prendre.

4.4.6.4 Champ Checksum

Modbus RTU utilise le CRC :

Contrôle de Redondance Cyclique (2 octets).

Modbus ASCII utilise le LRC :

Contrôle de Redondance Longitudinale (1 octet).

le CRC d'une requête et d'une réponse Modbus ne sont pas les mêmes, car ils sont calculés sur des données différentes. Chaque trame, qu'elle soit une requête ou une réponse, a son propre CRC qui est calculé à partir de ses propres données.

Requête (Request) :

Le maître envoie une trame avec un CRC calculé à partir de tous les octets précédents (adresse de l'esclave, code de fonction, données). L'esclave reçoit la trame, recalcule le CRC et le compare au CRC reçu. Si les CRC correspondent, la trame est valide, sinon elle est rejetée.

Réponse (Response) :

L'esclave envoie une trame avec un CRC calculé à partir de tous les octets précédents (adresse de l'esclave, code de fonction, données). Le maître reçoit la trame, recalcule le CRC et le compare au CRC reçu. Si les CRC correspondent, la trame est valide, sinon elle est rejetée.

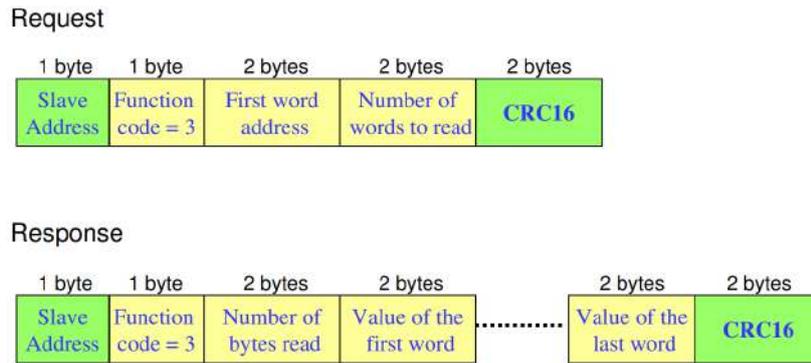


FIGURE 4.14 – Exemple pratique d’une trame Modbus série.

4.5 Modbus RS485

4.5.1 Caractéristiques

RS485 (souvent appelée EIA485) est une norme qui définit les caractéristiques électriques de la couche physique d’une interface numérique sérielle. La transmission se fait sur une ligne électrique, en pratique une paire torsadée, par des variations de tension en mode différentiel[12]. La vitesse de transmission en Modbus RS485 peut atteindre de 9600 jusqu’à 19200 bits par seconde. La vitesse de RS485 est nettement supérieure aux versions à simple terminaison RS232 . Ce réseau peut connecter jusqu’à 32 dispositifs sans répéteur et un maximum de 247 modules avec des répéteurs. La connexion est bidirectionnelle, permettant d’interconnecter plusieurs modules sur une distance maximale de 1200 mètres (4000 pieds).

- **Méthode d’accès au média :**

Modbus RS485 utilise une méthode d’accès maître-esclave, où un dispositif maître contrôle les communications et les dispositifs esclaves répondent aux requêtes du maître.

- **Méthode de transmission :**

La transmission se fait par trame, où les données sont envoyées sous forme de messages structurés.

- **Taille maximale des données utiles :**

La taille maximale des données utiles dans un message Modbus est de 120 mots (words), soit 240 octets.

- **Sécurité de la transmission :**

La sécurité de la transmission est assurée par plusieurs mécanismes :

CRC : Utilisé pour vérifier l’intégrité des données transmises et détecter les erreurs.

Délimiteurs de début et de fin : Les messages commencent et se terminent par des délimiteurs spécifiques pour indiquer les limites des données.

Bit de parité : Utilisé pour la détection d’erreurs simples.

4.5.2 Topologie du réseau

La topologie du réseau joue un rôle important dans le choix du RS485 comme interface préférée dans les applications d’acquisition de données et de contrôle. La topologie est un bus linéaire

avec des dérivations. N noeuds sont connectés dans un réseau RS485 multipoint. Pour des vitesses plus élevées et des lignes plus longues, les résistances de terminaison de 120Ω sont nécessaires aux deux extrémités de la ligne pour éliminer les réflexions du signal. Le réseau RS485 doit être conçu comme une ligne avec plusieurs points de connexion, et non comme une étoile. Bien que la longueur totale du câble puisse être plus courte dans une configuration en étoile, une terminaison adéquate n'est plus possible et la qualité du signal peut se dégrader significativement[9].

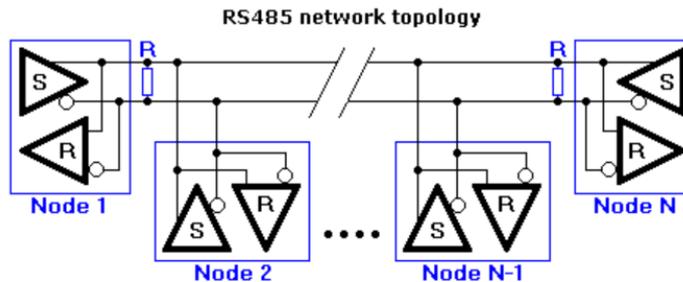


FIGURE 4.15 – la topologie générale du réseau RS485.

4.6 FBM 230

4.6.1 Caractéristiques

Le FBM230 possède quatre ports, il supporte la communication sur quatre, trois, deux ou un bus selon sa configuration. Chaque port peut être configuré individuellement pour RS-232, RS-422 ou RS-485. Physiquement, le FBM230 se monte sur une baseplate. Dans les configurations non redondantes, le FBM230 est utilisé pour communiquer avec des dispositifs à port unique. Dans les configurations redondantes, le FBM230 peut communiquer avec des dispositifs à double port. FBM230 peut supporter jusqu'à 4 dispositifs connectés directement (RS-232 ou RS-422) ou jusqu'à 64 dispositifs RS-485 répartis sur ses quatre ports (16 dispositifs par port). Les dispositifs RS-485 se connectent au TA en utilisant des connexions à vis ou à anneau sur le TA.

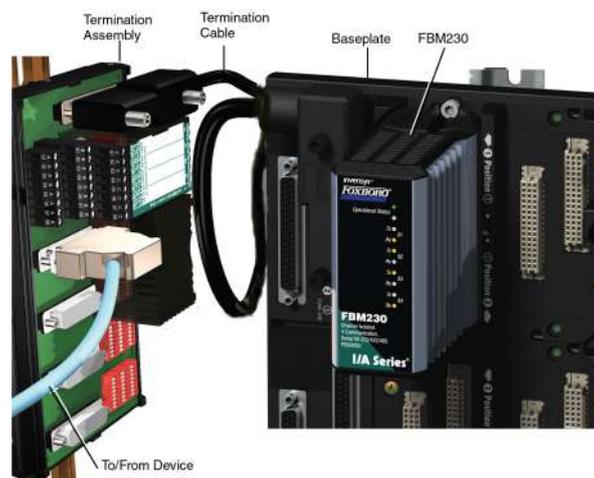


FIGURE 4.16 – FBM230

4.6.2 Bloc de raccordement TA (Terminal Assembly)

Un TA fournit la connexion physique des dispositifs aux ports du FBM230 . Le TA est disponible avec des vis de compression ou des cosses à anneau pour effectuer les connexions des fils de terrain vers/ depuis les dispositifs. Un seul FBM230 utilise un TA pour se connecter à des dispositifs à port unique. Dans une architecture redondante utilisant une paire de FBM230, des TA séparés sont utilisés pour se connecter aux deux ports d'un dispositif à double port. Le TA permet la connexion de jusqu'à quatre câbles RS-422 et/ou RS-485 et de câbles série RS-232 DB-25 dans n'importe quelle combinaison.

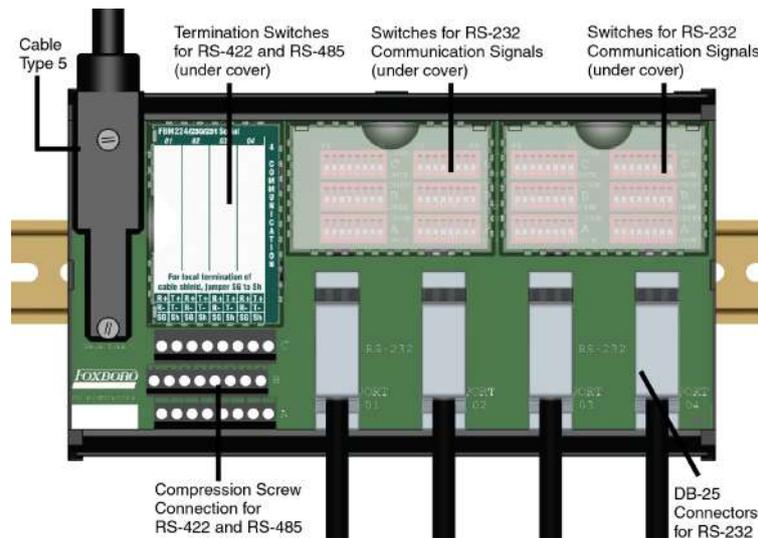


FIGURE 4.17 – TA de FBM230

4.6.3 Connection de Cable RS485

N'importe quels ports d'un FBM230 peut être RS-232, RS-422 ou RS-485. La norme de communication pour chaque port dépend de la configuration des ports du FBM230 et du dispositif. Le RS-485, à deux fils, utilise un câble à paires torsadées avec un blindage. Il est bidirectionnel . Chaque câble RS-485 a une seule paire (Rx/Tx+ et Rx/Tx-).

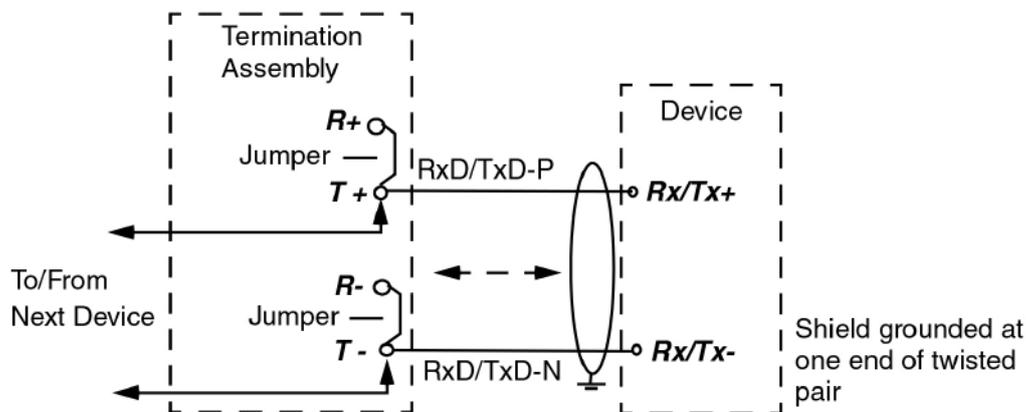


FIGURE 4.18 – Connexion de dispositif RS-485 (2 fils)

Les connexions des câbles RS-485 sont indiquées sur l'étiquette du TA du FBM230 (voir la figure ci-dessous). TA dispose quatre bornes distinctes, R+, T+, R-, et T-. Pour le RS-485 à

deux fils, un Jumper (fourni par Foxboro) est nécessaire entre R+ et T+ et entre R- et T-. Les blindages des câbles sont connectés à la borne SG pour chaque port. SG est la masse du signal et Sh est la masse du cadre. SG correspond aux bornes impaires (1, 3, 5 et 7) sur le TA. Sh correspond aux bornes paires (2, 4, 6 et 8) sur le TA.

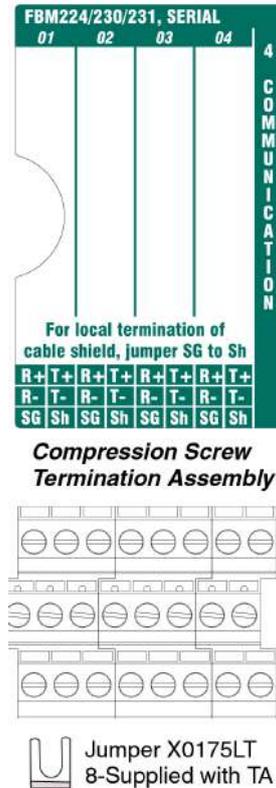


FIGURE 4.19 – Étiquettes TA FBM230 pour RS-485

4.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parlé des méthodes de transmission série et parallèle, ainsi que des transmissions séries asynchrones. Nous avons ensuite examiné le protocole Modbus Série. En nous concentrant sur Modbus RTU RS485, nous avons discuté de ses caractéristiques, de sa topologie réseau et de ses fonctionnalités. Enfin, nous avons abordé les configurations réseau et l'assemblage terminal du module FBM230. Dans le chapitre suivant, nous allons essayer de développer une solution sur DCS Foxboro pour l'unité de dessalement.

Chapitre 5

Développement d'une Solution sur DCS Foxboro

5.1 Introduction

La supervision industrielle est une méthode de surveillance des procédés, garantissant le bon fonctionnement d'un système en activité. Elle offre à l'opérateur la possibilité d'intervenir directement sur les instruments via le système de commande et de contrôle (DCS Série I/A FOXBORO).

Ce chapitre se focalise sur deux aspects primordiaux : la solution matérielle et la solution logicielle pour établir la communication entre le PLC de l'unité de dessalement et le DCS Foxboro. D'une part, nous traiterons de la configuration matérielle, incluant la connexion des équipements via le protocole Modbus RTU (RS485). D'autre part, nous étudierons la configuration des blocs AIN, PAKIN et CIN à l'aide du logiciel ICC (Integrated Control Configurator), ainsi que le développement de l'interface homme-machine (HMI) avec le logiciel FoxDraw. L'objectif de ce chapitre est de simplifier la surveillance et le contrôle des opérations de l'unité de dessalement de pétrole brut.

5.2 Développement d'une solution

5.2.1 La solution matérielle

Dans le cadre de la solution matérielle, nous avons élaboré une proposition visant à établir une connexion entre le Gateway Modbus U46-GW001, localisé dans l'armoire UCP, et le système DCS Foxboro I/A Series, en utilisant le protocole Modbus RTU (RS485).

Cette connexion est essentielle pour assurer une communication efficace et fiable entre les différents équipements de l'unité de dessalement de pétrole brut et le système de contrôle-commande. Plus précisément, la connexion physique est établie à l'aide de trois fils qui sortent du GW001 et se dirigent vers l'arrière de l'armoire UCP où se trouve le marshalling pour connecter les fils au DCS Foxboro via un TA (Terminal Assembly) à l'arrière de l'armoire DCS-CPF. Pour cela, un câble à paire torsadée (d'environ 10 mètres) sera tiré sous le sol de la salle de contrôle CPF entre les deux armoires UCP U46 et DCS-CPF.

Les paramètres de Port 1 RJ45 série du GW001 sont :

- **Connecté** : connecté au DCS.
- **Protocole** : Modbus RTU .
- **Esclave No** : 1.
- **Interface RS** : RS485.
- **Vitesse** : 19200 Bps.
- **Bit de données** : 8.
- **Parité** : Aucune.
- **Bit de Stop** : 1.

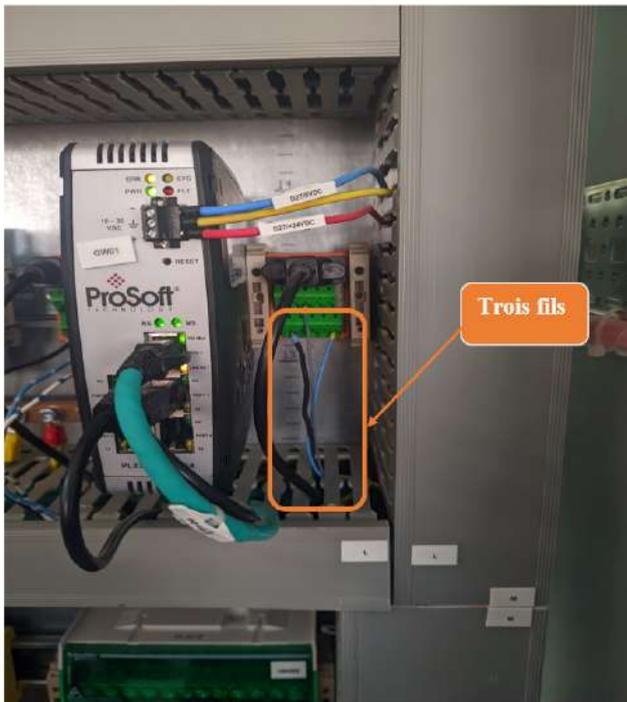


FIGURE 5.1 – Trois fils sortant du GW001.

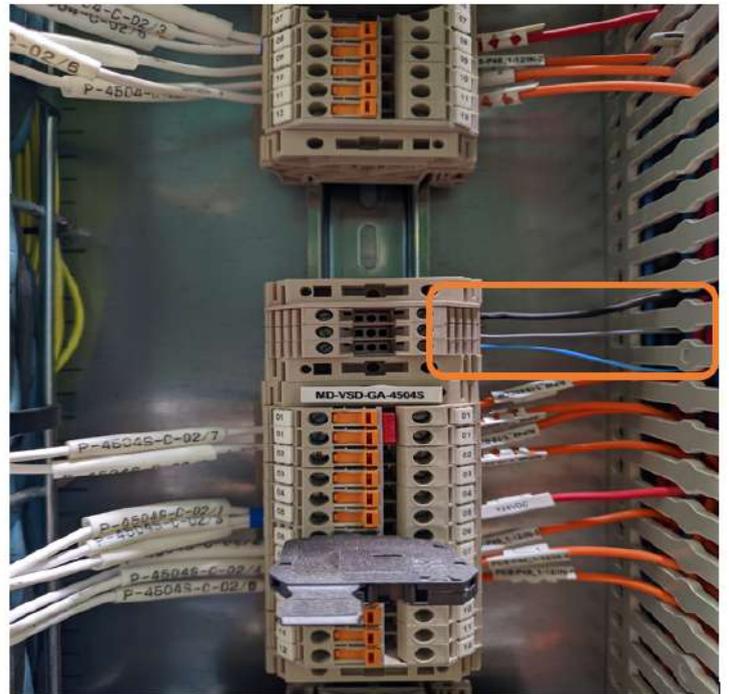


FIGURE 5.2 – Trois fils provenant de GW001 vers le marshalling.

Sur l'armoire DCS-CPF, les deux derniers FBM230, C12114 (Ancien C12111) et C12115 (Ancien C12112), ont été réservés pour la communication Modbus avec le PLC Siemens du Slug Catcher et le DCS Honeywell du champ HBR.

Afin de connecter le câble Modbus de dessaleur, on a opté pour l'exploitation du port 2 de la FBM C12115 (le port 1 est utilisé par le DCS Honeywell HBR).

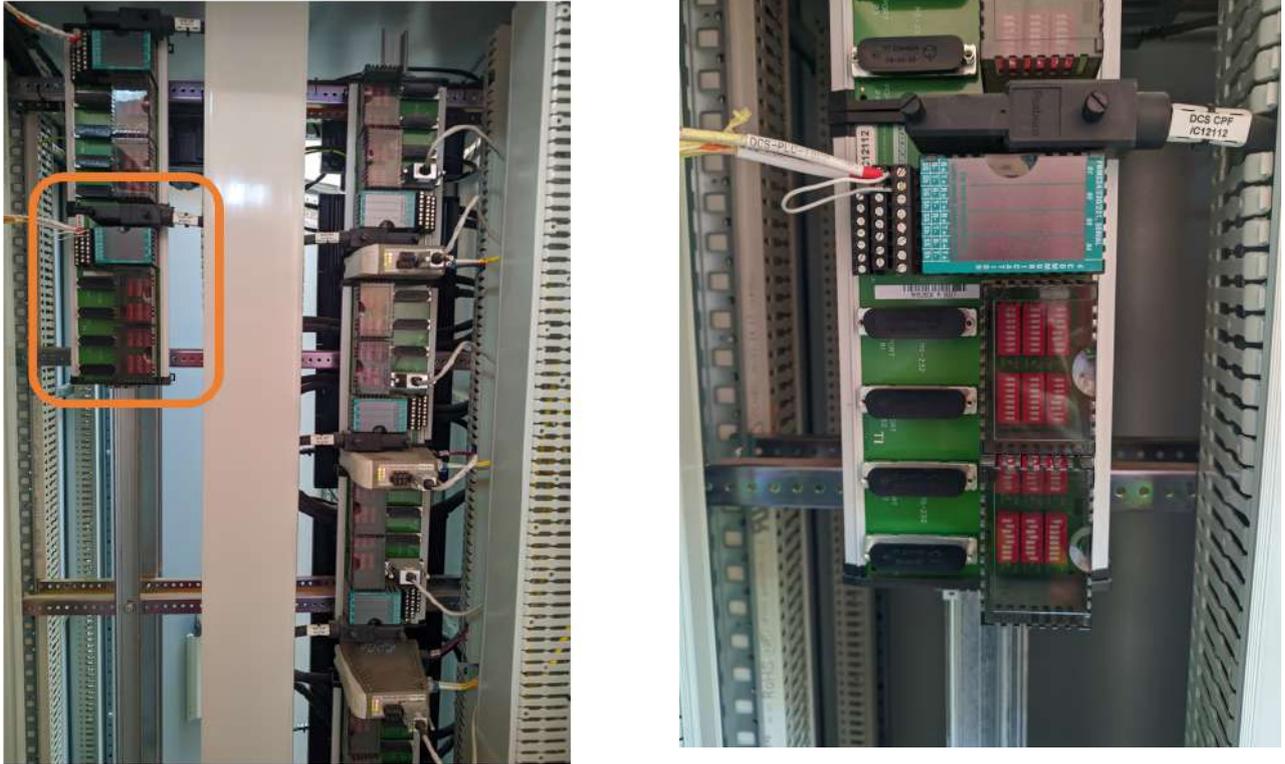


FIGURE 5.3 – TA du C12115.

Par la suite, la connexion se poursuit du TA vers le module FBM 230 déjà intégré dans le système. Enfin, la connexion s'étend jusqu'au CP 0102, assurant ainsi une solution matérielle pour la communication entre le PLC et le DCS Foxboro.



FIGURE 5.4 – Le module C12115 existant.

5.2.2 La solution logicielle

Avant d'entamer le développement d'une solution logicielle sur le DCS FOXBORO, il est essentiel de souligner l'importance du choix de la station de configuration, car seule la station host AW0101 qui dispose des utilitaires nécessaires pour la modification des configurations et la création des synoptiques et offre l'accès aux autres stations [4].

Ensuite, trois utilitaires principaux sont nécessaires :

- **FoxView** est l'interface utilisateur de FOXBORO qui offre à l'opérateur un aperçu du processus.
- **Integrated Control Configurator (ICC)** pour configurer les Blocs et les compounds.
- **FoxDraw** pour la modification et la création des synoptiques (HMI).

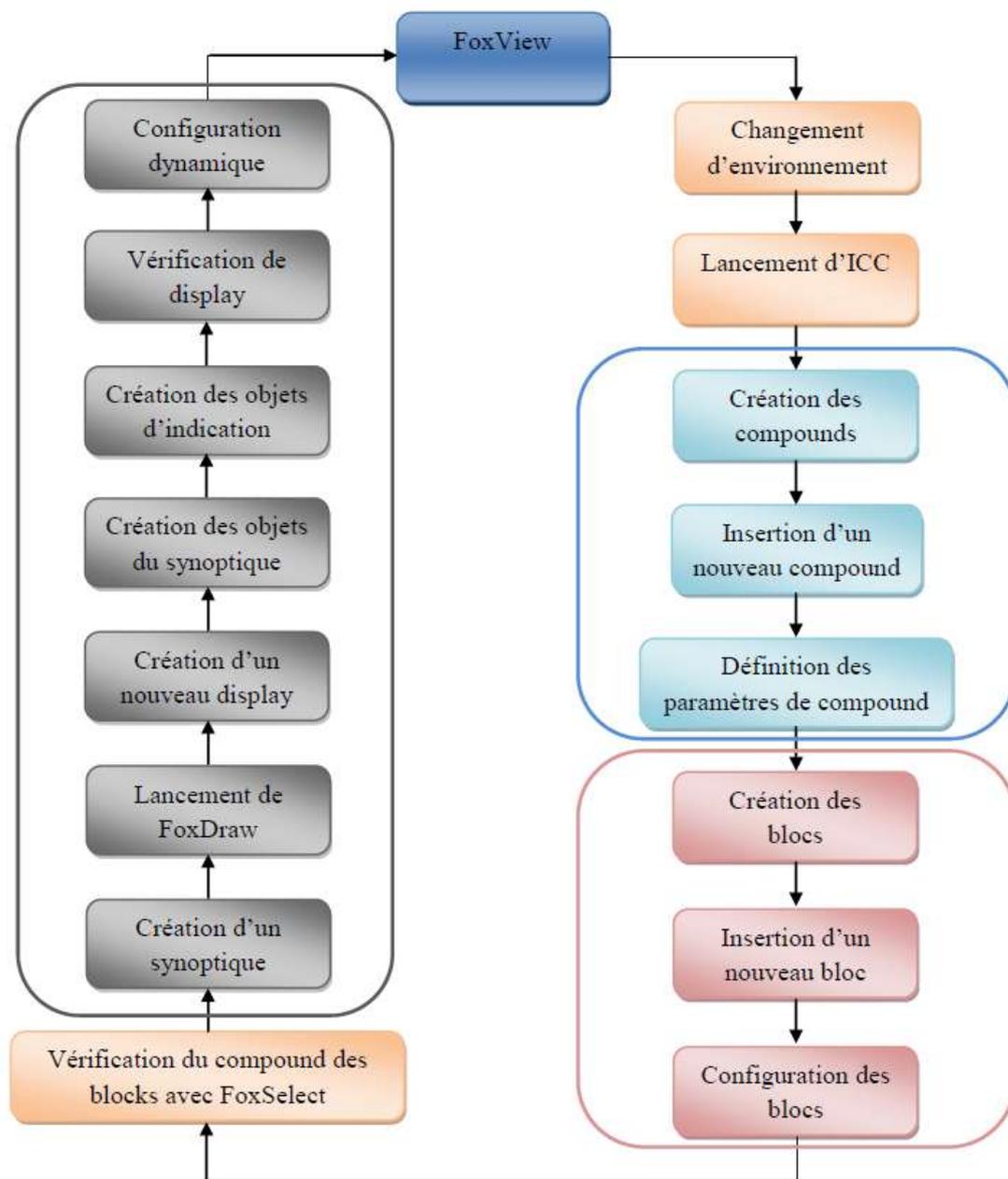


FIGURE 5.5 – Organigramme des tâches.

5.2.2.1 Notions fondamentales de la configuration

Bloc ECB : Les blocs de contrôle d'équipement (ECB) servent de " lieu de stockage " pour les données de configuration de leur appareil associé. Ils sont exécutés dans le processeur de contrôle (CP) selon leur période et phase dans le cycle de traitement des blocs (BPC).

Les ECB sont configurés via l'Integrated Control Configurator (ICC), permettant aux ingénieurs de personnaliser les paramètres selon les exigences du processus.

ECB200 est utilisé pour les FBM de communication (FBM230, FBM231, etc.), un ECB200 est requis pour chaque FBM.

ECB201 est utilisé pour les différents dispositifs (PLC, etc.) connectés aux FBM de communication, un ECB201 est requis pour chaque dispositif.

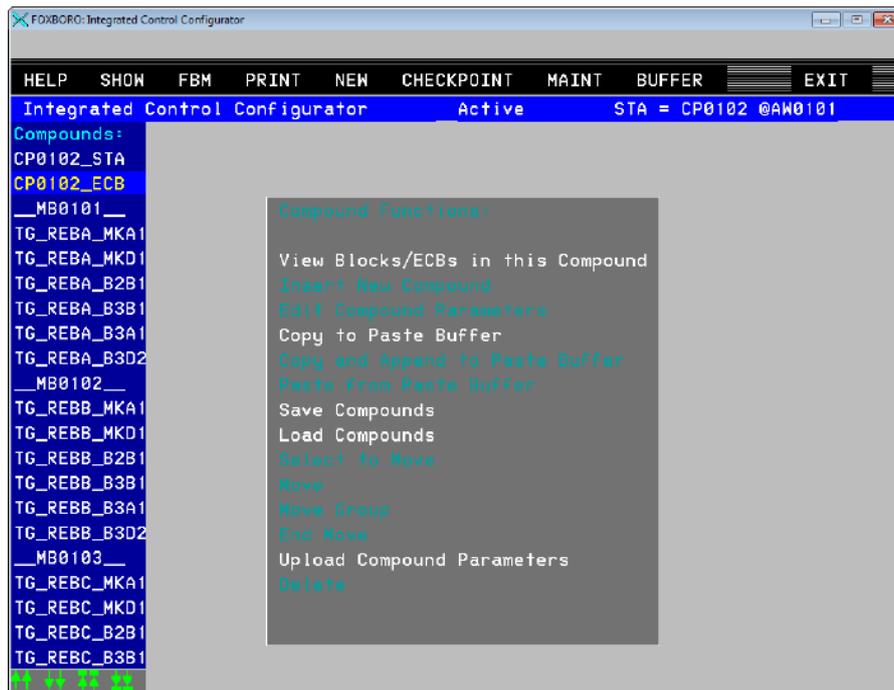


FIGURE 5.6 – ECB200 du FBM 230 C12115.

Compound : un compound est une unité fonctionnelle qui organise les blocs de contrôle des processus industriels. Chaque compound est identifié par un nom défini par l'utilisateur. Les compounds, résidant dans le processeur de contrôle (CP), permettent la communication entre différentes parties du système et assurent une gestion efficace des opérations.

Paramètres de définition du Compound :

Les compounds ont des paramètres qui définissent leur comportement ou les caractéristiques opérationnelles :

- NAME : Nom du compound (12 caractère max).
- DESCRP : Descriptif (32 caractère max).
- PERIOD : Code numérique de période (0 à 12).
- PHASE : Déphasage
- ON : Commande logique d'activation (0 = Inactif; 1 = Actif)
- CINHIB : C'est un paramètre qui décide si les alarmes du compound doivent être activées ou désactivées pour éviter les alarmes inutiles pendant certaines opérations. (0 = pas d'inhibition donc les messages d'alarme seront générés normalement).
- GR1DV1, GR1DV2 : Ce sont des paramètres utilisés pour configurer les alarmes où l'on définit les stations qui reçoivent les alarmes, les imprimantes associées aux alarmes,

ainsi que les stations d'historisation des alarmes pour les archiver et les consulter plus tard.

Blocs d'Entrée Analogique (AIN/RIN) : Ils sont utilisés pour lire les signaux analogiques provenant des transmetteurs et autres dispositifs de mesure, tels que les transmetteurs de température, de pression, et de débit. Les valeurs analogiques (Signal Industriel SI : 4 - 20 mA) sont converties en valeurs numériques (Signal Numérique SN : 0-64000) pour être traitées par le système.

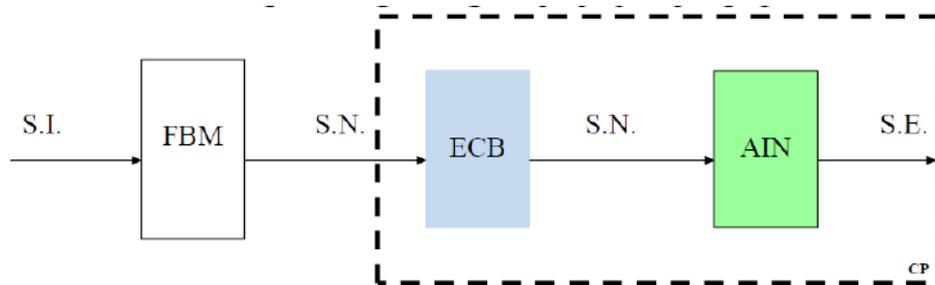


FIGURE 5.7 – Environnement du bloc AIN.

Le signal d'exploitation (SE) est une valeur de type réel (12800-64000 , SCI = 3) exprimée dans une unité d'exploitation EO1 (% par défaut) sur une échelle allant de LSCO1 (Low Scale, 0.0 par défaut) à HSCO (High Scale, 100.0 par défaut).

Lors de la conversion SN / SE, certains traitements sont possibles :

- Filtrage optionnel de la valeur lue.
- Conditionnement au choix.
- Production d'alarmes [4].

Principaux Paramètres de Définition du Bloc AIN : Les blocs ont des paramètres qui définissent leur comportement et leurs caractéristiques opérationnelles :

Nom	Signification	Valeur
NAME	Nom	12 caractères
TYPE	Type de bloc	AIN
DESCRIP	Descriptif du bloc	32 caractères
PERIOD	Période d'exécution	0 = 100 ms / 1= 500 ms / 2= 1s
PHASE	Déphase en cycles BPC	0
IOM-ID	Identification du bloc ECB	MB0116 (Par exemple)
PNT-NO	Adresse du point du dispositif	40014 (Par exemple)
SCI	Indice de conditionnement	0 à 44
HSC01	Echelle Haut	100.0 par défaut
LSC01	Echelle Bas	0.0 par défaut
E01	Unité d'exploitation	% par défaut

TABLE 5.1 – Principaux Paramètres de Définition du Bloc AIN

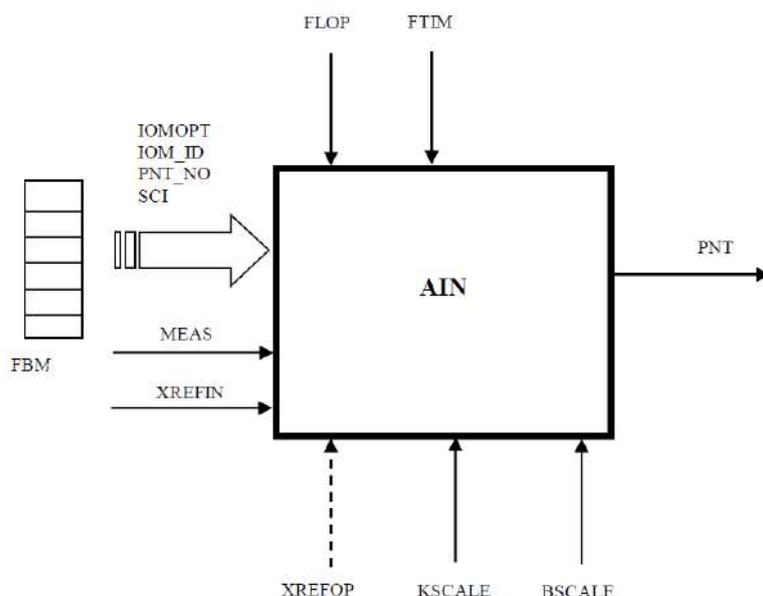
Diagramme simplifié : $PNT = KSCALE \times MEAS + BSCALE$ 

FIGURE 5.8 – Diagramme simplifié du bloc AIN.

Blocs d'Entrée Logiques : Les blocs CIN sont utilisés pour recevoir des signaux d'entrée numériques provenant des instruments .

Ces signaux numériques sont généralement des états binaires (0 ou 1), représentant des conditions ON/OFF ou des événements discrets.

Principaux Paramètres de Définition du Bloc CIN : Les blocs ont des paramètres qui définissent leur comportement et leurs caractéristiques opérationnelles :

Nom	Signification	Valeur
NAME	Nom	12 caractères
TYPE	Type de bloc	CIN
DESCRIP	Descriptif du bloc	32 caractères
LOOPID	Descriptif de la boucle	32 caractères
PERIOD	Période d'exécution	0 = 100 ms / 1= 500 ms / 2= 1s
PHASE	Déphase en cycles BPC	0,1
IOM-ID	Identification du bloc ECB	MB0116 (Par exemple)
PNT-NO	Adresse du point du dispositif	16 (Par exemple)
IN	Entrée auxiliaire	:P-40503.PAKCIN.B16 (Par exemple)

TABLE 5.2 – Principaux paramètres de définition du bloc CIN

Blocs d'entrée Logiques groupée PAKIN : Le bloc d'entrée groupée (PAKIN) lit jusqu'à 32 bits d'un dispositif externe. Il stocke ces données en tant que paramètre long groupé PAKCIN.

PAKIN est utilisé dans des applications où le dispositif externe doit fournir des valeurs de

données binaires au système Foxboro. L'adresse de groupe d'entrée groupée (PKINGP) est configurée par l'utilisateur pour contenir un identifiant de données Modbus. Le bloc PAKIN ne prend pas en charge la détection ou la génération des rapports d'alarmes. Si des alarmes sont souhaitées, des blocs CIN séparés peuvent être utilisés avec une connexion d'extension booléenne à chacun des bits dans le paramètre PAKCIN.

Principaux Paramètres de Définition du Bloc PAKIN : Les blocs ont des paramètres qui définissent leur comportement et leurs caractéristiques opérationnelles :

Nom	Signification	Valeur
NAME	Nom	12 caractères
TYPE	Type de bloc	PAKIN
DESCRIP	Descriptif du bloc	32 caractères
LOOPID	Descriptif de la boucle	32 caractères
PERIOD	Période d'exécution	0 = 100 ms / 1= 500 ms / 2= 1s
PHASE	Déphase en cycles BPC	0,1
IOM-ID	Identification du bloc ECB	MB0116 (Par exemple)
PAKINGP	Adresse dentrée groupée	40504 (Par exemple)

TABLE 5.3 – Principaux paramètres de définition du bloc PAKIN

5.2.3 Configuration des blocs sous ICC

5.2.3.1 Changement d'environnement

Afin d'améliorer à la fois l'efficacité et la sécurité du système DCS Foxboro, une procédure de changement d'environnement est mise en place pour garantir que chaque utilisateur opère dans un cadre qui lui offre des programmes et des affichages spécifiquement adaptés à ses besoins. Chaque environnement est équipé d'une barre de menu, de commandes et d'une barre d'affichage uniques, ce qui permet une gestion optimisée et sécurisée des opérations. De plus, certains environnements peuvent être sécurisés par des mots de passe et des niveaux de protection, assurant ainsi une utilisation restreinte des fonctionnalités sensibles.

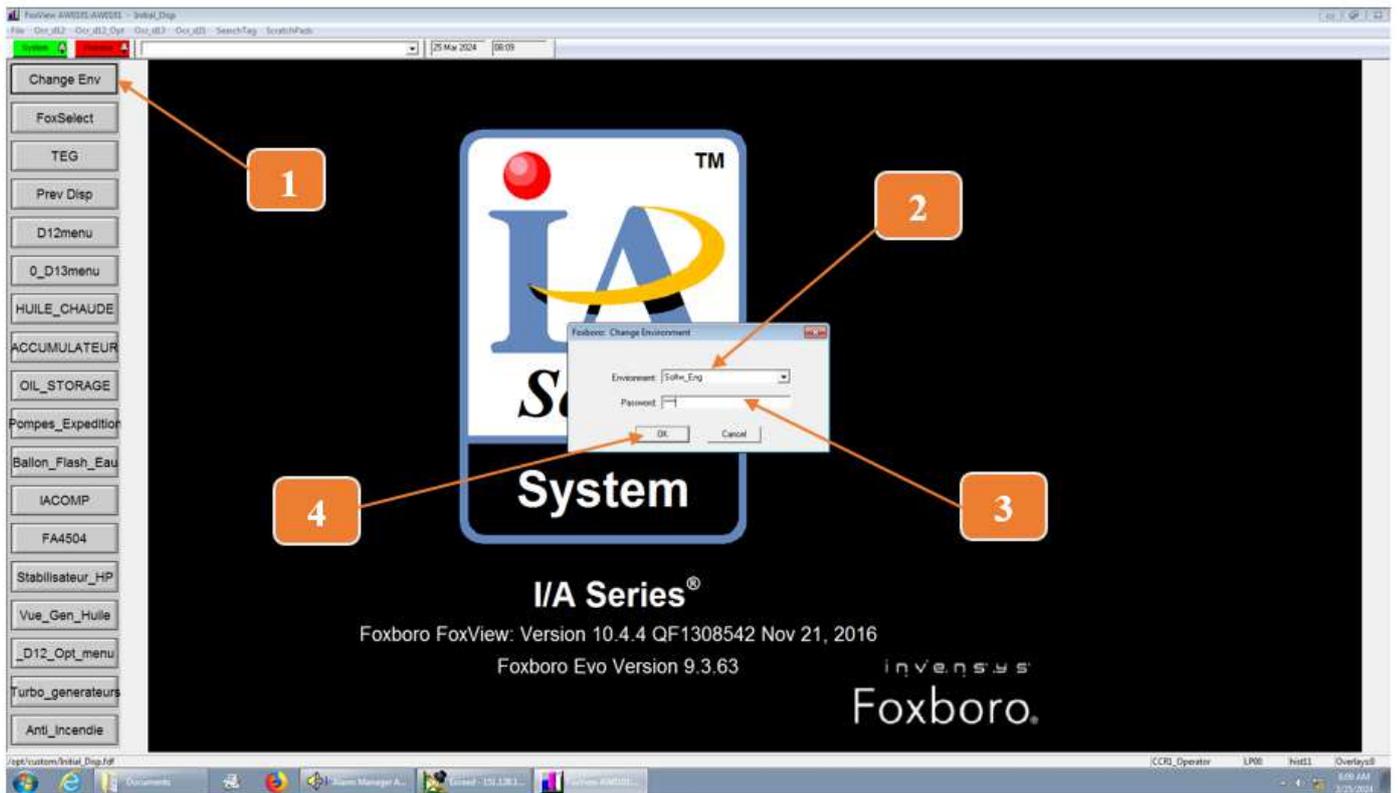


FIGURE 5.9 – Changement d'environnement.

Pour changer d'environnement, nous devons suivre les étapes suivantes :

- 1 : Cliquer sur l'icône "Change Env" située à gauche de l'écran, ce qui ouvrira une boîte de dialogue.
- 2 : Sélectionner l'environnement de l'ingénieur "Softw-Eng" parmi les options disponibles dans cette boîte de dialogue.
- 3 : Saisir le mot de passe requis pour sécuriser l'accès à l'environnement choisi.
- 4 : Cliquer sur "OK" pour finaliser la sélection et accéder au nouvel environnement.

5.2.3.2 Lancement d'ICC

ICC : se trouve dans l'environnement de l'ingénieur "Softw-Eng", accessible via le menu des utilitaires de configuration "Config", aux côtés d'autres configurateurs.

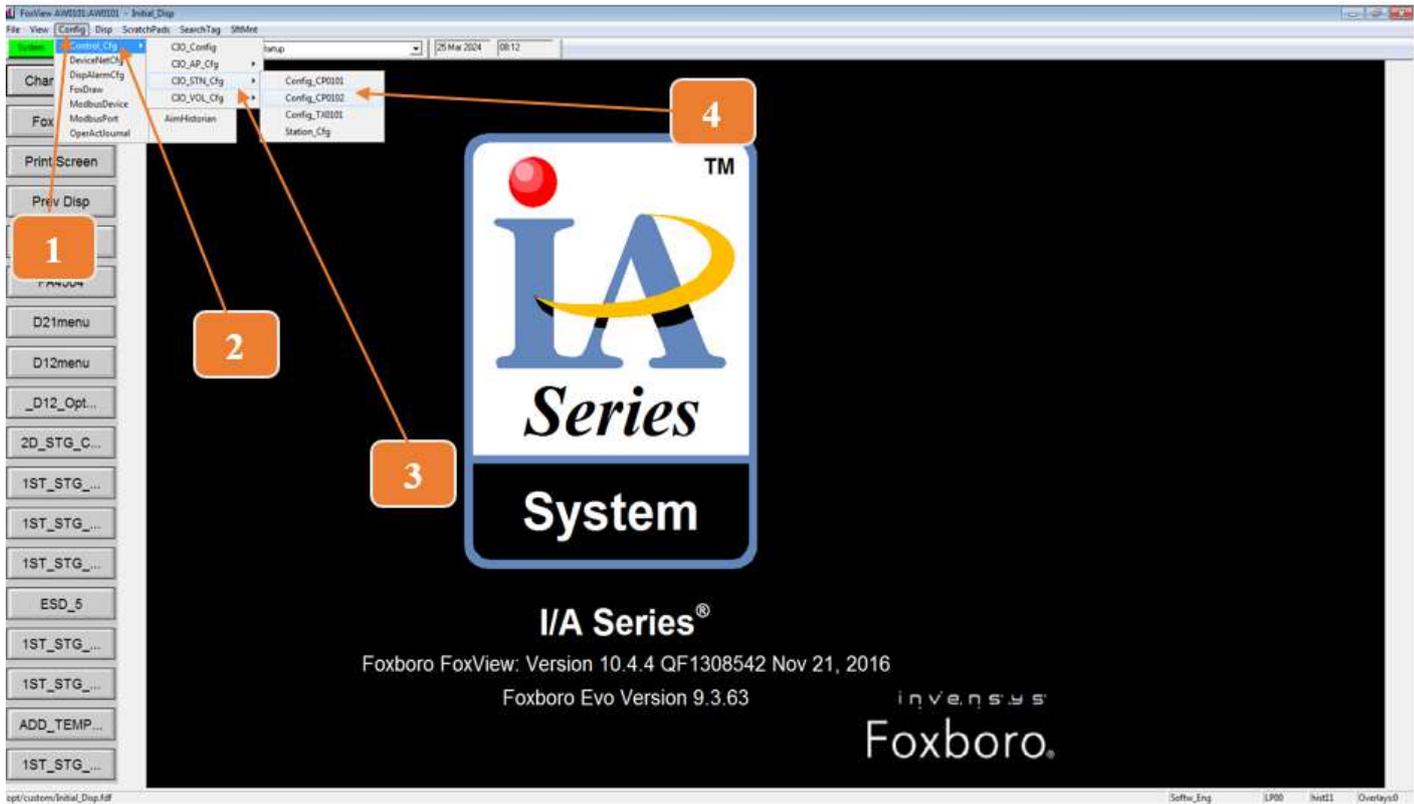


FIGURE 5.10 – Lancement d'ICC.

De l'environnement de l'ingénieur, on suit les étapes suivantes :

- 1 : Cliquez sur "Config" dans la Barre de menu.
- 2 : Sélectionnez "Control-Cfg", ce qui nous donne quatre (04) options.
- 3 : Sélectionnez "CIO-STN-Cfg" pour accéder à une liste des stations disponibles pouvant être configurées.
- 4 : Choisissez la station désirée, qui dans notre cas est le processeur CP0102 lié aux modules FBM de communication.

Une fois que la station de travail a été sélectionnée, ICC devient actif à l'écran.

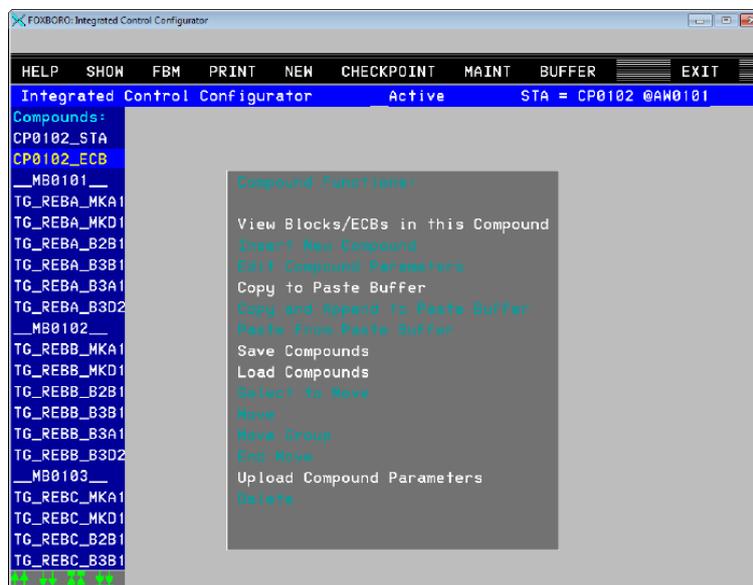


FIGURE 5.11 – Vue initiale de l'ICC.

Dans notre projet (solution matérielle), nous avons utilisé un module FBM230 déjà existant et configuré sous ICC avec un ECB200 nommé C12115, un ECB201 nommé MB0115 (correspondant au dispositif DCS Honeywell HBR) connecté au ECB200 C12115. Ainsi, pour cette partie de la configuration, il est nécessaire d'ajouter un nouveau bloc ECB201 nommé MB0116 (correspond à notre dispositif PLC de dessaleur) connecté au même ECB200 C12115, pour créer les compounds des bloc de communication avec le dessaleur. Afin d'insérer le nouveau bloc ECB201 MB0116 nous devons suivre les étapes suivantes :

- 1 : En cliquant sur "CP0102-ECB".
- 2 : En appuyant sur "View Blocks/ECBs in this Compound "et un menu s'affiche.
- 3 : Dans ce nouveau menu, on choisit "Insert New Block/ECB"

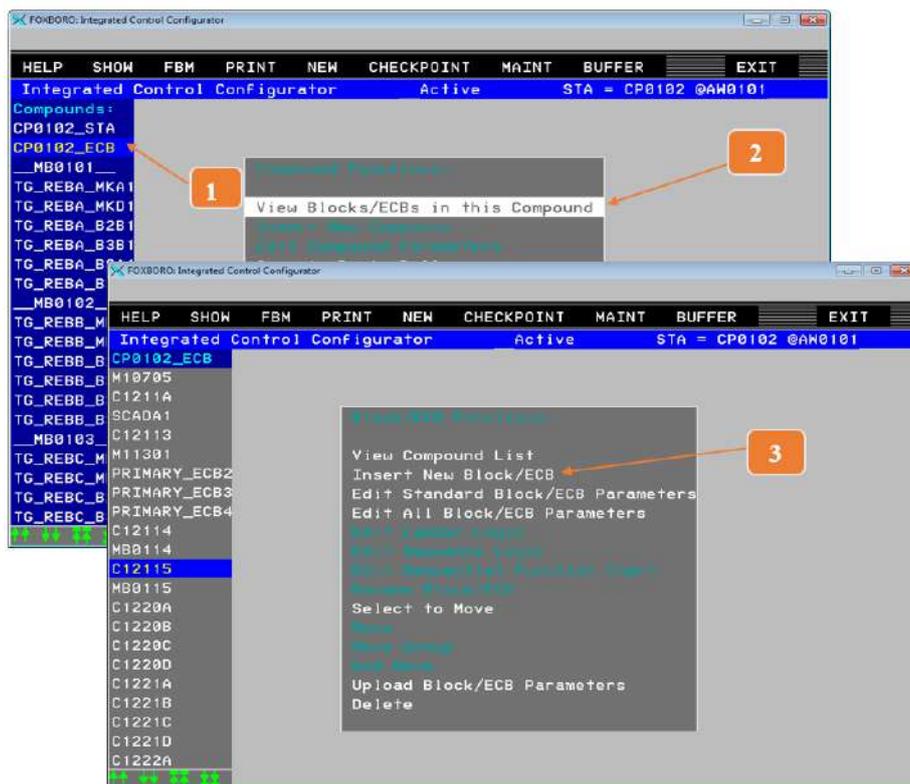


FIGURE 5.12 – Insertion d'un nouveau Bloc ECB.

Un bloc de définition apparaît où on écrit le nom du bloc et son type

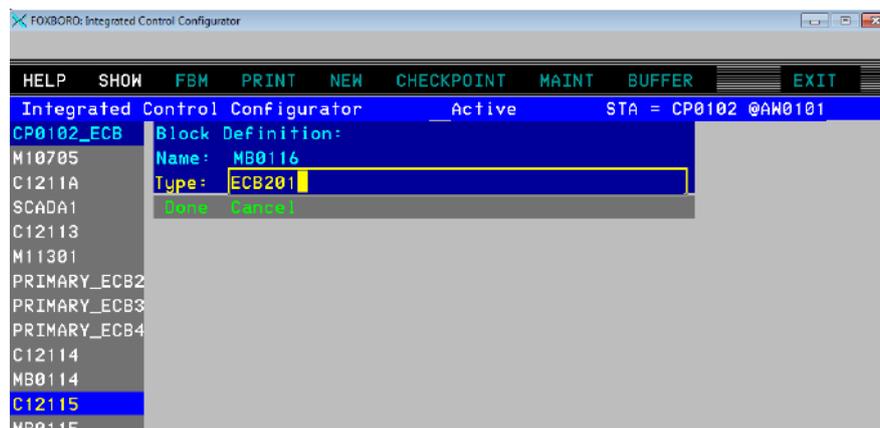


FIGURE 5.13 – Définition du Bloc ECB201 MB0116.

5.2.3.3 Création des Compounds

Après le lancement de l'ICC, la figure affichée permet d'insérer un nouveau compound dans CP0102 , en appuyant sur "Insert New Compound".

Les blocs de ces compounds seront reliés à l'ECB201 créée précédemment, MB0116.



FIGURE 5.14 – Insertion d'un nouveau compound.

Après cela, un champ de définition du compound apparaît où on a écrit le nom du compound qui peut comporter jusqu'à 12 lettres au maximum (dans notre cas, par exemple : DSLR-AR). En appuyant sur "DONE" et le compound sera créé dans la station désirée et apparaîtra avec les autres compounds.

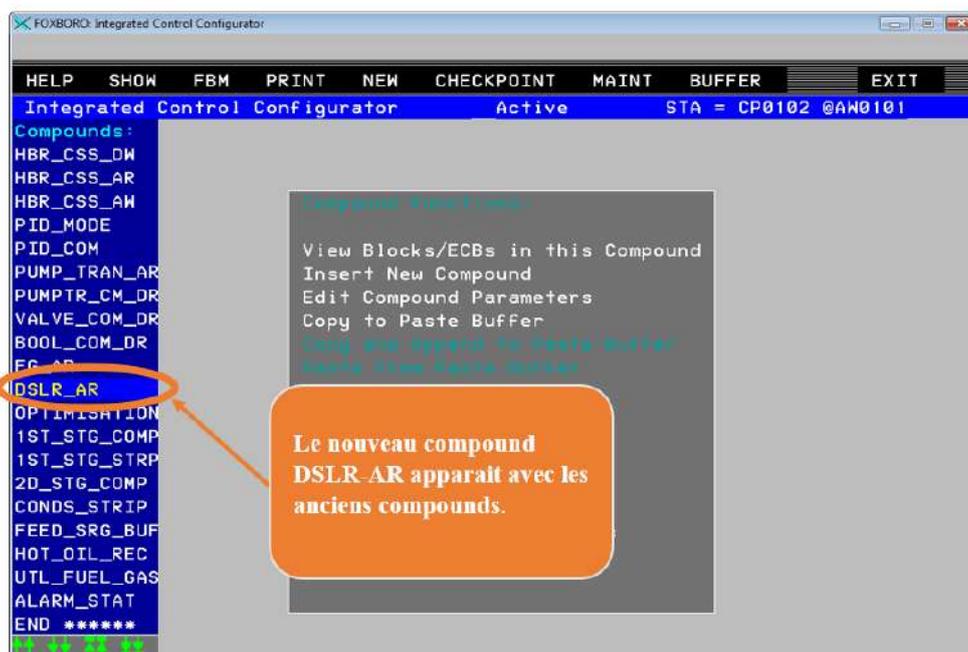


FIGURE 5.15 – L'apparition du nouveau compound.

Après avoir choisi un compound de la liste, on clique sur "Edit Compound Parameters" pour accéder à sa configuration.

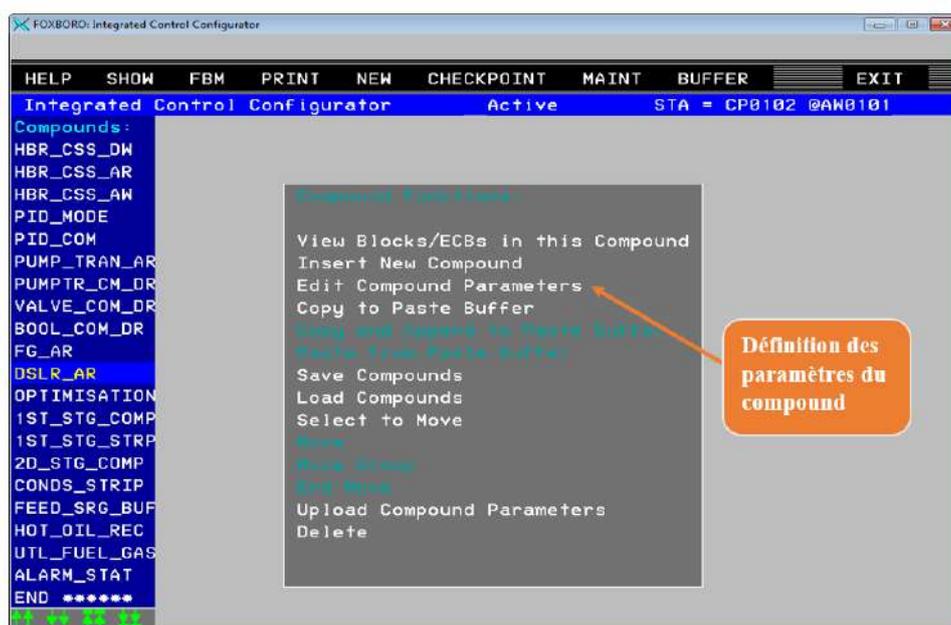


FIGURE 5.16 – Modifier les paramètres du compound.

Après cette étape, la figure suivante s'affiche à l'écran :

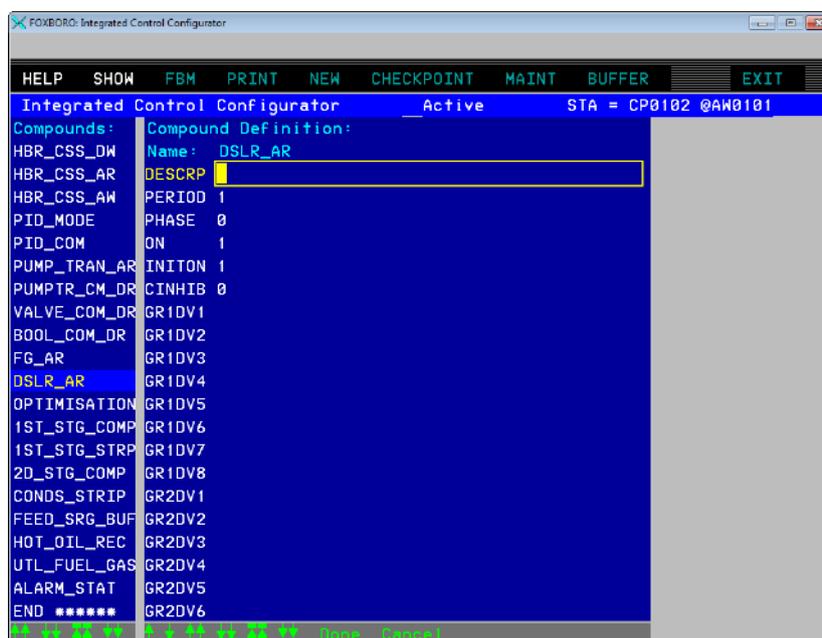


FIGURE 5.17 – Définition des paramètres du compound.

Dans notre projet, nous avons créé et défini les paramètres de huit nouveaux compounds, qui portent les noms suivants :

- DSLR-AR (Tableau de communication analogique)
- FG-AR (Tableau de communication analogique Fire & Gas)
- PUMP-TRAN-AR (Table de communication analogique Pompe/Transformateur)

- PID-MODE (Tableau de communication des Modes PID)
- PID-COM (Tableau de communication PID)
- PUMPTR-CM-DR (Tableau de communication commande Pompe / Transformateur)
- VALVE-COM-DR (Tableau de communication des vannes)
- BOOL-COM-DR (Tableau de communication booléenne)



FIGURE 5.18 – Les nouveaux compounds.

5.2.3.4 Création des Blocs

Pour insérer de nouveaux blocs on choisit d'abord le compound où nous voulons les ajouter et on sélectionne "View Blocks/ECBs in this Compound", un menu des blocs s'affiche. Dans ce nouveau menu, on choisit "Insert New Block/ECB".

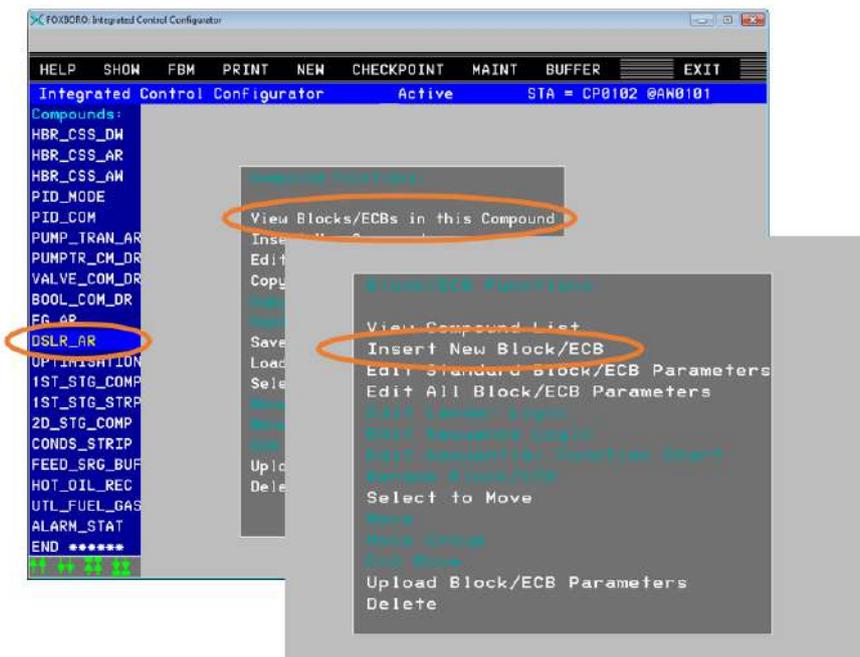


FIGURE 5.19 – insertion de nouveau bloc.

Après ces étapes, on commence à éditer le bloc.

Chaque bloc est identifié par un nom et le type défini par l'utilisateur : On prend un exemple d'un bloc d'entrée analogique LT4651.

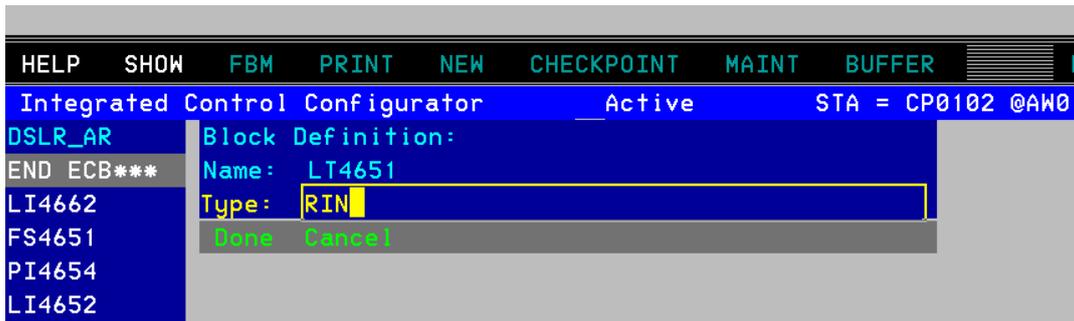


FIGURE 5.20 – Insertion de Nom et type du bloc.

Pour configurer les blocs on sélectionne " Edit All Block/ECB Parametres " du menu de fonction des blocs.

Une fenêtre des paramètres varie d'un type de bloc à un autre, On configure les blocs selon leur type d'information et notre besoin d'utilisation.

On prend toujours un exemple d'un bloc d'entrée analogique de type RIN.

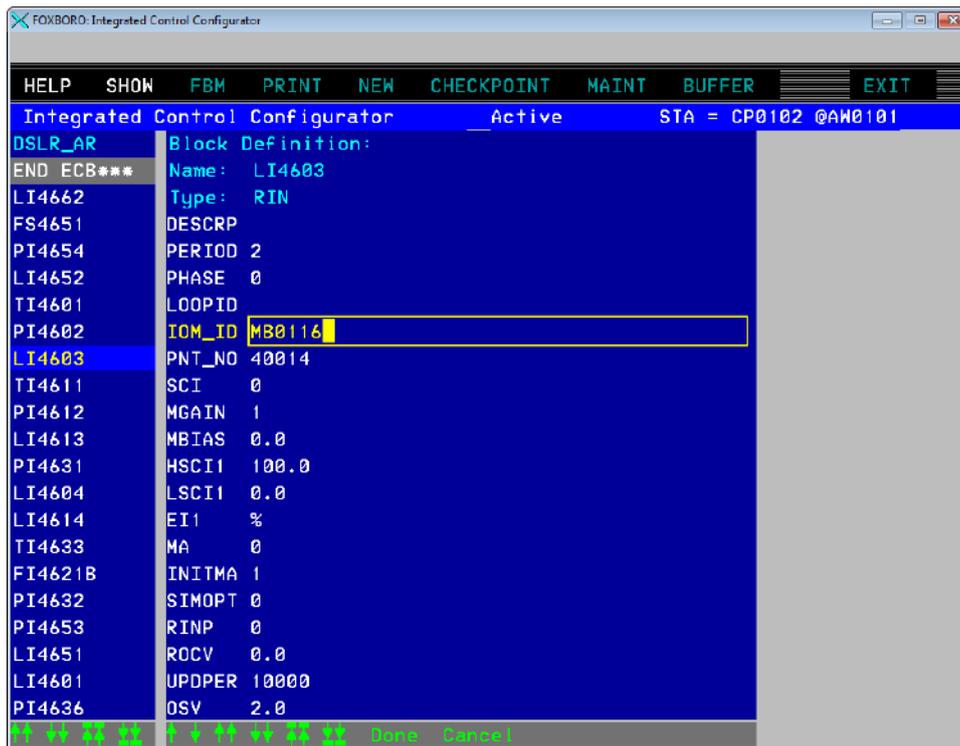


FIGURE 5.21 – Fenêtre de la configuration des paramètres du bloc LI4603 de Type RIN.

Pour les blocs d'entrée numérique, tous les blocs ayant la même adresse Modbus doivent être regroupés dans le même registre, chaque bloc occupant un bit spécifique de ce registre.

Donc, après avoir choisi le compound dans lequel nous voulons ajouter le bloc numérique de type CIN, il faut d'abord créer le registre qui contiendra ce bloc, en suivant les étapes suivantes :

- 1 : En appuyant sur "View Blocks/ECBs in this Compound " et un menu s'affiche.
- 2 : Dans ce nouveau menu, on choisit "Insert New Block/ECB"

Ensuite, nous allons créer un registre nommé P-ModBus Address et de type PAKIN, puis nous définissons ce registre en entrant les paramètres qui le caractérisent. Après avoir terminé la définition du registre, on appuie à nouveau sur "Insert New Block/ECB" pour définir le bloc numérique de type CIN, qui occupera un bit spécifique dans ce registre.

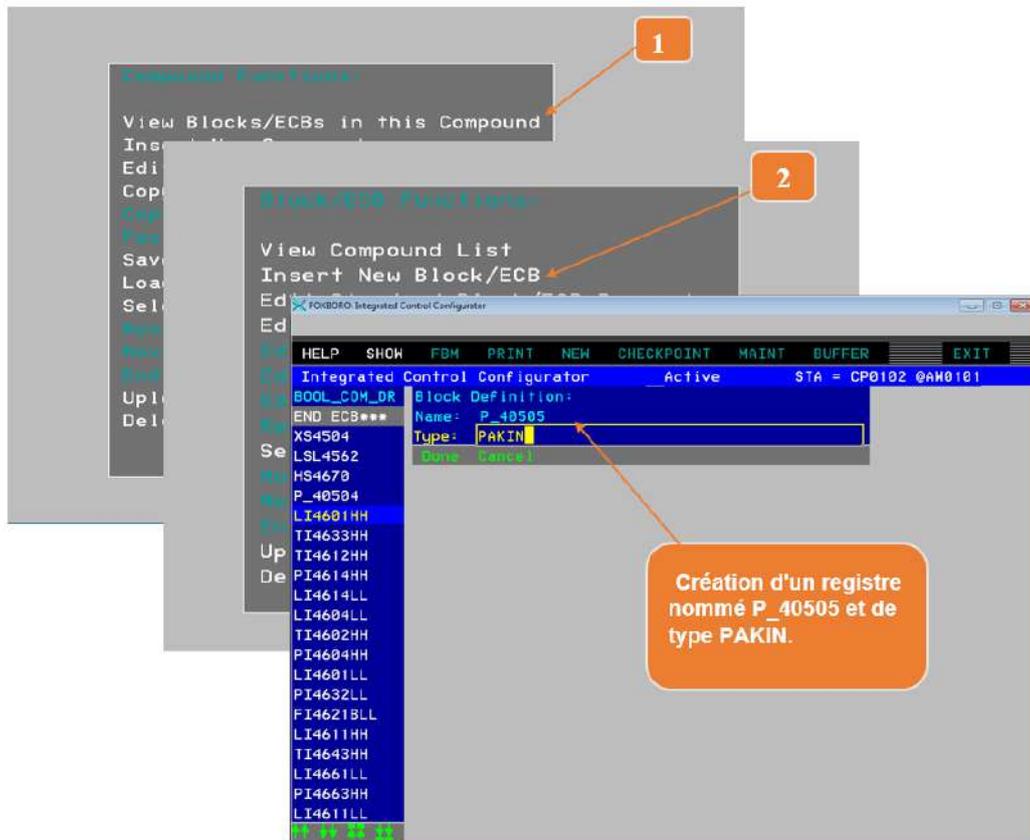


FIGURE 5.22 – Création du registre.

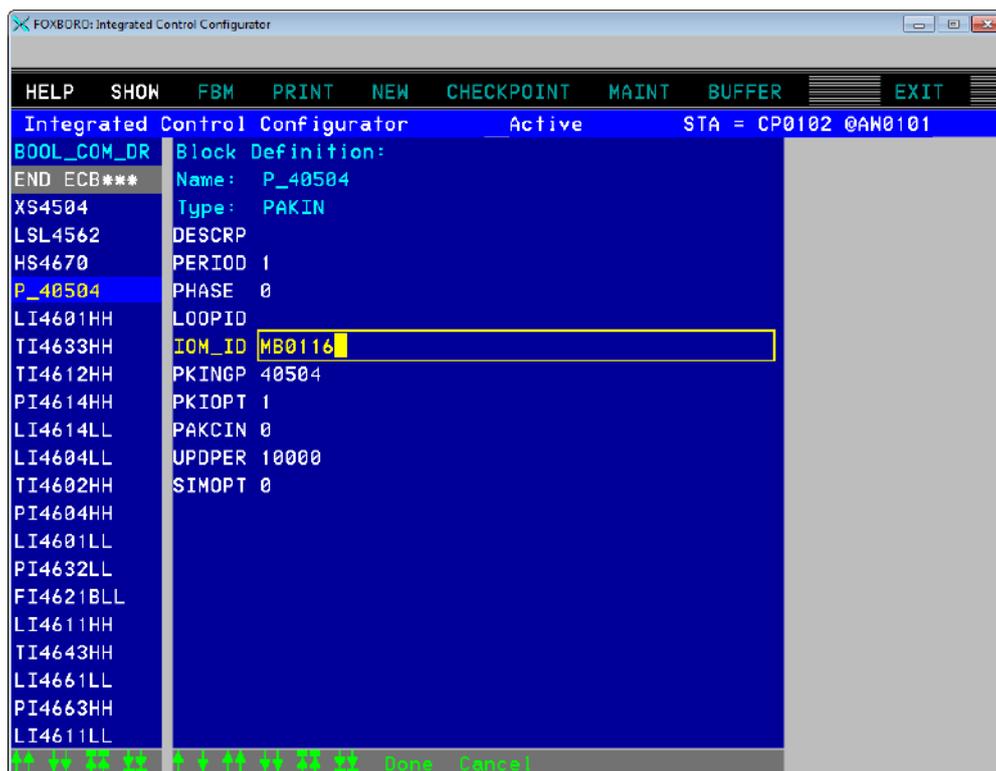


FIGURE 5.23 – Définition du registre.

On prend un exemple du bloc numérique de type CIN LI4601HH, qui occupe le bit 16 dans le registre nommé P-40503 :

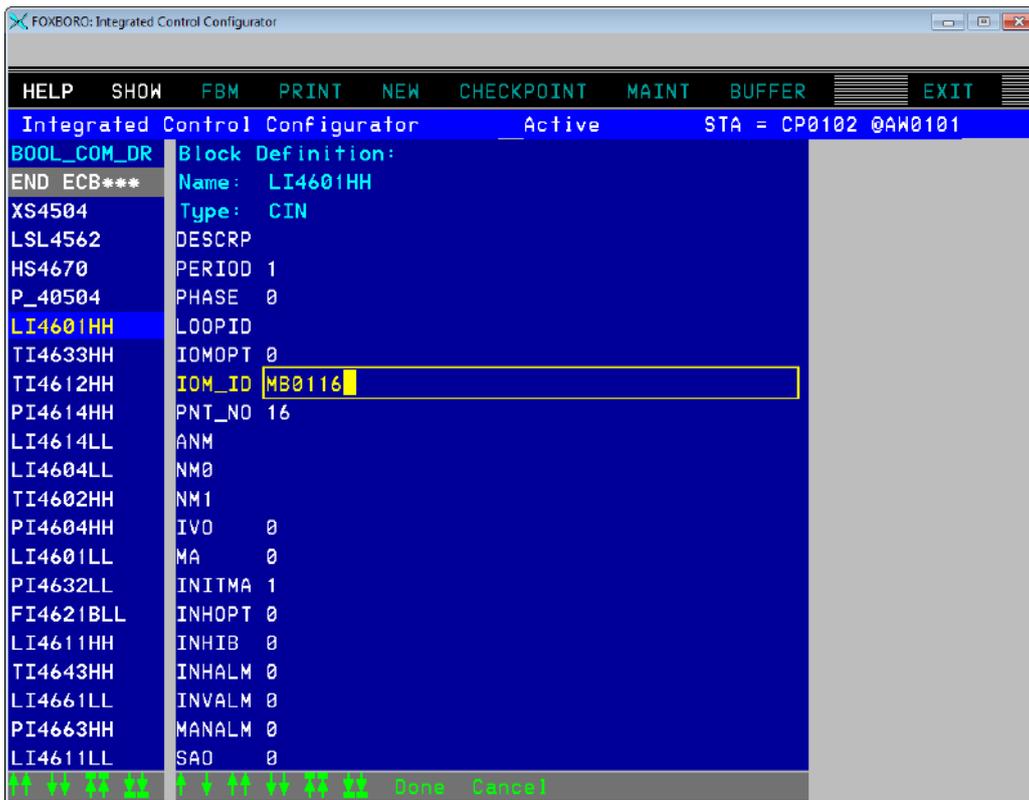


FIGURE 5.24 – Fenêtre de la configuration des paramètres du bloc LI4601 HH de Type CIN.

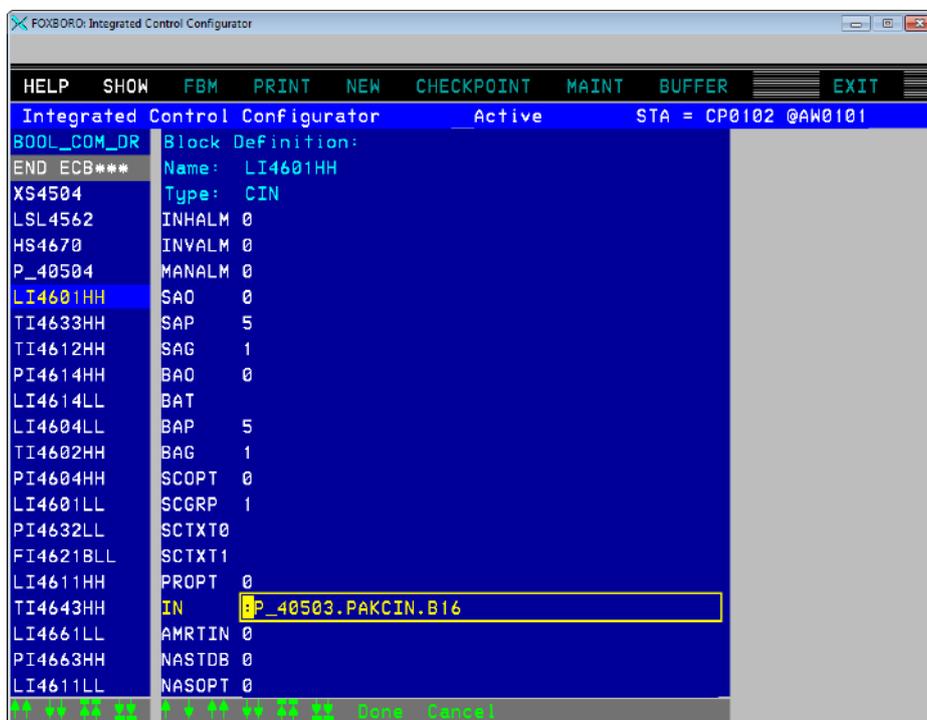


FIGURE 5.25 – Fenêtre de la configuration des paramètres du bloc LI4601.

Pour plus de détails sur les blocs analogiques et numériques que nous avons configurés, veuillez consulter l'Annexe .

5.2.3.5 Vérification des compounds et des blocs sur FoxSelect

Pour accéder à FoxSelect :

- 1 : On clique sur le bouton "FoxSelect" à gauche de l'écran de FoxView.
- 2 : On double-clique sur CP0102.

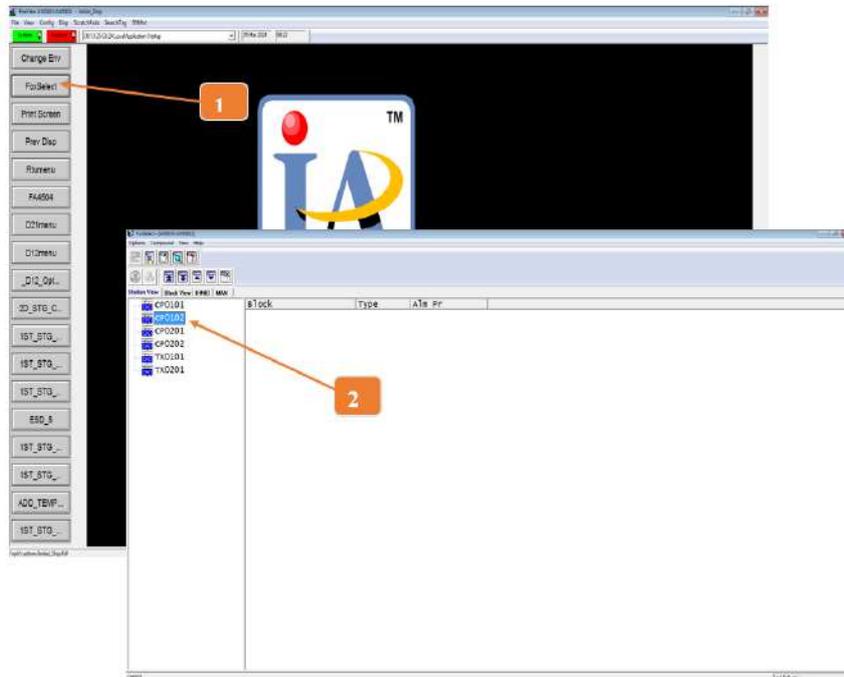


FIGURE 5.26 – Accéder à FoxSelect.

Après ces étapes, la liste des compounds présents dans la station CP0102 s'affiche. On double-clique sur l'un des compounds affichés pour obtenir plus de détails sur les blocs.

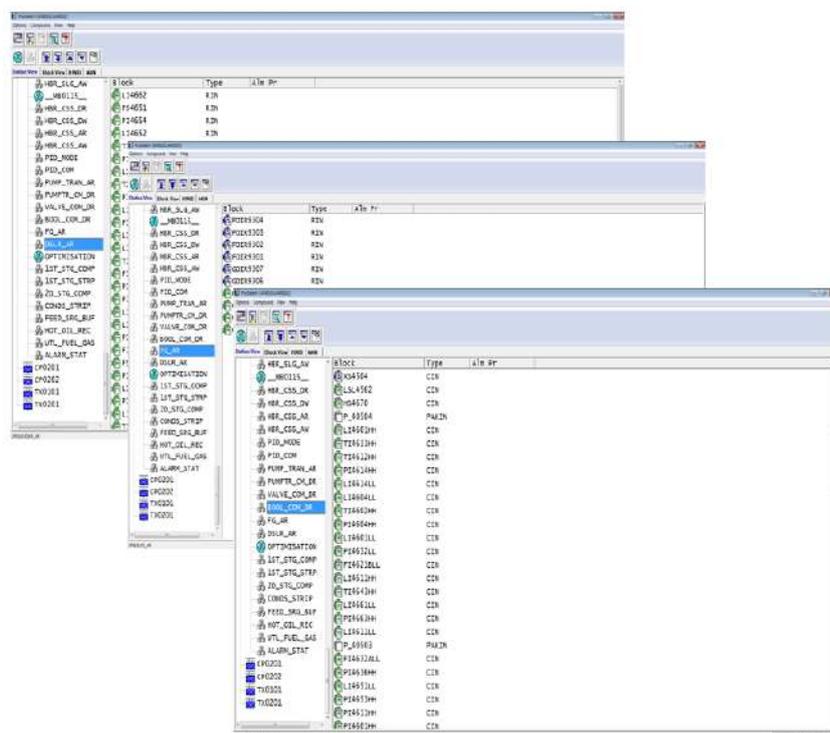


FIGURE 5.27 – Vue de la liste des blocs.

Un bloc est visualisé sous la forme d'une icône représentant un cube dont le contenu a la signification suivante :

- **A** : Bloc en automatique.
- **M** : Bloc en manuel.
- **U** : Bloc indéfini.
- **E** : Bloc erroné.
- **Rien** : Bloc sans mode auto/manu.

Pour obtenir la vue détaillée d'un bloc, il faut double-cliquer sur son nom, et la fenêtre suivante apparaît :

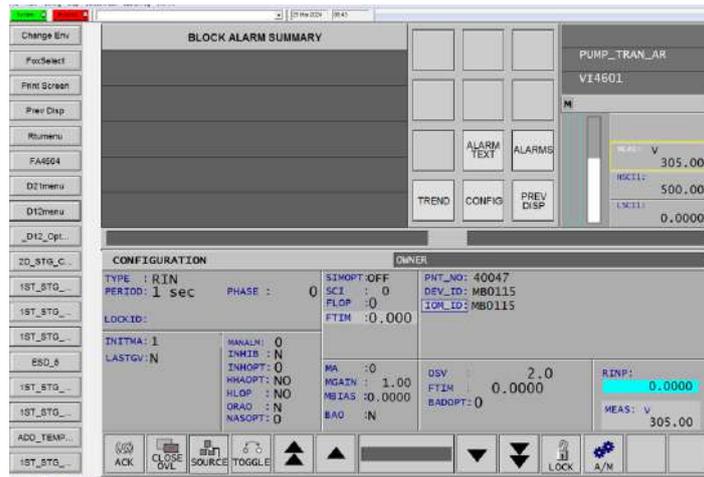


FIGURE 5.28 – Vue de détail d'un bloc.

5.2.4 Conception d'un synoptique

Lancement de FoxDraw :

Pour accéder à FoxDraw, suivez ces étapes :

- **1** : Cliquez sur "Config" dans la barre de menu.
- **2** : Sélectionnez l'option "FoxDraw" pour ouvrir l'application.



FIGURE 5.29 – Lancement de FoxDraw.

Dans notre projet, nous avons créé une HMI pour l'unité de dessalement de pétrole brut que nous avons nommée "D14 Desalter Graphics Menu", où nous avons réalisé l'interface pour ses principaux composants, à savoir :

- CRUDE OIL HEATER.
- SERVICE WATER.
- DEHYDRATOR.
- DESALTER.
- CHEMICAL INJECTION.

Nous avons également réalisé sa matrice Cause & Effet, que nous avons nommée : ESD1 et ESD2

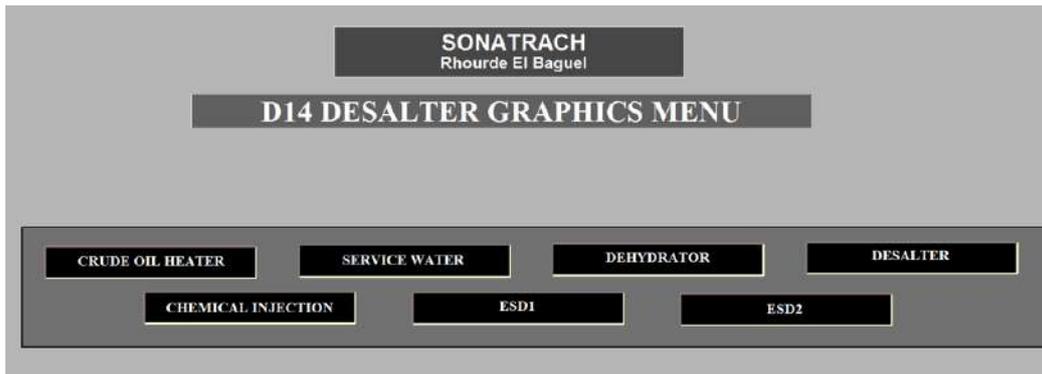


FIGURE 5.30 – Interface graphique de l'unité de dessalement.

Voici les interfaces graphiques détaillées pour chacun des principaux composants de l'unité de dessalement, montrant les contrôles et les paramètres spécifiques associés à chaque élément :

CRUDE OIL HEATER :

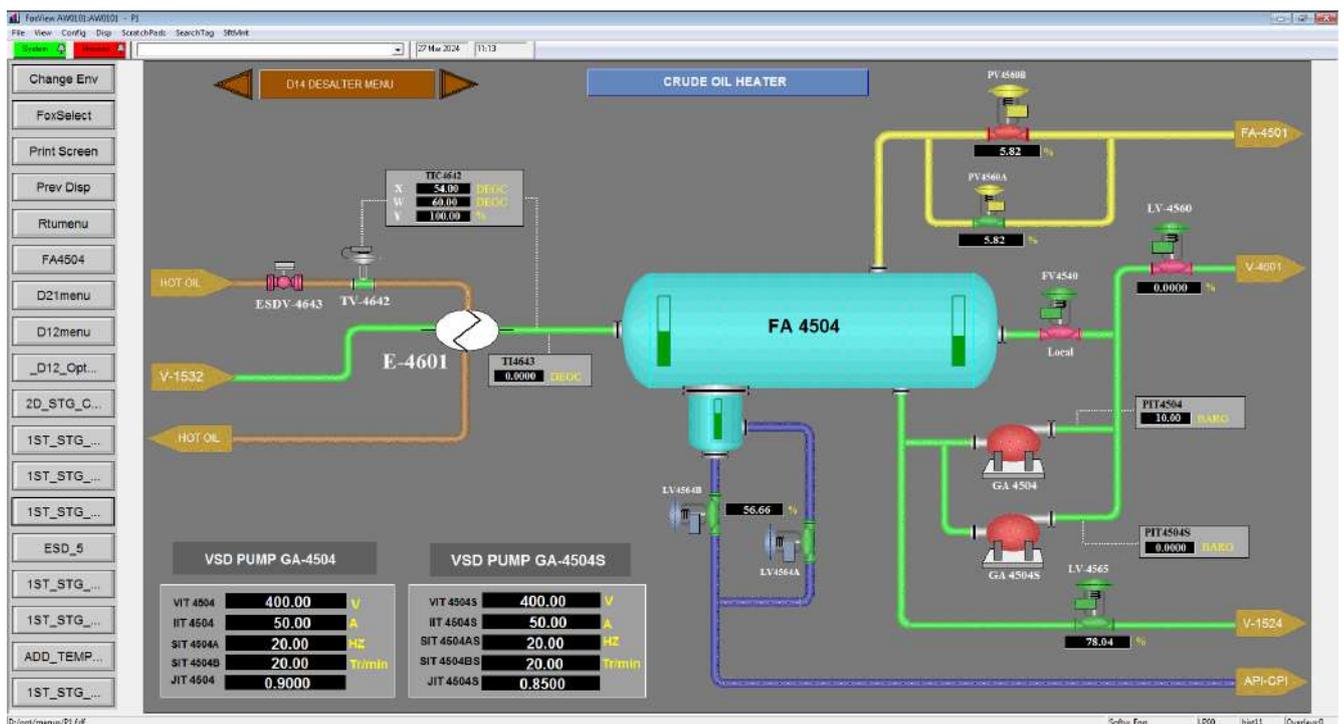


FIGURE 5.31 – Interface graphique -CRUDE OIL HEATER-.

SERVICE WATER :

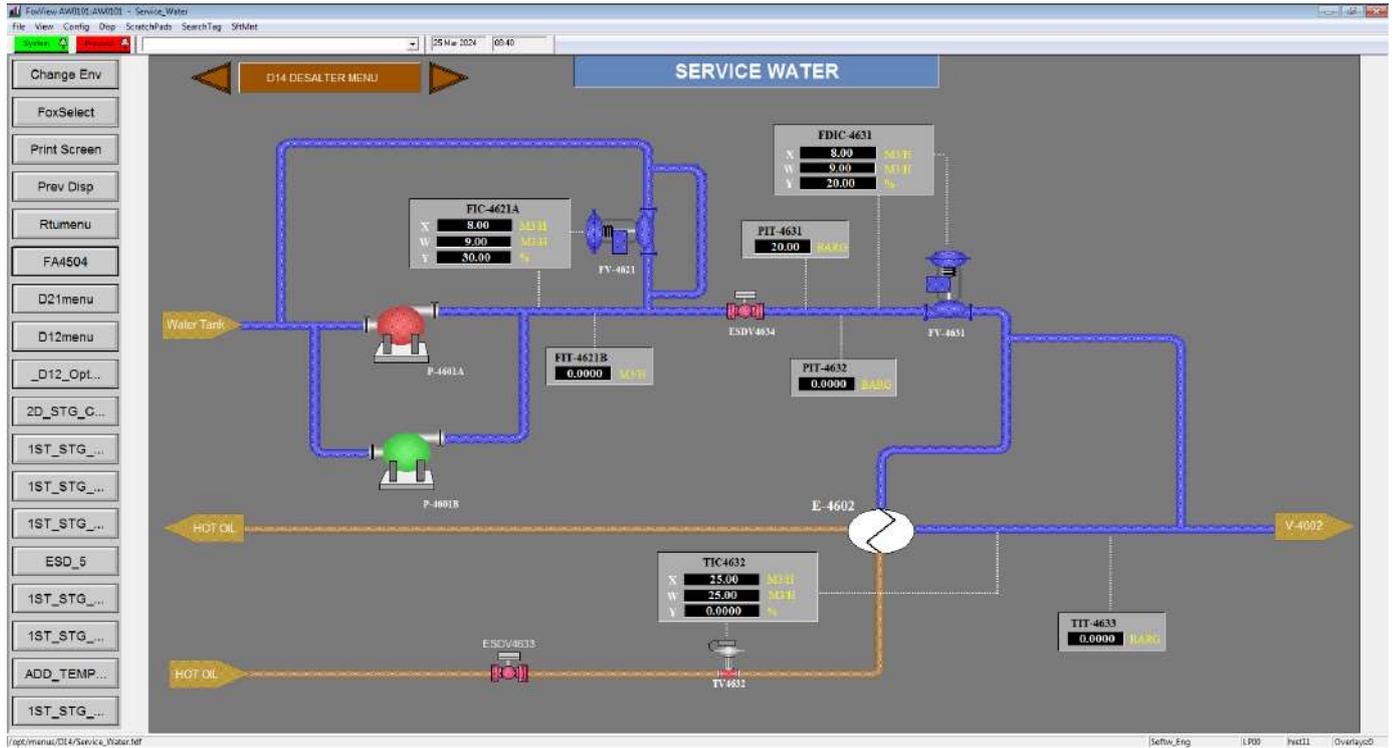


FIGURE 5.32 – Interface graphique -SERVICE WATER-.

DEHYDRATOR :

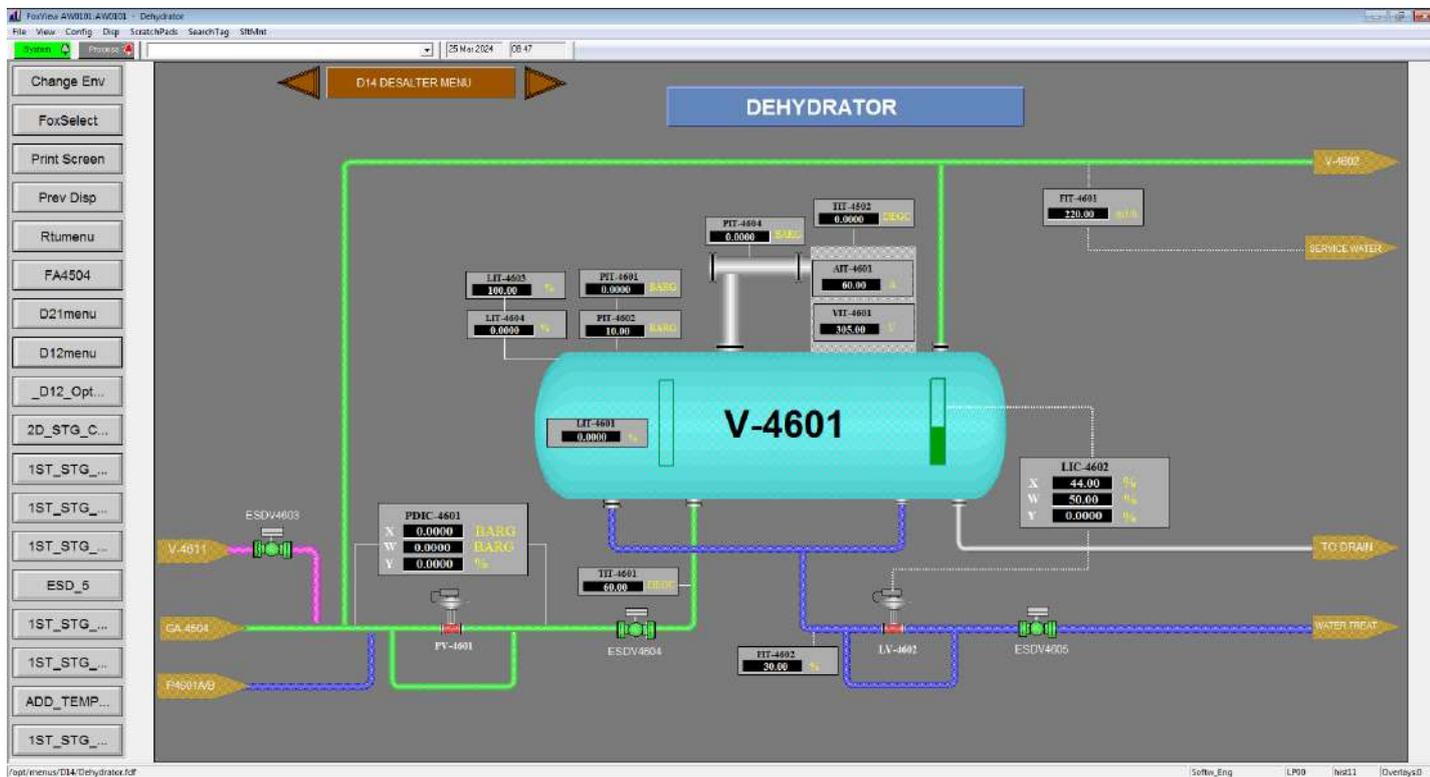


FIGURE 5.33 – Interface graphique -DEHYDRATOR-.

DESALTER :

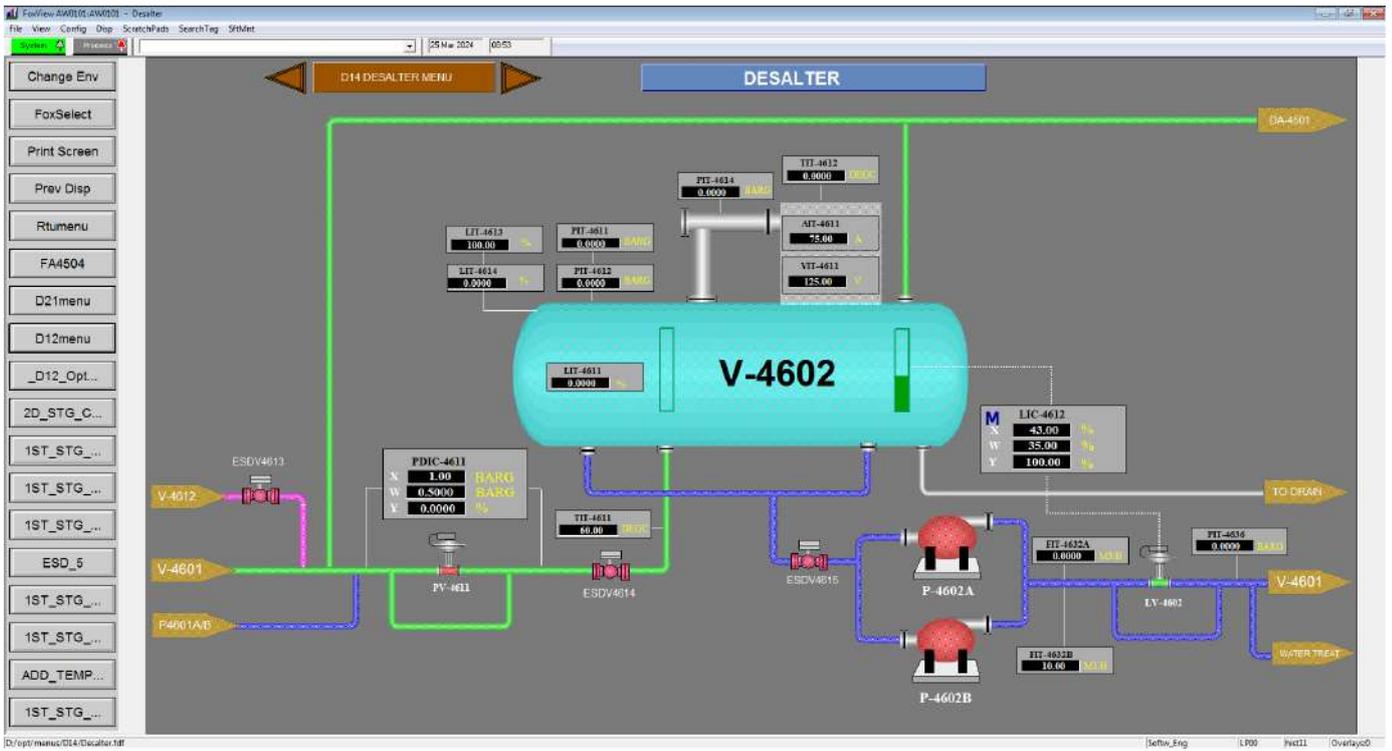


FIGURE 5.34 – Interface graphique -DESALTER-.

CHEMICAL INJECTION :

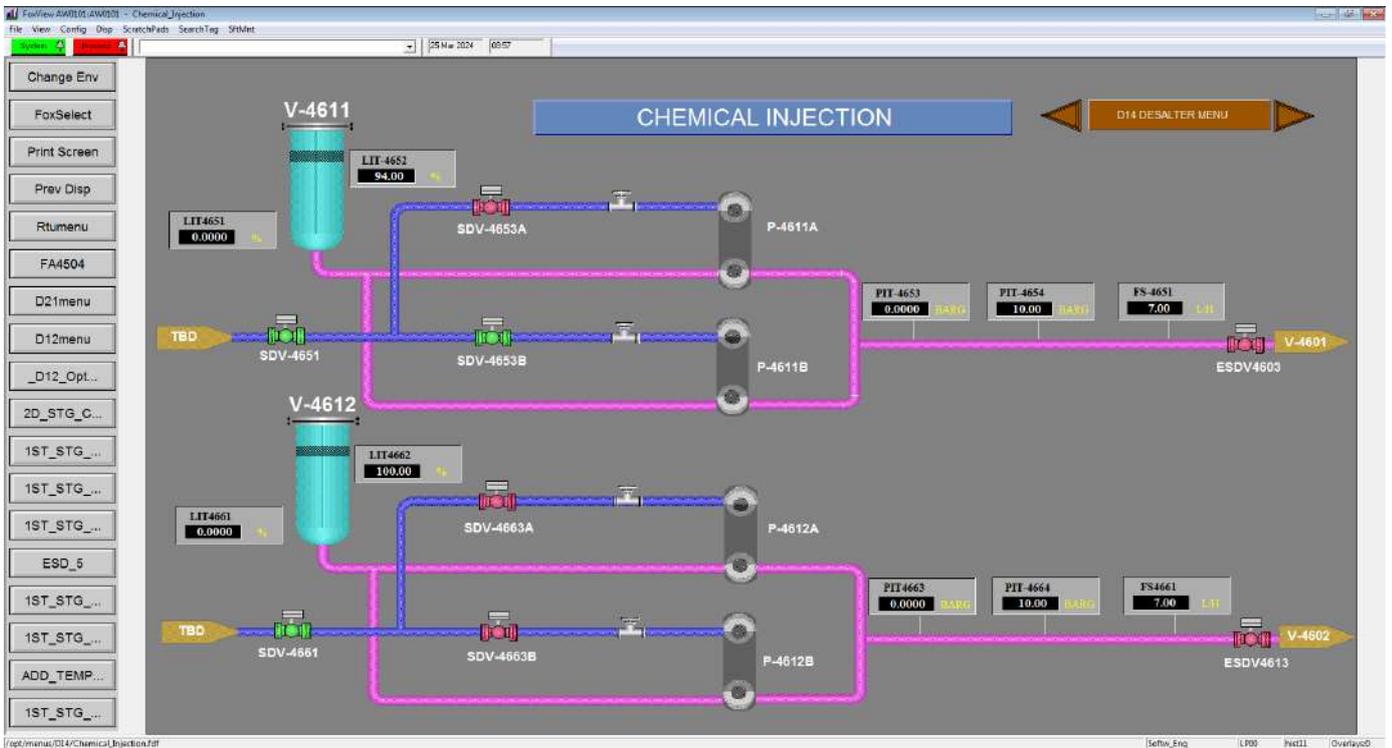


FIGURE 5.35 – Interface graphique -CHEMICAL INJECTION-.

Cause/effect Matrix :

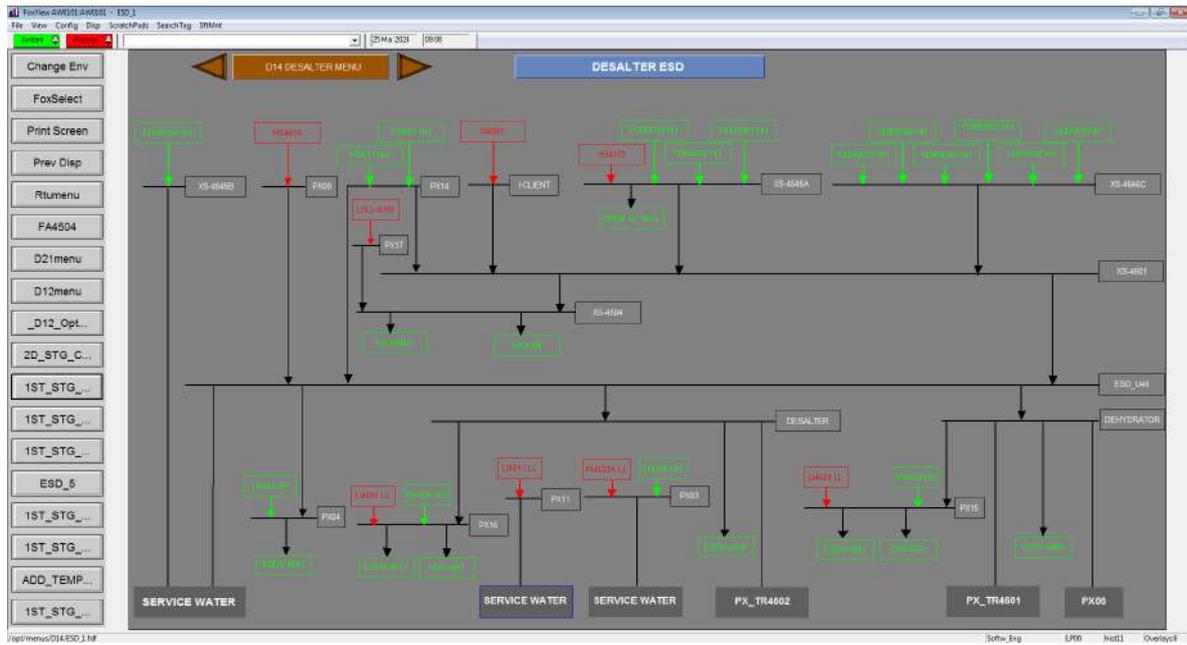


FIGURE 5.36 – Interface graphique -ESD1-.

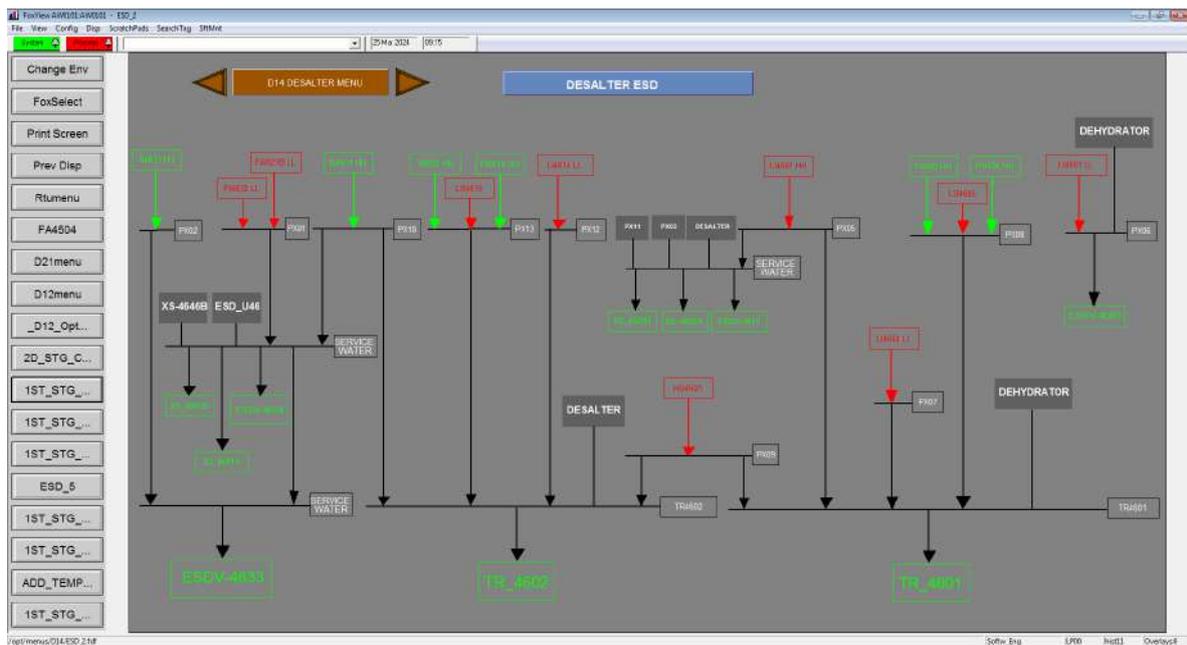


FIGURE 5.37 – Interface graphique -ESD2-.

Maintenant qu'on a fini de créer notre interface homme-machine, on passe à l'étape de configuration du HMI. On va prendre un rectangle qui représente un transmetteur de pression PIT-4601 comme exemple.

On clique dessus avec le bouton droit et on choisit 'Configure Objects'.

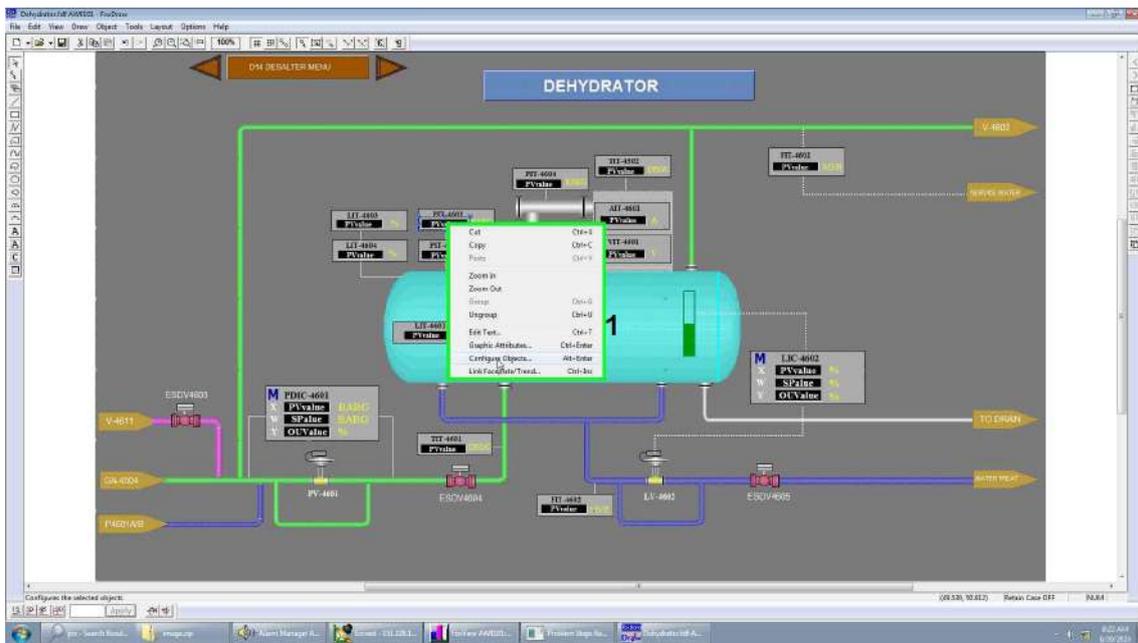


FIGURE 5.38 – La configuration du transmetteur PIT-4601.

On aura une boîte de dialogue qui s'affiche et ici on a deux choses à configurer : 'action' et 'update'.

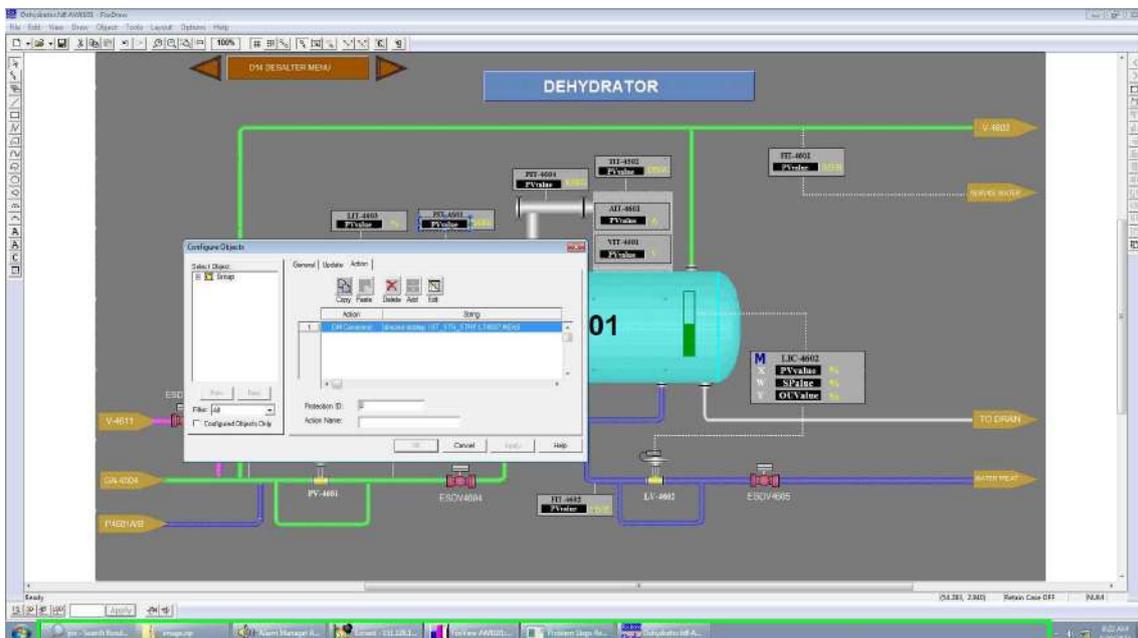


FIGURE 5.39 – configuration HMI action et update.

Commençons par 'action'.

'Action' c'est pour voir les paramètres du transmetteur quand on double-clique. Cela nous amène à une nouvelle fenêtre qui affiche ses paramètres.

On clique sur 'Action', puis sur 'DM Command', et on écrit 'dmscmd stddisp (nom du compound):(nom du bloc).MEAS'.

Exemple : dmscmd stddisp DSLR-AR:PI4601.MEAS

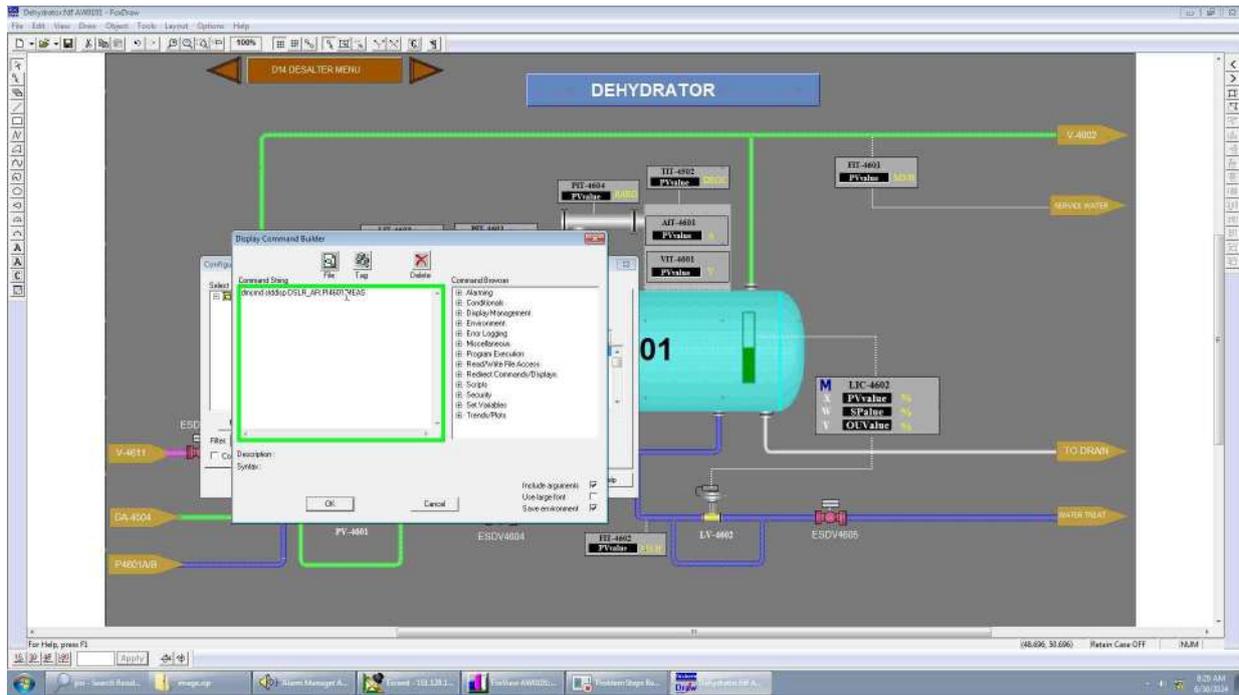


FIGURE 5.40 – configuration HMI-Action.

'Update', c'est pour obtenir la mise à jour de la valeur du transmetteur qui est lue à partir de notre PLC de l'unité de dessalement.

On clique d'abord sur 'Update', ensuite sur 'Group', puis sur 'Background Text', et enfin sur 'Text Converts', où l'on écrit '(nom du compound):(nom du bloc).MEAS'.

Exemple : DSLR-AR:PI4601.MEAS

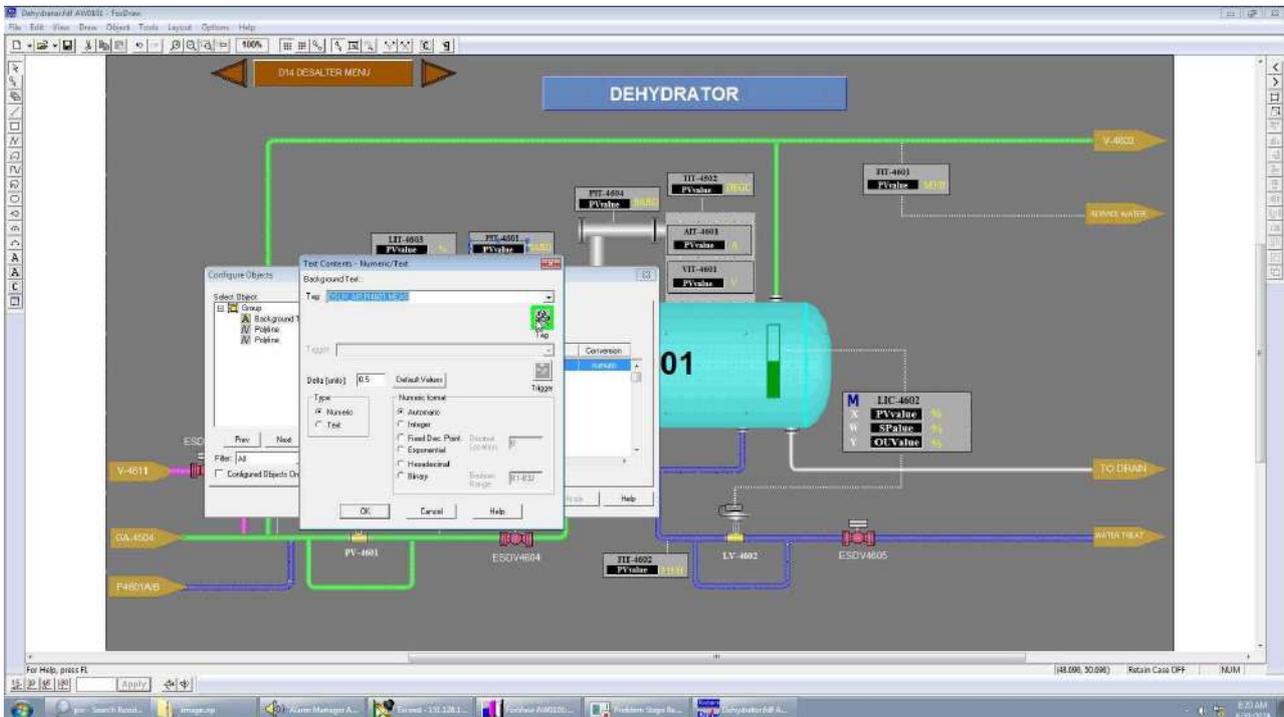


FIGURE 5.41 – configuration HMI-Update.

5.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parcouru le processus de développement d'une solution matérielle ainsi qu'une solution logicielle où nous avons mis en œuvre la configuration des compounds et des blocs via le logiciel ICC, et réalisé l'interface homme-machine (HMI) de l'unité de dessalement du pétrole brut. En naviguant à travers les différents paramètres, en créant les composants essentiels et en mettant en place l'interface utilisateur, nous avons atteint notre objectif de créer une solution fonctionnelle et efficace. Ce processus nous a permis de mieux comprendre les fonctionnalités du système DCS FoxBoro et de répondre aux besoins spécifiques de l'unité de dessalement.

Conclusion générale

Dans ce projet de fin d'études consacré à l'étude et à la supervision de l'unité de dessalement du pétrole brut sous DCS Foxboro IA Series, l'objectif principal était d'assurer une redondance dans la supervision et de faciliter le travail du tableautiste pour piloter et conduire à partir d'une salle de contrôle la nouvelle unité de dessalement.

Pour ce faire, nous avons proposé une solution matérielle consistant à établir une connexion entre le Gateway Modbus U46-GW001, localisé dans l'armoire UCP, et le système DCS Foxboro I/A Series, en utilisant le protocole Modbus RTU (RS485). De plus, nous avons configuré les données de communication entre l'automate et le DCS. Enfin, nous avons développé une application HMI permettant l'intégration de la supervision de l'unité de dessalement dans l'ensemble HMI de la salle de contrôle.

Les objectifs fixés pour cette étude ont été entièrement atteints. Ce travail sera très bénéfique pour REB car il va considérablement améliorer la supervision de la nouvelle unité de dessalement via le DCS en salle de contrôle. La supervision via le DCS Foxboro permet une surveillance en temps réel des paramètres essentiels tels que la température, la pression et le débit... Cette supervision centralisée réduit les risques d'erreurs humaines, améliore la réactivité aux incidents et facilite l'accès aux données et aux contrôles, ce qui simplifie le travail des opérateurs et améliore leur efficacité.

Nous avons également appris à utiliser le système DCS Foxboro, tant dans sa constitution matérielle que logicielle, ainsi que les différentes tâches d'exploitation. Nous avons approfondi notre compréhension des protocoles de communication, notamment Modbus RTU, et de leur intégration dans les systèmes de contrôle industriels. De plus, la création et la configuration d'une application HMI nous ont permis de développer des compétences en développement de logiciels de supervision, en assurant une interface utilisateur efficace et intuitive pour les opérateurs.

Bibliographie

- [1] Fichier de présentation du champ Rhourd El Baguel.Sontrach.Rhourd El Baguel :Janvier-2014.
- [2] PLA,Pascaline.Etude de Bertin Technologies sur SONARCO : Description générale du site et de son environnement:Bertin Technologies.2010,28 p.
- [3] KHALFA, Amel Nassima.OUAZERI, Mohamed Chakib. Etude et simulation des réglages primaire et secondaire de la fréquence d'un réseau isolé du sud : Mémoire de Fin d'Etudes. Rhourd El Baguel :2023,72 p.
- [4] AISSAOUI,Abd El Ghani.YACEF,Nabil. Etude de la commande d'un échangeur de chaleur EA4501/S Sous DCS Foxboro I/A Series. Projet professionnel de fin de formation Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur spécialisé en instrumentation pétrolière.Boumerdes : INSTITUT ALGERIEN DU PETROLE, 2013,132 p.
- [5] Pascaline.Etude de danger. Etude de Bertin Technologies sur SONARCO : Unités CPF et TCF. PLA. 2010.
- [6] PROCESS SYSTEMS.Desalter system:DOSSIER CONSTRUCTEUR.Verrières-en Anjou : 1026 p.
- [7] Ajmal Ismail.Top 10 DCS manufacturing companies[en ligne]. [Consulté le 03/04/2024].Disponible à l'adresse : <https://automationforum.co/here-are-top-10-dcs-manufacturing-companies-with-their-dcs-model-name-software-name-and-its-controllers/>.
- [8] Editorial Staff. ICS Control System Security [en ligne]. [Consulté le 10/05/2024]. Disponible à l'adresse:<https://instrumentationtools.com/ics-control-system-security/>.
- [9] E.Pauchet. Modbus Serial.Industrial Communication.Schneider Electric. May 2010.
- [10] Industrial Automation Customer View Services. Modbus frame description. Modbus training. Paris.06/ 2002.
- [11] Wikipédia. Modèle OSI [en ligne]. [Consulté le 16/04/2024]. Disponible à l'adresse:<https://fr.wikipedia.org/wiki/Mod>
- [12] Wikipédia. EIA-485 [en ligne]. [Consulté le 25/04/2024].Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/EIA_485.

ANNEXE :

TAG NAME	UNIT	MIN	MAX	ModBus Address
TI-4602	°C	0	110	40040
FI-4621A	m ³ /h	0	50	40005
FI-4631	m ³ /h	0	50	40007
TI-4632	°C	0	110	40043
LI-4612	%	0	110	40017
PDI-4611	barg	0	5	40025
FI-4632B	m ³ /h	0	50	40008
FI-4602	m ³ /h	0	100	40004
FI-4601	m ³ /h	0	350	40003
LI-4602	%	0	100	40013
PDI-4601	barg	0	5	40024
PI-4601	barg	0	20	40026
PI-4611	barg	0	20	40029
TI-4643	°C	0	110	40046
LI-4661	%	0	110	40022
PI-4663	barg	0	20	40037
LI-4611	%	0	100	40016
FI-4632A	m ³ /h	0	50	40009
PI-4636	barg	0	20	40034
LI-4601	%	0	100	40012
LI-4651	%	0	100	40020
PI-4653	barg	0	20	40035
PI-4632	barg	0	20	40033
FI-4621B	m ³ /h	0	50	40006
LI-4611	%	0	100	40016
TI-4633	°C	0	110	40044
TI-4612	°C	0	110	40042
PI-4614	barg	0	20	40031
LI-4614	%	0	100	40019
LI-4604	%	0	100	40015
PI-4604	barg	0	20	40028
LI-4601	%	0	100	40012

LI-4652	%	0	100	40401
PI-4656	barg	0	20	40403
FS-4651	l/h	1.5	15	40404
LI-4662	%	0	100	40407
PI-4664	barg	0	20	40409
FS-4661	l/h	1.5	15	40410

TABLE 1 – Tableau des Blocs Analogiques dans le Compound DSLR-AR.

TAG NAME	UNIT	MIN	MAX	ModBus Address
TI-4602	°C	0	110	40040
PI-4602	barg	0	20	40313
JIT-4504S	/	0	2	40312
JIT-4504	/	0	2	40307
SIT-4504BS	tr/min	0	4000	40311
SIT-4504B	tr/min	0	4000	40306
SIT-4504AS	Hz	0	70	40310
SIT-4504A	Hz	0	70	40305
IIT-4504S	A	0	200	40309
IIT-4504	A	0	200	40304
VIT-4504S	V	0	500	40308
VIT-4504	V	0	500	40303
PIT-4504S	barg	0	20	40302
PIT-4504	barg	0	20	40301

TABLE 2 – Tableau des Blocs Analogiques dans le Compound PUMP-TRAN-AR.

TAG NAME	UNIT	MIN	MAX	ModBus Address
GDIR-9301	%	0	100	40084
GDIR-9302	%	0	100	40085
GDIR-9303	%	0	100	40086
GDIR-9304	%	0	100	40087
GDIR-9306	%	0	100	40088
GDIR-9307	%	0	100	40089
FDIR-9301	%	0	100	40080
FDIR-93002	%	0	100	40081
FDIR-9303	%	0	100	40082
FDIR-9304	%	0	100	40083

TABLE 3 – Tableau des Blocs Analogiques dans le Compound FG-AR.

TAG NAME	VALUE	UNIT	MIN	MAX	ModBus Address
FDIC-4631	SP	%	0	100	40120
FIC-4621A	SP	m ³ /h	0	50	40121
LIC-4602	SP	%	0	100	40122
LIC-4612	SP	%	0	100	40123
PDIC-4601	SP	barg	0	5	40124
PDIC-4611	SP	barg	0	5	40125
TIC-4632	SP	°C	0	350	40126
TIC-4642	SP	°C	0	350	40127
FIC-4621A	CV	%	0	100	40141
LIC-4602	CV	%	0	100	40142
LIC-4612	CV	%	0	100	40143
PDIC-4601	CV	%	0	100	40144
TIC-4632	CV	%	0	100	40146
TIC-4642	CV	%	0	100	40147
FDIC-4631	CV-SP	%	0	100	40180
LIC-4602	CV-SP	%	0	100	40182
LIC-4612	CV-SP	%	0	100	40183
PDIC-4611	CV-SP	%	0	100	40185
TIC-4632	CV-SP	%	0	100	40186
TIC-4642	CV-SP	%	0	100	40187
FIC-4621A	PV	m ³ /h	0	50	40101
TIC-4642	PV	°C	0	350	40107

TABLE 4 – Tableau des Blocs Analogiques dans le Compound PID-COM.

TAG NAME	VALUE	TYPE	ModBus Address	BIT
P-4601A	CMD	BOOL	40750	1
P-4601A	DEFAULT	BOOL	40750	2
P-4601A	LOCAL/REMOTE	BOOL	40750	3
P-4601A	MCC FEEDBACK	BOOL	40750	4
P-4601A	CALC FEEDBACK	BOOL	40750	5
P-4601B	CMD	BOOL	40750	6
P-4601B	DEFAULT	BOOL	40750	7

P-4601B	LOCAL/REMOTE	BOOL	40750	8
P-4601B	MCC FEEDBACK	BOOL	40750	9
P-4601B	CALC FEEDBACK	BOOL	40750	10
P-4602A	CMD	BOOL	40750	11
P-4602A	DEFAULT	BOOL	40750	12
P-4602A	LOCAL/REMOTE	BOOL	40750	13
P-4602A	MCC FEEDBACK	BOOL	40750	14
P-4602A	CALC FEEDBACK	BOOL	40750	15
P-4602B	CMD	BOOL	40750	16
P-4602B	DEFAULT	BOOL	40751	1
P-4602B	LOCAL/REMOTE	BOOL	40751	2
P-4602B	MCC FEEDBACK	BOOL	40751	3
P-4602B	CALC FEEDBACK	BOOL	40751	4
TR-4601	CMD	BOOL	40751	5
TR-4601	DEFAULT	BOOL	40751	6
TR-4601	LOCAL/REMOTE	BOOL	40751	7
TR-4601	MCC FEEDBACK	BOOL	40751	8
TR-4601	RESERVE1	BOOL	40751	9
TR-4602	CMD	BOOL	40751	10
TR-4602	DEFAULT	BOOL	40751	11
TR-4602	LOCAL/REMOTE	BOOL	40751	12
TR-4602	MCC FEEDBACK	BOOL	40751	13
TR-4602	RESERVE1	BOOL	40751	14

TABLE 5 – Tableau des Blocs numériques dans le Compound PUMPTR-CM-DR..

TAG NAME	TYPE	ModBus Address	BIT
XS-4601A	BOOL	40500	4
XS-4601B	BOOL	40500	5
XS-4602A	BOOL	40500	6
XS-4602B	BOOL	40500	7
LS-4605	BOOL	40500	10
LS-4615	BOOL	40500	11
HS-4601	BOOL	40500	12
XI-4601	BOOL	40500	13
HS-4610	BOOL	40501	1
XS-4646A	BOOL	40501	3
XS-4646B	BOOL	40501	4
XS-4646C	BOOL	40501	5

XS-4601	BOOL	40501	6
PX00	BOOL	40510	1
PX01	BOOL	40510	2
PX02	BOOL	40510	3
PX03	BOOL	40510	4
PX04	BOOL	40510	5
PX05	BOOL	40510	6
PX06	BOOL	40510	7
PX07	BOOL	40510	8
PX08	BOOL	40510	9
PX09	BOOL	40510	10
PX10	BOOL	40510	11
PX11	BOOL	40510	12
PX12	BOOL	40510	13
PX13	BOOL	40510	14
PX14	BOOL	40510	15
PX15	BOOL	40510	16
PX16	BOOL	40511	1
GDIR-9301HiHi	BOOL	40502	1
GDIR-9302HiHi	BOOL	40502	2
GDIR-9303HiHi	BOOL	40502	3
GDIR-9304HiHi	BOOL	40502	4
GDIR-9305HiHi	BOOL	40502	5
GDIR-9306HiHi	BOOL	40502	6
GDIR-9307HiHi	BOOL	40502	7
FDIR-9301HiHi	BOOL	40502	8
FDIR-9302HiHi	BOOL	40502	9
FDIR-9303HiHi	BOOL	40502	10
FDIR-9304HiHi	BOOL	40502	11
PI-4601HiHi	BOOL	40502	12
PI-4611HiHi	BOOL	40502	13
PI-4653HiHi	BOOL	40502	14
LI-4651LoLo	BOOL	40502	15
PI-4636HiHi	BOOL	40502	16
FI-4632ALoLo	BOOL	40503	1
LI-4611LoLo	BOOL	40503	2
PI-4663HiHi	BOOL	40503	3
LI-4611LoLo	BOOL	40503	4
LI-4661LoLo	BOOL	40503	5
TI-4663HiHi	BOOL	40503	6
LI-4611HiHi	BOOL	40503	7

FI-4621B LoLo	BOOL	40503	8
PI-4632LoLo	BOOL	40503	9
LI-4601LoLo	BOOL	40503	10
PI-4604HiHi	BOOL	40503	11
TI-4602HiHi	BOOL	40503	12
FI-4604LoLo	BOOL	40503	13
LI-4614LoLo	BOOL	40503	14
PI-4614HiHi	BOOL	40503	15
TI-4612HiHi	BOOL	40503	16
TI-4633HiHi	BOOL	40504	1
LI-4601HiHi	BOOL	40504	2
HS-4670	BOOL	40504	3
LSL-4562	BOOL	40504	4
XS-4504	BOOL	404504	5

TABLE 6 – Tableau des Blocs Numeriques dans le Compound BOOL-COM-DR.

TAG NAME	VALUE	TYPE	ModBus Address	BIT
ESDV-4643	CMD	BOOL	40552	8
ESDV-4643	CLOSE	BOOL	40552	9
ESDV-4643	OPEN	BOOL	40552	10
ESDV-4643	ALM. DISC	BOOL	40552	11
ESDV-4643	RESERVE2	BOOL	40552	12
ESDV-4603	CMD	BOOL	40550	1
ESDV-4603	CLOSE	BOOL	40550	2
ESDV-4603	OPEN	BOOL	40550	3
ESDV-4603	ALM. DISC	BOOL	40550	4
ESDV-4603	RESERVE2	BOOL	40550	5
ESDV-4634	CMD	BOOL	40552	3
ESDV-4634	CLOSE	BOOL	40552	4
ESDV-4634	OPEN	BOOL	40552	5
ESDV-4634	ALM. DISC	BOOL	40552	6
ESDV-4634	RESERVE2	BOOL	40552	7
ESDV-4633	CMD	BOOL	40551	14
ESDV-4633	CLOSE	BOOL	40551	15
ESDV-4633	OPEN	BOOL	40552	1
ESDV-4633	ALM. DISC	BOOL	40552	2
ESDV-4633	RESERVE2	BOOL	40552	3
ESDV-4614	CMD	BOOL	40551	4

ESDV-4614	CLOSE	BOOL	40551	5
ESDV-4614	OPEN	BOOL	40551	6
ESDV-4614	ALM. DISC	BOOL	40551	7
ESDV-4614	RESERVE2	BOOL	40551	8
ESDV-4615	CMD	BOOL	40551	9
ESDV-4615	CLOSE	BOOL	40551	10
ESDV-4615	OPEN	BOOL	40551	11
ESDV-4615	ALM. DISC	BOOL	40551	12
ESDV-4615	RESERVE2	BOOL	40551	13
ESDV-4613	CMD	BOOL	40550	15
ESDV-4613	CLOSE	BOOL	40551	1
ESDV-4613	OPEN	BOOL	40551	2
ESDV-4613	ALM. DISC	BOOL	40551	3
ESDV-4613	RESERVE2	BOOL	40551	4
ESDV-4604	CMD	BOOL	40550	5
ESDV-4604	CLOSE	BOOL	40550	6
ESDV-4604	OPEN	BOOL	40550	7
ESDV-4604	ALM. DISC	BOOL	40550	8
ESDV-4604	RESERVE2	BOOL	40550	9
ESDV-4605	CMD	BOOL	40550	10
ESDV-4605	CLOSE	BOOL	40550	11
ESDV-4605	OPEN	BOOL	40550	12
ESDV-4605	ALM. DISC	BOOL	40550	13
ESDV-4605	RESERVE2	BOOL	40550	14
ESDV-4615	CMD	BOOL	40551	9
ESDV-4615	CLOSE	BOOL	40551	10
ESDV-4615	OPEN	BOOL	40551	11
ESDV-4615	ALM. DISC	BOOL	40551	12
ESDV-4615	RESERVE2	BOOL	40551	13
ESDV-4633	RESERVE2	BOOL	40552	2
ESDV-4634	CMD	BOOL	40552	3
ESDV-4634	CLOSE	BOOL	40552	4
ESDV-4634	OPEN	BOOL	40552	5
ESDV-4634	ALM. DISC	BOOL	40552	6
ESDV-4634	RESERVE2	BOOL	40552	7
ESDV-4605	CMD	BOOL	40550	10
ESDV-4605	CLOSE	BOOL	40550	11
ESDV-4605	OPEN	BOOL	40550	12
ESDV-4605	ALM. DISC	BOOL	40550	13
ESDV-4605	RESERVE2	BOOL	40550	14
ESDV-4633	CMD	BOOL	40551	14

ESDV-4633	CLOSE	BOOL	40551	15
ESDV-4633	OPEN	BOOL	40552	1
ESDV-4633	ALM. DISC	BOOL	40552	2
ESDV-4633	RESERVE2	BOOL	40552	3
SDV-4661	CMD	BOOL	40553	12
SDV-4661	RESERVE1	BOOL	40553	13
SDV-4661	RESERVE2	BOOL	40553	14
SDV-4661	RESERVE3	BOOL	40553	15
SDV-4661	RESERVE4	BOOL	40554	1
SDV-4651	CMD	BOOL	40552	13
SDV-4651	RESERVE1	BOOL	40552	14
SDV-4651	RESERVE2	BOOL	40552	15
SDV-4651	RESERVE3	BOOL	40553	1
SDV-4651	RESERVE4	BOOL	40553	2
SDV-4653A	CMD	BOOL	40553	3
SDV-4653B	CMD	BOOL	40553	7
SDV-4663A	CMD	BOOL	40554	1
SDV-4663B	CMD	BOOL	40554	6

TABLE 7 – Tableau des Blocs Numeriques dans le Compound VALVE-COM-DR.

TAG NAME	TYPE	ModBus Address	BIT
FDIC-4631	BOOL	40300	1
FIC-4621A	BOOL	40300	2
LIC-4602	M BOOL	40300	3
LIC-4612	BOOL	40300	4
PDIC-4601	BOOL	40300	5
PDIC-4611	BOOL	40300	6
TIC-4632	BOOL	40300	7
TIC-4642	BOOL	40300	8

TABLE 8 – Tableau des Blocs Numeriques dans le Compound PID-MODE.