



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Electronique
Electronique des Systèmes embarqués

Réf. :

Présenté et soutenu par :
Mohammedi ahmed bellaroussi

Le : dimanche 24 juin 2018

Etude et simulation d'un système de supervision automatisé basé sur le bus PROFIBUS

Jury :

Mr	HEZABRA ADEL	M.A.A	Université de BISKRA	Président
Mr	BEKHOUCHE KHALED	M.C.A	Université de BISKRA	Encadreur
Mme	OUARHLENT SALOUA	M.A.A	Université de BISKRA	Examineur

Année universitaire : 2017/2018

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electronique
Option : Electronique des Systèmes embarqués

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme:

MASTER

Thème

Etude et simulation d'un système de supervision
automatisé basé sur le bus PROFIBUS

Présenté par :

MOHAMMEDI AHMED BELLAROUSSI

Avis favorable de l'encadreur :

BEKHOUCHE KHALED

signature

Avis favorable du Président du Jury

HEZABRA ADEL M.A.A

Signature

Cachet et signature



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Electrique
Filière : Electronique

Option : Electronique des Systèmes embarqués

Thème :

Etude et simulation d'un système de supervision
automatisé basé sur le bus PROFIBUS

Proposé par : MOHAMMEDI AHMED BELLAROUSSI

Dirigé par : BEKHOUCHE KHALED

RESUME

L'objectif de travail présenté dans ce thème est, d'une part, de contribuer à la conceptualisation complète de modèles de simulation à système automatisé et d'autre part, de les implémenter en utilisant des techniques de programmation concurrente. Le cas étudié, dans ce thème, concerne la commande d'un système qui gère la station de pompage SP2 Biskra. En se basant sur les bus PROFINET, PROFIBUS et AS-i. Pour aboutir à cet objectif, le logiciel SIMATIC S7 est utilisé pour le contrôle temps réel ainsi que pour la simulation. La supervision de notre système est assurée par Win CC flexible

ملخص

الهدف من العمل المعروض في هذا الموضوع هو، من ناحية، للمساهمة في وضع مفاهيم كاملة لنماذج المحاكاة الآلية، ومن ناحية أخرى، لتنفيذها باستخدام تقنيات البرمجة المتزامنة. تتعلق الحالة التي تمت دراستها، في هذا الموضوع، بالتحكم في نظام يقوم بإدارة محطة ضخ SP2 Biskra. استناداً إلى الحافلات PROFINET و PROFIBUS و AS-i. لتحقيق هذا الهدف، يتم استخدام برنامج SIMATIC S7 للتحكم في الوقت الفعلي وكذلك للمحاكاة. يتم ضمان الإشراف على نظامنا عن طريق Win CC

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

*A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de
l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure
bonne santé et longue vie.*

REMERCIEMENTS

Je remercie tous d'abord dieu le tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné la force, le courage, et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Je tiens à remercier très particulièrement mon directeur de thème, le docteur Bakhouche Khaled qui m'a proposé ce sujet de recherche, et de m'avoir encadré et dirigé toute au long de ce parcours, mais surtout pour ses conseils et son expérience qui ont été décisifs dans l'accomplissement de ce travail.

Je remercie vivement monsieur Dridi Abdelouahab de ma voir accueilli durant ma période de stage au sein de la station SP2, je le remercie également pour ses conseils, son soutien et ces encouragements.

Je remercie également monsieur Boukhalfa Med Nabil du service instrumentation station pour ses conseils et pour le temps qu'il m'a consacré pendant la période de stage à station de pompage SP2.

Je tiens à remercier Monsieur Guesbaya Tahar pour avoir bien voulu examiner ce travail et pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence de mon jury de mémoire

Mes plus profonds remerciements sont adressés à ma famille et mes amies en particulier mes parents et mon cher oncle pour leur patience et pour soutien qu'ils m'ont apporté tout au long de mon cursus universitaire. J'espère de tout mon cœur que la réalisation de ce travail soit un aboutissement à leurs efforts et espoir. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude la plus affectueuse.

LISTE DES ILLUSTRATION ET TABLEAUX

Tableau I.1:	Les besoins et les contraintes de communication	3
Figure I.1 :	Principaux réseaux industriels [2]	3
Figure I.2 :	Topologie des réseaux en bus	4
Figure I.3 :	Topologie des réseaux en étoile	5
Figure I.4 :	Topologie des réseaux en anneaux	6
Figure I.5 :	Topologie des réseaux en maillée	6
Figure I.6 :	Les couches ISO	8
Figure I.7 :	Constitution d'une trame	10
Figure I.8 :	Correspondance entre le modèle OSI et les définitions IEEE802.3	12
Figure I.9 :	Trame Ethernet 802.3	14
Figure I.10 :	Aperçu général de PROFIBUS	17
Figure I.11 :	Communication par PROFIBUS DP	18
Figure I.12 :	Communication par PROFIBUS PA	19
Figure I.13 :	Outil de dégainage pour PROFIBUS FastConnect	20
Figure I.14 :	Câbles optiques standard avec connecteurs	21
Figure I.15 :	PROFIBUS OLM	22
Figure I.16 :	CP 342-5/CP 342-5 FO pour S7-300	24
Figure I.17 :	Protocol architecture	25

Figure I.18 :	Cycle de régulation de position 1 ms	27
Figure I.19 :	Interaction entre périphériques IO et contrôleurs IO	28
Figure I.20 :	Profil d'application éprouvé entre le contrôleur et les périphériques.	29
Figure I.21 :	Gamme de produits pour la communication de sécurité via des bus standard	36
Figure I.22 :	La structure du système AS-i	37
Figure I.23 :	Câble AS-i	37
Figure I.24 :	Systèmes de convoyage sont typiques applications de le Power Switch.	39
Figure II.1 :	Un automate programmable industriel.	40
Figure II.2 :	Automate programmable siemens	42
Figure II.3 :	Structure d'un API.	42
Figure II.4 :	Modèle de base des communications [21].	44
Figure II.5 :	SIMATIC Manager	46
Figure II.6 :	Mode de représentation des langages basiques de programmation STEP7.	48
Figure II.7 :	Interface de simulation PLCSIM.	49
Figure II.8 :	La gamme de WINCC flexible	53
Figure II.9 :	La fenêtre principale de WinCC flexible.	54
Figure III.1 :	Vue schémas de procédé	56
Figure III.2 :	Image google map de la station	57
Figure III.3 :	Vue gare racleur	57

Figure III.4 :	Gare racleur d'entre et de sortie à site	58
Figure III.5 :	Vue stockage brut	58
Figure III.6 :	Niveau atteint le seuil d'alarme LSHH	59
Figure III.7 :	Niveau atteint le seuil d'alarme LSL	60
Figure III.8 :	Les bacs de stockage à site	60
Figure III.9 :	Vue pompes Booster	61
Figure III.10 :	Une pompe Booster à site	61
Figure III.11 :	Les électropompes principales à site	62
Figure III.12 :	Vue pompes principales	62
Figure III.13 :	Vue pompe-201A	63
Figure III.14 :	Vue pompe-201D	64
Figure III.15 :	Vue réseau purge gravitaire	64
Figure III.16 :	Vue reservoir 2.Y1	65
Figure III.17 :	Réservoir de décantation 2Y1	65
Figure III.18 :	Vue système anti-incendie sur les resevoires	66
Figure III.19 :	Centrale anti-incendie à site	67
Figure III.20 :	Mousse abri pompes	67
Figure III.21 :	Vue d'alarme	68
Figure III.22 :	HW Config	69
Figure III.23 :	NetPro (réseau)	70
Figure III.24 :	Bloc d'organisation et ses fonctions	71
Figure III.25 :	traitement de programme cyclique	72
Figure III.26 :	Bloc d'organisation	72
Figure III.27 :	Programme pompe-201A	73

Figure III.28 :	Programme pompe-202A	75
Figure III.29 :	Programme pompe-202B	77
Figure III.30 :	Pompe-202C	81
Figure III.31 :	Programme pompe-204	85
Figure III.32 :	Mousse abri pompe principale	86
Figure III.33 :	Mosse abri pompe booster, p-203et p-204	88
Figure III.34 :	(FC12) anti incendie de bac 2.A1	90
Figure III.35 :	(FC13) anti incendie de bac 2.A2	92
Figure III.36 :	(FC14) anti incendie de bac 2.Y1	94
Figure III.37 :	Niveau de réservoir de purge gravitaire	96
Figure III.38 :	Niveau des bacs 2.A1 / 2.A2	98
Figure III.39 :	Programme de la gare racleur	101
Figure III.40 :	Niveau de réservoir 2.Y1	103
Figure III.41 :	Interface de simulation PLCSIM.	104

C. LISTE D'ABR2VIATIONS

ISO	Organisation internationale de normalisation
OSI	Interconnexion des systèmes ouverts
FTP	Protocole de Transfer de fichier
HTTP	protocole de transfert hypertexte
SMTP	protocole simple de transfert de Courier
HTML	langage de balisage hypertexte
XML	langage de balisage extensible
ICMP	Protocole de message de contrôle Internet
CSMA	Carrier Sense Accès multiple
ADSL	Ligne d'abonné numérique asymétrique
MAC	Contrôle d'accès au support
CSMA/CD	Détection multiple d'accès / collision de détection de porteuse
CS	Carrier Sense
MA	Multiple Acess
LLC	Contrôle de lien logique
SPA	Point d'accès au service
SSAP	Point d'accès au service source
DSAP	Point d'accès au service de destination
CRC	Contrôle de redondance cyclique
CAN	Réseau de contrôle
CIA	Réseau de contrôle dans l'automatisation

RTR	Demande de transmission à distance
SOT	Début de Trame
FT AM	Accès au transfert de fichiers et gestion
CMIP	Protocole commun d'information de gestion
MHS	Système de gestion des messages
MIME	Extensions de messagerie Internet multifonction
ASCII	Code américain normalisé pour l'échange d'information
ASN.1	Abstract Numéro de syntaxe numéro un
RPC	Appel de procédure à distance

TABLE DES MATIERES

Dédicaces	I
Remerciements	II
Liste des illustration et Tableaux	III
Liste D'abréviation	VII
Résumé	IX
Table des matières	X
Introduction générale	1
I. Réseaux de communication en automatisme industriel	2
I.1 Introduction	2
I.2 Classification des réseaux industriels	2
I.3 Topologie des réseaux	5
I.3.1.1 Topologie en bus	5
I.3.1.2 Topologie en étoile	6
I.3.1.3 Topologie en anneaux	6
I.3.1.4 Topologie en maillée	7
I.3.2 Le modèle OSI	8
I.3.2.1 Couche 7: application	8
I.3.2.2 Couche 6: présentation	8

I.3.2.3 Couche 5 : session	9
I.3.2.4 Couche 4: transport	9
I.3.2.5 Couche 3: Réseau	9
I.3.2.6 Couche 2 : liaison de données	10
I.3.2.7 Couche 1: physique	10
I.3.3 Trame	10
I.2 Ethernet	11
I.2.1 Le protocole Ethernet	11
I.2.1.1 Couche TCP/IP	12
I.2.2 Trame 802.3	14
I.2.3 TCP / IP	15
I.2.3.1 Protocole TCP	15
I.2.3.2 Protocole IP	16
I.3 PROFIBUS	16
I.3.1 Introduction	16
I.3.2 Fonctions de communication	18
I.3.2.1 PROFIBUS DP	18
I.3.2.2 PROFIBUS PA	19
I.3.3 Connectivité en réseau	20
I.3.3.1 réseaux cuivre	20

I.3.3.2 réseaux optiques	20
I.3.3.3 réseaux mixtes	22
I.3.4 Processeurs de communication pour SIMATIC	23
I.3.4.1 API au cœur de la communication	23
I.3.4.2 CP pour S7-300 et S7-400	23
I.3.4.3 CP pour PG/PC	25
I.3.4.4 Protocol PROFIBUS	25
I.4 PROFINET	26
I.4.1 Introduction	26
I.4.2 Simplicité de câblage	26
I.4.2.1 Sécurité intégrée	26
I.4.2.2 Processus	27
I.4.2.3 Communication en temps réel	27
I.4.2.4 Appareils de terrain décentralisés	28
I.4.2.5 Motion control	29
I.4.2.6 Intelligence répartie	30
I.4.2.7 Câblage	30
I.4.3 PROFINET IO	32
I.4.3.1 Topologie et STEP 7	32
I.4.3.2 Attribution d'adresse	33
I.5 AS-Interface	34

I.5.1 La communication industrielle avec l'AS-i	35
I.5.2 Le système AS-i	36
I.5.2.1 Structure	36
I.5.2.2 Composants	37
I.5.3 Conclusion	39
II. Automates programmables	40
II.1 Définition générale d'un automate	41
II.2 Architecture d'un API	42
II.3 Matériel	42
II.3.1 Le processeur	42
II.3.2 Les interfaces d'entrées/sorties	43
II.3.3 Les mémoires	43
II.3.4 L'alimentation	43
II.3.5 Périphérique de programmation	44
II.3.6 Liaisons de communication	44
II.4 L'automate S7-300 (siemens) et ses différents modules	44
II.4.1 Vue d'ensemble du S7-300	45
II.4.2 Caractéristiques du S7-300	45
II.4.3 Possibilités d'extension et mise en réseau	45
II.4.4 Mise en réseau	45
II.4.5 Périphérie décentralisée	46

II.5 Description du logiciel STEP7	46
II.5.1 Gestionnaire de projets SIMATIC Manager	46
II.5.2 Editeur de programme et les langages de programmation	47
II.5.3 Paramétrage de l'interface PG-PC	48
II.5.4 Le simulateur des programmes PLCSIM	48
II.5.5 Stratégie pour la conception d'une structure programme complète et optimisée	49
II.6 WinCC flexible	51
II.6.1 Introduction à SIMATIC HMI	51
II.6.2 SIMATIC HMI	52
II.6.3 Utilisation de SIMATIC WinCC flexible	52
II.6.4 Présentation du système WinCC flexible	52
II.6.4.1 Eléments de WinCC flexible	52
II.6.4.2 WinCC flexible Engineering System	53
II.7 Conclusion	54
III. Simulation par STEP 7 d'un système automatisé: application à station de pompage SP2 Biskra	
III.1 Introduction	55
III.2 La supervision	55
III.2.1 Vue schéma de procédé	56
III.2.2 Vue gare racleur	57
III.2.3 Vue stockage brut	58

III.2.4 Vue pompes booster	61
III.2.5 Vue pompes principales	62
III.2.6 Vue réseau purge gravitaire	64
III.2.7 Vue reservoir 2Y1	64
III.2.8 Vue mousse abri pompes et système anti-incendie sur les resevoires	66
III.2.9 Vue d'alarmes	68
III.3 Simulation de programme avec step7	68
III.3.1 Configuration matérielle (HW Config)	68
III.3.2 Programmation	71
III.3.2.1 Bloc d'organisation(OB1)	71
III.3.2.2 Fonction FC1 : Pompe principale-201A	73
III.3.2.3 Fonction FC6 : pompe booster-202A	75
III.3.2.4 Fonction FC7 : pompe booster-202B	77
III.3.2.5 Fonction FC8 : pompe booster-202C	80
III.3.2.6 Fonction FC9 : pompe-204	84
III.3.2.7 Fonction FC10 :Mousse abri pompe (EV_002)	86
III.3.2.8 Fonction FC11 : Mousse abri pompe (EV_001)	88
III.3.2.9 Fonctions FC12/FC13/FC14 : anti incendie des réservoirs	89
III.3.2.10 Fonction FC15 : réservoir des purges gravitaire	96
III.3.2.11 Fonction FC16 : bacs 2.A1 et 2.A2	98
III.3.2.12 Fonction FC17 : la gare racleur	101
III.3.2.13 Fonction FC18 : réservoir 2.Y1	103
III.4 Conclusion	105

Conclusion générale	106
Bibliographies	107

Introduction générale

La technologie moderne a permis le développement des sciences tout en imposant l'exploration de domaines théoriques de plus en plus complexes. Dans le langage scientifique, un système consiste en une combinaison de parties (électriques, pneumatique, thermiques, mécaniques,...) qui se coordonnent pour concourir à un résultat. Les entrées sont les signaux qui apportent au système les informations du milieu extérieur. Les sorties fournissent la réponse du système relative aux entrées. On peut parler de causes(Entrées) et d'effets (sorties) Lorsque cette influence est exercée par l'homme, la commande est dite manuelle. Lorsque l'homme est remplacé par des dispositifs techniques autonomes, la commande est dite automatique. Un système automatisé est alors un système technique pour Lequel tout ou une partie du savoir-faire est confié à une machine qui contient toutes les variables industrielles définies dans le système.

Le but de ce travail est de faire une étude et simulation d'un système de supervision automatisé basé sur le bus PROFIBUS au niveau de la station de pompage SP2 de la wilaya de Biskra. Il m'a fallu collecter tous les données et les liaisons de l'automate DeltaV, acquérir les outils et méthodes afin de gérer de façon optimale un projet d'automatisme industriel, réaliser le cahier des charges du système à automatiser, réaliser l'analyse fonctionnelle et organique de la station de pompage d'une façon adaptable à l'usage du programmeur. Mon travail comporte trois chapitres qui sont répartis comme suit :

Après une présentation, au chapitre I, Réseaux de communication en automatisme industriel (ETHERNET, PROFIBUS, PROFINET, AS-i). Nous avons expliqué, au chapitre II, le logiciel de programmation des automates SIEMENS et le logiciel de la supervision le WINCC flexible. Nous avons illustré, au chapitre III, à développer une application complète et intégré qui respecte le cahier des charges imposées initialement dans ses moindres détails.

CHAPITRE I

**Réseaux de communication en
automatisme industriel: Réseaux et
bus de terrain.**

CHAPITRE I

Réseaux de communication en automatisme industriel: Réseaux et bus de terrain.

I.1 Introduction

Ces dernières années, les technologies réseau de type ‘ bus de terrain ‘ sont apparues pour remplacer le câblage traditionnel des entrée/sorties des automates programmables industriels. En conséquence, les architectures d’automatismes ont profondément évolué. C’est par une approche utilisateur que ce cahier technique aborde les bus de terrain dans l’industrie manufacturière. En plus des critères de cout et de performances, il attire l’attention des prescripteurs et réalisateurs sur l’importance des besoins d’interopérabilité et de pérennité [1].

Dans les systèmes d’automatisation complexes, les commandes réparties dans l’installation doivent être reliées entre elles. On utilise des systèmes de bus normalisés pour relier en réseau les différentes commandes. Une telle mise en réseau offre plusieurs avantages, donc Un bus de terrain est un système de communication entre plusieurs ensembles communiquant dans une zone géographique limitée (capteurs, calculateurs, automates, actionneurs, ...) permettant d’échanger des données. Les échanges sont régis par un protocole [2].

I.2 Classification des réseaux industriels

Derrière le terme de réseaux et bus de terrain, il existe plusieurs de spécifications de réseaux différentes qu’il serait possible de classer en quatre grandes familles de bus, correspondant chacune à différents besoins, principalement en terme de fonction à réaliser, de données à transmettre et de temps de réponse, volume d’information transmettre, distance, topologie réseau, nombre d’adresses, medium [3]. Avant d’analyser les technologies des réseaux de communication, il est nécessaire de présenter une synthèse des principaux besoins auxquels ces niveaux apportent une réponse pertinente [2] (voir tableau I.1).

Tableau I.1: Les besoins et les contraintes de communication [4]

Niveau	Besoin	Volume d'informations à transmettre	Temps de réponse	Distance	Topologie réseau	Nombre d'adresses	Médium
Entreprise	Echange de données. Sécurité informatique. Standards entre progiciels.	Fichiers Mbits	1ms	Monde	Bus, étoile	Non limitée	Electrique, optique, radio
Atelier	Synchronisation des API' d'un même îlot d'automatisme échanges d'information en mode client/serveur avec les outils de conduite (HMI, supervision). Performances Temps réel.	Données Kbits	50 à 500 ms	2 à 40 Km	Bus, étoile	10 à 100	Electrique, optique, radio
Machine	Architecture distribuée. Intégration fonctionnelle et transparence des échanges. Topologie et coût de connexion.	Données Kbits	5 à 100 ms (cycle de l'API)	10 m à 1 Km	Bus, étoile	10 à 100	Electrique, optique, radio
Capteur	Simplification du câblage distribution des alimentations des capteurs et actionneurs. Optimiser les coûts de câblage.	Données bits		1 à 100 m	Sans contrainte	10 à 50	Electrique radio

Nous pouvons, en première approche, retenir les deux principaux axes de ce tableau de besoins:

- le nombre d'informations à transmettre,
- le temps de réponse nécessaire.

Ceci nous permet de positionner les principaux réseaux commercialisés (voir Figure 1.1).

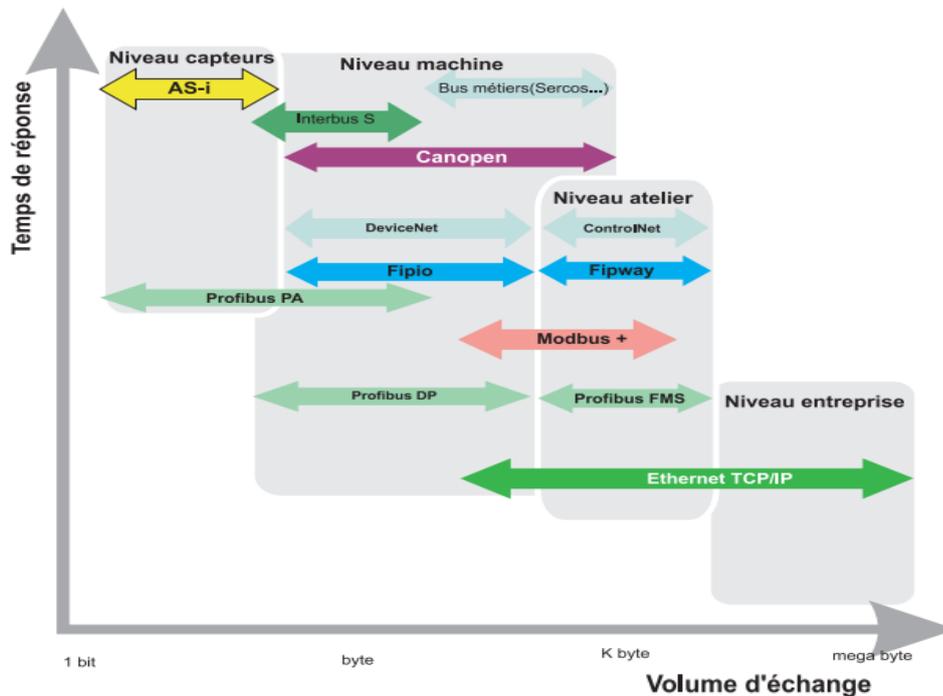


Figure .1: Principaux réseaux industriels [2]

I.3 Topologie des réseaux

Un réseau industriel est constitué d'automates programmables, des interfaces hommes/machines, d'ordinateurs, des équipements d'entrées/sorties, reliés entre eux grâce à des lignes de communication, telles que des câbles électriques, des fibres optiques, des liaisons radio et des éléments d'interface, tels que des cartes réseaux, des Gateway [2]. L'arrangement physique du réseau est appelé topologie physique ou architecture du réseau. Lorsque l'on considère la circulation des informations, on utilise la terminologie de topologie logique.

En général, la topologie représente la disposition physique de l'ensemble des composants d'un réseau. La topologie d'un réseau est aussi appelée le schéma de base, l'architecture ou le plan [5].

I.3.1.1 Topologie en bus

Cette organisation est une des plus simples. Tous les éléments sont reliés à une même ligne de transmission par l'intermédiaire de câbles. Le mot bus désigne la ligne physique. Cette topologie est facile à mettre en œuvre, la défaillance d'un nœud ou d'un élément ne perturbe pas le fonctionnement des autres organes. Les réseaux du niveau machine et capteurs, appelés d'ailleurs bus de terrain, utilisent cette méthode. La typologie bus se met en œuvre soit par chaînage des équipements les uns avec les autres, soit par connexion via un boîtier de raccordement (TAP) au câble principal [2] (voir Figure 1.2).

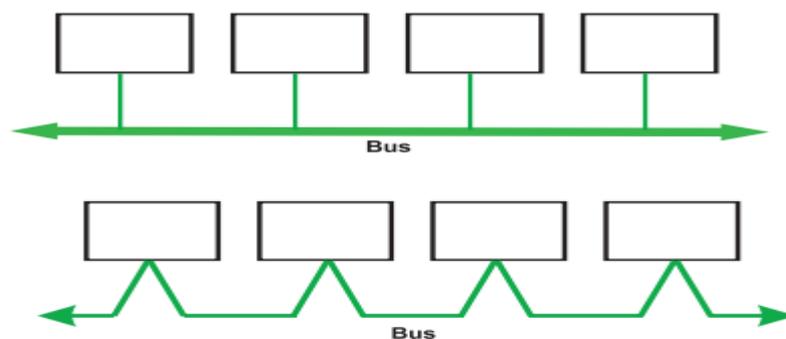


Figure I.2 : Topologie des réseaux en bus

I.3.1.2 Topologie en étoile

Cette topologie est la plus courante au niveau de l'entreprise et de l'atelier. Elle est celle du réseau Ethernet. Elle présente l'avantage d'être très souple en matière de gestion et de dépannage. Les stations finales sont reliées ensemble à travers un équipement intermédiaire (répéteur, commutateur). La défaillance d'un nœud ne perturbe pas le fonctionnement global du réseau, en revanche, l'équipement intermédiaire qui relie tous les nœuds constitue un point unique de défaillance [2] (voir Figure I.3).

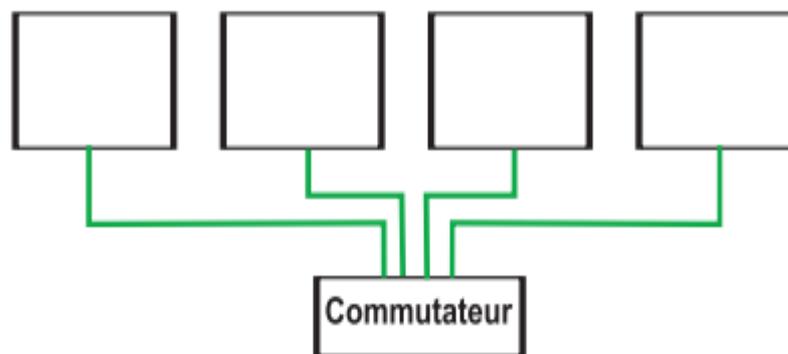


Figure I.3 : Topologie des réseaux en étoile

I.3.1.3 Topologie en anneaux

Les réseaux en anneau sont des réseaux qui gèrent particulièrement le trafic. Le droit de parler sur le réseau est matérialisé par un jeton qui passe de poste en poste. Chaque poste reçoit le jeton chacun son tour, et chaque station ne peut conserver le jeton qu'un certain temps, ainsi le temps de communication est équilibré entre toutes les stations. Le trafic est ainsi très réglementé, il n'y a pas de collisions de « paquets », le signal électrique circule seul sur le câble, depuis la station émettrice jusqu'à la station réceptrice, et cette dernière renvoi un accusé de réception [5] (voir Figure I.4).

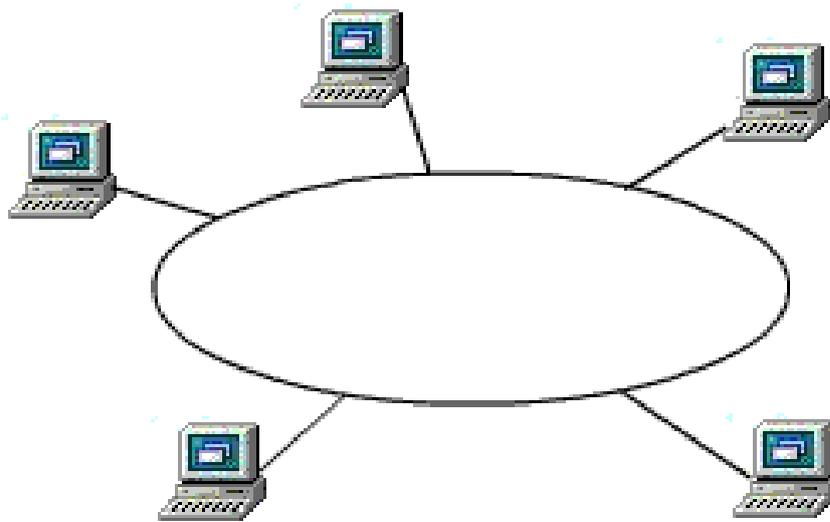


Figure I.4 : Topologie des réseaux en anneaux

I.3.1.4 Topologie en maillée

Dans laquelle chaque équipement est relié à un ou plusieurs autres du même réseau. C'est typiquement la topologie d'Internet. La communication d'un équipement vers un autre peut suivre des chemins différents en fonction de la congestion des liens, de leur rupture [5].

C'est l'architecture la plus apte à parer aux pannes d'un réseau. En contrepartie, elle nécessite des protocoles de routage et de supervision complexes [5] (voir Figure I.5).

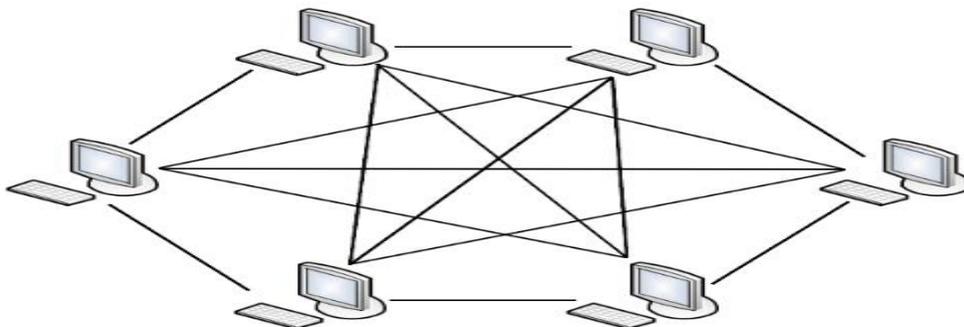


Figure I.5 : Topologie des réseaux en maillée

I.3.2 Le modèle OSI

Un protocole de communication est une spécification de plusieurs règles pour un type de communication particulier. Initialement, on nommait protocole, ce qui est utilisé pour communiquer sur une même couche d'abstraction entre deux équipements différents. Par extension de langage, on utilise parfois ce mot aussi aujourd'hui pour désigner les règles de communication entre deux couches sur un même équipement [7].

Le modèle OSI a été créé par l'ISO qui a édité la norme ISO 7498 dans le but d'offrir une base commune à la description de tout réseau informatique [2].

Dans ce modèle, l'ensemble des protocoles d'un réseau est décomposé en 7 parties appelées couches OSI, numérotées de 1 à 7. Les couches OSI respectent les principes suivants :

- chaque couche supporte un protocole indépendamment des autres couches.
- chaque couche procure des services à la couche immédiatement supérieure.
- chaque couche requiert les services de la couche immédiatement inférieure.

Lors d'une communication, l'utilisateur d'un réseau utilise les services de la couche 7 via un programme. Cette couche met en forme et enrichit l'information qu'elle reçoit du programme en respectant son protocole. Puis, elle l'envoie à la couche inférieure lors d'une demande de service [2].

À chaque couche, l'information subit des mises en forme et des ajouts en fonction des protocoles utilisés. Enfin, elle est envoyée sur le médium et reçue par un autre nœud du réseau. Elle parcourt toutes les couches de ce nœud dans l'autre sens pour finir au programme du correspondant, dépouillée des différents ajouts liés aux protocoles [2].

Le modèle à 7 couches proposé par l'OSI (voir figure 1.6) a fait l'objet d'implémentations chez divers constructeurs, mais sans succès commercial. Le marché s'étant largement orienté vers le modèle à 4 couches TCP/IP plus facile à comprendre et à utiliser et pour lequel des implémentations portables existaient déjà. Le modèle garde toutefois un intérêt théorique, bien que les frontières des 4 couches TCP/IP ne correspondent pas à d'exacts équivalents en OSI. Nous décrivons ces différentes couches dans le paragraphe dédié à Ethernet [2].



Figure I.6 : Les couches ISO

Chaque couche réseau définie par le modèle a un rôle bien précis, qui va du transport du signal codant les données à la présentation des informations pour l'application destinataire.

I.3.2.1 Couche 7: application

Cette couche assure l'interface de communication avec l'utilisateur, à travers des logiciels adéquats. Elle gère également la communication entre applications, comme pour le courrier électronique [8].

On peut citer quelques-unes des nombreuses implémentations disponibles comme (FT AM), (CMIP) qui permet d'effectuer un suivi ou une administration à distance des ressources. (MHS) ou X.400 constitue une méthode normalisée internationale pour le transport de messages. X.500 ou Services d'annuaire permettent de gérer une base distribuée de façon normalisée [8].

I.3.2.2 Couche 6: présentation

Elle assure la mise en forme des données : paramètres internationaux, pages de codes, formats divers...

Cette couche peut également exploiter des fonctions de chiffrement et de compression. Des codages comme (MIME), (ASCII), ou (ASN.1), peuvent être utilisés ici [8].

I.3.2.3 Couche 5 : session

Cette couche gère également un mode connecté. C'est à son niveau que sont gérés les points de synchronisation, permettant ainsi, par une sauvegarde de contextes et de sous-contextes, une reprise en cas d'incident. C'est typiquement la couche qui gère la connexion à une ressource partagée sur un réseau.

Les appels de procédures distantes, (RPC), constituent un protocole à ce niveau.

I.3.2.4 Couche 4: transport

Le service de transport assure un transfert de données transparent entre entités de session en les déchargeant complètement des détails d'exécution d'un transfert de données fiable et d'un bon rapport qualité/prix. La couche transport optimise l'utilisation des services réseau disponibles afin d'assurer au moindre coût les performances requises par chacune des entités de session [8].

On trouvera dans cette couche la Contrôle de flux, Contrôle/récupération d'erreurs, Séquencement et Fragmentation des messages de la couche session.

I.3.2.5 Couche 3: Réseau

C'est au niveau de cette couche qu'est géré le choix du meilleur chemin (lorsqu'il en existe plusieurs) pour atteindre le destinataire. Alors que l'adresse physique sert à identifier un périphérique local, une adresse logique permet de référencer un composant de manière globale. Pour cela, certains protocoles identifient les périphériques du réseau en les référençant par un numéro de réseau, ainsi qu'un numéro de poste dans ce réseau [8].

Pour atteindre un destinataire, un coût est calculé qui peut dépendre de plusieurs paramètres (nombre de réseaux à traverser, durée du transport, coût de la communication, encombrement de la ligne, etc.). C'est en comparant les différents coûts qu'un chemin peut être qualifié de meilleur qu'un autre [8].

En fonction des protocoles, le bloc peut être nommé message, datagramme, cellule ou même paquet, comme dans Internet Protocol (IP).

I.3.2.6 Couche 2 : liaison de données

C'est au niveau de cette couche que les données numériques sont traduites en signal. Les bits de données sont organisés en trames. Un en-tête est créé dans lequel on peut identifier l'émetteur et le destinataire par leur adresse physique [8].

Elle se décompose en deux sous niveaux

- le **MAC** (Medium Access Control), qui organise les trains binaires sous forme de trame ou encore paquet.
- le niveau **LLC** (Layer Link Control) qui fournit des services avec ou sans connexion, qui peut assurer des fonctions de contrôle de flux (régulation des transferts de trame pour «éviter une saturation du récepteur») et de correction d'erreur (par retransmission des trames non reçues ou erronées).

I.3.2.7 Couche 1: physique

Elle a pour rôle la transmission bit à bit sur le support, entre l'émetteur et le récepteur, des signaux électriques, électromagnétiques ou lumineux, qui codent des données numériques (0 ou 1).

I.3.3 Trame

La trame (figure I.7) est l'ensemble des informations transmises en un seul bloc via un réseau. Elle est également appelé paquet. Chaque trame respecte la même organisation de base et contient des informations de contrôle, telles que les caractères de synchronisation, les adresses de station, une valeur de contrôle d'erreur, ainsi qu'une quantité variable de données [1].



Figure I.7: Constitution d'une trame

I.2 Ethernet

Ethernet est devenu de facto le protocole de communication adopté par tous les fabricants dans leurs plateformes logicielles et matérielles aussi bien en environnement bureautique que dans l'industrie. Le résultat est que maintenant, Ethernet est devenu le standard incontournable pour créer des intranets et des réseaux industriels ou non impliquant différents types ou fabricants de matériels [4].

Cette formation a été spécialement créée pour fournir une compréhension approfondie du rôle d'Ethernet et de TCP/IP dans les réseaux industriels d'aujourd'hui et de demain. On y explique les concepts et les idées techniques qui se cachent derrière le plus populaire des protocoles [4].

Le réseau Ethernet, très répandu dans les bureaux, s'impose progressivement dans le milieu industriel. La tendance consiste à équiper tous les appareils de terrain d'un raccordement Ethernet. Le bus de terrain classique est ainsi supplanté. Les niveaux "bureau" et "terrain" sont de plus en plus étroitement liés.

I.2.1 Le protocole Ethernet

Spécifié dans la norme IEEE 802.1 à 802.3, Ethernet exécute les services fournis par les couches 1 et 2 du modèle de référence ISO / OSI. Tous les télégrammes entrants sont filtrés dans la couche 2, ce qui signifie que seuls les télégrammes «droits» sont transmis aux couches supérieures.

Le protocole de transmission est implémenté dans la couche 3. Le protocole le plus connu en conjonction avec Ethernet est l'IP de protocole Internet. Les protocoles de transmission sont contenus dans la couche 4. Ethernet est souvent utilisé conjointement avec TCP (Transmission Control Protocol) et UDP (User Datagram Protocol) [9].

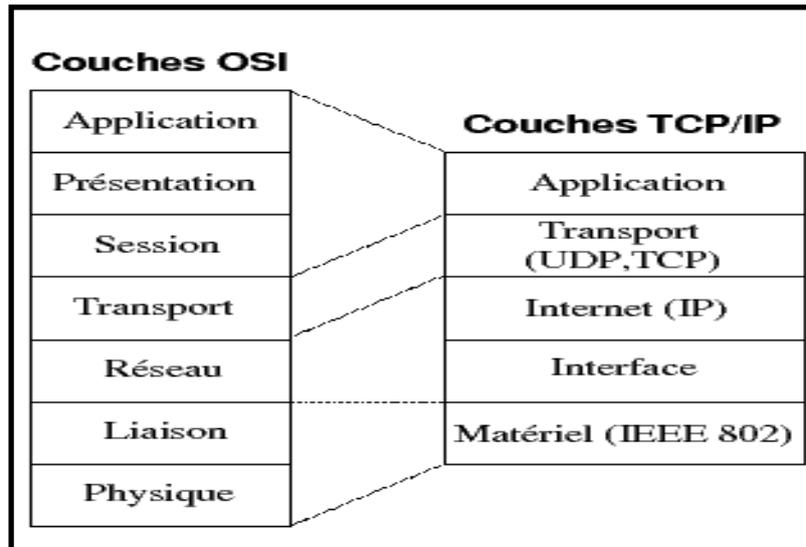


Figure I.8: Correspondance entre le modèle OSI et les définitions IEEE 802.3

I.2.1.1. Couche TCP/IP

Couche 1 (accès réseau)

La couche 1 est responsable des transmissions non sécurisées via le support physique, les données étant transmises bit par bit. Le format du paquet de données Ethernet ('frame') à transmettre est défini dans la norme IEEE 802.3. A l'origine, le moyen de transmission utilisé était un câble coaxial en cuivre. Aujourd'hui, les câbles en cuivre sont principalement utilisés sous la forme de câbles à paires torsadées. Dans un passé récent, l'utilisation de câbles à fibres optiques ou de transmissions sans fil s'est développée de plus en plus [9].

Couche 2 (interface)

En plus d'attribuer des droits d'accès au support physique, cette couche concerne le transfert de blocs de données entre deux stations de réseau directement liées. L'accès au support physique lui-même est régulé par les spécifications CSMA / CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Détection) conformément à la norme IEEE 802.3; «Méthode d'accès au réseau CSMA / CD» [9].

La méthode CSMA/CD est dérivée d'un système de transmission radio. Son principe est de laisser chacun libre de gérer ses émissions en fonction de ses besoins et de la disponibilité du media [15].

Chaque machine ayant à tout instant la possibilité de débiter une transmission de manière autonome, la méthode d'accès est distribuée : elle est dite à accès multiple (MA). La machine observe le media en cherchant à détecter une porteuse (CS). Si aucune trame n'est en transit, elle ne trouve pas de porteuse [15].

La méthode d'accès étant à détection de collision (CD), lors de son émission une machine peut déceler un problème de contention, et s'arrêter avec l'intention de renvoyer son paquet ultérieurement quand elle aura de nouveau la parole. De façon à minimiser le risque de rencontrer une deuxième collision avec la même machine, chacune attend pendant un délai aléatoire avant de tenter une nouvelle émission [15].

Couche 3 (interface IP)

La couche 3 implémente le protocole responsable de la gestion de la couche réseau de les modèles de référence ISO / OSI. Dans l'ensemble, ce protocole Internet est chargé de fournir des solutions pour:

- Réguler les problèmes de routage dans tout le réseau
- Génération associée à des connexions virtuelles via un support physique
- Introduction de mesures pour le couplage réseau

L'IP de protocole Internet est le protocole le plus connu sur Ethernet monde.

Couche 4 (transport TCP/UDP)

Ce niveau contrôle le flux de données sans erreur dans la séquence correcte entre les stations du réseau en communication. Ethernet est souvent utilisé avec TCP (Transmission Control Protocol) et UDP (User Datagram Protocol) [9].

TCP est un protocole basé sur la connexion responsable de la transmission sans erreur des données, Il est principalement utilisé pour transférer de grandes quantités de données. UDP est un protocole sans connexion particulièrement adapté au trafic de données cyclique rapide. Les transmissions utilisant les protocoles UDP sont généralement plus rapides, mais les erreurs ne sont pas corrigées [9].

Couche 5 (application)

La couche 5 spécifie les protocoles d'application qui permettent d'interpréter les données transmises. Il existe déjà un large éventail de protocoles d'application spécifiques disponibles pour les applications bureautiques (par exemple, FTP, http et autres). Pour les communications industrielles, il existe actuellement divers protocoles incompatibles entre eux [15].

I.2.2 Trame 802.3

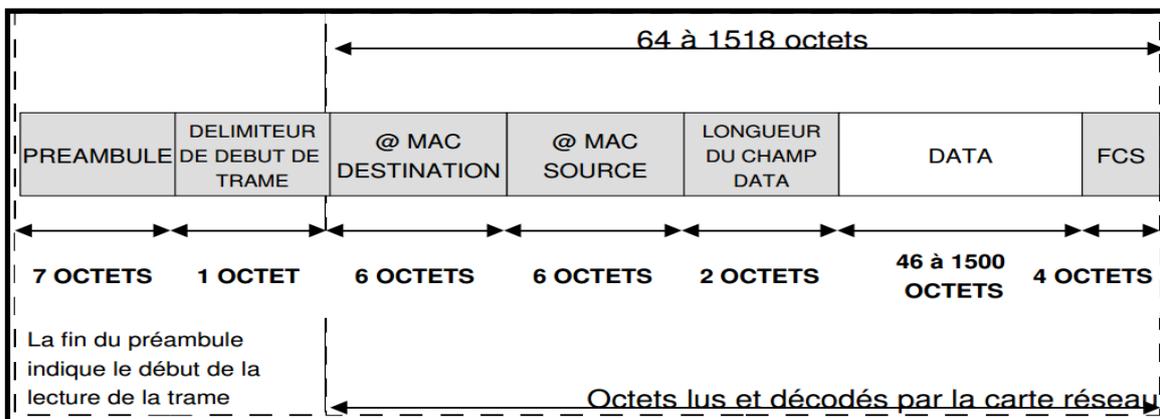


Figure 1.9: Trame Ethernet 802.3

- Préambule : 8 octets Tâche de synchroniser le récepteur et indiquer le début de la trame Ethernet.
- Destination : 6 octets Adresse du récepteur.
- Source : 6 octets Adresse de la source.
- Type Champ : 2 octets Indique le type de protocole (par exemple, TCP / IP)
- Champ de données 46 à 1500 octets Données en cours de transfert
- Contrôle 4 octets Valeur CRC (Cyclical Redundancy Check) surveillé les erreurs de transmission

I.2.3 TCP / IP

TCP/ IP (Transmission Control Protocol/internet Protocol) est une suite de protocoles. Cette appellation provient des noms des deux protocoles majeurs de la suite, c'est-à-dire TCP et IP [15].

TCP/ IP représente d'une certaine façon l'ensemble des règles de communication sur internet et se fonde sur la notion d'adressage IP, c'est-à-dire le fait de fournir une adresse IP a chaque machine du réseau afin de pouvoir acheminer des paquets de données. La suite de protocoles TCP/ IP est conçue pour répondre a un certain nombre de critères parmi lesquels :

- le fractionnement des messages en paquets ;
- L'utilisation d'un système d'adresses ;
- L'acheminement des données sur le réseau (routage) ;
- le contrôle des erreurs de transmission de données.

I.2.3.1 Protocole TCP

Grace au protocole TCP, les applications peuvent communiquer de façon sure (grâce au système d'accusés de réception du protocole TCP), indépendamment des couches inférieures. Cela signifie que les routeurs (qui travaillent dans la couche internet) ont pour seul rôle l'acheminement des données sous forme de datagrammes, sans se préoccuper du contrôle des données, car celui-ci est réalisé par la couche Transport (plus particulièrement par le protocole TCP) [10].

Lors d'une communication a travers le protocole TCP, les deux machines doivent établir une connexion. La machine émettrice (celle qui demande la connexion) est appelée client, tandis que la machine réceptrice est appelée serveur. En dit qu'on est alors dans un environnement client/serveur. Les machines dans un tel environnement communiquent en mode connecte, c'est-à-dire que la communication se fait dans les deux sens [10].

Pour permettre le bon déroulement de la communication et de tous les contrôles qui l'accompagnent, les données sont **encapsulées**, c'est-à-dire qu'on ajoute aux paquets de

données un en-tête qui va permettre de synchroniser les transmissions et d'assurer leur réception [10].

I.2.3.2 Protocole IP

Le **protocole IP** fait partie de la couche internet de la suite de protocoles TCP/ IP. C'est un des protocoles les plus importants d'internet car il permet l'élaboration et le transport des datagrammes IP (les paquets de données), sans toutefois en assurer la « livraison ». En réalité, le protocole IP traite les datagrammes IP indépendamment les uns des autres en définissant leur représentation, leur routage et leur expédition [10].

Les données circulent sur internet sous forme de **datagrammes** (on parle aussi de paquets). Les datagrammes sont des données encapsulées, c'est-à-dire des données auxquelles on a ajouté des en-têtes correspondant à des informations sur leur transport (telles que l'adresse IP de destination) [10].

I.3 PROFIBUS

I.3.1 Introduction

PROFIBUS est un réseau en bus pour la communication de processus et de terrain dans les réseaux de cellules mettant en œuvre un petit nombre de stations et des appareils de terrain ainsi que pour la communication de données. Les constituants d'automatisme tels qu'automates programmables, PC, IHM, capteurs et actionneurs peuvent communiquer sur un réseau unifié. L'interconnexion des secteurs de fabrication par des réseaux locaux assure l'échange d'informations requis [12].

On dispose par conséquent d'une gamme étoffée de produits PROFIBUS de Siemens et d'autres constructeurs pour la réalisation de solutions d'automatismes sur un réseau PROFIBUS.

PROFIBUS permet de raccorder des appareils de terrain tels que des périphériques décentralisées ou des entraînements à des systèmes d'automatisation tels que SIMATIC S7, SIMOTION, SINUMERIK.

I.3.2 Fonctions de communication

La communication de procès ou de terrain (PROFIBUS DP, PROFIBUS PA) sert à la connexion d'appareils de terrain à un système d'automatisation, système IHM ou système de conduite.

La connexion peut être réalisée par le biais d'interfaces intégrées à l'unité centrale ou par l'intermédiaire de coupleurs (IM) et de processeurs de communication (CP) [12]. Avec les systèmes d'automatisation performants actuels, il est souvent plus efficace de relier plusieurs lignes PROFIBUS DP à un système d'automatisation, non seulement pour augmenter le nombre de stations de périphérie connectables, mais aussi pour pouvoir gérer différentes zones de production indépendamment les unes des autres (segmentation)[12].

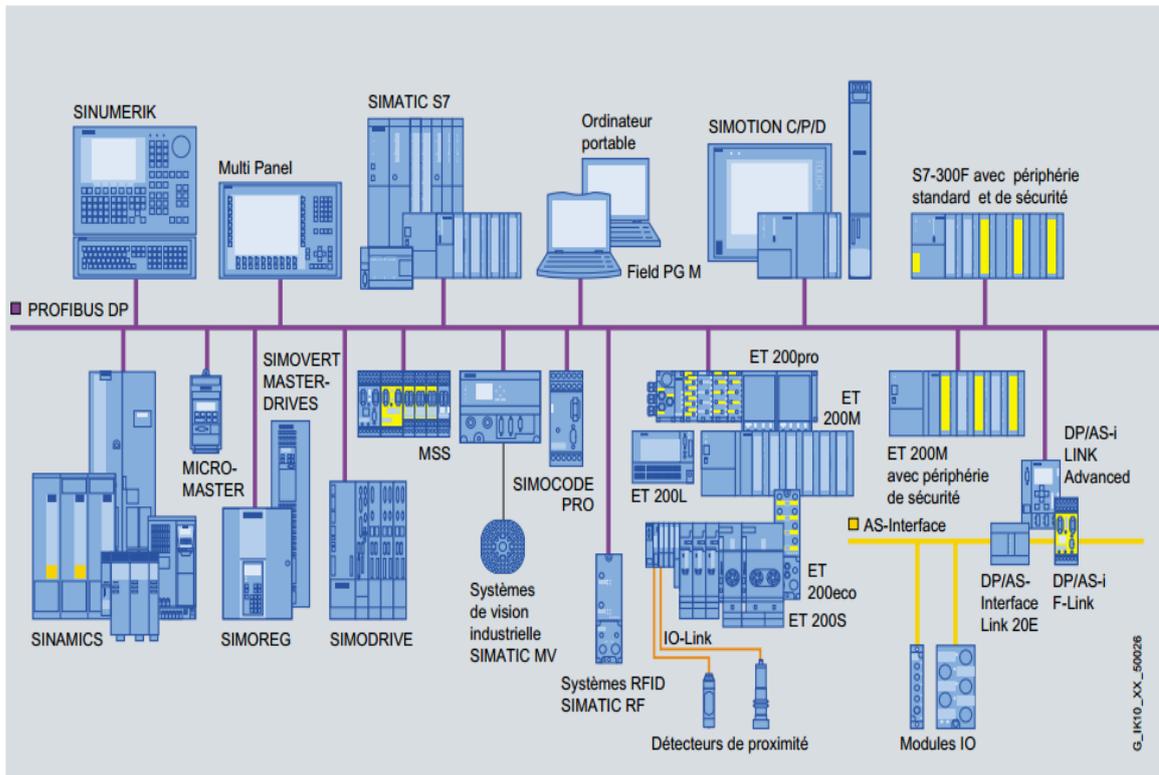


Figure I.10: Aperçu général de PROFIBUS

I.3.2.1 PROFIBUS DP

PROFIBUS DP (Périphérie décentralisée) sert au raccordement d'appareils de terrain décentralisés, par ex. SIMATIC ET 300 ou variateurs avec temps de réaction très courts. PROFIBUS DP s'utilise lorsque des capteurs/actionneurs sont fortement disséminés sur la machine ou l'installation (p. ex. niveau terrain) [12].

PROFIBUS DP utilise les couches 1, 2 et l'interface utilisateur. Les couches 3 à 7 ne sont pas développées. Cette architecture allégée assure une transmission de données à haute vitesse. L'outil Direct Data Mapper (DDL) permet d'accéder à la couche 2. Les fonctions d'application disponibles et les caractéristiques du système et des périphériques des différents types d'appareils PROFIBUS DP sont spécifiées dans l'interface utilisateur. Optimisé pour la transmission à grande vitesse des données utilisateur, ce protocole PROFIBUS est spécialement conçu pour la communication entre l'automate programmable et les équipements d'E / S répartis sur le terrain [11].

Dans une telle configuration, les capteurs/actionneurs sont raccordés à des appareils de terrain. Ceux-ci sont approvisionnés en données de sortie d'après le mode maître/esclave et retournent les données d'entrée à l'automate ou au PC (voir la figure I.11).

Grâce à son ouverture, PROFIBUS DP permet de connecter des constituants normalisés provenant de différents constructeurs.

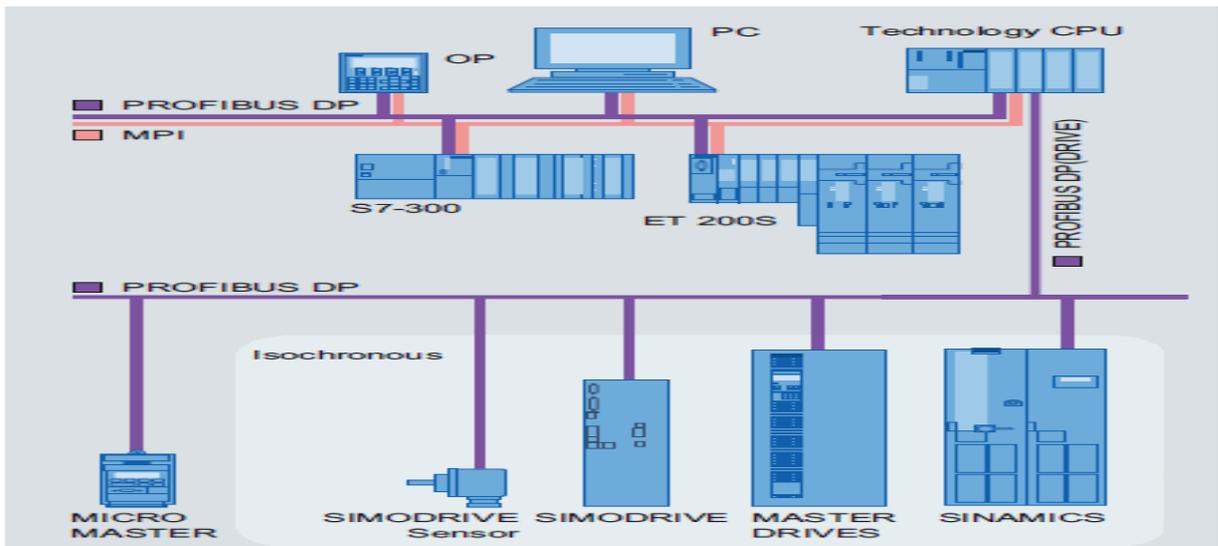


Figure I.11 : Communication par PROFIBUS DP

PROFIsafe permet la communication standard et de sécurité sur un même câble de bus. Il s'agit d'une solution ouverte pour la communication de sécurité au travers de bus standard, qui utilise les services PROFIBUS [12].

I.3.2.2 PROFIBUS PA

PROFIBUS PA utilise le protocole PROFIBUS DP étendu pour la transmission de données. En outre, il implémente le profil PA qui spécifie les caractéristiques des appareils de terrain. La technique de transmission conforme à la norme CEI 1158-2 assure une sécurité intrinsèque et alimente les appareils de terrain sur le bus. Les appareils PROFIBUS PA peuvent être facilement intégrés dans les réseaux PROFIBUS DP en utilisant des coupleurs de segments. PROFIBUS PA est spécialement conçu pour la communication rapide et fiable requise dans l'ingénierie de processus automatisée. Avec PROFIBUS PA, vous pouvez relier des capteurs et des actionneurs à une ligne de bus de terrain commune, même dans des zones potentiellement explosives [11].

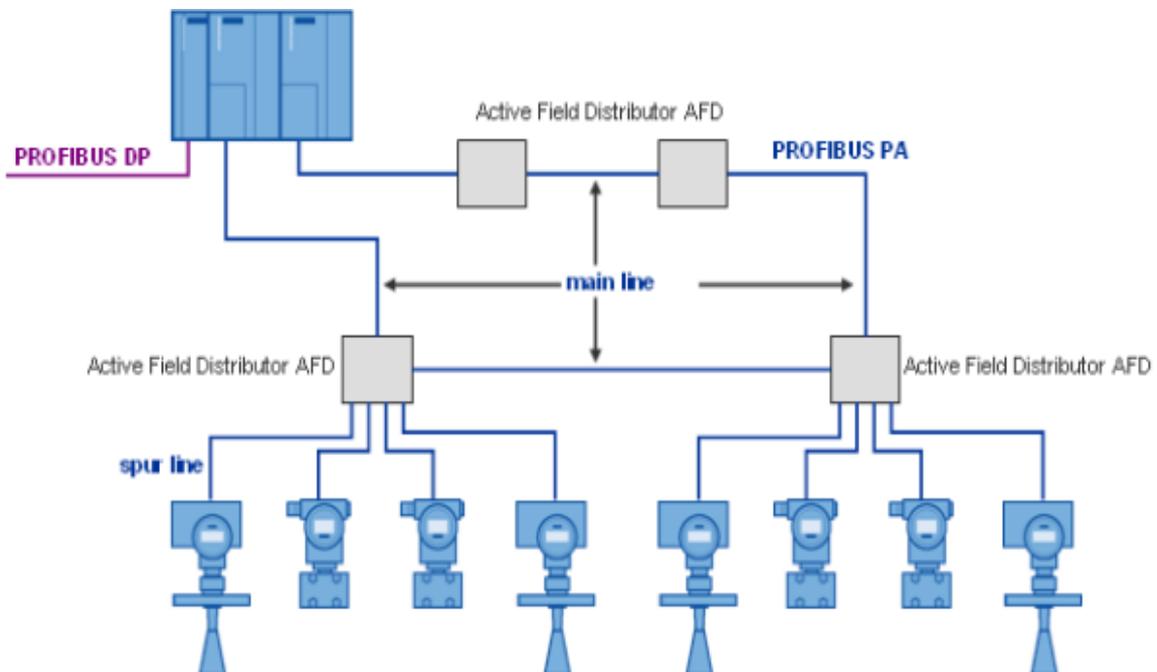


Figure I.12 : Communication par PROFIBUS PA

I.3.3 Connectivité en réseau

PROFIBUS offre une large gamme de constituants de réseau PROFIBUS pour la transmission sur supports cuivre et optiques, et sans fil [11].

I.3.3.1 réseaux cuivre

Le réseau cuivre peut être configuré selon une topologie linéaire ou arborescente. Les différents segments sont interconnectés par des répéteurs. La vitesse de transmission est réglable graduellement de 9,6 Kbits/s à 12 Mbits/s selon CEI 61158/EN 50170. La longueur maximale des segments dépend de la vitesse de transmission (figure I.13) [12].



Figure I.13 : Outil de dégainage pour PROFIBUS FastConnect

Propriétés du réseau cuivre

- Mode de transmission conforme à CEI 61158/ EN 50170 pour l'automatisation universelle (PROFIBUS FMS/DP) et à CEI 61158-2 pour les zones de sécurité intrinsèque (PROFIBUS PA)
- Câble bus de haute qualité.
- Mode de transmission : RS485 (selon EIA).
- Topologie de bus et connecteurs de bus pour le raccordement des abonnés PROFIBUS.

- Immunité du réseau aux perturbations grâce au double blindage des câbles, à la continuité de la mise à la terre et à la simplicité de montage.
- Montage simple et rapide des connecteurs avec FastConnect.
- Le mode de transmission DP de RS485 (codage de bits par signaux de différence de tension) selon CEI 61158-2 (codage de bits par signaux de courant) est réalisé par les constituants de réseau (coupleur DP/PA ou DP/PA Link

I.3.3.2 réseaux optiques

Le réseau optique utilise la fibre optique comme support de transmission. La fibre optique est dotée d'une enveloppe protectrice (coating). La variante optique est particulièrement adaptée aux réseaux de grande envergure et peut mettre en œuvre au choix des fibres en plastique, en PCF ou en verre (figure I.14) [a].

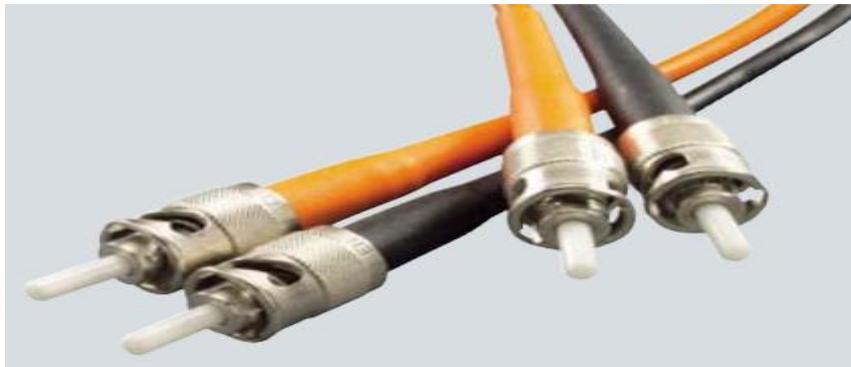


Figure I.14 : Câbles optiques standard avec connecteurs

Propriétés du réseau optique

- Immunité de la ligne de transmission aux perturbations électromagnétiques.
- Adaptation aux grandes portées.
- Réalisation de la séparation galvanique.

- Utilisation au choix de fibres optiques en plastique, en PCF ou en verre.
- Confidentialité en raison de l'absence de rayonnement de la ligne.
- Pose simple grâce à la légèreté et la préconnectorisation des câbles et l'absence de problème de mise à la terre.
- Inutilité d'un concept supplémentaire de protection contre la foudre en pose extérieure.
- Constitution robuste des fibres optiques pour applications industrielles à l'intérieur et à l'extérieur.
- Réalisation de la séparation galvanique des modules par les fibres optiques.

1.3.3.3 réseaux mixtes

Des structures mixtes de réseaux cuivre et optiques sont possibles. La jonction entre les deux réseaux est réalisée par le module OLM. Il n'y a pas de différence entre la technique bifilaire et la technique à fibre optique au niveau de la communication entre les abonnés sur le bus. Un réseau PROFIBUS peut compter un maximum de 127 abonnés [a].

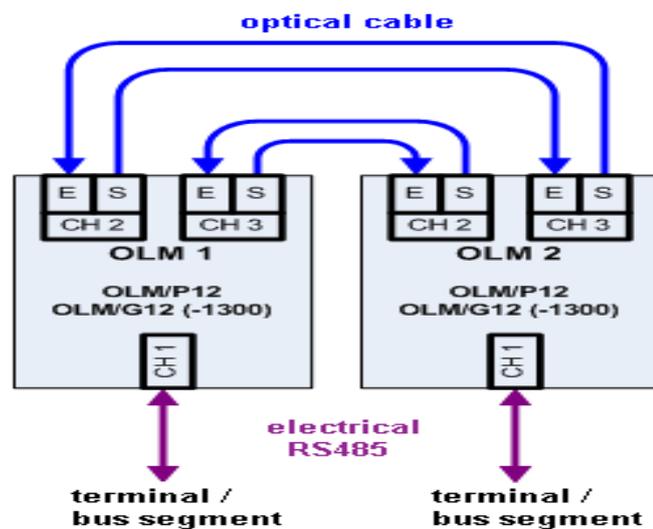


Figure I.15 : PROFIBUS OLM

I.3.4 Processeurs de communication pour SIMATIC

Les processeurs de communication SIMATIC NET peuvent être utilisés pour des applications dans les automatismes du secteur manufacturier ou des processus. L'ouverture normalisée selon les standards internationaux permet de faire interagir les composants les plus variés. Ils se distinguent particulièrement par leur robustesse en environnement industriel [12].

L'efficacité joue un rôle majeur dans les considérations de solutions pour automatismes. Au niveau des performances de communication, cela se répercute par des exigences très fortes en termes de vitesse de transmission. Par leur prétraitement du protocole, les processeurs de communication assurent un débit de données constant. Ils garantissent une réactivité à un niveau stable et très élevé et excluent une performance de communication fluctuante [12].

I.3.4.1 API au cœur de la communication

Les automates programmables (API) revêtent depuis toujours une importance primordiale dans le monde de l'automatisation. Et la communication industrielle en constitue le tissu nerveux. Les processeurs de communication (CP) pour API jouent un rôle clé dans la communication industrielle.

I.3.4.2 CP pour S7-300 et S7-400

Pour la connexion sur PROFIBUS, on dispose des processeurs de communication CP 342-5, CP 342-5 FO et CP 343-5 pour SIMATIC S7-300 et SIMATIC C7 et des CP 443-5 Basic et Extended pour SIMATIC S7-400. Ils sont maîtres ou esclaves sur PROFIBUS DP et maîtres sur PROFIBUS FMS avec une interface cuivre ou optique jusqu'à des vitesses de 12 Mbits/s [12].

Les processeurs de communication sont simples à configurer et sont programmables à travers PROFIBUS. Ils permettent la communication de PG inter-réseau par routage S7 et peuvent être remplacés sans recourir à une console PG.

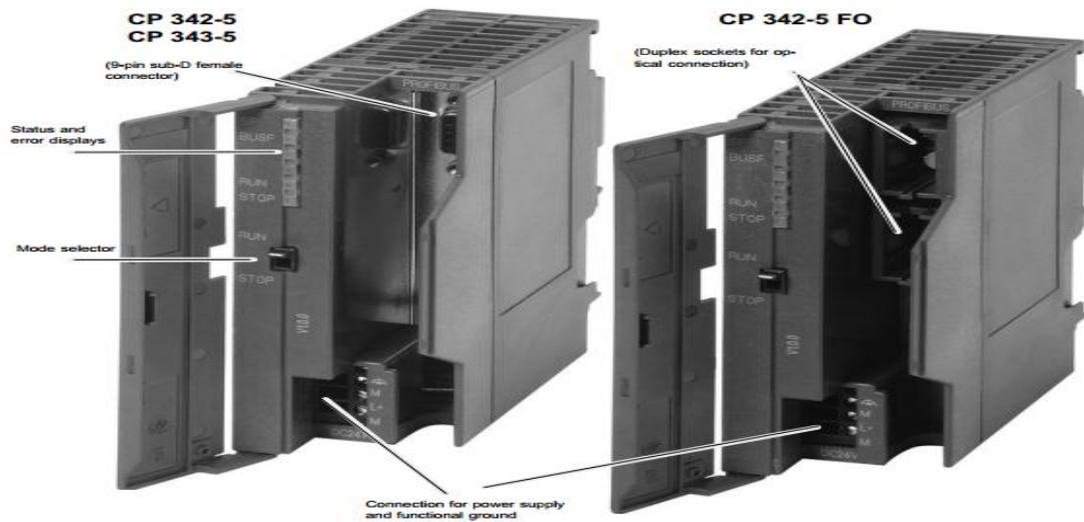


Figure I.16 : CP 342-5/CP 342-5 FO pour S7-300

Les processeurs de communication PROFIBUS pour SIMATIC offrent les avantages suivants :

- Extension de la périphérie processus du SIMATIC S7-300 par plusieurs interfaces PROFIBUS DP
- Utilisation flexible de la périphérie processus par l'activation, dynamique des esclaves DP
- Solution d'automatisation organisée par processus sectoriels grâce à l'utilisation de plusieurs CP
- Optimisation des applications et nombreux emplois possibles par l'envoi actif de données avec communication S7
- Fonction de synchronisation de l'heure (avec CP 443-5 Basic et Extended)
- Augmentation de la disponibilité de l'installation grâce à la liaison redondante avec la périphérie processus (par ex. ET 200M) dans le système SIMATIC S7-400 H (avec CP 443-5 Basic et Extended)
- Ajout de périphérie décentralisée en service (CP 443-5 Extended)

I.3.4.3 CP pour PG/PC

Parallèlement aux automates programmables, les PC et consoles de programmation (PG) sont de plus en plus impliqués dans la fabrication flexible en milieu industriel. Leur programmation flexible permet d'adapter rapidement le système de fabrication à la tâche d'automatisation [12].

Avec des structures de communication performantes, les projets d'automatisation peuvent aujourd'hui être réalisés de façon économique, avec toute la flexibilité requise.

Le PC joue un rôle important dans la communication industrielle. Combiné à des applications temps réel, par exemple dans l'environnement de Windows, il forme la plate-forme idéale pour la supervision (par ex. WinCC).

Doté du logiciel Soft Control, le PC pénètre des secteurs de communication qui étaient jadis un terrain d'emploi exclusif pour les automates programmables [12].

I.3.4.4 Protocol PROFIBUS

PROFIBUS est basé sur un système international reconnu normes. L'architecture du protocole est orientée vers la référence OSI modèle conforme à la norme internationale ISO 7498. Dans ce modèle, chaque couche de transmission gère des tâches définies avec précision. Couche 1 définit les caractéristiques de transmission physique. La couche 2 (couche de liaison de données) définit le bus protocole d'accès. La couche 7 (couche d'application) définit les fonctions de l'application [11] (figure I.15).

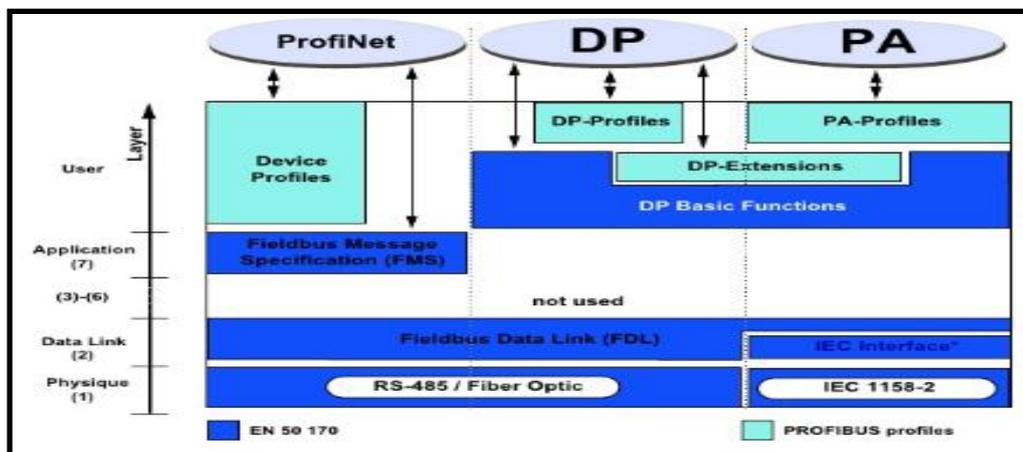


Figure I.17: Protocol architecture

I.4 PROFINET

I.4.1 Introduction

PROFINET est la première norme Industriel Ethernet intégrée pour l'automatisation et utilise les avantages d'Ethernet et de TCP / IP pour une communication ouverte du niveau de la gestion d'entreprise au processus lui-même [13].

PROFINET s'appuie sur les standards informatiques établis pour la gestion de réseau et le télé service. Particulièrement à l'ingénierie de contrôle d'automation il offre un concept de sécurité spécial. Une technologie de réseau industriel spécial composée de composants réseau actifs, de câbles et de systèmes de connexion, ainsi que des recommandations pour l'installation, complètent le concept [13].

PROFINET (« Process Field Network ») se répartit selon différentes classes de performance pour répondre à diverses contraintes temporelles : PROFINET RT pour le temps réel mou ou lorsque le temps réel n'est pas requis, et PROFINET IRT pour une performance temps réel dur. La technologie a été mise au point par Siemens et les sociétés membres de l'organisation d'utilisateurs PROFIBUS, PNO. Successeur de PROFIBUS DP basé sur Ethernet, PROFINET I/O spécifie tous les transferts de données entre les contrôleurs d'E/S ainsi que le paramétrage, le diagnostic et la topologie du réseau [20].

I.4.2 Simplicité de câblage

Câblage adapté aux besoins de l'industrie, aptitude au temps réel, intégration d'appareils de terrain décentralisés, applications Motion Control isochrones, administration et diagnostic aisés du réseau, protection contre les accès non autorisés, ingénierie non-proprétaire efficace et disponibilité élevée des machines et des installations : PROFINET, le standard Ethernet industriel ouvert et non propriétaire, permet de répondre à l'ensemble de ces exigences [16].

I.4.2.1 Sécurité intégrée

Sous l'angle de la sécurité totale pour l'homme, la machine et l'environnement, PROFINET présente également toutes les qualités requises. L'utilisation de PROFIsafe permet de réaliser un réseau pour la communication standard et de sécurité sur un seul et même câble ou sans fil avec Industriel Wireless LAN (IWLAN) [16].

I.4.2.2 Processus

PROFINET est conçu comme un standard complet pour toutes les tâches d'automatisation. Les réponses à des exigences spéciales pour une utilisation dans des installations du génie des procédés et pour l'interconnexion d'appareils d'instrumentation de processus et d'analyse sont actuellement en cours d'élaboration dans le cadre de la standardisation. Et dans le secteur des processus secondaires, PROFINET compte déjà de nombreuses réalisations pratiques à son actif [16].

I.4.2.3 Communication en temps réel

Les communications industrielles, notamment dans l'automatisation de la production et des processus, exigent une transmission de données en temps voulu et déterministe. PROFINET IO fait donc appel pour les échanges cycliques de données utiles d'E/S à temps critique non pas à TCP/IP mais à la communication temps réel (RT) ou temps réel isochrone (IRT) pour les échanges de données synchronisés dans des intervalles de temps réservés (figure I.8) [17].

PROFINET IO avec communication temps réel (RT) est la solution optimale pour l'intégration de systèmes périphériques. Il s'agit d'une solution également basée sur la norme Ethernet dans les appareils et les interrupteurs pour applications industrielles disponibles sur le marché en tant que composants de l'infrastructure. Aucun soutien matériel particulier n'est requis [17].

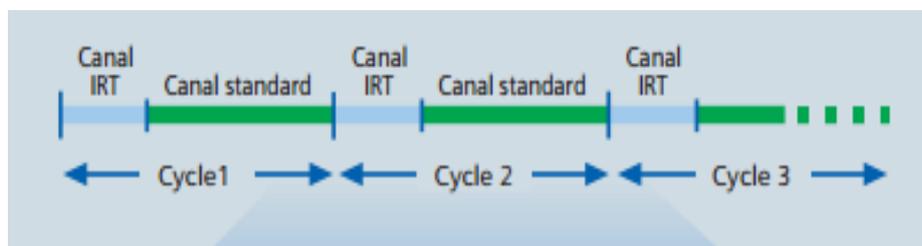


Figure I.18 : Cycle de régulation de position 1 ms

Motion Control avec temps réel isochrone : des plages de temps distinctes garantissent que la communication isochrone ne pourra pas être perturbée par la communication standard.

I.4.2.4 Appareils de terrain décentralisés

Pour l'interconnexion directe d'appareils de terrain décentralisés sur Industriel Ethernet, PROFIBUS International a défini le standard PROFINET IO qui permet aux appareils de terrain de transmettre leurs données de manière cyclique à la mémoire image de l'automate correspondant. PROFINET supporte 1440 octets/cycle par appareil de terrain – dépassant ainsi le volume de données pouvant être transmis par un bus de terrain. PROFINET permet en outre aux appareils de terrain de profiter des services TIC tels que la mise en service par des mécanismes Web ou le diagnostic de réseaux via SNMP (Simple Network Management Protocol) (figure I.19) [16].

Pour assurer l'interaction entre les contrôleurs et la périphérie décentralisée, PROFINET utilise un modèle fournisseur/ consommateur. Sans attendre une demande du partenaire de communication, le fournisseur envoie ses données au consommateur. Ce dernier traite les données. La configuration permet de définir l'affectation des fournisseurs aux différents consommateurs [16].

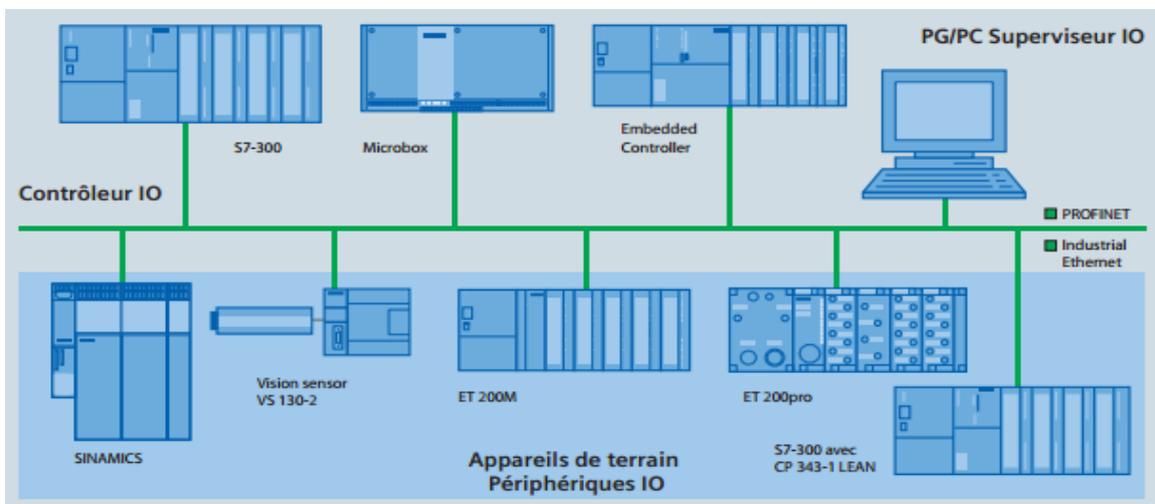


Figure I.19 : Interaction entre périphériques IO et contrôleurs IO

Description des appareils et configuration

La configuration et la programmation des périphériques IO correspondent à celles d'appareils de périphérie décentralisée sur PROFIBUS DP. Elles s'effectuent comme d'habitude en STEP 7. Les appareils sont décrits de manière univoque par le biais de fichiers de description GSD (General Station Description). Ces fichiers GSD sont importés dans l'outil de configuration.

I.4.2.5 Motion control

Avec PROFINET, vous réalisez de façon extrêmement simple des régulations d'entraînement isochrones très rapides pour des applications Motion Control hautes performances sans restreindre pour autant la communication standard TCP/IP [16].

PROFINET est la seule technologie Ethernet ouverte pour l'automatisation industrielle capable de garantir dans un même réseau à la fois une communication en temps réel performante et une communication informatique sans restrictions. Ainsi, PROFINET permet à lui seul de synchroniser en temps réel des systèmes d'automatisation décentralisés et répartis sans qu'il soit nécessaire d'installer un deuxième réseau [16].

PROFIdrive

L'interface d'entraînement éprouvée, L'interface fonctionnelle entre l'automate et les entraînements pour PROFINET et PROFIBUS est définie par le profil d'entraînement PROFIdrive de PROFIBUS et PROFINET International (PI). PROFIdrive a été spécifié par l'organisation d'utilisateurs PI et défini en tant que standard évolutif par la norme CEI 61800-7. Les utilisateurs PROFINET qui utilisent déjà des entraînements sur PROFIBUS en sont les premiers bénéficiaires : en effet, la migration de PROFIBUS à PROFINET ne requiert aucune modification du programme utilisateur [16].

PROFIdrive définit le comportement des appareils et le procédé d'accès aux données d'appareil internes pour des entraînements électriques avec PROFIBUS et PROFINET, du simple variateur de fréquence aux régulateurs asservis ultraperformants (figure I.20).

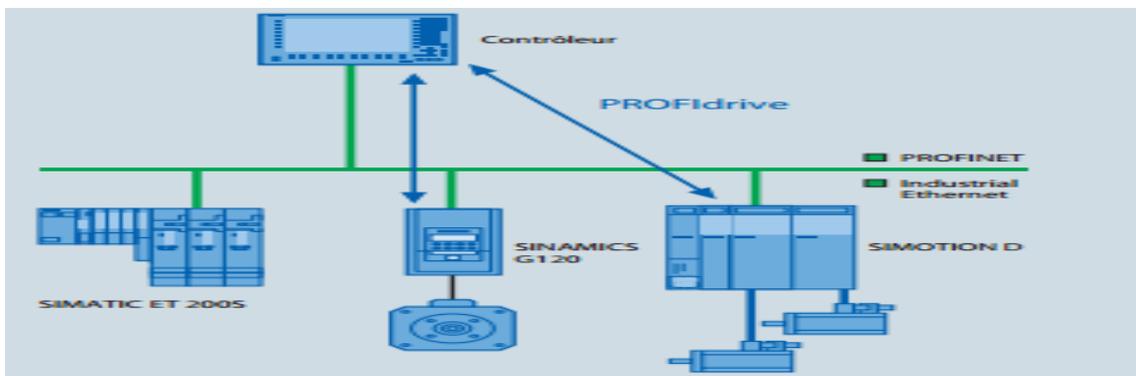


Figure I.20 : Profil d'application éprouvé entre le contrôleur et les périphériques.

I.4.2.6 Intelligence répartie

PROFINET ouvre de nouvelles possibilités pour la réalisation de structures d'automatisation réparties : une modularisation étendue et une communication machine-machine simple avec une ingénierie à l'échelle de l'installation – grâce au concept Automatisation basée sur les composants [16].

Pour la réalisation de structures d'installations modulaires, PROFIBUS International a défini le standard PROFINET CBA (Component Based Automation). Dans le secteur de la construction de machines et d'équipements, on dispose déjà d'une bonne expérience de la modularisation. Les pièces fréquemment utilisées sont préfabriquées et peuvent, après passation de la commande, s'assembler rapidement pour former une unité personnalisée. Avec PROFINET CBA, la modularisation peut aussi s'étendre à l'automatisme de l'installation grâce à des composants logiciels. Le modèle d'ingénierie standardisé fait la distinction entre la programmation de la logique de commande des différents modules intelligents, la création des composants et la configuration technologique de l'installation dans son ensemble par interconnexion des composants.

Composants logiciels flexibles

Les composants logiciels sont des fonctions logicielles encapsulées et réutilisables. Il peut s'agir de fonctions technologiques individuelles, par exemple de régulateurs, ou du programme utilisateur, d'une machine. A l'instar des modules, ils peuvent être combinés de manière flexible et sont facilement réutilisables – indépendamment de leur programmation interne. La communication entre les composants logiciels emprunte exclusivement les interfaces des composants. Vers l'extérieur, ces interfaces ne donnent accès qu'aux variables nécessaires pour l'interconnexion avec d'autres composants [16].

I.4.2.7 Câblage

Installation du réseau

La normalisation internationale ISO/CEI 11801 et son équivalente européenne EN 50173 définissent un réseau informatique standard indépendant de l'application pour le secteur de la

bureautique. Mais comme les exigences imposées à un réseau en environnement industriel sont plus élevées que dans le secteur de la bureautique, le guide PROFINET « Cabling and Interconnection Technology », décrit l'infrastructure passive dans et entre les cellules d'automatisme pour Fast Ethernet avec PROFINET :

- Connecteurs et câbles pour réseaux cuivre et optiques.
- Connecteurs pour alimentation 24 V.
- Connecteurs pour alimentation 400 V.

Il décrit en outre les conditions de test et de contrôle correspondantes pour les différents composants.

Commutateurs (interrupteur)

PROFINET utilise la technologie de commutation 100 Mbits/s. L'avantage par rapport à d'autres procédés réside dans le fait que chaque abonné peut émettre à tout moment, étant donné qu'il dispose en permanence d'une liaison point-à-point avec le commutateur le plus proche. Cette liaison peut même être utilisée simultanément dans les deux sens (émission et réception) – et présente ainsi une bande passante de 200 Mbits/s. L'avantage : les abonnés ou secteurs de réseau non concernés par le télégramme ne sont pas sollicités [16].

Topologies des réseaux

Les topologies visent à satisfaire les exigences des unités à fédérer sur le réseau. Les plus utilisées sont l'étoile, le bus, l'arborescence et l'anneau. En pratique, un réseau tend à panacher ces structures qui empruntent des supports physiques comme le câble en cuivre ou la fibre optique.

Réservation de bande passante

La bande passante entre un point d'accès et un client est réservée, ce qui garantit au client des performances élevées et fiables – indépendamment du nombre de clients utilisant le point d'accès.

I.4.3 PROFINET IO

PROFINET IO, avec sa communication en temps réel particulièrement rapide, répond à toutes les exigences actuelles en matière de transmission de données de processus et permet une intégration facile des systèmes de bus de terrain existants.

I.4.3.1 Topologie et STEP 7

L'éditeur de topologie SIMATIC

Avec STEP 7 vous pouvez configurer la topologie de votre réseau PROFINET IO. La configuration topologique vous fait profiter de fonctionnalités PROFINET telles que « IO-Devices alternants en cours de fonctionnement (ports partenaires) » ou « Remplacement de l'appareil sans support amovible/PG ». Pour IRT avec option "haute performance" la configuration de topologie est impérativement requise. L'éditeur de topologie vous assiste dans les tâches suivantes [17]:

- Fourniture d'informations topologiques sur tous les ports des appareils PROFINET du projet
- Configuration de la topologie de consigne sur PROFINET par connexion des interfaces et ports par simple glisser-déplacer et définition des propriétés.

L'éditeur de topologie possède toute une série de fonctions de paramétrage, de connexion et de diagnostic des propriétés de tous les appareils PROFINET, y compris de leurs ports.

Les fonctions et informations suivantes sont à votre disposition :

- Affichage de tous les appareils PROFINET du projet et de leurs ports.
- Longueur de câble et type de câble configurés avec temps de transfert des signaux calculé pour chaque port.
- Données de connexion avec repère d'emplacement de chaque appareil PROFINET.
- Informations de diagnostic des ports des appareils PROFINET.
- Détection simple d'erreur par comparaison en ligne/hors ligne des données des partenaires.
- Lancement du diagnostic (état des modules) à partir de la vue graphique.

I.4.3.2 Attribution d'adresse

Adresses

Tous les appareils PROFINET étant conçus pour le protocole TCP/IP, leur fonctionnement sur réseau Ethernet nécessite une adresse IP [17].

Pour simplifier la configuration, il ne vous sera demandé qu'une seule fois d'attribuer une adresse IP, notamment lors de la configuration de l'IO-Controller sous STEP 7/HW Config [17].

STEP 7 affiche ici un dialogue de sélection de l'adresse IP et du réseau Ethernet. Si le réseau est isolé, vous pouvez reprendre l'adresse IP et le masque de sous-réseau proposés par STEP 7. Si le réseau fait partie d'un réseau d'entreprise Ethernet, adressez-vous à l'administrateur de réseau pour obtenir ces adresses [17].

Adresse IP et MAC

Adresse MAC

Une identification d'appareil, unique au niveau mondial, est attribuée en usine à chaque appareil PROFINET. Cette identification d'appareil de 6 octets est l'adresse MAC [17].

L'adresse MAC est composée de la manière suivante :

- 3 octets pour le code constructeur et
- 3 octets pour le code appareil (numéro d'ordre).

L'adresse MAC se trouve généralement sur la face avant de l'appareil :

08-00-06-6B-80-C0 p. ex.

Adresse IP

Pour qu'un appareil PROFINET puisse être adressé comme participant à Industriel Ethernet, il doit posséder en plus une adresse IP unique sur le réseau. L'adresse IP se compose de 4 nombres décimaux compris entre 0 et 255. Ces nombres décimaux sont séparés par un point [17].

L'adresse IP est constituée des éléments suivants :

- adresse du réseau et
- adresse du partenaire (généralement aussi appelé hôte ou nœud de réseau).

Masque de sous-réseau

Les bits à 1 du masque de sous-réseau définissent la partie de l'adresse IP qui contient l'adresse du réseau.

Règle générale :

- L'adresse de réseau résulte de la combinaison ET de l'adresse IP et du masque de sous-réseau.
- L'adresse de partenaire résulte de la combinaison NON ET de l'adresse IP et du masque de sous-réseau.

I.5 AS-Interface

Au premier niveau, les capteurs sont connectés via des modules de bus avec des standards signaux (signal de commutation 24 V, signal analogique 0 ... 10 V ou 4 ... 20 mA). Le avantage de cette méthode est la grande gamme de capteurs sans intégré interface sur le marché et de nombreux modules d'E / S pour toutes sortes d'applications. UNE inconvénient est certainement la surveillance restreinte de la fonction du capteur.

Au niveau 2, il y a des capteurs avec des interfaces série ou des fonctions bidirectionnelles Vérifiez les broches qui peuvent également être connectées à des modules de bus spécialisés. Avantages sont étendues possibilités de diagnostic, les inconvénients sont les interfaces qui doivent être spécialement adaptés côté capteur ainsi que sur le contrôleur côté.

La solution optimale est les capteurs AS-i avec une interface intégrée sur le troisième niveau de développement. Les capteurs AS-i peuvent transmettre soit numérique ou analogique valeurs. L'interface du capteur AS-i est normalisée selon la norme CEI 62026-2. Il est important de noter que les profils de capteurs sont définis dans la spécification AS-i. assuré l'interopérabilité [19].

L'AS-Interface (AS-i) – ou plus précisément l'Actuator-Sensor Interface – est un système de mise en réseau simple et efficace pour le niveau de terrain. Système de bus ouvert et non

propriétaire, il assure la transmission des signaux tout-ou-rien et analogiques au niveau des machines et joue également le rôle d'interface universelle entre le niveau de commande et les capteurs et actionneurs binaires simples [18].

Sa simplicité et son efficacité sont telles qu'il représente de loin la solution de mise en réseau la plus économique face à tous les autres systèmes de bus de terrain. Rien d'étonnant donc à ce que l'AS-i se soit imposé comme un véritable standard dans le monde de l'automatisation industrielle. Car le système ne se distingue pas seulement par sa simplicité de mise en œuvre et son installation quasi-instantanée. Il offre aussi une souplesse d'extension incomparable et une robustesse extrême, même dans les conditions les plus sévères [18].

I.5.1 La communication industrielle avec l'AS-i

La structure d'un système d'automatisation complexe est difficile à appréhender du premier coup d'œil, même pour un expert. De nombreux équipements de commande sont reliés à différents réseaux de données et utilisent différents protocoles. On a donc pris l'habitude de structurer les niveaux de commande selon certaines hiérarchies. Ces niveaux se distinguent, par exemple, par leur comportement dans le temps, leur degré de protection, leur type ou leur utilisation des données à transmettre [18].

L'AS-i trouve son application au niveau le plus bas du terrain, le niveau capteurs/actionneurs. Si les volumes de données sont faibles, le nombre d'appareils connectés, tout comme les exigences de temps réel, sont ici très importants. Avec son extrême simplicité de mise en œuvre, sa rapidité d'installation, sa flexibilité et sa robustesse, l'AS-I répond parfaitement à ces contraintes [6].

Grâce à la nouvelle passerelle IE/AS-I PN IO, AS-Interface gère la tendance en faveur de PROFINET qui se dessine dans l'automatisation. Ainsi, l'AS-i ne s'affirme pas uniquement comme alternative à un câblage traditionnel, mais également comme fournisseur d'accès universel aux bus de terrain de l'environnement Industriel Ethernet [18].

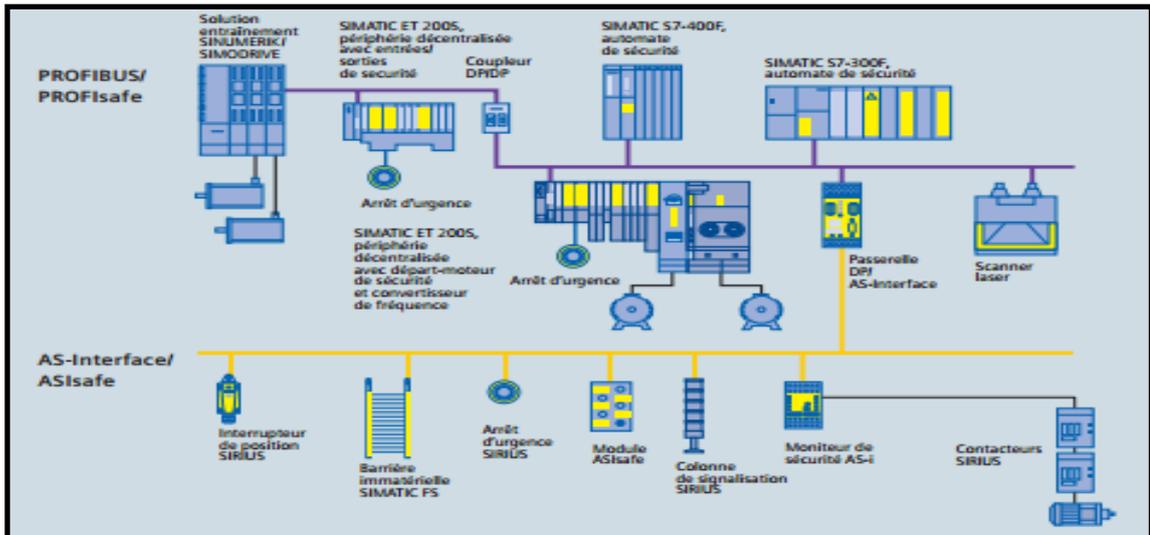


Figure I.21: Gamme de produits pour la communication de sécurité via des bus standard

I.5.2 Le système AS-i

I.5.2.1 Structure

Le système AS-i se compose d'un maître, d'une alimentation et de stations connectées, appelées esclaves. Le maître AS-i gère les échanges de données avec les esclaves par une scrutation cyclique (polling). Au cours d'un cycle, quatre bits de données d'entrée et quatre bits de données de sortie sont échangés. Grâce à une alimentation AS-i spéciale, les données et l'énergie sont transmises simultanément sur un seul câble bifilaire. Les travaux de câblage longs et coûteux appartiennent donc au passé [18].

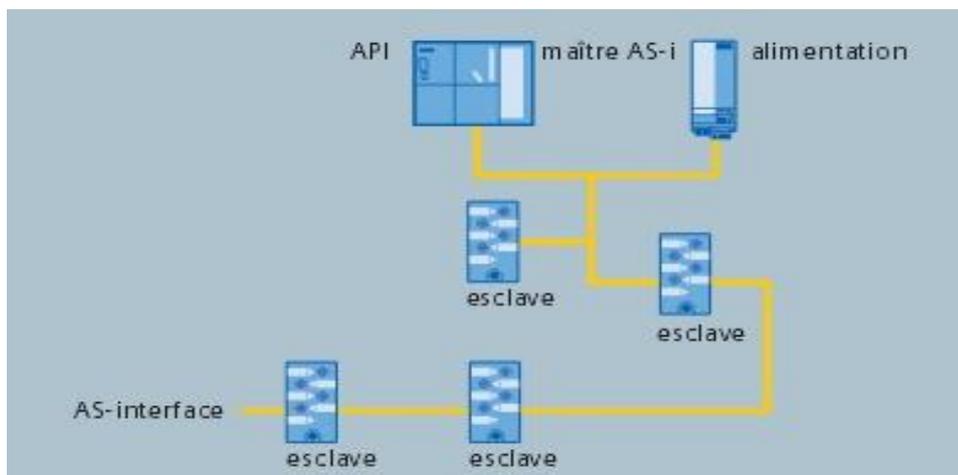


Figure I.22: La structure du système AS-i

I.5.2.2 Composants

Le maître AS-Interface

Le maître AS-Interface assure la liaison avec les automates de niveau supérieur. Il organise de manière autonome les échanges de données sur le câble AS-i, scrute les signaux, transmet les paramètres aux stations, surveille le réseau et assure son diagnostic, et ce, qu'il s'agisse d'applications standard avec AS-Interface ou d'applications de sécurité avec ASIsafe [18].

Le miracle jaune : le câble AS-i

Caractéristique de l'AS-i, le câble plat profilé de couleur jaune a la double mission d'alimenter les capteurs en données et en énergie. Pour l'alimentation en 24 V des actionneurs, on utilise un deuxième câble plat profilé, mais de couleur noire. Les deux câbles font appel à la même technique de raccordement par prises vampires. Spécialement développée pour l'AS-i, celle-ci permet de connecter simplement et sans risque d'inversion de polarité les différentes stations en n'importe quel point des deux câbles profiles [18].



Figure I.23 : Câble AS-i

Les alimentations AS-i

Les alimentations spéciales AS-i génèrent une tension continue régulée de 24 V DC caractérisée par une stabilité élevée et une faible ondulation résiduelle. Elles alimentent en

énergie l'électronique du réseau, c'est-à-dire le maître, les modules AS-i et les capteurs connectés. Grâce à un découplage de données intégré, elles assurent la séparation entre les données et l'énergie qui transitent simultanément sur le même câble bifilaire AS-I [18].

Application

Power Switch a atteint une excellente position. Les avantages de la complètement module filaire qui a été testé dans la production, le compact le design et la mise en service rapide parlent d'eux-mêmes. Le Power Switch est souvent monté sous une ligne de convoyeur et connecté à l'entraînement triphasé et l'autre périphérie au moyen des connecteurs. Le câblage pour le bus, pour le 24 V ainsi que le câblage d'alimentation suivent le ligne de convoyeur. Il est également possible de travailler avec des câbles hybrides (plats) ou de signaux dans une barre de bus. Comme les unités sont connectables et peuvent donc être remplacées rapidement sans aucun outil spécial, cela conduit à une haute disponibilité de l'usine cas d'une faute. Un autre avantage est la mise en service de l'installation étape par étape. Comme le la technologie de convoyeur est basée sur la construction modulaire les fabricants de plantes ont souvent le problème qu'ils doivent mettre en service des modules individuels dans l'usine sans la plante complète étant disponible. C'est bien sur possible à tout moment grâce à la technologie AS-i simple. Mise en service partielle des participants de l'autobus et un test fonctionnel complet du convoyeur les modules simplifient le test complet dans les locaux de l'utilisateur final et raccourcissent les temps de mise en service coûteux sur le site [19].

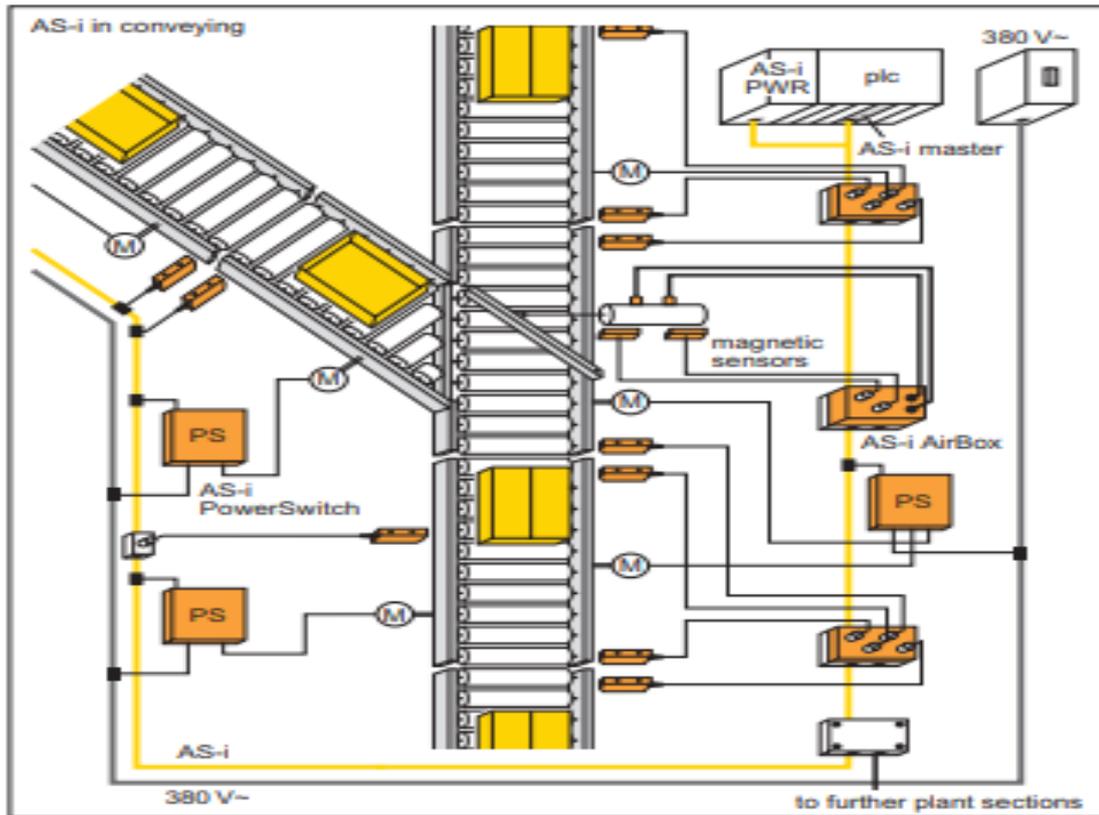


Figure I.24 : Systèmes de convoyage sont typiques applications de le Power Switch.

I.5.3 Conclusion

Ce chapitre propose un bref aperçu des normes des réseaux industriels qui sont principalement utilisées pour la communication entre les machines et l'opérateur HMI, les capteurs et l'automate et les différents outils.

CHAPITRE II

Automates programmables

CHAPITRE II

Automates programmables

II.1 Définition générale d'un automate

Un automate programmable industriel (API) est une machine électronique spécialisée dans la conduite et la surveillance en temps réel de processus industriels. Il exécute une suite d'instructions introduites dans ses mémoires sous forme de programmes, et s'apparente par conséquent aux machines de traitement de l'information. Trois caractéristiques fondamentales le distinguent des outils informatiques tels que les ordinateurs utilisés dans les entreprises : Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles. Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (Température, vibrations, microcoupures de la tension d'alimentation, parasites, etc....).

L'API est une forme particulière de contrôleur à microprocesseur qui utilise une mémoire programmable pour stocker les instructions et qui implémente différentes fonctions, qu'elles soient logiques, de séquençement, de temporisation, de comptage ou arithmétiques, pour commander les machines et les processus (voir Figure II.1). Il est conçu pour être exploité par des ingénieurs, dont les connaissances en informatique et langages de programmation peuvent être limitées. La création et la modification des programmes de l'API ne sont pas réservées aux seuls informaticiens. Les concepteurs de l'API ont préprogrammé pour que la saisie du programme de commande puisse se faire à l'aide d'un langage simple et intuitif [21]. Il existe différents types d'un API (Siemens, Rockwell, Mitsubishi, Schneider, Delta, Allen Bradley).

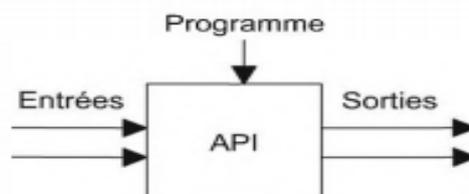


Figure II.1 : Un automate programmable industriel.

II.2 Architecture d'un API

De forme compacte ou modulaire, les automates sont organisés l'architecture Suivante :

- Un module d'unité centrale ou CPU, qui assure le traitement de l'information et la Gestion de l'ensemble des unités. Ce module comporte un microprocesseur, des Circuits périphériques de gestion des entrées/sorties, des mémoires RAM et EEPROM Nécessaire pour stocker les programmes, les données, et les paramètres de Configuration du système.
- Un module d'alimentation qui, à partir d'une tension 220V/50Hz ou dans certains cas De 24V fournit les tensions continues + /- 5V, +/-12V ou +/- - 15V.
- Un ou plusieurs modules d'entrées "Tout ou Rien" ou analogiques pour l'acquisition Des informations provenant de la partie opérative (procédé à conduire).
- Un ou plusieurs modules de sorties "Tout ou Rien" (TOR) ou analogiques pour Transmettre à la partie opérative les signaux de commande. Il y a des modules qui Intègrent en même temps des entrées et des sorties.
- Un ou plusieurs modules de communication comprenant :
 - Interfaces série utilisant dans la plupart des cas comme support de communication, Les liaisons RS-232 ou RS422/RS485 ;
 - Interfaces pour assurer l'accès à un bus de terrain ;
 - Interface d'accès à un réseau Ethernet.

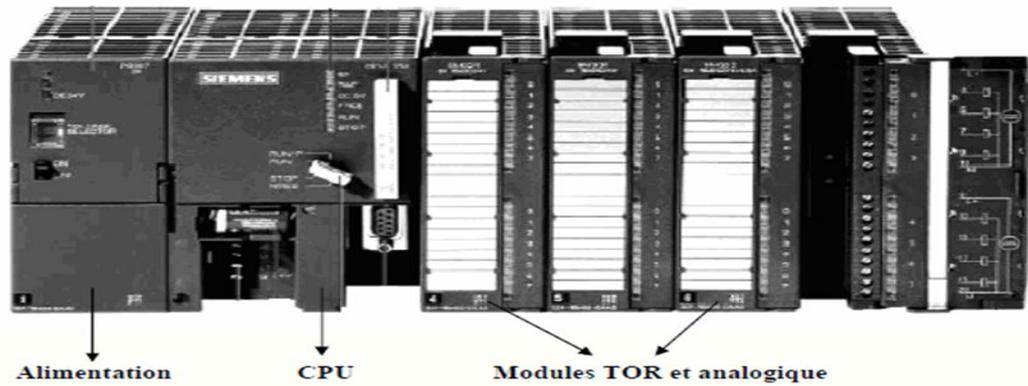


Figure II.2 : Automate programmable siemens

II.3 Matériel

De manière générale, un API est structure autour de plusieurs éléments de base que sont l'unité de traitement, la mémoire, l'unité d'alimentation, les interfaces d'entrées-sorties, interface de communication et le périphérique de programmation [21] (voir Figure II.3) :

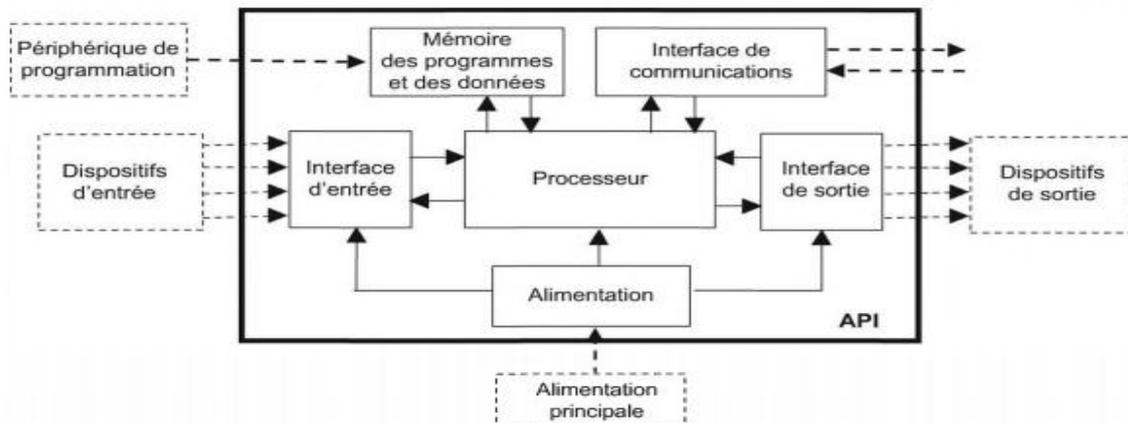


Figure II.3 : Structure d'un API.

II.3.1 Le processeur

Il Constitue le cœur de l'appareil dans l'unité centrale ; En fait, un processeur devant être Automatisé, se subdivise en une multitude de domaine et processeur partiels plus petits, lies Les uns aux autres.

II.3.2 Les interfaces d'entrées/sorties

Permettent au processeur de recevoir et d'envoyer des informations aux dispositifs extérieurs [21]. Plusieurs types de modules sont disponibles sur le marché selon l'utilisation souhaitée :

- Modules TOR : l'information traitée ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1...) C'est le type d'information délivrée par une cellule photoélectrique, un bouton Poussoir ...etc.
- Modules analogiques : l'information traitée est continue et prend une valeur qui Évolue dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un Capteur (débit, niveau, pression, température...etc.).
- Modules spécialisés : l'information traitée est contenue dans des mots codes sous Forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un Ordinateur ou un module intelligent.

II.3.3 Les mémoires

Un système de processeur est accompagné par un ou plusieurs types de mémoires. Elles Permettent :

- De stocker le système d'exploitation dans des ROM ou PROM ;
- Le programme dans des EEPROM ;
- Les données système lors du fonctionnement dans des RAM. Cette dernière est Généralement secourue par pile ou batterie. On peut, en règle générale, augmenter la Capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires.

II.3.4 L'alimentation

L'unité d'alimentation est indispensable puisqu'elle convertit une tension alternative en une basse tension continue (5 V) nécessaire au processeur et aux modules d'entrées-sorties.

II.3.5 Périphérique de programmation

Le périphérique de programmation est utilisé pour entrer le programme dans la mémoire du processeur. Ce programme est développé sur le périphérique, puis transféré dans la mémoire de l'API [21].

II.3.6 Liaisons de communication

L'interface de communication est utilisée pour recevoir et transmettre des données sur des réseaux de communication qui relient l'API à d'autres API distants (voir Figure II.4). Elle est impliquée dans des opérations telles que la vérification d'un périphérique, l'acquisition de données, la synchronisation entre des applications et la gestion de la connexion [21].

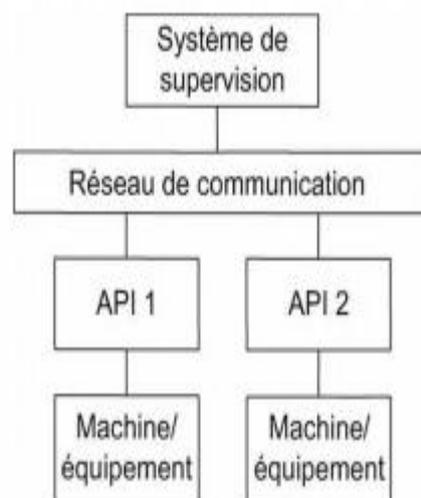


Figure II.4 : Modèle de base des communications [21].

II.4 L'automate S7-300 (siemens) et ses différents modules

S7-300 est un automate de haute performance pour les applications de milieu et haut de gamme, avec possibilité d'extension à plus de 300 modules, et une possibilité de mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS ou Industriel Ethernet.

II.4.1 Vue d'ensemble du S7-300

Le S7-300 est un automate programmable. Pratiquement chaque tâche d'automatisation peut être résolue par un choix approprié des constituants d'un S7-400. Les modules S7-300 se présentent sous forme de boîtiers que l'on adapte sur un châssis. Des Châssis d'extension sont à disposition pour faire évoluer le système.

II.4.2 Caractéristiques du S7-300

Le S7-300 réunit tous les avantages de ses prédécesseurs avec les avantages que confèrent un système et un logiciel actualisés. Ce sont :

- des CPU de puissances échelonnées,
- des CPU à compatibilité ascendante,
- des modules sous boîtiers d'une grande robustesse,
- une technique de raccordement des modules de signaux des plus confortables,
- des modules compacts pour un montage serré,
- des possibilités de communication et de mise en réseau optimales,
- une intégration confortable des systèmes de contrôle-commande,
- le paramétrage logiciel de tous les modules,
- une grande liberté dans le choix des emplacements,
- un fonctionnement sans ventilation,
- le multitraitement en châssis non segmenté.

II.4.3 Possibilités d'extension et mise en réseau

Il est possible de procéder à l'extension des structures décrites en raccordant Une périphérie décentralisée ou en installant un réseau.

2.4.4 Mise en réseau

Nous pouvons raccorder un S7-300 à différents sous-réseaux :

- à un sous-réseau Industriel Ethernet, via un SIMATIC Net CP Ethernet ;
- à un sous-réseau PROFIBUS -DP, via un SIMATIC Net CP PROFIBUS ;

- à un sous-réseau MPI via l'interface MPI intégré ;
- à un sous-réseau PROFIBUS-DP via l'interface PROFIBUS-DP intégrée.

II.4.5 Périphérie décentralisée

Lorsqu'un S7-300 est configuré avec une périphérie décentralisée, les E/S sont déportées sur le site et reliées directement à une CPU par l'intermédiaire du bus PROFIBUS-DP. Une CPU S7-300 pouvant assurer le rôle de maître est mise en œuvre. Comme esclaves, autrement dit comme E/S sur le site, nous pouvons utiliser les appareils suivants :

- ET 200 M,
- ET 200 S,
- ET 200 X,
- ET 200 éco,
- tous les esclaves norme DP.

II.5 Description du logiciel STEP7

STEP7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation simatics300 et s400. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le logiciel de base assiste dans toutes les phases du processus de création de la solution d'automatisation, la conception de l'interface utilisateur du logiciel step7 répond aux connaissances ergonomiques modernes.

II.5.1 Gestionnaire de projets SIMATIC Manager

SIMATIC Manager (Figure II.5) constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation.



Figure II.5 : SIMATC Manager

Ce gestionnaire de projets présente le programme principal du logiciel STEP7 il gère Toutes les données relatives à un projet d'automatisation, quel que soit le système cible sur lequel elles ont été créées. Le gestionnaire de projets SIMATIC démarre automatiquement les applications requises pour le traitement des données sélectionnées.

II.5.2 Editeur de programme et les langages de programmation

Les programmes utilisés avec les API peuvent être écrits dans différents formats. Pour que les ingénieurs ayant peu de connaissances en programmation puissent élaborer des programmes pour les API, le langage à contacts a été conçu. La plupart des fabricants d'automates ont adopté cette méthode d'écriture des programmes. Toutefois, puisque chacun a eu tendance à développer ses propres versions, une norme internationale a été établie pour le langage à contacts et, par voie de conséquence, pour toutes les méthodes de programmation employées avec les API [21].

Les langages de programmation CONT, LIST et LOG, font partie intégrante du logiciel de base [22].

- Le schéma à contacts (CONT) est un langage de programmation graphique. La Syntaxe des instructions fait penser aux schémas de circuits électriques. Le langage CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres D'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines.
- La liste d'instructions (LIST) est un langage de programmation textuel proche de la machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme.

- Le logigramme (LOG) est un langage de programmation graphique qui utilise les Boîtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. Les fonctions Complexes, comme par exemple les fonctions mathématiques, peuvent être Représentées directement combinées avec les boîtes logiques.

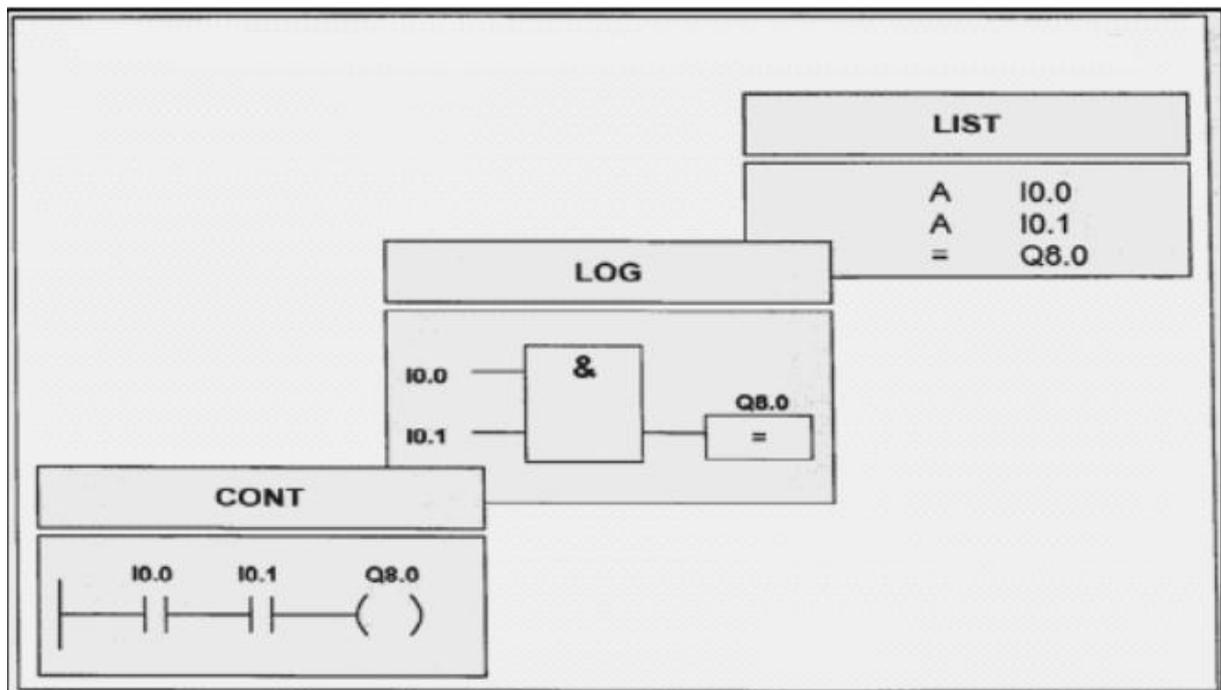


Figure II.6 : Mode de représentation des langages basiques de programmation STEP7.

II.5.3 Paramétrage de l'interface PG-PC

Cet outil sert à paramétrer l'adresse locale des PG/PC, la vitesse de transmission dans le Réseau MPI (Multi-Point Interface ; protocole de réseau propre à SIEMENS) ou PROFIBUS en vue d'une communication avec l'automate et le transfert du projet.

II.5.4 Le simulateur des programmes PLCSIM

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester le Programme dans un Automate Programmable (AP) qu'on simule dans un ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP7, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un

matériel S7 quelconque (CPU ou module de signaux). L'AP S7 de simulation permet de tester des programmes destinés aux CPU S7-300 et aux CPU S7-400, et de remédier à d'éventuelles erreurs [23].

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les Différents paramètres utilisés par le programme (comme, par exemple, d'activer ou de Désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans l'AP de simulation, on a Également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP7 Comme, par exemple, la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des Variables [23].

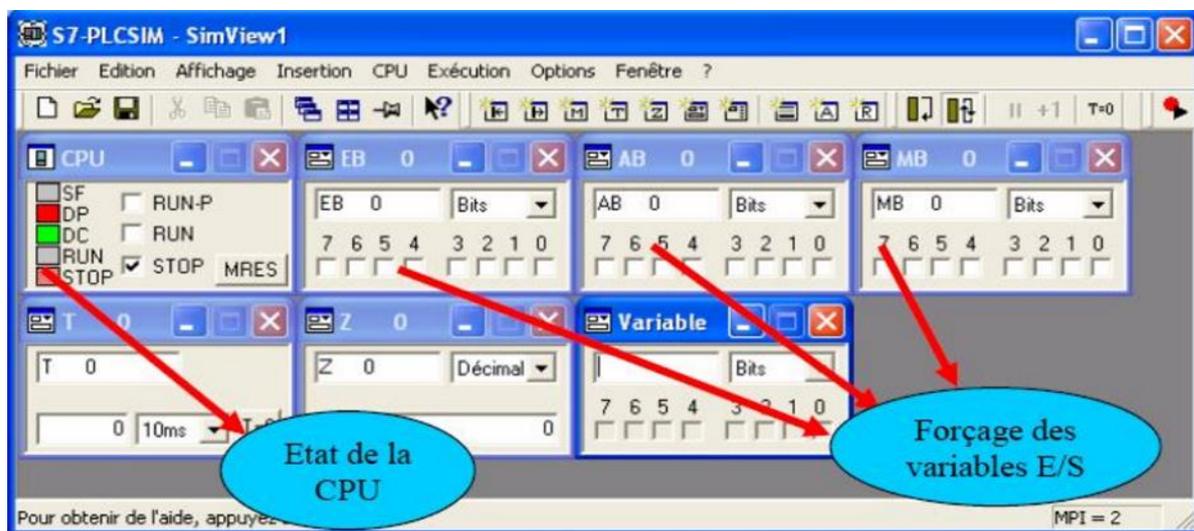


Figure II.7 : Interface de simulation PLCSIM.

II.5.5 Stratégie pour la conception d'une structure programme complète et optimisée

La mise en place d'une solution d'automatisation avec STEP7 nécessite la réalisation des tâches fondamentales suivantes :

- Création du projet SIMATIC STEP7
- Configuration matérielle HW Config

Dans une table de configuration, on définit les modules mis en œuvre dans la solution d'automatisation ainsi que les adresses permettant d'y accéder depuis programme utilisateur, pouvant en outre, y paramétrer les caractéristiques des modules.

- Définition des mnémoniques Dans une table des mnémoniques, on remplace des adresses par des mnémoniques locales ou globales de désignation plus évocatrice afin de les utiliser dans le programme.
- Création du programme utilisateur En utilisant l'un des langages de programmation mis à disposition, on crée un programme affecté ou non à un module, qu'on enregistre sous forme de blocs, de sources ou de diagrammes.
- Exploitation des données : Création des données de références : Utiliser ces données de référence afin de faciliter le test et la modification du programme utilisateur et la configuration des variables pour le "Control commande"
- Test du programme et détection d'erreurs Pour effectuer un test, on a la possibilité d'afficher les valeurs de variables depuis le Programme utilisateur ou depuis une CPU, d'affecter des valeurs à ces variables et de créer une table des variables qu'on souhaite afficher ou forcer.
- Chargement du programme dans le système cible Une fois la configuration, le paramétrage et la création du programme terminés, on peut transférer le programme utilisateur complet ou des blocs individuels dans le système cible (module programmable de la solution matérielle). La CPU contient déjà le système d'exploitation.
- Surveillance du fonctionnement et diagnostic du matériel. La détermination des causes d'un défaut dans le déroulement d'un programme utilisateur se fait à l'aide de la « Mémoire tampon de diagnostic », accessible depuis le SIMATIC Manager.

II.6 WinCC flexible

II.6.1 Introduction à SIMATIC HMI

Lorsque la complexité des processus augmente et que les machines et installations doivent répondre à des spécifications de fonctionnalité toujours plus sévères, l'opérateur a besoin d'un maximum de transparence. Cette transparence s'obtient au moyen de l'Interface Homme-Machine (IHM) [24].

Un système IHM constitue l'interface entre l'homme (opérateur) et le processus (machine/installation). Le contrôle proprement dit du processus est assuré par le système d'automatisation. Il existe par conséquent une interface entre l'opérateur et WinCC flexible (Sur le pupitre opérateur) et une interface entre WinCC flexible et le système d'automatisation [24].

Un système IHM se charge des tâches suivantes :

- Représentation du processus : Le processus est représenté sur le pupitre opérateur. Lorsqu'un état du processus évolue p. ex., l'affichage du pupitre opérateur est mis à jour.
- Commande du processus : L'opérateur peut commander le processus via l'interface Utilisateur graphique. Il peut p. ex. définir une valeur de consigne pour un automate ou Démarrer un moteur.
- Vue des alarmes : Lorsque surviennent des états critiques dans le processus, une Alarme est immédiatement déclenchée, p. ex. lorsqu'une valeur limite est franchie.
- Archivage de valeurs processus et d'alarmes : Les alarmes et valeurs processus peuvent être archivées par le système IHM. Nous pouvons ainsi documenter la marche du processus et accéder ultérieurement aux données de la production écoulée.
- Documentation de valeurs processus et d'alarmes : Les alarmes et valeurs processus peuvent être éditées par le système IHM sous forme de journal. Nous pouvons ainsi consulter les données de production à la fin d'une équipe par exemple.

- Gestion des paramètres de processus et de machine : Les paramètres du processus Et des machines peuvent être enregistrés au sein du système IHM dans des recettes.

Ces paramètres sont alors transférables en une seule opération sur l'automate pour Démarrer la production d'une variante du produit par exemple.

II.6.2 SIMATIC HMI

SIMATIC HMI offre une gamme complète permettant de couvrir toutes les tâches de contrôle-commande. SIMATIC HMI vous permet de maîtriser le processus à tout instant et de maintenir les machines et installations en état de marche [24].

Les systèmes SIMATIC HMI simples sont p. ex. de petites consoles à écran tactile mises en Œuvre sur site.

A l'autre extrémité de la gamme SIMATIC HMI se trouve des systèmes utilisés pour la conduite et la surveillance de chaînes de production. Il s'agira en l'occurrence des puissants systèmes client-serveur [24].

II.6.3 Utilisation de SIMATIC WinCC flexible

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

- SIMPLICITE ;
- OUVERTURE ;
- FLEXIBILITE.

II.6.4 Présentation du système WinCC flexible

II.6.4.1 Eléments de WinCC flexible

- WinCC flexible Engineering System

WinCC flexible Engineering System est le logiciel avec lequel nous réalisons toutes les tâches de configuration requise. L'édition WinCC flexible détermine les pupitres opérateurs de la gamme SIMATIC HMI pouvant être configurés.

- WinCC flexible Runtime

WinCC flexible Runtime est le logiciel de visualisation de procès. Dans Runtime, nous exécutons le projet en mode procès.

- Options WinCC flexible

Les options WinCC flexible permettent d'étendre les fonctionnalités de base de WinCC Flexible. Chaque option nécessite une licence particulière.

2.6.4.2 WinCC flexible Engineering System

WinCC flexible est le système d'ingénierie pour toutes les tâches de configuration. WinCC Flexible est un logiciel modulaire. Chaque incrément d'édition élargit l'éventail des appareils Cibles et fonctionnalités pris en charge.

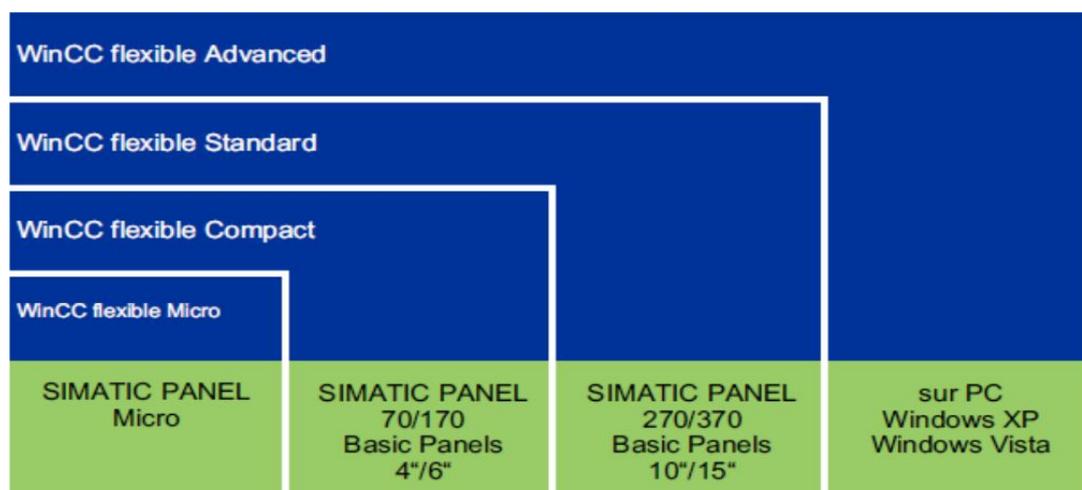


Figure II.8 : La gamme de WINCC flexible

WinCC flexible couvre toute l'étendue de la gamme (Figure II.8) allant du micro panels à la visualisation simple sur PC. Les fonctionnalités de WinCC flexible sont ainsi comparables à celles de produits de la famille ProTool et de TP-Designer.

Lorsque nous créons ou ouvrons un projet sous WinCC flexible, l'écran de l'ordinateur de configuration affiche WinCC flexible Workbench. La fenêtre de projet affiche la structure du projet et permet de gérer celui-ci.

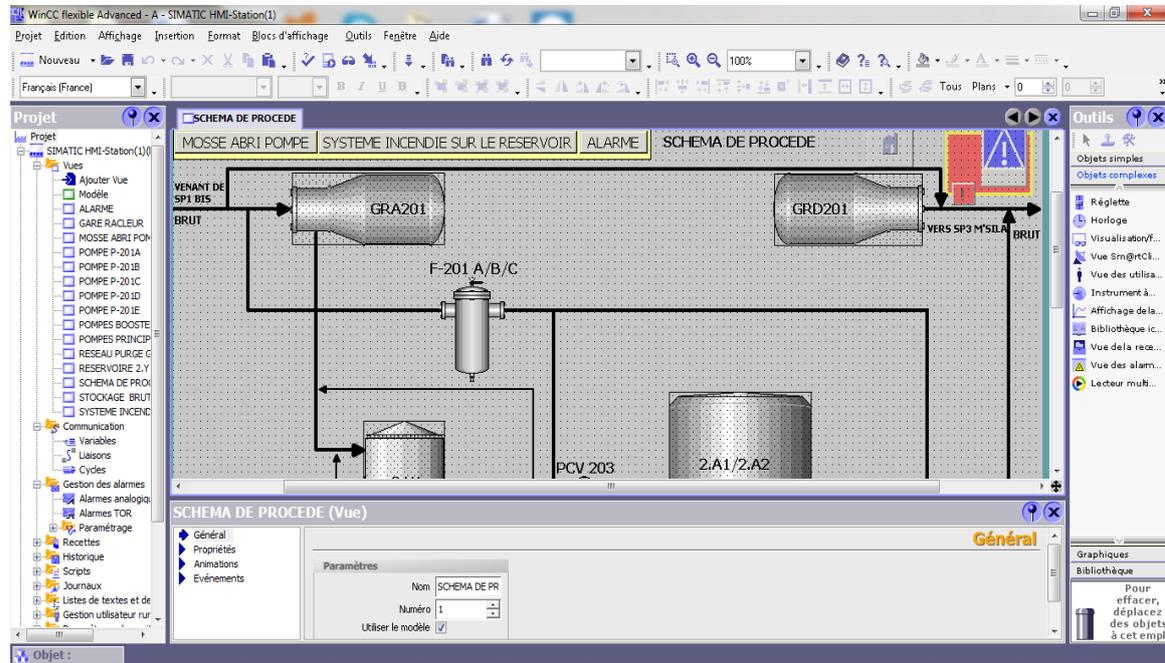


Figure II.9 : La fenêtre principale de WinCC flexible.

L'édition de WinCC flexible utilisée détermine les types de pupitre opérateur que nous pouvons configurer. Si nous voulons configurer un pupitre opérateur qui n'est pas pris en charge par l'édition actuelle de WinCC flexible, nous pouvons changer d'édition. Toutes les fonctionnalités déjà utilisables restent disponibles [24].

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le logiciel de programmation des automates SIEMENS et le logiciel de la supervision le WINCC. Dans le prochain chapitre nous allons aborder la partie engineering de notre projet.

CHAPITRE III

**Simulation par STEP 7 d'un système
automatisé: application à station de pompage
SP2 Biskra**

CHAPITRE III

Simulation par STEP 7 d'un système automatisé: application à station de pompage SP2

III.1 Introduction

La station de pompage SP2 qui fait partie du groupe Sonatrach est créée en 1956 à EL'OUTAYA BISKRA sur la route nationale n°3. au début, la station fonctionnait avec des motopompes diesel qui utilisent le brut centrifugé comme carburant.

En 2008, la station a été renouvelée par des motopompes électriques avec des instruments de contrôle fonctionnant au moyen d'un automate programmable (deltaV-Emerson Electric).

SP2 pompe le pétrole de SP1bis DJAMAA vers SP3 M'SILA par un pipeline de 24'' d'une longueur de 668 km reliant HAOUD EL HAMRA au terminal de BEJAIA.

Ce chapitre est consacré à la simulation de programme de contrôle de la station réalisé avec STEP 7 et à la supervision avec WinCC flexible.

L'automate a été relié à une interface opérateur HMI d'une part pour pouvoir prendre en charge tous les modes de fonctionnement de l'installation et d'autre part assurer la surveillance du procédé.

III.2 La supervision

Pour réaliser la supervision il faut d'abord concevoir une interface (ensemble de vues) entre l'utilisateur et le système à contrôler. Ceci se fait premièrement par la création d'un tableau de variables qu'on va commander avec les différents éléments existant sur les vues de la supervision, sur notre tableau il y a des variables de différents types (BOOL, WORD, REAL,...ETC) puisque chaque variable dans la supervision correspond à une autre dans l'API. Il faut noter que ces variables doivent être déclarées accessibles depuis l'automate.

Notre interface est constituée de seize vues. Chacune de ces vues est dédiée à une zone dans la station.

III.2.1 Vue schéma de procédé

Le pétrole brut venant d'un SP1 bis DJEMAA passe au niveau des filtres-201 A/B/C (1) (Fig.III.1 et Fig.III.2) afin éliminer les impuretés, puis suivant les besoins de l'exploitation service commerciale au niveau de la direction régionale BIJAIA, une partie passe au bac 2A1 et 2A2 (2) et l'autre partie sera orienté vers les pompes Booster (3) pour augmenter la pression en amont des pompes principales (4) dans le but d'éviter le phénomène de cavitation et enfin le brut produit sera envoyé vers la station en aval qui est SP3 M'SILA. L'élément (5) nous permet d'accéder à la gare racleur, tant que l'élément (6) nous dérive vers la vue de réservoir 2.Y1.

7- pour accéder aux réseaux gravitaire, 8- pour accéder au mousse abri pompe.

9- pour accéder à l'alarme, 10- pour accéder au système incendie sur les réservoirs.

11- pour accéder à la vue schéma de procédé.

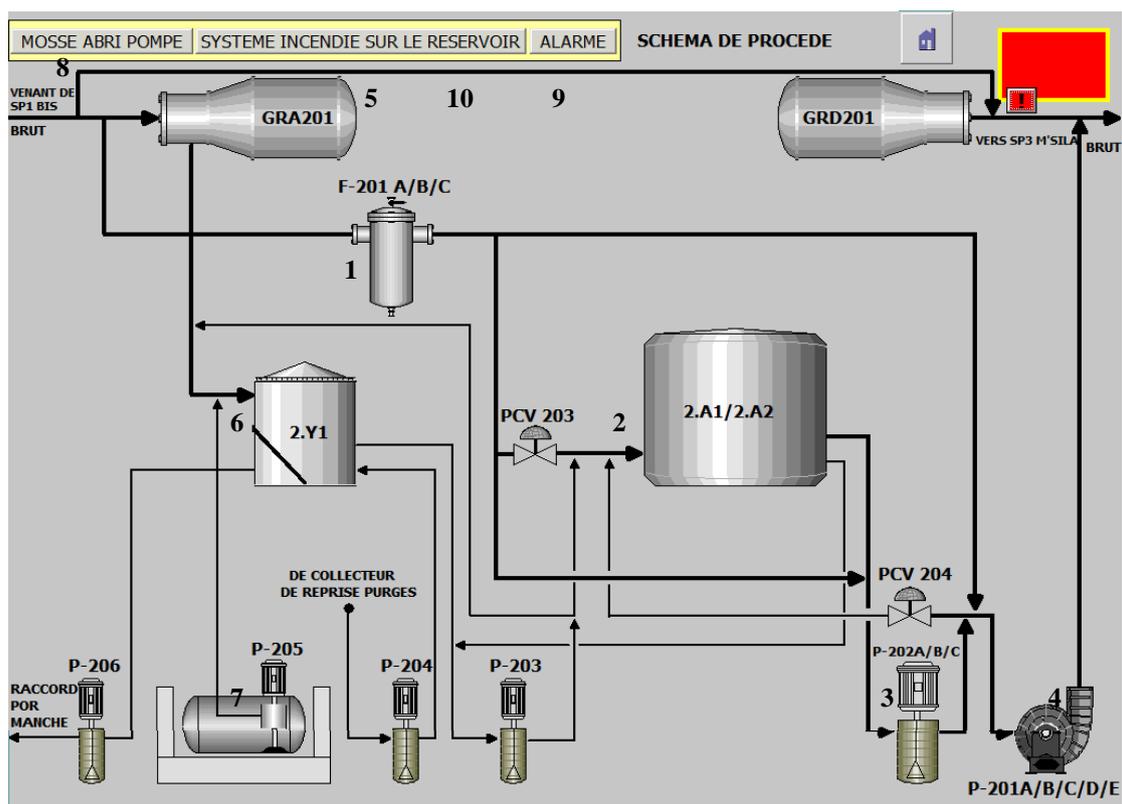


Figure III.1 : Vue schémas de procédé



Figure III.2 : Image google map de la station

III.2.2 Vue gare racleur

Le racleur est un outil qui est utilisé pour le nettoyage interne de la canalisation et en même temps pour contrôler l'état de la surface interne de la canalisation avec (outil intelligent) (voir figure III.3).

Cette gare est partagée en deux parties :

A_ Gare racleur arrivée (GRA) :

Lorsque le racleur arrive le détecteur de passage qui se trouve sur la pipe envoie un signal vers la salle de contrôle en signalant son arrivée.

On a aussi un détecteur d'approche racleur a 1500 m avant la station qui nous indique de son approche.

B_ Gare racleur départ (GRD) :

Cette gare est utilisé pour l'envoi du racleur réceptionné vers la station en aval.

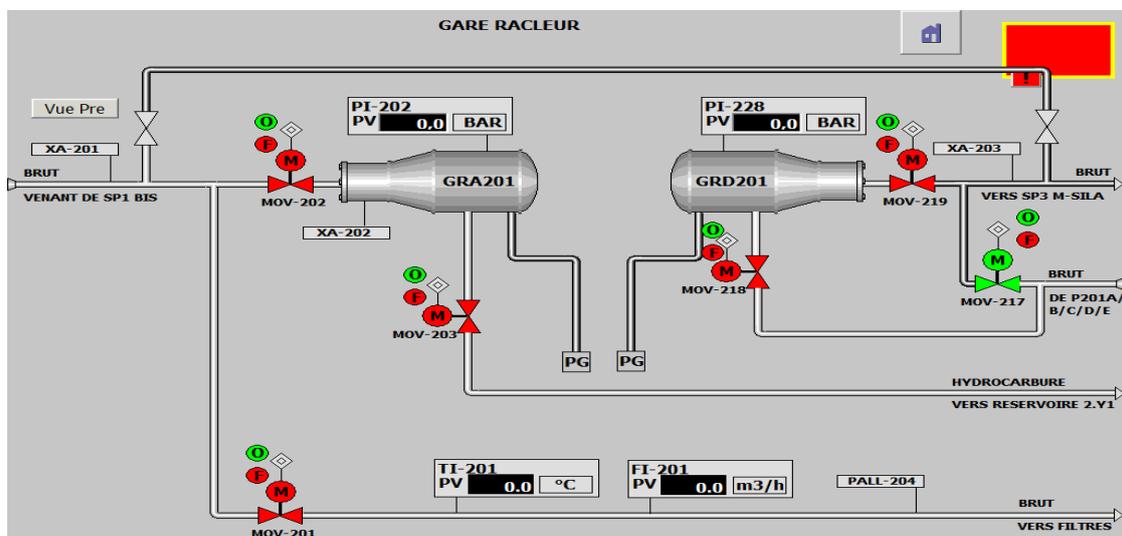


Figure III.3 : Vue gare racleur



Figure III.4 : Gare racleur d'entre et de sortie à site

III.2.3 Vue stockage brut

Il y'a deux bacs de stockage dans la station 2A1 et 2A2 (figure III.5) à toits flottants. Chaque bac a une capacité de 8750 m^3 avec une hauteur de 14000 mm, ils sont utilisés pour stocker le brut.

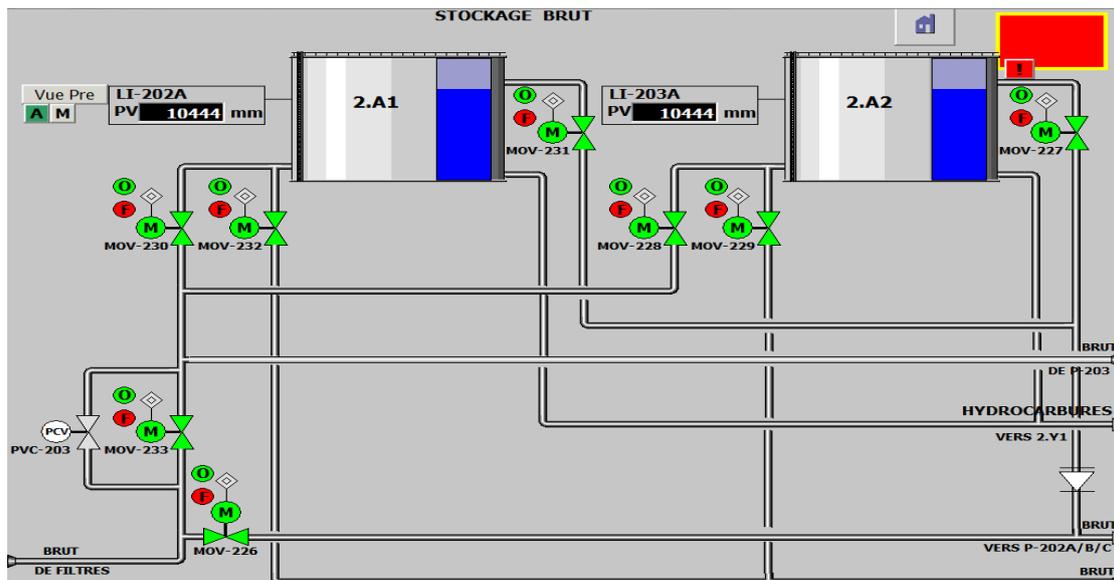


Figure III.5 : Vue stockage brut

Dans cette vue (Figure III.5), voici le remplissage et la vidange des bacs 2 A1/2 A2, au moyen des vannes avec les alarmes niveau haut et bas.

Quand le niveau atteint le seuil d'alarme LSHH le système arrête les deux MOV-230/228 automatiquement et indique alarme (LAH-2 A1/2 A1)(figure 3.6).

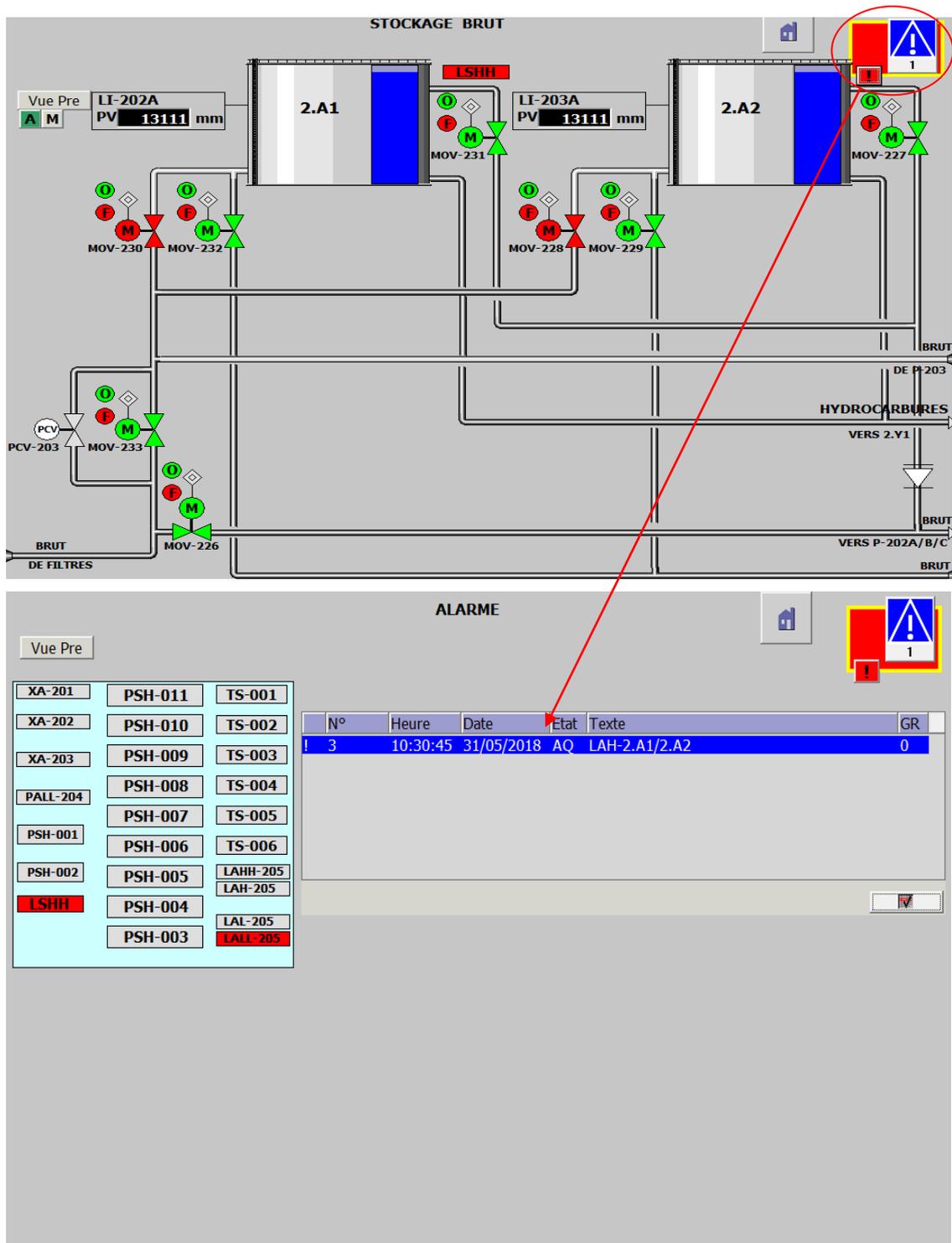


Figure III.6 : Niveau atteint le seuil d'alarme LSHH

Quand le niveau atteint le seuil d'alarme LSHH le système arrête les deux MOV-231/227 automatiquement et indique l'alarme (LAL-2.A1/2.A2)(figure III.7).

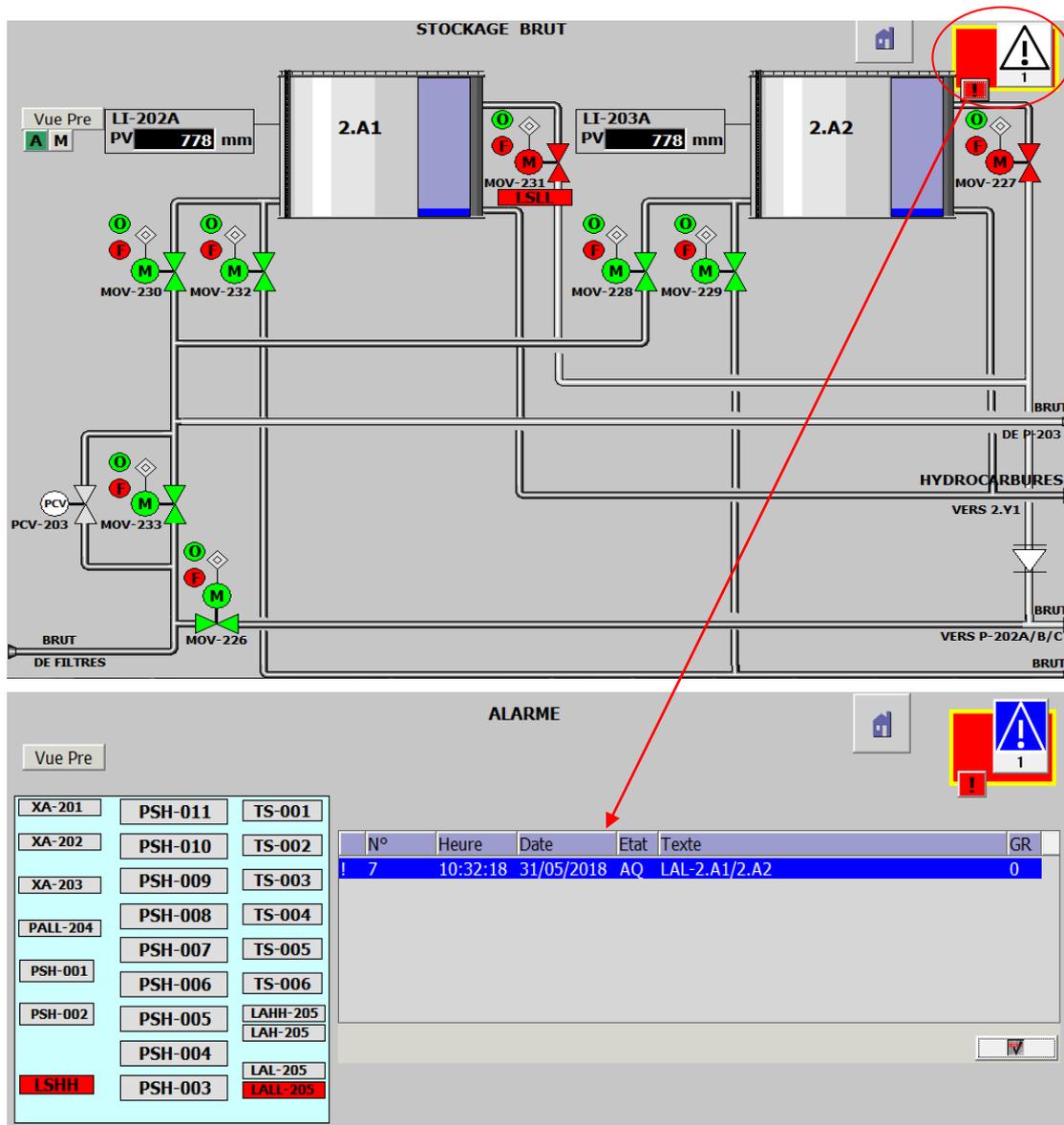


Figure III.7 : atteint le seuil d'alarme LSHH



Figure III.8 : Les bacs de stockage (2A1/2A2) à site

III.2.4 Vue pompes booster

Les pompes d'appoint sont des pompes entraînées par des moteurs électriques (5,5 kV, 220 kW), le rôle principal des pompes Boosters est la protection des pompes principales contre la cavitation.

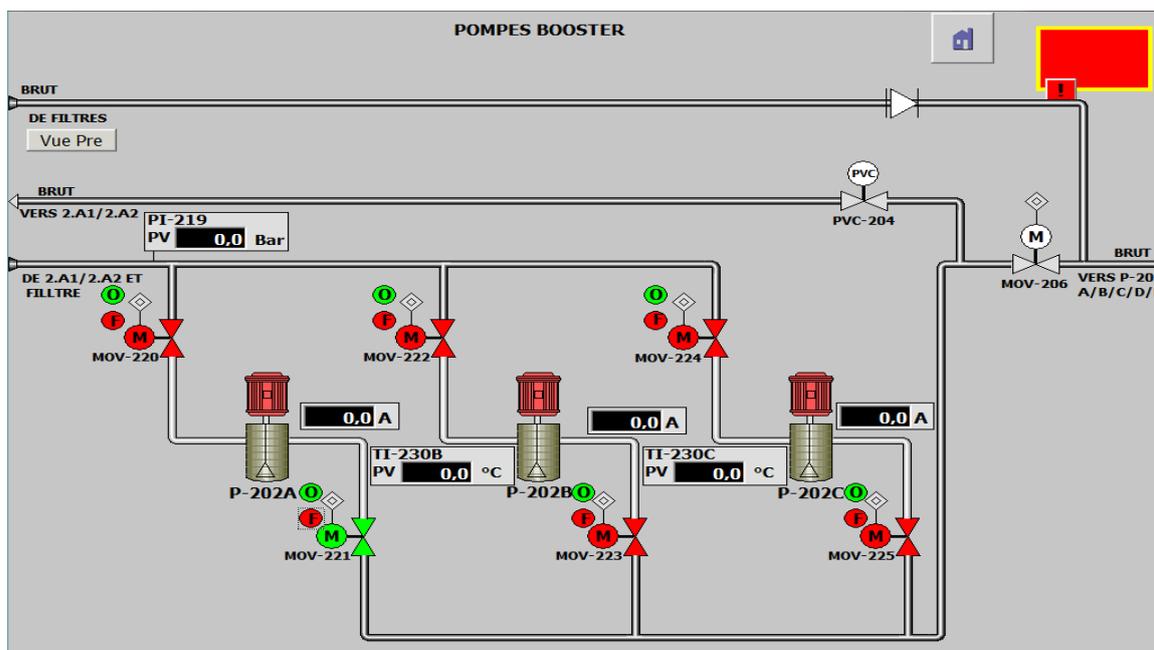


Figure III.9 : Vue pompes Booster

Les deux pompes -202A/202B amplifie la pression du brut d'aspiration jusqu'à 7 bar et le refoule vers les pompes principales et la pompe-202C est réservée.



Figure III.10 : Une pompe Booster à site

III.2.5 Vue pompes principales

Les éléments principaux dans la station se sont les 5 électropompes (voir figure III.12) qui sont en série qui envoient le brut vers SP3 avec une pression selon le besoin. Chaque électropompe se compose de deux parties le moteur électrique et la pompe. Les caractéristiques du moteur électrique sont, alimentation 5.5 kV, puissance 1550 kw avec vitesse de rotation de 2928 tr/min. Il est commandé par un variateur de vitesse par fréquence avec la technologie IGBT (VVF).



Figure III.11 : Les électropompes principales à site

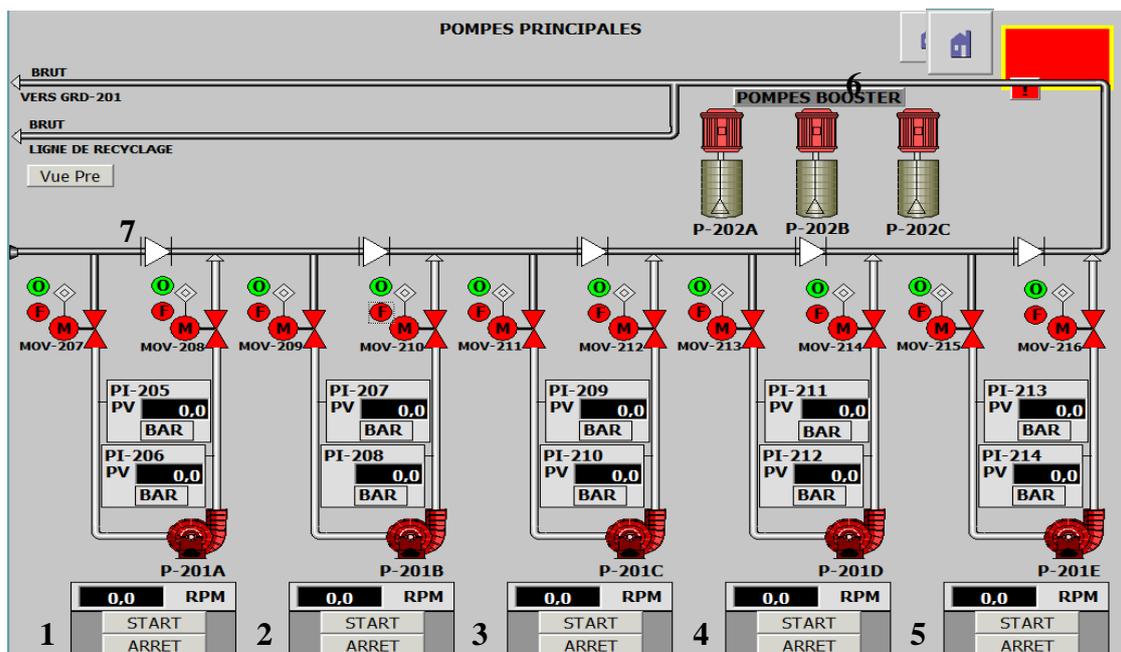


Figure III.12 : Vue pompes principales

- 1- pour accéder à la pompe-201A.
- 2- pour accéder à la pompe-201B.
- 3- pour accéder à la pompe-201C.
- 4- pour accéder à la pompe-201D.
- 5- pour accéder à la pompe-201E.
- 6- pour accéder aux pompes boosters.
- 7- pour accéder à la vue présidente.

Vue pompe-201A (en marche)

Pour contrôler l'état du moteur on a des capteurs de vibration et température, et au niveau de la pompe, on a des capteurs de vibration, température et de fuite garniture (figure III.13).

1. vibration coté pompe.
2. température de pompe.
3. ampirage et vitesse.
4. Moteur.
5. Pompe.
6. vibration coté moteur.

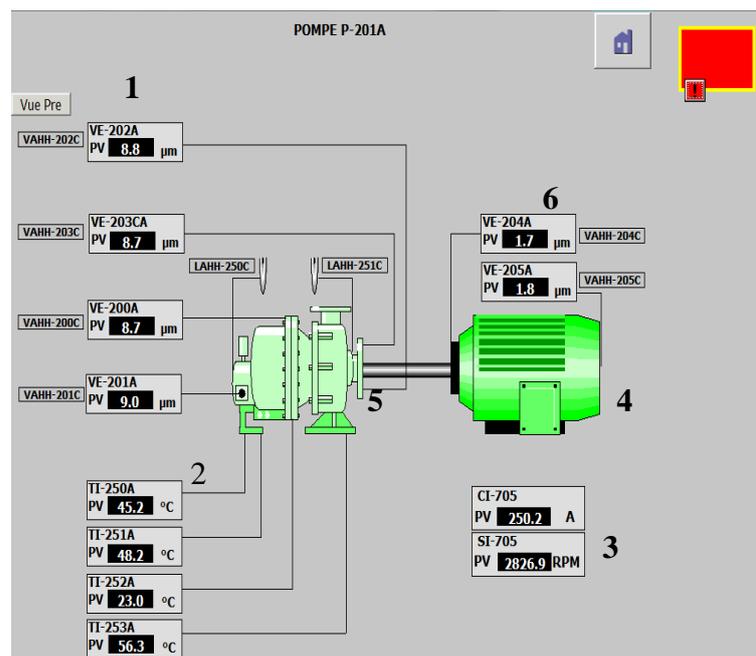


Figure III.13 : Vue pompe-201A

Vue pompe-201D (en arrêt)

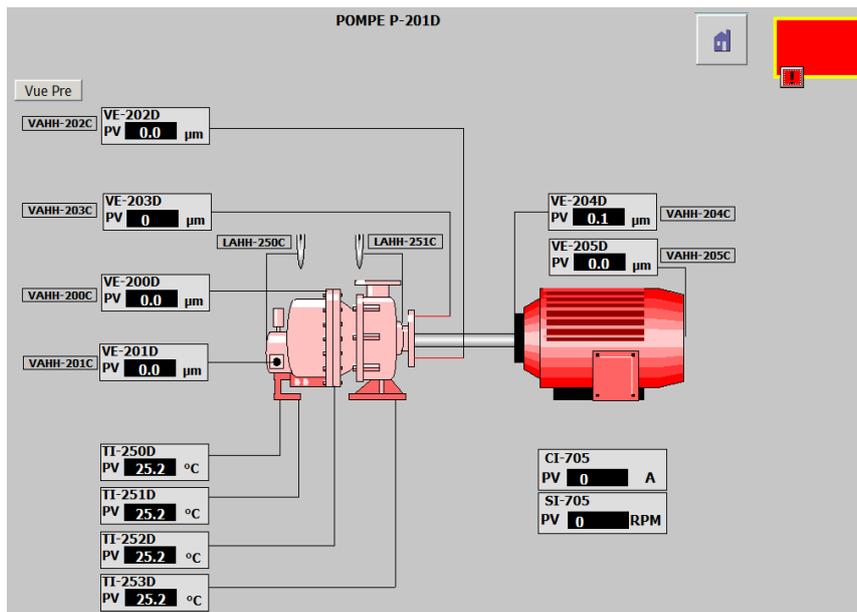


Figure III.14 : Vue pompe-201D

III.2.6 Vue réseau purge gravitaire

Les purges gravitaire de la station sont récupérées par une citerne installée dans une fosse d'une capacité de 10 m^3 à une hauteur de 10 m, avec une pompe de purge qui fonctionne automatiquement à partir d'un transmetteur de niveau (figure III.15).

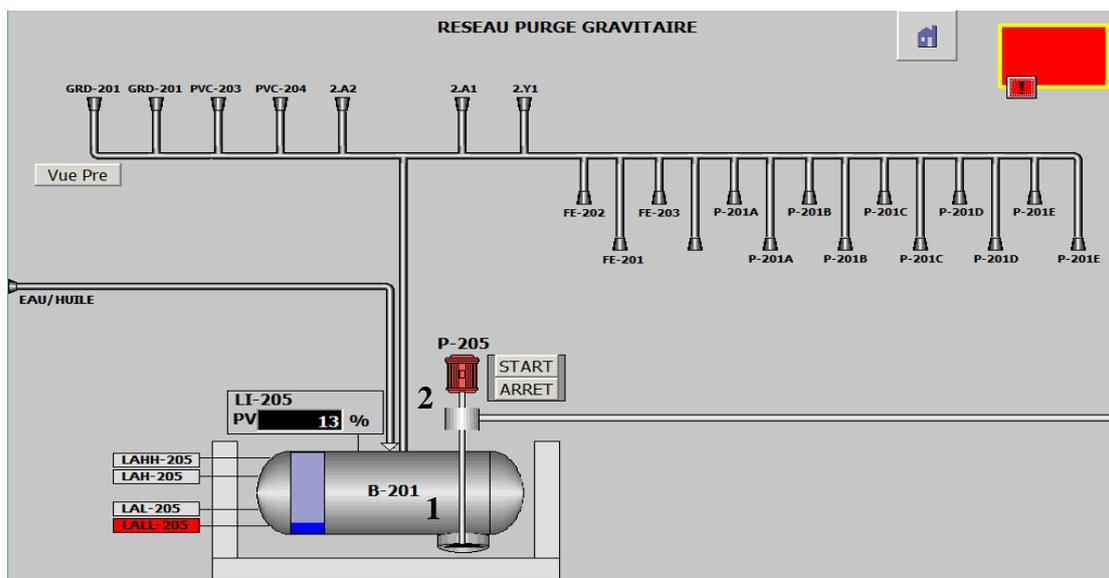


Figure III.15 : Vue réseau purge gravitaire

1. réservoir de purge.
2. Pompe P-205 pour transfert réservoir B-201 au réservoir 2Y1.

III.2.7 Vue réservoir2Y1

Le bac 2Y1 est un réservoir de décantation à une capacité de 2900 m^3 avec toit fixe. Fonctionnant dans le cas de réception racleur et aussi pour le réseau reprise des purge et les purges gravitaires qui seront transférés au moyen de la pompe du bac de purge. Le liquide de ce réservoir peut être envoyé aux réservoirs de stockage 2A1 et 2A2 par la pompe de transfert (figure III.16).

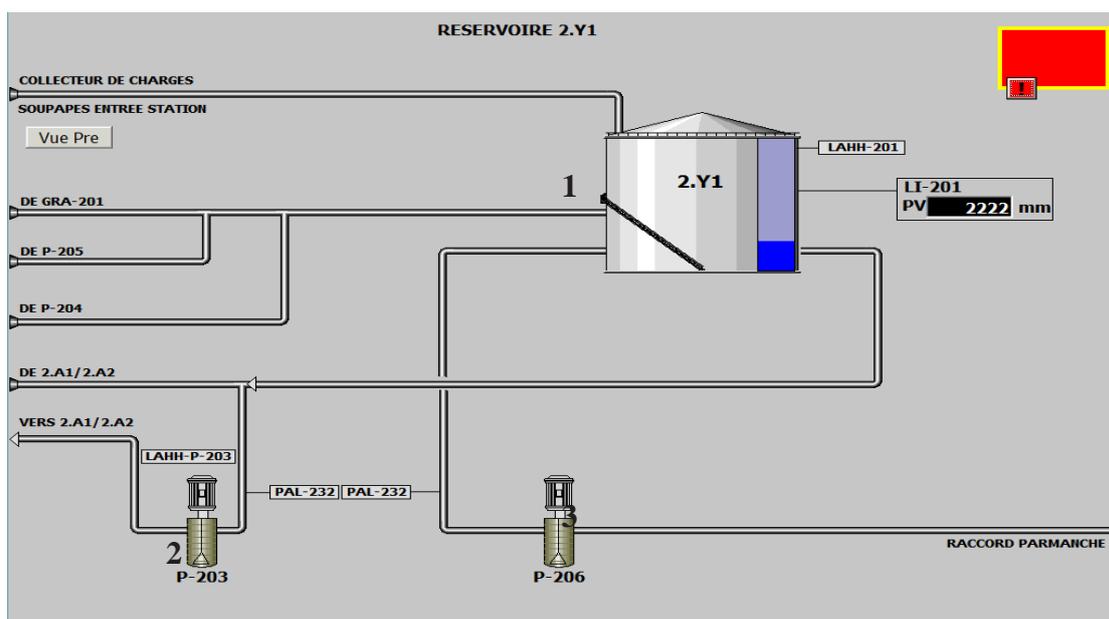


Figure III.16 : Vue reservoir 2.Y1

1. bac 2Y1
2. Pompe 203
3. Pompe P-206



Figure III.17 : Réservoir de décantation 2Y1

- Le câble thermosensible active le système (déclenche l'ouverture de l'électrovanne sur la vanne déluge) si la température est supérieure ou égale à 85°C.
- Rouge : le câble thermosensible est activé.
- Noir : le câble thermosensible n'est pas activé.

Chaque GEP (Groupe ElectroPompe) est muni des détecteurs de feu pour la protection (détection) contre l'incendie (voir figure III.23).



Figure III.19 : Centrale anti-incendie à site

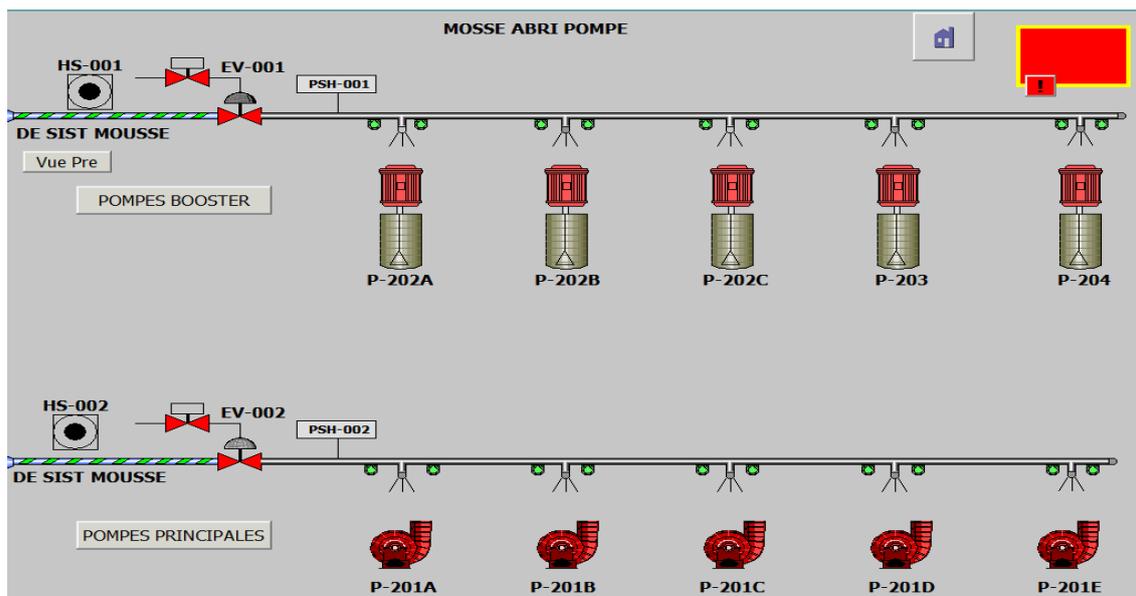


Figure III.20 : Mousse abri pompes

III.2.9 Vue d'alarmes

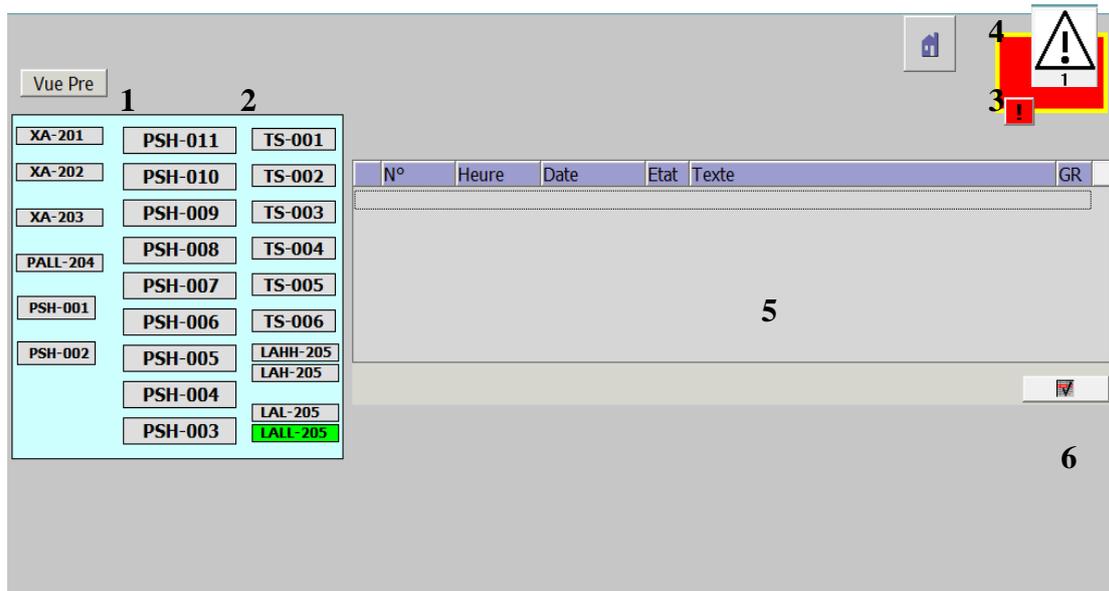


Figure III.21 : Vue d'alarme

1. pour accéder à la vue présidente.
2. Tableau des alarmes.
3. bouton pour accéder à la vue d'alarme.
4. Indicateur d'alarme.
5. Vue des alarmes.
6. Bouton d'acquiescement.

III.3 Simulation de programme avec step7

J'ai choisis SIMATIC 300 pour la configuration matérielle du système d'automatisation STEP7. La communication entre les différents éléments utilise les liaisons : S7, liaison de transport ISO, liaison FDL.

III.3.1 Configuration matérielle (HW Config)

Par "configuration", on entend dans ce qui suit la disposition de profilés support ou châssis, de modules, d'appareils de la périphérie décentralisée et de cartouches interface dans une fenêtre de station. Les profilés support ou châssis sont représentés par une table de configuration, dans laquelle l'on peut enficher un nombre défini de modules, tout comme dans les profilés support ou châssis "réels".

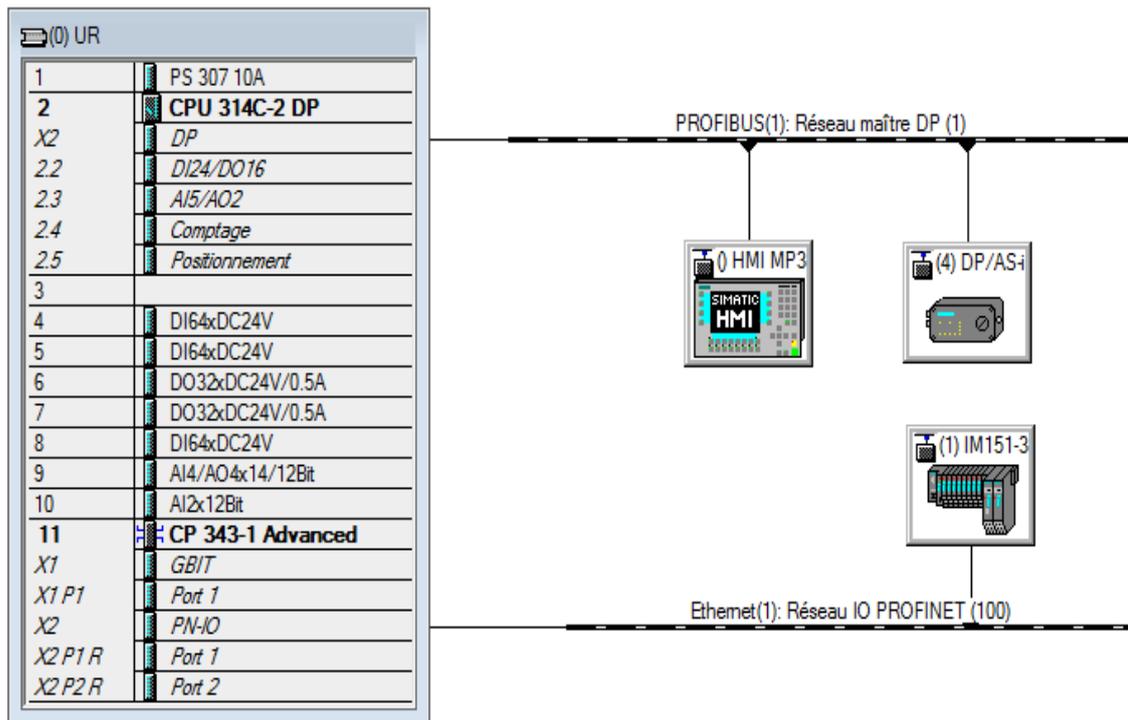


Figure III.22: HW Config

- PS 307 10A : alimentation 10 ampère pour alimenter l'automate et ces modules d'E/S.
- CPU 314C-2 DP : Les propriétés des CPU sont de première importance pour le comportement du système. Dans les pages d'onglet d'une CPU, vous pouvez définir : le comportement à la mise en route, les zones de données locales et les priorités des alarmes, les zones de mémoire, le comportement pour la rémanence, les mémentos d'horloge, le niveau de protection et le mot de passe - pour ne citer que quelques propriétés.
- DI64xDC24V : module d'entrée numérique 24 volts à courant continue.
- DO32xDC24V/0.5A : module de sortie numérique 24 volts, 0.5 ampère.
- AI4/AO4x 14/12Bit : module d'entrée/sortie analogique 14 bit d'entrée et 12 bit de sortie.

- Module de communication CP 343- 1 Advanced : CP S7 pour Industriel Ethernet à 2 interfaces, interface Gigabit (1 port, 10/100/1000 Mbit) et interface PROFINET (switch à 2 ports, 10/100 Mbit).

- DP AS-i : Module servant à coupler le PROFIBUS-DP et l'interface AS-i.

- IM 151-3 : Module d'interface PROFINET IO-Device IM 151-3 PN pour modules électroniques ET 200S.

- HMI : Programmes IHM SIMATIC tournant sur PC.

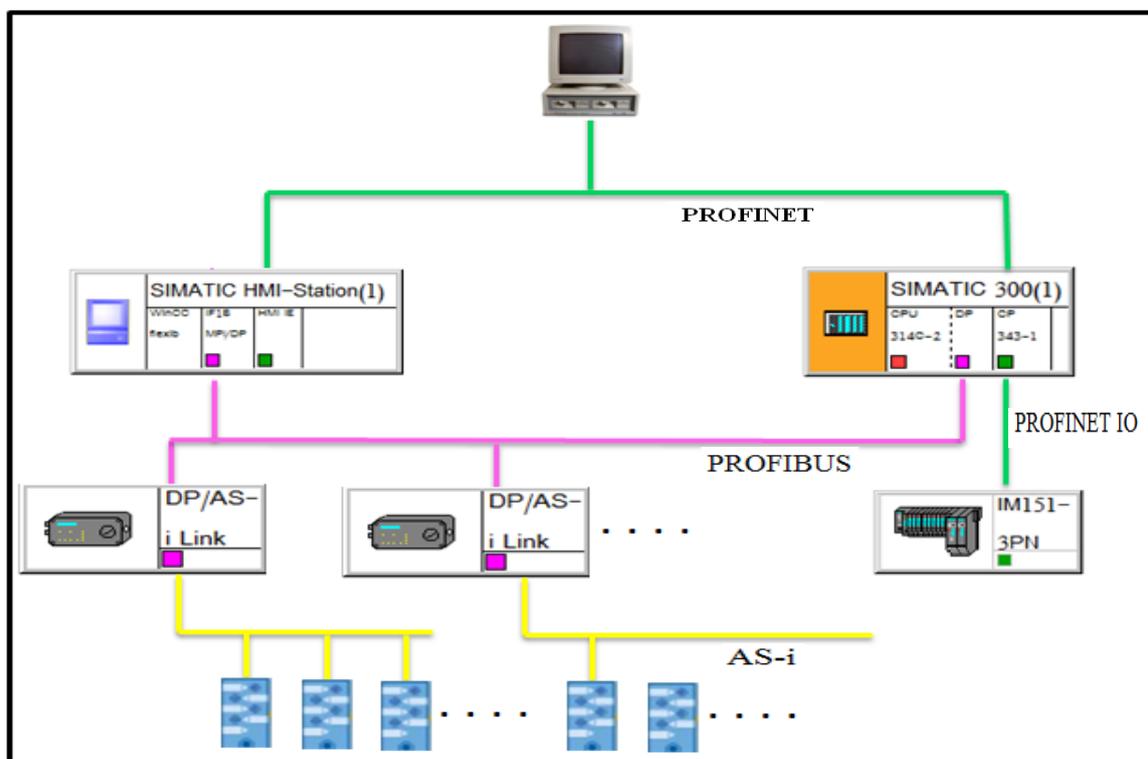


Figure III.23 : NetPro (réseau)

— PROFINET IO : En tant que norme d'automatisation de l'organisation d'utilisateurs PROFIBUS E.V. (PNO), basée sur Ethernet, PROFINET définit un modèle de communication, d'automatisation et d'ingénieries indépendantes des fabricants. Dans le but :

- une communication générale via le bus de terrain et Ethernet,
- une automatisation ouverte, partagée,
- l'utilisation de normes ouvertes.

— PROFIBUS DP : (réseau maitre)

— AS-i : réseau niveau capteur

III.3.2 Programmation

En utilise le bloc d'organisation cyclique OB1 et 20 fonctions (figure III.24).

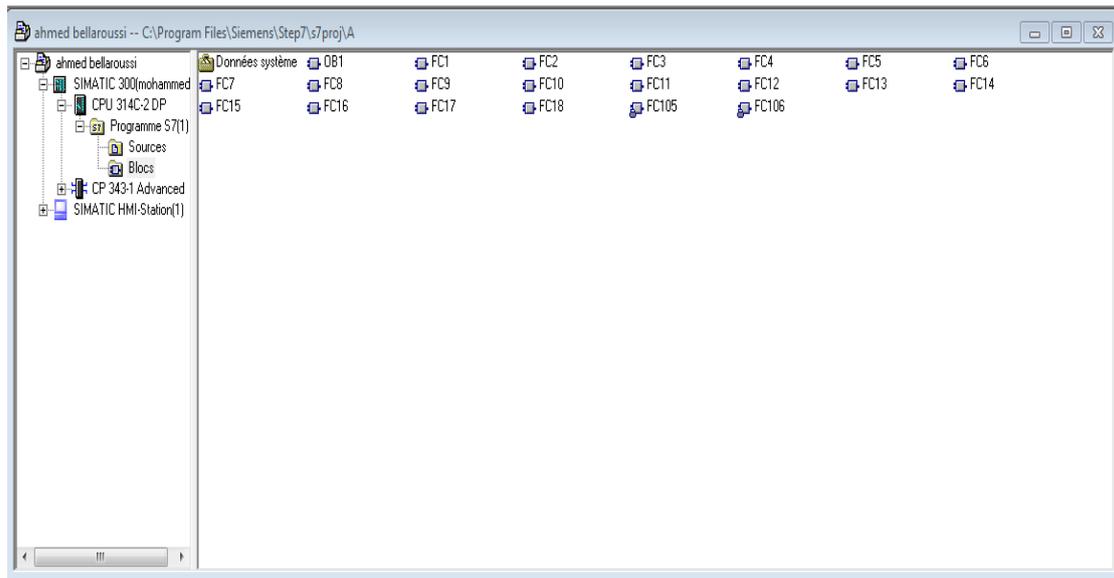


Figure III.24 : Bloc d'organisation OB1 et ses fonctions.

III.3.2.1 Bloc d'organisation(OB1)

Il constitue l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisé (figure III.25), ce qui permet de déterminer le comportement de la CPU.

Le traitement de programme cyclique constitue le traitement normale pour les automate programmable. Ceci signifie que le programme utilisateur dans le blocOB1 est donc exécuté cycliquement.

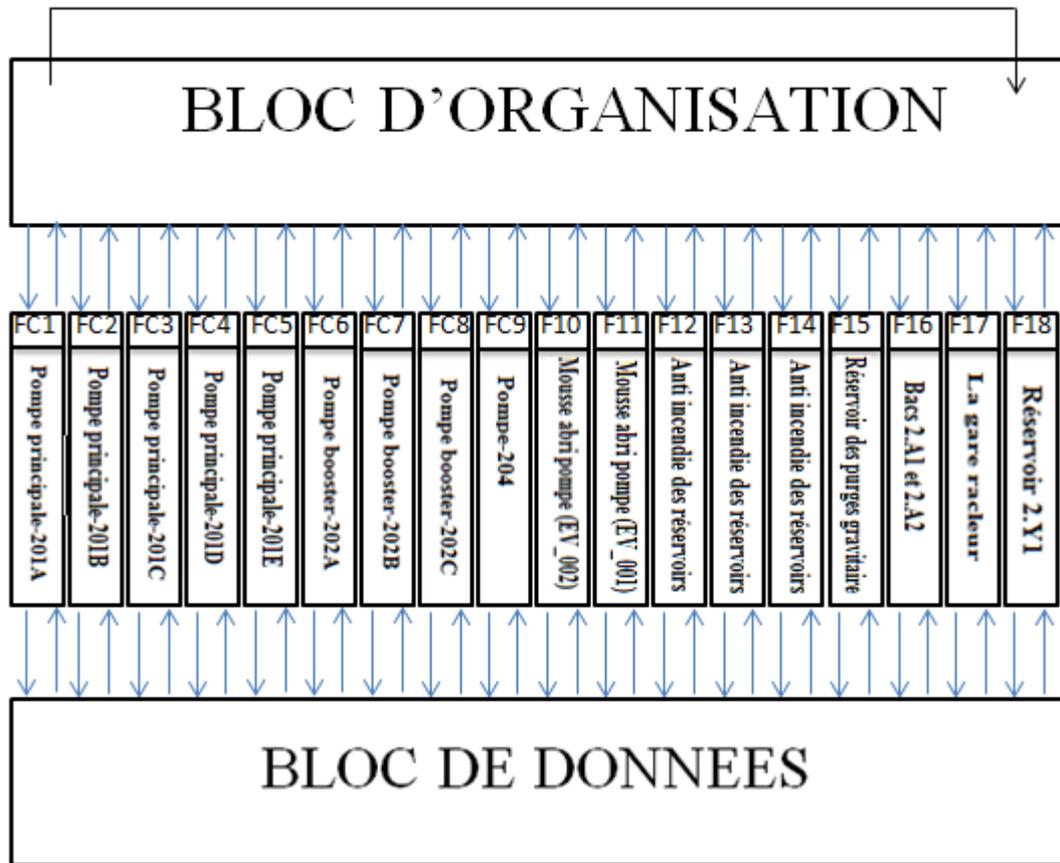


Figure III.25 : traitement de programme cyclique

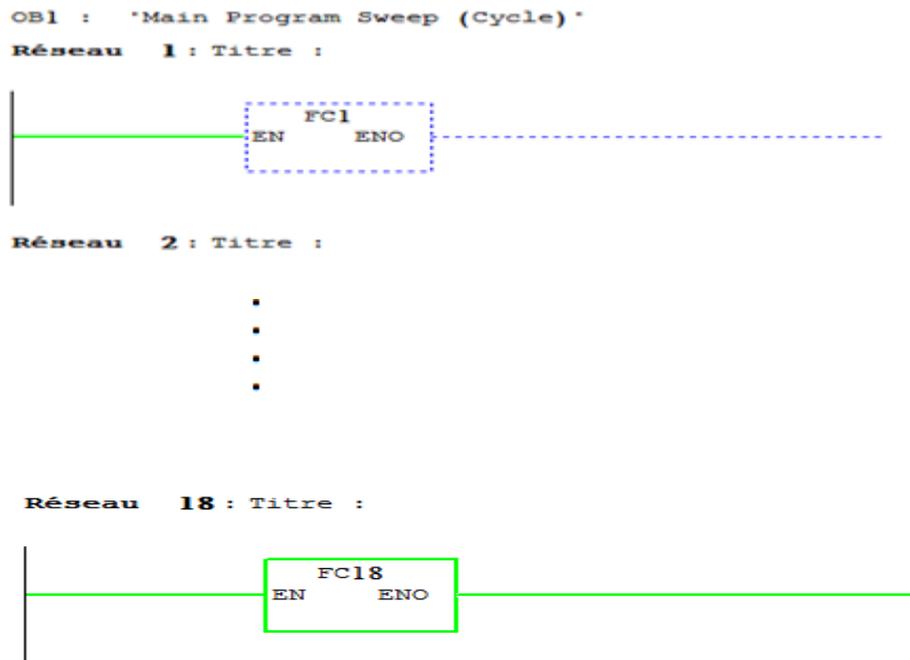


Figure III.26 : Bloc d'organisation

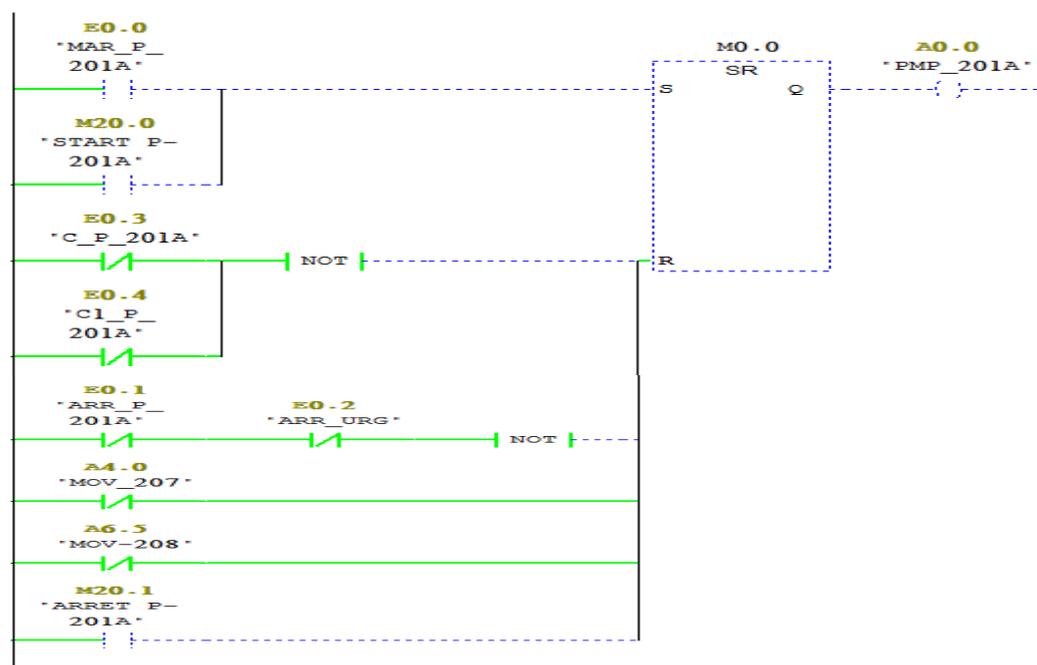
3.3.2.2 Fonction FC1 : Pompe principale-201A

Le programme illustré dans la figure (III.27) permet de démarrer et d'arrêter la pompe-201A, et contrôler les électrovannes MOVs-208/207. Dans le cas où la température dépasse 80°C, l'automate va arrêter la pompe et indique alarme.

Dans le cas où une des MOVs est fermée la pompe reste fermée. Donc il faut que les deux MOV soient ouvertes pour démarrer la pompe.

En cas d'urgence, il y a un bouton d'arrêt d'urgence.

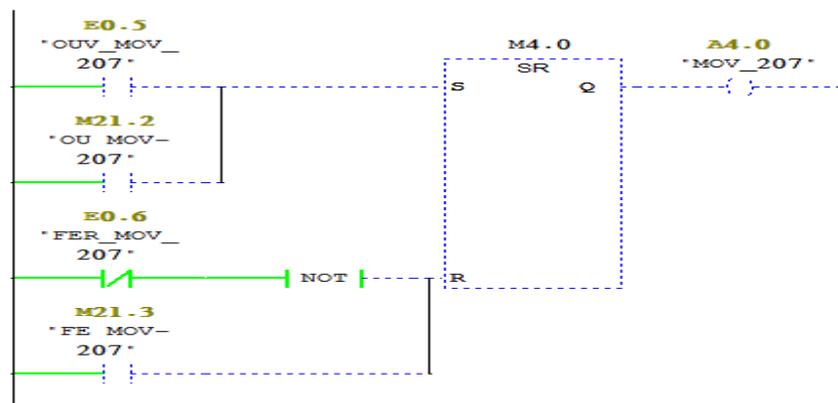
Réseau 1: Fonctionnement de la PMP 201A



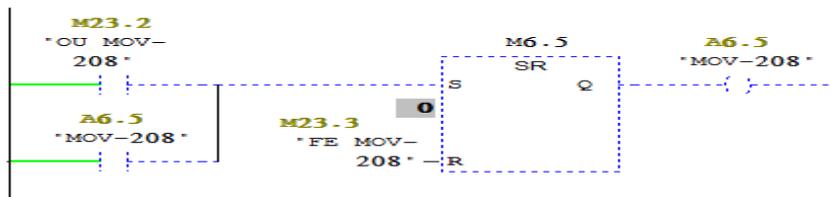
Réseau 2 : Titre : Alarme arrêt d'urgence



Réseau 3 : Titre : L'Ouverture et la fermeture de l'électrovanne 207



Réseau 4 : L'Ouverture et la fermeture de l'électrovanne 208



Réseau 5 : Titre : Alarme 'détecteur de température'



Réseau 6 : Titre : Alarme 'détecteur de température'



Réseau 7 : Titre : Alarme 'détecteur d'incendie'

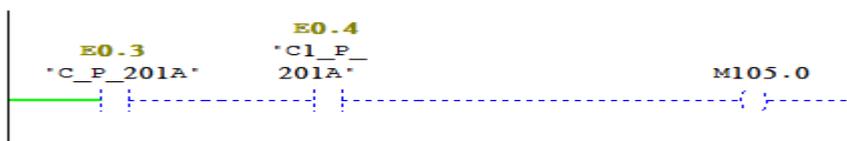


Figure III.27: Programme pompe-201A

Le nombre des pompes à faire marcher devrait dépendre des exigences du dispatcher, toutefois, les phases d'exploitation doivent être respectées :

Jusqu' à	800 m ³ /h	1 pompe	pression de sortie : 31 bars
De 800 à	1400 m ³ /h	2 pompes	pression de sortie : 45 bars
De 1401 à	1800 m ³ /h	3 pompes	pression de sortie : 61 bars
De 1800 à	2200 m ³ /h	4 pompes	pression de sortie : 79.6 bars
>2200 m ³ /h		5 pompes	pression de sortie : 79.6 bars

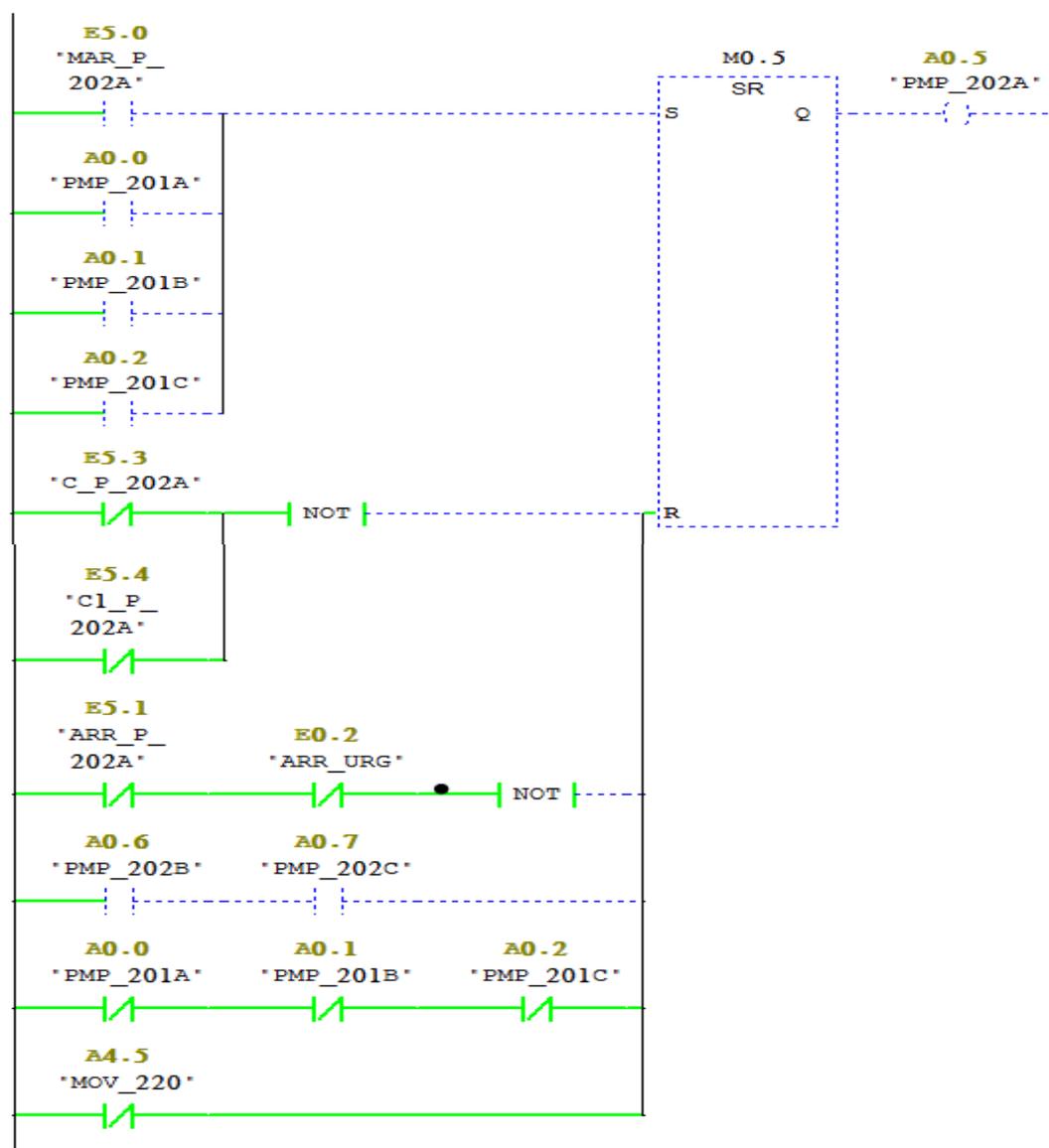
Ce programme est appliqué de la même manière pour les pompes-201B et 201C (FC2 et FC3). Les pompes-201D et 201E (FC4 et FC5) sont utilisées comme réserve.

III.3.2.3 Fonction FC6 : Pompe booster-202A

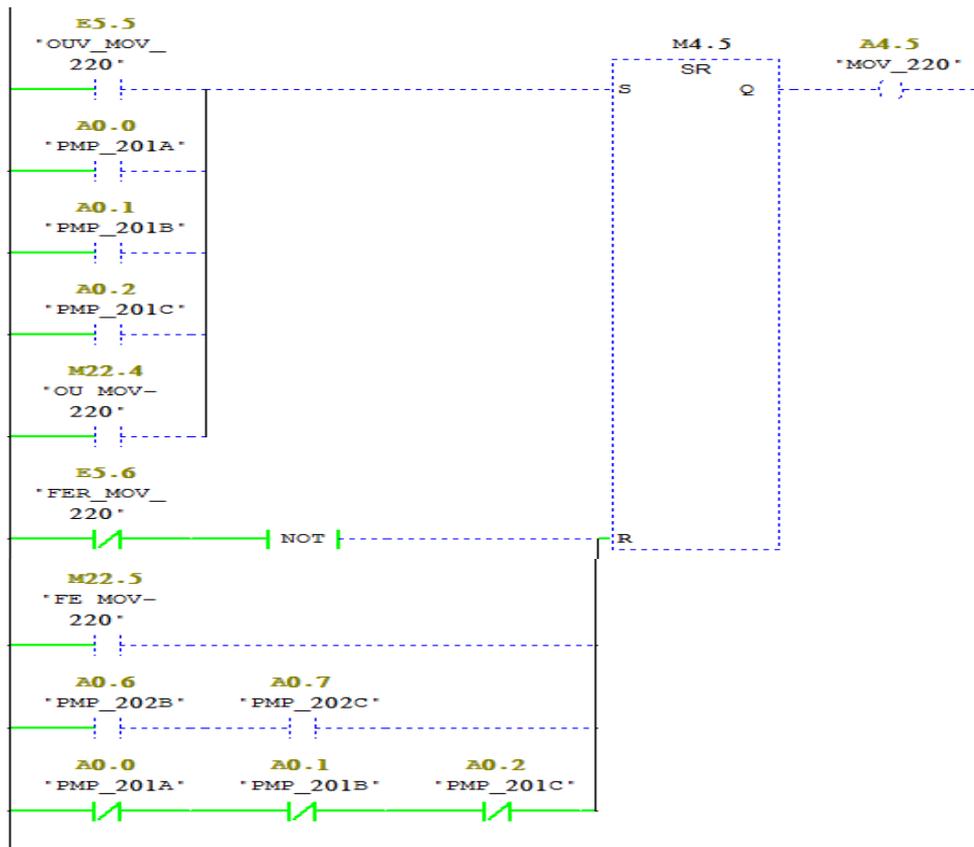
Le programme schématisé dans la figure (III.28) permet de contrôler le démarrage et l'arrêt de la pompe-202A, sachant que ce dernier que démarre automatiquement dans le cas de démarrage d'une pompe-201A ou pompe-201B ou pompe-201C, si les pompe-201A, pompe-201B et pompe-201C sont arrêtées alors la pompe booster - 202A s'arrête.

En plus de ces conditions, il faut que les MOV-220 et 221 sont ouvert.

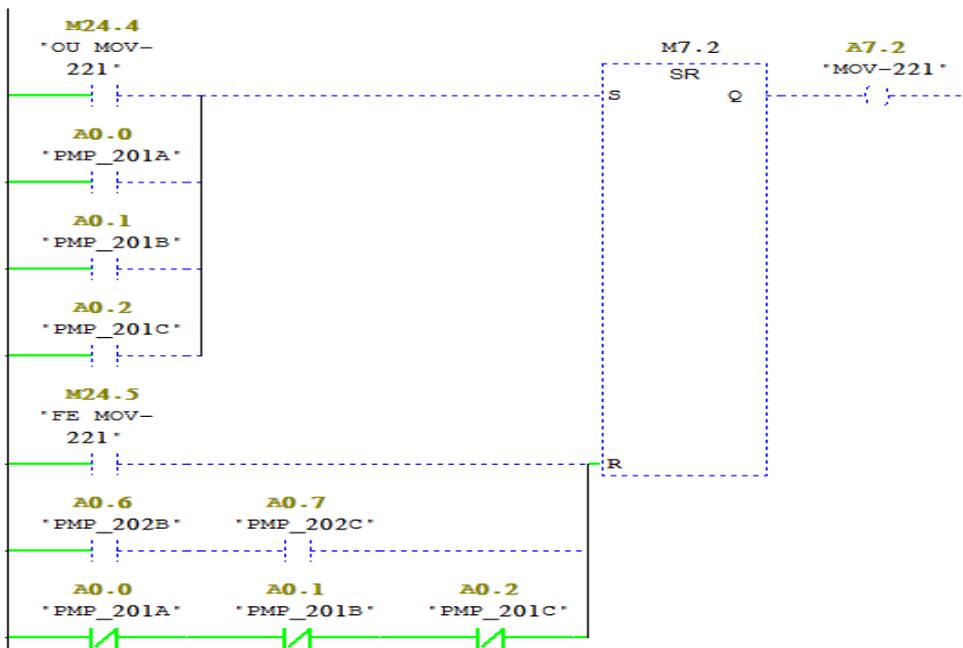
Réseau 1: Fonctionnement de la PMP 202A



Réseau 2 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 220



Réseau 3 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 221



Réseau 4 : Alarme 'détecteur de température'



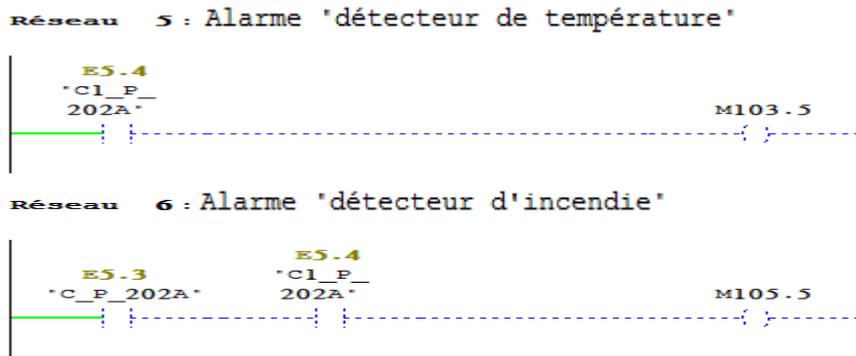
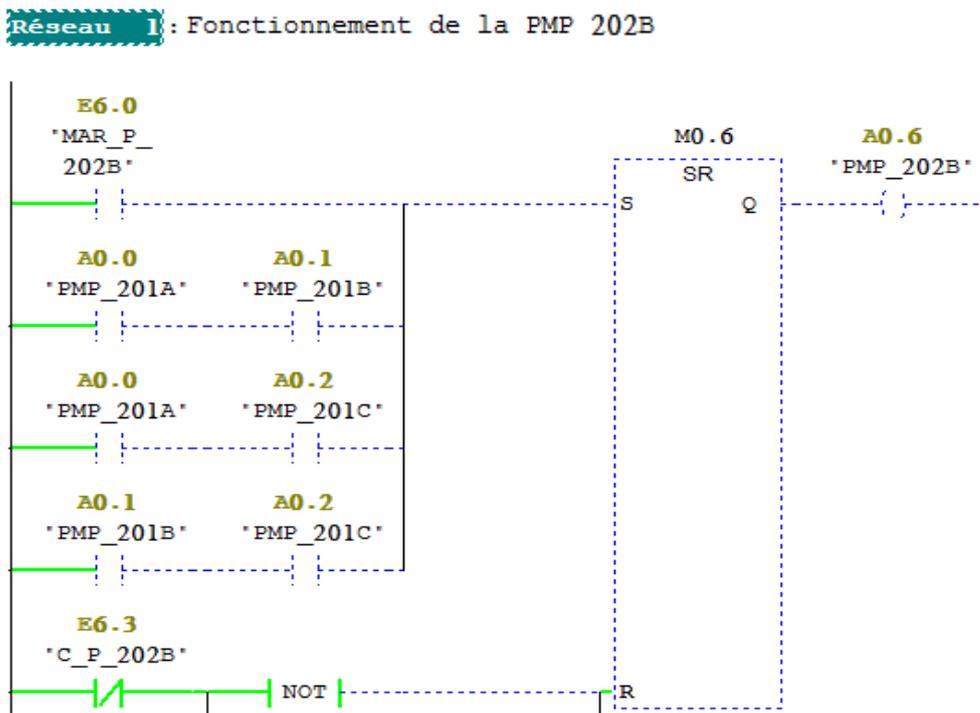


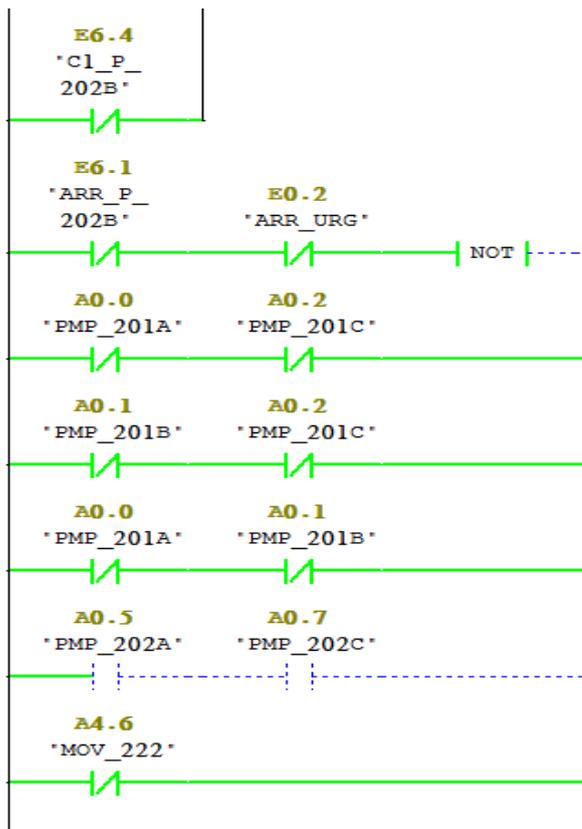
Figure III.28: Programme pompe-202A

III.3.2.4 Fonction FC7 : pompe booster-202B

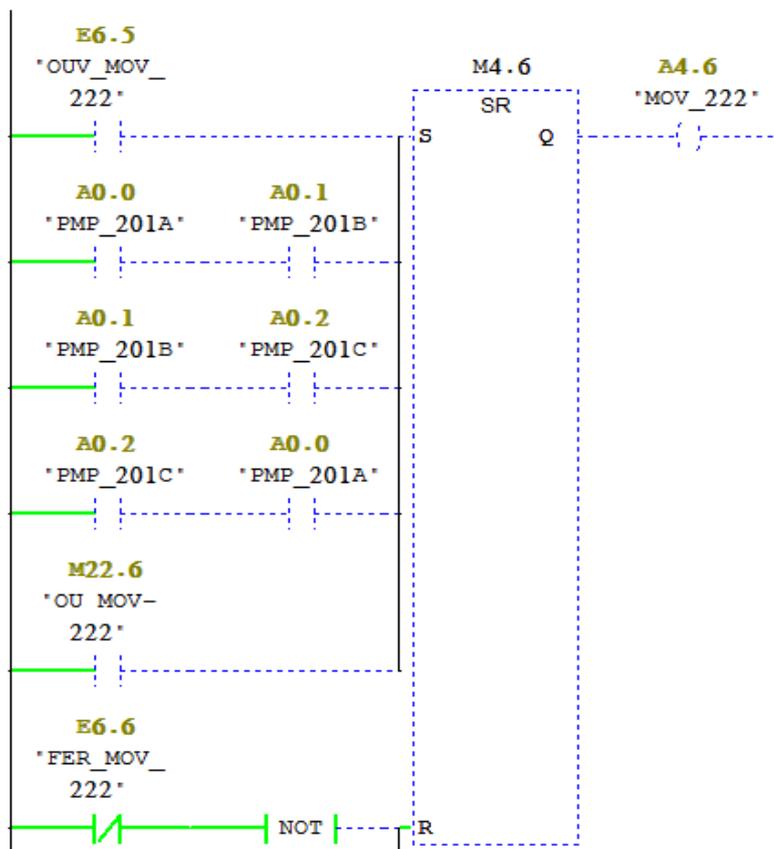
Le programme schématisé dans la figure (III.29) permet de contrôler le démarrage et l'arrêt de la pompe-202B, sachant que ce dernier démarre automatiquement dans le cas de démarrage d'une pompe-201A et pompe-201B ou pompe-201A et pompe-201C, ou pompe 201B et pompe 201C, et si les pompe-201A, pompe-201B et pompe-201C sont arrêtées alors la pompe booster-202B est arrêtée.

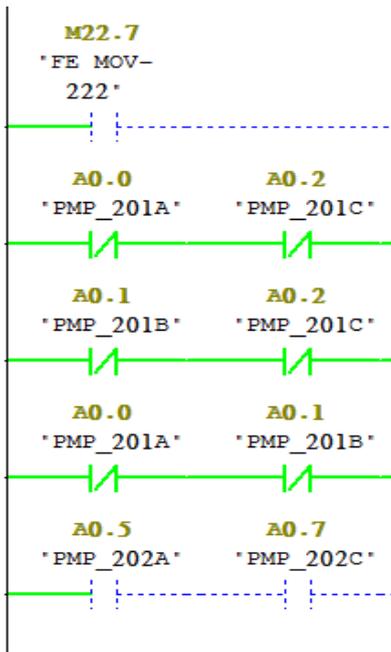
En plus de ces conditions, il faut que les MOV-220 et 221 sont ouvert.



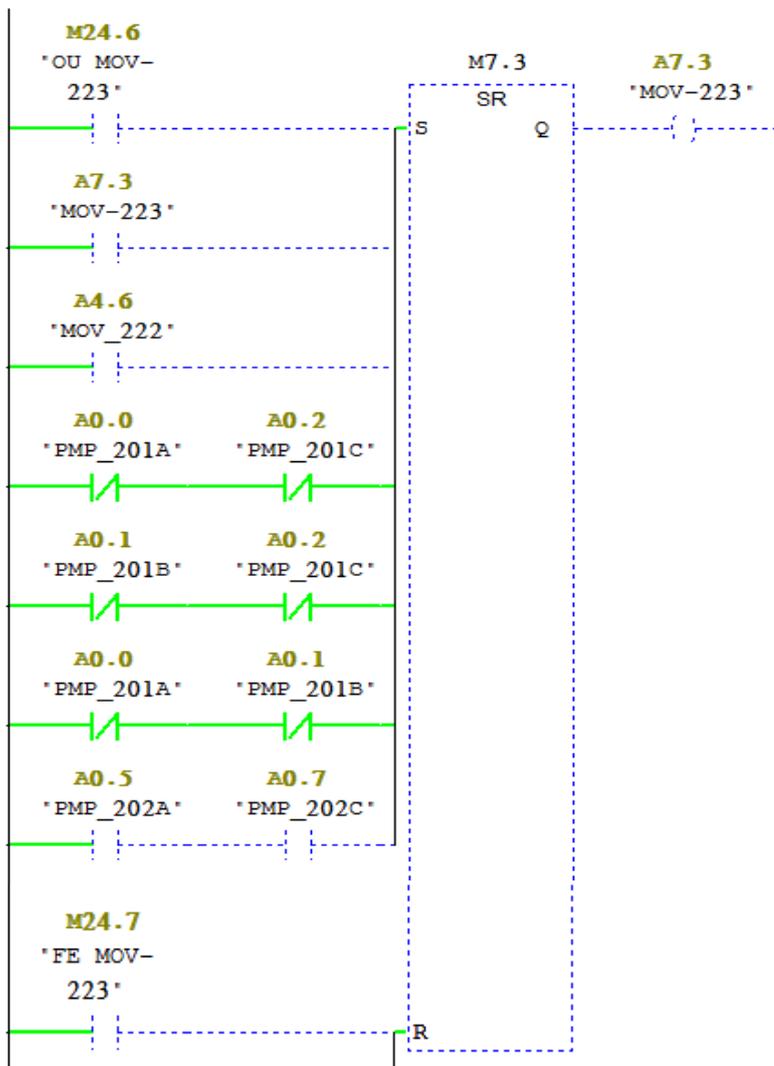


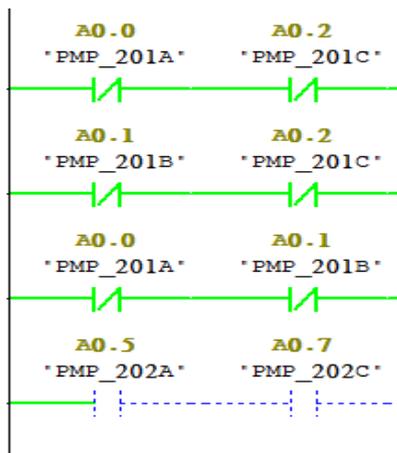
Réseau 2 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 222





Réseau 3 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 223





Réseau 4 : Alarme 'détecteur de température'



Réseau 5 : Alarme 'détecteur de température'



Réseau 6 : Alarme 'détecteur d'incendie'

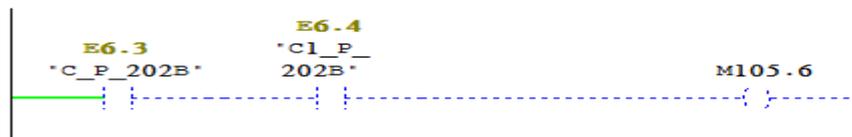


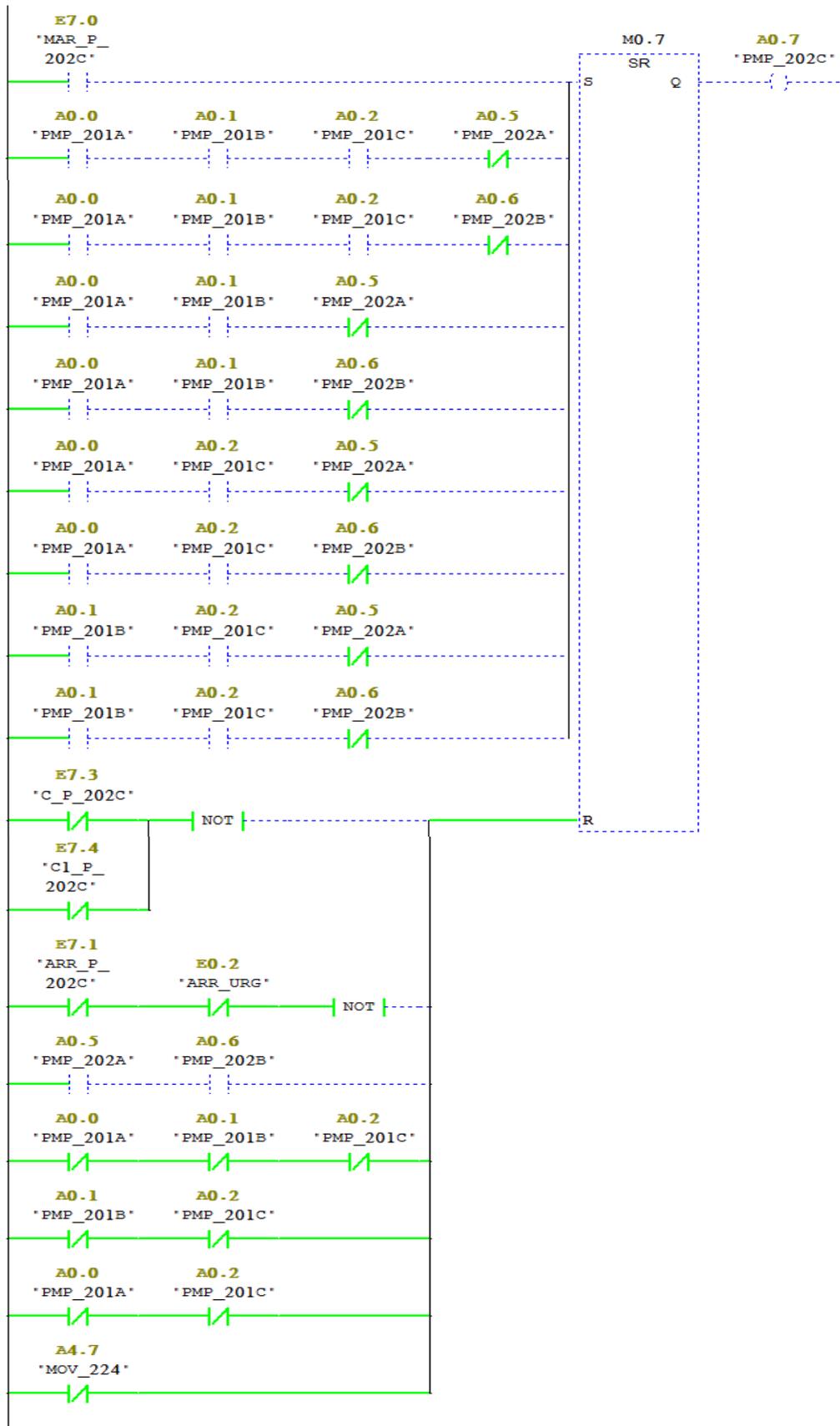
Figure III.29 : Programme pompe-202B

III.3.2.5 Fonction FC8 : pompe booster-202C

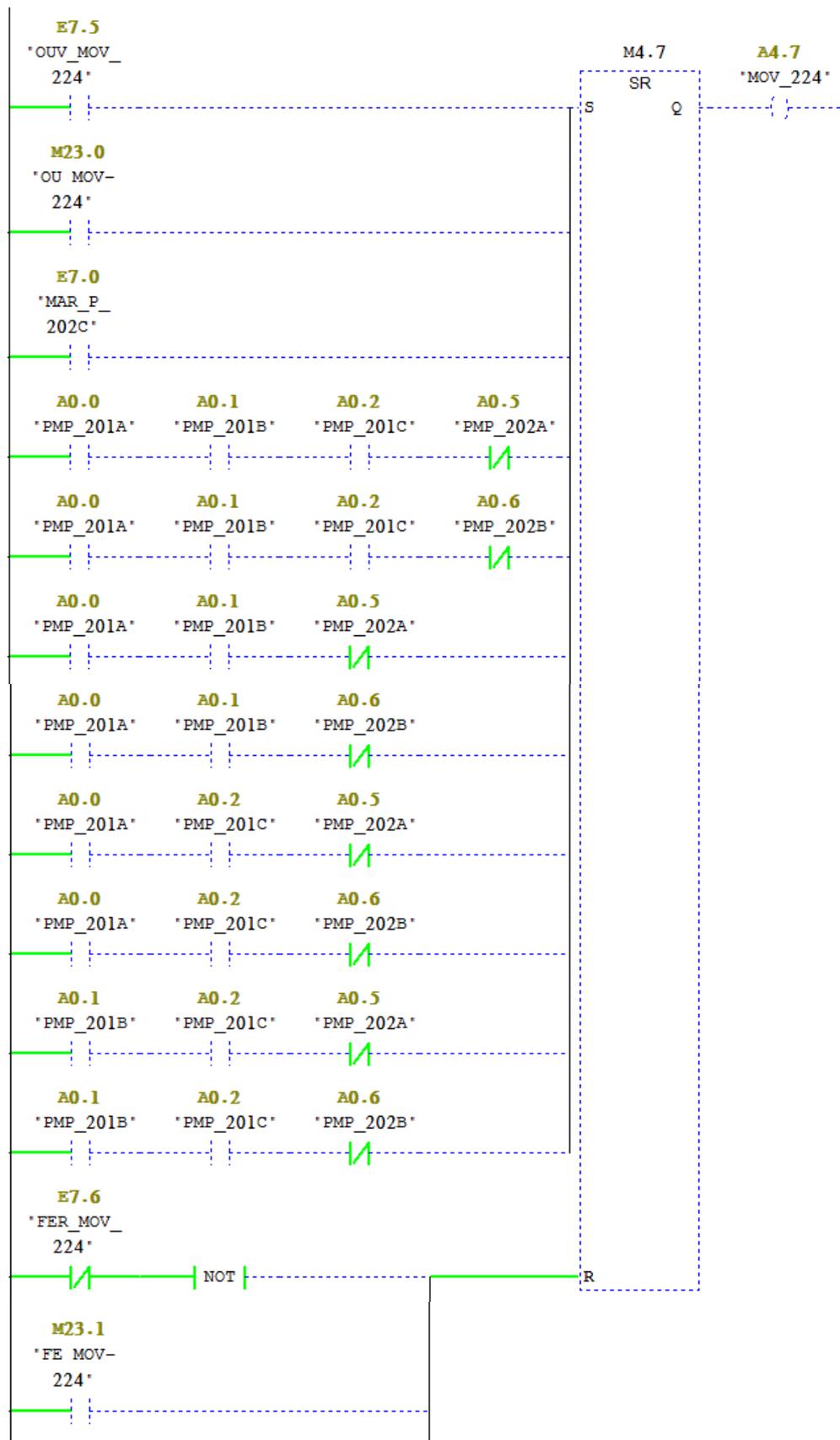
Le programme présenté dans la figure (III.30) permet de contrôler le démarrage et l'arrêt de la pompe-202C. Le démarrage de cette dernière se fait dans le cas où pompe-201A et 201B ou pompe-201A et 201B et 201C sont fonctionnées et une des deux pompes booster n'est pas fonctionné.

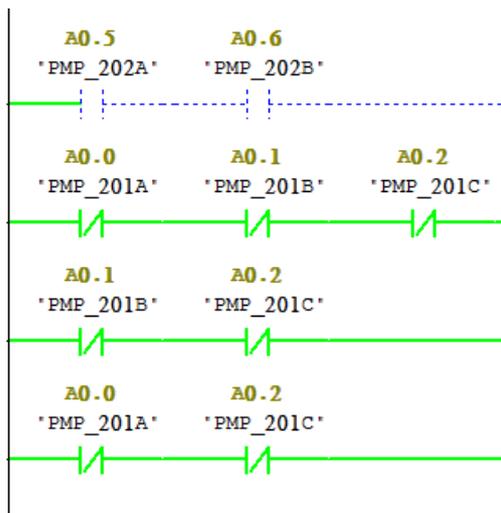
Ce programme permet aussi de commander les deux MOV-225 et 224, le fonctionnement de ces dernières dépend de la pompe 202C.

Réseau : Fonctionnement de la PMP 202C

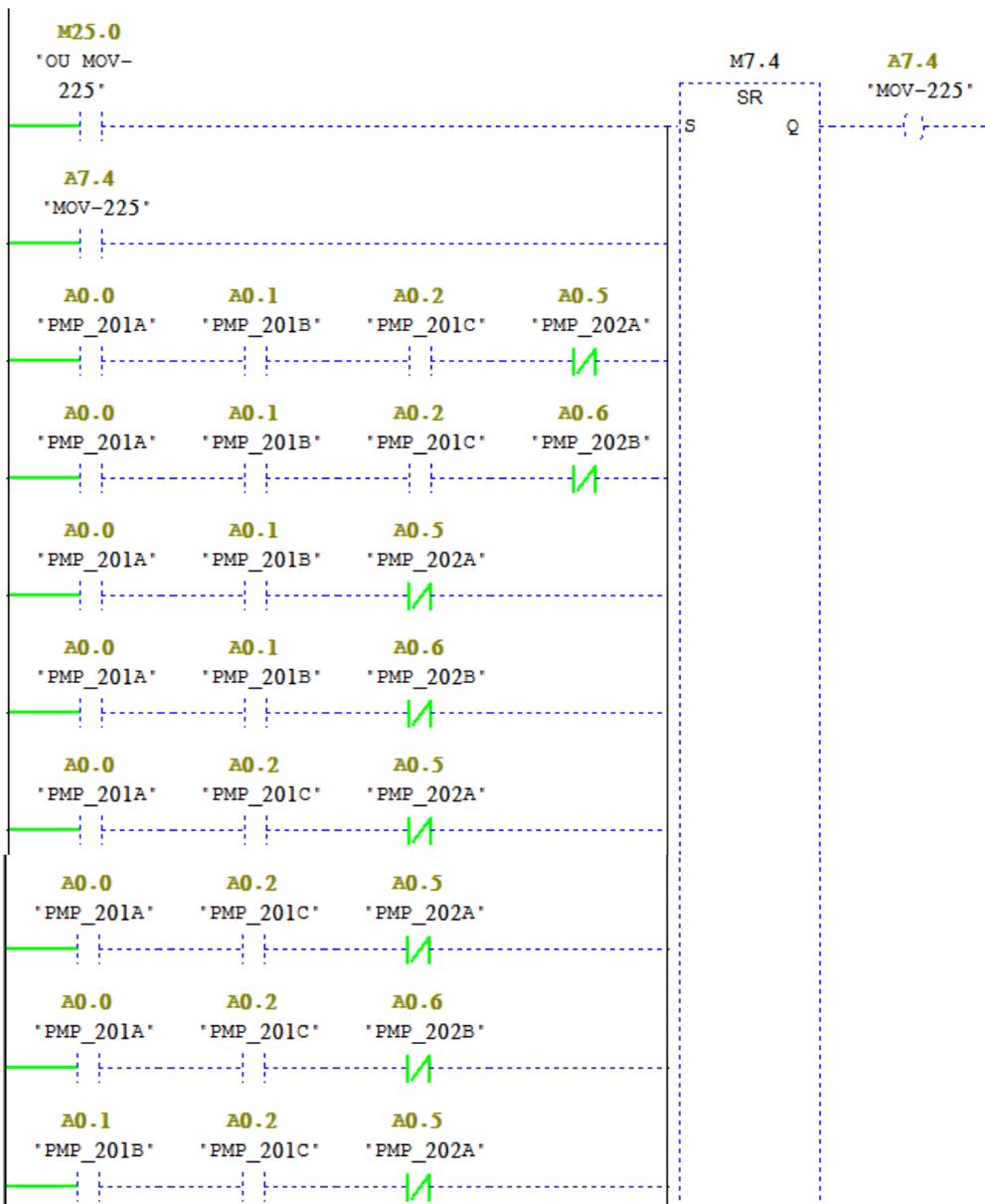


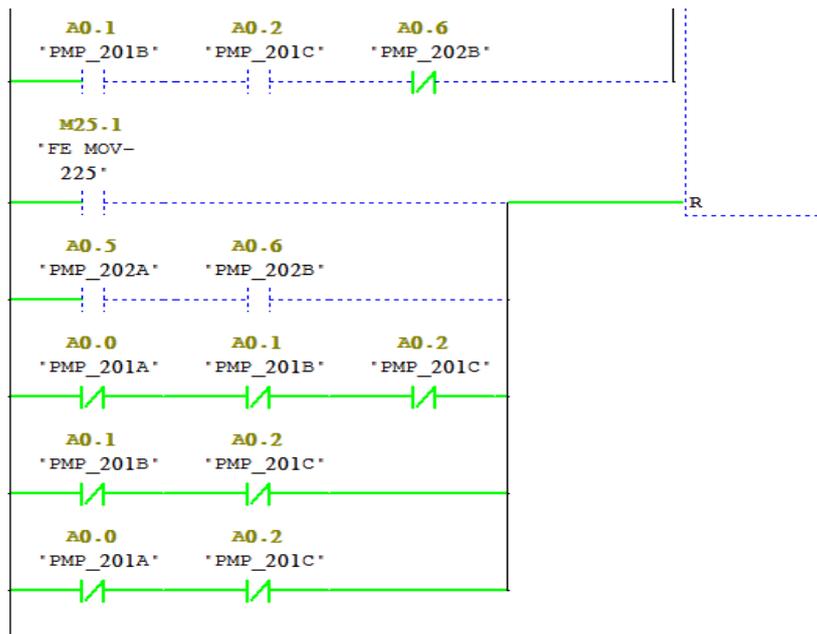
Réseau 2: L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 224





Réseau 3: L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 225





Réseau 4 : Alarme 'détecteur de température'



Réseau 5 : Alarme 'détecteur de température'



Réseau 6 : Alarme 'détecteur d'incendie'

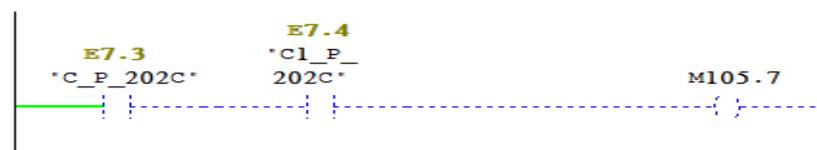
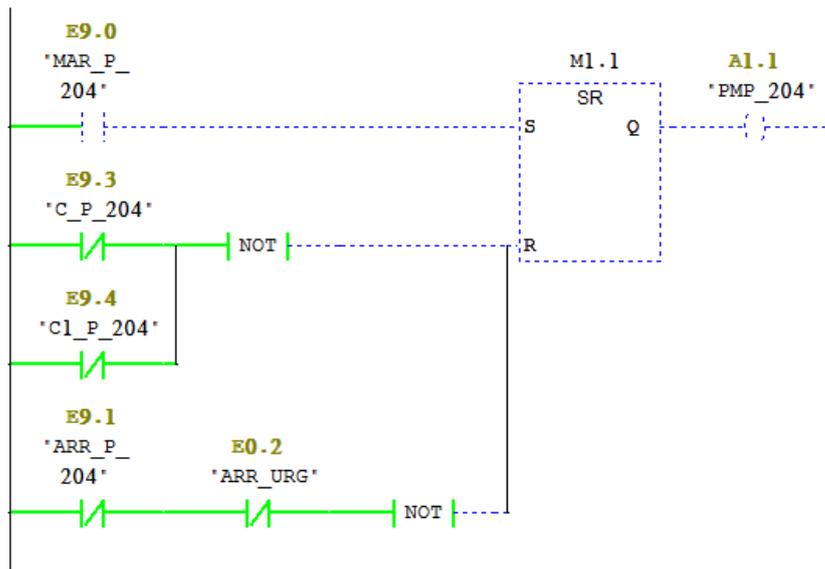


Figure III.30 : Pompe-202C

III.3.2.6 Fonction FC9 : Pompe-204

Le programme schématisé dans la figure (III.31) permet de commander le démarrage et l'arrêt de la pompe-204.

Réseau 1: Fonctionnement de la PMP 204



Réseau 2: Alarme 'détecteur de température'



Réseau 3: Alarme 'détecteur de température'



Réseau 4: Alarme 'détecteur d'incendie'

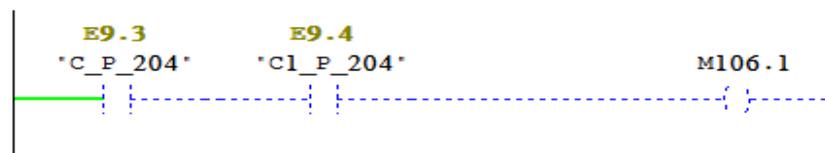


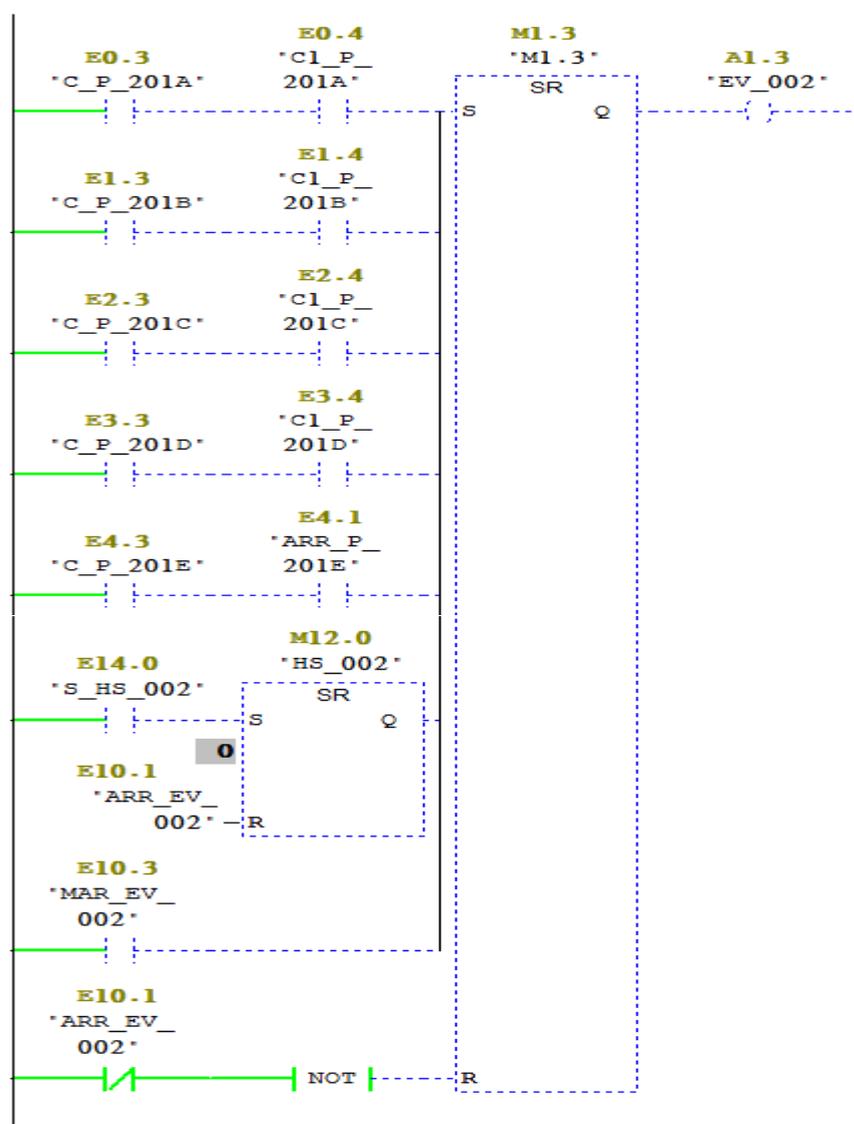
Figure III.34 : Programme pompe-204

III.3.2.7 Fonction FC10 :Mousse abri pompe (EV_002)

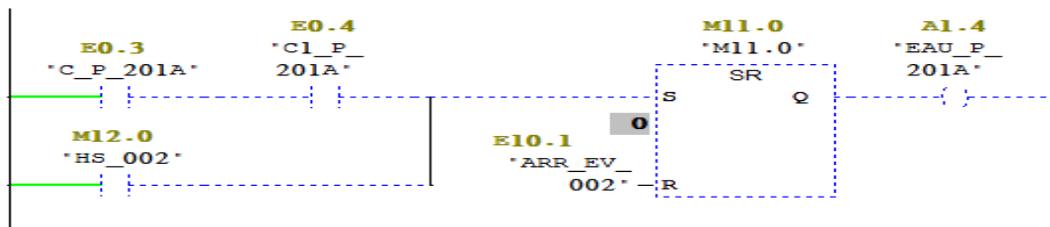
La figure (III.32) représente le programme qui déclenche l'ouverture de l'électrovanne EV_002.

Ce programme contrôle la température des cinq pompe principale .Chaque pompe procède deux capteur le 1^{er} capteur envoie un signal à l'automate si la température égale ou supérieur 65°C, le deuxième capteur envoie un signal à l'automate si la température dépasse 80°C. Dans le cas où les deux captures donnent un signal, la pompe qui sa température dépasse 80°C s'arrêt et l'électrovanne déclenche son ouverture.

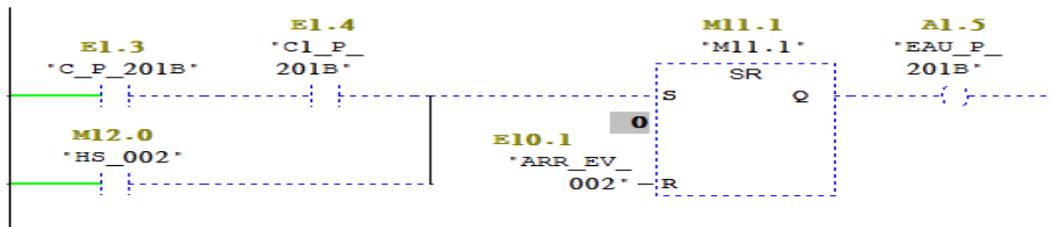
Réseau 1:L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 002



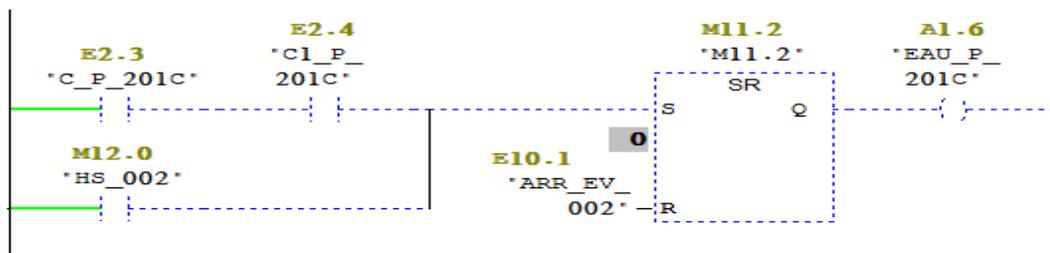
Réseau 2 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 201A



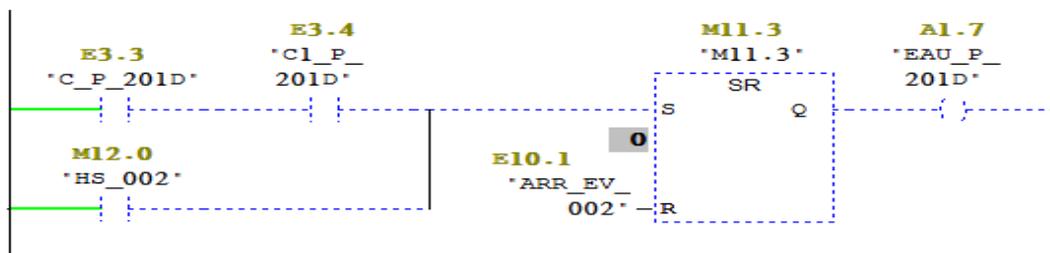
Réseau 3 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 201B



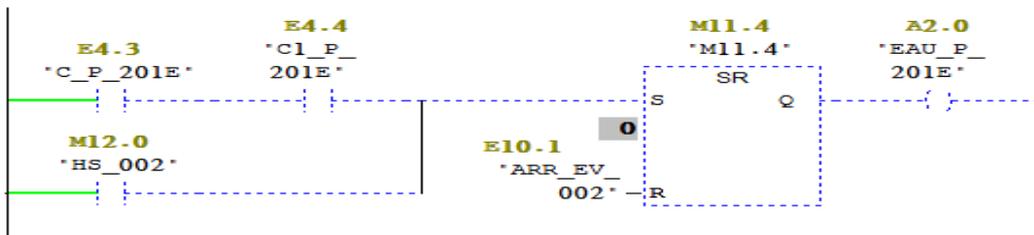
Réseau 4 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 201C



Réseau 5 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 201D



Réseau 6 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 201E



Réseau 7 : Alarme 'activation de système mousse abri pompe'



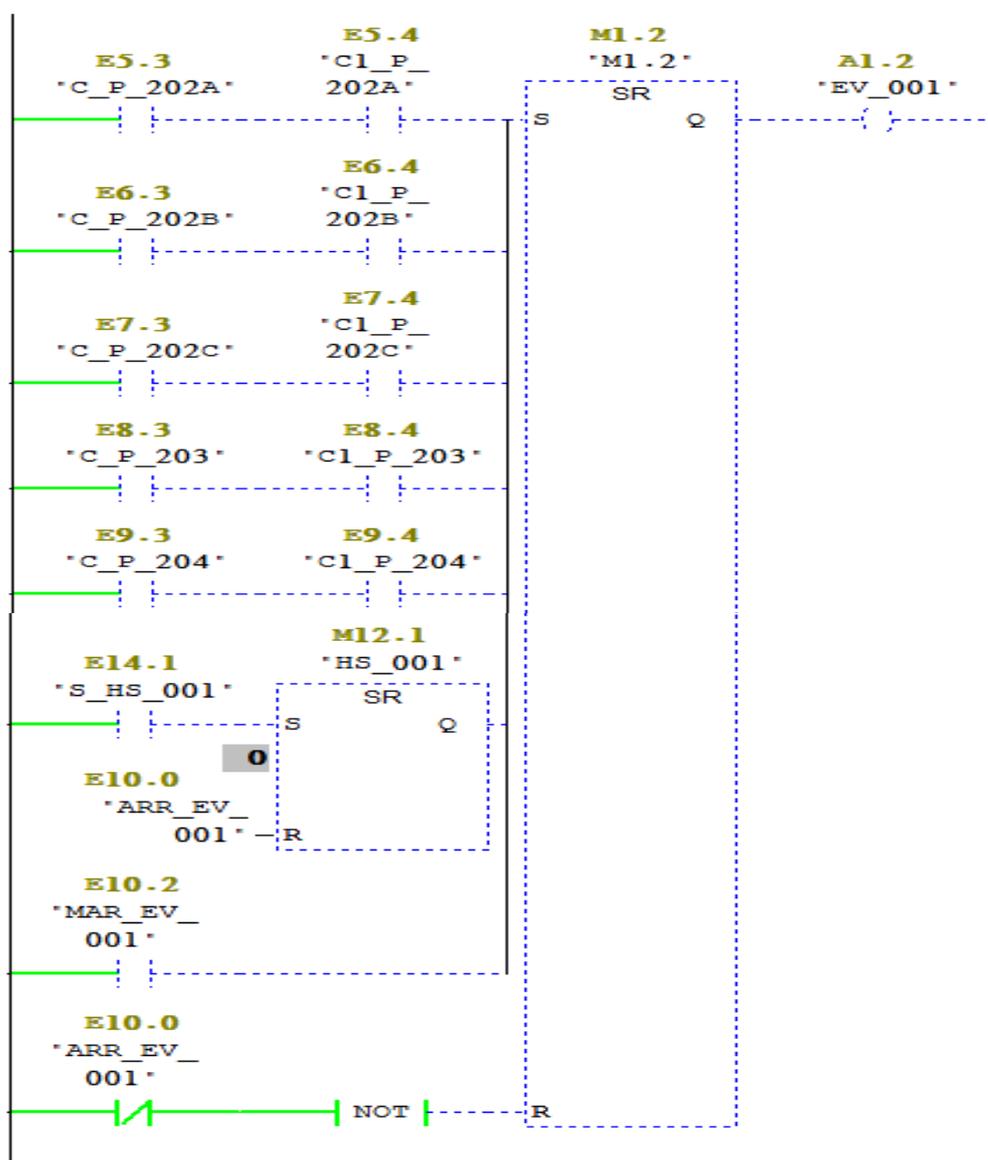
Figure III.32 : Mousse abri pompe principale

III.3.2.8 Fonction FC11 : Mousse abri pompe (EV_001)

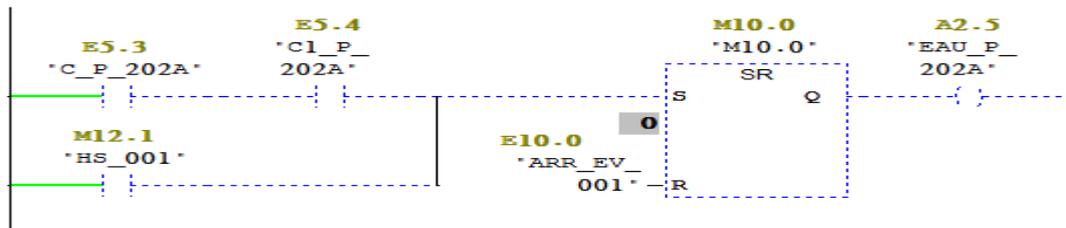
La figure (III.33) représente le programme qui déclenche l'ouverture de l'électrovanne EV_001.

Ce programme contrôle la température des trois pompe booster, pompe-203et pompe-204. Chaque pompe procède deux capteur le 1^{er} capteur envoie un signal à l'automate si la température égale ou supérieur 65°C, le deuxième capteur envoie un signal à l'automate si la température dépasse 80°C. Dans le cas où les deux captures donnent un signal, la pompe qui sa température dépasse 80°C s'arrêt et l'électrovanne déclenche son ouverture.

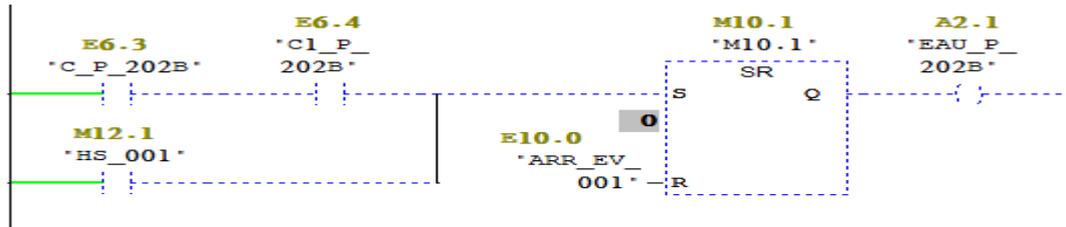
Réseau 1: L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 001



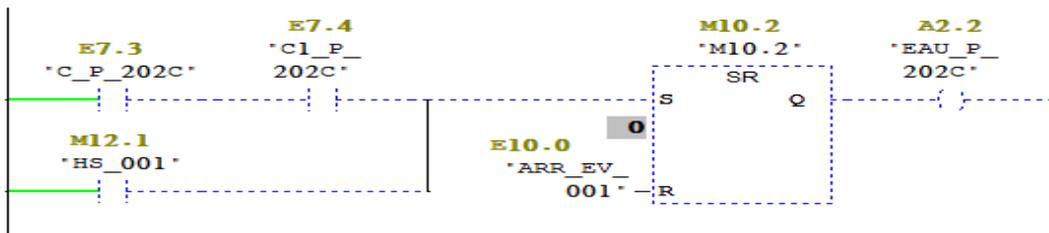
Réseau 2 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 202A



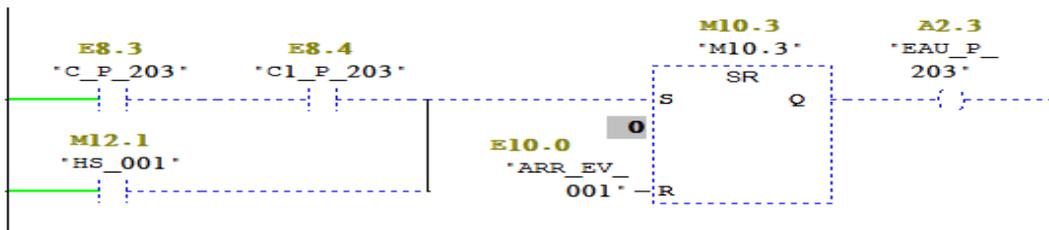
Réseau 3 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 202B



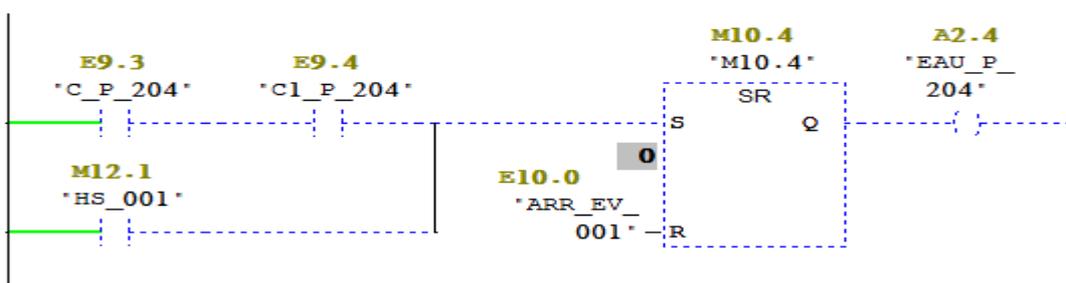
Réseau 4 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 202C



Réseau 5 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 203



Réseau 6 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 204



Réseau 7 : Alarme activation de système mousse abri pompe

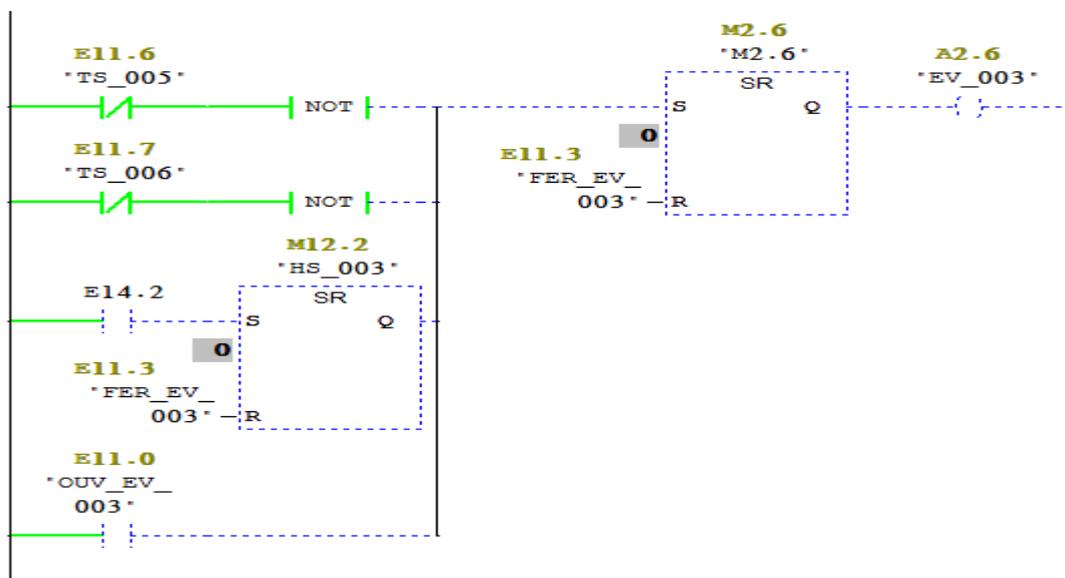


Figure III.33 : Mosse abri pompe booster, p-203et p-204

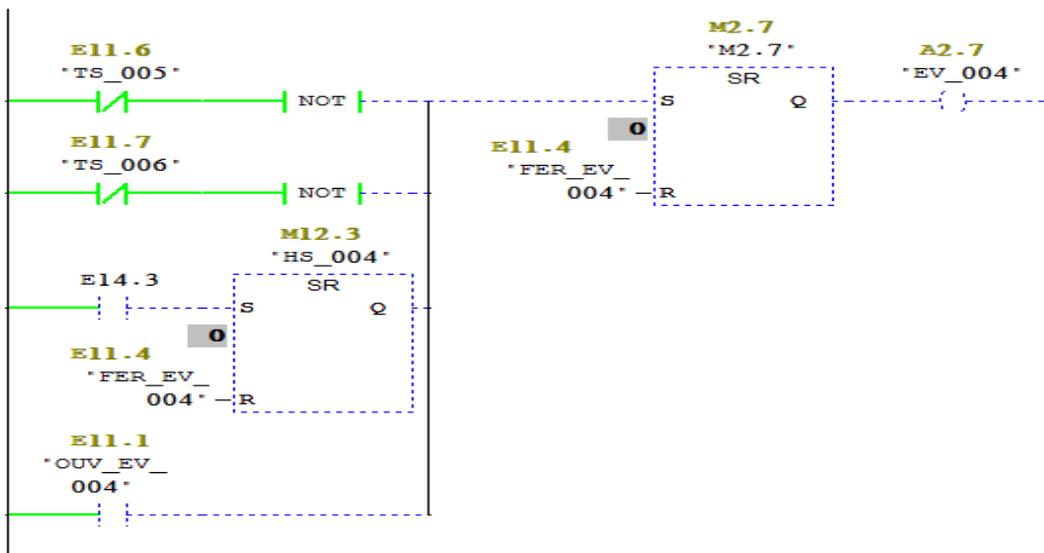
III.3.2.9 Fonctions FC12/FC13/FC14 : Anti incendie des réservoirs

Le programme schématisée dans la figure(III.34), figure (III.35) et figure (III.36) représente le système d'anti incendie des réservoirs, il contrôle la température des réservoirs (2.A1, 2.A2, 2.Y1). Chaque réservoir contient deux câbles thermosensibles(TS-00x), ce dernier active le système qui déclenche l'ouverture de l'électrovanne (EV-0xx) sur la vanne déluge si la température est supérieure ou égale à 85°C (sachant que chaque réservoir procède trois électrovannes).

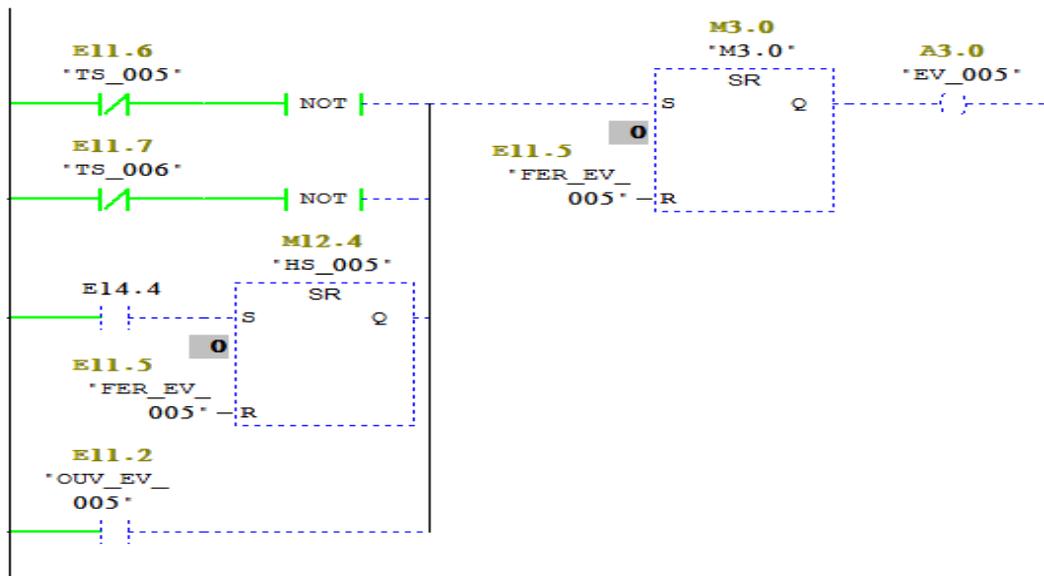
Réseau 1: L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 003



Réseau 2: L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 004



Réseau 3 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 005



Réseau 4 : Alarme activation de système anti incendie sur le bac 2A1



Réseau 5 : Alarme activation de système anti incendie sur le bac 2A1



Réseau 6 : Alarme activation de système anti incendie sur le bac 2A1



Réseau 7 : Alarme 'câble thermosensible de bac 2A1'

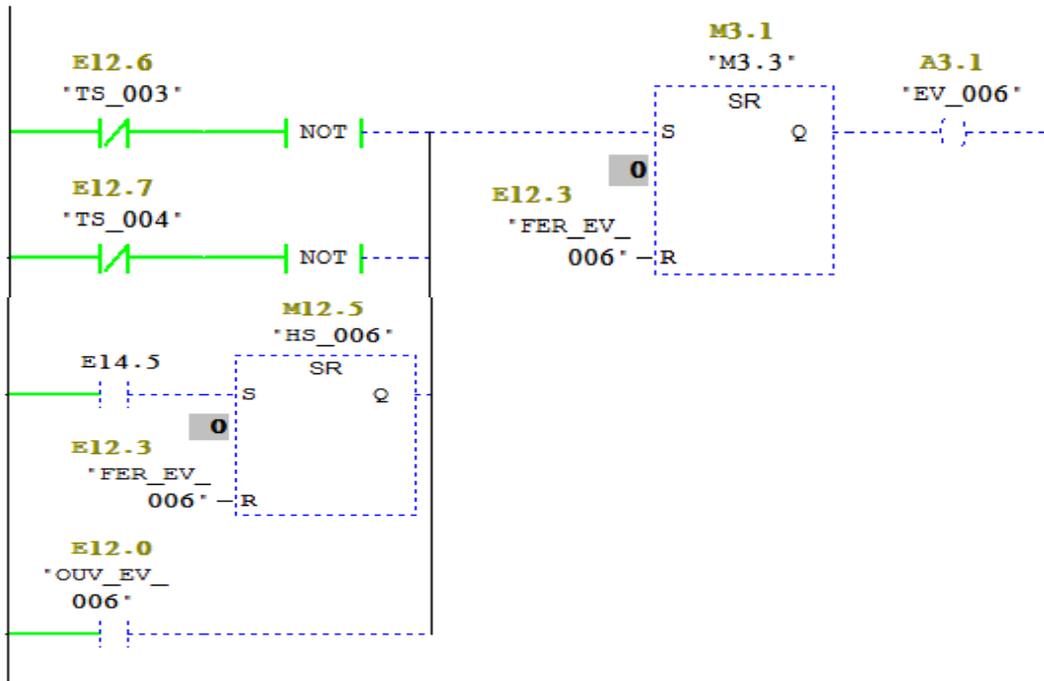


Réseau 8 : Alarme 'câble thermosensible de bac 2A1'

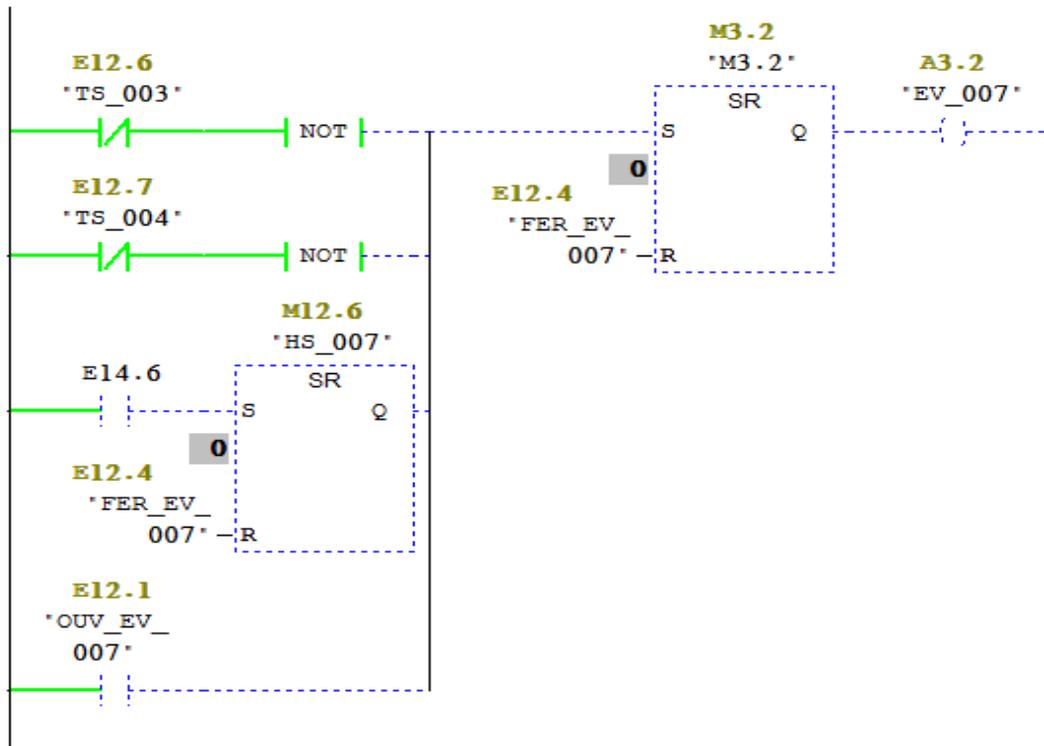


Figure III.34 : (FC12) anti incendie de bac 2.A1

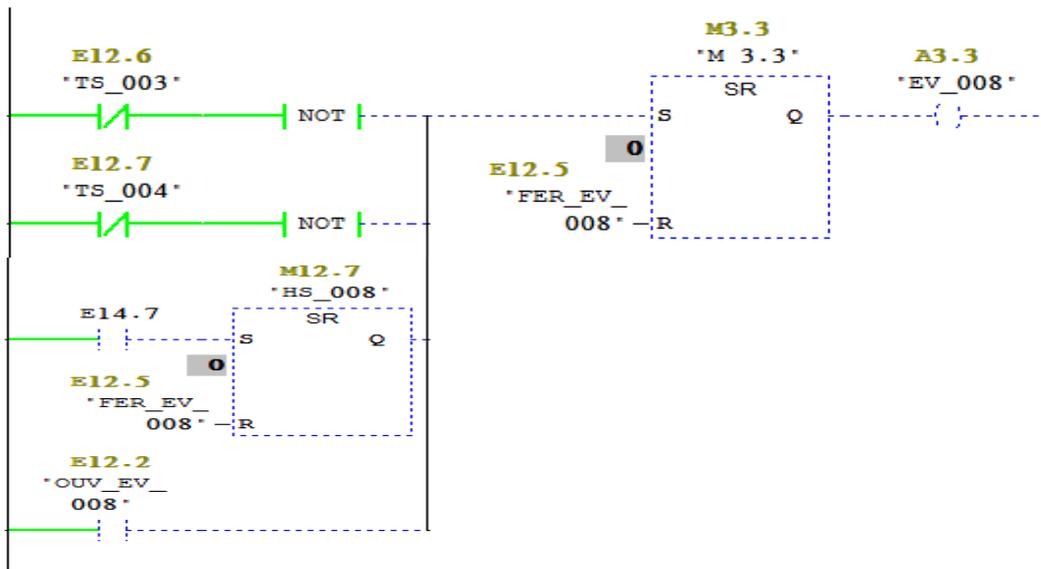
Réseau 1: L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 006



Réseau 2: L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 007



Réseau 3 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 008



Réseau 4 : Alarme activation de système anti incendie sur le bac 2A



Réseau 5 : Alarme activation de système anti incendie sur le bac 2A



Réseau 6 : Alarme activation de système anti incendie sur le bac 2A



Réseau 7 : Alarme câble thermosensible de bac 2A2

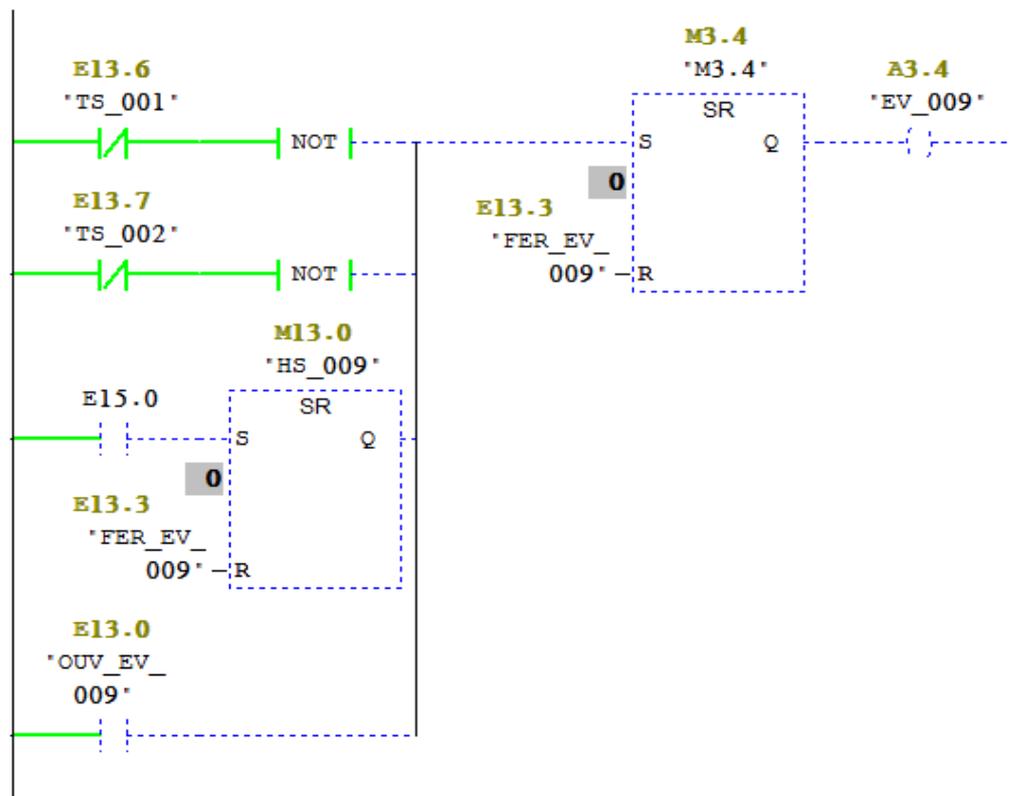


Réseau 8 : Alarme câble thermosensible de bac 2A2

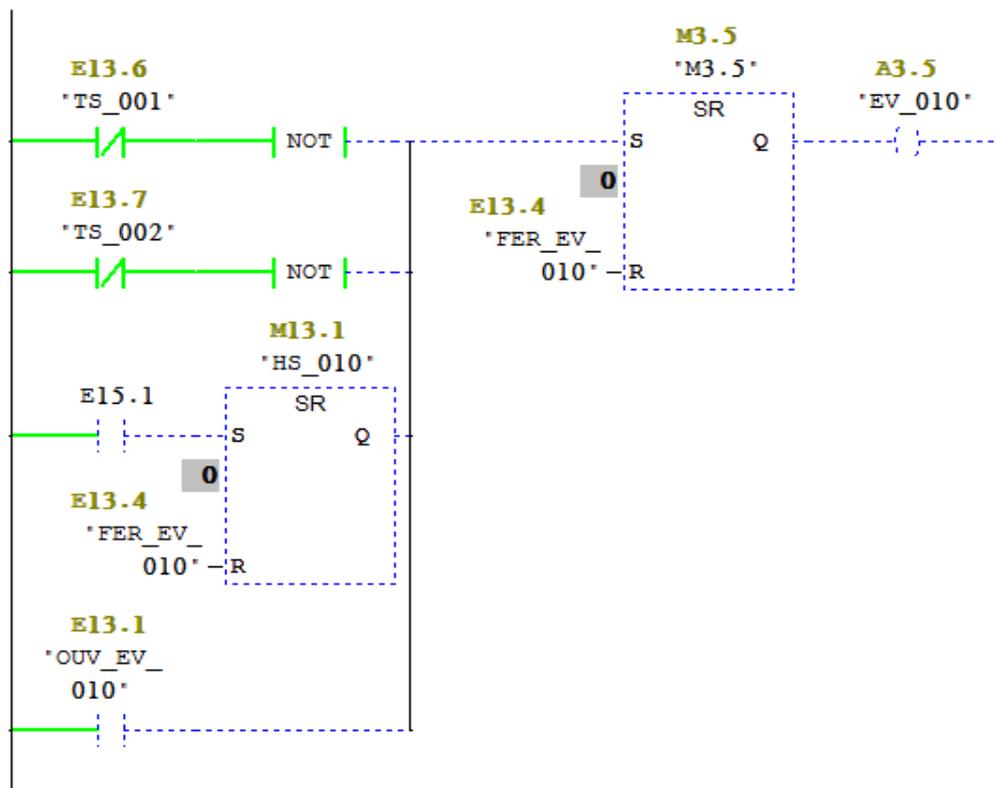


Figure III.35 : (FC13) anti incendie de bac 2.A2

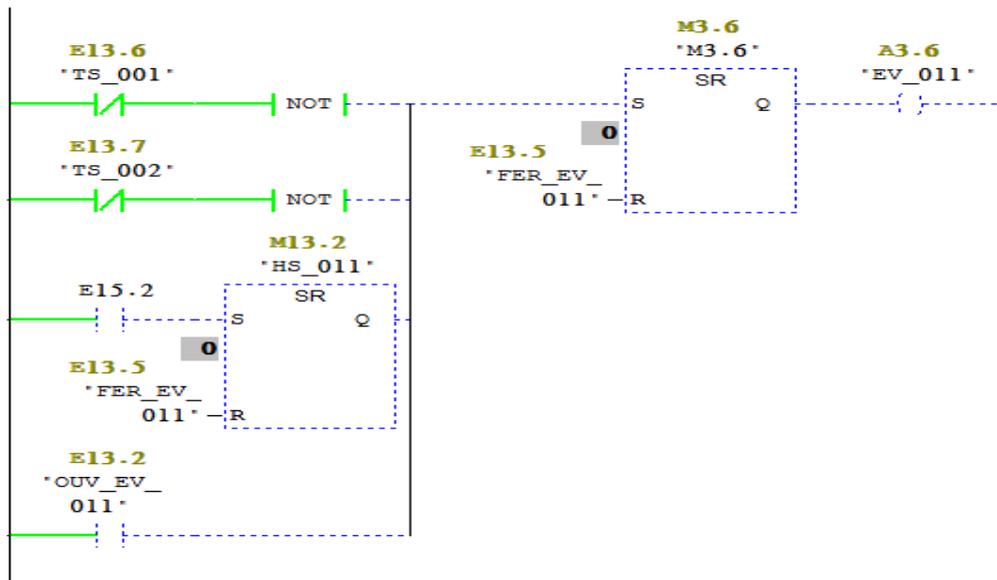
Réseau 1: L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 009



Réseau 2: L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 010



Réseau 3 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 011



Réseau 4 : Alarme activation de système anti incendie sur le bac 2Y1



Réseau 5 : Alarme activation de système anti incendie sur le bac 2Y1



Réseau 6 : Alarme activation de système anti incendie sur le bac 2Y1



Réseau 7 : Alarme câble thermosensible de bac 2Y1



Réseau 8 : Alarme câble thermosensible de bac 2Y1



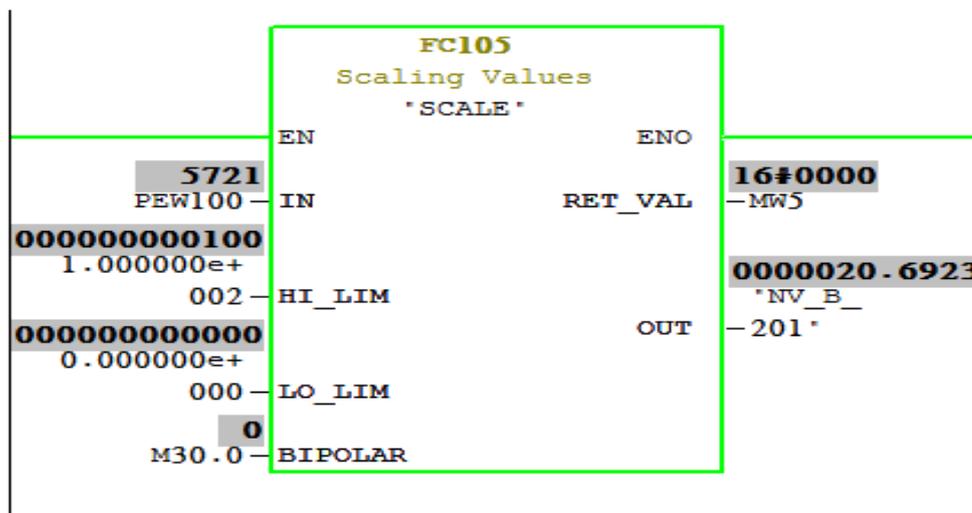
Figure III.36 : (FC14) anti incendie de bac 2.Y1

III.3.2.10 Fonction FC15 : Réservoir des purges gravitaire

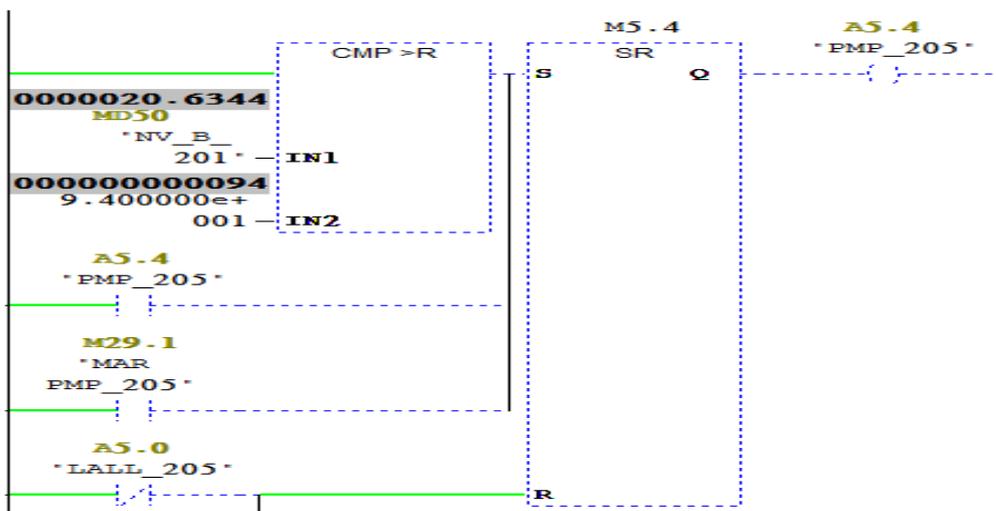
La figure (III.37) représente le programme qui contrôle le niveau du réservoir des purges gravitaire et la commande de la pompe P-205.

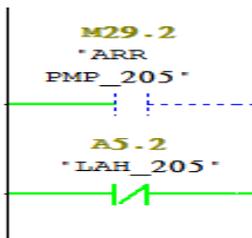
La pompe P-205 démarre automatiquement quand le niveau atteint le seuil d'alarme LAL l'opérateur aura l'accès de arrêt la pompe-205 manuellement par bouton arrêt et dans le cas où le niveau atteint LSLl le système arrête la pompe-205 automatiquement, dans l'autre cas ou le niveau atteint le seuil d'alarme LAH l'opérateur peut être démarrer la pompe-205 manuellement par bouton Start et il atteint LSHH l'automatisme démarre la pompe-205 automatiquement.

Réseau 1 : Contrôler le niveau de bac 201

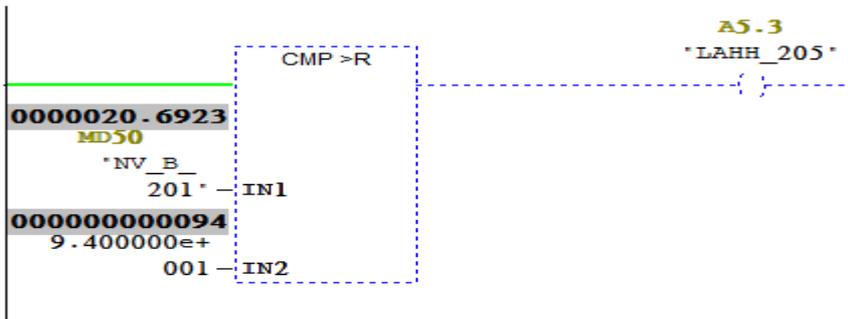


Réseau 2 : Fonctionnement de PMP 205

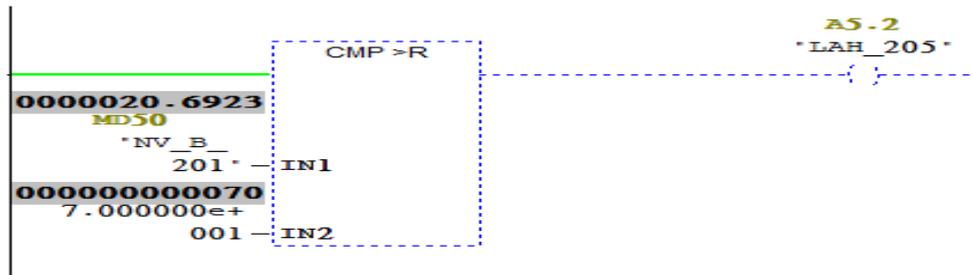




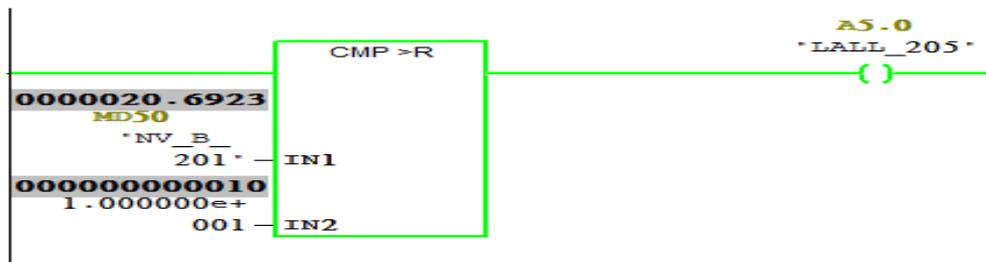
Réseau 3 : Level alarm high high



Réseau 4 : Level alarm high



Réseau 5 : Level alarm low low



Réseau 6 : Level alarm low

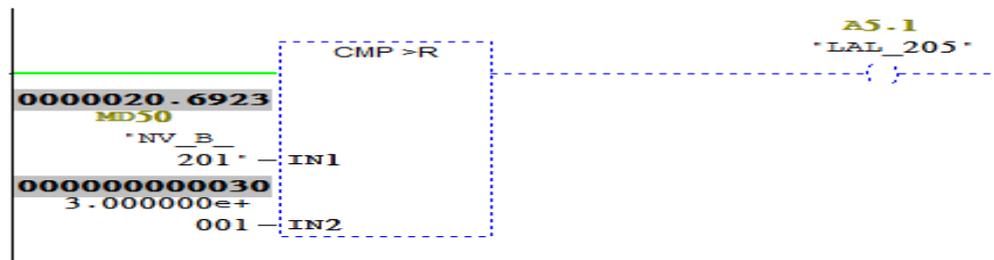


Figure III.37 : Niveau de réservoir de purge gravitaire

La fonction FC 105 Mise à l'échelle (SCALE) prend une valeur entière (IN) et la convertit selon l'équation ci-après en une valeur réelle exprimée en unités physiques, comprises entre une limite inférieure (LO_LIM) et une limite supérieure (HI_LIM) :

$$OUT = [((FLOAT (IN) - K1)/(K2-K1)) * (HI_LIM-LO_LIM)] + LO_LIM$$

Le résultat est écrit dans OUT.

Les constantes K1 et K2 sont définies selon que la valeur d'entrée est bipolaire ou unipolaire.

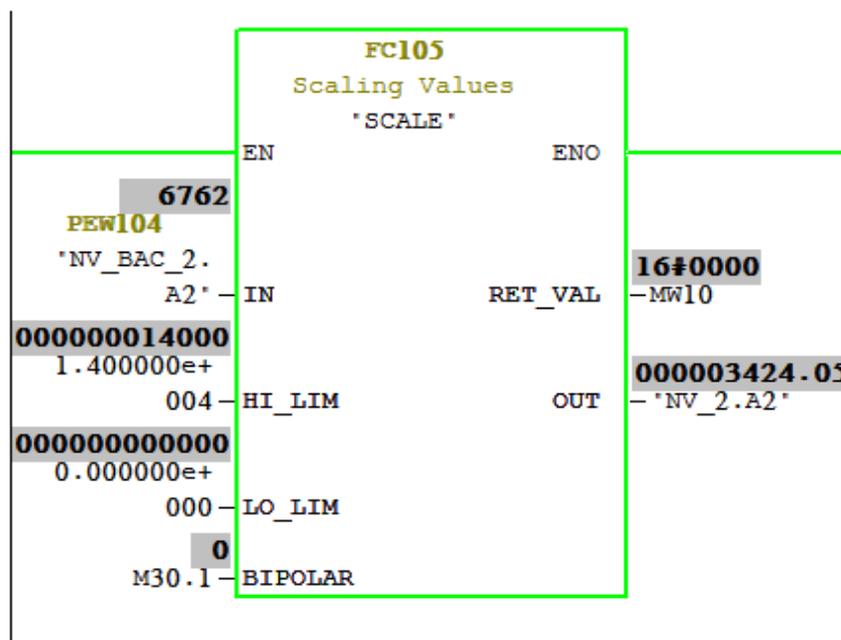
III.3.2.11 Fonction FC16 : Bacs 2.A1 et 2.A2

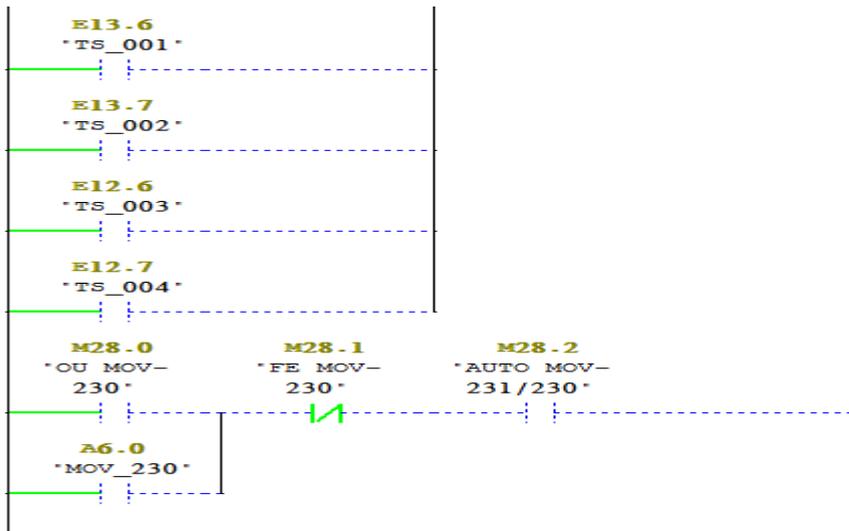
Le programme présenté dans la figure(III.38) permet de contrôler le niveau des deux bacs 2.A1 et 2.A2 en plus la commande des MOVs.

La fermeture automatique des MOVs de sortie aux réservoirs (MOV-228 / MOV-230).cette action se déclenche lorsque le niveau augmente jusqu'à atteindre le niveau moyen de l'instrument (correspondant à 13000 mm).

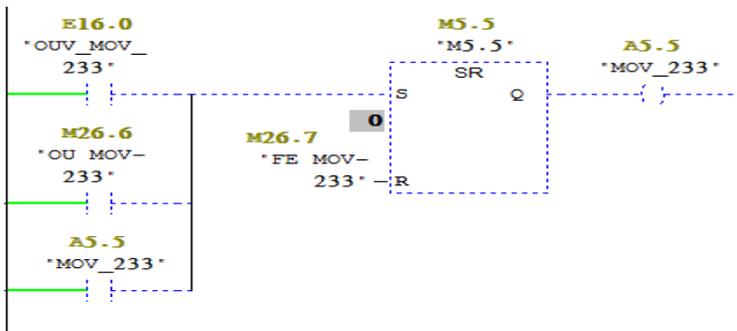
La fermeture automatique des MOVs d'entrée aux réservoirs (MOV-227 / MOV-231).cette action se déclenche lorsque le niveau baisse jusqu'à atteindre le niveau moyen de l'instrument (correspondant à 2000 mm).

Réseau 1 : Contrôler le niveau des bacs 2A1 et 2A2

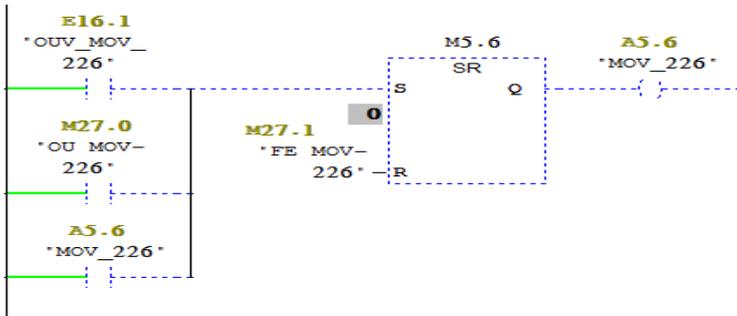




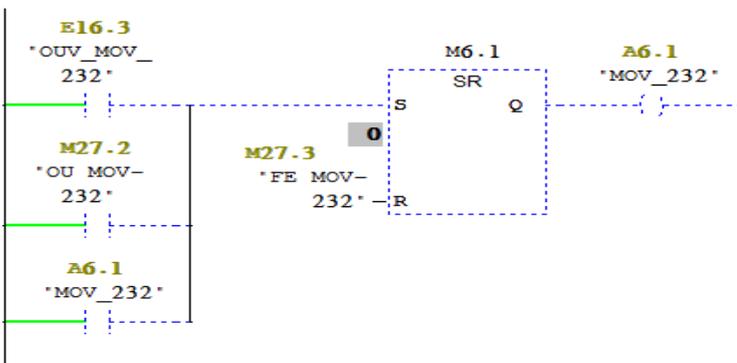
Réseau 4 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 233



Réseau 5 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 226



Réseau 6 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 232



Réseau 7 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 229

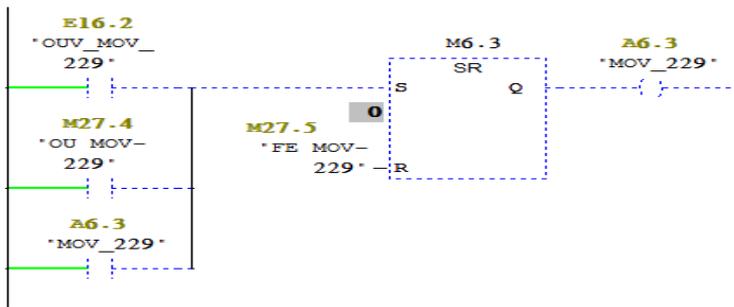


Figure III.38 : Niveau des bacs 2.A1 / 2.A2

L'ouverture automatique des MOVs d'entrée aux réservoirs (MOV-227 / MOV-231).cette action se déclenche lorsque le niveau augmente jusqu'à attendre le niveau moyen de l'instrument (correspondant à 2000 mm).

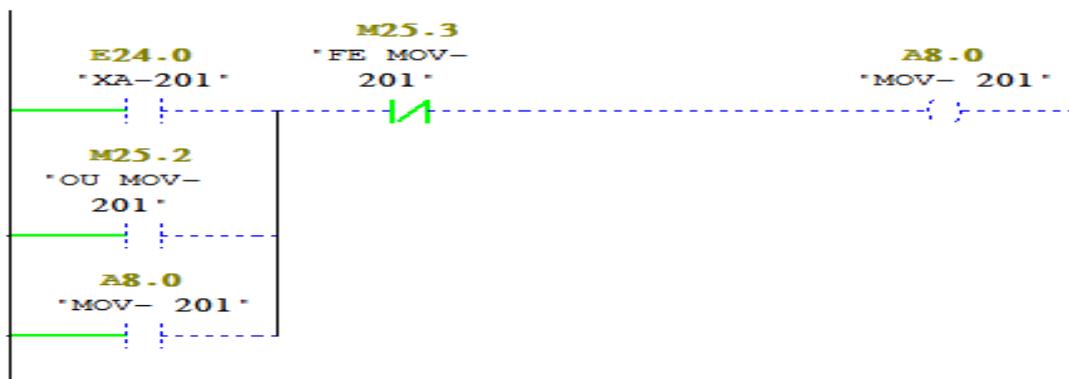
L'ouverture automatique des MOVs d'entrée aux réservoirs (MOV-228 / MOV-230).cette action se déclenche lorsque le niveau baisse jusqu'à attendre le niveau moyen de l'instrument (correspondant à 13000 mm).

III.3.2.12 Fonction FC17 : La gare racleur

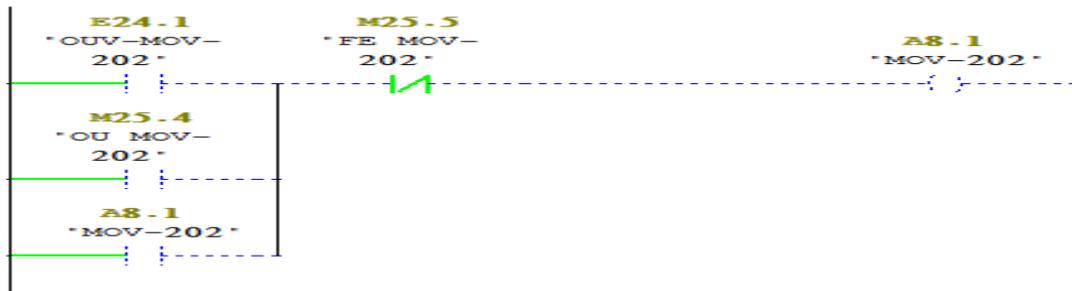
Le programme présenté dans la figure (III.39) permet du commander de l'ouverture et la fermeture des MOVs qui sont positionnés dans la gare racleur.

FC17 : Titre :

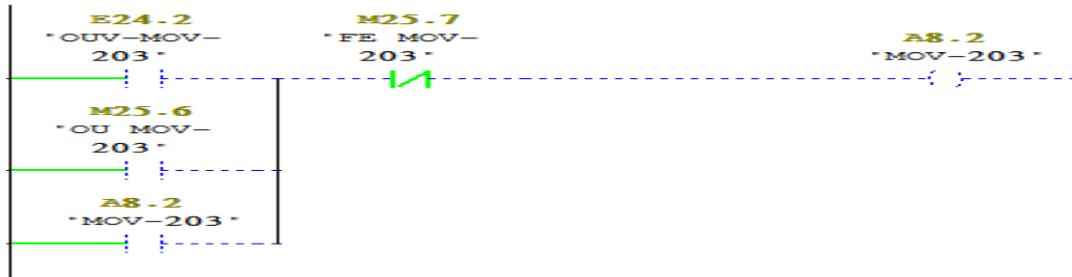
Réseau 1 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 201



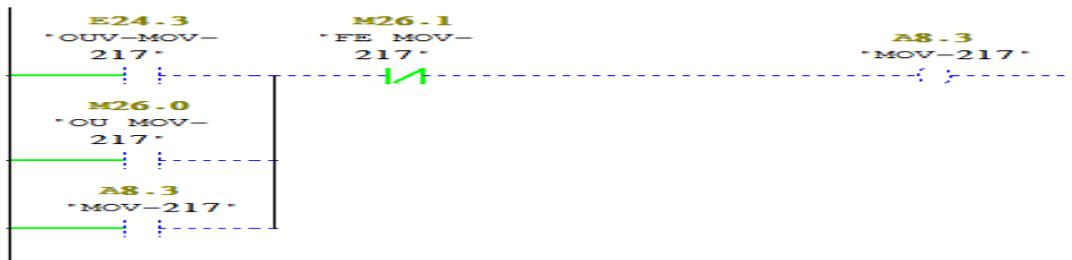
Réseau 2 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 202



Réseau 3 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 203



Réseau 4 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 217



Réseau 5 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 218



Réseau 6 : L'ouverture et la fermeture de l'électrovanne 219

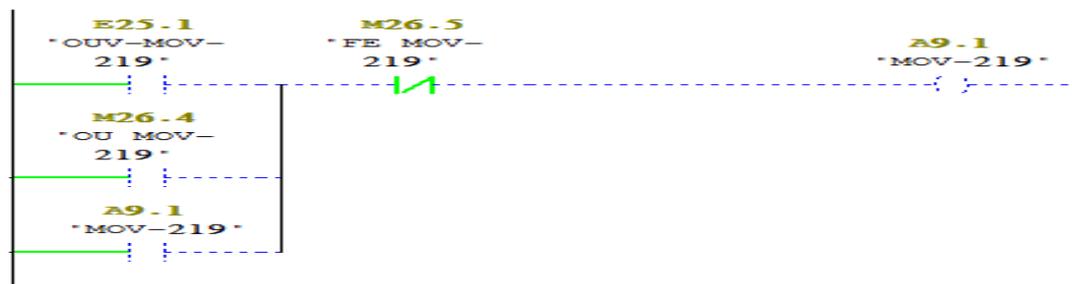
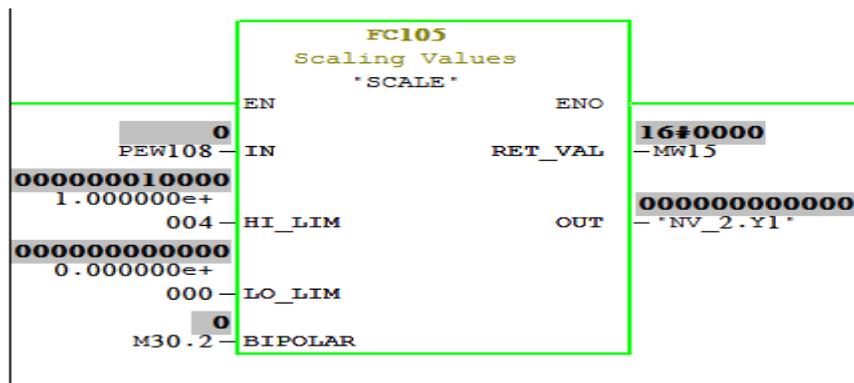


Figure III.39 : Programme de la gare racleur

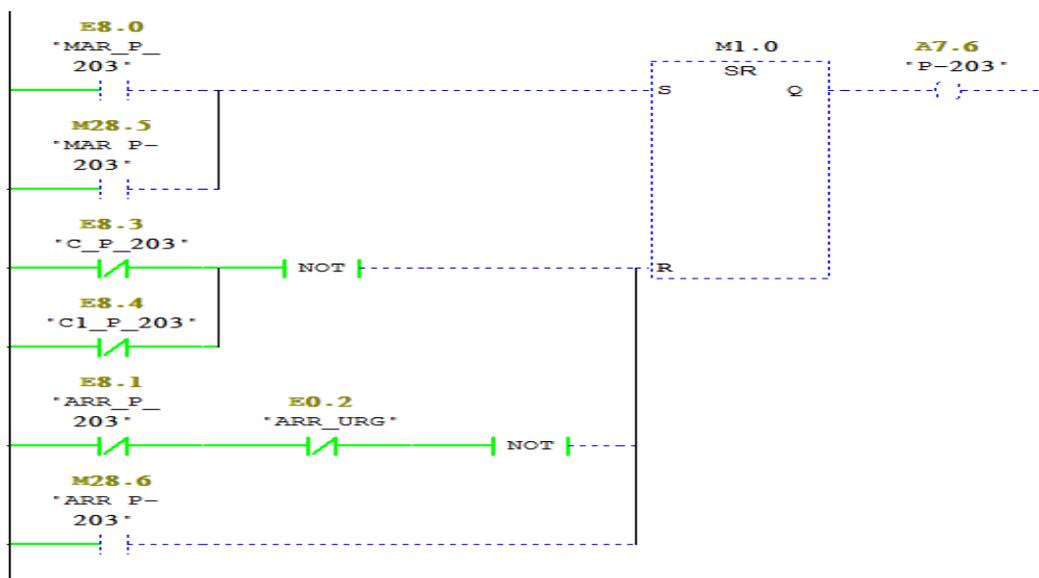
III.3.2.13 Fonction FC18 : Réservoir 2.Y1

Le programme présenté dans la figure (III.40) permet de contrôler le niveau de réservoir 2.Y1 en plus le démarrage et l'arrêt des deux pompes P-203(pompe de transfert) et P-206(pompe de chargement)

Réseau 1: Contrôler le niveau des bacs 2Y1



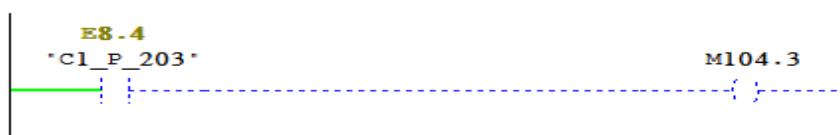
Réseau 2 :L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 203



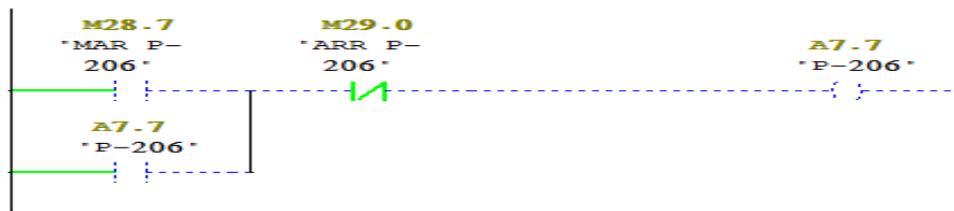
Réseau 3 : Alarme "détecteur de température"



Réseau 4 : Alarme "détecteur de température"



Réseau 5 : L'ouverture et la fermeture d'eau du PMP 206



Réseau 6 : Alarme 'détecteur d'incendie'

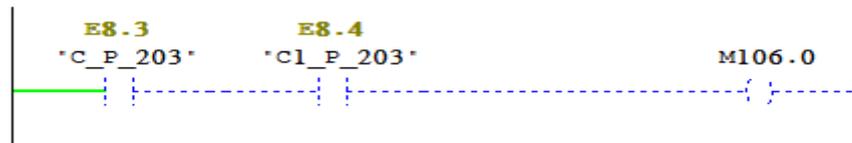


Figure III.40 : Niveau de réservoir 2.Y1

Le simulateur des programmes PLCSIM

Le logiciel de simulation d'automate S7-PLCSIM (Figure III.44), intégré dans l'atelier logiciel STEP7 Professional, permet le test dynamique des programmes de toute configuration automate SIMATIC S7 sans disposer matériel cible.

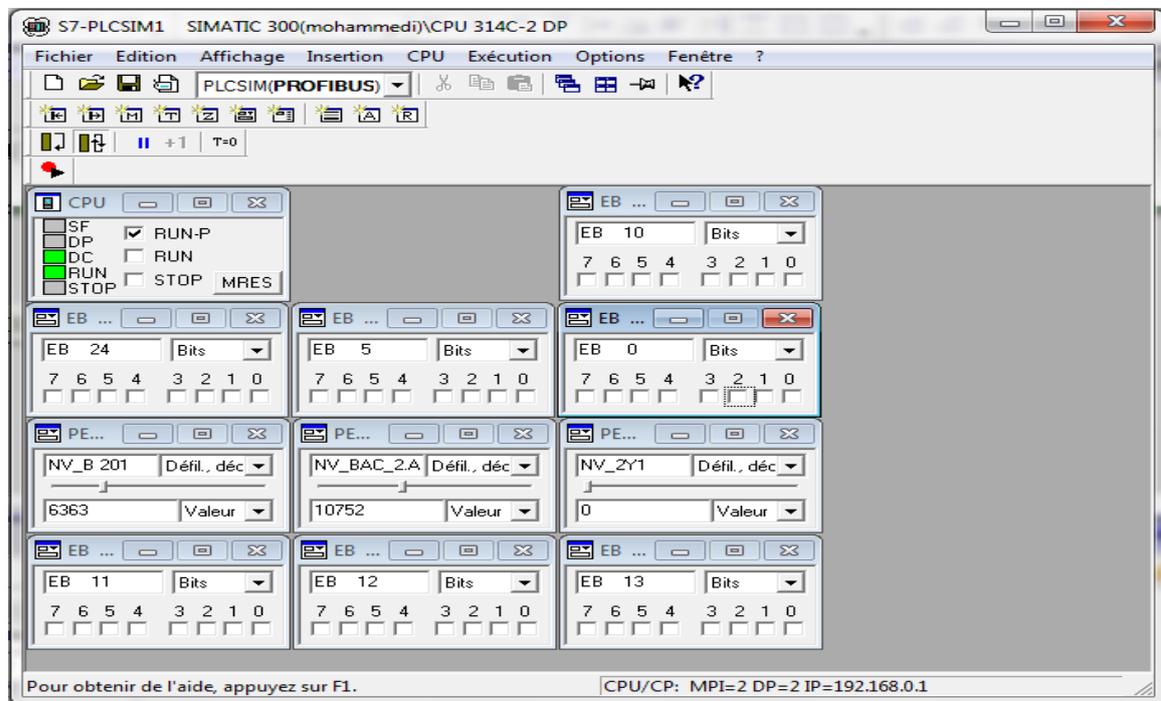


Figure III.41 : Interface de simulation PLCSIM.

III.4 Conclusion

Cette modélisation du processus facilite la supervision du travail de la station de pompage et permet d'avoir un contrôle rigide de toutes ses phases importantes et cela après l'élaboration des vues permettant le suivi de l'évolution du procédé en temps réelle sous le logiciel WINCC Flexible. Nous avons réussi au final à développer une application complète et intégrée qui respecte le cahier des charges imposées initialement dans ses moindres détails. Nous ne pouvons que vanter le mérite d'une application réussie, surtout quand on aperçoit sa modularité et sa maintenabilité et surtout le plus important de tous sa extensibilité.

Conclusion générale

L'étude menée dans ce projet nous a permis d'appréhender un nouveau monde qui est celui des systèmes de contrôle instrumenté.

Dans l'industrie manufacturière, l'automatisation industrielle est le processus d'intégration de machines et d'équipements industriels pour effectuer automatiquement des tâches telles que le soudage, la manutention des matériaux, l'emballage, la palettisation, la distribution, le découpage, etc... L'utilisation de matériels et de logiciels d'automatisation permet d'améliorer productivité, sécurité et rentabilité. L'automatisation apporte de nombreux avantages lorsqu'elle est intégrée correctement.

On a établi le programme en langage contact sous STEP7 et on a réalisé la supervision de notre système avec le Logiciel de supervision WinCC Flexible, et ce après avoir réalisé une connexion entre l'automate et le PC contenant le WinCC. Les bus utilisés dans ce système sont PROFINET, PROFIBUS et AS-i. Notre étude a été bien accomplie, nous avons obtenu des résultats satisfaisants.

Finalement on peut dire que la combinaison STEP 7 logiciel de programmation et WinCC flexible logiciel de supervision sont des outils très puissants et très utilisés qui permettent une bonne gestion et un suivi des systèmes de production.

Bibliographie

- [1] Jean-Christophe ORSINI, Bus de terrain, l'Institut National des Télécommunications, 1987
- [2] <https://books.google.dz/books?isbn=290731453X//Guide des solutions d'automatisme: schémathèque/Schneider Electric France>
- [3] w3.polytech.univ-montp2.fr/~karen.godary/Info_Indus/reseau/bus_terrain.pdf
- [4] www.beldensolutions.com/res/Media/...com/...FR/.../ethnernet_industriel1.pdf.pdf
- [5] hautrive.free.fr/reseaux/architectures/topologie-des-reseaux.html
- [6] Frank Hannah et Bernd Schneider, manuel AS-Interface, édition 2.2, octobre 2012
- [7] <https://fr.wikipedia.org>
- [8] Filippe Atelin, réseau informatique, chapitre 2, p 51, ENI.
- [9] Ronald Dietrich, Industriel Ethernet, chapitre 2, p 27, HARTING
- [10] Jean-François Pillot, Réseaux et internet, chapitre 4, p70, DUNOD
- [11] Joseph Weigmann et Gerhard Kilian, décentralisation with PROFIBUS DP/DPV1, chapitre 1, p 15, Second Edition
- [12] Solutions de réseaux pour PROFIBUS, Brochure technique, Avril 2008
- [13] Raimond pigan et Marck metter, Automating with PROFINET, siemens A&D translation services , 22 octobre 2008.
- [14] www.ti.com/lit/an/sloa101b/sloa101b.pdf
- [15] Kim-Loan Thai et all, Architecture des réseaux haut débit, chapitre 2, p 65, Edition HERMES
- [16] PROFINET, L'Ethernet industriel comme standard ouvert pour une rentabilité immédiate de l'automatisation, SIEMENS, 2008
- [17] Manuel système, PROFINET Description du système. SIEMENS 03/2012
- [18] AS-Interface. SIEMENS AG 2008

- [19] ifm article no. 7511227. Catalogue d'exposition, Allemagne, ifm electronic gmbh
Friedrichstrasse 1, 2008/2009
- [20] Luca Lachello et all, «Industriel Ethernet FACTS», Volume 6, Numéro 2, 2ème Edition,
Février 2013, p 7
- [21] William Bolton, AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS, chapitre 1 p 16, 2ème
Edition
- [22] P.JARGOT langage de programmation pour automates industriels
- [23] Manuel SIEMENS (2002) Step7 PLCSIM.
- [24] WinCC flexible 2008 Compact / Standard / Advanced 396 User's Manual, 07/2008, 6AV6691-
1AB01-3AB0